

Д. М. Қазақбаева Ш. Б. Насохова Н. Бекбасар

ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептің
9-сыныбына арналған оқулық

*Қазақстан Республикасының
Білім және ғылым министрлігі бекіткен*

9



Алматы "Мектеп" 2019

ӘОЖ 373.167.1
КБЖ 22.3я72
Қ17

Қазақбаева Д. М. т.б.
Қ17 **Физика.** Жалпы білім беретін мектептің 9-сыныбына арналған оқулық /
Д. М. Қазақбаева, Ш. Б. Насохова, Н. Бекбасар. — Алматы: Мектеп, 2019. —
264 б., сур.

ISBN 978—601—07—1092—4

К $\frac{4306021200-032}{404(05)-19}$ 9(1)—19

ӘОЖ 373.167.1
КБЖ 22.3я72

ISBN 978—601—07—1092—4

© Қазақбаева Д. М., Насохова Ш. Б.,
Бекбасар Н., 2019
© “Мектеп” баспасы, көркем
бейнеленуі, 2019
Барлық құқықтары қорғалған
Баспадың мүлкілік құқықтары
“Мектеп” баспасына тиесілі

КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ

1

АСТРОНОМИЯ НЕГІЗДЕРІ

2

ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

3

САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

4

ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

5

**АТОМ ҚҰРЫЛЫСЫ. АТОМДЫҚ
ҚҰБЫЛЫСТАР**

6

АТОМ ЯДРОСЫ

7

**ӘЛЕМНІҢ ҚАЗІРГІ
ФИЗИКАЛЫҚ БЕЙНЕСІ**

8

Шартты белгілер:



Шығармашылық тапсырмалар



Жаттығулар



Практикалық тапсырмалар



Сыни көзқарасты дамытатын тапсырмалар



Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

■ Орта деңгейлі тапсырмалар

* Күрделілігі жоғары тапсырмалар

Косымша оқу материалдары

АЛҒЫ СӨЗ

Қымбатты оқушылар! 9-сыныпта сендер физика ғылымының негіздері бойынша іргелі білімдер жүйесімен қамтамасыз студі кездейтін логикалық аяқталған мазмұнмен танысатын боласындар. Ол қоршаған әлемнің ғылыми бейнесін жасауға мүмкіндік беретін қазіргі заманғы физиканың негізгі ұғымдары мен заңдылықтарын және теориялық қорытындыларын кешенді түрде қамтиды. Мектептің негізгі орта білім беру деңгейінде алған бұл білімдерін физика пәнін әрі қарай жоғары сыныптарда зерделеу үшін негіз болып табылады, ал ондағы берілген материалды толық түсінбеу келесі материалды игеруге кері әсерін тигізуі мүмкін. Сонымен қатар жоғары сыныптарда пәннің математикалық аппараты да күрделеніп, ақпараттар ағыны арта түседі. Сондықтан сендер өздеріне түсініксіз материалдарды қайталап, игерген білімдерінді үнемі еске түсіріп, тиянақтап отыруларың қажет.

9-сыныптың “Физика” оқулығы, негізінен, механиканың негізгі заңдарын, аспан сферасы мен аспан координаталарын, денелердің өзара әсерлесуін, тербелістер мен толқындарды, атом және атом ядросы физикасын оқытуға арналған.

Оқыту үдерісін ұйымдастырудың маңызды ерекшелігі оқытудағы іс-әрекеттік тәсілді жүзеге асыруда болып табылады, осыған орай оқулықта іс-әрекетке бағдарланған тапсырмаларды, зертханалық жұмыстар мен практикалық және дамытушылық сипаттағы шығармашылық тапсырмаларды орындау, есептер шығару ұсынылады. Материалды жақсы игеру үшін тек теориялық материалды оқумен ғана шектелмей, оқулықтағы осындай есептерді шығарып, практикалық тапсырмаларды, зертханалық жұмыстарды орындағандарың жөн.

Мектептің негізгі орта білім беру деңгейін жетістікпен аяқтауларың үшін бұл жылы сендерге күш-жігерлеріңді жұмылдырып, аса ұқыптылық пен ынта-лылық көрсете отырып, көп еңбектенулеріңе тура келеді. Өйткені 9-сыныпты бітірген соң колледждерде немесе мектеп қабырғасында білімдеріңді әрі қарай жалғастырасындар. Саналы игерілген физикалық білім сендерге болашақта физика-математикалық, инженерлік-техникалық, авиациялық, медициналық, ауылшаруашылық және т.б. оқу орындарында оқуларыңды жетістікпен жалғастыруларыңа мүмкіндік береді. Тек қажырлы еңбек қана физиканы меңгеруде жетістікке жетелейді. Олай болса, алға қойған мақсаттарыңа жету үшін үлкен табыстар тілейміз!

Авторлар

§1. МЕХАНИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫС

Тірек
ұғымдар:

- ✓ механикалық қозғалыс
- ✓ материя
- ✓ материялық нүкте
- ✓ санақ жүйесі
- ✓ қозғалыстың салыстырмалылығы

Бүгінгі сабақта:

- кинематиканың негізгі ұғымдарымен танысыңыздар;
- материялық нүктенің кез келген уақыт мезетіндегі орнын анықтау үшін нені білу керек екенін түсінесіңдер.

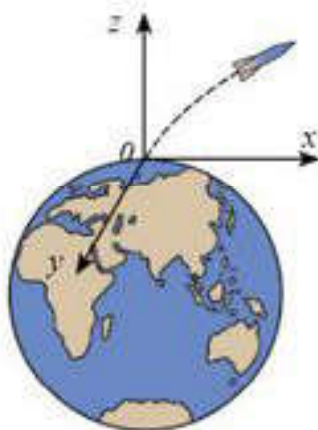
Қозғалыс ұғымы кең мағынада алғанда табиғаттағы кез келген өзгерісті білдіреді. Біз бұл тарауда осындай өзгерістердің ең қарапайым әрі кең тараған түрі — денелердің орын ауыстыруын, яғни *механикалық қозғалыстарды* қарастырамыз. Расында да, айналамызға көз жүгіртсек, бізді қоршаған ортадағының бәрі үздіксіз қозғалыста болатынын байқаймыз. Қала мен ауыл көшелеріндегі адамдар, дала мен орман-таулардағы жан-жануарлар, теңіздер мен көлдердегі балықтар — осылардың бәрі де қозғалыста болады. Сондай-ақ өсімдік бойындағы органикалық заттар, адамның қан тамырларындағы қан үнемі қозғалыста болады. Заттарды құрайтын молекулалар мен атомдар да үздіксіз қозғалыста болатыны өздеріне мәлім.

Алайда біз айналамыздағы денелердің кейбіреуі қозғалмайтынын да көреміз. Мысалы, бөлмедегі үстел, оның үстінде жатқан кітап, аялдамаға келіп тоқтаған автобус, құрылыс алаңындағы кран, әуежайдағы ұшақтар жерге қатысты қозғалмай тұрады.

Дегенмен бұл мысалдар дүниедегі барлық нәрселер қозғалыста болады деген пікірді жоққа шығара алмайды. Өйткені жер бетіне қатысты қозғалмай тұрған дене Жермен қоса оның осін айналады әрі онымен бірге Күнді де айнала қозғалады.

Дененің механикалық қозғалысының заңдарын қозғалысты тудыратын себептерді қарастырмай зерттейтін физиканың бөлімі *кинематика* деп аталады. Әлемде нақты, яғни біздің сана-сезімімізден тыс өмір сүретіндердің бәрі *материя* деп аталады.

Қазіргі кезде материяның екі түрі белгілі: *зат* және *өріс*. Материяның бірінші түріне атомдар, молекулалар және олардан құралған денелердің барлығы жатады. Материяның екінші түрін



1.1-сурет

электромагниттік, гравитациялық және басқа өрістер түзеді. Материяның бір түрі екіншісіне айнала алады.

Қозғалыс материяның өмір сүру тәсілі және ажырамас қасиеті болып табылады.

Кеңістік пен уақыт — материяның өмір сүру формалары. Материя кеңістікте және уақыт ішінде өмір сүреді және қозғалады.

Материяның қасиеттерін, оның өзгерістерін зерттеу барысында көптеген физикалық шамалар енгізіледі. Бұл шамалардың арасындағы ең маңызды байланыстар ашылады да, олар

математикалық қатынастар арқылы өрнектеледі. Осылайша материя қасиеттерін сипаттайтын заңдар тағайындалады.

Қозғалыстың қарастырылып отырған жағдайында өлшемдерін ескермеуге болатын денені **материялық нүкте** деп атайды. Демек, егер дененің өлшемдері ол жүріп өтетін арақашықтықпен немесе одан басқа денелерге дейінгі қашықтықпен салыстырғанда өте аз болса, онда оны материялық нүкте ретінде қарастыруға болады.

Егер нақты жағдайларда денені материялық нүкте ретінде қарастырсақ, онда біз дененің координаталары және дененің қозғалыс траекториясы туралы айтатын боламыз.

Дененің (материялық нүктенің) механикалық қозғалысын сипаттау үшін оның кез келген уақыт мезетіндегі орнын білу қажет. Материялық нүктенің орнын анықтау үшін ең әуелі санақ денесін таңдап алып, онымен координаталар жүйесін байланыстыру керек. Механикада санақ денесі ретінде көбінесе Жер алынады да, онымен тікбұрышты декарттық координаталар жүйесі байланыстырылады (1.1-сурет).

Мұны білесіңдер

Дененің бастапқы орнынан соңғы орнына қарай бағытталған және осы екі орындарын қосатын түзу кесінді *орын ауыстыру* деп аталады.

Дененің қозғалыс траекториясы, жүрілген жолы мен орын ауыстыруы санақ жүйесін таңдап алуға байланысты. Басқаша айтқанда, механикалық қозғалыс салыстырмалы.

Есте сақта!

Координаталар жүйесі, онымен байланысқан санақ денесі және санақ басталған уақыты көрсету санақ жүйесін құрайды, дененің қозғалысы санақ денесімен салыстырылып қарастырылады.



1. Табиғатта абсолют тыныштықта болатын дене бола ма?
2. Тыныштықтың салыстырмалы болатынын қандай мысалмен түсіндіруге болады?
- 3. Ғылымда материя деп нені айтады және оның негізгі қасиеті қандай?
- 4. Материяның қасиеттерін сипаттайтын заңдар қалай тағайындалады?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§2. ВЕКТОРЛАР ЖӘНЕ ОЛАРҒА АМАЛДАР ҚОЛДАНУ

Тірек ұғымдар:

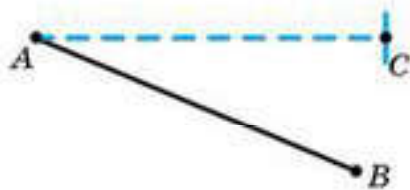
- ✓ векторлық шамалар
- ✓ скалярлық шамалар
- ✓ вектордың модулі
- ✓ векторларды қосу
- ✓ параллелограмм ережесі
- ✓ үшбұрыш ережесі
- ✓ векторларды азайту
- ✓ векторларды скалярға көбейту

Бүгінгі сабақта:

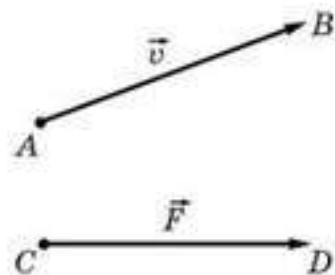
- векторлық және скаляр шамалармен таныса-сыңдар;
- векторларды қосуды, азайтуды, векторды скалярға көбейтуді үйренесіңдер.

Векторлар. Сендер көптеген физикалық шамаларды білесіңдер. Олардың кейбіреуі, мысалы, масса, дененің көлемі, температура, тығыздық тек сан мәнімен сипатталады. Ал орын ауыстыру, жылдамдық, күш сияқты физикалық шамалар сан мәнімен және бағытымен сипатталады.

7-сыныпта материялық нүктенің түзусызықты бірқалыпты қозғалысын қарастырғанда Ox координата осін қозғалыс бағытымен бағыттап, ал орын ауыстыруды соңғы және бастапқы нүктелер координаталарының айырымы ретінде анықтаған едік: $s = x_2 - x_1$. Нүктенің бастапқы орнын, жылдамдықтың мәні мен бағытын біле отырып, оның 1 с, 2 с және т.с.с. уақыт өткеннен кейінгі орны қай жерде болатынын айта аламыз. Бірақ дененің қозғалыс траекториясы белгісіз болған жағдайда бұл мәліметтер жеткіліксіз. Мысалы,



2.1-сурет. Ұшақ A нүктесінен B нүктесіне орын ауыстырды



2.2-сурет. Жылдамдық және күш векторларын кескіндеу

ұшақ A орнынан B орнына ұшсын делік (2.1-сурет). Мұндағы AB кесіндісі ұшақтың орын ауыстыруы болады. Дененің бастапқы орнын және орын ауыстыруын біле отырып, оның жаңа орнын таба аламыз. Бірақ бұл жағдайда AB кесіндісі ұзындығының сандық мәнін ғана емес, сондай-ақ оның бағытын да білуіміз керек. Ал орын ауыстырудың кез келген басқа бағытында ұшақ дәл сондай қашықтыққа, бірақ мүлдем басқа орынға, мысалы, C орынға жеткен болар еді. Демек, орын ауыстыру өзінің ұзындығымен ғана емес, кеңістіктегі бағытымен де сипатталады.

Өзінің сандық мәнімен қоса, кеңістіктегі бағытымен де сипатталатын шамалар векторлық шамалар немесе векторлар деп аталады.

Векторларды бағытталған кесінді түрінде кескіндейді және бір әріппен немесе вектордың басы мен ұшын көрсететін екі әріппен белгілеп, төбесіне нұсқама (стрелка) қояды. Мысалы, жылдамдық векторын \vec{v} немесе \overline{AB} , күш векторын \vec{F} немесе \overline{CD} түрінде кескіндеуге болады (2.2-сурет).

Кеңістікте белгілі бір бағыты болмайтын, тек сандық мәнімен ғана сипатталатын шамалар скаляр шамалар немесе скалярлар деп аталады. Мысалы, уақыт, заттың тығыздығы, дененің көлемі, температура, арақашықтық (орын ауыстыру емес), сынып бөлмесінің ұзындығы, ені және биіктігі скаляр шамаларға жатады.

Кез келген вектордың сандық мәні оның модулі деп аталады. Модуль — скаляр шама, оны: $|\vec{v}|$, $|\overline{AB}|$ және т.с.с. белгілейді.

Векторларға амалдар қолдануды қарастырайық. Егер \vec{a} және \vec{b} векторларының модульдері мен бағыттары бірдей болса (2.3, a -сурет), онда олар тең болады: $\vec{a} = \vec{b}$. Ал векторлардың модульдері тең, бірақ бағыттары қарама-қарсы болса (2.3, b -сурет), онда $\vec{a} = -\vec{b}$.

Векторларды қосу. Мысалы, кез келген \vec{a} және \vec{b} векторлары берілсін (2.4, a -сурет). Осы векторларды қосып, $\vec{a} + \vec{b}$ тең болатын \vec{c}

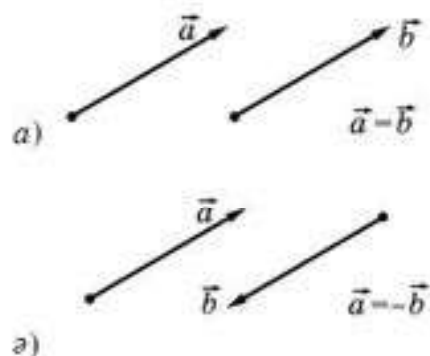
векторын табу керек дейік. Ол үшін *векторды өзіне-өзін параллель көшіргенде вектор өзгермейді* дейтін ережені пайдаланамыз. Осы ереженің көмегімен векторларды қосудың бірнеше тәсілдерін көрсетуге болады. Векторларды қосудың **параллелограмм ережесі**: екі векторды басталу нүктелерін түйістіре параллелограмның екі қабырғасы болатындай етіп өз-өзіне параллель көшіреміз де, параллелограмм саламыз. Сонда екі вектордың басталу нүктесінен жүргізілген бағыты көрсетілген диагональ **қорытқы вектор** болып табылады (2.4, а-сурет).

Векторларды қосуда *үшбұрыш ережесін* де қолдануға болады. Ол үшін берілген векторларды бірінші вектордың ұшы екінші вектордың басталу нүктесімен түйісетіндей етіп өз-өзіне параллель көшіреміз. Сонда *бірінші вектордың басталу нүктесінен екінші вектордың ұшына қарай жүргізілген вектор сол екі вектордың қосындысын береді* (2.4, ә-сурет).

Ал енді екі емес, бірнеше векторды қосу керек болсын. Онда векторларды 2.5-суретте көрсетілгендей, алдыңғы вектордың ұшына келесі вектордың басталу нүктесі жалғасатындай етіп әрқайсысын параллель көшіреміз. Сонда алынған көпбұрыштың басталу нүктесі мен ұшын тұйықтап тұрған \vec{F} векторы қорытқы вектор болып есептеледі. Ол бірінші вектордың басталу нүктесінен соңғы вектордың ұшына қарай бағытталады және мынаған тең:

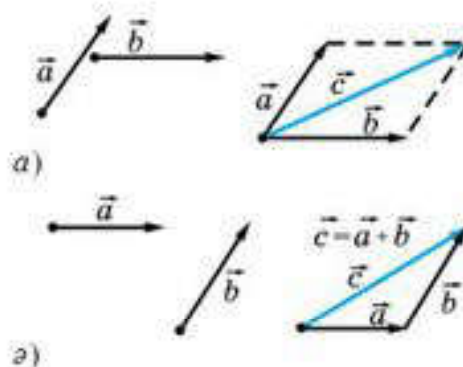
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4. \quad (2.1)$$

Векторларды азайту. Векторларды қосу ережесінен векторларды азайту



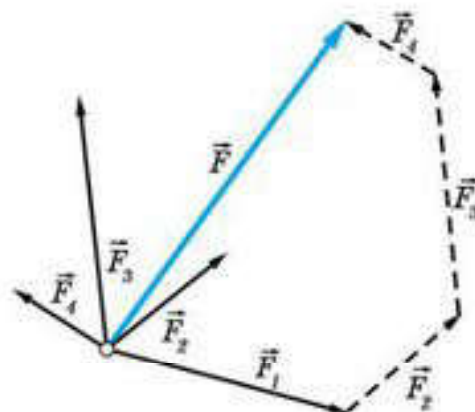
2.3-сурет.

а) Модульдері тең және бағыттары бірдей векторлар;
ә) модульдері тең, бағыттары қарама-қарсы векторлар



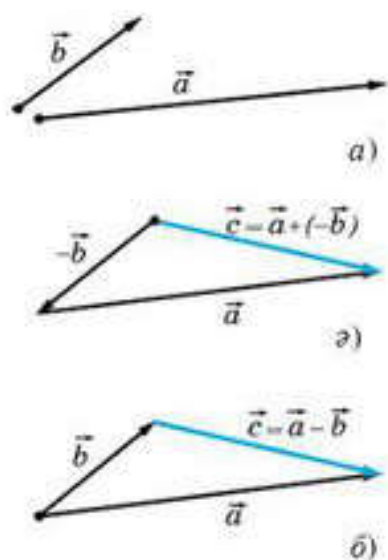
2.4-сурет.

а) Векторларды параллелограмм ережесі бойынша қосу;
ә) векторларды үшбұрыш ережесі бойынша қосу



2.5-сурет.

Бірнеше векторларды қосу



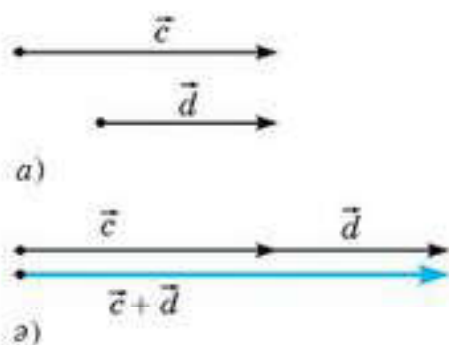
2.6-сурет. Векторларды азайту

ережесін шығарып алуға болады. Мысалы, $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$ векторын табу керек болсын (2.6, а-сурет). Бұл теңдікті $\vec{c} = \vec{a} + (-\vec{b})$ түрінде жазуға болады, яғни векторлардың айырымын табу үшін \vec{a} азайғыш векторға модулі азайтқыш векторға тең, бірақ оған қарама-қарсы бағытталған $-\vec{b}$ векторын қосу керек (2.6, б-сурет). Немесе екі векторды өздеріне параллель көшіріп, бастары бір нүктеден шығатындай етіп орналастырамыз. Содан соң олардың ұштарын \vec{b} азайтқыштан \vec{a} азайғышқа қарай бағытталған вектормен қосамыз. Міне, осы \vec{c} векторы қорытқы вектор болады (2.6, в-сурет).

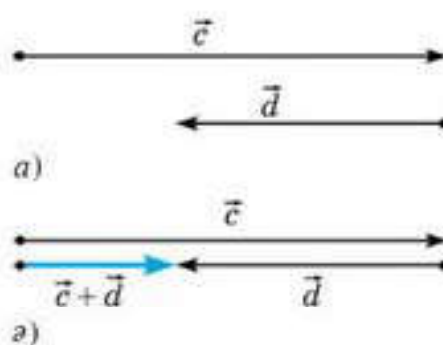
Бір түзудің бойында жатқан немесе бір-біріне параллель векторлар бір жаққа қарай не қарама-қарсы бағытталуы мүмкін (2.7, а және 2.8, а-суреттер).

Мұндай векторлар \vec{a} және \vec{b} векторлары сияқты, яғни бірінші вектордың ұшы екінші вектордың басталу нүктесімен қосылады (2.6, б-сурет). Қорытқы вектор модулі бойынша қосылатын векторлар модульдерінің арифметикалық қосындысына (2.7, б-сурет) немесе арифметикалық айырымына тең (2.8, в-сурет). Қорытқы вектор қосылатын векторлармен бағытас (2.7, б-сурет) немесе модулі үлкен вектор жаққа қарай бағытталады (2.8, в-сурет).

Векторларды скалярға көбейту (бөлу). Берілген \vec{a} векторын кез келген k скалярға көбейту (бөлу) үшін осы вектордың модулін берілген санға көбейтеміз (бөлеміз): $\vec{b} = k \cdot \vec{a}$ ($\vec{b} = \vec{a} : k$). Қорытқы \vec{b} вектордың бағыты k көбейткішінің (бөлгішінің) таңбасымен анықталады. Егер k оң болса, онда \vec{b} векторы \vec{a} векторымен



2.7-сурет. Бір түзудің бойында жатқан бағытас векторларды қосу



2.8-сурет. Бір түзудің бойында жатқан қарама-қарсы бағытталған векторларды қосу

бағытас, ал k теріс болса, \vec{b} векторының бағыты \vec{a} векторының бағытына қарама-қарсы болады.



1. Векторлық шамаларға мысалдар келтіріңдер. Векторлық шамаларды қалай белгілейді?
2. Векторлық шаманың скаляр шамадан айырмашылығы неде?
3. Екі векторды қалай қосады? Бірнеше векторды ше?
4. Векторлық шамалар қалай азайтылады?
- 5. Екі вектор модулі жағынан өзара тең, бірақ қарама-қарсы бағытталған. Осы векторлар бір-біріне тең деуге бола ма?
6. Векторды скалярға қалай көбейтеді (бөледі)?
- *7. Кинематикада дененің жүрген жолынан орын ауыстыру векторының маңыздырақ болатыны неліктен?



1-жаттығу

1. Модульдері тең, ал бағыттары қарама-қарсы болатын екі вектордың қосындысы нөлге тең екенін дәлелдендер.
2. Автокөлік ұзындығы 109 км айналма жолды екі рет жүріп өтті. Автокөліктің жүрген жолы мен оның орын ауыстыруы неге тең?
- *3. Өзендегі су ағысының жылдамдығы 4 м/с. Қайық суға қатысты 3 м/с жылдамдықпен ағысқа перпендикуляр бағытта қозғалады. Қайық қозғалысының жағаға қатысты жылдамдығын анықтаңдар.



1. Екі вектордың қосындысы да скаляр шамалардың қосындысы сияқты қосылғыштардың жазылу ретіне тәуелді емес, яғни $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$ екенін салу арқылы дәлелдендер.
2. Параллелограмм ережесін пайдаланып кез келген екі вектордың қосындысын табыңдар. Сол сызбадан енді осы векторлардың айырымын анықтаңдар.
- *3. Салу арқылы модульдері тең, өзара перпендикуляр екі вектордың қосындысы мен айырымын табыңдар.

Осы тақырыпта неі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты ігеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§3. ВЕКТОРДЫҢ КООРДИНАТАЛАР ОСЬТЕРІНДЕГІ ПРОЕКЦИЯЛАРЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ векторлардың қосындысының проекциялары
- ✓ векторлардың айырымының проекциялары
- ✓ орын ауыстыру векторының проекциялары
- ✓ дененің (материялық нүктенің) координаталары

Бүгінгі сабақта:

- векторлық шамалардың проекцияларымен танысасыздар;
- вектордың координаталар осіне проекциясын анықтауды, векторды құраушыларға жіктеуді үйренесіздер.

Физикадан есептер шығару кезінде көбінесе векторлық шамалардың координаталар осьтеріндегі проекциялары пайдаланылады. Сондықтан векторлық шамалардың координаталар осьтеріндегі проекцияларын табу жолдарын және оларға амалдар қолдануды қарастырайық.

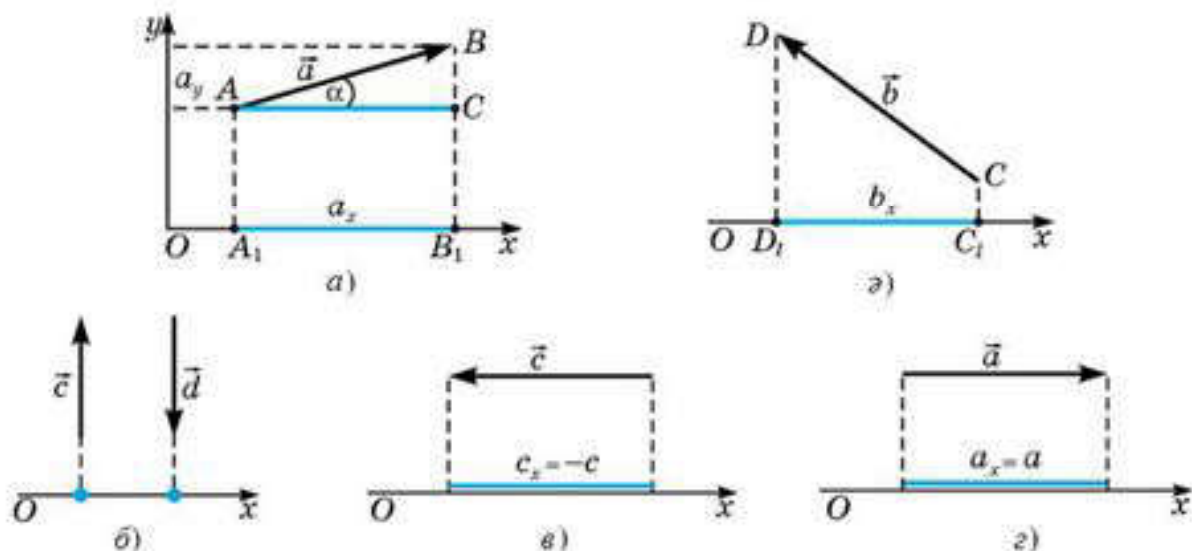
3.1, *a*-суретте координаталар осьтері x , y және олармен бір жазықтықта жатқан \vec{a} векторы кескінделген. Осы вектордың басы мен ұшынан x осіне AA_1 және BB_1 екі перпендикуляр түсірейік. A_1B_1 кесіндісінің ұзындығын \vec{a} векторының x осіне түсірілген *проекциясы* деп атайды. Вектордың проекциясы — плюс (+) не минус (–) таңбасымен алынған скаляр шама.

Проекциялардың таңбаларын анықтау үшін мына қарапайым ережені қолданған тиімді. *Егер вектордың бас нүктесінің проекциясынан оның ұшының проекциясына қарай ось бағытымен жүретін болсақ, онда проекция оң деп, ал қарама-қарсы бағытта жүрсек, проекция теріс деп есептеледі.* Осы ережеге сәй \vec{a} векторының проекциясы оң $a_x > 0$ (3.1, *a*-сурет), ал \vec{b} векторының проекциясы теріс $b_x < 0$ (3.1, *ә*-сурет) болады.

Вектордың оське түсірілген проекциясын вектор белгіленген әріппен (бірақ нұсқамасыз) және осьтің индексімен белгілейді. Мәселен, \vec{a} мен \vec{b} векторларының x осіндегі проекцияларын сәйкесінше a_x және b_x деп белгілейді (3.1, *a*, *ә*-суреттер).

ABC тікбұрышты үшбұрышынан көрініп тұрғандай (3.1, *a*-сурет), \vec{a} векторының x және y осьтеріндегі проекцияларын тиісінше мына өрнектер бойынша анықтайды:

$$a_x = a \cdot \cos \alpha, \quad a_y = a \cdot \sin \alpha.$$



3.1-сурет. Векторлық шамалардың координаталар осьтеріндегі проекциялары

Вектор оське параллель, бірақ карама-қарсы бағытта болса (3.1, в-сурет), онда оның проекциясының модулі вектордың теріс таңбамен алынған модуліне тең болады: $c_x = -c$. Расында да, $c_x = -c \cos \alpha$, ал $\alpha = 180^\circ$, ендеше, $\cos 180^\circ = -1$.

Вектор оське параллель әрі бағытталса болғанда (3.1, г-сурет), оның проекциясының модулі оң таңбамен алынған вектордың модуліне тең: $a_x = a$, өйткені $\alpha = 0^\circ$ және $\cos 0^\circ = 1$.

Егер вектор мен осьтің бағыттары әртүрлі болса, онда $\alpha < \pi/2$ болғанда (3.1, а-сурет) проекция оң таңбалы ($a_x > 0$, өйткені $\cos \alpha > 0$), ал $\pi/2 < \alpha < \pi$ үшін (3.1, в-сурет) проекция теріс таңбалы ($b_x < 0$, өйткені $\cos \alpha < 0$). Демек, егер вектор мен ось арасындағы бұрыш сүйір болса (3.1, а-сурет), онда проекция оң ($a > 0$, себебі $\alpha < \pi/2$ және $\cos \alpha > 0$), егер вектор мен ось арасындағы бұрыш доғал болса (3.1, в-сурет), онда проекция теріс ($a_x < 0$, өйткені $\pi/2 < \alpha < \pi$ және $\cos \alpha < 0$).

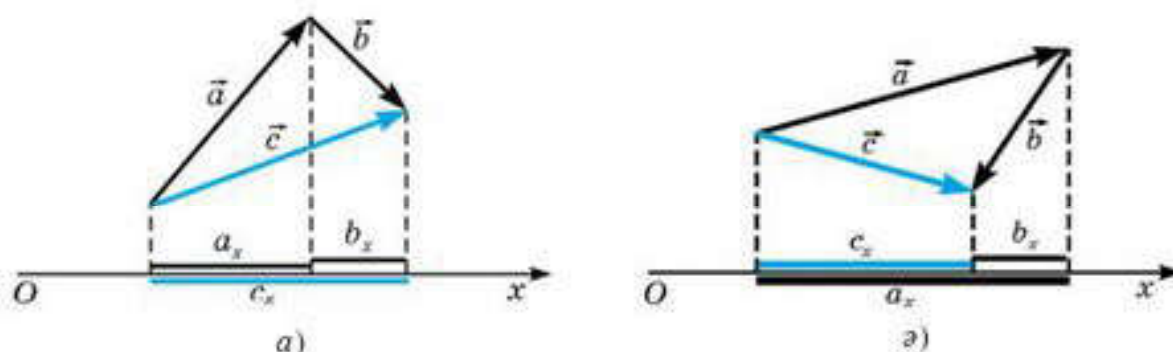
Егер вектор оське перпендикуляр болса (3.1, б-сурет), оның осы осьтегі проекциясы нөлге тең, өйткені $\alpha = \pi/2$ және $\cos \pi/2 = 0$.

Осылайша пайымдай отырып, векторлардың y осіндегі проекцияларын да табуға болады.

Векторлардың қосындысы мен айырымының проекциялары.

3.2, а-суретте \vec{a} және \vec{b} векторлары мен қорытқы \vec{c} векторы $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ сондай-ақ барлық үш вектордың x осіне түсірілген a_x , b_x және c_x проекциялары көрсетілген. Қорытқы вектордың проекциясы қосылатын векторлар проекцияларының қосындысына тең екенін ($c_x = a_x + b_x$) суреттен көріп отырмыз.

Векторлардың бірінің (\vec{b} векторының) проекциясы теріс болуы мүмкін (3.2, в-сурет). Қорытқы вектордың проекциясы бұрынғы-



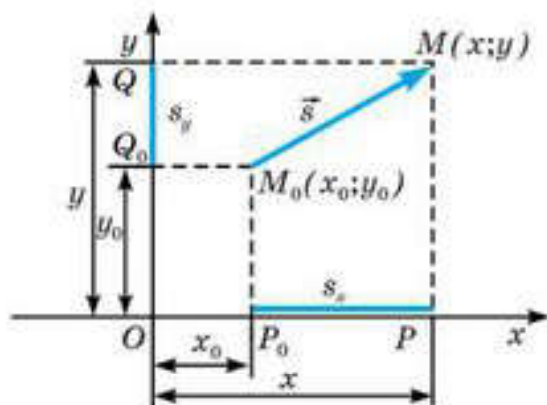
3.2-сурет

сынша екі вектордың проекцияларының қосындысына тең болып шығады, тек олардың бірінің проекциясы теріс екені ескеріледі: $c_x = a_x + (-b_x) = a_x - b_x$. Олай болса, жалпы алғанда, *векторлар қосындысының бір осьтегі проекциясы қосылатын векторлардың сол осьтегі проекцияларының алгебралық қосындысына тең*. Векторларды азайту ережесі қосуға да келеді, сондықтан ол ереже векторлар айырымының проекциясына да қолданылады.

Сонымен, векторлар қосындысының не айырымының проекциясын табу үшін қорытқы векторды тауып, оның проекциясын анықтаудың қажеті жоқ, векторлардың проекцияларын, таңбаларын ескере отырып қосса болғаны.

Дененің (материялық нүктенің) координаталары және оның орын ауыстыру векторының проекциялары. Егер дененің бастапқы орнының координаталары және орын ауыстыру векторы белгілі болса, оның келесі орнын анықтайтын координаталарын қалай табуға болады?

Бұл сұрақтың жауабын дененің жазықтықтағы қозғалысын мысалға алып түсіндірейік.



3.3-сурет. Дененің орын ауыстыру векторының проекциялары

Дене $\vec{s} = \overline{M_0M}$ орын ауыстырды делік. Енді $\overline{M_0M}$ векторы xOy жазықтығында жататындай етіп xOy координаталар жүйесін тандап аламыз (3.3-сурет).

Дененің бастапқы орнының (M_0 нүктесінің) координаталарын x_0 және y_0 деп, ал келесі орнының (M нүктесінің) координаталарын x және y деп белгілейміз. 3.3-суреттен көріп отырғанымыздай, $OP = OP_0 + P_0P$, ал $OP = x$, $OP_0 = x_0$ және $P_0P = s_x$. Демек,

$$x = x_0 + s_x. \quad (3.1)$$

Сондай-ақ осы суреттен $OQ = OQ_0 + Q_0Q$ екенін көріп отырмыз. Бірақ $OQ = y$, $OQ_0 = y_0$ және $Q_0Q = s_y$, сондықтан

$$y = y_0 + s_y. \quad (3.2)$$

(3.1) және (3.2) формулалары $\overline{M_0M}$ векторы xOy жазықтығында қалай орналасса да дұрыс болып қала береді.

(3.1) және (3.2) формулалардан орын ауыстыру векторының x не y координаталар осіндегі проекциясы сол вектордың басы мен ұшы координаталарының айырымына тең болатынын байқаймыз:

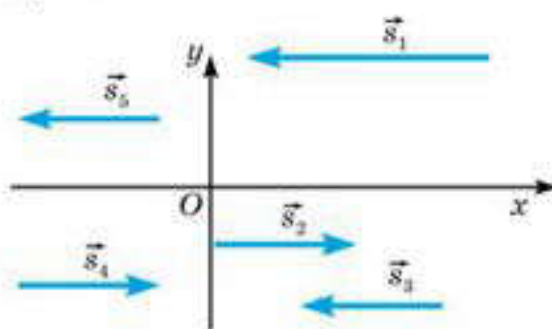
$$s_x = x - x_0,$$

$$s_y = y - y_0.$$

Бір шаманың келесі және бастапқы мәндері арасындағы айырым сол шаманың *өзгерісі* деп аталады. Олай болса, \vec{s} орын ауыстыру векторының x не y осіндегі проекциясы сәйкес координатаның өзгерісіне тең.



1. Вектордың осьтегі проекциясы дегеніміз не?
- 2. Дененің орын ауыстыру векторы оның координаталарымен қалай байланысады?
- 3. Егер нүктенің координатасы уақыт өтуімен артса, онда орын ауыстыру векторының координаталар осьтеріндегі проекциясының таңбасы қандай болады?
4. Егер орын ауыстыру векторы x осіне параллель бағытталса, онда оның осы осьтегі проекциясы модулі мен таңбасы жағынан қандай болады? Ал осы вектордың y осіне проекциясының модулі ше?
- 5. 3.4-суретте кескінделген орын ауыстыру векторларының x осіндегі проекцияларының таңбаларын анықтаңдар. Осылай орын ауыстырғанда дененің координаталары қалай өзгереді?
- *6. Дененің жүрген жолының мәні тым үлкен болып, ал орын ауыстыру векторының модулі өте аз болуы мүмкін бе? Мысал келтіріңдер.



3.4-сурет



2-жаттығу

1. Уақыттың алғашқы мезетінде дене координаталары $x_0 = -2$ м және $y_0 = 4$ м болатын нүктеде еді. Дене координаталары $x = 2$ м және $y = 1$ м нүктеге орын ауыстырды. Орын ауыстыру векторының x және y осьтеріндегі проекцияларын табыңдар. Дененің орын ауыстыру векторын сызыңдар.

- 2. Дене координаталары $x_0 = -3$ м және $y_0 = 1$ м болатын бастапқы нүктеден орын ауыстыру векторының x осіндегі проекциясы 5,2 м, ал y осіндегі проекциясы 3 м болатындай жол жүрді. Дененің соңғы орнының координаталарын табыңдар. Орын ауыстыру векторын сызыңдар. Оның модулі қандай?
- 3. Жаяу адам алдымен оңтүстікке қарай 5 км, содан соң шығысқа қарай тағы да 12 км жүрді. Оның жасаған орын ауыстыруының модулі неге тең?

Осы тақырыпта неі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§4. ТҮЗУСЫЗЫҚТЫ БІРҚАЛЫПТЫ АЙНЫМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫС. ҮДЕУ

Тірек ұғымдар:

- ✓ бірқалыпты қозғалыс
- ✓ айнымалы қозғалыс
- ✓ бірқалыпты айнымалы қозғалыс
- ✓ бірқалыпты үдемелі және бірқалыпты кемімелі қозғалыс
- ✓ үдеу

Бүгінгі сабақта:

- үдеудің формуласымен және оның өлшем бірлігімен танысасыңдар;
- үдеудің формуласын есептер шығару кезінде қолдануды үйренесіңдер.

Мұны білесіңдер

Дене қозғалған кезде оның жылдамдығы тұрақты болуы немесе өзгеріп отыруы мүмкін.

Дененің жылдамдығы тұрақты болса, ондай қозғалысты *бірқалыпты қозғалыс* деп атайды. Ал дененің жылдамдығы өзгеріп отырса, ондай қозғалысты *айнымалы қозғалыс* дейді. Айнымалы қозғалыстың қарапайым түріне *бірқалыпты айнымалы қозғалыс* жатады.

Бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп дененің жылдамдығы кез келген бірдей уақыт аралықтарында бірдей шамаға өзгеріп отыратын қозғалысты айтады.

Бірқалыпты айнымалы қозғалыстардың қарапайым түрлеріне *бірқалыпты үдемелі және бірқалыпты кемімелі қозғалыстар* жатады. Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезінде жылдамдық бірқалыпты

артады. Біркалыпты кемімелі қозғалыстың жылдамдығы бірдей уақыт аралығында бірдей шамаға кеміп отырады.

Мәселен, бірінші секундтың аяғында дененің жылдамдығы 3 м/с, екінші секундтың аяғында 6 м/с, үшінші секундтың аяғында 9 м/с болсын, яғни жылдамдық әр секунд сайын тең шамаға артып отыр. Мұндай қозғалыс біркалыпты үдемелі қозғалыс болады. Ал, керісінше, бірінші секундтың соңында дененің жылдамдығы 9 м/с, екінші секундтың соңында 6 м/с, үшінші секундтың соңында 3 м/с болса, ондай қозғалыс біркалыпты кемімелі қозғалыс болады.

Әртүрлі біркалыпты үдемелі қозғалыстардың бір-бірінен қандай айырмашылығы бар екенін анықтайық. Екі автокөлік орындарынан қозғалып, екеуі де 12 м/с жылдамдық алсын. Бірақ бірінші автокөлік мұндай жылдамдыққа 2 с өткен соң, ал екіншісі 4 с өткен соң жетеді. Олардың бастапқы және соңғы жылдамдықтары бірдей, бірақ жылдамдықтарының өсу шапшаңдығы әртүрлі. Бірінші автокөліктің жылдамдығы екіншіге қарағанда тезірек артады. Оны жылдамдықтың бірлік уақыт аралығындағы өзгеруіне қарап айтуға болады: бірінші автокөліктің жылдамдығы 1 с ішінде 6 м/с шамасына, ал екіншісікі 3 м/с шамасына артып отырады.

Жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттау үшін *үдеу* деп аталатын шама енгізіледі.

Дененің бастапқы уақыт мезетінде $t_0 = 0$ жылдамдығы \vec{v}_0 , ал t уақыт өткеннен кейінгі жылдамдығы \vec{v} болсын. Сонда $\Delta t = t - t_0$ уақыт аралығында жылдамдық $\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$ шамаға өзгереді. Сан жағынан жылдамдықтың бірлік уақыт аралығында $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ өзгерісіне тең шама үдеу болып табылады. Үдеуді \vec{a} әрпімен белгілейді.

Үдеу — жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын шама; ол жылдамдық өзгерісінің осы өзгеріс болған уақыт аралығына қатынасы арқылы өрнектеледі :

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0} \text{ немесе } \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}. \quad (4.1)$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) үдеудің өлшем бірлігі — 1 м/с^2 . Егер \vec{v}_0 және \vec{a} векторлары проекцияларының таңбалары бірдей болса, онда дене жылдамдығының модулі уақыт өтуімен артады, яғни дене үдеу алады. Ал, егер \vec{v}_0 және \vec{a} векторлары проекцияларының таңбалары қарама-қарсы болса, онда дене жылдамдығының модулі уақыт өтуімен кемиді — дене тежеледі, яғни қозғалыс баяулайды.

Алайда бұл екі жағдайда да қозғалыстың үдеуі болады. Олардың айырмашылығы тек үдеу векторларының таңдап алынған осьтегі проекцияларының таңбасында ғана.



1. Бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп қандай қозғалысты айтады?
2. Бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезінде жылдамдық қалай өзгереді?
3. Үдеу дегеніміз қандай физикалық шама?
4. Үдеу қандай формуламен өрнектеледі және оның өлшем бірлігі қандай?
5. Үдемелі қозғалыстың кемімелі қозғалыстан айырмашылығы неде?
- 6. Үдеумен қозғалатын дененің жылдамдығы нөлге тең бола ма?
- 7. Үдеу нөлге тең болғанда ($a = 0$) қозғалыс қандай сипат алады?



3-жаттығу

1. Автобус орнынан қозғалған сәтте-ақ $1,5 \text{ м/с}^2$ тұрақты үдеуге ие болады. Ол қанша уақыттан кейін 54 км/сағ жылдамдық алады?
2. Жылдамдығы 36 км/сағ троллейбус тежелгеннен кейін 4 с ішінде тоқтайды. Тежелу басталғаннан кейін ол қандай тұрақты үдеумен қозғалады?
- 3. Велосипедші $0,8 \text{ м/с}^2$ тұрақты үдеумен таудан түсіп келеді. Егер оның бастапқы жылдамдығы 2 м/с болса, 10 с өткеннен кейін велосипедшінің жылдамдығы қандай болады?
- *4. Тұрақты үдеумен қозғалған жүк машинасы жолдың бір бөлігінде өзінің жылдамдығын 15 м/с шамасынан 25 м/с шамасына дейін арттырады. Егер жүк машинасы $1,6 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғалса, жылдамдықтың артуына қанша уақыт кеткенін есептеңдер.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§5. ТҮЗУСЫЗЫҚТЫ БІРҚАЛЫПТЫ АЙНЫМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫС КЕЗІНДЕГІ ЖЫЛДАМДЫҚ ЖӘНЕ ОРЫН АУЫСТЫРУ

Тірек ұғымдар:

- ✓ жылдамдық
- ✓ орын ауыстыру
- ✓ қозғалыс заңы
- ✓ жылдамдық графигі

Бүгінгі сабақта:

- жылдамдықтың, жүрілген жолдың және үдеудің уақытқа тәуелділігінің графиктерімен танысасындар;
- орын ауыстыруды, жылдамдықты, үдеуді осы шамалардың уақытқа тәуелділік графиктерінен анықтауды үйренесіңдер;
- тұзусызықты бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен үдеудің формулаларын есептер шығаруда қолдануды үйренесіңдер.

Бірқалыпты айнымалы қозғалыстың жиі кездесетін кейбір жағдайларын қарастырайық.

1. Үдеудің $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$ формуласынан жылдамдықты табайық:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t. \quad (5.1)$$

Бұл қозғалыс түзу сызықты бірқалыпты үдемелі болғандықтан, формулаға енетін шамаларды олардың модульдерімен алмастыра аламыз:

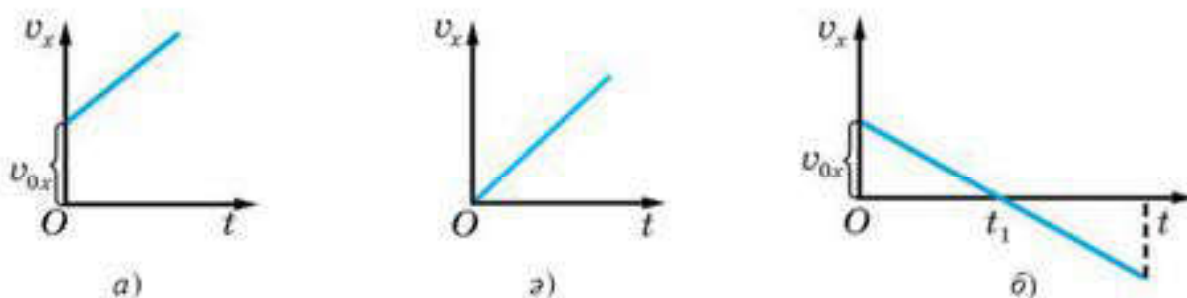
$$v_x = v_{0x} + a_x t. \quad (5.2)$$

Бұл — бастапқы жылдамдығы v_0 , үдеуі оң таңбалы, яғни жылдамдығы артып отыратын қозғалыс теңдеуі. Мұндай қозғалыстың графигі ординаталар осін v_0 биіктікте қиып өтетін түзу болып шығады (5.1, а-сурет). Үдеу неғұрлым үлкен болса, түзудің көлбеулік бұрышы да соғұрлым үлкен болады.

2. Енді v_0 бастапқы жылдамдық нөлге тең, ал үдеу оң таңбалы болсын. Мұндай қозғалыс кезіндегі жылдамдықтың формуласы $v_x = a_x t$. Бұл қозғалыстың графигі координаталар бас нүктесінен жылдамдықтың оң мәндері өсіп отыратын бағытқа қарай кететін түзуді береді (5.1, ә-сурет).

3. v_0 бастапқы жылдамдық нөлден өзгеше және таңбасы оң болсын. Бірақ үдеу теріс таңбалы, яғни жылдамдық кеміп отырады делік. Мұндай жағдай үшін жылдамдықтың формуласы $v_x = v_{0x} - a_x t$ болады, ал оның графигі 5.1, б-суретте көрсетілген. Бұл қозғалыстың басқаларына карағанда күрделірек екені байқалады.

Дене $t = 0$ кезінде v_0 бастапқы жылдамдықпен оң бағытта, яғни координаталар осінің таңдап алынған бағытымен қозғала бастайды. t_1 мезетке дейін жылдамдықтың шамасы біртіндеп азаяды. Осы мезетке дейін дененің қозғалысы *бірқалыпты кемімелі* қозғалыс болып табылады. t_1 мезетте дене бір сәт тоқтап, одан кейін жылдамдығын арттыра отырып қарама-қарсы бағытта қозғала бастаған. Демек, t_1 мезеттен кейінгі қозғалыс жылдамдығы теріс таңбалы *бірқалыпты баяулайтын* қозғалыс болады.

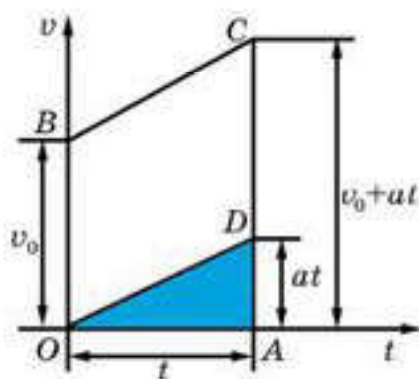


5.1-сурет. Жылдамдықтың графигері

Бастапқы жылдамдық оң болған кездегі бірқалыпты үдемелі қозғалыстардың жеке жағдайларын қарастыра отырып, жылдамдықты есептеп шығару кезінде формулаға енетін шамалардың таңбаларына ерекше назар аудару керек екеніне көз жеткіздік.

Есте сақта!

Түзусызықты қозғалыстағы орын ауыстыру векторының модулі жүрілген жолмен сәйкес келеді. Жалпы алғанда, қозғалысты мына физикалық шамалар сипаттайды: жүрілген жол — s , жылдамдық — v , үдеу — a және уақыт — t . Бұл шамалардың өзара байланысын көрсететін өрнек қозғалыс заңын анықтайды.



5.2-сурет.

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезіндегі жылдамдықтың графигі

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезіндегі жылдамдықтың $v = v_0 + at$ формуласынан қозғалыс заңының, яғни жолдың формуласын алуға болады. Есептеуді жеңілдету үшін қозғалыстың басталуы $x_0 = s_0 = 0, t_0 = 0$ бастапқы шартына сәйкес келеді делік. Бізге v_0 бастапқы жылдамдық пен a үдеу белгілі болсын әрі $a > 0$ деп алайық. Осы кездегі жылдамдықтың графигі 5.2-суретте көрсетілгендей болады. Сонда t уақыт ішінде жүрілген жол шамасы жағынан графикпен шектелген фигураның, яғни $OBCA$ трапециясының ауданына тең. График бойынша оның табандары бастапқы және соңғы жылдамдықтарға, ал биіктігі қозғалыс уақытына тең екенін көреміз:

$$OB = v_0, AC = v_0 + at, OA = t.$$

Трапецияның ауданы оның табандарының қосындысының жартысы мен биіктігінің көбейтіндісіне тең, олай болса,

$$S_{\text{трап}} = \frac{(OB + AC)}{2} \cdot OA \tag{5.3}$$

немесе

$$S_{\text{трап}} = \frac{v_0 + (v_0 + at)}{2} \cdot t = v_0 t + \frac{1}{2} at^2, \tag{5.4}$$

$$s = S_{\text{трап}}, s = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \tag{5.5}$$

Алынған формула бірқалыпты үдемелі қозғалыс үшін дұрыс, ал бірқалыпты кемімелі қозғалыс үшін бұл өрнек мына түрге не болады:

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}. \tag{5.6}$$

Ал бастапқы жылдамдық нөлге тең болғанда 5.2-суреттегі графиктің астындағы фигура трапеция емес, ODA тікбұрышты үшбұрыш болады. Мұндағы $OA = t$ және $AD = v = at$. Бұл үшбұрыштың ауданы:

$$S = s = \frac{at \cdot t}{2} = \frac{1}{2} at^2, \quad s = \frac{at^2}{2}. \quad (5.7)$$

Бұл формула ны (5.5) формуладан $v_0 = 0$ үшін тікелей алуға да болады.

Математика курсына $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ өрнегінің графигі парабола болатыны өздеріне белгілі. Олай болса, біркалыпты үдемелі қозғалыс кезіндегі жолдың графигі параболаны кескіндейді.

Жылдамдық графигі. Енді көрнекі болуы үшін үдеу, жылдамдық және жүрілген жол графиктерін бірге карап көрейік.

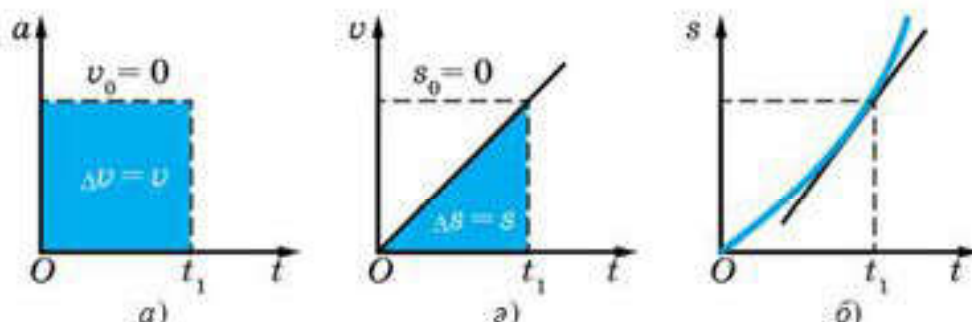
Бастапқы жылдамдығы нөлге тең біркалыпты үдемелі қозғалысты ($t_0 = 0, s_0 = 0, v_0 = 0$ және $a > 0$) қарастырсақ,

$$s = \frac{at^2}{2}; \quad v = at \quad (5.8)$$

болады.

Графиктерден бұл шамалардың бір-бірімен өзара байланысты екенін көреміз. Демек, бір шаманың өзгеру сипатын біле отырып, басқаларын таба аламыз. Мысалы, бастапқы шарттар берілсе, үдеудің графигі бойынша (5.3, *а*-сурет) осы графикпен шектелген фигураның ауданы арқылы кез келген t_1 уақыт мезеті үшін жылдамдықты табуға болады. Содан соң жылдамдық графигіндегі (5.3, *ә*-сурет) фигураның ауданы арқылы кез келген уақыт мезетіндегі жүрілген жол мен қозғалыс тендеуін анықтауға болады.

Және керісінше, егер қозғалыс тендеуі белгілі болса, онда жүрілген жолдың графигіндегі (s, t) жанамалардың көлбеулік бұрышына карап (5.3, *б*-сурет), жылдамдықтың уақыт өтуімен қалай өзгередіні туралы айтуға болады. Ал содан кейін жылдамдық графигіндегі жанамалардың көлбеулік бұрыштары бойынша кез келген уақыт мезеттеріндегі үдеудің мәнін табайық.



5.3-сурет. Үдеу, жылдамдық және жүрілген жолдың графиктері

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс үшін алынған

$$v = v_0 + at,$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

формулалары да жалпылама болып табылады. Олар қозғалыстың барлық жеке түрлері үшін (бірқалыпты қозғалыс үшін де) дұрыс.



1. Бірқалыпты үдемелі қозғалыс жылдамдығы графигінің бірқалыпты қозғалыс жылдамдығы графигінен айырмашылығы неде?
2. Бірқалыпты үдемелі қозғалыстағы дененің кез келген уақыт мезетіндегі жүрген жолын есептеп табу үшін нені білу керек?
- 3. Бірқалыпты үдемелі қозғалыс жолының формуласын қорытып шығарыңдар.
- *4. Бірқалыпты үдемелі қозғалыс жылдамдығы проекциясының графигі бойынша дененің орын ауыстыруы проекциясын қалай табуға болады?

Есеп шығару мысалы

Жанай аққан жаңбыр тамшылары қозғалып бара жатқан трамвай терезесінде вертикаль 30° бұрыш жасайтын жолақтар түзеді. Трамвайдың жылдамдығы 5 м/с . Тамшылардың Жерге қатысты жылдамдығы қандай?

Берілгені :

$$v_1 = 5 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_2 = ?$$

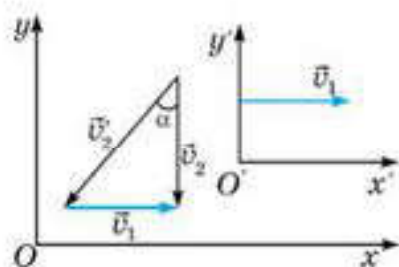
Шешуі. Тамшылардың Жерге қатысты жылдамдығын табу үшін жылдамдықтарды қосу заңын пайдаланамыз: дененің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы — осы дененің қозғалыстағы санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы мен қозғалыстағы жүйенің қозғалмайтын жүйеге қатысты жылдамдығының векторлық қосындысына тең болады.

Қозғалмайтын xOy координаталар жүйесін Жермен, ал қозғалыстағы $x'O'y'$ жүйесін трамваймен байланыстырамыз. Тамшының xOy жүйесіндегі жылдамдығын \vec{v}_2 арқылы, ал $x'O'y'$ жүйесіндегі жылдамдығын \vec{v}_2' арқылы белгілейміз. Жылдамдықтарды қосу заңы бойынша

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

Векторларды қосу 5.4-суретте көрсетілген. Алынған үшбұрыш тікбұрышты, сондықтан

$$\frac{\vec{v}_1}{\vec{v}_2} = \operatorname{tg} \alpha, \quad \vec{v}_2 = \frac{\vec{v}_1}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad v_2 = \frac{5 \text{ м/с}}{\operatorname{tg} 30^\circ} \approx 8,6 \text{ м/с}.$$



5.4-сурет

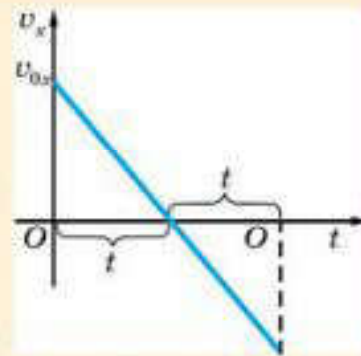
Жауабы : $\approx 8,6 \text{ м/с}$.



1. $s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t$ формуласын $\bar{s} = \bar{v} \cdot t$ формуласы-

мен салыстырып, $\frac{v_{0x} + v_x}{2}$ өрнегі бірқалыпты үдемелі қозғалыс жылдамдығының x осіндегі проекциясы екенін дәлелдеңдер.

2. Жылдамдық проекциясының графигі бойынша жылдамдық модулінің графигін сызыңдар (5.5-сурет).

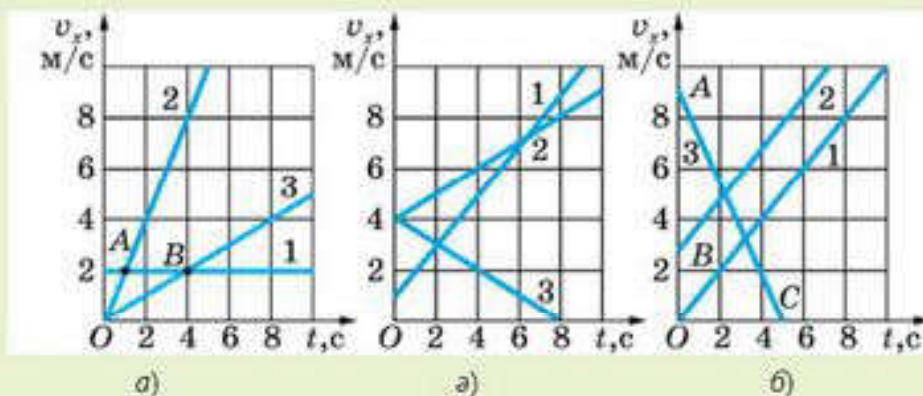


5.5-сурет. Жылдамдық проекциясының графигі



4-жаттығу

1. Қозғалысын 1 м/с^2 үдеумен бастаған автокөліктің 5 с және 10 с өткеннен кейінгі орын ауыстыруын есептеңдер.
2. Денені биіктігі 25 м балконнан тік жоғары қарай 20 м/с жылдамдықпен лақтырды. Оның $2,0$; $4,0$; $5,0 \text{ с}$ өткеннен кейінгі орын ауыстыруы қандай? Үдеу $a_y = -10 \text{ м/с}^2$.
3. Тікұшақ 5 мин ішінде 8 км/с жылдамдықпен тік жоғары көтерілді. Осы кездегі үдеу қалай бағытталған және оның мәні неге тең?
- 4. Бекетке жақындағанда электрпойызының жүргізушісі қозғалтқышты сөндірді. Одан кейін пойыз $0,1 \text{ м/с}^2$ үдеумен бірқалыпты кемімелі қозғалады. Егер тежегішті іске қосқан кездегі пойыздың жылдамдығы 54 км/сағ болса, тоқтағанға дейін ол қандай қашықтықты жүріп өтті?
- *5. Бала 2 м/с жылдамдықпен бірқалыпты қозғала отырып тепловоздың тұсынан жүгіріп өткен кезде тепловоз бірқалыпты үдемелі қозғала бастайды. Тепловоздың баланы қуып жеткен мезеттегі жылдамдығын анықтаңдар.
- 6. 5.6, а-суретте үш дененің қозғалыс жылдамдығы проекцияларының графигтері кескінделген. Осы денелер қозғалыстарының сипаты қандай? Графиктің А және В нүктелеріне сәйкес уақыт мезеттеріндегі денелер қозғалыстарының жылдамдықтары туралы не айтуға болады? Үдеулерді анықтаңдар және осы денелердің жылдамдықтары мен орын ауыстыруларының өрнектерін жазыңдар.



5.6-сурет

- *7. Үш дене үшін берілген жылдамдық проекцияларының графиктерін (5.6, а-сурет) пайдаланып мына тапсырмаларды орындандар: а) осы денелердің үдеулерін анықтаңдар; ә) әрбір дене үшін жылдамдықтың уақытқа тәуелділігінің формуласын жазыңдар; б) 2- және 3-графиктерге сәйкес келетін қозғалыстардың ұқсастығы мен айырмашылығын табыңдар.
- *8. Үш дененің қозғалыс жылдамдықтары проекцияларының графиктері бойынша (5.6, б-сурет): а) координаталар осьтеріндегі OA , OB және OC кесінділері неге сәйкес келетінін анықтаңдар; ә) денелердің қандай үдеумен қозғалатынын табыңдар; б) әрбір дене үшін жылдамдық пен орын ауыстыру өрнектерін жазыңдар.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

Денелердің қозғалысын сипаттау тәсілдері

Жұмысты орындау үшін қозғалыс траекториясы, жүрілген жол, орын ауыстыру, үдемелі қозғалыс ұғымдарын білу керек; денелердің қозғалысын әртүрлі тәсілдермен сипаттап, олардың кез келген уақыт мезетіндегі орнын анықтай алуы қажет.

Мақсаты : денелердің қозғалысын әртүрлі тәсілдермен сипаттау.

Теория : денелердің қозғалысын сипаттау — бұл оның кез келген уақыт мезетіндегі кеңістіктегі орнын анықтау тәсілін көрсету деген сөз. Кинематикада материялық нүктенің кеңістіктегі қозғалысын сипаттаудың үш тәсілі бар: векторлық, координаталық және табиғи.

Векторлық тәсілде материялық нүктенің кез келген уақыт мезетіндегі кеңістіктегі орны координаталар басынан нүктеге дейін жүргізілген $r = r(t)$ радиус-векторымен анықталады.

Координаталық тәсілде материялық нүктенің координаталар жүйесіндегі орны координаталардың уақытқа тәуелділігін өрнектейтін үш функция арқылы анықталады: $x = x(t)$; $y = y(t)$; $z = z(t)$. Бұл тәуелділік қозғалыс заңы (немесе тендеуі) деп аталады.

Материялық нүктенің қозғалыс траекториясы алдын ала берілген жағдайда оның кеңістіктегі орнын $s(t)$ қисықсыздықты координаталар көмегімен анықтайтын тағы бір тәсілі бар.

Материялық нүктенің қозғалысын сипаттаудың бұл үш тәсілі эквивалентті, олардың кез келгенін таңдау алынатын қозғалыс тендеулерінің қарапайымдылығы мен сипаттаудың көрнекілігі арқылы анықталады.

1-тапсырма . Мына сөйлемді жалғастырыңдар: “Вектордың оське проекциясы оң деп есептеледі, егер...” Жауаптарыңды суреттің көмегімен түсіндіріңдер.

2-тапсырма . Дене координаталары $x_0 = 0$ м, $y_0 = 2$ м нүктеден координаталары $x = 4$ м, $y = -1$ м нүктеге орын ауыстырды.

Сызбасын салып, орын ауыстыруды және оның координаталар осіндегі проекцияларын табу керек.

3-тапсырма. Екі велосипедшінің қозғалысы $x = 12t$ және $x = 120 - 10t$ теңдеулерімен сипатталады. Әр велосипедшінің қозғалысының сипатын түсіндіріңдер, олардың жылдамдықтарының модулі мен бағытын табыңдар, бір координаталар жүйесінде қозғалыс графиктерін тұрғызыңдар және олардың кездесу орнын анықтандар.

Орындалған жұмыс туралы қорытынды жасаңдар.

Осы тақырыпта неі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 6. ДЕНЕНІҢ ЕРКІН ТҮСУІ. ЕРКІН ТҮСУ ҮДЕУІ

Тірек ұғымдар:

- ✓ Пиза мұнарасы
- ✓ дененің еркін түсуі
- ✓ еркін түсу үдеуі

Бүгінгі сабақта:

- Галилей ашқан заңның маңызымен таныса-сыңдар;
- еркін түсуді сипаттау үшін бірқалыпты айнымалы қозғалыстың кинематикалық теңдеулерін пайдалануды үйренесіңдер.

Егер бірқалыпты үдемелі қозғалатын дененің бастапқы жылдамдығы \vec{v}_0 нөлге тең болса, онда оның орын ауыстыру векторының проекциясын қалай есептеуге болатынын қарастырайық. Бұл жағдайда

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

теңдеуі мына түрге ие болады:

$$s_x = \frac{a_x t^2}{2}. \tag{6.1}$$

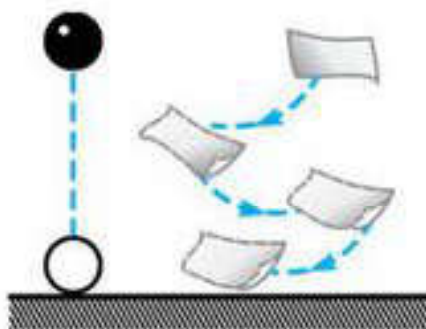
(6.1) теңдеудегі орын ауыстыру мен үдеудің s_x және a_x проекцияларының орнына олардың s және a модульдерін қойып қайта жазамыз. Бұл жағдайда \vec{s} және \vec{a} векторлары бір жаққа қарай бағытталғандықтан, олардың проекцияларының таңбалары бірдей болады. Сондықтан векторлардың модульдері үшін теңдеуді былай жазуға болады:

$$s = \frac{at^2}{2}. \tag{6.2}$$

(6.2) формуладан дене бастапқы жылдамдықсыз түзусызықты бірқалыпты үдемелі қозғалғанда орын ауыстыру векторы модулінің осы орын ауыстыру болған уақыт аралығының квадратына тура пропорционал.

Мұны білесіңдер

Қандай да бір биіктікте бос тұрған дене жерге құлайды. Жоғары лақтырылған дене де қайтадан жерге түседі.



6.1-сурет. Әртүрлі денелердің түсуі

Денелер Жердің оларды тартуының әсерінен Жерге құлайды. Бұл — жалпылама құбылыс, сол себепті де денелердің тек Жердің тартуы әсерінен еркін түсу заңдарын қарастыру ерекше қызықты. Күнделікті бақылау денелердің қалыпты жағдайда түрліше құлайтынын көрсетеді. Мәселен, ауыр шар тез құлап түседі, ал жұқа қағаз парағы біртіндеп, күрделі траектория бойымен қалықтап түседі (6.1-сурет).

Демек, құлаған денелердің жылдамдығы мен үдеуі қалыпты жағдайда денелердің ауырлығына, олардың өлшемдері мен пішіндеріне тәуелді болады. Әрине, денелердің мұндай қозғалысын тек Жердің тартуы әсерінен деп айтуға болмайды. Тәжірибе нәтижелері бұл айырмашылықтардың қозғалыстағы денеге ауаның әсер етуінен болатынын көрсетеді. Сол себепті, егер біз денелердің еркін түсуін зерттегіміз келсе, онда ауаның әсерінен толық құтылуымыз керек. Ең алғаш мұндай тұжырымды итальяндық ғалым Галилео Галилей жасаған болатын.

Галилей 1583 жылы Пиза қаласындағы биік көлбеу мұнара үстінен диаметрлері бірдей ауыр және жеңіл шарларды бір мезгілде тастап, олардың мұнара табанына шамамен бір уақытта келіп түсетініне көз жеткізеді.

Бұл биіктігі 58 м мұнараның құрылысы 1173 жылы басталған болатын. Осы ғимарат сәл қисайған кезде — 1360 жылы салынып бітті. Әрине, бұл ғимарат өзінің осы ерекшелігімен қоса, Галилей ашқан заңның арқасында Пиза қаласының даңқын бүкіл әлемге ғасырдан-ғасырға паш етіп келеді.

Сөйтіп, ол мұнара төңірегіне жиналған халықты таңғалдырды (6.2-сурет). Мұндай тәжірибелерді Галилей пішіндері мен өлшемдері әртүрлі денелермен, олардың түрлі орталардағы түсуін бақылап, сан мәрте қайталады. Міне, осылайша өз тұжырымдарының

дұрыстығына тәжірибе арқылы көз жеткізе отырып, Галилей *ауасыз кеңістікте барлық денелер бірдей уақытта түседі* деп ұйғарды. Галилей ашқан бұл заңның маңызы өте зор болды. Ол заң материяның аса маңызды қасиеттерінің бірін бейнелейді, біздің ғалам құрылымының көптеген ерекшеліктерін ұғынуға және оны түсіндіруге мүмкіндік береді. Сонымен бірге Галилей идеялары Ньютон механикасының негізі болып табылады.



6.2-сурет. Пиза қаласындағы мұнара

Алайда Галилей өз ұйғарымын денелерді ауасыз кеңістікте түсіріп тексере алмады. Өйткені Галилей өмір сүрген XVII ғасырда ауа соратын арнайы құралдар, сорғылар әлі жоқ еді. Оны тек 80 жыл өткеннен соң II. Ньютон жүзеге асырды. Ол жүргізген тәжірибе Галилей гипотезасының дұрыс екенін дәлелдеді.

Ньютон жасаған тәжірибенің мәнісі мынада: ұзындығы 1 метрдей шыны түтікке қорғасын кесегі (бытыра), ағаш қабығынан жасалған тығын және құстың қауырсыны салынды. Түтікті тез төңкерген кезде бұл денелер түтіктің түбіне әртүрлі уақытта жетеді: әуелі бытыра, сосын тығын, ең соңында қауырсын түседі. Ал егер түтік ішіндегі ауаны сорып шығарса, онда денелер бір мезгілде түседі. Міне, осындай *ортаның кедергісі болмаған кезде денелердің тек Жердің тартуы әсерінен түсуі еркін түсу* деп аталады.

Еркін түсу үдеуі g әрпімен белгіленеді. Еркін түсу үдеуінің векторы \vec{g} барлық денелердің Жерге тартылуы салдарынан әрдайым Жер центріне қарай бағытталады. Еркін түсу кезінде барлық денелер жер бетіне жақындаған сайын бірқалыпты үдемелі қозғалады. Демек, денелердің еркін түсуі бірқалыпты үдемелі қозғалысқа тамаша мысал бола алады. Мысалы, егер құлап келе жатқан шарды әрбір тең уақыт аралығы өткен сайын арнайы құрал арқылы суретке түсіріп отырса, онда шардың көршілес орындарының арақашықтықтары бойынша қозғалыстың шын мәнінде бірқалыпты үдемелі екенін анықтауға мүмкіндік туады. Осы аралықтарды өлшей отырып, еркін түсу үдеуінің сандық мәнін де есептеп шығаруға болады.

Неғұрлым дәл есептеулер еркін түсу үдеуінің сандық мәні Жер шарының әртүрлі нүктесінде аздап өзгеше болатынын көрсетеді. Мысалы, жергілікті жердегі ендікке байланысты ол былай өзгереді: 0° — $9,78049 \text{ м/с}^2$; 60° — $9,81924 \text{ м/с}^2$; 90° — $9,83221 \text{ м/с}^2$. Демек, еркін түсу үдеуі полюстерде үлкен болып, ал экваторға жақындаған

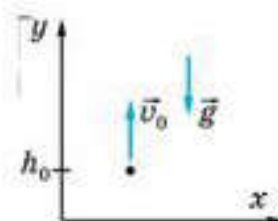
сайын азаятыны байқалады. Есеп шығарған кезде есептеуге оңай болу үшін шартты түрде $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ деп аламыз. Ал кейде есептің берілуінде алдын ала ескертіп, $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп те алады.



1. Галилей еңбектерінің маңызы неде?
2. Дененің еркін түсуі деп нені айтады?
3. Дененің еркін түсуі қозғалыстың қандай түріне жатады? Оны қалай дәлелдеуге болады?
4. Еркін түсу үдеуі қандай шама және оның сандық мәні неге тең?
5. Ендікке байланысты еркін түсу үдеуінің сандық мәні қалай өзгереді?
- 6. Еркін түсу үдеуі дененің массасына байланысты бола ма?
- 7. Еркін түсу үдеуі дененің жылдамдығына тәуелді ме?

Есеп шығару мысалы

Жер бетінен 10 м биіктіктегі доп 20 м/с жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылды. 3 с өткеннен кейін доп Жер бетінен қандай биіктікте болады? $g = 10 \text{ м/с}^2$.



6.3-сурет

Берілгені :

$$h_0 = 10 \text{ м}$$

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$t = 3 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$h = ?$$

Шешуі. Доптың қозғалыс теңдеуін жазамыз:

$$h = h_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

Жылдамдық пен үдеудің таңбаларын y осінің бағытына сәйкес анықтаймыз (6.3-сурет).

y осі вертикаль жоғары бағытталған жағдайда $v_{0y} = v_0 = 20 \text{ м/с}$; $g_y = -g = -10 \text{ м/с}^2$ болады.

$$\text{Онда } h = 10 \text{ м} + 20 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 9 \text{ с}^2}{2} = 25 \text{ м}.$$

Жауабы : 25 м.



5-жаттығу

1. Биіктігі 6,0 м ағаштан алма үзіліп түсті. Ол қанша уақытта жерге түседі? Түскен мезеттегі жылдамдығы қандай болады? (Ауаның кедергісі ескерілмейді.)
2. Дене 2 секунд бойы еркін төмен түсті. Ол қандай биіктіктен құлаған?
3. Бірінші дененің еркін түсу уақыты екінші денеге қарағанда 1,5 есе артық. Денелердің еркін түсу биіктіктерінің қатынасын табыңдар.
- 4. 200 м/с жылдамдықпен вертикаль жоғары атылған зымыран жоғары қарай $g = -10 \text{ м/с}^2$ бірқалыпты кемімелі үдеумен қозғалады. Оның ең жоғары көтерілген биіктігін анықтаңдар. (Ауаның кедергісі ескерілмейді.)

- 5. Дене 40 м/с жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылды. Дененің 2 с және 5 с өткеннен кейінгі жылдамдығы қандай болады? Дене қанша жол жүреді және оның 5 с уақыт аралығындағы орын ауыстыруы неге тең?
- *6. Дене өзінің еркін түсу уақытының соңғы екі секундта 60 м биіктікті жүріп өтті. Дененің толық еркін түсу уақытын табыңдар.

Осы тақырыпта неі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§7. ҚИСЫҚСЫЗЫҚТЫ ҚОЗҒАЛЫС. МАТЕРИАЛЫҚ НҮКТЕНІҢ ШЕҢБЕР БОЙЫМЕН БІРҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ қисықсызықты қозғалыс
- ✓ дененің шеңбер бойымен қозғалысы
- ✓ айналу периоды
- ✓ айналу жиілігі

Бүгінгі сабақта:

- дененің қисықсызықты траектория бойындағы қозғалысымен, сондай-ақ қисықсызықты қозғалыс кезінде дененің жылдамдығы траекторияға жанама бойымен бағытталатынын дәлелдейтін мысалдармен танысасыңдар;
- сызықтық және бұрыштық шамаларды пайдалана отырып, дененің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысын сипаттауды үйренесіңдер.

Мұны білесіңдер

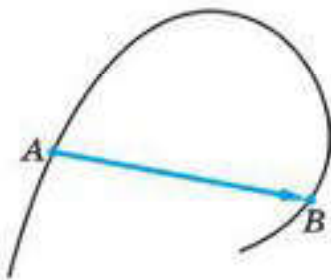
Материялық нүктенің (дененің) өз қозғалысы барысында кеңістікте қалдырған ізін *траектория* деп атайды.

Осыған дейін сендер дененің түзусызықтың бойымен орын ауыстырған кездегі қозғалыстарын қарастырдыңдар. Алайда дененің қозғалыс траекториясы қисық сызық болып келетін жағдайлар жиірек кездеседі. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысы, Жердің Күнді айнала қозғалысы қисық сызықты болып табылады. Ғарыш кеңістігінде ғаламшарлар мен Жердің жасанды серіктері, ал Жер бетінде алуан түрлі көліктер мен механизмдердің бөліктері, өзен сулары, ауа, атмосфера және т.б. қисық сызықты траекториялармен қозғалады.

Велосипед немесе автокөлік дөңгелектеріндегі нүктелер де қисықсызық бойымен қозғалады (7.1-сурет) т.с.с.



7.1-сурет. Велосипед дөңгелегіндегі нүктенің қисықсызықты қозғалысы



7.2-сурет. Дененің қисықсызықты траектория бойымен қозғалысы

Дененің қисықсызықты траектория бойымен қозғалысы **қисықсызықты қозғалыс** деп аталады.

Дененің қисықсызықты қозғалысы, оның түзу сызықты қозғалысы кезіндегідей, орын ауыстыру, жылдамдық және үдеу сияқты кинематикалық шамалар арқылы сипатталады.

Енді осыларға тоқталайық. Мысалы, дене қайсыбір қисықсызықты траекторияның бойымен оның A нүктесінен B нүктесіне қарай қозғалады делік (7.2-сурет).

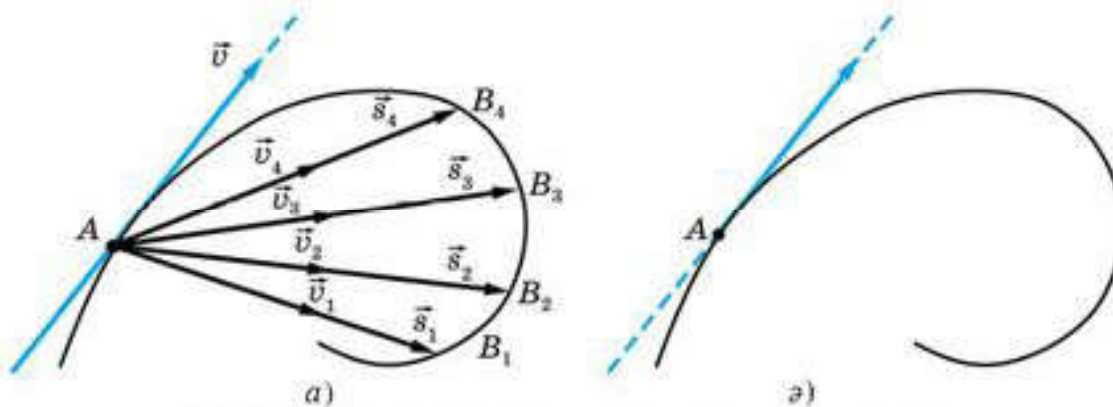
Сонда дененің жүрген жолы AB доғасының ұзындығына тең болады. Ал хорда бойымен бағытталған \overline{AB} векторы дененің орын ауыстыруын көрсетеді.

Түзу сызықты қозғалыс кезінде жылдамдық векторының бағыты әрқашан орын ауыстыру векторының бағытымен бағытталатыны белгілі. Ал біз қарастырып отырған жағдайда дененің жылдамдық векторы \overline{AB} орын ауыстыру векторының бойымен бағытталған деп айта алмаймыз.

Оның бағыты бұл жағдайда Δt уақыт интервалына тәуелді. Оған былай көз жеткіземіз.

7.3-суретте дененің қисықсызықты траектория бойымен қозғалысына мысал келтірілген. Мұндағы 7.3, а-суреттен Δt уақыт интервалы азайған сайын дененің бастапқы A нүктесінен орын ауыстыруының шамасы ғана өзгеріп қоймай, олардың бағыттары да өзгередінін көруге болады.

Δt уақыт аралығы неғұрлым азайған сайын, \vec{s}_1 , \vec{s}_2 және т.с.с. орын ауыстыру векторлары траекторияның берілген A нүктесіне жүргізілген жанаманың бағытына соғұрлым жақындай түседі. Δt уақыт аралығы мейлінше аз болған кезде орын ауыстыру векторының



7.3-сурет. Қисықсызықты қозғалыс кезіндегі дене жылдамдығының бағыты.

бағыты жанаманың бағытымен сәйкес келеді (7.3, ә-сурет). Бұдан шығатын қорытынды: *дененің қисықсызықты траекториясының кез келген нүктесіндегі қозғалыс жылдамдығы траекторияның осы нүктесіне жүргізілген жанаманың бойымен бағытталады.*

Қисықсызықты қозғалыс кезіндегі дене жылдамдығы шынында да траекторияға жанам бойымен бағытталадынына қайрақтастан шыққан ұшқын, автокөлік дөнгелектерінен ұшқан сазбалшық дәлел бола алады (7.4, а, ә-суреттер).

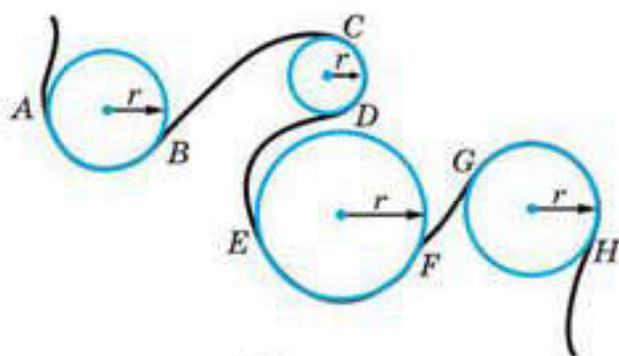


7.4-сурет

Алайда қисықсызықты қозғалыстың траекториясына жүргізілген жанаманың бағыты нүктенен нүктеге өткен сайын үздіксіз өзгеріп отырады (7.5-сурет). Бұдан қисықсызықты қозғалыс жылдамдығының бағыты бір уақыт мезетінен екінші уақыт мезетіне өткен сайын үнемі өзгеріп отыратыны шығады. Олай болса, *қисықсызықты қозғалыс әрқашан айнымалы қозғалысқа жатады.* Егер қозғалыс жылдамдығының модулі тұрақты болса, мұндай қозғалыс



7.5-сурет



7.6-сурет

бірқалыпты қисықсызықты қозғалыс деп аталады.

Қисықсызықты қозғалыстың карапайым түріне материялық нүктенің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы жатады. Өйткені кез келген қисықсызықты қозғалысты шеңбер бойымен, дәлірек айтқанда, шеңбердің

бөліктері бойымен қозғалысы деп қарастыруға болады (7.6-сурет). Бұдан қисықсызықты траекторияның жеке бөліктерінің шамамен шеңбер доғасы екені көрініп тұр. Мысалы, CD бөлігі — бұл радиусы кіші шеңбердің, AB — одан сәл үлкенірек шеңбердің, ал EF — радиусы үлкен шеңбердің доғасы.

Сонымен, кез келген қисықсызықты траектория бойымен өтетін қозғалысты шамамен қайсыбір шеңбер доғалары бойымен болатын қозғалыс ретінде қарастыра аламыз.

Шеңбер бойындағы бірқалыпты қозғалыста нүкте белгілі бір уақыт аралығында өзінің бастапқы орнына қайта оралып отырады. Сондықтан нүктенің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысын сипаттау үшін *айналу периоды* және *айналу жиілігі* деп аталатын шамалар енгізіледі.

Айналу периоды (T) деп нүктенің шеңбер бойымен бір айналым жасауға кеткен уақытын айтады: $T = t/n$. Айналу периоды секундпен (с) өлшенеді.

Периодқа кері шама жиілік (ν) деп аталады. Ол 1 с уақыт ішіндегі айналым санына тең: $\nu = \frac{n}{t}$. Халықаралық бірліктер жүйесінде жиіліктің өлшем бірлігі ретінде 1 с ішінде жасалған 1 айналым алынады (1 с^{-1}).

Период пен жиілік біріне-бірі кері шама болғандықтан, олардың арасындағы байланысты $\nu = \frac{1}{T}$ немесе $T = \frac{1}{\nu}$ өрнектерімен көрсетуге болады.



1. Шеңбер бойымен бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп қандай қозғалысты айтады?
2. Айналу периоды дегеніміз не? Ол қандай бірлікпен өлшенеді?
3. Айналу жиілігі деген не? Оның өлшем бірлігі қандай?
4. Бірқалыпты қисықсызықты қозғалыстың үдеуі мен жылдамдығы өзгере ме?
5. Қисықсызықты қозғалысқа мысалдар келтіріңдер.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты ігеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§8. СЫЗЫҚТЫҚ ЖӘНЕ БҰРЫШТЫҚ ЖЫЛДАМДЫҚТАР

Тірек ұғымдар:

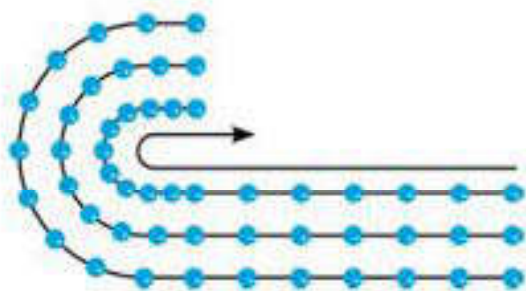
- ✓ бұрылу бұрышы
- ✓ радиан
- ✓ бұрыштық жылдамдық
- ✓ сызықтық жылдамдық

Бүгінгі сабақта:

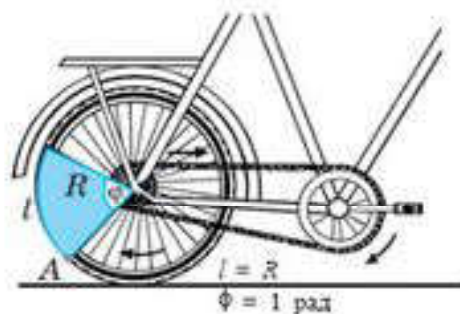
- сызықтық жылдамдықпен, бұрыштық жылдамдықпен танысасыздар;
- сызықтық және бұрыштық жылдамдықты байланыстыратын өрнекті есептер шығаруда қолдануды үйренесіздер.

Шеңбер бойымен қозғалыс кезінде қозғалыстың траекториясы да шеңбер болатыны белгілі. Нүктенің орнын қозғалыс басталғаннан бастап, оның шеңбер доғасы бойымен жүрген жолы арқылы да анықтайды. Шын мәнінде, кез келген физикалық дене сансыз көп нүктелерден тұрады. Ілгерілемелі қозғалыс кезінде дененің барлық нүктесінің жылдамдығы бірдей және олар бірдей аралықты жүріп өтеді. Ал қозғалыс қисықсызықты болған жағдайда бірдей уақыт ішінде сыртқы нүктелер ішкі нүктелерге карағанда көбірек жол жүреді (8.1-сурет). Демек, әр нүктенің орнын, орын ауыстыруын және әр нүктенің жылдамдығын білу қажет. Бұл, әрине, қиын мәселе. Дегенмен қозғалыстағы нүктенің орын ауыстыруын сипаттау үшін оның бастапқы орны мен t уақыттан кейінгі орнына сәйкес келетін радиустар арасындағы ϕ бұрышты пайдаланатын болсақ, мәселе оңай шешіледі.

Басқаша айтқанда, A нүктесінің шеңбер бойымен қозғалысын қарастырғанда, оны шеңбер центрімен қосатын R радиустың ϕ бұрылу бұрышымен сипаттау ыңғайлы (8.2-сурет).



