

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі ұсынған

Н.А. Закирова
Р.Р. Аширов

ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептің
9-сыныбына арналған оқулық

9



ӘОЖ 373. 167. 1
КБЖ 22.3я 72
3-16

Закирова Н.А. ж.б.

3-16 **Физика.** Жалпы білім беретін мектептің 9-сыныбына арналған оқулық/ Н.А.Закирова, Р.Р.Аширов – Нұр-Сұлтан: «Арман-ПВ» баспасы, 2019. – 272 б.

ISBN 978-601-318-208-7

«Физика» оқулығы негізгі орта білім беру деңгейінің 9-сыныптарына арналған жаңартылған мазмұндағы үлгілік оқу бағдарламасына сәйкес жазылған. Материалдарды мазмұндауда оқытудың ғылыми ұстанымдары мен окушылардың жас ерекшеліктері ескерілген.

ӘОЖ 373. 167. 1
КБЖ 22.3я 72

ISBN 978-601-318-208-7

Барлық күқығы қорғалған. Баспаның рұқсатынсыз көшіріп басуға болмайды.

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

Шартты белгілер

Анықтамалар

Бақылау сұрақтары

Теориялық материал бойынша өзін тексеруге арналған сұрақтар

★ Жаттығу

1

Сыныпта орындалатын жаттығулар

🏠 Жаттығу

1

Үй жұмысы

Эксперименттік тапсырмалар

Зерттеу жұмыстарына арналған тапсырмалар

Шығармашылық тапсырма

Шығармашылық деңгейдегі тапсырмалар



Тапсырма

Сыныпта орындалатын тапсырмалар



Эксперимент

Сыныпта орындалатын эксперименттік тапсырмалар



Бұл қызық!

Тақырыпқа қатысты қосымша ақпараттар



Маңызды ақпарат

Тақырыпты тереңірек түсіну үшін қажетті ақпараттар



Естеріне түсіріндер!

Менгерілген материалды қайталауға арналған тапсырмалар



Назар аударындар!

Күрделі тапсырмаларды орындауға көмек беретін оқу материалы



Жауабы қандай?

Физикалық құбылыстардың мәнін түсіндіруді талап ететін сұрақтар



Есте сақтандар!

Жадынама

Назар аудар

Электронды қосымша жүктелген CD қолжетімсіз болған жағдайда, қосымшаны armen-rv.kz сайтынан тауып, өз компьютерінде жүктеп алуыңа болады

Алғы сөз

Күрметті оқушылар, 9-сыныпқа арналған оқу материалы физиканың негізгі курсының бағдарламасын аяқтайды. Оны менгеру арқылы сендер өзіміз өмір сүретін Әлем жайлы түсінік аласындар.

Оқулықтың алғашқы төрт бөлімінде механикалық құбылыстар табиғаты ашылған. Бұл тараулар 7-сыныпта өткен «Тұзу сзықты бірқалыпты қозғалыс. Жылдамдық», «Жол, орын ауыстыру», «Денелердің өзара әрекеттесуі. Күш. Масса», «Энергия. Энергияның түрленуі» тақырыптарының жалғасы болып табылады.

Механика – физиканың табиғаттағы барлық денелердің қозғалысын және өзара әрекеттесуін зерттейтін саласы. Әлемді көз алдыңа қозғалыссыз елестету мүмкін емес. Бұкіл қеңістіктегі сияқты біздің планетамызда да денелер қозғалыста болады. Біздің білім көкжиегімізді қеңейту мақсатында оқулықта Күн жүйесінде және одан да тысқары аумақта қолдануға болатын аспан механикасы занбары және аспан денелері арасындағы қашықтықты анықтау жолдары қарастырылған. Бізді қоршаған әлемде бәрі өзара тығыз байланысты, механикалық тербелістер мен толқындар зандылықтарын электромагниттік толқындар мен тербелістерге де қолдануға болады. Электромагниттік толқындар мен тербелістерді зерттеу Жердің әр түкпірі мен одан тысқары нысандар – Жердің жасанды серіктерімен сымсыз байланыс жасауға мүмкіндік берді. Ұялы телефондар үйреншікті құбылысқа айналды.

Электромагниттік толқындардың жұтылуы мен сәулеленуін зерттеу клас-сикалық физиканың табиғаттың барлық құбылыстарын түсіндіре алмайтынын көрсетті. XX ғасырдың басында «кванттық физика», «атомдық және ядролық физика», «элементар бөлшектер физикасы» салалары пайда болды. Қеңістікте жүретін процестерді және олардың пайда болу құпиясын ашатын жаңа занбар ашылды.

Оқулықта әр параграфтан соң бақылау сұрақтары, түрлі айдарлар, жаттығулар, эксперименттік және шығармашылық тапсырмалар ұсынылған. Тапсырмалар бірінші бөлігі сыныпта, екінші бөлігі үйде орындауға арналған екі бөліктен тұрады. Бақылау сұрақтары назарларынды тақырыптың негізгі материалына аударады. «Жауабы қандай?» сұрақтары физикалық құбылыстарды танып-білуге көмектеседі. Эксперименттік тапсырмалар зерттеу жұмысына дағылануға септігін тигізеді.

Зертханалық жұмыстар, кестелік шамалар, жаттығулардың жауаптары оқулықтың соңында ұсынылды.

Жас достар, сендерге шығармашылық табыстар тілейміз.

Авторлар

1-ТАРАУ

КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- материялық нұктесі, санақ жүйесі, механикалық қозғалыстың салыстырмалылығы ұғымдарының физикалық мағынасын түсіндіре аласындар;
- жылдамдықтарды және орын ауыстыруларды қосу теоремаларын қолдануды;
- векторларды қосу мен азайтуды орындауды, векторды скалярға көбейтуді;
- вектордың координаталар осіне проекциясын анықтауды, векторды құраушыларға жіктеуді;
- орын ауыстыруды, жылдамдықты, ұдеуді осы шамалардың уақытқа тәуелділік графиктерінен анықтауды;
- есептер шығаруда түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен ұдеуді есептеу формулаларын қолдануды;
- есептер шығаруда түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі координата мен орын ауыстыру тендеулерін қолдануды;
- теңдемелі қозғалыс кезіндегі ұдеуді эксперименттік түрде анықтауды;
- теңдемелі қозғалыс кезіндегі орын ауыстырудың және жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графиктерін түрфызуды және оларды түсіндіруді;
- еркін түсіді сипаттау үшін теңайнымалы қозғалыстың кинематикалық тендеулерін қолдануды;
- горизонталь лақтырылған денениң қозғалысын теңайнымалы және бірқалыпты қозғалыстың кинематикалық тендеулерін қолдана отырып, сипаттауды;
- горизонталь лақтырылған денениң қозғалыс жылдамдығын анықтауды;
- горизонталь лақтырылған денениң қозғалыс траекториясын салуды;
- денениң шенбер бойымен бірқалыпты қозғалысын сызықтық және бұрыштық шамалар арқылы сипаттауды;
- есептер шығаруда сызықтық және бұрыштық жылдамдықтарды байланыстыратын формулаларды қолдануды;
- есептер шығаруда центрге тартқыш ұдеу формуласын қолдануды үйренисіндер.

§ 1. Механикалық қозғалыс

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- материялық нұктесі, санақ жүйесі, механикалық қозғалыстың салыстырмалылығы ұғымдарының мағынасын түсіндіруді;
- жылдамдықтарды және орын ауыстыруларды қосу теоремаларын қолдануды үйренесіндер.



1-тапсырма

Механикалық қозғалысқа екі мысал көлтіріңдер.



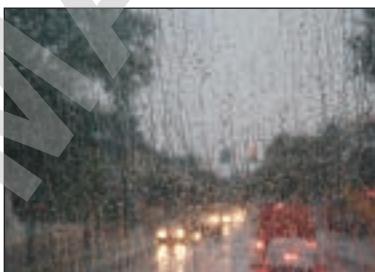
2-тапсырма

1. Дене қозғалысын сипаттайтын шамаларды векторлық және скалярлық деп екіге бөліндер.
2. Шамалардың белгіленуі мен ХБЖ-дағы өлшем бірліктерін жазындар.
3. Орын ауыстыру мен жүрілген жолдың мәні бірдей болатын шартты көрсетіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен Жердің Күнді айнала қозғалуын қарастырганда оның өлшемдерін ескермеуге болады?
2. Кім оқты қолымен тоқтата алады?
3. Қандай жағдайда қигаш жауған жаңбыр тамшылары автобустың қапталындағы терезесінде тігінен ағады (1-сурет)? Қандай жағдайда жаңбыр ағыны қигаш болады (2-сурет)?



1-сурет. Қозғалыстагы автобус терезесінде қигаш жауған жаңбыр тамшыларының тігінен ағуы



2-сурет. Автобус терезесінде жаңбырдың қигаш ағуы

I Кинематика және механикалық қозғалыс

Кинематика (*ежелгі грек. «κίνειν» – қозғалыс*) – материяның қозғалыс формаларының бірі – механикалық қозғалысты зерттейді.

Механикалық қозғалыс дегеніміз – уақыт өте келе кеңістіктеңі деңенің басқа деңелерге қатысты орнының өзгеруі.

Әлемдік кеңістікте жүлдyzдар мен планеталар, кометалар мен метеорлар, жасанды серіктер мен ғарыш кемелері бір-біріне қатысты қозғалады. Пойыздар, автокөліктер, өзендеңі су, жануарлар мен құстар механикалық қозғалыс жасайды.

Кинематикада деңенің қозғалысын сипаттау үшін үдеу, жол жылдамдығы, орын ауыстыру жылдамдығы, орын ауыстыру, жүрілген жол, координата, уақыт аралығы, уақыт мезеті шамалары енгізілген.



Естерінде түсіріндер!

Сандық мәнмен және бағытпен сипатталатын шамалар векторлық шамалар деп аталады.



Жауабы қандай?

Қандай жағдайда аетокөлікті материалың нүкте ретінде қарастыруға болады:
Талдықорған – Алматы бағытында қозғалып келе жатқан кезде ме әлде көлік жүргізу
емтиханын тапсыру кезінде ме (3, 4-суреттер)?

Кинематика дегеніміз – денелердің қозғалысын оның себептерін ескермей қарастыратын механиканың бір бөлімі.



3-сурет. Талдықорған – Алматы тас жолы



4-сурет. Көлік жүргізу емтиханын тапсыру

II Материалық нүкте

Кейбір жағдайларда қозғалысты қарастырған кезде денениң өлшемдерін есепке алмауга болады, ал басқа жағдайларда бұған жол берілмейді.



3-тапсырма

Кейбір жағдайларда материалық нүкте ретінде алуға болатын, ал басқа жағдайларда оған жатпайтын денеге мысал келтіріндер.



4-тапсырма

Екі қала арасында қозғалып бара жатқан ұшақтың, жүк көлігінің орнын анықтау үшін қандай жылдамдықты білу керек (5-сурет)?



5-сурет. Дене координатасы санақ нүктесіне, қозғалыс түріне,
денениң жылдамдығына, қозғалыс уақытына тәуелді

Пішіні мен өлшемдерін елемеуге болатын денені материалық нұктесі деп атайды.

Бір елді мекеннен екінші елді мекенге қатынайтын автобус қозғалысын қарастырғанда, оны **материалық нұктесі** деп санауға болады. Автобус паркіне кірген кезде автобустың өлшемдері еске-ріледі, сондықтан бұл жағдайда оны материалық нұктесі ретінде қарастыра алмаймыз.

III Санақ жүйесі

Дененің орын ауыстыруы мен координатасын басқа денелерге қатысты ғана көрсетуге болады. Материалық нұктенің қозғалысын зерттеген кезде санақ денесімен байланысты координаталар жүйесін таңдап алу қажет.

Санақ денесі деп қозғалыстагы дene салыстырмалы турде қарастырылатын денені айтамыз.

Кинематикада 0 центрі санақ денесімен байланысты x , y , z декарттық координаталар жүйесі қолданылады. Кинематиканың негізгі міндетін – уақыттың кез келген мезетінде дene координатасын анықтауды шешу үшін өлшеу аспабы – секундомер немесе сағат қолданылады.

Координата жүйесі, санақ денесі және қозғалыс уақытын анықтауға арналған аспап санақ жүйесін құрайды.

IV Механикалық қозғалыстың салыстырмалылығы

Денелердің қозғалысы салыстырмалы: бір дene біr мезгілде екінші денеге қатысты қозғалыста болуы, ал басқа денелерге қатысты тыныштық күйде болуы мүмкін.

Жолаушы қозғалып келе жатқан автобустың орындығына қатысты тыныштық күйде, ал Жер бетіне, ғимараттарға, ағаштарға қатысты қозғалыста болады. Дene қозғалысын сипаттайтын шамалар: жылдамдық, орын



1-эксперимент

Топтарға бөлініп, сыйыптың әр бұрышынан сыйыптардың қарастырылғанда, оны бойымен қозғалысын бақыландар. Қозғалысты сипаттандар.



Жауабы қандай?

1. Сыйыптардың бақылауыштарға қатысты қозғалысының айырмашылығы неде?
2. Олардың қозғалысы өзіне қарала-қарсы қозғалып келе жатқан топқа қатысты қалай өзгереді?
3. Неліктен дene қозғалысын сипаттағанда санақ жүйесін көрсету керек?



5-тапсырма

Автокөлік шығысқа қарай 20 м/с жылдамдықпен қозғалып келеді.

1. Бақылаушы мен автокөліктің арақашықтығы 50 м болған кезде, автокөліктің координата осіндегі орнын көрсетіңдер.
2. Автокөліктің бастапқы координатасы 50 м болса, оның орналасуы бақылаушыға қатысты қалай өзгереді?
3. Егер бақылаушы автокөлік соңынан 20 м/с жылдамдықпен ілессе, автокөліктің координаталары қандай болады?

ауыстыру, жүрілген жол, координата салыстырмалы болып табылады. *Кинематика есептерін шығаруда алынған санақ жүйесін көрсету қажет.*

V Жылдамдықтар мен орын ауыстыруларды қосу теоремасы

Егер дene күрделі қозғалыска түсsetін болса, мысалы, жолаушы қозғалыстағы пойыздың тамбурына беттесе, онда оның жылдамдығы перронға қатысты салыстырмалы және тасымал жылдамдықтың геометриялық қосындысына тең болады:

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{салыст}} + \vec{v}_{\text{mac}}. \quad (1)$$

Тасымал жылдамдық \vec{v}_{mac} – пойыздың перронға қатысты жылдамдығы, яғни қозғалатын санақ жүйесінің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы. Жолаушының пойызға қатысты жылдамдығы $\vec{v}_{\text{салыст}}$ салыстырмалы жылдамдық деп аталады.

Геометриялық қосынды алгебралық қосындыдан векторлар бағытын ескеруімен ерекшеленеді.

Егер салыстырмалы және тасымал жылдамдықтар бағыттас болса, онда олардың геометриялық қосындысы векторлардың сандық мәнінің алгебралық қосындысына тең болады:

$$v = v_{\text{салыст}} + v_{\text{mac}}. \quad (2)$$

Егер салыстырмалы және тасымал жылдамдықтардың бағыттары қарама-қарсы болса, онда олардың геометриялық қосындысы векторлардың сандық мәнінің айырмасына тең болады:

$$v = v_{\text{салыст}} - v_{\text{mac}}. \quad (3)$$

(1), (2), (3) формулаларды қозғалыс уақытына көбейтіп, орын ауыстыруларды векторлық түрде қосу формуласын аламыз:

$$\vec{s} = \vec{s}_{\text{салыст}} + \vec{s}_{\text{mac}}, \quad (4)$$

векторлар бағыттас болатын жағдай үшін:

$$s = s_{\text{салыст}} + s_{\text{mac}}, \quad (5)$$

Жауабы қандай?

Дененің:

- тұзу сырғык бойымен;
- жазықтықпен;
- кеңістіктегі қозғалысын сипаттау үшін неше ось қажет?

Естерінде түсіріндер!

Координаталар – дененің кеңістіктегі (жазықтықта немесе түзуде) орналасуын анықтайтын шамалар (x, y, z).

6-тапсырма

6, 7-суреттерді қарандар. Қозғалмайтын санақ жүйесін, қозғалатын санақ жүйесін, салыстырмалы, тасымал жылдамдықтарды атаңдар.



6-сурет. Катердің ағыс бағытымен қозғалысы



7-сурет. Катердің ағысқа қарсы қозғалысы

орын ауыстырулар қарама-қарсы бағытталған жағдай үшін:

$$s = s_{\text{сальст}} - s_{\text{mac}}. \quad (6)$$

Жылдамдықтар мен орын ауыстыруларды қосу теоремаларын тұжырымдайық.

Денениң қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы салыстырмалы және тасымал жылдамдықтардың геометриялық қосындысына тең.

Жауабы қандай?

Қандай жағдайда көтердің жағалауға қатысты жылдамдығы көтердің суга қатысты жылдамдығы мен өзен жылдамдығының қосындысына тең болады (6, 7-суреттер)?

Денениң қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруы денениң қозғалатын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруы мен қозғалатын жүйенің қозғалмайтын жүйеге қатысты орын ауыстыруының геометриялық қосындысына тең.

2-эксперимент

Координаталық жазықтықта өздерін таңдаған масштабта «Үй – мектеп» жол картасын бейнелендер. Траектория ұзындығы мен орын ауыстыруды анықтандар. Сендерге аталған арақашықтықты жүріп өтүте қажет уақытты өлшендер. Осы мәліметтер бойынша өзде-ріңің орташа жылдамдықтарынды анықтандар.

Жауабы қандай?

1. Жолдың қандай бөліктерінде сендер күрделі қозғалыс жасадыңдар?
2. Сол кезде сендердің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдықтарын қалай өзәрді?
3. Қандай жылдамдық үлкенірек болады: қарсы жүріп келе жатқан жолаушыларға қатысты ма әлде бір бағыттағы жолаушыларға қатысты ма?

Бақылау сұрақтары

1. Қандай қозғалыс механикалық қозғалыс деп аталады?
2. Материялық нүктे дегеніміз не?
3. Санақ жүйесіне не жатады?
4. Кинематика есептерін шешуде қандай координаталар жүйесі қолданылады?
5. Жылдамдықтар мен орын ауыстыруларды қосу теоремаларын тұжырымдандар.



- Бірқалыпты көтеріліп келе жатқан жеделсаты (лифт) жолаушысы қолындағы кітапты түсіріп алды. Кітаптың жылдамдығы қозғалыс басталған кезде қай жүйеге байланысты азаятынын анықтаңдар:
 - Жолаушыға.
 - Жеделсатыға.
 - Жерге.
- Теплоход өзен ағысымен 21 км/сағ жылдамдықпен, ал ағысқа қарсы 17 км/сағ жылдамдықпен қозгалады. Теплоходтың тынық судағы жылдамдығын анықтаңдар.
- Метро эскалаторы 0,75 м/с жылдамдықпен қозғалып келеді. Адам эскалатордың қозғалыс бағытымен эскалаторға қатысты 0,75 м/с жылдамдықпен жүріп барады. Адам қанша уақытта Жермен салыстырғанда 30 м-ге жүржиди?
- Қайықтың суға қатысты жылдамдығы өзен ағысының жылдамдығынан н есе артық. Ағыс бойымен қозғалысқа кеткен уақыт ағысқа қарсы жүзгендегі уақыттан неше есе артық?



- Қозғалыстағы метро эскалаторындағы адам Жермен байланысты санақ жүйесінде тыныштық күйде бола ала ма? Жауаптарыңды түсіндіріңдер.
- Жолаушы вагонға қатысты пойыз қозғалысына қарама-қарсы бағытта 3 км/сағ жылдамдықпен жүріп келеді. Пойыз 75 км/сағ жылдамдықпен қозғалса, адам Жерге қатысты қандай жылдамдықпен қозғалуда?
- Ұзындығы 2 км автоколонна 40 км/сағ жылдамдықпен қозғалып келеді. Мотоциклші колоннаның соңынан 60 км/сағ жылдамдықпен қозғалды. Ол колоннаның басындағы автокөлікке қанша уақытта жетеді?

Шығармашылық тапсырма

6 және 7-суреттер бойынша жылдамдықтар мен орын ауыстыруларды қосу теоремаларын қолданып, есеп құрастырыңдар.

§ 2. Векторлар және оларға амалдар қолдану. Вектордың координата осьтеріндегі проекциялары

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

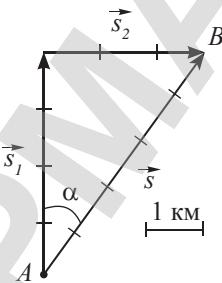
- векторлардың қосы мен азайтууды, вектордың скалярға көбейтууди;
- вектордың координаталар осінен проекциясын табуды, вектордың ұшбұрышын жіктеуді үйренесіндер.

Естерінде түсіріндер!

Орын ауыстыру – деңгелің бастапқы орны мен соңғы орнын қосатын бағытталған кесінді.

Жауабы қандай?

1. Неліктен ұзақ жол жүріп еткен деңгелің орын ауыстыруы нелге тең болуы мүмкін?
2. Орын ауыстыру жүрілген жолдан артық болуы мүмкін бе?
3. Неге векторларды ал-ғебралық жолмен қосуға болмайды?



9-сурет. Орын ауыстыруларды үшбұрыш ережесімен қосу

Векторларға амалдар қолданған кезде олардың бағыттарын ескеру қажет. Екі вектордың қосқанда үшбұрыши немесе параллелограмм ережесі қолданылады.

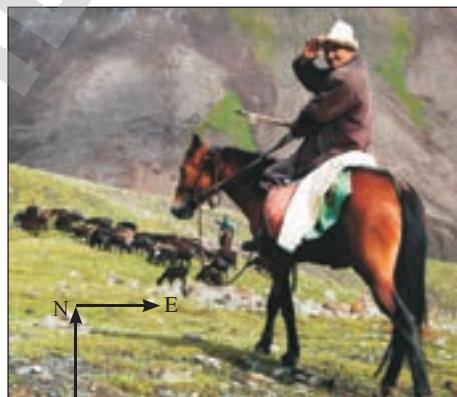
I Векторларды үшбұрыш ережесі бойынша геометриялық қосу

Векторларды үшбұрыш ережесі бойынша қосуды мысалмен қарастырайық.

Қой бағып жүрген шопан солтүстікке қарай $s_1 = 4 \text{ км}$, содан соң шығысқа қарай $s_2 = 3 \text{ км}$ жүрді, оның орын ауыстыруын анықтайық (8-сурет).

Орын ауыстыру векторларын бейнелейік және масштаб M:1:100000 есебімен алынын. Бұл суреттегі 1 см-ге 100 000 см немесе 1 км сәйкес келеді деген сөз (9-сурет).

Шопан қозғалыс нәтижесінде A нүктесінен B нүктесіне орын ауыстыруды.



8-сурет. Алматы облысындағы жайлай

Алғынған \vec{s} кесіндісі \vec{s}_1 және \vec{s}_2 орын ауыстыруларының векторлық қосындысы болып табылады:

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

Векторларды қосудың қарастырылған әдісі оларды қосу нәтижесінде пайда болған геометриялық фигураның түріне қарай үшбұрыши ережесі деген атауға ие болды.

Алынған үшбұрыш – тікбұрышты, s кесіндісінің ұзындығын Пифагор теоремасы бойынша есептейміз:

$$s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2}, \quad (2)$$

$$s = \sqrt{16 \text{ км}^2 + 9 \text{ км}^2} = 5 \text{ км}.$$

Орын ауыстыруды таңдап алынған масштабты қолдана отырып, суреттегі кесіндінің ұзындығы арқылы табуға болады. AB кесіндісінің ұзындығын өлшейік, ол 5 см-ге тең, пропорция құрамыз:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ см} - 1 \text{ км} \\ 5 \text{ см} - s, \end{array}$$

соңда $s = \frac{5 \text{ см} \cdot 1 \text{ км}}{1 \text{ см}} = 5 \text{ км}.$

Орын ауыстыру векторының бағыты көрсетілген бағыттан ауытқу бұрышы α арқылы анықталады. Бұрыш транспортирен өлшенеді.

II Бірнеше векторды қөлбұрыш ережесі бойынша геометриялық қосу

Жоғарыда қарастырылған мысалдағы шопан өз қозғалысын одан әрі жалғастыруды делік. Кешкі жайылымнан соң, демалып алғып, ол солтүстік бағытта тағы 2 км, содан кейін батысқа қарай 5,5 км орын ауыстыруды, нәтижесінде оның отары С нүктесіне – қойдың қорасына келеді (*10-сурет*).

\vec{s} векторы – шопанның төрт бөліктे қозғалыс нәтижесінде орын ауыстыруы, демек:

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \vec{s}_3 + \vec{s}_4. \quad (3)$$

Векторлар қосындысының сандық мәні геометрия ережелері бойынша анықталады. Шопанның орын ауыстыру векторының модулін ΔACD -дан Пифагор теоремасы бойынша анықтауға болады.

1-тапсырма

- 10-суреттегі ΔACD үшбұрышының қабырғаларын анықтаңдар. Пифагор теоремасы бойынша шопанның орын ауыстыруын анықтаңдар.
2. АС кесіндісінің ұзындығын өлшеп және масштабты қолданып, орын ауыстыруды анықтай отырып, алынған нәтижені тексеріңдер.

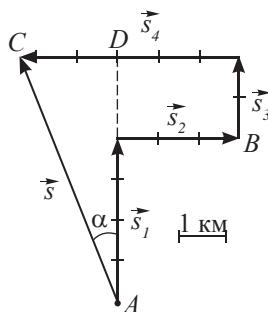
Маңызды ақпарат

Үшбұрыши ережесі

Векторларды қосқанда бірінші вектордың ұшын екінші вектордың басымен, оны өзіне параллель орналастырып қосу керек. Бірінші вектордың басын екінші вектордың ұшымен қосатын бағытталған кесінді векторлардың қосындысы болып табылады.

Көлбұрыши ережесі

Векторлардың қосындысын анықтау үшін оларды өздеріне параллель алдыңғы вектордың ұшы келесі вектордың басы болатында етіп орналастыру керек. Бірінші вектордың басын соңғы вектордың ұшына қосатын бағытталған кесінді векторлар қосындысы болады.



10-сурет. Үшбұрыши ережесі бойынша бірнеше векторды қосу

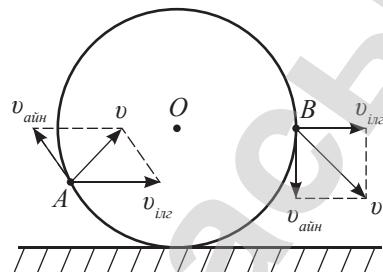
III Векторларды параллелограмм ережесі бойынша қосу

Козгалыстағы автокөліктің дөңгелегі автокөлікпен бірге орын ауыстырады және өз осінен айналады. Дөңгелектің A және B нүктелерінің қозғалыс жылдамдығының бағытын көрсетелік (11-сурет).

Дөңгелектің әрбір нүктесі $\vec{v}_{i_{\text{н}}}$ жылдамдықпен ілгерілемелі қозгалысқа және $\vec{v}_{a_{\text{нн}}}$ жылдамдықпен айналмалы қозгалысқа қатысады.

Нүктенің жылдамдығын анықтау үшін векторларға параллель сзықтар жүргізіп, параллелограмм тұрғызу керек. Сонда векторлар басының нүктесін тұрғызылған параллелограмм қабырғаларының қылышу нүктесімен қосатын \vec{v} векторы дөңгелек нүктелерінің Жер бетіне қатысты қозғалыс жылдамдығының бағытын көрсетеді. Бұл вектор $\vec{v}_{i_{\text{н}}}$ және $\vec{v}_{a_{\text{нн}}}$ векторларының қосындысы болып табылады.

$$\vec{v} = \vec{v}_{i_{\text{н}}} + \vec{v}_{a_{\text{нн}}}. \quad (4)$$



11-сурет. Дөңгелек нүктелерінің күрделі қозғалыс жасауы

Маңызды ақпарат

Параллелограмм ережесі

Екі вектордың қосындысын анықтау үшін векторлардың басын өздеріне параллель орналастыра отырып қосу керек және олармен параллелограмм салу керек. Векторлардың басталу нүктесін қосымша салынған жактардың қылышу нүктесімен қосатын бағытталған кесінді векторлардың геометриялық қосындысы болып табылады.

IV Векторларды азайту

Математика курсынан векторлардың айырмасы бірінші вектор мен екінші векторға қарама-қарсы вектордың қосындысына тең екені белгілі:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + (-\vec{v}_2).$$

Векторларды азайту үшін азайғыш векторға қарама-қарсы вектор салып, оны бірінші векторға үшбұрыш немесе параллелограмм ережесі бойынша қосу керек.

2-тапсырма

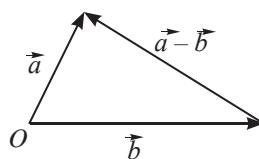
- Дөңгелек нүктелері үшін алынған формууланы жылдамдықтарды қосу теоремасымен салыстырындар. Дөңгелек нүктелері үшін ауыспалы, салыстырмалы болып табылатын жылдамдықтарды атандар.
- Автокөлік сырғанаусыз 30 м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатыр деп есептеп, B нүктесінің жерге қатысты жылдамдығын анықтандар (11-сурет).

Маңызды ақпарат

Бір түзудің немесе параллель түзулердің бойында жатқан екі вектор *коллинеар векторлар* деп аталады.

Есте сақтандар!

Бір нүктеден тарайтын векторлар айырмасы векторлардың үшін қосатын және азайғыш векторға қарай бағытталған вектор болып табылады (12-сурет).

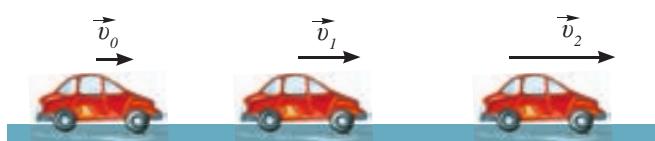


12-сурет. Векторларды азайту

V Векторларды скалярға көбейту

\vec{a} векторын оң санға көбейтудің нәтижесі бағыттас вектор болады, мысалы: $\vec{b} = 2\vec{a}$, $\vec{c} = 0,5\vec{a}$ (13-сурет).

Егер сан теріс болса, онда алынған вектор бастапқы \vec{a} векторына қарама-қарсы бағытқа ие болады, мысалы, $\vec{d} = -2\vec{a}$, $\vec{e} = -0,5\vec{a}$. Қорытқы вектордың модулі бастапқы вектордың модулінің берілген санға көбейтіндісіне тең.



14-сурет. Жылдамдық векторын суретте бейнелеу

VI Дене координаталары және орын ауыстыру проекциялары

Жазықтықтағы дененің орналасуы x және y координаталарымен анықталады.

Координата жазықтығында дененің бастапқы орнын координаталары x_0 , y_0 A нүктесімен, ал соңғы орнын координаталары x , y B нүктесімен көрсетейік (15-сурет). Бағытталған кесінді дененің A нүктесінен B нүктесіне орын ауыстыруын көрсетеді. Кесінді гипотенузда болғандықтан, орын ауыстыру мәнін Пифагор теоремасы бойынша анықтауга болады.

15-суреттен AC катеті s_x кесіндісіне, ал BC катеті s_y кесіндісіне тең екенін көреміз. Аталған кесінділер сәйкес координаталардың айырмасымен анықталады:

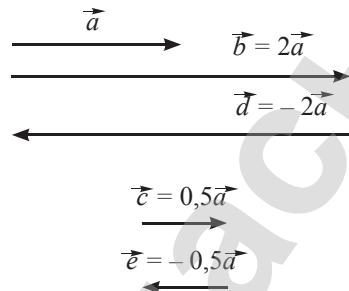
$$s_x = x - x_0; \quad s_y = y - y_0.$$

Алынған формулалардан дененің соңғы координатасын өрнектейміз: $x = x_0 + s_x$; $y = y_0 + s_y$.

Демек, s орын ауыстыру мәнін мына формула бойынша есептеуге болады:

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}.$$

s_x және s_y кесінділері орын ауыстыру векторының $0x$ және $0y$ осьтеріндегі проекциялары деп аталады.

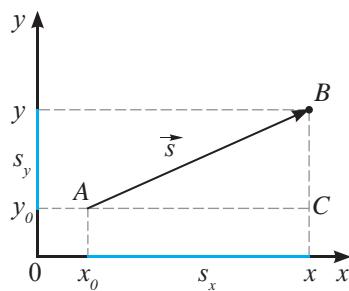


13-сурет. Коллинеар векторлар

3-тапсырма

Автокөліктің жылдамдығы көбірек болатын жағдайды көрсетіңдер (14-сурет). Автокөліктердің жылдамдығын қандай белгілері бойынша салыстырудыңдар? Сурет бойынша \vec{v}_1 және \vec{v}_2 векторлары \vec{v}_0 векторынан қанша есе ерекшеленетінін анықтаңдар.

Жауабы қандай?
Суретте кері бағытта қозғалып бара жатқан денені қалай бейнелеуғе болады?



15-сурет. \vec{s} векторының $0x$ және $0y$ осьтеріндегі проекциясы

Егер дene үшөлшемді кеңістікте орын ауыстырса, онда оның орын ауыстыруы орын ауыстыру векторының ∂z осіне s_z проекциясы есепке алынып анықталуы қажет: $s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2}$.

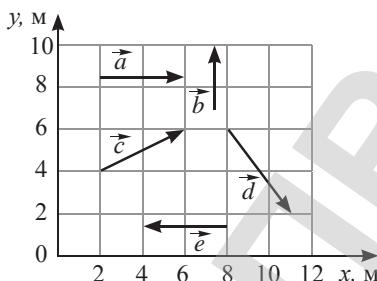
Вектордың проекциясы – вектор басынан проекция нүктесін вектор үшін проекция нүктесіне қосатын кесінді.

Проекциялар оң және теріс мәндерге ие бола алады.

4-тапсырма

16-суретте Ox және Oy координата осьтерінде берілген векторлардың проекцияларын анықтаңдар.

- Оң проекцияға ие;
- модулі мен проекция таңбасы сәйкес келетін;
- проекциясы нөлге тең векторларды көрсетіндер.



16-сурет. 4-тапсырмама арналған

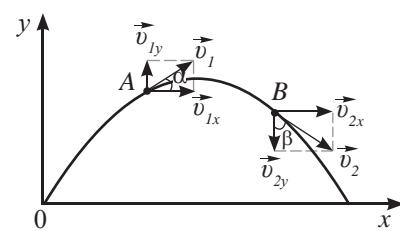
Есте сақтаңдар!

Вектордың бас нүктесінің және соңғы нүктесінің проекцияларын табу үшін көрсетілген оське осы нүктелерден перпендикуляр түсіру керек. Егер соңғы координата бастапқыдан үлкен болса, проекцияның мәні оң болады. Бұл жағдайда орын ауыстыру вектордың бас нүктесінің проекциясынан соңғы нүктесінің проекциясына осы бағыты бойынша жүргізіледі.

Егер соңғы координата бастапқыдан кіші болса, проекцияның мәні теріс болады. Себебі вектордың бас нүктесінің проекциясынан соңғы нүктесінің проекциясына орын ауыстыруы берілген осы бағытына қарсы бағытта жүргізіледі.

Жауабы қандай?

1. Неліктен координаталық әдісті пайдалануда векторлар қосындысының сандық мәнін анықтау үшін Пифагор теоремасы қолданылады?
2. Неліктен вектор оське перпендикуляр орналаса, вектор проекциясы нөлге тең болады?



17-сурет. Векторлардың құраушыларга жіктеу

VII Векторлардың құраушыларға жіктеу

Кейір есептерді шығарғанда векторлардың құраушыларға жіктелген дұрыс. Бұл әдіс көкжие кеңінен қолданылады (17-сурет). Егер Ox және Oy осьтерінің бойындағы қозғалысты бөлек қарастыратын болсақ, есепті шешу оңай болады.

Дененің жылдамдығын таңдалған осьтерге параллель құраушы векторларға жіктеіді. Горизонталь және вертикаль құраушылардың сандық мәндерін тригонометриялық функцияларды қолданып анықтайды: $v_x = v \cos \alpha$, $v_y = v \sin \alpha$.



Назар аударыңдар!

- Біз бір векторды екі вектормен алмастырық, оларды қосқанда қайтадан А нүктесінде \vec{v}_1 векторын аламыз: $\vec{v}_1 = \vec{v}_{1y} + \vec{v}_{1x}$. 17-суреттегі жылдамдықтарды қосуды қарандар.
- Вектор проекцияларының оның құраушыларынан айырмашылығы: вектор проекциялары – скаляр шамалар, ал оның құраушылары – векторлық шамалар. Проекция мәні белгілі болғанда вектордың модулі Пифагор теоремасы бойынша анықталады: $v_1 = \sqrt{v_{1x}^2 + v_{1y}^2}$.