8.1-сурет



8.2-сурет

Механикада бұрылу бұрышының өлшем бірлігі — радиан. *Радиан* — l доғасының ұзындығы R радиусқа тең болатын ϕ центрлік бұрыш (8.2-сурет).

Бұрылу бұрышының уақыт өтуіне карай өзгеруін *бұрыштық жылдамдық* арқылы сипаттайды.

Бұрыштық жылдамдық (ω) деп дененің ϕ бұрылу бұрышының осы бұрылуға кеткен уақытқа қатынасымен өлшенетін шаманы айтады. Бұрылу бұрышы ϕ әрпімен белгіленеді. Демек, дененің бірқалыпты айналуы кезіндегі бұрыштық жылдамдығы мынаған тең:

$$\omega = \frac{\phi}{t}.$$

Бұрыштық жылдамдықтың өлшем бірлігі — $1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Шеңбер бойымен толық бір айналым 2π радианды құрайды. Нүктенің толық бір айналымы кезіндегі уақыт $t = T$ болғандықтан, бұрыштық жылдамдықты мына өрнектермен де анықтауға болады:

$$\omega = \frac{\phi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

Дененің шеңбер бойымен қозғалысын қарастырғанда оның тұзусызықты қозғалысын сипаттайтын жылдамдық та қолданыла береді. Дененің шеңбер бойымен жүріп өткен жолының сол жолды жүруге кеткен уақытқа қатынасын *сызықтық жылдамдық* деп айтады.

Сызықтық жылдамдықтың модулі тұрақты болғандықтан, оның шамасын $v = \frac{s}{t}$ формуласымен анықтауға болады. Бір айналым ішінде ($t = T$) нүкте шеңбер ұзындығына тең арақашықтықты жүріп өтеді: $s = 2\pi R$. Олай болса, $v = \frac{2\pi R}{T}$. Ал $T = \frac{1}{\nu}$ екенін ескерсек,

$$v = 2\pi R\nu$$

өрнегін аламыз.

Енді бұрыштық және сызықтық жылдамдықтардың арасындағы

байланысты табайық: $\frac{v}{\omega} = \frac{2\pi R\nu}{2\pi\nu} = R$. Демек,

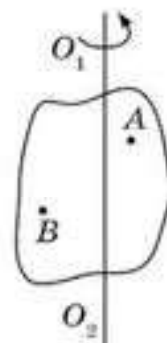
$$v = \omega R \text{ немесе } \omega = \frac{v}{R}.$$

Бұрыштық жылдамдық пен сызықтық жылдамдықтың жоғарыда алынған формулалары есеп шығару кезінде жиі қолданылады.



1. Бұрыштық жылдамдық деген не? Ол неге тең?
2. Қандай жылдамдық сызықтық жылдамдық деп аталады? Ол қалай бағытталған?

3. Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар арасындағы қатынас қандай?
4. Шеңбер бойымен жасалған толық бір айналымның бұрылу бұрышы неліктен 2π радианға тең болады?
- 5. 8.3-суретте қатты дене қозғалмайтын O_1, O_2 осінен көрсетілген бағытта айналып тұр. Осы дененің A және B нүктелерінің қозғалыс траекторияларын сызып, олардың жылдамдық векторларының бағытын көрсетіңдер.



8.3-сурет

Есеп шығару мысалы

Минутына 3000 айналым жасайтын бу турбинының бұрыштық жылдамдығын анықтаңдар.

Берілгені :

$$t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

$$n = 3000 \frac{\text{айн}}{\text{мин}}$$

ω — ?

Шешуі. $v = \frac{n}{t}; v = \frac{3000 \text{ айн}}{60 \text{ с}} = 50 \frac{\text{айн}}{\text{с}} = 50 \text{ с}^{-1}$.

$$\omega = 2\pi v; \omega = 2 \cdot 3,14 \text{ рад} \cdot 50 \text{ с}^{-1} = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Жау абы: $314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

6-жаттығу

1. Жердің Күнді айналу жиілігі қандай?
2. Сағат тілінің айналуының бұрыштық жылдамдығы үлкен бе, әлде Жердің Күнді айналуының бұрыштық жылдамдығы үлкен бе?
3. Сағаттың секундтық және минуттық тілдерінің айналуының бұрыштық жылдамдықтарын табыңдар.
4. Дене радиусы 50 м шеңбер доғасының бойымен қозғалады. Оның 10 с ішіндегі бұрылу бұрышы 1,57 радианға тең. Дене қозғалысының сызықтық жылдамдығы мен жүрген жолын есептеңдер.
5. Дененің айналу периодын 10 с деп алып, оның 10 с ішіндегі бұрыштық жылдамдығы мен бұрылу бұрышын есептеп шығарыңдар.
- 6. Радиусы 10 см болатын дөңгелек қайрақты айналдырғанда ол 0,20 с ішінде бір айналым жасайды. Айналу осінен ең қашық нүктелердің жылдамдығын табыңдар.
- *7. Егер автокөліктің радиусы 30 см дөңгелегі 1 с ішінде 10 айналым жасаса, оның қозғалыс жылдамдығы қандай?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты ігеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§9. ЦЕНТРЕ ТАРТҚЫШ ҮДЕУ

Тірек ұғымдар:

- ✓ қисықсызықты қозғалыс кезіндегі үдеу
- ✓ центрге тартқыш үдеу
- ✓ нормаль үдеу

Бүгінгі сабақта:

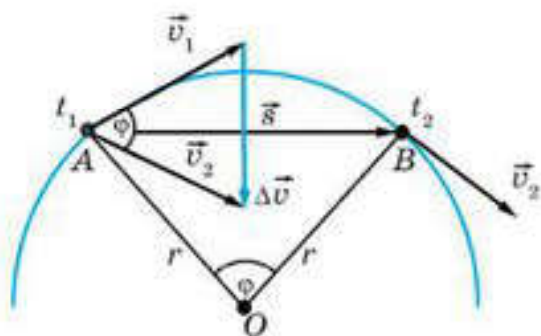
- центрге тартқыш және нормаль үдеулермен танысасыңдар;
- центрге тартқыш үдеудің физикалық мағынасын түсіндіруді және оның формуласын есептер шығаруда қолдануды үйренесіңдер.

Алдыңғы тақырыпта сендер жылдамдықтың модулі тұрақты болған жағдайдың өзінде қисықсызықты қозғалыстың әрқашан үдемелі қозғалыс болатынына көз жеткіздіңдер.

Енді осы үдеудің бағытын және оның неге тең екенін анықтайық.

Дененің түзусызықты қозғалысы сияқты қисықсызықты қозғалыс кезіндегі үдеу жылдамдықтың Δt уақыт аралығындағы өзгерісінің осы уақыт интервалының шамасына қатынасымен өлшенеді:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}. \quad (9.1)$$



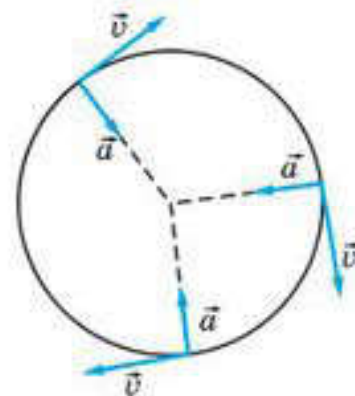
9.1-сурет. Дененің қисық траектория бойымен қозғалысы

Сонда $\Delta \vec{v}$ векторының шеңбердің ішкі жағына қарай бағытталаыны көрініп тұр.

Мұндағы A және B нүктелері бір-біріне неғұрлым жақын болғанда $\Delta \vec{v}$ векторының шеңбер центріне қарай бағытталаынын түсіну қиын емес. Олай болса, үдеу векторы да шеңбердің центріне қарай бағытталады. Сөйтіп, *шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалатын дененің үдеуі шеңбердің кез келген нүктесінде радиус бойымен оның центріне қарай бағытталады*. Сондықтан да оны *центрге тартқыш үдеу* деп атайды.

Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалатын дене үдеуінің бұл ерекшелігі 9.2-суретте көрсетілген. Суреттен үдеу векторының жылдамдық векторына перпендикуляр екенін көреміз.

Демек, үдеу векторы материалдық нүктенің шеңбер бойымен қозғалу жылдамдығына перпендикуляр болады: $\vec{a} \perp \vec{v}$. Сол себепті центрге тартқыш үдеуді *нормаль үдеу* деп атайды.



9.2-сурет

Енді центрге тартқыш үдеудің модулін анықтайық. Үдеудің модулі $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Алдымен Δv жылдамдығының модулін табайық (9.1-сурет). Ол үшін суретте көрсетілген кіші үшбұрышты үлкен AOB үшбұрышымен салыстырамыз. Олар өзара ұқсас, демек, олардың

сәйкес қабырғалары пропорционал: $\frac{\Delta v}{s} = \frac{v_1}{r}$, бұдан $\Delta v = \frac{v_1}{r} s$. Енді осы мәнді үдеудің формуласына қоямыз: $a = \frac{v_1 s}{r \Delta t}$.

Ал мұндағы $\frac{s}{\Delta t}$ өрнегі Δt уақыт мейлінше аз болған кезде A нүктесіндегі жылдамдық модулінің мәнін, яғни v_1 жылдамдықты береді. Жылдамдық модулінің өзгермейтінін ескеріп, оны жай ғана v деп белгілейміз.

Сонда

$$a_n = \frac{v^2}{r} \quad (9.2)$$

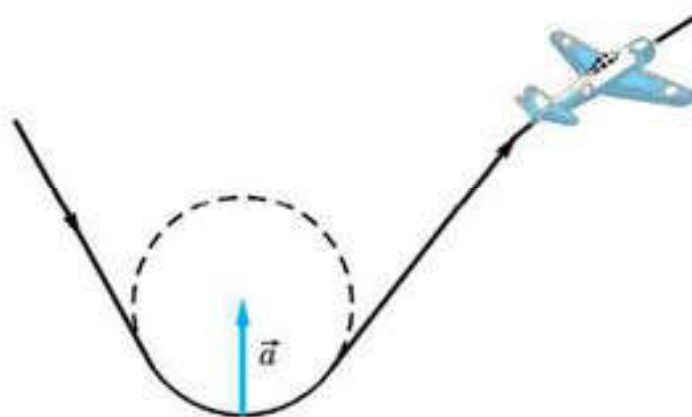
формуласын аламыз. Міне, осы формула арқылы шеңбер бойымен қозғалған дененің (нүктенің) центрге тартқыш (немесе нормаль) үдеуін есептеп шығаруға болады.



1. Модулі тұрақты жылдамдықпен шеңбер бойымен қозғалатын дененің үдеуі қалай бағытталған?
2. Центрге тартқыш үдеу деп қандай үдеуді айтады?
- 3. Неліктен центрге тартқыш үдеуді нормаль үдеу деп те атайды?
4. Центрге тартқыш үдеудің формуласы қандай?
- 5. Центрге тартқыш үдеуді: а) айналу периоды арқылы; ә) айналу жиілігі арқылы қалай өрнектеуге болады?

Есеп шығару мысалы

Шүйіліп ұшқан ұшақтың (9.3-сурет) жылдамдығы 800 км/сағ, ал оның ең төменгі нүктедегі үдеуі Жер бетіндегі еркін түсу үдеуінен 10 есе үлкен екені белгілі болса, осы ұшак қозғалатын шеңбердің радиусы неге тең?



9.3-сурет

Берілгені :

$$v = 800 \text{ км/сағ} = 222 \text{ м/с}$$

$$a = 10g, \quad g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

R — ?

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

$$R = \frac{(222 \text{ м/с})^2}{10 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 500 \text{ м,}$$

Жауабы : 500 м.



7-жаттығу

1. Автокөлік радиусы 100 м айналма жолмен 54 км/сағ жылдамдықпен қозғалады. Автокөліктің центрге тартқыш үдеуін табыңдар.
2. Алғашқы "Восток" ғарыш кемесінің Жерді айналу периоды 90 мин. Оның Жер бетінен орташа биіктігін шамамен 320 км деп есептеуге болады. Ал Жердің радиусы 6400 км. Осы ғарыш кемесінің жылдамдығын есептеңдер.
- *3. Жердің жасанды серігі (ЖЖС) дөңгелек орбита бойымен 630 км биіктікте қозғалады. Оның айналу периоды 97,5 мин. Жердің радиусын 6370 км деп алып, осы ЖЖС сызықтық жылдамдығы мен центрге тартқыш үдеуін анықтаңдар.
- 4. Қуатты бу турбинының роторы 3000 айн/мин жасайды. Оның жұмыстық дөңгелегінің диаметрі 2,7 м. Осы турбина роторының бұрыштық жылдамдығын және ротор қалақшалары ұшының сызықтық жылдамдығы мен үдеуін табыңдар.

Осы тақырыпта негізгі мәліметтеріңізді?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

Тараудың түйінді мәселелері

- **Механикалық қозғалыс** құбылысының мәні денелердің басқа денелермен салыстырғандағы орны, яғни координаталарының уақыт өтуімен өзгеруінде болып табылады.
- **Салыстырмалы қозғалыс.** Орын ауыстыру, қозғалыс жылдамдығы, траектория әртүрлі координаталар жүйесіне қатысты түрліше болады.
- **Тыныштықтың салыстырмалылығы.** Абсолют тыныштықта болатын денелер болмайды: бір координаталар жүйесіне қатысты тыныштықта тұрған дене басқа бір жүйелерге қатысты қозғалыста болады. Материя тек қозғалыста ғана өмір сүреді.
- **Вектор** — бұл сандық мәнімен (модулімен) қатар, кеңістіктегі бағытымен де сипатталатын шама.
- **Скаляр шамалар** деп тек сан мәнімен ғана сипатталатын шамаларды айтады.
- **Бірқалыпты айнымалы қозғалыс** — жылдамдығы кез келген тең уақыт аралықтарында бірдей шамаға өзгертін қозғалыс.
- **Үдеу** — жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын шама. Ол жылдамдық өзгерісінің сол өзгеріс болған уақыт аралығына қатынасына тең:

$$\bar{a} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{\Delta t} \text{ немесе } \bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}.$$

- **Қозғалыс заңының формуласы:**

а) түзусызықты бірқалыпты үдемелі қозғалыс үшін

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

ә) түзусызықты бірқалыпты кемімелі қозғалыс үшін

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}.$$

- Дененің бос ортада (вакуумда) түсуі **еркін түсу** деп аталады.
- Қисық сызықты траектория бойымен қозғалыс **қисықсызықты қозғалыс** деп аталады.
- **Период** — бұл материялық нүктенің шеңбер бойымен толық бір айналым жасауына кететін уақыт: $T = \frac{t}{n}$.
- **Жиілік** — бірлік уақыттағы айналым саны, ол айналу периодына кері шама болып табылады: $\nu = \frac{n}{t}$.
- Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалатын дененің үдеуі **центрге тартқыш үдеу** деп аталады: $a_n = \frac{v^2}{r}$.

§ 10. ЖҮЛДЫЗДЫ АСПАН. ЖҮЛДЫЗДАР МЕН ШОҚЖҮЛДЫЗДАР

Тірек ұғымдар:

- ✓ жұлдызды аспан
- ✓ шоқжұлдыздар және жұлдыздардың атауы
- ✓ каталогтер
- ✓ көрінерлік жұлдыздық шамалар
- ✓ абсолют жұлдыздық шама

Бүгінгі сабақта:

- абсолют және көрінерлік жұлдыздық шаманы ажыратуды;
- жұлдызды аспанның сыры туралы ғылыми көзқарастармен, жұлдыздардың жарқырауына әсер ететін факторлармен танысасындар.

Астрономия — ежелгі ғылымдардың бірі, ол адамның тәжірибелік қажеттіліктерінен пайда болған. Ежелгі заманнан бері жұлдызды аспанды бақылау адамдарға теңіз сапарлары мен халықтардың қоныс аударуы кезінде дүниенің тараптарын анықтау үшін көмектесті. Уақытты анықтау мен күнтізбелер жасаудың ауылшаруашылығында маңызы зор.



Ғаламтор ресурстарын пайдаланып, Вавилон, Мысыр, Қытай және Үндістанның көне астрономиясы туралы презентация дайындаңдар. Олардың әрқайсысының астрономияны дамытуға қосқан үлестеріне назар аударыңдар.

Айсыз және бұлтсыз түнгі аспанның сансыз жұлдыздары адамның назарын өзіне еріксіз аударады. Аспанда қанша жұлдыз бар? Оларды қалай ажыратуға болады?

Біздің мақсатымыз — жұлдызды аспан туралы ғылыми зерттеулер және көзқарастармен таныстырып, заманауи түсінік қалыптастыру.

Жұлдызды аспан — Жерден көрінетін аспан денелерінің (жұлдыздар мен олардың шоғырлары, ғаламшарлар, олардың серіктері, тұмандықтар мен галактикалар т.б.) жиынтығы. Астрономдар жұлдызды аспанды зерттеуде әртүрлі телескоптар қолданылады.

Айсыз ашық түні адам құралсыз көзбен бүкіл аспаннан шамамен 5-6 мың жұлдыз көре алады. Бұлар Күнге жақын орналасқан аймақтағы жұлдыздар әрі біздің Галактиканың құрамындағы

100 миллиардтан астам жұлдыздардың бір бөлігі ғана. Ең қуатты телескоп көмегімен көрінетін барлық жұлдыздар галактикалардың *Жергілікті тобының* құрамына кіреді. Оның құрамына 50-ге жуық галактика кіреді, бірақ аспанда құралсыз көзбен тек 3 галактиканы ажыратуға болады, олар: *Андромеда*, *Үлкен және Кіші Магеллан Бұлттары*.

Шокжұлдыздар. Адамдар өте ерте заманда-ақ жұлдыздардың өзара орналасуын жан-жануарларға, адамға және т.б. денелерге ұқсатып топтастырып, оларға шокжұлдыз атауларын берген. Мысалы, Геркулес пішіні бір тізесін бүккен адамға, Торпақ (көне түркі тілінде *Үді*) бұқаның мүйізіне, Аққу мен Бүркіт қанатын жая самғап ұшқан құстарға ұқсайды.

Шокжұлдыз — нақты анықталған шекарасы бар аспанның белгілі бір бөлігі. Шокжұлдыз өз шекарасындағы барлық тұрақты аспан денелерін қамтиды. Қазіргі уақытта аспан 88 шокжұлдызға бөлінген. Шокжұлдыз шекаралары Халықаралық астрономия одағының (ХАО) 1930 жылғы арнаулы қаулысы бойынша бекітілген, бірақ олардың ешқандай физикалық мағынасы жоқ.

Көрінерлік жұлдыздық шама ұғымын алғаш ежелгі грек астрономы Гиппарх енгізген. Ол аспандағы көзге көрінетін жұлдыздарды жалтырлығы бойынша 6 топқа бөліп, ең жарық жұлдыздарды бірінші жұлдыздық шамаға, ал ең көмескілерін алтыншы жұлдыздық шамаға тағайындады.

Көрінерлік жұлдыздық шама (жалтырлық) — аспан денесінен бақылаушы маңында аудан бірлігіне түсетін жарық энергиясының ағынын, яғни жарықтандыруын сипаттайтын өлшемсіз сандық шама.

Жұлдыздардың жарықтандыруы олар туралы жалғыз ақпарат болып табылады. Сондықтан нысанның жұлдыздық шамасын анықтау үшін астрономдар оның тудыратын жарықтандыруын мұқият өлшейді. Көрінерлік жұлдыздық шама m (magnitude) әрпімен таңбаланады. Сандық мәннен кейін жоғары көрсеткіш арқылы белгіленеді. Мысалы, жұлдыздың жалтырлығы 1,5^m деп белгіленсе, онда бұл жұлдыздың “жұлдыздық шамасы” 1,5 болғаны.

Неғұрлым жұлдыздық шама кішірек болса, соғұрлым нысан жарығырақ болып көрінеді, яғни жалтырлығы жоғары деп есептеледі.

Гиппарх жобасының математикалық сипаттамасы : жұлдыздардың 1, 2 т.с.с. 6 жұлдыздық шамадағы нысандардың жарықтандырулары еселігі q болатын кемімелі геометриялық прогрессия құрайды. Сондықтан жұлдыздық шамасы m болатын жұлдыздың

жарықтандыруы жұлдыздық шаманы бірге тең жұлдыздың жарықтандыруы E_1 арқылы келесі формуламен анықталады:

$$E_m = E_1 q^{m-1}. \quad (10.1)$$

Погсон формуласы. XIX ғасырдың ортасында ағылшын астрономы Норман Погсон жұлдыздық шаманы өлшеудің жаңа үлгісін ұсынды. Бұл үлгіде 5 жұлдыздық шама жұлдыз жарықтандыруының қатынасы дәл 100 есе өзгеруіне сәйкес келеді, онда $q = 100^{1/5} \approx 2,512$. Сонымен, Погсон формуласы келесі түрде жазылады:

$$E_{m_1} / E_{m_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)}. \quad (10.2)$$

Погсон формуласы жалтырлығы әртүрлі жұлдыздардың көрінерлік жарықтығын бір-бірімен салыстыруға мүмкіндік береді. Жарық шамасын өлшейтін құрал — *фотометрді* пайдаланып жүргізілген өте дәл өлшеулер жұлдыз жалтырлығының әрқилы болатынын көрсетеді. Сондықтан кейбір жұлдыздардың жалтырлығы жұлдыздық шама бойынша бөлшек және теріс мәндермен де өрнектеледі. Қазіргі уақытта жұлдыздық шама ұғымы тек жұлдыздарға ғана емес, сонымен қатар басқа да нысандарға — Ай, Күн, ғаламшар, галактикалар, квазарларға да қолданылады.

Жерден байқалатын жұлдыздың жалтырлығы *көрінерлік* деп аталады. Бұл атау абсолют жұлдыздық шамадан ажырату үшін пайдаланылады, тіпті ультракүлгін, инфрақызыл немесе кез келген басқа да көз қабылдамайтын сәулелік аймақта (көрінетін аймақта өлшенген мән визуалды деп аталады) да қолданылады. “*Көрінерлік*” ағылшынша “*apparent*” — “байқалатын” дегенді білдіреді.

Бір жұлдыздың жалтырлығы жоғары, ал енді біреуінің төмен болуы жұлдыздың шын мәніндегі жарықтылығы туралы мәлімет бере алмайды. Себебі жұлдыздың бізге жақын орналасуынан оның жалтырлығы жоғары, бірақ тура осындай жұлдыздың алыс орналасуынан төмен болады. Осылайша ол тек нысанның көрінуін — қаншалықты жарық болып көрінетінін сипаттайды, демек, Жер бетіндегі бақылаушыға жарық энергиясының қандай мөлшері келіп жететінін көрсетеді.



Көздеріңнің өткірлігін Алькор жұлдызын бақылау арқылы тексеріңдер. Ұлы Авиценна өз емделушілерін Алькор жұлдызын бақылау арқылы тексерген екен. Егер емделуші осы жұлдызды көре алатын болса, онда оның көзі жақсы көреді деп тұжырым жасаған. Қалай ойлайсыңдар, бұл дұрыс па?

Абсолют жұлдыздық шама. Жұлдыздардың және басқа аспан денелерінің шынайы жарықтылығын анықтау үшін *абсолют жұлдыздық шама* түсінігі қолданылады.

Есте сақта!

Жұлдызды аспанның кейбір нысандарының көрінерлік жұлдыздық шамаларының кестесі:

- Күн — 27^m;
- Толық ай — 13^m;
- Шолпан минималды қашықтықта — 4,6^m;
- Спиритус бүкіл аспанның ең жарық жұлдызы — 1,5^m;
- Вега, солтүстік аспанның ең жарық жұлдызы — 0^m;
- Жетіқаракшы жұлдыздары 2—3^m;
- Қарусыз көзге көрінетін ең әлсіз жұлдыздар — 6^m;
- Дүрбі арқылы көрінетін жұлдыздар 9—10^m;
- Шағын телескопта көрінетін жұлдыздар 11—13^m;
- Плутоң — 15^m;
- Ең қуатты телескоптарда көрінетін жұлдыздар 15—16^m;
- Жердегі телескоптардың суреттерінде көрінетін ең әлсіз нысандар 28—29^m;
- Хаббл ғарыш телескопында түсірілген суреттегі ең әлсіз нысандар 30—31^m.

Абсолют жұлдыздық шама (M) — жұлдыздың стандарт қашықтығы 10 парсек немесе 32,6 жарық жылы қашықтығында орналасқандағы көрінерлік жұлдыздық шамасы. Егер көрінерлік және абсолют жұлдыздық шамалар белгілі болса, біз жұлдызға дейінгі қашықтықты келесі формуламен есептей аламыз:

$$d = d_0 \cdot 10^{\frac{m-M}{5}}, \tag{10.3}$$

мұндағы $d_0 = 10$ пк. Демек, көрінерлік жұлдыздық шамамен салыстырғанда абсолют жұлдыздық шама аспан нысандарының шынайы жарықтылығын, яғни жарқырауларын салыстыруға мүмкіндік береді. Кейбір жұлдыздардың сипаттамалары 10.1-кестеде көрсетілген.

10.1 -кесте

Жұлдыз атауы	Қысқаша белгіленуі	Тура көтерілу, α	Еністік, δ	Көрінерлік жұлдыздық шама, m	Абсолют жұлдыздық шама, M
Сүмбіле	α CMa	6 сағ 45 мин	$-16^{\circ}43'$	-1,58	+1,41
Арктур	α Boo	14 сағ 16 мин	$+19^{\circ}11'$	-0,05	-0,2
Вега	α Lyr	18 сағ 37 мин	$+38^{\circ}47'$	0,03	+0,5
Процион	α CMi	7 сағ 39 мин	$+5^{\circ}14'$	0,37	+2,65
Бетельгейзе	α Ori	5 сағ 52 мин	$+07^{\circ}24'$	0,42	-6,0
Альтаир	α Aql	19 сағ 51 мин	$+08^{\circ}52'$	0,77	+2,3
Темірқазық	α UMi	1 сағ 49 мин	$+89^{\circ}02'$	2,02	-4,6
Алькор	δ UMa	13 сағ 25 мин	$+54^{\circ}59'$	3,99	+2,0

Жарқырау — аспан денелерінің негізгі сипаттамасы. Ол аспан денесінің уақыт бірлігінде барлық беттік ауданы шығаратын сәулесінің толық энергиясымен сипатталады. Астрономдардың анықтауы бойынша, жұлдыздардың жарқырауы оның радиусына және абсолют температурасына байланысты болады. Оны сендер алдағы уақытта қарастырасыңдар.



1. Шоқжұлдыздың халықтық және ғылыми түсінігінің қандай айырмашылығы бар?
2. Аспанда қанша жұлдыздар бар? Оны санап білуге бола ма? Олардың санын қалай есептеуге болады?
3. Жаңа жұлдыз ашуға бола ма? Шоқжұлдызды ше?
4. Шоқжұлдыздағы жұлдыздар қалай белгіленеді?
5. Жұлдыздық шама нені анықтайды? Осы ұғымды алғаш ғылымға кім енгізді?
6. Бірінші және алтыншы жұлдыздық шамадағы жұлдыздардың жарықтандыруларының бір-бірінен қандай айырмашылығы бар?
7. 10.1-кестеде қай жұлдыз ең жарық, ең солғын болып көрінеді?
8. Жұлдыздық шамаға әсер ететін факторларды атаңдар.



Жұлдызды аспанды бақылау.

- Ашық түнде аспанда Үлкен аю, Кіші аю және Кассиопея шоқжұлдыздарын табыңдар. Темірқазыққа қатысты олардың орналасуына назар аударыңдар, сұлбасын сызыңдар, бақылау күнін және уақытын белгілеңдер.
- Бұл шоқжұлдыздардың ең жарық жұлдыздарын табыңдар және оларды жарықтығы бойынша реттеп, олардың жалтырлығын көзбен бағаландар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 11. АСПАН СФЕРАСЫ. АСПАН КООРДИНАТАЛАРЫНЫҢ ЖҮЙЕЛЕРІ

Тірек ұғымдар:

- ✓ аспан сферасы
- ✓ аспан сферасының элементтері
- ✓ эклиптика және аспан экваторы
- ✓ аспан координаталары

Бүгінгі сабақта:

- аспан сферасының негізгі элементтерімен танысасыңдар;
- жұлдызды аспанның жылжымалы картасынан жұлдыздардың координаталарын анықтауды үйренесіңдер.

Жұлдыздардың, ғаламшарлардың т.б. аспан денелерінің орналасу орындарын анықтау және өлшеу сияқты практикалық мәселелерді шешу үшін астрономияда *аспан сферасы* деген ұғым қолданылады.

Аспан сферасы — радиусы жорамал сфера, оның бетіне бақылаушы белгілі бір уақытта өзі орналасқан орыннан көретін бүкіл аспан шырақтары проекцияланады (11.1-сурет).

Аспан сферасының қасиеттері:

- барлық нысандар бақылаушыдан әртүрлі қашықтықта болуына қарамастан, аспан сферасының бетіне проекцияланады;
- аспан сферасының орталық нүктесі ерікті түрде таңдалады. Ол, әдетте, Жер центрі немесе Жер бетіндегі бақылаушы тұрған орынмен, оның көзімен, ғарышкер орбитасының нүктесімен сәйкестендіріледі;
- әрбір аспан шырағына аспан сферасында жалғыз нүкте сәйкес келеді, ол орынды сфераның орталығынан шығатын сәуле кышп өтеді;
- аспан сферасындағы бұрыштық өлшемдер оның радиусына байланысты емес;
- аспан сферасының айналуы Жердің өз осін айналуынан туындайды. Жер шары батыстан шығысқа қарай айналатындықтан, аспан бізге шығыстан батысқа қарай айналатын болып көрінеді. Осыдан аспан шырақтарының шығыстан туып, батыста батуы туындайды.

Бұрыштық қашықтықтар арнайы құралдармен өлшенеді: секстант, теодолит және т.б. Бірақ ең қарапайым өлшеулерді ешқандай құралсыз, яғни 11.2-суретке сәйкес қолдың саусақтарын пайдалана отырып жүргізуге болады.

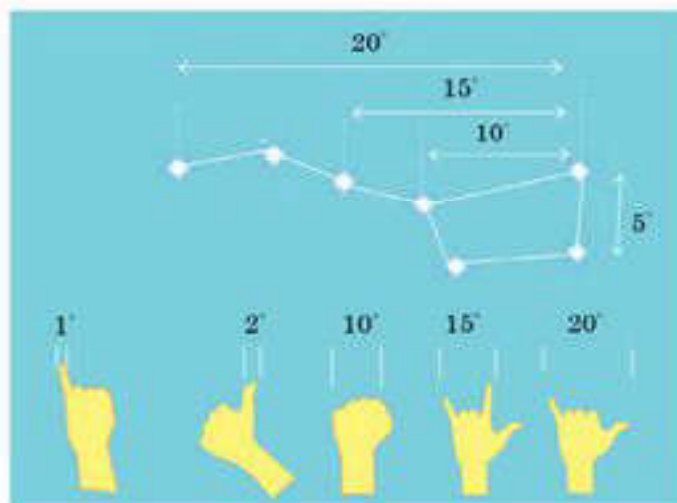


Аспан неліктен айналады және қай бағытта айналады? Сондай-ақ сағат тілінің айналу бағыты мен аспан сферасының айналу бағыты арасында қандай сәйкестік бар? Ол үнемі сәйкес келе ме? Аспан сферасы Айда айнала ма? Қаншалықты жылдам және қандай периодпен айналады? Аспан сферасын ғарышкер қандай түрде көреді? Оны айналдыру үшін ғарышкер не істеуі керек?

Аспан сферасының негізгі элементтері. 11.3-суретті қарастырып, аспан сферасының негізгі құраушыларымен танысайық .

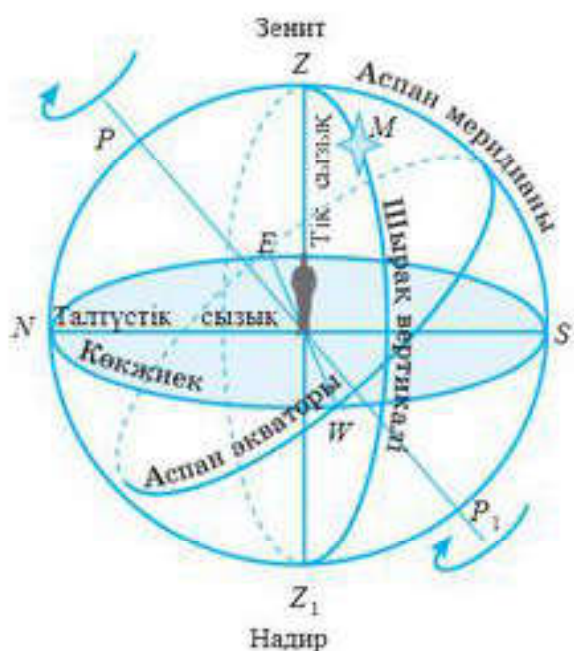


11.1-сурет. Жұлдыздардың аспан сферасында бейнеленуі



11.2-сурет. Қолдың саусақтарын қолданып бұрыштық өлшемдер жасау

Зенит (Z) нүктесі бақылаушының дәл төбесінде, ал *Надир* (Z_1) — сфераның қарама-қарсы нүктесінде орналасқан. Осы екі нүктені қосатын түзу *вертикаль сызық* немесе *тік сызық*, оған перпендикуляр әрі аспан сферасының орталық нүктесі арқылы өтетін жазықтық *математикалық* немесе *нақты көкжиек жазықтығы* деп аталады. Ол аспан сферасын қнып, үлкен дөңгелек (центрі аспан сферасының центрімен сәйкес келетін шеңбер мағынасында) *нақты көкжиек* (немесе жай ғана *көкжиек*) түзеді. Көкжиек аспан сферасын көрінетін және көрінбейтін екі бөлікке бөледі. Зениттен M шырақ арқылы *Надирге* дейін өтетін үлкен дөңгелек *шырақ вертикалі* немесе *биіктік дөңгелегі* деп аталады.



11.3-сурет

Аспан сферасы және шырақтардың тәуліктік айналысы *дүние осінің* (PP_1) төңірегінде өтеді. Жер өлшемі жұлдыздарға дейінгі қашықтықпен салыстырғанда өте кіші болғандықтан, іс жүзінде дүние осі Жер бетіндегі кез келген орын үшін Жер осіне параллель болады. Дүние осінің аспан сферасымен қнылысатын нүктелері аспан сферасының айналысына қатыспайды. Сондықтан да олар *дүние полюстері* деп аталады. Төңірегінде аспан сферасының айналысы (сфераның орталық нүктесінде орналасқан

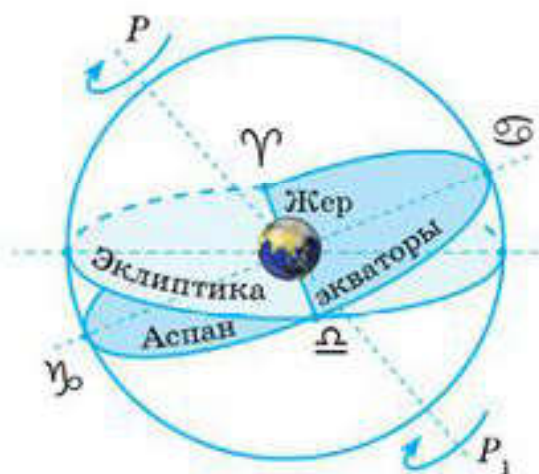
бақылаушы үшін) сағат тілшенің айналу бағытына кері болатын полюс P — дүниенің солтүстік полюсі, оған қарсы полюс P_1 — дүниенің оңтүстік полюсі деп аталады. Дүниенің солтүстік полюсі маңында (1° жуық қашықтықта) Темірқазық жұлдызы орналасқан.

Зенит және дүние осі арқылы өтетін жазықтық аспан меридианының жазықтығы, ал оның аспан сферасымен қиылысқан кезінде пайда болатын үлкен дөңгелек аспан меридианы болып табылады. Аспан меридианы аспанның тәуліктік айналысына қатыспайды да, көкжиекпен екі нүктеде қиылысады, олар көкжиектің оңтүстік (S) және солтүстік (N) нүктелері. Математикалық көкжиек және аспан меридианының жазықтықтарының қиылысуында пайда болатын түзу талтүстік сызық деп аталады. Себебі тал түсте тігінен қойылған бағанның көлеңкесі осы түзу бойымен бағытталады. Жер бетінің кез келген нүктесінде нақты оңтүстік-солтүстік бағытты осы талтүстік сызық бағыты береді. Сондықтан ол Жер бетінде дұрыс бағдарлану үшін өте қажет бағыт болып табылады.

Аспан сферасының орталық нүктесі арқылы өтетін және дүние осімен тік бұрыш жасайтын жазықтық аспан экваторының жазықтығы деп аталады. Жер экваторына параллель бағытталған бұл жазықтық және аспан сферасы қиылысқанда пайда болатын үлкен дөңгелек аспан экваторы деп аталады. Аспан экваторы аспан сферасын оңтүстік және солтүстік екі жартышарға бөледі және көкжиекпен екі нүктеде — шығыс (E) және батыс (W) нүктелерінде қиылысады.

Дүние полюстері және шырақ арқылы өтетін үлкен дөңгелек шырақтың еңістік дөңгелегі деп аталады. Кез келген шырақ аспан сферасының тәуліктік айналысына қатыса отырып, тәуліктік параллель деп аталатын кіші дөңгелектер бойымен қозғалады. Оны фотоаппаратпен түсірілген түнгі аспанның суретінен айқын көруге болады.

Эклиптика — Күннің зодиак шоқжұлдыздары бойымен жылдық қозғалысы өтетін үлкен дөңгелек. Күннің эклиптика бойымен қозғалуы Жердің Күнді айналуынан туындайды. Эклиптика жазықтығы аспан экваторының жазықтығына $\varepsilon = 23^\circ 26'$ бұрыш жасай орналасқан. Күн дискісінің орталық нүктесі аспан экваторын жылына екі рет — 21 наурыз және 23 қыркүйек маңында қиып өтеді. Бұл нүктелер көктемгі және күзгі күн мен түннің теңелу нүктелері деп аталады. Көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесі (Υ — Тоқты шоқжұлдызының таңбасымен белгіленеді) арқылы Күн аспан сферасының оңтүстік жартышарынан солтүстік жартышарына, ал күзгі күн мен түннің теңелу нүктесі (Ω — Таразы шоқжұлдызының



11.4-сурет

таңбасымен белгіленеді) арқылы кері бағытта өтеді.

Күн мен түннің тенелу нүктелерінде 90° құрайтын Күннің тоқырау нүктелері орналасқан. Жазғы күннің тоқырау нүктесі Торпақ және Егіздер шокжұлдыздарының шекарасында жатыр, ол Шаян шокжұлдызының таңбасымен ♋ белгіленеді. Қысқы күннің тоқырау нүктесі Мерген шокжұлдызында орналасқан, ол Тауешкі шокжұлдызының таңбасымен ♊ белгіленеді (11.4-сурет). Негізгі

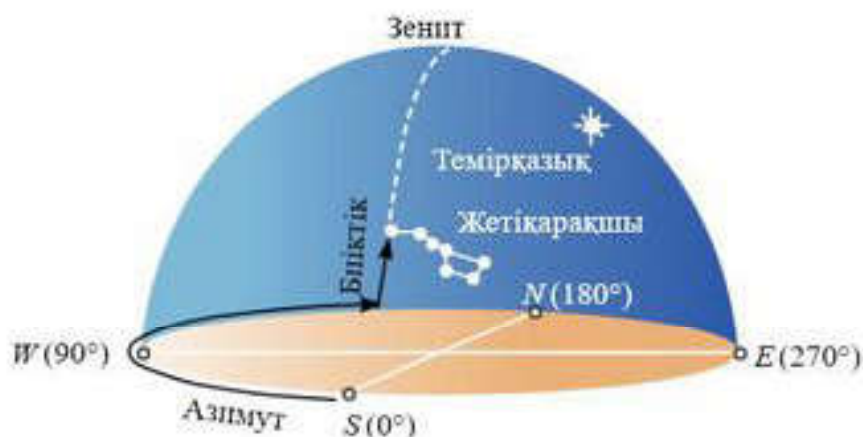
жазықтықтар мен үлкен дөңгелектер аспан координаталарын енгізуде қолданылады.

Аспан координаталарының жүйелері. Астрономдар шырақтардың орналасуларын және көрінерлік қозғалысын зерттегенде сфералық координаталардың бірнеше жүйесін қолданады.

Жер бетіндегі кез келген нүктенің орны ендік және бойлық (ϕ және λ) географиялық координаталардың көмегімен анықталатыны белгілі.

Аспан координаталарының жүйесі аспан денелерінің аспан сферасында орналасуын анықтайды.

1. Координаталардың көкжиектік жүйесі. Жұлдыздардың көкжиекке және дүние бұрыштарына қатысты көрінерлік орналасуын қарастырсақ, онда координаталардың көкжиектік жүйесін алу ыңғайлы (11.5-сурет). Бұл жүйедегі негізгі жазықтық — математикалық көкжиек жазықтығы. Аспан шырағының орны екі бұрышпен анықталады, оның бірі — көкжиек сызығы бойымен өлшенетін шырақ вертикаліне дейінгі бұрыш — *азимут* (A).



11.5-сурет. Координаталардың көкжиектік жүйесі

Есте сақта!

Азимут астрономияда оңтүстік нүктенен батысқа қарай, ал географияда солтүстік нүктенен шығысқа қарай есептеледі.

Екіншісі — шырақ вертикалі бойымен өлшенетін шырақтың көкжиектен бұрыштық қашықтығы — *шырақ биіктігі* (h).

Шырақ биіктігінің мәні -90° мәнінен $+90^\circ$ дейін болады. Бұрышты өлшейтін құралдың көмегімен (мысалы, теодолит) аспан денесінің көкжиектік координаталарын анықтау оң-оңай.

2. Координаталардың экваторлық жүйесі. Аспан сферасының көрінерлік айналыста болатынын білдік әрі жұлдыздардың ондағы орындары ұзақ уақыт бойы өзгермейді. Сондықтан онымен бірге қозғалатын координаталар жүйесін қолдану ыңғайлы. Ол — *координаталардың экваторлық жүйесі* (11.6-сурет). Оның негізгі жазықтығы — аспан экваторының жазықтығы. Бұл жүйенің координаталары *еңістік* (δ) және *тура көтерілу* (α) деп аталады. *Еңістік координата* Жер бетіндегі географиялық ендік сияқты, аспан шырағының аспан экваторынан бұрыштық қашықтығын көрсетеді. Еңістіктің аспан сферасының солтүстік жартышарында таңбасы “оң”, мәні 0° мәнінен $+90^\circ$ дейін, ал оңтүстік жартышарда “теріс”, 0° мәнінен -90° дейін.

Тура көтерілу координатасының мәні аспан экваторының бойымен көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінен шырақтың еңістік дөңгелегіне дейін аспан сферасының айналу бағытына қарсы бағытта өлшенеді. Сондықтан да жұлдыздардың көкжиектен шығу кезегі олардың тура көтерілу мәндерінің өсу ретімен болады.

Тура көтерілудің мәні градусық (0° мәнінен 360° дейін) және сағаттық (0 шамасынан 24 сағатқа дейін) бірліктермен өлшенеді. Осы бірліктердің арақатынасын анықтау $24 \text{ сағ} = 360^\circ$ екеніне негізделеді. Демек, $1 \text{ сағ} = 15^\circ$; $1 \text{ мин} = 15'$; $1 \text{ с} = 15''$; $1^\circ = 4 \text{ мин}$; $1' = 4 \text{ с}$.

Жұлдыздардың еңістік және тура көтерілу координаталарының мәндері бақылаушының тұрған орнына қатысты емес, олар аспан сферасының айналысы кезінде әрі ұзақ уақыт бойы өзгермейді. Осы бойынша олар аспан карталарында координаталары орналастырылады және каталогтерде тіркеледі.



11.6-сурет. Координаталардың экваторлық жүйесі



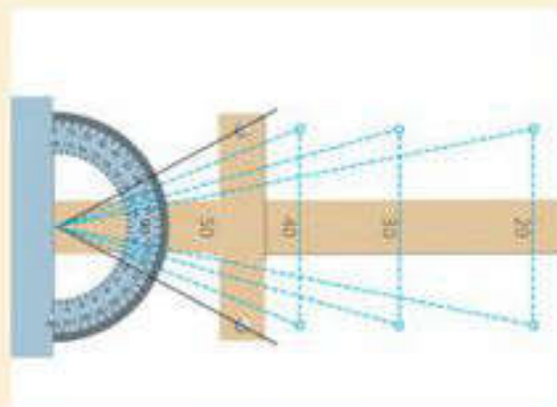
Аспан сферасында бұрыштық қашықтықтарды өлшеу.

1. *Вертикаль бұрыштарды өлшеу.*

1) 11.7-суретте көрсетілгендей биіктікті өлшейтін қарапайым құрал жасаңдар. Ол транспортир және жүктен тұрады. Суреттегі транспортирдің шкаласы қарапайым транспортирден ерекшелігі ондағы "нөл" белгісі транспортир доғасының ортасында орналасқан.



11.7-сурет



11.8-сурет

2) Осы құралдың көмегімен Күн, Ай және бірнеше жұлдыздардың, соның ішінде Темірқазықтың көкжиектен биіктігін өлшеңдер.

3) Өлшеуді бірнеше сағат өткеннен кейін қайталаңдар және екі өлшеудің нәтижелерін салыстырыңдар. Күн, Ай немесе жұлдыздардың биіктіктері өзгерді ме? Ал Темірқазықтың биіктігі ше? Уақыт өте келе аспан шырақтарының биіктігінің өзгеру себептерін талқылаңдар.

2. *Бұрыштық қашықтықты өлшеу.*

1) 11.8-суретте көрсетілгендей қарапайым бұрыш өлшеуіш құрал — астронимиялық таяқша жасаңдар. Суретте таяқша бойында бұрыштық шкаланы транспортирдің көмегімен жасаудың тәсілі көрсетілген.

2) Құралдың көмегімен α және β Үлкен аюдың, α Үлкен аю және α Кіші аюдың аралық бұрыштарын өлшеңдер. Бұл үшін көздеуішті көзге жақындатып, жылжымалы тақтайшаны өлшегіш бойымен жылжыта отырып, оның ұштарындағы екі шегені бұрыштық қашықтығы өлшеніп отырған екі жұлдызбен беттестіріп, бұрыштың мәнін жазыңдар.

3) Өлшеуді бір-екі сағаттан кейін қайталаңдар. Өлшеу нәтижелерін салыстырыңдар және бұрыштық қашықтықтардың өзгермеу себепін түсіндіріңдер. α Кіші аюдың бұрыштық қашықтығы, α Үлкен аю мен β Үлкен аю жұлдыздарының бұрыштық арақашықтығынан 5 есе алыс екеніне көз жеткізіңдер.

4) Ай мен бірнеше жұлдыздың арасындағы бұрыштық қашықтықты өлшеңдер. Өлшеуді бір-екі сағаттан соң қайталаңдар. Өлшеу нәтижелерін салыстырыңдар және бұрыштық қашықтықтардың өзгеру себепін түсіндіріңдер.

Жұлдызды аспанның жылжымалы картасы. Жұлдызды аспанның жылжымалы картасы (ЖАЖК) — астрономның бірінші көмекшісі. Оның көмегімен бірқатар астрономиялық есептерді шеше аламыз. ЖАЖК екі бөліктен тұрады: *жұлдыздық карта* және *қондырма дөңгелек*. Картада жұлдыздар, шоқжұлдыздардың танымал бейнелері, олардың шекаралары, аспанның экваторлық координаталарының торы бейнеленген.

Картаның орталығында еңістік дөңгелектерінің радиалды сызықтар түріндегі көшірмелері қиылысады. Бұл нүкте — дүниенің солтүстік полюсі. Тура көтерілу мәндері шеңбер бойында сағат тілінің айналу бағытына қарсы 1 сағ сайын жазылған. Аспан экваторы (еңістігі 0°) және аспанның үш ендігі әр 30° сайын концентрлік шеңбермен сызылып, бастапқы еңістік дөңгелегімен (0 сағ—12 сағат түзуі) қиылысқан тұстарында градусармен таңбаланған. Осы сандардың көмегімен аспан шырақтарының экваторлық координаталарының мәндерін жуықтап анықтауға болады.

Аспан экваторының ішкі жағында аспанның солтүстік жартышары, одан тысқары оңтүстік жартышарының $\delta = -45^\circ$ еңістікке дейінгі аймағы орналасқан.

Аспан экваторымен екі нүктеде, яғни көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесі $\alpha = 0$ сағ, $\delta = 0^\circ$ және күзгі күн мен түннің теңелу нүктесінде $\alpha = 12$ сағ, $\delta = 0^\circ$ қиылысатын әрі орталық нүктесі дүние полюсімен сәйкес келмейтін шеңбер — *эклиптика*. Карта жиегін ала күнтізбелік айлар және күндер көрсетілген. Олар Күннің эклиптикадағы орнын анықтайды.

Бақылаушының орналасу орнының ендігіне сәйкес, бұрыштық белгі салынған қисық бойымен қиып алғанда, оның тұйық жиегі осы орынның математикалық көкжиегіне сәйкес келеді.

Көкжиек бойында дүниенің “төрт бұрышы” белгіленген. Егер оңтүстік пен солтүстік нүктелердің арасын жіппен керсек, онда ол аспан меридианын көрсетеді. Осы жіптің орта шенін жуықтап зенит ретінде санауға болады.

Қондырма дөңгелектің жиегі 24 сағ, ал әр сағат 6 бөлікке бөлінген. Бұл дөңгелекте сағат сандарының мәні жергілікті Күн уақыты бойынша белгіленген. Бақылау кезінде бұл жайт есте болу керек.

Жылжымалы карта — берілген орындағы жұлдыздардың шығуы, батуы, жоғары және төмен шарықтауының қай күні, қай уақытта болатынын анықтауда таттырмас көмекші құрал. Мәселен, берілген күннің белгілі бір уақытында жұлдызды

аспанның көрінісін анықтау үшін қондырма дөңгелегінің сағаттық жиегіндегі уақыт шамасы картаның жиегіндегі күн санымен сәйкестендіріледі. Осы кезде ойық ішінде аспанда көрінерлік жұлдыздар пайда болады.

Талтүстік сызық бойындағы жұлдыздар шарықтау сәтінде шығып келе жатқан жұлдыздар көкжиектің шығыс бөлігінде, ал батып бара жатқандары батыс бөлігінде орналасады.



Қазақ халық астрономиясы.

Қазақ халық астрономиясында кейбір жұлдыздар мен шоқжұлдыздардың шығу және бату заңдылықтарын тұжырымдайтын жұлдыз ережелері бар. Солардың бірінде “Үркер, Үшарқар-Таразы және Сүмбіле үш айда туып, бір айда батар” деп айтылады.

Осы ереженің дұрыстығын және оның қай мезгілде орындалатынын ЖАЖК қолданып тексерейік. Бұл ережеде аспан шырақтарының таңертеңгі ең алғаш тууы мен ең соңғы кешкі батуы туралы айтылған. Олар *гелиакал туу* және *бату* деп аталады. Шырақтардың гелиакал туу және бату мезгілі бақылаушы тұрған орнының географиялық ендігіне тәуелді. Біз қондырма дөңгелекті $\phi = 45^\circ$ мәніне сәйкес сопақ пішінді қисықтың бойымен кесіп алып қолданамыз.

Гелиакал туу. Қондырма дөңгелекті сағат тілінің қозғалу бағыты бойымен айналдыра отырып, бірінші болып Үркер туатынын байқаймыз. Үркердің жуықтап алғанда ең ерте тууы — маусымның 23 күні жергілікті уақыт бойынша 2 сағ болады. Дәл осылайша Үшарқар-Таразының шамамен 27 шілдеде 3 сағ 25 мин, ал Сүмбіле 20 тамызда 3 сағ 54 мин туатынын анықтауға болады.

Гелиакал бату. Қондырма дөңгелекті карта бетіне орналастырып, дөңгелекті жоғарыда аталған шырақтар оның ішкі жиегінің батыс тұсында орналасқанша айналдырамыз. Сағаттық дөңгелектен айлар мен күндер көрсетілген жиегінен аталған шырақтар жуықтап алғанда 1—10 мамыр аралығында, келесі ретпен: Үркер, Үшарқар-Таразы және Сүмбіле жергілікті уақыт бойынша 20 сағ кезінде бататынын (Күн батқаннан соң 1-2 сағаттан кейін) көреміз.

Сонымен, біз ЖАЖК пайдалана отырып, қазақ халық астрономиясындағы жұлдыздардың гелиакал туу және бату мерзімдері туралы қалыптастырған ереженің дұрыс екеніне көз жеткіздік.



1. Неліктен қытай халқы Полюс жұлдызын “Аспан императоры”, моңғол халқы “Алтын қазық”, түрік халқы “Темірқазық” деп атайды?
2. Аспан сферасы дегеніміз не?
3. Аспан сферасының қандай үлкен дөңгелектерін, негізгі нүктелері мен сызықтарын білесіңдер?
4. Қандай бақылаулар бойынша аспан сферасының тәуліктік айналыста болатынына көз жеткіземіз?

5. Аспан экваторы және аспан меридианы көкжиекпен қай нүктелерде қиылысады?
6. Дүние осі Жердің айналу осіне қатысты қалай орналасқан?
7. Аспан сферасының негізгі жазықтықтарын атаңдар.
8. Аспан меридианының жазықтығы көкжиек жазықтығымен қиылысқанда пайда болатын сызық қалай аталады?
9. Эклиптика аспан экваторына қатысты қалай орналасқан?
10. Эклиптика мен аспан экваторының қиылысу нүктелері қалай аталады? Күн бұл нүктелер арқылы қашан және қай бағытта өтеді?
11. Егер шырақ аспан экваторында орналасса, оның еңістік координатасы қандай мәнге ие болады? Полюстерде ше?
12. Жұлдыздық картада аспан координаталарының қай жүйесі қолданылады?
13. Жұлдыздық картада аспан экваторы мен эклиптиканың қиылысу нүктесінің экваторлық координаталарының мәні қандай шамаға тең екенін анықтаңдар.
14. Жұлдыздық картада Күн, Ай және ғаламшарлар неліктен белгіленбеген?
15. Жұлдыздық картада аспан меридианының және дүниенің солтүстік полюсінің орындарын қалай табуға болады?
16. ЖАЖК берілген мекенжайдың зенит нүктесінің орнын қалай анықтауға болады?
17. Дүниенің солтүстік полюсі картада қай орында орналасқан?



8-жаттығу

1. Сириус жұлдызы Темірқазық жұлдызынан 106° бұрыштық қашықтықта орналасқан. Сириустың еңістік координатасының мәні оң ба әлде теріс пе?
2. Градуспен өрнектеңдер: а) 6 сағ 24 мин; ә) 18 сағ 43 мин.
3. Сағаттық өлшемге айналдырыңдар: а) $90^\circ 30'$; ә) $105^\circ 43'$.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

ЖАЖК көмегімен жұлдыздардың координаталарын анықтау

1. Жұлдыздық картадан 10.1-кестеде келтірілген жұлдыздарды координаталары бойынша табыңдар.
2. Жұлдыздық карта бойынша келесі жұлдыздардың экваторлық координаталарын анықтаңдар:
 - а) α Орион; ә) α Лира; б) Үлкен Арлан. Алынған мәліметтерді 10.1-кестедегі осы жұлдыздардың координаталарымен салыстырыңдар.
3. ЖАЖК көмегімен төменде келтірілген шокжұлдыздардың қайсылары өздерің тұратын орында батпайтынын анықтаңдар:

а) Үлкен аю; ә) Лира; б) Цефей; в) Бүркіт; г) Акку; ғ) Кассиопея; д) Жетекші.

4. Жоғарыда айтылған халық ережесі $\phi = 55^\circ$ ендікте қалай орындалатынын тексеріңдер. Нәтижені 45° ендіктегі алынған мәліметпен салыстырыңдар.

5. ЖАЖК көмегімен Күннің күн мен түннің теңелу және тоқырау кездеріндегі экваторлық координаталарын, осы кездері Күннің шығу және бату уақытын анықтандар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 12. ӘРТҮРЛІ ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЕНДІКТЕГІ АСПАН ШЫРАҚТАРЫНЫҢ КӨРІНЕРЛІК ҚОЗҒАЛЫСЫ. ЖЕРГІЛІКТІ, БЕЛДЕУЛІК ЖӘНЕ БҮКІЛӘЛЕМДІК УАҚЫТ

Тірек ұғымдар:

- ✓ жұлдызды аспанның әртүрлі ендіктегі көрінісі
- ✓ шарықтау
- ✓ нақты және орташа күн тәулігі
- ✓ жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақыт
- ✓ жұлдыздық уақыт

Бүгінгі сабақта:

- әртүрлі ендіктегі жұлдыздардың шарықтау айырмашылығын түсінесіңдер;
- жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақытты сәйкестендіріп, анықтайсыңдар.

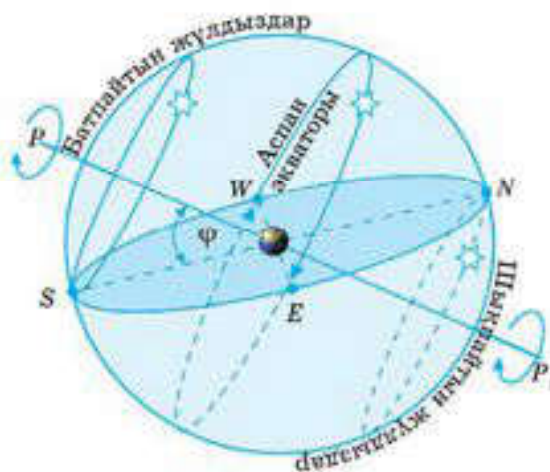
Бақылаушы шар пішінді Жер бетінде орналасқандықтан, жұлдызды аспан көрінісі әрі қозғалысы бақылаушының тұрған орнының географиялық ендігіне байланыста әртүрлі болады.

Жердің солтүстік полюсінде орналасқан бақылаушыға аспан сферасының тек солтүстік жартышары, ал оңтүстік полюсте оның оңтүстік жартышары ғана көрінеді.

Жер полустерінде дүние осі тік сызық бойымен сәйкес келеді, экватор көкжиекпен беттеседі. Жұлдыздардың тәуліктік параллельдері көкжиекке параллель орналасады (12.1-сурет), яғни барлық жұлдыздар батпайды және тумайды.



12.1-сурет



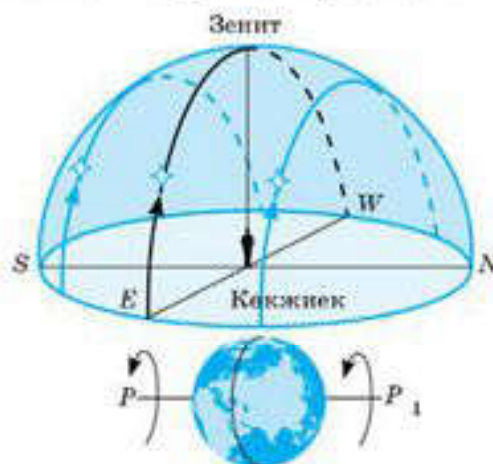
12.2-сурет

Бақылаушы солтүстік полюстен экваторға қарай сапар шеккенде жұлдызды аспан көрінісі біртіндеп өзгеріп отырады. Дүниенің солтүстік полюсінің зениттен бұрыштық қашықтығы да біртіндеп өседі, аспан экваторы көкжиек жазықтығына көлбеу орналасады. Кейбір жұлдыздардың тәуліктік параллельдері көкжиектен жоғары орналасады — олар *батпайтын жұлдыздар*, кейбір жұлдыздардың тәуліктік параллельдері көкжиектен төмен орналасады — олар *шықпайтын жұлдыздар* деп аталады (12.2-сурет).

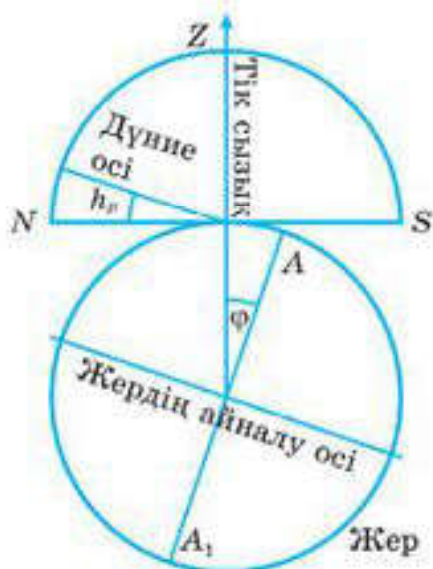
Бақылаушы Жер экваторына жеткенде дүние полюстері көкжиекке (оның тура солтүстік және оңтүстік нүктелеріне) дәл келеді. Ал аспан экваторы зенит арқылы өтеді де, көкжиекке перпендикуляр орналасады.

Жұлдыздардың қозғалысы аспан экваторына параллель болғандықтан, олар шығыс көкжиектен оған тік бұрыш жасай көтеріліп, сол қалпында батыс көкжиекке төмендейді (12.3-сурет). Экватордағы бақылаушы аспаннан оның екі жартышарының барлық жұлдыздарын көре алады.

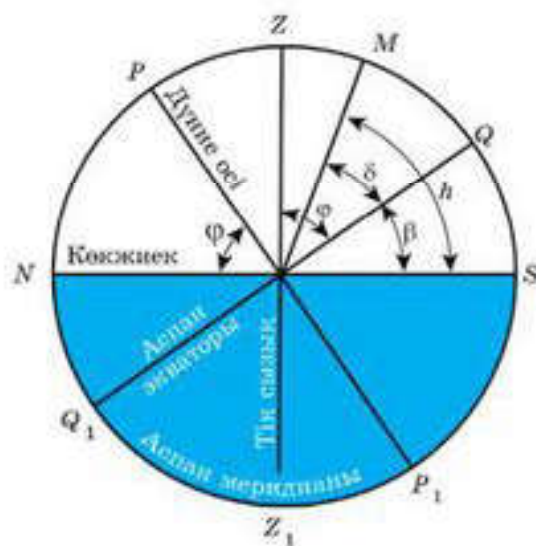
Дүние полюсінің көкжиектен биіктігі (h) бақылаушы орналасқан орынның географиялық ендігіне (ϕ) тең екеніне көз жеткізуге болады (12.4-сурет). Бұл суреттегі O нүктесі бақылаушының тұрған орнын көрсетеді. $\angle AO_1O = \phi$ — осы орынның географиялық ендігі. Бақылаушы дүние полюсін OP бағытында көреді. Әрине, бұл бағыт Жер осіне параллель. $\angle PON = h_p$ — дүние полю-



12.3-сурет



12.4-сурет



12.5-сурет

сінің биіктігі. Бұл бұрыштардың қабырғалары өзара перпендикуляр болғандықтан, $\angle PON = \angle AO_1O$. Демек, $\angle AO_1O = h_p$ немесе $h_p = \phi$. Сонымен, бақылаушы орнының географиялық ендігіне дүние полюсінің биіктігі тең екені дәлелденді.



Жер бетінде кез келген орынның географиялық ендігін анықтау тәсілі дүние полюсінің көкжиектен биіктігінің бұрыштық мәні осы орынның географиялық ендігіне тең болуына негізделген. Бірақ дүние полюстерінің орны тек жорамал нүкте ғана. Дүниенің солтүстік полюсі маңында Темірқазық жұлдызының болуы солтүстік жартышарда орналасқан мекендердің географиялық ендігінің мәнін жуықтап анықтауға мүмкіндік береді.

Өз мекендерінің географиялық ендігін анықтау үшін бұрышты өлшеуіш құралдардың көмегімен Темірқазық жұлдызының биіктігін өлшеңдер.

Шырақтардың шарықтауы — көкжиектен ең жоғары және ең төмен орналасуы олардың аспан меридианы арқылы өту кезінде болады. Мұндай кез сәйкесінше шырақтың жоғары және төменгі шарықтауы деп аталады.

Шарықтау кезінде шырақтың еңістігі δ , биіктігі h және ϕ географиялық ендігі арасындағы байланысты анықтайық.

12.5-сурет бойынша зениттің оңтүстік жағы арқылы өтетін жұлдыздың шарықтауын қарастырайық. Мұнда $\angle PON = \phi$ — дүние полюсінің көкжиектен биіктігі, оның мәні географиялық ендікке тең екені белгілі.

Қабырғалары өзара перпендикуляр болатын бұрыштар болғандықтан, $\angle ZOQ = \angle PON$. M жұлдыздың еңістік координатасы-

ның мәні $\delta = \angle MOQ$, биіктігі $h = \delta + \beta$, $90^\circ = \beta + \phi$ екенін ескерсек, $h - \delta = 90^\circ - \phi$. Демек,

$$\phi = \delta + (90^\circ - h), \quad (12.1)$$

Мұндағы $90^\circ - h = z$ — шырақтың зениттен қашықтығы болғандықтан,

$$\phi = \delta + z. \quad (12.2)$$

Бұдан шырақтың шарықтау биіктігін анықтаймыз:

$$90^\circ - z = 90^\circ - (\phi - \delta). \quad (12.3)$$

Егер жұлдыздың шарықтауы зениттің солтүстік жағында болса, онда

$$\phi = \delta - (90^\circ - h) = \delta - z. \quad (12.4)$$

Бұл жағдайдағы шырақтың шарықтау биіктігі

$$h = 90^\circ - (\delta - \phi). \quad (12.5)$$

Ғарыш серіктерінің ұшырылуы және GPS тәсілін қолданғанға дейін географияда ендік пен бойлықты тек астрономиялық тәсілмен анықтады.



Тәуліктік қозғалыс кезіндегі шырақтардың көкжиектік координаталарының өзгерісі.

Орта ендікте орналасқан бақылаушы үшін шырақ белгілі бір мезетте көкжиектің шығыс тұсында M_1 нүктесінде шығады делік (12.6-сурет). Бұл сәтте оның көкжиектік координаталары қандай мәнде екенін көрсетіңдер: $h = 0^\circ$, $A = \angle SOM_1$.

Шырақ көкжиектен көтеріле отырып, аспан меридианы арқылы өту сәтінде M_2 нүктесінде болады. Бұл нүкте қалай аталады? Оның координаталары $A = 0^\circ$, $h = \angle SOM_2$.

Уақыт өткен сайын шырақтың биіктігі кемиді де, ол M_3 нүктесінде көкжиектің батыс жағындағы бату сәтіне келеді: $h = 0^\circ$, $A = \angle SOM_3$.

Шырақ өзінің одан арғы жолын көкжиек астында жалғастырады. M_4 нүктесінде ол қайтадан аспан меридианын қиып өтеді. Бұл нүкте қалай аталады? Бұл сәтте оның координаталарының мәндері $h = \angle NOM_4$, $A = 180^\circ$.

Осылайша өздерің шырақтың көкжиектік координаталарының тәулік ішінде үздіксіз өзгерісте болатынына көз жеткіздіңдер.



12.6-сурет

Жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақыт. Үлкен және кіші уақыт аралықтарын өлшеу үшін астрономиялық құбылыстармен тығыз байланысты табиғи бірліктер қолданылады.

Уақыттың негізгі бірліктері — астрономиялық бақылау бойынша анықталған *тәулік*, *ай* және *жыл*. Бұлардың алғашқысы күн мен түннің алмасуына, екіншісі Ай жүзінің (фазасының) өзгеруіне, ал соңғысы Жердің Күнді айналуына байланысты. Бұлардың әрқайсысы аспан денелерінің көрінерлік және нақты қозғалысына негізделген.

Тәулік — Жердің аспандағы белгілі бір санақ денесіне катысты өз осінен толық бір айналым жасауға кететін уақыт аралығы. Мұндай дене ретінде Күн немесе кез келген жұлдыз алынуы мүмкін. Олай болса, біз *күн тәулігі* және *жұлдыз тәулігі* деген ұғымдармен танысуымыз қажет.

Нақты және орташа күн тәулігі. Күн шарығының (дискісінің) орталық нүктесінің жоғары шарықтау сәті *нақты тал түс* деп, ал төменгі шарықтауы *нақты түн ортасы* деп аталады.

Күннің екі аттас шарықтау аралығы *нақты күн тәулігі* деп аталады. Бірақ мұндай тәуліктің ұзақтығы жыл бойы тұрақты болмайды. Бұл Күннің көрінерлік қозғалысы экватор емес, эклиптика бойымен болуынан әрі біркелкі еместігінен туындайды. Сондықтан күнделікті өмірде ұзақтығы тұрақты 24 сағ болатын *орташа күн тәулігі* пайдаланылады.

Орташа күн тәулігі ретінде аспан экваторы бойымен бірқалыпты қозғала отырып, бір жылда толық айналым жасайтын жорамал нүктенің аттас екі рет шарықтауға қажет уақыт аралығы қабылданады.

Күн тәулігінің басы түн ортасынан, яғни Күннің төменгі шарықтауынан басталады.

Күннің аспан меридианы арқылы өту сәті, әрине, бақылаушы орнының географиялық бойлығына тәуелді. Бақылаушы шығысқа қарай жылжыған сайын Күннің меридианнан өтуі батыстағымен салыстырғанда ертерек болады.

Белдеулік және бүкіләлемдік уақыт. Күннің меридиан арқылы өту сәті бізге *жергілікті жердің уақытын береді*. Бұл уақыт тек берілген географиялық меридианда ғана қолданылады, сондықтан күнделікті өмірде *белдеулік уақытты* қолдану ыңғайлы. Бұл үшін Жер беті полюстерді қосатын шеңберлер көмегімен 24 *сағаттық белдеулерге* бөлінген. Әр сағаттық белдеудің ені бойлық бойымен 15°-қа созылады. Әр белдеудің ішінде оның орталық меридианындағы орташа күн уақыты бүкіл осы *аймақтың белдеулік уақыты* ретінде алынады.

Гринвич обсерваториясы (Ұлыбританияда) орналасқан меридиан нөлінші меридиан ретінде қабылданған және ол белдеу нөлінші сағаттық белдеу болып табылады. Гринвич меридианындағы

жергілікті орташа күн уақыты *бүкіләлемдік уақыт* (T_0) ретінде қабылданған. 1 сағаттық белдеудің ($n = 1$) орталық меридианы Гринвич меридианынан 15° шығысқа қарай орналасқан. Басқа сағат белдеулерінің де бастапқы меридиандары осылай анықталады. Ал олардың екі жақ шекаралары мемлекеттік және әкімшілік шекаралары бойынша немесе табиғи аймақтармен (өзен, тау жоталары) бөлінген. Қазақстан Республикасының аумағы арқылы 4- және 5-сағаттық белдеу өтеді.

Бүкіләлемдік уақытты (T_0) және берілген орынның белдеуінің реттік санын (n) біле отырып белдеулік уақытты табу оңай:

$$T_n = T_0 + n. \quad (12.6)$$

Күнделікті өмірде қолданатын уақыт белдеулік уақыттан бір сағат алда

$$T_n = T_0 + (n + 1). \quad (12.7)$$

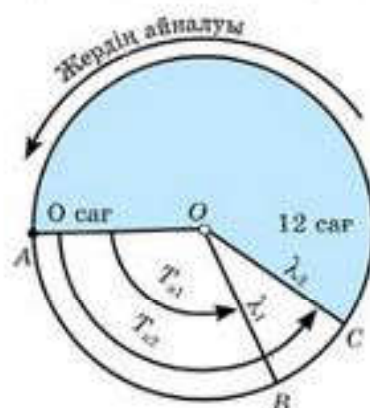
Географиялық бойлығы λ болатын орындағы T_λ жергілікті орташа күн уақыты бүкіләлемдік уақытқа сол бойлықтың уақыт бірлігіндегі мәнін қосу арқылы анықталады:

$$T_\lambda = T_0 + \lambda. \quad (12.8)$$

Кез келген екі орынның уақыттары $T_2 - T_1 = \lambda_2 - \lambda_1$ формуласымен байланысты (12.7-сурет).

Жұлдыздық уақыт. Кез келген жұлдызды тандап алып, оның аспандағы орнын Жердегі қозғалмайтын бір нәрсе (үй бұрышы, бағана) көмегімен белгілеп алайық. Сол жұлдыз нақ сол орнына 23 сағ 56 мин өткенде қайтып оралады. Осылайша жұлдыздарға қатысты өлшенетін тәулік *жұлдыздық тәулік* деп аталады.

Жұлдыздық тәулік — күн мен түннің теңелу нүктесінің қатарынан екі рет жоғары шарықтауына қажет уақыт мөлшері. Жұлдыздық тәулік Күн тәулігінен 4 мин қысқа болып шықты. Ол неліктен? Жердің Күнді айнала қозғалуы себебінен Күннің аспандағы орны Жер бетіндегі бақылаушыға жұлдыздарға қатысты тәулігіне аспан сферасының айналу бағытына қарама-қарсы бағытта 1° ығысып отырады. Оны “қуып жету” үшін Жерге осы 4 мин қажет. Сонымен, Жердің өз осінен айналып шығуына 23 сағ 56 мин уақыт кетеді. Ал 24 сағ осы айналыстың Күнге қатысты уақыты. Адам Күн сағаты бойынша өмір сүреді, жұмыс жа-



12.7-сурет

сайды. Ал астрономдар өз бақылау жұмыстарын ұйымдастыруда жұлдыздық уақытты қолданады.

Жергілікті S жұлдыздық уақыт пен жұлдыздардың тура көтерілу мәні арасында қарапайым байланыс бар. Егер жұлдыз жоғары шарықтауда болса, онда $S = \alpha$.

Демек, кез келген мезетте берілген орындағы жұлдыздық уақыттың мәні осы кезде жоғары шарықтауда орналасқан жұлдыздың тура көтерілу координатасының мәніне тең.

Жер бетіндегі λ бойлықтағы жұлдыздық уақыт S пен Гринвич меридианындағы жұлдыздық уақыт S_0 арасындағы байланыс мына өрнекпен анықталады:

$$S = S_0 + \lambda.$$

Осыдан біз берілген орынның жұлдыздық уақытын анықтау арқылы оның географиялық бойлығының мәнін де анықтауға болатынына көз жеткіздік.



1. Жұлдызды аспанның тәуліктік қозғалысының көрінісі бойынша бақылаушы өзінің Жердің солтүстік немесе оңтүстік полюсінде орналасқанын анықтай ала ма?
2. Бақылаушы экваторда тұрғанда дүние полюсі көкжиектің қай нүктесінде орналасады?
3. Аспан меридианын жұлдыздар тәулігіне неше рет кесіп өтеді?
4. Неліктен сағат тілі солдан оңға қарай айналады? Оның астрономияға қандай қатысы бар?
5. Аспан сферасы Жердің оңтүстік жартышарында қандай бағытта айналады?
6. Шырақтардың шарықтауы ұғымына сүйеніп, шығатын және бататын, шықпайтын және батпайтын жұлдыздардың анықтамасын беріңдер.
7. Нақты және орташа күн тәуліктерінің бір-бірінен айырмашылығы неде?
8. Бүкіләлемдік уақыт Жер бетіндегі қай орынның жергілікті уақытына сәйкес келеді?
9. Қазақстан территориясында қанша және қандай сағаттық белдеулер өтеді?
10. Нұр-Сұлтан уақыты ендік мәні қанша градус болатын орынның жергілікті уақытына дәл келеді?
11. Алматы және Нұр-Сұлтан қалаларының жергілікті уақыттары бірдей ме? Белдеулік уақыттары ше? Осы қалалардағы жергілікті уақыттардың айырымын есептеу үшін бізге нені білу керек?
12. Күн мен жұлдыздық тәуліктердің ұзақтықтары бірдей ме? Айырмашылығы қанша? Бұл айырмашылықтың мәні неде?

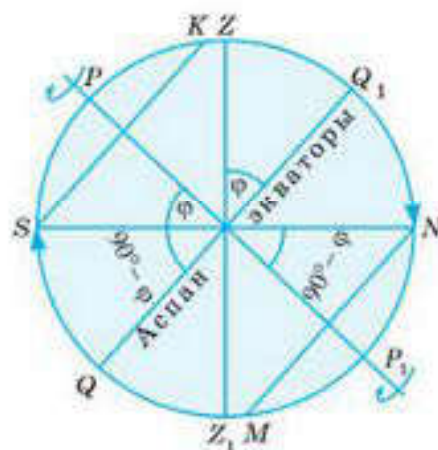
Есеп шығару мысалдары

1-есеп. 22 маусым күні Күннің еңістігі $\delta = +23^\circ 26'$; Көкшетау ендігі $\phi = 53^\circ 17'$. Жоғары және төменгі шарықтау сәттерінде Күннің биіктігін анықтандар.

Шешуі. 1. Күннің жоғары шарықтау кезінде зенитке қатысты бұрышын анықтаймыз. $\delta < \phi$ болғандықтан, Күн зенит нүктесінің оңтүстігінде шарықтайды: $z = \phi - \delta = 53^{\circ}17' - 23^{\circ}26' = 29^{\circ}51'$.

2. Күннің жоғары шарықтау кезіндегі биіктігін анықтайық: $h = 90^{\circ} - (\phi - \delta) = 90^{\circ} - 29^{\circ}51' = +60^{\circ}29'$.

3. Күннің төменгі шарықтау сәтіндегі биіктігін анықтайық: $h = \delta + \phi - 90^{\circ} = 23^{\circ}26' + 53^{\circ}17' - 90^{\circ} = -13^{\circ}17'$.



12.8-сурет

2-есеп. Алиот жұлдызы үшін $\delta = +56^{\circ}06'$, бақылаушы ендігі $\phi = 48^{\circ}31'$. Осы ендіктегі жұлдыздың шығу және бату жағдайы қандай болатынын есептеңдер.

Шешуі. $90^{\circ} - \phi$ айырымын есептейік: $90^{\circ} - \phi = 90^{\circ} - 48^{\circ}31' = +41^{\circ}29'$. Жұлдыздың еністігі $\delta = +56^{\circ}06'$ есептелген айырмадан ($+41^{\circ}29'$) артық болғандықтан, Алиот бұл ендікте батпайтын жұлдыз.

3-есеп. Регул жұлдызы үшін $\delta = 12^{\circ}05'$. Қандай ендіктерде Регул жұлдызы батпайды, шыкпайды, батады және шығады (12.8-сурет)?

Шешуі. Регул жұлдызы батпайтын ендікті есептейік. Жұлдыздың батпайтынын келесі теңсіздік анықтайды: $\delta < 90^{\circ} - \phi$, демек, $\phi = 90^{\circ} - \delta = 90^{\circ} - 12^{\circ}05' = +77^{\circ}55'$.

Регул жұлдызының батпайтын, шығатын және бататын, шыкпайтын ендіктерін көрсетейік: $\phi = 77^{\circ}55'$ мәнінен $\phi = 90^{\circ}$ дейін батпайды; $\phi = -77^{\circ}55'$ мәнінен $\phi = 77^{\circ}55'$ дейін шығады және батады; $\phi = -77^{\circ}55'$ мәнінен $\phi = -90^{\circ}$ дейін шыкпайды.

4-есеп. Бойлықтың градустық мәнін $\lambda = 33^{\circ}10'$ сағаттық шамаға және сағаттық $\lambda = 6$ сағ 40 мин 44 с мәнін градустық шамаға айналдырындар.

Шешуі. $15^{\circ} = 1$ сағ, $1^{\circ} = 4$ мин, $1' = 4$ секундка тең екенін біле отырып, сағат санын анықтайық. $33^{\circ} : 15^{\circ} = 2$ сағ және қалдық 3° , градустардың қалдықтарын минутка айналдырайық: $4 \cdot 3^{\circ} = 12$ мин. Доғалық минуттан секундка аударайық: $4 \text{ с} \cdot 10 = 40 \text{ с}$. Қорыта келсек, $\lambda = 2$ сағ 12 мин 40 секундка тең болады.

Сағаттың мәні: $15^{\circ} \cdot 6 = 90^{\circ}$ доғаның бірліктеріндегі минуттар $40 : 4 = 10^{\circ}$, доғаның бірліктеріндегі секундтар $44 : 4 = 11'$. Демек, $\lambda = 6$ сағ 40 мин 44 с = $100^{\circ}11'$.



9-жаттығу

1. Алматыда ($\phi = 43^{\circ}25'$) Сүмбіле (Сириус) жұлдызының жоғары шарықтауы қандай биіктікте өтеді? Нұр-Сұлтанда ($\phi = 52^{\circ}12'$) және өздерің тұрған жерде ше?
2. Альтаир жұлдызының жоғары шарықтауы 15° биіктікте өтеді. Егер бұл жұлдыздың еңістік координатасы $+8^{\circ}52'$ болса, онда бақылаушы тұрған орынның географиялық ендігі қандай?
3. Жоғары шарықтауы Нұр-Сұлтанда $40^{\circ} 18'$ биіктікте өтетін жұлдыздың еңістік координатасының мәнін анықтаңдар.
4. Сириус жұлдызының еңістігі $\delta = -16^{\circ}43'$. Қандай ендіктерде Сириус жұлдызы батпайды, шығады және батады немесе шықпайды?
5. Қазақстан Республикасының ең шығыс шекарасы $\lambda = 89^{\circ}20'$ бойлық арқылы, ең батыс шекарасы $\lambda = 46^{\circ}30'$ арқылы өтеді. Осы екі географиялық орындардың жергілікті орташа күн уақыттарының айырымын табыңдар.
6. Нұр-Сұлтан қаласының уақыты бойынша 18 сағ 24 мин болғанда, географиялық ендіктері $\lambda = 71^{\circ}25'$ және $\lambda = 76^{\circ}55'$ болатын Нұр-Сұлтан мен Алматы қалаларының жергілікті уақыттарын есептеңдер.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

ЖАЖК-мен жұмыс істеу, жұлдызды аспанның айналысы. Жұлдыздар мен шокжұлдыздардың тууы, шарықтауы және батуы

1. Жұлдызды картадан Үлкен аю, Кассиопея, Акку және Орion шокжұлдыздарын тауып, олардың пішіндерін естеріңде сақтап, дәптерге сызбаларын салыңдар.

2. ЖАЖК картасын бақылау сабағы өтетін уақыт пен күнге келтіріп, осы уақытта аталған шокжұлдыздардың қайсылары көкжиектен жоғары орналасқанын, қайсылары шығып немесе батып келе жатқанын және шарықтауында екенін анықтаңдар.

3. ЖАЖК картасын бақылау орындалатын күнін 0 сағ, 6 сағ, 12 сағ және 18 сағ уақыттарына келтіріп, осы кездерде аталған шокжұлдыздардың Темірқазықтың қай тұсында (шығыс, батыс, оңтүстік не солтүстік) орналасқанын анықтап, төмендегі 12.1-кестені толтырыңдар. Жұлдызды аспан көрінісінің өзгеру себебін түсіндіріңдер.

12.1- кесте

Шокжұлдыздар	Уақытқа байланысты орналасуы			
	0 сағ	6 сағ	12 сағ	18 сағ
Үлкен аю				
Кассиопея				
Орion				
Акку				

4. ЖАЖК көмегімен 21 наурызда (22 маусым, 23 қыркүйек және 22 желтоқсанда) Альтаир, Сириус, Поллукс, Ригель, Антарес жұлдыздарының шығу, жоғары шарықтау, бату және төменгі шарықтау уақыттарын анықтап, 12.2-кестені толтырындар.

12.2- кесте

Күні	Жұлдыздар	Уақыт, сағ, мин			
		Шығуы	Жоғары шарықтауы	Бағуы	Төменгі шарықтауы
21.03	Альтаир Сириус Поллукс Ригель Антарес				

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§13. КҮН ЖҮЙЕСІ ҒАЛАМШАРЛАРЫ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ЗАҢДАРЫ

Тірек ұғымдар:

✓ Кеплер заңдары

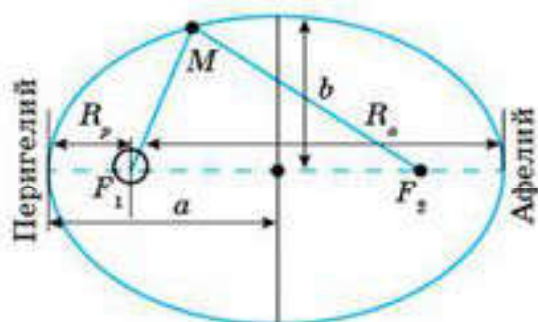
Бүгінгі сабақта:

- Кеплер заңдарының негізінде аспан денелерінің қозғалысын түсіндіре аласындар.

Поляк ғалымы *Николай Коперник* (1473—1543) өзінің Күн жүйесінің гелиоцентрлік моделін жасаған кезде ғаламшарлардың шеңбер бойымен тұрақты жылдамдықпен қозғалатыны туралы қағиданы сақтап қалды.

Тек XVII ғасырдың басында ғана аспан денелерінің орбиталары шын мәнінде шеңберден өзгеше екені анықталды. Бұл маңызды жаңалықты неміс астрономы *Иоганн Кеплер* (1571—1630) ашты.

II. Кеплер ғаламшарлардың Н. Коперник іліміне сәйкес алдын ала есептелген орындары мен бақылау кезіндегі анықталған орындарының бір-бірінен айырмашылығы бар екенін байқаған болатын. Демек, ғаламшарлардың Күнді айнала қозғалу траекторияларының шеңбер болатыны туралы көзқарастан бас тарту қажет болды. Оның 1609—1619 жылдары ғаламшарлар қозғалысының үш негізгі заңын



13.1-сурет. Ғаламшардың эллипстік орбитасы және оның элементтері

тұжырымдауы көп жылғы жұмысының нәтижесі еді. Бұл заңдар оның есімімен *Кеплер заңдары* деп аталады.

Кеплердің бірінші заңы (эллипс заңы) *ғаламшар орбитасының пішінін анықтайды: барлық ғаламшарлар Күнді эллипс бойымен айналады, оның фокустарының бірінде Күн орналасады.*

Эллипстің негізгі қасиеті: эллипстің кез келген нүктесінен фокустарға

дейінгі қашықтықтардың қосындысы үлкен эллипстің осінің ұзындығына тең болатын тұрақты шама:

$$MF_1 + MF_2 = 2a. \quad (13.1)$$

$e = c/a$ қатынасы эллипстің *эксцентриситеті* деп аталады. Ол эллипстің созылыңқылық дәрежесін көрсетеді: e неғұрлым үлкен болса, эллипстің шеңберден айырмашылығы да соғұрлым көп болады. Егер $c = 0$ болса (эллипстің фокустары центрімен беттеседі), онда $e = 0$, яғни эллипс радиусы a болатын шеңберге айналады.



Эллипсті қалай сызуға болады? Ол үшін не қажет?

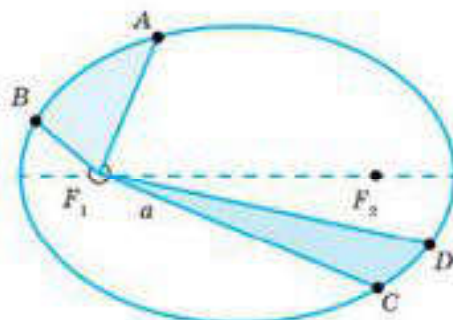
Шолпан мен Жер орбиталарының пішіндері шеңберге өте жақын. Өзге ғаламшарлардың көпшілігінің орбиталары әлдеқайда созылыңқы болып келеді. Орбитаның Күнге ең жақын нүктесі *перигелий* (грекше *peri* — таяу, *helios* — Күн), ал ең алыс нүктесі *афелий* (грекше *apo* — алыс) деп аталады.

Эллипстің үлкен a жарты осі ғаламшардан Күнге дейінгі орташа қашықтыққа тең. Күннен Жерге дейінгі орташа қашықтық Күн жүйесінде қолданылатын қашықтықтың өлшем бірлігі ретінде қабылданады. Ол *астрономиялық бірлік* (а.б.) деп аталады: $1 \text{ а.б.} = 149\,600\,000 \text{ км}$. Жердің табиғи серігі Айдың және кез келген жасанды серіктердің Жерге ең таяу келетін нүктесі *перигей* (грекше *geo* — Жер), ал ең алыс нүктесі *апогей* деп аталады. Оларды келесі формулалар арқылы анықтауға болады:

$$R_p = (1 - e)a, \quad R_a = (1 + e)a. \quad (13.2)$$

Заманауи тұжырымдама бірінші заңның қолданысын кез келген гравитациялық байланысқан жүйелерге, яғни жұлдыздардың немесе галактикалардың жүйелерін де кеңейтеді: *гравитациялық байланыстырылған жүйеде массасы кішігірім дене фокусының*

тоғысының бірінде массасы үлкен дене орналасқан эллипстің бойымен қозғалады. Эллипстің эксцентриситеті жүйенің толық энергиясының сандық мәнімен анықталады. Гравитациялық байланыспаған жүйеде B денесі парабола ($e = 1$) немесе гиперболаның бойымен қозғалады ($e > 1$). Жалпы жағдайда шарт орындалмаса, екі дене ортақ центрді айналады.



13.2-сурет

Кеплердің екінші заңы (аудандар заңы) ғаламшар қозғалыстарының бірқалыпты емес екенін айқындайды: *ғаламшардың радиус-векторы бірдей уақыт аралығында шамалары бірдей аудандар сызып өтеді.*

13.2-суретке назар аударайық, мұндағы F_1AB және F_1CD секторлардың аудандары бір-біріне тең, ал дененің бірдей уақыт аралығында жүріп өткен жолдары, яғни AB және CD доғаларының ұзындықтары бірдей емес.

Күнге дейінгі қашықтық неғұрлым кіші болса, доға соғұрлым ұзын болады, яғни ғаламшардың бұл орындағы жылдамдығы да үлкен. Ғаламшар ең үлкен жылдамдықпен перигелийде, ал ең кіші жылдамдықпен афелийде қозғалады.

Бұл орындар үшін келесі қатынас орындалады:

$$r_p v_p = r_a v_a \tag{13.3}$$

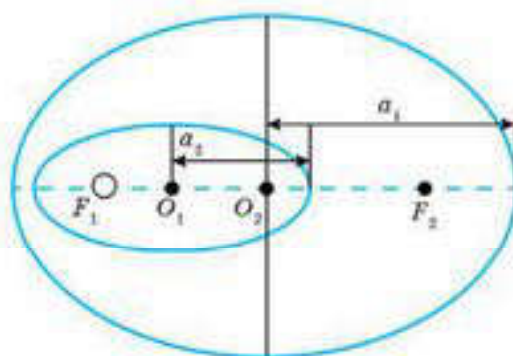


Геометриялық тәсілдің көмегімен аудандар теңдігінің заңын қалай қорытып шығаруға болады?

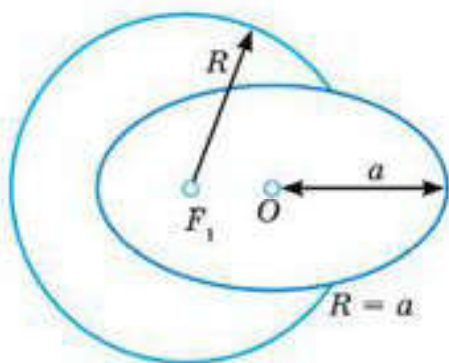
Кеплердің үшінші заңы (периодтар заңы) ғаламшарлардың орбиталық периодтары мен олардан Күнге дейінгі қашықтық арасындағы байланысты анықтайды: *кез келген екі ғаламшардың Күнді айналу периодтары квадраттарының қатынасы олардың орбиталарының үлкен жарты осьтерінің кубтарының қатынасына тең.*

Екі ғаламшардың үлкен жарты осьтерін a_1 және a_2 деп, айналу периодтарын T_1 және T_2 деп белгілейтін болсақ, онда Кеплердің үшінші заңын былай жазуға болады (13.3-сурет):

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \tag{13.4}$$



13.3-сурет



13.4-сурет

Бірақ келесі сұрақ туындайды: бұл формуланы қалай қолдануға болады және a қашықтығын қалай есептейміз? Өйткені ол үшін үш шама белгілі болу керек: қандай да бір ғаламшар үшін оның айналу периоды мен орташа қашықтығы, екінші ғаламшардың периоды. Салыстыру ғаламшары — Жер, ал уақыт жылмен өлшенеді делік. Онда $T_2 = 1$ (жыл) және $a_2 = 1$ а.б. болады да,

қашықтықты астрономиялық бірліктермен есептей аласындар. Сонда кез келген басқа ғаламшар үшін бұл заң былай жазылады:

$$(T_1)^2 = (a_1)^3. \tag{13.5}$$

13.4-суретте екі орбитаның сызбасы келтірілген. Шеңбер орбитаның радиусы R , ал эллипстік орбитаның үлкен жарты осі a . Егер $R = a$ болса, екі орбитаның периодтарының қатынасы қандай болады?

Кеплердің үш заңының көмегімен аспан механикасының көптеген мәселелерін шешуге болады.

Мысалы: Жер серіктерінің орбиталары, Айға немесе ғаламшарлармен олардың серіктеріне ұшудың тиімді орбиталарын есептеу, Жермен соқтығысуы мүмкін астероидтердің орбиталарын анықтау т.с.с.



Кеплердің үшінші заңының дұрыстығын және қандай дәлдікпен орындалатынын тексеріңдер. Қажетті есептеулерді орындап, 13.1-кестенің соңғы екі бағанын толтырыңдар.

13.1-кесте

Аспан денесі	Период T , жыл	Үлкен жарты ось a , а.б.	T^2	a^3
Меркурий	0,241	0,387		
Шолпан	0,616	0,723		
Жер	1	1		
Марс	1,88	1,524		
Юпитер	11,9	5,203		
Сатурн	29,67	9,57		
Галлей	75,3	17,83		
Уран	84,0	19,191		
Нептун	165,0	30,071		

Есте сақта!

Кеплер заңдары Күн жүйелерінің қозғалысына ғана емес, басқа аспан денелерінің барлық жүйелерінің қозғалысына да қолданылады.



1. Кеплердің бірінші заңы нені тұжырымдайды?
2. Сендер ғаламшар орбиталарының қандай түрлерін білесіңдер?
3. Апогей және перигей, афелий және перигелий дегеніміз не?
4. Эллипстік орбитада қозғалатын ғаламшардың жылдамдығы өзгере ме? Шеңбер орбитада ше?
5. Орбитаның қай нүктелерінде ғаламшардың жылдамдығы ең үлкен және ең аз шамада болады?
6. Афелийден перигелийге дейін қозғалу кезінде ғаламшардың жылдамдығының мәні қалай өзгереді?
7. Перигелийден афелийге ауысқан кезде ғаламшардың жылдамдығы қалай өзгереді?
8. Кеплердің үшінші заңы қалай тұжырымдалады?
9. Кеплердің үшінші заңы нені тұжырымдайды?



10-жаттығу

1. Орбитасының үлкен жарты осі 2,67 млрд км, эксцентриситеті 97 болса, Галлей құйрықты жұлдызының перигелийлік және афелийлік қашықтығын анықтаңдар.
2. Орбитасының үлкен жарты осі 2,22 а.б. және эксцентриситеті 0,13 болатын Сәтпаев астероидінің перигелийлік және афелийлік қашықтығын анықтаңдар.
3. Орбитаның эксцентриситеті 0,5 болса, афелий қашықтығы перигелий қашықтығынан қанша есе артық болады?
4. Темпель құйрықты жұлдыздың орбитасы өте созылған орбита, оның перигелийлік қашықтығы 1,37 а.б. Күнді айналу периоды $T = 5,26$ жыл. Темпель құйрықты жұлдыздың: а) Күннен максимал қашықтығын; ә) үлкен жарты осін; б) кіші жарты осін; в) эксцентриситетін табыңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты ігеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§14. КҮН ЖҮЙЕСІ ДЕНЕЛЕРІНЕ ДЕЙІНГІ АРАҚАШЫҚТЫҚТЫ ПАРАЛЛАКС ӘДІСІМЕН АНЫҚТАУ

Тірек ұғымдар:

- ✓ тәуліктік параллакс
- ✓ көкжиектік параллакс

Бүгінгі сабақта:

- Күн жүйесіндегі денелердің арақашықтығын немесе өлшемдерін анықтау үшін параллакс әдісін қолдануды үйренесіңдер.

Ғаламшардың Күннен орташа қашықтықтарын Кеплердің үшінші заңын қолдану арқылы есептеуге болатынына көз жеткіздік. Ал енді олардың тікелей Жерден қандай қашықтықта орналасқанын қалай өлшеуге немесе есептеуге болатынын қарастырайық.

Қашықтықты анықтаудың классикалық әдісі — *параллакс әдісі*. Ол радиолокациялық әдісті қолданбай, Күн жүйесіне дейінгі қашықтықтарды анықтау мүмкіндігін тудырады. Параллакс әдісі параллакстық ығысу құбылысына негізделген.

Жұлдыздар бізге алыс көкжиектегі таулар сияқты барлығы бірдей қашықтықта орналасқандай болып көрінеді. Ең жақын деген жұлдыздың жарығы өте үлкен жылдамдықпен қозғалып, бізге 4,3 жылда жетеді. Осындай және бұдан да алыс қашықтықтағы жұлдыздардың қозғалысын, өлшемдерін және Жерден қашықтығын жай көзбен байқау мүмкін емес.

Дегенмен Жерге біршама жақын аспан денелеріне, солардың ішінде Күн жүйесі денелері мен кейбір таяу жұлдыздарға дейінгі қашықтықтарды бір-бірінен алшақ екі орыннан бақылау арқылы анықтауға болады.



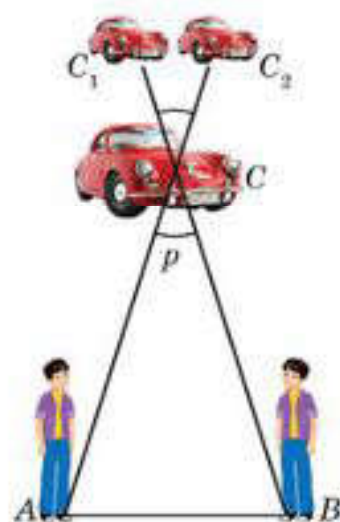
Тігінен орналастырылған қаламды алдымен бір көзбен, содан кейін екінші көзбен қараңдар. Сендер нені байқайсыңдар? Қаламның орналасуы алыс денелерге қатысты өзгерді ме? Қаламды өздеріңе біршама жақындатып және алыстатып ығысудың өзгеруін салыстырыңдар. Тәжірибеге сәйкес сызба сызып, қаламға дейінгі қашықтықты қалай анықтауға болатынын ойластырыңдар.

Бақылау нүктесінің орны ауыстырылған кезде қарастырылатын дененің орнының өзгеруі параллакстық ығысу деп аталады.

Тәжірибедегі мысалды келесі сызба тұжырымдайды. S денесін A және B нүктелерінен қарастырайық (14.1-сурет). Ол алыс көкжиекте C_1 және C_2 нүктелерінде S денесін екі нүктеден қарастырған кездегі параллакстық ығысу p бұрышымен өлшенеді. Бұл бұрыш *параллакс*, ал AB кесіндісі *базис* деп аталады.

Жердің тәуліктік айналысы кезінде бақылаушы Жер центріне қатысты бірде оның бір жағында, жарты тәуліктен соң екінші жағында болады. Осының салдарынан Күн жүйесі денелерінің аспан сферасындағы бақыланатын орны біршама өзгереді.

Тәуліктік параллакс (геоцентрлік параллакс) — Жер центрінен және Жер бетіндегі белгілі бір нүктеден аспан денесіне бағытталған кесінділер арасындағы бұрыш. Бұл бұрыш шырақтың биіктігіне байланысты және тәулік ішінде өзгеріп отырады. Оның максимал мәні шырақтың дәл көкжиекте байқалған кезінде орындалады.



14.1-сурет

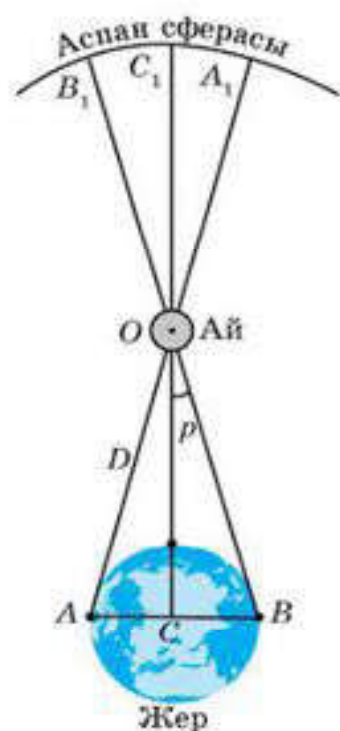
Осы кездегі параллакс *көкжиектік параллакс* деп аталады. Параллакстың базасы Жердің радиусына тең (шамамен 6400 км).

Мысал ретінде Айдың параллаксын анықтайық. Ол үшін біз Айды бір мезетте Жердің қарама-қарсы орналасқан A және B нүктелерінен бақылаймыз. Айдың орталық нүктесі — O (14.2-сурет). Аспан сферасында A_1 және B_1 нүктелеріне проекцияланады. Айдың орнының бұрыштық ығысуының жартысы C_1OB_1 Жер радиусының Айдан көрінетін бұрышына тең. Нәтижесінде көкжиектік параллакс түсінігін тұжырымдауға болады.

Аспан денесінен қарағанда көру бағытына перпендикуляр орналасқан Жер радиусы көрінетін бұрыш p көкжиектік параллакс деп аталады.

Жерден Айға дейінгі қашықтықты OCB үшбұрышынан (Ай орнында Күн жүйесінің кез келген денесі болуы мүмкін) $D = \frac{R_x}{\sin p}$ формуласымен анықтауға болады, мұндағы $R_x = 6378$ км — Жер радиусы. Ай — Жерге ең жақын орналасқан аспан денесі, оның параллаксы ең үлкен шама: $p = 57'$.

Параллакс нәтижесінде Айдың шығуы мен батуына байланысты келесі салдар туындайды. 14.2-суретке сәйкес экватордың A нүктесіндегі бақылаушы Айдың шығуын, ал B нүктесіндегі бақылаушы осы сәтте Айдың батуын көреді. A нүктесіндегі бақылаушымен B нүктесіндегі бақылаушыны салыстырғанда Айдың жұлдыздарға қатысты шамамен солға қарай 2° ығысқанын көреді. Сондықтан па-



14.2-сурет

раллакс нәтижесінде астрономиялық жылнамаларда көрсетілген уақытпен салыстырғанда Ай 2 мин кеш шығып және соншама уақыт ерте батады.

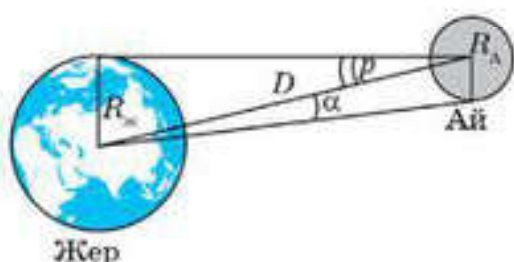


Күн жүйесіндегі денелердің өлшемдерін анықтаңдар.

Геометриялық әдісті қолданып, келесі мәліметтер бойынша Жердің радиусын қалай анықтауға болатынын ойластырыңдар.

1. 500 м биіктіктегі таудан 80 км қашықтықты көре алатын болсаңдар, Жердің радиусының шамасы қандай болғаны?

2. Жердің радиусын есептеңдер. Биіктігі 20 м болатын кеме жағалаудан 16 км алыстағанда толығымен көрінбейді.



14.3-сурет

көрінетінін арнайы телескоптық бақылау көмегімен анықтайды. Аспан шырағы p бұрыштық радиусын және оған дейінгі D қашықтықты біле отырып, оның R радиусын есептеп шығаруға болады:

$$R = D \sin p.$$

Шыраққа дейінгі қашықтық $D = \frac{R_{ж}}{\sin p}$ формуласымен анықталатынын ескерсек, онда $R_{а} = D \sin p = \frac{R_{ж}}{\sin p} \sin \alpha$ болады. Әдетте, p және α бұрыштары аз болғандықтан, радиустың шамасы жуық түрде келесі формула бойынша есептеледі:

$$R_{а} = \frac{R_{ж}}{p} \alpha.$$



1. Параллакстық ығысудың мәні неде?
2. Параллакс тәсілін қолданып, алыстағы денеге дейінгі қашықтықты қалай анықтауға болады?
3. Неліктен Ай есептелген уақытпен салыстырғанда дәл 2 мин ерте туып, сонша уақыт кеш батады?

Есеп шығару мысалы

Күннің бұрыштық радиусы $16'$ болса, онда оның сызықтық радиусы Жердің радиусынан неше есе артық? Күннің көкжиектік параллакс $p = 8,8''$.

Берілгені :

$$\alpha = 16'$$

$$p = 8,8''$$

$$R_x = ?$$

Шешуі.

$$R_x = \alpha R_x / p.$$

$$R_x = (16 \cdot 60)'' / 8,8'' R_x \approx 109 R_x.$$

Жауабы : $R_x \approx 109 R_x$.



11-жаттығу

1. Юпитер Жерге қарсы орналасқан кезде Күннен Жермен салыстырғанда 5 есе алыс болса, оның көкжиектік параллакс қанша болады?
2. Айдың перигейлік және апогейлік қашықтықтары сәйкесінше 363 000 км және 405 000 км. Осы орындардағы Айдың көкжиектік параллактарын анықтаңдар.
3. Күн мен Айдың бұрыштық өлшемдері бірдей және олардың көкжиектік параллактарын біле отырып ($8,8''$ және $57'$), Күн радиусы Ай радиусынан неше есе үлкен екенін табыңдар.
4. Марстың Жерге мейлінше жақын орналасуы кезіндегі ($r = 5,6 \cdot 10^7$ км) бұрыштық диаметрі $25''$. Оның сызықтық диаметрін есептеңдер.
5. Сатурнның көкжиектік параллакс $0,9''$ болса, ол Жерден қандай қашықтықта болғаны?
6. Сатурн сақиналары $1,3 \cdot 10^5$ км қашықтықтан $40''$ бұрышпен көрінсе, олардың сызықтық диаметрі қанша?

Осы тақырыпта негізгі мәңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

Тараудың түйінді мәселелері

- **Шоқжұлдыз** — галактикаларды, тұмандықтарды, жұлдыз шоғырларын т.б. денелерді қамтитын, шекарасы нақты анықталған аспан сферасының бөлігі.
- Жұлдыздар шоқжұлдыз аумағында грек алфавитінің әріптерімен және сандарымен таңбаланады.
- Жұлдыздардың Жер бетінен байқалатын жарықтылығы сандық тұрғыдан **көрінерлік жұлдыздық шамамен** сипатталады. Оны кейде жай **жалтырлық** деп те атайды әрі жұлдызға дейінгі қашықтық пен жұлдыздық жарқырауына тәуелді.
- Көрінерлік абсолют **жұлдыздық шама** жұлдыздардың нақты жарқырауын сипаттайды. Ол жұлдыздардың стандартты қашықтықтағы (10 пк) көрінерлік жұлдыздық шамасына тең.
- **Аспан сферасы** — радиусы анықталмаған жорамал сфера, оның центрі бақылаушы көзімен, жалпы кеңістіктің кез келген орнымен сәйкестендіріледі. Аспан сферасында тек бұрыштық қашықтықтар ғана өлшенеді.
- Аспан сферасының негізгі жазықтықтары мен үлкен дөңгелектері аспан координаталарының жүйесін енгізуде қолданылады.
- **Координаталардың көкжиектік жүйесінде** шырақтың орны оның A азимуты мен h биіктігі арқылы анықталады.
- **Координаталардың экваторлық жүйесінде** шырақтың орны оның δ еңістігі және α тура көтерілуімен анықталады.
- Аспан сферасының тәуліктік айналуының көрінісі бақылаушы орнының **географиялық ендігіне** байланысты.
- Шырақтардың **шарықтауы** деп олардың көкжиектен ең жоғары және ең төмен орналасуын атайды. Шырақтың шарықтауы оның аспан меридианы арқылы өтуі кезінде болады.
- Кеплер заңдары Күн жүйелеріндегі ғаламшарлар мен спутниктердің қозғалысының негізгі қасиеттерін айқындайды: бірінші заң орбитаның пішінін; екіншісі орбиталық жылдамдықтарын; үшіншісі орбиталық период пен орталық денеден орташа қашықтықты байланыстырады.

§ 15. НЬЮТОННЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ. ИНЕРЦИЯЛЫҚ САНАҚ ЖҮЙЕЛЕРІ

Тірек ұғымдар:

- ✓ инерция
- ✓ инерттілік
- ✓ инерциялық санақ жүйелері
- ✓ Ньютонның бірінші заңы

Бүгінгі сабақта:

- инерция, инерттілік, инерциялық санақ жүйелері ұғымдарымен танысасыңдар;
- Ньютонның бірінші заңын оқып-үйренесіңдер.

Қатты жүгіріп келе жатқан адам кенет тоқтай алмайды, себебі ол үшін оған жүгіру жылдамдығын жайлап баяулатуға тура келеді. Сол сияқты, егер сен жылдам жүріп келе жатқан машинаның ішінде отырғанда машина кенет тежелсе, еріксіз алға қарай енкейесің. Ал машина тұрған орнынан кенет қатты қозғалып кетсе, еріксіз артқа шалқаясың. Ауыр затты орнынан қозғалту жеңіл затты қозғалтудан қиын екенін де жақсы білесіңдер. Домалап келе жатқан ауыр металл шарды тоқтату үшін үлкен күш жұмсау керек. Осы сияқты өздеріңе жақсы таныс көптеген құбылыстар *инерция* құбылысы арқылы түсіндіріледі.

Мұны білесіңдер

Егер денеге басқа ешқандай денелер әсер етпесе, ол өзінің тыныштық күйін сақтайды, не бірқалыпты және түзусызықты қозғалысын жалғастырады. Бұл *инерция* құбылысы деп аталады. Инерцияның нәтижесінде денелер сыртқы күштер әсер етпегенде өздерінің жылдамдығын сақтап қалуға тырысады. Бұл қасиет дененің *инерттілігі* деп аталады. Инерттіліктің сандық өлшемі скаляр физикалық шама — *масса* болып табылады. ХБ жүйесінде массаны килограммен өлшейді: $[m] = [kg]$.

Барлық материялық объектілердің оларға сыртқы әсер болмағанда немесе барлық басқа денелердің әсерлері бірін-бірі теңгеріп тұрғанда өздерінің тыныштық күйін немесе түзусызықты бірқалыпты қозғалыс күйін сақтайтын қасиеттері бар. Материялық объектілердің инерттілігінің салдарынан дененің жылдамдығын бір сәтте өзгерту мүмкін емес, ол үшін біраз уақыт керек.

Ғалымдар ерте заманнан неге кейбір жағдайларда дене тұрақты жылдамдықпен қозғалады, ал басқа бір жағдайларда олардың

жылдамдықтары өзгереді және қозғалыстың сипаты қандай шамалармен анықталады деген сұрақтарға жауап іздеп келген. Физика ғылымында қозғалыстың пайда болу себептерін механиканың *динамика* бөлімі зерттейді.

Жер бетіндегі кез келген дененің айналасында көптеген басқа денелер бар. Олар денемен әсерлесіп, оның қозғалысына әсер етеді. Бірақ қарапайым бақылаулар жүргізе отырып, кейбір денелер тыныштықта болуы немесе бірқалыпты түзусызықты қозғалыста болуы мүмкін екенін көруге болады. Мысалы, үстелдің үстінде жатқан кітапқа үстелдің беті және Жердің тарту күші әсер етеді. Төбеде ілулі тұрған аспалы шамға аспа және Жердің тарту күші әсер етеді, егер аспаны кесіп жіберсек, шам төмен қарай құлайды. Бала отырған шананы бірқалыпты қозғалатындай етіп сүйреуге болады. Осы мысалдардың барлығында қарастырып отырған денеге бір мезгілде бірнеше басқа денелер әсер етеді. Бұл әсерлер бірін-бірі теңгеріп, нәтижесінде олардың қарастырып отырған денеге тигізетін біріккен әсері нөлге теңеседі. Мұндай жағдайда денелердің әсерлері бірін-бірі *компенсациялайды* деп айтады. Осыған ұқсас көптеген тәжірибелерді саралай отырып, Галилейдің бірқалыпты қозғалыс жөніндегі тұжырымдарын толықтырып, Ньютон мынадай қорытынды жасады: *егер денеге басқа ешқандай денелер әсер етпесе немесе олардың баптығының әсерлері бірін-бірі компенсациялайтын болса, яғни өзара теңгерілсе, онда дене тыныштықта немесе бірқалыпты түзусызықты қозғалыста болады.*

Тыныштықта тұрған дененің жылдамдығы нөлге тең және ол өзгермейді. Бірқалыпты түзусызықты қозғалыс кезінде де жылдамдық өзгермейді, яғни:

егер денеге басқа денелер әсер етпесе, немесе олардың баптығының әсерлері бірін-бірі теңгерсе, онда дене өзінің жылдамдығын (өзінің қозғалыс күйін) өзгертпей сақтайды.

Инерция құбылысының толық және нақты тұжырымдамасын Ньютон берді, сондықтан ол *Ньютонның бірінші заңы* деп аталады. Осы заңды толығырақ қарастырайық.

Мұны білесіңдер

Кез келген механикалық қозғалыс салыстырмалы болады және қандай да бір санақ жүйесіне қатысты қарастырылады. *Санақ жүйесі* деп санақ денесімен байланысқан координаталар жүйесі мен уақыттың (сағаттың) жиынтығын айтамыз.

Қандай да бір санақ жүйесінде қарастырылып отырғанына қарай қозғалыстың сипаттамалары (траекториясы, жылдамдығы, үдеуі) әртүрлі болуы мүмкін. Мысалы, жүріп келе жатқан пойыздың сөрелерінде

жатқан жолаушылардың жүгі вагонға қатысты тыныштықта тұрады, ал Жер бетіне қатысты жүктер де пойыздың жылдамдығындай жылдамдықпен қозғалып бара жатады. Осы пойыз вагонының үстіңгі сөресінен құлап түскен кітап купеде отырған жолаушыға қатысты алғанда вертикаль төмен, ал платформада тұрған адамға қатысты парабола бойымен қозғалады.



15.1-сурет. Қозғалыстың салыстырмалылығы

Метро эскалаторының үстінде тұрған адамдар эскалатор баспалдақтарына қатысты тыныштықта тұрады, бірақ олар туннельдің қабырғаларымен салыстырғанда қозғалып бара жатады (15.1-сурет).

Айналып тұрған үлкен платформаның шетінен ортасына қарай жүріп бара жатқан адам платформаға қатысты түзусызықты қозғалады, ал жерге қатысты ол күрделі қисықсызықты қозғалысқа түседі. Сонымен, кез келген қозғалыс қандай да бір нақты санақ жүйесіне қатысты қарастырылуы тиіс.

Ньютонның бірінші заңы: егер денеге басқа ешқандай денелер әсер етпесе, немесе олардың әсерлері өзара теңесетін болса, онда қандай да бір санақ жүйелеріне қатысты оның қозғалыс күйі өзгермейді.

Ньютонның бірінші заңының тұжырымдамасынан бұл заң кез келген санақ жүйесіне қатысты орындала бермейтінін байқаймыз. Түзусызықты бірқалыпты қозғалып келе жатқан көліктің ішіндегі адам оның салонына қатысты қозғалмай отырады. Егер көлік жылдамдығын арттырып, үдей қозғалса, адам еріксіз артқа қарай шалқаяды. Бұл жағдайда адамға сырттан ешқандай күш әсер еткен жоқ, бірақ оның тыныштығы бұзылып, салонға қатысты жылдамдығы өзгерді. Олай болса, үдей қозғалатын көлікпен байланысқан санақ жүйесінде Ньютонның бірінші заңы орындалмайды.

Ньютонның бірінші заңы орындалатын санақ жүйелері инерциялық санақ жүйелері деп аталады.

Ньютонның бірінші заңы инерциялық санақ жүйелерінің бар екенін тағайындайды, сондықтан ол *инерция заңы* деп аталады. Инерциялық санақ жүйесін қалай тандап алуға болады? Мұны тәжірибе арқылы қарастырып отырған санақ жүйесінде Ньютонның бірінші заңы орындала ма, жоқ па, соны тексеру арқылы жүзеге асыруға болады.



15.2-сурет. Өткеншек

Ньютонның бірінші заңы орындалмайтын санақ жүйесі инерциялық емес санақ жүйесіне жатады.

Мысалы, айналып тұрған өткеншекпен байланысқан санақ жүйесі инерциялық емес болып табылады (15.2-сурет).

Тәжірибе жүзінде *гелиоцентрлік санақ жүйесі* инерциялық санақ жүйесі екені анықталған. Оның координаталарының бас

нүктесі Күннің центрінде орналасқан. Бұл санақ жүйесін ғарыштық саланың немесе аспан механикасының есептерін шешкенде пайдаланған қолайлы.

Егер қандай да бір санақ жүйесінің инерциялық екені тағайындалса, оған қатысты бірқалыпты тұзусызықты қозғалатын барлық санақ жүйелері де инерциялық болып табылады. Жер бетімен байланысқан санақ жүйесі шын мәнінде инерциялық емес, себебі ол да Жермен бірге тәуліктік айналысқа түседі және Күнді айнала қозғалады, яғни бұл жүйе үдей қозғалады. Бірақ жер бетіндегі денелер үшін бұл үдеудің шамасы өте аз, сондықтан оны ескермеуге болады. Егер Жер бетіндегі денеге басқа денелер әсер етпесе, ол қозғалмайды. Сондықтан Жермен байланысқан санақ жүйесі және оған қатысты бірқалыпты тұзусызықты қозғалатын барлық санақ жүйелері де инерциялық жүйелер болып табылады.

Дәлірек айтқанда, инерциялық санақ жүйесі ұғымы әрқашан белгілі бір дәрежеде жуықтап қолданылады.



1. Инерция дегеніміз не?
2. Инерция құбылысына мысалдар келтіріңдер.
- 3. Жылдамдық тұрақтылығының себептері жайлы Галилейдің көзқарастары туралы айтып беріңдер. Ол мұндай қорытындыға қалай келді?
4. Санақ жүйесі деп нені айтамыз?
5. Ньютонның бірінші заңын тұжырымдап беріңдер.
6. Қандай санақ жүйесі инерциялық деп аталады?
7. Инерциялық санақ жүйелеріне мысалдар келтіріңдер.
- 8. Қандай санақ жүйесі инерциялық емес деп аталады? Мысалдар келтіріңдер.
- *9. Траекторияның жүрілген жолдың жылдамдықтың салыстырмалы шамалар екенін дәлелдейтін мысалдар келтіріңдер.



12-жаттығу

1. Бірқалыпты түзу сызықты қозғалып келе жатқан арбашаның үстінде білеуше тұр. Арбашаны кенет тоқтатса, білеуше қалай қозғалады? Жауабын түсіндіріңдер.
2. Тоқтап тұрған пойыз вагонының еденінде доп жатыр. Пойыз орнынан қозғалғанда доп қалай қозғалады? Осы жағдайда инерция заңы орындалатын санақ жүйесін және орындалмайтын санақ жүйесін атап көрсетіңдер.
- *3. Медициналық термометрді пайдалану алдында оны неге сілкі керек? Бұл жерде қандай құбылыс байқалады?
- 4. Қатты жүгіріп келе жатқан бала кенет сүрініп кетті. Ол енді қалай қозғалады? Қозғалысты сипаттап, түсіндіріңдер.
- 5. Баскетболшылар ойын барысында түрлі бағыттарда кенет бұрылыстар жасайды. Олар неге бұлай қозғалады?
- *6. Қатты қозғалып келе жатқан автомобиль кейде бұрылыста “ұшып кетеді”. Мұны қалай түсіндіруге болады?
- *7. Пойызбен байланысқан санақ жүйесі мына жағдайлардың қайсысында инерциялық, қайсысында инерциялық емес? а) пойыз горизонталь жолмен бірқалыпты түзу сызықты қозғалады; ә) пойыз жолдың горизонталь бөлігімен бірқалыпты үдемелі қозғалады; б) пойыз жолдың айналма бөлігінде бірқалыпты қозғалып келеді; в) пойыз жоғары қарай бірқалыпты қозғалып келеді.
- *8. Жер сілкінісі кезінде көпірлер мен ғимараттардың бұзылып, құлау себебін түсіндіріңдер.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 16. МЕХАНИКАДАҒЫ КҮШТЕР

Тірек ұғымдар:

- ✓ іргелі өзара әсерлер
- ✓ гравитациялық өзара әсер
- ✓ электромагниттік өзара әсер
- ✓ ауырлық күші
- ✓ серпімділік күші
- ✓ үйкеліс күші

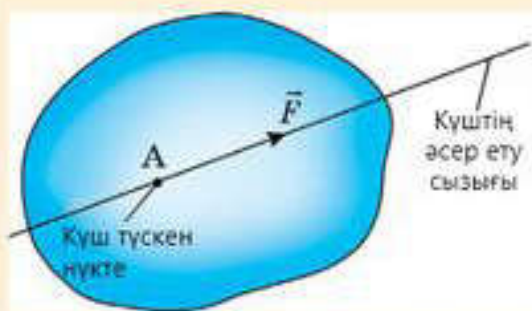
Бүгінгі сабақта:

- ауырлық, серпімділік және үйкеліс күштерінің табиғатымен танысасыздар.

Табиғатта окшауланған материялық денелер жоқ, әрбір дененің айналасында оны көптеген басқа денелер қоршап тұр, олардың бәрі бір-бірімен өзара әсерлеседі. Макроскопиялық денелердің өзара әсерлесуі олардың қозғалысының сипатын анықтайды, бір-бірінен өте алыс қашықтықта орналасқан аспан денелері де өзара әсерлесетінін сендер білесіңдер. Өткен сабақта біз дененің жылдамдығының өзгеруіне оларға басқа денелердің әсер етуі себеп болатынына көз жеткіздік. Сонымен, материялық объектілердің қозғалысының басты себебі — өзара әсерлесу, ол макроскопиялық та, микроскопиялық та объектілерге тән. Қазіргі кезде өзара әсерлесудің төрт түрі белгілі: *гравитациялық*, *электромагниттік*, *күшті* және *әлсіз*. Механикалық қозғалыс процестері осы төртеуінің ішінде гравитациялық және электромагниттік өзара әсерлер арқылы жүреді. **Гравитациялық өзара әсер** әмбебеп сипатта болады, оған элементар бөлшектерден бастап, ғаламшарлар мен жұлдыздарға дейін, табиғаттың барлық материалдық объектілері қатысады. Ол аспан денелерінің қозғалысын анықтайды, жұлдыздардың ішіндегі процестердің жүру барысында маңызды рөл атқарады.

Электромагниттік өзара әсер электр және магнит өрістерімен, яғни қозғалыстағы электр зарядтарымен байланысты. Электромагниттік өзара әсер арқылы атомның ядросы мен электрондары өзара тығыз байланысады, олар берік жүйелер — атомдарды құрайды, ал олар өз кезегінде молекулаларға бірігеді. Молекулааралық өзара әсер денелерде серпімділік қасиеттерін, үйкеліс құбылыстарын тудырады. Күш дене жылдамдығының өзгеруінің себебі болып табылады. Инерциялық жүйелерде дене тек қана күштің әсерінен үдеу алады. Механикадағы күштердің негізгі түрлерін қарастырайық.

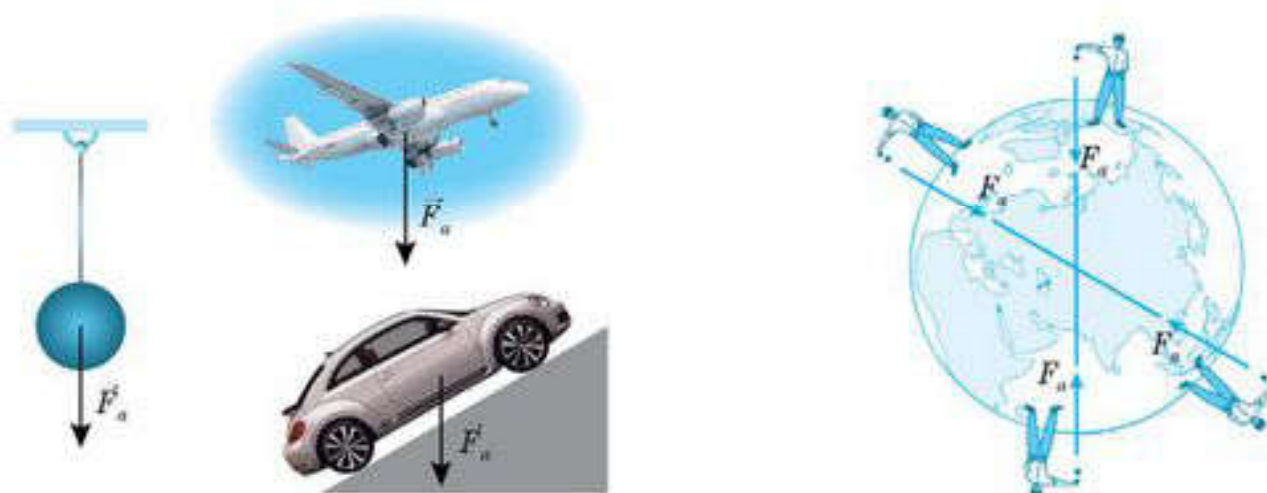
Мұны білесіңдер



16.1-сурет. Күш сан мәнімен, бағытымен, түсу нүктесімен және әсер ету сызығымен сипатталады

Бір дененің екінші денеге әсер ету мөлшерінің сандық сипаттамасы ретінде арнайы физикалық шама — күш енгізілген. Күш — векторлық шама, оны көрнекілік үшін бағытталған кесінді түрінде кескіндейді. Кесіндінің ұзындығы таңдап алынған масштаб бойынша күштің сан мәніне тең, ал бағыты күштің бағытын көрсетеді. Бойымен күш векторы бағытталатын сызық *күштің әсер ету сызығы* деп аталады (16.1-сурет).

Күшті, әдетте — \vec{F} әрпімен белгілейді. ХБ жүйесінде күштің өлшем бірлігі — ньютон: $[F] = [N]$. Күшті өлшейтін құрал *динамометр* деп аталады.



16.2-сурет. Ауырлық күші

Ауырлық күші. Жердің маңында гравитациялық өзара әсер барлық денелердің Жерге тартылуы түрінде көрініс табады. Жердің бетіне таяу орналасқан кез келген денені жердің өзіне тарту күші **ауырлық күші** деп аталады. Ауырлық күші әрқашан Жердің центріне қарай, вертикаль төмен бағытталады. 16.2-суретте келтірілген мысалдарда ауырлық күшінің бағыты мен түсу нүктелері көрсетілген, бұдан біз ауырлық күші әрқашан Жердің центріне қарай бағытталғанын көреміз. Бұл бағыт сол жердегі вертикальдың бағытымен дәл келеді. Ауырлық күші дененің массасына тура пропорционал және мына формуламен анықталады:

$$\vec{F}_g = m \vec{g}, \quad (16.1)$$

мұндағы m — дененің массасы, g — еркін түсу үдеуі. Бұл жерде күш пен еркін түсу үдеуі векторлық шамалар.

Еркін түсу үдеуі g денелердің массасына тәуелді емес және Жер бетінің берілген нүктесінде барлық денелер үшін бірдей болады. Бірақ ол географиялық ендікке және дененің Жер бетінен қандай биіктікте тұрғанына тәуелді. Сондықтан ауырлық күші түрлі ендіктерде, биіктіктерде әртүрлі мәндерге ие болады.

Ауырлық күші біздің ғаламшардың бейнесін, көптеген процестердің жүруін қалыптастыра отырып, Жер бетіндегі тіршілікте аса маңызды рөл атқарады. Ауырлық күшінің әсерінен жаңбыр жауады, өзендер ағады, таулардан көшкіндер жүреді, сарқырамалар пайда болады. Ауырлық күші бар болғандықтан, біз Жер бетінде жүріп-тұрып, отыра аламыз. Денелерді Жердің өзіне тартуын адамзат өз мақсаттарында пайдаланады. Мысалы, бөгеттерде жоғары көтерілген судың энергиясы гидроэлектрстанцияларында электр энергиясына түрлендіріледі. Жер серігі Айдың оған тартылуы мұхиттар мен теңіздерде судың көтерілуімен биіктігі 20 метрге дейін жететін қуатты толқындар туғызады.



16.3-сурет

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Қазақстанда әсем сегіз сарқырама бар, олар Алматы және Шығыс Қазақстан облыстарында орналасқан. Олардың ішіндегі ең биігі Алматы облысы, Жонғар Алатауындағы Қарасай өзенінің төменгі ағысында орналасқан — Бархан-Бұлақ сарқырамасы (16.3-сурет). Теніз деңгейінен 2000 м биіктікте орналасқан бұл сарқырама каскадтарының биіктігі 120 метрге жетеді.

Серпімділік күші. Біз күш жылдамдықтың өзгеру себебі болып табылатынына көз жеткіздік. Ал егер күш еркін қозғала алмайтын бекітілген денеге түсірілсе не болады?



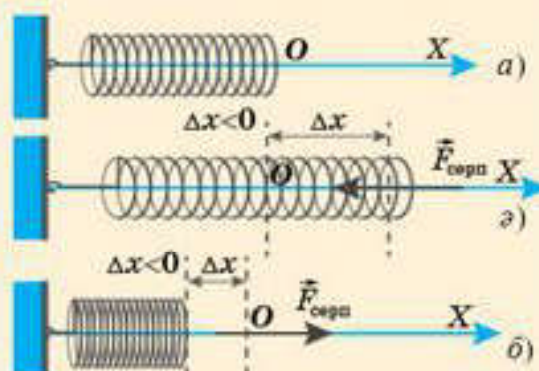
1-тәжірибе. Бір ұшы бекітілген серіппені алып (16.4, а, ә-суреттер), оны соза бастайық, яғни солдан оңға қарай бағытталған сыртқы күш түсірейік. Серіппе созылып, деформацияланады, сонымен қатар біз осы кезде қолымызға оңнан солға қарай бағытталған күш әсер еткенін сеземіз.

Егер серіппені сығатын болсақ, оның тарапынан қолымызға солдан оңға қарай бағытталған күш әсер етеді (16.4, б-сурет). Сонымен, серіппені созу немесе сығу кезінде осы әсерге бөгет болатындай болып бағытталған күш пайда болады.



16.5-сурет

қарай бағытталады. Нәтижесінде тақтай да, гіртасы да деформацияланады. Осы күштер теңескен кезде деформация тоқталады.



16.4-сурет. Серіппенің созылу және сығылу деформациясы

2-тәжірибе. Қалыңдығы орташа тақтайшаны алып, оны екі тіреудің үстіне қояйық. Оның ортасына 16.5-суретте көрсетілгендей етіп гіртасын қойсақ, тақтай иіліп, иілу деформациясы пайда болады.

Осы кезде гіртасына тақтай тарапынан төменнен жоғары қарай бағытталған күш әсер етеді. Ал гіртасы тарапынан тақтайшаға әсер ететін күш тік төмен

Осы тәжірибелерді саралай отырып, дене деформацияланған кезде оның пішіні мен өлшемдерінің өзгеруіне бөгет жасауға тырысатындай болып бағытталған күш пайда болады. Бұл күш *серпімділік күші* деп

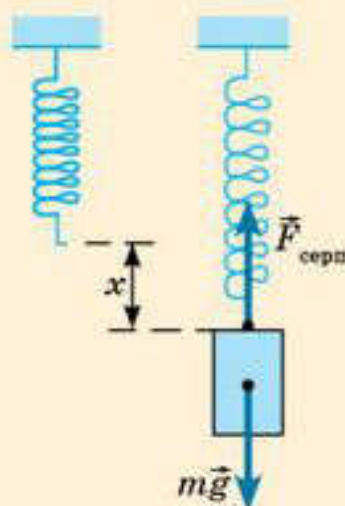
ата лады. *Серпімділік күшінің табиғаты электромагниттік болып табылады.* Барлық денелер атомдардан, ал атомдар теріс зарядталған электрондар мен оң зарядталған ядролардан тұратыны бізге белгілі. Сондықтан молекулалардың арасында электростатикалық тартылыс күштері де, тебіліс күштері де әсер етеді. Дене деформацияланбай тұрғанда бұл күштер бірін-бірі компенсациялайды. Дене созылғанда молекулалардың арақашықтықтары артады да, тартылыс күштері тебіліс күштерінен артық бола бастайды. Ал дене сығылған кезде, керісінше, тебіліс күштері артады. Сонымен, кез келген деформация кезінде дененің пішінін алғашқы қалпына әкелуге тырысатын серпімділік күші пайда болады.

Мұны білесіңдер

Деформацияны *серпімді және пластикалық* деп екіге бөлуге болады. Серпімді деформация кезінде сыртқы деформациялаушы күштің әсері тоқтаған кезде дене өзінің пішіні мен өлшемдерін толық бастапқы қалпына келтіреді. Әдетте, бұл — аз мөлшердегі деформациялар. Деформациялаушы күштің әсері тоқтаған соң да дененің деформациясы сақталып қалса, оны пластикалық деформация деп атайды. Демек, пластикалық деформациядан кейін дене өзінің бастапқы өлшемдері мен пішініне келмейді.

Серпімді деформациялар аймағында Гук заңы орындалады.

Серпімді деформацияның нәтижесінде дене созылған немесе сығылған кезде пайда болатын серпімділік күші дене ұзындығының өзгеруінің абсолют мәніне пропорционал болады (16.6-сурет).



16.6-сурет. Серіппенің созылу деформациясы

Гук заңы мына түрде жазылады:

$$F_{\text{серп}} = -kx, \quad (16.2)$$

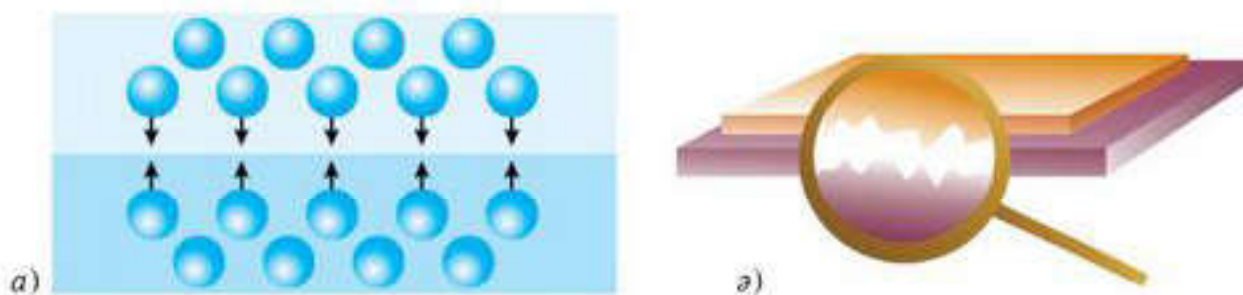
мұндағы k — серіппенің катандық коэффициенті, $x = l - l_0$ — серіппе ұзындығының өзгеруі (ұзындықтың абсолют өзгерісі).

Тендеудің оң жағындағы минус таңбасы серпімділік күші мен x ұзарудың бағыттары қарама-қарсы екенін көрсетеді.

Серіппенің катандық коэффициенті k дененің қандай материалдан жасалғанына және оның геометриялық өлшемдері мен пішініне тәуелді.

ХБ жүйесінде катандық коэффициентінің өлшем бірлігі: $[k] = [\text{Н/м}]$.

Үйкеліс күші. Денелер тікелей жанасқанда пайда болатын күшті *үйкеліс күші* деп атайды, оның бағыты жанасу бетінің бойымен қоз-



16.7-сурет. Үйкелістің пайда болу себептері: а) молекулалардың өзара тартылысы; ә) беттердің кедір-бұдыры

ғалыс бағытына қарама-қарсы жаққа қарай бағытталады. Үйкеліс күші бір дененің бетінде тыныштықта тұрған екінші денеге, осы денелердің жанасу беттеріне параллель сыртқы күш әсер еткенде, сол күштің әсерінен дене қозғалысқа түссе де, түспесе де туындайды.

Үйкеліс күшінің табиғаты серпімділік күші сияқты электромагниттік болып табылады, яғни үйкелістің пайда болу себебі — үйкелісетін денелердің молекулаларының электрлік өзара әсер күштері (16.7, а-сурет) және беттердің бір-біріне ілінісіп, қозғалысқа кедергі жасайтын кедір-бұдыры (16.7, ә-сурет).

Мұны білесіңдер

Табиғатта үйкеліс күші сырғанау, домалау, тыныштық үйкелісі түрінде көрініс табады. Егер денелер бір-біріне қатысты қозғалмай тұрса тыныштық үйкелісі, сырғанап қозғалған кезде сырғанау үйкелісі, ал екі дененің біреуі екіншісіне қатысты сырғанамай домалайтын болса домалау үйкелісі пайда болады.

Қозғалыс кезінде жанасатын денелердің бетіндегі кедір-бұдырын тегістейтін болсақ, алғашында үйкеліс азаяды, мұны беттердің тегістеліп, ілінісудің азаюымен түсіндіруге болады. Бірақ тегістеуді



16.8-сурет. Сыртқы күштің әсерінен тыныштық үйкелісінің пайда болуы

одан әрі жалғастырсақ, үйкеліс күші қайта арта бастайды. Мұның себебі тиісіп тұрған беттердің тегістігі сонша, екі дененің молекулалары бір-бірімен әсерлесе алатындай жақындасады, олар өзара тартылып, қозғалысқа кедергі жасайды.

Егер тыныштықта тұрған ауыр денені қозғалтпақ болып денеге сырттан күш түсірсек, бұл бірден іске аса қоймауы мүмкін (16.8-сурет). Ол үшін әсер ететін күш белгілі бір шамадан артық болуы керек. Күш түсірген кезде дене мен жанасатын беттің (16.8-суретте бұл — еденнің

беті) арасында тыныштық үйкелісі пайда болады. Ол сыртқы күшті теңестіріп, онымен бірге артады. Тыныштық үйкелісінің максимал мәні мына өрнекпен анықталады

$$F_{\text{үйк}} = \mu N, \quad (16.3)$$

мұндағы N — реакция күшінің модулі, μ — үйкеліс коэффициенті.

Тіректің тарапынан денеге әсер ететін серпімділік күшін *тіректің реакция күші* деп айтады. Тыныштық үйкелісінің максимал мәні сырғанау үйкелісіне тең. Үйкеліс коэффициенті жанасатын беттердің күйіне және олардың қандай материалдан дайындалғанына байланысты.



1. Денелердің өзара әсерлесу мөлшерін сипаттайтын қандай шама?
2. Іргелі өзара әсерлерді атаңдар.
3. Ауырлық күшінің табиғаты қандай? Ауырлық күшінің түсу нүктесі мен бағытын көрсетіңдер.
4. Ауырлық күшін қандай формуламен анықтайды? Осы формуладағы физикалық шамаларды атап, олардың анықтамаларын айтыңдар.
- 5. Табиғатта сарқырамалардың пайда болуын түсіндіріңдер.
6. Серпімділік күшінің анықтамасын беріп, оның пайда болу механизмін түсіндіріңдер.
7. Гук заңын тұжырымдаңдар. Ол қандай деформация үшін орындалады?
- 8. Үйкеліс күшінің табиғатын түсіндіріңдер. Оның пайда болу себептерін айтыңдар.
9. Үйкелістің қандай түрлерін білесіңдер?
10. Серпімділік күшін қандай формуламен анықтайды? Осы формулаға кіретін физикалық шамаларды атап, олардың анықтамаларын беріңдер.
- *11. Тайғақ жолмен екі бірдей жүк машиналары жүріп келеді: олардың бірі бос, екіншісіне ауыр жүк тиелген. Екеуінің қайсысы азырақ сырғанайды? Жауаптарыңды негіздеңдер.
- *12. Бала бөлме ішінде жүріп келе жатып, кенет тайғанап кетіп құлап түсті. Оның тайғанау себебін түсіндіріңдер.



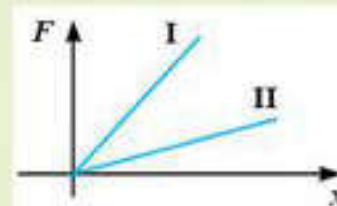
Төменде берілген кестені толтырыңдар.

Сипаттама	Ауырлық күші	Серпімділік күші	Үйкеліс күші
Өзара әсердің түрі			
Пайда болу себебі			
Әсер ету бағыты			
Түсу нүктесі			
Формуласы			



13-жаттығу

1. Массасы: а) 198 г; ә) 27 кг; б) 0,48 т денеге әсер ететін ауырлық күшін табыңдар.
2. Егер денеге әсер ететін ауырлық күші: а) 9,8 Н; ә) 980 Н болса, оның массасы қандай?
3. Тығыздығы 9300 кг/м^3 , көлемі $2,3 \text{ см}^3$ болатын денеге әсер ететін ауырлық күшін табыңдар. Еркін түсу үдеуі $9,8 \text{ м/с}^2$.
- 4. Жерде денеге әсер ететін ауырлық күші 3920 Н, ал Ай бетінде бұл дененің ауырлық күші 644 Н тең. Айдағы еркін түсу үдеуін табыңдар.
5. Қатаңдық коэффициенті 9000 Н серіппе түсірілген күштің әсерінен 5 см ұзарды. Оған қандай күш әсер еткен?
6. Деформациялаушы $F = 2,4 \text{ кН}$ күштің әсерінен серіппе 6 см ұзарды. Серіппенің қатаңдық коэффициентін табыңдар.
- 7. $F = 20 \text{ Н}$ күштің әсерінен серіппе 3,3 см, ал 60 Н күштің әсерінен ол 10 см созылады. Осы серіппенің қатаңдығын есептеңдер.
- 8. Қатаңдық коэффициенті 2500 Н/м серіппе деформациялаушы күштің әсерінен 8 см ұзарды. Осы күштің әсерінен 5 см ұзаратын серіппенің қатаңдық коэффициенті қандай?
9. Массасы 1,5 т автомобиль горизонталь жолмен бірқалыпты қозғалып келеді. Автомобиль дөңгелектерінің жолмен үйкеліс коэффициенті 0,002-ге тең. Үйкеліс күшін табыңдар.
- *10. Серіппенің бір ұшын массасы 3 кг білеушеге бекітіп, ал екінші ұшын үстелдің бетімен бірқалыпты созайық. Осы кезде серіппе 6 см ұзарды. Білеушенің үстелмен үйкеліс коэффициенті 0,2-ге тең болса, серіппенің қатаңдық коэффициенті қандай?
- *11. 16.9-суретте екі серіппенің абсолют ұзаруының деформациялаушы күшке тәуелділік графиктері көрсетілген. Осылардың қайсысының қатаңдық коэффициенті көбірек? Жауаптарыңды негіздендер.



16.9-сурет

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

1. Ауырлық күшінің массаға тәуелділігін зерттеу.

Мақсаты : тәжірибе жүзінде ауырлық күшінің дене массасына тәуелділігін зерттеу.

Құрал-жабдықтар : динамометр, үш кішкене дене.

Тапсырма . Динамометрдің бөлік құнын анықтап, оның көмегімен әрбір дененің ауырлық күшін өлшендер. Ауырлық күшінің формуласының көмегімен әр дененің массасын анықтап, оны төмендегі 16.1-кестеге енгізіңдер.

16.1- кесте

№	Динамометрдің бөлік құны	Ауырлық күші	Дененің массасы
1			
2			

Ауырлық күшінің дененің массасына тәуелділігі жайлы қорытынды жасандар.

2. Серпімділік күшінің серіппенің ұзаруына тәуелділігін зерттеу.

Құрал-жабдықтар : миллиметрлік бөліктері бар сызғыш, әрбіреуінің массасы 100 г болатын жүктер жиынтығы, штатив, динамометр.

Тансырма . Динамометрді штативке бекітіндер. Динамометрдің серіппесінің жанына сызғышты бекітіп, динамометрдің көрсеткіш тілшесінің ұзаруы кезіндегі мәнін сызғыштың көмегімен өлшендер. Динамометрдің серіппесіне массасы белгілі (100 г) жүкті іліп, динамометр тілшесінің ұзаруын сызғыштың бөлігіне белгілеп, серіппенің ұзаруын (x) анықтандар. Енді алғашқы жүкке тағы бір, содан кейін үшінші жүкті іліп, әрбір жағдай үшін серіппенің ұзаруын жазып, 16.2-кестені толтырыңдар.

16.2- кесте

Жүктің массасы, m (г)	Серіппенің ұзаруы, x (см)	Динамометрдің бөлік құны	Серпімділік күші, $F_{\text{серп}}$ (Н)
m_1			
m_2			
m_3			

Өлшеу нәтижелерін пайдаланып, серпімділік күшінің серіппенің созылуына тәуелділік графигін салыңдар. Серіппенің қатандық коэффициентінің орташа мәнін табыңдар:

$$k_{\text{орт}} = \frac{F_{\text{орт}}}{x_{\text{орт}}}$$

Динамометр серіппесінің серпімділік күшінің оның серіппенің созылуына тәуелділігі туралы қорытынды жасандар.

3. Үйкеліс күшінің дененің салмағына тәуелділігін зерттеу.

Құрал-жабдықтар : динамометр, трибометр, әрқайсысының массасы 100 г үш жүк.

Тансырма . Динамометр мен трибометрдің ағаш кеспегінің салмағын анықтандар. Ол үшін ағаш кеспекті трибометр сызғышының үстіне қойып, кеспектің үстіне массасы 100 г жүкті қойыңдар. Динамометрді кеспектің ілгішіне бекітіндер. Кеспекті трибометр сызғышының бойымен бірқалыпты горизонталь бағытта тартып, сол кездегі динамометрдің көрсетуін жазыңдар.

Кеспектің үстіне екі және үш жүкті орната отырып, тәжірибені қайталап, әрбір жағдай үшін үйкеліс күшін анықтандар.

Алынған нәтижелерді пайдаланып, әрбір жағдай үшін үйкеліс коэффициентін есептеңдер.

Өлшеулер мен есептеулер нәтижелерін кестеге толтырыңдар. Үйкеліс күшінің дененің салмағына тәуелділігі туралы қорытынды жасаңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§17. НЬЮТОННЫҢ ЕКІНШІ ЗАҢЫ. МАССА

Тірек ұғымдар:

- ✓ үдеу
- ✓ масса
- ✓ Ньютонның екінші заңы
- ✓ тең әсерлі күш

Бүгінгі сабақта:

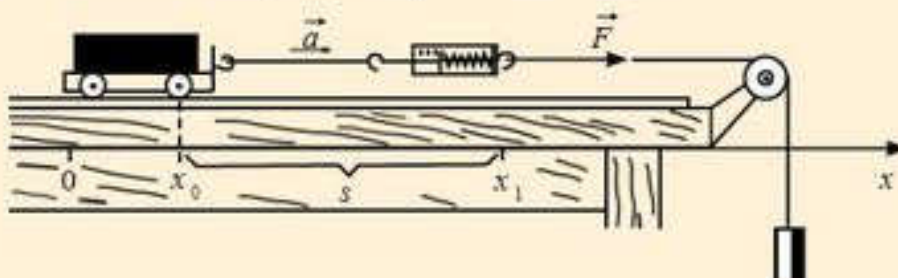
- Ньютонның екінші заңын қолданып есеп шығаруды үйренесіңдер;
- тең әсерлі күш ұғымымен танысып, оны құраушыларға жіктеу тәсілдерін қарастырасыңдар.

Күштің әсерінен дене үдеу алатынын білеміз. Денеге әсер ететін күштің мәні неғұрлым көп болса, ол соғұрлым үлкен үдеу алады. Бір күштің әсерінен әртүрлі денелер түрлі үдеу алады. Мұны сендер күнделікті бақылаулардан жақсы білесіңдер. Мысалы, жылтыр мұзда екі бірдей білеуше жатсын — бірі ағаш, екіншісі темір. Егер сендер оларды алма-кезек бірдей күшпен хоккей таяғымен соғып қалсаңдар, ағаш білеуше темірге карағанда әлдеқайда тез әрі алысқа сырғып кетеді. Демек, ағаш білеуше темірге карағанда көбірек үдеу алады. Темір білеушенің массасы ағаш білеушеге карағанда көп болғандықтан, бірдей күштің әсерінен денелер өздерінің массаларына кері пропорционал үдеу алады деген қорытындыға келуге болады. Енді білеушелердің біреуін алыңдар да, бірінші рет оны ақырын ғана, екінші рет қатты соғыңдар. Екінші жағдайда білеуше біріншіге карағанда тезірек әрі алысырақ сырғиды. Бұдан дененің үдеуі оған әсер ететін күшке тура пропорционал деген қорытындыға келеміз.



17.1-суретте кескінделген құралды пайдаланайық. Үстел бетіне рельстер, ал үстелдің шетіне жылжымайтын блок орнатылған. Рельстерді бойлай, онымен қатар ақ қағаз жолағын жабыстырып қою керек. Сол жолаққа бір-бірінен (80—100) см қашықтықта екі белгі соғамыз. Рельске дөңгелектері жақсы

айналатын жеңіл арбашаны орнатайық. Мұндай арбаша қозғалған кезде оған әсер ететін үйкеліс күші өте аз болады, сондықтан арбашаға жүк тарапынан әсер ететін күшпен салыстырғанда үйкеліс күшін ескермеуге болады. Күшті динамометрмен өлшейміз. Оның бір жағын суретте көрсетілгендей етіп арбашамен, екінші жағын жылжымайтын блоктан асырылған жүкпен жалғаймыз.



17.1-сурет

Үдеуді бірқалыпты үдемелі қозғалыстың формуласынан $S = \frac{at^2}{2}$ анықтаймыз.

Тәжірибенің басында арбашаның үстіне білеуше салып, арбашаның алдыңғы дөңгелектері бірінші белгінің жанында болатындай етіп оны рельске қоямыз. Арбашаны жіберіп, секундомермен ол екінші белгіге қанша t уақытта жететінін өлшейміз.

1. Арбашаға жіп тарапынан әсер ететін күшті оған байлаулы тұрған жүкке қосымша жүктерді қоса отырып өзгертеміз. Алған нәтижелерді саралай отырып, арбашаның үдеуі оған әсер ететін күшке тура пропорционал екеніне көз жеткізуге болады: $\vec{a} \sim \vec{F}$.

2. Массалары бірдей бірнеше білеуше алып, оларды арбашаның үстіне біртіндеп бір-бірлеп қосамыз. Ал жіпке ілулі тұрған жүкті өзгертпейміз. Тағы да үдеулерді анықтап, нәтижелерді саралап, арбаша тұрақты күштің әсерінен өзінің массасына кері пропорционал үдеу алатынына көз жеткіземіз: $a \sim \frac{1}{m}$.

Жоғарыдағы тәжірибенің нәтижесін былай тұжырымдауға болады: дененің үдеуі оған әсер ететін қорытқы күшке тура пропорционал және оның массасына кері пропорционал:

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

Бұл формула **Ньютонның екінші заңын** өрнектейді. Ол барлық денелер мен аспан денелерінің қозғалыстары бағынатын табиғаттың іргелі заңы болып табылады. Ньютон бұл заңды көптеген тәжірибелердің, соның ішінде өзіне дейінгі ғалымдардың еңбектерін саралап барып тағайындады.

Әдетте, Ньютонның екінші заңының басқа тұжырымдамасы қолданылады:

денеге әсер ететін күш дененің массасы мен осы күш тудыратын үдеудің көбейтіндісіне тең:

$$\vec{F} = m \vec{a}. \quad (17.1)$$

Ньютонның екінші заңы тек инерциялық санақ жүйелерінде орындалады.

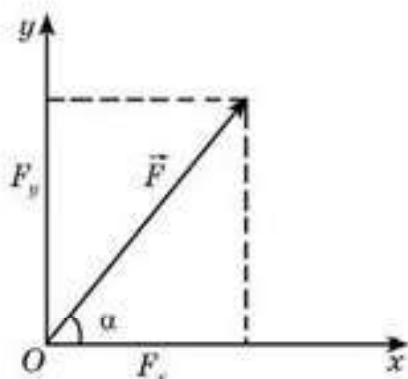
Сендер 7-сынып физикасынан масса дененің инерттілігінің сандық мөлшерінің сипаттамасы болып табылатынын білесіңдер. Ол әсер ететін күшке, дененің жылдамдығына да тәуелсіз (егер жылдамдық вакуумдағы жарық жылдамдығынан әлдеқайда аз болса). Масса — *аддитивті* шама, яғни, бүтін бір дененің массасы осы дене бөліктерінің массаларының қосындысына тең: $m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n$.

Күш үдеуді, яғни жылдамдық қаншалықты тез өзгеретінін анықтайды, бірақ жылдамдықтың өзінің мәнін анықтамайды. Үдеу күш әсер еткен мезетте пайда болады, ал дененің жылдамдығы біртіндеп артады. Қозғалып келе жатқан денені бір сәтте кенет тоқтату мүмкін емес, ол үшін біраз уақыт керек. Бұл жағдай дененің инерттілігімен түсіндіріледі.

Жоғарыда жүргізілген тәжірибеден жасаған қорытынды бойынша, дененің массасы (инерттілігі) неғұрлым көп болса, берілген күштің әсерінен дененің алатын үдеуі соғұрлым аз болады.

Әдетте, денеге бір мезгілде бірнеше күш әсер етеді. Мұндай жағдайда тең әсерлі күш ұғымы енгізіледі. Денеге бір мезгілде әсер ететін барлық күштердің біріккен әсерін алмастыра алатын күшті *тең әсерлі күш* деп атайды. Егер барлық күштер бір нүктеге түсірілген болса, тең әсерлі күш осы күштердің векторлық қосындысына тең болады (17.2-сурет). Тең әсерлі күштің бағыты мен сан мәні векторларды қосу ережесімен анықталады (§ 2).

Тең әсерлі күш бір мезгілде әсер ететін екі немесе одан да көп күштердің біріккен әсерін алмастыра алады, сондықтан кері амал да болуы мүмкін, яғни бір күшті бір мезгілде әсер ететін екі немесе одан да көп күштермен алмастыруға болады.



17.2-сурет. Күшті құраушыларға жіктеу

Ондай әсер күш векторын құраушыларға *жіктеу* деп аталады. Есеп шығарған кезде көбінесе күшті декарттық координаталар жүйесінің осьтеріне жіктеу ыңғайлы. Күшті x және y осьтеріне жіктегенде векторлық түрде былай жазуға болады (17.2-сурет):

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y. \quad (17.2)$$

Ал күштің модулі мына өрнекпен анықталады:

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}. \quad (17.3)$$

17.3-суреттен күштің координаталар осьтеріне құраушыларын былай анықтайды:

$$F_x = F \cos \alpha, \quad (17.4)$$

$$F_y = F \sin \alpha. \quad (17.5)$$

Егер дене бір мезгілде әсер етіп тұрған бірнеше күштің әсерінен үдеу алатын болса, Ньютонның екінші заңын тең әсерлі күш үшін тұжырымдауға болады. Жоғарыда айтылғандай, тең әсерлі күшті денеге әсер ететін барлық күштердің векторлық қосындысы түрінде анықтаймыз:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i.$$

Онда Ньютонның екінші заңы былай тұжырымдалады: *денеге әсер ететін барлық күштердің нәтижесінде туындайтын тең әсерлі күш дененің массасы мен алған үдеуінің көбейтіндісіне тең:*

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \vec{a}. \quad (17.6)$$

Күштің ХБ жүйесіндегі өлшем бірлігі — *ньютон*: $[F] = [N] = [кг \cdot м/с^2]$. 1 Ньютон — бұл массасы 1 кг денеге $1 м/с^2$ үдеу беретін күш.

Динамиканың есептерін шығаруға арналған нұсқаулар. Есеп шығарған кезде Ньютонның екінші заңын тең әсерлі күш үшін жазылады. Сондықтан алдымен денеге әсер беретін барлық күштерді анықтап, оларды сызбаға сызу керек. Түзусызықты қозғалыс үшін барлық күштерді бір нүктеге түсірілген деп есептеуге болады. Сызбада денені тік төртбұрыш ретінде сызып, күштердің түсу нүктесі оның центрінде деп есептейміз. Содан кейін векторлық түрде Ньютонның екінші заңын жазылады:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = m \vec{a}. \quad (17.7)$$

Бұдан кейін координаталар жүйесін таңдап алу керек. Есептерде, әдетте, қозғалыс бір жазықтықтың бойымен жүреді, сондықтан екі ось таңдап алу жеткілікті. Оның бірін қозғалыс бағытының бойымен, екіншісін оған перпендикуляр аламыз. Егер барлық күштер бір түзудің бойымен бағытталса, бір ось алса да жеткілікті. Бұдан кейін (17.4, 17.5) теңдеулерінің көмегімен олардың осьтерге проекцияларын жазу керек. Қажетінше кинематикалық қозғалыс теңдеулерін қолданып, алынған скаляр теңдеулер жүйесін шешу арқылы ізделінді шаманы табындар.



1. Дененің жылдамдығының өзгеруіне не себеп?
2. Дененің үдеуі әсер ететін күшке қалай тәуелді?
3. Дененің үдеуі оның массасына қалай тәуелді?
4. Инерттілік деп дененің қандай қасиетін айтады?
5. Дененің массасы деген не?
6. Ньютонның екінші заңын тұжырымдаңдар.
- 7. Тең әсерлі деп қандай күшті айтады?
- 8. Бірнеше күштің тең әсерлісін қалай анықтауға болады?
- 9. Денеге үш күш әсер еткен кезде Ньютонның екінші заңы қай күш үшін орындалады?



Горизонталь үстелдің үстінде тұрған арбашаның көмегімен оны (арбашаны) бірқалыпты қозғалысқа немесе алдын ала белгіленген үдеумен бірқалыпты үдемелі қозғалысқа түсіруге мүмкіндік беретін құрал жасаңдар. Қажетті есептеулерді жүргізіңдер.

Есеп шығару мысалы

Массасы 5 кг дене горизонталь жазықтықпен, көкжиекке 30° бұрыш жасай бағытталған 10 Н күштің әсерінен қозғалады. Дене мен жазықтық арасындағы үйкеліс коэффициенті 0,02-ге тең. Дененің үдеуін анықтаңдар.

Берілгені :

- $m = 5 \text{ кг}$
- $F = 10 \text{ Н}$
- $\alpha = 30^\circ$
- $\mu = 0,02$
- $\sin 30^\circ = 0,5$
- $\cos 30^\circ = 0,86$
- $g = 10 \text{ м/с}^2$
- $a = ?$

Шешуі. Динамикалық есептерді шығаруға арналған нұсқауларға сәйкес алдымен сызбасын сызамыз (17.3-сурет).

Денеге төрт күш әсер етеді: түсірілген \vec{F} күші, ауырлық күші, тіректің реакция күші және үйкеліс күші. Олардың сызбасын сызайық.

Ньютонның екінші заңын векторлық түрде жазайық:

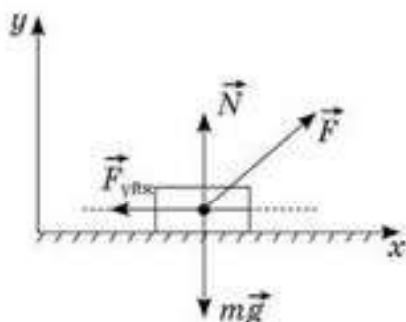
$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{үйк}} = m\vec{a}. \quad (17.8)$$

Ox осінің оң бағытын қозғалыс бағыты деп аламыз, ал Oy осін вертикаль жоғары бағыттайық. Осы осьтерге (17.8) теңдеудің проекцияларын жазайық:

$$Ox: F \cos \alpha - F_{\text{үйк}} = ma, \quad (17.9)$$

$$Oy: F \sin \alpha - mg + N = 0. \quad (17.10)$$

Үйкеліс күші үйкеліс коэффициенті мен реакция күшінің көбейтіндісіне тең. Реакция күшін (17.10) теңдеуден анықтаймыз.



17.3-сурет

Онда үйкеліс күші

$$F_{\text{үйк}} = \mu \cdot N = \mu(mg - F \sin \alpha).$$

Осы өрнекті (17.9) теңдеуге қояйық: $F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma$.

Сонғы өрнектен ізделінді үдеуді табамыз:

$$a = \frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m} = \frac{10 \text{ Н} \cdot 0,86 - 0,02 \cdot 5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 0,02 \cdot 10 \text{ Н} \cdot 0,5}{5 \text{ кг}} = 1,54 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

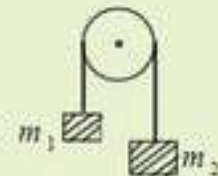
Жауабы : 1,54 м/с².



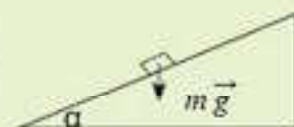
14-жаттығу

Есептерді шығарған кезде еркін түсу үдеуі $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алыңдар.

1. Массасы 2 кг денеге горизонталь бағытта екі күш әсер етеді: $F_1 = 5 \text{ Н}$ және $F_2 = 3 \text{ Н}$. Мына екі жағдайда осы күштердің әсерінен дене қандай үдеу алады: а) күштер бір бағытта; ә) күштер қарама-қарсы бағыттарда әсер етеді?
2. Өзара перпендикуляр $F_1 = 4 \text{ Н}$ және $F_2 = 3 \text{ Н}$ екі күштің әсерінен дене қандай үдеумен қозғалады? Дененің массасы 2 кг.
3. Массасы 5 кг дене горизонталь жазықтықпен 2 м/с^2 үдеумен қозғалады. Егер үйкеліс коэффициенті 0,1 болса, денеге әсер ететін горизонталь тарту күшінің шамасы қандай?
4. Жылдамдығы 10 м/с болатын бірқалыпты қозғалып келе жатқан автомобиль моторында ақау пайда болды. Оның тежелу жолы 8 м болса, автомобиль дөңгелектерінің жолмен үйкеліс коэффициентін есептеңдер.
- *5. Массасы 5 кг денеге горизонтқа 60° бұрыш жасай бағытталған $F = 50 \text{ Н}$ күш түсірілген. Дененің жазықтықпен үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,2$. Дене $t = 1 \text{ с}$ ішінде қандай жол жүреді?
- *6. Қозғалмайтын блоктан (17.4-сурет) асырылған жіптің екі ұшына массалары $m_1 = 2 \text{ кг}$ және $m_2 = 2,4 \text{ кг}$ екі жүк ілінген. Жүктердің үдеуі мен жіптің керілу күшін табыңдар.
- *7. Массасы $m_1 = 20 \text{ кг}$ дене көлбеулігі $\alpha = 30^\circ$ жазықтықтың үстінде жатыр. Оған жіп байлап, көлбеу жазықтықтың төбесінде орналасқан блоктан асырып, екінші ұшына массасы $m_2 = 4 \text{ кг}$ жүкті байлаған. Бірінші жүктің көлбеу жазықтықпен үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,2$ болса, жүктер қандай үдеумен қозғалады?
- *8. 17.5-суретке есеп құрастырыңдар. Үйкеліс коэффициенті $\mu \neq 0$ деп алыңдар. Қажетті физикалық шамалардың мәндерін өздерің беріңдер. Құрастырған есепті парталас көршілеріңмен айырбастап, оны шығарыңдар. Шығару жолы мен нәтижесін талқылаңдар.



17.4-сурет



17.5-сурет

Осы тақырыпта неіі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 18. НЬЮТОННЫҢ ҮШІНШІ ЗАҢЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ әсер
- ✓ қарсы әсер
- ✓ Ньютонның үшінші заңы

Бүгінгі сабақта:

- Ньютонның үшінші заңымен танысып, оны есеп шығаруда қолдануды үйренесіңдер.

Ньютонның бірінші заңында денеге басқа ешқандай дене әсер етпеген жағдай, ал екінші заңында зерттеліп отырған денеге басқа бір немесе бірнеше денелер әсер ететін жағдай зерттеледі. Ал осы денеге әсер ететін басқа денелер қандай күйде болады? Бұл сұраққа Ньютонның үшінші заңы жауап береді. Бір дененің екінші денеге әсері біржақты болмайды. Егер бірінші дене екінші денеге әсер етсе, міндетті түрде екінші дене де бірінші денеге әсер етеді. Басқаша айтсақ, *денелер* өзара әсерлеседі.

Күнделікті өмірден бірнеше мысалдар келтірейік.

1. Төбеде аспалы шам ілулі тұр. Шамға ауырлық күші әсер етеді, оны аспаның керілу (серпімділік) күші компенсациялайды да, шам тыныштықта тұрады. Бірақ осы кезде аспа қандай күйде болады? Шам аспаға әсер етеді, оны төмен тартады. Нәтижесінде аспа аздап созылып, серпімділік күші пайда болады.

2. Үстел үстінде кітап жатыр. Біз кітапқа әсер ететін ауырлық күші мен үстелдің реакция күші бірін-бірі теңгеріп тұрғандықтан, кітап тыныштықта жатқанын білеміз. Бірақ бұл кезде кітап та үстелге әсер етеді, ол өзінің ауырлық күшімен үстелді төмен басады. Бұл күшті *қысым күші* деп атайды. Соның салдарынан үстел көзге көрінбейтін аз мөлшерде иіліп, тіректің реакция күші деп аталатын серпімділік күші пайда болады. Бұған жауап ретінде үстел кітапқа әсер етіп, кітап та өте аз мөлшерде сығылады. Кітаптың қысым күші үстел бетіне, ал тіректің реакция күші кітапқа түседі. Бұл күштердің табиғаты бірдей (серпімділік күштері). Енді осы күштердің арақатынасы қандай екенін және олардың бағытын анықтайық.

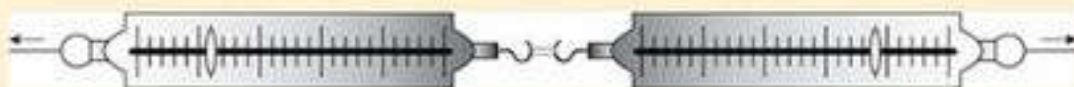
Ньютон өз заманында жүргізілген көптеген бақылаулар мен тәжірибелердің нәтижелерін саралай отырып, *үшінші заңды* тұжы-

РЫМДАДЫ: *әсерге әрқашан оған тең және қарама-қарсы бағытталған қарсы әсер пайда болады — екі дененің өзара әсерлері бір-біріне тең және қарама-қарсы бағытталған.*



Ол үшін тәжірибелер жасайық.

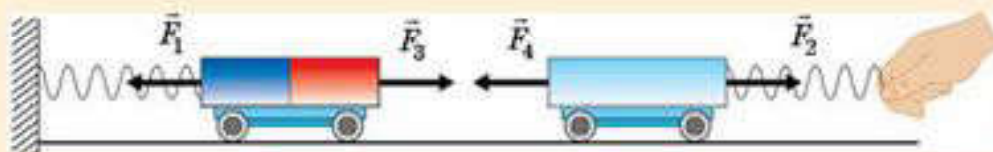
1. Бірдей екі мектеп динамометрін алып, бір-біріне 18.1-суретте көрсетілгендей бекітейік. Динамометрлерді қарама-қарсы бағыттарда тартайық.



18.1-сурет

Осы кезде олардың көрсетулері бірдей болады. Егер екі динамометрдің біреуін қабырғаға бекітіп, екіншісінің ұшынан тартсақ та нәтиже өзгермейді. Бұдан мынадай қорытынды шығаруға болады: бірінші динамометрдің екінші динамометрге әсер ету күші екінші динамометрдің бірінші динамометрге әсер ету күшіне тең.

2. Екі бірдей жұмсақ серіппелерді бірдей екі жеңіл арбашаларға бекітейік (18.2-сурет). Бірінші арбашаны қабырғаға бекітіп, оның үстіне күшті магнитті қояйық. Екінші арбашаның үстіне болат білеуше салып, арбашаны біртіндеп бірінші арбашаға жақындатайық. Магнит пен білеуше бір-біріне тартыла бастағанда екінші арбашадағы серіппеге байланған жіптен ұстап тұрайық.



18.2-сурет

Арбашалар тоқтаған кезде серіппелердің созылуы бірдей болады. Бұл тәжірибеде магниттің болат білеушеге әсер ету күші болат білеушенің магнитке әсер ету күшімен тең.

Ньютонның үшінші заңынан кез келген күш денелердің өзара әсерінің нәтижесі екені шығады. Күштер әрқашан жұптасып пайда болады. Бірінші денеге түсірілген күш әрқашан екінші денеге бірінші дене тарапынан әсер ететін күштің пайда болуына әкеп соғады. Бұл күштер өзара тең және бір-біріне қарама-қарсы бағытталған.

Ньютонның үшінші заңын барынша толық былай тұжырымдауға болады: *материалдық денелердің өзара әсер күштерінің табиғаты бірдей, күштер олардың түсу нүктелерін қосатын түзудің бойымен қарама-қарсы бағытталған және модульдері өзара тең.*

Ньютонның үшінші заңының математикалық өрнегі былай жазылады:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (18.1)$$

Әсер және қарсы әсер күштері әртүрлі денелерге түсіріледі, сондықтан бірін-бірі теңгере алмайды. Тең әсерлі күшті тек қана бір денеге түсірілген күштер үшін табуға болады. Мысалы, бала шанын F_1 күшпен алға сүйрейді, бірақ шана да баланы дәл осындай \vec{F}_2 күшпен артқа тартады (18.3-сурет).

Бұл күштер екі түрлі денеге (шана мен балаға) түседі, сондықтан бірін-бірі теңгере алмайды. Бала жолға аяғын тіреп, оны артқа итеруінің нәтижесінде, 18.3-суретте көрсетілгендей баланың аяғына алға қарай бағытталған $\vec{F}_{1\text{яғк}}$ үйкеліс күші (ол \vec{F}_2 күшінен артық), ал шанаға артқа қарай бағытталған $\vec{F}_{2\text{яғк}}$ үйкеліс күші әсер етеді, ол баланың тарту күші F_1 кем. Нәтижесінде бала мен шана алға қарай жылжиды. Егер шана тым ауыр болса немесе жол тайғақ болса, бала шанын алға сүйрей алмайды.

Жеңіл арбашалардың үстінде тұрып, бірін-бірі жіппен тартатын екі адамды қарастырайық (18.4-сурет). Егер арбашалардың дөңгелектері жеңіл айналатын болса, үйкелісті ескермеуге болады.

Ньютонның үшінші заңы бойынша осы екі адамның арасындағы әсерлесу күштері тең:

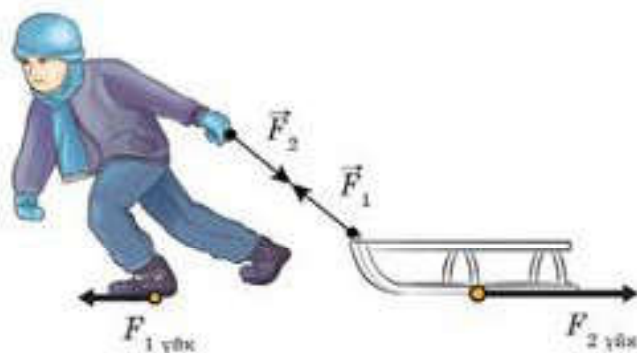
$$-\vec{F}_1 = \vec{F}_2 \text{ немесе } |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|.$$

Ньютонның екінші заңына сүйенсек, $F_1 = m_1 a_1$, $F_2 = m_2 a_2$, онда $m_1 a_1 = m_2 a_2$, бұдан

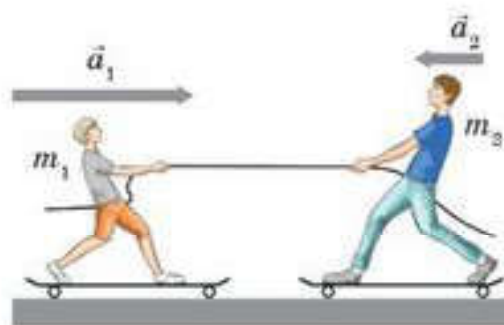
$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}, \tag{18.2}$$

яғни, өзара әсерлесуші денелердің үдеулері модульдерінің қатынасы олардың массалары модульдерінің қатынасына кері пропорционал.

Бірінші және екінші заңдар сияқты, Ньютонның үшінші заңы да тек инерциялық жүйелерде орындалады. Ньютон заңдары — классикалық механиканың негізгі заңдары, олар жылдамдық аса үлкен



18.3-сурет



18.4-сурет

болмаған кезде орындалады. Бізге үйреншікті макроскопиялық денелердің, аспан денелерінің, көп жағдайда микроскопиялық бөлшектердің қозғалыстары Ньютон заңдарына бағынады. Бірақ өте жоғары жылдамдықтар үшін, олар жарық жылдамдығының 0,1 бөлігінен кем болмаған жағдайда, классикалық механиканың заңдары орындалмайды. Мұндай жоғары жылдамдықтар үшін релятивистік механика заңдары орындалады. Олардың кейбір элементтерімен сендер жоғары сыныпта танысасыздар.



1. Ньютонның үшінші заңын тұжырымдаңдар.
2. Әсер және қарсы әсер күштері қалай бағытталады?
3. Әсер және қарсы әсер күштерінің табиғаты туралы не айтасыздар?
- 4. Екі дененің өзара әсер күштері бір-біріне тең, бағыттары қарама-қарсы болса да, неге бірін-бірі компенсацияламайды?
- *5. Ньютонның үшінші заңы орындалатын мысалдар келтіріңдер.
- *6. "Арқан тарту" ойынында Ньютонның үшінші заңы бойынша бірінші топ ойыншыларының екінші топ ойыншыларына әсер ету күші екінші топтың бірінші топқа қарсы әсер ету күшіне тең. Бірақ топтың бірі арқанды тартып кетеді. Неге? Себебін түсіндіріңдер.



15-жаттығу

1. Қайықтың ішінде отырған адам ескегін жоғалтып алды. Ол қайықты жақтауынан итеріп, жылжытқысы келді. Бұл мүмкін бе? Жауаптарыңды негіздеңдер.
2. Барон Мюнхгаузен өзін-өзі батпақтан шашынан тартып шығарғанын әңгіме қылып айтып берген. Осы мүмкін бе? Жауаптарыңды негіздеңдер.
3. Екі бала динамометрді қарама-қарсы жаққа тартады. Егер олардың әрқайсысы 100 Н күш түсірсе, динамометрдің көрсетуі қандай болады? Егер балалар динамометрдің бір жағын қабырғаға бекітіп, оның екінші ұшынан бірігіп тартса, динамометр нені көрсетеді?
- 4. Екі адам арқанды екі жаққа, әрқайсысы 150 Н күш түсіріп керіп тұр. Арқан 200 Н керілу күшіне ғана шыдайды. Ол үзіле ме? Жауаптарыңды негіздеңдер.
- 5. Массасы 60 кг адам роликті конькидің үстінде тұрып, массасы 1 кг кесекті 3 м/с^2 үдеумен алға лақтырды. Осы кезде адамның өзі қандай үдеу алады?
- 6. Массасы 70 кг адам массасы 600 кг қайықтың ішінде тұрып, оның түбінен 150 Н күшпен итеріліп, тез секіріп шықты. Осы кезде адам мен қайықтың үдеулері қандай болады?
- *7. 18.5-суреттегі таразы теңесіп тұр. Егер жіпті ұзартып, жүкті ыдыстың түбі мен қабырғаларына тигізбей, түгелдей суға батырса, таразының тепе-теңдігі бұзыла ма? Егер жіпті кесіп, жүкті ыдыстың түбіне түсірсе, не болады?



18.5-сурет

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§19. БҮКІЛӘЛЕМДІК ТАРТЫЛЫС ЗАҢЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ гравитациялық күштер
- ✓ Бүкіләлемдік тартылыс заңы
- ✓ гравитациялық тұрақты

Бүгінгі сабақта:

- Бүкіләлемдік тартылыс заңымен танысасыңдар;
- оны қолданып есеп шығаруды үйренесіңдер.

Іргелі өзара әсерлердің бір түрі гравитациялық әсер болып табылатынын білесіңдер (§16). Оның сипаты әмбебап, табиғаттағы барлық материялық объектілер, элементар бөлшектерден бастап, ғаламшарлар мен жұлдыздарға дейін гравитациялық өзара әсерге түсе алады. Гравитациялық күштің шамасы әсерлесетін денелердің массаларына тәуелді, бұл — өте әлсіз күштер. Микроәлемде гравитациялық күштер жоқ деуге болады, олардың шамасы тым аз. Ал мегаәлемде, яғни ғаламшарлар, жұлдыздар әлемінде бұл күш жетекші рөл атқарады. Жер бетіндегі денелер үшін бұл күш ауырлық күші деп аталатынын да сендер білесіңдер.

Гравитациялық күштер — бұлар тартылыс күштері, олар өте алыс қашықтықтарда да әсер ете береді.

Мұны білесіңдер

Әлемдегі барлық денелердің арасында гравитациялық тартылыс күштері бар. Гравитациялық өзара әсер Ньютон ашқан Бүкіләлемдік тартылыс заңымен анықталады. *Екі дене бір-біріне өздерінің массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал, арақашықтығына кері пропорционал күшпен тартылады:*

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \quad (19.1)$$

мұндағы m_1 және m_2 — өзара әсерлесетін денелердің массалары, R — олардың арақашықтығы, G — гравитациялық тұрақты.