18-сурет. Медеу-Шымбұлақ аспажолы



Есте сақтаңдар!

Векторларды құраушыларға жіктеу үшін \vec{v}_1 вектордың басы А нүктесінен (17-сурет) 0x және 0y осьтерінің бойымен таңдалған бағыттарға параллель сзықтар жүргізу қажет. Осы сзықтармен \vec{v}_1 векторы диагональ болатындаи параллелограмм түрғызамыз. Өзара перпендикуляр бағыттар таңдаған жағдайда параллелограмм орнына тік төртбұрыш анықтады. Тік төртбұрыштың қабыргалары – вектордың \vec{v}_{1y} вертикаль және \vec{v}_{1x} горизонталь құраушылары.



5-тапсырма

- Шымбұлақ аспажолындағы кабинаның вертикаль және горизонталь құраушыларын анықтаңдар (18-сурет). Кабинаның арқан бойымен қозғалыс жылдамдығын 5 м/с, көлбеу бұрышын 15° деп алындар ($\sin 15^\circ \approx 0,26$; $\cos 15^\circ \approx 0,96$).
- Суретте жылдамдық векторын және оның құраушыларын бейнелеңдер.

Бақылау сұрақтары

- Үшбұрыш ережесі бойынша векторлық шамалардың қосындысы қалай анықталады? Параллелограмм ережесі бойынша ше?
- Көпбұрыш ережесінің мәні неде? Оны қандай жағдайда қолданады?
- Қандай жағдайда вектордың проекциясы оң, ал қандай жағдайда теріс болады?
- Орын ауыстыру проекциясы мен дene координаталарының арасында қандай байланыс бар?
- Координаталық қосу әдісінде векторлардың қосындысы қалай анықталады?
- Векторды құраушыларға қалай жіктеиді?



Жаттығу

2

- Кеме көл бетінде солтүстік-шығысқа қарай 2 км жүзіп өтті, содан кейін солтүстікке қарай тағы 1 км жүзді. Геометриялық әдіспен орын ауыстырудың бағыты мен модулін анықтаңдар.

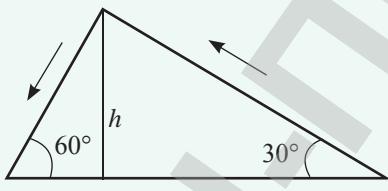
- Тікұшақ түзудің бойымен 40 км горизонталь ұшып өтті, содан соң 90° -қа бұрылып, тағы 30 км ұшты. Тікұшақтың жолын және орын ауыстыруын анықтаңдар.
- Дене координаталары $x_1 = 0$, $y_1 = 2$ м болатын нүктеден координаталары $x_2 = 4$ м, $y_2 = -1$ м болатын нүктеге орын ауыстырды. Берілген нүктелерді xOy координаталар жазықтығында белгілеп, координата осьтерінде орын ауыстыру модулін және проекциясын анықтаңдар.



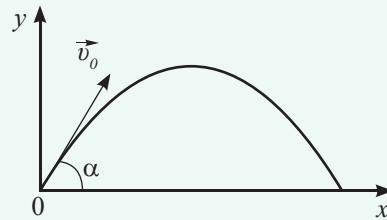
Жаттығу

2

- Солтүстік-батысқа қарай 400 м, содан кейін шығысқа қарай 500 м және тағы да солтүстікке қарай 300 м жүріп өткен туристер тобының орын ауыстыруының бағыты мен модулін геометриялық әдіспен анықтаңдар.
- Саяхатшы $h = 10$ м биіктікке жерге 30° бұрыш жасай көтеріледі, содан кейін осы биіктікten жерге 60° бұрыш жасай төмен түсті (19-сурет). Туристің жүрген жолы мен орын ауыстыруының модулі неге тең? Жауабын ХБЖ-да беріндегі және бүтін санға дейін дөңгелектендер.
- Көкжиекке 60° бұрыш жасай лақтырылған дененің бастапқы жылдамдығын қураушыларға жіктендер (20-сурет). Дененің бастапқы жылдамдығын 10 m/s деп алғып, қураушылардың сандық мәндерін анықтаңдар.



19-сурет. 2-жаттығудың
(үй тапсырмасы) 2-есебіне арналған сурет



20-сурет. 2-жаттығудың
(үй тапсырмасы) 3-есебіне арналған сурет

Эксперименттік тапсырма

Декарттық координаталар жүйесін бөлмемен, Ох осін еден мен сыртқы қабырғаның қыылышу сзығымен, Оу осін сыртқы қабырғалардың қыылышу сзығымен, ал Oz осін еден мен жапсарлас қабырғаның қыылышу сзығымен сәйкестендіре отырып байланыстырыңдар. Өз үстелдерінің бұрыштарының координаталарын анықтаңдар. Дәптерлеріңе координаталар осін және өздерің таңдал алған масштабта барлық нүктелерді бейнелеңдер. Қай нүктелердің арасында арақашықтық алыс болады? Оның сандық мәнін анықтаңдар.

Үстелдің xOy координаталық жазықтығына проекциясын бейнелеңдер.

§ 3. Тұзу сызықты теңайнымалы қозғалыс. Үдеу

Күтілетін нәтиже

Параграфты өзгергенде:

- уақытқа тәуелділік графикарінен орын ауыстыруды, жылдамдық пен үдеуді анықтауды үйренесіндер.



Жауабы қандай?

- Берілген маршрут бойынша пойыздың, автобустың қозғалыс графигін құрастыру үшін қандай жылдамдық қолданылады?
- Автокөліктің гараждан шыгуы кезіндегі, жолдағы, тоқтар алдындағы қозғалысында қандай принциптік айырмашылық бар?
- Қозғалыс жылдамдығының өзгерісін қандай шамамен сипаттауға болады?



1-тапсырма

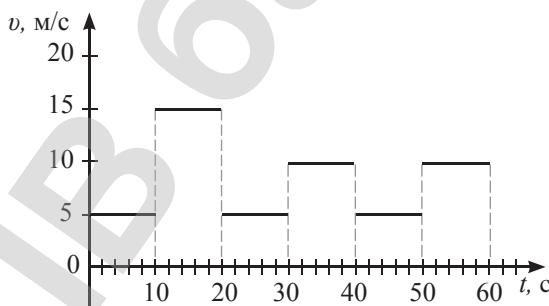
Денениң барлық жолдағы және жолдың алғашқы екі бөлігіндегі орташа жылдамдығының анықтандар (21-сурет). Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигіндеғі фигура ауданы барлық жүрілген жолға тең екенін дәлелдендер.

I Бірқалыпсыз қозғалыстың жылдамдығы

Бірқалыпсыз қозғалыс кезінде дененің жылдамдығы өзгереді. Жолдың әр бөлігінде жылдамдық әртүрлі болып, ал жеке жол бөлігі үшін түрақты болып қалуы мүмкін. Бұл жағдайда қозғалыстың орташа жылдамдығы келесі формуламен анықталады:

$$v_{opt} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

мұндағы n – жол бөліктерінің саны. 21-суретте 6 жол бөлігі үшін жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі берілген. Жеке алынған бөлікте дene бірқалыпты қозғалады.



21-сурет. Бірқалыпсыз қозғалыс кезінде жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі

II Теңайнымалы қозғалыс.

Лездік жылдамдық. Үдеу

Уақыттың өзара бірдей аз аралығында жылдамдық бірдей мәнге өзгеретін жағдайды қарастырайық. Мұндай қозғалыс түрі *теңайнымалы қозғалыс* деп аталады. Осы уақыт аралығындағы жылдамдық *лездік жылдамдық* деп аталады.

Лездік жылдамдық орын ауыстырудың осы орын ауыстыру орындалған уақытқа қатынасына



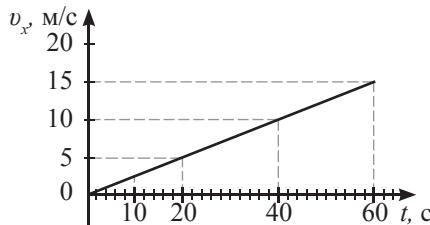
Жауабы қандай?

- Жолдың жеке бөлігінде жүрілген жолды берілген уақыт аралығындағы жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигіндегі тік төртбұрыштың ауданы ретінде анықтауға бола ма?
- Неге жолдың алғашқы екі бөлігіндегі орташа жылдамдықты барлық жүрілген жол үшін қолдануға болмайды?

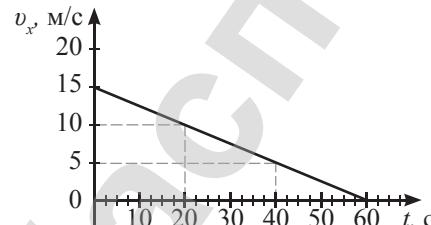
төң (уақыт аралығы нөлге ұмтылған жағдайда). Осы анықтаманы $\Delta t \rightarrow 0$ болғанда $v = \Delta s / \Delta t$ формуласымен жазуға болады.

Бұл жағдайда әртүрлі денелер үшін жылдамдықтың өзгеру сипаты түрліше болады: жаңадан қозғалған автокөлік жылдамдығының модулі жоғарылады, дene тенұдемелі қозғалады (*22-сурет*). Тежегішті басқан соң автокөліктің жылдамдығы азаяды, дene тенкемімелі қозғалады (*23-сурет*).

Тенайнымалы қозғалыстағы денениң жылдамдығының өзгеру сипатын бейнелеу үшін векторлық шама – үдеу енгізілген.



22-сурет. Жылдамдықтың тенұдемелі қозғалыс уақытына тәуелділік графигі



23-сурет. Жылдамдықтың тенкемімелі қозғалыс уақытына тәуелділік графигі

Үдеу – денениң қозғалыс жылдамдығының өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама. Ол жылдамдық өзгерісінің орындалатын уақыт аралығына қатынасымен анықталады.

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

немесе

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

III Үдеу мен жылдамдықтың бағыты.

Қозғалыс түрі

$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ формуласынан үдеу мен жылдамдықтың өзгерісі бағыттас екенін көруге болады.

Енді үдеу мен жылдамдық бағыттарының сәйкес келуін және осы векторлық шамалардың бағыты дene қозғалысының түріне қалай әсер ететінін қарастырайық. Жылдамдықтың өзгерісі – соңғы және бастапқы жылдамдық векторларының айырмасы:

$$\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0.$$

Векторлардың айырмасын векторлардың қосындысы түрінде көрсетейік:

$$\Delta \vec{v} = \vec{v} + (-\vec{v}_0).$$

2-тапсырма

1. 22 және 23-суреттердегі график бойынша автокөліктің үдеуін анықтаңдар. Үдеуді есептеу үшін (2) формуласын 0x осіне проекциясын қолданыңдар:

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}. \quad (3)$$

2. Нәтиженің графикте алынған мәнге тәуелді емес екенін дәлелдендер.



Жауабы қандай?

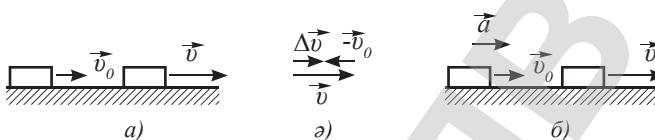
Неліктен қозғалыстағы денениң үдеуін дene жылдамдығының уақытқа тәуелділік графигінің көлбей бұрышының тангенсі ретінде анықтауға болады?

Жылдамдығы жоғарыладап, түзу сызықты қозғалып келе жатқан дене үшін жылдамдығының өзгеріс және үдеу векторларының бағытын анықтайық (24, а) сурет).

Екінші вектордың басын бірінші вектордың ұшымен жалғастырып, \vec{v} және $-\vec{v}_0$ векторларын қосамыз (24, а) сурет).

Бірінші вектордың басын екінші вектордың ұшымен қосатын вектор векторлардың қосындысы болады, оның бағыты дене қозғалысының бағытымен сәйкес, демек, үдеу векторы дене қозғалысының бағытымен бағыттас болады (24, б) сурет).

Егер үдеу векторы мен жылдамдық векторы бір түзудің бойымен бағытталған әрі үдеудің мәні өзгермейтін болса, дене қозғалысының түзу сызықты тәңайнималы қозғалыс деп атайды.



24-сурет. Тенұдемелі қозғалыс кезінде жылдамдық пен үдеу векторлары бағыттас болады

3-тапсырма

- Халықаралық бірліктер жүйесінде үдеудің өлшем бірлігі: $[a] = 1 \frac{m}{s^2}$ екенін дәлелдендер.
- Жүйеден тыс өлшем бірліктерін ұсыныңдар, олардың арасында байланыс орнатыңдар.

Жауабы қандай?

Неге үдеу векторы мен жылдамдықтың өзгеріс векторы бағыттас болады?

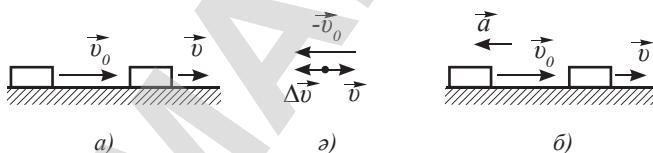
Есте сақтандар!

Егер үдеу векторының бағыты жылдамдық векторының бағытымен бағыттас және оның шамасы тұрақты болса, онда дене түзу сызықты тенұдемелі қозғалыста (ТҮҚ) болады.

Егер үдеу векторының бағыты жылдамдық векторының бағытына қарама-қарсы және оның шамасы тұрақты болса, онда дене түзу сызықты тенқемімелі қозғалыста (ТҚҚ) болады.

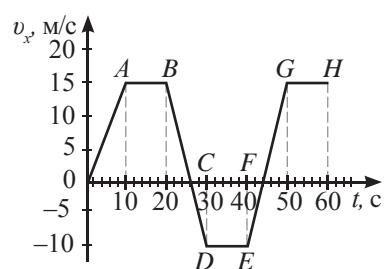
4-тапсырма

- Тенқемімелі қозғалыс кезінде жылдамдық және үдеу векторлары қарама-қарсы бағытта болатынын дәлелдендер (25-сурет).



25-сурет. Тенқемімелі қозғалыс кезінде жылдамдық және үдеу векторлары қарама-қарсы бағытталады

- 26-суретте берілген графикте дене тенұдемелі, тенқемімелі, бірқалыпты қозғалатын аралықтарды көрсетіңдер.
- Өз болжамдарынды графиктің әр бөлігіндегі үдеуді есептеу арқылы тексеріңдер.



26-сурет. 4 (2)-тапсырмада



Жауабы қандай?

1. Ұақыттың қандай мезетінде дене тоқтады (26-сурет)?
2. Жылдамдық проекциясының төріс болуының қандай физикалық мәні бар?
3. Неге жылдамдық пен үдеудің төріс мәнінде дене тендеремелі қозғалады (26-суретте CD бөлігі)?



5-тапсырма

Бірқалыпты және тәңай-нымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі астындағы фигура ауданы саны жағынан орын ауыстыруға тен болатынын дәлелдендер (26-сурет).

IV Тәңайнымалы қозғалыс кезіндегі үдеу мен жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графиктері

(3) формуладан қозғалыс жылдамдығы уақытқа тұра пропорционал тәуелді, пропорционалдық коэффициенті үдеу екені шығады:

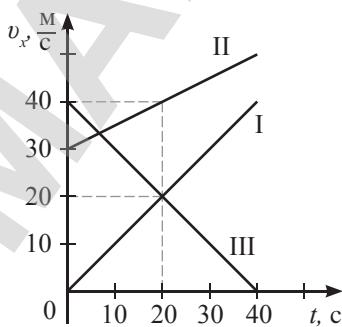
$$v_x = v_{0x} + a_x t. \quad (4)$$

Бастапқы жылдамдық мәні нөлге тен болғанда, (4) формула мына түрге келеді:

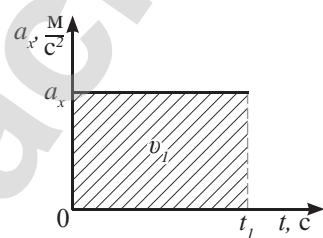
$$v_x = a_x t. \quad (5)$$

Тәңайнымалы қозғалыс кезінде үдеу тұрақты шама болып қалады. Үдеудің графигі уақыт осіне параллель түзу болып табылады (27-сурет). График астындағы фигураның ауданы сандық мәні жағынан t_1 уақыт мезетіндегі жылдамдық шамасына тен.

Қозғалыс жылдамдығының уақытқа тұра пропорционал тәуелділік графигі 28-суретте берілген. Графиктер бойынша жылдамдықтардың бастапқы мәндерін анықтап, (4) формула бойынша үдеуді оңай есептеуге болады, денинің көрсетілген уақыт аралығында журген жолын берілген уақыт аралығында графигінің астындағы фигураның ауданы ретінде анықтауға болады.



28-сурет. I, II және III деңгелердің қозғалыс жылдамдығының уақытқа тәуелділік графикі



27-сурет. Үдеудің 0x осіне не проекциясының уақытқа тәуелділік графикі



6-тапсырма

Женіл атлеттің жарыс басталғаннан 2 с өткеннен кейінгі жылдамдығын анықтандар. Оның үдеуі $4,5 \text{ m/s}^2$ (29-сурет).



29-сурет. Виктория Зябкина – бірнеше дүркін Азия чемпионы, үш дүркін университеттік жеңілмазы

Есептеулердің қорытындыларына назар аударындар және есте сақтандар:

- Графиктің уақыт осіне көлбейу бүрышы негұрлым үлкен болған сайын, деңениң үдеуі соғұрлым жоғары бола түседі: $a_{1x} > a_{2x}$.
- Үдеу проекциясы теріс $a_{3x} < 0$ теңкемімелі қозғалыс графигі уақыт осіне жақындаиды.
- Графиктің уақыт осімен қиылышу нүктесі деңе тоқтатының уақыттың мәнін анықтайады: $v_{3x} = 0, t = 40 \text{ с.}$

Маңызды ақпарат

Тура пропорционал тәуелділік графигі түзу сызық болып табылады.

Есте сақтандар!

Егер функция аргументке тура пропорционал тәуелді болса, онда оның орташа мәнін берілген аралықтағы бастапқы және соңғы мәндердің арифметикалық ортасы ретінде анықтауга болады.

7-тапсырма

- 28-суреттегі график бойынша:
 - деңелердің бастапқы жылдамдықтарын;
 - деңелердің 20 с өткеннен кейінгі жылдамдықтарын, үдеулерді;
 - деңелердің 20 с ішінде жүрген жолын анықтандар.
- Әрбір деңениң қозғалыс түрін атаңдар.

Бақылау сұрақтары

- Үдеу дегеніміз не? Оның өлшем бірлігі қандай?
- Қандай қозғалыс теңайнымалы қозғалыс деп аталады? Қандай жағдайда деңениң қозғалысы теңүдемелі, қандай жағдайда теңкемімелі болады?
- Үдеудің уақытқа тәуелділік графигі бойынша деңе жылдамдығының лездік мәнін қалай анықтауға болады?
- Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі бойынша үдеуді қалай анықтауға болады? Орын ауыстыруды қалай анықтауға болады?

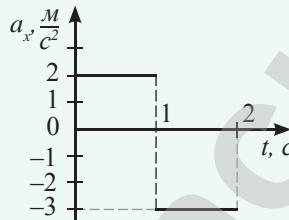


Жаттығу

3

- Бірқалышты қозғалыстағы автокөлік жолдың үштен бір бөлігін 20 м/с жылдамдықпен, ал қалған бөлігін 36 км/сағ жылдамдықпен жүріп өтеді. Оның барлық жолдағы орташа жылдамдығын анықтандар.
- Қозғалыс басталғаннан кейін $1/6$ мин өткенде пойыздың жылдамдығы $0,6 \text{ м/с-қа}$ жетті. Қозғалыс басталғаннан кейін қаша уақыт өткенде пойыздың жылдамдығы 3 м/с-қа тең болады?
- Дене $0x$ осі бойымен қозғалады. 30-суретте деңе үдеуінің a_x проекциясының уақытқа тәуелділік графигі бейнеленген. Уақыттың бастапқы

сәтінде $t = 0$ дене жылдамдығының проекциясы $v_{0x} = 3$ м/с-ке тең болған. $t = 1$ с және $t = 2$ с сәттеріндегі дене жылдамдығының v_x проекциясын анықтаңдар. Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигін күрастырыңдар, денениң жүріп өткен жолын анықтаңдар.

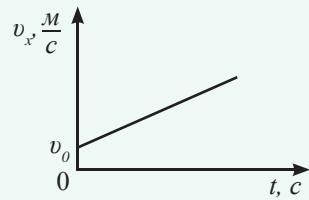


30-сурет. З-жаттығудың 3-есебіне арналған

Жаттығу

3

- Автокөлік жолдың бірінші жартысын 36 км/сағ, екінші жартысын 15 м/с жылдамдықпен жүріп өтті. Автокөліктің орташа жылдамдығын км/сағ-пен табындар.
- Велосипедші ылдига қарай $0,3 \text{ m/s}^2$ үдеумен қозғалып келеді. Егер оның бастапқы жылдамдығы 4 m/s болса, $1/3$ минуттан кейін оның жылдамдығы қандай болады?
- 31-суретте дене жылдамдығы модулінің уақытқа тәуелділік графигі берілген, дене қозғалысының сипатын анықтаңдар. Дене үдеуі модулінің уақытқа тәуелділік графигін салындар.



31-сурет. З-жаттығудың 3-есебіне арналған

Эксперименттік тапсырма

Бастапқы жылдамдығы мен толық тоқтағанға дейінгі тежелу уақытының мәндері бойынша автокөліктің үдеуін анықтаңдар. Тапсырманы орындау үшін сендерге қандай өлшеу аспаптары қажет?

§ 4. Тұзу сыйықты тәңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен орын ауыстыру

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- есептер шығаруда тұзу сыйықты тәңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен үдеу формулаларын қолдануды;
- тұзу сыйықты тәңайнымалы қозғалыс кезіндегі координата мен орын ауыстыру тендеулерін есептер шығаруда қолдануды;
- орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигінен орын ауыстыруды анықтауды үйренесіндер.



Жауабы қандай?

1. Неге тігін мәшинелерінде ине мен тігін қайығы құрылғысы қозғалысының үйлесімділігі маңызды (32-сурет)?



32-сурет. Тігін мәшинелерінде ине мен тігін қайығы құрылғысы қозғалысының баптау

2. Не себепті тұзу сыйықты қозғалысты сипаттайтын шамаларды есептеуде бір ось жеткілікті?
3. Неліктен ТҮҚ кезінде үдеу проекциясы оң мәнге, ал ТҚҚ кезінде теріс мәнге ие?

Кинематиканың негізгі міндеті – кез келген уақыт мезетінде дененің көністіктеғі орын анықтау. Бұл міндетті орындау үшін дененің координатасын анықтау керек. Ол дененің қозғалысының түріне, үдеуге, жылдамдыққа, орын ауыстыруға тәуелді.

Бұған дейінгі параграфтарда үдеу мен жылдамдықты есептеу формулалары және вектор проекциясы түсінігі берілген болатын. Векторлық шамалар проекциясының модульдермен байланысын анықтап, сол бойынша дененің жылдамдығын, орын ауыстыруын және координатасын анықтауға болатынын қарастырайық.



Естеріңе түсіріндер!

Бірқалыпты қозғалыс формулалары:

$$v_x = \frac{s_x}{t}; \quad v_x = \frac{x - x_0}{t}.$$
$$s_x = v_x \cdot t.$$
$$x = x_0 + v_x \cdot t.$$



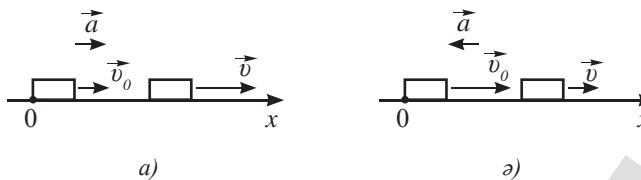
1-тапсырма

Көністіктеі де координатасын білудің маңыздылығын дәлелдейтін мысалдар көлтіріндер.

I Тұзу сыйықты тәңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық

§ 3-те жылдамдықты анықтау үшін координаталық әдісті қолданық: таңдалған оське векторлардың проекциялануы түрінде жазылған және векторлық түрде жазылған формулалар бірдей болады. Мысалы, § 3-тегі (1) формуладан шыққан жылдамдықтың формуласы векторлық түрде мынашай болады: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$, проекциядагы формула осыған ұқсас болады: $v_x = v_{0x} + a_x t$.

Теңдемелі және теңкемімелі қозғалыс кезіндегі проекциялар таңбаларын анықтайық. 33-суретте осы қозғалыс түрлеріндегі жылдамдық пен үдеу векторлары бейнеленген. Қозғалыс Ox осіне қатысты қарастырылады.



33-сурет. ТҮК және ТКҚ кезіндегі жылдамдық пен үдеу векторларының бағыты

Тенұдемелі қозғалыс (ТҮК) кезінде v_{0x} , a_x , v_x векторларының проекциялары он болады (33, а) сурет). Жылдамдықты вектор модульдері арқылы есептөу формуласы мына түрге келеді: $v = v_0 + at$.

Тенкемімелі қозғалыс (ТКҚ) кезінде (33, б) сурет) үдеу проекциясы теріс болады, демек, жылдамдықты есептөу формуласы мына түрге келеді: $v = v_0 - at$.

II Тәңайымалы қозғалыс кезінде дененің орын аудыстыруын есептөу формуласы

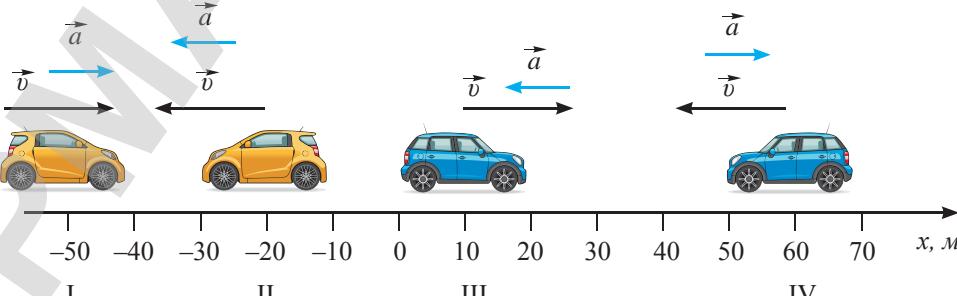
Дененің тәңайымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдығының орташа мәнін дененің бастапқы және соңғы қозғалыс жылдамдықтарының арифметикалық ортасы түрінде жазайық:

$$v_{optm} = \frac{v_{0x} + v_x}{2}.$$

2-тапсырма

34-суретте бейнеленген тәрт автокөлік модульдері бірдей үдеумен және жылдамдықпен қозғалып келеді.

1. Ер автокөлік үшін вектор проекцияларының таңбасын және қозғалыс түрін көрсетіңдер.
2. 1 және 2-автокөліктердің бастапқы жылдамдығы нөлге тең $v_0 = 0$ деп алып, проекция таңбаларын ескере отырып, модульдері бойынша жылдамдықтың уақытқа тәуелділік тендеуін жазыңдар.
3. Тендеуді бастапқы жылдамдық нөлге тең болмайтын жағдай үшін жазыңдар.



34-сурет. 2-тапсырмага

Соңғы жылдамдық орнына $v_x = v_{0x} + a_x t$ өрнегін қойып, мынадай қатынасты аламыз:

$$v_{opt} = \frac{v_{0x} + v_{0x} + a_x t}{2} = v_{0x} + \frac{a_x t}{2}.$$

Оны дененің орын ауыстыруын есептеуге арналған формулаға $s_x = v_{opt} t$ қоямыз.

Нәтижесінде мынадай формула шығады:

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

Теңдемелі қозғалыс үшін формула модуль түрінде мынадай болады:

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

Теңкемімелі қозғалыс үшін:

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

3-тапсырма

Ох координата осінде денелерді еркін орналастырып, таңдалған масштабта денелердің бастапқы жылдамдықтарының және үдеулерінің бағытын көрсетіңдер. Денелердің жылдамдықының уақытқа тәуелділік тендеуі мынадай түрде болады:

$$v_{1x} = 5 + 2t;$$

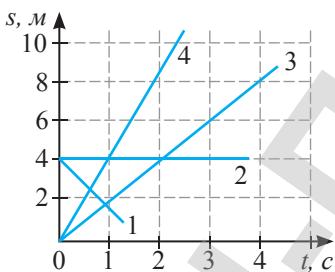
$$v_{2x} = 3 - t;$$

$$v_{3x} = -2 + 0,5t;$$

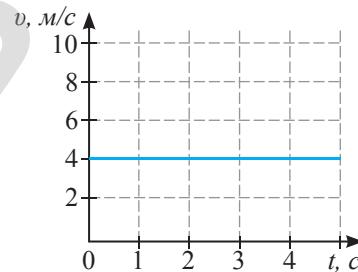
$$v_{4x} = -3 - 3t.$$

4-тапсырма

35 және 36-суреттегі бірқалыпты қозғалыс (БҚ) кезіндегі жылдамдық пен орын ауыстырудың тәуелділік графигін қараңдар. Жылдамдық графигі төрт дененің қайсысына сәйкес?



35-сурет. Бірқалыпты қозғалыс кезінде орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигі



36-сурет. Бірқалыпты қозғалыс кезінде жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі

III Дененің орын ауыстыруының дененің бастапқы және соңғы жылдамдықтарымен байланысы

$v_x = v_{0x} + a_x t$ жылдамдықты есептеу формуласынан қозғалыс уақытын өрнектейік:

$$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}.$$

Алынған өрнекті орын ауыстыруды есептеу формуласына қоямыз:

$$s_x = v_{opt} t = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot \frac{v_x - v_{0x}}{a_x} = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$



Жауабы қандай?

1. Тәңайынмалы қозғалыс кезінде жүрілген жолды қалай анықтауға болады?
2. Қозғалыс бағытының өзгеруі дененің орын ауыстыруды мен жүрілген жолға қалай әсер етеді?

Алғандағын өрнек қозғалыс уақыты белгісіз болғанда дененің орын ауыстыруын анықтауда мүмкіндік береді:

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$



Жауабы қандай?

Тәңайымалы қозғалыс кезінде орташа жылдамдықты неліктен арифметикалық орта ретінде анықтауда болады?

Кинематика есептерін шешу алгоритмі:

- Есептің шартында берілген физикалық шамалар мәнін жазу. Жүйеден тыс өлшем бірліктерін ХБЖ-ға (SI) аудару.
- Есеп сұрағын құрастыру.
- Суретте денені бейнелеу, үдеу және жылдамдық векторларының бағыттарын көрсету.
- Берілген және белгісіз шамаларды байланыстыратын формуулаларды проекцияларда жазу.
- Дененің қозғалыс бағытымен бағыттап, координата осін тандау.
- Проекция таңбасын ескере отырып, формуулаларды модульдер арқылы жазу.
- Тендеуді немесе тендеулер жүйесін белгісіз шамаға қатысты шешу.
- Өлшем бірліктерімен жұмыс жасау.
- Есептің жауабын жазу.

IV Қозғалыс заңы

Қозғалыс заңы кез келген уақыт мезетінде дененің орнын анықтауда мүмкіндік береді. Дене координаталары орын ауыстырумен мына формула арқылы байланысады:

$$x = x_0 + s_x.$$

Орын ауыстырудың уақытқа тәуелділігін ескеріп, дененің қозғалыс заңын аламыз:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Дененің қозғалыс заңы мына өрнекпен берілсін делік:

$$x = 2 + 4t + 2t^2.$$

Берілген тәуелділікті қозғалыс заңымен жалпы түрде салыстыра отырып, дененің бастапқы координатасын табуға болады: $x_0 = 2 \text{ м}$, сонымен қатар бастапқы жылдамдығын $v_{0x} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ және дененің үдеуін де $a_x = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ анықтауда болады.

Қозғалыс заңы қозғалыстың сипатын анықтауда мүмкіндік береді. Егер жылдамдық және үдеу проекцияларының таңбалары бірдей болса, онда қозғалыс тенүдемелі, егер таңбалары қарама-қарсы болса, онда теңкемімелі қозғалыс болғаны.

V Денелердің кездесу орнын және уақытын анықтау

Денелердің кездесу шарты – олардың координаталарының теңесуі $x_1 = x_2$. Тендікті уақытқа қатысты шеше отырып, кездесу уақытының мәнін аламыз.

VI Денениң орын ауыстыруының қозғалыс уақытына тәуелділік графигі

Денениң орын ауыстыруының уақытқа тәуелділік графигі парабола тармағы болып табылады (37-сурет). Ox осінің бағытымен қозғалатын денениң тендеудемелі қозғалысы үшін алған I график аргумент коэффициентінің мәні оң квадраттық тендеудің графигіне сәйкес келеді. Тенкемімелі қозғалысқа арналған II график теріс коэффициентті квадраттық тендеудің графигіне сәйкес келеді. Орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигінің түрі үдеу проекциясының таңбасымен анықталады.

Есте сактаңдар!

1-кесте. Тенайымалы қозғалысты сипаттайтын шамалар формулалары

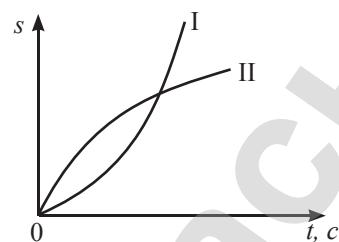
| Үдеу | $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$ |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Орташа жылдамдық | $v_{avg} = \frac{v_0 + v}{2}$ (егер қозғалыс бағыты өзгермейтін болса) |
| Лездік жылдамдық | $v_x = v_{0x} + a_x t$ |
| Орын ауыстыру | $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$ $s_x = \frac{v_0 + v}{2}t$ |
| Дене координатасы | $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ |

6-тапсырма

Тенайымалы қозғалыс үшін бастапқы жылдамдықсыз орын ауыстыруды есептеу формуласын жазыңдар.

ЕСЕП ШЫГАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Қозғалысты 10 м/с^2 үдеумен бастаған автокөлік жүргізушісі тұзу сызықты жолмен 10 м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатқан велосипедшіні қанша уақытта қынп жететінін анықтандар. Автокөлік қозғалысты бастаған кезде олардың арақашықтығы 240 м болған. Автокөлік велосипедтен озатын нүктенің координатасын көрсетіндер.



37-сурет. Тенайымалы қозғалыс кезіндегі орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигі

5-тапсырма

Күтіп тұрған бақылаушымен салыстырғанда автобус қозғалысының тендеуі $x = 5 + 5t + 2,5t^2$. Алғашқы 3 с ішінде автобус тендеудемелі, сосын бірқалыпты қозғалды.

1. Автобустың бастапқы координатасын, алғашқы 3 с ішіндегі бастапқы жылдамдығы мен үдеуін анықтаңдар;
2. Автобустың 3 с-тан кейін қандай жылдамдықпен қозғалғанын анықтандар.
3. Екі жол бөлігіне арналған үдеу, жылдамдық, орын ауыстыру және координатаның уақытқа тәуелділік графигін салыңдар. Бақылау уақытын 6 с деп алыңдар.
4. Орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигінен қозғалыс басталғаннан соң әр секундтан кейінгі орын ауыстырудың мәнін анықтандар.

Берілгені:

$$a_1 = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{01} = 0$$

$$v_2 = 10 \text{ м/с}$$

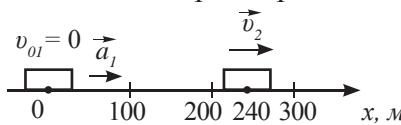
$$l = 240 \text{ м}$$

$$\Delta t - ?$$

$$x - ?$$

Шешуі:

Суретте қозғалыстағы денелердің орнын бейнелейік.



0 x осін қозғалыс бағытымен бағыттаймыз, координатаның санақ басы ретінде автокөліктің орнын аламыз.

Тенұдемелі қозғалыс үшін денелердің қозғалыс заңы: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$,

$x_{01} = 0$ және $v_{0x} = 0$ болғандықтан, автокөлік үшін мына түрге келеді:

$$x_1 = \frac{a_1 t^2}{2}. \quad (1)$$

Велосипедші бірқалыпта қозғалуда, ондай денелерге арналған қозғалыс заңы: $x = x_0 + v_x t$.

Велосипедшінің бастапқы координатасы $x_{02} = l$, вектор проекциясы v_{2x} он болады:

$$x_2 = l + v_2 t. \quad (2)$$

Автокөлік велосипедті қызып жеткенде, олардың координаталары бірдей болады:

$$x_1 = x_2. \quad (3)$$

(1) және (2) теңдеулердің он жақтарын (3) теңдеуге қойып, мынадай өрнек аламыз: $\frac{a_1 t^2}{2} = l + v_2 t$.

Сандық мәндерін қоямыз: $5t^2 = 240 + 10t$.

Квадрат теңдеуді шешіп, екі түбір аламыз: $t_1 = 8 \text{ с}, t_2 = -6 \text{ с}$.

Екінші жауап есептің шартын қанағаттандырмайды. (2) теңдеуге уақыт мәнін қойып, координатаны анықтайық: $x = 240 \text{ м} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 8 \text{ с} = 320 \text{ м.}$

Жауабы: $\Delta t = 8 \text{ с}; x = 320 \text{ м.}$

Бақылау сұрақтары

1. Тенұдемелі және теңкемімелі қозғалыс кезінде орын ауыстыруды есептегу формулаларының қандай айырмашылықтары бар?
2. Қозғалыс заңы қандай шамаларды байланыстырады?
3. Тенәйнималы қозғалысқа арналған қозғалыс заңын неліктен бірқалыпты қозғалыс үшін қолдануға болады?



1. Ұшақ ұшу алабын 10 с-та ұшып өтеді, жерден көтерілген сэтте оның жылдамдығы 100 м/с болды. Оның осы уақытта жүріп өткен жолын анықтаңдар.
2. Тыныштық күйден $60 \text{ см}/\text{с}^2$ үдеумен қозғалған автокөлік 30 м жолды жүріп өтуі үшін қанша уақыт қажет?
3. 4 материалың нүктенің қозғалысы сәйкесінше мынадай тендеулермен берілген: $x_1 = 10t + 0,4t^2$; $x_2 = 2t - t^2$; $x_3 = -4t + 2t^2$; $x_4 = -t - 6t^2$.
 - а) әр нүктे үшін $v = v(t)$ тендеуін жазыңдар;
 - ә) осы тәуелділіктердің графигін түргызыңдар;
 - б) әр нүктенің қозғалысын суреттөндөр.



1. Вагон теңкемімелі қозғалып келеді. Оның бастапқы жылдамдығы 54 км/сағ, үдеуі $0,3 \text{ м}/\text{с}^2$. Вагон тоқтағанша қандай қашықтықты жүріп өтеді? Жауапты ХБЖ бірлігінде беріңдер.
2. Автокөлік қозғалысты $2 \text{ м}/\text{с}^2$ тұрақты үдеумен бастады. Жылдамдығы 72 км/сағ-қа жеткен кезде оның қанша жол жүріп өткенін анықтаңдар.
3. Екі автокөліктің шосседегі қозғалысы $x_1 = 2t + 0,2t^2$ және $x_2 = 80 - 4t$ тендеулерімен берілген. Қозғалысты суреттеп,
 - а) автокөліктердің кездесетін уақыты мен орнын;
 - ә) уақыт санағы басталғаннан кейін 5 мин өткен соң олардың ара-қашықтығын;
 - б) бірінші автокөлік санақ басында болған кездегі екінші автокөліктің координатасын анықтаңдар.

Эксперименттік тапсырма

Көлбеу жазықтықтан сырғанаған дененің бірінші, екінші, үшінші секундтағы орын ауыстыруын анықтаңдар. Алынған нәтижелер арасындағы қатынасты табыңдар.

$$s_1 : s_2 : s_3 = 1 : 3 : 5 \text{ қатынасы орындала ма? Тексеріңдер.}$$

§ 5. Денелердің еркін тұсуі. Еркін тұсу үдеуі

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- еркін тұсуді сипаттау үшін теңайнымалы қозғалыстың кинематикалық тендеулерін қолдануды;
- теңайнымалы және бірқалыпты қозғалыстардың кинематикалық тендеулерін пайдаланып, горизонталь лақтырылған дene қозғалысын сипаттауды;
- горизонталь лақтырылған дeneнің жылдамдығын анықтауды;
- горизонталь лақтырылған дeneнің қозғалыс траекториясын салуды үйренесіндер.

I Денелердің құлауы. Галилей тәжірибесі

Аристотель денелердің аудада құлауын бақылай отырып, ауыр денелер жөніл денелерге қарағанда жылдамырақ құлайды деген қорытындыға келген: «Алтын немесе қорғасын, немесе салмағы бар басқа дene бөлігінің құлауы оның салмағы неғұрлым көп болса, соғұрлым жылдам болады». Бірдей биіктікten құлаған жапырақ алмата қарағанда ұзақ ұшады.

Галилео Галилей Аристотель жасаған қорытындыға күмән келтіріп, эксперимент түрінде тексеруді шешеді. Өз тәжірибелерін өткізуға Пизадағы ең биік көлбей мұнараны таңдайды, себебі денелердің құлауының айырмашылығын төмен биіктіктерде бақылау қыын. Галилей ауаның кедегісі мен денелердің құлауына дene пішінін әсері болмау үшін, мұнарадан пішіні бірдей, бірақ массалары әртүрлі денелерді тастанды. Нәтижесінде «Бірдей биіктікten құлаған денелердің тұсу уақытында айырмашылық болса да, ол өте аз болғандықтан, оны анықтау мүмкін емес» деген қорытындыға келеді. Галилей денелердің вертикаль құлауын бақылап, теңайнымалы қозғалыс үшін дұрыс болып табылатын орын ауыстыру қатынасын анықтады:

$$h_1 : h_2 : h_3 \dots = 1 : 3 : 5 \dots$$

Әрбір кезекті секундтагы орын ауыстыру қатынасы, бастапқы жылдамдық нөлге тең болғанда, тақ сандар қатарының қатынасына тең.

Өлшеулер үдеудің мәні $9,8 \text{ м/с}^2$ -қа тең екенін, ол вертикаль бойымен төмен бағытталатынын көрсетті.



Жаубабы қандай?

1. Массасы мен пішіні әртүрлі денелер бірдей биіктікten құлағанда неге әртүрлі уақытта түседі?
2. Неге парашютпен секіргендеге жерге бірқалыпты тұсуге қол жеткізуге болады (38-сурет)?



38-сурет. Парашютпен секіру



1-тапсырма

Құлап келе жатқан дene бірінші секундта 5 м-ге орын ауыстырған болса, үшінші секундтағы құлау биіктігін анықтаңдар. 5-секундта қандай арақашықтықты өтеді?



Эксперимент

1. Екі бірдей қағаз паралықтарын бірдей биіктікten тастандар. Олардың тұсу уақытын анықтаңдар.
2. Паралықтардың бірін шар сияқты умаждап, оларды тағы да бірдей биіктікten тастанап, тұсу уақытын салыстырыңдар.
3. Екінші паралықтардың тұсу уақытын анықтаңдар.
4. Массалары бірдей паралықтардың тұсу уақытының әртүрлі болу себебін түсіндіріңдер.

II Денелердің еркін тұсуі.

Жердегі және басқа аспан денелеріндегі денелердің еркін тұсу үдеуі

Денелердің ауасыз кеңістіктегі құлауын алғаш бақылаған ғалым – И.Ньютон. Осыған ұқсас тәжірибелі қабырғасы қалың арнайы тұтікшениң көмегімен жүргізуге болады. Тұтікшениң бір ұшы дәнекерленіп бекітіліп, екінші ұшына қран орнатылады. Тұтікшениң ішінә қорғасын бытыра, ағаш қабығы және құстың қауырсыны салынады.

Тұтікшеден ауаны сорып алғып, оны тәңкеріп қоямыз. Аталған барлық денелер тұтікшениң түбіне бір уақытта түседі (*39-сурет*). Демек, денелердің үдеуі олардың массасына тәуелді емес. Ауасы жоқ кеңістіктегі барлық денелер мен бөлшектер: жаңбыр тамшысы, шаң-тозаң, тастар, жапырақтар Жердің бетінен бірдей үдеумен құлайды.

Еркін тұсу үдеуі g әрпімен белгіленеді. Бұдан да дәл өлшеудердің нәтижесінде Жер бетінен жақын әртүрлі ендіктерде еркін тұсу үдеуі түрліше болатыны белгілі болды: полюстерде $g_n = 9,83 \frac{m}{c^2}$, орташа ендіктерде $g = 9,81 \frac{m}{c^2}$,

экваторда $g_s = 9,78 \frac{m}{c^2}$.

Еркін тұсу – денелердің ауасыз кеңістіктегі ауырлық күшінің әсерінен болатын қозғалысы.

Басқа аспан денелеріндегі еркін тұсу үдеуінің мәні Жердегі үдеудің мәнінен өзгеше (*2-кесте*).

2-кесте. Планеталардагы еркін тұсу үдеуі

| Планета, аспан денесі | Еркін тұсу үдеуі, m/c^2 | Планета, аспан денесі | Еркін тұсу үдеуі, m/c^2 |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Меркурий | 3,7 | Сатурн | 10,6 |
| Шолпан | 8,9 | Уран | 8,7 |
| Жер | 9,8 | Нептун | 11,6 |
| Марс | 3,7 | Күн | 274 |
| Юпитер | 24,9 | Ай | 1,6 |



Жауабы қандай?

- Неге умаждалған және жазық параптерге әртүрлі уақытта түседі?
- Неге қағаз шарлар жерге бірдей уақытта түседі?
- Неліктен жазық параптар жерге бір уақытта да да түсіу мүмкін?



39-сурет. Массасы әртүрлі денелердің ауасыз кеңістіктегі құлауды

2-тапсырма

Жаңбыр тамшылары әдетте 7–8 м/с-тан аспайтын жылдамдықпен түседі. Жер бетінде ауасыз кеңістік болса, жаңбыр тамшылары қандай жылдамдыққа ие болар еді? Жаңбыр бұлтарының биіктігін шамамен 2 км деп алындар. Пневматикалық мылтық оғының 240 м/с жылдамдығымен салыстырындар.

III Орын ауыстыру жылдамдығын есептеу және еркін түсінің дененің координаталары

Дененің еркін түсі тұзу сзықты теңайнымалы қозғалысқа мысал болып табылады, демек, алдыңғы қараптырылған барлық формулалар осы қозғалыс түріне қолданылады. Формулалардағы айырмашылықтар – вертикаль бойымен орын ауыстыру *бүкіткі* деп аталады және ол h әрпімен белгіленеді. Вертикаль бойымен қозғалыста координата осін $0y$ деп белгілейді және сәйкесінше у координатасын енгізеді.

3-тапсырма

40-суретте бейнелеген шар үшін кинематикалық шамалардың жылдамдықтың, орын ауыстырудың, дene координатасының модулін есептеу формулаларын жазыңдар.

Траекторияның қандай бөлігінде шар тенұдемелі, қандай бөлігінде теңкемімелі қозғалыс жасайды?

З-кесте.

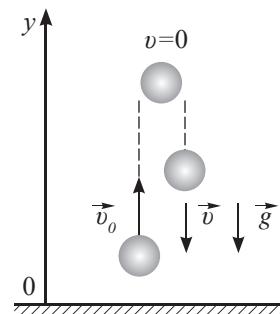
| Шама | Қозғалыс түрі | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| | Теңайнымалы | Еркін түсі – теңайнымалы қозғалыстың дербес жағдайы |
| Үдеу | $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$ | $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ |
| Лездік жылдамдық | $v_x = v_{0x} + a_x t$ | $v_y = v_{0y} + g_y t$ |
| Орын ауыстыру | $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$ | $h_y = v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$ $h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}$ |
| Дене координатасы, қозғалыс заңы | $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ | $y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$ |

IV Еркін құлаған дененің бастапқы жылдамдық бағытының оның қозғалыс траекториясына әсері және жылдамдық пен орын ауыстыруды есептеу формулалары

Еркін түсі үдеуімен қозғалатын дененің қозғалысының оның бастапқы жылдамдығының бағытына тәуелсіз еркін түсі деп атайды.

Вертикаль жоғары лақтырылған дene. Вертикаль жоғары лақтырылған дененің жылдамдығын \vec{v}_0 деп алайық. Дене жоғары қарай жылдамдығы төмендей отырып қозғалады (40-сурет), содан кейін тоқтап, қайта төмен қарай тенұдемелі қозғалады.

Егер координатаның $0y$ осін жоғары бағыттасақ, онда үдеудің проекциясы g_y теріс болады.



40-сурет. Вертикаль жоғары лақтырылған дененің еркін түсүi

Жылдамдық пен орын ауыстыруды есептеу формулалары модуль түрінде мынадай болады:
 $v_y = v_0 - gt; h_y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$.

Бұл жағдай үшін қозғалыс заны мына түрге келеді:

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Жоғарыда жазылған формулаларда, егер дене жоғары көтеріліп бара жатса, v_y және h_y проекцияларының белгілері оң болады. Ал төмен құлап келе жатса, таңбалары теріс болады.

Көкжиеекке бұрыши жасай лақтырылған дене.

Көкжиеекке бұрыш жасай лақтырылған дене тек ауырлық күшінің әсерінен қозғалатын-дыйтан, еркін құлайды (41-сурет).

∂y осі бойындағы жылдамдық, орын ауыстыру және координатаны есептеу формулаларын берілген осытегі бастапқы жылдамдық құраушыларын қолдана отырып, еркін түсү формуласы бойынша анықтайды:

$$\begin{aligned} v_{0y} &= v_0 \sin \alpha; \\ v_y &= v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt; \\ h_y &= (v_0 \sin \alpha) t - \frac{gt^2}{2}; \\ y(t) &= (v_0 \sin \alpha) t - \frac{gt^2}{2}. \end{aligned}$$

Горизонталь лақтырылған дене. Дене горизонталь лақтырылған жағдайда бастапқы жылдамдық векторының ∂y осі бойымен құраушысы нөлдік мәнге ие болады (42-сурет).

Егер ∂y осі вертикаль төмен бағытталған болса, онда вертикаль бойымен қозғалыс және орын ауыстыру жылдамдығы келесі формула бойынша анықталады: $v_y = gt$; $h_y = \frac{gt^2}{2}$.

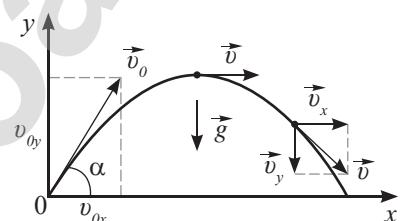
Денениң ∂x осі бойымен қозғалысын бірқалыпты қозғалыс формуласы бойынша есептейді.

∂x осі бойымен қозғалыс үдеусіз орындалады, жылдамдық тұрақты шама болып қалады.

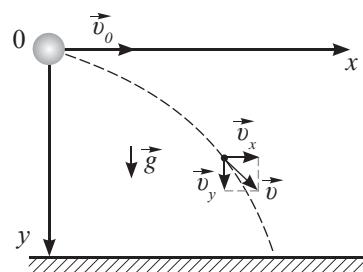


4-тапсырма

- 1) Еркін түсетін дене үшін;
- 2) вертикаль жоғары лақтырылған дене үшін жылдамдық пен орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигін салындар.



41-сурет. Көкжиеекке бұрыши жасай лақтырылған денениң еркін түсүi



42-сурет. Горизонталь лақтырылған денениң еркін түсүi

ЕСЕП ШЫГАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Дене \varnothing м/с жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылған. Дененің қозғалыс заңын жазындар. Дененің лақтыру деңгейінен 15 м биіктікте болатын уақыт аралығын анықтандар.

Берілгені:

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$h = 15 \text{ м}$$

$$y(t) - ?$$

$$\Delta t - ?$$

Шешуі:

Суретте денені және оның қозғалысын сипаттайтын шамалардың векторын саламыз.

Oy осін бастапқы жылдамдық бағытымен бағыттаймыз.

Теңайнымалы қозғалыс үшін қозғалыс заңын жазамыз:

$$y(t) = y_0 + v_{oy}t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

Егер координатаның санақ базасы ретінде дененің лақтырылған орнын алсақ, онда: $y_0 = 0$.

Проекция заңдарын ескерсек, қозғалыс заңы мына түрге келеді:

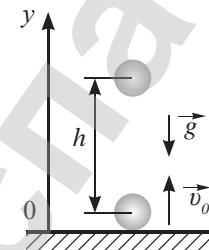
$$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Жылдамдық пен ұдеу мәндерін қойып, лақтырылған дене үшін қозғалыс заңын аламыз: $y = 20t - 5t^2$.

Алынған қозғалыс заңын дененің қаша уақыттан кейін берілген $y = h$ биіктікте болатынын анықтау үшін қолданамыз: $15 = 20t - 5t^2$.

Квадраттық теңдеуді t -ға қатысты шешіп, екі түбір аламыз: $t_1 = 1 \text{ с}; t_2 = 3 \text{ с}$. Дене 15 м биіктікте екі рет болады: көтерілу кезінде лақтырылған соң 1 с-тан кейін және тұсу кезінде 3 с-тан кейін.

Жауабы: $y = 20t - 5t^2; t_1 = 1 \text{ с}; t_2 = 3 \text{ с}$.



Бақылау сұрақтары

- Дененің құлау уақыты оның массасына қалай тәуелді?
- Дененің еркін тұсуі қозғалыстың қандай түріне жатады?
- Қандай қозғалысты еркін тұсу деп атайды?
- Еркін тұсу ұдеі орынның кеңдігіне қарай қалай өзгереді?
- Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысын еркін тұсу деп есептеуге бола ма?



1. 5 м биіктікten бастапқы жылдамдықсыз еркін түсетін дene Жер бетіне қандай жылдамдықпен құлайды? $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алындар.
2. Таc 72 км/сағ жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылды. Ол қандай максимал биіктікке көтеріледі?
3. Дене 20 м биіктікten бастапқы 180 м/мин жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылды. Қозғалыс басталған соң 2 с өткеннен кейін тас қандай биіктікте болады?



1. Тыныштық күйден еркін түскен дene Жерге 2 с-та жетеді. Осы деңегінде құлау биіктігін анықтаңдар.
2. Доп көкжиекке 30° бұрышпен бастапқы 200 дм/с жылдамдықпен лақтырылды. Доптың максимал көтерілу биіктігін анықтаңдар.
3. Егер 2 м/с жылдамдықпен ғимараттан горизонталь лақтырылған дene одан 4 метр қашықтықка құлаған болса, ғимарат биіктігін табыңдар.

Эксперименттік тапсырма

Секундомер мен сантиметрлік таспаны қолдана отырып, еркін түсу үдеуін анықтаңдар. Өлшеудің нақтылығын арттыру үшін тәжірибе жасаған кезде нені өзгерту керек?

§ 6. Қисықсызықты қозғалыс, материалық нүктенің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы. Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар

Күтілетін нәтиже

- Осы параграфтың иегергенде:
- дененің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысын сызықтық және бұрыштық шамалар арқылы сипаттауды;
 - есептер шығаруда сызықтық және бұрыштық шамалардың байланыс формулаларын қолдануы үйренесіндер.

I Қисықсызықты қозғалыс.

Жүрілген жол және жылдамдық

Денелердің қозғалыс траекториясы әртүрлі болуы және ол кез келген қисық сызық болуы мүмкін (43-сурет).

Егер дененің қозғалыс траекториясы қисықсызық болса, оның қозғалысын қисықсызықты деп атайды.



Жауабы қандай?

- Неліктен велосипедшіні жаңбыр супарының шашырауынан қорғайтын велосипед қанаттарының көлемі алдыңғы және артқы дөңгелектерде әртүрлі болады (44-сурет)?
- Неліктен бірдей жылдамдықта балалар велосипеді педалінің айналым саны спорттық велосипед педалінің айналым санынан артық болады?
- Кір жуу мәшинесінің әртүрлі жұмыс тәртілтері қалай орындалады?



44-сурет. I-сұраққа.
Алматы қаласында жасалған велосипед

Шучье қ.



43-сурет. Шаңғы спорттының үлттық орталығындағы шаңғы жолы

II Денениң шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы. Период және жиілік

Денелердің шеңбер бойымен қозғалысын қарастырайық. Егер дene шеңбер бойымен тұрақты жылдамдықпен қозғалса, онда ол әрбір айналымға бірдей уақыт жүмсайды.

Дене толық бір айналым жасайтын уақытты период деп атайды.

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

мұндағы T – период, t – N айналым жасауға кеткен уақыт.

Периодтың ХБЖ-дағы өлшем бірлігі – секунд:
 $[T] = 1 \text{ с.}$

Периодқа көрі шаманы **жисілік** деп атайды.

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

Жиілік – денениң бірлік уақыт ішінде жасайтын айналым санының анықтатының физикалық шама.

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

ХБЖ-да жиіліктің өлшем бірлігі ретінде секундқа көрі шама $[\nu] = 1 \text{ с}^{-1}$ немесе 1 Гц (герц) алынған.

III Сызықтық жылдамдықтың периоден және жиілікпен байланысы

Денениң шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы кезіндегі (45-сурет) жолдық жылдамдық

$$v = \frac{l}{t} - \text{таға тең.}$$

Жолдық жылдамдықты *сызықтық жылдамдық* деп атап келісілген.

Егер дene толық бір айналым жасаса, онда оның жүрілген жолы шеңбердің ұзындығына тең: $l = 2\pi R$, ал уақыт периодқа тең $t = T$, сызықтық жылдамдықты есептеу формуласы мына түрге келеді: $v = \frac{2\pi R}{T}$.

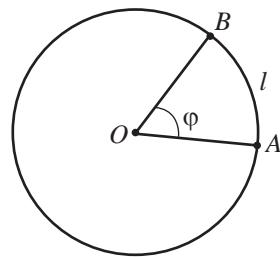
Периодты жиілікпен алмастырсақ: $v = 2\pi R\nu$.

1-тапсырма

(1) және (3) формулалардан қозғалыс уақытын және дene жасаған айналымдар санын есептеу формулаларын өрнектендер.

Жауабы қандай?

Тапсырманы орындауда барысында математика курсының қандай ережелерін қолданыңдар?



45-сурет. Денениң радиусы R шеңбер бойымен қозғалысы кезіндегі бұрыштық орын ауыстыру ϕ және жүрілген жол l .

Маңызды ақпарат

Дога ұзындығы l – радианмен берілген ϕ центрлік бұрышқа тұра пропорционал шама: $l = \phi R$.

IV Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс кезіндегі бұрыштық жылдамдық және бұрыштық орын ауыстыру

Егер дене шеңбер бойымен қозғала отырып, А нүктесінен В нүктесіне орын ауыстырса, онда бұл орын ауыстыруды φ бұрышымен көрсетуге болады (45-сурет).

Қозғалыстағы денені шеңбердің центрімен байланыстыратын радиустың бұрылу бұрышы бұрыштық орын ауыстыру деп аталады.

Бұрыштық орын ауыстыру ХБЖ-да радианмен өлшенеді: $[\varphi] = 1 \text{ rad}$.

Дененің шеңбердің центрі айналасында айналу шапшаңдығын бұрыштық жылдамдық сипаттайтыды.

Бұрыштық жылдамдық – бұрыштық орын ауыстырудың осы орын ауыстыруға кеткен уақытқа қатынасына тең физикалық шама.

$$\omega = \frac{\varphi}{t},$$

мұндағы ω – бұрыштық жылдамдық.

Бұрыштық жылдамдықтың ХБЖ-дағы өлшем бірлігі: $[\omega] = 1 \text{ rad/c.}$

V Бұрыштық жылдамдықтың периоден, жиілікпен және сзықтық жылдамдықпен байланысы

Егер дене толық бір айналым жасаса, онда оны шеңбер центрімен жалғастырып тұратын радиус $\varphi = 2\pi$ толық бұрышты сипаттайтыды. Бір айналым жасауға жұмсалатын уақыт – T . Бұрыштық

2-тапсырма

- Бұрыштық орын ауыстыру $\varphi_1 = \pi/4$;
 $\varphi_2 = 3,14 \text{ rad}$;
 $\varphi_3 = 90^\circ$ болатын жағдайлар үшін радиусы 1 м шеңбер доғасының ұзындығын анықтаңдар.
- Дененің доғасының ұзындығы 6, 28 м, радиусы 2 м шеңбер бойымен бұрыштық орын ауыстыруын анықтаңдар.

3-тапсырма

Сағаттың сағаттық және минуттық тілдерінің бұрыштық жылдамдықтарын анықтаңдар (46-сурет). Олардың мәндері неше есе өзгеше?

Тіл ұштарының сзықтық жылдамдықтары неше есе өзгеше? Неліктен бұрыштық және сзықтық жылдамдықтардың қатынастары өртүрлі?



46-сурет. 3-тапсырмага

Жауабы қандай?

- Не себепті дененің шеңбер бойымен қозғалысын сипаттау үшін бұрыштық шамаларды қолдану ынғайлы?
- Неліктен шеңбер бойымен қозғалыс бірқалыпты қозғалыс болып саналмайды?

жылдамдықты есептеу формуласы мына түрге келеді:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Периодты жиілікпен алмастырып, бұрыштық жылдамдықтың жиілікпен байланыс формуласын аламыз: $\omega = 2\pi v$.

Алынған формулаларды сзықтық жылдамдықты есептеу формулаларымен салыстыру жылдамдықтардың қатынасына алып келеді:

$$v = \omega R.$$

Алынған формулалар бұрыштық шамалардан сзықтық шамаларға өтуге мүмкіндік береді.

VI Орын ауыстыру мен сзықтық жылдамдықтың бағыты

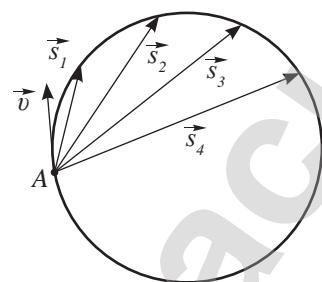
Орын ауыстыру – денениң бастапқы орны мен соңғы орнын қосатын бағытталған кесінді екені бізге 7-сынып курсынан белгілі. Шенбер бойымен қозғалыс кезіндегі орын ауыстыру хорданы береді (47-сурет). $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$ болғандықтан, жылдамдық векторы орын ауыстыру вектормен бағыттас, мұндағы t – скаляр шама.

Мұндай талдауда денениң қозғалыс жылдамдығының бағытын көрсету қынға соғады, сондықтан қисықсзықты қозғалыс үшін «лездік жылдамдық» ұғымы енгізілді.

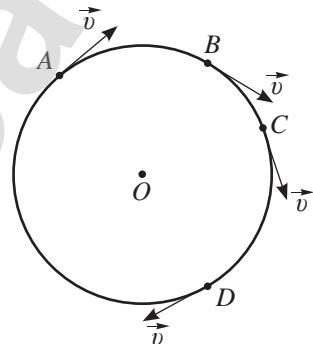
Лездік жылдамдық – денениң берілген уақыт мезетіндегі жылдамдығы.

Қарастырылатын уақыт аралығы қанша-лықты аз болса, орын ауыстыру да, хорданың шенбер доғасынан айырмашылығы да соғұрлым аз болады. Жолдың өте аз бөлігі үшін дene орын ауыстыратын хорданың шенберге жүргізілген жанамадан айырмашылығы жоқ. Сондықтан лездік жылдамдықтың бағыты ретінде берілген уақыт мезетіндегі траектория нүктесіне жүргізілген жанаманың бағыты алынады (48-сурет).

Бұған «Отты шенбер» отшашуы үшқындарының қозғалысы дәлел бола алады (49-сурет).



47-сурет. Шенбер бойымен қозғалатын денениң орын ауыстыруы



48-сурет. Лездік жылдамдық қозғалыс траекториясына жүргізілген жанама бойымен бағыттаған



49-сурет. «Отты шенбер» отшашуы

Денениң шеңбер бойымен қозгалысы кезінде жылдамдықтың бағыты өзгереді. Жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығы үдеумен сипатталады. Демек, денениң шеңбер бойымен қозгалысы бірқалыпты қозгалыс болып табылмайды. Сондықтан денениң шеңбер бойымен сандық мәні тұрақты жылдамдықпен қозгалысы шеңбер бойымен бірқалыпты қозгалыс деп аталады. «Бірқалыпты» сөзі дene қозгалысы кезінде сзықтық жылдамдық шамасы тұрақты болып қалатынын білдіреді.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай қозғалысты қисықсызықты қозғалыс деп атайды?
2. Период дегеніміз не?
3. Жиілік қалай анықталады?
4. Бұрыштық орын аудастыру, бұрыштық жылдамдық дегеніміз не?
5. Қандай жылдамдықты лездік жылдамдық деп атайды?
6. Лездік жылдамдық қалай бағытталған?

★ Жаттығу

6

1. Айналмалы станок платформасының айналу периоды 1/15 минутқа тең. Айналу осінен 20 дм қашықтықтағы платформаның шеткі нүктелерінің сзықтық жылдамдықтарын анықтаңдар.
2. Материялық нүкте радиусы 50 см шеңбер бойымен бірқалыпты қозғала отырып, 10 с ішінде оның ұзындығының жартысын жүріп өтті. Осы нүкте қозғалысының сзықтық жылдамдығын анықтаңдар. Жауапты ХБЖ өлшем бірліктерімен беріндер және жүзге дейін дөңгелектендер.
3. 50 с ішінде 4 рад/с бұрыштық жылдамдыққа ие болған дөңгелек қанша айналым жасайды? Жауапты бүтін санға дейін дөңгелектендер.

Жаттығу

6

1. Ұшақ винтінің айналу жиілігі 1800 айн/мин. Винт $5 \cdot 10^4$ айналым жасайтын уақыт ішінде ұшақ 270 км/сағ жылдамдықпен түзу сзықты және бірқалыпты қозғала отырып, қанша жол жүреді? Жауапты километрмен ернектендер.

- ЖЖС-нің орбитасының радиусын 4 есе арттырғанда айналу периоды 8 есе артты. Орбита бойымен қозғалып келе жатқан жасанды серіктің жылдамдығы қанша есе өзгереді?
- Секундомер тілшелерінің бұрыштық жылдамдықтары бір-бірінен қанша есе өзгеше? Олар қандай уақыт аралығын өлшейді (*50-сурет*)?



50-сурет. 6-жаттығу
(үй тапсырмасының
3-есебіне арналған

Эксперименттік тапсырма

- Автокөлік (велосипед) дөңгелегінен түсетін топырақ пен тас түйіршіктерінің қозғалысын бақылаңдар. Дөңгелектен түскен сәтте олар қандай жылдамдықта ие болады? Өздерің бақылаған құбылысқа ұқсас мысалдар келтіріңдер.
- «Курвиметрдің құрылышы мен жұмыс принципі» тақырыбына хабарлама дайындаңдар (*51-сурет*). Өз қолдарыңмен картадағы арақашықтықты өлшеуге арналған курвиметр дайындаңдар. Қазақстанның ішіндегі елді мекендер мен басқа мемлекеттер арасындағы автокөлік жолдарының ұзындығын анықтаңдар. Курвиметр арқылы аймақтағы қисықсызықты траектория ұзындығын өлшеуге бола ма?



Картадағы арақашықтықты өлшеуге арналған курвиметр

a)



Құрылыштағы курвиметр

ә)

51-сурет. Курвиметр

§ 7. Центрге тартқыш үдеу

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- есептер шығаруда центрге тартқыш үдеу формулаларын қолдана аласыңдар.

Дене шеңбер бойымен қозғалған кезде, лездік жылдамдықтың бағыты өзгереді. Егер дене сандық мәні тұрақты жылдамдықпен қозғалса, мұндай қозғалысты бірқалыпты деп санауға болмайды, ол үдемелі қозғалыс болып табылады.

Естеріне түсіріндер!

Егер векторлық шамалардың бағыттары сәйкес және модульдері тең болса, онда олар тең болады.

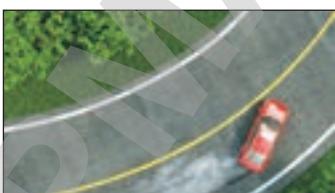
Жауабы қандай?

1. Неліктен шынжырлы әткеншектің жылдамдығы артқанда айналу радиусы да артады (52-сурет)?



52-сурет. Алматы қаласының орталық саябагындағы шынжырлы әткениек

2. Неліктен қауіпті бұрылыштар автокөліктерге қындық тұбырады (53-сурет)?

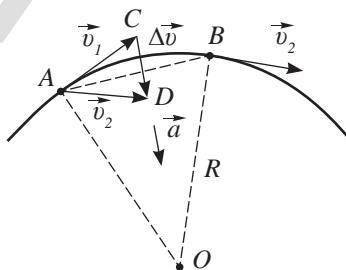


53-сурет. Жылдамдығы жоғары автокөліктің қауіпті бұрылышқа енүі

I Шеңбер бойымен қозғалыс кезіндегі үдеудің бағыты

Үдеу векторы әрдайым дене жылдамдығының $\Delta \vec{v}$ өзгерісімен бағыттас $\vec{a} \uparrow\uparrow \Delta \vec{v}$. Бұл мына теңдіктен шығады $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$, мұндағы Δt – скаляр шама. $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ екенін ескеріп, осы векторлардың бағытын табайық.

\vec{v}_2 векторын бағытын өзертпей A нүктесіне орналастырайық (54-сурет). \vec{v}_1 және \vec{v}_2 векторларының ұштарын қосамыз, алған бөлікті азайғыш \vec{v}_2 векторына бағыттап, $\Delta \vec{v}$ векторлар айырмасын аламыз.



54-сурет. Қозғалыс жылдамдығының $\Delta \vec{v}$ өзгерісі мен үдеу шеңбер центріне бағытталған

Тұрғызылуына қарай $\Delta \vec{v}$ және \vec{a} векторлары шеңбердің ішіне қарай бағытталған. В нүктесі A нүктесіне қарай жақында, шеңбердің доғасы хордамен біріккен жағдайда ғана $\Delta \vec{v}$ және \vec{a} векторлары шеңбердің центріне бағытталады. Бұл жағдайда үдеу A нүктесінде жүргізілген жанамаға немесе лездік жылдамдық векторына перпендикуляр бағытталған болады

(55-сурет). Шеңбер бойымен сандық мәні тұрақты жылдамдықпен қозғалатын дененің үдеуін *центрге тартқыш* үдеу деп атайды.

Үдеу дene қозғалысының түрін анықтайды.

Егер үдеу жылдамдыққа перпендикуляр бағытталса, онда дene шеңбер бойымен қозғалып бара жатыр.

II Центрге тартқыш үдеудің модулі

54-суреттегі ΔOAB және ΔACD үшбұрыштарын қарастырайық. Олар ұқсас, себебі екеуі де теңқабырғалы және төбелеріндегі бұрыштары тең. Сәйкес қабырғаларының қатынасын жазайық:

$$\frac{R}{v} = \frac{s}{\Delta v},$$

бұдан $\Delta v = \frac{v \cdot s}{R}$ екені шығады,

мұндағы s – орын ауыстыру, R – шеңбер радиусы.

Алынған өрнекті $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ үдеуді есептеу формуласына қоямыз:

$$a = \frac{v \cdot s}{R \cdot \Delta t}.$$

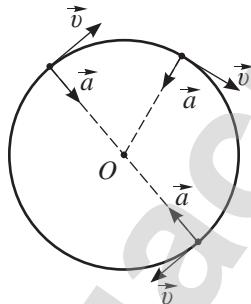
Δt уақыт аралығының аз мәнінде $\frac{s}{\Delta t}$ қатынасы модулі жағынан v лездік жылдамдыққа тең, демек:

$$a = \frac{v^2}{R}. \quad (1)$$

III Үдеудің периодпен, жиілікпен және бұрыштық жылдамдықпен байланысы

Үдеуді есептеу формуласына $v = \frac{2\pi R}{T}$ жылдамдықтың периодпен байланыс формуласын қойсақ, мына өрнекті аламыз:

$$a = \frac{4\pi^2}{T^2} R. \quad (2)$$



55-сурет. Үдеу векторы траекторияның барлық нүктесінде жылдамдыққа перпендикуляр бағытталған

1-тапсырма

Дененің шеңбер бойымен қозғалысын сипаттайтын шамалардың өлшем бірліктері арасында байланыс орнатындар. Үдеуді қандай өлшем бірлігімен өлшейді?

2-тапсырма

Айдың Жердің айналасында қозғалатын үдеуін және радиусы 35 786 км геостационарлық орбитада қозғалатын байланыс серігінің қозғалыс үдеуін анықтаңдар.

Жауабы қандай?

- Неліктен шеңбер бойымен қозғалысты бірқалыпты деп атайды?
- Неліктен шеңбер бойымен қозғалып келе жатқан дененің үдеуін центрге тартқыш үдеу деп атайды?
- Неліктен жылдамдыққа перпендикуляр бағытталған үдеу, жылдамдықтың сандық мәніне әсер етпейді?