Бүкіләлемдік тартылыс заңы. Бүкіләлемдік тартылыс күшін (19.1) формуласымен есептегенде алдымен денелердің арақашықтығы деп нені түсінетінімізді анықтап алу керек.

Мынадай жағдайларды қарастырайық:

1. Егер денелердің қарастырылып отырған жағдайдағы өлшемдері олардың арақашықтығымен салыстырғанда ескермеуге болатындай аз болса, ондай денелерді *материялық нүктелер* деп атайтыны белгілі. R — олардың арақашықтығы (19.1, *a*-сурет).

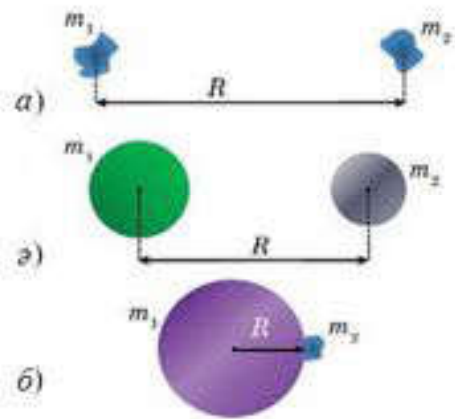
2. Егер екі дене де біртекті және шар пішіндес болса, R олардың центрлерінің арақашықтығы болып табылады (19.1, *ә*-сурет).

3. Жердің немесе басқа бір аспан денесінің бетіне жақын орналасқан денелердің өлшемдері Жермен (аспан денесімен) салыстырғанда ескермеуге болатындай аз, сондықтан денені материялық нүкте деп есептеуге болады (19.1, *б*-сурет). Онда R қашықтығын Жердің (аспан денесінің) радиусына тең деп алуға болады.

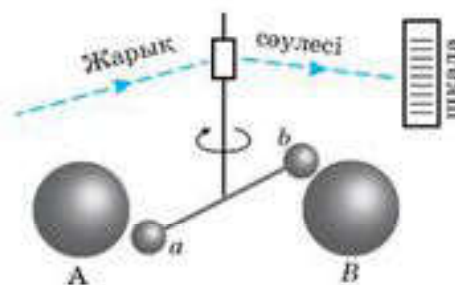
4. Басқа жағдайларда, егер денелердің өлшемдері үлкен, ал пішіні шар тәрізді болмаса, (19.1) формуласы дұрыс нәтиже бермейді, онда мектеп бағдарламасынан шығып кететін күрделі есептеулер жүргізуге тура келеді. Біз оларды қарастырмаймыз.

Гравитациялық тұрақты. Гравитациялық тұрақтының мәнін алғаш рет 1798 жылы ағылшын ғалымы Г. Кавендиш тәжірибе жүзінде анықтады. Оның тәжірибелік құралы ұзындығы 2 метрге жуық, күмістелген мыстан жасалған, ұзындығы 1 м жіпке ілінген, пінағаш сияқты ағаш болды. Жіпке кішкене айна бекітілген. Кавендиш тәжірибесінің сұлбасы 19.2-суретте кескінделген.

Пінағаштың ұштарына әрқайсысының массасы 775 г, a және b кішкене екі қорғасын шар орнатылған. Кавендиш тәжірибе барысында кішкене шарларға әрбіреуінің массасы 49,5 кг үлкен A және B қорғасын шарларды жақындатты. Осы кезде кішкене шарлар үлкен шарларға тартылып, нәтижесінде пінағаш бұрылады, ал жіп қандай да бір бұрышқа ширатылады. Жіп ширатылғанда (деформацияланғанда) пайда болатын серпімділік күштері шарлардың тартылыс күштерін теңестірген кезде пінағаштың бұрылуы тоқтайды. Жіпке бекітулі тұрған айнаға түскен жарық сәулесі



19.1-сурет



19.2-сурет

одан шағылып, шкалаға түседі. Пінағаш бұрылған кезде айнадан шағылған сәуле шкаланың бойымен жылжиды. Осы жылжыған қашықтықты шкалада өлшеп алып, сол бойынша жіптің ширатылу бұрышын анықтауға болады. Бұрышты анықтағаннан кейін шарлардың өзара тартылыс күшін есептейік. Шарлардың массалары және олардың центрлерінің арақашықтығы R белгілі болғандықтан, Бүкіләлемдік тартылыс заңының өрнегінен гравитациялық тұрақтыны анықтаймыз:

$$G = \frac{F \cdot R^2}{m_1 \cdot m_2}, \quad (19.2)$$

яғни

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}. \quad (19.3)$$

Бүкіләлемдік тартылыс күші массалары нөлден үлкен кез келген материялық денелердің арасында әсер етеді. Бірақ бұл күштердің аздығы сонша, оны өлшеу де, сезіну де мүмкін емес, яғни практика жүзінде бұл тартылыс күші нөлге тең. Мысал үшін бір-бірінен 1 м қашықтықта тұрған массалары едәуір үлкен екі шардың арасындағы тартылыс күшін есептейік. Шарлардың массалары 30 кг болсын. Осы шамаларды (19.1) формуласына қойсақ:

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot \frac{30 \text{ кг} \cdot 30 \text{ кг}}{1 \text{ м}^2} = 6 \cdot 10^{-8} \text{ Н} = 0,06 \text{ мкН}.$$

Осын дай аз күш ті дин амометрдің көмегімен өлшеу мүмкін емес. Жердің денелерді өзіне тарту күшіне келсек, мәселе басқаша.

Жердің массасы $M = 5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, онда оның гравитациялық тұрақтымен көбейтіндісі $G \cdot M = 39,7 \cdot 10^{13}$. Сондықтан Жер бетіндегі барлық денелер оған айтарлықтай күшпен тартылады. Жер де сондай күшпен басқа денелерге тартылады, бірақ массалар айырмасы орасан зор болғандықтан Жер қозғалмайды.

Инертті масса және гравитациялық масса. Біз бұрын масса ұғымын инерттіліктің мөлшері ретінде енгізгенбіз. Сонымен қатар біз массалары нөлден үлкен барлық денелер гравитациялық тартылысқа түсетіні өздеріне белгілі.

Бүкіләлемдік тартылыс заңы бойынша екі дененің гравитациялық өзара әсер күші осы денелердің массаларының көбейтіндісімен анықталады. Олай болса, масса гравитацияның мөлшері деп те тұжырымдауға болады.

Зерттеулер инерциялық және гравитациялық массалар бір-біріне тең екенін көрсетті. Сондықтан оларды бөлмей, масса денелердің

инерттілік және гравитациялық қасиеттерінің сандық мөлшерлемесі болып табылады деп айтамыз.



1. Гравитациялық өзара әсердің негізгі сипаттамалары туралы не білесіңдер?
2. Табиғаттың қандай объектілері гравитациялық өзара әсерге түседі?
3. Бүкіләлемдік тартылыс заңын айтып беріңдер. Бүкіләлемдік тартылыс күшінің формуласын жазыңдар.
- 4. Бүкіләлемдік тартылыс заңындағы әсерлесуші денелердің арақашықтығы қалай анықталады?
- 5. Кавендиш тәжірибесі туралы айтып беріңдер.



Радиустары бірдей төрт шар (қорғасын, болат, алюминий және мыс) бір-бірінен бірдей қашықтықта орналасқан. Осы шарлар жұптарының: қорғасын — болат, қорғасын — мыс, мыс — алюминий, қорғасын — алюминий арасындағы тартылыс күштерін зерттеңдер. Оларды мәндерінің өсуіне қарай тізбектеп жазыңдар.

Есеп шығару мысалы

Жердің бетінен Жер радиусының үштен біріне тең биіктікте тұрған массасы 100 кг денеге әсер ететін жердің тартылыс күшін табыңдар. Жердің радиусы $R_{ж} = 6400$ км, массасы $M = 5,96 \cdot 10^{24}$ кг.

Берілгені :

$$\begin{aligned}
 m &= 100 \text{ кг} \\
 G &= 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \\
 R_{ж} &= 6400 \text{ км} = 64 \cdot 10^5 \text{ м} \\
 M &= 5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг} \\
 \hline
 F &= ?
 \end{aligned}$$

Шешуі. Іздеп отырған тартылыс күшін Бүкіләлемдік тартылыс заңын қолданып табайық. Есептің шарты бойынша Жердің центрінен денеге дейінгі қашықтық $R = (R_{ж} + R_{ж}/3) = 4 \frac{R_{ж}}{3}$. Осыны (19.1) өрнегіне қойсақ:

$$\begin{aligned}
 F &= G \frac{Mm}{\left(\frac{4R_{ж}}{3}\right)^2} = 9G \frac{Mm}{16R_{ж}^2} = 9 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \times \\
 &\times \frac{5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг} \cdot 100 \text{ кг}}{16 \cdot (64 \cdot 10^5)^2 \text{ м}^2} = 546 \text{ Н.}
 \end{aligned}$$

Жауабы: $F = 546 \text{ Н}$.



16-жаттығу

1. Шолпан ғаламшарының массасы $4,9 \cdot 10^{24}$ кг, радиусы 6100 км. Массасы 100 кг дене Шолпан бетінде оған қандай күшпен тартылады?
2. Массалары бірдей $m_1 = m_2 = 250$ кг екі шар, олардың центрлерінің арақашықтығы $R = 2$ м болса, қандай күшпен тартылады?
- 3. Егер массалары бірдей екі дененің: а) біреуінің массасы екі есе азайса; ә) екеуінің де массасы екі есе артса, олардың арасындағы тартылыс күші қалай өзгереді?
4. Айдың Жерге тартылу күшін есептеңдер. Жердің массасы $5,96 \cdot 10^{24}$ кг, Айдың массасы $7,33 \cdot 10^{22}$ кг, Жер мен Айдың арақашықтығы 384440 км.
- *5. Жер бетінен қандай биіктікте дененің Жерге тартылу күші оның Жер бетіндегі тартылу күшінің 0,2 бөлігін құрайды?
- *6. Марс ғаламшарының радиусы Жер радиусының 0,53 бөлігіне тең, ал оның массасы Жер массасының 0,11 бөлігіне тең. Массасы 100 кг дененің Марсқа тартылу күшін табыңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 20. ДЕНЕНІҢ САЛМАҒЫ. САЛМАҚСЫЗДЫҚ

Тірек ұғымдар:

- ✓ дененің салмағы
- ✓ асқын салмақ
- ✓ салмақсыздық

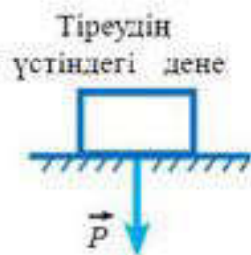
Бүгінгі сабақта:

- үдей қозғалатын дененің салмағын анықтап, әртүрлі жағдайларда дененің салмағын табуға есептер шығарып үйренесіңдер.

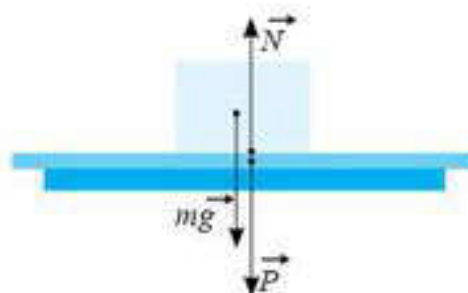
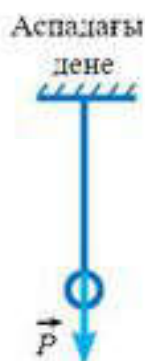
Жердің маңында Бүкіләлемдік тартылыс күші барлық денелердің жерге тартылуы түрінде байқалады. Осы күштің әсерінен тіреудің үстінде орналаспаған немесе аспада ілініп тұрмаған денелердің бәрі жерге қарай еркін түсу үдеуімен құлайды.

Мұны білесіңдер

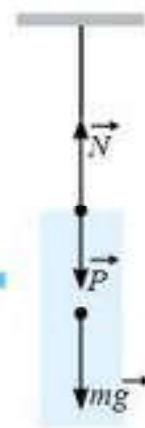
Жердің өзінің маңындағы денелерді тарту күші *ауырлық күші* деп аталады. Ауырлық күші әрқашан вертикаль төмен, Жердің центріне қарай бағытталады.



20.1-сурет



20.2-сурет



Тіреудің үстінде жатқан дене өзінің ауырлық күшімен тіреуді төмен қарай басады, ал аспа ауырлық күшінің әсерінен созылады (20.1-сурет).

Екі жағдайда да тіреудің немесе аспаның деформациясының нәтижесінде денеге түсірілген серпімділік күші пайда болады. Ол ауырлық күшін теңестіріп, дене тыныштықта тұрады.

Дененің Жерге тартылуы салдарынан оның тіреуге немесе аспаға түсіретін күші *салмақ* деп аталады. Дененің салмағы тіреуге немесе аспаға түсіріледі (20.1-сурет). Оны P әрпімен белгілейміз. Ньютонның үшінші заңы бойынша, егер дене тіреуге (аспаға) әсер етсе, тіреу (аспа) де денеге дәл сондай күшпен қарама-қарсы бағытта әсер етеді (20.2-сурет).

Тіреудің (аспаның) денеге түсіретін күшін тіреудің реакция (аспаның керілу) күші деп атайды.

Реакция күші денеге түсіріледі, оны N әрпімен белгілейді. Дене 20.2-суреттен көрініп тұрғандай, ауырлық күші мен реакция күшінің әсерінен тыныштықта тұрады. Дененің салмағы мен реакция күші барлық басқа күштер сияқты ньютонмен өлшенеді. Ньютонның үшінші заңы бойынша:

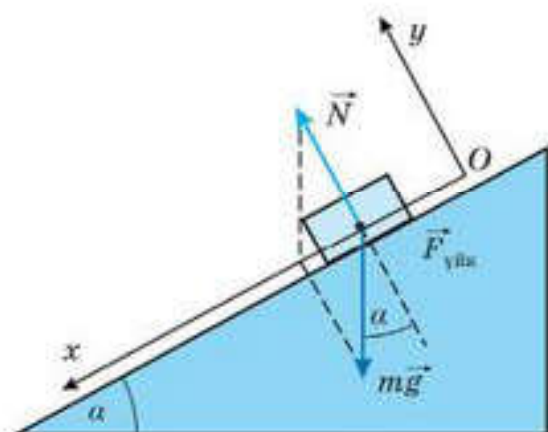
$$\vec{P} = -\vec{N}. \quad (20.1)$$

Реакция күші 20.2-суретте көрсетілгендей, тіреудің бетіне перпендикуляр (аспаның бойымен) бағытталады.

Реакция күші мен дененің салмағының табиғаты бірдей — электромагниттік, ал ауырлық күшінің табиғаты гравитациялық болып табылады.

Есте сақта!

Тек қана дене мен тіреу (аспа) инерциялық санақ жүйесінде тыныштықта тұрса немесе бірқалыпты түзусызықты қозғалыста болса, дененің салмағы ауырлық күшіне тең болады: $P = mg$.



20.3-сурет

Басқа жағдайларда дененің салмағы ауырлық күшіне тең емес. Бірнеше мысалдар қарастырайық.

1. Дене көлбеу жазықтықтың үстінде жатсын (20.3-сурет).

Денеге үш күш әсер етеді: ауырлық күші, үйкеліс күші және тіреудің (көлбеу жазықтықтың) реакция күші. Ньютонның екінші заңының Oy осіне проекциясын жазайық:

$$N - mg \cos \alpha = 0.$$

Осыдан тіреудің реакция күшін анықтайық:

$$N = mg \cos \alpha.$$

Реакция күші әрқашан дененің салмағына тең болатындықтан, бұл жағдайда дененің салмағы ауырлық күшінен аз болады ($\cos \alpha < 1$):

$$P = mg \cos \alpha < mg.$$

2. Дене лифтінің еденінде жатсын. Осы жағдайды сұлба түрінде 20.4-суреттегідей кескіндейік.

Денеге ауырлық күші мен тіреудің реакция күші әсер етеді. Ньютонның екінші заңының Oy осіне проекциясын жазайық.

1. 20.4, *a*-суретте лифт бірқалыпты қозғалады: $\vec{a} = 0, N - mg = 0; N = mg; P = mg.$

Қорытынды : бірқалыпты қозғалып келе жатқан лифтіде дененің салмағы ауырлық күшіне тең.

2. 20.4, *б*-суретте лифт жоғары қарай үдей қозғалады. Онда Ньютонның екінші заңының Oy осіне проекциясы:

$$N - mg = ma; N = mg + ma = m(g + a)$$

немесе

$$P = m(g + a) > mg. \quad (20.2)$$

Қорытынды : жоғары қарай үдей қозғалып келе жатқан лифтіде дененің салмағы ауырлық күшінен артық.

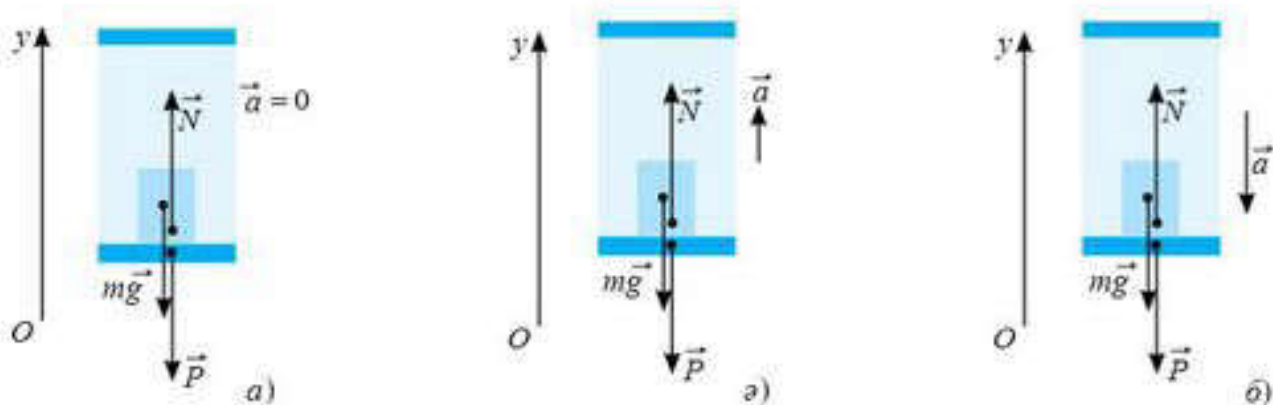
3. 20.4, *в*-суретте лифт тұрақты үдеумен төмен қозғалып келеді. Бұл жағдайда:

$$N - mg = -ma; N = mg - ma = m(g - a)$$

немесе

$$P = m(g - a) < mg. \quad (20.3)$$

Қорытынды : төмен қарай үдей қозғалатын лифтіде дененің салмағы ауырлық күшінен аз.



20.4-сурет. Қозғалып бара жатқан лифтідегі дененің салмағы

Қозғалып бара жатқан лифт туралы қарастырған мынадай маңызды қорытынды жасауға болады: егер дене мен тіреу бірге үдемелі қозғалып бара жатса, дененің салмағы ауырлық күшінен аз да, көп те болуы мүмкін. Бұл күйлер (20.3) және (20.2) тендеулерімен сипатталады. Біздің мысалда үдеу жоғары бағытталғанда дененің салмағы артады.

Тіреудің немесе аспаның үдемелі қозғалысы кезінде дененің салмағының артуы **асқын салмақ** деп аталады. Асқын салмақты мына қатынаспен есептейді:

$$k = \frac{P}{mg} = \frac{m(g + a)}{mg} = 1 + \frac{a}{g}. \quad (20.4)$$

Соңғы өрнектен үдеу неғұрлым үлкен болса, асқын салмақ соғұрлым көп болатынын көреміз. Мысалы, егер $a = g$ болса, асқын салмақ екіге тең, яғни адамның салмағы екі есе артады: $P = 2mg$. Лифт орнынан қозғалғанда жолаушыларға асқын салмақ түседі. Бірақ оның аздығы сонша, ол сезілмейді. Атракциондарда отырып $(3 - 4)g$ асқын салмақ, ұшақта $1,5g$, парашютпен секіргенде жерге қонарда $2g$ асқын салмақ түсуі мүмкін.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Ғарышкерлерге қазіргі ғарыш кемелерінде шамамен $(3 - 4)g$ асқын салмақ түседі екен, ал алғашқы ғарыш кемелеріндегі асқын салмақ $(7 - 8)g$ болыпты. Мұндай асқын салмақты көтеру оңай емес, ол денсаулыққа да зиянды әсерін тигізеді. Асқын салмақ $2g$ тең болғанда адамның денесі ауырлап, орнынан тұруы қиындайды. Ал $a = 4,5g$ болған кезде ол тіпті қол-аяғын қозғалта алмай қалады, көзі көрмей қалуы мүмкін. Әскери ұшқыштар да бірталай үлкен асқын салмақпен жұмыс істейді. Жоғары пилотаждық фигураларын жасаған кезде асқын салмақ $12g$ жетуі мүмкін, бірақ олар өте аз уақытқа созылады, яғни денсаулыққа көп зиянын тигізе қоймайды. $25g$ тең асқын салмақ тіпті өте аз уақыт болса да денсаулыққа зиян.



20.5-сурет

Егер тіреу мен дененің үдеуі төмен бағытталады болса, (20.3) теңдеуімен анықталады дененің салмағы ауырлық күшінен аз болады. Лифт төмен қарай орнынан қозғала бастағанда, автомобиль дөңес көпірдің ең үстінен өтіп бара жатқанда осындай жағдайлар орын алады. Алтыбақанда отырған бала төмендей бастағанда аздап салмағын жоғалтады.

Мұнарадан суға секіргенде (20.5-сурет) спортшы еркін төмен құлайды,

оның үдеуі $a = g$ және төмен қарай бағытталған. Осы кезде (20.3) теңдеуіне сәйкес оның салмағы нөлге тең:

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

Дененің салмағы нөлге тең болатын күйін салмақсыздық деп атайды.

Парашютші ұзақ созылған секіру кезінде (парашют ашылмай тұрғанда) салмақсыздық күйде болады. Биіктен секірудің кез келгені салмақсыздық күйінің мысалы бола алады. Ғарыш кемесінде де салмақсыздық күйі орын алады. Ғарыш кемесі есептелген орбитаға шыққан соң реактивті қозғалтқыштар өшіріледі. Әрі қарай кеме тек қана Бүкіләлемдік тартылыс күшінің әсерінен еркін түсу үдеуіне тең үдеумен қозғалады. Осы кезде кеменің өзі, ішіндегі аппаратура мен ғарышкерлер салмақсыздық күйде болады. Ұзақ уақытқа созылатын ғарыштық сапарлардың нәтижесі адам көп уақыт бойы салмақсыздық күйде жұмыс істеп, денсаулығына зиян келмейтіндей өмір сүре алатынын көрсетті.

Сонымен, дененің салмағы ауырлық күшіне тең, одан көп немесе аз болуы да мүмкін. Салмақсыздық күйдегі дененің салмағы жоқ, ал оған әсер ететін ауырлық күші бар, ол $F_g = mg$.



1. Дененің салмағы деп қандай күшті айтады?
2. Реакция күші деген не? Ол қалай пайда болады?
3. Реакция күшінің бағыты қандай?
- 4. Дене салмағының ауырлық күшінен айырмашылығы қандай?
- 5. Қандай жағдайда дененің салмағы ауырлық күшінен артық болады?
- *6. Салмақсыздық күйі қандай жағдайда пайда болады?
- *7. Асқын салмақ пен салмақсыздық күйлеріне мысалдар келтіріңдер.
- *8. Ғарыш кемесінің ішіндегі денелер салмақсыздық күйде болады. Бұл денелерге ауырлық күші әсер ете ме?

Есеп шығару мысалы

Массасы 40 кг болатын бала әткеншек теуіп отыр. Әткеншек бекітілген арқанның ұзындығы 3 м. Ол 5 м/с жылдамдықпен тепе-теңдік орнынан өткенде, әткеншектің отырғышын қандай күшпен қысады?

Берілгені :

$$m = 40 \text{ кг}$$

$$L = R = 3 \text{ м}$$

$$v = 5 \text{ м/с}$$

$$P = ?$$

Шешуі. Баланың траекториясы радиусы әткеншектің ұзындығына тең шеңбердің бөлігі болып табылады. Сондықтан қозғалыс кезіндегі оның үдеуі центрге тартқыш үдеуге тең (20.6-сурет).

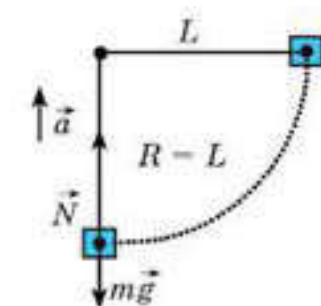
Тепе-теңдік орнынан өтіп бара жатқан балаға ауырлық күші мен аспаның (әткеншектің) реакция күші әсер етеді. Ньютонның екінші заңының проекциясын тік жоғары бағытталған Y осіне жазайық:

$N - mg = ma$, мұнда $a = \frac{v^2}{R}$ — центрге тартқыш үдеу.

Ньютонның үшінші заңы бойынша аспаның керілу күші баланың отырғышқа түсіретін қысым күшіне тең:

$$P = N, \text{ онда } P = mg + ma = m(g + a)$$

немесе
$$P = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right) = 40 \text{ кг} \left(9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{\left(5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{3 \text{ м}} \right) = 725 \text{ Н.}$$



20.6-сурет

Жауабы: 725 Н.



17-жаттығу

Есептерді шығарғанда еркін түсу үдеуін $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алыңдар.

1. Көлбеулігі 30° жазықтық үстінде тұрған массасы 80 кг адамның салмағын анықтаңдар.
2. Массасы 200 кг жүк төмен түсіп келе жатқан лифтте тұр. Осы кезде ол еденге 2400 Н қысым түсіреді. Лифтінің үдеуін және бағытын анықтаңдар.
- 3. Дөңес көпірдің үстіңгі нүктесінен 20 м/с жылдамдықпен өтіп бара жатқан автомобильдің салмағы 10 кН. Автомобильдің массасы 5 т болса, көпірдің қисықтық радиусы неге тең?

- 4. Қисықтық радиусы 40 м дөңес көпірдің үстіңгі нүктесінен өтіп бара жатқанда салмақсыздық күйде болу үшін автомобильдің жылдамдығы қандай болу керек?
- *5. Бала байқаусызда қақпағы жабық бөтелкедегі суды бесінші этаждың балконынан түсіріп алды. Құлаған кезде су бөтелкенің түбіне қандай қысым түсіреді? Жауаптарыңды негіздеңдер.
- *6. Ғарыш кемесінің ішінде салмақсыздық күйде кемедегі ауаның тығыздығы өзгере ме? Жауаптарыңды негіздеңдер.
- *7. "Айдағы адам" тақырыбына есеп құрастырыңдар. Оны парталас көршіңмен айырбастап, шығарыңдар. Нәтижесін бірлесіп талқылаңдар.

Осы тақырыпта неі менгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§21. ДЕНЕЛЕРДІҢ АУЫРЛЫҚ КҮШІНІҢ ӘСЕРІНЕН ҚОЗҒАЛУЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ гравитациялық өзара әсер
- ✓ гравитациялық өрісі
- ✓ ауырлық күші
- ✓ еркін түсу үдеуі

Бүгінгі сабақта:

- дененің ауырлық күшінің әсерінен қозғалысының параметрлерін есептеп үйренесіңдер.

Бүкіләлемдік тартылыс заңы бойынша массасы нөлден үлкен денелердің бәрі тартылыс күштерімен өзара әсерлеседі. Денелердің өзара әсерлесуі өте үлкен қашықтықтарда да байқалады (аспан денелерінің өзара әсерлесуі) және бұл денелердің қандай ортада тұрғанына байланысты емес, вакуумда да байқалады.

Массасы бар денелердің өзара тартылуы гравитациялық өріс арқылы жүзеге асады.

Гравитациялық өріс әсерлесуші денелердің арасында, электр өрісі электр зарядтарының айналасында пайда болатыны сияқты туындайды.

Мұны білесіңдер

Жердің маңында гравитациялық өзара әсер барлық денелердің жерге тартылуы түрінде білінеді.

Егер дене жалғыз ғана ауырлық күшінің әсерінен қозғалатын болса, Ньютонның екінші заңы бойынша: $m \vec{g} = m \vec{a}$, онда $\vec{g} = \vec{a}$, яғни дене еркін төмен құлайды. Бұл жағдайда оның қозғалыс траекториясы бастапқы жылдамдық векторымен анықталады.

Қозғалыстың бірнеше жағдайларын қарастырайық.

1. Дененің бастапқы жылдамдығы нөлге тең немесе ол ауырлық күшіне параллель бағытталсын. Онда дене жерге қарай түзу сызықты траекториямен төмен қарай құлайды.

Бұл кезде кинематикадан белгілі болғандай, қозғалыс параметрлерін мынадай өрнектерден анықтауға болады: а) берілген t уақыт мезетіндегі дененің жылдамдығы:

$$v = v_0 \pm gt, \quad (21.1)$$

ә) дененің құлау биіктігі:

$$h = v_0 t \pm \frac{gt^2}{2}. \quad (21.2)$$

Бұл формула ларда плюс таңбасы бастапқы жылдамдық вертикаль төмен, минус таңбасы вертикаль жоғары бағытталғанға сәйкес келеді.

2. Бастапқы жылдамдық ауырлық күшіне бұрыш жасай бағытталсын. Бұл жағдайда дене қисық сызықты траекторияның бойымен күрделі қозғалыс жасайды. Оны вертикаль және горизонталь құраушыларға жіктеуге болады. Егер ауаның кедергісін ескермейтін болсақ, горизонталь Ox бағытында денеге ешқандай күш әсер етпейді, сондықтан ол горизонталь бағытта нөлдік $a_x = 0$ үдеуімен және тұрақты жылдамдықпен қозғалады. Горизонталь ось бағытында қозғалыс теңдеуі мынаған тең:

$$x = x_0 + v_{0x} t. \quad (21.3)$$

Вертикаль Oy осьтің бағытында дене ауырлық күшінің әсерінен $a_y = \pm g$ үдеуімен қозғалады, мұндағы плюс таңбасы дененің вертикаль төмен, минус таңбасы вертикаль жоғары қозғалысына сәйкес келеді. Онда қозғалыстың вертикаль құраушысы үшін қозғалыс теңдеулерін мына түрде жазамыз:

$$v_y = v_{0y} \pm gt, \quad (21.4)$$

$$y = y_0 \pm v_{0y} t \pm \frac{gt^2}{2}. \quad (21.5)$$

Мұндай қозғалыстардың мысалдары горизонталь және көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған денелердің еркін түсуі болып табылады. Бұл кезде дене қисық сызықты траекториямен қозғалады, ол парабола немесе оның бұтағы болуы мүмкін.

Біз Жер бетіне таяу орналасқан барлық денелер ауырлық күшінің әсерінен бірдей $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғалатынын білеміз. Енді осы еркін түсу үдеуі қандай шамаларға тәуелді екенін анықтайық.

Ауырлық күші Бүкіләлемдік тартылыс күшінің жерге таяу орналасқан денені тарту күші екенін ескере отырып, Жер бетінен h биіктікте тұрған дене үшін былай жазуға болады:

$$F = G \frac{mM_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}} + h)^2} = mg_h,$$

мұндағы g_h — Жер бетінен h қашықтықтағы еркін түсу үдеуі.

Соңғы өрнектен

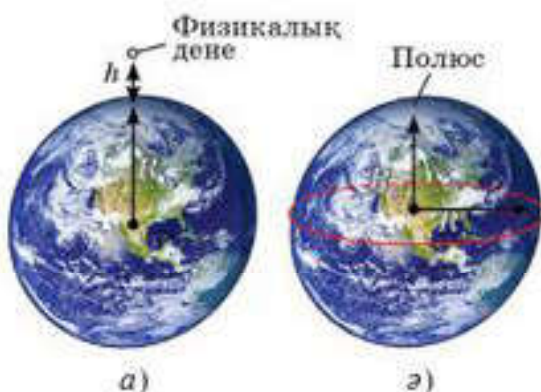
$$g_h = G \frac{M_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}} + h)^2}, \quad (21.6)$$

Жер бетіндегі дене үшін $h = 0$,

$$g = G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}^2}. \quad (21.7)$$

(21.6) формуладан Жердің тартылыс өрісінде еркін түсу үдеуі барлық денелер үшін бірдей және ол тек Жердің массасы мен радиусы дененің Жер бетінен қандай биіктікте тұрғанына тәуелді екенін көреміз (21.1, а-сурет). Егер биіктік 100 км аспайтын болса, оны Жердің радиусымен салыстырғанда ескермеуге болады. Онда (21.7) өрнегін қолдану керек.

Бірақ, дәл айтқанда, Жердің формасы шар емес, ол полюстерде қысыңқы (21.1, ә-сурет). Сонымен қатар Жер өз осінен айналады, сондықтан онымен бірге Жер бетінде тұрған барлық денелер де центрге тартқыш үдеуімен айналады. Осыған байланысты еркін түсу үдеуі географиялық ендікке тәуелді өзгеріп отырады. Мысалы, Жердің полюсінде еркін түсу үдеуі $9,83 \text{ м/с}^2$, экваторда $9,78 \text{ м/с}^2$, ал 45° ендікте $9,81 \text{ м/с}^2$. Есеп шығарғанда, әдетте, еркін түсу үдеуін $9,8 \text{ м/с}^2$ деп алады. Бүкіләлемдік тартылыс заңы бар-



21.1-сурет

лық аспан денелері үшін орындалады. Онда (21.7) өрнегіндегі Жердің массасы мен радиусының орнына басқа нақты бір ғаламшардың сәйкес параметрлерін қойып, сол ғаламшардағы еркін түсу үдеуін есептеп шығаруға болады. Мысалы, Айдағы еркін түсу үдеуі $1,62 \text{ м/с}^2$, Меркурий үшін $3,7 \text{ м/с}^2$, Марста $3,71 \text{ м/с}^2$, Юпитерде $24,79 \text{ м/с}^2$ екенін есептеп

шығаруға болады. Сонымен, берілген нақты бір дененің түрлі ғалам-шарлардағы ауырлық күші әртүрлі болады.



1. Тартылыс өрісі деп нені айтамыз?
2. Еркін түсу деп қандай қозғалысты айтамыз?
- 3. Жер бетіне таяу орналасқан дененің ауырлық күшінің әсерінен қозғалыс траекториясы қандай шамаларға байланысты? Мысал келтіріңдер.
- 4. Еркін түсу үдеуін анықтайтын формуланы қорытып шығарыңдар.
5. Жер бетінің әртүрлі нүктелерінде неге еркін түсу үдеуі түрліше?
6. Басқа ғаламшардағы еркін түсу үдеуін қалай анықтауға болады?

Есеп шығару мысалы

Дене көкжиекке $\alpha = 30^\circ$ бұрыш жасай, $v_0 = 15$ м/с жылдамдықпен лақтырылды. Ұшу уақытын, ең үлкен көтерілу биіктігін және ұшу қашықтығын табындар (21.2-сурет).

Берілгені :

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_0 = 15 \text{ м/с}$$

$$t \text{ — ? } l \text{ — ?}$$

$$h_{\max} \text{ — ?}$$

Шешуі. Есепті шығару үшін қозғалыс траекториясын суреттегідей етіп сызып, (21.3—21.5) формулаларын пайдаланамыз.

$$x = x_0 + v_{0x}t; \quad v_y = v_{0y} \pm gt;$$

$$y = y_0 \pm v_{0y}t \pm \frac{gt^2}{2}.$$

Есептің шарты бойынша $x_0 = 0, y_0 = 0, v_{0x} = v_0 \cos \alpha, v_{0y} = v_0 \sin \alpha$, онда

$$l = x = v_0 t \cos \alpha, \tag{21.8}$$

$$y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}, \tag{21.9}$$

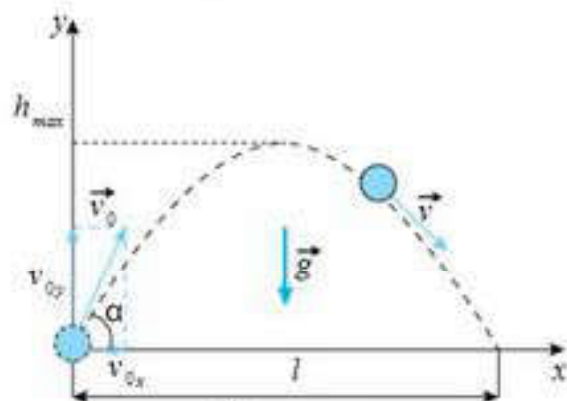
$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt. \tag{21.10}$$

Траекторияның жоғары нүктесінде жылдамдықтың вертикаль құраушысы $v_y = 0$, онда (21.10) теңдеуден $0 = v_0 \sin \alpha - gt_1$;

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}, \tag{21.11}$$

мұндағы $t_1 = t/2$ — дененің максимал биіктікке көтерілу уақыты. Онда толық қозғалыс уақыты:

$$t = 2 \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = 2 \frac{15 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,53 \text{ с.}$$



21.2-сурет

Ең жоғары көтерілу биіктігін табу үшін (21.11) өрнегін (21.9) өрнегіне қоямыз. Түрлендірулерден кейін:

$$y = h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{225 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 0,25}{2 \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2,87 \text{ м.}$$

Дене жерге түскен мезетте $y = 0$, $x = l$. Осы мәндерді (21.8) және (21.9) өрнектеріне қойсақ:

$$l = v_0 t \cos \alpha; \quad 0 = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}.$$

Соңғы екі теңдеулерді ықшамдап мынаны аламыз:

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{225 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 0,78}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 17,7 \text{ м.}$$

Жауабы : 1,53 с, 2,87 м, 17,7 м.



18-жаттығу

Есеп шығарған кезде ауаның кедергісін ескермеңдер.

1. Горизонталь бағытта 10 м/с жылдамдықпен лақтырылған дененің ұшу қашықтығы лақтыру биіктігіне тең. Дене қандай биіктіктен құлаған?
2. Дене 19,6 м биіктіктен 10 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Дене жерге құлаған мезеттегі оның жылдамдығын есептеңдер.
- 3. Егер дененің ұшу алыстығы оның ең жоғары көтерілу биіктігінен 4 есе артық болса, ол көкжиекке қандай бұрыш жасай лақтырылған?
- *4. Дене көкжиекке 45° бұрыш жасай, 20 м/с жылдамдықпен лақтырылды. Қандай биіктікте дененің жылдамдығы көкжиекпен 30° бұрыш жасайды?
5. Марстың массасы $6 \cdot 10^{23}$ кг, радиусы 3300 км. Марстағы еркін түсу үдеуін есептеңдер.
- *6. Жер бетінен Жер радиусының $1/3$ бөлігіне тең қашықтықта еркін түсу үдеуін табыңдар.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

Дененің ауырлық күшінің әсерінен қозғалысының параметрлерін анықтаңдар. Ол үшін алдымен жіңішке ұзын жіпке кішкене жүк (гайканы алуға болады) байлап, тіктеуіш (отвес) жасап алыңдар. Тіктеуішті үстелдің шетінен жерге дейін түсіріп, осы жерде еденге бормен белгі салыңдар. Осы белгіні бастыра еденде, үстелдің шетіне параллель түзу сызық жүргізіндер. Тіктеуіш бойынша үстелдің H биіктігін өлшеп алыңдар. Содан кейін

кішкене резенке доп алып, оны үстелдің ең шетіне қойындар да, саусақпен ақырын шертіндер. Сол кезде сендер допка горизонталь жылдамдық бересіндер. Доптың еденге соғылған жерін бормен белгілеп алындар. Осы нүктеден алдында жүргізілген түзу сызыққа перпендикуляр түсіріндер де, оның ұзындығын өлшендер. Доптың горизонталь бойынша ұшу ұзақтығы S болады.

Өлшенген H пен S мәндерін және (21.3—21.5) өрнектерін пайдаланып, доптың t қозғалыс уақытын және оның еденге соғылу мезетіндегі v жылдамдығын анықтандар. Есептеулер кезінде доптың бастапқы жылдамдығы горизонталь бағытталғанын ескеріндер, яғни:

$$v_{ox} = v_x = \text{const}; \quad v_{oy} = 0; \quad y - y_o = H,$$

онда

$$S = v_x \cdot t; \quad H = \frac{gt^2}{2}; \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}.$$

Кішкене доптың қозғалысы кезінде оның жылдамдығы қалай бағытталатыны туралы қорытынды жасаңдар.

Осы тақырыпта неі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 22. ЖЕРДІҢ ЖАСАНДЫ СЕРІКТЕРІНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ Жердің жасанды серіктері
- ✓ серіктің қозғалыс орбитасы
- ✓ бірінші ғарыштық жылдамдық
- ✓ екінші ғарыштық жылдамдық
- ✓ үшінші ғарыштық жылдамдық

Бүгінгі сабақта:

- Жердің жасанды серіктерінің қозғалысын зерттейсіндер;
- ғарыштық аппараттардың орбиталарын салыстырып, бірінші ғарыштық жылдамдықтың формуласын есеп шығаруда қолдануды үйренесіндер.

Дененің Жердің тартылыс өрісіндегі қозғалысының маңызды бір түрі жасанды серіктердің қозғалысы болып табылады. Жер бетіне жанаманың бойымен жеткілікті дәрежеде жоғары бастапқы жылдамдықпен лақтырылған дене, Жерге құлап түспей, шеңбер не

эллипс тәрізді орбита бойымен қозғалуы мүмкін. Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы 22.1-суретте бейнеленген.



22.1-сурет

Жердің жасанды серігі — бұл Жердің айналасында дөңгелек не эллипстік орбитамен айналып жүретін ғарыштық аппарат. Мысалы, адамзат тарихындағы алғашқы Жердің жасанды серігі “Спутник-1” эллипстік орбитамен қозғалды. Оның апогейдегі биіктігі 947 км, перигейі 288 км болды. Экватордың үстінде орналасқан дөңгелек орбитамен қозғалатын жасанды серіктер *геостационарлық* деп аталады. Мұндай орбитадағы серіктің бұрыштық жылдамдығы Жердің өз осінен айналуы кезіндегі бұрыштық жылдамдығына тең. Геостационар орбитаның радиусы 35 786 км. Мұндай жасанды серіктің айналу периоды Жердің тәуліктік айналу периодына тең. Сондықтан ол Жердің бір нүктесінің үстінде қозғалмай “ілініп” тұрады.

Жасанды серік берілген орбитамен айналу үшін алдымен оны сол орбитаға шығару керек. Жасанды серікті зымырандар алдын ала есептелген биіктікке шығарып, содан кейін оған горизонталь бағытта қажетті жылдамдық береді. Содан кейін серік жеткізгіш-зымырандар бөлініп, серік әрі қарай Жердің тартылыс өрісінде қозғалысын жалғастырады. Егер серік шеңбер бойымен қозғалса, оның үдеуі центрге тартқыш үдеу болып табылады:

$a_n = \frac{v^2}{R_{\text{ж}}}$. Жасанды серікке тек қана Бүкіләлемдік тартылыс күші әсер ететіндіктен, $mg = ma_n$, бұдан

$$g = a_n = \frac{v^2}{R_{\text{ж}}}$$

Біз бұл жерде бірінші жуықтаумен серіктің Жер бетінен биіктігін Жердің радиусымен салыстырғанда ескермей отырмыз. Соңғы өрнектен серік жерге құламай, дөңгелек траекториямен оны айналып ұшып жүруі үшін оған траекторияға жанаманың бойымен бағытталған қандай жылдамдық беру керек екенін анықтаймыз:

$$v_1 = \sqrt{gR_{\text{ж}}} \quad (22.1)$$

Серік дөңгелек немесе эллипстік траекторияның бойымен Жерді айналып жүретін жылдамдық бірінші ғарыштық жылдамдық деп аталады.

(22.1) өрнегіне еркін түсу үдеуі мен Жердің радиусының мәндерін қойып, *бірінші ғарыштық жылдамдықты* есептеп шығарайық:

$$v_1 = \sqrt{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}} \approx 7,9 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ол биіктік $h \ll R_{\text{ж}}$ болғанда Жердің маңында оны шеңбер бойымен айналып жүретін жылдамдық болып табылады.

Егер серіктің Жер бетінен биіктігі h үлкен болып, оны ескермеуге болмайтын болса, $g_h = G \frac{M_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}} + h)^2}$ өрнегін пайдаланамыз.

Онда бірінші ғарыштық жылдамдық былай анықталады:

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}} + h)}} \quad (22.2)$$

(22.2) өрнегінен көрініп тұрғандай, серіктің Жер бетінен биіктігі неғұрлым үлкен болса, бірінші ғарыштық жылдамдықтың мәні соғұрлым аз.

Мысалы, 500 км биіктікте бұл жылдамдық 7,6 км/с. Бірінші ғарыштық жылдамдықтың мәнін аздап ұлғайтатын болсақ, серік дөңгелек емес, эллипстік орбитамен қозғалады. Жылдамдық ұлғайған сайын эллипс созылып, ұзара береді де, бір кезде “үзіліп”, енді тұйық траекториямен емес, парабола бойымен қозғалады. Демек, серік Жердің тартылыс өрісін тастап, ғарыштық кеңістікке кетіп қалады да, енді Күннің серігіне айналады. Мұндай жылдамдық *екінші ғарыштық жылдамдық* деп аталады. Есептеулер екінші ғарыштық жылдамдық $v_2 = 11,2$ км/с екенін көрсетеді. Күннің тартылысын жеңу үшін серікке одан да үлкен — *үшінші ғарыштық жылдамдық* беру қажет. Үшінші ғарыштық жылдамдық $v_3 \approx 16,65$ км/с.

(22.2) өрнегінен бірінші ғарыштық жылдамдықты кез келген басқа ғаламшарлар үшін де есептеп шығаруға болады. Ол үшін Жердің массасы мен радиусының орнына сол таңдап алған ғаламшардың параметрлерін қою керек.



22.2-сурет

Қазір Жердің айналасында мыңдаған жасанды серіктер ұшып жүр, бұл көптеген елдер үшін үйреншікті жағдайға айналды. Атқаратын қызметіне қарай Жердің жасанды серіктерін екі топқа бөлуге болады:

1. *Ғылыми зерттеуге арналған серіктер*. Олар Жер, оның маңындағы ғарыштық кеңістікті, Күн мен жұлдыздарды зерттеу үшін қолданылады.

2. *Әртүрлі практикалық мақсаттарда пайдаланылатын серіктер*. Бұл байланыс серіктері, Жердің табиғи қазына байлықтарын зерттеуде қолданатын серіктер, метеорологиялық серіктер, бағдарлаушы және әскери серіктер. Байланыс серіктерінің жана буынына қазақстандық “KazSat” жатады:

KazSat-1 — бұл жеңіл, коммуникациялық, геостационар серік. Ол 2006 жылы 18 маусымда іске қосылып, бірнеше мәрте істен шыққан соң жерлеу орбитасына ауыстырылды (22.2, а-сурет).

KazSat-2 — серіктік байланыс ғарыштық аппараты, ол орбитаға 2011 жыл 16 шілдеде Байқоңыр ғарыш айлағынан ұшырылды (22.2, в-сурет). Серіктің қызмет көрсету аймағы Қазақстан Республикасының барлық территориясын, Орта Азия елдерінің территориясын, Ресейдің орталық бөлігінің территориясын қамтиды.

KazSat-3 — бұл коммерциялық геостационар телекоммуникациялық серік, ол 2014 жылы 28 сәуірден жұмыс істей бастады (22.2, б-сурет). “KazSat-3” Қазақстан территориясында әртүрлі байланыс қызметін көрсетуге арналған.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Жердің алғашқы жасанды серігі “Спутник-1” (ПС—1) 1957 жылы 4 қазанда Кеңес Одағында Байқоңыр ғарыш айлағынан ұшырылды (22.3-сурет). Ол алдын ала есептелген эллипстік орбитаға жеткізгіш-зымыран

“Спутниктің” көмегімен шығарылды. Орбитаның өлшемдері апогейде 947 км, перигейде 288 км болды. Жасанды серіктің өзі зымыранның конус тәрізді басының астында орналасады. Бұл серікті жасауға көрнекті кеңес ғалымдары С. П. Королев, М. В. Келдыш, М. К. Тихонравов т. б. ат салысты. Жердің алғашқы жасанды серігі оның айналасында 1440 айналым жасап, 90 күннен кейін атмосфераның тығыз қабаттарына еніп, сонда жанып кетті.

Алғашқы серік өте қарапайым болды. Оған ғылыми қондырғылар орнатылған жоқ. Соған карамастан алғашқы Жер серігін жіберу ғарыш саласының дамуына қажет аса маңызды техникалық ақпарат алуға мүмкіндік берді.

Серікке орнатылған радиоқабылдағыш тек екі толқын ұзындығында 20,005 және 40,002 МГц жиілікте ұзақтығы 0,3 с қысқа импульстерді шығаратын. Осының арқасында Жер ионосферасының жоғары қабаттарына өткен импульстерді зерттей отырып, бұл туралы біраз мәлімет алынды. Адамзат тарихындағы алғашқы жасанды серік тек қана “бип, бип, бип” деп қарапайым сигнал шығаратын. Ол өз ұшу сапарынан басқа ешқандай ақпарат бере алмады.

Бірақ бүкіл дүниежүзі үшін алғашқы жасанды серікті орбитаға шығарудың мәні орасан зор болды. Ол кезде адам әлі Жер атмосферасынан ғарышқа шығып көрмеген еді. “Спутник-1” ұшуы ғарышқа ұшу мүмкін екенін дәлелдеп берді. Мындаған адамдар әйгілі “бип-бип-бип...”-ті есту үшін радиоқабылдағыштардың жанына жиналатын. Ал түнгі аспанда жұлдыздардың арасында ұшып бара жатқан кішкене жылтылдаған нүктені көру Жер шарының барлық бөліктеріндегі адамдарға өшпес із қалдырды, ол болған оқиғаның ең көрнекті дәлелі болды. Сонымен, адамзаттың ғарыштық эрасы Байқоңырдан ұшырылған алғашқы серіктен басталды.



22.3-сурет



1. Ойланып жауап беріңдер: Жердің айналасында орбита бойымен айналып жүрген ғарыш кемесінің ішінде шырпыны жақсақ, ол жана ма? Жауаптарыңды негіздеңдер.

2. Осы тақырыпты оқыған кезде алған мағлұматтарға сүйене отырып, 22.1-кестенің жауаптар бағандарын дәптерлеріңе толтырыңдар. Ол үшін сәйкес бағандарда “+” таңбасын қойыңдар.

22.1-кесте

Мәтін	иә	жоқ	мағлұмат жоқ
1	2	3	4
1) Жерді айнала қозғалып жүрген қондырғыны Жердің жасанды серігі деп атайды.			
2) Жасанды серік орбитада жеткізуші-зымыранның тарту күшінің әсерінен қозғалады.			

1	2	3	4
3) Геостационар серік Жердің бір нүктесінің үстінде "ілініп" тұрады. 4) Марс ғаламшарының айналасында жүздеген жасанды серіктер айналып жүр. 5) Жақында Айдың жасанды серігі ұшырылады. 6) Қазақстанда "KazSat-4" жасанды серігін ұшыруға дайындық жұмыстары жүріп жатыр. 7) Екінші ғарыштық жылдамдық берілген жасанды серік эллипстік орбитамен қозғалады.			



1. Жердің жасанды серігі деп нені айтады?
2. Жасанды серік қандай үдеумен қозғалады?
- 3. Жасанды серіктің дөңгелек орбитасын сызып, онда қозғалыс жылдамдығы мен үдеудің бағытын белгілеңдер.
- *4. Бірінші ғарыштық жылдамдықтың формуласын қорытып шығарындар.
5. Бірінші ғарыштық жылдамдықпен қозғалатын серіктің траекториялары қандай болуы мүмкін?
- 6. Қандай орбита геостационар деп аталады? Оның параметрлері қандай?
7. Жердің жасанды серігі қандай күштердің әсерінен қозғалады?

Есеп шығару мысалы

Дөңгелек орбитамен қозғалатын жасанды серіктің биіктігі 1700 км. Серіктің жылдамдығы мен айналу периодын табындар.

Берілгені :

$$\begin{aligned} h &= 1700 \text{ км} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ м} \\ R_{\text{ж}} &= 6370 \text{ км} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м} \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

$$v \text{ — ? } T \text{ — ?}$$

Шешуі. Серік дөңгелек траекториямен айналып жүр, сондықтан оның жылдамдығы бірінші ғарыштық жылдамдыққа тең:

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}} + h)}}$$

Осы теңдеудің екі жағын квадраттап, $R_{\text{ж}}^2$ көбейтіп, бөлейік :

$$v_1^2 = G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}^2} \cdot \frac{R_{\text{ж}}^2}{R_{\text{ж}} + h} \tag{22.3}$$

Жер бетіндегі еркін түсу үдеуі былай анықталады:

$$g = G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}^2}$$

Онда (22.3) өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$v_1^2 = g \frac{R_{\text{ж}}^2}{R_{\text{ж}} + h}, \text{ бұдан } v_1 = R_{\text{ж}} \sqrt{\frac{g}{R_{\text{ж}} + h}}$$

$$v_1 = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м} \sqrt{\frac{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{6,37 \cdot 10^6 \text{ м} + 1,7 \cdot 10^6 \text{ м}}} \approx 7,1 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Рад нусы $(R + h)$ дөңгелек орбитамен айналатын серіктің айналу периоды:

$$T = \frac{2\pi(R + h)}{v_1};$$

$$T = \frac{2 \cdot 3,14(6,37 \cdot 10^6 \text{ м} + 1,7 \cdot 10^6 \text{ м})}{7,1 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 7,14 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

Жауабы : 7,1 км/с; 7,14 · 10³ с.



19-жаттығу

1. Марс ғаламшарының радиусы 3380 км, ондағы еркін түсу үдеуі 3,86 м/с² тең. Марс серігінің бірінші ғарыштық жылдамдығын есептеңдер.
2. Шолпан ғаламшарының массасы 4,9·10²⁴ кг, ал оның радиусы 6 100 км. Шолпан ғаламшарының серігінің бірінші ғарыштық жылдамдығын анықтаңдар.
- 3. Дөңгелек орбитамен Жер бетінен 21600 км биіктікте айналып жүрген серіктің айналу периоды Жерден 600 км биіктікте айналып жүрген серіктің айналу периодынан неше есе көп?
- *4. Дөңгелек орбитамен айналып жүрген жасанды серік Жер өз осінен бір рет айналғанда 16 рет айналым жасайды. Жер серігінің периодын, биіктігін және жылдамдығын табыңдар.
- *5. Дөңгелек орбитамен қозғалып жүрген серіктің ұшу биіктігі артуына байланысты оның жылдамдығы 7,79 км/с шамадан 7,36 км/с дейін азайды. Серіктің айналу периоды және оның Жер бетінен биіктігі қаншаға өзгерді?

Осы тақырыпта негізгі мәселелерді?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

Тараудың түйінді мәселелері

- **Ньютонның бірінші заңы** : қандай да бір санақ жүйелеріне қатысты дене, егер оған басқа денелер әсер етпесе немесе ол әсерлердің бәрі бірін-бірі компенсациялайтын болса, өзінің жылдамдығын тұрақты етіп сақтайды. Ньютонның бірінші заңы орындалатын санақ жүйелері *инерциялық санақ жүйелері* деп аталады.
- **Ньютонның екінші заңы** : $\vec{F} = m \vec{a}$.
- **Ньютонның үшінші заңы** : $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.
- **Ауырлық күші** : $\vec{F}_a = m \vec{g}$.
- **Серпімділік күші** (Гук заңы): $F_{\text{серп}} = -kx$.
- **Үйкеліс күші** : $F_{\text{үйк}} = -\mu N$.
- **Бүкіләлемдік тартылыс заңы** : $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$.
- Жердің тартуы себебінен дененің тіреуге не аспаға түсіретін күші дененің *салмағы* деп аталады. Тіреудің не аспаның денеге әсер ететін күшін тіреудің (аспаның) *реакция күші* (керілу күші) деп атайды.
- **Жер бетінен h қашықтықтағы еркін түсу үдеуі** :

$$g_h = G \frac{M_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}} + h)^2}$$

Жер бетіндегі еркін түсу үдеуі :

$$g = G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}^2} = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

- **Жердің жасанды серігі** — Жердің айналасында дөңгелек не эллипстік орбитамен айналып жүрген ғарыштық аппарат.
- **Бірінші ғарыштық жылдамдық** :

$$v_1 = \sqrt{gR_{\text{ж}}} = 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

Екінші ғарыштық жылдамдық : $v_2 = 11,2 \text{ км/с}$.

Үшінші ғарыштық жылдамдық : $v_3 = 16,65 \text{ км/с}$.

§ 23. ДЕНЕ ИМПУЛЬСІ ЖӘНЕ КҮШ ИМПУЛЬСІ

Тірек
ұғымдар:

- ✓ дененің массасы
- ✓ жылдамдық векторы
- ✓ дене импульсі
- ✓ Ньютонның екінші заңы
- ✓ күш импульсі

Бүгінгі сабақта:

- физикалық шамалар — дене импульсі және күш импульсі ұғымдарымен, Ньютонның екінші заңының импульстік түсінік тұрғысынан тұжырымдалуымен танысасыңдар;
- дене импульсі және күш импульсі ұғымдарын ажырата білуді үйренесіңдер.

Дене импульсі. Ұшып келе жатқан теннис добы адамға тпсе де, адам оның әсерін ауырсынбайды, ал қатты тебілген футбол добының кездейсоқ тиіп кетуінен әркім-ақ сақтанады.

Төбешіктен жылдам сырғанап келе жатқан жеңіл арбашаны адам қолымен оңай тоқтата алады, ал автокөлікті тіпті баяу жылжып келе жатса да тоқтату оңайға соқпайды. Осындай мысалдар қозғалыстағы денені оның массасына да, жылдамдығына да байланысты болатын қандай да бір шамамен сипаттауға болады деген қорытындыға әкеледі. Мұндай физикалық шама *дене импульсі* (грекше *impulsus* — соққы) немесе *қозғалыс мөлшері* деп аталады.

Дененің массасы мен оның қозғалыс жылдамдығының көбейтіндісіне тең болатын физикалық шама дене импульсі деп аталады :

$$\vec{p} = m \vec{v}, \quad (23.1)$$

мұндағы \vec{p} — \vec{v} жылдамдықпен қозғалып келе жатқан массасы m дененің импульсі.

Масса — скаляр шама, ал жылдамдық векторлық шама болғандықтан, дене импульсі де векторлық шама болып табылады. Дене импульсі векторының бағыты жылдамдық бағытымен сәйкес келеді.

Халықаралық бірліктер жүйесіндегі дене импульсінің өлшем бірлігі — *секундына килограмм-метр* : $\left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right]$.

Күш импульсі. Енді қандай да бір дене v_0 бастапқы жылдамдықпен қозғалып келе жатсын делік. Белгілі бір Δt уақыт аралығында дененің қозғалыс бағытында оған түсірілген \vec{F} тұрақты күштің әсерінен оның жылдамдығы \vec{v} шамасына дейін өзгерсін (23.1-сурет). Егер үдеу

$a = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$ жылдамдықтың өзгеру шағын дығын сипаттайтынын



23.1-сурет. Дене импульсінің өзгеруі

ескерсек, Ньютонның екінші заңын өрнектейтін $\vec{F} = m \vec{a}$ формуласын $\vec{F} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$ немесе $\vec{F} \Delta t = m \vec{v} - m \vec{v}_0$ түрінде жазуға болады.

Δt уақыт t аралығының бастапқы мезетіндегі дене импульсін $\vec{p}_0 = m \vec{v}_0$, ал осы уақыт аралығының соңғы мезетінде $\vec{p} = m \vec{v}$ деп белгілейік. Соңғы формуланы

$$\vec{p} - \vec{p}_0 = \vec{F} \Delta t \text{ немесе } \Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t \quad (23.2)$$

түрінде жазуға болады, мұндағы $\Delta \vec{p}$ шамасы — Δt уақыт аралығындағы дене импульсінің өзгерісі. Бұл формула Ньютонның екінші заңын импульстік түсінік тұрғысынан өрнектейді. Ньютон өзінің “Натурал философияның математикалық бастамалары” атты кітабында бұл заңды дәл осы түрде тұжырымдаған болатын.

Күш пен оның әсер ету уақытының көбейтіндісі ($\vec{F} \Delta t$) күш импульсі деп аталады.

Күш импульсі бағыты күш векторының бағытымен сәйкес келетін векторлық шама болып табылады. Халықаралық бірліктер жүйесіндегі күш импульсінің өлшем бірлігі — *ньютон-секунд* : [Н · с].

Жаңадан енгізілген дене импульсі және күш импульсі физикалық шамаларын пайдалана отырып, Ньютонның екінші заңын төмендегідей тұжырымдауға болады: *дене импульсінің өзгерісі күш импульсіне тең*. Дене импульсінің бірдей шамаға өзгеруі қысқа мерзімде әсер ететін көп күштің немесе ұзақ уақыт бойы әсер ететін аз күштің нәтижесі болуы мүмкін.



1. Дене импульсі дегеніміз не? Дене импульсінің векторы қалай бағытталған?
2. Күш импульсі дегеніміз не? Күш импульсінің векторы қалай бағытталған?
3. Дене импульсінің өзгерісі қандай шамаға байланысты?
4. Күш импульсі мен дене импульсінің арасында қандай байланыс бар?
- 5. Ньютонның екінші заңы импульстік түсінік тұрғысынан қалай тұжырымдалады? Бұл заңның екі түрлі тұжырымдалуын сипаттайтын мысалдар келтіріңдер.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 24. ИМПУЛЬСТІҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ денелер жүйесі
- ✓ ішкі күштер
- ✓ сыртқы күштер
- ✓ денелердің тұйық жүйесі
- ✓ импульстің сақталу заңы

Бүгінгі сабақта:

- табиғаттың негізгі заңдарының бірі — импульстің сақталу заңымен танысасыңдар;
- импульстің сақталу заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды үйренесіңдер.

Біз тұрақты күштің әсерінен болатын дене қозғалысын қарастырып өттік. Алайда көп жағдайда бір мезгілде әртүрлі қозғалатын екі немесе бірнеше дененің өзара әсерлесуін қарастыруға тура келеді. Мысалы, бильярд шарларының соқтығысуы, зеңбіректен атылған снарядтар. Мұндай жағдайда денелер жүйесінің қозғалысы туралы айтылады: соқтығысқан екі дене, “шар-шар” жүйесі, “зеңбірек — снаряд” жүйесі және т.б.

Денелер жүйесі — қозғалыстары бірге қарастырылатын өзара әсерлесетін денелер жиынтығы.

Денелер қарастырылатын жүйеге енетін денелермен де, ол жүйеге енбейтін денелермен де өзара әсерлесуі мүмкін.

Жүйедегі қандай да бір денеге жүйенің басқа денелері тарапынан әсер ететін күш ішкі күш деп аталады.

Жүйе денесіне сыртқы денелер тарапынан әсер ететін күш сыртқы күш деп аталады. Мысалы, соқтығысатын шарларға ауырлық күші мен үстел тарапынан үйкеліс күші де әсер етеді, зеңбірек пен снарядқа ауырлық күші және т.б. әсер етеді.

Табиғаттағы барлық денелер бір-бірімен әсерлеседі. Алайда бір-катар жағдайларда қарастырылатын жүйедегі өзара әсерлесуші денелерге сыртқы күштердің әсерлері елеусіз болатындықтан, олардың әсерлері ескерілмейді. Бұл жағдай екі немесе одан да көп денелердің қозғалысын ғана қарастыруға мүмкіндік туғызады. Ол үшін физикада денелердің *тұйық жүйесі* деп аталатын ұғым енгізілген.

Тұйық жүйе деп сыртқы күштер әсер етпеген жағдайда жүйедегі денелер бір-бірімен ішкі күштер арқылы ғана әсерлесетін жүйені айтады.

\vec{v}_1 және \vec{v}_2 жылдамдықпен бір-біріне қарама-қарсы бағытта қозғалып келе жатқан массалары m_1 және m_2 екі шардың өзара әсерлесуін қарастырайық (24.1-сурет). Өзара әсерлесу күштері қандай болса да олар Ньютонның үшінші заңы бойынша байланысады:



24.1-сурет

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \text{ немесе } m_1 \frac{\vec{v}'_1 - \vec{v}_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\vec{v}'_2 - \vec{v}_2}{\Delta t},$$

мұндағы Δt — өзара әсерлесу уақыт аралығы, \vec{v}'_1 және \vec{v}'_2 — шарлардың өзара әсерлесуінен кейінгі жылдамдықтары.

Шарлардың өзара әсерлескенге дейінгі импульстерін теңдіктің бір жағына, өзара әсерлескеннен кейінгі импульстерін теңдіктің екінші жағына шығарайық:

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

Енді шыққан өрнекке көз жүгіртіп қарайық. Теңдеудің сол жағында денелердің өзара әсерлескенге дейінгі, оң жағында өзара әсерлескеннен кейінгі импульстерінің қосындысы берілген және олар өзара тең. Әрбір дененің импульсі өзгергенмен, олардың импульстерінің қосындысы өзгеріссіз қалды. Сонымен, *тұйық жүйедегі өзара әсерлесетін денелер импульстерінің қосындысы өзгермейді (сақталады)*:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2.$$

Бұл — *импульстің сақталу заңы* деп аталатын табиғаттың негізгі заңдарының бірі. Егер біз қарастырған мысалдағыдай екі дене ғана болмай, бірнеше дене әсерлессе де, бұл қорытынды кез келген тұйық жүйе үшін дұрыс болып табылады. Әрине, барлық нақты жүйелер тұйық болып табылмайды. Алайда импульстің сақталу заңын көп жағдайда қолдануға болады.



1. Тұйық жүйе деп қандай жүйені айтамыз?
2. Импульстің сақталу заңын тұжырымдаңдар.
- 3. Денелердің соқтығысуы кезінде импульстің сақталу заңы қалай көрініс табады? Мысал келтіріңдер.
- 4. Өзара әсерлесетін денелер жүйесі үшін импульстің сақталу заңы қандай жағдайда орындалады?

Есеп шығару мысалы

Қайық су бетінде тыныштық күйде тұр. Қайықта отырған массасы 40 кг бала оның тұмсығынан арт жағына қарай жүре бастады. Судың кедергі күшін нөлге тең деп есептеп, суға қатысты қайық қандай қашықтыққа жылжитынын анықтаңдар. Қайықтың массасы 80 кг, ал оның ұзындығы 3 м.

Берілгені :

$$m_1 = 40 \text{ кг}$$

$$m_2 = 80 \text{ кг}$$

$$l = 3 \text{ м}$$

$$s = ?$$

Шешуі. “Бала — қайық” жүйесі тұйықталмаған, өйткені бұл денелерге сыртқы күштер — балаға ауырлық күші, ал қайыққа ауырлық күші мен архимед күші әсер етеді. Алайда бұл күштер вертикаль бойымен бағытталған. Горизонталь бағыт бойынша сыртқы күштер әсер етпейді. Сондықтан бала

мен қайық импульстерінің қосындысының Ox осіне проекциясы тұрақты болып қалады және нөлге тең, өйткені бастапқыда бала мен қайық тыныштықта болды. Координаталар жүйесін сумен байланыстырайық (24.2-сурет): \vec{v}_1 — баланың, \vec{v}_2 — қайықтың суға қатысты жылдамдықтары. Онда импульстің сақталу заңына сәйкес

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = 0. \quad (24.1)$$

Ал бұдан $v_{2x} = -\frac{m_1}{m_2} \cdot v_{1x}$, $m_1 > 0$, $m_2 > 0$ болғандықтан, соңғы теңдіктен қайықтың \vec{v}_2 жылдамдығы баланың \vec{v}_1 жылдамдығына қарама-қарсы бағытталғаны көрінеді. Осыны ескеріп, $v_{1x} = v_1$, $v_{2x} = -v_2$ деп жазамыз. Онда (24.1) теңдеуді былай жазуға болады:

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0. \quad (24.2)$$

Баланың қайыққа қатысты жылдамдығын \vec{v}_1' деп, ал t арқылы оның қайықтың тұмсығынан арт жағына қарай өткендегі қозғалыс уақытын белгілейік:

$$v_1' = \frac{l}{t}, \quad v_2 = \frac{s}{t}, \quad (24.3)$$

мұндағы s — t уақыт аралығында қайықтың жылжыған арақашықтығы. Векторларды қосу ережесі негізінде $v_1 = v_1' + v_2$ деп аламыз. Бұл теңдеудің Ox осіне проекциясы $v_{1x} = v_{1x}' + v_{2x}$ немесе $v_1 = v_1' - v_2$. (24.3) өрнектерді ескерсек,

$$v_1 = \frac{l}{t} - \frac{s}{t} = \frac{l - s}{t}.$$

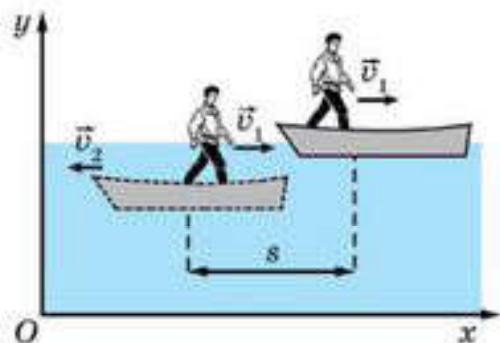
(24.2) теңдеуге v_1 және v_2 қойсақ,

$$\frac{m_1(l - s)}{t} - \frac{m_2 s}{t} = 0.$$

Бұдан

$$s = \frac{m_1 l}{m_2 + m_1}, \quad s = \frac{40 \text{ кг} \cdot 3 \text{ м}}{120 \text{ кг}} = 1 \text{ м}.$$

Жауабы : 1 м.



24.2-сурет



20-жаттығу

1. 6 км/сағ жылдамдықпен жүгіріп келе жатқан массасы 60 кг адамның импульсі қандай?
- 2. 20 м/с жылдамдықпен түзу сызық бойымен қозғалып келе жатқан массасы 2 кг дене массасы 3 кг денемен соқтығысады да, әрі қарай екеуі бірігіп v жылдамдықпен қозғала бастайды. Сыртқы күштер әсер етпейді деп есептеңдер. Денелердің соқтығысуға дейінгі, соқтығысудан кейінгі жалпы импульстерін және соқтығысудан кейінгі жылдамдығын анықтаңдар.
- 3. Массасы 50 кг бала 5 м/с жылдамдықпен жүгіріп келе жатып, 2 м/с жылдамдықпен келе жатқан массасы 100 кг арбаның үстіне секіріп мінді. Осыдан кейін арба қандай жылдамдықпен қозғалады?
- *4. Вертикаль жоғары атылған снаряд ең жоғары көтерілу нүктесінде жарылып, одан екі бірдей жарықшақ пайда болады. Олардың бірі жоғары қарай, екіншісі төмен қарай ұшады. Егер бірінші жарықшақ екіншісінің үстіне v жылдамдықпен құласа, екінші жарықшақ жерге қандай жылдамдықпен құлайды?

Осы тақырыпта негізгі менгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 25. РЕАКТИВТІ ҚОЗҒАЛЫС

Тірек ұғымдар:

- ✓ ғарыш кеңістігі
- ✓ ғарыш кемелері
- ✓ зымырандар
- ✓ реактивті қозғалыс
- ✓ ғарышкерлер

Бүгінгі сабақта:

- К. Э. Циолковский еңбектерінің маңызымен, ғарышты игеру жұмыстарына қатысқан ғарышкерлермен, қарапайым зымыранның және көп сатылы зымыранның модельдерімен танысасыңдар;
- реактивті қозғалысты көрсететін модельдерді құрастыруды, "Байқоңыр" ғарыш айлағының аймақтық және халықаралық маңыздылығына баға беруді үйренесіңдер.

Реактивті қозғалыс. Реактивті қозғалыс импульстің сақталу заңының техникада табысты қолданылуына жарқын мысал болады. Дененің бір бөлігі одан қандай да бір жылдамдықпен бөлінген кездегі қозғалысын осылай деп атайды.

Үрлеп, одан кейін еркін қоя берілген ауа шарының қозғалысын реактивті қозғалыстың қарапайым мысалы ретінде қарастыруымыз-

ға болады (25.1-сурет). Үрленген шардың ішіндегі қысым сыртқы атмосфералық қысымнан едәуір артық болатыны белгілі, ал бос қоя берілген шардың ішіндегі біраз ауаның саңылау арқылы сыртқа шығуы шардың жоғары қарай көтерілуін тудырады. Шар ішінен шығатын ауа оны қарама-қарсы бағытта қозғалуға мәжбүр етеді.

Бүгінгі күні реактивті қозғалыс принципін пайдалану адамның бір кездегі арманы мен қиялы болған тылсым әлеммен тілдесе бастауына алып келді.

Реактивті қозғалыс принципі сағатына бірнеше мыңдаған километр жылдамдықпен қозғалатын ұшақтарды, Жердің жасаңды серіктерін, ғаламшараралық саяхат жасайтын ғарыш зымырандарын жасауға мүмкіндік туғызды.

Адам баласының ғарыш кеңістігіне шығуы үшін асқан кемеңгерлік, аса ыждағатты есеп, өте күрделі техника және асқан ерлік қажет. Соның бәрі де қазіргі кезде жүзеге асты.



25.1-сурет

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Реактивті қозғалыс принципі бойынша сегізаяқ, кальмар, теңізқұрты, медуза сияқты теңіз жәндіктері қозғалады.

К. Э. Циолковский еңбектерінің маңызы. Ғарышқа алғашқы қадам жасау белгілі ғалым К. Э. Циолковскийден басталады десек болады. Циолковскийдің идеялары оның 1903 жылы шыққан “Әлемдік кеңістікті реактивті құралдармен зерттеу” атты еңбегінде көрініс тапты. Ол зымырандардың көмегімен ғарышты игеру мүмкіндігін теориялық түрде дәлелдеді: денеде бірінші ғарыштық жылдамдық тудыра алатын зымыран құрылысын, көп сатылы зымырандардың сипаттамаларын, массасы айнымалы денелердің қозғалысы туралы, сондай-ақ ғарышқа ұшу жөніндегі басқа да маңызды идеяларды ұсынды. Ойы мен қиялы болашаққа ұмтылған Циолковскийдің идеяларында ғажайып қиял мен техникалық мүмкіндіктер арқылы жүзеге асырылатын мәселелер үндестік тапты.

Тек содан жарты ғасыр өткеннен соң ғана адам баласының ғарыш кеңістігіне шығуы туралы арманы орындалды. К. Э. Циолковскийдің



Константин
Циолковский
(1857—1935)



Тоқтар Әубәкіров



Талғат Мұсабаев



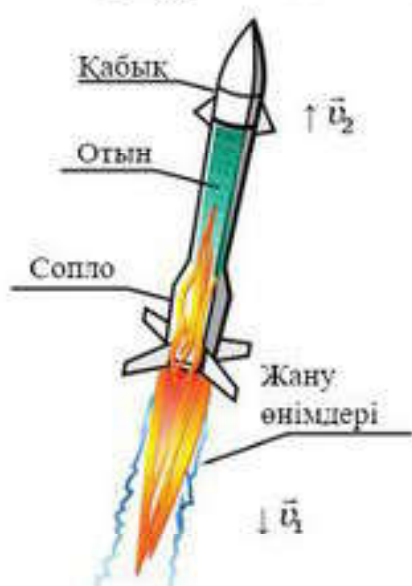
Айдын Айымбетов

еңбектері заманауи ғарыш зымырандарының дамуына теориялық негіз болды.

Алғашқы жасанды Жер серігі біздің еліміздегі “Байқоңыр” ғарыш айлағынан 1957 жылы ұшырылған болатын. 1961 жылы адамзаттың тұңғыш ғарышкері Ю. А. Гагарин ғарышқа қадам басты. Жыл өткен сайын ғарыш кемелері, зерттеу бағдарламалары жетілдірілді. Ғарышқа сапар шегіп, ғылыми-зерттеу жұмыстарына қатысқан ғарышкерлердің ішінде біздің қазақ ғарышкерлері Тоқтар Әубәкіров, Талғат Мұсабаев, Айдын Айымбетов бар.

Зымырандар. Енді реактивті қозғалыс принципін зымыран қозғалысын мысалға алып қарастырайық.

Қарапайым зымыран жану камерасы бар отын толтырылған корпуста тұрады (25.2-сурет). Отынның жануы кезінде жоғары температураға дейін қызған жоғары қысымдағы газ *соп*ло деп ата-



25.2-сурет. Зымыран моделі

латын ерекше пішіні бар камерадан үлкен жылдамдықпен (4 км/с жылдамдыққа дейінгі) атқылап шығады. Есептеуді жеңілдету үшін корпус ішіндегі отын түгел жанады да, жану өнімдері $m \vec{u}_1$ импульс алады деп есептейік, мұндағы \vec{u}_1 — атқылап шығатын газ жылдамдығы, m — жанған отынның массасы. Газ бен зымыранның өзара әсерлесуі кезіндегі күштер сыртқы күштермен салыстырғанда өте үлкен болғандықтан, “зымыран — газ” жүйесін тұйық жүйе деп есептеуге болады. Бұлай қарастыру жүйеге импульстің сақталу заңын қолдануға мүмкіндік береді.

Қозғалыс алдындағы зымыранның сыртқы корпусы және отынымен қоса есептегендегі

массасы M болсын. Онда газ сыртқа атқылап шыққаннан кейін де денелер жүйесінің қорытқы импульсі өзгермейді. Массасы $(M - m)$ болатын зымыран корпусы модулі бойынша тең, бірақ газ импульсі бағытына қарама-қарсы бағытталған $(M - m)\vec{v}_2$ импульс алады, мұндағы \vec{v}_2 — зымыран корпусының жылдамдығы. Сонда $m\vec{v}_1 = - (M - m)\vec{v}_2$. Ал бұдан

$$\vec{v}_2 = - \frac{m}{M - m} \vec{v}_1.$$

Осылайша зымыран газдың атқылап шығу жылдамдығы бағытына қарама-қарсы бағытталған жылдамдық алады.

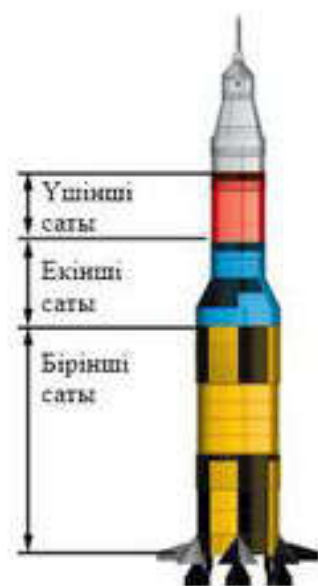
Дененің бір бөлігі одан қандай да бір жылдамдықпен бөлініп шыққан кездегі қозғалысы реактивті қозғалыс деп аталады.

Ғарышкерліктің заманауи жетістіктері. Зымырандарды көп сатылы етіп жасайды, яғни оның әр сатысының сұйық отын қоры, тотықтандырғышы және реактивті қозғалтқышы болады. Бірінші сатыдағы отынның барлық қоры түгел жанып біткенде ол бөлініп қалады. Осыдан кейін екінші және үшінші саты массаларының қосындысына тең зымыранның бөлігі қозғалады (25.3-сурет). Массаның азаюы екінші, одан кейін үшінші сатыдағы отынды үнемдеуге және зымыранның жылдамдығын одан әрі қарай арттыруға себептеседі.

Егер зымыранның Жерге қайтып оралуы жоспарланған болса, онда үшінші саты қосылардың алдында ғарыш кемесі 180° бұрылады. Үшінші сатыдағы жану өнімдері зымыранның қозғалыс бағытына қарама-қарсы бағытталған импульс береді, ал бұл оның жылдамдығының азаюына, яғни тежелуіне әкеледі.

Ғарыштық ұшулардың перспективалық бағыттарының біріне көпсатылы ғарыштық аппараттарды пайдалануға көшу болып табылады. АҚШ-та “Спейс шаттл”, Ресейде “Боран” көпсатылы ғарыш кемелері жасалған.

Қазіргі кезде ғарышкерлер ғарыш кеңістігін және басқа ғаламшарларды зерттеу бойынша ғылыми тәжірибелер жүргізіп, экономиканың әртүрлі салалары үшін көптеген мәселелерді шешуде. Ғарыш зерттеулері өндіріске де, ғылымға да үлкен пайдасын тигізуде. “Байқоңыр” сияқты ғарыш айлағы бар біздің Қазақстан әлемдегі санаулы ғарыштық мемлекеттердің біріне айналды.



25.3-сурет



1. Зымыран қалай қозғалады?
2. Реактивті қозғалыс дегеніміз не? Оған мысалдар келтіріңдер.
3. Қандай мақсатпен зымырандар көпсатылы болып жасалады?
4. Реактивті қозғалыс жылдамдығы қандай шамаларға байланысты?
- 5. Ғарышты зерттеудегі қандай жетістіктерді білесіңдер?
- *6. Зымыранға қатысты газдың зымыраннан ағып шығу жылдамдығы зымыранның өзінің жылдамдығынан кем болса, зымыранның жылдамдығы арта ма?



21-жаттығу

1. Зарядымен қоса есептегенде массасы 250 г болатын кішкене зымыран вертикаль жоғары қарай 150 м биіктікке көтерілді. Заряд лезде жанады деп есептеп, зымыраннан бөлініп шығатын газ жылдамдығын анықтаңдар. Зарядтың массасы 50 г.
2. Кішкене зымыранның массасы 200 г. Ондағы жанғыш заттың массасы 50 г. Газ зымыран соплосынан 100 м/с жылдамдықпен лезде шығады деп есептеп, зымыранның қозғалыс жылдамдығын анықтаңдар.
- *3. Массасы 10 т ғарыш кемесі 9,0 км/с жылдамдықпен қозғалып келеді. Кеменің тежелуі кезінде тежеуіш қозғалтқыштар одан қозғалыс бағыты бойынша оның қабығына қатысты 3,0 км/с жылдамдықпен 1450 кг жану өнімдерін шығарады. Тежелуден кейінгі зымыран жылдамдығын есептеңдер.



“Ғарышкерлік — біздің өміріміздің ажырамас бөлшегі” тақырыбына эссе жазыңдар.

Осы тақырыпта негізгі мәліметтеріңді?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 26. МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҰМЫС ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ

Тірек ұғымдар:

- ✓ механикалық жұмыс
- ✓ күш модулі
- ✓ орын ауыстыру
- ✓ энергия
- ✓ дененің механикалық күйі
- ✓ механикалық энергия
- ✓ кинетикалық және потенциалдық энергиялар

Бүгінгі сабақта:

- механикалық жұмыс ұғымымен, механикалық энергияның түрлерімен танысасыңдар;
- механикалық жұмысты аналитикалық және графиктік тәсілдермен анықтауды;
- жұмыс пен энергияның байланысын түсіндіруді, формулаларды есептер шығару кезінде қолдануды үйренесіңдер.

Механикалық жұмыс. Физикадағы жұмыс ұғымының тұрмыс жағдайында қолданылатын жұмыс ұғымымен шектеулі ғана байланысы бар. Механикалық жұмыс туралы айтқанда жұмыс тек күш жұмсау арқылы ғана атқарылатынын әрқашан есте ұстау керек. Қозғалыстағы денеге әсер етуші күш жұмыс атқарады.

Механикалық жұмыс \vec{F} күш модулін \vec{s} орын ауыстыру модуліне және олардың бағыттарының арасындағы α бұрыштың косинусына көбейткенге тең:

$$A = F \cdot s \cos \alpha, \quad (26.1)$$

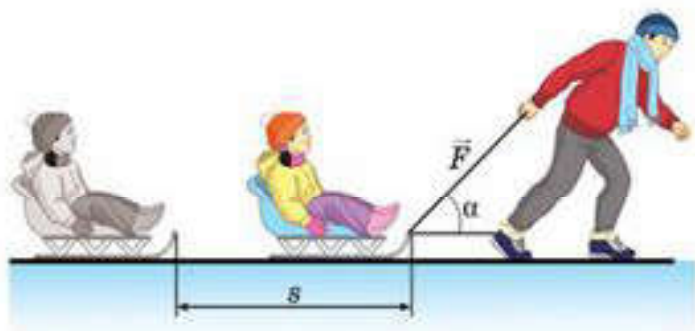
мұндағы A — механикалық жұмыс, F — күш модулі, s — орын ауыстыру модулі, α — \vec{F} күш пен \vec{s} орын ауыстыру векторлары бағыттарының арасындағы бұрыш. Осы күш пен орын ауыстырудың көбейтіндісі туралы не айтуға болады?

Есте сақта!

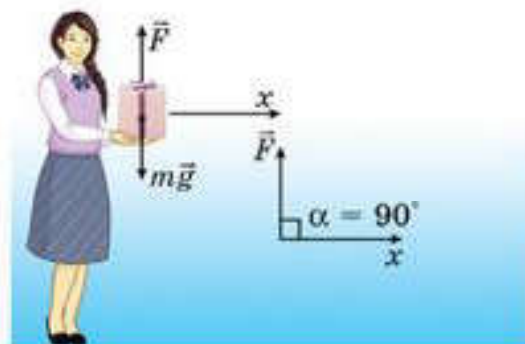
Механикалық жұмыстың формуласына бұл шамалардың модульдері ғана кіреді, сондықтан механикалық жұмыс скаляр шама болып табылады. Механикалық жұмыстың бағыты жоқ және тек сан мәнімен сипатталады. Ол он да, теріс те болуы мүмкін.

(26.1) формула тек $\vec{F} = \text{const}$ болғанда ғана орындалады.

Егер күш пен орын ауыстыру векторлары бағыттас ($\alpha = 0^\circ$, $\cos 0^\circ = 1$) немесе олардың арасындағы бұрыш сүйір болса, онда он жұмыс атқарылады. Мысалы, 26.1-суретте қыз жіпке тұрақты күш түсіре отырып, бала отырған шананы s қашықтыққа жылжытты. Бұл жағдайда күш дене қозғалысына ықпал етеді. Адамның шананы сүйреген кездегі жұмысы оң болады. Егер күш бағыты орын ауыс-



26.1-сурет



26.2-сурет

тыру бағытына қарама-қарсы немесе онымен доғал бұрыш жасаса ($\alpha = 180^\circ$, $\cos 180^\circ = -1$), онда жұмыс теріс болады. Егер, мысалы, жетектеп келе жатқан күшінің алға қарай жүгіргісі келсе, ал сен жіптен тартып, оның бұл әрекетін тежесең, осы жағдайда атқарылған жұмыс теріс болады, өйткені күш қозғалысқа кедергі жасайды.

Механикалық жұмыстың формуласына кіретін үш көбейткіштің ең болмағанда біреуі нөлге тең болса, онда жұмыс жасалмайды.

Мысалы, ауыр қорапты жоғары көтергенде сендер ауырлық күшіне қарсы жұмыс атқарасыздар, дәлірек айтсақ, жұмысты сендердің қолдарыңның қорапты қысып ұстайтын күші атқарады. Ал осы қорапты қозғалмай бір орында ұстап тұру үшін немесе бөлмедегі бір орыннан көтеріп екінші орынға апару үшін сендер жұмыс жасайсындар (26.2-сурет).

Алайда осы жағдайлардағы механикалық шама ретіндегі жұмыс (26.1) формуласына сәйкес ($\cos \alpha = \cos 90^\circ = 0$) нөлге тең. Бұл механикадағы жұмыс ұғымының тұрмыста қалыптасып қалған мағынасынан айтарлықтай ерекшеленетінін айқын көрсетеді. Қорапты ұстап тұруға жұмсалған күш тік жоғары қарай бағытталған, бірақ орын ауыстыру горизонталь бағытта болады. Сондықтан күш пен орын ауыстырудың арасындағы бұрыш 90° -қа тең, яғни ешқандай жұмыс атқарылмайды.

Сонымен, механикалық жұмыс денені көтергенде, орнынан жылжытқанда, яғни дене орнын ауыстырғанда атқарылады.

Механикалық жұмыстың Халықаралық бірліктер жүйесіндегі өлшем бірлігі — *джоуль* (Дж): $[Дж] = [Н \cdot м]$.

Энергия. Сендер өткен тақырыптарда сақталу заңына бағынатын ерекше шама — импульспен танысқан болатынсындар. Механикада денелердің тұйық жүйесі үшін өзгеріссіз сақталатын тағы бір шама қарастырылады.

Ол — *энергия*. Энергиямен сендер тек механикада ғана емес, физиканың басқа да бөлімдерінде, тіпті табиғат жайлы ғылымдардың

бәрінде, сондай-ақ техниканың барлық салаларында да кездесетін боласындар.

Механикада дененің (материялық нүктенің) *механикалық күйі* сөз болады. Материялық нүктенің механикалық күйін көрсету механиканың маңызды екі мәселесіне жауап беруге, яғни дененің *берілген уақыт мезетіндегі орны* мен оның *қалай қозғалатынын* сипаттауға келіп саяды. Ал бұл — нүктенің кайсыбір уақыт мезетіндегі *координаталары* мен *жылдамдығын* көрсету деген сөз.

Материялық нүктенің x, y, z координаталары мен оның берілген уақыт мезетіндегі v жылдамдығы *механикалық күйді сипаттайтын шамалар* — *күй параметрлеріне* жатады; осы параметрлер берілген жағдайда дененің механикалық күйі белгілі болады.

Қозғалыс барысында материялық нүктенің күйі (координаталары мен жылдамдығы) үздіксіз өзгеріп, нүкте бір күйден екінші күйге өтіп отырады. Осы дененің немесе материялық нүктенің механикалық күйін сипаттайтын шама *механикалық энергия* деп аталады. Сонымен, *механикалық энергия* — *дененің механикалық күйінің сипаттамасы*. Оның екі белгісі бар: ол күй параметрлеріне тәуелді және оның өзгерісі дене бір күйден екінші күйге өткенде атқарылатын жұмыспен байланысты.

Бұдан механикалық энергияның өздеріне таныс анықтамасы туындайды: *механикалық энергия деп дененің механикалық жұмыс жасай алу қабілетін* айтады. Жұмыс сияқты энергия да тек сандық мәнімен сипатталатын скаляр шама болып табылады. Энергияның өлшем бірлігі ретінде жұмыс бірлігі — *джоуль* [Дж] алынады. Сендерге механикалық энергияның екі түрі белгілі, олар: *кинетикалық* (E_k) және *потенциалдық* (E_p) энергиялар.

Қозғалыстағы кез келген дене өз жолында қандай да бір механикалық жұмыс жасауға қабілетті.

Қозғалыстағы дененің энергиясын кинетикалық энергия деп атайды. Мысалы, ұшқан құстың, атылған оқтың, соққан желдің кинетикалық энергиясы болады. Кинетикалық энергия қозғалыстағы дене күйін сипаттайды және ол $E_k = \frac{mv^2}{2}$ формуласымен өрнектеледі. Оның екі белгісі бар: E_k жылдамдыққа тәуелді және оның өзгерісі денеге әсер етуші күш атқаратын жұмысқа тең. Демек,

$$A = \Delta E_k \text{ немесе } A = E_{k_2} - E_{k_1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Ал *потенциалдық энергия дегеніміз* — *өзара әсерлесетін денелердің немесе дене бөлшектерінің өзара орналасуына байланысты болатын энергия*. Ол потенциалдық күштер (ауырлық күші

және серпімділік күші) әсер еткен дене күйінің сипаттамасы болып табылады.

Мысалы, бөгетке жиналған судың, керілген садақтың, сығылған немесе созылған серіппенің, ішінде сығылған ауасы бар резенке баллонның потенциалдық энергиясы бар.

Демек, $E_n = mgh$ немесе $E_n = \frac{kx^2}{2}$ потенциалдық энергиялар — потенциалдық күштер әсер еткен дене күйінің сипаттамасы. Оның екі белгісі бар: E_n дене координаталарына тәуелді және оның өзгерісі потенциалдық күштер атқаратын жұмысқа тең. Басқаша айтқанда,

$$A = \Delta E_n, \text{ яғни } A = -(E_{n_2} - E_{n_1}) = -(mgh_2 - mgh_1)$$

немесе

$$A = -(E_{n_2} - E_{n_1}) = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right).$$

Теңдіктің алдындағы “минус” таңбасы ауырлық күшінің оң жұмысы кезінде, яғни дене төмен құлағанда бұл энергияның кемітінін білдіреді және керісінше.

Есте сақта!

Механикалық жұмыс — энергия өзгерісінің өлшемі, оның физикалық мағынасы да, міне, осында. Жұмыс атқарылған кезде энергияның қандай да бір түрі өзгереді:

$$A = \Delta E_n \text{ немесе } A = -\Delta E_n.$$

Сонымен, қорыта айтқанда, қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясы бар, ал потенциалдық энергия денелердің өзара әсерлесуіне немесе дене бөлшектерінің өзара орналасуына тәуелді.



1. Механикалық жұмыс деп нені айтады? Механикалық жұмыстың өлшем бірлігі қандай?
2. Кинетикалық энергия дегеніміз не? Оның қандай белгілері бар?
3. Дененің потенциалдық энергиясы деп нені түсінеміз? Потенциалдық энергияның қандай белгілері бар?
4. Қайсыбір биіктікке көтерілген дененің потенциалдық энергиясы неге тең?
5. Серпімді деформацияланған дененің потенциалдық энергиясы қандай формуламен өрнектеледі?
6. Мына аталған жағдайлардың қайсысында кинетикалық энергия, қайсысында потенциалдық энергия туралы сөз болады: а) иілген серіппе; ә) соққан жел; б) сарқырамадан құлап аққан су; в) сығылған ауа; г) үй шатырының шетінде жатқан тас?
7. Жұмыс пен энергия арасында қандай байланыс бар?



Тапсырма. 26.1-кестені толтырыңдар.

26.1-кесте

Механикалық жұмыс	Жұмыстың формуласы	Механикалық энергияның түрлері	Энергияның формуласы	Жұмыстың энергия өзгерісімен байланысы
Ауырлық күші Серпімділік күші Үйкеліс күші				



22-жаттығу

1. Жер бетінен 100 км қашықтықта дөңгелек орбита бойымен қозғалып жүрген Жердің жасанды серігінің массасы 1300 кг. Осы серіктің кинетикалық энергиясын есептеңдер.
2. 10 м биіктіктен құлаған массасы 2,5 кг жүктің потенциалдық энергиясы 1 с өткеннен кейін қалай өзгереді (жүктің бастапқы жылдамдығы нөлге тең)?
3. Егер үйдің әр қабатының биіктігі 3 м болса, онда массасы 75 кг адам баспалдақпен бірінші қабаттан алтыншы қабатқа көтерілгенде ауырлық күші қандай жұмыс атқарады?
4. Бала динамометрді созып, өзінің тарта алатын ең үлкен күшін анықтады. Ол 400 Н болып шықты. Серіппені созғанда бала қандай жұмыс атқарады? Динамометр серіппесінің қатаңдығы 10 000 Н/м.
- *5. Жоғары ұшы бекітілген серіппеге массасы 18 кг дене ілінген. Сондағы серіппенің ұзындығы 10 см. Оған массасы 30 кг денені ілгенде оның ұзындығы 12 см болды. 10 см серіппені 15 см ұзындыққа дейін созу үшін қандай жұмыс атқару керек екенін есептеңдер. Бұл кезде серпімділік күші қандай жұмыс атқарады?

Осы тақырыпта негізгі мәңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 27. ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЖӘНЕ АЙНАЛУ ЗАҢЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ түйық жүйе
- ✓ кинетикалық және потенциалдық энергиялар
- ✓ жүйенің толық механикалық энергиясы
- ✓ энергияның сақталу және айналу заңы

Бүгінгі сабақта:

- табиғаттың негізгі заңдарының бірі — энергияның сақталу және айналу заңымен танысасыздар;
- энергияның сақталу және айналу заңына сүйеніп жұмыстың физикалық мағынасын түсіндіре білуді, механикалық энергияның сақталу заңын есептер шығаруда қолдануды үйренесіздер.

Мұны білесіздер

Импульс сияқты энергияның да сақталу қасиеті бар.

Тек бір-бірімен ғана өзара әсерлесетін денелердің энергиясы қандай болатынын қарастырамыз. Мұндай денелердің түйық (оқшауланған) жүйе құрайтыны белгілі.

Бір-бірімен өзара әсерлесетін денелердің әрі кинетикалық, әрі потенциалдық энергиясы болады. Мысалы, Жердің жасанды серігінің (ЖЖС) кинетикалық энергиясы бар, өйткені ол қозғалып жүр.

Сонымен қатар “ЖЖС—Жер” жүйесінің потенциалдық энергиясы да бар, өйткені олар Бүкіләлемдік тартылыс күші арқылы өзара әсерлеседі. Сол сияқты соқтығысқан шарлардың кинетикалық әрі потенциалдық энергиялары болады, себебі олар қозғалыста және серпімді деформацияланған.

Өзара әсерлесетін денелер жүйесінің потенциалдық және кинетикалық энергияларының қосындысы жүйенің толық энергиясын береді:

$$E_T = E_k + E_p.$$

Мысалы, массасы m дене (27.1-сурет) Жер бетінен h_1 биіктікте болсын және оның жылдамдығы \vec{v}_1 дейік. Осы жағдайда дененің $E_{k_1} = \frac{mv_1^2}{2}$ кинетикалық энергия қоры мен $E_{p_1} = mgh_1$ потенциалдық энергия қоры болады. Сонда жүйенің толық энергиясы мынаған тең:

$$E_T = E_{k_1} + E_{p_1} = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1.$$

Енді дене h_2 биіктіктен түсті дейік және сол кездегі оның жылдамдығы \vec{v}_2 болсын. Бұл қозғалыс кезінде ауырлық күші

$$\Delta A = mg(h_1 - h_2)$$

жұмыс істейді. Ол жұмыс толығымен дененің кинетикалық энергиясын арттыруға жұмсалады:

$$\Delta A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Соңғы екі өрнектің сол жақтары тең болғандықтан, олардың оң жақтары да өзара тең:

$$mgh_1 - mgh_2 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Бұл өрнекті былай жаза аламыз:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = -(mgh_2 - mgh_1).$$

Кинетикалық энергияның өзгерісі мен потенциалдық энергияның өзгерісі абсолют мәні жағынан бір-біріне тең, бірақ таңбалары қарама-қарсы: $E_{k_2} - E_{k_1} = -(E_{p_2} - E_{p_1})$.

Демек, егер дененің потенциалдық энергиясы артса, онда оның кинетикалық энергиясы кемиді және керісінше, егер потенциалдық энергиясы кемісе, онда кинетикалық энергиясы артады.

Осы формуланы мына түрде жазуға болады:

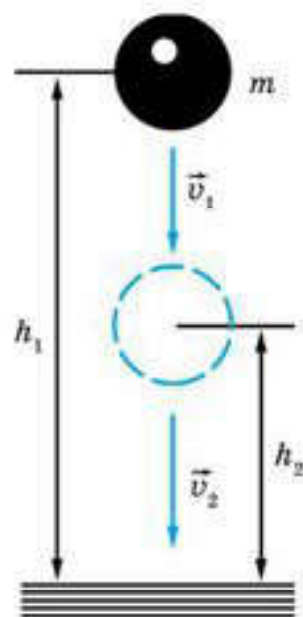
$$E_{k_2} + E_{p_2} = E_{k_1} + E_{p_1}.$$

Бұдан мынадай қорытынды шығады: тұйық жүйе құрайтын және бір-бірімен Бүкіләлемдік тартылыс күші мен серпімділік күші арқылы әсерлесетін денелердің кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысы тұрақты болады. **Энергияның сақталу заңының мәнісі осында.**

Денелер жүйесінің кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысы толық механикалық энергияны беретіндіктен, бұл заңды былайша тұжырымдауға да болады: бір-бірімен тартылыс және серпімділік күштері арқылы әсерлесетін денелердің тұйық жүйесінің толық механикалық энергиясы өзгеріссіз қалады:

$$E_T = E_k + E_p = \text{const.}$$

Сақталу заңын жалпылама түрде былай тұжырымдауға болады: табиғаттағы энергия жоғалып кетпейді және жоқтан пайда болмайды, ол тек бір түрден екінші түрге айналады немесе бір денеден екінші денеге беріледі.



27.1-сурет

Есте сақта!

Потенциалдық энергияның кинетикалық энергияға немесе кинетикалық энергияның потенциалдық энергияға айналуы — табиғаттың ең тамаша заңдарының бірі. Бұл энергияның басты қасиеті.

Толық энергияның сақталу заңын көптеген механикалық есептерді шешкенде пайдалануға болады.



1. Дененің толық механикалық энергиясы дегеніміз не?
- 2. Қабырға сағаты маятнігінің тербелісі кезінде кинетикалық және потенциалдық энергиялардың бір-біріне түрленуі бола ма? Осыны түсіндіріңдер.
- 3. Сендердің энергияларың кітапты көтергенде, допты лақтырғанда, креслоны еденмен сырғытқанда қандай өзгеріске ұшырайды?
4. Толық механикалық энергияның сақталу заңы қалай тұжырымдалады?
5. Энергияның сақталу және айналу заңына сүйеніп жұмыстың физикалық мәнін қалай түсіндіруге болады?

Есеп шығару мысалы

Қатаңдығы 1000 Н/м серіппе 6 см созылған. Осы серіппені қосымша тағы да 8 см созу үшін қандай жұмыс жасау қажет?

Берілгені :

$$x_1 = 6 \text{ см}$$

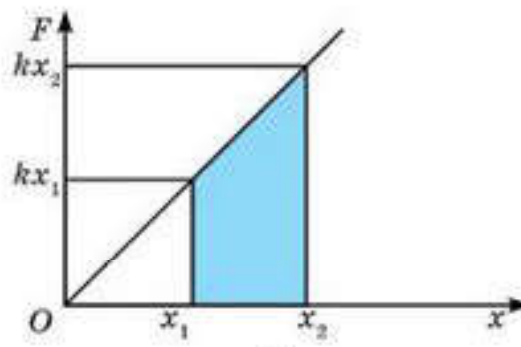
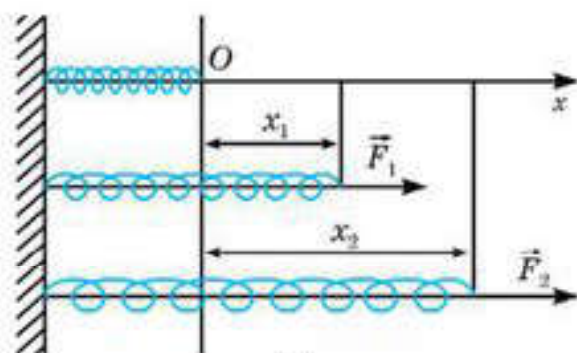
$$\Delta x = 8 \text{ см}$$

$$k = 1000 \text{ Н/м}$$

$A = ?$

Шешуі. Бірінші тәсіл. Серіппенің алғашқы ұзаруын x_1 арқылы, ал $\Delta x = 8$ см, созылғаннан кейінгі ұзаруын x_2 арқылы белгілейміз:
 $x_2 = x_1 + \Delta x = 14$ см.

Ox осін созушы күштің бағытымен бағыттап, координаталардың бас нүктесін деформацияланған серіппенің ұшы тұрған нүктемен беттестіреміз (27.2, а-сурет). Сонда Гук заңын ескере отырып, созушы күштің Ox осіне проекциясының өрнегін $F_x = kx$ немесе $F = kx$



27.2-сурет

түрінде жазамыз. 27.2, ә-суретте F күшінің x ұзаруға тәуелділік графигі көрсетілген. Бұл күштің серіппені x_1 мәнімен x_2 дейін ұзарту кезіндегі жұмысы сан жағынан боялған трапецияның ауданына тең:

$$A = \frac{kx_2 + kx_1}{2} (x_2 - x_1) = \frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} = \frac{k(x_1 + \Delta x)^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}.$$

Екінші тәсіл. Серіппенің қосымша созылуы кезінде жасалған жұмыс оның потенциалдық энергиясының айырымына тең:

$$A = E_{n_2} - E_{n_1},$$

мұндағы E_{n_2} , E_{n_1} — серіппенің сәйкесінше x_1 және $x_2 = x_1 + \Delta x$ шамаларға созылуы кезіндегі потенциалдық энергиясы. Олай болса,

$$A = \frac{k(x_1 + \Delta x)^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}.$$

Бұдан есепті қарастырылып отырған тәсілдердің қайсысымен шешсек те, бір ғана нәтиже алынатынын көреміз.

Осы өрнекке берілген шамалардың сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргізсек, $A = 8$ Дж болады.

Жауабы : 8 Дж.



23-жаттығу

- Садақтан вертикаль жоғары тартылған жебенің ең үлкен көтерілу биіктігін есептеңдер. Жебенің бастапқы жылдамдығы 40 м/с. Ауаның жебе қозғалысына тигізетін кедергісі есепке алынбайды.
- Массасы 2,0 кг дене жерге 30 м биіктіктен түседі. Дененің 15 м биіктікте болған кездегі және жерге келіп түскен кездегі кинетикалық энергиясын есептеңдер.
- Зеңбіректен ату кезінде 280 м/с бастапқы жылдамдық алған снаряд тік жоғары ұшады. Ату орнынан қандай биіктікте снарядтың кинетикалық энергиясы оның потенциалдық энергиясына теңеледі?
- Шойын тоқпақтың 8 м биіктіктен түскен кездегі энергиясы 18000 Дж болса, оның массасы қандай болғаны?
- *5. Массасы 400 г дене қатаңдығы 100 Н/м сығылған серіппеге бекітілген. Серіппені босатқаннан кейін дене ең үлкен ұзаруы 10 см болатындай тербеліс жасайды. Тербеліп тұрған дененің ең үлкен жылдамдығы қандай?

Осы тақырыпта негізгі мәселелерді?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

Тараудың түйінді мәселелері

- **Дене импульсі** — дене массасы мен қозғалыс жылдамдығының көбейтіндісіне тең физикалық шама:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

- **Күш импульсі** — күш пен оның әсер ету уақытының көбейтіндісіне тең физикалық шама: $\vec{F}\Delta t$.
- **Импульстің сақталу заңы** бойынша тұйық жүйедегі өзара әсерлесетін денелердің импульстерінің қосындысы өзгермейді:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2.$$

- **Кинетикалық энергия** — бұл қозғалыстағы денеде болатын энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

- **Потенциалдық энергия** — бұл денелердің өзара әсерлесуіне және дене бөлшектерінің өзара орналасуына тәуелді болатын энергия:

$$E_n = mgh; \quad E_n = \frac{kx^2}{2}.$$

- **Энергияның сақталу заңы** — өзара ауырлық және серпімділік күштері арқылы әсерлесетін денелердің тұйық жүйесінің толық механикалық энергиясы өзгермейді:

$$E_z = E_k + E_n = \text{const.}$$

§ 28. ТЕРБЕЛМЕЛІ ҚОЗҒАЛЫС

Тірек ұғымдар:

- ✓ қозғалыстың периодтылығы
- ✓ тербеліс периоды
- ✓ тепе-теңдік күй
- ✓ тең әсерлі күш
- ✓ ығысу
- ✓ гармониялық тербелістер

Бүгінгі сабақта:

- тербелмелі қозғалыспен танысасыңдар;
- дене тербелмелі қозғалысқа түсу үшін оған әсер ететін күштер қандай шарттарды қанағаттандыру керек екенін оқып-білесіңдер;
- тербелістерді қозғалыстың басқа түрлерінен ажырата білуді үйренесіңдер.

Мұны білесіңдер

Күнделікті өмірде біз *тербелмелі қозғалыстар* немесе жай ғана *тербелістер* деп аталатын қозғалыстармен жиі кездесеміз. Мәселен, жел соққан кезде талдың бұтақтары тербеледі, бір шеті қысқышқа бекітілген металл пластинаны майыстырып тұрып жібере салса, ол да тербеліске түседі. Сол сияқты вертикаль күйінен ауытқыған алтыбақан, бесік (28.1-сурет), қабырға сағатының маятнигі, серіппеге ілінген жүк, домбыраның ішегі, таразының тілі және т.б. тербеледі.

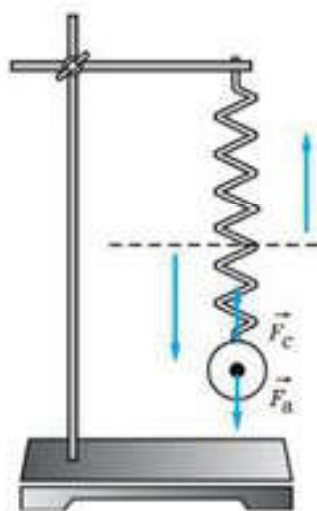
Бұл қозғалыстардың ұқсастығы сол, олардың барлығы *қайталанып отыратынымен* сипатталады: қандай да бір уақыт өткен соң тербеліп тұрған дене бастапқы орнына үнемі қайта оралады.

Есте сақта!

Тербелмелі қозғалысқа периодтылық тән. Қозғалыстың *периодтылығы* белгілі бір уақыт өткен соң дене орнының, яғни оның координатасының дәл немесе шамамен дәл қайталанып отыратынын білдіреді.



28.1-сурет. Тербелмелі қозғалысқа мысалдар



28.2-сурет

Сонымен, механикада **тербелістер** деп дененің бірдей уақыт аралығындағы дәлме-дәл немесе жуықтап қайталанып отыратын қозғалысын айтады.

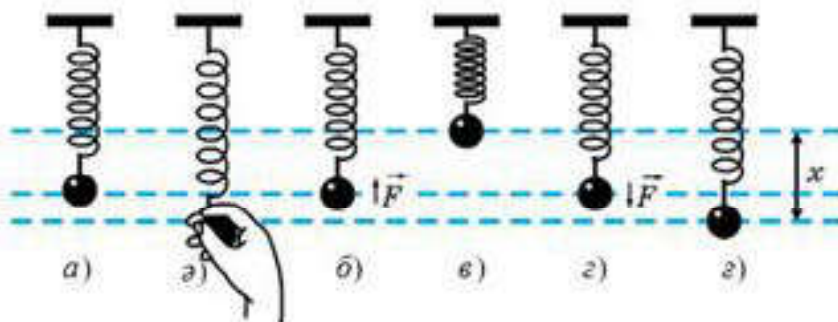
Мәселен, ғаламшарлардың, Жердің жасанды серіктерінің орбита бойымен қозғалысы, сол сияқты сағат тілі ұшының, ұнтаспа дискілерінің қозғалысы тербелмелі қозғалыс тәрізді периодты болып табылады.

Дене қозғалысының сипаты бастапқы шарттар мен әсер етуші күшке тәуелді. Тербелмелі қозғалыс жасауы үшін денеге әсер етуші күштер қандай шарттарды қанағаттандыруы керек екенін қарастырайық. Тұрғы қысқышына болат серіппенің бір ұшын бекітіп, оның екінші ұшына жүк ілеміз. Жүкке әсер ететін \vec{F}_a ауырлық күші мен \vec{F}_c серпімділік күші (28.2-сурет) модульдері жағынан тең, ал бағыттары қарама-қарсы болған жағдайда жүк тыныштық күйде болады:

$$\vec{F}_c + \vec{F}_a = 0.$$

Дененің оған әсер етуші күштер векторларының қосындысы нөлге тең болған кездегі күйін **тепе-теңдік күй** деп атайды (28.3, а-сурет). Жүкті тепе-теңдік күйден шығарып төмен ығыстырғанда (28.3, б-сурет) серіппе деформациясының ұлғаюы салдарынан \vec{F}_c серпімділік күші артады, ал \vec{F}_a ауырлық күші өзгеріссіз қалады. Бұл күштерге тең әсерлі \vec{F} күші тепе-теңдік күйге қарай жоғары бағытталған (28.3, в-сурет).

Егер жүкті тепе-теңдік күйден жоғары көтеріп (28.3, г-сурет), содан соң жібере салса, онда ол төмен қарай бағытталған \vec{F} тең әсерлі күштің әсерінен тепе-теңдік күйге дейін үдей қозғалады (28.3, д-сурет). Тепе-теңдік күйден өткеннен кейін \vec{F} тең әсерлі күш жоғары бағыттальп, жүкті тежейді де, \vec{a} үдеу векторы бағытын



28.3-сурет

карама-карсы жаққа өзгертеді. Ең төменгі нүктеде жүк тоқтайды да (28.3, ε -сурет), жоғары қарай үдеумен қозғалып, тепе-теңдік күйіне жетеді. Содан соң одан өтіп, үдеумен төмен қарай қозғала бастайды. Осылайша процесс периодты түрде кайталанатын. Мұндағы тең әсерлі күш жүкті траекторияның кез келген нүктесінде тепе-теңдік күйге бағыттап отырады. Сөйтіп, серіппеге ілінген жүкті бастапқы тепе-теңдік күйіне қайтарушы \vec{F} күші сығылған немесе созылған серіппенің серпімділік күші болып табылады. Ол дененің тепе-теңдік күйден ауытқу шамасына тәуелді.

Дененің тепе-теңдік күйден ауытқуын **ығысу** деп атайды. Ығысуды x әрпімен белгілейді. Гук заңы бойынша серпімділік күші ығысуға пропорционал және ол мынаған тең:

$$F = -kx.$$

Ығысуға пропорционал және оған қарама-қарсы бағытталған күштің әсерінен болатын механикалық тербелістер **гармониялық тербелістер** деп аталады.

Есте сақта!

Тербелмелі қозғалыс пайда болуы үшін мына шарттар орындалуы қажет. *Біріншіден*, денені тепе-теңдік қалпынан шығарған кезде оны бастапқы күйіне қайтаратын күш болуы керек. Біз қарастырған мысалда жүкті жоғары не төменгі шеткі нүктелерде тепе-теңдік қалыпқа қарай бағыттайтын серпімділік күші болып табылады. *Екіншіден*, үйкеліс мейлінше аз болуы керек. Өйткені үйкеліс әр уақытта қозғалысқа қарама-қарсы бағытталады, яғни ол тербелістің өшуіне себепші болады.



1. Қандай қозғалыстарды тербелмелі қозғалыстар деп атайды? Тербелмелі қозғалысқа мысалдар келтіріңдер.
2. Қозғалыстың басқа түрлерінен тербелмелі қозғалыстардың ерекшелігі неде?
3. Ығысу деген не? Ол қандай әріппен белгіленеді?
4. Гармониялық тербелістер деп қандай тербелістерді айтады?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 29. ТЕРБЕЛІС КЕЗІНДЕГІ ЭНЕРГИЯНЫҢ ТҮРЛЕНУІ. ТЕРБЕЛМЕЛІ ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ТЕҢДЕУІ

Тірек ұғымдар:

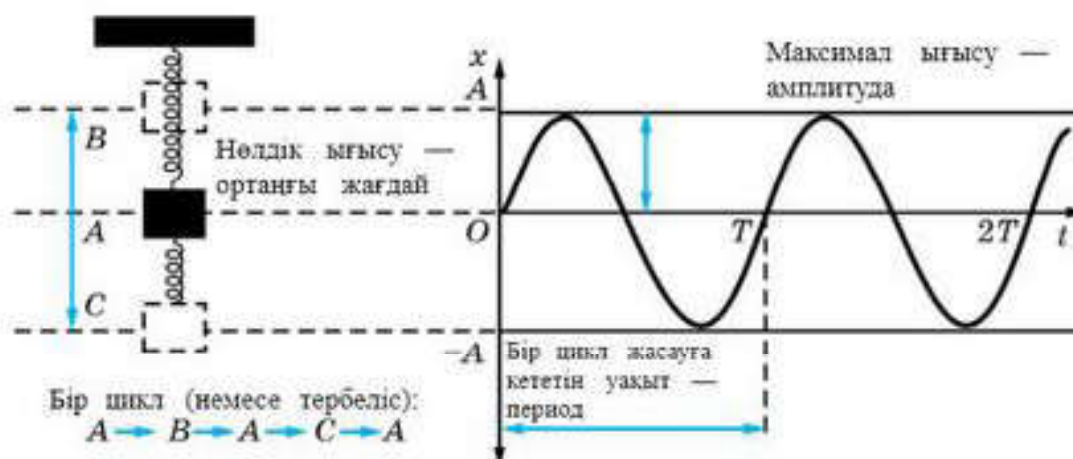
- ✓ механикалық тербелістер
- ✓ жүйенің толық механикалық энергиясы
- ✓ кинетикалық және потенциалдық энергиялар
- ✓ тербеліс периоды және жиілігі
- ✓ цикл
- ✓ тербеліс амплитудасы

Бүгінгі сабақта:

- тербелмелі қозғалысты сипаттайтын негізгі шамалармен танысасыздар;
- график бойынша тербеліс амплитудасын, периоды мен жиілігін анықтауды, тербелмелі процестегі механикалық энергияның сақталу заңын сипаттауды;
- тербелмелі қозғалыс теңдеуін есептер шығаруда қолдануды үйренесіздер.

Механикалық тербеліс кезінде дене жылдамдығы периоды түрде өзгеріп отырады, сол себепті оның $E_k = \frac{mv^2}{2}$ кинетикалық энергиясы да өзгереді. Ал серпімді деформацияланған дененің, мысалы, сығылған немесе созылған серіппенің $E_p = \frac{kx^2}{2}$ потенциалдық энергиясы оның деформациялану деңгейіне байланысты. Серіппе неғұрлым қатты сығылғанда немесе барынша созылғанда оның потенциалдық энергиясы соғұрлым үлкен мәнге ие болады. Тепе-теңдік күйінен ең үлкен ауытқуға сәйкес келетін ығысулар $x_{\max} = A$ және $x_{\min} = -A$ болғандықтан, бұл күйге сәйкес келетін энергияны $E_p = \frac{kA^2}{2}$ түрінде жазуға болады.

29.1-суретте кескінделген дененің тепе-теңдік күйінен ең үлкен ауытқуында (B жағдай) оның ығысуы $x = A$, ал сол нүктедегі



29.1-сурет

жылдамдығы $v = 0$. Ендеше, серіппеге ілінген дененің потенциалдық энергиясы $E_n = \frac{kA^2}{2}$, ал кинетикалық энергиясы нөлге тең: $E_k = 0$.

Энергияның сақталу және айналу заңы бойынша толық механикалық энергия потенциалдық және кинетикалық энергиялардың қосындысына тең:

$$E_\tau = E_k + E_n.$$

Олай болса,

$$E_\tau = E_k + E_n = \frac{kA^2}{2}. \quad (29.1)$$

Дене тепе-теңдік күйіне жеткенде (A жағдай) ығысу нөлге тең болатындықтан, потенциалдық энергия нөлге тең, ал жылдамдық ең үлкен мәніне жетеді.

Бұл жағдайда толық энергия мынаған тең:

$$E_\tau = E_k + E_n = \frac{mv^2}{2}.$$

Серіппе барынша созылып, дене ең төменгі нүктеге жеткенде (C жағдай) ол бір сәтке тоқтайды ($v = 0$), яғни кинетикалық энергия нөлге тең, ал потенциалдық энергия қайтадан ең үлкен мәніне жетеді (29.1-сурет). Энергияның түрленуі осылайша қайталанып отырады.

Ал осы ең шеткі нүктелер мен тепе-теңдік күйден басқа барлық аралық нүктелерде дененің кинетикалық және потенциалдық энергиялары болады әрі олар периодты түрде өзгеріп отырады.

Кинетикалық энергия артқан кезде потенциалдық энергия кемиді және керісінше, потенциалдық энергия артқанда кинетикалық энергия кемиді. Бірақ олардың қосындысы, яғни тербеліп тұрған дененің кез келген жағдайдағы *толық механикалық энергиясы* өзгеріссіз қалады.

Сөйтіп, гармониялық тербелістер кезінде кинетикалық және потенциалдық энергиялар өзара түрленеді. Бірақ тербеліп тұрған дененің толық механикалық энергиясы әр уақытта сақталады:

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{mv^2}{2}.$$

Тербелмелі қозғалысты сипаттайтын негізгі шамалар. Механикалық тербелістердің физикалық процесс ретіндегі жалпы белгісі қозғалыстың белгілі уақыт аралығында қайталанып отыруы болып табылады. *Дене қозғалысы толығымен қайталанып отыратын ең аз уақыт аралығын (интервалын) тербеліс периоды деп атайды.* Басқаша айтқанда, *тербеліс периоды дегеніміз — бір толық тербеліс*

жасауға кеткен уақыт. Тербеліс периоды T әрпімен белгілейді және ол секундпен [с] өлшенеді.

Дене қайсыбір нүктеден шығып, мүмкін болатын барлық траекторияны жүріп өтіп, сол нүктеге қайта оралғандағы қозғалыс процесі бір *циклді* құрайды. Мысалы, дененің шеңбер бойымен бір айналым жасауын бір *цикл* дейміз.

Бірлік уақыт ішіндегі тербелістер саны *тербеліс жиілігі* деп аталады. Жиілік гректің ν (“ню”) әрпімен белгіленеді.

Тербелмелі қозғалыс жиілігінің өлшем бірлігіне 1 с ішінде толық бір тербеліс жасайтындай тербелістің жиілігі алынады. Бұл бірлік неміс ғалымы Генрих Герцтің құрметіне *герц* (Гц) деп аталған:

$$[\nu] = [\text{Гц}] = [\text{с}^{-1}].$$

Тәжірибеде *килогерц* (кГц), *мегагерц* (МГц) сияқты еселік бірліктер де пайдаланылады.

Егер дене t секунд ішінде n тербеліс жасаса, онда ν тербеліс жиілігі $\nu = \frac{n}{t}$ болады, ал T тербеліс периоды $T = \frac{t}{n}$. Демек, жиілік периодқа кері шама, ал период жиілікке кері шама:

$$\nu = \frac{1}{T}, \quad T = \frac{1}{\nu}. \quad (29.2)$$

Тербелмелі қозғалысты сипаттайтын келесі бір негізгі шама — *амплитуда*. **Тербеліс амплитудасы** деп дененің тепе-теңдік күйінен ең үлкен ығысуының мәнін айтады. Амплитуда A әрпімен белгіленеді: $A = x_{\max}$. Тербеліс амплитудасы қозғалыс басталғанға дейін дененің тепе-теңдік күйден қаншалықты алыс орналасқанына байланысты болады. Қозғалыстың басқа түрлері сияқты, тербелмелі қозғалысты да *жылдамдық* және *үдеу* арқылы сипаттауға болады. Алайда тербелмелі қозғалыс кезінде бұл шамалар нүктеден нүктеге өткен сайын өзгеріп отырады.

Мысалы, тербеліп тұрған дененің жылдамдығы тепе-теңдік күйінен ең үлкен ауытқу нүктесінде ($x_{\max} = A$ және $x_{\max} = -A$) нөлге тең, ол нүктелерде дене тоқтайды да, қарама-қарсы бағытта қозғала бастайды. Ал дене тепе-теңдік күйінен өткен кезде ($x = 0$) оның жылдамдығы ең үлкен мәнге ие болады. Үдеу, керісінше, дене тепе-теңдік күйінен өткенде нөлге тең. Өйткені бұл нүктеде күш нөлге тең. Тепе-теңдік күйінен ең үлкен ауытқуға сәйкес келетін нүктелерде ($x_{\max} = A$ және $x_{\max} = -A$) үдеудің шамасы ең үлкен мәнге жетеді, себебі бұл нүктелерде серпімділік күші ең үлкен мәнге ие.

Сөйтіп, тербелмелі қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен үдеу *периодты* түрде өзгеріп отырады, яғни әрбір T период өткен сайын

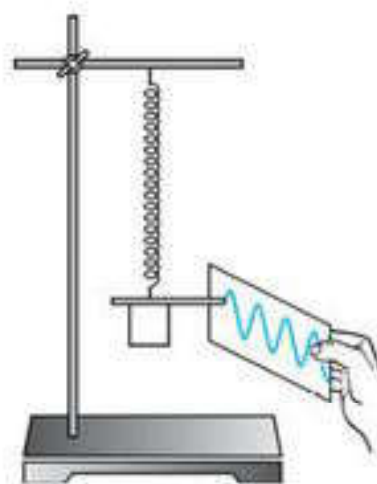
жылдамдық және үдеу векторларының бағыты мен модулі қайталанады.

Тербелмелі қозғалыстың теңдеуі. Гармониялық тербелістер

$$x(t) = A \sin (\omega t + \phi_0) \text{ немесе } x(t) = A \cos (\omega t + \phi_0) \quad (29.3)$$

теңдеуімен сипатталады. Мұндағы x — тербеліп тұрған дененің тепе-теңдік қалпынан ығысуы; t — уақыт; A — тербеліс амплитудасы, яғни тербеліп тұрған шаманың период ішіндегі орташа мәнінен максимал ығысуы. A өлшем бірлігі x өлшем бірлігімен сәйкес келеді; ω — тербелістердің циклдiк жиілігі; $\phi = (\omega t + \phi_0)$ — тербелістердің толық фазасы; ϕ_0 — тербелістердің $t = 0$ уақыт мезетіндегі бастапқы фазасы.

Механикалық тербелістер кезіндегі дене қозғалысының сипаттамалары туралы көрнекі түсінік қалыптасуы үшін мынадай тәжірибе жасауға болады: серіппеге ілінген жүкке бояуға батырылған қылқаламды бекітіп, оның алдына қылқаламның ұшы тиіп тұратындай етіп ақ қағаз парағын ұстаймыз. Жүк тербеліс жасаған кезде қағазды тұрақты жылдамдықпен горизонталь бағытта жылжытамыз. Сонда қылқалам қағаз бетінде үздіксіз сызық түрінде із қалдырады (29.2-сурет).



29.2-сурет

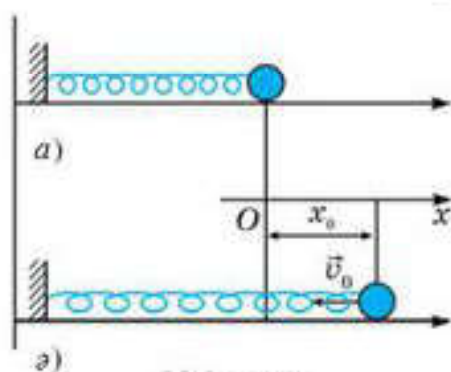
Егер жүктің тербелісін тоқтатып, оны тепе-теңдік күйіне келтірсек, содан кейін парақты қайтадан қылқалам ұшының алдында горизонталь бағытта қайта жылжытсақ, онда қағаз бетінде түзу горизонталь сызық түрінде із қалады. Егер осы түзуді абсциссалар осі ретінде алсақ, онда абсциссалар осінің бойына қағаз парағының біркалыпты қозғалысы басталған мезеттен бері өткен уақытты салуға болады, ал жүк тербелген кезде парак бетінде қалған із тербелістегі жүктің x координатасының t уақытқа тәуелділігінің графигін береді.



1. Тербелмелі қозғалыс кезінде дененің кинетикалық энергиясы қай жағдайда ең үлкен мәнге ие болады? Неліктен?
2. Серіппеге бекітілген дененің потенциалдық энергиясы қай жағдайда ең үлкен мәнге ие болады? Неліктен?
3. Тербеліп тұрған дене траекториясының кез келген нүктесіндегі толық энергия неге тең?
4. Тербеліс периоды деп нені айтамыз?

5. Жиілік нені сипаттайды? Тербелістің жиілігі мен периоды арасында қандай байланыс бар?
6. Тербеліс амплитудасы деген не?
- 7. Тербелістегі дене траекториясының қай нүктелерінде жылдамдық нөлге және ең үлкен мәнге ие болады? Үдеу қай нүктелерде нөлге және ең үлкен мәнге ие болады?
- 8. Марстың Күнді айналу периоды $T = 2$ жыл. Бұл нені көрсетеді?
- 9. Күнделікті тұрмыста өздерің пайдаланып жүрген шаңсорғыштың электр-қозғалтқышындағы ротор нүктелерінің айналу жиілігі 200 айн/с. Бұл нені білдіреді?

Есеп шығару мысалы



29.3-сурет

Горизонталь жазықтықта қатаңдығы k серіппе көмегімен қабырғаға бекітілген массасы m кішкене шар жатыр. Шарды тепе-теңдік күйінен x_0 қашықтыққа жылжытады да, оған v_0 бастапқы жылдамдық беріп, солға қарай қозғалтады (29.3-сурет). Тербеліс амплитудасын табу керек. Серіппенің массасы мен үйкелісі ескерілмейді.

<p>Берілгені :</p> <p>m, k, x_0, v_0</p> <p>$A — ?$</p>	<p><i>Шешуі.</i> Жүйенің екі күйін қарастырайық: бірінші күйінде серіппе созылған және оған v_0 жылдамдық берілген (29.3, б-сурет), екінші күйінде шар солға қарай ығысқан және серіппе сығылған (29.3, а-сурет).</p>
---	--

Бірінші күйіндегі жүйенің толық энергиясы созылған серіппенің потенциалдық энергиясынан және шардың кинетикалық энергиясынан тұрады:

$$E_1 = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}.$$

Екінші күйіндегі жүйенің толық энергиясы сығылған серіппенің потенциалдық энергиясына тең:

$$E_2 = \frac{kA^2}{2},$$

мұндағы A — тербеліс амплитудасы. Энергияның сақталу заңына сәйкес $E_1 = E_2$ немесе $\frac{kx_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$.

Бұдан

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{mv_0^2}{k}}.$$

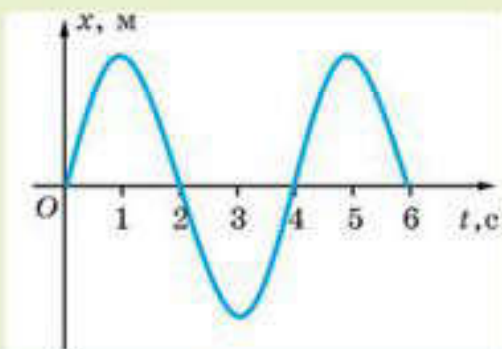


Секундомерді пайдаланып, өз пульстеріңді бастапқы қалыпты жағдайда, содан соң таңғы жаттығудан кейін өлшеңдер. Алынған мәндерді салыстырыңдар. Сәл уақыт өткеннен кейін пульстеріңді қайтадан өлшеп көріңдер. Егер соңғы және бастапқы мәндер қалыпты жағдайдағы мәнге неғұрлым тезірек теңелсе, соғұрлым жүрек жақсы жұмыс істейді.

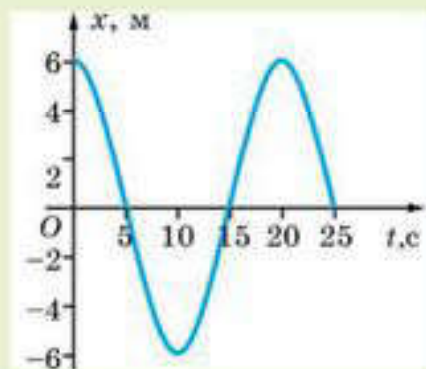


24-жаттығу

1. Дененің x координатасының уақытқа тәуелділік графигі бойынша тербеліс периодың табыңдар (29.4, а-сурет).
2. График бойынша тербеліс жиілігін анықтаңдар (29.4, а-сурет).



а)



б)

29.4-сурет

- 3. 29.4, б-суретте механикалық тербелістер кезіндегі дененің x ығысуының t уақытқа тәуелділік графигі кескінделген. График бойынша тербеліс периодың, жиілігін және амплитудасың анықтаңдар.
- 4. Торғай қанатының тербеліс жиілігі 10 Гц, шыбындікі 300 Гц, масанікі 450 Гц. Олардың қанаттары 1 минутта қанша тербеліс жасайтынын есептеңдер.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 30. МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ СЕРІППЕЛІ МАЯТНИКТЕРДІҢ ТЕРБЕЛІСТЕРІ

Тірек ұғымдар:

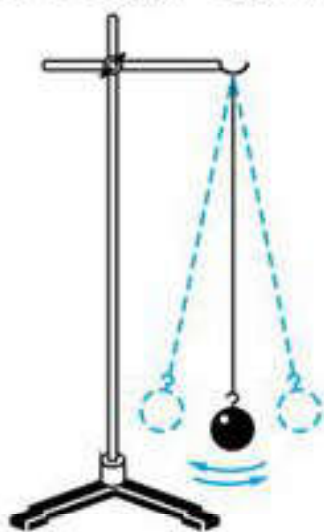
- ✓ тербелмелі жүйелер
- ✓ математикалық маятник
- ✓ математикалық маятник тербелісінің периоды
- ✓ серіппелі маятник
- ✓ циклдік жиілік
- ✓ серіппелі маятник тербелісінің периоды

Бүгінгі сабақта:

- гармониялық тербелістің пайда болу себептерін түсіндіруді, математикалық және серіппелі маятниктер тербелісі периодының әртүрлі параметрлерге тәуелділігін зерттеуді;
- математикалық және серіппелі маятниктер периодтарының формулаларын қорытып шығаруды және оларды есептер шығару кезінде қолдануды үйренесіңдер.

Тербелмелі процестер жүзеге асатын құралдарды *тербелмелі жүйелер* деп атайды. Осындай жүйелердің қарапайым түрі — *математикалық маятниктің* тербелісін қарастырайық. *Математикалық маятник* — ауырлық күшінің әсерінен тербелмелі қозғалыс жасайтын материалдық нүкте. Ол бір нүктеге шоғырланған масса ілінген салмақсыз әрі созылмайтын жіптен тұратын идеал жүйе болып табылады. Созылмайтын салмақсыз жінішке ұзын жіпке ілінген кішкентай ауыр шар математикалық маятникке мысал бола алады (30.1-сурет).

Тербелмелі жүйелерге тән белгілердің бәрі математикалық маятникте де болады. Егер маятникті тепе-теңдік күйінен ауытқытсақ, онда ол әсер етуші күштерді теңгеруші күштің әсерінен бастапқы тепе-теңдік күйіне қайта оралады. Осындай маятниктердің қозғалысын бақылай отырып, мынадай қарапайым заңдарды тағайындауға болады:



30.1 - сурет.
Математикалық
маятник

1. Егер маятниктің ұзындығын өзгертпей, оған массалары әртүрлі жүктер ілсек, онда маятниктің тербеліс периодының өзгермейтіні байқалады. Демек, *математикалық маятниктің периоды жүктің массасына тәуелді болмайды.*

2. Егер маятникті қозғалысқа келтіргенде оны әртүрлі бұрышқа (бірақ өте үлкен емес) ауытқытатын болсақ, онда ол амплитудасы түрліше болғанмен, бірдей периодпен тербеледі. Амплитудасы өте үлкен болмаған жағдайда бұл тербеліс *гармониялық тербеліске* мейлінше жуық болады. *Математикалық маятниктің периоды тербеліс амплитудасына тәуелді болмайды.*

3. Маятниктің ұзындығын өзгерте отырып, тәжірибені қайталасак, *тербеліс периодының маятник ұзындығына тәуелді болатынына* көз жеткіземіз.

Маятник неғұрлым ұзын болса, тербеліс периоды соғұрлым үлкен болады. Ал, керісінше, маятник неғұрлым қысқа болса, тербеліс периоды соғұрлым аз болады.

Математикалық маятник тербелісінің формуласын қорытып шығарайық. Маятник тербеліп тұрғанда жүк AB доғасының бойымен \vec{F}_x кері қайтарушы, яғни қорытқы күштің әсерінен үдеумен қозғалады (30.2-сурет). Бұл күштің шамасы қозғалыс кезінде өзгеріп отырады. Ал дененің мұндай тұрақсыз күштің әсерінен қозғалысын есептеу өте күрделі. Сондықтан есептеуді жеңілдету үшін біз былай жасаймыз: маятникті бір жазықтықта тербелтпей, жүк шеңбер бойымен қозғалатындай етіп, оны конус сызуға мәжбүр етеміз (30.3-сурет).

Маятниктің айналу периоды оның тербеліс периодына тең: $T_{\text{айн}} = T_{\text{тер}} = T$.

Конустық маятниктің айналу периоды жүк сызатын шеңбердің ұзындығын сызықтық жылдамдыққа бөлгенге тең:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \tag{30.1}$$

Ал маятник вертикаль күйінен шамалы ғана ауытқитын болса, амплитуда аз болғанда қорытқы күш шеңбердің BC радиусы бойымен бағытталады деп есептеуге болады. Бұл жағдайда қорытқы күш центрге тартқыш күшке тең:

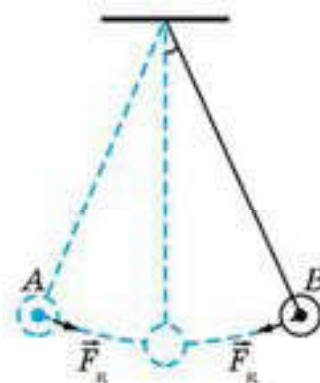
$$F_x = \frac{mv^2}{R} \tag{30.2}$$

Екінші жағынан, OBC және BDE үшбұрыштарының ұқсастығынан $BE : BD = CB : OC$ немесе $F_x : mg = R : l$, бұдан

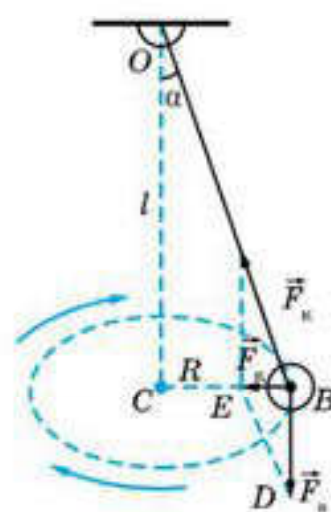
$$F_x = \frac{mgR}{l} \tag{30.3}$$

F_x күшінің (30.2) және (30.3) өрнектерін теңестіре отырып алатынымыз:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{mgR}{l}; \quad v^2 = \frac{gR^2}{l}; \quad v = R\sqrt{\frac{g}{l}}$$



30.2-сурет

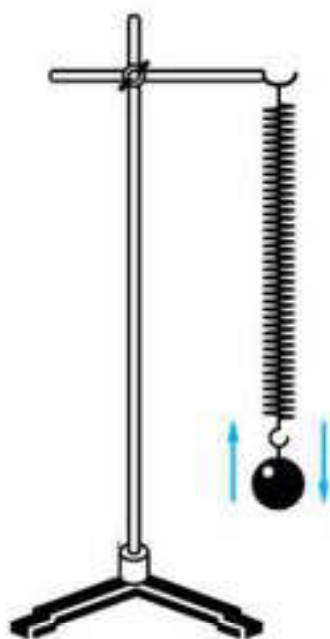


30.3-сурет

Осыны T периодтын өрнегіне қойып, мынаны табамыз:

$$T = \frac{2\pi R}{R\sqrt{\frac{g}{l}}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}};$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (30.4)$$



30.4-сурет

Сөйтіп, *математикалық маятниктің тербеліс периоды g еркін түсу үдеуі мен маятниктің l ұзындығына ғана тәуелді болады*. Алынған формула маятниктің тербеліс периоды оның массасы мен тербеліс амплитудасына (ол өте аз болғанда) емес, тек маятниктің l ұзындығы мен g еркін түсу үдеуіне ғана тәуелді болатынын көрсетеді.

Біз есептеулер арқылы ілгеріректе бақылаулар бойынша тағайындалған негізгі заңдарды алдық.

Енді серіппеге ілінген жүктің тербелісін қарастырайық (30.4-сурет). Мұндай қарапайым тербелмелі жүйені *серіппелі маятник* деп атайды. Егер серіппе l ұзындыққа созылса немесе сығылса, онда денені тепе-теңдік күйіне қайтаратын F күші туындайды. Ұзару шамасы $x = l - l_0$ азғантай болған кезде бұл күш серіппенің ұзаруына пропорционал, яғни Гук заңы бойынша

$$F = -kx.$$

Ньютонның екінші заңын пайдалансақ, дененің қозғалыс теңдеуі былай жазылады:

$$ma = -kx, \quad (30.5)$$

бұдан

$$a = \frac{-kx}{m}. \quad (30.6)$$

Ығысу шамасы x неғұрлым үлкен болса, a үдеуі де соғұрлым үлкен, яғни ең үлкен ығысуға ең үлкен үдеу сәйкес келеді.

Егер гармониялық тербелістер жиілігі 1 с ішіндегі тербелістер санын көрсететін болса, циклдік жиілік ω маятниктің 2π секундтағы тербелістер санына тең, яғни $\omega = \frac{2\pi}{T}$ және $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ескерсек, бұдан:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}.$$

Серіппелі маятниктің *тербеліс периоды* мынаған тең:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (30.7)$$

Алынған нәтиже серпімділік күші әсерінен болатын тербелістің периоды амплитудаға тәуелді болмайтынын көрсетеді. Сонымен, *серіппелі маятниктің тербеліс периоды тек жүк массасы мен серіппенің қатаңдығына тәуелді*.



1. Математикалық маятник деп нені айтады?
2. Математикалық маятниктің тербеліс периоды неге тәуелді?
3. Маятник қай жерлерде пайдаланылады?
4. Серпімділік күші әсер еткен дененің тербеліс периоды неге тәуелді?
5. Маятникті құралдар арқылы жер астындағы пайдалы қазбалар қорын қалай табады?



Серіппеге ілінген жүктің тербеліс периоды серіппенің k қатаңдығы мен жүктің m массасына тәуелді болатынына тәжірибе жасап көз жеткізіндер. Серіппенің қатаңдығын бірдей екі серіппені тізбектей ($k/2$) немесе параллель ($2k$) жалғай отырып өзгертуге болады.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР

Әртүрлі маятниктер тербелісінің периодын есептеу

Жұмысты орындау үшін тербеліс периоды ұғымын, математикалық және серіппелі маятниктер периодының формулаларын білу керек; тербеліс периодын есептеу арқылы және эксперименттік тәсілмен анықтай алу қажет.

Мақсаты : әртүрлі маятниктер тербелісінің периодын есептеу арқылы және эксперименттік тәсілмен анықтау.

Қажетті құралдар : штатив, сызғыш, қатаңдығы әртүрлі серіппелер, жүктер жиынтығы, жіп, секундомер.

Теория : тербеліс периоды (T) — бұл толық бір тербеліс жасалатын уақыт.

1-тапсырма. Математикалық маятниктің тербеліс периодын теориялық жолмен есептеп және эксперимент арқылы анықтап, 30.2-кестені толтырындар. Теориялық есептеуде 30.1-кестедегі мәліметтерді колданындар.

30.1 -кесте

Математикалық және серіппелі маятниктердің формулалары мен өлшем бірліктері

Формула	Физикалық шамалар	Өлшем бірліктері
1	2	3
Математикалық маятник		
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	T — период l — жіптің ұзындығы g — еркін түсу үдеуі	T — (с) l — (м) g — (м/с ²)

Серіппелі маятник		
1	2	3
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	T — период m — жүктің массасы k — серіппенің қатандығы	T — (с) m — (кг) k — (Н/м)

2-тапсырма. Серіппелі маятниктің тербеліс периоды теориялық жолмен есептеп және эксперимент арқылы анықтап, 30.3-кестені толтырындар. Теориялық есептеуде 30.1-кестедегі мәліметтерді қолданындар.

30.2- кесте

Математикалық маятниктің тербеліс периоды өлшеу нәтижелері

№	l , см	g , м/с ²	T есептеу арқылы алынған	t , с	n	$T = t/n$ эксперименттік тәсілмен алынған
1	30					
2	20					
3	10					

30.3- кесте

Серіппелі маятниктің тербеліс периоды өлшеу нәтижелері

№	m , г	k , Н/м	T есептеу арқылы алынған	t , с	n	$T = t/n$ эксперименттік тәсілмен алынған
1	30 г					
2	20 г					
3	10 г					

Орындалған жұмыстар туралы қорытынды жасаңдар.



25-жаттығу

1. Ұзындығы 1 м болатын математикалық маятниктің тербеліс периоды есептеңдер.
2. Периоды 1 с болатын математикалық маятниктің ұзындығы қандай?
- 3. Серіппелі маятниктің тербеліс периоды 2 есе азайту үшін оның ұзындығын неше есе қысқарту керек?
- 4. Ай бетіндегі ұзындығы 1 м математикалық маятниктің тербеліс периоды қандай? Айдағы еркін түсу үдеуі 1,62 м/с².
- *5. Серіппеге ілінген массасы 1 кг дене периоды 1 с болатын тербелістер жасайды. Осы серіппеге ілінген массасы 4 кг дененің тербеліс периоды қандай?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 31. ЕРКІН ЖӘНЕ ЕРІКСІЗ ТЕРБЕЛІСТЕР. РЕЗОНАНС

Тірек ұғымдар:

- ✓ еркін тербелістер
- ✓ еріксіз тербелістер
- ✓ өшетін тербелістер
- ✓ резонанс

Бүгінгі сабақта:

- еркін және еріксіз тербелістердің мысалдарымен танысасыздар;
- тәжірибелік әдіспен тербеліс амплитудасын, периоды мен жиілігін анықтауды, еріксіз тербеліс амплитудасының мәжбүрлеуші күштің жиілігіне тәуелділік графигін талдауды;
- формулаларды қолданып, периодты, жиілік пен циклдік жиілікті есептеп шығаруды, резонанс құбылысын түсіндіруді үйренесіздер.

Мұны білесіңдер

Біз қозғалысын қарастырып отырған денелер тобын механикада *денелер жүйесі* немесе жай ғана *жүйе* деп атайды. Жүйеге енетін денелер арасындағы әсер ететін күштерді *ішкі күштер*, ал жүйеге енбейтін денелер тарапынан жүйе денелеріне әсер ететін күштерді *сыртқы күштер* дейді.

Еркін тербелістер. Тербелістердің ең қарапайым түрі — жүйе тепе-теңдік күйінен ауытқығаннан кейін ішкі күштердің әсерінен пайда болатын тербелістер. Ондай тербелістер *еркін тербелістерге* жатады.

Еркін тербелістер деп дене тепе-теңдік күйінен шығарылғаннан соң сыртқы күштің әсерінсіз болатын тербелістерді айтады. Серіппеге бекітілген жүктің не жіпке ілінген жүктің тербелістері еркін тербелістерге мысал бола алады. Алдыңғы тақырыпта алынған тербеліс периодының формулалары осы еркін тербелістерге қатысты.

Еркін тербелістердің жиілігін жүйенің *меншікті тербеліс жиілігі* немесе *меншікті жиілік* деп те атайды. Тербелістің меншікті жиілігі тербелмелі жүйенің қасиеттеріне, яғни серіппелі маятникте дененің массасы мен серіппенің катандығына, ал математикалық маятникте оның ұзындығына байланысты анықталады.

Демек, серіппелі және математикалық маятниктер еркін тербелістер жасайды. Мұндай тербелістер табиғатта көптеп кездеседі.

Маятниктердің тербелістерімен танысқаннан кейін бізге енді дене қандай жағдайда еркін тербелістер жасайтынын ұғыну қиын

емес. *Біріншіден*, тербелмелі жүйеде біріне-бірі ұқсас күштер әсер етуі керек. Серіппелі маятникте бұл — серпімділік күші. Оның координаталар осіне түсірілген проекциясы ($F_x = -kx$) серіппенің деформациясына, яғни дененің ығысуына пропорционал болады. Бұл күш тербелген дененің тепе-теңдік күйіне қарай бағытталған. Жіпті маятникте бұл — ауырлық күші мен серпімділік күшіне тең әсерлі күш. Оның проекциясы ($F_x = -\frac{mg}{l}x$) да дененің ығысуына пропорционал және бұл күш те тепе-теңдік күйіне қарай бағытталған. *Екіншіден*, жүйедегі үйкеліс мейлінше аз болуы керек, олай болмаған жағдайда тербеліс тез өшіп қалады. Себебі үйкеліс күші қозғалысқа қарсы бағытталғандықтан, оның әсерінен теріс жұмыс өндіріледі де, механикалық энергия азаяды. Энергияның азаюымен амплитуда кемиді де, тербеліс өшеді. Өшетін тербелістерді гармониялық тербелістер деп есептеуге болмайды, өйткені гармониялық тербелістерде амплитуда тұрақты.

Есте сақта!

Еркін тербелістер ерте ме, кеш пе, әйтеуір бір тоқтайды. Тербелісті өшпейтін ету үшін үйкелісті жеңуге кететін энергияны толықтырып отыру қажет.

Еріксіз тербелістер. Тербелмелі жүйенің энергиясын оған сыртқы периодты түрде өзгеріп отыратын күшпен әсер ету арқылы толықтыруға болады.

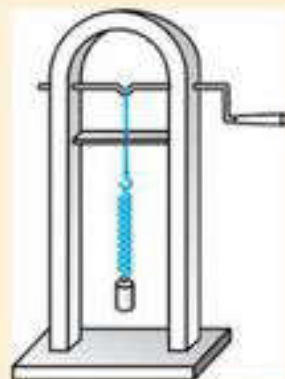
Жүйенің энергиясы осы сыртқы күш жұмысының есебінен толығыады. Бұл жағдайда тербелістер енді еркін емес, *еріксіз* болады. Осы тербелістерді тудырушы периодты түрде өзгеріп отыратын күш *мәжбүр етуші* күш деп аталады. Сонымен, *еріксіз тербелістер дегеніміз* — *сыртқы периодты күштің әсерінен болатын тербелістер.*

Периодты түрде қайталанып отыратын күштер тіпті өздері тербелмелі жүйеге жатпайтын денелердің де периодты қозғалысын тудырады. Мысал үшін есіктің периодты түрде ашылып-жабылуын немесе тігін машинасы інесінің қозғалысын еске түсірейік. Бұл кезде периодты өзгеріп отыратын күш әсерінен болатын қозғалыстың (тербелістің) периоды сол күштің периодына тең болатынын байқау қиын емес.

Ал енді периодты күштің тербелмелі жүйеге әсер ететін жағдайын қарастырайық. Тербелмелі жүйенің өзінің де меншікті тербеліс периоды болады емес пе, ал күш басқа бір периодпен өзгеруі мүмкін. Сонда қозғалыс периоды қандай болмақ?



Тербелмелі жүйе ретінде серіппеге бекітілген жүкті алып, осы серіппелі маятникті гармониялық тербелістер алуға арналған механизмнің (31.1-сурет) жібіне ілеміз. Тұтқаны бірқалыпты айналдыра бастасақ, жүктің қозғалысы алғашқыда күрделі болады. Бірақ бірнеше айналымнан кейін біз жүктің қозғалысы дұрыс периодты тербелістерге айналғанын көреміз. Бұл кезде біз тұтқаны қандай жылдамдықпен айналдырсақ та, жүктің орныққан тербелісі тұтқаның айналу периодына тең периодпен жүзеге асады.



31.1-сурет

Бұдан мынадай қорытынды жасауға болады:

1. Периодты түрде өзгертін күш әсер ететін тербелмелі жүйеде периодты қозғалыс орнығады. Мұндай қозғалысты *еріксіз тербелістер* деп атайды.

2. *Еріксіз тербелістердің периоды мәжбүр етуші күштің периодына тең.*

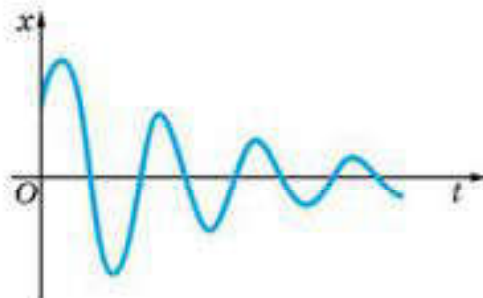
Жоғарыда энергияның шығыны болуына байланысты еркін тербелістердің біртіндеп өшетінін көрдік. Ал еріксіз тербелістер болса, үйкелістің болғанына карамастан, мәжбүр етуші күштің әсері бар болған кезде периодты болып табылады. Бұл еріксіз тербелістер кезінде үйкеліске шығын болған энергия жүйеге әсер етуші периодты күш жұмысының есебінен үнемі толығып отыратындығымен түсіндіріледі.

Өшетін тербелістер. Ал еркін тербелістер кезінде жүйеге тек қозғалыстың алғашқы сәтінде ғана энергия қоры беріледі де, қозғалыс осы энергия қоры түгел таусылғанша ғана жалғасады.

Нақты жағдайларда механикалық тербелістер амплитудасы біртіндеп азаяды да, біраз уақыттан соң тербеліс тоқтайды. Міне, осындай *уақыт өткен сайын амплитудасы азайып отыратын тербелістер өшетін тербелістер* деп аталады.

31.2-суретте өшетін тербелістер кезіндегі дене координатасының уақытқа тәуелділік графигі кескінделген.

Бұл жағдайда үйкеліс күшінің әсерінен механикалық энергия дененің ішкі энергиясына айналады. Тербеліс үйкеліс немесе кедергі күштері жоқ кезде ғана гармониялық болады, яғни өшпейді. Алайда тербелмелі қозғалыс



31.2-сурет

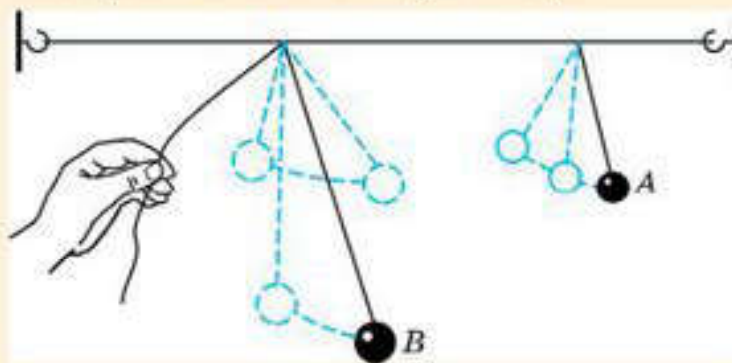
зандылықтарын зерттеуді жеңілдету үшін көп жағдайда үйкелісті ескермейді.

Резонанс. Орныққан еріксіз тербелістердің жиілігі қашанда сыртқы күштің жиілігіне тең. Енді осы еріксіз тербелістер амплитудасының жиілікке қалай тәуелді екенін айқындайық.



Керілген жіпке екі маятник ілеміз. Мұндағы *A* маятнігінің ұзындығы өзгермейді. Ал *B* маятнігінің ұзындығын жіптің бос ұшын әрлі-берлі қозғай отырып өзгертуге болады (31.3-сурет). Егер маятникті тербеліске келтірсек, онда ол керілген жіп арқылы *A* маятникке қайсыбір периодты күшпен әсер етеді. Соның салдарынан енді *A* маятник те еріксіз тербеле бастайды.

B маятниктің ұзындығын азайта отырып, оның тербеліс жиілігін өзгертуге болады. Сөйтіп, *A* маятникке әсер ететін мәжбүр етуші күштің жиілігін өзгертеміз. Сонда осы мәжбүр етуші күштің жиілігі *A* маятник тербелісінің меншікті жиілігіне жақындағанда (маятниктердің ұзындықтары теңелгенде) *A* маятниктің тербеліс амплитудасы кенет артып кететінін байқауға болады.



31.3-сурет

Міне, осы мәжбүр етуші күштің тербеліс жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі дәл келген кездегі еріксіз тербелістер амплитудасының кенет арту құбылысы **резонанс** деп аталады.

Резонанс құбылысымен қай-қайсымыз да жиі ұшырасамыз. Бірақ көбінесе оған мән бермейміз. Мысалы, үйдің тұсынан трамвай, трактор, пойыз, жүк машинасы өте шыққан кезде терезенің әйнегі дірілдеп, шыныаяқтар сылдырлайды. Өйткені сыртқы тербелістер жиілігі үйдегі денелердің меншікті жиілігімен сәйкес келеді де, соның салдарынан резонанс құбылысы пайда болады.

Есте сақта!

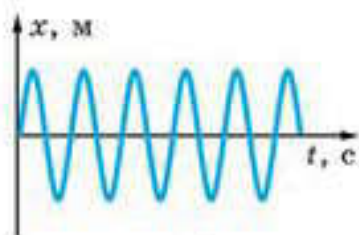
Резонанс пайдалы да, зиянды да болуы, ал кейде тіпті қауіпті болуы мүмкін.

Резонанс пайдалы болған кезде оны арттыруға тырысады. Мысалы, жол құрылысында, үйдің іргетасын күйғанда, бетонды немесе құрылысқа қажетті басқа заттарды тығыздау үшін арнайы вибратор

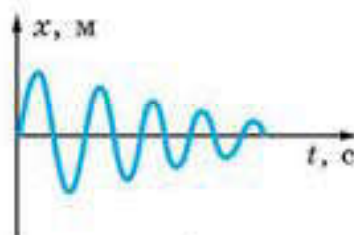
(дірілдеткіш) және тығыздағыш құралдар пайдаланылады. Ал зиянды болғанда резонансты болдырмау үшін әртүрлі шаралар қолданылады. Мысалы, электрқозғалтқыштар, бу және газ турбиналарының табаны іргетасқа бекітілсе, олардың тербелісі біртұтас еден арқылы машина орналасқан үйге беріледі. Соның салдарынан іргетастың еріксіз тербелістерінің амплитудасы үлкен мәнге жетіп, нәпжесінде үйдің құлауы да мүмкін. Мұндай жағдайларда тербелістердің меншікті жиілігі сыртқы күштің жиілігімен дәл келмейтіндей ету керек.



1. Еркін тербелістер деп қандай тербелістерді айтады?
2. Еркін тербелістер неліктен өшеді?
3. Үйкеліс күші тербеліс амплитудасына қалай әсер етеді?
4. Неліктен өшетін тербелістерді гармониялық тербелістер деп атауға болмайды?
5. Тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі қалай анықталады?
6. Еріксіз тербелістер деген не?
7. Еріксіз тербелістердің жиілігі қандай болады?
8. Еріксіз тербелістердің амплитудасы жиілікке қалай тәуелді?
- 9. Графиктері 31.4-суретте кескінделген тербелістердің бір-бірінен айырмашылығы неде?



a)



б)

31.4-сурет

- 10. Өшетін тербеліске мысалдар келтіріңдер.
- 11. Қандай құбылысты резонанс деп атайды?
- 12. Резонансты пайдалануға мысал келтіріңдер.
- *13. Резонанстың зиянды әсеріне мысал келтіріңдер және оны жою әдістерін сипаттаңдар.



1. Секундтық тілі бар сағаттың көмегімен әткеншектің тербеліс периодын анықтаңдар. Әткеншектің тербеліс периодын әуелі онда кішкентай бұлдіршін отырған жағдай үшін, одан кейін жасөспірім бала отырған жағдай үшін анықтаңдар. Тербеліс периодтарының алынған мәндерін салыстырыңдар.

2. Қолдарыңда бар резеңке жіптің қатаңдық коэффициентін анықтаңдар. Өздеріңе белгілі формула бойынша резеңке жіпке ілінген массасы белгілі жүктің тербеліс периодын есептеңдер. Содан кейін осы маятниктің тербеліс периодын анықтауға арналған тәжірибе жасаңдар да, алынған нәтижені есептеуде алынған мәндермен салыстырыңдар.



26-жаттығу

1. Массасы 100 г жүк жиілігі 2 Гц болатын тербеліс жасайды. Серіппенің k қатаңдығын табыңдар.
2. Маятникті Жерден Айға апарса, оның тербеліс периоды қалай өзгереді? Айдың массасы Жер массасынан 81 есе кем, ал Жер радиусы Ай радиусынан 3,7 есе үлкен.
- *3. Қатаңдығы 16 Н/м серіппеге ілінген массасы 200 г дене горизонталь жазықтықта 2 см амплитудамен тербеледі. Дене тербелісінің циклдік жиілігін және жүйенің энергиясын анықтаңдар.

Осы тақырыпта негізгі менгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§32. ЕРКІН ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР

Тірек ұғымдар:

- ✓ электромагниттік тербелістер
- ✓ тербелмелі контур
- ✓ еркін электромагниттік тербелістер
- ✓ электрондық осциллограф
- ✓ тербелмелі контурдағы еркін электромагниттік тербелістер периоды

Бүгінгі сабақта:

- тербелмелі контурдағы құбылыстармен танысасыңдар;
- тербелмелі контурдағы еркін электромагниттік тербелістерді сапалық түрде сипаттауды;
- Томсон формуласын есептер шығару кезінде қолдануды үйренесіңдер.

Электромагниттік тербелістердің ашылуы күтпеген жағдайда болды. Ғалымдар қарапайым конденсаторды ойлап тауып, оған электростатикалық машинаның көмегімен үлкен заряд беруді үйренгеннен кейін оның электр зарядын бақылай бастады. Сендер 8-сыныпта қарапайым конденсатор — Лейден банкасымен танысқан болатысыңдар. Лейден банкасының астарларын сымнан жасалған катушка арқылы тұйықтағанда катушка ішіндегі болат шыбықтың магниттелгені байқалды. Мұнда таңғаларлықтай ешнәрсе жоқ еді, электр тогы катушканың болат өзекшесін магниттеуге тиіс. Таңғалдырғаны — магниттелген катушка өзекшесінің қай ұшы солтүстік

полюс, ал қай ұшы оңтүстік полюс болатынын анықтаудың қиынға соққаны. Тәжірибені шамамен бірдей жағдайларда қайталағанда оның әрқайсысында әртүрлі нәтиже алынды.

Ғалымдар конденсаторды катушка арқылы разрядтағанда тербеліс пайда болатынын бірден түсінбеді. Разрядталу уақыты ішінде конденсатор бірнеше қайтара зарядталып үлгереді де, ток бағытын сан рет өзгертеді.

Өзекшенің түрліше магниттеле алатыны және оның полюстерінің алма-кезек орын ауыстыруы да осыдан.

Сонымен, конденсатордың разрядталуы кезінде *заряд, ток, кернеу, электр және магнит өрістері* периодты түрде өзгеріп отырады. *Аталған шамалардың периодты түрде өзгеріп отыруын электромагниттік тербелістер* деп атайды. Электромагниттік тербелістер тудыру — денені серіппеге іле салып, тербелтіп жіберу сияқты қарапайым нәрсе. Бірақ электромагниттік тербелістерді бақылау оңай емес. Өйткені біз конденсатордың қайта зарядталуын да, катушкадағы токты да тікелей көре алмаймыз. Оның үстіне, әдетте, тербеліс өте үлкен жиілікпен өтеді.

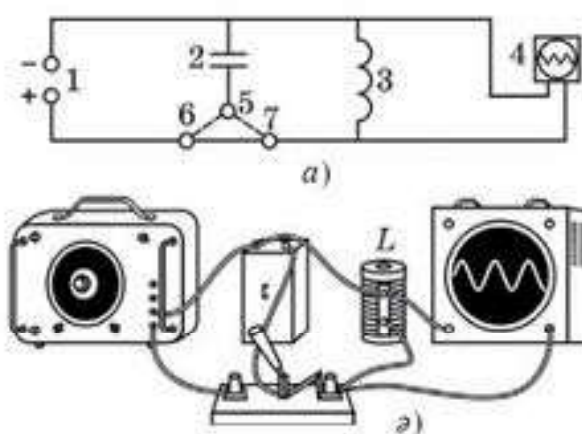
Электромагниттік тербелістерді бақылау үшін ең ыңғайлы құрал — *электрондық осциллограф*.

Электромагниттік тербелістер конденсаторлар батареясынан және индуктивтік катушкадан тұратын электр тізбегінде пайда болады. 32.1, *а*-суретте осындай тізбек көрсетілген.

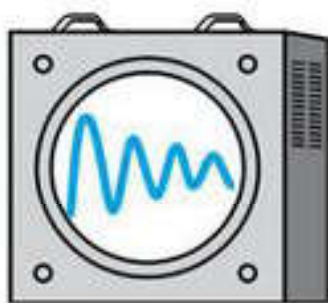
Электромагниттік тербелістер алуға болатын, тізбектей жалғанған конденсатор мен катушкадан тұратын тізбек *тербелмелі контур* деп аталады.

Мұндай қондырғы ток көзінен (1), конденсаторлар батареясынан (2), индуктивтік катушкадан (3), электрондық осциллографтан (4) және ауыстырып-қосқыштан (кілттен) (5) тұрады. Кілтті ауыстырып және әртүрлі конденсаторды қоса отырып, батареяның C сыйымдылығын өзгертіп отыруға болады. 32.1, *ә*-суретте осы қондырғының сызбасы берілген. Орам санын көбейтіп не азайтып немесе катушкаға болат өзекшені енгізе отырып, катушканың L индуктивтілігін де өзгертуге болады.

Ауыстырып-қосқыш кілтті солға бұрғанда (6), конденсатор ток көзіне қосылады да, оның



32.1-сурет



32.2-сурет

астарларына электр заряды жинала бастайды, яғни конденсатор зарядталады. Кілтті оңға бұрғанда (7) ток көзі ажыратылады, ал конденсатор қысқыштарына катушка орамдары қосылады. Конденсатор енді катушка арқылы разрядтала бастайды да, орамдардан электр тогы жүреді.

Тербелмелі контурда алма-кезек өзгеріп отыратын мұндай процестерді осциллограф экранынан көре аламыз. Идеал жағдайда, яғни контурдың электр кедергісі нөлге тең немесе оған жуық болса, онда осциллограф экранынан *еркін электромагниттік тербелісті* көре аламыз (32.1, а-сурет). Ал контурдың электр кедергісі үлкен болса, осциллограф экранында *өшетін тербелістер осциллограммасы* пайда болады (32.2-сурет).

Қондырғыдағы конденсатордың электрсыйымдылығын арттырғанда осциллограмманың горизонталь бағытта созылатынын байқауға болады. Сөйтіп, тербелмелі контурдың сыйымдылығы артқан сайын электромагниттік тербелістер периоды артады (жиілік соған сәйкес кемиді). Сыйымдылық азайғанда тербелістер периоды азаяды, ал жиілік артады.

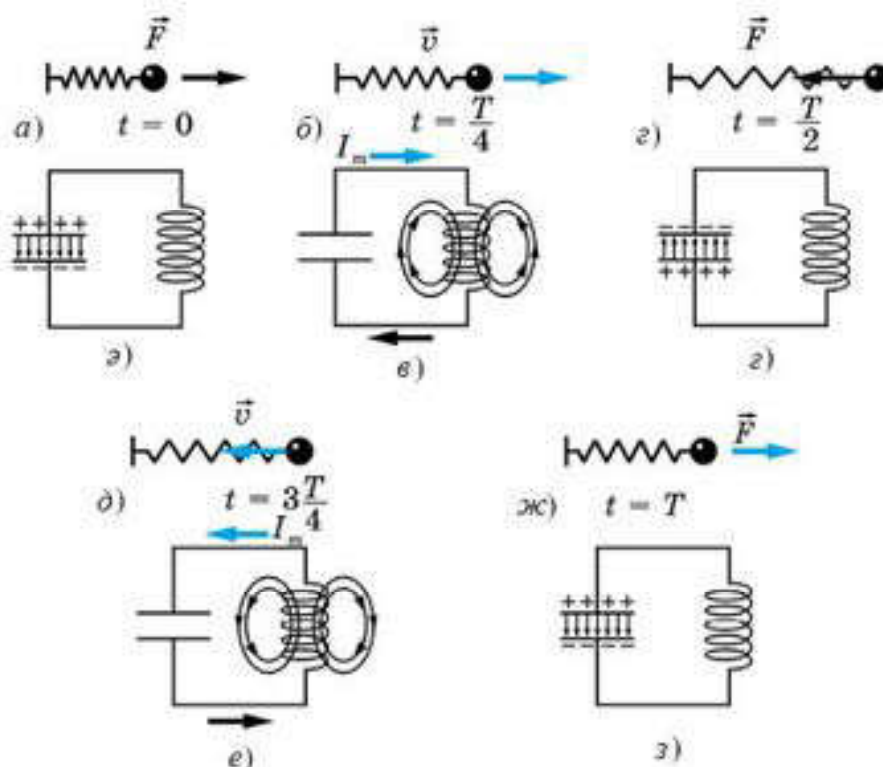
Контурдың индуктивтілігі өзгерген кезде де дәл осындай нәтиже алынады. Физикалық шамалар — индуктивтілік пен сыйымдылық сендерге 8-сыныптан таныс. Индуктивтілік артқанда тербелістер периоды артады; индуктивтілік азайғанда период та азаяды. Бұл нәтиже серіппелі маятниктегі жүк массасы мен серіппе қатандығы өзгергендегі тербелістер периодының өзгерісіне ұқсас.

Тербелмелі контурдағы еркін электромагниттік тербелістердің периоды контурдағы катушканың индуктивтілігі (L) мен конденсатордың сыйымдылығы (C) арқылы мына формуламен өрнектеледі :

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Бұл формуланы 1853 жылы ағылшын физигі У. Томсон қорытып шығарған еді. Сол себепті ол *Томсон формуласы* деп аталады. Мұндағы T период секундпен (с) алынуы үшін L индуктивтілікті генримен (Гн), ал C сыйымдылықты фарадпен (Ф) өрнектеу қабилданған.

Тербелмелі контурдағы құбылыстар серіппелі маятниктегі құбылыстарға ұқсас. Шынында да, серіппелі маятникте тербелістер пайда болуы үшін серіппеге потенциалдық энергия беріп, оны деформациялау (сығу) керек (32.3, а-сурет). Осыған ұқсас,



32.3-сурет. Тербелмелі контурдағы құбылыстар

тербелмелі контурда тербелістер пайда болуы үшін конденсаторды зарядтау керек, сол кезде онда электр өрісінің энергиясы пайда болады (32.3, а-сурет).

Шпрек периодтан соң серіппенің деформациясы жойылады, ал жүк ең үлкен жылдамдықпен тепе-теңдік күйінен ауытқиды. Бұл кезде серіппенің потенциалдық энергиясы жүктің кинетикалық энергиясына айналады (32.3, б-сурет).

Дәл осылай шпрек периодтан кейін конденсатор разрядталады да, катушка орамдары арқылы электр тогы ең үлкен күшпен ағады. Конденсатордың электр өрісінің энергиясы катушканың магнит өрісінің энергиясына айналады (32.3, в-сурет). Әрі қарай жүк өз қозғалысын жалғастыра отырып, серіппені созады да, жарты периодтың аяғында жүктің кинетикалық энергиясы қайтадан серіппенің потенциалдық энергиясына айналады (32.3, г-сурет). Дәл осылай электр зарядтары магнит өрісінің энергиясы есебінен конденсатор астарларына жинақтала бастайды да, жарты периодтың соңына қарай катушканың магнит өрісінің энергиясы конденсатордың электр өрісінің энергиясына айналады (32.3, ж-сурет). Осы процесс қайталанып, периодтың соңында жүйе бастапқы калпына қайта оралады (32.3, д, е, ж, з-суреттер).

Сонымен, қорыта айтқанда, конденсатор мен индуктивтік катушкадан тұратын тізбекке конденсатордың алма-кезек разрядталуы кезінде электромагниттік тербелістер пайда болады.

Есте сақта!

Үйкелістің әсерінен еркін механикалық тербелістер өшеді. Дәл сол сияқты еркін электромагниттік тербелістер де өткізгіштердің кедергісінің әсерінен өшеді. Оны осциллограммадан айқын көруге болады.



1. Тербелмелі контур дегеніміз не? Сызбасын сызыңдар.
2. Тербелмелі контурда еркін тербелістер пайда болу үшін не істеу керек?
- 3. Еркін электромагниттік тербелістер неліктен өшеді?
- 4. Конденсатор сыйымдылығының өзгеруі контурдағы еркін тербелістер периодына қалай әсер етеді?
- 5. Катушка индуктивтілігінің өзгеруі контурдағы еркін тербелістер периодына қалай әсер етеді? Бұл кезде жиілік қалай өзгереді?
6. Тербелмелі контурдағы еркін тербелістер периоды қандай формуламен өрнектеледі? Оған енетін шамалардың өлшем бірліктері қандай?

Есеп шығару мысалы

Сыйымдылық 2 мкФ болған кезде 1000 Гц жиілік алу үшін тербелмелі контурға қандай индуктивтілік қосу керек?

Берілгені :

$$C = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$\nu = 1000 \text{ Гц}$$

$$L = ?$$

Шешуі. Контурдағы электромагниттік тербелістер периоды Томсон формуласы бойынша анықталады:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (32.1)$$

Тербеліс жиілігі

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (32.2)$$

болғандықтан, (32.1) мен (32.2) өрнектерден

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (32.3)$$

шығады. Осы (32.3) теңдеудің екі бөлігін де квадраттап,

$$\nu^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

аламыз, бұдан контурдың индуктивтілігі

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C}.$$

$$L = \frac{1}{4(3,14)^2 \cdot (1000 \text{ Гц})^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 12,66 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 12,66 \text{ мГн}.$$

Жауабы : 12,66 мГн.



27-жаттығу

1. Тербелмелі контур сыйымдылығы 250 пФ конденсатордан және индуктивтілігі 10 мГн катушкадан тұрады. Еркін тербелістердің периоды мен жиілігін анықтаңдар.
2. Индуктивтілігі 1,3 мГн катушканы пайдаланып жиілігі 3 мГц болатын тербелмелі контурды жинау үшін конденсатордың сыйымдылығы қандай болуы керек?
- 3. Баяу электромагниттік тербелістерді көрсету үшін сыйымдылығы 2,5 мкФ конденсатор алынып, тербелмелі контур жиналады. Период 0,2 с болған кезде катушканың индуктивтілігі қандай болуы тиіс?

Осы тақырыпта негізгі мәліметтеріңізді?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 33. ТОЛҚЫНДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС

Тірек ұғымдар:

- ✓ толқын
- ✓ көлденең толқындар
- ✓ бойлық толқындар
- ✓ толқын ұзындығы
- ✓ толқынның таралу жылдамдығы

Бүгінгі сабақта:

- толқындық қозғалыстың негізгі сипаттамаларымен танысасыздар.

Біз өмір сүріп отырған әлем әртүрлі толқындарға толы, мысалы: теңіздер мен мұхиттың бетіндегі толқындар, түрлі дыбыстар, жарық толқындары, радиотолқындар, айнымалы ток т.б. Өзен жағасында демалып отырып, оған тас лақтырып ойнаған болсаңдар, тас түскен судың бетінде толқындар тарап жатқанына сүйсіне караған шығарсындар, бұл — *механикалық толқын* (33.1-сурет). Жаңбырлы күнгі аспаннан алдымен найзағай жарқылын көріп, сәл кейін күннің күркіреуін естиміз (33.2-сурет). Бұл жерде электромагниттік (жарық) және механикалық (дыбыс) толқындарды бақылаймыз.

Біз толқындардың көмегімен қоршаған орта туралы ақпараттар аламыз: әңгімелесеміз, телефонмен сөйлесеміз, әртүрлі гаджеттерді пайдаланамыз, телевизор көреміз т.б. Осы әрекеттеріміз кезінде



33.1-сурет. Судың бетіндегі толқындар



33.2-сурет. Күннің күркіреуі

кандай процестер жүріп жатыр, қолданып жүрген телефондарымыз қалай жұмыс істейді деп ойланып көріңдерші.

Толқындардың табиғаты әртүрлі болуы мүмкін, бірақ олардың таралу заңдылықтары бірдей. Сондықтан біз алдымен толқындық қозғалыстың жалпы сипаттамаларын қарастырамыз.

Тербелістердің ортада таралу процесі толқын деп аталады.

Осы анықтамадан толқын ұғымы тербелістермен тығыз байланысты екенін көруге болады. Алдымен ортада механикалық тербелістердің таралуын қарастырайық. Толқын таралып жатқан зат тұтас орта деп қарастырылады. Осы ортаның кішкене бөлігін бөлшек деп алып, оны материялық нүкте деп есептейді. Бірақ бұл бөлшектің өлшемдері молекулааралық арақашықтықтан әлдеқайда үлкен. Ортаның бөлшектері өзара байланысқан, олар өзара әсерлеседі.

Егер ортаның қандай да бір нүктесінде тербеліс туындайтын болса, оның бөлшектерінің өзара әсері арқылы тербеліс бір нүктеден екінші нүктеге шекті жылдамдықпен беріледі. Мысалы, тас суға түскенде судың оған жақын қабаттарында ұйтқу пайда болады. Ол судың ішінде шекті жылдамдықпен бір нүктеден екінші нүктеге беріліп, нәтижесінде су бетінде концентрлік дөңгелектер түрінде толқын таралады (33.1-сурет). Егер су бетінде кішкене қағаз қиындысы немесе ағаш жапырағы болса, сол жерге толқын келіп жеткенде жапырақ өз орнында тербеліп тұрғанын, оның толқынмен бірге қозғалып кетпегенін көруге болады. Бұдан толқынмен бірге бөлшек тасымалданбайтынына көз жеткіземіз. Ортаның әрбір бөлшегі өз орнында, яғни тепе-теңдік орнының маңында тербеліп тұрады, ал бөлшектен бөлшекке тербеліс энергиясы беріледі.

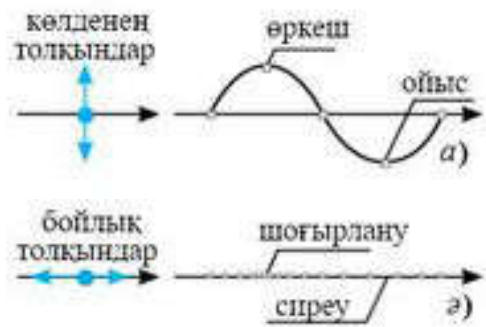
Есте сақта!

Толқын таралғанда зат тасымалы болмайды, толқынмен бірге тербеліс энергиясы таралады.

Көлденең және бойлық толқындар.