$\nu = \frac{1}{T}$ периодтың жиілікпен байланысын ескеріп, формуланы мына түрде жазамыз:

$$a = 4\pi^2\nu^2 R . \quad (3)$$

Алынған формулаларда $\frac{4\pi^2}{T^2} = 4\pi^2\nu^2 = \omega^2$, демек, үдеу бұрыштық жылдамдықпен

$$a = \omega^2 R \quad (4)$$

өрнегімен байланысады. Бұрыштық жылдамдықпен сыйықтық жылдамдықтың байланыс формуласын $v = \omega R$ ескеріп, (4) формуланы мына түрде жазуға болады:

$$a = \omega \cdot v. \quad (5)$$

Бұл қызық!

Жасанды серіктедің жылдамдықтары олардың қандай биіктікте ұшыуна байланысты. Жерге жақындағанда гравитация артады, қозғалыс үдей түседі. Мысалы, NASA Aqua жасанды серігіне біздің планетамызды 705 км биіктікте айналып ұшып шығу үшін 99 минут, ал 35 786 км биіктіктері метеорологиялық аппаратқа 23 сағат 56 минут және 4 секунд қажет (56-сурет). Жердің центрінен 384 403 км қашықтықтағы Ай 28 күн ішінде бір айналым жасайды.



56-сурет. Жер серіктепе геостационарлық орбитада

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Шенбер бойымен қозғалып келе жатқан дененің сыйықтық жылдамдығы 2 есе артып, айналу радиусы 3 есе кеміді. Дененің үдеуі қанша есе артқанын анықтаңдар.

Берілгені:

$$v_2 = 2v_1$$

$$R_2 = \frac{R_1}{3}$$

$$\frac{a_2}{a_1} - ?$$

Шешуі:

Берілген шамалар бойынша центрге тартқыш үдеуді өрнектейік:

$$a_1 = \frac{v_1^2}{R_1}; \quad a_2 = \frac{v_2^2}{R_2}.$$

Алынған қатынастарды a_2 үдеуді есептеу формулаларына қояйық:

$$a_2 = \frac{(2v_1)^2}{R_1} = \frac{4v_1^2}{R_1} \cdot 3 = 12 \frac{v_1^2}{R_1} = 12a_1.$$

Демек: $\frac{a_2}{a_1} = 12$.

Жауабы: 12 есе.

Бақылау сұрақтары

1. Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалатын дененің үдеуі қалай бағытталады?
2. Центрге тартқыш үдеуді тұрақты деп санауға бола ма?
3. Центрге тартқыш үдеудің модулі неге тең?
4. Центрге тартқыш үдеу айналу периоды, айналу жиілігі және бұрыштық жылдамдық арқылы қалай өрнектеледі?

★ Жаттығу

7

1. Радиусы 50 см шеңбер бойымен 7,2 км/сағ жылдамдықпен бірқалыпты қозғалатын материалық нүктенің центрге тартқыш үдеуін анықтаңдар.
2. Автокөлік радиусы 0,04 км дөңес көпірдің ортасынан өткенде центрге тартқыш үдеуі еркін тұсу үдеуінің шамасына тең болуы үшін қандай жылдамдықпен жүруі керек? $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алыңдар.
3. Екі материалық нүкте радиустары R_1 және R_2 болатын шеңберлер бойымен қозғалып келе жатыр, шеңберлердің радиустарының байланысы $R_1 = 2R_2$. Келесі жағдайларда олардың центрге тартқыш үдеулерін салыстырыңдар: а) жылдамдықтары бірдей болғанда; ә) периодтары тең болғанда.
4. Жердің жасанды серігі Жер центрінен қандай қашықтықта 8 м/с^2 үдеумен және 8 км/с жылдамдықпен қозғалатынын анықтаңдар. Толық бір айналым жасау үшін оған қанша уақыт қажет болады?

Жаттығу

7

1. Күн өз осінен айналғанда оның экватор нүктелерінің жылдамдығы 2 км/с . Экватор нүктелерінің центрге тартқыш үдеуін анықтаңдар. Күннің радиусы $6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$. Жауапты ХБЖ-да және мындыққа дейін дөңгелектеп беріңдер.
2. Диаметрі $1,8 \text{ м}$ дөңгелек минутына 50 айналым жасайды. Дөңгелектің сыртындағы нүктелердің үдеуін анықтаңдар. Есептеулерде $\pi^2 = 10$ деп санаңдар.
3. Тікұшақ винтінің қалақтарының ұзындығын ХБЖ-да анықтаңдар. Винт 10 секундта 50 айналым жасайды және ұштарындағы нүктелердің центрге тартқыш үдеуі 2 км/с^2 .

Шығармашылық тапсырма

«Күн жүйесі планеталарының айналу периодтары және олардың Күннен арақашықтығы» кестесін пайдаланып және планеталар шеңбер бойымен қозғалады деп болжап, олардың орташа орбиталық жылдамдықтарын және үдеуін анықтаңдар. Нәтижелерді 5-кестеге енгізіңдер.

4-кесте. Күн жүйесінде орбиталық жылдамдықтары мен үдеулөөр анықтаудың кестесі

| Планета | Күннен орташа арақашықтығы, млн км | Күнді айналу периоды, Жердегі тәулікпен немесе жылмен |
|----------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Меркурий | 58 | 88 тәулік |
| Шолпан | 108 | 224,7 тәулік |
| Жер | 150 | 365,26 тәулік |
| Марс | 228 | 687 тәулік |
| Юпитер | 778 | 11,86 жыл |
| Сатурн | 1429 | 29,46 жыл |
| Уран | 2871 | 84,01 жыл |
| Нептун | 4504 | 164,8 жыл |

5-кесте. Планеталардың орбиталық жылдамдықтары мен үдеулөөр анықтаудың кестесі

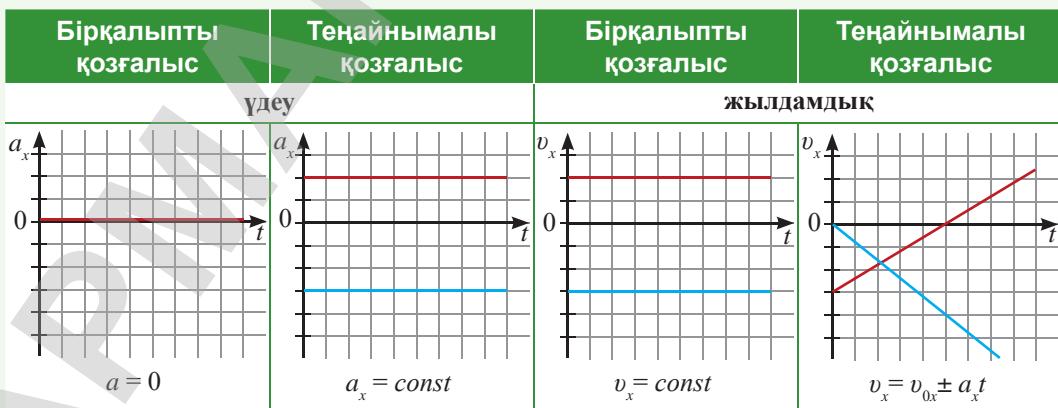
| Планета | Күннен орташа арақашықтығы, млн км | Күнді айналу периоды, с | Орбиталық жылдамдық, м/с | Үдеу, м/с ² |
|----------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Меркурий | 58 | 3,17 × 10 ⁷ | 4,74 × 10 ³ | 3,33 × 10 ⁻³ |

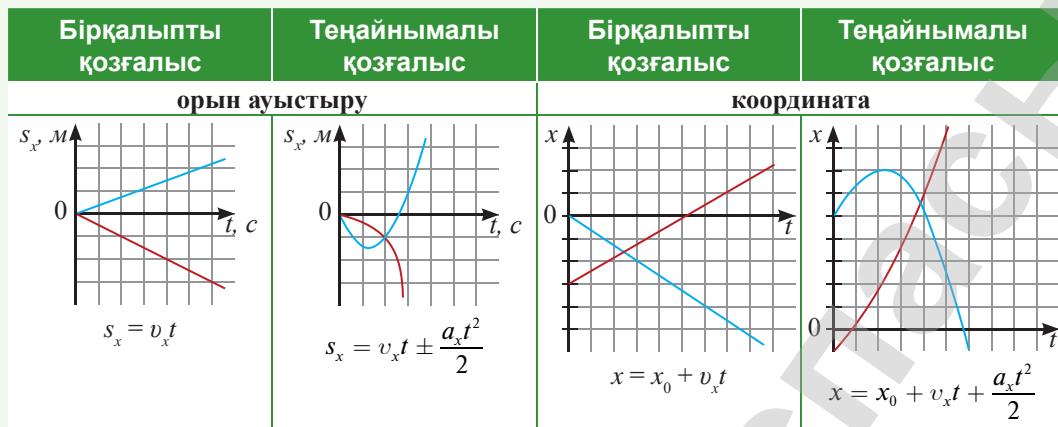
Алынған нәтижелерге салыстырмалы талдау жүргізіңдер.

1-тараудың қорытындысы

| Жылдамдықтар мен орын ауыстыруларды қосу формулалары | Бірқалыпты қозғалыс формулалары | Теңайнымалы қозғалыс формулалары | Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс формулалары |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\vec{v} = \vec{v}_{\text{салыст}} + \vec{v}_{\text{mac}}$ $\vec{s} = \vec{s}_{\text{салыст}} + \vec{s}_{\text{mac}}$ | $v_x = \frac{s_x}{t}$ $v_x = \frac{x - x_0}{t}$ $s_x = v_x \cdot t$ $x = x_0 + s_x$ $x = x_0 + v_x \cdot t$ | Удеу $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$ Лездік жылдамдық $v_x = v_{0x} + a_x \cdot t$ Орташа жылдамдық (егер қозғалыс бағыты өзгөрмейтін болса) $v_{\text{опт}} = \frac{v_{0x} + v_x}{2}$ Орын ауыстыру $s_x = v_{\text{опт}} t$ $s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$ Қозғалыс заңы $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ | Период $T = \frac{t}{N}$ Жиілік $\nu = \frac{N}{t}; \nu = \frac{1}{T}$ Жылдамдық $v = \frac{l}{t}; v = \frac{2\pi R}{T};$ $v = 2\pi R\nu$ Бұрыштық жылдамдық $\omega = \frac{\varphi}{t}; \omega = \frac{2\pi}{T}; \omega = 2\pi\nu$ Сызықтық жылдамдықтың бұрыштық жылдамдықпен байланысы $v = \omega R$ Удеу $a = \frac{v^2}{R}; a = \frac{4\pi^2}{T^2} R$ $a = 4\pi^2 \nu^2 R; a = \omega^2 R;$ $a = \omega \cdot v$ |
| Орын ауыстырудың дene координаталарымен байланысы | | | |
| $s_x = x - x_0$ $s_y = y - y_0$ $s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$ | | | |
| Бірқалыпсыз қозғалыстың орташа жылдамдығы | | | |
| $v_{\text{опт}} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$ | | | |

Бірқалыпты және теңайнымалы қозғалыс үшін үдеудің, жылдамдықтың, орын ауыстыру мен координатаның уақытқа тәуелділік графиктері





Глоссарий

Кинематика дегеніміз – денелердің қозғалысын оның себептерін ескермей қарастыратын механиканың бір бөлімі.

Лездік жылдамдық – дененің берілген уақыт мезетіндегі жылдамдығы.

Период – дененің толық бір айналым жасауға жұмсаған уақыты.

Вектордың проекциясы – вектор басының проекция нүктесін вектор ұшының проекция нүктесімен қосатын кесінді.

Тұзу сзықты теңайнымалы қозғалыс – үдеу векторы мен жылдамдық векторы бір сзықтың бойымен бағытталатын әрі үдеудің мәні өзгермейтін қозғалыс.

Еркін тұсу – ауасыз кеңістіктегі денелердің ауырлық күшінің әрекетінен қозғалысы.

Бұрыштық орын аудыстыру – қозғалыстағы денені шеңбердің центрімен байланыстыратын радиустың бұрылу бұрышы.

Бұрыштық жылдамдық – бұрыштық орын аудыстырудың осы орын аудыстыруға кеткен уақытқа қатынасына тең физикалық шама.

Үдеу – дененің қозғалыс жылдамдығының өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама. Ол жылдамдық өзгерісінің осы өзгеріс болған уақыт аралығына қатынасымен анықталады.

Жиілік – дененің бірлік уақыт ішінде жасайтын айналым санын анықтайтын физикалық шама.

2-ТАРАУ

АСТРОНОМИЯ НЕГІЗДЕРІ

«Кинематика негіздері» тарауында біз планетамыздағы денелердің қозғалысын қарастырдық, декарттық координаталар жүйесін пайдаланып олардың орналасу нұктесін анықтауды үйренедік, қозғалыс заңдарын зерттедік. Енді таным аумағын кеңейтіп, біздің планетамыздан тыс әлемді қарастырайық. Біздің алдымызда аспан денесінің координаталарын көрсету, кез келген уақыт мезетіндегі аспан денесінің орнын анықтау, есептеу жүргізлетін санақ жүйесі, көптеген жұлдыздар ішінде нақты бір жұлдызды анықтау сияқты жаңа міндеттер туындаиды. Бұл мәселелер «Астрономия негіздері» тарауында қарастырылады.

Тарауды оқып білу арқылы сендер:

- абсолюттік және көрінерлік жұлдыздық шамаларды ажыратуды;
- жұлдыздардың жарқырауына әсер ететін факторларды анықтауды;
- аспан сферасының негізгі элементтерін атауды;
- жұлдызды аспанның жылжымалы картасынан жұлдыздардың аспан координаталарын анықтауды;
- әртурлі ендіктерінен жұлдыздардың шарықтау айырмашылығын түсіндіруді;
- жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақытты сәйкестендіруді;
- Кеплер заңдарының негізінде аспан денелерінің қозғалысын түсіндіруді;
- Күн жүйесіндегі денелердің өлшемдері мен арақашықтықтарын анықтау үшін параллакс әдісін қолдануды үйренесіңдер.

§ 8. Жұлдызды аспан

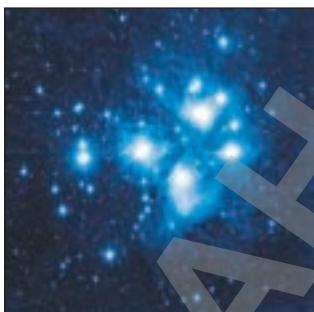
Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- абсолюттік және көрінерлік жұлдыздық шамаларды ажыратма білесіндер;
- жұлдыздардың жарқырауына әсер ететін факторларды анықтай аласындар.



58-сурет. Құсқолында жұлдыздардың шар тәріздес шоғырлануы



59-сурет. Үркөр шоқжұлдызының Күн жүйесінен 440 жарық жылына тең қашықтықта шашыранды шоғырлануы

Есте сақтаңдар!

$$\begin{aligned} 1 \text{ жарық жылы} &\approx \\ \approx 1 \text{ жыл} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} &= \\ = 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} &= \\ = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м} & \end{aligned}$$

I Галамның құрылымы мен масштабы

Жер планетасы Күн жүйесінің құрамына кіреді. Күн – біздің планетамыз кіретін Құсқолы галактикасының жұлдыздарының бірі, ол галактика центрінен $2,8 \cdot 10^4$ жарық жылына тең қашықтықта орналасқан (57-сурет).



57-сурет. Күн Құсқолы галактикасының центрінен 28 000 жарық жылына тең қашықтықта орналасқан

Жарық жылы – жердің бір жылы ішінде жарықтың вакуумда таралу қашықтығы.

Біздің Галактикамызда шамамен 10^{12} жуық әртүрлі жұлдыздар бар, олардың бір бөлігі шар тәріздес және шашыранды жұлдыздар шоғырын құрайды (58, 59-суреттер). Құсқолы дискісінің диаметрі шамамен $9,5 \cdot 10^{17}$ км немесе 10^5 жарық жылына жуық. Құсқолының серіктері бар.

Жауабы қандай?

- Неліктен жұлдыздар әртүрлі жарқырайды?
- Өлшемдері үлкен жұлдыздар ең жарық жұлдыздар деп тұжырымдауға бола ма?
- Жарық жұлдыздар Күнге ең жақын орналасқан жұлдыздар деп тұжырымдауға бола ма?

Бұл қызық!

2014 жылы қыркүйекте жарияланған мәліметтерге сүйенсек, 4 млрд жылдан кейін Құсқолы Үлкен және Кіші Магеллан Бұлттарын жұтып алады, ал 5 млрд жылдан кейін Галактиканың өзі «Андромеда тұмандығы» галактикасына жұтылады.

Олардың екеуін – Үлкен және Кіші Магеллан Бұлттарын Жердің оңтүстік жартышары аспанынан оңай бақылауға болады (*60-сурет*). Оларға дейінгі арақашықтық шамамен $1,5 \cdot 10^5$ жарық жылына тең. Заманауи телескоптардың көмегімен Галамда миллиардтаған галактикалар табылды.

Сыртқы түріне қарай олар шартты түрде үш түрге: эллипстік, спираль тәрізді және бұрыс пішінді болып бөлінеді. Біздің Галактика спираль тәрізді галактикаларға жатады (*60-сурет*).

Галактикалар да жүлдyzдар сияқты, жұзеген және мындаған галактикалардан тұратын шоғырлар құрайды. Ғалам галактикалар шоғырларынан тұрады және ол шексіз.

Галактикаларда диффузиялық және планетарлық шаң-тозанды тұмандықтар байқалады. Жүлдyz да, тұмандықтар да жоқ кеңістік жүлдyzаралық газ бен шаңға толған, оны зарядталған бөлшектер ағынынан тұратын ғарыш сәулелері тесіп өтеді.

Ғалам – планеталардан, жүлдyzдардан, жүлдyzаралық заттардан және гарыш сәулелерінен құралған барлық материялық әлем.

II Шоқжүлдyzдар. Шоқжүлдyzдардың атауы

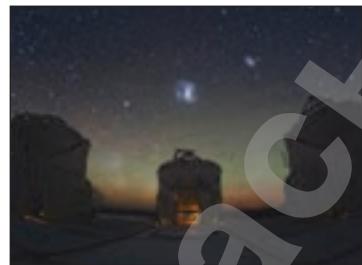
Ертеректе жарық жүлдyzдар тобын *шоқжүлдyzдар* деп атаған. Оларға ежелгі грек аңыздары кейіпкерлерінің аттарын берген, мысалы, Андромеда, Пырак, Тоқты, Айдаһар, Кассиопея (*62-сурет*).

XVI–XVII ғасырларда теңіз саяхаттарының дамуының арқасында оңтүстік жартышардағы жүлдyzдар шоқжүлдyzдарға топтастырылып, аспанда Корма, Киль, Желкендер, Микроскоп, Телескоп, Циркуль, Тұсбағар атты шоқжүлдyzдар пайда болды.



Маңызды ақпарат

Астрономияның міндеттерінің бірі – жүлдyzдар каталогын құру және олардың орналасуын анықтаудың дәлділігін арттыру.



60-сурет. Параналь обсерваториясы маңында (Чили) түсірілген Магеллан Бұлттары, 2009 ж.



61-сурет. Құсжолы – спираль тәрізді галактика



Жауабы қандай?

Неліктен қалада орман мен немесе жазық далага қарғанда жүлдyz аз көрінеді? Қандай шарттарда жүлдyzдар жақсы көрінеді?



1-тапсырма

Үркөр шоқжүлдyzының Күнге ең жақын шоғырлану қашықтығын метрмен және километрмен өрнектендер.



62-сурет. Кассиопея шоқжүлдyzы

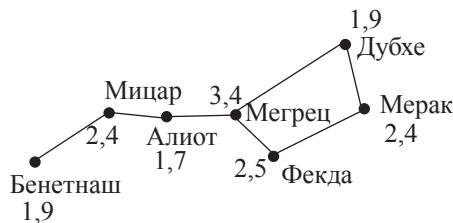
Әр кезеңде және әрбір халықтың аспанды шоқжұлдыздарға бөлуі әртүрлі болды. Мысалы, көне Қытайда аспанды 4 бөлікке бөлген, олардың әрқайсысында 7 шоқжұлдыздан болған. Шоқжұлдыздардың атаулары да әртүрлі болды, мысалы, Үлкен Аю шоқжұлдызын қазақ халқы «Жетіқарақшы» деп, орыс халқы – «Үлкен ожау», ал эстондар – «Арба», монголдар – «Жеті қарт» деп атаған (63-сурет).

XVIII ғасырда саясаткерлер мен шіркеу қызметкерлері жұлдызды аспанды басқаша сипаттап, шоқжұлдыздардың атауын өзгертуге тырысты. Осы және басқа жағдайлар жұлдызды аспан туралы білімдерді жүйелендіру қажеттігін ту дырды. 1922 жылы Халықаралық астрономия одағының (ХАО) I Бас ассамблеясы өтіп, онда аспанды 88 шоқжұлдызға бөлу және олардың атауларын белгілеу шешілді. 1935 жылы бұл мәселелер түпкілікті шешіліп, шоқжұлдыздар арасына шекаралар жүргізілді. Ол бойынша солтүстік жартышарда 31 шоқжұлдыз, оңтүстік жартышарда – 48, экваторда 9 шоқжұлдыз орналасқан.

Шоқжұлдыз дегеніміз – аспанның жұлдыздар тобы орналасқан, нақты шекарасы анықталған белгілі бір бөлігі.

III Жұлдыздардың атаулары

Айсыз түнде ешқандай құралсыз көзben ғана бақылап, аспанда 3000-ға жуық жұлдызды көруге болады. Көптеген жарық жұлдыздардың атаулары арабша, мысалы, Альдебаран (Сұлусары), Денеб, Ригель, Алголь. Көбінесе жұлдыздардың атауы шоқжұлдыз атауымен байланысты болады. Орион шоқжұлдызындағы Бетельгейзе жұлдызының атауының мағынасы «Алып адамның иығы» дегенді білдіреді. Үлкен Аюдың төрт жұлдызы орналасуына қарай мынадай атауларға ие болған: Мерак – «қарын», Мегрец – «құйрық басы», Фекда – «сан, бөксе», Мицар – «ортасы» (64-сурет).



64-сурет. Үлкен Аю шоқжұлдызында жарық жұлдыздардың орналасуы

Маңызды ақпарат

Жұлдыздардың жарқырауын мұна формуламен жықтарап есептеуге болады:

$$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$$

L – жұлдыздың жарқырауы,

R – жұлдыздың радиусы,

T – жұлдыз бетіндегі температура, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Bm}{m^2 K^4}$ –

Стефан – Больцман тұрақтысы.



63-сурет. Үлкен Аю шоқжұлдызы

Анықталған жұлдыздардың саны артқан сайын каталог құрастыру қажеттігі туындағы. Жұлдыздар каталогын әртүрлі мемлекеттер мен әртүрлі кезеңнің астрономдары құрастырды. Солардың ішінде ең нақты жасалғандары 1022 жұлдыздың орналасуы көрсетілген Гиппарх каталогы, 1018 жұлдыз көрсетілген Үлықбек каталогы, 1005 жұлдыз көрсетілген Тихо Браге каталогы болды.

1603 жылы неміс астрономы И.Байер жұлдыздарды олардың жарқырауының төмендеуі бойынша грек алфавитінің әріптерімен белгіледі. Жұлдыздың толық белгіленуі әріptен және шоқжұлдыздың атауынан тұратын болды. Мысалы, Темірқазық жұлдызы – α UMi (Кіші Аюның α -сы), Алголь жұлдызы – β Per (Персейдің β -сы), ол шоқжұлдызда жарқырауы жағынан екінші орында тұр. Бұндай белгілеудер қазіргі кезде де қолданылады.

IV Жұлдыздардың жарықтығы.

Көрінерлік және абсолюттік жұлдыздық шама

Жұлдыздар әртүрлі жарқырау деңгейіне ие. Ертеректе ең жарық жұлдыздарды бірінші жұлдыздық шама деп, ал ең көмескілерін алтыншы жұлдыздық шама деп атаған. Бір жұлдыздық шамаға айырмашылық болса, жұлдыздардың жарықтығы 2,5 есеге өзгеше болады. Бірінші және алтыншы жұлдыздық шаманың айырмашылығы 100 есе. Көрінерлік жұлдыздық шаманы тәрілімен белгілейді. Жұлдыздардың жұлдыздық жарқырауын аспаптардың көмегімен өлшеу нәтижесінде көптеген жұлдыздардың жұлдыздық шамаларының мәні бөлшек сандар екені, ал ең жарық жұлдыздарда теріс мәнге тең екені анықталды (6-кесте). Мысалы, Құннің көрінерлік жұлдыздық шамасы $m = -26,6$; Сүмбіленікі (Сириус) $m = -1,58$.

6-кесте. Ұлкен Аю жұлдыздарының көрінетін және абсолюттік жұлдыздық шамаларының кестесі

| Жұлдыздың аты | Белгіленуі | m | M | Әріп | Атауы |
|---------------|------------|-----|------|------------|---------|
| Дубхе | α | 1,9 | -1,1 | α | альфа |
| Мерак | β | 2,4 | 0,6 | β | бета |
| Фекда | γ | 2,5 | 2,7 | γ | гамма |
| Мегрец | δ | 3,4 | 6,3 | δ | дельта |
| Алиот | ϵ | 1,7 | -0,2 | ϵ | эпсилон |
| Мицар | ζ | 2,4 | 0,3 | ζ | дзета |
| Бенетнаш | η | 1,9 | -0,7 | η | ета |

Жұлдыздар жерден әртүрлі қашықтықта орналасқандықтан, көрінерлік жұлдыздық шамаларды жұлдыздың шын мәніндегі жарқырауының көрсеткіші ретінде қабылдай алмаймыз. Астрономияда «көрінерлік жұлдыздық шама» түсінігінен басқа «абсолюттік жұлдыздық шама» түсінігі де қолданылады.

Абсолюттік жұлдыздық шама M – жерден 32,6 жарық жылына тең қашықтықта орналасқан жұлдыз ие болатын жұлдыздық шама.

Жерден жұлдызға дейінгі қашықтықты осылай ойша өзгерткенде, Сүмбіленің (Сириус) жұлдыздық шамасы $M = 1,4$, ал Күндікі бар болғаны $M = 4,79$ екенін көреміз.

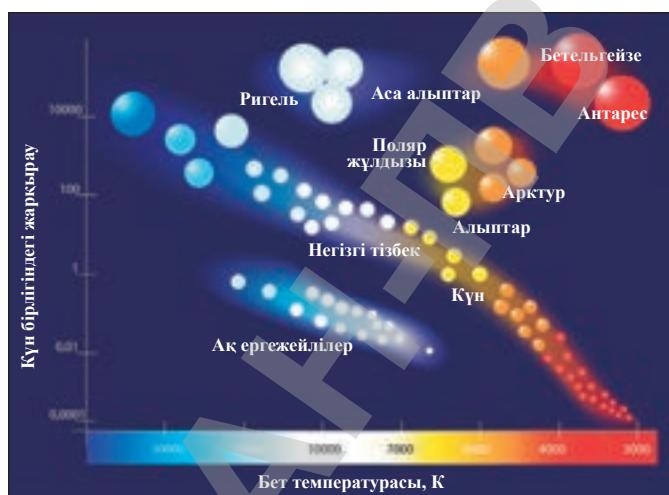
V Жұлдыздардың жарқырауы

Жарқырау – әртүрлі жұлдыздар түрін салыстыруға мүмкіндік беретін маңызды жұлдыздық сипаттамалардың бірі. Жұлдыздардың жарқырауы олардың өлшемдері мен температураларына тәуелді.

Жарқырау немесе сәуле шығару қуаттылығы – бірлік уақыт ішінде жұлдыз шығаратын толық энергия.

Күннің жарқырауы $L = 3,86 \cdot 10^{26}$ Вт-қа тең.

Көрінерлік жұлдыздық шама жұлдыздың жарқырауына тәуелді. Жарқыраудың жұлдызы температурасына және өлшемдеріне тәуелділік графигін астрономдар Эйнар Герцшprung және Генри Рассел құраган (*65-сурет*).



2-тапсырма

64-суретті және Үлкен Аю жұлдыздарының көрінерлік және абсолюттік жұлдыздық шамаларының кестесін қараңдар. Жұлдыздардың қандай шарттарға сәйкес белгіленгенін анықтаңдар.



Бұл қызық!

Герцшprung – Рассел диаграммасында жұлдыздардың орналасуы олардың жасына тәуелді. Жұлдыздар өз өмірлерінің көп бөлігін негізгі тізбекте өткізеді, сосын Күн тәріздес жұлдыздар қызыл алыптарға, өте үлкен жұлдыздар үлкен қызыл алыптарға айналады.

Бақылау сұрақтары

- Шоқжұлдыз деп нени айтады? Аспанда қанша шоқжұлдыз бар?
- Шоқжұлдыздарда жұлдыздарды қалай белглейді?
- Көрінерлік жұлдыздық шама нені анықтайды?

4. Көрінерлік жұлдыздық шаманың абсолюттік жұлдыздық шамадан айырмашылығы неде?
5. Жұлдыздардың жарқырауы деп нені айтады?
6. Жұлдыздың жарқырауы қандай шамаларға тәуелді?

★ Жаттығу

8

1. Жерден Темірқазық жұлдызына дейінгі арақашықтық 434 жарық жылын құрайды. Осы арақашықтықты километрмен өрнектендер.
2. Екінші жұлдыздық шаманың жарықтылығы төртінші жұлдыздық шаманың жарықтылығынан неше есе артық?
3. Темірқазық жұлдызының жарықтылығын анықтаңдар. Оның радиусы Күн радиусынан 37,5 есе артық, температурасы 7000 К.

Жаттығу

8

1. Жерден 82,52 жарық жылына тең қашықтықта орналасқан Үлкен Аю шоқжұлдызынан Ырық жұлдызына дейінгі арақашықтықты метрмен анықтаңдар.
2. Бірінші жұлдыздық шаманың жарықтылығы бесінші жұлдыздық шаманың жарықтылығынан неше есе артық?

Эксперименттік тапсырма

Үлкен Аю шоқжұлдызының жұлдыздарын бақыланңдар. Жұлдыздардың бір-біріне қатысты орындарын естеріңе сақтаңдар. Жұлдыздардың жарықтылығын салыстырыңдар.

Шығармашылық тапсырма

«Түрлі халықтардың шоқжұлдыздар туралы аңыздары мен ертегілері» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.

§ 9. Аспан сферасы, аспан координаталарының жүйесі

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- аспан сферасының негізгі элементтерін атауды;
- жұлдызды аспанның жылжымалы картасынан жұлдыздардың аспан координаталарын анықтауды үрленесіңдер.

Жауабы қандай?

1. Неліктен жұлдызды аспанды бақылағанда күн мен сағаттың көрсету көрек?
2. Жұлдыздарды анықтай алуудың маңыздылығы нәде?



66-сурет. Аспан сферасы

Жауабы қандай?

1. Не себепті жұлдыздардың экваторлық координаталары тәулік бойы өзгермейді?
2. Неліктен жұлдыздардың координаталары ұзақ уақыт өткен соңғана, мысалы 1000 жылдан кейін өзгереді?

I Жұлдыздар картасы. Аспан сферасы.

Экваторлық координаталар жүйесі

Жердің географиялық картасын құрастыру үшін паралльдер мен меридиандар енгізілген. Планетадағы нысанның орнына сәйкес келетін картадағы кез келген нүктені біз белгілі ендік пен бойлықтың қыылысу нүктесінен табамыз.

Жұлдыздар картасын құрастыру үшін экваторлық координаталар: δ еңістік және α тік шарықтау енгізілген. Еңістік – ендікке, ал тік шарықтау бойлыққа ұқсас. Тік шарықтау Тоқты жұлдызында орналасқан қоқтемгі күн мен түн тенелу нүктесінен бастап өлшенеді. Күн бұл нүктеге 22 наурызда келеді. Белгілі бір өлшемдері бар Жермен салыстырғанда жұлдыздар әлемі шексіз, сондықтан жұлдыздарды бейнелеуде аспан сферасы ұғымы енгізілді.

Аспан сферасы – кез келген радиустағы барлық көрінетін аспан денелері проекцияланатын ойша алынған сфера.

66-суретте PP' дүние осі деп аталатын айналу осі көрсетілген аспан сферасы берілген.

Солтүстік жартышарда орналасқан бақылаушы үшін аспан сферасының дүние осімен қылысу нүктесін *солтүстік полюс* P деп атайды, ол Темірқазық жұлдызының маңында орналасқан. Оңтүстік жартышарда орналасқан бақылаушы үшін аспан сферасының дүние осімен қылысу нүктесі *оңтүстік полюс* P' деп аталады.

Экватор жазықтығы аспан сферасын солтүстік және оңтүстік жартышарға бөледі және айналу осіне перпендикуляр.

Экватор жазықтығының $Q\gamma Q'$ аспан сферасымен қылысуының *аспан экваторы* деп атайды. Полюстер және бақыланатын шырақ M арқылы өтетін сфераның ұлкен дөңгелегі *еңістік дөңгелегі* деп аталады.

Еңістік δ – еңістік дөңгелегі маңындағы жүлдіздың аспан экваторы жазықтығынан бұрыштық қашықтығы.

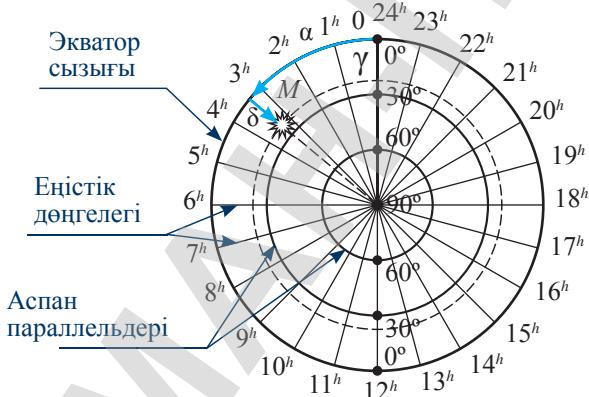
Солтүстік жартышар жүлдіздарының еңістігі 0° -ден 90° -қа дейінгі, ал оңтүстік жартышар жүлдіздарының еңістігі 0° -ден – 90° -қа дейінгі мәндерде бола алады.

Тік шарықтау – көктемгі тенелу нүктесінен жүлдіз орналасқан еңістік дөңгелегіне дейінгі бұрыштық қашықтық.

Тік шарықтау аспан сферасының тәуліктік айналуына қарама-қарсы экватор сызығының бойымен анықталады.

Тік шарықтау уақыттың өлшем бірлігімен өлшемді, аспан сферасының тәуліктік айналуы 24 сағат болғандықтан, ол 0^{h} және 24^{h} аралығында өзгереді.

Бақылаушы 0^{h} нүктесінде деп есептеп, аспан сферасын жазықтыққа проекцияласақ, онда М жүлдізы бейнеленген солтүстік жартышар картасын аламыз (*67-сурет*).



67-сурет. М жүлдізы көрсетілген экваторлық координаталар жүйесі

Картада жүлдіздардың орнын көрсету үшін негізінде экватор жазықтығы және дүние осі жетатын экваторлық координаталар жүйесі қолданылады.

1-тапсырма

Экваторлық координаталар жүйесінде координаталары $\alpha = 4^{\text{h}} 34'$; $\delta = 16^{\circ} 28'$ жүлдізды көрсетіңдер.

2-тапсырма

67-суреттегі экваторлық координаталар жазықтығында берілген М нүктесінің тік шарықтауын анықтандар.

Жұмысты орындау алгоритмі:

1. Картада центрінің маңайында радиустары R , $2R$, $3R$ шенберлер жүргізіндер.
2. Шенберді диаметр арқылы 24 бөлікке бөліндер.
3. Шенбердің шеттеріне сағат тілі бағытымен 0^{h} және 24^{h} аралығындағы α тік шарықтау мәндерін енгізіндер.
4. Тік шарықтауы 0^{h} еңістік дөңгелегі маңында экватор сызығынан бастап, 0° -тан 90° -қа дейін еңістік мәндерін енгізіндер.
5. Алынған экваторлық координаталар жүйесінің торкөзінде жүлдіздың орналасуын көрсетіңдер.

II Горизонталь координаталар жүйесі

Тәжірибе жүзінде экваторлық координаталарды қолдану арқылы жұлдыздың орнын анықтау қынырақ болады. Темірқазық жұлдызы түрлі ендікте әртүрлі биіктікте орналасады. Көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесі орналасқан Тоқты шоқжұлдызы көкжиек сыйығының астында орналасуы да мүмкін. Аспан денелерін бақылау үшін астрономияда горизонталь координаталар жүйесі енгізілген.

Горизонталь координаталар жүйесінің негізгі элементтері тік сыйық және оған перпендикуляр орналасқан жазықтық болып табылады. Тік сыйықтың аспан сферасының жоғарғы нүктесімен қылышы нүктесін – *зенит Z* деп, ал төменгі нүктесімен қылышы нүктесін *надир Z'* деп атайды. Жазықтық аспан сферасын екі жартыға бөледі. Жазықтықтың аспан сферасымен қылышы сыйығын математикалық немесе шынары көкжиек сыйығы деп атайды (68-сурет).



68-сурет. Жұлдыздарды бақылау үшін қажетті горизонталь координаталар жүйесі

Математикалық көкжиек сыйығында мына нүктелер орналасқан: N – солтүстік, S – онтүстік, W – батыс және E – шығыс. Солтүстік нүктесі Темірқазық жұлдызынан көкжиек сыйығына жүргізілген вертикаль сыйықтың бойында орналасады. Солтүстік және онтүстік нүктелерді қосатын NS түзуін *талтүстік сыйық* деп атайды. Тұскі уақытта денелердің көленкесі осы сыйықтың бойында жатады. Дүние осьтері, зенит және надир нүктелері арқылы бас аспан меридианы өтеді.

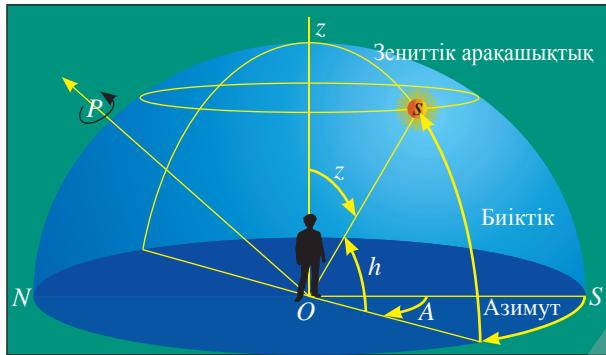
Зенит және надир нүктелері, бақыланатын шырақ арқылы өтетін аспан сферасының үлкен дөнгелегі *вертикаль* деп аталады. Горизонталь жүйенің координаталары – биіктік жүйесі азимут (69-сурет).

Жауабы қандай?

1. Неліктен жұлдыздарды бақылау үшін горизонталь координаталар жүйесі енгізілген?
2. Көкжиек тұстарын қалай анықтауга болады?

Бұл қызық!

Шексіз далада үнемі көшпелі өмір сүру қазақ халқының жұлдыздарға қарап жол табуға, жайлаулар мен қыстаулардың орнын дәл анықтауға үйретті. Халық ішінде ең танымал жұлдыздар Поляр жұлдызы (Темірқазық), Үлкен Аю (Жетіқарақшы), Үркер, Қамбар, Кассиопея (Қарақұрт), Сириус (Сүмбіле), Құсқолы. Халқымыз ерте замандардан Темірқазықтың жылжымайтынын және үнемі солтүстікте көрсететінін білген. Үркерді уақытты және бағытты анықтау үшін қолданған.



69-сурет. Жұлдыз азимутын оңтүстік нүктесінен вертикальга дейін көкжиек сзызығы бойымен батысқа қарай анықтайды.

Биіктік – көкжиек сзызығынан аспан шырагына дейінгі арақашықтық.

Биіктік h – көкжиек сзызығынан вертикаль жаңындағы аспан денесінен дейінгі бұрыштық арақашықтық.

Биіктік градуспен, минутпен, секундпен өлшенеді, мәндері көкжиек сзызығынан жоғары болса, 0° -тан 90° -қа дейін, көкжиек сзызығынан төмен болса, 0° -тан -90° -қа дейін болады.

Азимут A – аспан денесінің тәуліктік қозғалыс бағытымен оңтүстік нүктесінен вертикальға дейінгі бұрыштық арақашықтық.

Азимут градуспен, минутпен, секундпен өлшенеді, 0° -тан 360° -қа дейін өзгереді.

III Жұлдызды аспанның жылжымалы картасы

Жердің тәуліктік айналуына байланысты жұлдызды аспан көрінісі үнемі өзгеріп отырады.

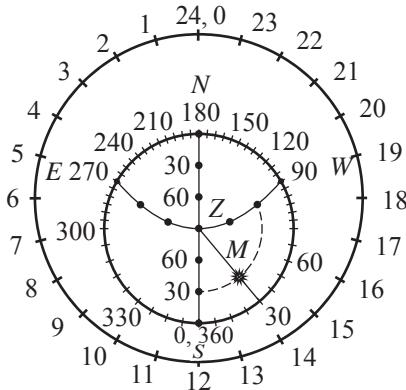
Жұлдызды аспанның жылжымалы картасы (ЖАЖК) кез келген уақыт мезетіндегі жұлдызды аспан көрінісін анықтауға мүмкіндік береді. Ол екі бөліктен: картадан және қондырма дөңгелектен тұрады (электронды қосымшада берілген).

Картаның шетінде айлар мен күндер, қондырма дөңгелектің шетінде тәулік уақыты көрсетілген. Қондырма дөңгелектің ішіне көкжиек сзызығы сзызылған, ол елді мекениңің ендігіне сәйкес келуі керек. Қондырма дөңгелекті картага қою арқылы тәулік уақытын бақылау күні және айымен сәйкестендіреді. Көкжиек сзызығының ішіндегі жұлдыздардың барлығын сол уақыт мезетінде аспаннан бақылауға болады.

3-тапсырма

- 70-суреттегі М нүктесінің горизонталь координаталарын анықтаңдар.
- 10 қазанды 21:00 тәулік уақытымен теңестіріп, қондырма дөңгелекті жұлдыздық картага қойындар. Пырақ жұлдызының азимуты мен биіктігін анықтаңдар (жұлдызды аспанның жылжымалы картасы электронды қосымшада берілген).

Жұлдыздардың горизонталь координаталарын бұдан да дәл анықтау үшін түссіз үлдірмен жабылған қондырма дөңгелекке Z зенит нүктесі, NS негізгі аспан меридианы және EZW меридианы түсіріледі (70-сурет). Меридиандар аспанды бірдей 4 бөлікке бөледі. Көкжиек сзығының бойымен азимут, меридиан бойымен биіктік енгізіледі.



70-сурет. Қондырма дөңгелек арқылы жұлдыздардың биіктігі мен азимутын анықтау

IV Күннің жұлдызды картадағы орнын анықтау

Жұлдызды картада Күннің орнын жай ғана бір нүктемен көрсету мүмкін емес. Күн жұлдыздармен салыстырғанда бір жыл ішінде аспан сферасында аспан экваторының жазықтығына $23^{\circ}27'$ -қа тең бұрыш жасай орналасқан үлкен шеңбер жасайды (71-сурет).

Эклиптика – Күннің зодиак шоқжұлдыздары бойымен жылдық көрінерлік қозғалысы өтетін аспан сферасының үлкен дөңгелегі.



4-тапсырма

ЖАЖК-да эклиптика бойымен қозғалып, жыл бойы аясында Күн қозғалатын шоқжұлдыздарды атандар. Олардың қайсысы зодиак шоқжұлдыздарына жататын анықтандар.



71-сурет. Эклиптика жазықтығы экватор жазықтығына $23^{\circ}27'$ -қа тең бұрыши жасаған орналасқан

Картада Күннің орнын анықтау үшін дүние осінен бақылау қуніне қарай еңістік дөңгелегін жүргізу қажет. Еңістік дөңгелегінің эклиптикамен қылышу нүктесінде Күн орналасады.

Бақылау сұрақтары

1. Аспан сферасы деп нені атайды? Оның негізгі нүктелерін, сзығытарын және жазықтықтарын атаңдар.
2. Еңістік және тік шарықтау дегеніміз не? Оларды немен өлшейді?

- Горизонталь координаталар жүйесінің негізінде не жатыр?
- Жұлдыз биіктігі деген не? Жұлдыз азимуты деп нені атайды?
- Горизонталь координаталар жүйесі не үшін енгізілген?
- ЖАЖК не үшін қажет?
- Эклиптика деген не? Жұлдыздық картада Құннің орнын қалай анықтайды?

★ Жаттығу

9

ЖАЖК қолданып:

- 10 қазан күнгі сағат 21:00-дегі Үлкен Аю жұлдыздарының биіктігі мен азимутын;
- 10 қазан күнгі сағат 14:00-дегі Құннің экваторлық және горизонталь координаталарын анықтаңдар.

★ Жаттығу

9

- Экваторлық координаталарды пайдаланып, солтүстік жартышардың жарық жұлдыздарының картасын салыңдар. Жұлдыздардың координаталары 1-кестеде берілген.
- Өздерінің зодиак шоқжұлдыздарыңын ең жарық жұлдызының горизонталь координаталарын анықтаңдар. Бұл жұлдызды кешкі уақытта бақылау мүмкін бе?

Эксперименттік тапсырма

ЖАЖК пайдаланып, Пырақ шоқжұлдызының жарық жұлдызының горизонталь координаталарын анықтаңдар. Алынған нәтижелер бойынша оларды аспаннан қарап табыңдар. Жұлдыздардың бір-біріне қатысты орналасуын бейнелендер.

Шығармашылық тапсырма

Берілген тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

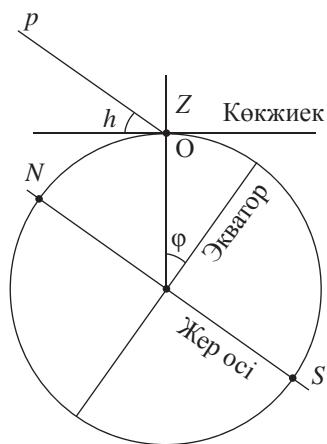
- Солтүстік жартышардың бағыт көрсететін жұлдыздары.
- Астрономиялық бұрыш өлшеуіштер.

§ 10. Эртүрлі географиялық ендіктегі аспан шырақтарының көрінерлік қозғалысы, жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақыт

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- жұлдыздардың әртүрлі ендіктегі шарықтау айырмашылықтарын түсіндіруді;
- жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақытты сәйкестендіруді үйренесіндер.



72-сурет. Мекеннің географиялық ендігі Темірқазықтың (Поляр жұлдызының) биіктігіне тең



Жауабы қандай?

- Неліктен Күннің жыл бойына көрінерлік қозғалысы басқа жұлдыздардың қозғалысынан ерекшеленеді?
- Неліктен экваторда кез келген жыл мезгілінде күн мен түннің ұзактығы бірдей?
- Не себепті «ақтүн» тек поляр дөңгелегінде ғана мүмкін?

I Тұратын орынның географиялық ендігін анықтау

72-суреттің қарастырайық: бақылаушы Жер бетіндегі О нүктесінде тұр. Осы орынның ендігі ф-ға, дүние полюсінің биіктігі h -қа тең. Қабыргалары өзара перпендикуляр сүйір бұрыштар болғандықтан, олар өзара тең.

Көкжисек үстіндегі дүние полюсінің биіктігі сол жердің географиялық ендігіне тең.

Дүние полюсінің маңында Темірқазық жұлдызы орналасқан, оның биіктігі бойынша сол орынның ендігін анықтауға болады.

II $\phi = 90^\circ$ ендікте аспан сферасының айналуы

Солтүстік географиялық полюстегі мекеннің ендігі $\phi = 90^\circ$, демек, Темірқазық (Поляр жұлдызы – П.Ж.) жұлдызының биіктігі де $h = 90^\circ$. Бұл жағдайда экваторлық координаталар жүйесі көкжиеңкен қосылып кетеді де (73-сурет), Темірқазық жұлдызы бақылаушыға қатысты зенитте орналасады.



73-сурет. Күннің және жұлдыздардың солтүстік полюстегі көрінерлік қозғалысы

Күннен басқа барлық жұлдыздар тәуліктік параллель бойымен айналады, олардың биіктігі 73-суреттегі M жұлдызы секілді уақыт бойынша өзгермейді. Эклиптика жазықтығы экватор

жазықтығымен $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ бұрыш құрайды. Осындаид еңкею нәтижесінде көкжиек үстінде Күннің еңкею биіктігі өзгереді.

Күн тәуліктік параллель бойымен айналып, көтемгі күн мен тұн теңелетін күні (21 наурызда) көкжиек сзығында орналасады. Тәулік сайын Күннің биіктігі жоғарылаپ, 22 маусымда $h = 23^{\circ}27'$ мәніне жетеді де, тәуліктік параллельдер бойымен айналуын жалғастырып, қайтадан көкжиек сзығыны түседі. Солтүстік полюсте полярлы күн алты айға созылады. Қалған алты айда Күн тәуліктік параллельдер бойымен көкжиек сзығының астында қозғалып, солтүстік полюсте полярлы тұн басталады.

III $\varphi = 0^{\circ}$ ендікте аспан сферасының айналуы

Экваторда мекеннің ендігі $\varphi = 0^{\circ}$, демек, Темірқазық жүлдзызының биіктігі $h = 0^{\circ}$ және ол көкжиек сзығында орналасқан. Экваторлық және горизонталь координаталар жүйесі өзара перпендикуляр $PP' \perp ZZ'$ (74-сурет).

Жүлдзыздардың тәуліктік параллельдері көкжиек сзығына перпендикуляр болады. Жыл мезгіліне тәуелсіз күн мен түннің ұзақтығы тен болады.

Жазғы және қысқы күн тоқырауы кезінде Күннің биіктігі минимал және $66^{\circ}33'$ -қа тен болады. Көтемгі және күзгі күн мен тұн теңелуі кездерінде Күн зенитте орналасып, оның биіктігі $h = 90^{\circ}$ болады.

IV Аспан сферасының орта ендікте айналуы

Орта ендіктерде координаталардың экваторлық жүйесінің горизонталь жүйеге қатысты көлбей орналасуы сол орынның ендігіне тәуелді болады.

Маңызды ақпарат

Бүрінғы Кенес Одағы мемлекеттерінің аумағында 1930 жылы тәуліктік кешкі уақытында жарықты үнемдеу мақсатында декреттік уақыт енгізілді. Үкіметтің шешімімен сағат тілі бір сағат алға жылжытылды. Декреттік уақыт бойынша түскі уақыт Күннің жоғары шарықтауына сәйкес келетін нақты уақытынан бір сағат ерте келеді. Күннің жоғары шарықтауында сағат тілі 13.00-ді көрсетеді.

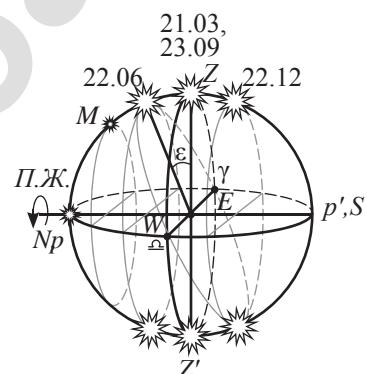
1-тапсырма

Өз қалаларыңың бойлығын уақыт бірлігінде өрнектендер.

Назар аударындар!

Егер елді мекеннің географиялық бойлығы 72° болса, бүкіләлемдік уақыт 14.00 болғанда жергілікті уақыт былай есептеледі:

$$T_{\lambda} = T_0 + \lambda = 14 \text{ сағ} + \\ + 4 \text{ сағ } 48 \text{ мин} = 18 \text{ сағ } 48 \text{ мин.}$$



74-сурет. Күннің және жүлдзыздардың экватордағы көрінерлік қозғалысы

2-тапсырма

Бүкіләлемдік уақыт 8.00 болғанда жергілікті уақыт қанша болатынын анықтандар.

Есте сақтандар!

Жергілікті уақыт бүкіләлемдік уақыт пен уақыт бірлігінде өрнектелген жергілікті бойлықтың қосындысымен анықталады.

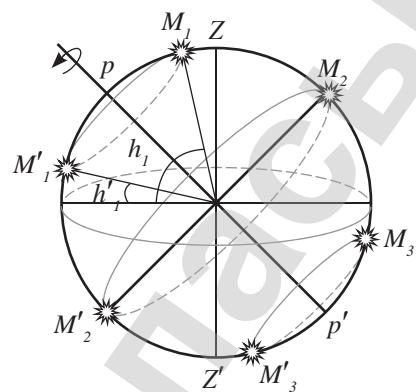
Аспанның тәуліктік айналуының нәтижесінде жұлдыздар бір тәуліктің ішінде көкжиек үстінде өзінің биіктігін өзгертереді. Жоғарғы шарықтау кезінде жұлдызының биіктігі максимал, ал төменгі шарықтау кезінде минимал, M_1 жұлдызы үшін $h_1 > h^1$ болады (75-сурет).

Орта ендікте кейбір жұлдыздар батпайтын, енді бірі шықпайтын, қалғандары бататын-шығатын жұлдыздар болады. 75-суретте M_1 – батпайтын, M_2 – шықпайтын, M_3 – бататын-шығатын жұлдыздар.

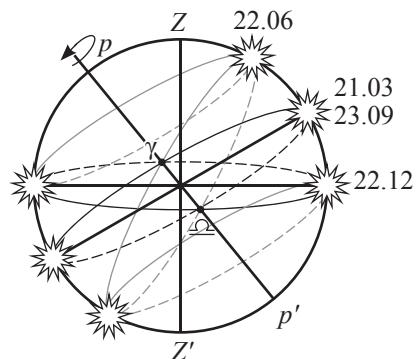
Орналасқан орнының ендігіне байланысты Күн осы аталған үш топқа да жатады. Поляр шеңберінің сыртында, ендігі $\phi = 66^{\circ}27'$ параллельдерден солтүстікке қарай бірнеше жазғы күнде Күн – батпайтын жұлдызы қатарында, сәйкесінше, онтүстік жартышарда, ендігі $\phi = -66^{\circ}27'$ параллельдерден онтүстікке қарай Күн шықпайтын жұлдызы болады.

«Ақтүн» кезеңінде көкжиек сыйығына түскен Күн тез арада қайта шыға бастайды (76-сурет).

Көктемгі және күзгі күн тенелуі кездерінде Күн экватор бойымен қозғалады. Күн мен түннің ұзақтығы бірдей, 12 сағатқа тең болады.



75-сурет. Жұлдыздардың орта ендіктерден көрінерлік қозғалысы



76-сурет. Күннің жыл бойы орта ендікten көрінерлік қозғалысы

Бұл қызық!

Қазақ халқы тәулік уақытын күндіз көлеңкеге, түнде жұлдыздарға қарап анықтаған. Тәулік мезгілдерінің атаулары: құланиеқ, таң сәрі, сәске тұс, тұс, бесін, екінті, ақшам, кеш, жарым түн, т.б.

V Орташа күн тәуліктері

Тәуліктің ұзақтығы ретінде Жердің өз осінен бір толық айналым жасауды қабылданған. Айналу Күнге қатысты болса, онда тәулік күн тәулігі деп, жұлдызға қатысты болса, жұлдыз тәулігі деп аталады. Біз уақыт санауды күн тәулігі арқылы жүргіземіз.

Күн тәуліктері – Күннің центрлік нүктесінің екі жоғарғы және екі төменгі шарықтау нүктелерінің арасындағы уақыт.

Шарықтау – жұлдыздардың бас аспан меридианы арқылы өту құбылысы (77-сурет).

Жердің Күнді айнала қозғалуы бірқалыпсыз болғандықтан, тәулік ұзақтығы жыл бойы өзгеріп отырады, сондықтан ұзақтығы 24 сағат болатын орташа күн тәуліктегі енгізілген.

VI Бүкіләлемдік және жергілікті уақыт

Күннің бас аспан меридианы арқылы өту уақыты орналасқан орнының географиялық бойлығына тәуелді. Жердегі бойлық санағы басталатын бастапқы меридиан Гринвич арқылы өтеді, оның географиялық бойлығы 0-ге тең.

Гринвич меридианының жергілікті уақытын бүкіләлемдік уақыт деп атайды, оны T_0 әрпімен белгілейді.

Жергілікті уақыт – бір меридианда орналасқан нүктелердегі тәуліктің бірдей мезетіндегі уақыт.

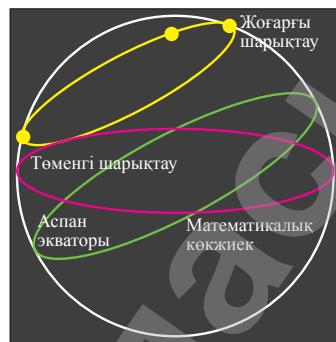
Географиялық бойлығы λ болатын орындарда ол мынаған тең болады: $T_\lambda = T_0 + \lambda$.

Жергілікті уақытты есептегенде тұратын орнының бойлығын сағат, минут және секундпен көрсету керек. Жер 24 сағатта 360° айналым жасайтынын ескеріп, уақыттың өлшем бірліктері мен Жер бетіндегі нүктелердің бұрыштық орын ауыстыруының өлшем бірліктері арасындағы байланысты аламыз:

$$\begin{aligned}24 \text{ сағ} &= 360^\circ; \\1 \text{ сағ} &= 15^\circ; \\4 \text{ мин} &= 1^\circ; \\1 \text{ мин} &= 15'; \\4 \text{ с} &= 1'; \\1 \text{ с} &= 1''.\end{aligned}$$

VII Белдеулік уақыт

Жергілікті уақытты тәжірибеде қолдану ыңғайсыз, себебі ол бір аймақтың әртүрлі аудандарында түрліше болады. Жер беті полюстерді қосатын сызықтар көмегімен 24 белдеуге белінген, олардың әрқайсысы бойлық бойымен 15° -қа созылады. Орталық меридиан белдеулерді $7^{\circ}30'$ болатын екі бірдей беллікке бөледі. Гринвич меридианының белдеуін нөлдік белдеу дәп есептейді, Қазақстан Республикасының аумағы арқылы 4 және 5-сағаттық белдеулер өтеді.



77-сурет. Жұлдыздың жоғарғы және төменгі шарықтауы



Жауабы қандай?

1. Неліктен жергілікті уақыт кең қолданысқа ие болған жоқ?
2. Не себепті сағаттық белдеулердің әкімшілік шекарасы жүргізілген?
3. Неліктен тәулікті санау 180-нен емес, 0-дік меридианнан басталады?
4. Неліктен біз қолданып жүрген уақыт нақты уақыттан бір сағат алда?

Белдеулік уақытты анықтау үшін бүкіләлемдік уақытқа берілген орын белдеуінің реттік санын қосамыз: $T_n = T_0 + n$, мұндағы n – белдеу саны.

Әрбір белдеу ішінде оның орталық меридианының уақыты пайдаланылады.

Белдеулік уақыт – бойлық бойымен бір-бірінен 15° арақашықтықта орналасқан 24 негізгі географиялық меридиандар үшін анықталатын уақыт.

Белдеулердің шекарасы мемлекеттік және әкімшілік шекаралармен белгіленген. Қазақстан Республикасында уақыт декреттік уақыт бойынша есептеледі. Ол Қазақстан Республикасы үкіметінің қаулысымен реттеледі. Уақыт нақты уақыттан 1 сағат алда жүретін ресми әкімшілік 4 және 5-сағаттық белдеулер бар (*78-сурет*). 2018 жылы Қазақстан үкіметінің Қызылорда облысын 4-сағаттық белдеуге UTC+5 (UTC – Бүкіләлемдік үйлестірілген уақыт) аудыстыру туралы жобасы дайындалып, іске асрылды.



78-сурет. Қазақстан Республикасының нақты сағаттық белдеулері

Бақылау сұрақтары

- Елді мекеннің ендігін қалай анықтайды?
- Күн мен жұлдыздар солтүстік полюсте орналасқан бақылаушыға қатысты қандай қозғалыс жасайды? Бақылаушы экваторда орналасса ше?
- Күн мен жұлдыздар орта ендікте қалай қозғалады?
- Еңістігі белгілі жұлдыздың максимал көтерілу биіктігін қалай анықтауға болады?
- Қандай тәуліктер күн тәуліктері деп аталады?
- Белдеулік уақыттың жергілікти уақыттан қандай айырмашылығы бар?
- Қандай уақытты бүкіләлемдік уақыт деп атайды?



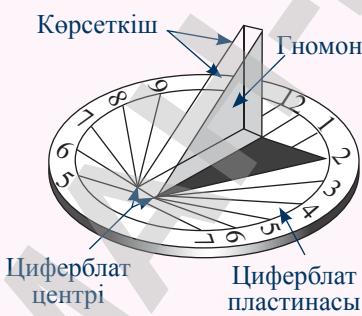
- Бетельгейзенің жоғарғы шарықтау биіктігі $43^{\circ}24'$ болса, бақылаушы қай ендікте орналасқан?
- Бүкіләлемдік уақыттан 4 сағат алда жүретін елді мекеннің ендігін анықтаңдар.
- Ендігі $\lambda = 90$ болатын елді мекеннің сағаттық белдеуін анықтаңдар.



- Альтаир жұлдызының Нұр-Сұлтан қаласындағы бақылаушы ($\phi = 51^{\circ}12'$) және Алматы қаласындағы бақылаушы үшін ($\phi = 43^{\circ}15'$) жоғарғы шарықтау биіктігін салыстырыңдар.
- Бүкіләлемдік уақыт 13.00 болғанда Гринвичтен шығысқа қарай 65° ендіктегі жергілікті уақытты анықтаңдар.
- 5-сағаттық белдеудегі уақыт 14.00 болғанда 2-сағаттық белдеудегі уақытты анықтаңдар.

Эксперименттік тапсырма

- Поляр жұлдызы (Темірқазық) арқылы өздерің тұратын жердің ендігін анықтаңдар.
- Гномон (79-сурет) көмегімен талтұстік сыйық пен шынайы тал түс уақытын анықтаңдар. Ол сендердің сағаттарындағы тал түс уақытымен сәйкес келе ме?



79-сурет. Гномон

Шығармашылық тапсырма

«Күн сағаттарының құрылышы мен жұмыс істеу принципі» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.

§ 11. Күн жүйесіндегі планеталардың қозғалыс заңдары

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ішергендегі:

- Кеплер заңдарының негізінде аспан денелерінің қозғалысын түсіндіре аласындар.



Иоганн Кеплер (1571–1630) – неміс математигі, астроном, механик, оптик, ол Күн жүйесіндегі планеталардың қозғалыс заңын ашты.

I Коперниктің гелиоцентрлік жүйесі және оның әлемдік маңызы.

Планеталардың көрінерлік қозғалысы

XV ғасырға дейін әлемнің құрылымы туралы Клавдий Птолемейдің әлемнің ортасында Жер орналасқан деп тұжырымдаған әлемнің геоцентрлік жүйесі көзқарасы басым болды. Оған сүйеніп планеталарға дейінгі қашықтықты анықтау және олардың Жерден тұзақ тәрізді көрінерлік қозғалысын есептеу мүмкін емес еді. Николай Коперник әлемнің гелиоцентрлік жүйесін ұсынып, әлемнің ортасына Күнді орналастыруды. Планеталардың тұзақ тәрізді қозғалысын ол бақылаудың қозғалыстағы Жерден жүретінімен байланыстыруды. Жер орбитасының радиусы Марс, Юпитер және Сатурн орбиталарының радиусынан кіші, сондықтан сыртқы планеталарды «озып кетіп», біз Жерден олардың көрі бағыттағы тұзақ тәріздес қозғалысын көреміз (80-сурет).

Коперник Күн мен планеталардың салыстырмалы арақашықтығын анықтап, олардың айналу периодын есептеп шығарды. Коперник планеталар дөңгелек орбита бойымен бірқалыпты қозғалады деп болжады, сондықтан оның есептеулері Птолемейдікінен дәл болмады. Коперниктің жұмысын кейіннен неміс ғалымы Иоганн Кеплер жалғастыруды. Ол Марс қозғалысын бақылаған дат астрономы Тихо Брагенің енбектері мен Коперниктің гелиоцентрлік жүйесі негізінде планеталардың қозғалыс заңын ашты.

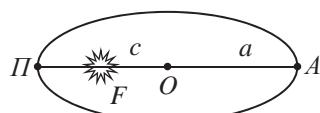
орбита бойымен бірқалыпты қозғалады деп болжады, сондықтан оның есептеулері Птолемейдікінен дәл болмады. Коперниктің жұмысын кейіннен неміс ғалымы Иоганн Кеплер жалғастыруды. Ол Марс қозғалысын бақылаған дат астрономы Тихо Брагенің енбектері мен Коперниктің гелиоцентрлік жүйесі негізінде планеталардың қозғалыс заңын ашты.

II Кеплердің бірінші заңы

Зерттеулер нәтижесінде планеталардың орбиталары эллипс пішінді болатыны анықталды (81-сурет).



80-сурет. Сыртқы планеталардың көрінерлік қозғалысы



81-сурет. Планеталар орбиталары – эллипстер

Әрбір планета фокустарының бірі Күнде орналасқан эллипс бойымен айналады.

Орбитаның Күнге ең жақын нүктесі Π – перигелий, ал ең алтын нүктесі A – афелий деп аталады.

Эллипстің сопактық дәрежесін e – эксцентризитет сипаттайды:

$$e = \frac{c}{a},$$

мұндағы c – F фокустан O эллипс центріне де-йінгі қашықтық; a – эллипстің үлкен жарты осі.

Жер орбитасының үлкен жарты осі – бұл оның Күнге дейінгі орташа қашықтығы:

$$a = \frac{PF + FA}{2}.$$

Егер фокустары центрімен сәйкес келетін болса, онда эллипс шеңберге айналады, демек, $c = 0$ болғанда, эксцентризитет $e = 0$, планета қозғалысының траекториясы шеңбер болады.

Эллипстің фокусы центрінен алыстаған са-йын, эллипс сопактығы ұлғаяды түседі де, эксцен-тристі жоғарылайды, алайда 1-ден аспайды,

$$0 < e < 1.$$

7-кестеде Күн жүйесі планеталарының экс-центризитеттері берілген. Планеталардың эксцент-ризитеттерінің салыстырмалы талдауының нәти-жесінде Шолпан мен Нептун орбиталарының шеңберден айырмашылығы жоқ екенін көруге болады. Орбиталары ең сопак планеталар – Мер-курий мен Марс.

Астрономияда Жер орбитасының үлкен жарты осінің ұзындығы аспан денелері арақашықтығының өлшем бірлігі ретінде қабылданған. Ол астроно-миялық бірлік (а.б.) деп аталады:

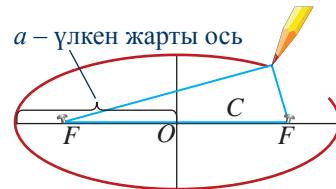
$$1 \text{ а.б.} = 149\,600\,000 \text{ км} \approx 1,5 \cdot 10^8 \text{ км.}$$

Естеріне түсіріндер!

- Өлемнің құрылымы туралы қандай көз-қарастарды білесіндер?
- Неліктен әлемнің геоцентрлік жүйесі жарамсыз болып қалды?

Эксперимент

Ұзындығы шамамен 10–15 см жіппің ұштарын инелермен бекітіндер. Инелерді бір нүктеге кіргізіп, жіппің қарындашпен тартып, қысық сзықыңыздар (82-сурет). Инелердің арақашықтығы 3 см, 6 см, 9 см болатын жағдайлар үшін осы әрекеттерді қайталаңдар. Эксцентризитет 0-ден 1-ге дейін артқанда шеңбер түзу сзыққа айнала-тынына көз жеткізіндер.



82-сурет. Фокустар арақашықтығы артқан кезде эллипс созылыңы күйге түседі.

Назар аударындар!

Меркурий мен Марстың эксцентризитеті Күн жүйесінің басқа планеталарының эксцентризитетінен артық.



Жауабы қандай?

- Неліктен Меркурийдің перигелий және афелий нүктелеріндегі жылдамдықтарының айырмасы Жерге қарағанда көп?
- Жердің Күнге жақындауы жыл мезгілдеріне әсер етеді мә?

7-кесте. Планеталардың Күннен орташа қашықтығы және эксцентрикситеттері

| Планета аты | Орташа қашықтық а, а.б | Эксцентрикситет, е |
|-------------|------------------------|--------------------|
| Меркурий | 0,39 | 0,206 |
| Шолпан | 0,72 | 0,007 |
| Жер | 1,00 | 0,017 |
| Марс | 1,52 | 0,093 |
| Юпитер | 5,20 | 0,048 |
| Сатурн | 9,54 | 0,054 |
| Уран | 19,19 | 0,046 |
| Нептун | 30,07 | 0,008 |

Маңызды ақпарат

Бүкіләлемдік тартылыс заңын ашқаннан кейін Ньютон Кеплердің үшінші заңын толықтырды.

Ол алған қатынас аспан денелерінің массасын анықтауға мүмкіндік берді. Ньютон ортақ массалар центрін айнала қозғалатын екі аспан денесі үшін мына қатынас орындалатынын дәлелдеді:

$$\frac{(M_1 + M_2)T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G},$$

мұндағы M_1, M_2 – дene массалары;

T – денелердің айналу периоды;
 a – аспан денелері арасындағы орташа қашықтық;
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг² – гравитациялық тұрақты.

III Кеплердің екінші заңы

Кеплердің екінші заңы планеталардың өз траекторияларының әртүрлі нүктелеріндегі қозғалыс жылдамдығын қарастыруға мүмкіндік береді.

Планеталардың радиус-векторлары бірдей уақыт аралығында бірдей аудан сыйады.

Аудандардың $S_1 = S_2 = S_3$ тендігінен планеталардың перигелийдегі жылдамдығы максимал, афелийде минимал болатыны шығады (83-сурет): $v_A < v < v_n$.

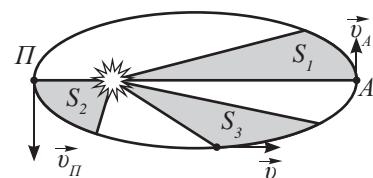
IV Кеплердің үшінші заңы

Кеплердің үшінші заңы екі планетаның айналу периодтары мен олардың Күнге дейінгі қашықтығы арасында байланыс орнатады.

Планеталардың жұлдыздық айналу периодтары квадратының қатынасы олардың орбиталарының үлкен жарты осьтерінің кубтарының қатынасына тең.

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

мұндағы T_1, T_2 – екі планетаның айналу периоды; a_1, a_2 – үлкен жарты осьтер.

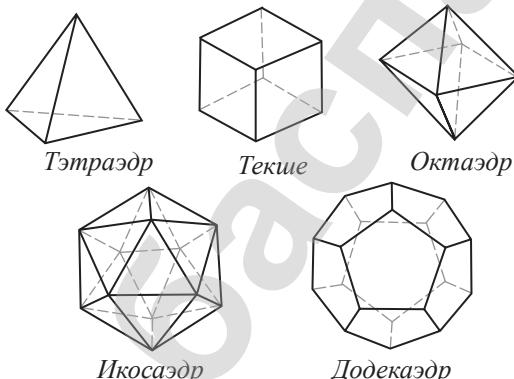


83-сурет. Планеталардың радиус-векторлары сыйадын фигурапалардың аудандары бірдей



Бұл қызық!

Кеплер кубогы – ғалым 6 планетаның: Меркурий, Шолпан, Жер, Марс, Юпитер және Сатурнның орналасуын зерттеудің бастапқы кезеңінде ұсынған Күн жүйесінің моделі. Егер бетінде Сатурн орбитасы орналасқан сфераға текшени қойып, оның бетіне келесі сфераны салса, оның бетінде Юпитер орбитасы орналасады (84-сурет). Юпитер орбитасының сферасына тетраэдр, ал оның ішінے Марс орбитасының сферасын, Марс орбитасының сферасына додекаэдр, додекаэдрға Жер орбитасы сферасын орналастыруға болады. Жер орбитасы сферасына икосаэдр, оған Шолпан орбитасы сферасын, бұл сферага октаэдр және соңынан октаэдрға Меркурий орбитасы орналастырылады. Осы жүйенің центріне Күнді қоюға болады.



84-сурет. Кеплер кубогы

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Урандағы 1 жыл ұзақтығын табындар.

Берілгені:

$$a_{\text{ж}} = 1 \text{ а.б.}$$

$$a_y = 19,19 \text{ а.б.}$$

$$T_{\text{ж}} = 1 \text{ жыл}$$

$$T_y - ?$$

Шешуі:

Урандағы жыл ұзақтығын табу үшін Кеплердің үшінші заңын қолданамыз:

$$\frac{T_{\text{ж}}^2}{T_y^2} = \frac{a_{\text{ж}}^3}{a_y^3}.$$

$$\text{Периодты өрнектесек: } T_y = \sqrt{\frac{T_{\text{ж}}^2 \cdot a_y^3}{a_{\text{ж}}^3}} = T_{\text{ж}} \frac{a_y}{a_{\text{ж}}} \sqrt{\frac{a_y}{a_{\text{ж}}}}.$$

Есептеулерді орындаимыз:

$$\begin{aligned} T_y &= 1 \text{ жыл} \frac{19,19 \text{ а.б.}}{1 \text{ а.б.}} \sqrt{\frac{19,19 \text{ а.б.}}{1 \text{ а.б.}}} = \\ &= 19,19 \text{ жыл} \sqrt{19,19} \approx 87,2 \text{ жыл.} \end{aligned}$$

Жауабы: $T_y = 87,2$ жыл.