Егер ортаның бөлшектерінің тербеліс бағыты толқынның таралу бағытына перпендикуляр болса (33.3, а-сурет), бұл *көлденең* толқындар деп аталады.

Егер ортаның бөлшектері толқынның таралу бағытының бойымен тербеліп тұрса, толқын *бойлық* (33.3, ә-сурет) деп аталады.



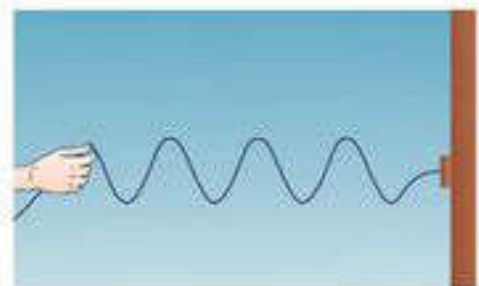
33.3-сурет

Бойлық толқындар серпімді ортада шоғырлану немесе сиреу нәтижесінде серпімділік күштері пайда болғанда таралады. Олар қатты денелерде, сұйықтарда, газдарда таралады, бұл кезде ортада алма-кезек ауысып отыратын шоғырлану мен сиреу аймақтары пайда болады (33.4, а-сурет). Толқынның таралу бағытында дәл осы шоғырланулар мен сиреулер таралады, ал бөлшектердің өздері тепе-теңдік орындарының маңында тербеліп тұрады. Механикалық бойлық толқындардың бір мысалы — *дыбыс*.

Механикалық көлденең толқындар заттың параллель кабаттары бір-бірімен салыстырғанда ығысатын кезде, ығысу деформациясының нәтижесінде серпімділік күштері пайда болатын орталарда таралады. Олай болса, көлденең механикалық толқындар тек қатты денелерде таралады. Сендер сұйықтар мен газдар пішінін сақтамайтынын, оларда ығысу деформациясы кезінде серпімділік күштері пайда болмайтынын білесіңдер, сондықтан оларда көлденең толқындар таралмайды. Көлденең механикалық толқындардың мысалы ретінде жіпте немесе сымда таралатын толқындарды қарастыруға болады (33.4, ә-сурет). Сымның қандай да бір кішкене бөлігінің (бөлшектің) тепе-теңдік орнынан жоғары-төмен ығысуы оған көршілес жатқан бөлігіне беріледі, бірақ бұл бөлік алдыңғы бөлікке қарағанда аздап кешірек ығыса бастайды. Ал екінші бөліктің ығысуы тағы да кешірек үшінші бөлікке беріледі, сонымен, сымның бойымен толқын жүреді.



а)



ә)

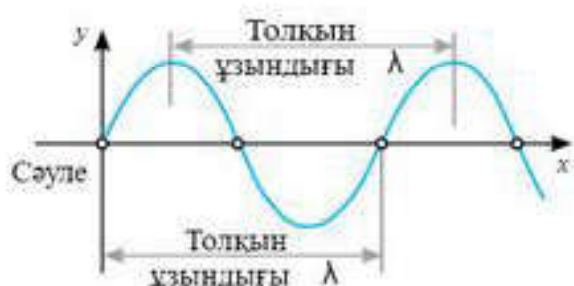
33.4-сурет. а) Серіппенің бойымен таралған бойлық толқындар;

ә) жіптің бойымен таралған көлденең толқындар

Тербелісті сипаттайтын шамалар уақыт өтуімен синусоидалы немесе косинусоидалы заңдылықтар бойынша өзгертін тербелісті *гармониялық тербеліс* деп атайды. Гармониялық толқынның негізгі сипаттамалары: толқын ұзындығы, толқынның таралу жылдамдығы, тербелістердің жиілігі мен периоды болып табылады.

Мұны білесіңдер

Толық бір тербеліс жасауға кеткен уақыт *тербеліс периоды* деп аталады. Уақыт бірлігі ішінде жасалған тербеліс санына тең шама *тербеліс жиілігі* деп аталады.



33.5-сурет

Тербеліс периодына тең уақыт ішінде толқынның таралу қашықтығына тең шама толқын ұзындығы деп аталады.

Гармониялық толқынның таралуын көрнекті түрде кескіндейтін графикті тұрғызайық. Ол үшін y осінің бойына тербеліп тұрған

нүктенің тепе-теңдік орнынан ығысуын, ал x осіне толқынның таралу бағытында тербеліс көзінен қашықтықты салайық (33.5-сурет).

Толқын бір период ішінде толқын ұзындығына тең қашықтыққа таралатындықтан, былай жазуға болады:

$$\lambda = v \cdot T, \quad (33.1)$$

мұндағы λ — толқын ұзындығы, v — толқынның таралу жылдамдығы, T — тербеліс периоды.

Тербелістің периоды мен жиілігінің арасындағы $T = \frac{1}{\nu}$ қатынасты ескере отырып былай жазамыз:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}, \quad (33.2)$$

бұдан толқын жылдамдығы

$$v = \lambda \cdot \nu. \quad (33.3)$$

Толқындық қозғалыстың негізгі сипаттамаларын байланыстыратын (33.1), (33.2) және (33.3) формулалары көлденең толқындар үшін де, бойлық толқындар үшін де дұрыс. Бір ортадан екінші ортаға өткенде тербеліс жиілігі өзгермейді, ал толқын ұзындығы өзгереді.



1. Толқынның анықтамасын беріңдер.
2. Толқындық қозғалысқа мысалдар келтіріңдер.

- 3. Көлденең және бойлық толқындарға анықтама беріңдер. Мысалдар келтіріңдер.
- 4. Бойлық толқындар қандай орталарда таралады?
- 5. Көлденең толқындар қандай орталарда таралады?
- 6. Гармониялық толқын деген не?
- 7. Толқын ұзындығы деп қандай шаманы айтамыз?
- 8. Толқынның ұзындығы, таралу жылдамдығы және тербеліс периоды қалай байланысқан? Осы қатынастарды жазыңдар.
- *9. Гармониялық тербелістердің графигінің гармониялық толқынның таралу графигінен айырмашылығы қандай?



1. "Сейсмикалық толқындар" тақырыбына эссе жазыңдар.
2. Осы тақырыптан алған білімдеріңе сүйене отырып, 33.1-кестені толтырыңдар.

33.1-кесте

Физикалық шама немесе ұғым	Анықтамасы	Формуласы
Толқын		
Толқынның таралу механизмі		
Көлденең толқын		
Бойлық толқын		
Толқын ұзындығы		
Толқынның таралу жылдамдығы		

Есеп шығару мысалы

Механикалық толқын 3 м/с жылдамдықпен таралады. Егер толқын ұзындығы 6 м болса, тербеліс периоды мен жиілігі қандай?

Берілгені :

$$v = 3 \text{ м/с}$$

$$\lambda = 6 \text{ м}$$

$$T = ? \quad \nu = ?$$

Шешуі. Тербеліс периодын табу үшін $\lambda = v \cdot T$ өрнегін қолданамыз, осы өрнектен:

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{6 \text{ м}}{3 \text{ м/с}} = 2 \text{ с.}$$

$$\text{Тербеліс жиілігі: } \nu = 1/T = 0,5 \text{ с}^{-1}.$$

Жауабы: 2 с; 0,5 с⁻¹.



28-жаттығу

1. Толқын 6 м/с жылдамдықпен таралады, тербеліс жиілігі 2 Гц. Толқын ұзындығын анықтаңдар.
2. Көлденең толқынның ұзындығы 0,5 м тең. Үшінші және жетінші өркештердің арақашықтығын табыңдар.
- 3. Теңіздегі толқынның ең жақын екі өркешінің арасы 15 м. Егер толқынның таралу жылдамдығы 6 м/с болса, толқындар қайықтың корпусын қандай жиілікпен соғады?

- *4. Толқын көзінің тербеліс периоды 3 с тең. Бірінші және үшінші толқын өркештерінің арақашықтығы 12 м тең. Толқынның таралу жылдамдығын табыңдар.
- *5. Толқынның бірінші ортада таралу жылдамдығы 6 м/с, ал екінші ортада ол 1,5 м/с артты. Осы кезде толқын ұзындығы қалай өзгереді?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 34. ДЫБЫС. ДЫБЫСТЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ дыбыс толқындары
- ✓ акустика
- ✓ камертон
- ✓ дыбыстың қаттылығы
- ✓ дыбыстың жоғарылығы
- ✓ тембр
- ✓ шу

Бүгінгі сабақта:

- дыбыстың пайда болуымен, таралу шарттарымен және дыбыс толқындарының негізгі сипаттамаларымен танысасыңдар.

Дыбыс тек қана адамдардың өзара сөйлесіп, түсінісу құралы болып қана қоймай, жан-жануарлардың да әртүрлі дыбыстық белгілер арқылы өзара қарым-қатынасқа түсуін қамтамасыз етеді. Өмірде дыбыстың алатын орны ерекше. Біз туғаннан бастап дыбыстар әлемінде өмір сүреміз, оған біздің үйреніп кеткеніміз сонша, тіпті олардың табиғаты туралы, дыбыстар қалай пайда болып, қалай таралатыны туралы ойланбаймыз да. Неге кейбір дыбыстар құлаққа жағымды, кейбіреуі жағымсыз деген сұрақтарға да жауап іздеп жатпаймыз. Бүгін осы сияқты сұрақтардың кейбіреуіне жауап беруге тырысайық.

Физиканың дыбыс толқындарының пайда болуын, таралуын олардың қалай қабылданатынын зерттейтін бөлімін *акустика* деп атайды.

Егер ортада таралып жатқан механикалық серпімді толқындардың жиілігі 16 Гц шамасынан 20 кГц дейінгі аралықта болса, оларды адамның құлағы дыбыс ретінде қабылдайды.

Мұны білесіңдер

Тербелістердің ортада таралу процесі *толқын* деп аталады. Толқындар табиғаты әртүрлі болуы мүмкін. Егер ортаның қандай да бір нүктесінде механикалық тербелістер туындаса, ортаның бөлшектерінің өзара әсерлесуі себебінен, бұл тербелістер шекті жылдамдықпен ортаның бір нүктесінен келесі нүктесіне беріледі. Осылайша ортада механикалық толқын таралады.

Дыбыс толқыны деп ортада 16 Гц-тен 20 КГц-ке дейінгі жиілікпен таралатын механикалық бойлық толқындарды айтады.

Дыбыс толқындары кез келген механикалық бойлық толқын сияқты газ, сұйық және қатты денелерде таралады. Дыбыс көзі мен қабылдағыштың арасында серпімді ортаның болуы дыбыстың таралуының міндетті шарты болып табылады, вакуумда дыбыс таралмайды.

Дыбыс жиілігіндегі диапазонда тербелетін әртүрлі денелер дыбыс көзі бола алады. Олардың мысалы ретінде баланың сылдырмағын, ағаш жапырақтарының тербелістерін (жапырақ сыбдыры), теңіз толқындарын, жеңіл қонырауды, музыкалық аспаптардың ішектерін т.б. келтіруге болады.

Домбыра ішегінің тербелісі өзі тұрған жердегі ауаның қозғалысы мен тербелісін тудырады да, соның салдарынан ауа сығылып, артық қысым туындайды (34.1-сурет). Бұл көршілес ауа қабаттарын қозғалтады. Нәтижесінде көршілес қабаттар сығылады, ал алдыңғы сығылған қабаттар сиретіледі. Ауаның осылайша сығылған және сиретілген аймақтары ауада таралып, дыбыс толқындары пайда болады.



34.1-сурет. Дыбыс көзі домбыраның тербеліп тұрған екі ішегі болып табылады

Сөйлеген кезде дыбыс толқындарын адамның көмейінің тербелістері тудырады. Олар ауада шоғырлануы және сиреу аймақтары ретінде таралып, адамның құлағына жетеді.

Құлақ *сыртқы, ортаңғы және ішкі* құлақтан тұрады. Сыртқы құлақ ортаңғы құлақпен есту арнасы арқылы жалғасқан. Оның ішкі шетінде қатты керіліп тұратын дабыл жарғағы бар. Дыбыс толқындары дабыл жарғағына соғылып, оны дірілдетіп, тербеліске келтіреді. Бұдан әрі адамның миы дыбысты қабылдап, оның сипаттамалары мен дыбыс көзінің кеністіктегі орнын анықтайды.

Жоғарыда айтылғандай, дыбыс барлық материялық орталарда таралады. Оның түрлі орталардағы таралу жылдамдықтары да әртүрлі. Төмендегі 34.1-кестеде дыбыстың кейбір орталарда таралу жылдамдықтарының мәні келтірілген.

34.1 -кесте

Орта	Дыбыс жылдамдығы, м/с (0°С температурада)
Ауа	330
Хлор	206
Оттек	316
Азот	334
Су	1480
Глицерин	1904
Керосин	2330
Болат	4380
Мыс	3800
Шыны	5600
Ағаш	4000
Резенке	54



34.2-сурет. Камертон

Кестеден көрініп тұрғандай, дыбыстың газдарда таралу жылдамдығы сұйықтардағыдан төмен, ал қатты денелердегі мәні сұйықтардағы таралу жылдамдығынан анағұрлым жоғары.

Дыбыстың негізгі сипаттамаларын қарастырайық.

Дыбыстың қаттылығы. Дыбыстың кейбір сипаттамаларын камертонды қолданып зерттеуге болады. Камертон — жіңішке өзекшеге бекітілген доға тәрізді металл таяқша, оның көмегімен музыкалық дыбыс алуға болады. Дыбысты зорайту үшін оны алдыңғы жағы ашық жәшікке (резонатор) 34.2-суретте көрсетілгендей етіп бекітеді. Камертонның бір бұтағын кішкене арнайы балғамен соғып қалса, ол гармониялық тербелістер жасайды. Соған сәйкес музыкалық тон деп аталатын “таза” дыбыс шығады.

Мектеп камертондары жиілігі 440 Гц бірінші октаваның “ля” нота-сына сәйкес келетін дыбыс шығарады.



Камертонды ақырын ғана ұрып қалсақ, әлсіз дыбыс естиміз. Қаттырақ соқсақ, камертонның дыбысы да қаттырақ шығады. Енді кішкене моншақты камертонның бір бұтағына 34.3-суреттегідей тиіп тұратындай етіп ілейік.

Камертонның екінші бұтағын ақырын ғана ұрып қалайық. Камертон дыбыс шығара бастайды, ал моншақ камертоннан секіріп, тербеле бастайды. Бұл көзге көрінбесе де, камертон бұтақтары тербеліп тұрғанын дәлелдейді. Дыбыс неғұрлым қатты болса, моншақтың қозғалыс амплитудасы соғұрлым жоғары, яғни камертонның тербеліс амплитудасы да соғұрлым үлкен.



34.3-сурет

Осы тәжірибеден дыбыстың қаттылығы дыбыс көзінің тербеліс амплитудасына тәуелді деген қорытынды шығаруға болады. Тербеліс амплитудасы неғұрлым үлкен болса, дыбыс соғұрлым қаттырақ болып естіледі.

Бірақ адамның дыбыс қаттылығын қабылдауына әсер ететін тағы бір фактор бар. Адам құлағының дыбыстың қаттылығына сезімталдығы дыбыс толқынының тербеліс жиілігіне де байланысты екен. Оның үстіне, әр адам дыбысты әртүрлі қабылдайды: біреуге қатты болып естілетін дыбыс екінші біреуге ондай қатты естілмеуі мүмкін. Бір сөзбен айтқанда, дыбыстың қаттылығы субъективті сипаттама болып табылады.

Қаттылықтың өлшем бірлігі ретінде телефонды ойлап шығарған өнертапқыш Александр Грэхем Беллдің құрметіне *бел* қабылданған. Практика жүзінде дыбыстың қаттылығы *децибелмен* (дБ) өлшенеді: $1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}$.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Жапырақ сылдырының қаттылығы 10 дБ, ал қаттылығы орташа сөйлеген сөзге 50 дБ, жүк автомобилінің істеп тұрған моторының шуына — 80 дБ сәйкес келеді. Қаттылығы 130 дБ дыбыс адам құлағын ауыртады. Егер дыбыстың қаттылығы 180 дБ-ден асып кетсе, адам құлағының жарғағын зақымдауы мүмкін.

Дыбыстың жоғарылығы. Дыбыстың тағы бір сипаттамасы — оның жоғарылығы. Оның қандай шамаға тәуелді екенін анықтау үшін тәжірибе жасайық.



34.4-суретте көрсетілгендей етіп, металл сызғышты бір ұшынан қысып қояйық. Егер оның жоғарғы ұшын қисайтып, қайта қоя берсек, сызғыш тербеледі, бірақ біз дыбыс естімейміз. Егер сызғышты қысқартып, тәжірибені қайталасақ, дыбысты естуге болады. Егер сызғышты одан әрі қысқартсақ, алдыңғыдан жоғары дыбыс естиміз. Бұл тәжірибеде сызғыштың бос басының тербеліс жиілігі оның ұзындығына тәуелді екенін көрсетеді. Сызғыш ұзын болғанда, оның тербеліс жиілігі дыбыс жиілігінің ең төменгі естілу мәнінен төмен, сондықтан дыбыс естілмейді. Ұзындығы қысқарған сайын тербеліс жиілігі арта түседі де, дыбыс естіле бастайды, яғни дыбыс жоғарылығы да артады. Осыған ұқсас тәжірибені камертондармен де жасауға болады. Бірінен-бірі кіші екі камертон алайық. Оларды кезек-кезек ұрып, шығарған дыбыстарын салыстыра отырып, үлкен камертонның дыбыс жоғарылығы кішкене камертоннан төмен екеніне көз жеткізуге болады. Демек, кішкене камертон жіңішке, үлкен камертон жуан дыбыс шығарады.



34.4-сурет

Жүргізілген тәжірибеден мынадай қорытынды шығаруға болады: *дыбыстың жоғарылығы дыбыс көзінің тербеліс жиілігімен анықталады*. Жоғары дыбыстарға жиілігі жоғары тербелістер, төмен дыбыстарға жиілігі аз тербелістер сәйкес келеді. Ал дыбыс көзінің тербеліс жиілігі оның пішініне, өлшеміне және жасалған материалына тәуелді.

Дыбыстың тембрі. Жиіліктің қандай да бір нақты мәніне сәйкес дыбысты *музыкалық тон* деп атайды. Бұл — гармониялық тербеліс жасап тұрған дыбыс көзінен шығатын синусоидалық толқын. Мысалы, жоғарыда айтылғандай, камертонның бұтақтары гармониялық тербелістер жасайды, сондықтан оның дыбысы музыкалық, яғни таза тон болып табылады.

Басқа дыбыс көздерінің дыбысының құрамы күрделі, оған жиіліктің бірнеше мәні сәйкес келеді. Осы мәндердің ішіндегі ең аз жиілік *негізгі жиілік*, ал оған сәйкес дыбыс *негізгі тон* деп аталады. Дыбыстың жоғарылығы оның негізгі тонының жиілігімен анықталады.

Адам дауысының дыбысы оның тонының жоғарылығына қарай мынадай диапазондарға бөлінеді: бас (80—150 Гц), баритон (110—149 Гц), тенор (130—520 Гц), дискант (260—1000 Гц), сопрано (260—1050 Гц), колоратуралық сопрано 1400 Гц дейін.

Негізгі тоннан басқа қосымша жоғарырақ жиіліктер *обертондар* немесе *гармоникалар* деп аталады. Берілген дыбыстың барлық обертондарының жиілігі оның негізгі тонының жиілігінен бүтін есе артық болады.

Накты бір дыбыс көзінен шығатын дыбыстар негізгі тон мен обертоңдардың күрделі жиынтығы болып табылады, осы жиынтық әр дыбысқа өзгелерге ұқсамайтын ерекшелік береді.

Дыбыс тембрі — оның бір дыбысты басқа бір дыбыстардан ажыратуға мүмкіндік беретін дыбыстық сапасы. Біз таныс адамдардың дауысын, әртүрлі музыкалық аспаптардың, құстар мен аңдардың дыбыстарын оларды көрмей-ақ ажырата аламыз. Дыбыстың тембрі обертоңдардың жиынтығымен анықталады. Негізгі тонмен қоса, әр дыбыстың өзіне сай әртүрлі жиіліктегі және амплитудасы да түрлі обертоңдардың болуы адам дауысына, түрліше аспаптардың дыбысына өзіне ғана тән ерекшелік береді. Тоны мен қаттылығы бірдей дыбыстардың өзі әртүрлі аспаптарда түрліше болып шығады.

Шу. Шудың басқа дыбыстардан, мысалы, музыкалық дыбыстардан айырмашылығы неде?

Шу — бұл уақыт өткен сайын ретсіз өзгеріп отыратын түрлі жиіліктегі дыбыс толқындарының жиынтығы. Шудың дыбыс көздері дыбыс жиіліктері диапазонында периодты емес тербелістер жасайтын денелер болып табылады.

Кейбір шулар адамды тыныштандырып, жайлы әсер етеді. Оған бұлақ сылдырын, ағаш жапырақтарының сыбдырын, фонтанның дыбысын, құстардың сайрауын т.б. жатқызуға болады. Бірақ қазіргі заманауи тұрмыс-тіршілікте, әсіресе үлкен қалаларда көліктің, өндіріс орындарының т.б. техногенді шулары адамның жүйке жүйесіне кері әсер етіп, денсаулыққа айтарлықтай зиян келтіреді, тіпті адамды саңырау қылуы да мүмкін.

Адамды шудың зиянды әсерінен қорғау үшін денсаулық сақтау мекемелері шудың шекті деңгейінің сындық санитарлық нормаларын бекіткен. Оған сәйкес есту қабілетіне зиян келтірмейтіндей шудың қаттылық деңгейі 30—40 дБ артпауы тиіс.



1. Дыбыс деген не?
2. Адам қабылдай алатын дыбыс толқындарының жиіліктер диапазонын атап көрсетіңдер.
3. Дыбыс көздеріне мысалдар келтіріңдер.
- *4. Дыбыс қалай пайда болып таралады?
- 5. Дыбыс қандай орталарда қандай жылдамдықпен таралады?
6. Дыбыстың қаттылығы деп қандай шаманы айтамыз?
7. Дыбыстың жоғарылығы қандай шамаларға тәуелді?
- 8. Музыкалық тон деп қандай дыбысты айтады?
- 9. Негізгі тон деп нені айтады? Обертоң деген не?
- 10. Дыбыстың тембрі деп нені түсінесіңдер?



Сендер тұратын аймақта шудың негізгі көздері қандай? Олардың адам денсаулығына келтіретін зиянын азайту үшін қандай шаралар жасау қажет? Мағлұматтар жинап, эссе жазыңдар.



Таза, жұқа шыны стақан алыңдар. Жеңіл, кішкене моншақты стақанға сәл тиіп тұратындай етіп ұзын жіпке іліңдер. Қарындашпен стақанды ұрып қалыңдар. Не көріп, не естігендеріңді суреттеп жазыңдар. Қорытынды шығарыңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 35. АКУСТИКАЛЫҚ РЕЗОНАНС. ЖАҢҒЫРЫҚ

Тірек ұғымдар:

- ✓ акустикалық резонанс
- ✓ меншікті жиілік
- ✓ резонатор
- ✓ дыбыс толқынының тосқауылдан шағылуы
- ✓ инфрадыбыс
- ✓ ультрадыбыс

Бүгінгі сабақта:

- акустикалық резонанстың пайда болу шарттарын, оның қолданылуын қарастырасыңдар;
- жаңғырықтың пайда болуын зерттейсіңдер;
- ультрадыбыс пен инфрадыбыстың табиғатта және техникада қолданылуымен танысасыңдар.

Мұны білесіңдер

Резонанс деп тербеліп тұрған дененің меншікті жиілігі мәжбүрлеуші сыртқы күштің жиілігімен бірдей болған кезде еріксіз тербелістер амплитудасының кенет арту құбылысын айтамыз.

Дыбыс қандай да бір ортада дыбыс көзінің механикалық тербелістері таралғанда пайда болатындықтан, резонанс құбылысы дыбыс толқындарына да тән. *Акустикалық резонанс деп дыбыс толқындарының тербеліс жиілігі дыбыс көзінің меншікті жиілігіне тең болған кезде дыбыс сигналының қорытқы амплитудасының кенет еселеп өсу құбылысын айтады.*

Біз камертон орналасқан жәшік резонатор деп аталатынын білеміз. Жәшіктің ішіндегі ауа серпімді дене (орта) болып табылады. Оның, мысалы, керіліп тұрған ішек сияқты меншікті жиіліктер жиынтығы бар. Жәшікті, оның негізгі тоны камертонның тербелістерінің меншікті жиілігіне тең болатындай етіп жасайды. Сондықтан, камертон бұтақтарының тербелісі жәшіктің қақпағы арқылы оның ішіндегі ауаға берілгенде, оның ішінде акустикалық резонанс нәтижесінде күшейген дыбыс толқыны пайда болады. Басқаша айтқанда, дыбысты, негізінен, камертон бұтақтары емес, жәшіктің ішіндегі ауаның тербелістері тудырады. Бұған камертонды жәшіктен бөліп алып, тербеліс тудыру арқылы көз жеткізуге болады. Онда біз естітін дыбыс өте әлсіз болады.



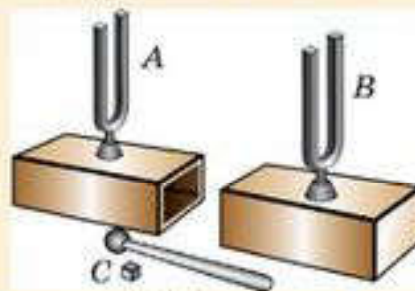
1. Бірдей екі камертонды, 35.1-суретте көрсетілгендей, резонаторларының тесіктерін бір-біріне қаратып қояйық.

Камертондардың біреуін ақырын ұрып қалып, сосын қолымызбен ұстап, оның дыбысын өшірейік. Сонда біз екінші камертонның дыбысын естиміз.

Екінші камертонға кішкене пластилин кесегін жапсырып, тәжірибені қайталайық. Бұл жағдайда екінші камертон дыбыс шығармайды.

2. Енді екі түрлі камертон алып, бірінші тәжірибенің бірінші бөлігін дәл қайталайық.

Екінші камертон дыбыс шығармайды, яғни екі түрлі камертон бірінің дыбысына бірі үн қоспайды.



35.1-сурет

Тәжірибелердің нәтижелерін былай түсіндіруге болады. Бірінші тәжірибенің бірінші бөлігінде екі камертонның меншікті жиіліктері бірдей. Бірінші камертонның тербелістері ауа арқылы екінші камертонға жеткенде резонанс байқалады да, екінші камертонның тербеліс амплитудасы кенет артады, осы кезде біз оның дыбысын естиміз. Бірінші тәжірибенің екінші бөлігінде және екінші тәжірибеде камертондардың меншікті жиіліктері әртүрлі, сондықтан олар резонансқа түспейді. Ал екінші камертон бұтақтарының тербелістері аз болғандықтан дыбыс естілмейді.

Акустикалық резонанс құбылысы музыкалық аспаптарды жасағанда пайдаланылады. Аспаптың корпусы, ондағы түрлі үнді тесіктер, корпусының ішіндегі ауа дыбыс толқындарының резонаторлары болып табылады. Домбыраның, скрипканың, виолончель мен гитараның өздеріне ғана тән ерекше пішіндері аспап ішіндегі дыбыс толқындарының резонансын тудырады, сондықтан осындай

әр аспаптың қайталанбас ерекше дыбысы болады. Мысалы, домбыра жасайтын шебер оның тек қана өлшемі мен пішіні емес, сонымен қатар үнді тесіктерін де таңдап жасайды. Домбыраның қандай ағаштан жасалатынының да үлкен мәні бар.

Адамдар мен жануарлардың дыбыс шығару көзі олардың көмейі болып табылады. Адам сөйлегенде не ән салғанда көмейдің бұлшық еттері өкпеден келетін ауа қысымының әсерінен бүлкілеп тербеледі де, әлсіз дыбыс шығарады. Резонатордың рөлін атқаратын көмекей мен ауыз қуысынан өткенде тіл мен еріндердің қатысуы арқылы әлсіз дыбыстар күшейеді және тек сол арқылы адамға тән дауыстың ерекше тембрі қалыптасады.

Дыбыстың шағылуы, жаңғырық. Кез келген механикалық толқын сияқты, дыбыс та ортада барлық бағытта тарала отырып, жолында кездескен бөгеттерден шағылады. Сендер алдыңғы сыныпта жарық сәулелерінің жазық айнадан шағылуын оқыдыңдар. Шағылу заңына сәйкес, жарық сәулесінің айнаға түсу бұрышы шағылу бұрышына тең. Дыбыс толқындары үшін бөгетті дыбыс шағылатын жазық айна деп қарастыруға болады. Дыбыс толқындарының түсу бұрышы шағылу бұрышына тең. Шағылған дыбыс пен бастапқы таралған орнына қайта оралған дыбыс толқындарын *жаңғырық* деп атайды. Мысалы, таудың ішінде қандай да бір жартастан бірталай қашықтықта тұрған адам өз дауысының жаңғырығын ести алады (35.2-сурет). Дыбыс толқындары тек жартастан ғана емес, кез келген басқа бөгеттен, мысалы, ғимараттардың қабырғаларынан, үлкен, биік бөлмелердің, үңгірлердің қабырғаларынан да шағылады. Бірақ кез келген дыбысты адам жаңғырық ретінде қабылдамайды. Шағылған дыбысты адамның құлағы алғашқы дыбыстан бөлек естуі үшін екі дыбыстың құлаққа келіп жетуінің арасы 0,1 секундтан аз болмауы керек.

Адам жаңғырықты есту үшін бөгет адамнан қандай қашықтықта орналасқанын есептейік. Осы қашықтықты s әрпімен белгілейік.



35.2-сурет. Таудағы жаңғырық

Дыбыс бөгетке дейін және бөгеттен адамға қарай кері бағытта екі рет жүріп өтеді:

$$2s = vt; s = \frac{vt}{2}, \quad (35.1)$$

мұндағы $v = 340$ м/с — ауадағы дыбыс жылдамдығы, уақыт $t = 0,1$ с. Осы мәндерді (35.1) өрнегіне қойсақ, жаңғырық естуге болатын ең аз қашықтық $s = 17$ м болып шығады.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Сицилияның Сиракузы қаласының маңындағы жартастарда пішіні адам құлағына ұқсайтын алып үңгір бар, оны Дионисидің құлағы деп атайды (35.3-сурет). Үңгірдің биіктігі 23 метр, тереңдігі 65 метр. Ол S әрпі сияқты пілген, ал үңгірге кіретін жердің пішіні тамшы сияқты.

Үңгірдің осындай пішіні оның ішіндегі керемет жақсы акустиканың себепшісі болуы мүмкін. Ең әлсіз сыбырдың өзі бұл үңгірдің ішінде анық естіліп тұрады. Ал жаңғырықтың күштілігі сондай, кіреберісте жыртылған қағаздың дыбысы үңгірдің түбінен зенбірек атылғандай болып естіледі.



35.3-сурет

Бұрын айтылғандай, адам механикалық бойлық толқындарды 16 Гц-тен 20кГц-ке дейінгі жиіліктер диапазонында дыбыс түрінде естиді. Егер дыбыс толқындарының жиілігі 16 Гц-тен төмен болса, ол *инфрадыбыстар*, ал егер жиілік 20 кГц-тен жоғары болса — *ультрадыбыстар* деп аталады.

Теніз толқындары, жер сілкінісі, катты дауылдар, атмосфералық қысымның күрт өзгерістері инфрадыбыстың табиғи көздері болып табылады. Инфрадыбыстың жасанды көздеріне төменгі жиілікте механикалық тербелістер жасап, жұмыс істеп тұрған машиналар мен механизмдерді, қала көліктерін, зауыттардың қуатты желдеткіштерін, ауа компрессорларын т.б. жатқызуға болады.

Инфрадыбыстар адам ағзасына зиянды әсер етеді, ол кеудені, омыртқа мен құлақты ауырттып, тіпті мида зақымдауы мүмкін. Инфрадыбыс адамның психикасына да кері әсерін тигізеді. Жиілігі 5—9 Гц аралығында жатқан инфрадыбыстар резонанстың нәтижесінде адамның ішкі мүшелерінің тербеліс амплитудасын ұлғайтады. Адам ағзасына тигізетін осындай кері әсерлерін ескере отырып, инфрадыбысты техника мен медицинада сирек қолданады. Бірақ олар ортада аз жұтылады, сондықтан алыс қашықтықтарға таралады. Осы себепті инфрадыбысты әскери мақсаттарда, балықшаруашылығында қолданады.

Ультрадыбыстар физика және технология салаларында кенінен қолданылып жүр. Адамның құлағы ультрадыбысты қабылдай алмағанмен, көптеген жәндіктер, дельфиндер, жарғанаттар және басқа да жануарлар оларды қабылдап, тіпті кеңістікте бағдар алу үшін, жемтігін іздеп табу үшін, қараңғыда жолындағы бөгеттерді айналып өту үшін пайдалана алады.

Жаңғырықтың қолданылуының бір мысалы — *эхолокация* тәсілімен алыс қашықтықтағы денелерге дейінгі арақашықтықты анықтау. Ауадағы дыбыстың жылдамдығы тұрақты, белгілі шама болғандықтан, дабыл шыққан мезеттен бастап жаңғырық келіп жеткенге дейінгі уақытты өлшей отырып, (35.1) формуласынан объектіге дейінгі арақашықтықты өлшеуге болады.

Эхолот деп аталатын теңіз тереңдігін өлшеуге арналған құралдың жұмыс істеуі дыбыстың шағылу құбылысына негізделген. Сол сияқты су астындағы нысаналарды іздеу үшін қолданылатын *сонар* құралы да осы принципте жұмыс істейді. Олар су астындағы түрлі нәрселерді іздеп табуға мүмкіндік береді. Мысалы, балықшы кемелер *сонарды* балық көп шоғырланған жерлерді табуға, суасты кемелері басқа кемелердің орнын анықтауға қолданады. Құрлықта *сонарды* мұнай қорларын іздеп табуда пайдаланады. Медицинада бұл — пациентті ультрадыбыспен тексеріп, әртүрлі патологияларды анықтауға мүмкіндік беретін ультрадыбыс аппараттары. Сол сияқты, ультрадыбыс материалдарды өндеуде де қолданылады: оның көмегімен аса қатты материалдарды тегістейді, кеседі, санылауларды теседі, тасты үгітеді. Ультрадыбыстық дәнекерлеу әртекті материалдарды бір-бірімен олардың балку температураларынан төмен температурада дәнекерлеуге мүмкіндік береді. Соның арқасында дәнекерлеу зонасындағы металдардың қасиеттерінің өзгеруі аз болады. Ультрадыбыстық дефектоскопия материалдар мен дайын бұйымдардың сызаттары мен ақауларын оларды бұзбай анықтауға мүмкіндік береді.



1. Акустикалық резонанс құбылысы деген не?
- 2. Акустикалық резонанс құбылысы музыкалық аспаптарды жасағанда қалай қолданылады?
- * 3. Егер бірдей екі камертонның біреуін біраз уақыт алақанымызбен қысып ұстап тұрып, бұдан соң оларды бір мезгілде дыбыс шығартса, бірдей камертондар әдеттегідей унисонды дыбыс шығармайды. Оның орнына солқылдақ дыбыс естиміз. Неге?
4. Жаңғырық деген не? Ол қалай пайда болады?
5. Инфрадыбыс деп қандай толқындарды айтамыз? Инфрадыбыс көздеріне мысалдар келтіріңдер.

- 6. Инфразвук оказывает влияние на организм человека. Опишите его влияние.
- 7. Инфразвук где применяется?
- 8. Ультразвук что это?
- 9. Эхолокация что это? Опишите ее.
- 10. Звук распространяется по воздуху. Почему?



“Ультразвук оказывает влияние на организм человека” темасына эссе жазыңдар. Ультразвуктың пайдалы және зиянды әсерлерін ажыратып көрсетіңдер.

Есеп шығару мысалы

Бік таудан 850 м қашықтықта тұрған адам өз дауысының жаңғырығын 5 секундтан кейін естиді. Осы белгілерді пайдаланып, дыбыстың жылдамдығын табыңдар.

Берілгені :

$$s = 850 \text{ м}$$

$$t = 5 \text{ с}$$

$$v = ?$$

Шешуі. Адам өз дауысының жаңғырығын естігенше, дыбыс тауға дейінгі арақашықты екі рет — тауға дейін және кері бағытта адамға дейін жүріп өтеді. Сондықтан былай жазуға болады:

$$2s = v \cdot t.$$

Бұдан ізделінді дыбыс жылдамдығын анықтаймыз:

$$v = \frac{2s}{t},$$

$$v = \frac{2 \cdot 850 \text{ м}}{5 \text{ с}} = 340 \text{ м/с.}$$

Жауабы : 340 м/с.



29-жаттығу

Есеп шығару барысында қажетінше 34.1-кестені пайдаланыңдар.

1. Адам мен дыбыс шағылдыратын бөгеттің арақашықтығы 134 м. Адам қанша уақыттан соң жаңғырықты естиді?
2. Адам өз дауысының жаңғырығын 1,64 секундтан соң естиді. Бөгет одан қандай қашықтықта тұр?
3. Дыбыс көзінен бөгетке дейінгі қашықтық 2 км. Жаңғырық дыбыс көзіне 1 с соң қайта оралды. Дыбыс қандай ортада таралған?
- 4. Ауада адам жаңғырықты 1,8 секундтан кейін естиді. Егер адам мен бөгеттің арақашықтығы өзгермесе, ол су астында жаңғырықты қанша уақыттан соң естиді?
- *5. Адам ауада өз дауысының жаңғырығын 1,6 секундтан соң естиді. Егер бөгетті 168 метрге әрі жылжитса, адам жаңғырықты қанша уақыттан соң естиді?
- *6. Егер камертоннан шыққан дыбыс толқындары түйіндерінің арақашықтығы 0,25 см болса, камертонның тербеліс жиілігі қандай?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 36. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР ШКАЛАСЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ электромагниттік толқын
- ✓ электромагниттік толқындардың таралуы
- ✓ электромагниттік толқындардың жылдамдығы
- ✓ электромагниттік толқындар шкаласы

Бүгінгі сабақта:

- электромагниттік толқындардың негізгі сипаттамаларымен және электромагниттік толқындар шкаласымен танысасындар;
- механикалық және электромагниттік толқындардың ұқсастықтары мен айырмашылықтарын анықтайсындар.

Толқындық құбылыстардың ішінде электромагниттік толқындар ерекше орын алады. Олар табиғатта да, адамзат қоғамының өмірінде де өте кең таралған. Біздің ғаламшарымыздағы тіршілік көзі — Күн электромагниттік толқындар шығарады. Заманауи өмірді радиобайланыс, теледидар, мобильді телефон сияқты құралдарсыз көз алдымызға елестете алмаймыз. Осының бәрі электромагниттік толқындарды ашып, оларды қолдану арқылы мүмкін болып отыр.

Мұны білесіңдер

Қозғалмайтын электр зарядтарының маңында тұрақты электр өрісі, ал қозғалыстағы электр зарядтарының маңында, яғни тогы бар өткізгіштердің маңында магнит өрісі де пайда болады. Бірқалыпты қозғалатын зарядтардың айналасындағы магнит өрісі де тұрақты болады. Бұл өрістер бір-бірімен байланысты емес, бір-біріне тәуелсіз, дербес өрістер болып табылады.

Егер электр зарядтары айнымалы қозғалыста болса, олардың айналасында пайда болатын электр және магнит өрістері уақытқа тәуелді өзгеріп отырады, яғни айнымалы өрістер болып табылады. Электромагниттік өріс теориясын 1865 жылы ағылшын ғалымы Д. Максвелл жасады.

Сол кезде белгілі болған электродинамиканың барлық заңдарын, Фарадей ашқан электромагниттік индукция құбылысын саралай

отырып, Максвелл Фарадейдің магнит өрісінің кез келген өзгерісі айнымалы электр өрісін тудырады деген болжамын әрі қарай дамытты.

Максвелл электромагниттік индукция құбылысын былайша түсіндірді:

1. Кез келген айнымалы магнит өрісі айналадағы кеңістікте күш сызықтары тұйық болатын күйінды электр өрісін тудырады.

2. Уақыт өтуіне қарай өзгеріп отыратын электр өрісі айналадағы кеңістікте айнымалы магнит өрісін тудырады.

Бірін-бірі тудыратын айнымалы магнит өрісі мен электр өрісі бір-бірімен ажырамастай байланысқан және біртұтас **электромагниттік өріс** болып табылады. Электр өрісінің кернеулік векторы \vec{E} мен магнит өрісінің индукция векторы \vec{B} әрқашан бір-біріне перпендикуляр бағытталады.

Кеңістікте таралып жатқан электромагниттік өріс электромагниттік толқын деп аталады.

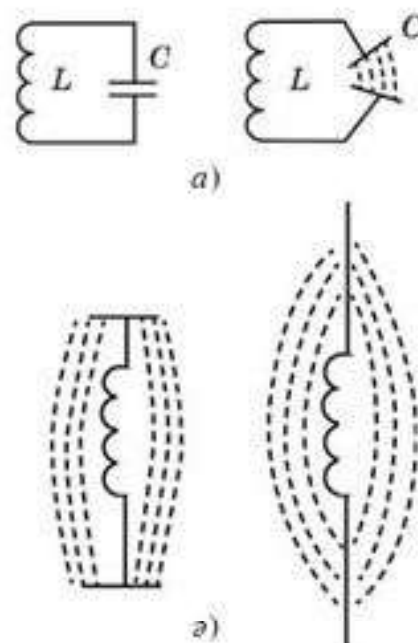
Сендер тербелмелі контурда электромагниттік тербелістер пайда болатынын білесіндер, мұндай контур *жабық контур* деп аталады (36.1, а-сурет).

Жабық тербелмелі контурда пайда болған электромагниттік тербелістер оның айналасындағы кеңістікте таралмайды. Егер конденсаторлардың астарларын аша бастаса, электромагниттік тербелістер қоршаған кеңістікке тарала бастайды. Астарларды (36.1, ә-сурет) суреттегідей ашып тастасақ, ашық тербелмелі контурды аламыз. Герц өзінің тәжірибелерінде осыған ұқсас қондырғыны — ұштарына мыс шарлар орнатылған екі металл стерженьді қолданды. Олардың арасында электр разряды жүргенде тербелмелі контурдағы сияқты электромагниттік тербелістер пайда болып, таралады.

Механикалық және электромагниттік толқындардың табиғаты әртүрлі, бірақ олардың көптеген сипаттамалары мен таралу заңдылықтары бірдей. Механикалық толқындар мен электромагниттік толқындардың негізгі қасиеттерін салыстырайық.



Джеймс Максвелл
(1831—1879)



36.1-сурет. Тербелмелі контур:
а) жабық, ә) ашық

Механикалық толқындар бойлық та, көлденең де болады, ал электромагниттік толқындар тек көлденең болады.

Механикалық толқындарда ортаның бөлшектері тербеледі, сондықтан олар тек зат ішінде (газдарда, сұйықтарда, қатты денелерде) таралады. Электромагниттік толқындарда электр өрісінің кернеулік векторы \vec{E} және магнит өрісінің индукция векторы \vec{B} тербеледі, сондықтан электромагниттік толқындар зат ішінде де, вакуумда да тарала береді.

Электромагниттік толқындардың таралу жылдамдығы, механикалық толқындарға ұқсас, әртүрлі орталарда түрліше болады. Электромагниттік толқындардың вакуумда таралу жылдамдығын c әрпімен белгілейді, ол іргелі тұрақты болып табылады және $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, бұл — өзара әсерлер мен бөлшектер қозғалысының *максимал мәні*. Кез келген басқа ортада электромагниттік толқындардың таралу жылдамдығы вакуумдағыдан аз және ол мына формуламен анықталады:

$$v = \frac{c}{n}, \quad (36.1)$$

мұндағы n — ортаның сыну көрсеткіші. Вакуум үшін $n = 1$, ал басқа орталарда $n > 1$, сондықтан $v < c$.

Есте сақта!

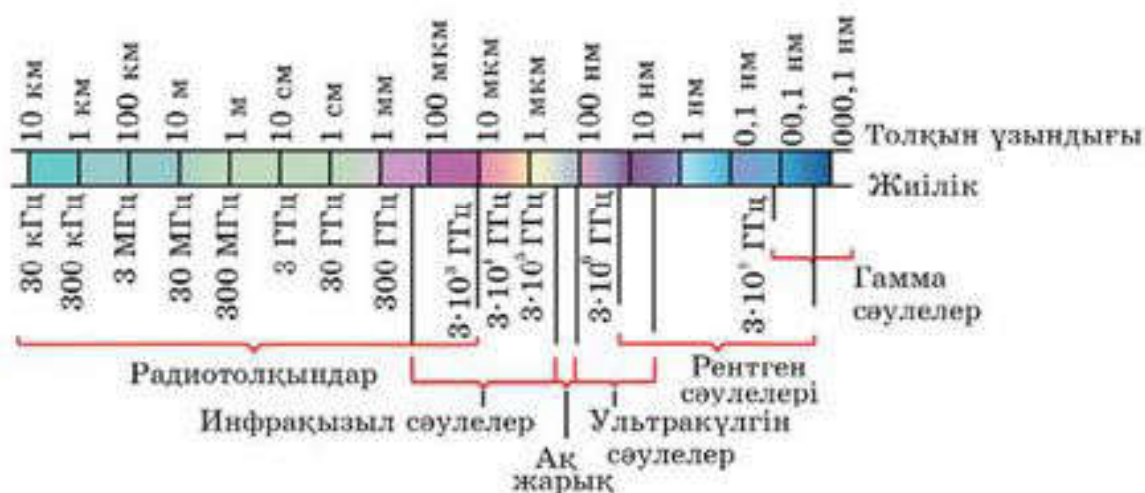
Электромагниттік толқындардың вакуумда таралу жылдамдығы $c = 3 \cdot 10^8$ м/с барлық өзара әсерлердің таралуы мен бөлшектер қозғалысының мүмкін болатын ең үлкен жылдамдығы болып табылады.

Электромагниттік толқындар да, механикалық толқындар сияқты, энергияны тасымалдайды.

Негізгі сипаттамалар: толқын ұзындығы, тербеліс жиілігі, тербеліс периоды, таралу жылдамдығы арасындағы қатынастар механикалық толқындар мен электромагниттік толқындар үшін бірдей. Зат ішінде таралғанда:

$$\lambda = v \cdot T = v / \nu.$$

Электромагниттік толқындар шкаласы. Электромагниттік толқындардың ұзындықтарының (жиіліктерінің) мәндері өте үлкен диапазонда жатыр. Толқын ұзындығы (жиілік) қандай болса да, барлық электромагниттік толқындардың табиғаты мен қасиеттері бірдей, бірақ олар түрліше білінуі мүмкін. Мысалы, жарық — бұл электромагниттік толқын, бірақ тек $4 \cdot 10^{-7}$ м — $8 \cdot 10^{-7}$ м аралықтағы өте жіңішке толқын ұзындықтар диапазонында электромагниттік толқындар адам көзіне жарық түрінде



36.2-сурет. Электромагниттік толқындар шкаласы

көрінеді. Толқын ұзындығына (жиілігіне) қарай электромагниттік толқын көздері мен оларды қабылдағыш құралдар да әртүрлі болады. Сондықтан электромагниттік толқындарды толқын ұзындығы (жиілік) бойынша электромагниттік толқындар шкаласында классификациялайды. Бұл шкала табиғатта кездесетін барлық электромагниттік толқындардың толқын ұзындықтарының (жиіліктерінің) үздіксіз тізбегі болып табылады. 36.2-суреттен көрініп тұрғандай, электромагниттік толқындар шкаласын мынадай аймақтарға бөлуге болады: радиотолқындар, инфрақызыл сәулелер, ақ жарық, ультракүлгін сәулелер, рентген сәулелері, гамма сәулелер. Сәулелердің осы түрлерін толығырақ қарастырайық.

Радиотолқындарды тербелмелі контурдың (вibratorдың) көмегімен алады. Олар радиобайланыста, теледидарда, радиолокацияда қолданылады. Табиғатта кездесетін радиотолқындардың табиғи көздері: квазарлар, галактикалардың ядролары.

Инфрақызыл (жылулық) сәулелер. Бұл жиіліктер (толқын ұзындықтары) диапазонында барлық денелер қандай да бір дәрежеде сәулеленеді. Толқын көздері заттың атомдары мен молекулалары болып табылады. Инфрақызыл сәулелердің жылулық энергиясы өте жоғары, оларды жұтқан зат қызады.

Қолданылу салалары: түнде көруге арналған құралдар, медицинада физиотерапия, өндірісте түрлі бұйымдарды, ғимараттардың қабырғаларын кептіру т.б.

Ақ жарық. Бұл — адамның көзі жарық (қызылдан күлгін түске дейін) түрінде қабылдайтын электромагниттік толқындардың өте жіңішке толқын ұзындықтар (жиіліктер) интервалы. Көрінетін жарықты оптика бөлімінде зерттейді. Біз тек жарықтың шыны prizмадан өтуін қарастырып өтейік. Вакуумда (ауада) таралатын жарық толқыны үшін мынаны жазуға болады:

$$\lambda_0 = c \cdot T = n \cdot v \cdot T = n \cdot \lambda.$$

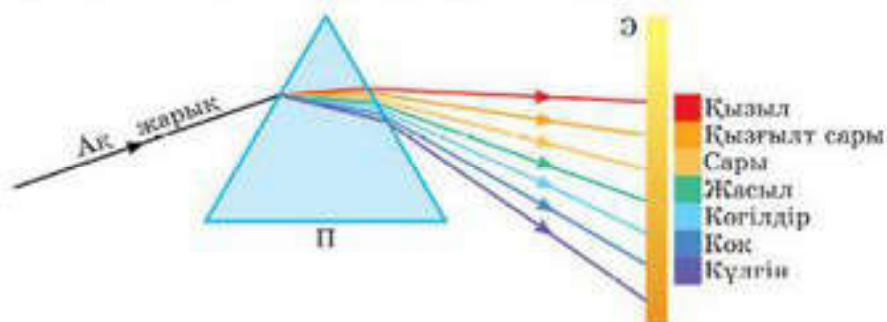
Бұдан

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}, \quad (36.2)$$

мұндағы n — ортаның сыну көрсеткіші.

Жарықтың дисперсиясы деп заттың n сыну көрсеткішінің түскен жарықтың λ толқын ұзындығына (v жиілігіне) тәуелділігін айтады.

Дисперсияның салдарынан ақ жарық шоғы шыны призмадан өткенде спектрге жіктеледі (36.3-сурет). Мұндай тәжірибені алғаш рет 1672 жылы И. Ньютон жасады. Ақ жарық әрқайсысының өзіне тән толқын ұзындықтары бар жеті түсті жарық толқындарынан тұрады. Толқын ұзындығы мен сыну көрсеткіші өзара байланысты болғандықтан, түсу бұрышы бірдей болғанда әртүрлі түсті жарық сәулелерінің сыну бұрыштары өзгеше болады. Сондықтан призмадан шыққан жарықта біз 36.3-суретте көрсетілгендей ретпен орналасқан жеті түсті жолақтарды көреміз.



36.3-сурет. Шыны призмадан өткендегі жарықтың дисперсиясы

Ультракүлгін сәулелер. Жоғары температураға ($T > 1000^\circ\text{C}$) дейін қызған қатты денелер, сынап булары, кварц шамдары ультракүлгін сәулелер көздері болып табылады. Ультракүлгін сәулелер адам ағзасына биологиялық әсерін тигізеді. Аздаған дозаларда оның әсері, мысалы, күнге күйеу пайдалы. Ал сәулелену дозасы үлкен болса, зиянды әсер етеді. Мысалы, жасушалардың дамуын, зат алмасуды өзгертуі мүмкін. Ультракүлгін сәулелердің бактерицидтік қасиеті бар. Сондықтан оны суды, ауаны залалсыздандырып, медициналық құралдарды дезинфекциялауға қолданады. Ультракүлгін сәулелер кейбір заттардың люминесценциясын тудырады. Бұл қасиет криминалистикада қан іздерін, белгіленген ақша купюраларын анықтау үшін қолданылады.

Рентген сәулелері. Рентген сәулелері жылдам электрондар металдарда тежелгенде пайда болады. Ол затқа иондаушы әсер

етеді. Рентген сәулелері медицинада, өндірісте, материалдардың құрылымын зерттеуде қолданылады. Сәулелердің бұл түрін келесі тарауда толық қарастырамыз.

Гамма сәулелері. Бұл сәулелер көздері — радиоактивті ядролар мен ядролық реакциялар. Гамма сәулелерінің өту қабілеті аса жоғары, ол затты пондайды және ағзаларға күшті биологиялық әсер етеді. Қолданылу аясы — медицина, өндіріс, ғылыми зерттеулер.



1. Электромагниттік өріс деп нені айтамыз?
- 2. Тұрақты электр өрісінің айнымалы электр өрісінен айырмашылықтары қандай? Айнымалы электр өрісін неге құйынды өріс деп атайды?
- 3. Электромагниттік өріс қалай пайда болады?
4. Электромагниттік толқын деп нені айтамыз?
5. Электромагниттік толқынның электр өрісінің кернеулік векторы мен магнит өрісінің индукция векторлары қалай байланысқан?
- *6. Механикалық және электромагниттік толқындардың ортақ қасиеттері мен айырмашылықтары туралы айтып беріңдер.
7. Электромагниттік толқындар шкаласы деген не?
- 8. Шыны призмадан өткен жарық толқыны дисперсиясының мағынасы қандай?
- 9. Электромагниттік толқындар шкаласының түрлі диапазондарына сәйкес келетін сәулелердің негізгі қасиеттері мен қолданылу аясын айтып беріңдер.



“Ультракүлгін сәулелерді қолдану” тақырыбына эссе жазыңдар.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

1. Парталас көршілеріңмен бірге 36.1-кестені толтырыңдар. Ол үшін электромагниттік толқындар шкаласына зер салып қарап, әр диапазондағы электромагниттік сәулелердің қолданылуы жайлы ақпарат жинаңдар.

36.1- кесте

Электромагниттік толқынның атауы	Толқын ұзындықтарының диапазоны	Қолданылуы

2. Ұялы телефоннан шығатын электромагниттік сәулелердің адам ағзасына тигізетін әсерін зерттеңдер. Кез келген ұялы телефон электромагниттік толқындар шығарады, оның сипаттамасы ретінде SAR (Specific Absorbption Rate) алынады. SAR ұялы теле-

фонмен сөйлескен кезде адам денесі жұтатын максимал меншікті қуатты көрсетеді. SAR-дің максимал қауіпсіз деңгейі 2,0 тең.

Өз сыныптастарының арасында сұрақ-жауап жүргізіндер.

Сұрақтар мынадай болуы мүмкін:

1. Сенде ұялы телефон бар ма?
2. Сенің телефонының моделі қандай?
3. Сен күн сайын ұялы телефонмен неше рет сөйлесесің?
4. Ұзақ уақыт сөйлесесің бе? Шамамен қанша?
5. Сенің басың, құлағың, көзің ауыра ма? Ұйқысыздық маза-лай ма?
6. Сен ұялы телефонды пайдаланғанда қандай қауіпсіздік шараларын қолдану керек екенін білесің бе?

Ұялы телефоннан шығатын электромагниттік толқындардың адам ағзасына тигізетін әсері туралы ақпарат жинаңдар. Сұрақ-жауаптың нәтижесін саралап, сыныптастарыңның ұялы телефондарының ең көп таралған моделін және оның SAR анық-тандар. Қорытынды жасандар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

Тараудың түйінді мәселелері

- Бірдей уақыт аралығы өткен сайын дәлме-дәл немесе жуықтап дәл қайталанып отыратын қозғалыстар **механикалық тербелістер** деп аталады.
- Жүйе тепе-теңдік күйінен шығарылып, еркіне қоя бергенде периодты күштің әсерінен болатын тербелістер **еркін тербелістер** деп, ал сыртқы периодты күштің әсерінен болатын тербелістер **еріксіз тербелістер** деп аталады.
- Тербелістерді **период, жиілік, амплитуда** және **циклдік жиілік** арқылы сипаттайды.
- Еркін тербелістердің **периодын** мына формулалар арқылы табуға болады:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \text{ — серіппелі маятник үшін;}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \text{ — математикалық маятник үшін.}$$

- Сыртқы күштің өзгеру жиілігі тербелістердің меншікті жиілігімен дәл келген кезде **резонанс құбылысы** байқалады. Резонанс кезінде еріксіз тербелістер амплитудасы кенет артады.
- **Электромагниттік тербелістер** деп конденсатордың разрядталуы кезінде заряд, ток, кернеу, сондай-ақ электр және магнит өрістерінің периодты (немесе шамамен периодты) түрде өзгеріп отыруын айтады.
- **Тербелмелі контур** деп тізбектей жалғанған конденсатор мен катушкадан тұратын және электромагниттік тербелістер алуға мүмкіндік беретін тізбекті айтады.
- Еркін электромагниттік тербелістер периоды мына формула арқылы анықталады:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

- Тербелістердің ортада таралу процесі **толқын** деп аталады.
- Бойлық толқында ортаның бөлшектері толқынның таралу бағытының бойымен тербеледі.
- Көлденең толқында ортаның бөлшектері толқынның таралу бағытына перпендикуляр бағытта тербеледі:

$$\lambda = v \cdot T = v/N.$$

- Кеңістікте таралатын электромагниттік өріс **электромагниттік толқын** деп аталады.

§ 37. ЖЫЛУЛЫҚ СӘУЛЕ ШЫҒАРУ

Тірек
ұғымдар:

- ✓ жылулық сәуле шығару
- ✓ қызған дене
- ✓ сәуле шығару энергиясын жұту

Бүгінгі сабақта:

- жылулық сәуле шығару құбылысымен танысасыздар;
- жылулық сәуле шығару энергиясының температураға тәуелділігін оқып-үйренесіздер.

Мұны білесіңдер

Жылу берілудің үш түрі бар:

- **жылуөткізгіштік** — ыстығырақ денелерден суығырақ денелерге жылу берілу;
- **конвекция** — газдар мен сұйықтардың ағынымен жылу берілу;
- **сәуле шығару** — электромагниттік толқындар тараған кезде жылу берілу.

Бұл параграфта жылу берілудің үшінші түрі — сәуле шығаруды толық қарастырамыз.

Жылулық сәуле шығару — бұл әртүрлі қызған денелер шығаратын электромагниттік толқындар таралған кезде жылу энергиясының тасымалдану процесі.

Жылулық сәуле шығару көздеріне Күн, алау, жылыту радиаторлары, электркыздырғыш құралдар т.б. жатады (37.1-сурет)

Шын мәнінде, температурасы 0°K жоғары кез келген дене жылулық сәулелер шығарады, бірақ төмен температураларда біз оны сезбейміз. Себебі жылулық сәуле шығарудың интенсивтігі мен толқын ұзындығы жылу көзінің (дененің) температурасына тәуелді. Оның заңдылықтарын қарапайым күнделікті бақылаулар мен ойша тәжірибелердің нәтижелерін саралай отырып анықтауға тырысайық.



37.1-сурет. Жылулық сәуле шығару көздері

Жылыту радиаторлары неғұрлым ыстық болса, бізге одан соғұрлым көп жылу келіп жатқанын сеземіз. Электркыздырғыш құралдары туралы да осыны айтуға болады. Электрпешін кернеу көзіне кернеуді реттегіш (ЛАТР) арқылы қосайық. Кернеуді біртіндеп арттырсак, температура артқан сайын пеште таралатын жылы ағын да

артып жатқанын сеземіз. Сонымен қатар, пештің спиралі біртіндеп қызара бастайды және неғұрлым кернеу артқан сайын спиральдың түсі де айқын қызарады.

Отқа таскөмірдің кішкене кесегін салып ойша тәжірибе жасап, бақылайық. Оның түсі біртіндеп қарадан қою қызылға, одан ашық қызылға ауысады. Ақыры оның түсі сарғыш қызыл болады. Бұдан көмір кесегінің сәуле шығаруының толқын ұзындығы жоғары температурада көрінетін диапазонға ауысады деген қорытынды жасауға болады. Біз адамның көзі электромагниттік толқындарды толқын ұзындығының тек өте жіңішке диапазонында, 0,4 мкм мәнінен 0,8 мкм дейін, ақ жарық сәулелері ретінде қабылдай алатынын білеміз. Бұл диапазонға іргелес инфрақызыл сәулелер жатыр. Күн энергиясының шамамен жартысы инфрақызыл диапазонда шығады, қыздыру шамдарының да сәуле шығару энергиясының басым бөлігі осы инфрақызыл диапазонда. Инфрақызыл сәуле шығарудың жылулық энергиясы өте үлкен, ол тұрмыста, медицинада, техникада кеңінен қолданылады. Бұған кейінірек тоқталамыз.

Сонымен, төменгі температураларда денелер ұзын электромагниттік толқындар шығарады. Біз оларды көрмейміз, бірақ жылууды сеземіз. Температура артқан сайын дене шығаратын толқындардың ұзындығы кемі береді де, температура шамамен 800°C болғанда дене қою қызыл жарық шығара бастайды. Температура 2000°C жеткенде жарықтың түсі сарғыш қызыл, денені одан сайын қыздыра түссек оның шығаратын жарығы ашық сары болады. Теледидардан ыстық цехтарда металды балқыту, құю процестері туралы хабарлар болғанда металдың түсіне көңіл аударындар. Осы туралы мәліметтерді интернеттен карап, суреттерді көріңдер. Сол кезде жоғарыда айтылған тұжырымдардың дұрыс екеніне көз жеткізесіңдер.

Кез келген дене өзіне түскен сәулелерді жұтады және шығарады. Жұтылған жылулық сәулелену энергиясы дененің ішкі энергиясына айналады, сондықтан дене қызады. Сонымен, денелер электромагниттік толқындар энергиясын шығарады да, жұтады да. Әртүрлі денелердің жұту қабілеттері де әртүрлі.



Осыны анықтау үшін бірнеше қарапайым тәжірибелер жасайық.

1. Бірдей екі термометр алайық. Олардың біреуінің шаригін қараға бояп, Күннің көзіне қояйық. 15 минуттан соң шаригі боялған термометрдің көрсетуі екінші термометрдің көрсетуінен жоғары екенін көреміз.

2. Бірдей екі ақ ыдыс алып, біреуінің сыртын гуашь бояуымен қара түске бояңдар. Оларға бірдей мөлшерде ыстық су құйып, ішіне бірдей екі термометр салыңдар. Әрбір екі-үш минут сайын термометрлердің көрсетулерін жазып отырыңдар. Осы жазған көрсетулерді саралап, қорытынды жасаңдар.



Уильям Гершель
(1738—1822)

Тәжірибелердің нәтижелері кара денелер ак денелерге карағанда сәуле шығарудың әсерінен тезірек қызатынын және суытынын көрсетеді. Олай болса, дененің сәуле шығару қабілеттілігі неғұрлым жоғары болса, жұту қабілеттілігі де соғұрлым үлкен болатынын көрсетеді.

Инфрақызыл толқындарды ағылшын астрономы У. Гершель ашты.

Жылулық сәуле шығаруды қолдану. Жылулық сәуле шығару біздің өміріміздің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Бізге бала күнімізден таныс, қолданылуы әртүрлі электрқызыдырғыш құралдар: электрпештері, жылытқыштар, үтіктер т.б.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Адамның денесі толқын ұзындығы 760 нм мәнінен 1—2 мм дейінгі диапазондағы электромагниттік толқындар шығарады. Адам ағзасы үшін денеден жылулық сәуле шығару процесі маңызды рөл атқарады. Жылу берілудің жылуөткізгіштік, конвекция, сәуле шығару, кебу деген түрлері бар екенін білеміз. Адам қандай күйде тұрғанына қарай әрбір нақты жағдайда жылу берілудің осы түрлерінің бірі басым болады. Мысалы, органың температурасы өте жоғары болғанда кебу процесі бәрінен басым болады, ал суық суда жылуөткізгіштік жетекші рөл атқарады. Температурасы 15°C төмен суық су адам үшін қауіпті.



37.2-сурет. Инфрақызыл жарықта алынған автомобильдің кескіні

Тұрмыстағы тағы бір кең таралған қолданыс — бұл теледидарларды, видеомагнитофондарды белгілі бір қашықтықтан басқару пульттері. Жылу мен көру құралдары объектілер мен оны қоршаған ортадан шығатын инфрақызыл сәулелерді оларды шығарып тұрған денелердің температурасының әртүрлі екеніне сүйене отырып тіркеу арқылы объектінің кескінін алады (37.2-сурет).

Қазіргі кезде түнгі көру құралдары — жылувизорлар кеңінен қолданылады (37.3-сурет). Бұл құралдардың жұмыс істеу принципі зерттеліп отырған объекіден шығатын жылулық сәулеленуді

тіркеуге негізделген. Әскери салада жылувизорлар, бинокльдер, монокулярлар карудың дәлдегіштерінде пайдаланылады. Оларды әртүрлі құралдарға, дәлдеу жүйелеріне, басқа да көптеген әскери құралдарға орнатады.



37.3-сурет

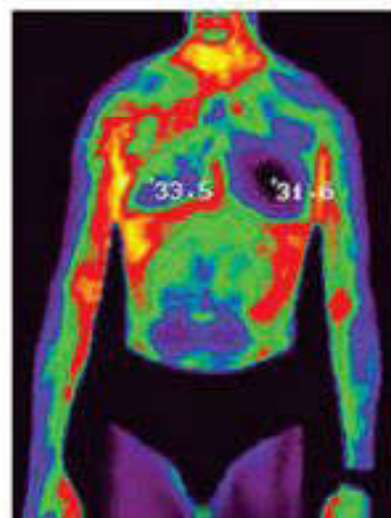
Инфрақызыл сәулелер медицинада да кеңінен қолданылады.

Адам денесінің температурасы оның денсаулығының негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Кәдімгі медициналық термометрден жылувизордың артықшылығы, оның көмегімен дененің қабынып тұрған жерін миллиметрге дейінгі дәлдікпен анықтап, ешқандай зонд енгізбей немесе ота жасамай, ауруды дәл табуға болады (37.4-сурет). Бұл тәсіл термография деп аталады. Сонымен, жылувизорды пайдалану заманауи медициналық диагностикада үлкен рөл атқарады.

Инфрақызыл сәулелердің әсерінен адам ағзасындағы қан айналымы күшейіп, жасушалардың өсуі тездейді, тамырлар кеңейеді т.б. Осы процестер арқылы жылулық сәуле шығарудың емдік қасиеттерін қолданып, артериялық қысымды азайтуға, ұйқыны жақсартуға болады.

Жылувизорлар өндірісте де, энергетика саласында да қолданылады. Өндірістік жылувизор — бұл жеңіл, алып жүруге ыңғайлы құрал. Оның көмегімен құралдың жылулық кескінін саралай отырып, сол тұрған орнында бұзылған жерлерін табуға болады. Энергетика саласында жылувизорлардың көмегімен жоғары вольтты желілердің диагностикасын жерден де, ауадан да жасауға болады. Жылувизормен трансформаторларды немесе электрлік қалқанды тексеру, олардың көптеген ақауларын жедел жөндеуге мүмкіндік береді. Ғимараттарды тұрғызғанда бұл құралдар жылулық оқшаулаудың нашар жерлерін анықтау үшін пайдаланылады.

Жылулық сәуле шығаруды қолданудың тағы бір саласы — алыс объектілердің температурасын анықтау. Ал өте ыстық денелердің температурасын өлшеу *пирометрия* деп аталады.



37.4-сурет. Адам ағзасының температурасын анықтау



1. Жылулық сәуле шығару деп нені айтады?
2. Өздерің білетін жылулық сәуле шығарудың көздерін атаңдар.
- 3. Жылулық сәуле шығарудың интенсивтігі неге байланысты?
- 4. Біз неге қатты қызған денелердің сәуле шығаруын көре аламыз, ал температурасы төмен денелердің жылулық сәуле шығаруы көрінбейді?
5. Инфрақызыл сәуле шығаруды неге жылулық деп атайды?
- *6. Ойланып жауап беріңдер: неге біз ыстық күндері қара киімге қарағанда ақ киім кигенді дұрыс көреміз?



"Инфрақызыл сәулеленуді медицинада қолдану" тақырыбында эссе жазып, презентация дайындаңдар.



37.1-кестедегі әрбір тұжырым үшін "дұрыс" немесе "дұрыс емес" сөзін белгілеп жазыңдар.

37.1-кесте

Тұжырым	Дұрыс / дұрыс емес
1. Тек қана өте қатты қызған денелер шығаратын электромагниттік толқындарды жылулық сәуле шығару деп атайды.	
2. Температурасы абсолют нөлден жоғары денелер шығаратын электромагниттік толқындар жылулық сәуле шығару деп аталады.	
3. Электромагниттік толқындармен адамның ішкі ағзаларын қыздыруға негізделген тәсіл термография деп аталады.	
4. Адам денесінің әртүрлі бөліктері шығаратын жылулық сәулеленуді тіркеу арқылы осы бөліктердің температурасын өлшеу термография деп аталады.	

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 38. ЖАРЫҚ КВАНТТАРЫ ТУРАЛЫ ПЛАНК ГИПОТЕЗАСЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ абсолют қара дене
- ✓ энергия кванты
- ✓ Планк гипотезасы
- ✓ Планк тұрақтысы

Бүгінгі сабақта:

- Планк гипотезасымен танысасыңдар;
- Планк формуласын қолданып есеп шығаруды үйренесіңдер.

Мұны білесіңдер

Барлық денелер электромагниттік сәуле шығарады, бірақ тек жоғары температурадағы денелер ғана көрінетін жарық шығарады. Дене сәуле шығарады және өзіне түскен сәулелерді жұтады.

*Толқын ұзындығының кез келген мәнінде өзіне түскен сәулелерді толық жұтатын дене **абсолют қара дене** деп аталады.*

Күн абсолют қара дене болып табылады, ол тек қана сәуле шығарып қоймай, сонымен қатар түрлі жиіліктегі сәуле шығаруды толығымен жұтады.

Абсолют қара дененің жылулық сәуле шығаруын тәжірибе арқылы зерттей отырып, оның заңдылықтарын тағайындау кванттық теорияның туындауына үлкен әсер етті. Бұл теория XX ғасырдың ең керемет ғылыми жетістіктерінің бірі болды.

Тәжірибе жүзінде тағайындалған жылулық сәуле шығару заңдарын электромагниттік теорияның аясында теориялық негіздеу мүмкін болмай шықты.

Ғалымдар сол кездегі негізгі теорияға (электромагниттік теория) сүйеніп, абсолют қара дененің шығару спектріндегі энергияның таралуы туралы есепті шығара алмады.

Яғни, теория тәжірибе жүзінде алынған шығару спектрін сипаттай алмады. Осы жағдайдан шығу жолын ұлы неміс физигі М. Планк ұсынды. Ол 1900 жылы электромагниттік сәулелер үздіксіз деп тұжырымдайтын классикалық теорияға мүлдем қарама-қайшы гипотеза айтты.

Планк гипотезасы. *Планк жылулық сәуле шығару кезінде энергия үздіксіз емес, жеке кванттар түрінде дискретті (үздікті), энергия үлестері ретінде шығарылады және жұтылады деп болжады. Әрбір энергия кванты мынаған тең:*

$$E_0 = h\nu, \quad (38.1)$$

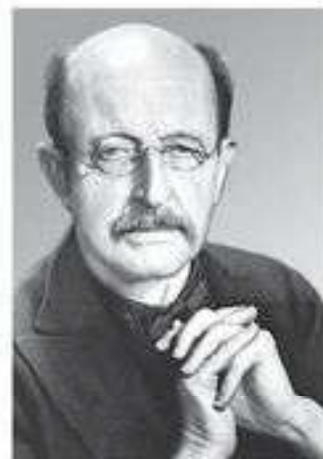
мұндағы пропорционалдық коэффициент h — *Планк тұрақтысы* деп аталады:

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

Планк тұрақтысы — бұл жарықтың жылдамдығы сияқты іргелі, фундаменталды тұрақты.

Кванттың энергиясын толқын ұзындығы арқылы да өрнектеуге болады. Сәуле шығару жиілігінің толқын ұзындығымен $\nu = c/\lambda$ байланысын қолдана отырып:

$$E_0 = \frac{hc}{\lambda} \quad (38.2)$$



Макс Планк
(1858—1947)

аламыз. Осы гипотезаға сүйене отырып, Планк абсолют кара дененің жылулық сәуле шығару энергиясының температураға тәуелділігін қорытып шығарды. Бұл өрнек тәжірибемен жақсы сәйкес келеді.

Планк гипотезасына орай сәуле шығарғанда немесе жұтқанда дене өзінің энергиясын $E_0 = h\nu$ шамасынан бүтін есе артық мәндерге ғана дискретті түрде өзгерте алады. Сондықтан сәуле шығару энергиясын былай жазуға болады:

$$E_n = n \cdot E_0 = n \cdot h\nu, \quad (38.3)$$

мұндағы n — энергия кванттарының саны.

Энергия квантын (ең аз үлесін) алып жүретін элементар бөлшек фотон деп аталады. Сонымен, фотонның энергиясы (38.1) және (38.2) формулаларымен анықталады.

Классикалық теорияға сәйкес энергия үздіксіз өзгереді және нөлден шексіздікке дейінгі кез келген мәнге ие болады. Ал Планк энергия тек дискретті түрде өзгере алады, ол тек нақты бір мәндерге ие болуы мүмкін деді. Кейінгі тәжірибелік зерттеулер бұл тұжырымның дұрыс екенін дәлелдеді.

Планк гипотезасы қазір *кванттық физика* деп аталатын физиканың жаңа бағытының пайда болып, әрі қарай дамуында аса маңызды рөл атқарады.



1. Қандай дене абсолют кара деп аталады?
- 2. Жылулық сәуле шығару заңдарын зерттегенде ғалымдар алдында қандай қиындықтар туындады?
- 3. Планк гипотезасының мағынасы қандай?
4. Бір кванттың энергиясы неге тең?
5. Планк тұрақтысы неге тең?
6. Фотон деген не?

Есеп шығару мысалдары

1-есеп. Энергиясы $6,7 \cdot 10^{-20}$ Дж фотонға сәйкес сәуле шығару жиілігін анықтаңдар.

Берілгені :

$$E_0 = 6,7 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$\nu \text{ — ?}$$

Шешуі. Фотонның энергиясы $E_0 = h\nu$ формуласымен анықталады. Бұдан сәулелену жиілігі мынаған тең:

$$\nu = \frac{E_0}{h} = \frac{6,7 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} = 1,01 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

Жауабы : $1,01 \cdot 10^{14}$ Гц.

2-есеп. Сәуле шығару көзінің энергия қуаты 50 Вт. Егер минут сайын $n = 7,2 \cdot 10^{21}$ фотондар шығып жатса, онда сәуле шығаратын толқын ұзындығын есептендер.

Берілгені :

$$P = 50 \text{ Вт}$$

$$n = 7,2 \cdot 10^{21}$$

$$T = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\lambda \text{ — ?}$$

Шешуі. Сәуле шығару онда қуатын бір фотонның энергиясының уақыт бірлігі ішінде шығатын фотондар санына көбейтіп табамыз.

$E = nE_0$ (38.4), мұндағы $E = Pt$. Фотонның энергиясын (38.2) формуласынан тауып, оны (38.4) қоямыз:

$$Pt = n \frac{hc}{\lambda}$$

Соңғы өрнектен ізделінді толқын ұзындығын табамыз:

$$\lambda = \frac{nhc}{P \cdot t} = \frac{7,2 \cdot 10^{21} \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{50 \text{ Вт} \cdot 60 \text{ с}} = 470 \text{ м.}$$

Жауабы : 470 м.



30-жаттығу

1. $5 \cdot 10^{14}$ Гц жиілік сәйкес келетін фотонның энергиясын табыңдар.
2. Толқын ұзындығы 0,1 нм фотонның энергиясы толқын ұзындығы 0,4 мкм фотонның энергиясынан неше есе артық?
- 3. Жиіліктері: $\nu_1 = 6,7 \cdot 10^{15}$ Гц және $\nu_2 = 4 \cdot 10^{15}$ Гц аралығындағы фотондардың энергияларының айырмасы қандай?
- 4. Энергиясы $E = 12,3 \cdot 10^{-18}$ Дж сәуле шығару импульсінде қанша энергия кванты бар? Сәуле шығару жиілігі $5 \cdot 10^{19}$ Гц.
- *5. Монохромат жарық көзі 5 минутта 10^{22} фотон шығарады. Сәуле шығарудың толқын ұзындығы $4 \cdot 10^{-7}$ м тең. Жарық көзінің қуаты қандай?
- *6. Қуаты $P = 100$ Вт қыздыру шамының жарық беруі 3%. Сәуле шығарудың толқын ұзындығы 600 нм. Электр шамы 1 секундта қанша фотон шығарады?
- *7. Егер кванттың энергиясы 5 В потенциалдар айырымын жүріп өткен электронның энергиясына тең болса, сәуле шығарудың толқын ұзындығын есептендер.
- *8. "Жарық кванттары" тақырыбына екі есеп құрастырып, парталас көршілеріңмен есептеріңді айырбастаңдар. Оларды шығарып, нәтижесін талқылаңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§39. ФОТОЭФФЕКТ ҚҰБЫЛЫСЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ фотоэффект
- ✓ фотоэлемент
- ✓ күн батареялары
- ✓ фоторезистор

Бүгінгі сабақта:

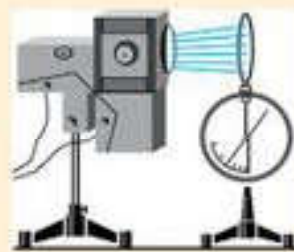
- фотоэффект құбылысымен және оның әртүрлі салаларында қолданылуымен танысасыңдар.

Күн Жер бетіндегі табиғи және ең қуатты энергия көзі болып табылады. Оның энергиясын электр энергиясына айналдыруға бола ма? Күн электрстанциялары жұмысының негізінде қандай құбылыс жатыр?

Жарық энергиясын электр энергиясына айналдыратын күн батареяларының және басқа да осындай көптеген құралдардың жұмысының негізінде фотоэффект құбылысы жатыр. Бұл құбылысты 1887 жылы неміс ғалымы Генрих Герц ашқан болатын. Электродтардың арасында ұшқынды разрядтың пайда болуын зерттей отырып, ол электродтарға ультракүлгін сәулелер түсіргенде электр разряды пайда болатын электродтардың арақашықтығы арта түскенін байқады. Сол сияқты ультракүлгін сәулелер түсіргенде разряд электродтардың арасындағы кернеудің азырақ мәнінде пайда болатынын да анықтады. Қысқаша айтсақ, ультракүлгін сәулелермен сәулелендіргенде ұшқынды разрядтың пайда болуы жеңілдейді.



Теріс зарядталған цинк пластинаны электрометрмен жалғап, пластинаның разрядталу процесін бақылайық. Енді пластинаға ультракүлгін жарық түсіріп, тағы да разрядталу процесін бақылайық. Сонда екінші жағдайда пластина әлдеқайда тезірек разрядталады (39.1-сурет). Егер пластинаны оң зарядтап, тәжірибені қайталайтын болсақ, оны ультракүлгін сәулелермен сәулелендіру разрядталу процесіне ешқандай әсер етпейтінін көреміз.



39.1-сурет

Мұны қалай түсіндіруге болады? Егер ультракүлгін сәулелер пластинаға түскен кезде оның бетінен теріс зарядталған бөлшектерді жұлып шығарады деп болжасақ, тәжірибелердің нәтижесін түсіндіруге болады. Шынымен де, Г. Герц, А. Г. Столетов, Ф. Ленард сияқты көптеген ғалымдардың тәжірибелерінің нәтижелері металл пластинаға түсетін ультракүлгін сәулелер металл бетінен теріс зарядталған бөлшектерді, атап айтқанда, электрондарды жұлып

шығар атынын көрсетті. Біздің тәжірибемізде пластина теріс зарядталған кезде одан ұшып шыққан электрондар пластинадан тебіліп, ұшып кетеді де, электромметр разрядталады. Егер пластина оң зарядталған болса, ұшып шыққан электрондар оған тартылып, бетіне қайта қонады. Сондықтан электромметрдің заряды өзгермейді.

Жарықтың әсерінен металл бетінен электрондардың ұшып шығу құбылысы сыртқы фотоэлектрлік эффект (фотоэффект) деп аталады.

Карастырылған тәжірибеде, егер жарық сәулелерінің жолына кәдімгі әйнек қойсақ, сәулелендіру интенсивтігі қандай болса да теріс зарядталған пластина енді электрондарын жоғалтпайды. Әйнек жарық сәулелерінің ультракүлгін бөлігін күшті жұтатыны белгілі. Олай болса, фотоэффект құбылысын тудыратын ультракүлгін сәулелер деген қорытынды шығаруға болады. Осы қарапайым тұжырымды жарықтың толқындық теориясы тұрғысынан түсіндіру мүмкін емес. Не себепті жиілігі аз, бірақ амплитудасы жоғары (интенсивтігі үлкен) жарық сәулелері электрондарды жұлып шығара алмайтыны түсініксіз. Амплитуда үлкен болса, электронға әсер ететін күш те үлкен, онда неге сәулелер электрондарды жұлып шығара алмайды?

Фотоэффектіні қолдану. Фотоэффект құбылысы күнделікті тұрмыста, техника мен технологиялардың әртүрлі салаларында, өндірісте, түрлі механизмдер мен қондырғыларда кеңінен қолданылады. Бұл қондырғылардың бәрінде **фотоэлементтер** — *жарық энергиясын электр энергиясына түрлендіретін электрондық құралдар орнатылады*.

Фотоэлементтер біз қарастырып кеткен сыртқы фотоэффект құбылысына немесе ішкі фотоэффектіге негізделіп жасалады (39.2-сурет). Жартылай өткізгіштерге түскен электромагниттік сәулелер жұтылғанда олардың электрөткізгіштігі артады. Осы құбылыс **ішкі фотоэффект** деп аталады. Жоғарыда фотоэлементтердің кейбір түрлері көрсетілген (39.3, а, ә-суреттер).

Техника мен технологияларда қолдану. Фотоэлементті жарықтандырған кезде фототоктың өзгеруі әртүрлі қондырғыларды айырып, қосу үшін қолданылады. Ішкі фотоэффект жарық түсіргенде кедергісі жүздеген, тіпті мыңдаған есе азаятын фоторезисторлар жасауда



39.2-сурет. Сыртқы фотоэффект құбылысы қолданылатын сурьма-цезийлі фотоэлемент



39.3-сурет. а) поликристалды кремнийден жасалған фотоэлемент;
б) монокристалды кремнийден жасалған фотоэлемент

пайдаланылады. Фоторезисторлар әртүрлі процестерді, мысалы, нәрселерді санау, сұрыптау, олардың сапасын зерттеу процестерін автоматты түрде басқару үшін қолданылады. Сендер көше шамдары қараңғы түссе автоматты түрде жанып, жарықта сөнетінін байқаған боларсындар, мұнда да фоторезисторлар жұмыс істейді. Метрополитен турникеттерінің жұмысы да осы принципке негізделген (39.4-сурет).

Энергетикада қолданылуы. Сендер баламалы энергия көздерін қолдануға көшудің қажеттілігі туралы естіп жүрсіндер, ЭКСПО-2017 тақырыбы осы мәселеге арналған. Мүмкін өздерің де осы көрмеге барып, Күн энергиясын өндіру тақырыбымен танысқан боларсындар. Күн электрстанциясының негізгі элементі — *Күн батареясы* (Күн элементтерінің батареясы). Күн элементтерінің жұмысы ішкі фотоэффект құбылысына негізделген. Күн энергиясы суды ысытуда кеңінен қолданылып жүр (39.5-сурет). Күн батареялары тек қана жерде емес, ғарышта да кеңінен пайдаланылады. Олар жасанды серіктер мен ғаламшараралық ғарыш кемелерінде ашараттар мен өмір қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін энергия көздері ретінде қолданылады.



39.4-сурет. Метрополитен турникеттері

Кино саласында қолданылуы. Дыбысты кинода фотоэлементті киноленкадағы оптикалық жазуды оқу үшін және күшейткішпен динамиктің көмегімен жазуды қайта қалпына келтіру үшін пайдаланады. Шамның жарығы киноленканың дыбыстық жолына оптикалық жазуы бар жерге түседі. Дыбыстық жол арқылы өткенде өзгерген жарық ағыны фотоэлемент-

ке түседі. Дыбыстық жолдан өткен жарық неғұрлым көп болса, динамиктегі дыбыс та соғұрлым қатты шығады.

Медицинада қолданылуы. Сыртқы фотоэффект құбылысына негізделген құралдардың бірі — электронды оптикалық түрлендіргіш (ЭОТ). Бұл құрал кескінді сәулелену спектрінің бір аймағынан екінші аймағына көшіре алады және кескіндердің жарықтылығын арттырады. Олармен емделушілерді тексергенде рентген техникасында күшейткіш ретінде қолданады. Мұның өзі рентген сәулелерінің интенсивтігін емделуші адамның денсаулығына зиян келтірмейтіндей етіп азайтып, сонымен бірге кескіннің жарықтылығын жақсы көрінетіндей дәрежеге дейін арттыруға мүмкіндік береді.



39.5-сурет

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Соңғы уақыттарда адам көзінің торқабатының электронды протезін (имплантант) жасау бойынша белсенді жұмыстар жүргізіліп жатыр (америкалық *Optobionics* фирмасы, *Italian Institute of Technology* т.б.). Бұл жартылай өткізгіштік құралды құрастырып жатқан ғалымдардың пікірі бойынша, ол торқабаттың дегенерациясы тереңдеп кеткен, ауруы асқынған адамдарға жартылай болса да көру мүмкіндігін береді. Бұл құралдың жұмысы торқабатқа фотошодтарды орнатуға негізделген, олар көзге түскен жарықтың әсерінен электр импульстерін туғызады. Осы импульстер көру жүйесімен миға беріледі де, торқабаттардың нейрондарын қоздырады. Мүмкін жақын болашақта мұндай импланттар миллиондаған зағип адамдардың толыққанды өмір сүруіне мүмкіндік береді деген үміттеміз.



1. Сыртқы фотоэффект деп қандай құбылысты айтамыз?
2. Фотоэффектінің қызыл шекарасы деген не?
3. Ішкі фотоэффект деп қандай құралды айтады?
4. Фотоэлемент деген не?
5. Фоторезистор деп қандай құралды айтады?
- 6. Фотоэлементтер қай жерлерде қолданылады?



“Қазақстандағы күн энергетикасының дамуы” тақырыбында эссе жазып, презентация дайындаңдар.

Осы тақырыпта неіі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 40. ФОТОЭФФЕКТ ҮШІН ЭЙНШТЕЙІН ТЕҢДЕУІ

Тірек ұғымдар:

- ✓ фотоэффектінің қызыл шекарасы
- ✓ фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуі
- ✓ шығу жұмысы

Бүгінгі сабақта:

- Фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуімен танысыңдар және оны қолданып есептер шығаруды үйренесіңдер.

Фотоэффект құбылысын А. Г. Столетов 1888—1890 жылдары тәжірибе жүзінде зерттеп, соның нәтижесінде фотоэффектінің заңдарын тағайындады. Бір қарағанда қарапайым осы заңдарды электромагниттік теория тұрғысынан түсіндіру мүмкін болмады. Мысалы, егер жарықтың жиілігі әрбір нақты дене үшін белгілі бір ν_{min} (сәйкесінше толқын ұзындығы λ_{max} -дан артық болса) жиіліктен аз болса, фотоэффект байқалмайтыны анықталды. Жиілік пен толқын ұзындығының осы мәндері *фотоэффектінің қызыл шекарасы* деп аталады.

Фотоэффект заңдарын теориялық тұрғыда 1905 жылы А. Эйнштейн түсіндірді. Ол Планктің жарық кванттары туралы гипотезасын әрі қарай дамытты. Эйнштейннің пайымдауы бойынша, жарықтың құрылымы үздікті, осы үздіктілік жарық таралғанда да, жұтылғанда да сақталады. *Жарық дегеніміз — фотондар ағыны*. Затқа жарық түскенде фотон оның атомымен әсерлесіп, атом оны бүтін күйінде ғана жұта алады. Егер жұтылған фотонның энергиясы $E_0 = h\nu$ электронның металл бетінен шығу жұмысына $A_{\text{ш}}$ тең немесе одан артық болса, электрон металдан ұшып шығады.

Электрондардың металдан шығу жұмысы деп оны металл бетінен жұлып шығаруға қажетті энергияға тең шаманы айтады.

Кейбір металдар үшін шығу жұмысының мәндері 40.1-кестеде берілген.

Егер фотонның энергиясы шығу жұмысынан артық болса, энергияның қалған мөлшері ұшып шыққан бос электронға кинетикалық

Электрондардың металдан шығу жұмысы

Металл	$A_{\text{ш}}$, эВ	$A_{\text{ш}}$, Дж
Калий	2,2	$3,5 \cdot 10^{-19}$ Дж
Литий	2,3	$3,7 \cdot 10^{-19}$ Дж
Күміс	4,7	$7,5 \cdot 10^{-19}$ Дж
Цинк	4	$6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж

энергия ретінде беріледі. Осы айтылғандардың бәрін мынадай теңдеу арқылы өрнектеуге болады:

$$h\nu = A_{\text{ш}} + \frac{m_e v^2}{2}. \quad (40.1)$$

Бұл формула **фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуі** деп аталады. Бұл теңдеу энергияның сақталу заңы болып табылады.

Эйнштейн теңдеуі тәжірибелерден тағайындалған фотоэффект заңдарының бәрін түсіндіре алады. Бұл тәжірибелік заңдарға 11-сыныпта толық тоқталамыз. Қазір фотоэффектінің қызыл шекарасы болатынын қарастырайық. Фотоэффект құбылысы бақылану үшін түскен жарықтың — фотонның энергиясы ең болмағанда электронды нөлдік кинетикалық энергиямен металдан ұшырып шығаруға жетуі керек:

$$h\nu_{\text{min}} = A_{\text{ш}},$$

бұдан

$$\nu_{\text{min}} = \frac{A_{\text{ш}}}{h}, \quad (40.2)$$

яғни фотоэффектінің қызыл шекарасы тек $A_{\text{ш}}$ шығу жұмысына тәуелді. Толқын ұзындығы мен жиіліктің арасындағы $\lambda = \frac{c}{\nu}$ байланысты ескере отырып, алатынымыз:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{ch}{A_{\text{ш}}}. \quad (40.3)$$

Цинк пластинане жасаған тәжірибемізде жарықтың жолына әйнек қойғанда неге фотоэффект бақыланбайтыны енді түсінікті болды.



1. Фотоэффектінің қызыл шекарасы деп нені атаймыз?
2. Электрондардың металдан шығу жұмысы деген не?
3. Фотоэффектінің қызыл шекарасын қалай анықтаймыз?
- 4. Фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуін жазып, оған кіретін әрбір шаманың нені білдіретінін айтып беріңдер.

- 5. 40.1-кестені пайдаланып, металдарды шығу жұмысының артуына қарай ретпен орналастырыңдар.
- 6. Тақырыптың мәтініне сүйене отырып, фотоэффект құбылысын зерттейтін құралдарда не себепті түсетін сәулелерді өткізетін терезешені жай шыныдан емес, кварцтан жасайтынын түсіндіріңдер.

Есеп шығару мысалы

Цезийдің бетіне толқын ұзындығы $\lambda = 400$ нм күлгін жарық түскенде, одан ұшып шығатын фотоэлектрондардың максимал жылдамдығы $v_{\max} = 650$ км/с. Фотоэффектінің V_{\min} қызыл шекарасын анықтаңдар.

Берілгені :

$$\begin{aligned} \lambda &= 400 \text{ нм} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м} \\ v &= 650 \text{ км/с} = 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с} \\ m_e &= 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \\ h &= 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \\ c &= 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \end{aligned}$$

$V_{\min} \text{ — ?}$

Шешуі. Қызыл шекараны $A_{\text{ш}} = E_{\sigma} = \frac{hc}{\lambda}$ (40.4) өрнегінен анықтаймыз. Ол үшін алдымен шығу жұмысын табу керек. Оны Эйнштейн теңдеуінен анықтауға болады:

$$h\nu = A_{\text{ш}} + \frac{m_e v^2}{2},$$

$$A_{\text{ш}} = h\nu - \frac{m_e v^2}{2}.$$

Жиілік пен толқын ұзындығының арасындағы байланыс $\nu = c/\lambda$, осыларды (40.4) теңдеуіне қоямыз:

$$\begin{aligned} V_{\min} &= \frac{A_{\text{ш}}}{h} = \frac{h \frac{c}{\lambda} - \frac{m_e v^2}{2}}{h} = \\ &= \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м}}{\text{с}} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с})^2}{2}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} = 4,6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}. \end{aligned}$$

Жауабы : $4,6 \cdot 10^{14}$ Гц.



31-жаттығу

1. 40.1-кестені пайдалана отырып, күміс, калий және цинк элементтері үшін λ_{\max} фотоэффектінің қызыл шекарасын анықтаңдар.
2. Металдан электрондардың шығу жұмысы $A_{\text{ш}} = 3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Осы металл үшін фотоэффектінің қызыл шекарасы $\nu_{\text{ш}}$ қандай?
- 3. Күміс пластинаға толқын ұзындығы 150 нм жарық түсірілді. Фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясын табыңдар.

- 4. Калийге толқын ұзындығы 400 нм жарық түсірілді. Фотоэлектрондардың ұшып шығу жылдамдығы қандай?
- *5. Күміс пластинаға түсетін сәулелену квантының энергиясы шығу жұмысынан екі есе артық. Фотоэлектрондардың максимал жылдамдығын табыңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§41. РЕНТГЕН СӘУЛЕЛЕРІ

Тірек ұғымдар:

- ◆ рентген сәулелері
- ◆ рентген түтігі
- ◆ рентгенология

Бүгінгі сабақта:

- рентген сәулелерінің қасиеттерін оқып-үйренесіңдер;
- рентген сәулелерінің қолданылу мысалдарымен танысасыңдар.

Сендер рентген сәулелері деген сөзді естігенде ойларыңа не түседі?

Иә, сендер емхананы, рентген кабинетін, медициналық тексеруді елестетесіңдер. Себебі рентген сәулелерінің медицинада қолданылуы бала кезден бәрімізге таныс. Бүгін біз осы “Рентген сәулелері қалай пайда болады, олардың негізгі қасиеттері қандай және олар тағы қай жерлерде қолданылады?” деген сұрақтарға жауап іздеп көрейік.

Рентген сәулелері жылдам электрондар металдарға соғылып, тежелгенде пайда болады. Бұл — толқын ұзындығы 50 нм мәнінен 10^{-3} нм дейінгі аралықта жатқан электромагниттік толқындар.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Рентген сәулелерін 1895 жылы В.К. Рентген кездейсоқ ашты. Ол Вюрибург университетінде профессор болып жүріп, катодтық сәулелерді зерттеп, тәжірибелер жүргізді. Кешке жұмыстан кетерде жарықты сөндіргенде Рентген катодты-сәулелік түтіктің маңында жасылдау сәулелер жылтылдап тұрғанын байқайды. Түтік жарық өткізбейтін қара қағазға оралған еді. Сондықтан рентген электр тогы өткен кезде түтік мөлдір емес ортадан өте алатын белгісіз бір көрінбейтін сәулелер шығарады деп шешті. Ол жаңа сәулелерді X-сәулелер деп атады. Кейіннен Рентген белгісіз сәулелердің қасиеттерін жан-жақты

тексерді. Сол кезде ол осы сәулелерді адам денесінің қандай да ағзасына түсірсе, фотопластинада оның қаңқасының кескіні қалатынын байқады. Осылайша заманауи рентгенология мен рентген диагностикасының негізі қаланған еді.

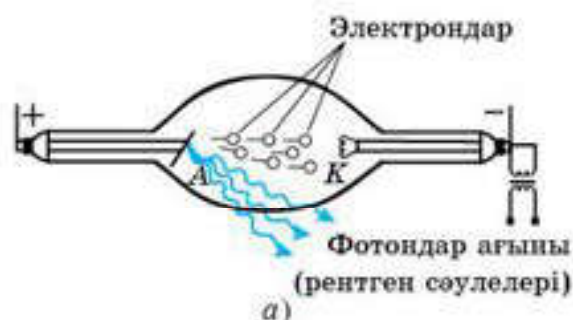
Рентген сәулелерін алу үшін рентген түтігін (41.1, а, ә-суреттер) пайдаланады. Бұл — екі электрод: анод және катод орналастырылған вакуумды түтік. Анод пен катодтың арасына жоғары кернеу беріледі. Катодты электр тогын өткізу арқылы қыздырады, сонда одан электрондар ұшып шығып, электр өрісінде үдей қозғалып, анодқа қарай ағылады. Осы электрондар анодқа соғылып, тежелгенде рентген сәулелері ұшып шығады (41.1, а-сурет).



Оқулықтағы электромагниттік толқындар шкаласына зер салып қараңдар. Рентген сәулелері шкаланың қай жерінде орналасқан? Рентген сәулелерінің оң жағында және сол жағында орналасқан электромагниттік сәулелер қалай аталады? Олардың бір-бірінен қандай айырмашылықтары бар? Ортақ қасиеттері бар ма?

Рентген сәулелерінің негізгі қасиеттерін атап өтейік :

1. Рентген сәулелері көзге көрінбейді.
2. Рентген сәулелерінің өтімділік қабілеті өте жоғары, яғни олар түрлі жансыз денелердің қаңқасынан, тірі ағзалардың ұлпа тінінен де өтіп кетеді.
3. Рентген сәулелерінің фотохимиялық әсері бар, мысалы, олар фотопластиналар мен фотоленкаларды қарайтады. Бұл әсер рентген түсірілімдерінде кескін пайда болуының негізінде жатыр.
4. Кейбір заттарға түскенде рентген сәулелері жылтылдаған жарық шығарады (флуоресценция).
5. Зат арқылы өткенде оның атомдарын поңдайды. Тірі ағзалардың жасушаларына биологиялық әсер етеді. Сәулелену дозасы жоғары болса, ағзаға айтарлықтай зиян тигізеді.



41.1-сурет

Рентген сәулелерінің медицинада қолданылуы. Рентген сәулелерінің қасиеттерін зерттеу оның адамдар мен жануарлардың ағзасына әсерін зерделейтін жаңа ғылым — рентгенологияның пайда болып, өркендеуіне себеп болды. Рентгенологияның құрамына түрлі аурулардың бар-жоғын анықтауға мүмкіндік беретін рентген диагностикасы да кіреді. Біздің еліміздің барлық тұрғындары ең болмаса жылына бір рет өкпе флюорографиясын өтуі тиіс екені сендерге белгілі (41.2-сурет). Диагностикадан бөлек рентген сәулелерін әртүрлі ісіктерді емдеуде пайдаланады.

Рентген сәулелерінің ғылым мен техникада қолданылуы. Қазіргі кезде рентген сәулеленуі әртүрлі материалдардың ішкі құрылымын зерттеуде, химия және биология салаларында кеңінен пайдаланылады. Дефектоскопияда рентген сәулелерінің көмегімен нәрселердің, мысалы, рельстердің, механизмдер мен машиналар бөліктерінің, дәнекерлеу тігісінің т.б. ішкі ақауларын анықтайды. Ұшақпен ұшқан болсаңдар, әуежайда жүктер, қол жүктері, жолаушылардың өздері жіті тексеруден өтетінін білесіңдер. Міне, осы жерлерде рентген теледидарлық интроскоптар деп аталатын қондырғылар қолданылады (41.3-сурет). Бұл — рентген сәулелерін қолданудың кейбір мысалдары.

Рентген сәулелерінің астрономияда қолданылуы. Күн де, жұлдыздар да рентген сәулелерінің қуатты табиғи көзі болып табылады.

Ғарыштық объектілердің рентген сәулелерінің құрамын, қасиеттерін зерттеу арқылы объектілердің құрамы мен құрылысы туралы өте бағалы ақпараттар алуға болады. Астрономияның бұл бөлігі рентгендік астрономия деп аталады. Оның негізгі аспабы — рентгендік телескоп. Онымен өте алыстағы ғарыш объектілерін рентген спектрінде бақылауға болады.



41.2-сурет. Өкпе флюорографиясы



41.3-сурет. Рентген теледидарлық интроскоп



41.4-сурет. Рентгендік телескоп NuSTAR

Рентгендік телескоптар Жердің жасанды серіктеріне немесе жоғары биіктіктегі орбитадағы серіктерге орналастырылады. 41.4-суретте кара құрдымдар мен жана жұлдыздарды зерттеу үшін арнайы жасалған NuSTAR рентгендік телескоп көрсетілген. Қазір ол Жердің айналасындағы орбитада табысты жұмыс істеп, зерттеулер жүргізіп жатыр.



1. Рентген сәулелері қалай ашылды?
2. Рентген сәулелерінің табиғаты қандай?
3. Рентген сәулелері электромагниттік толқындар шкаласының қай жерінде орналасқан?
- 4. Рентген сәулеленуінің негізгі қасиеттерін атаңдар.
- 5. Рентген түтігі деген не?
6. Рентген сәулелерінің медицинада қолданылуы туралы айтып беріңдер.
7. Рентгендік астрономия немен айналысады?



1. Электромагниттік толқындар шкаласынан ультракүлгін және рентген сәулелерінің жиіліктер диапазонын анықтаңдар (36.3-сурет).
2. Осы жиіліктер диапазондарының ортасында орналасқан ультракүлгін және рентген сәулелеріне сәйкес энергия кванттарының мәндерін анықтаңдар. Оларды салыстырып, айырмашылығын есептеңдер.
3. Ультракүлгін және рентген сәулелерінің адам ағзасына әсерлері туралы материал жинап, оларды салыстырыңдар. Осы сәулелер адам ағзасына пайдалы ма, әлде зиянды ма? Ол қандай жағдайларға байланысты? Эссе жазыңдар.



Осы тақырыптың мәтінінен алынған мағлұматтарға сүйене отырып, 41.1-кестені толтырыңдар. Жауаптар бағанасына дұрыс жауапқа сәйкесінше "+" таңбасын қойыңдар.

41.1-кесте

Тұжырым	иә	жоқ	мағлұмат жоқ
1) Рентген сәулелері металдарды ультракүлгін жарықпен сәулелендіргенде пайда болады.			
2) Рентген сәулелері жылдам электрондар металдарда тежелгенде пайда болады.			
3) Рентген сәулелері ғарыштық сәулелердің құрамына кіреді.			
4) Рентген сәулелері заттың атомдарын иондайды.			
5) Рентген сәулелері түрлі заттардың ішкі құрылымын зерттеуде қолданылады.			
6) Рентген сәулелерімен адам ағзасын сәулелендіру пайдалы әсер етеді.			

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§42. РАДИОАКТИВТІЛІК. РАДИОАКТИВТІ СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ТАБИҒАТЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ радиоактивті сәулелер
- ✓ уран
- ✓ радий
- ✓ α -сәулелер
- ✓ β -сәулелер
- ✓ γ -сәулелер

Бүгінгі сабақта:

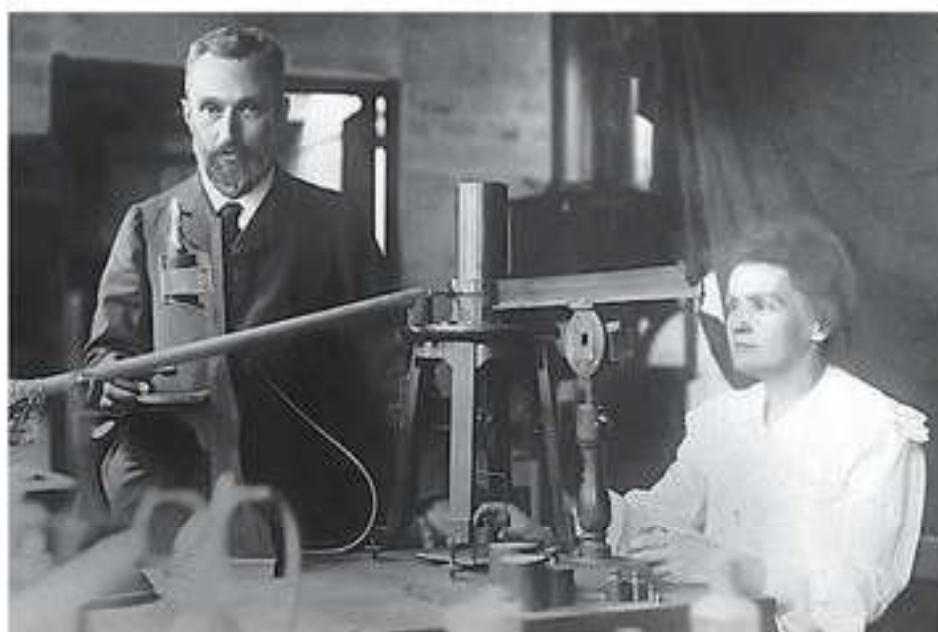
- радиоактивтілікпен танысасыңдар;
- радиоактивті сәулелердің құрамын зерттеп, олардың кейбір қасиеттерін қарастырасыңдар.

Өткен сабақта танысқан рентген сәулелерінің ашылуымен тағы бір аса маңызды жаңалықтың ашылуы байланысты. 1896 жылдың 20 қаңтарында француз академиясының отырысында А. Пуанкаре Рентгеннің ашқан жаңалығы туралы айтты, сол кезде ол жаңа ашылған сәулелер люминесценциямен байланысты болуы мүмкін деген болжам айтты. Осы отырысқа қатысып отырған Беккерель Анри Пуанкаренің болжамына қызығушылық танытып, оны тексермек болды. Ол уранның кейбір тұздары жарқыраған сары жасыл флуоресценциялық сәулелер шығаратынын білетін және оның зертханасында бұл заттар бар болатын. Оның әкесі уранның люминесценциясын зерттей отырып, жарықтың түсуі тоқтаған соң секундтың жүздеген бөлігінің ішінде уранның жылтылдауы тоқтайтынын анықтаған еді. Бірақ ол кезде мұндай жылтылдау басқа бір көрінбейтін сәулелердің шығуымен бірге жүре ме, жоқ па, оны ешкім тексермеген болатын. Беккерель фотопластинаны қалың кара қағазбен екі қабаттап орап, үстіне уран тұздарының кристалдарын салып, оны бірнеше сағат күн көзіне қойып, сосын фотопластинаны айқындады. Сол кезде ол кристалдардың солғын контурын көрді. Сонымен қатар, Беккерель зерттеліп отырған уран тұзының кристалдары мен фотопластинаның арасына тиян қойса, оның анық кескінін алуға болатынын байқады. Ол бұл рентген сәулелері және олар флуоресценция құбылысымен байланысты деген қорытындыға келді.

Беккерель өз тәжірибелерін жалғастыра берді. Ақпанның аяғында Парижде ауа райы бұлтты еді, ғалым өзінің тәжірибеге даярлап қойған фотопластиналарын үстелдің жәшігіне салып қояды. Бұл жолы ол уран тұзы мен фотопластинаның арасына мыстан жасалған крест салып қойған еді. Бірнеше күннен соң, ол фотопластинаны жәшіктен алып шығарған кезде фотопластинадан мыстан жасалған крест кескінін көрді. Тәжірибені көп рет қайталаған Беккерель уран тұздары өздігінен, сыртқы ешқандай әсер болмаса да, көрінбейтін сәулелер шығаратынына көз жеткізді. Бұл сәулелер де мөлдір емес кабаттардан еркін өтеді.

Кейінірек жаңа сәулелерді тек уранның қоспалары шығаратыны және олар ауаны пондайтын, зарядталып тұрған электроскопты разрядтайтын қасиеттерге ие екені анықталды.

Жаңа сәулелерді алғашында беккерельдік немесе урандық деп атап жүрді, бірақ бұл атаулар қабылданбады. “*Радиоактивтілік*” (ағылшын сөзі *radiation* — сәулелену, сәуле шығару) және радиоактивтік сәулелер терминін Мария Кюри-Склодовская ұсынды. Ол өзінің жұбайы Пьер Кюримен бірге жаңа ашылған құбылысты зерттеуде көп еңбек сіңірді (42.1-сурет). Соның ішінде Мария Кюри сол кездегі барлық элементтерді радиоактивтілікке тексере келе, ураннан басқа тек торий осындай қасиетке ие екеніне, тіпті оның радиоактивтілігі ураннан да жоғары екеніне көз жеткізді. Бұдан соң Кюрилер полоний (№ 84) және радий (№ 88) деп аталған екі жаңа радиоактивті элементті бөліп алды. Атомдық және ядролық физиканың жеке ғылым саласы ретінде бөлініп шығып, әрі қарай



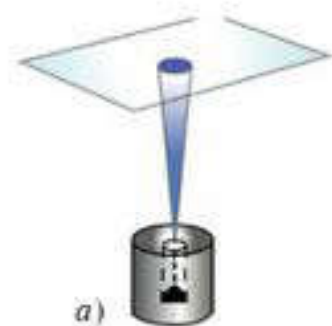
42.1-сурет. Пьер және Мария Кюрилер

дамуына үлкен әсер еткен құбылыс осылайша ашылған еді. 11-сыныпта радиоактивтілік құбылысын тереңірек оқып, мынаған көз жеткіземіз: бір элементтің ядросы екінші бір элементтің ядросына өздігінен айналған кезде радиоактивті сәулелер шығады.

Радиоактивті сәулелерді шығаратын химиялық элементтер **радиоактивті элементтер** деп аталады. Бұлар, негізінен, Менделеев кестесінің соңына қарай орналасқан ауыр элементтер екені белгілі.

Енді радиоактивті сәулеленудің табиғаты қандай екенін анықтайық. Бұл бағытта көп еңбек сіңірген Э. Резерфорд болды. Радиоактивті сәулелердің құрамын анықтауға мүмкіндік беретін классикалық тәжірибені қарастырайық (42.2-сурет).

Резерфорд қабырғалары қалың қорғасын цилиндрдің түбіне радий элементінің кішкене кесегін салып, оған қарама-қарсы фотопластинка орналастырады (42.2, а-сурет). Барлық құрал вакуумда, күшті магнит өрісінде орналасады (42.2, ә-сурет). Магнит өрісі жоқ кезде фотопластинаны шығарғанда тура цилиндр каналының қарсысында бір қара дақты көруге болады. Магнит өрісін қосқан кезде фотопластинаны үш дақ пайда болады, яғни алғашқы радиоактивті сәулелер ағыны үшке бөлінеді. Бұдан мынадай қорытынды шығаруға болады: магнит өрісінде екі жаққа бұрылған ағындар оң және теріс зарядталған, ал үшінші — ешқайда бұрылмай түзу өткен ағын — бейтарап (нейтрал).



42.2-сурет



Өздерің жауап беріңдер: неге мұндай қорытындыға келуге болады? Ол үшін магнит өрісінің қозғалыстағы зарядтарға қалай әсер ететінін еске түсіріңдер (8-сынып). Сол қол ережесін пайдаланып, 42.2, ә-суреттен сәуле ағынының зарядтарының таңбасын анықтаңдар.

Сонымен, радиоактивті сәулелену бейтарап, оң және теріс зарядталған үш түрлі бөлшектер ағынынан тұратыны анықталды. Оң зарядталған бөлшектер α , теріс зарядталған бөлшектер β , ал бейтарап шоқ γ -сәулелер деп аталады. Кейінірек белгілі болғандай, α -бөлшектер гелий атомының ядролары, β -бөлшектер жылдам электрондардың ағыны, ал γ -сәулелер қысқа электромагниттік толқындар болып табылады. Электромагниттік шкаланы зер салып қарап, γ -сәулелер қай жерде орналасқанын тауып алыңдар. Сендер

Үсәулелердің жиілігі рентген сәулелерінен артық екенін көресiңдер. Сондықтан олардың өту қабілеті рентген сәулелерінен де жоғары.

Радиоактивті сәулелердің негізгі қасиеттеріне олардың пондаушы және өту қабілеттері жатады. Радиоактивті сәулелер заттан өткен кезде оның атомдарын пондайды, нәтижесінде бейтарап атомдар мен молекулалар оң және теріс зарядталған бөлшектер жұбына — пондарға ыдырайды.

Заттың пондалуы оның негізгі физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруіне әкеп соғады. Тірі ағзаларды сәулелендіргенде жасушалар пондалады, бұл ағзаның түрлі қызметтерінің бүлінуіне әкеп соғады. Сондықтан радиоактивті сәулелермен сәулелендіру тірі ағзаларға зиянды әсер етеді. Радиоактивті сәулелердің ішінде пондаушы қабілеті ең жоғарысы — α -бөлшектер. Бірақ оның өту қабілеті өте төмен, кәдімгі бір парак қағаздың көмегімен оларды толығымен ұстап қалуға болады. Альфа-бөлшектерге карағанда β -бөлшектердің пондаушы қабілеті төмен, ал өту қабілеті жоғары. Гамма-бөлшектердің өту қабілеті өте жоғары, одан қорғану үшін ауыр металдар, көбінесе қорғасын қолданылады.



1. Радиоактивті сәулелер қалай аталады?
- 2. Алғашында оларды неге рентген сәулелерімен шатастырды?
- 3. Радиоактивті сәулелердің рентген сәулелерінен айырмашылығы қандай?
4. Қандай химиялық элементтер радиоактивті деп аталады?
5. Радиоактивті сәулелердің құрамы қандай?
6. Радиоактивті сәулелер зат арқылы өткенде оған қалай әсер етеді?



Радиоактивті сәулелердің тірі ағзаларға қалай әсер ететінін зерттеңдер. Сәулеленудің зияны туралы қорытынды жасаңдар. Мына сұрақтарға жауап беріңдер: радиоактивті сәулеленуден қалай қорғануға болады? Радиоактивті сәулелермен сәулелендіру арқылы адамдарды емдеуге бола ма? Осы тақырып бойынша эссе дайындаңдар.



Мынадай тәжірибе жүргізіледі: белгісіз радиоактивті сәулелер көзі мен детектордың арасына әртүрлі заттардың парақтары қойылды. Тәжірибе нәтижелері төмендегі кестеде көрсетілген. Осы мағлұматтарды сараптай отырып, мына сұраққа жауап беріңдер: бұл радиоактивті сәулелердің құрамы қандай? Жауаптарыңды негіздеңдер.

Зат	Сәулелену интенсивтігіне әсері
Қағаз	Аздап төмендеу
Қағаз + Алюминий	Әрі қарай төмендеу
Қағаз + Алюминий + Қорғасын	Көп төмендеу

Осы тақырыпта неіі меігердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты ігеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§43. РЕЗЕРФОРД ТӘЖІРИБЕСІ. АТОМНЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ атомның құрылысы
- ✓ ядро
- ✓ электрон
- ✓ атомның планетарлық моделі

Бүгінгі сабақта:

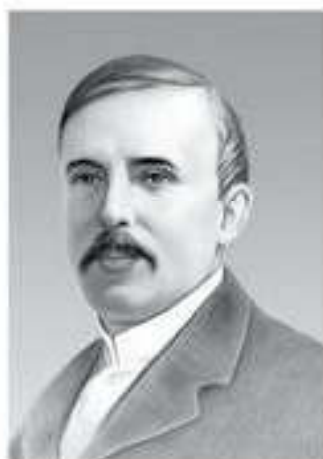
- Резерфорд тәжірибесімен танысасыңдар;
- атомның құрамы мен құрылысын зерттейсіңдер.

Барлық заттар атомдардан тұрады. Атомдар туралы бөлінбейтін аса ұсақ бөлшектер деген ұғым антика заманынан бастап пайда болған еді, бірақ атомдардың бар екенін дәлелдейтін ғылыми негізделген дәлелдер тек XVIII ғасырда А. Лавуазье, М. В. Ломоносов сияқты көрнекті ғалымдардың еңбектерінен алынды. “Ал атомдар неден тұрады?” деген сұрақ тек XIX ғасырда туындады. Неге екенін анықтап көрейік.

Электролиз құбылысын зерттей отырып, 1833 жылы М. Фарадей элементар $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл электр зарядының мәнін анықтады. Бұдан атомдардың ішінде электр зарядтары бар деген қорытынды жасауға болады. 1897 жылы Дж. Томсон элементар электр зарядын алып жүретін элементар бөлшек — *электронды* ашты. Ол электронның зарядының оның массасына қатынасын e/m өлшеді. Бұдан атомдардың құрамына электрондар кіреді деген қорытындыға келуге болады. Осы сияқты зерттеулерге Д. И. Менделеевтің элементтердің периодтық жүйесін жасап шығуын, атомдардың сызықтық спектрінің ашылуын, тағы басқа бірнеше жаңалықтарды жатқызуға болады.

Сонымен, XX ғасырдың басында атомдардың ішкі құрылымы бар екені анықталды. Атомның құрамына теріс зарядталған жеңіл бөлшектер — электрондар кіреді. Бірақ атомдар бейтарап, олай болса, олардың құрамында теріс зарядтарды компенсациялайтын оң зарядталған бөлшектер де кіруі тиіс. “Осыдан бұл қандай бөлшектер және атомның құрылымы қандай?” деген сұрақтар туындады.

Атомдардың ішкі құрылысын анықтау үшін 1909—1911 жылдары Э. Резерфорд өзінің қызметкерлерімен бірге тәжірибелер жасады.



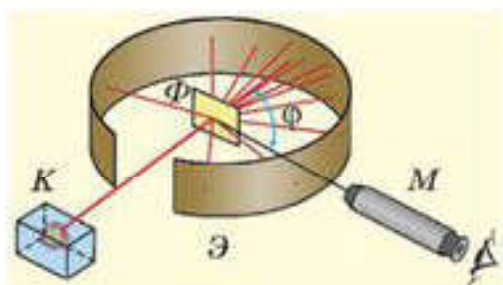
Эрнест Резерфорд
(1871—1937)

Ол өте жұқа алтын фольганы α -бөлшектермен атқылады. Ол кезде α -бөлшектің электр зарядының таңбасы оң, мөлшері элементар зарядтан екі есе үлкен, ал массасы электронның массасынан 8000 еседей артық екені белгілі болатын. Яғни, альфа-бөлшек — оң зарядталған ауыр бөлшек. Резерфорд тәжірибесінің сұлбасы 43.1-суретте кескінделген.

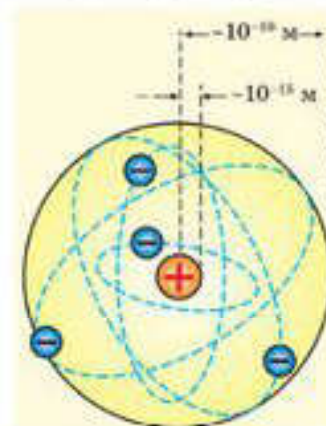
Альфа-бөлшектердің көзі ретінде пайдаланылған радий препараты корғасын K контейнердің түбіне салынды. Одан шығатын альфа бөлшектердің жіңішке шоғы Φ алтын фольгаға қарай бағытталады. Фольгадан шашыраған α -бөлшектер \mathcal{E} экранға түседі. Экран цинк сульфидімен қапталған, сондықтан оның α -бөлшек соққан жері жарқ ете түседі (сцинтилляция). Тәжірибеде осы жарқылдарды микроскоптың көмегімен қарап, санаған. Бақылаулар шоқтың алғашқы бағытымен әртүрлі Φ бұрыш жасайтын бағыттарда жүргізілді (43.1-сурет). Тәжірибе нәтижесі α -бөлшектердің басым көпшілігі фольга арқылы өткенде ешқайда шашырамай, түзу өтетінін көрсетті. Бірақ олардың болымсыз аз бөлігі (шамамен он мың бөлшектің біреуі) өте үлкен бұрыштарға $\Phi \perp 180^\circ$ шашырап, шын мәнінде артқа қарай шағылған.

Осы тәжірибелердің нәтижесін түсіндіру үшін Э.Резерфорд атомның планетарлық моделін ұсынды. Бұл үлгі бойынша оң заряд атомның ортасында орналасқан және атомның барлық дерлік массасы сонда шоғырланған. Осы ауыр оң зарядталған центр атомның ядросы деп аталды. Ядроның айналасында үлкен қашықтықта дөңгелек орбиталармен электрондар айналып жүреді (43.2-сурет).

Есептеулер тәжірибе нәтижелерімен сәйкестікте болу үшін атом ядросының радиусын шамамен 10^{-15} м, ал электрондар орбитасының



43.1-сурет



43.2-сурет

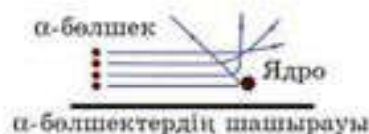
мәнін 10^{-10} м деп алу қажет екенін көрсетті. Атомдағы барлық электрондардың теріс зарядтарының қосындысы ядроның оң зарядына тең, сондықтан атом, тұтастай алғанда, бейтарап.



- 1. XIX ғасырда ашылған қандай жаңалықтар атомның құрылысы күрделі екенін көрсетті? Неге екенін түсіндіріңдер.
- 2. Резерфорд тәжірибесінің мағынасын түсіндіріңдер.
3. Атом қандай бөлшектерден тұрады?
4. Резерфорд ұсынған атомның үлгісін неге планетарлық дейді?
5. Ядро мен электронның массалары мен өлшемдерінің қатынастары қандай?



1. Резерфорд тәжірибесінің нәтижелерін саралаңдар. 43.3-суретке сүйене отырып, Резерфорд неге ядролық модельді ұсынғанын түсіндіріңдер.
2. Осы тақырыптың мәтінін саралай отырып, төмендегі 43.1-кестені толтырыңдар. Жауаптар бағанына сәйкесінше "+" таңбасын қойыңдар.



43.3-сурет

43.1-кесте

Тұжырымдаулар	иә	жоқ
XX ғасырдың басына дейін атомдардың бар екенін дәлелдейтін ғылыми негізделген дәлелдер болған жоқ.		
XIX ғасырдың аяғына дейін атомдар ішкі құрылымы жоқ, бөлінбейтін бөлшектер болып есептелді.		
Элементар зарядтың мәні $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл тең екенін М.Фарадей анықтады.		
Резерфорд тәжірибесінде алтын фольганы α -бөлшектермен атқылады.		
Резерфорд тәжірибесінде алтын фольганы протондармен атқылады.		
Резерфорд тәжірибесінде альфа-бөлшектер алтын фольгадан шашырағанда шашырау бұрыштарының барлық мәндеріне біркелкі таралады.		
Резерфорд тәжірибесінде альфа-бөлшектердің көпшілігі өте үлкен бұрыштарға шашырайтыны анықталады.		
Альфа-бөлшектердің басым көпшілігі алтын фольгадан шашырамай түзу өтеді.		
Алтын фольгадан өткен альфа-бөлшектердің болымсыз аз бөлігі ғана өте үлкен бұрыштарға шашырайды.		
Атом ядросының электр заряды жоқ.		
Атом ядро мен оны дөңгелек орбиталармен айналып жүретін электрондардан тұрады.		
Ядроның өлшемі атомның өлшемінен 100000 еседей кіші.		

Осы тақырыпта негізгі мәңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

Тараудың түйінді мәселелері

- **Жылулық (температуралық) сәуле шығару** — бұл әртүрлі қызған денелер шығаратын электромагниттік толқындар мен жылу энергиясының тасымалдануы.
- **Планк гипотезасы** : жылулық сәуле шығару кезінде энергия үздіксіз емес, жеке кванттармен (үлестермен) дискретті түрде шығарылады және жұтылады. Осындай әрбір кванттың энергиясы

$$E_0 = h\nu.$$

- Сәулеленудің энергия квантын алып жүретін элементар бөлшек **фотон** деп аталады.
- Өзіне түскен кез келген толқын ұзындығындағы сәулеленуді толығымен жұтатын дене **абсолют қара** дене деп аталады.
- Түскен сәуле әсерінен металл бетінен электрондардың ұшып шығу құбылысы сыртқы **фотозлектрлік эффект** (фотоэффект) деп аталады.
- Фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуі:

$$h\nu = A_{\text{ш}} + \frac{m_e v^2}{2}.$$

- **Рентген сәулелері** жылдам электрондар металдарда тежелгенде пайда болады. Бұл — толқын ұзындығы 50 нм мәнінен 10^{-3} нм дейінгі аралықта жатқан электромагниттік толқындар.
- **Радиоактивті сәулелердің** үш түрі бар: α , β және γ -сәулелер.
- **Резерфордтың атомның планетарлық моделі** : барлық атомдар радиусы 10^{-15} м оң зарядталған ядродан және ядроны радиусы 10^{-10} м дөңгелек орбитамен айналып жүретін электрондардан тұрады.

§ 44. ЯДРОЛЫҚ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУЛЕР. ЯДРОЛЫҚ КҮШТЕР

Тірек
ұғымдар:

- ✓ протон
- ✓ нейтрон
- ✓ нуклондар
- ✓ күшті өзара әсерлесулер
- ✓ ядролық күштер

Бүгінгі сабақта:

- атом ядросының құрамын оқып-үйренесіңдер;
- ядролық күштердің негізгі қасиеттерімен танысасыңдар.

Мұны білесіңдер

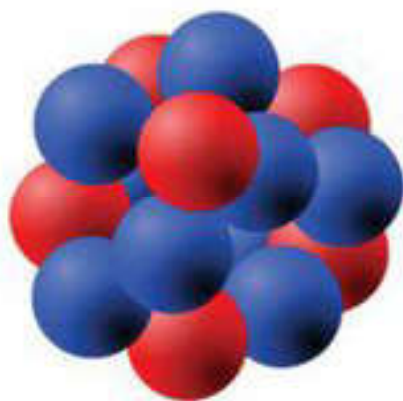
Кез келген заттың атомының радиусы шамамен 10^{-15} м оң зарядталған ядродан және өлшемі шамамен 10^{-10} м электрон қабықшасынан тұрады.

Ал ядроның өзі қандай бөлшектерден тұрады? Оның құрамына қандай да бір оң зарядталған бөлшектер кіретіні айқын. Резерфорд кез келген элементтің ядросының құрамына сутек атомының ядросы кіреді деп болжады. Ол кезде сутек атомы ядросының массасы мен заряды белгілі болды, оның үстіне барлық химиялық элементтердің атомдарының массасы сутек атомының массасына қалдықсыз бөлінетіні анықталды.

Резерфордтың болжамы 1919 жылы оның тәжірибелерінде дәлелденді. Азотты α -бөлшектермен атқылау нәтижесінде пайда болған элементтердің ішінде сутек пен оттек бар екені анықталды. Сонымен, Резерфорд тәжірибе нәтижелерін саралай келе, ең қарапайым элемент — сутек ядросы барлық басқа ядролардың құрамына кіреді деп шешті. Сутек ядросын ол **протон** деп атады.

Протон зарядының таңбасы оң, ал шамасы элементар электр зарядының мәніне тең: $e = 1,6 \cdot 10^{-16}$ Кл, оның массасы $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ кг. Атом бейтарап болғандықтан, оның электрондарының саны протондарының санына тең болуы тиіс. Онда, мысалы, Менделеев кестесіндегі екінші элемент — гелийдің ядросында екі протон болуы тиіс, ол шынында да солай. Бірақ гелий ядросының массасы протон массасынан төрт есе артық. Олай болса, оның құрамында басқа бір бөлшектер де болуы тиіс.

1932 жылы **нейтрон** ашылды, оның массасы шамамен протонның массасына тең, ал электр заряды нөлге тең. Осы жылы ядроның протон — нейтрондық моделі жасалды (44.1-сурет).



44.1-сурет

ішінде нуклондар арасында тартылыс күштері әсер етеді және ол электростатикалық тәбіліс күштерінен әлдеқайда үлкен.

Қазіргі кезде барлық ядролар протондар мен нейтрондардан тұратыны дәлелденді. Оларды ортақ атпен **нуклондар** деп атайды.

Енді мынадай сұрақтар туындайды: нуклондарды ядроның ішінде біріктіріп ұстап тұратын қандай күш? Протондар аттас зарядталғандықтан бір-бірінен тебіледі. Ал нейтрондарда заряд жоқ. Онда ядро ыдырап кетуі керек қой. Осыған карамастан ядро өте берік екені тағы белгілі. Сондықтан мынадай қорытындыға келуге болады: ядроның

Мұны білесіңдер

Күш — денелердің өзара әсерлерінің мөлшерін сипаттайтын векторлық шама. Массасы бар барлық денелер гравитациялық өзара әсерге түседі, ол — сәйкес Бүкіләлемдік тартылыс күші. Барлық электр заряды бар денелер электромагниттік өзара әсерлеседі. Гравитациялық өзара әсер сияқты, электромагниттік өзара әсер де алыс қашықтықтарға жетеді, оларға сәйкес күштер өте алыс қашықтықтарда да әсер етеді. Теориялық тұрғыдан алғанда, олардың әсер ету радиусы шексіздікке тең.

Ядроның ішінде нуклондардың өзара әсерлесу интенсивтігі электромагниттік өзара әсерден 100 есе артық екені анықталды. Сондықтан оны *күшті әсерлер* деп атайды, ал оған сәйкес күштер *ядролық күштер* болып табылады. Өздерің байқағандай, біз бұдан былай өлшемдері өте кішкене объектілерді зерттеуге көштік. Сендер атомдардың өлшемі шамамен 10^{-10} м, ал ядролар шамамен 10^{-15} м екенін білесіңдер. Аса ұсақ көзге көрінбейтін атом, ядро, электрон, протон, нейтрон сияқты микробөлшектер әлемі *микроәлем* деп аталады. Микроәлемнің заңдылықтары біз өмір сүріп жатқан үйреншікті макроәлемнің заңдылықтарынан өзгеше.

Ядролық физикада қолдануға ыңғайлы кейбір арнайы өлшем бірліктерді атап өтейік: массаның өлшем бірлігі — массаның атомдық бірлігі $1 \text{ (м.а.б.)} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, энергияның өлшем бірлігі — мегаэлектрон-вольт $1 \text{ (МэВ)} = 10^6 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.

Протон мен нейтронның массасының атомдық бірлігімен берілген массаларының мәнін келтірейік: $m_p = 1,00728 \text{ м.а.б.}$, $m_n = 1,00865 \text{ м.а.б.}$

Жоғарыда айтып өткеніміздей, микроәлемде өзіндік айрықша заңдылықтар жүреді. Оның құбылыстары мен заңдылықтарын біз көрнекті түрде көз алдымызға елестете алмаймыз. Микроәлемді

зерттеудің негізгі құралы — тәжірибе, яғни микробөлшектердің шашырауын зерттейтін тәжірибелер. Осындай тәжірибелерді саралау нәтижесінде тағайындалған ядролық күштердің негізгі қасиеттерін қарастырайық.

1. Ядролық күштер — бұл тартылыс күштері.

2. Ядролық күштер тек ядроның ішінде әсер етеді, ядроның шекарасында ол кенет нөлге дейін кемиді. Олардың әсер ету радиусы 10^{-15} м. Ядролық күштер қысқа әсерлі.

3. Ядролық күштер электр зарядына тәуелді емес. Протон мен нейтронның өзара әсер күштері екі протонның немесе екі нейтронның өзара әсер күштеріне тең.

4. Ядролық күштер қанығу қасиетіне ие. Ядроның ішінде әрбір нуклон тек өзін қоршап тұрған ең жақын көршілерімен ғана өзара әсерге түсе алады.



1. Ядроның өлшемі қандай?
2. Атом ядросы қандай бөлшектерден тұрады?
3. Нуклон деп нені айтады?
4. Ядроның ішіндегі нуклондардың өзара әсері қалай аталады?
- 5. Ядролық күштердің негізгі қасиеттерін атаңдар.



Төмендегі тұжырымдардың дұрыстарын сол жақ бағанаға, қателерін оң жақ бағанаға тізіп жазыңдар.

Дұрыс	Дұрыс емес

1. Ядроның құрамына электрондар, протондар және нейтрондар кіреді.
2. Нейтронның массасы протонның массасына жуық, бірақ электр заряды жоқ.
3. Нейтронның массасы электронның массасына жуық, бірақ электр заряды жоқ.
4. Ядроның құрамына протондар мен электрондар кіреді.
5. Ядроның құрамына протондар мен нейтрондар кіреді.
6. Ядролық күштер бұл — нейтрондар мен протондардың өзара тартылыс күштері.
7. Ядролық күштердің әсер ету радиусы шамамен 10^{-15} м.
8. Ядролық күштердің әсер ету радиусы шамамен 10^{-10} м.
9. Ядролық күштер бөлшектердің электр зарядына тәуелді.



32-жаттығу

1. Ядроның ішіндегі екі протонның гравитациялық тартылыс күші мен электростатикалық тебіліс күштерін есептеп, оларды салыстырыңдар. Протонның массасы $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Жауаптың нәтижесін қорытындылаңдар.
2. Ядродағы екі протонның және протон мен атомның бір электронының арасындағы электростатикалық өзара әсер күштерін есептеп, оларды салыстырыңдар. Нәтижені түсіндіріңдер.

Осы тақырыпта неіі меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты ігеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§45. МАССАЛАР АҚАУЫ. АТОМ ЯДРОСЫНЫҢ БАЙЛАНЫС ЭНЕРГИЯСЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ ядроның массасы
- ✓ зарядтық сан
- ✓ массалық сан
- ✓ массалар ақауы
- ✓ байланыс энергиясы
- ✓ меншікті байланыс энергиясы

Бүгінгі сабақта:

- Ядролардың массалар ақауын анықтап, байланыс энергиясының формуласын пайдаланып есептер шығаруды үйренесіңдер.

Мұны білесіңдер

Барлық ядролар протондар мен нейтрондардан тұрады. Протонның массасы $m_p = 1,00728$ м.а.б., оның заряд таңбасы оң, ал сан мәні бір элементар зарядқа $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл тең. Нейтронның массасы $m_n = 1,00865$ м.а.б., ал электр заряды нөлге тең.

Ядродағы протондардың саны (ол атомның орбиталарындағы электрондардың санына және Менделеевтің элементтердің периодтық жүйесіндегі реттік нөмірге тең) Z әрпімен белгіленеді және ол *зарядтық сан* деп аталады.

Протондар мен нейтрондардың (*нуклондардың*) ядродағы жалпы саны *массалық сан* деп аталып, A әрпімен белгіленеді.

Ядроларды былай белгілеу қабылданған — A_ZX , мысалы: ${}^4_2\text{He}$; ${}^7_3\text{Li}$; ${}^{238}_{92}\text{U}$. Бұлай белгілеу кез келген ядроның құрамын онай анықтауға мүмкіндік береді: $N = A - Z$. Мысалы, ${}^4_2\text{He}$ гелий ядросында (α -бөлшек) 2 протон, 2 нейтрон бар; ${}^7_3\text{Li}$ азот ядросында 7 протон, $(13 - 7) = 6$ нейтрон бар. Уран ${}^{238}_{92}\text{U}$ изотопының ядросында 92 протон, $(238 - 92) = 146$ нейтрон бар.

Заманауи құрылғылар ядролардың массаларын дәл өлшеуге мүмкіндік береді. Атомның ядросының массасы оның құрамына кіретін нуклондардың бос күйіндегі массаларының қосындысынан әрқашан аз болатыны анықталды:

$$M_A < (Zm_p + (A - Z)m_n).$$

Ядроны құрайтын барлық нуклондардың бос күйдегі массаларының қосындысынан ядроның массасының айырымы **массаның ақауы** деп аталады :

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - M_x \quad (45.1)$$

Өткен параграфта біз ядроның ішінде нуклондар интенсивтігі өте жоғары ядролық күштермен өзара тартылысқа түсетінін анықтадық. Сондықтан атомның ядросы аса берік, бір-бірімен тығыз байланысқан нуклондар жүйесін құрайды. Ядроны бұзып, құрамына кіретін нуклондарға жіктеу үшін үлкен жұмыс жасау керек.

Ядроны оның құрамына кіретін барлық нуклондар босап шығатындай етіп толық жіктеп жіберу үшін істелетін жұмысқа тең энергияны ядроның толық байланыс энергиясы деп атайды.

Ядроның толық байланыс энергиясы мен масса ақауы мына өрнекпен байланысқан:

$$E_\delta = \Delta mc^2, \quad (45.2)$$

мұндағы c — вакуумдағы жарық жылдамдығы.

Байланыс энергиясының осы бір қарапайым өрнегін пайдаланып үйрену үшін алдымен өлшем бірліктерін анықтап алу керек. Өткен параграфта көрсеткеніміздей, ядролық физикада ХБ жүйесін қолдану өте қолайсыз.



Неге екенін ойланып, өздерің түсіндіріп көріңдер. Неліктен Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (ХБЖ) өлшем бірліктерді ядролық физикада пайдалану ыңғайсыз?

Ядролық физикада массаны [м.а.б.], ал энергияны [МэВ]-пен өлшейтінін біз білеміз. Осылардың арасындағы арақатынасты (45.2) өрнегін пайдаланып табуға болады: 1 м.а.б. = 931 МэВ.

Онда байланыс энергиясын былай анықтаймыз:

$$E_\delta = \Delta m \cdot 931 \text{ МэВ}, \quad (45.3)$$

мұндағы Δm — ядро массасының ақауы.

Қазіргі кезде барлық элементтер атомдарының массалары анықталып, 45.1-кестедегідей көрсетіледі. Осындай кестедегі кейбір мәндерді келтірейік.

45.1 -кесте

Элемент атауы	Белгіленуі	Атомның массасы, м.а.б.
1	2	3
Сутек	${}^1_1\text{H}$	1, 007825
Литий	${}^6_3\text{Li}$	6,015123
	${}^7_3\text{Li}$	7,016004

1	2	3
Бор	${}_{5}^{10}\text{B}$	10,012938
	${}_{5}^{11}\text{B}$	11,009305
Фтор	${}_{9}^{19}\text{F}$	18,998403
Алюминий	${}_{13}^{27}\text{Al}$	26,981541
Калий	${}_{19}^{40}\text{K}$	39,962382
	${}_{19}^{41}\text{K}$	40,961825
Кальций	${}_{20}^{40}\text{Ca}$	39,962591
Темір	${}_{26}^{56}\text{Fe}$	55,934939
Полоний	${}_{84}^{210}\text{Po}$	209,98286
Уран	${}_{92}^{235}\text{U}$	235,04393
	${}_{92}^{238}\text{U}$	238,05079

Ядролардың емес, атомдардың массалары белгілі болғандықтан, (45.2) өрнегін мына түрге келтіріп, пайдаланамыз:

$$\Delta m = Z M_{1\text{H}} + (A - Z)m_n - M_a \quad (45.4)$$

мұнда $M_{1\text{H}}$ — сутек атомының массасы, M_a — элемент атомының тыныштық массасы.

Элемент неғұрлым ауыр болса, оның ядросындағы нуклондар саны да соғұрлым көп. Олай болса, ядро ауыр болған сайын оны нуклондарға жіктеуге қажет энергия, яғни толық байланыс энергиясы да арта түседі. Сондықтан ядроның толық байланыс энергиясы оның беріктігінің сипаттамасы бола алмайды. Ядроның беріктігінің сипаттамасы ретінде меншікті байланыс энергиясы ұғымы енгізілген:

$$E_x = \frac{E_b}{A}, \quad (45.5)$$

мұндағы A — ядродағы нуклондар саны.

Меншікті байланыс энергиясы (E_x) деп бір нуклонға сәйкес келетін байланыс энергиясының шамасын айтады. Меншікті байланыс энергиясы неғұрлым үлкен болса, ядро соғұрлым берік болады.



1. Зарядтық сан деген не?
2. Массалық сан деп нені айтамыз?
3. Элементтің ядросы қалай белгіленеді?
4. Массалар ақауы деп нені айтамыз?
5. Массалар ақауын анықтайтын формуланы жазыңдар.
6. Ядроның толық байланыс энергиясы деп нені айтамыз? Меншікті байланыс энергиясы деген не?
- 7. Ядролық физикада масса мен энергияны қандай бірліктермен өлшейді? Неге?
- * 8. Массалық және зарядтық сандар бөлшек санға тең болуы мүмкін бе? Жауаптарыңды негіздендер.



1. Массаның атомдық бірлігі (м.а.б.) мен мегаэлектрон вольттың (МэВ) ХВ жүйесіндегі осыларға сәйкес өлшем бірліктерінің байланысын пайдалана отырып, (45.2) өрнегінен (45.3) өрнегін шығарыңдар.

2. Атомның массасы оның ядросының массасы мен орбитадағы барлық электрондарының массаларының қосындысына тең екенін ескере отырып, (45.2) өрнегінен (45.4) формуласын қорытып шығарыңдар.

Есеп шығару мысалы

${}_{26}^{56}\text{Al}$ алюминий ядросының толық байланыс энергиясын және меншікті байланыс энергиясын анықтаңдар.

Есепті шығаруға қажет шамаларды 45.1-кестеден алыңдар.

Берілгені :

$m_{\text{H}} = 1,007825$ м.а.б.
 $m_{\text{n}} = 1,00865$ м.а.б.
 $M_{\alpha} = 55,934939$ м.а.б.
 $A = 56$
 $Z = 26$

 $E_{\delta} = ?$ $E_{\kappa} = ?$

Шешуі. Толық байланыс энергиясын анықтау үшін мына теңдеуді қолданамыз:

$$E_{\delta} = \Delta m \cdot 931 \text{ МэВ.}$$

$$E_{\delta} = (Zm_{\text{H}} + (A - Z)m_{\text{n}} - M_{\alpha}) \cdot 931 =$$

$$= (26 \cdot 1,007825 + (56 - 26) \cdot 1,00865 -$$

$$- 55,934939) \cdot 931 = (26,20345 + 30,2595 -$$

$$- 55,934939) \cdot 931 = 491,578 \text{ МэВ.}$$

Меншікті байланыс энергиясын (45.5) формуласын пайдаланып анықтаймыз:

$$E_{\kappa} = \frac{E_{\delta}}{A} = \frac{491,578}{56} = 8,78 \text{ МэВ.}$$

Жауабы : 8,78 МэВ, 491,578 МэВ.



33-жаттығу

- Мына ядролардың құрамын анықтаңдар: ${}^6_6\text{C}$, ${}^6_5\text{C}$. Олардың бір-бірінен айырмашылығы қандай?
- ${}^5_4\text{Be}$, ${}^{92}_{40}\text{Zr}$, ${}^{206}_{81}\text{Pb}$, ${}^{238}_{92}\text{U}$ ядроларының құрамын анықтаңдар. Осы ядродағы протондар мен нейтрондардың қатынастарын табыңдар.
- Мына ядролардың массалар ақауын анықтаңдар: ${}^9_5\text{F}$, ${}^{41}_{19}\text{K}$.
- Мына ядролардың толық байланыс энергиясын табыңдар: ${}^{40}_{19}\text{K}$, ${}^{238}_{92}\text{U}$.
- Мына ядролардың меншікті байланыс энергиясын табыңдар: ${}^7_3\text{Li}$, ${}^7_5\text{B}$, ${}^{40}_{20}\text{Ca}$, ${}^{206}_{84}\text{Po}$. Оларды салыстырып, қай ядро, осылардың ішінде қайсысы ең берік, қайсысы босаң екенін анықтаңдар.

Осы тақырыпта негізгі мәңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 46. ЯДРОЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАР. РАДИОАКТИВТІ ҰДЫРАУ ЗАҢЫ

Тірек ұғымдар:

- ✓ зарядтық санның сақталу заңы
- ✓ массалық санның сақталу заңы
- ✓ ыдырау тұрақтысы
- ✓ жартылай ыдырау периоды

Бүгінгі сабақта:

- ядролық реакциялар процестерін, радиоактивті ыдырау заңын зерделейсіңдер;
- радиоактивті ыдырау заңын есептер шығаруда пайдалануды үйренесіңдер.

Радиоактивті сәулелер ашылған соң ғалымдар микроәлемді зерттеуге мүмкіндік беретін жаңа “аспапқа” ие болды. Оны алғаш пайдаланған Э. Резерфорд болды. Ол азотты альфа-бөлшектермен атқылап, нәтижесінде сутек пен оттегі алды. Бұл алғашқы ядролық реакция еді.

Ядролық реакция деп ядроның басқа ядромен немесе элементар бөлшектермен әсерлесуі нәтижесінде туынды жаңа ядролармен басқа элементар бөлшектердің түзілу процесін айтады.

Мысалы, Резерфордтың жоғарыда айтылған тәжірибесінде алғашқы ${}^7_7\text{N}$ азот ядросы α -бөлшекпен ${}^4_2\text{He}$ әсерлеседі. Сонда жүретін ядролық реакцияның нәтижесінде оттегі ядросы ${}^8_8\text{O}$ және сутек ядросы ${}^1_1\text{H}$, яғни протон пайда болады. Бұл реакцияны былай жазуға болады:



Жалпы түрде ядролық реакцияны былай жазу қабылданған:



мұндағы A — алғашқы (аналық) ядро, a — атқылаушы (түсетін) бөлшек, B — соңғы (жаңа пайда болған) ядро, b — ұшып шығатын бөлшек. (46.2) өрнегінің сол жағы *кіру каналы*, оң жағы *шығу каналы* деп аталады. Бір кіру каналына сәйкес бірнеше шығу каналы болуы мүмкін.

Ядролық реакциялар жүргенде энергияның, импульстің, электр зарядының және нуклондар санының сақталу заңдары орындалады. Соңғы екеуі Z зарядтық санның және A массалық санның сақталу заңдары деп аталады.

Осы заңдарға сәйкес, ядролық реакция жүрген кезде реакцияға түсетін бөлшектердің массалық сандарының қосындысы реакция нәтижесінде пайда болған бөлшектердің массалық сандарының қосындысына тең болады:

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4.$$

Сол сияқты зарядтық заңдар үшін де осындай теңдік орындалады:

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4.$$

Мұны тексеріп көрейік: (46.1) өрнектің сол жағындағы жоғарғы индекстердің (массалық сандардың) қосындысы оң жағындағы жоғары индекстердің қосындысына тең екеніне көз жеткізуге болады:

$$14 + 4 = 17 + 1.$$

Төменгі индекстер (зарядтық сандар) үшін де осылай:

$$7 + 2 = 8 + 1.$$

Ядролық реакция жүру үшін түсетін атқылаушы бөлшек ядролық күштер әсер ететін аймаққа, яғни ішіне кіру керек. Егер бұл бөлшек оң зарядталған болса, ол ядроның протондарының кулондық тебілу күштерін жеңіп, ядроға кіре алады. Сондықтан оң зарядталған атқылаушы бөлшектің кинетикалық энергиясы айтарлықтай жоғары болғанда ғана ядролық реакция жүреді. Ал нейтрондар үшін мұндай кедергі жоқ. Ядролық реакциялар протондардың, нейтрондардың, γ -бөлшектердің әсерінен де жүреді.

Есте сақта!

Ядролық реакция — бұл тек сыртқы әсердің нәтижесінде жүретін ядролардың түрлену процесі.

Бұдан басқа өздігінен жүретін ядролардың түрлену процестері бар. Бұл — өздерің оқып кеткен радиоактивтілік.

Мұны білесіңдер

Радиоактивті сәулелер бір элементтің ядролары өздігінен басқа элементтердің ядроларына түрлену процесі кезінде ұшып шығады.

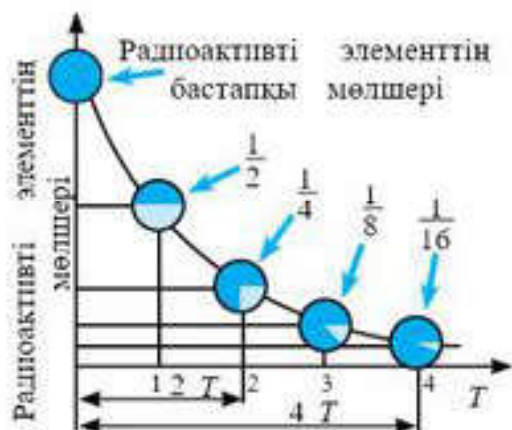
Радиоактивті элементтің ядроларының осылайша өздігінен түрленуі *радиоактивті ыдырау* деп аталады.

Ядролық реакциялар да, радиоактивті ыдырау да белгілі бір ықтималдылықпен жүретін процестер. Жеке алғанда қандай да бір нақты ядроның қашан ыдырайтынын алдын ала болжап айту мүмкін емес. Сендер кез келген заттың (тіпті газдардың да) атомдарының, яғни ядроларының концентрациясы аса жоғары екенін білесіңдер.

Мысалы, уранның 1 грамында шамамен $2,5 \cdot 10^{21}$ атом бар.

Молекулалық физикадан алған білімдерінді пайдалана отырып, осыны өздерің қорытыңдар.

Радиоактивті ядролардың саны осыншама орасан зор болғанда, берілген бір уақыт аралығында олардың орта есеппен алғанда



46.1-сурет

қаншасы ыдырап кететінін есептеп шығаруға болады. Бұл радиоактивті ыдырау заңы деп аталады:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \quad (46.3)$$

мұндағы N_0 — алғашқы t_0 уақыт мезетіндегі радиоактивті ядролардың саны, N — берілген t уақыт мезетіндегі ыдырамай қалған радиоактивті ядролардың саны, T — жартылай ыдырау периоды. **Жартылай ыдырау перио-**

ды деп алғашқы уақыт мезетіндегі радиоактивті ядролардың жартысының ыдырауына қажетті уақытты айтады.

Радиоактивті ыдырау заңы көрнекі түрде 46.1-суретте кескінделген. Жартылай ыдырау периоды процестің қаншалықты тез жүретінін сипаттайды. Әртүрлі радиоактивті элементтер үшін оның мәндері арнайы кестелерде көрсетіледі. Кейбір элементтер үшін осындай кестенің бір бөлігін келтірейік.

46.1- кесте

Радиоактивті элемент	Таңбасы	Ыдырау типі	Жартылай ыдырау периоды
Натрий	${}_{11}^{22}\text{Na}$	γ	2,6 ж.
Фосфор	${}_{15}^{32}\text{P}$	β	14,3 тәу
Стронций	${}_{38}^{90}\text{Sr}$	β	28 ж.
Магний	${}_{12}^{27}\text{Mg}$	β	10 мин
Радий	${}_{88}^{226}\text{Ra}$	α	0,001 с
Кобальт	${}_{27}^{60}\text{Co}$	β, γ	5,3 ж.
Торий	${}_{90}^{232}\text{Th}$	α, γ	7000 ж.
Уран	${}_{92}^{238}\text{U}$	α, γ	$4,5 \cdot 10^9$ ж.

Уақыт бірлігі ішіндегі ыдырау санына тең шама *активтілік* деп аталады. Активтіліктің уақытқа тәуелді өзгеру заңы:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \quad (46.4)$$

Активтіліктің өлшем бірлігі ретінде *беккерель* алынған: 1 Бк = 1 ыдырау/с. Жні қолданылатын тағы бір өлшем бірлігі — *кюри*: 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ ыдырау/с.



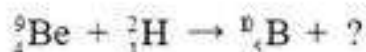
1. Ядролық реакция деп қандай процесті айтады?
2. Массалық санның және зарядтық санның сақталу заңын тұжырымдаңдар.
- *3. Ядролық реакцияның радиоактивті ыдыраудан айырмашылығы қандай? Ұқсастығы қандай?
- 4. Радиоактивті ыдырау заңын тұжырымдаңдар.
5. Жартылай ыдырау периоды деген не?
6. Активтілік деп нені айтады?



46.1-кестені зер салып қарап шығыңдар. Элементтерді олардың жартылай ыдырау периодтарының өсуіне қарай тізіп жазыңдар. Осы кестеде көрсетілген радиоактивті элементтердің жартылай ыдырау периодының мәндері қандай уақыт интервалында жатыр? Қорытынды жасаңдар.

Есеп шығару мысалы

Мына ядролық реакциядағы белгісіз бөлшекті анықтаңдар:



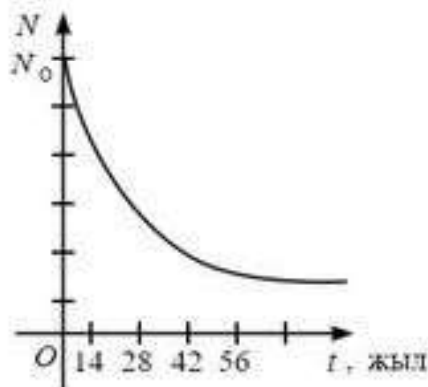
Шешуі. Массалық сан мен зарядтық санның сақталу заңын қолданайық. Массалық сан үшін $9 + 2 = 10 + x$, осыдан $x = 1$, яғни іздеп отырған бөлшектің массалық саны $A = 1$.

Зарядтық сан үшін $4 + 1 = 5 + y$; бұдан $y = 0$, олай болса, белгісіз бөлшектің зарядтық саны $Z = 0$. Сонымен, белгісіз бөлшек — ${}^1_0\text{n}$ нейтрон.

Жауабы : ${}^1_0\text{n}$.

ПРАКТИКАЛЫҚ ЖҰМЫС

Осы параграфтың материалын, радиоактивті ыдырау заңын пайдалана отырып, (46.3) өрнекті және 46.2-суретті қолданып, осы элементтің жартылай ыдырау периодын табыңдар. 46.1-кестеден бұл қандай элемент екенін анықтаңдар.

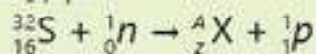


46.2-сурет



34-жаттығу

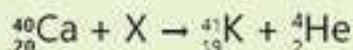
1. Мына ядролық реакцияның нәтижесінде пайда болған ядроның массалық және зарядтық санын табыңдар:



2. Мына ядролық реакциядағы жетіспей тұрған символдарды тауып жазыңдар:



3. Мына ядролық реакциядағы атқылаушы бөлшекті анықтаңдар:



4. Бастапқы мезеттен $t = 2T$ уақыт өткенде радиоактивті препараттың ядроларының қандай бөлігі қалады?
5. Радиоактивті изотоптың жартылай ыдырау периоды 36 сағ. Оның ядроларының $\frac{3}{4}$ бөлігі ыдырап кетуі үшін қанша уақыт қажет?
6. Екі тәуліктің ішінде радиоактивті ядролардың $\frac{1}{8}$ бөлігі қалды. Осы элементтің жартылай ыдырау периодын табыңдар.
7. Массасы 1 г болатын ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ қорғасында қанша протон және нейтрон бар?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 47. АУЫР ЯДРОЛАРДЫҢ БӨЛІНУІ, ТІЗБЕКТІ ЯДРОЛЫҚ РЕАКЦИЯ. ЯДРОЛЫҚ РЕАКТОР

Тірек ұғымдар:

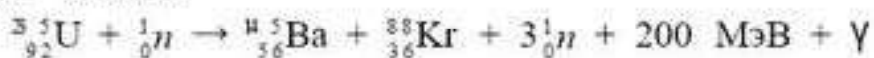
- ✓ ауыр ядролар
- ✓ ауыр ядролардың бөліну реакциясы
- ✓ тізбекті бөліну реакциясы
- ✓ ядролық реактор

Бүгінгі сабақта:

- тізбекті бөліну реакциясының жүру шарттарымен танысасыңдар;
- ядролық реактордың құрылысын оқып зерттейсіңдер.

Ядролық реакциялардың барлық түрлерінің ішінде нейтрондардың әсерінен ауыр ядролардың бөліну реакциясы айрықша орын алады. Біз біртіндеп бұл реакцияның үлкен практикалық маңызы бар екеніне көз жеткіземіз. Нейтрон ашылған соң ғалымдар нейтрондармен ауыр элементтерді атқылап, көптеген тәжірибелер жүргізе бастады. Нейтрондардың электр заряды жоқ болғандықтан, ол оң зарядталған ядродан тебілмейді, сөйтіп ауыр ядроға оңай кіреді. Осы

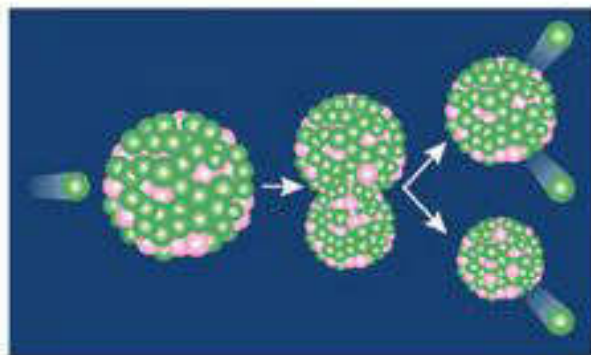
бағытта алғашқы зерттеулерді (1934 ж.) жүргізе бастағандардың бірі Ферми болды. Уранды нейтрондармен сәулелендіре отырып, ол ауыр элементтер — нептуний мен плутонийді алды. 1938 жылы Ирен Кюри нейтрондар ағыны түсірілген уранда массалық саны 139 тең лантан бар екенін хабарлады. 1939 жылы Фредерик Жолио-Кюри өзінің ғылыми мақаласында нейтрондардың әсерінен уран ядролары бөлінгенде одан нейтрондар ұшып шығатынын хабарлады. Бұл бірден уран ядроларының бөліну реакциясы өзін-өзі қамтамасыз етіп тұратын тізбекті реакция түрінде жүруі мүмкін деген ой тудырды. Тізбекті реакция өте көп энергия бөлінуімен қатар жүреді. О.Ган және Ф. Штрассманның тәжірибелерінде жүретін реакцияны мына түрде жазуға болады:



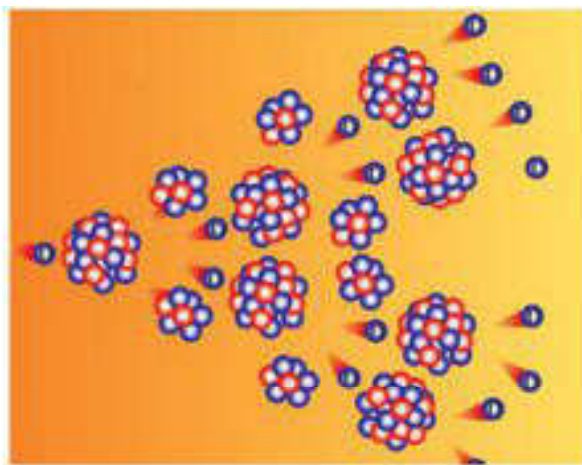
Уран ядросына нейтрон келіп қосылғанда ол неге және қалай бөлінетінін қарастырайық. Егер уран ядросын протондар мен нейтрондардан тұратын шар деп елестетсек, оның ішіне сырттан нейтрон келіп қосылғанда шар деформацияланып, созылады.

Соның нәтижесінде нуклондардың арасындағы тартылыс күштері азаяды, бұл ядроның 2-3 нейтронды шығара отырып, екіге бөлінуіне әкеп соғуы мүмкін (47.1-сурет). Бөліну кезінде ядроның ішкі энергиясының біраз бөлігі жарықшақтармен ұшып шыққан нейтрондардың кинетикалық энергиясына айналады. Сонымен, бөліну реакциясы қоршаған ортаға энергия бөлінуімен қатар жүреді.

Егер уран ядросы бөлінгенде ұшып шыққан нейтрондар басқа уран ядроларына кірсе, олар осы ядроларды да бөледі, бұл кезде тағы 4-тен 9-ға дейін нейтрондар ұшып шығады. Ол нейтрондар тағы жаңа ядроларды бөледі. Сөйтіп, нейтрондар саны, соған сәйкес бөлінген ядролар саны да еселеніп, тасқындап өсе береді (47.2-сурет).



47.1-сурет. Уран ядросының бөлінуі



47.2-сурет. Тізбекті ядролық реакция

Мұндай реакцияның жүруі тоқтамайды, ол сырттан ешқандай әсер болмаса да өзінен-өзі жүре береді. Әрі қарай реакция жүру үшін енді сырттан жаңа нейтрон енгізудің қажеті жоқ, осындай реакция *тізбекті* деп аталады. Тізбекті бөліну реакциясында оны тудыратын нейтрондар осы реакцияның өзінің өнімі болып табылады.

Нейтрондардың көбею процесі жүретін орта *белсенді аймақ (зона)* деп аталады.

Бірақ нейтрондармен табиғи уранды сәулелендіргенде тізбекті реакция жүрмейді. Неге екенін анықтап көрейік.

Табиғи уранның екі изотопы бар: ${}_{92}^{235}\text{U}$ және ${}_{92}^{238}\text{U}$, бұлардың ішінде ${}_{92}^{235}\text{U}$ энергиясы шамамен 0,1 эВ нейтрондармен оңай бөлінеді. Мұндай нейтрондар *баяу* немесе *жылулық нейтрондар* деп аталады. Ал ${}_{92}^{238}\text{U}$ тек қана энергиясы шамамен 1 МэВ болатын жылдам нейтрондармен бөлінеді. Бөліну процесі кезінде ұшып шығатын нейтрондардың басым көпшілігінің энергиясы 1—3 МэВ болады. Бірақ олар бөлінбейтін ядролармен, басқа қоспалардың ядроларымен соқтығысып, энергиясын тез жоғалтады. Сөйтіп, баяулаған нейтронды ${}_{92}^{238}\text{U}$ ядросы жұтқанда ол бөлінбейді. Табиғи урандағы ${}_{92}^{235}\text{U}$ үлесі небәрі 0,7%, басқасы ${}_{92}^{238}\text{U}$. Ядролық отын ретінде пайдалануға болатын тағы бір изотоп бар — ол плутоний ${}_{94}^{239}\text{Pu}$. Бірақ ең тиімді ядролық отын уран болып табылады, оны да табиғи күйінде қолдана алмайтынымызға көзіміз жетті. Практика жүзінде тізбекті реакция баяу нейтрондармен аздап ${}^{235}\text{U}$ изотопымен байытылған табиғи уранда жүзеге асырылады.

Ядроның бөлінуі кезінде ұшып шыққан нейтрондардың бәрін бірдей көршілес жатқан бөлінетін ядролар жұта бермейді. Олардың кейбіреуін бөлінбейтін ядролар жұтуы мүмкін, кейбіреуі белсенді аймақтан ұшып шығып кетеді. Сондықтан тізбекті реакция жүру үшін бөлінетін заттың, яғни уранның массасы қандай да бір шекті мәннен артық болуы керек. Егер бөлінетін заттың массасы ең төменгі мәннен аз болса, нейтрондардың көбі реакцияға түсіп үлгермей, белсенді аймақтан ұшып шығып кетеді, сондықтан тізбекті реакция жүрмейді.

Тізбекті реакцияның жүруін қамтамасыз ететін ядролық отынның ең аз массасы *сындық (критикалық) масса* деп аталады. Изотоп ${}_{92}^{235}\text{U}$ үшін сындық масса шамамен 23 кг тең, бұл — диаметрі 20 см жуық шар. Белсенді зонадан шығып кететін нейтрондардың үлесін азайтудың тағы бір жолы — ол белсенді аймақты шағылдырғышпен қоршау, одан шағылған нейтрондар белсенді аймаққа қайта оралады.

Реакцияның қандай да бір нақты кезеңінде пайда болған нейтрондар санының оның алдындағы кезеңдерде пайда болған нейтрондар

санына катынасы *нейтрондардың көбею коэффициенті* деп аталады. Ол k әрпімен белгіленеді. Егер $k < 1$ болса, реакция жүрмей, өшіп қалады, $k = 1$ болғанда басқарылатын стационар тізбекті ядролық реакция жүреді. Егер $k > 1$ болса, лезде жарылыс болуы мүмкін, бұл — атом бомбасының режимі.

Атом бомбасы. Атом бомбасына аралары нейтрондарды жақсы жұтатын затпен бөлінген ядролық материалды бірнеше бөлікке бөліп салады. Әр бөліктің массасы сындық массадан аз, сондықтан оларда тізбекті ядролық реакция жүрмейді. Арнайы механизм осы бөліктерді бір-біріне қосқанда жарылыс болады.

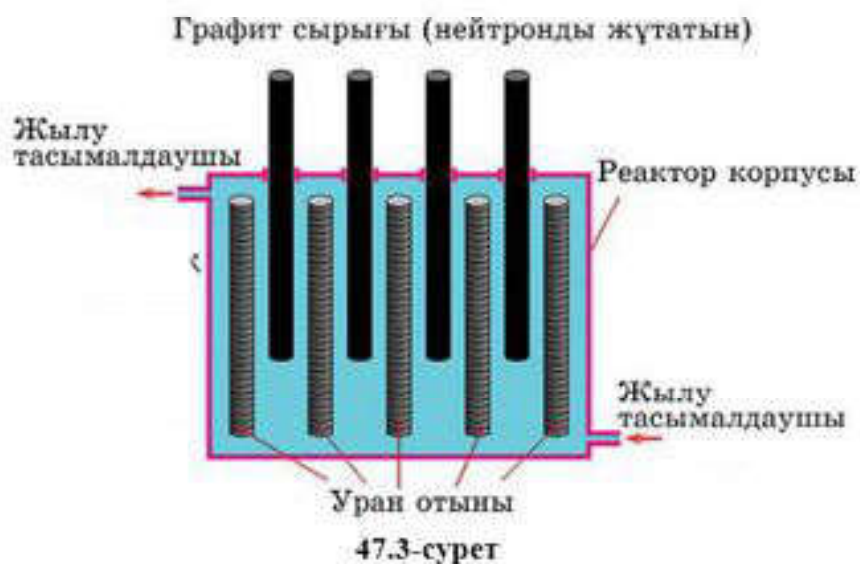
БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Алғашқы атомдық бомбаның сынағын американдық ғалымдар 1945 жылдың 16 шілдесінде жүргізді. Бірнеше аптадан соң олар жапонның Хиросима (1945 ж., 6 тамыз) мен Нагасаки (1945 ж., 9 тамыз) қалаларына тастады. Жан түршігерлік осы оқиғаның салдарынан әлі күнге дейін халық азап шегуде.

Кеңес Одағы тарағаннан кейін Қазақстанның үлесіне “мұраға” ядролық қарудың аса үлкен қоры қалды. Ол қуаты жағынан дүниежүзінде төртінші орын алатын еді. Қазақстанның тұңғыш президенті Н. Ә. Назарбаев ядролық қарудан бас тартып, еліміздің қауіпсіздігінің анағұрлым беріктігін қамтамасыз етті. Семей полигоны Елбасының нұсқауымен 1991 жылы 29 тамызда жабылып, 2011 жылдың қараша айында БҰҰ Бас ассамблеясы 29 тамызды “Халықаралық ядролық сынауға қарсылық күні” деп жариялады.

Ядролық реактор. Жоғарыда айтып кеткеніміздей, егер нейтрондардың көбею коэффициентін $k = 1$ мәнінде ұстап тұрса, тізбекті ядролық реакция стационар режимде жүреді.

Басқарылатын ауыр ядролардың тізбекті реакциясы жүзеге асырылатын қондырғы ядролық реактор деп аталады (47.3-сурет).



Ядролық реактор белсенді аймақтан және шағылдырғыштан тұрады. Белсенді аймақта жылу бөлетін элементтердің (ЖБЭ) ішінде ядролық отын (уран) және баяулатқыш орналасқан. Отын элементтерінің бойымен су (жылу тасымалдаушы) айналып ағып тұрады. Белсенді аймақта тізбекті бөліну реакциясының жүру барысында орасан зор жылу энергиясы бөлінеді, оны жылу тасымалдаушымен шығарып алады. Бұл жылу энергиясы екінші контурдағы суды қыздырып, оны буға айналдырады, ол бу электрстанциясының турбинасын, ал турбина электргенераторының роторын айналдырады. Осылайша атом ядросының ішкі энергиясы электр энергиясына айналады.

Есте сақта!

Кез келген ғылыми жаңалықты адамзаттың пайдасына да, оған зор қайғы әкелетін зиянды әрекеттерге де қолдануға болады. Атом энергиясын да бейбіт мақсаттарда электр энергиясын өндіру үшін, ғылыми зерттеулер жүргізу үшін қолдануға болады. Бірақ ол бүкіл адамзат өркениетіне кесірін тигізетін орасан зор жойқын күшке айналуы да әбден мүмкін.

Алғашқы ядролық реактор 1942 жылы Э.Фермидің басшылығымен Чикаго университетінде салынды, Еуропадағы алғашқы реактор Кеңестер Одағында 1946 жылы іске қосылды. Қазіргі кезде дүние жүзінде ядролық реакторлардың көптеген түрлері жұмыс істейді. Олар ғылыми зерттеулер мақсатында да, практикалық мақсаттарда, соның ішінде атом электрстанцияларында да пайдаланылуда.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Қазіргі кезде Қазақстанда бес зерттеу ядролық реакторлары жұмыс істеп тұр. Таяуда Алматының түбіндегі Алатау кентінде қайта жөндеуден соң ВВР-К зерттеу реакторы іске қосылды. Оның көмегімен іргелі ядролық-физикалық зерттеулер жүргізумен қатар, медициналық радиоизотоптар, өндіріс үшін гамма сәулелер көздерін т.б. шығару жоспарлануда.

Қазақстанда (Ақтау қаласы) 1972 жылы Маңғыстау атомдық энергия комбинаты іске қосылды. Оның суды тұщы суға айналдыратын қондырғысы БН-350 ядролық реакторынан алынатын буды қолданды. Бұл атомдық энергия комбинаты 1999 жылға дейін жұмыс істеді. Қазіргі кезде Қазақстан жерінде жұмыс істеп тұрған атом электрстанциялары жоқ. Дегенмен АЭС салу мәселесі қарастырылуда.



1. Ауыр ядроның бөліну реакциясы қалай жүреді?
2. Тізбекті ядролық бөліну реакциясы деген не?
- 3. Тізбекті ядролық реакцияның жүруіне қандай факторлар бөгет жасайды?
- 4. Тізбекті реакция қандай шарттар орындалғанда жүреді?
- 5. Сындық масса деген не?
6. Нейтрондардың көбею коэффициенті деп нені айтамыз?
7. Ядролық реактор деген не?
- *8. Ядролық реактордың жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.



Массасы 1 г болатын $^{235}_{92}\text{U}$ изотопының барлық ядролары бөлінгенде қандай жылу энергиясы бөлініп шығатынын есептеңдер. Ол үшін алдымен молекулалық физикадан алған білімдеріңді пайдаланып, $^{235}_{92}\text{U}$ изотопының 1 грамында қанша ядро барын есептеңдер. Бұдан соң әрбір ядро бөлінгенде 200 МэВ энергия бөлініп шығатынын ескере отырып, ізделінді шаманы табыңдар. Осындай энергия мөлшерін алу үшін таскөмірдің қандай мөлшерін жағу керек екенін анықтаңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§48. ТЕРМОЯДРОЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАР

Тірек ұғымдар:

- ✓ жеңіл ядролардың бірігуі
- ✓ термоядролық реакциялар
- ✓ плазма
- ✓ басқарылатын термоядролық синтез

Бүгінгі сабақта:

- термоядролық синтез реакцияларымен танысасыңдар.

Өткен параграфта көз жеткізгеніміздей, ауыр ядролар бөлінген кезде орасан зор энергия бөлініп шығады, оны әртүрлі мақсаттарда пайдалануға, мысалы, электр энергиясына түрлендіруге болады. Тізбекті ядролық реакцияларда босап шығатын энергиядан анағұрлым көп энергияның бөлінуімен қоса жүретін ядролық реакциялардың тағы бір түрі бар — бұл жеңіл ядролардың одан гөрі ауыр ядроларға бірігу реакциясы.

Ядролар бірігуі үшін олар ядролық күштер әсер ететін аймаққа кіру керек, яғни бір-бірімен тиісетіндей қашықтыққа дейін жақындау керек. Бірақ ядролардың бәрі оң зарядты болғандықтан, олар бірінен-бірі тебіледі, яғни кулондық тосқауыл олардың тым жақындауына бөгет жасайды. Өзара тебілу күштерін жеңу үшін ядролардың кинетикалық энергиясы орасан зор болу керек. Ядроларды бұлай үдетудің бір ғана жолы бар — ол үшін реакцияға түсетін заттарды аса жоғары температураға дейін қыздыру қажет. Өздерің молекулалық физикадан білетіндеріндей, бөлшектердің жылулық қозғалысының кинетикалық энергиясы температураға пропорционал:

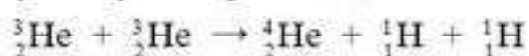
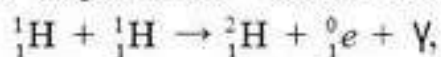
$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT,$$

мұндағы T — температура, k — Больцман тұрақтысы.

Есептеулер қажетті жылдамдықты алу үшін ондаған, тіпті жүздеген миллион градус температура қажет екенін көрсетеді. Мұндай жоғары температурада қатты қызған дененің бейтарап атомдары өздерінің электрондарынан айырылады да, зат жоғары температуралық *плазма* деп аталатын күйге өтеді. Бұл күйде зат бос электрондар мен ядролардан тұрады. Осындай күйдегі заттың ядролары бір-біріне орасан зор жылдамдықпен жақындап келіп бірігіп кетеді де, олардан гөрі ауыр, жаңа ядро түзеді.

Миллиондаған градус температурада, орасан зор энергияның бөлініп шығуымен қатар жүретін жеңіл ядролардың бірігу реакциясы термоядролық реакция немесе термоядролық синтез деп аталады.

Табиғи жағдайда мұндай жоғары температуралар Күн мен жұлдыздарда болады. Олардың ішінде жүріп жататын термоядролық реакциялар энергияның негізгі көзі болып табылады. Жұлдыз өзінің даму кезеңдерінің басында 99% артық сутектен тұрады, оның ішінде сутек ядроларының гелий ядросына бірігу реакциясы жүреді. Спектрлік зерттеулер Күн құрамының шамамен 80%-ы сутектен, 20%-ы гелийден тұратынын көрсетеді, ал қалған элементтердің, негізінен, бұл көміртек, оттегі, азот т.б. үлесі 1% аз. Күннің ішінде аса жоғары қысым мен температурада сутектің төрт ядросынан гелий ядросының пайда болу реакциясы жүріп жатады:



Осындай түрленудің әрбір тізбегі 26,7 МэВ энергияның бөлінуімен бірге жүреді. Гелий түзілетін жоғарыда келтірілген реакциялардың жиынтығы *протон-протондық цикл* деп аталады. Массасы Күннің

массасына жуық жұлдыздарда бұл негізгі цикл болып табылады, оның үлесіне барлық сәулелену энергиясының шамамен 98%-ы келеді.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Термоядролық синтездің нәтижесінде Күннің ішінде әр секунд сайын 600 миллион тоннаға жуық сутек жұмсалады. Одан гелий пайда болып, Күн бетінің әр квадрат метрінен шамамен 64 МДж энергия сәуле шығарады. Есептеулер бойынша Күндегі ядролық отынның қоры әлі 5 млрд жылға жетеді. Бұдан соң Күн қызыл алыпқа айналады, ол күйден біртіндеп ақ ергежейліге айналады.

Жер жағдайында жасанды түрде термоядролық реакцияның жүруін қамтамасыз етуге бола ма? Болады, Жерде термоядролық реакция жүзеге асырылған, өкінішке орай, бұл сутек бомбасын жарған кезде болды. Осындай бомба алғаш рет КСРО-да, Қазақстанның жерінде, Семей полигонында 1953 жылы сынақтан өтті. Термоядролық реакцияны жүзеге асыру үшін сутектің изотоптары — дейтерий және тритий пайдаланылды. Қажетті жоғары температура алдымен жарылған атом бомбасы арқылы алынды. Ол үшін термоядролық отын салынған контейнерге уранның ${}_{92}^{235}\text{U}$ жеткілікті мөлшері салынады. Алдымен атом бомбасы жарылып, температура бірнеше миллион градусқа дейін көтеріледі де, термоядролық реакция басталады. АҚШ-та 1954 жылдың наурыз айында Бикини атолындағы (Тынық мұхит) сынақ полигонында одан да қуатты термоядролық авиабомбаны жарып, сынақ жүргізілді.

Есте сақта!

Мұндай қуатты қару Жер бетіндегі тіршілікті мүлдем жойып жіберуі мүмкін. Қазіргі кезде дүниежүзінде ядролық қаруға түбегейлі тыйым салыну үшін үлкен күрес жүріп жатыр. Қазақстан бұл күресте жетекші орындардың бірінде. Осыдан 25 жыл бұрын ядролық қарудан өз еркімен бас тартқан біздің еліміз бүгінде халықаралық қауымдастықтың сыйлы да беделді мүшесі ретінде маңызды мәселелерді шешуге үнемі өз үлесін қосып келеді.

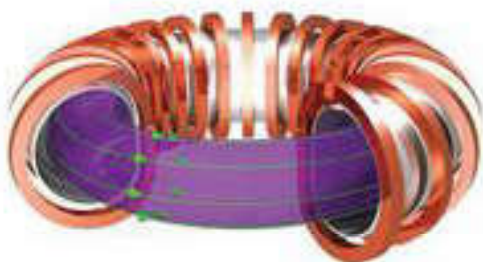
Термоядролық реакцияны басқаруға бола ма?

Басқарылатын термоядролық реакцияны жүзеге асыру мәселесі әлі күнге түбегейлі шешілмей келеді. Бұл өте күрделі мәселе. Қазіргі күнгі негізгі мәселелер:

1. Жоғары температуралық (бірнеше ондаған миллион градус) дейтерий (сутектің изотопы ${}^2_1\text{H}$) плазмасын алу.
2. Осы температураны ең болмаса секундтың ондық немесе жүздік бөлігіне тең уақыт бойы ұстап тұру.
3. Дейтерий ядроларының концентрациясын 1 см^3 көлемде шамамен 10^{22} бөлшекке дейін жеткізу.