Бақылау сұрақтары

1. Кеплер заңдарын тұжырымдаңдар.
2. Ньютон толықтырған Кеплердің үшінші заңы нені анықтауға мүмкіндік береді?

★ Жаттығу

11

1. Күннен Марсқа дейінгі қашықтық Күннен Жерге дейінгі арақашықтықтан 1,5 есе артық. Марстағы жыл ұзактығын табыңдар.
2. Жердің массасын $6 \cdot 10^{24}$ кг, Жерден Айға дейінгі арақашықтықты 384 000 км деп алып, Айдың массасын анықтаңдар. Айдың Жерді айналу периоды 27,32 тәулік.

★ Жаттығу

11

1. Юпитердегі 1 жыл ұзактығын табыңдар.
2. Сыныпта орындалған жаттығудағы 11(1) және үй тапсырмасы 11(1) есептерінің шешімін, есеп шығару үлгілерін пайдаланып, планеталардың Күнді айналу периодарының Күнге дейінгі арақашықтықтарға тәуелділік графикін тұрғызыңдар. График бойынша Шолпанның Күнді айналу периодын анықтаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Ұсынылған тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. И.Кеплердің өмірбаяны.
2. И.Кеплердің ғылыми еңбектері.

§ 12. Астрономияда арақашықтықты параллакс әдісімен анықтау

Күтілетін нәтиже

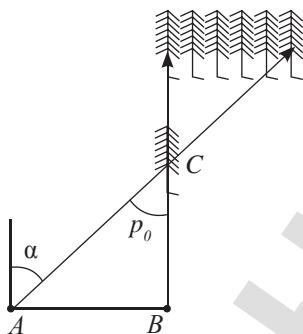
Осы параграфтың иегерендө:

- Күн жүйесіндегі денелердің орбиталары мен арақашықтықтарын анықтау үшін параллакс әдісін пайдалануды түсіндіре аласыңдар.



Жауабы қандай?

- Адам өзін қоршаған денелерге дейінгі арақашықтықтарды өлшеп, салыстыра ала ма?
- Ол дененің жақындаған немесе алыстап келе жатқанын қалай анықтайды?



85-сурет. Параллакстық ығысу

I Параллакс әдісі

Параллакс әдісі – параллакстық ығысу құбылысына негізделген геометриялық әдіс. Егер бақылаушы бір дененің орбитасынан денелерге қатысты өз орын ауыстырады. Денеге түсетін көру сәулесінің бағыты өзгереді (85-сурет). АВ кесіндісін базис, p_0 бұрышын параллакстық ығысу немесе параллакс деп атайды.

Егер салу нәтижесінде тікбұрышты үшбұрыши алынса, онда p_0 параллаксты горизонталь деп атайды.

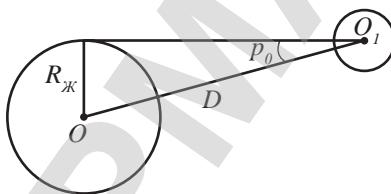
Бақылаушының АВ орын ауыстыруына және а бұрышының өзгеруіне қарай нысанға дейінгі қашықтықты оңай анықтауга болады:

$$AC = \frac{AB}{\sin p_0}.$$

II Күн жүйесінен дейінгі қашықтықты өлшеу

Күн жүйесіндегі аспан денелеріне дейінгі қашықтықты Жердің радиусын базис ретінде қабылдап, горизонталь параллакс бойынша анықтайды (86-сурет).

Аспан денесінен қарағанда көру сәулесіне перпендикуляр орналасқан Жер радиусы көрінетін бұрышты горизонталь параллакс деп атайды.



86-сурет. Аспан денесінің горизонталь параллаксы p_0

p_0 горизонталь параллакс мәні белгілі болса, аспан денесіне дейінгі қашықтық D мына формула бойынша анықталады:

$$D = \frac{R_{\text{ж}}}{\sin p_0}. \quad (1)$$

Егер бұрыш радианмен берілген болса, кіші бұрыштарда $\sin p_0 \approx p_0$.

Егер бұрыш секундпен берілсе, онда:

$$\sin p_0 = \frac{p_0}{206265''},$$

мұндағы $206265''$ – бір радиандағы секунд саны.

(1) формуланың математикалық түрленуі белгілі параллакс бойынша аспан денесіне дейінгі қашықтықты оңай есептеуге мүмкіндік береді:

$$D = \frac{206265''}{p_0} R_{\text{ж}} \quad (2)$$

III. Дененің өлшемдерін анықтау

87-суреттің қаралыбы. Горизонталь параллакс анықтамасы бойынша Жердің радиусы R планетадан p_0 бұрышпен көрінеді. Планета радиусы Жерден ρ бұрышпен көрінеді.

Жер мен планета арасындағы қашықтықты мына формулалар бойынша анықтауға болады:

$$D = \frac{206265''}{p_0} R_{\text{ж}} \text{ немесе } D = \frac{206265''}{\rho} r.$$

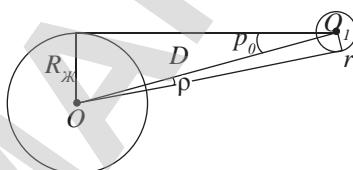
Алынған теңдеулердің оң жағын тәнестіріп

$$\frac{R_{\text{ж}}}{p_0} = \frac{r}{\rho},$$

планета радиусын өрнектеп аламыз:

$$r = \frac{\rho}{p_0} R_{\text{ж}}. \quad (3).$$

Планета радиусын есептеу үшін оның бұрыштық өлшемдерін ρ алып, параллакс өлшенген өлшем бірліктерінде, бұрыштық минуттар мен секундтарда өрнектеу керек.



87-сурет. Аспан денесінің горизонталь параллаксы

Аспан шырағына дейінгі қашықтық D белгілі болса, оның ρ бұрыштық радиусын өлшеп, оның сызықтық өлшемдерін есептеуге болады. Егер ρ бұрышы радианмен берілген болса, аспан денесінің радиусы:

$$r = D \cdot \rho. \quad (4)$$

Жауабы қандай?

Неліктен аспан денелерінің параллаксы өзгереді?

Маңызды ақпарат

$$1 \text{ rad} = \frac{\pi}{3,14} = \frac{180 \cdot 3600''}{3,14} = \\ = 206265''$$

1-тапсырма

Сызышы пен транспортирдің қолданып, мектеп тақтасына дейінгі қашықтықты параллакс әдісімен анықтаңдар. Базис ретінде парталарыңынан ұзындығын алындар (85-сурет). Алынған нәтижені өздеріне белгілі басқа әдіспен тексеріп көріндер. Сендердің ойларынша, қай әдісті қолдану нақты жауп алуға мүмкіндік береді?

2-тапсырма

- Күн жүйесіндегі аспан денелерінің параллаксы бойынша олардың Жерге дейінгі қашықтығын анықтаңдар. Жердің радиусын 6400 км деп алындар.
- Уран мен Жердің арашықтығын 2850 млн км деп алып, Уранның горизонталь параллаксын анықтаңдар.

Диск диаметрі аспан денесінің бұрыштық диаметрі сияқты анықталады:

$$d = D \cdot \rho, \quad (5)$$

мұндағы d – аспан денесі дискісінің сызықтық диаметрі.

8-кесте. Күн жүйесіндегі аспан денелерінің параллаксы

| Аспан денесі | Параллакс |
|--------------|---------------------|
| Меркурий | 14,4" |
| Шолпан | 6"-тан 6"-қа дейін |
| Марс | 6"-тан 24"-қа дейін |
| Юпитер | 6" |
| Сатурн | 0,9" |
| Күн | 8,8" |
| Ай | 57' |

3-тапсырма

Анықтамалық әдебиеттердің қолданып, кестеде Меркурий, Шолпан, Сатурн, Күн және Айдың қандай күйіндеңі параллакс берілгенін анықтаңдар.

Эксперимент

Қаламды алып, қолда-рынды тақтаға қарай созыңдар. Қаламға алдымен оң, содан соң сол көздерінмен қарандар. Шынтақтарынды бүгіп, өз бақылауларынды қайталаңдар. Қай жағдайда параллакс үлкен?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

1-есеп. Горизонталь параллаксы $0,9''$ болса, Сатурн Жерден қандай қашықтықта орналасқан?

Берілгені:

$$\begin{aligned} p_0 &= 0,9'' \\ R_* &= 6400 \text{ км} \end{aligned}$$

$$D - ?$$

Шешуі:

$$D = \frac{206265''}{p_0} R_*$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$D = \frac{206265''}{0,9''} \cdot 6400 \text{ км} = 1466773333 \text{ км} \approx 9,8 \text{ а.б.}$$

Жауабы: $D = 9,8$ а.б.

2-есеп. 400 000 км қашықтықтан шамамен $0,5^\circ$ бұрышпен көрінетін болса, Айдың сызықтық диаметрі неге тең?

Берілгені:

$$D = 400000 \text{ км}$$

$$P = 0,5^\circ$$

$$d - ?$$

Шешуі:

$$d = D \cdot \rho.$$

$$\rho \text{ радианда өрнектесек: } \rho = \frac{0,5 \cdot 3600''}{206265''} \approx 0,0087.$$

$$\text{Есептейміз: } d \approx 400000 \text{ км} \cdot 0,0087 = 3480 \text{ км}.$$

Жауабы: $d = 3480$ км.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай бұрыш горизонталь параллакс деп аталады?
2. Құн жүйесіндегі аспан денелеріне дейінгі қашықтықты қалай анықтайды?
3. Аспан денесінің параллаксы қалай анықталады?
4. Аспан денесінің бұрыштық өлшемдері деп нені атайды?
5. Аспан денесінің сыйықтық өлшемдерін қалай анықтайды?

★ Жаттығу

12

1. Орбитасының Жерге ең жақын нүктесінде (перигей) Жерден Айға дейінгі қашықтық 363 000 км, ал ең алыс нүктесінде (апогей) 405 000 км. Айдың осы күйлерінің горизонталь параллаксын анықтаңдар.
2. Егер Кұн мен Айдың бұрыштық диаметрлері бірдей, ал горизонталь параллакстары сәйкесінше $8,8''$ және $57'$ болса, Кұн Айдан неше есе үлкен?
3. Шолпанның Жерден ең аз қашықтығы 40 млн км-ге тең. Бұл кезде оның бұрыштық диаметрі $32,4''$. Осы планетаның сыйықтық радиусын анықтаңдар.

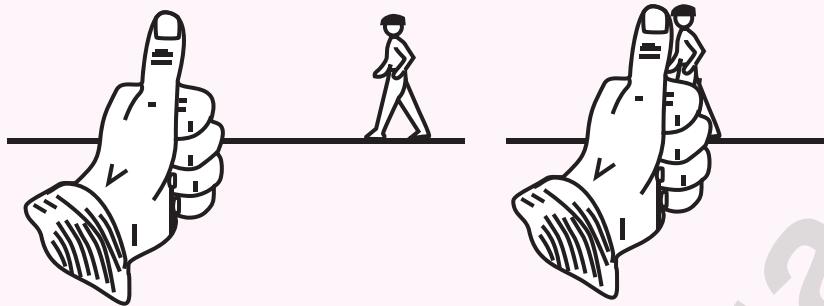
★ Жаттығу

12

1. Горизонталь параллаксы $r = 18,0''$ болса, Икар астероиды Жерге қандай қашықтыққа ұшып келген?
2. Егер Юпитер Күннен Жерге қарағанда 5 есе алыс болса, оның жерден бақыланатын горизонталь параллаксы неге тең?
3. Кұн параллаксы $8,8''$, ал көрінетін бұрыштық радиусы $r = 16' 01''$. Кұн радиусы Жер радиусынан неше есе үлкен?

Эксперименттік тапсырма

1. Көше бойымен сендерге немесе үйлеріңе қатысты солдан оңға қарай келе жатқан адамға дейінгі арақашықтықты анықтаңдар (88-сурет).



88-сурет. Эксперименттік тапсырмада

Тапсырманы орындау алгоритмі:

- a) Қолдарыңды өтіп бара жатқан адамға қарай созыңдар. Сол көздерінді жұмып, бас бармақтарыңа оң көздеріңмен қараңдар.
 - ә) Жолаушы саусақпен жабылып қалған сәтте, оң көздерінді жұмып, сол көздерінді ашып, жолаушы тағы да саусақпен жабылып қалғанға дейінгі қадамдар санын санаңдар.
 - б) Алынған қадамдар санын 10-ға көбейтіңдер, бүл – жолаушыдан сендерге дейінгі қашықтық.
 - в) Ересек адамның орташа қадамының ұзындығы 75 см деп алып, қадаммен алынған қашықтықты метрге аударыңдар.
2. Кеңістікте қажетті салуларды жүргізген соң, неліктен қадам саны 10-ға көбейтілгенін анықтаңдар. Көздердің арасындағы қашықтықты 6 см, көзден саусақ ұшына дейінгі қашықтықты 60 см деп алындар.
3. Егер адам солға қарай қозғалса, тәжірибеде не өзгереді?

Шығармашылық тапсырма

«Жұлдыздарға дейінгі қашықтықты өлшеу» тақырыбында хабарлама дайындаңдар.

2-тараудың қорытындысы

| Жергілікті және белдеулік уақыт | Жұлдыздардың жарқырауы |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $T_\lambda = T_0 + \lambda$ $T_n = T_0 + n$ | $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ |
| Кеплер зандаresи | Аспан денелеріне дейінгі қашықтық, олардың өлшемдері |
| $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ $\frac{(M_1 + M_2)T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G}$ | $D = \frac{206265''}{p_0} R_{\text{ж}}$ $r = \frac{\rho}{p_0} R_{\text{ж}} ; r = D \cdot \rho ; d = D \cdot \rho$ |

Кеплер зандаresи

Әрбір планета фокустарының бірі Күнде орналасқан эллипс бойымен айналады.

Планеталардың радиус-векторлары бірдей уақыт аралығында бірдей аудан сымзады.

Планеталардың жұлдыздық айналу периодтары квадраттарының қатынасы олардың орбиталарының үлкен жарты осытерінің кубтарының қатынасына тең.

Глоссарий

Абсолюттік жұлдыздық шама М – Жерден 32,6 жарық жылы қашықтықта орналасқан жұлдызы ие болатын жұлдыздық шама.

Азимут А – аспан денесінің тәуліктік қозғалыс бағытымен оңтүстік нүктесінен вертикальға дейінгі бұрыштық аракашықтық.

Биіктік h – аспан денесінен вертикаль жанындағы көкжиек сыйығына дейінгі бұрыштық аракашықтық.

Горизонталь параллакс – аспан денесінен қарағанда көру сәулесіне перпендикуляр орналасқан Жер радиусы көрінетін бұрыш.

Шарықтау – жұлдыздардың бас аспан меридианы арқылы өту құбылысы.

Жергілікті уақыт – бір меридианда орналасқан нүктелердегі тәуліктің бірдей мезетіндегі уақыт.

Аспан сферасы – кез келген радиустағы барлық көрінетін аспан денелері проекцияланатын ойша алынған сфера.

Белдеулік уақыт – бойлық бойымен бір-бірінен 15° аракашықтықта орналасқан 24 негізгі географиялық меридиандар үшін анықталатын уақыт.

Тік шарықтау – көктемгі теңелу нүктесінен жұлдыз орналасқан еңістік дөңгелегіне дейінгі бұрыштық қашықтық.

Жарық жылы – Жердің бір жылы ішінде жарықтың вакуумда таралу қашықтығы.

Ғалам – планеталардан, жұлдыздардан, жұлдызыаралық заттардан және гарыш сәулелерінен құралған барлық материялық әлем.

Жарқырау немесе сәуле шығару қуаттылығы – бірлік уақыт ішінде жұлдыз шығаратын толық энергия.

Еңістік δ – еңістік дөңгелегі маңындағы жұлдыздың аспан экваторы жазықтығынан қашықтығы.

Күн тәуліктері – Күннің центрлік нүктесінің екі жоғарғы және екі төменгі шарықтау нүктесінің арасындағы уақыт.

Эклиптика – Күннің зодиак шоқжұлдыздары бойымен жылдық көрінерлік қозғалысы өтетін аспан сферасының үлкен дөңгелегі.

З-ТАРАУ

ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

«Кинематика негіздері» тарауында біз үдеудің бағыты мен сандық мәні дененің қозғалыс түрін анықтайтынын білдік. Қозғалыс түрлерінің ішінен тұзу сызықты теңайнымалы қозғалыс пен шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыспен таныстық.

Неге дene басқаша емес, дәл осылай қозғалады? Үдеудің шамасы мен бағытына қандай факторлар әсер етеді? Осы сұрақтардың жаубын біз «Динамика негіздері» тарауынан аламыз.

Динамика – механикалық қозғалыстың себептерін қарастыратын механиканың бір саласы.

«Динамика» күш деген мағына беретін гректік «dynamics» сөзінен шыққан. Күш – денелердің өзара әрекеттесуінің өлшемі және дene жылдамдығының өзгеруі мен деформациялануының себебі болып табылатын векторлық физикалық шама.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- инерция, инерттілік, инерциялық санақ жүйелері үғымдарының мағынасын түсіндіруді;
- Ньютоның бірінші заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды;
- ауырлық, күшінің, серпімділік күшінің, үйкеліс күшінің табиғатын түсіндіруді;
- Ньютоның екінші заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды;
- Ньютоның үшінші заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды;
- бүкіләлемдік тартылыс заңын тұжырымдауды және оны есеп шығаруда қолдануды;
- үдеумен қозғалып келе жатқан дененің салмағын анықтауды;
- салмақсыздық, қүйін түсіндіруді;
- есеп шығаруда бірінші ғарыштық жылдамдық формуласын қолдануды;
- ғарыш аппараттары орбиталарын салыстыруды;
- тартылыс өрісіндегі дененің қозғалысын сипаттайтын шамаларды анықтауды үйренесіңдер.

§ 13. Ньютоның бірінші заңы, инерциялық санақ жүйелері

Күтілетін нәтиже

- Осы параграфтың иегергенде:
- инерция, инерттілік, инерциялық санақ жүйесі ұғымдарының мағынасын түсіндіре аласындар;
 - Ньютоның бірінші заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды үйренесіндер.



Жауабы қандай?

- Неліктен аспан денелері үнемі қозғалыста болады?
- Не себепті женіл атлет эстафетаны тапсыруға кейін жүгіруді жалғастырады (89-сурет)?



89-сурет. Эстафета тапсыру физика заңдарына негізделген



Естеріне түсіріндер!

Қандай қозғалысты инерциялық қозғалыс деп атайды?



Назар аударындар!

Әлемде барлығы айналмалы қозғалыс жасайды, табиғатта инерциялық санақ жүйелері жок.

I Инерция заңы, денелердің инерттілігі

7-сыныптың физика курсында Аристотель мен Галилейдің дene қозғалысқа түсетін немесе тыныштық күйінде қалатын жағдайларға көзқарастарын қарастырган болатынбыз.

Аристотель дeneге басқа денелер әсер етпесе, қозғалыс мүмкін емес екенін айтқан болатын. Денені орнынан қозғалту үшін оған күш түсіру керек.

Г.Галилей тыныштық күйі мен денелер қозғалысының себебін былай түсіндірді: басқа денелер әсер етпейтін дene тұрақты жылдамдықпен қозғалады немесе тыныштық қалпын сақтайды. Егер оған басқа денелер әсер етсе, дененің жылдамдығы өзгереді. Дененің өз жылдамдығын өзгеріссіз сақтау қасиетін инерттілік деп атайды. Инерттілік қасиеті дененің жылдамдығын өзгерту үшін уақыт керек екенімен байланысты. Дене лезде тоқтай алмайды немесе қозғалыс жылдамдығын бірден арттыра алмайды.

Инерттілік – дененің оған әсер етуші сыртқы күштер болмаған немесе олардың әсері тенгерілетін жағдайда бірқалыпты және тұзу сыйықты қозғалысын немесе тыныштық күйін сақтап қалу қасиеті.

Инерция – дeneге басқа денелер әсер етпеген жағдайда дene жылдамдығының сақталуы.

II Ньютоның бірінші заңы

И.Ньютон денелер қозғалысының жалпы заңын тұжырымдады. Ол Г.Галилейдің инерция заңын толықтырып, *бірінші заң* деп атады. Тәжірибелер мен бақылаулар нәтижесінде ол кейір санақ жүйелерінде Галилейдің тұжырымдамасы орындалмайды деген қорытындыға келді. Мысалы, көліктің үдемелі немесе кемімелі қозғалысы кезінде жолаушы еркінен тыс тепе-тендік күйін

жоғалтып, қозғалыс жылдамдығын өзгертеді. Бұл кезде оған ауырлық күші мен тіректің реакция күшінен басқа күштер әсер етпейді (*90-сурет*), демек, инерция заңы орындалмайды.

Егер санақ жүйесін үдеумен қозғалып бара жатқан денемен байланыстыrsa, онда бұл жүйеге қатысты инерция заңы орындалмайды.

И.Ньютон инерция заңын нақтылай келе, инерциялық санақ жүйесі ұғымын енгізіп, заңды былай тұжырымдады:

Егер денеге қүш әсер етпесе немесе күштердің әсері теңгерілген болса, деңе инерциялық санақ жүйесіне қатысты тұзу сызықты және бірқалыпты қозғалады немесе тыныштық күйін сақтайды.

III Инерциялық және инерциялық емес санақ жүйелері

Жермен байланысты санақ жүйесі инерциялық болып табылады, себебі оған қатысты инерция заңы орындалады.

Инерция заңы орындалатын санақ жүйесі инерциялық санақ жүйесі деп аталады.

Бірқалыпты қозғалып келе жатқан көлікте – пойызда немесе теплоходта орындалатын барлық құбылыстар Жердегідей болады. Мысалы, вертикаль жоғары лақтырылған доп лақтыру нұктесіне құлайды, үстелге қойылған құмыра тыныштық күйін сақтайды. Жерге қатысты тұрақты жылдамдықпен қозғалып келе жатқан санақ жүйелерінде инерция заңы орындалады. Бұлар инерциялық жүйелер болып табылады.

Жерге қатысты үдеумен қозғалып келе жатқан денелермен байланысты санақ жүйесі инерциялық емес деп аталады.

1-тапсырма

1. Инерциялық қозғалысқа мысалдар келтіріндер.
2. Тыныштық инерциясына мысалдар келтіріндер.
3. Сендер келтірген мысалдарда қозғалыстағы денеге қандай күштер әсер етеді?
4. Сендер келтірген мысалдарда қай дene жоғары инерттілікке ие?



90-сурет. Жолаушылардың инерция бойынша қозғалысы

Жауабы қандай?

Автобус жылдамдығы кілт азайғанда жолаушылардың алға қарай қозғалуының себебі неде (88-сурет)? Жылдамдық кілт жоғарылаған кезде немесе онға және солға бұрылғанда жолаушылар қандай қүйде болады?

2-тапсырма

Инерциялық және инерциялық емес санақ жүйелеріне мысал келтіріндер.

Жауабы қандай?

Неліктен Жермен байланысты санақ жүйесін ғарышқа ұшу есептеулерінде қолдануға болмайды?

Үдеумен қозғалып келе жатқан көлік инерциялық емес санақ жүйесіне жатады. Оған қаңысты инерция заңы орындалмайды.

IV Инерциялық санақ жүйесінің моделі

Жердің айналасында қозғалатын денелер үшін біздің планетамыз инерциялық емес санақ жүйесі болып табылады. Себебі ол өз осінен және Күнді айнала айналмалы қозғалыс жасайды. Күн планеталармен бірге біздің Галактикамыздың центрін айнала қозғалады. Демек, Күнмен байланысқан санақ жүйесі де инерциялық емес болып табылады.

Инерциялық санақ жүйесі – физикалық тапсырмалардың шешімін жеңілдету үшін енгізилетін модель.

Егер санақ жүйесін қолдану есептеу кезінде ұлken қателіктеге әкелмейтін болса, санақ жүйесі инерциялық деп аталады.

Жер планетамызда болып жатқан қозғалыстар үшін (гарыштық қозғалыстардан баска) инерциялық санақ жүйесі болып табылады.

V Құштердің теңгерілген әсері

Бірқалыпты тұзу сзықты қозғалысты Ньютоның бірінші заңы тұрғысынан қарастырайық. Денеге әсер ететін барлық құштердің көрсетейік (91-сурет).

Жерде тарту күші үйкеліс күшінің әсерін теңгеретін болса, автокөлік бірқалыпты қозғала алады:

$$F_{\text{марту}} = F_{\text{үйк.}}$$

Тіректің реакция күші ауырлық күшінің әсерін толықтырады: $N = F_a$. Бұл денеге түсетін барлық құштердің теңәсері нөлге тең дегенді білдіреді:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{\text{марту}} + \vec{F}_{\text{үйк.}} + \vec{F}_a + \vec{N} = 0$$

Мұндағы \vec{F}_R – денеге түсірілген құштердің геометриялық қосындысымен анықталатын теңәсерлі күш.

Алынған теңдік Ньютоның бірінши заңының математикалық өрнегі болып табылады.



Жауабы қандай?

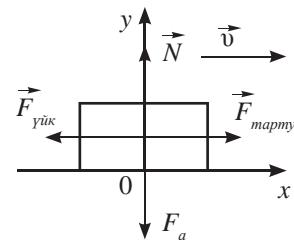
Неліктен Жерде Галилейдің инерция заңын тексеру мүмкін емес?



Маңызды ақпарат

Ньютоның I заңын қолданып, есептер шыгару алгоритмі

1. Денеге әсер ететін денені және құштерді бейнелеу.
2. Ньютоның I заңын векторлық түрде жазу (1).
3. Есеп шыгаруға қолайлы координаталар осін таңдау.
4. Ньютоның I заңын таңдалған оське проекция түрінде жазу (2, 3).
5. Ньютоның I заңын проекция таңбаларын ескере отырып, модуль түрінде жазу.
6. Құштерді олар тәуелді болатын шамалармен алмастыру.
7. Алынған теңдеуді (теңдеулер жүйесін) белгісіз шамаларға қаңысты шешу.
8. Қажет жағдайда кинематика формулаларын қолдану.



91-сурет. Егер денеге әсер ететін құштер теңгерілген болса, дene тұрақты жылдамдықпен қозғалады.



Жауабы қандай?

Қандай жағдайда вектордың проекциясы оң, қандай жағдайда теріс болады?

Жалпы бірқалыпты қозғалатын денеге әсер ететін еркін күштер үшін инерция заны мына түрде болады:

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

n – денеге түсірілген күштер саны.

Егер денеге әсер ететін барлық күштердің тендері нөлге тең болса, таңдаған осыке түсірілген проекциялар қосындысы да нөлге тең болады:

$$F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0, \quad (2)$$

$$F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0. \quad (3)$$

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Массасы 2 кг ағаш қимасын қаттылығы 100 Н/м серіппе көмегімен көлденең орналасқан ағаш тақтасының бетімен бірқалыпты тартқандығы үйкеліс коэффициенті 0,3-ке тең. Серіппенің ұзаруын табындар.

Берілгені:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$k = 100 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$x - ?$$

Шешуі:

Суретте денені бейнелейік, оған әсер ететін күштерді көрсетейік.

Дене бірқалыпты қозғалады

$v = \text{const}$, демек, барлық күштердің тәндесері нөлге тең:

$$\vec{F}_{cepн} + \vec{F}_{yuk} + \vec{F}_a + \vec{N} = 0. \quad (1)$$

Координаталар осін 0 массалар центрі арқылы жүргізейік. Олардың 0x осіне проекцияларының таңбаларын және олардың шамаларын ескеріп, (1) тендеуді мына түрде жазамыз:

$$-F_{yuk} + F_{cepн} = 0. \quad (2)$$

Күштерді олар тәуелді болатын шамалар арқылы өрнектейік:

$$F_{yuk} = \mu N; \quad (3)$$

$$F_{cepн} = kx. \quad (4)$$

(3) және (4) формулаларды (2) өрнекке қояйық: $\mu N = kx$.

Алынған тендеуден x -ті табамыз: $x = \frac{\mu N}{k}$. $\quad (5)$

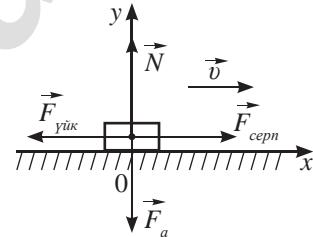
Тіректің реакция күшін анықтау үшін (1) тендеуді $0y$ осіне проекцияларының таңбаларын есепке ала отырып, мына түрде жазамыз:

$$N - mg = 0 \text{ немесе } N = mg. \quad (6)$$

(5)-ке (6)-ны қойып, серіппенің созылуын есептеу өрнегін аламыз: $x = \frac{\mu mg}{k}$.

Есептеулерді орындаимыз: $x = \frac{0,3 \cdot 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} \approx 0,06 \text{ м} = 6 \text{ см}$.

Жауабы: $x = 6 \text{ см}$.



Бақылау сұрақтары

1. Инерция деген не?
2. Дененің инерттілігі деген не? Ол қалай білінеді?
3. Инерция мен инерттіліктің айырмашылығы неде?
4. Г.Галилей мен И.Ньютон тұжырымдаған инерция заңдарының айырмашылығы неде?
5. Қандай жүйелерді инерциялық жүйелер деп атайды? Инерциялық емес жүйе деп қандай жүйелерді атайды?
6. Ньютоның I заңын тұжырымдандар.

★ Жаттығу

13

1. Бүркітке әсер ететін күштерді бейнелендер (*92-сурет*). Күштер бір-бірін тенгереді деп тұжырымдауга бола ма?
2. Жүк тиелген шаналар көлдегі мұз бетімен бірқалыпты қозғалуда. Массалары 0,2 т шаналардың мұзға үйкеліс коэффициенті 0,2 болғандағы, шаналарға горизонталь түсірілген күштерді анықтандар.
3. Үй алдындағы жазық алаңды (терраса) жөндеп жатқан ұста массасы 400 г кішкене бөренені вертикаль қабырғаға горизонталь бағытта 0,005 кН қүшпен тіреді. Егер бөрене құламайтын болса, үйкеліс коэффициенті неге тең?



92-сурет. «Қыран-2018» алғашқы республикалық жыртқыш шоудармен анықтылық турниріне 70-тен аса қатысуыш жиналды.

Жаттығу

13

1. Айман сутекпен толтырылған кішкене шардың байлаған жібінен ұстап түр. Шарға әсер ететін күштерді бейнелендер. Қандай жағдайда шар тыныштық күйде болады? Айман жіпті қолынан жіберген жағдайда не болады?
2. Массасы 50 г магнит мектеп тақтасына жабысып түр. Магниттің төмен қарай бірқалыпты қозғалуы үшін 1,5 Н күш жұмсалады. Магнитті тақта бетімен вертикаль жоғары қозғалту үшін қандай күш түсіру керек?

§ 14. Механикадағы күштер

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ішергендегі:

- ауырлық күшінің, үйкелік күшінің, серпімділік күшінің табиғатын түсіндіре аласыңдар.



Жауабы қандай?

- Табиғатта күштердің қанша түрі бар?
- Қашықтықта әсер ететін күштерді атапңдар.
- Өзара әрекеттесетін денелердің тікелей әрекеттесіүі кезінде қандай күштер әсер етеді?



Естеріне түсіріндер!

- Ауырлық күші, серпімділік күші, үйкеліс күші деп қандай күштерді айтады?
- Бұл күштерді қандай формулалармен анықтайды?
- Қандай өрнекті Гук заңы деп атайды?
- Күштерді қалай бейнелейді?
- Оларды қандай аспаппен өлшейді?
- Өлшеу аспабының бөлік күнін және көрсеткішін қалай анықтайды?



1-тапсырма

Тіректің реакция күшінің, керілу күшінің, дene салмағының, Архимед күшінің әсер етуіне мысалдар келтіріндер.

I Табиғаттағы күштер

Бізді қоршаған денелердің өзара әрекеттесуін физикалық шама – күшпен сипаттаймыз. Айналамызда қоршаған денелер көп болғандықтан, күштер де аз емес болуы керек сияқты. Алайда табиғаттағы барлық күштерді пайда болу табиғатына қарай төрт түрге бөлуге болады. Физикада табиғаты әр аluan төрт түрлі күш қарастырылады: гравитациялық, электромагниттік, күшті, әлсіз.

Механикалық құбылыстарда табиғаты молекулалық болатын гравитациялық және электромагниттік күштер ғана байқалады.

Гравитациялық күштердің пайда болу себебі дененің массасы болып табылады. Гравитациялық күштерге бүкіләлемдік тартылыс күші және ауырлық күші жатады. Ауырлық күші – бүкіләлемдік тартылыс күшінің дербес жағдайы.

Электромагниттік күштердің пайда болуының себебі зарядталған бөлшектердің өзара әрекеттесуі болып табылады. Серпімділік күші мен үйкеліс күші денелердің деформациялануы кезінде (серпімділік күші сыйылу немесе созылу деформациясы нәтижесінде, үйкеліс күші ығысу деформациясы нәтижесінде) пайда болады. Денелердің деформациясы кезінде электрондық қабықшалар мен атом ядроларының алыштауы немесе жақындауы олардың өзара әрекеттесуіне өзгеріс әкеледі. Дене салмағы, тіректің реакция күші, ілгіштің керілу күші, Архимед күші – серпімділік күшінің әртүрлі көріністері. Бұл күштер сыйылу немесе созылу нәтижесінде пайда болады.



2-тапсырма

- «Күштердің негізгі сипаттамалары» кестесі бойынша күштердің тұсу нүктесін және олардың бағыттарын салыстырыңдар.
- Графикалық түрде күштердің шамаларын қалай бейнелейтінін, бір түзудің бойында бір бағытқа бағытталған және кері бағытталған күштердің теңесері қалай анықталатынын естеріңе тусярайдар.
- Ұшып келе жатқан допқа, су бетіндегі қалтқыға, тасымалдауыш таспадағы жәшікке әсер ететін күштерді бейнелеңдер (93-сурет).



93-сурет. 2(3)-тапсырмада

II Механика күштерінің негізгі сипаттамалары

Күштің әсері оның шамасына, бағытына, тұсу нүктесіне тәуелді. Механикада өткен білімді жалпылап, оларды бір кестеге жинайық (9-кесте).

9-кесте. «Күштердің негізгі сипаттамалары» кестесі

| Күш | Сандық мәнін есептеу формуласы | Тұсу нүктесі | Бағыты | Суреті |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|
| Ауырлық күші | $F = mg$ | Дененің массалар центри. Дененің ауырлық центри (кіші денелер үшін массалар центрімен сәйкес келеді) | Вертикаль төмен | |
| Серпімділік күші | $F = kx$ | Дененің деформациялаушы денемен жанасу нүктесі | Дененің тепе-тендік жағда-йынан ауытқуына кері | |
| Дененің салмағы | $P = mg$ қозғалмайтын горизонталь тірек және верти-каль ілгіш үшін | Тіректің беті немесе жіптің іліну нүктесі | Вертикаль төмен | |

| Күш | Сандық мөнін есептеу формуласы | Түсу нүктесі | Бағыты | Суреті |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|
| Тіректің реакция күші | Ньютон заңда-рымен анықталады | Денениң массалар центрі немесе денениң беті мен тіректің жанасу нүктесі | Тіректің бетіне перпендикуляр | |
| Жіптің керілу күші | Ньютон заңда-рымен анықталады | Денениң массалар центрі немесе денениң іліну нүктесі | Жіп бойымен | |
| Архимед күші | $F_A = \rho g V_{\text{б.б.}}$ | Сүйыққа батырылған денениң массалар центрі | Вертикаль жоғары | |
| Сырғанаудың үйкеліс күші, тыныштықтың максимал үйкеліс күші | $F = \mu N$ | Денениң массалар центрі (егер қозғалыс ілгерілемелі болса) | Дене қозғалысының бағытына қарама-қарсы | |



Назар аударыңдар!

Дұрыс формалы деңелер үшін массалар центрі симметриялар осінің қылысы нүктесінде орналасады. Деңелдердің ілгерілемелі қозғалысын қарастырганда, біз оларды массалар центріне орналастырылған материалдық нүктемен алмастырық.



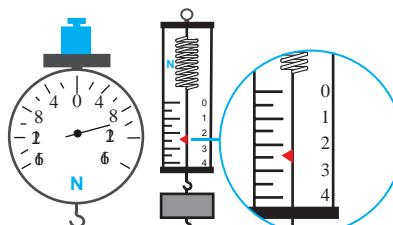
Эксперимент

1. а) үстел бетімен бірқалыпты қозғалатын;
ә) серіппеге ілінген жүкке;
б) суы бар ыдысқа батырылған деңеге әсер ететін күштерді өлшендер.
2. Суретте өздерің таңдаған масштабта өлшенген күштерді бейнелеңдер.