Сендер Токамак деген сөзді ЭКСПО-2017 көрмесінің жұмысына байланысты хабарлардан немесе күнделікті жаңалықтардан естіген боларсындар.

Токамак — бұл плазманы ұстап тұру үшін магнит өрісі пайдаланылатын іргелі қондырғылардың бірі. Өздерін білетіндей, плазманың температурасы ондаған миллион градусқа жетеді, оны осы күнге дейін біз білетін ешқандай зат ұстап тұра алмайды. Сондықтан токамакта плазманы арнайы комбинациямен жасалған магнит өрісі ұстап тұрады. Бұл өрісті тудыратын ток плазманың өз бойымен жүреді және ол екі рөл атқарады: плазманы қыздырады және айналасында магнит өрісін тудырады (48.1-сурет). Шын мәнінде, токамак өте күрделі қондырғы, мұнда әлі шешілмеген көп мәселелер бар. Біз бұл жерде тек плазманы ұстап тұру идеясымен таныстық. Қазіргі кезде токамак-реактор Халықаралық ITER проектісінің аясында жасалынып жатыр. Қазір Курчатов



48.1-сурет. Токамак қондырғысының сызбасы

қаласында Қазақстандық Токамак материалтану (КТМ) — эксперименталды термоядролық қондырғы салынып жатқанын атап өтейік. Бұл қондырғы термоядролық реакторлар жағдайына жақын шарттар режимінде жұмыс жасайтын материалдарды зерттеп, сынақтар жүргізу үшін қолданылмақ.



1. Плазма деп нені айтады?
2. Термоядролық синтез деген қандай реакция?
- 3. Жеңіл ядролардың бірігу ядролық реакциясы неге термоядролық деп аталады?
- 4. Термоядролық реакциялар табиғатта қай жерде жүреді?
- 5. Протон-протондық циклдің реакцияларын жазып, түсіндіріңдер.
6. Тізбекті ядролық реакцияда бөлінетін энергияны термоядролық реакция бөлінетін энергиямен салыстырыңдар. Қай реакцияда энергия көп бөлінеді?
7. Термоядролық реакция қандай шарттар орындалғанда жүреді?
- *8. Сутек бомбасының жарылуын түсіндіріңдер.
- *9. Басқарылатын термоядролық реакцияны жүзеге асыру үшін қандай мәселелерді шешу керек?



Осы тақырыптың мәтінінен алынған ақпараттарды пайдалана отырып, төмендегі 48.1-кестені толтырыңдар. Жауаптар бағаналарындағы дұрыс жауапқа сәйкес жерге "+" таңбасын қойыңдар.

48.1-кесте

Тұжырым	иә	жоқ	мағлұмат жоқ
Табиғи жағдайда термоядролық реакция жұлдыздардың ішінде жүреді.			
Термоядролық реакцияларды Менделеевтің периодтық жүйесінің орта тұсында орналасқан элементтер ядроларының бірігуі нәтижесінде ураннан кейін орналасқан ауыр ядролар пайда болады.			
Жоғары температуралы плазма бос электрондар мен ядролардан тұрады.			
Сутектің төрт ядросы бірігуі нәтижесінде гелий пайда болатын реакциялар жиынтығы протон-протондық цикл деп аталады.			
Плазманы электр өрісінің көмегімен ұстап тұратын қондырғы Токамак деп аталады.			
Бірнеше жылдың ішінде басқарылатын термоядролық синтезге қатысты барлық мәселелер толық шешіледі.			

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 49. РАДИОИЗОТОПТАР. РАДИАЦИЯДАН ҚОРҒАНУ

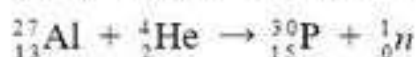
Тірек ұғымдар:

- ✓ радиоактивті изотоптар
- ✓ белгіленген атомдар
- ✓ иондаушы сәулелену
- ✓ изотоптың активтілігі
- ✓ өту қабілеті
- ✓ сәулеленудің жұтылған дозасы

Бүгінгі сабақта:

- радиоизотоптардың әртүрлі қолданылуларымен және иондаушы сәулеленуден қорғанудың жолдарымен танысасыңдар.

Жасанды радиоактивтілік құбылысын 1934 жылы Фредерик пен Ирен Жоллио-Кюрилер ашты. Олар алюминийді, борды және магнийді альфа-бөлшектермен сәулелендірді. Осындай ядролық реакцияны алюминий үшін былай жазуға болады:



Бұл реакцияда пайда болған фосфордың изотопы радиоактивті, осылайша алғаш рет радиоактивті изотоп жасанды түрде алынды. Қазіргі кезде жасанды түрде кез келген элементтің радиоактивті изотопын алуға болатыны белгілі. Олар қажетті изотопты протондармен, нейтрондармен, альфа-бөлшектермен, энергиясы жоғары гамма-бөлшектермен сәулелендіру арқылы алынады. Нейтрондар көзі ретінде, әдетте, ядролық реактор қолданылады. Өртүрлі радиоактивті сәулелендіруді, әдетте, *пандаушы сәулелену* немесе *радиация* деп атайды.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Француздың көрнекті физик ғалымдары — ерлі-зайыпты Ирен мен Фредерик Жолио-Кюри. Жасанды радиоактивтілікті ашқаны үшін оларға 1935 жылы химия саласында “Жаңа радиоактивті элементтерді синтездегені үшін” Нобель сыйлығы берілді.

Жасанды жолмен алынған радиоактивті изотоптарды радиоизотоптар деп атайды.

Қазіргі кезде радиоизотоптар заманауи қоғам өмірінің барлық салаларында кеңінен пайдаланылады. Соның ішінде оларды қолдану әдістерінің бірі болып табылатыны — белгіленген атомдар тәсілі. Радиоактивті изотоптың физикалық, химиялық қасиеттері осы элементтің тұрақты изотопының қасиеттерімен бірдей болатыны белгілі, бірақ радиоактивті изотопты (белгіленген атомды) оның сәулеленуі бойынша әрқашан ажыратып, танып алуға болады. Зерттеп отырған затқа аз мөлшерде радиоизотопты қосып, әрі қарай оның сәулеленуі бойынша осы изотоптың адам ағзасындағы, басқа да процестердегі жолын біліп отыруға болады. Белгіленген атомдар ретінде, әдетте, ${}^3_1\text{H}$; ${}^6_6\text{C}$; ${}^{32}_{15}\text{P}$; ${}^{35}_{20}\text{Ca}$; ${}^{59}_{26}\text{Fe}$; ${}^{60}_{27}\text{Co}$ қолданылады.

Медицинада радиоизотоптар кейбір аурулардың диагностикасында (радиоизотопты диагностика) және оны емдеуге пайдаланылады.

Радиоизотопты терапияның негізінде оларды адам ағзасына енгізгендегі радиоактивті сәулеленудің биологиялық әсері жатыр. Мысалы, қатерлі ісік ауруларын емдеу үшін арнайы сәулелендіргішке ${}^{60}_{27}\text{Co}$ салып, оның сәулелерін дененің ауыратын аймақтарына бағыттайды.

Қан ауруларын емдегенде ${}^{32}_{15}\text{P}$ қолданады. Ол сүйек түтіктерінде жинақталады. Фосфор β сәулелерін шығарып ыдырайды, ал β сәулелер сүйектің кемігін сәулелендіреді. Осының әсерінен қан жасалу функциясы қалпына келеді.

Металлургияда гамма-сәулелер шығаратын природий мен кобальттың изотоптары металл бұйымдардың ақауларын анықтау үшін қолданылады.

Радиоактивті сәулелену зат арқылы өткенде осы заттың атомдарын пондайды. Осы қасиет, мысалы, мата тоқу өндірісінде статистикалық зарядты жою үшін қолданылады.

Ауылшаруашылығында өсімдіктердің тұқымын радиоизотоптардың γ -сәулелерінің аз дозасымен сәулелендіру олардың түсімін көбейтуге мүмкіндік береді. Гамма-сәулелердің одан жоғары дозалары өсімдіктердің, соның ішінде бидайдың, тасбұршақтың т.б. жана, құнды сұрыптарын шығаруда пайдаланылады. Сонымен қатар радиоизотоптардың гамма сәулеленуі антисептикалық бактерияға қарсы әсер береді. Мұны тағамдарды консервілегенде қолданады.

Археологияда радиоактивті сәулелену органикалық көне заттардың жасын анықтауға мүмкіндік береді. Барлық өсімдіктердің құрамында $^{14}_6\text{C}$ көміртегі изотопы болады. Ол жартылай ыдырау периоды 5700 жыл болатын β -сәулеленуді шығарады. Өсімдік қураған соң ондағы көміртегі қорының толықтырылуы да тоқтайды. Ал бар көміртектің мөлшері ыдырау себебінен азая береді (49.1-сурет).

Сондықтан органикалық қалдықтардағы радиоактивті көміртектің мөлшерін есептеу арқылы оның жасын анықтауға болады. Біз радиоизотоптарды қолданудың азғантай мысалдарын ғана қарастырып өттік.

Енді пондаушы сәулеленудің адам ағзасына тигізетін зиянды әсерлерін қарастырайық.

Заманауи қоғамда барған сайын жасанды радиацияның көздері көбейіп барады. Бұлар ядролық реакторлардың қалдықтары, өндіріс, мұнай және газ өндірісі орындары, көмірмен жұмыс істейтін электрстанциялары т.б. Кейде атом электрстанцияларында (АЭС) да төтенше жағдайлар болуы мүмкін.

Егер радиацияның деңгейі табиғи радиациялық фоннан жүздеген, мыңдаған есе артып кететін болса, адамның табиғи қорғаныс күштері радиацияның әсерін жене алмай қалады. Тірі ағзаға радиацияның негізгі әсері — бұл атомдарды пондау, соның нәтижесінде ағза жасушаларының негізгі физика-химиялық қасиеттері өзгереді, жасуша зақымданады. Бұл ауруға әкеліп соғады сәулелену дозасы жоғары болса, адам өміріне қауіп төндіреді.



49.1-сурет. Органикалық қалдықтардың жасын анықтау

Пондаушы сәулеленуден қорғануды қамтамасыз ету үшін ең алдымен радиациялық сәулеленудің өзінің сипаттамаларын анықтап алу керек. Радиоактивті изотоптың маңызды сипаттамаларының бірі — оның *активтілігі*.

Мұны білесіңдер

Активтілік деп уақыт бірлігі ішіндегі ыдырау санына тең шаманы айтады. Активтілік уақыт өтуімен мына заң бойынша өзгереді:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Радиацияның тірі ағзаның жасушаларына әсерінің мөлшері көптеген факторларға байланысты, соның ішіндегі ең маңыздыларының бірі ағзаның пондаушы сәулеленудің энергиясын жұтуы болып табылады, оны сәулелену дозасымен сипаттайды. *Сәулелену дозасы* — бұл денені сәулелендіргенде оның алған энергиясына тең шама. Дене қаншалықты көп энергия жұтса, оның жасушаларының бүлінуі де соншалықты жоғары.

Жұтылған доза деп сәулелендіру салдарынан ағза жұтқан пондаушы сәулелену энергиясының ағзаның масса бірлігіне есептелген мәніне тең шаманы айтады. Жұтылған дозаның шамасы сәулеленудің типіне, сәулелендіру уақытына, бөлшектердің энергиясына тәуелді. Жұтылған дозаның ХБ жүйесіндегі өлшем бірлігі — *грей* (Гр). Бір Гр массасы 1 кг денеге 1 Дж пондаушы сәулелену энергиясы берілгендегі дозаға тең. Дозаның жүйеден тыс өлшем бірлігі *рад* болып табылады:

$$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 10^{-2} \text{ Гр.}$$

Радиациядан қорғану тәсілдері. Радиациядан қорғанудың ең қарапайым екі тәсілі бар: уақытпен және қашықтықпен қорғану. Адам радиация аймағында неғұрлым аз уақыт және одан неғұрлым алыста болса, ол соғұрлым сәулелену дозасын аз алады.

БҰЛ ҚЫЗЫҚ!

Уақытпен және қашықтықпен қорғану тәсілдері Чернобыль атом электрстанциясында болған апаттың салдарын жою жұмыстары кезінде қолданылды. Адамдар апат ошағына барынша аз уақытқа жіберіліп отырды. Өрбір топ нақты бір тапсырманы бірнеше минутта орындап, қауіпсіз аймаққа қайтып келіп, ал жұмысты келесі топ жалғастырып отырды.

Бірақ кейбір жағдайларда, сол апаттың салдарларын жою кезінде, жұмыстың түріне қарай құтқарушыларға зақымдалған аймақта

ұзақ уақыт болуға тура келеді. Онда радиациядан экрандау арқылы қорғануға болады. Жоғары радиация жағдайында адам ұзақ уақыт қауіпсіздікте болу үшін арнайы қорғаныс костюмдері жасалады. Экран да, арнайы киімнің материалдары да сәулеленудің түріне қарай таңдап алынады. Радиоактивті сәулелердің ішінде α -сәулелер өту қабілеті ең аз, олардан кәдімгі қағаздың парағымен де қорғануға болады. Адамды α -сәулелерден қорғау үшін резенке қолғап пен кәдімгі респиратор, мақта матадан тігілген киім, полиэтилен плащ, қағаз, органикалық шыны жарайды. β -сәулелердің өту қабілеті бірталай жоғары. Оларды тоқтату үшін қалыңдығы бірнеше миллиметр алюминий пластина қажет. Радиациямен зақымдалған зонада β -сәулеленуден қорғану үшін алюминий немесе шыны экранды қолданып, противогаз кию қажет.

Гамма-сәулелер затқа бірнеше метрге дейін еніп кетеді, сондықтан олардан тек қана қорғасын немесе бетон плиталармен қорғану мүмкін. Сәулеленудің құрамында гамма-сәулелер көп болғанда радиациядан қорғану құралдарын қорғасын, шойын, болат сияқты ауыр металдардан жасайды. Мысалы, Чернобыль апаты кезінде арнайы киімдер қорғасыннан жасалды.

Есте сақта!

Бұл суретте радиациялық қауіп бар дегенді білдіретін шартты белгі көрсетілген. Ол ені 60° , бір-бірінен 120° орналасқан үш сектордан тұрады. Олардың ортасында кішкене дөңгелек бар. Бұл белгі міндетті түрде сары фонға қара түспен салынады.



1. Жасанды радиоактивтілік құбылысы деген не?
2. Жасанды радиоактивті изотоптарды қалай алуға болады?
- 3. Белгіленген атомдар тәсілін түсіндіріңдер.
4. Радиоизотоптарды медицинада қолдану мысалдарын келтіріңдер.
5. Металлургияда радиоизотоптарды қалай қолдануға болады?
- 6. Археологияда радиоизотоптар қандай мақсаттарда пайдаланылады?
7. Табиғи радиациялық фон деген не?
8. Жұтылған доза деп нені атайды?
- 9. Радиоактивті сәулелердің әртүрлі типтерінің өту қабілеті туралы не білесіңдер?
- 10. Радиациядан қорғану тәсілдері туралы айтып беріңдер.



1. 49.2-суретке қарап, радиоизотоптарды қолдану туралы эссе жазыңдар.



Электр энергиясын өндіру



Әртүрлі ауруларды диагностикалау және емдеу



Кеме өндірісінде



Археология



Әскери өндірісте



Тамақ өнімдерін стерильдеу

49.2-сурет

2. Радиоактивті сәулелердің тірі ағзаларға тигізетін әсерін зерттеңдер. Иондаушы сәулелердің адам ағзасына әсерінің механизмі қандай? Сәулелендірудің зияны туралы қорытынды жасаңдар. Осы тақырыпқа эссе жазыңдар.

3. Басқа елдердің радиоактивті қалдықтарын Қазақстанда көміп, сақтау мәселесін зерттеңдер. Бұл туралы сендердің пікірлерің қандай?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 50. ЭЛЕМЕНТАР БӨЛШЕКТЕР

Тірек ұғымдар:

- ✓ элементар бөлшектер
- ✓ ғарыштық сәулелер
- ✓ антибөлшектер
- ✓ адрондар
- ✓ бариондар
- ✓ нуклондар
- ✓ лептондар
- ✓ кварктар

Бүгінгі сабақта:

- элементар бөлшектердің кейбір қасиеттерімен және олардың классификациясымен танысысыңдар.

Әлем қалай жаратылған? Біздің айналамыздағы денелер мен заттар неден тұрады? Осы сұрақтар ерте заманнан бастап барлық уақыттағы ойшылдарды толғандырған. Әлем бөлінбейтін бөлшектер — атомдардан тұрады деген ойды алғаш рет б.з.д. 400 жылдар шамасында грек философы Демокрит айтқан екен. Бірақ атомистік теория тек XIX ғасырдың басында дами бастады. Атом деген сөздің өзі бөлінбейтін деген мағынаны білдіреді, яғни атом барлық заттың құрамына кіретін, бөлінбейтін ең қарапайым бөлшек деген сөз. Бірақ XIX ғасырдың аяғында бірнеше жаңа құбылыстар ашылды (радиоактивтілік, электронның ашылуы т.б.), нәтижесінде атом шын мәнінде күрделі бөлшек екені, ол ядро мен электрондардан, ал ядроның өзі протондар мен нейтрондардан тұратыны нақты дәлелденді. 1905 жылы жарық кванттары туралы Планк гипотезасының әрі қарай дамуы нәтижесінде электромагниттік өрістің кванттары — фотондар туралы түсінік пайда болды. Заманауи көзқарас бойынша *фотон* — өлшемдері мен құрылымы жоқ элементар бөлшек.

Ол жылдары мынадай тұжырым болды: Әлем осы айтылған элементар бөлшектерден тұрады. Барлық заттар атомдардан, атомдар ядролар мен электрондардан, ядролар өз кезегінде протондар мен нейтрондардан тұрады. Ал *фотондар электромагниттік өзара әсерді қамтамасыз етеді*. Бірақ кейінірек жағдай тағы күрделеніп кетті. Ғарыштан Жерге қарай үнемі *ғарыштық сәулелер* деп аталатын элементар бөлшектер ағылып жатады. Ғарыштық сәулелерді зерттеу барысында 1932 жылы жаңа бөлшек — *позитрон* ашылды. Бұл — электронның антибөлшегі, оның электр заряды оң, бірақ барлық басқа сипаттамалары электрондікімен бірдей. 1937 жылы ғарыштық сәулелердің құрамынан тағы жаңа бөлшектер табылды. Олардың массалары электрондікінен 207 есе көп. Бұл бөлшектер *мюондар* деп аталады. Ғарыштық сәулелер құрамын әрі қарай зерттеу, сонымен қатар бөлшектерді үдету техникасының дамуы тағы көптеген жаңа бөлшектердің ашылуына әкеп соқты. Қазіргі кезде 400-ден астам элементар бөлшектер белгілі, олардың саны барған сайын көбеюде. Элементар бөлшектер жаңартылып отыратын арнайы кестелерге енгізіледі. Олардың ішінде ыдырамайтын тұрақты бөлшектер төртеу-ақ: *протон, электрон, фотон, нейтрино*. Барлық басқа бөлшектер әртүрлі жартылай ыдырау периодтарымен өздігінен басқа элементар бөлшектерге түрленіп, ыдырайды. Мысалы, бос күйіндегі нейтрон 611 с жартылай ыдырау периодымен протон мен электронға ыдырайды: ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e$, мұндағы $\bar{\nu}_e$ — электрондық антинейтрино.

Өзара бір-біріне айналып, түрлену барлық элементар бөлшектерге тән, осы процестерде олар түзіледі және жойылады. Мысалы, элек-

трон мен позитрон әсерлескенде олар жойылады да, жоғары энергиялы фотондар пайда болады. Мұндай процесс *аннигиляция* деп аталады.

Қазіргі кезде барлық бөлшектердің антибөлшектері бар екені анықталды, тіпті нейтронның да антибөлшегі бар. Нейтрон мен антинейтронның бариондық заряд деп аталатын сипаттамасының таңбалары қарама-қарсы. Бөлшек өзінің антибөлшегімен кездескенде аннигиляция орын алады.

Элементар бөлшектердің жіктемесі. Белгілі элементар бөлшектердің саны өскен соң оларды реттеп жіктеу қажеттілігі туындады. Жіктеу белгісі ретінде іргелі өзара әсердің типін алуға болады, табиғатта олардың 4 типі бар: гравитациялық, электромагниттік, күшті және әлсіз оларды сендер білесіңдер. Алғашқы екеуімен сендер жақсы танысыңдар. Соңғы екеуі ядролық процестерге тән. Мысалы, нуклондардың ядро ішіндегі өзара әсерлесуі күшті әсерге жатады, ал бета-ыдырау әлсіз әсер бойынша жүреді. Күшті өзара әсерге қатысты бөлшектер екі үлкен топқа бөлінеді: күшті өзара әсерге түсетін бөлшектер *адрондар* деп аталады. Мысалы, адрондарға протондар, нейтрондар, пиондар жатады. Барлық адрондар ауыр бөлшектер — бұл бөлшектердің саны ең көп тобы, олардың радиустары шамамен 10^{-15} м.

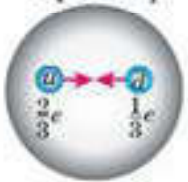
Заманауи көзқарас бойынша адрондардың құрылымы да күрделі, олар өздерінен де іргелі қарапайым бөлшектер — *кварктардан* тұрады. Кварктар элементар зарядтың $1/3$ бөлігінен бүтін есе артық болатын электр зарядына ие.



Протон p



Нейтрон n



Оң пион
(π^+ -мезон)



Теріс пион
(π^- -мезон)

50.1-сурет. Нуклондар мен мезондардың кварктық құрылымы

Олардың өлшемі мен құрылымы жоқ. Бос күйінде кварктар болмайды, олар адрондардың құрамына кіреді. Қазіргі кезде кварктардың 6 түрі анықталған.

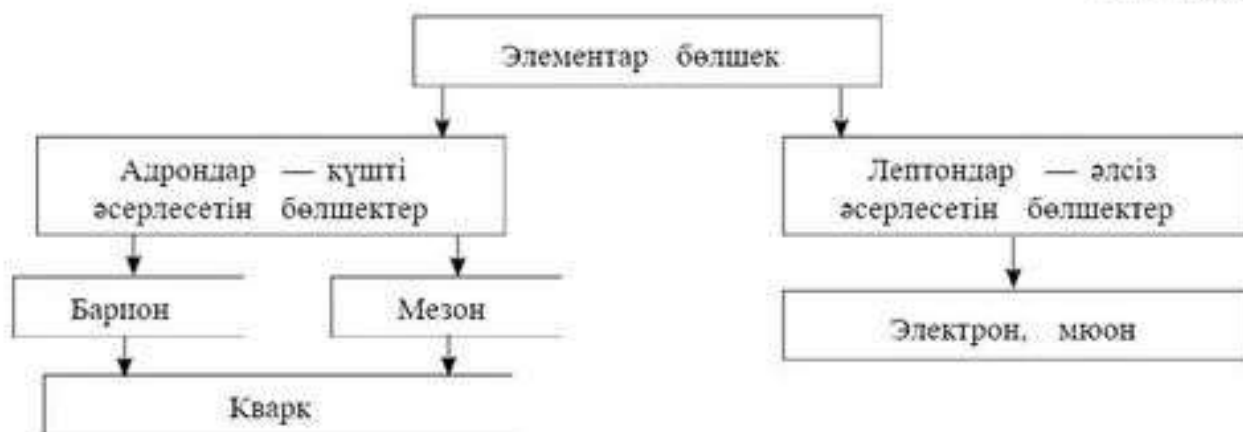
Оларды латынның u, d, s, c, b, t әріптерімен белгілейді. Кварктың құрамына қарай адрондарды *бариондар* — бұлар үш кварктан тұрады және *мезондар* — бір кварк пен бір антикварктан тұрады — деп бөледі (50.1-сурет).

Нуклондардан басқа адрондар класына $\Lambda, \Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+$, гиперондар, Π -мезондар, k -мезондар, тағы басқа жатады.

Күшті өзара әсерге түспейтін бөлшектерге электрондар мен мюондар жатады. Бұл — жеңіл бөлшектер, оларды *лептондар* деп атайды. Бұдан басқа өзара әсерді жеткізетін бөлшектер бар. Мысалы, фотон-

дар. Сонымен, физикалық қасиеттеріне қарай барлық бөлшектерді күшті өзара әсерлесетін адрондар, өзара әлсіз әсерлесетін лептондар және өзара әсерді жеткізетін бөлшектер (фотон) деп үшке бөлуге болады. Осы айтылғандар 50.1-кестеде бейнеленген.

50.1 -кесте



Алғашында элементар бөлшек деп өзінің құрылымы мен құрамы жоқ бөлшектер айтылды (50.1-кесте). Көптеген элементар бөлшектердің өлшемдері мен құрылымы бар, олар басқа бөлшектерге айнала алады. Әзірге элементар бөлшектер ұғымының алғашқы мағынасына кварктар сәйкес келеді. Ғылым, соның ішінде элементар бөлшектер физикасы қарышпап дамып жатыр. Теориялық және эксперименттік зерттеулер көптеп жүргізілуде. Болашақта заманауи элементар бөлшектер физикасында туындап жатқан көптеген сұрақтарға жауап табылады деп сенеміз.



1. Атомның құрамына кіретін элементар бөлшектерді атаңдар.
- 2. Ғарыштық сәулелердің құрамынан қандай элементар бөлшектер табылды? Олардың негізгі сипаттамаларын атаңдар.
3. Электронның позитроннан өзгешелігі қандай?
4. Бөлшектің өзінің антибөлшегінен айырмашылығы қандай?
5. Бөлшектердің аннигиляциясы деп қандай процесті айтады?
6. Іргелі өзара әсерлердің қандай типтерін білесіңдер?
- 7. Адрондар деп қандай бөлшектерді айтады?
- 8. Лептондар деген қандай бөлшектер? Мезондар қай класқа жатады?
- *9. Кварк деген не? Олардың негізгі сипаттамаларын атаңдар.
- *10. Мына бөлшектердің аттарын айтыңдар: Λ , Σ^+ , Σ^0 , Σ^- гиперондар, π -мезондар, k -мезондар. Бұлар бөлшектердің қай класына жатады?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

Тараудың түйінді мәселелері

- Барлық ядролар *протондар* мен *нейтрондардан* тұрады, олардың жалпы аты — нуклондар.
- *Ядролық күштер* деп ядродағы нуклондардың өзара тартылыс күштерін айтады.
- Ядродағы протондардың саны Z әрпімен белгіленіп, *зарядтық сан* деп аталады.
- Ядродағы протондар мен нейтрондардың жалпы саны A әрпімен белгіленіп, *массалық сан* деп аталады.
- Ядродағы барлық нуклондардың бос күйіндегі массаларының қосындысы мен ядроның массасының айырмасы *массалар ақауы* деп аталады.
- Ядроны оны құрайтын нуклондарға толығымен ажыратып тастауға қажет энергия *толық байланыс энергиясы* деп аталады.
- Байланыс энергиясы мен массалар ақауының арасындағы байланыс:

$$E_{\epsilon} = \Delta m c^2.$$

- *Ядролық реакция* деп ядроның басқа ядролармен немесе элементар бөлшектермен әсерлесуі нәтижесінде алғашқы ядро мен бөлшектің басқа ядролар мен бөлшектерге айналу процесін айтады.
- Уран ядроларының тізбекті бөліну реакциясы деп осы реакцияны тудыратын нейтрондар ядроның бөліну процесі кезінде пайда болатын реакцияны айтады.
- Ауыр ядролардың басқарылатын тізбектік реакциясы жүзеге асырылатын қондырғы *ядролық реактор* деп аталады.
- Жеңіл ядролардың миллиондаған градус температурада орасан зор энергия бөлінуімен қоса жүретін бірігу реакциясы термоядролық реакция немесе *термоядролық синтез* деп аталады.
- Күшті өзара әсерге түсетін элементар бөлшектер *адрондар* деп аталады.

§ 51. ФИЗИКА ЖӘНЕ АСТРОНОМИЯНЫҢ
ДҮНИЕТАНЫМДЫҚ МАҢЫЗЫТірек
ұғымдар:

- ✓ ғылыми дүниетаным
- ✓ әлемнің механикалық бейнесі
- ✓ гравитациялық өріс
- ✓ әлемнің электродинамикалық бейнесі
- ✓ әлемнің кванттық-механикалық бейнесі

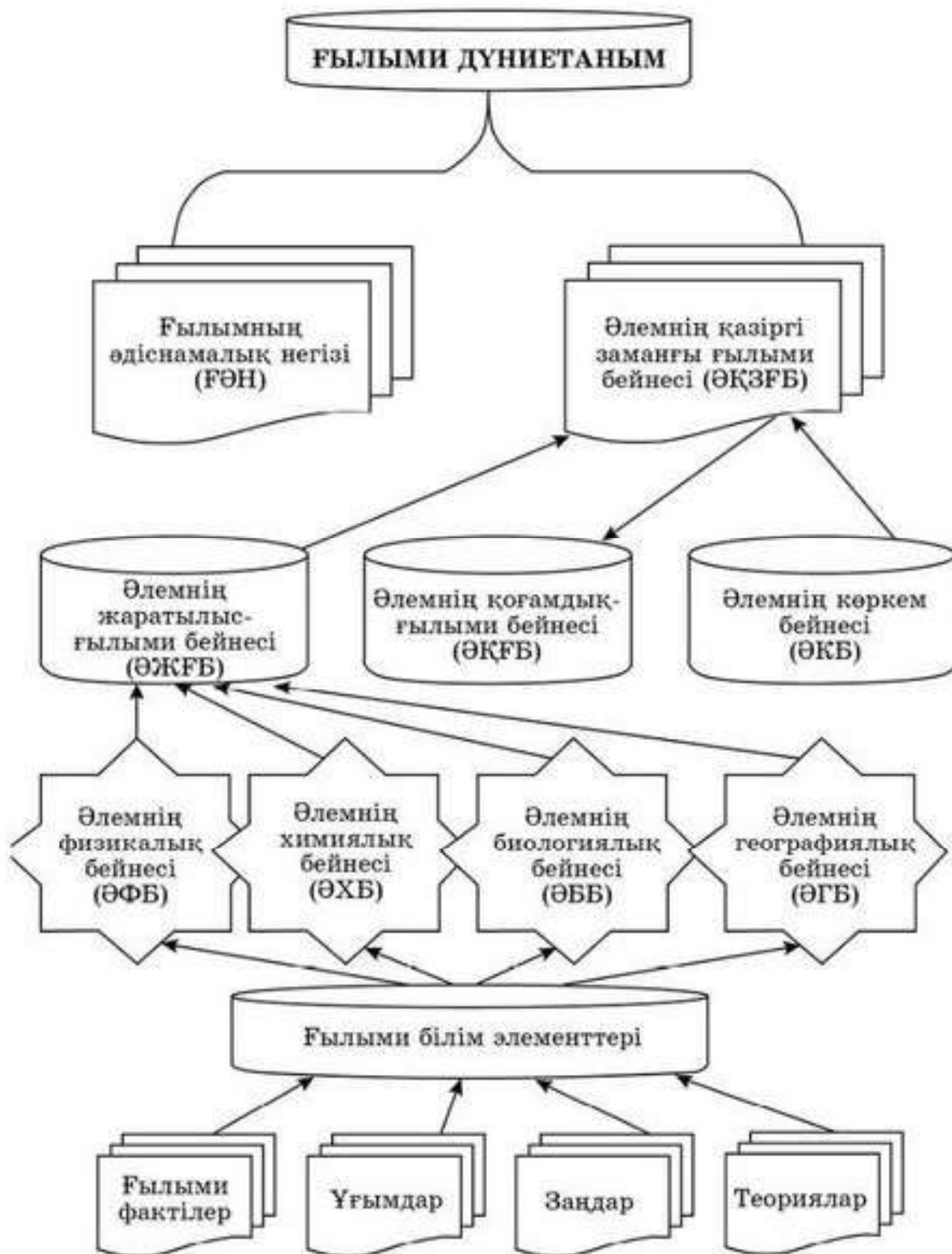
Бүгінгі сабақта:

- физиканың дүниетанымдық маңызымен танысасыздар;
- адамның дүниетанымдық көзқарасының қалыптасуына физика ғылымының дамуының әсерін түсіндіруді үйренесіздер.

Қоршаған әлемді танып-біле отырып, адам өз санасында оның белгілі бір үлгісін — **әлемнің бейнесін** қалыптастырады. Адамзат өзінің дамуының әр кезеңінде өзі өмір сүріп жатқан әлемді түрліше ұғынады. Сондықтан адамзат тарихында әлемнің әртүрлі бейнелері болды: мифологиялық, діни, ғылыми және т.б. Алайда әлемнің қазіргі ғылымда бар алуан түрлі бейнелерінің ішіндегі ең кең түсінік беретіні — табиғатты, қоғамды және адамды сипаттайтын әлемнің жалпы ғылыми бейнесі. Әлемнің ғылыми бейнесі жаратылыстанымдық, қоғамдық және гуманитарлық ғылымдардың жетістіктері негізінде қалыптасады, алайда оның іргетасы жаратылыстану болып табылатыны сөзсіз. Әлемнің ғылыми бейнесін қалыптастырудағы жаратылыстанудың маңызының зор екені сонша, тіпті әлемнің ғылыми бейнесін мазмұны жеке жаратылыс ғылымдарының бейнелері құрайтын әлемнің жаратылыс-ғылыми бейнесіне әкеп тоғыстырады.

Әлемнің жаратылыс-ғылыми бейнесі жаратылыстанудың дамуы барысында тарихи қалыптасқан, табиғат жайлы жүйеленген әрі дәлелді білімдер болып табылады. Бұл бейнеге жаратылыстану ғылымдарының барлығынан алынған (олардың іргелі идеялары мен теорияларын қоса алғандағы) білімдер кіреді. Оның үстіне, ғылым тарихы жаратылыстанудың мазмұнының басым бөлігін физикалық білімдер құрайтынын дәлелдейді. Дәл осы физика неғұрлым дамыған және жүйеленген жаратылыстанымдық ғылым болды. Сондықтан қазіргі жаратылыстанудағы неғұрлым маңызды әрі мәні зор ғылыми тұжырымдамалар туралы сөз қозғағанда біз оны ең әуелі физикадан және әлемнің осы ғылым жасаған бейнесінен бастаймыз.

Дүниетанымның эволюциясы әлемнің бірін-бірі алмастыратын ғылыми бейнелерінің жеке элементтерінің өзара байланысуымен және өзара кірігуімен сипатталады. Әлемнің қазіргі заманғы жаратылыс-ғылыми бейнесінде өзін-өзі дамыту орын алады. Онда жаратылыс-ғылыми білім гуманитарлық біліммен ажырамас байланыста (51.1-сурет).



51.1-сурет. Дүниетанымның қалыптасу тізбектілігі

Физика — эксперименттік ғылым: оның заңдары тәжірибе жүзінде тағайындалған фактілерге сүйенеді. Ол Жаңа дәуірден бастап осындай болды. Алайда, эксперименттік физикадан басқа, теориялық физиканы ажыратады, оның мақсаты табиғат заңдарын тұжырымдау болып табылады. Эксперименттік және теориялық физика бір-біріне сәйкес бола алмайды.

Зерттелетін физикалық объектілердің алуантүрлілігіне, ұйымдасу деңгейі мен қозғалыс формасына қарай қазіргі заманғы физика бір-бірімен қандай да бір байланыста болатын бірқатар пәндерге бөлінеді. Зерделенетін физикалық объектілерге байланысты физика элементар бөлшектер физикасы, ядролық физика, атомдар мен молекулалар физикасы, газдар мен сұйықтар физикасы, қатты денелер және плазма физикасы деп бөлінеді. Материяның ұйымдасу деңгейінің критерийі бойынша микро-, макро- және мегаәлем физикасына бөледі.

Зерттелетін процестердің, құбылыстар мен қозғалыс (өзара әсерлесу) формасының сипатына қарай механикалық, электромагниттік, кванттық және гравитациялық құбылыстар, жылулық және термодинамикалық процестер және физиканың соларға сәйкес салалары: механика, электродинамика, кванттық физика, гравитация теориясы, термодинамика және статистикалық физиканы ажыратады.

Жаратылыстану тарихындағы әлемнің алғашқы физикалық бейнесі әлемнің механикалық бейнесі болды, оның шеңберінде электромагниттік құбылыстарды түсіндіру мүмкін болмады, сондықтан ол әлемнің электромагниттік бейнесімен толықтырылды. Алайда XIX ғасырдың соңында ашылған түсіндірілмейтін көптеген физикалық құбылыстар әлемнің электромагниттік бейнесінің мүмкіндігі шектеулі екенін көрсетті, бұл әлемнің кванттық-өрістік бейнесінің шығуына себепші болды.

Әлемнің механикалық бейнесі. Әлемнің механикалық бейнесі (ӘМБ) XIX ғасырдың ортасына дейін бірнеше ғасырлар бойы ежелгі ойшылдар: Демокрит, Эпикур, Аристотель, Лукреций және т.б. көзқарастарының күшті ықпалы арқылы қалыптасты. Ол табиғатты танып-білу жолындағы қажетті әрі өте маңызды қадам болды.

ӘМБ-не үлес қосқан ғалымдар: Н. Коперник, Г. Галилей, Р. Декарт, И. Ньютон, П. Лаплас және т.б.

Әлемнің электромагниттік бейнесі. XIX ғасырда жаратылыс ғылымдары қорытындылап, жалпылауды қажет ететін орасан зор эмпирикалық материал жинақтады. Зерттеу нәтижесінде алынған көптеген ғылыми фактілер қоршаған дүние туралы қалыптасып

қалған механикалық көзқарастармен онша үйлесім таппады. XIX ғасырдың екінші жартысында электромагнетизм саласындағы зерттеулер негізінде әлемнің жаңа — электромагниттік бейнесі (ЭЭМБ) қалыптасты.

Оның қалыптасуында атақты ғалымдар: М. Фарадей, Дж. Максвелл, Г. Герц жүргізген зерттеулер шешуші рөл атқарды.

Әлемнің кванттық-өрістік бейнесі. Адамдардың практикалық қажеттіліктері, олардың дүниенің құрылымы жайындағы мәселелерге деген тұрақты қызығушылығы, мүлдем жаңа теория — өрістің кванттық теориясын және соның негізінде әлемнің кванттық-өрістік бейнесін (ӘКӨБ) жасауға алып келді.

Әлемнің жаңа физикалық бейнесінің негізін салушылар: Макс Планк, Нильс Бор, Луи де Бройль, Эрвин Шрёдингер, Поль Дирак, Вернер Гейзенберг және басқа көптеген атақты және белгілі ғалымдар болды.

Әлемнің жаңа бейнесінің өзекті ұғымдары: “квант энергиясы”, “дискреттік күйлер”, “корпускулалық-толқындық дуализм” және т.б. Осы тұрғыдан кванттық физика қазіргі заманғы ғылыми-техникалық ілгерілеудің теориялық негізі ретінде қарастырылуы мүмкін.



1. Ғылыми дүниетаным деп нені айтамыз? Дүниетанымдық көзқарасты қалыптастыруда не себепті физика мен астрономия жетекші орын алады?
2. Физика ғылымының дамуының қай кезеңінде қоршаған орта туралы қандай дүниетанымдық көрініс қалыптасты?
- *3. Не себепті адамзат қоршаған әлем туралы дүниетанымдық көзқарасын өзгертіп отырады?
4. Біртұтас дүниетанымдық көзқарастың дамуына қандай физикалық теориялар өз үлестерін қосты немесе қосады деп күтілуде?

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

§ 52. ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘДЕНИЕТ

Тірек ұғымдар:

- ✓ биозкологиялық проблемалар
- ✓ ноосфера
- ✓ экологиялық мәдениет

Бүгінгі сабақта:

- экологиялық мәдениет ұғымымен танысасыздар;
- жаңа технологиялардың қоршаған ортаға әсерінің артықшылығы мен қауіптілігін бағалауды үйренесіздер.

XIX ғасырда *ғылыми-техникалық ілгерілеудің* (ҒТІ) қозғаушы күші техника мен өндіріс болды. Олар, әдетте, өз дамуында ғылымнан озып отырды, оның алдына нақты міндеттер қойды, даму бағыты мен екпініне ықпал етті. Мәселен, бу машинасын ойлап табу термодинамиканың қарқындап дамуына себеп болды.

XX ғасырда жағдай түбегейлі өзгерді; енді ілгерілеушіліктің қозғаушы күшінің рөлін ғылым (жаратылыстану) атқарды. Ғылымның, әсіресе физиканың дамуы техниканың бүгінгі күнгі дамуын да анықтайтын шешуші фактор болды. Дәл осы физиканың қазіргі заманғы жетістіктері ғылыми-техникалық ілгерілеушіліктің бағыттарын айқындайды десек, артық емес.

ҒТІ-ті өткен ғасырдың айрықша үш жаңалығынсыз елестету мүмкін емес, олар: *транзистор, лазер, атомдық реактор*. Ақпаратты жеткізудің заманауи құралдарының, есептеуіш техниканың, ғарыштанудың, робот техникасының дамуы транзисторды ойлап табумен (1948) байланысты.

Материалды өңдеуде және медицинада сапасы жағынан жаңа технологияларды жасау, локация мен өлшеуіш техниканың дамуындағы және бақылау, байланыс, ақпаратты өңдеу мен сақтау жүйесін жетілдірудегі жаңа мүмкіндіктердің ашылуы лазерді ойлап табумен (1960) байланысты. Атомдық қозғалтқыштарды жасау, атом энергетикасының шығуы атомдық реакторды ойлап табумен (1942) байланысты.

Бұл теңдеусіз үш жаңалықтың ашылуына қазіргі заманғы физиканың дамуы алғышарт болды. Транзистор қатты денелер физикасы мен оның ерекше тармағы — шала өткізгіштер физикасының шығуы мен дамуы арқасында пайда болды. Лазер — кванттық электрониканың, қатты дене физикасының, плазма физикасының дамуының нәтижесі. Атомдық реактор — ядролық физиканың жемісі. Көріп отырғанымыздай, ҒТІ үшін ғылымның дамуы техниканың дамуына жол ашады.

Алайда адамның өндіріс іс-әрекеттері көлемінің ұлғаюы, табиғат ресурстарын пайдалануға деген сұраныстың өсуі, әрине, қоршаған ортаға үлкен әсер етуде. Соның салдарынан табиғи жүйе, табиғат кешендерінің негізгі құрамы өзгеріске ұшырап, табиғи ресурстардың өнімділігі төмендеуде. Атмосфераның техногенді әсерден ластануы жерге келіп түсетін Күн сәулесінің қуатын азайтады, ол өз кезегінде ауылшаруашылық дақылдарының пісіп-жетілу мерзімін кешіктіреді. Әсіресе антропогенді әсердің нәтижесінде су ресурстарының химиялық құрамы өзгеріске ұшырайды. Ол таза ауызсу тапшылығына әкеп соғады.

Ғылыми-техникалық ілгерілеушілікке негізделген өндіріс күшінің артуы салдарынан ғылым мен техника жетістігін орынсыз қолдану *биоэкологиялық проблемалардың* туындауына алып келді.

Табиғат ресурстары — шаруашылықтың дамуына қажетті табиғи қор. Оны пайдалы қазбалар, жер, су, ауа, жел, топырақ, өсімдік және жануарлар дүниесі құрайды. Жердің географиялық қабығы алуан түрлі табиғи ресурстарға бай. Табиғи ресурстар рекреациялық, саркылатын, саркылмайтын және Дүниежүзілік мұхит ресурстары болып бөлінеді. Мұндағы саркылатын ресурстардың өз қалпына келмейтін (минералды ресурстар), қалпына келетін (өсімдік және жануарлар дүниесі), салыстырмалы түрде қалпына келетін (топырақ) ресурстарға бөлінеді. Ал саркылмайтын ресурстарды ғарыштық (Күн энергиясы), су (өзен-су энергиясы) және агроклиматтық (атмосфералық ауа) ресурстар құрайды.

XX ғасырдың соңы мен XXI ғасырдың басында қоршаған орта жағдайының ғаламдық дағдарысқа ұшырауы экологияға деген қызығушылықты күшейте түсті. Қазіргі кезде адам мен табиғаттың өзара қатынасының нәтижесінде пайда болған экологиялық қарама-қайшылықтар бүкіл прогресшіл адамзаттың ойлануына түрткі болып отыр.

Есте сақта!

Адамзаттың ұжымдық іс-әрекетіне душар болған табиғи орта *ноосфера* деп аталады.

Қазіргі кезде *ноосфера* өзінің табиғи үйлесімді дамуынан ауытқып, техногендік апат алаңына айналуда.

Табиғат ресурстарын ысырапсыз пайдалану қоршаған ортаның табиғи бірлігінің бұзылуына әкеп соғады, сондықтан табиғатқа антропогендік әсердің экологиялық салдарының алдын алу қажет. Пайдаланылмайтын табиғат ресурстары міндетті түрде болашақ ұрпақтың сұраныстарын қанағаттандыру мақсатында сақталуы қажет.

Мұны білесіңдер

Адам мен табиғаттың үндестігі экологиялық мәдениеттің негізін құрайды. Мұндай үндестікпен жарасымды үйлесім қоғамдық сананың өскелеңдігін сипаттайды.

Сонымен, экологиялық мәдениет — табиғи ортаға деген саналы қарым-қатынас, адамның қоршаған ортаны жақсартуға өзіндік үлесін қосуы, экологиялық білімділік. Ол қоғамды сақтаудың шешуші шарты болып табылады, тек сол арқылы ғана адам мен табиғаттың арасында үйлесімділік орнайды.

Табиғат — адамның бойына қуат, көңіліне шабыт ұялататын сұлулық пен әсемдік әлемі, баға жетпес байлық. Ол — ырыс пен мол қазынаның қайнар көзі. Халқымыз “табиғат — адамзаттың өмір нәрі, қажетінің табылар содан бәрі” деп бекер айтпаса керек. Барша адамзат ұрпағының дені таза, сұлу да сымбатты болып өсуінің кепілі — осы табиғат сұлулығы, оның кіршіксіз тазалығы. Табиғатқа жанашыр болу адамзат қоғамына, оның келешегіне жанашырлық жасау болып табылады. Сондықтан туған жердің тамылжыған, тамаша табиғатын сүю, оны қастерлеп, қадірлеу әрбір адамның азаматтық парызы. Ендеше, табиғат сұлулығын сақтауға атсалысайық!



1. Физика мен астрономия саласындағы қандай жетістіктер ғылым мен техниканың дамуында төңкеріс жасады?
2. Ноосфера туралы не білесіңдер? Ноосферадағы экологиялық дағдарыс дегеніміз не?
3. Экологиялық мәдениеттің негізі қандай?



“Қазіргі ғаламдық экологиялық проблемалар” тақырыбына эссе жазыңдар.

Осы тақырыпта нені меңгердіңдер?

Мен бұрын мыналарды білдім...	Мені қызықтыратын ақпараттар...	Тақырыпты игеруде туындаған қиындықтар...	Болашақта маған қажетті білімдер...

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР

1-зертханалық жұмыс. Теңүдемелі қозғалыс кезіндегі дененің үдеуін анықтау

Жұмыстың мақсаты: көлбеу науамен домалайтын кішкене шардың үдеуін есептеу; теңүдемелі қозғалыс кезіндегі орын ауыстырудың және жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графиктерін тұрғызу және оларды түсіндіру.

Ол үшін шардың белгілі бір t уақытта жүріп өтетін s орын ауыстыруының ұзындығын өлшейді. Бастапқы жылдамдықсыз ($v_0 = 0$) теңүдемелі қозғалыс кезінде $s = \frac{at^2}{2}$ болатындықтан, s пен t өлшеп алып, шардың үдеуін анықтауға болады:

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Құрал-жабдықтар: науа, шар, қысқышы бар тұрғы, металл цилиндр, өлшеуіш таспа, метроном.

Жұмыс барысы

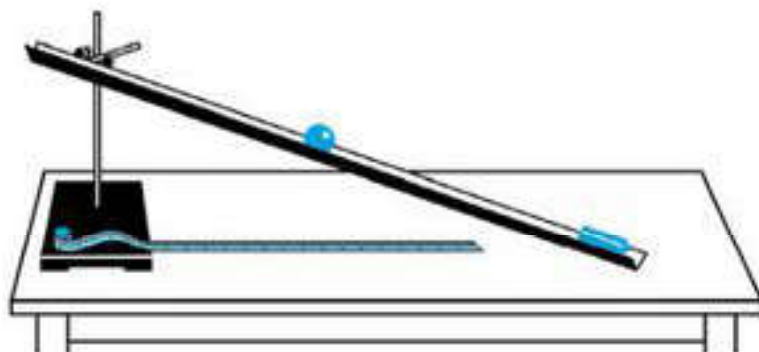
1. Тұрғы арқылы науаны көкжиекпен кішкене бұрыш жасайтындай етіп бекіту керек (1-сурет). Науаның төменгі шетіне металл цилиндрді қоясындар.

2. Метроном дыбыс берген бойда шарды науаның жоғары басынан жіберіп, ол цилиндрге барып соғылғанға дейін метрономның неше рет соққанын санаңдар. Тәжірибе жүргізерде метрономды минутына 120 рет соғатындай етіп қойыңдар.

3. Науаның көкжиекке көлбеулік бұрышын өзгерте отырып, шарды жіберген мезеттен бастап, оның цилиндрге барып соғылуына дейін метроном 4 рет соғатындай етуге болады (соғу арасы — үш толас).

4. Шардың қозғалыс уақытын есептеңдер.

5. Өлшеуіш таспаның көмегімен шардың s орын ауыстыруының ұзындығын табыңдар. Науаның көлбеулігін өзгертпей (тәжірибе шар-



1-сурет

ты өзгермеуі тиіс), метрономның төртінші соғуы мен шардың металл цилиндрге соғылуы дәл келетіндей етіп алып (ол үшін цилиндрді аздап қозғауға болады), тәжірибені бес рет қайталау керек.

6. $s_{\text{срт}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5}{5}$ формуласы бойынша орын ауыстыру модулінің орташа мәнін, ал содан соң үдеу модулінің орташа мәнін табындар: $a_{\text{срт}} = \frac{2s_{\text{срт}}}{t^2}$.

7. Өлшеу және есептеу нәтижелерін 1-кестеге жазындар.

1-кесте

№	$s, \text{ м}$	$s_{\text{срт}}, \text{ м}$	Метрономның соғу саны	$t, \text{ с}$	$a_{\text{срт}}, \text{ м/с}^2$

Алынған мәліметтер бойынша орын ауыстырудың және жылдамдықтың уақытқа тәуелділігінің графиктерін тұрғызындар.

Ескерту. Ешбір өлшеу абсолют дәл болмайды. Өлшеу құралдарының жетілмеуіне және басқа себептерге байланысты қателік кетеді. Қателіктерді мейлінше азайту үшін тәжірибе шартын өзгертпей, өлшеу жұмыстарын бірнеше рет қайталап орындаған жөн. Содан кейін олардың арифметикалық орташа мәні есептеледі. Бұл жұмысты да осылай орындау ұсынылады.

2-зертханалық жұмыс. Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысын зерттеу

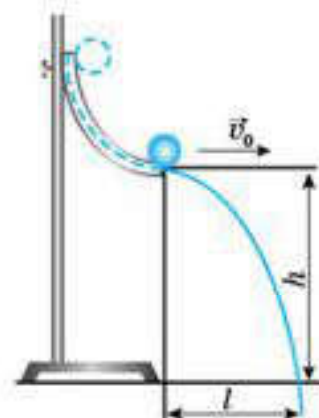
Жұмыстың мақсаты: горизонталь бағытта лақтырылған дененің бастапқы жылдамдығын анықтау.

Құрал-жабдықтар: тұғыр, диаметрі 25 мм болат шар, шар домалайтын науа, миллиметрлік бөлгі бар сызғыш, ақ және көшірме (кара) қағаздар.

Жұмыс барысы

1. Науаны тұғырға бекітіндер (2-сурет). Оның імек басы горизонталь калыпта болуына назар аударындар. Науаның алдына ақ қағаз жайып, оның үстіне көшірме салындар. Науаның бойымен домалаған шардың үстелге түскен жері ақ қағаз бетіне белгі түсіреді.

2. Науадан домалаған шардың үстелге қандай h биіктіктен түскенін және l ұшу қашықтығын өлшендер.



2-сурет

3. $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ формуласы бойынша шардың ұшу уақытын есептеңдер.

4. Алынған нәтижені $v_0 = \frac{l}{t}$ формуласы бойынша шардың горизонталь бағытта ұшу жылдамдығын есептеу үшін пайдаланыңдар.

5. Алынған нәтиженің дұрыс екенін тексеру үшін науаны шар басқа биіктіктен түсетіндей етіп орналастырыңдар. Оның ұшу қашықтығын есептеңдер. Шардың түсу нүктесін ақ қағазда белгілеңдер.

6. Шарды науаның белгілі бір жерінен бірнеше рет домалатып жіберіп, тәжірибені қайталаңдар.

7. Алынған нәтижені төмендегі 2-кестеге жазыңдар.

2-кесте

№	h , м	l , м	$l_{\text{орт}}$, м	t , с	v_0 , м/с	$v_{\text{орт}}$, м/с

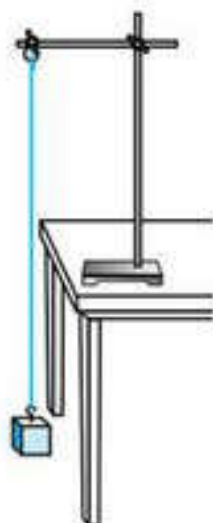
8. Өлшеу дәлдігін бағалаңдар (2-зертханалық жұмыстағы ескертуге қараңдар).

3-зертханалық жұмыс. Математикалық маятникті пайдаланып еркін түсу үдеуін анықтау

Жұмыстың мақсаты: математикалық маятниктің тербеліс периодының $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ формуласы бойынша еркін түсу үдеуін анықтау.

Ол үшін тербеліс периоды мен маятниктің ұзындығын өлшеп алу қажет. Сонда жоғарыдағы формуладан еркін түсу үдеуін табуға болады:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}.$$



3-сурет

Өлшеу құралдары: секундтық тілі бар сағат, өлшеуіш таспа.

Құрал-жабдықтар: санылауы бар шар, жіп, қысқышы мен сақинасы бар тұрғы.

Жұмысты орындау. 1. Тұрғыны үстелдің шетіне 3-суретте көрсетілгендей етіп орнатыңдар. Оның жоғары жағына қысқыш арқылы сақина бекітіп, оған жіпке байланған жүкті іліндер. Жүк еденнен 3—5 см жоғары тұруы керек.

2. Маятникті тепе-теңдік күйінен 5—8 см ауытқытып, содан кейін оны жібере салыңдар.

3. Маятниктің ұзындығын өлшеуіш таспамен өлшеп алыңдар.

4. Толық $N = 40$ тербеліс жасауға кеткен Δt уақытты өлшендер.
5. Δt уақытты қайтадан өлшеп (тәжірибе шартын өзгертпей), оның $\Delta t_{\text{орт}}$ орташа мәнін табындар.
6. Уақыттың $\Delta t_{\text{орт}}$ орташа мәні бойынша тербеліс периодының $T_{\text{орт}}$ орташа мәнін анықтаңдар.
7. $g_{\text{орт}} = \frac{4\pi^2 l}{T_{\text{орт}}^2}$ формуласы бойынша еркін түсу үдеуінің $g_{\text{орт}}$ орташа мәнін есептеп шығаруға болады.
8. Өлшеу және есептеу нәтижелерін 3-кестеге жазындар.

3-кесте

Еркін түсу үдеуін анықтау бойынша жүргізілген өлшеулер мен есептеулер нәтижелері

№	l , м	N	Δt , с	$\Delta t_{\text{орт}}$, с	$T_{\text{орт}} = \frac{\Delta t_{\text{орт}}}{N}$	$g_{\text{орт}}$, м/с ²

9. Еркін түсу үдеуінің алынған $g_{\text{орт}}$ орташа мәнін $g = 9,8$ м/с² мәнімен салыстырындар.
10. Өлшеу дәлдігін бағаландар (1-зертханалық жұмыстағы ескертуге қарандар).

4-зертханалық жұмыс. Беттік толқындардың таралу жылдамдығын анықтау

Жұмыстың мақсаты : су бетіндегі толқындардың жылдамдығын анықтау.

Қажетті құрал-жабдықтар : ұзындығы 0,5—1 м жалпак лабораториялық ыдыс, қалтқы, секундық тілі бар сағат немесе секундомер, сызғыш.

Жұмысты орындау :

1. Ыдысқа су құйындар.
2. Ыдыстың бір басына қалтқыны салып, екінші басына кішкене шар тастандар.
3. Судағы толқынның шардан қалтқыға дейін қанша уақытта жететінін өлшендер.
4. Тәжірибені бірнеше рет қайталап, толқынның l қашықтыққа жету уақытының орташа мәнін табындар.
5. Толқынның таралу жылдамдығын есептеңдер.
6. Өлшеулер мен есептеулер нәтижелерін 4-кестеге жазындар.

4-кесте

№	t , с	$t_{\text{орт}}$, с	l , м	v , м/с

ГЛОССАРИЙ

Абсолют жұлдыздық шама — (M) жұлдызға дейінгі қашықтық 10 парсекті құраған жағдайда оның көрінетін жұлдыздық шамасы қандай болатынын көрсетеді.

Абсолют кара дене — өзіне түскен сәулелердің энергиясын толығымен жұтатын идеал дене.

Адрондар (грекше *adros* — ірі, ауыр) — күшті, өзара әсерлесетін бөлшектер.

Аннигиляция — бөлшектер мен антибөлшектер кездескенде жойылып, нәтижесінде фотондар пайда болатын құбылыс.

Аспан меридианы (латынша *meridianus* — жартылай шаршаған) — аспан сферасының үлкен шеңбері, оның жазықтығы тік сызық және дүние осі арқылы өтеді.

Аспан параллелі — аспан сферасының кіші шеңбері, оның жазықтығы аспан экватордың жазықтығына параллель.

Аспан сферасы — сфералық астрономия мәселелерін шешуге арналған, аспан шырақтарын бақылаушының орыннан көрініп тұрғандай бейнелейтін кез келген радиусты жорамал сфера.

Аспан экваторы — жазықтығы дүние осіне перпендикуляр болатын аспан сферасының үлкен шеңбері; жер экваторының жазықтығына параллель.

Атомның ядролық үлгісі бойынша атом он зарядталған ауыр ядро мен оның айналасында дөңгелек немесе эллипстік орбитамен қозғалып жүретін теріс зарядталған электрондардан тұрады.

Байланыс энергиясы — атом ядросын оны құрайтын нуклондарға толық жіктеп ажыратып жіберуге қажет энергия.

Батпайтын жұлдыздар — бақылаушының ендігінде көкжиек жазықтығының астына ешқашан төмендемейтін жұлдыздар.

Белдеулік уақыт — бойлық бойынша әрқайсысы 15° тұратын негізгі 24 географиялық меридиандар үшін анықталатын орташа күн уақыты.

Бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс — траекториясы түзу сызық болатын бірқалыпты қозғалыс.

Бүкіләлемдік тартылыс заңы былай тұжырымдалады: екі материалдық нүктенің өзара әсер күші олардың массаларына тура пропорционал, арақашықтықтарының квадратына кері пропорционал және оларды қосатын түзудің бойымен бағытталған.

Бұрыштық жылдамдық (орташа) шеңбер бойымен айналып жүрген материалдық нүктенің бұрылу бұрышының сол бұрылуға кеткен уақытқа қатынасына тен.

Вакуумдағы жарықтың жылдамдығы. Вакуумда жарық $c = 300\,000$ км/с жылдамдықпен таралады.

Гравитациялық өзара әсер — табиғаттағы төрт іргелі өзара әсерлердің бірі, оның интенсивтігі ең төмен. Оның ең белгілі көрінісі — Бүкіләлемдік тартылыс күші.

Дененің импульсі. Импульс — нақты санақ жүйесіндегі дененің массасы мен жылдамдығының көбейтіндісіне тен векторлық шама.

Динамика (грекше *dύναμις* — күш, қуат) — механикалық қозғалыстың пайда болу себептерін қарастыратын механиканың бөлімі.

Дүние осі — аспан сферасының ортасынан өтетін және Жердің айналу осіне параллель түзу.

Дүние полюсі — аспан сферасындағы нүкте, оның айналасында жұлдыздың көрінерлік тәуліктік қозғалысы орын алады.

Дүниежүзілік уақыт, UT (ағылшынша *Universal Time*) — нөлдік меридиандағы жергілікті орташа күн уақыты. Гринвич орташа күн уақытына тен (есептеу түн ортасынан жүргізіледі).

Еністік — экваторлық координаталардың бірі, аспан экваторынан шыраққа дейін сағаттық шеңбер бойымен өлшенетін бұрыштық қашықтық.

Еріксіз тербелістер — периодты түрде өзгертін мәжбүрлеуші күштің әсерінен болатын тербелістер.

Еркін түсу үдеуі — дененің Жердің тартылыс өрісіндегі қозғалыс үдеуі. Еркін түсу үдеуі массаға тәуелсіз, барлық денелер үшін бірдей шама. Теңіз деңгейінде 45° ендікте еркін түсу үдеуі $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$.

Жарық жылы — астрономияда қолданылатын қашықтық бірлігі, ол жарықтың 1 тропиктік жылда вакуумда жүріп өтетін жолының ұзындығына тең: $1 \text{ ж. ж.} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м} = 0,307 \text{ парсек}$.

Жарық көзі — спектрдің көрінетін бөлігінде жатқан электромагниттік толқындар шығаратын дене. Жарық көздері табиғи (Күн, Ай т.б.) және жасанды (қызыру шамдары, газразрядты түтіктер т.б.) болып бөлінеді.

Жарық дисперсиясы — жарықтың фазалық жылдамдығының жиілікке (толқын ұзындығына) тәуелділігі. Сыну көрсеткішінің дисперсиясы — бұл n сыну көрсеткішінің V жиілікке тәуелділігі.

Жергілікті уақыт — Жердегі белгілі бір орын үшін анықталатын уақыт, ол жердің географиялық бойлығына байланысты және бір меридиандағы барлық нүктелер үшін бірдей.

Жұлдыздық тәулік — көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінің қандай да бір географиялық меридиандағы тізбектелген аттас екі шарықтау сәттері арасындағы уақыт мөлшері.

Жұлдыздық уақыт — көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінің жоғары шарықтау мезетінен бастап оның осы жағдайдағы орнына дейін өткен уақыт. Жұлдыз тәуліктері жұлдызды сағатқа, минут пен секундқа бөлінеді. Жұлдыздық тәулік орташа күн тәулігінен 3 мин 56 с қысқа, жұлдыздық сағат күн сағатынан 9,86 с қысқа.

Жылдамдық — дененің орын ауыстыруының сол орын ауыстыруға кеткен уақыт аралығына қатынасымен анықталатын векторлық шама.

Жылдық параллакс — көру сәулесіне перпендикуляр Жер орбитасының радиусы көрінетін бұрыштың мәні.

Жылулық сәуле шығару — бұл қызған денелердің электромагниттік сәуле шығаруы.

Зениттік қашықтық — аспан шырағының зениттен бұрыштық қашықтығы, Z әрпімен белгіленеді. 0 -ден 180° -қа дейін биіктік шеңберінің бойымен есептеледі. H биіктігімен $z = 90^\circ - h$ қатынасы арқылы байланысты.

Импульстің сақталу заңы — оқшауланған жүйедегі барлық денелердің импульстерінің векторлық қосындысы осы денелердің кез келген өзара әсерлесулері кезінде тұрақты болып қалады.

Инерттілік — материялық объектілердің бірдей сыртқы әсерлердің нәтижесінде әртүрлі үдеулер алу қасиеті. Ілгерімелі қозғалыс үшін инерттіліктің мөлшерін сипаттайтын шама масса болып табылады.

Инерция (лат. *inertia*) — сырттан ешқандай әсер болмағанда немесе бұл әсерлер бірін-бірі компенсациялағанда дененің тыныштық күйін немесе бірқалыпты тұзусызықты қозғалыс күйін сақтау құбылысы.

Инерциялық санақ жүйесі — бұл санақ жүйесінде денеге басқа денелер әсер етпесе, немесе барлық әсерлер бірін-бірі компенсациялайтын болса, ол тыныштықта немесе бірқалыпты тұзусызықты қозғалыста болады.

Іргелі өзара әсерлер. Іргелі өзара әсердің төрт түрі бар. Интенсивтіктерінің азаюына қарай олар: күшті, электромагниттік, әлсіз және гравитациялық деп аталады.

Кварктар — адрондарды құрайтын бөлшектер. Олар бос күйінде бақыланбайды.

Кинематика — механиканың денелер қозғалысының заңдылықтарын олардың массалары мен әсер ететін күштерін ескермей зерттейтін бөлімі.

Кинетикалық энергия — механикалық жүйенің (дененің) жылдамдығына тәуелді энергия.

Координаталардың экваторлық жүйесі — негізгі жазықтығы — аспан экваторының жазықтығы, ал негізгі бағыты — дүние осі болып табылатын аспан координаталарының жүйесі.

Координаталардың көкжиектік жүйесі — бұл аспан координаталарының жүйесі, онда негізгі жазықтық математикалық көкжиектік жазықтығы, ал зенит пен надир полюстері болып табылады.

Көрінетін жарық — көру әсерін тудыратын, толқын ұзындығы (380—780) нм аралығында жатқан электромагниттік сәулелелер. Жиілігі әртүрлі жарық толқындары адамға әр түсті болып көрінеді.

Күн мен түннің тенелуі — солтүстік жартышарға көктемгі 21 наурызда немесе оңтүстік жартышарға күзгі 23 қыркүйекте көшкен кезде аспан экваторын күн шарығының орталық нүктесінде қиып өту сәті.

Күн тоқырауы — Күн ортасы эклиптиканың ең солтүстік (жазғы күн тоқырауы) немесе ең оңтүстік (қысқы күн тоқырауы) нүктелері арқылы өтетін уақыт сәттері.

Күш — материялық нүктеге немесе денеге басқа денелер тарапынан көрсетілетін механикалық әсердің мөлшерін сипаттайтын шама.

Күшті өзара әсер — ауыр элементар бөлшектерге (протондарға, нейтрондарға) тән. Күшті өзара әсер қысқа, шамамен 10^{-15} м қашықтықтарда ғана әсер етеді.

Лептондар (грекше *leptos* — жеңіл) — күшті әсерге түспейтін жеңіл бөлшектер. Олар — электрондар, мюондар және олардың антибөлшектері.

Масса — дененің инерттілік және гравитациялық қасиеттерінің мөлшері. Масса жылдамдыққа тәуелді емес.

Массалар ақауы — ядроны құрайтын барлық нуклондар массаларының қосындысы мен ядроның массасының айырмасына тең шама.

Математикалық маятник — ауырлық өрісінде тұрған, жінішке, салмақсыз, созылмайтын жіпке немесе салмақсыз өзекке ілінген материялық нүктеден тұратын жүйе.

Материялық нүкте — берілген жағдайда өлшемдері мен пішінін ескермеуге болатын дене.

Материялық нүктенің шеңбер бойымен біркалыпты қозғалысы — бұл материялық нүктенің шеңбер бойымен модулі тұрақты жылдамдықпен қозғалысы.

Механикалық жүйе — бұл классикалық механиканың заңдары бойынша қозғала отырып, өзара және бұл жиынтыққа кірмейтін денелермен әсерлесетін материялық нүктелер (денелердің) жиынтығы.

Механикалық жұмыс — механикалық жүйенің (дененің) толық механикалық энергиясы өзгерісінің мөлшерін сипаттайтын шама.

Механикалық қозғалыс — уақыт өтуіне қарай бір дененің басқа бір денемен салыстырғанда немесе бір дененің өзінің түрлі бөліктерінің бір-бірімен салыстырғанда орын ауыстыруы.

Механикалық тербелістер — дененің тепе-теңдік орнынан периодты түрде ауытқуы.

Механикалық энергия — денелердің қозғалысы мен өзара әсерлесуін сипаттайды.

Мегаәлем — бұл орасан зор ғарыштық қашықтықтар мен жылдамдықтар (ғаламшарлар, жұлдыздар, галактикалар, метагалактикалар) әлемі.

Нақты күн тәулігі — көрінетін күн шарығы орталығының қандай да бір географиялық меридиандағы тізбектелген атас екі шарықтау арасындағы уақыт мөлшері.

Нақты тал түсі — Күннің аспан меридианын қиып өту сәті.

Нейтрондар — атом ядросының құрамына кіретін электрлік бейтарап ауыр бөлшектер.

Нуклондар — протондар мен нейтрондардың жалпы атауы.

Ньютоның бірінші заңы (инерция заңы) — физикалық заң, оған сәйкес материялық нүктеге сырттан ешқандай басқа денелер әсер етпегенде ол өзінің тыныштық күйін немесе біркалыпты тұзусыздықты қозғалыстағы күйін сақтайды.

Орбита — аспан шырағының кеңістіктегі жолы.

Орташа күн тәулігі — қайсыбір географиялық меридиандағы экваторлық орташа күннің аттас екі шарықтауы арасындағы уақыт мөлшері.

Орын ауыстыру — траекторияның бастапқы нүктесінен соңғы нүктесіне қарай жүргізілген вектор.

Өшпейтін тербелістер — амплитудасы тұрақты тербелістер.

Параллакс — бақылаушының орын ауыстыруы кезінде нысанның көрінетін орнының өзгеруі (едәуір алыс нысандар аясында).

Парсек (пк) — жылдық параллакс $1''$ тең нысанға дейінгі қашықтық (осыдан "параллакс" + "секунд" атауы шығады). $1 \text{ пак} = 3.26 \text{ ж. ж.} = 206\,265 \text{ а.б.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ М.}$

Планк тұрақтысы $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ — іргелі физикалық тұрақтылардың бірі, оны 1900 жылы жылулық сәулеленудің заңдылықтарын түсіндіру үшін Планк енгізген.

Потенциалдық энергия (латынша *potentia* — мүмкіндік) — дененің сыртқы күш өрісіндегі орнына және оның бөліктерінің бір-біріне қатысты орналасуына тәуелді энергия.

Протондар — атом ядросының құрамына кіретін оң зарядталған ауыр бөлшектер. Ядродағы протондар саны оның зарядын анықтайды.

Радиоактивтілік — атом ядросының өздігінен басқа элементтің ядросына айналу процесі. Бұл процесс элементар бөлшектердің ұшып шығуымен қатар жүреді.

Резонанс — тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі мәжбүрлеуші күштің жиілігімен дәл келгенде еріксіз тербелістер амплитудасының күрт арту құбылысы.

Рентген сәулелері — неміс ғалымы В. Рентген (1895) ашқан жоғары жиіліктегі (қысқа толқынды, $\lambda = 10^{-4} - 10^{-3} \text{ А}$) электромагниттік сәулелер.

Сағаттық белдеулер — Жер бетінде бөлінген 24 аймақ. Әрқайсысының ені бойлық бойынша 15° алады.

Сақталу заңдары — іргелі физикалық заңдар, оларға сәйкес тұйық (окшаланған) жүйелерде кейбір физикалық шамалар осы жүйелерде жүретін кез келген өзара әсерлердің салдарынан уақытқа тәуелді өзгермей, өз мәнін сақтап қалады.

Салмақ — дененің тіреуге немесе аспаға түсіретін күші. Салмақ денеге емес, тіреуге немесе аспаға түседі.

Санақ денесі — барлық денелердің қозғалысы санақ денесімен салыстырылып қарастырылады.

Санақ жүйесі — санақ денесі, онымен байланысқан координаталар жүйесі және сағат.

Сызықтық жылдамдық — айналып тұрған дененің жеке бір нүктесінің жылдамдығы, ол бұрыштық жылдамдық пен нүктенің айналу осіне дейінгі қашықтығына тәуелді.

Тең әсерлі күш — денеге әсер етіп тұрған бірнеше күштің әсерін бір өзі алмастыра алатын күш.

Тербеліс амплитудасы — гармониялық тербеліс жасап тұрған физикалық дененің тепе-теңдік күйінен ең үлкен ауытқуы.

Тербеліс — периодты түрде қайталанып отыратын процесс. Синус $x = A \sin(\omega t + \phi)$ немесе косинус $x = A \cos(\omega t + \phi)$ заңымен жүретін тербелістер гармониялық деп аталады.

Термоядролық реакциялар — аса жоғары температурада ($10^7 \text{ К} - 10^9 \text{ К}$ шамасында) жүретін, жеңіл ядролардың синтезінің нәтижесінде олардан гөрі ауыр ядролар түзілетін ядролық реакциялар.

Тәуліктік параллакс — кез келген шырақтан қарағанда Жер радиусы көрінетін бұрыштың мәні. Егер жарық көзі көкжиекте байқалса, онда оның тәуліктік параллакс ең көп мәнді қабылдайды және ол *көкжиектік параллакс* деп аталады.

Траектория — қозғалыстағы дене кеңістікте сызатын сызықты айтады. Траекторияның пішініне қарай қозғалыс түзу сызықты және қисық сызықты болып бөлінеді.

Тумайтын жұлдыздар — бақылаушының ендігінде көкжиектен ешқашан көтерілмейтін жұлдыздар.

Тұйық (окшауланған) жүйе — сыртқы ортамен әсерлеспейтін, тек жүйеге кіретін, өзара әсерлесетін денелер жиынтығы.

Үдеу — жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын векторлық шама.

Үйкеліс — денелердің бір-біріне қатысты қозғалысына кедергі жасау құбылысы.

Үйкеліс коэффициенті — үйкеліс күшінің тіреудің реакция күшіне қатынасына тең шама.

Фотон — электромагниттік сәуле шығарудың кванттық кәсіптерін түсіндіру үшін енгізілген бөлшек. Фотонның энергиясы $E = h\nu$, мұндағы ν — жарық жиілігі, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — Планк тұрақтысы.

Фотоэлектрондар — сыртқы фотоэффект кезінде жарық металл бетінен жұтып шығаратын электрондар.

Фотоэффект — электромагниттік сәуле шығарудың затпен әсерлесуі нәтижесінде пайда болатын құбылыс. Фотоэффект сыртқы (жарықтың әсерінен электрондардың металл бетінен ұшып шығуы) және ішкі фотоэффект (жарықтандыру нәтижесінде жартылай өткізгіштің өткізгіштігінің артуы) деп бөлінеді.

Фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуі энергияның сақталу заңының салдары болып табылады: $h\nu = A_{\text{из}} + (mv^2/2)$.

Шарықтау — шырақтың аспан меридианы арқылы өту құбылысы.

Шөкжұлдыз — қазіргі астрономияда аспан 88 аймаққа бөлінген, олар тұрақты орналасқан аспан нысандарын (жұлдыздар, тұмандықтар, галактикаларды т.б.) қамтиды.

Эклиптика — жұлдыздар арасында күннің көрінетін жылдық қозғалысы орын алатын аспан сферасының үлкен шеңбері.

Эксцентриситет — орбита пішінінің шеңберден айырмашылығын сипаттайтын шама. Шеңбер үшін ол нөлге, парабола үшін бірге тең.

Электромагниттік өзара әсер — бұл төрт іргелі әсердің бірі. Тек қана зарядталған бөлшектердің арасында болады.

Электромагниттік толқындар шкаласы — толқын ұзындығына (жиілігіне) қарай тізбектеле орналастырылған шкала.

Электрон — атомдардың құрамына кіретін теріс зарядталған микробөлшек.

Элементар бөлшектер — заманауи көзқарас бойынша құрамы жоқ деп қарастырылмайтын субядролық бөлшектердің үлкен тобы.

Энергия (грекше *energeia* — іс-қимыл) — материя қозғалысының бір түрінен басқа бір түріне айналуының жалпы өлшемі болып табылатын скаляр шама.

Энергияның сақталу және түрлену заңы — кез келген окшауланған жүйеде қандай процестер жүрсе де, оның толық энергиясы тұрақты шама болып қала береді.

Ядролық күштер — қысқа әсер күштері. Олар нуклондарды ядроның ішінде ұстап тұрады.

Ядролық реактор — ауыр ядролардың басқарылатын тізбекті бөліну реакциясы іске асырылатын қондырғы.

Ядролық реакция — атом ядросының элементар бөлшекпен немесе басқа ядромен күшті әсерге түсу нәтижесінде басқа ядроға айналу процесі.

ЖАТТЫҒУЛАРДЫҢ ЖАУАПТАРЫ

3-жаттығу. 1. 10 с. 2. 2,5 м/с². 3. 10 м/с. 4. ≈6,3 с.

4-жаттығу. 2. $s_2 = 20$ м, $s_4 = 0$ м, $s_5 = 25$ м. 4. 625 м; 5. 4 м/с. 6. 1-дене бірқалыпты, ал 2- және 3-денелер бірқалыпты үдемелі қозғалады. А нүктесіне тиісті уақыт мезетінде: $v_{1x} = v_{2x} = 2$ м/с; $v_{3x} = 0,5$ м/с; ал В нүктесіне тиісті уақыт мезетінде: $v_{1x} = v_{3x} = 2$ м/с; $v_{2x} = 8$ м/с; $a_{1x} = 0$; $a_{2x} = 2$ м/с²; $a_{3x} = 0,5$ м/с². 7. $a_{1x} = 1$ м/с²; $a_{2x} = 0,5$ м/с²; $a_{3x} = 0,5$ м/с². 8. а) $OA = 9$ м/с; $OB = 3$ м/с; $OC = 5$ м/с; б) $a_{1x} = a_{2x} = 1$ м/с²; $a_{3x} = -1,8$ м/с².

5-жаттығу. 2. 19,6 м. 3. $H_1 = 2,25$ Н₂. 4. $H = 2$ км. 5. $v_1 = 20,4$ м/с; $v_2 = 9$ м/с; $h_1 = 60,4$ м; $h = 85,7$ м; $S_2 = 77,4$ м.

6-жаттығу. 5. $\omega = 0,628$ рад/с; $\phi = 6,28$ рад. 6. $v = 3,1$ м/с. 7. $v = 19$ м/с.

7-жаттығу. 1. $a \approx 2,3$ м/с². 2. $v = 7,8$ км/с. 3. $v = 7514$ м/с; $a = 8,1$ м/с². 4. $\omega = 314$ рад/с; $v = 423,9$ м/с; $a = 133105$ м/с².

11-жаттығу. 3. ≈ 400 есе. 4. 6800 км.

13-жаттығу. 1. а) 1,94 Н; ә) 264,6 Н; б) 4704 Н. 2. а) 1 кг; ә) 100 кг. 3. 0,21 Н. 4. 1,61 м/с². 5. 450 Н. 6. 40 000 Н/м. 7. 600 Н/м. 8. 4000 Н/м. 9. 30 Н; 10. 98 Н/м.

14-жаттығу. 1. а) 4 м/с²; ә) 1 м/с². 2. 2,5 м/с². 3. 15 Н. 4. 0,64. 5. 2,4 м. 6. $a = 0,9$ м/с²; $F = 21,8$ Н. 7. 7,6 м/с².

15-жаттығу. 4. Жоқ. 5. 0,05 м/с². 6. 2,1 м/с², 0,25 м/с².

16-жаттығу. 1. 880 Н. 2. 1,04 мкН. 3. а) Екі есе азаяды; ә) төрт есе көбейеді. 4. $19,7 \cdot 10^{19}$ Н. 5. 7900 км. 6. 380 Н.

17-жаттығу. 1. 696 Н. 2. 2 м/с², жоғары қарай. 3. 50 м. 4. 20 м/с.

18-жаттығу. 1. 20 м. 2. 22 м/с. 3. 45°. 4. 6,8 м; 5. 3,6 м/с². 6. 5,5 м/с².

19-жаттығу. 1. 3,6 км/с. 2. 7,3 км/с. 3. 8 есе. 4. $T = 5,39 \cdot 10^3$ с; $h = 2,65 \cdot 10^4$ м; $v_1 = 7,7 \cdot 10^2$ м/с. 5. $\Delta T = 9 \cdot 10^2$ с; $\Delta h = 8 \cdot 10^5$ м.

20-жаттығу. 1. 100 кг · м/с. 2. 40 Н · с; 40 Н · с, 8 м/с. 3. 3 м/с; 4. Сондай v жылдамдықпен ұшып түседі.

21-жаттығу. 1. 217 м/с. 2. 33 м/с. 3. ≈ 8,5 км/с.

22-жаттығу. 1. $E_x \approx 4 \cdot 10^{10}$ Дж. 2. $E_p = 120$ Дж. 3. $A \approx 1,1 \cdot 10^4$ Дж. 4. $A = 8$ Дж. 5. $A \approx 16$ Дж.

23-жаттығу. 2. 290 Дж; 590 Дж. 3. 2000 м. 4. 230 кг.

25-жаттығу. 1. 2 с. 2. 0,25 м. 3. T^2 есе. 4. 5 Гц; 5. 4 с.

26-жаттығу. 1. ≈ 15,8 Н/м. 2. 2,4 есе артады. 3. ≈ 9 рад/с, $3,2 \cdot 10^{-3}$ Дж.

28-жаттығу. 1. 3 м. 2. 2 м. 3. 0,4 с⁻¹. 4. 2 м/с. 5. 1,25 есе артты.

29-жаттығу. 1. 0,79 с. 2. 280 м. 3. Ағаш. 4. 0,4 с. 5. 2,59 с. 6. 680 Гц.

30-жаттығу. 1. $3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. 2. 4000 есе. 3. $17,87 \cdot 10^{-19}$ Дж. 4. 37; 5. 1,5 мВт. 6. $9 \cdot 10^{18}$. 7. $2,48 \cdot 10^{-7}$ м.

31-жаттығу. 1. $2,65 \cdot 10^{-7}$ м; $5,67 \cdot 10^{-7}$ м; $3,1 \cdot 10^{-7}$ м. 2. $4,98 \cdot 10^{14}$ Гц. 3. $5,72 \cdot 10^{-19}$ Дж. 4. $0,57 \cdot 10^6$ м/с. 5. $1,26 \cdot 10^6$ м/с.

32-жаттығу. 1. $18,4 \cdot 10^{-35}$ Н; 230 Н. 2. 230 Н; 23 · 10⁻⁹ Н.

33-жаттығу. 3. 0,1585 м.а.б; 1,9129 м.а.б. 4. 342,55 МэВ; 1781 МэВ. 5. 5,6 МэВ; 6,9 МэВ; 8,54 МэВ; 7,83 МэВ.

34-жаттығу; 1. 32; 15. 2. $Z = 2$; $A = 10$. 3. нейтрон. 4. 1/4 бөлігі. 5. 72 сағ. 6. 0,67 тәул. 7. $2,36 \cdot 10^{23}$ протон, $3,65 \cdot 10^{23}$ нейтрон.

МАЗМҰНЫ

I тарау. КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ

§ 1. Механикалық қозғалыс	5
§ 2. Векторлар және оларға амалдар қолдану	7
§ 3. Вектордың координаталар осьтеріндегі проекциялары	12
§ 4. Түзусызықты бірқалыпты айнымалы қозғалыс. Үдеу	16
§ 5. Түзусызықты бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық және орын ауыстыру	18
Практикалық жұмыс	24
§ 6. Дененің еркін түсуі. Еркін түсу үдеуі	25
§ 7. Қисықсызықты қозғалыс. Материялық нүктенің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы	29
§ 8. Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар	33
§ 9. Центрге тартқыш үдеу	36

II тарау. АСТРОНОМИЯ НЕГІЗДЕРІ

§ 10. Жұлдызды аспан. Жұлдыздар мен шоқжұлдыздар	40
§ 11. Аспан сферасы. Аспан координаталарының жүйелері	44
Практикалық жұмыс	53
§ 12. Өртүрлі географиялық ендіктегі аспан шырақтарының көрінерлік қозғалысы. Жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақыт.	54
Практикалық жұмыс	62
§ 13. Күн жүйесіндегі ғаламшарлардың қозғалыс заңдары	63
§ 14. Күн жүйесі денелеріне дейінгі арақашықтықты параллакс әдісімен анықтау	68
Практикалық жұмыс	71

III тарау. ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

§ 15. Ньютонның бірінші заңы. Инерциялық санақ жүйелері	73
§ 16. Механикадағы күштер	77
Практикалық жұмыс	84
§ 17. Ньютонның екінші заңы. Масса.	86
§ 18. Ньютонның үшінші заңы	92
§ 19. Бүкіләлемдік тартылыс заңы	96
§ 20. Дененің салмағы. Салмақсыздық	100
§ 21. Денелердің ауырлық күшінің әсерінен қозғалуы	106
Практикалық жұмыс	110
§ 22. Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы	111

IV тарау. САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

§ 23. Дене импульсі және күш импульсі	119
§ 24. Импульстің сақталу заңы	121
§ 25. Реактивтік қозғалыс	124
§ 26. Механикалық жұмыс және энергия	129
§ 27. Энергияның сақталу және айналу заңы	134

V тарау. ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

§ 28. Тербелмелі қозғалыс	139
§ 29. Тербеліс кезіндегі энергияның түрленуі. Тербелмелі қозғалыстың теңдеуі ..	142
§ 30. Математикалық және серіппелі маятниктердің тербелістері	148
Практикалық жұмыстар	151
§ 31. Еркін және еріксіз тербелістер. Резонанс	153

§ 32. Еркін электромагниттік тербелістер	158
§ 33. Толқындық қозғалыс	163
§ 34. Дыбыс. Дыбыстың сипаттамалары	168
§ 35. Акустикалық резонанс. Жанғырық	174
§ 36. Электромагниттік толқындар. Электромагниттік толқындар шкаласы	180
Практикалық жұмыс	185

VI тарау. АТОМ ҚҰРЫЛЫСЫ. АТОМДЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР

§ 37. Жылулық сәуле шығару	188
§ 38. Жарық кванттары туралы Планк гипотезасы	192
§ 39. Фотозффе́кт құбылысы	196
§ 40. Фотозффе́кт үшін Эйнштейн теңдеуі	200
§ 41. Рентген сәулелері	203
§ 42. Радиоактивтілік. Радиоактивті сәулеленудің табиғаты	207
§ 43. Резерфорд тәжірибесі. Атомның құрылысы	211

VII тарау. АТОМ ЯДРОСЫ

§ 44. Ядролық өзара әсерлесулер. Ядролық күштер	215
§ 45. Массалар ақауы. Атом ядросының байланыс энергиясы	218
§ 46. Ядролық реакциялар. Радиоактивті ыдырау заңы	222
Практикалық жұмыс	225
§ 47. Ауыр ядролардың бөлінуі, тізбекті ядролық реакция. Ядролық реактор	226
§ 48. Термоядролық реакциялар	231
§ 49. Радиоизотоптар. Раднациядан қорғану	235
§ 50. Элементар бөлшектер	240

VIII тарау. ӘЛЕМНІҢ ҚАЗІРГІ ФИЗИКАЛЫҚ БЕЙНЕСІ

§ 51. Физика және астрономияның дүниетанымдық маңызы	245
§ 52. Экологиялық мәдениет	249
Зертханалық жұмыстар	252
Глоссарий	256
Жаттығулардың жауаптары	261



Учебное издание

**Казахбаева Данагуль Мукажанова
Насохова Шолпан Бабиевна
Бекбасар Нысанбай**

ФИЗИКА

Учебник для 9 класса общеобразовательных школ
(на казахском языке)

Оқулыққа суретші *Е. Мельник* және
фотограф *С. Қызылбектің* еңбектері пайдаланылды

Редакторы *А. Сабдатиева*
Көркемдеуші редакторы *Г. Албаева*
Техникалық редакторы *Л. Садықова*
Корректоры *Г. Тұрмағанбетова*
Компьютерде беттеген *Г. Хаширова*

Баспаға Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
№ 0000001 мемлекеттік лицензиясы 2003 жылы 7 шілдеде берілген

ИБ № 5825

Басуға 30.05.19 қол қойылды. Пішімі $70 \times 100^{1/16}$. Офсеттік қағаз.
Қаріп түрі "SchoolBook Kza". Офсеттік басылыс. Шартты баспа табағы 21,29 + 0,32
қосарбет + 0,16 қосымша. Шартты бояулы беттаңбасы 85,31. Есептік баспа табағы
13,01 + 0,54 қосарбет + 0,27 қосымша. Таралымы 75 000 дана. Тапсырыс №

“Мектеп” баспасы, 050009, Алматы қаласы, Абай даңғылы, 143

Факс: 8(727) 394-42-30, 394-37-58

Тел.: 8(727) 394-42-34

E-mail: mektep@mail.ru

Web-site: www.mektep.kz