3-тапсырма

94-суретте көрсетілген динамометрлер шкалаларының бөлік құны мен көрсеткіштерін анықтаңдар.

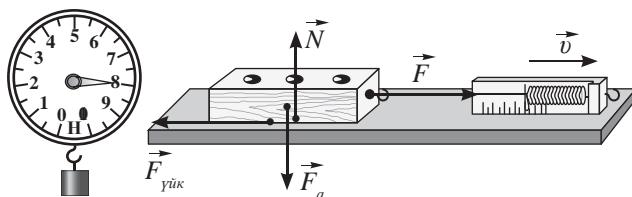


94-сурет. 3-тапсырмасы



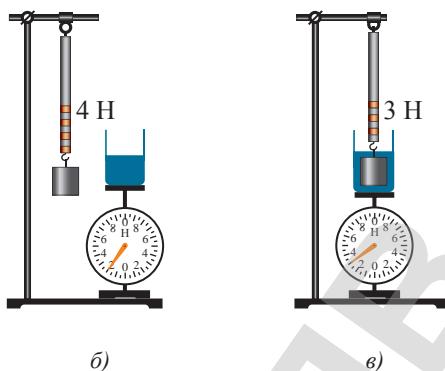
4-тапсырма

Динамометрмен қандай күштерді өлшейтінін анықтаңдар (95-суреттің а-ғ):



а)

ә)



б)

в)

93-сурет. Динамометрмен күштерді өлшеу



5-тапсырма

Күш, күш табигаты, өлшеу аспабы шкаласының бөлік құны, аспалтың көрсеткіші сөздерін түсіндіріңдер.



Естеріне түсіріңдер!

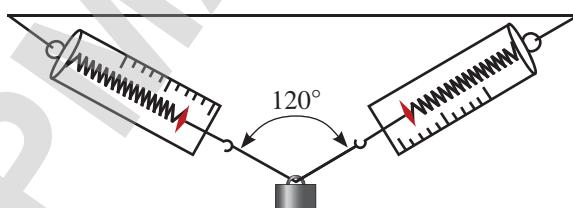
1. Денеге бір түзу бойымен бір бағытта әсер ететін екі немесе бірнеше күштің теңәсерін қалай анықтауға болады?
2. Денеге бір сызық бойымен қарама-қарсы бағытта әсер ететін екі немесе бірнеше күштің теңәсерін қалай анықтауға болады?
3. Егер денеге түсірілген күштер модульдері бойынша тең, бағыттары бойынша қарама-қарсы болса, дene қалай қозғалады? Олардың теңәсері неге тең болады?



6-тапсырма

Қандай күш теңәсерлі күш деп аталатынын еске түсіріңдер. Бір-біріне қандай да бір бұрышпен бағытталған күштердің теңәсерін қалай анықтайды?

Денеге 120° бұрышпен түсірілген күштердің теңәсерін және денениң салмағын анықтандар (96-сурет). Динамометрлердің бөлік құны 0,2 Н. Суретте күштерді бейнелендер.



96-сурет. 6-тапсырмада



Есте сақтаңдар!

Теңәсерлі күшті табу үшін векторларды қосу ережесін қолдану қажет (§ 2).

Бақылау сұрақтары

1. Табиғаттағы күштер қандай түрлерге бөлінеді?
2. Гравитациялық күштердің пайда болу себебі не?
3. Электромагниттік күштердің пайда болу себебі не?
4. Механикада табиғаты электромагниттік қандай күштер қарастырылады?
5. Күштердің әсері қандай факторларға тәуелді?

★ Жаттығу

14

1. Тросқа ілінген жүктің массасы $m = 15$ ц. Троста пайда болатын серпімділік күшінің модулін анықтаңдар.
2. Денеге бір түзудің бойымен бір бағытта $F_1 = 9$ Н және $F_2 = 12$ Н екі күш әсер етеді. Осы күштерді графикалық түрде бейнелендер және олардың теңәсерін табыңдар.
3. Қорапқа салынған массасы 20 кг жүкті тасымалдауға арналған таспаның бұрылу бұрышы 30° . Таспа жабынының үйкеліс коэффициентін анықтаңдар. Осы бетте массасы 30 кг жүк тұра ала ма?

★ Жаттығу

14

1. Ұзындығы $l_1 = 6$ см серіппе модулі $F_1 = 50$ Н күштің әсерінен $\Delta l = 4$ мм-ге ұзарды. Модулі $F_2 = 200$ Н күш әсер еткен кездегі серіппенің ұзаруын l_2 анықтаңдар.
2. Төрт күш бір түзу бойымен бағытталған: солға 6 Н және 11 Н, ал онға 12 Н және 5 Н. Бұл күштерді графикалық түрде бейнелеп, олардың теңәсерлі күшін анықтаңдар.

Эксперименттік тапсырма

Қағаз бен сывғышты қолдана отырып, қағаздың үстелге үйкелу коэффициентін анықтаңдар. Орындалған жұмыс бойынша есеп беріңдер.

Шығармашылық тапсырма

Үйкеліс күшінің, ауырлық күшінің және серпімділік күшінің салыстырмалы кестесін құрындар, салыстыру параметрлерін өздерің таңдаңдар.

§ 15. Ньютоның екінші заңы, масса

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- Ньютоның екінші заңын тұжырымдап, оны есептер шығаруда қолдануды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

- Неліктен жоғары жылдамдықпен қозғалып келе жатқан көліктің алдын кесіп өтүге болмайды?
- Қай жағдайда көлік инерция бойынша қозғалады:
 - қозғалтқышты өшірғеннен кейін;
 - көліккің әсер ететін барлық күштер әсері тенгерілген болса және оның қозғалыс жылдамдығы өзгермесе?
- «Бір күш әртүрлі деңелерге әсер еткенде жылдамдықтардың өзгерісі тен болады» деген тұжырым дұрыс па?



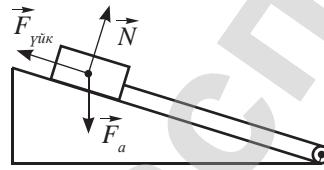
Эксперимент

- Параграфтың I және II бөліктері және 97, 98-суреттер бойынша тәжірибе жүргізіндер.
- Параграфта келтірілген тұжырымдардың дұрыстығына көз жеткізіндер.
- Қателіктерді бағалаңдар және тәжірибе жүргізу кезінде үлкен қателіктерге алып келетін факторларды көрсетіңдер.
- Жасалған тәжірибеліңін сапасын жақсарту әдістерін ұсынындар.

I Күштің дененің үдеуімен байланысы

Денеге әсер ететін күштер тенгерілмеген болса, дene үдеумен қозғалады. Үдеу мен тендерлі күштің байланысын анықтайық.

Калбеке тақтайға блок орнатып, оған ағаш кимасын қояйық (97-сурет).

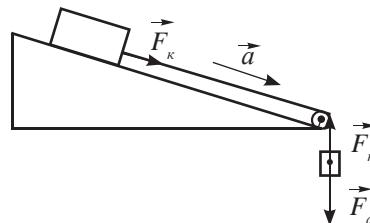


97-сурет. Егер күштер әсері тенгерілген болса, қима бірқалыпты сырғанайды.

Трибометрдің ақырын еңкейтіп, оның бетімен ағаш қимасының сырғанауы басталатын мезетті белгілеп аламыз. Бұл мезетте үйкеліс күшінің мәні максимал болады, бірақ денеге әсер ететін күштер әлі де бір-бірін тенгереді:

$$\vec{F}_{yuk} + \vec{F}_a + \vec{N} = 0.$$

Жіптің бос ұшына жүк ілеміз. Жүкке әсер ететін ауырлық күшінің әсерінен жіп керіледі де, қима үдеумен қозғала бастайды (98-сурет).



98-сурет. Қима тенгерілмеген күштің әсерінен үдеумен қозғалады.

$v_0 = 0$ болған кездегі орын ауыстыруды есептеу формуласынан үдеуді өрнектейміз:

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Формуладан орын ауыстыру үдеуге тұра пропорционал екені шығады: $s \sim a$.

Жүк массасын өзгерте отырып, оның бірдей уақыт аралығында көлбек жазықтықта орын ауыстыруын өлшейміз. Осы шарттарда орын ауыстырулардың қатынасы үдеулердің қатынасына тең болады:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{a_1}{a_2}.$$

Тәжірибе арқылы жүк массасы 2 есе артқанда, орын ауыстыру 2 есе артатынына көз жеткізуге болады. Массаны 3 есе арттыру орын ауыстырудың 3 есе артуына алып келеді. Демек, үдеу денеге түсірілген, басқа денелермен теңгегілмеген күшке тұра пропорционал тәуелді:

$$a \sim F.$$

Тенгерілмеген күшті барлық күштердің теңәсерлі күшімен алмастырып, қорытындыны жалпылайық:

$$a \sim F_R.$$

Қарастырылған жағдайда теңәсерлі күш мұнаған тең:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_k + \vec{F}_{yuk} + \vec{F}_a + \vec{N}.$$

II Дене массасының үдеумен байланысы.

Масса – дененің инерттілігінің өлшемі

Жіпке ілінген жүктің массасын өзгертпей, дәл сол тәжірибелі қайталайық. Бұл қимаға түсірілген күш тұрақты шама болып қалады дегенді білдіреді.

Қиманың массасын екі есе арттырсақ, оның орын ауыстыруы 2 есе азаяды.

Массаның 3 есе артуы орын ауыстырудың 3 есе азаюына алып келеді.

Денеге әсер ететін күштің тұрақты мәнінде үдеу дене массасына кері пропорционал тәуелді. $a \sim \frac{1}{m}$.

III Ньютонның екінші заңы

Жоғарыда алынған қорытындыларды біріктіріп, Ньютонның екінші заңын жазайық:

Дененің алатын үдеуінен түсірілген барлық күштердің теңәсеріне тұра пропорционал, массасына кері пропорционал.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}. \quad (1)$$

1-тапсырма

Тәжірибеде нәтижелері

бойынша жылдамдықтың

- 1) денеге түсірілген күшке;
- 2) дene массасына тәуелділік графигін түрғызындар.

2-тапсырма

(1) формуладан күшті және дene массасын есептеу формулаларын алындар. Бұл формулаларды жазу үшін қолданылған математика формулаларын еске түсіріп түжырымдандар.

Жауабы қандай?

1. Не себепті денеге әрекет ететін күш дene массасына және оның үдеуіне тұра пропорционал деп түжырымдауға болмайды?
2. Не себепті дene массасы оның үдеуіне және оған түсірілген күшке тәуелді деп түжырымдауға болмайды?

Масса скаляр шама болғандықтан, инерциялық санақ жүйелерінде үдеу мен теңдерлі күши бағыттас $\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{F}_R$.

Динамика есептерін шешуде Ньютонның екінші заңының мына түрдегі жазбасын қолдану ыңғайлы:

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

мұндағы n – денеге әсер ететін күштер саны.

Ньютонның екінші заңын динамиканың негізгі теңдеуі деп атайды.

Есте сақтаңдар!

Ньютонның екінші заңы тек инерциялық санақ жүйелерінде орындалады.



Жауабы қандай?

Қандай санақ жүйелері инерциялық деп, қандай санақ жүйелері инерциялық емес деп аталаады?



Есте сақтаңдар!

Динамиканың негізгі тендеуін қолданып, есептерді шешу алгоритмі

1. Денеге әсер ететін күштерді, үдеудің бағытын бейнелеу.
2. Ньютонның II заңын векторлық түрде жазу (2).
3. Есепті шешу үшін ыңғайлы координаталар осін таңдау.
4. Ньютонның II заңын таңдалған оське проекция түрінде жазу.
5. Проекция таңбаларын ескеріп, Ньютонның II заңын модуль түрінде жазу.
6. Күштерді олар тәуелді болатын шамалармен алмастыру.
7. Алынған тендеуді (тендеулер жүйесін) белгісіз шамаларға қатысты шешу.
8. Қажет болған жағдайда кинематика формулаларын қолдану.



Маңызды ақпарат

Тікбұрышты үшбұрыштың сүйір бұрышының синусы – қарсы жатқан катеттің гипотенузада

$$\text{қатынасы: } \sin \alpha = \frac{a}{c}.$$

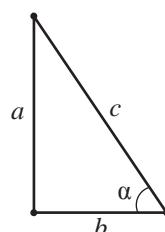
Тікбұрышты үшбұрыштың сүйір бұрышының косинусы – іргелес жатқан катеттің гипотенузада

$$\text{қатынасы: } \cos \alpha = \frac{b}{c}.$$



3-тапсырма

Гипотенузаның мәніне қарай тікбұрышты үшбұрыштың катеттерінің мәндерін есептеу формуулаларын жазыңдар (99-сурет).



99-сурет. 3-тапсырмада



Естеріңе түсіріндер! (§ 2)

1. Вектордың таңдалған оське түсірілген проекциясын қалай анықтауга болады?
2. Проекция таңбасын қалай анықтауга болады?
3. Проекцияның сандық мәнін қалай анықтауга болады?

ЕСЕП ШЫГАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Көлбеулік бұрышы $\alpha = 30^\circ$, үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,2$ болғанда, қима көлбеу жазықтық бойымен қандай үдеумен қозғалады?

Берілгені:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,2$$

$$a - ?$$

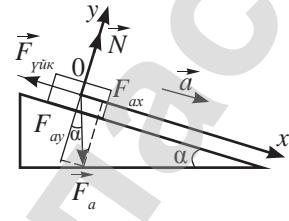
Шешуі:

Дене үйкеліс күші, ауырлық күші, тіректің реакция күші әсерінен

үдеумен қозғалады.

Динамиканың негізгі теңдеуін жазайық:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{yük} + \vec{F}_a + \vec{N}$$



(1)

Есепті шыгару үшін қолайлыш координаталар осін таңдайық.

0x осін дененің қозғалыс бағыты бойынша бағыттайық, санақ басын де-ненің массалар центрімен сәйкестендіреміз.

Ньютоның екінші заңын таңдалған осытерге проекция түрінде жазайық:

$$0x: \quad ma_x = F_{yükx} + F_{ax} + N_x \quad (2)$$

$$\vartheta: \quad ma_y = F_{yüky} + F_{ay} + N_y \quad (3)$$

Проекция таңбаларын анықтап, оларды векторлар модулі арқылы өрнектеп, (2) және (3) теңдеулерге қояйық:

$$ma = -F_{yük} + F_a \sin \alpha \quad (4)$$

$$0 = N - F_a \cos \alpha. \quad (5)$$

Алынған теңдіктерге $F_a = mg$ ауырлық күшін және $F_{yük} = \mu N$ үйкеліс күшін есептеу формулаларын қоямыз:

$$ma = -\mu N + mgsin\alpha \quad (6)$$

$$0 = N - mgcos\alpha. \quad (7)$$

(7) теңдеуден тіректің реакция күшін өрнектейік және (6) теңдеуге қояйық:

$$N = mgcos\alpha$$

$$ma = mgsin\alpha - \mu mgcos\alpha$$

$$a = g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha).$$

Үдеу мәні: $a = 9,8 \text{ м/с}^2 (\sin 30^\circ - 0,2 \cos 30^\circ) \approx 3,3 \text{ м/с}^2$.

Жауабы: $a = 3,3 \text{ м/с}^2$.

Бақылау сұрақтары

- Денеге түсірілген күш пен үдеудің арасында қандай байланыс бар?
- Дененің массасы оның күш әсерінен алған үдеуіне қалай әсер етеді?
- Ньютоның екінші заңын тұжырымдаңдар.
- Шеңбер бойымен қозғалатын денеге шеңбер центріне бағытталған күш әсер етеді деп айтуда бола ма?



- Массасы 500 т пойыз теңкемімелі қозғалып, 1 минут ішінде өзінің жылдамдығын 40 км/сағ-тан 28 км/сағ-қа азайтады. Тежелу күшін анықтаңдар. Жауапты МН-да жүздікке дейін дөңгелектеп көрсетіңдер.
- Тепловоз 260 кН тарту күшімен 250 т пойыз составын горизонталь жол бөлігімен жүргізіп келеді. Егер жолдың барлық бөлігінде 0,1 кН үйкеліс күші әрекет ететін болса, пойыздың қозғалыс үдеуін табындар. Жауапты ХБЖ-да көрсетіңдер.
- Табаны болат шана мұз бетіне 4 Н горизонталь күш түсіріп, бір-қалыпты қозғалады. Шананың мұз бетіне үйкелу коэффициенті 0,2-ге тең болса, шананың массасын анықтаңдар. Еркін түсу үдеуін $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алышадар.



- Денеге 10 с ішінде 4,9 Н күш әсер етеді. Күштің әсер етуі нәтижесінде жылдамдықтың өзгерісі 18 км/сағ-тың құраса, дененің массасын анықтаңдар.
- Массасы 100 г материялық нүктे модульдері 10 Н үш күштің әсерінен қозғалады. Күш векторлары бір жазықтықта жатады және 60° -қа тең екі бұрыш құрайды. Нүктенің қозғалады?
- Дене көкжиекке 30° бұрыш жасай еңкейтілген жазықтықпен сырғанап келе жатыр. Үйкеліс коэффициенті 0,3-ке тең болғандағы, оның үдеуін табындар. $g = 10 \text{ м/с}^2$. Жауапты ХБЖ-да ондыққа дейін дөңгелектеп көрсетіңдер.

§ 16. Ньютоның үшінші заңы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ішергендегі:

- Ньютоның үшінші заңын тұжырымдап, оны есептер шығаруда қолдануды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

- Неге қайықты бортынан итеріп, орнынан қозғалту мүмкін емес?
- Неге барон Мюнхгаузен шашынан тартылп, өзін батпақтан шығара алмайды (100-сурет)?



100-сурет. 2-сұраққа

I Ньютоның үшінші заңы – денелердің өзара әрекеттесу заңы

Кез келген күш денелер әрекеттескен кезде ғана пайда болады, сонымен қатар әрекеттесуші денелердің әрқайсысына күш әсер етеді және олар үдеуге ие болады, жұп күштер пайда болады. Ньютон денелердің өзара әрекеттесу заңын былай тұжырымдады:

Әрқашан әрекетке тең және қарсы әрекет болады:

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

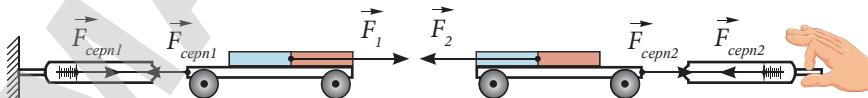
Бұл қатынасты Ньютоның үшінші заңы деп атайды.

Денелер модулі бойынша тең және бағыттары қарама-қарсы күштермен өзара әрекеттеседі.

II Ньютоның үшінші заңын тәжірибе жүзінде тексеру

Ньютоның үшінші заңын тәжірибе жүзінде тексеру үшін қарапайым тәжірибелер жүргізу жеткілікті.

Ньютоның үшінші заңы денелер жанасқан кезде пайда болатын күштер үшін де, сондай-ақ қашықтықта әрекеттесетін күштер үшін де орындалады. Динамометр бекітілген екі арбашаға екі магнит қойып, олардың өзара әрекеттесу күштерін салыстырайық. Әртүрлі қашықтықтағы магниттер өзара әрекеттескен кезде, динамометрлердің көрсеткіштері өзгеріп отырады, бірақ олардың мәндері өзара тең болады (101-сурет). Демек, магниттер өзара тең күштермен әрекеттеседі.



101-сурет. Тұрақты магниттердің өзара әрекеттесу күштерін тең



Эксперимент

Екі динамометрді ілгектермен жалғап тартындар. Олардың бірдей мәндерді көрсететініне көз жеткізіндер. Күштер қарама-қарсы бағытталған деуге бола ма? Жасалған тәжірибе нәтижесін тұжырымдаңдар.

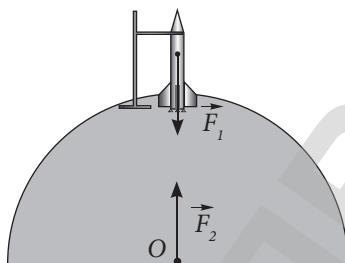
III Денелердің өзара әрекеттесу күштерін бейнелеу

Ньютоның үшінші заңын дұрыс тұжырымдау үшін, денелердің өзара әрекеттесуінің кейір ерекшеліктерін атап етейік.

Өзара әрекеттесу күштері – әртүрлі денелерге түсірілген, бір тұзу бойымен әсер ететін, табигаты бірдей күштер.

Денелердің өзара әрекеттесу күштерінің ерекшеліктерін білу оларды еш қындықсыз бейнелеуге мүмкіндік береді.

Мысал қарастырайық: Жер зымыранды вертикаль тәмем Жер центріне бағытталған $F_1 = mg$ ауырлық күшімен тартады (102-сурет).



102-сурет. Жер планетасының зымыранмен өзара әрекеттесу күші

Қарсы әрекет күшін Жерге, оның массалар центріне түсірейік. Күштер бір тұзу бойымен қарама-қарсы бағытта әрекет етеді. Демек, күшті вертикаль жоғары бағыттаймыз. Оның да табиғаты осындай, яғни тартылыс күші болып табылады. Үшінші занға сүйенсек, $F_2 = F_1 = mg$.

Егер зымыранның және тірек ретінде Жер бетінің өзара әрекеттесуін қарастырақ, онда өзара әрекеттесу күштері басқаша болады. Зымыранның тірекке түсіретін күшін *салмақ* деп атайды. Денениң салмағы тірекке түсірілген және тәмен бағытталған. Ол пайда болу табиғаты жағынан электромагниттік болғандықтан, ондай күштің жұбының да табиғаты сол тектес болуы керек. Тіректің денеге әсер ету күші *тіректің*

1-тапсырма

- 1) Устел мен оның үстінде жатқан кітаптың;
- 2) Жер мен Айдың;
- 3) аспашам мен аспаның;
- 4) сырғанақ тәбенің беті мен одан түсіп келе жатқан шананың өзара әрекеттесу күштерін графикалық түрде бейнелендер.

Жауабы қандай?

1. Неліктен «Арқан мартыс» ойынында Ньютоның үшінші заңына қарамастан, жеңімпаздар болады?
2. Өзара әрекеттесу күштері тен болса, не себепті арба жылқыны емес, жылқы арбаны сүйреїді?
3. Массалары әртүрлі шарлар соқтығысқан кезде неге массасы кіші шар алысырақ қашықтыққа ұшып кетеді?
4. Неліктен екі денениң өзара әрекеттесу күштері өзара тенгегерілмейді?
5. Не себепті Ньютоның үшінші заңында тіректің реакция күші ауырлық күшінің жұбы бола алмайды?

реакция күші деп аталады. Ол да сол түзудің бойында өсер етеді, қарама-қарсы бағытталған және модулі бойынша салмаққа тең (103-сурет).

IV Өзара әрекеттесуші денелердің үдеулерінің қатынасы

Адам мен Жердің өзара әрекеттесуін қарастырайық. Ньютоның үшінші заңының негізінде олардың өзара әрекеттесу күштері тең. Онда неге біз секірген кезде Жердің біздің артымыздан қозғалуға мәжбүр ете алмаймыз және оның бетіне құлаймыз? Бұл сұрақтың жауабын Ньютоның екінші заңынан табамыз. Өзара әрекеттесу күштерін денениң үдеуі мен массасы арқылы өрнектейік:

$$m_1 a_1 = m_2 a_2.$$

Алынған өрнектен шығатыны:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Денелердің өзара әрекеттесуі кезінде олардың үдеулері массаларына көріп пропорционал.

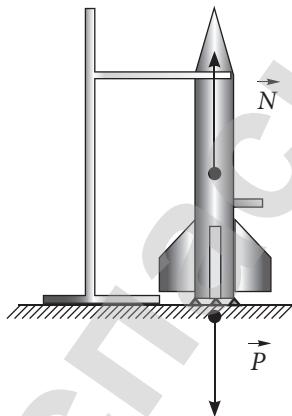
Жердің массасы адам массасынан қанша есе үлкен болса, оның адаммен өзара әрекеттесу кезіндегі үдеуі сонша есе кіші болады.

V Байланысқан денелер жүйесінің ішкі күштері

Бір денениң немесе байланысқан денелер жүйесінің бөліктері өзара әрекеттесе алады. Түрлі құрылғылардың, станоктардың бөлшектері өзара әрекеттеседі.

Бір денениң немесе байланысқан денелер жүйесінің бөліктерінің өзара әрекеттесу күштері ішкі күштер деп аталады.

Ішкі күштер денениң қозғалысқа келтіре алмайды. Атлет акробаттық нөмірлерді орындау кезінде өзінің жұбын еш қыындықсыз көтере алады, алайда ешқашан өзін көтере алмайды. Бір дene бөліктерінің өзара әрекеттесуі кезінде,



103-сурет. Гарыш зымыранының тірекпен – Жер бетімен өзара әрекеттесу күштері

2-тапсырма

Массасы 60 кг адам секіріп, Жермен өзара әрекеттесі кезіндегі Жердің үдеуін анықтаңдар. Жер массасын $6 \cdot 10^{24}$ кг, еркін түсу үдеуін $10 \text{ м}/\text{s}^2$ деп алындар.

Жауабы қандай?

1. Автокөлікті қандай күш қозғалысқа келтіреді деп ойлайсыңдар? Қозғалтқыштың тарту күші ме өлде тыныштық күйінің үйкеліс күші ме?
2. Адам қалай жүреді?

3-тапсырма

Ньютоның үшінші заңына сүйене отырып, денелердің қозғалысының басталуына қажетті күш – тыныштық күйінің үйкеліс күші екенін дәлелдендер. Бұл күштің жүріп келе жатқан адам үшін бағытын көрсетіндер.

Ньютонның үшінші заңына сәйкес, бір денеге тұсірілетін күштер пайда болады. Олар бір-бірін теңгереді де, дene басқа денелерге қатысты қозғалмайды.



4-тапсырма

Ньютонның III заңының табиғатта, техникада, тұрмыста қолданылуына 3 мысалдан көлтіріндер.



Назар аударыңдар!

Екі дененің өзара әрекеттесу қүштері сандық мәндері бойынша тең, бағыттары бойынша қарама-қарсы, бірақ бір-бірін теңгермейді.

Бір денеге тұсірілген сандық мәндері тең, бағыттары қарама-қарсы қүштердің қосындысы нөлге тең.



Бұл қызық!

Техника тарихында өнертапқыштардың Ньютонның III заңын ескермеүінен туындаған оқиға жазылған. Занды бірінші тікүшақты (геликоптерді) сынау кезінде ғана еске алған. Зырылдауық (пропеллер) ондан солға қарай айналатын болғандықтан, тікүшақ корпусы қарама-қарсы жаққа солдан онға қарай айнала бастаған. Тікүшақ айналмалы әткеншекке айналып, оған бірде-бір ұшқыш отыруға келіспеген. Бұл кемшілік тікүшаққа қарама-қарсы жаққа айналатын екі зырылдауық орнату арқылы түзетілді (104-сурет). Корпустың айналуы тоқтады, себебі екі винттің қозғалысы өзара теңгерілді де, жоғарыға бағытталған көтергіш күш сақталды.



104-сурет. Тікүшақтың ұшуы

Бақылау сұрақтары

1. Ньютонның III заңын тұжырымдандар.
2. Ньютонның III заңының орындалуын тәжірибе жүзінде қалай тексеруге болады?
3. Өзара әрекеттесетін денелердің жылдамдықтары мен массаларының қатынастары қандай?
4. Ішкі күштер байланысқан денелер жүйесін қозғалысқа келтіре ала ма? Неліктен?
5. Автокөлік тіркемені тартады. Ньютонның III заңы бойынша тіркемені тартатын күш тіркеме автокөлікке әрекет ететін күшке тең. Неліктен тіркеме автокөліктің соңынан қозғалады?



- Марат пен Асхат жіпті қарама-қарсы бағытта әрқайсысы 50 Н күшпен тартуда. Егер жіп 80 Н керілу күшіне шыдайтын болса, ол үзіліп кете ме?
- Автокөліктен жүк түсіріп жүрген Ермек 60 Н-нан кем емес күш түсірсе, бір қорапты орнынан жылжытуға болатынын анықтады. Еден мен қорап арасындағы үйкеліс коэффициенті 0,3 болса, қораптың еденге түсіретін күшін анықтаңдар.



- Суретте а) велосипед дөңгелегі мен жол бетінің; ә) Күн мен Марстың; б) өзен түбінде жатқан тас пен судың өзара әрекеттесу күштерін бейнелендер.
- Құрылышты вертикаль қабырғага ағаш қимасын итеріп тұр. Егер қабырғаның реакция күші 5 Н болса, құрылышты қимаға қандай күшпен әсер етіп тұр?
- Массалары 40 кг және 50 кг Марат пен Асхат конькимен мұз бетінде тұр. Марат Асхаттан 10 Н күшпен итеріледі. Балалар қандай жылдамдық алады?

Шығармашылық тапсырма

Егер бір мезетте Жер бетінің барлық тұрғындары $1 \text{ м}/\text{с}^2$ үдеумен қозғала бастаса, Жердің айналу жылдамдығының өзгеру мүмкіндігін зерттеңдер. Егер барлық үй жануарлары мен жабайы аңдар бір бағытта қозғала бастаса, мұндай жағдай орын алуы мүмкін бе?

§ 17. Бүкіләлемдік тартылыс заңы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- бүкіләлемдік тартылыс заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды менгересіндер.

Эксперимент

Қағаз шарды горизонталь бағытта лақтырындар. Бастапқы жылдамдық үшү қашықтығына әсер ете мә? Шардың қозғалысын еркін тұсу деп санауға бола ма? Қандай жағдайда шар Жер бетіне құламайды?

Жауабы қандай?

1. Айдың Жерді айнала қозғалуы еркін тұсусеге мысал бола ала ма?
2. Неліктен Ай Жерге құламайды?
3. Неліктен ауыр және жөніл заттар бір мезгілде құлайды?

1-тапсырма

Параграфтың III бөлімінің мәліметтерін пайдаланып, Айдың қозғалыс үдеуін анықтаңдар. Алынған нәтижені $9,8 \frac{M}{c^2}$ еркін тұсу үдеуімен салыстырындар. Айдың үдеуі шамамен 3600 есе кіші екенине көз жеткізіндер.

I Денелердің бүкіләлемдік тартылыс заңы әсерінен еркін тұсу

И.Ньютоның бүкіләлемдік тартылыс заңының ашылуы мына көзқарастарға негізделді: «Горизонталь лақтырылған тас ауырлық күшінің әсерінен тұзу сызықты жолынан ауытқып, қисықсызықты траекториясынан ауытқып, Жерге құлайды. Егер ол үлкен жылдамдықпен лақтырылған болса, оның құлау қашықтығы артады». Жылдамдықтың белгілі бір мәнінде тас траекториясы қисықтығына байланысты Жерге құламай, жерсеріктер сияқты Жерді айнала қозғалатын еді.

Ньютон мынандай корытынды жасады: *Айдың Жерді айнала және планеталардың Күнді айнала қозғалуы бүкіләлемдік тартылыс күшінің әсерінен болатын еркін тұсу болып табылады.*

II Тартылыс күшінің массаға тәуелділігі

Жердің бетінде барлық денелер массаларына тәуелсіз $9,8 \text{ m/s}^2$ үдеуімен құлайды. Бұл жағдай тек дененің Жермен өзара әрекеттесу күші деңениң массасына тәуелді болған кезде ғана орындалады. Онда массаның екі есе артуы күштің де екі есе артуына алып келіп, ал күштің массаға қатынасымен анықталатын үдеу бұрынғыдай болып қалар еді:

$$a = \frac{2F}{2m} = \frac{F}{m}$$

Өзара әрекеттесуге екі дene қатысады, Ньютоның үшінші заңы бойынша олардың өзара әрекеттесу күштері тең, *сәйкесінше тартылыс күші екі денениң массасына пропорционал болуы керек:*

$$F \sim m_1 m_2.$$

III Тартылыс күшінің денелер арасындағы арақашықтыққа тәуелділігі

Табиғаттың өзі Ньютонға өз болжамдарын тексеруге қолайлар жағдайлар жасады. Жер бетіндегі денелердің еркін тұсуінің және Айдың

Жерді айнала қозғалуының себебін Ньютон Жердің тартылыш күшінің әсері деп тұжырымдады.

Ай Жерді шеңбер бойымен айнала қозғалады десек, оның үдеуін есептеу қыын емес.

$$a_A = \frac{4\pi^2}{T^2} R_{\text{ж}} ,$$

мұндағы T – Айдың Жерді айналу периоды, $T = 27$ тәулік 7 сағ 43 мин = $2,4 \cdot 10^6$ с, R – алпыс Жер радиусына тең Ай радиусы, $R_{\text{ж}} = 6,4 \cdot 10^6$ м.

Айдың үдеуі Жердің бетіндегі еркін тұсы үдеуінен жуық шамамен $3600 = 60^2$ есе кіші. Бұл үдеудің арақашықтықтың квадратына көрінісінде екенін дәлелдейді:

$$a \sim \frac{1}{R^2}$$

Ньютоның екінші заңы негізінде $a \sim F$, онда:

$$F \sim \frac{1}{R^2}$$

Денелердің өзара әрекеттесу күші олардың арасындағы арақашықтыққа көрінісінде екенін дәлелдендер.

IV Бүкіләлемдік тартылыш заңы.

Гравитациялық тұрақты

Алынған қорытындыларды біріктіре отырып, Ньютон 1687 жылдың 10 қарандырылған наукалық көңілдеуінде тартылыш заңын тұжырымдады:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

мұндағы G – пропорционалдық коэффициенті немесе гравитациялық тұрақты.

Гравитациялық тұрақты бір-бірінен 1 м қашықтыққа орналасқан массалары 1 кг екі дене қандай күшпен өзара әрекеттесетінін көрсетеді.

Гравитациялық күштер центрлік болып табылады, олар өзара әрекеттесетін денелердің массалар центріне түсіріліп, осы нүктелерді қосатын түзудің бойымен бағытталады (*105-сурет*).

Жер мен дене әрекеттесуі кезіндегі бүкіләлемдік тартылыш күші заңын

$$F = G \frac{M_{\text{ж}} m}{R_{\text{ж}}^2}$$

ауырлық күшімен $F = mg$ салыстырайық.

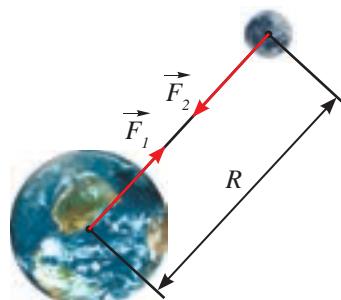
Жауабы қандай?

- Неліктен Айдағы еркін тұсы үдеуі Жер бетіндегі еркін тұсы үдеуінен кіши?
- Не себепті денелердің Жер бетіндегі еркін тұсы олардың массаларына тәуелді емес?
- Жер бетіндегі денелердің тартылыш күшімен әрекеттесуін бақылай алмауымыздың себебі неде?



2-тапсырма

Гравитациялық өрістің кернеулігі мен еркін тұсы үдеуі тең екенін дәлелдеңдер.



105-сурет. Гравитациялық күштер өзара әрекеттесуінің денелердің массалар центріне түсірілген

Бұл табиғаты жағынан бір қүш болып табылады, демек: $g = G \frac{M}{R^2}$,

мұндағы g – Жер бетіндегі еркін түсү үдеуі, M – Жердің массасы, R – Жердің радиусы.

Есте сақтаңдар!

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot m^2}{kg^2}$$

Барлық денелер бір-біріне, олардың массаларының көбейтіндісіне тұра және денелердің массалар центрі арасындағы арақашықтықтары квадратына көрініс пропорционал құшпен тартылады.

Жер бетінен h қашықтықта орналасқан массасы m дene үшін бұқіләлемдік тартылыс заңы мына түрде болады: $F = G \frac{M_{\text{ж}} m}{(R_{\text{ж}} + h)^2}$,

мұндағы $M_{\text{ж}}$ – Жер массасы, $R_{\text{ж}}$ – Жер радиусы, $R = R_{\text{ж}} + h$ – Жердің центрінен дененің массалар центріне дейінгі арақашықтық.

Есте сақтаңдар!

Бұқіләлемдік тартылыс заңының қолданылу шектері.

Заңды:

- материялық нүктeler үшін;
- шар тәрізді пішіні бар денелер үшін;
- өлшемдері шар өлшемінен біршама кіші денелермен әрекеттесетін радиусы үлкен шар үшін қолдануға болады.

Заңды:

- шексіз өзек пен шардың әрекеттесуі үшін;
- денелер және шексіз жазықтықтар үшін қолдануға болмайды.

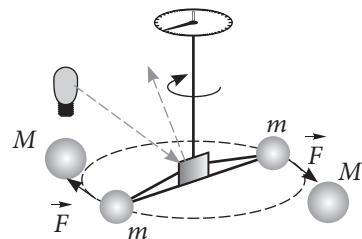
Бұл қызық!

Гравитациялық тұрақтыны ең алғаш тәжірибелік жолмен 1798 жылы ағылшынғалымы Генри Кавендиш анықтады. Ол бұл шаманы анықтау үшін айналмалы таразыны қолданды. Кулон күштерін анықтауға қарағанда бұл тәжірибелік қындығы гравитациялық күштердің біршама елсіздігінде болды. Тәжірибе үшін айналық шағылдырышы бар өте сезімтал айналмалы таразылар қажет болды (106-сурет). Кавендиш массалары белгілі шарлардың өзара әрекеттесу күшін серіппенің айналу бұрышы арқылы анықтап, гравитациялық тұрақтыны анықтады.

V Масса – гравитация өлшемі

Еркін түсү үдеуі аспан денесінің массасына тұра пропорционал. Денелер бір-бірінен алыстаған кезде үдеу мәні арақашықтық квадратына пропорционал кемиді. Алынған тәуелділік массасы мен өлшемдері белгілі болған жағдайда кез келген аспан денесінің бетіндегі еркін түсү үдеуін анықтауға мүмкіндік береді.

Есептеудер еркін түсү үдеуі Юпитер үшін $g \approx 25 \text{ m/c}^2$, Ай үшін $g \approx 1,67 \text{ m/c}^2$ екенін көрсетеді.



106-сурет. Айналық шағылдырышы бар айналмалы таразы

Есте сақтаңдар!

Ньютоң заңдары тек инерциялық санақ жүйелерінде ғана әрекет етеді.

Алынған нәтижелерден Юпитердің гравитациялық өрісі Жердің гравитациялық өрісінен 2,5 есе артық, ал Айда 6 есе кем екені шығады. Өріс әрекеті аспан денелерінің массасына тәуелді, демек, масса – гравитация өлшемі.



Маңызды ақпарат

Массасы бар кез келген дененің айналасында гравитациялық өріс пайда болады. Әртүрлі денелердің өрістері бір-бірінен күштік сипаттама – кернеулік арқылы ерекшеленеді:

$$\vec{F} = \frac{\vec{F}}{m_G}, \text{ мұндағы } F - \text{гравитациялық өрістің кернеулігі};$$

m_G – дененің гравитациялық массасы – өріс көзі.



3-тапсырма

Массасы 60 кг адамның массалар центрінен 1 м қашықтықтағы гравитациялық өрістің кернеулігін анықтаңдар. Нәтижеңі Жердің айналасындағы гравитациялық өріс кернеулігімен салыстырыңдар.



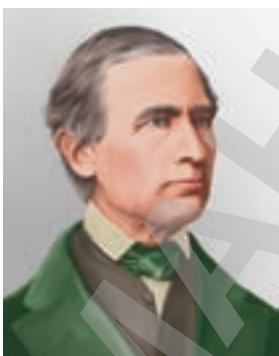
4-тапсырма

Жер центрінен $2R_{\oplus}$, $3R_{\oplus}$, $4R_{\oplus}$, $5R_{\oplus}$, $6R_{\oplus}$ қашықтықта орналасқан денелердің үдеуін анықтаңдар. Еркін түсү үдеуінің арақашықтықта тәуелділігін графикалық түрде бейнелендер.

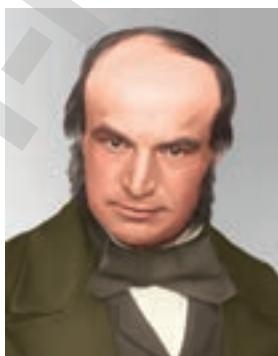


Маңызды ақпарат

1843 жылы ағылшын ғалымы Джон Кауч Адамс 8-сыртқы планетаның орбитасын есептеп шығарды. Бұл планетаның бар екені туралы болжамдар Уран орбитасының ұйытқуынан туындағы. Француз математигі Урбен Леверье 1845–1846 жылдары Адамстан бөлек өз есептеулерін жүргізіп, Берлин обсерваториясының астрономы Иоганн Готтфрид Галлені планетаны іздеумен айналысуга көндірді. Нептун 1846 жылы 23 қыркүйекте Леверье болжаған координаталардан 1° шегінде табылды. Нептун планетасының ашылуы астрономиядағы барлық есептеулер негізделген Кеплер мен Ньютон зандарының дұрыстығын дәлелдеді.



Иоганн Галле



Джон Адамс



Урбен Леверье

Бақылау сұрақтары

- Тартылыс күші деңе массасына қалай тәуелді? Денелердің арақашықтығына ше?
- Бүкіләлемдік тартылыс заңын тұжырымдаңдар.

- Гравитациялық тұрақтыны тәжірибе жүзінде анықтаған кім? Ол неге тең?
- Гравитациялық өрістің күштік сипаттамасын қалай атайды? Ол нені көрсетеді?
- Өріс кернеулігі дene массасына, массалар центрінен арақашықтыққа қалай тәуелді?
- Гравитациялық өрістің кернеулігі мен дененің массалар центрінен арақашықтық арасында қандай тәуелділік бар?

★ Жаттығу

17

- Жер бетінен қандай арақашықтықта ғарыш кемесіне әсер ететін тартылыс күші Жер бетіндегі тартылыс күшінен 100 есе аз болады?
- Жер бетінен 600 км арақашықтықта орналасқан массасы 1 кг денеге әсер ететін күшті анықтаңдар. Жердің радиусы 6400 км, массасы $6 \cdot 10^{24}$ кг, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$. Жауапты ХБЖ-да, ондыққа дейін дөңгелектендер.
- Шолпанның орташа тығыздығы $5200 \text{ кг}/\text{м}^3$, ал планетаның радиусы 6100 км. Шолпан бетіндегі еркін тұсу үдеуін анықтаңдар.

Жаттығу

17

- Әрқайсының массасы 10 000 т, бір-бірінен 100 м арақашықтықта орналасқан екі кеменің тартылыс күшін анықтаңдар.
- Марстың радиусы Жер радиусының 0,53 бөлігін, ал массасы жер массасының 0,11 бөлігін құрайды. Жер бетіндегі еркін тұсу үдеуі белгілі. Марстагы еркін тұсу үдеуін анықтаңдар.
- Марс бетінен $0,5R_M$, R_M , $1,5R_M$, $2R_M$ арақашықтыға гравитациялық өрістің кернеулігін есептөндөр. Алынған тәуелділік графигін Жердің еркін тұсу үдеуінің арақашықтыққа тәуелділік графигімен салыстырыңдар.

Шығармашылық тапсырма

- Күн және Күн жүйесі планеталары өрістерінің кернеулігін есептөндөр. Анықтамалық әдебиеттерден керекті мәліметтерді табыңдар. Мәліметтер бойынша кесте құрастырыңдар. Алынған мәліметтерге салыстырмалы талдау жүргізіңдер.
- Г.Кавендиш туралы хабарлама дайындаңдар.

§ 18. Дененің салмағы, салмақсыздық

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- үдеумен қозгалатын дененің салмағын анықтай аласыңдар;
- салмақсыздық күйін түсіндіре аласыңдар.



Жауабы қандай?

Неліктен жеделсаты көтерілуінің соңында және бастапқы мезетінде денеде женілдік сезіледі?



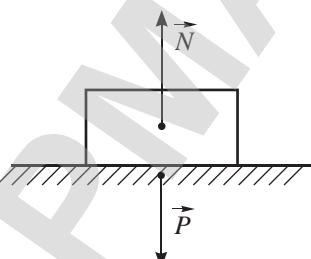
Естеріне түсіріндер!

Қандай жағдайларда осындағы күйді селе аласыңдар?



Есте сақтаңдар!

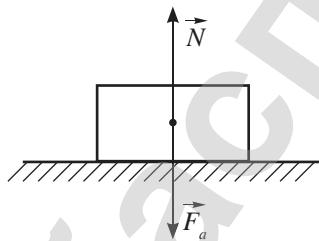
Ньютонның үшінші заңының негізінде тіректің реакция күші және салмақ – табиғаты жағынан электромагниттік күштер. Олар Ньютон заңында айтылатын екі күш болып табылады. Ауырлық күші әсерінен тірекпен немесе аспамен әрекеттесу нәтижесінде дене деформацияланады, деформация нәтижесінде тірекке күш түсіреді немесе аспаны созады.



108-сурет. Денениң өзара әрекеттесу күштері тең

I Тыныштықта тұрған дененің, түзу сызықты және бірқалыпты қозғалатын дененің салмағы

Горизонталь тіректе орналасқан денеге ауырлық күші және тіректің реакция күші әсер етеді (107-сурет).



107-сурет. Тіректің реакция күші ауырлық күші әсерін төңгереді

Егер дene мен тірек қозғалмайтын болса немесе түзу сызықты және бірқалыпты қозғалатын болса, бұл күштердің әсері тенгерілгенін білдіреді. Күштер мәндөрі жағынан тең:

$$N = F_a = mg.$$

Дененің салмағын анықтау үшін Ньютонның үшінші заңын қолданамыз.

Дененің салмағы – дененің Жерге тартаулығы салдарынан тірекке немесе аспаға әсер ететін күш.

Дененің салмағы – дененің тірекпен өзара әрекеттесуі кезіндегі деформация нәтижесі. Бұл күштің жұбы тіректің деформациясы нәтижесінде пайда болған тіректің реакция күші болып табылады. Екі күштің де табиғаты бірдей, олар әртүрлі денелерге түсірілген, бір түзудің бойында бір-біріне қарама-қарсы бағытта әрекет етеді (108-сурет). Ньютонның үшінші заңы негізінде олар өзара тең:

$$P = N = mg.$$

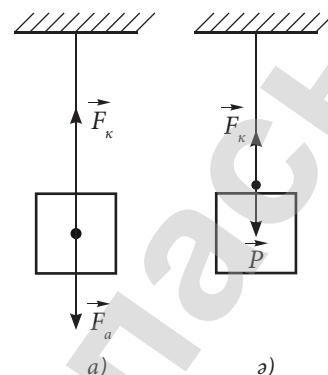


1-тапсырма

109 а) және ә) суретке қарандар. Денелерге қандай қүштер түсірілген? Неліктен а) суретке Ньютонның I заңын, ал ә) суретке III заңын қолдануға болады?

Дене аспамен бірге

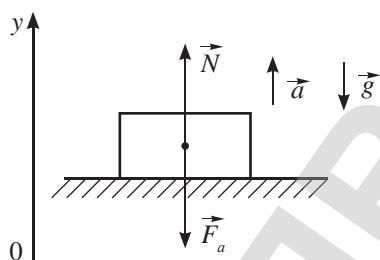
- а) тыныштық күйде болғанда;
- ә) вертикаль жоғары немесе төмен қозғалғанда қүштердің қатынасы туралы не айтуда болады?



109-сурет. 1-тапсырмада

II Дене салмағының артуы. Асқын салмақ

Денениң және оның тірегінің үдемелі қозғалысы кезінде олардың деформациялану дәрежесі өзгереді, сәйкесінше өзара әрекеттесу күші де өзгереді. Денениң үдеуі еркін түсү үдеуіне қарама-қарсы бағытталған жағдайда денениң салмағын анықтайық (110-сурет).



110-сурет. Үдеу қарама-қарсы бағытталған, дene салмағы артады

Бұл – денениң үдемелі жоғары көтерілуіне немесе кемімелі төмен түсүіне сәйкес келетін жағдай.

Осы жағдай үшін Ньютонның екінші заңын жазайық. Дене ауырлық күшінің және тіректің реакция күшінің әсерінен үдеумен қозғалып келеді:

$$m\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_a.$$

Тендеудің 0y осіне проекциясы мына түрге келеді:

$$ma_y = N_y + F_{ay}.$$

Проекция таңбаларын ескеріп, мынадай теңдікті аламыз:

$$ma = N - F_a.$$



Есте сақтаңдар!

Егер дene тірекпен немесе аспамен бірге тыныштық күйде болса немесе бірқалыпты тұзу сызықты қозғалса, денениң салмағы ауырлық күшіне тең.



Эксперимент

Динамометрге жүк іліп, оның салмағын анықтаңдар. Жүк бірден вертикаль жоғары қозғалған кезде динамометр көрсеткіштерін бақылаңдар. Динамометрді бірден төменге түсіріп, ұқсас тәжірибе жүргізіндер. Нәтижелерді салыстырып, қорытынды жасандар.



Назар аударыңдар!

Денениң еркін тусіү кезінде ауырлық күші жоғалмайды, масса түрақты шама болып қалады.

Тіректің денеге әсер ету күші:

$$N = ma + F_a = ma + mg,$$

$$N = m(g + a).$$

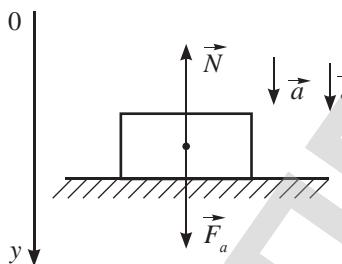
Ньютоның үшінші заңы негізінде $P = N$, демек:

$$P = m(g + a).$$

Егер дене тірекпен бірге еркін тұсу үдеуіне қарата-қарсы бағытталған үдеумен қозгалса, онда оның салмағы тыныштықта тұрған дene салмағынан артық болады.

III Дене салмағының кемуі. Салмақсыздық

Дене еркін тұсу үдеуімен бағыттас үдеумен қозгалатын жағдайды қарастырайық (III-сурет). Бұл шарттарда дene тірекпен бірге үдемелі төмен түседі немесе баяу жоғары көтеріледі.



III-сурет. Дененің еркін тұсу үдеуімен бағыттас үдеумен қозгалуы

Егер дene тірекпен бірге еркін тұсу үдеуімен бір бағытта қозгалса, онда оның салмағы тыныштықтағы дененің салмағынан аз болады.

Дененің салмағы 0-ге тең болатын күйін салмақсыздық деп атайды.

2 Жауабы қандай?

1. Неліктен ғарыш стансасында ғарышкер салмақсыздық күйін кешеді?
2. Не себепті салмақсыздық күйінде ғарышкердің салмағы нөлгө тең, ал ауырлық күші нөлгө тең емес?
3. Неліктен ғарышкерлер мен ұшқыштарды асқын салмаққа центрифуга түріндегі тренажермен (112-сурет) дайындаиды?

Маңызды ақпарат

Үдемелі қозғалыс тудырған салмақтың артуын асқын салмақ деп атайды. Асқын салмақты к әрпімен белгілейміз, сонда:

$$k = \frac{P}{P_0};$$

$$k = \frac{m(g + a)}{mg};$$

$$k = \frac{g + a}{g};$$

$$k = 1 + \frac{a}{g}.$$

10 есе артық асқын салмақта дene еркін тұсу үдеуінен 9 есе артық, үдеумен қозгалады.

2-тапсырма

111-суретті, Ньютон II және III зандарын пайдаланып, дененің массасы $P = m(g - a)$ екенін дәлелдендер.

Бұл қызық!

Еркін тұсу кезінде дene еркін тұсу үдеуіне тең үдеумен $a = g$ қозғалады, бұл жағдайда дene салмақсыздыққа ие болады:

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



112-сурет. Центрифуга түріндегі тренажер

ЕСЕП ШЫГАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Массасы 1000 т дененің полюстегі және экватордағы салмағын анықтаңдар. Жердің радиусы 6400 км деп алындар.

Берілгені: **ХБЖ**

$$m = 1000 \text{ т}$$

$$R_{\text{ж}} = 6400 \text{ км}$$

$$P_1 - ?$$

$$P_2 - ?$$

Шешуі:

Дененің өз осінен айналу радиусы полюсте нөлге тең, экваторда Жер радиусына тең.

Демек, полюсте дененің салмағы ауырлық күшіне

тең: $P_1 = mg$. Экваторда дene салмағы аз болады: $P_2 = m(g - a)$, себебі центрге тартқыш үдеу еркін түсу үдеуімен бағыттас. Есептің шарты бойынша Жер радиусының өзгерісін ескермейміз, экваторда да, полюсте де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Экватордағы дененің өз осінен айналу үдеуін келесі формула бойынша

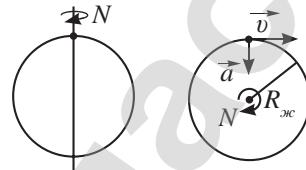
анықтаймыз: $a = \frac{4\pi^2 R_{\text{ж}}}{T^2}$, мұндағы $T = 24 \text{ сағ} = 86400 \text{ с}$.

$$\text{Сонда: } P_2 = m \left(g - \frac{4\pi^2 R_{\text{ж}}}{T^2} \right).$$

$$\text{Есептеулер жүргіземіз: } P_1 = 10^6 \text{ кг} \cdot 9,81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 9,81 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

$$P_2 = 10^6 \text{ кг} \left(9,81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} - \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}}{8,64^2 \cdot 10^8 \text{ с}^2} \right) = 9,77 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Жауабы: $P_1 = 9,81 \text{ МН}; P_2 = 9,77 \text{ МН.}$



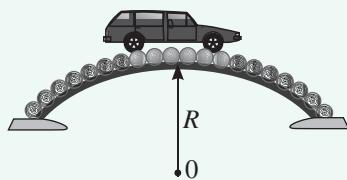
Бақылау сұрақтары

- Мына шарттардың орындалуын көрсетіңдер: а) дененің салмағы ауырлық күшіне теңеседі; ә) дененің салмағы жоғарылайды; б) дененің салмағы азаяды; в) дene салмақсызданды.
- Асқын салмақ дегеніміз не? Салмақсыздық деген не?

★ Жаттығу

18

- Дөңес көпірден өткенде автомобіліктің салмағы $P = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right)$ болатынын дәлелдендер (113-сурет).



113-сурет. Дөңес бетпен қозғалыс кезінде дененің салмағы азаяды

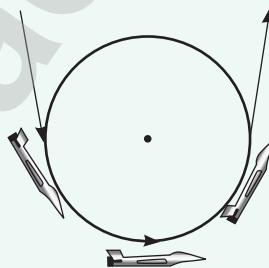
2. Фарыш зымыраны 5 м/с^2 үдеумен вертикаль жоғары қозғалады. Фарышкердің массасы 75 кг болса, салмағы қандай болатынын анықтаңдар. $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ деп алындар.
3. Массасы 3 т автокөлік 36 км/сағ жылдамдықпен көпірден өткенде, көпір автокөліктің ауырлығынан радиусы 50 м доға жасап, майысады. Автокөліктің көпірдің ортасындағы нүктеге түсіретін қысым күшін анықтаңдар. $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Жауаптарынды килоныютонмен (кН) және бүтін санға дейін дәңгелектеп беріндер.



Жаттығу

18

1. Ұшақтың төмен шүйілуінен (пилотаж түрі) шығу кезінде траекторияның төменгі нүктесінде ұшқыш $P = m\left(g + \frac{v^2}{R}\right)$ асқын салмақ сезетінін дәлелдендер (114-сурет).
2. Фарыш кемесі $8,38 \text{ м/с}^2$ тұрақты үдеумен (Айға қатысты) вертикаль бағытта кемімелі қозғалып, Айға қонады. Осы кемедегі массасы 70 кг фарышкердің салмағы қандай?
3. Қисықтық радиусы 40 м дәңес көпір арқылы массасы 2 т болатын автобус 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалады. Көпірдің жоғары нүктесінде автобустың түсіретін қысым күшін табындар. $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ деп алып, жауаптарынды килоныютонмен (кН) беріндер.



114-сурет. Траекторияның төменгі нүктесінде деңенің салмағы артады

Экспериметтік тапсырма

Таразыны пайдаланып, жеделсаты (лифт) қозғалысының басталуы мезетіндегі, оның көтерілу сәтіндегі және тежелу кезіндегі өз салмақтарынды анықтаңдар.

Осындағ өлшеулерді жеделсатының тұсуі кезінде де жүргізіндер. Өлшеудердің нәтижесі бойынша жеделсатының үдеуін және асқын салмақты табындар. Жолдың қандай бөлігінде жеделсатының қозғалысы бірқалыпты екенін анықтаңдар.

§ 19. Денелердің ауырлық күшінің әсерінен қозғалуы. Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- есептер шығаруда бірінші гарыштың жылдамдық формуласын қолдана аласындар;
- гарыш аппараты орбиталарының ерекшеліктерін салыстыра аласындар;
- тартылымдың өрісіндегі дененің қозғалыс параметрлерін есептей аласындар.

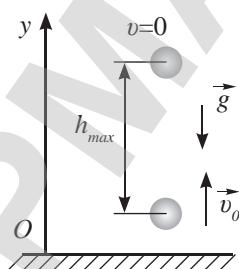


Жауабы қандай?

1. Неліктен еркін құлайтын дene салмақсыздық күйде болады?
2. ЖЖС-і еркін құлайды деп тұжырымдауға бола ма?

1-тапсырма

1. Денелердің еркін түсүи формулаларын естерінде түсіріп, дәптерлерінде жазындар.
2. v_0 бастапқы жылдамдықпен тасталған дene үшін үдеу векторы мен жылдамдық векторының бағыттары көрсетілген сурет салындар. Есептеулер үшін ыңғайлы осьті таңдандар.



115-сурет. Ауырлық күшінен дeneнің вертикаль қозғалысы

Еркін түсken дeneнің траекториясы оның бастапқы жылдамдығының шамасы мен бағытына тәуелді.

Жылдамдықты, орын ауыстыруды, жолды және дeneнің координаталарын анықтауға арналған есептерді шешу әдісін таңдау бастапқы шарттарға тәуелді болады. Дене жерге жақын орналасқан және $g = \text{const}$ жағдайын қарастырайық.

I Дененің еркін түсү үдеуімен вертикаль қозғалысы

Дененің вертикаль қозғалысы кезінде үдеуі және жылдамдығы бір түзудің бойымен бағытталады (115-сурет). Дененің қозғалысы жоғары қарай кемімелі, төмен қарай – үдемелі болады. Бұл жағдайда 0у осін дene қозғалысының бағытымен бағыттап, есептеулерді теңайнымалы қозғалыс формулаларымен жүргізеді.

II Горизонталь лақтырылған дeneнің қозғалысы

Егер дene горизонталь лақтырылса, оның қозғалысы 0x және 0y осьтеріне қатысты қарастырылады (116-сурет). Еркін түсү үдеуінің 0x осіне проекциясы 0-ге тең болғандықтан, ауа кедергісін ескермеген жағдайда, жылдамдықтың 0x осіне проекциясы тұрақты шама болып қалады. 1 үшү ұзақтығы және x координатасы бірқалыпты қозғалыс формулалары арқылы анықталады:

$$l = v_{0x} t \quad (1)$$

$$\text{және} \quad x = x_0 + l. \quad (2)$$

Дененің Жердің бетінен биіктігіне тәуелді құлау уақыты арқылы дeneнің үшү уақыты анықталады:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (3)$$

0у осі бойымен қозғалыс g үдеумен орындалады, қозғалысты сипаттайтын шамаларды есеп-

теу үшін теңдіктерге қозғалыс формулалары қолданылады:

$$v_y = v_{0y} + g_y t; \quad (4)$$

$$h_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}; \quad (5)$$

$$y = y_0 + h_y. \quad (6)$$

Траекторияның кез келген нүктесінде лездік жылдамдық мына формула бойынша анықталады:

$$v = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}. \quad (7)$$

Ол қозғалыс траекториясына жүргізілген жанама бойымен бағытталған (116-сурет).

III Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысы

Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысын сипаттайтын негізгі шамалар: v_{0x} , v_{0y} жылдамдық құраушыларын; t үшу уақытын, h биіктікі және l үшу ұзақтығын анықтайық. Барлық кинематикалық шамалар алдыңғы мысалдағыдей қозғалыс тәуелсіздігі негізінде анықталады.

Дене 0x осімен тұрақты:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha \quad (8)$$

жылдамдықпен қозғалады (117-сурет). Оу осінде максимал көтерілу биіктігіне жеткенше дене теңкемімелі қозғалыста болады, бастапқы жылдамдық мына формула бойынша анықталады:

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha. \quad (9)$$

2-тапсырма

§ 19 II бөліміндегі формулаларға кіретін барлық шамаларды еске түсіріп, дәптерге олардың атаулары мен ХБЖ-дағы өлшем бірліктерін жазындар.

3-тапсырма

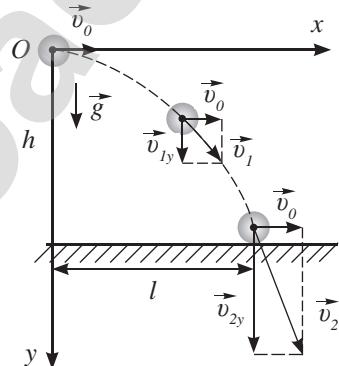
- 1) дененің траекторияның жоғары нүктесіне көтерілу уақыты мен түсіндеу уақыты бірдей екенін;
- 2) бұрыш 45° болғанда үшу ұзақтығы максимал болатынын;
- 3) бұрыш 30° және 60° болғанда үшу ұзақтығы бірдей болатынын дәлелдендер.

Естеріңе түсіріндер!

Әртүрлі аспан денелері үшін еркін түсіндеуі түрліше болады.

Жауабы қандай?

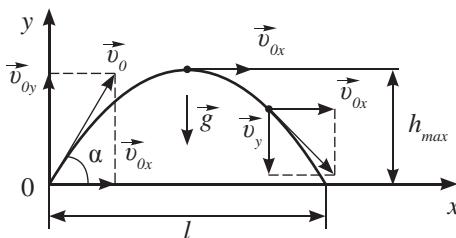
Массасы мен өлшемдері белгілі аспан денесінің еркін түсіндеуін қалай анықтайбы?



116-сурет. Ауырлық күшінің дәсерінен горизонталь тасталған дененің қозғалыс траекториясы

Жауабы қандай?

1. Неліктен дененің еркін түсіндеуінде қозғалыс траекториясы түзу сызық, парабола және шеңбер болуы мүмкін?
2. Неліктен дене Жерден алыстағанда кемімелі, жақындағанда үдемелі қозғалады?
3. Неліктен көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене траекториясының ең жоғары нүктесінде жылдамдық оның 0x оси бойымен құраушысына тең?



117-сурет. Көкжисекке бұрыши жасағы лақтырылған денениң ауырлық күшінән болатын қозғалысының траекториясы

Траекторияның жоғарғы нүктесінде $v_y = 0$, содан кейін дене төмен түсіп, тенұдемелі қозғалыста болады.

Максимал көтерілу уақыты $v_y = 0$ шартымен анықталады, $v_0 \sin \alpha - gt = 0$ шарты орындалған кезде:

$$t_{\text{көтерілу}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (10)$$

$y=0$ шартынан ұшу ұзақтығы табылады: $y_0 + (v_0 \sin \alpha)t - \frac{gt^2}{2} = 0$,

$y_0 = 0$ болғанда теңдік мына түрге келеді: $(v_0 \sin \alpha)t - \frac{gt^2}{2} = 0$.

Уақытты жақша сыртына шығарып, өрнекті түрлендіреміз: $t \left(v_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2} \right) = 0$.

Алынған теңдеудің екі шешімі бар:

$$t_1 = 0 \text{ және } t_2 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}. \quad (11)$$

Бірінші шешім дене қозғалысы басталған уақытқа сәйкес келеді, ал екіншісі денениң құлау уақытына сәйкес келеді және ұшу ұзақтығын анықтайды.

Максимал ұшу биіктігін $v_y = 0$ болғанда, дене жоғарғы нүктеде тоқтатын

болғандықтан, $h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}$ қатынасынан және (9) формуладан табамыз:

$$h_y = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g_y} \quad (12)$$

Ұшу қашықтығын анықтауда бірқалыпты қозғалыс формуласы қолданылады $l = v_{0x} t$. Жылдамдықтың $0x$ осі бойымен құраушысын (8) ескерсек, ол мына түрге келеді:

$$l = (v_0 \cos \alpha) t \quad (13)$$



Жауабы қандай?

Қосымша бұрыштар үшін ұшу ұзақтығы бірдей деп айтуда бола ма?



Назар аударындар!

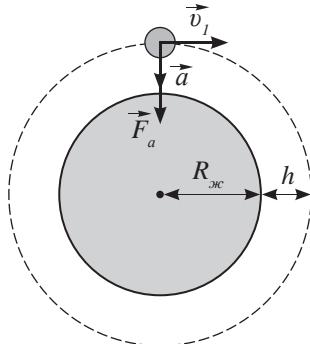
Ұшу уақыты көтерілу уақытынан 2 есе артық, демек көтерілу уақыты түсі уақытына тең.

Естеріңе түсіріндер!

Математика курсында қандай бұрыштарды қосымша бұрыши деп атайдынын естеріне түсіріндер. Олардың синусы мен косинусы қандай қасиетке ие?

IV Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы

Радиусы Жер радиусынан сәл ғана артық $h \ll R$ (118-сурет) орбита бойымен қозғалатын Жердің жасанды серігінің жылдамдығын анықтайық.



118-сурет. Жердің жасанды серіктерінің Жердің ауырлық өрісіндегі қозғалысы денелердің еркін түсү үдеуіне мысал бола алады

Қозғалыстағы жасанды серік үшін динамиканың негізгі теңдеуін жазамыз: $ma = F$.

$$F = mg \text{ ауырлық күшінің әсерінен } a = \frac{v^2}{R}$$

центрге тартқыш үдеумен қозғалады, демек:

$$\frac{mv^2}{R} = mg .$$

Алынған теңдіктен жылдамдықты өрнектейміз:

$$v = \sqrt{gR} . \quad (14)$$

Егер жасанды серік Жер бетінен Жер радиусына тең биіктікте орбита бойымен қозғалатын болса, жылдамдықты есептеуде бұкіләлемдік тартылыш заңын қолдану керек:

$$\frac{mv^2}{R_{\infty} + h} = \frac{GM_{\infty}m}{(R_{\infty} + h)^2} ,$$

мұндағы $R = R_{\infty} + h$ – орбита радиусы.

Алынған формуладан Жер бетінен әртүрлі h биіктегі жылдамдықты анықтайық:

$$v = \sqrt{\frac{GM_{\infty}}{R_{\infty} + h}} . \quad (15)$$

Орбита радиусы үлкейген сайын, оның жылдамдығы кеми түседі.

Есте сақтаңдар!

Жасанды серік аспан денесінің айналасында дәңгелек орбита бойымен қозғалатын жылдамдық *бірінші гарыштық жылдамдық* деп аталады. Жер үшін оның мәні 7,9 км/с.

4-тапсырма

- Біздің планетамыз үшін бірінші гарыштық жылдамдықтың мәнін анықтаңдар. Еркін түсү үдеуін $9,8 \text{ м/с}^2$, Жер радиусын $6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$ деп алындар.
- Жер мен Марстағы бірінші гарыштық жылдамдық бір-бірінен неше есе өзгеше?

5-тапсырма

- Жер радиусына тең биіктікте жасанды серіктің орбиталық жылдамдығын анықтаңдар.
- Орбиталық жылдамдығы Жер бетіндегі бірінші гарыштық жылдамдықтан екі есе кіші жасанды серіктің үшү биіктігін анықтаңдар.

Маңызды ақпарат

ЖЖС-тің орбита бойымен Жердің айнала қозғалуын сипаттайтын барлық кинематикалық шамалар шеңбер бойымен қозғалатын денелердің сипаттайтын шамалар сияқты анықталады.

6-тапсырма

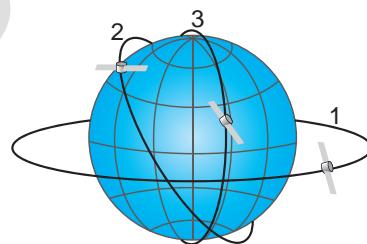
Параграфта қарастырылған қозғалыстарға қоршаған ортадан мысал келтіріңдер.

V Ғарыш аппараттары орбиталарының ерекшеліктері

Егер Жердің жасанды серігінің (ЖЖС) Жер бетінен ұшып шығу жылдамдығы 11,2 км/с болса, ол Жердің тартылыс қүшін жеңіп шығып, Құннің жасанды серігіне айнала алады. Бұл жылдамдықты *екінші ғарыштық жылдамдық* деп атайды. Егер дene жылдамдығының мәні бірінші ғарыштық жылдамдықтан үлкен, екінші ғарыштық жылдамдықтан кіші болса, оның траекториясы *эллипс түрінде* болады. Кеплер зандары орындалады.

ЖЖС жылдамдықтары биіктікке және Жерді айнала ұшу траекториясына тәуелді. Орбиталардың Жер бетінен қашықтығы 100 км – 40 000 км аралығында болады. Төменгі Жерге жақын орбиталарда Жердің тартылыс қүші және атмосфераның жоғары қабаттарына үйкеліс болатындықтан, жылдамдықты арттыру керек. 200 км – 2000 км аралығындағы қашықтықтарда орбitalық жылдамдық мәні 6,9 км/с – 7,8 км/с аралығында болады, ЖЖС жылдамдығы 3,1 км/с.

ЖЖС-нің Жер айналасында айналу жазықтығы мен экватор арасындағы бұрылу бұрышы әртүрлі болуы мүмкін (*119-сурет*). Егер ЖЖС полюстерде экватор жазықтығына 90° бұрыш жасай (3) айналса, ол планетаның барлық бетін зерттей алады. Мұндай ЖЖС геодезиялық зерттеулер үшін қолданылады. Егер ЖЖС экваторсызығының бойында 35 786 км биіктікте (1) Жердің айналу бағытымен ұшатын болса, ол Жер шарының бір ғана нүктесінде орналасады. Мұндай ЖЖС жер серіктік байланыс орнату үшін қолданылады. Орбита бойымен 90° -тан кіші бұрыш жасап ұшатын ЖЖС (2) Жер бетінің белгілі бір бөлігін ғана зерттей алады. Мұндай орбиталы ЖЖС жүйесін навигация қызметі үшін қолданады.



119-сурет. Жердің жасанды серіктері орбиталарының түрлері

Бақылау сұрақтары

- Ох және Оу осьтеріне қатысты көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дene қандай қозғалыс жасайды?
- Горизонталь және көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дeneнің қозғалысы қалай қарастырылады?
- Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы қозғалыстың қандай түріне жатады?



- Еркін құлаған дененің 0,1 км биіктікегі жылдамдығы 50 м/с. 1 с-тан кейін ол қандай биіктікте болады? 1 с бұрын ол қандай нүктеде болған? $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алындар. Жауптарды ХБЖ-да, бүтін санға дейін дөңгелектеп беріңдер.
- Дене горизонталь лақтырылды. 5 с-тан кейін жылдамдық пен үдеу бағыттарының арасындағы бұрыш 45° құрайды. Дененің осы мезеттегі жылдамдығын анықтаңдар. $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алындар. Жауптарынды ХБЖ-да ондыққа дейін дөңгелектеп беріңдер.
- Жердің жасанды серігінің дөңгелек орбитасының радиусын 4 есе арттырғанда, оның айналу периоды 8 есе артады. Жасанды серіктің орбита бойымен қозғалыс жылдамдығы неше есеге өзгереді? Жауптарынды негіздендер.
- Садақ атуши жебені көкжиеекке 30° бұрыш жасай, 60 м/с бастапқы жылдамдықпен атты. Егер нысана садақпен бір деңгейде болса, нысанага дейінгі арақашықтықты анықтаңдар. $g = 10 \text{ м/с}^2$; $\sin 30^\circ = 0,5$; $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $\sqrt{3} = 1,73$ деп алындар.



- Вертикаль жоғары лақтырылған дене 4 с кейін Жерге қайтып оралады. Дене қандай биіктікке көтеріледі? Ауаның кедергісін ескермендер. $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алындар.
- Ұшақ 360 км/сағ жылдамдықпен горизонталь 490 м биіктікке көтеріледі. О нүктесінің үстінен ұшып өткенде, одан ұшаққа қатысты бастапқы жылдамдығы нөлге тең зат тасталды. Заттың О нүктесінен қандай қашықтыққа түсkenін анықтау керек. $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алындар, ауа кедергісін ескермендер.
- Граната шұнқырдан бастапқы 9,8 м/с жылдамдықпен көкжиеекке 45° бұрыш жасай лақтырылған. $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ деп алып, гранатаны лақтыру нүктесі мен құлау нүктесінің арақашықтығын табындар.
- Жасанды серік Жер бетінен 600 км биіктікте дөңгелек орбита бойымен айналуы үшін қандай жылдамдық алуы керек? Оның айналу периоды қандай?

3-тараудың қорытындысы

| Ньютон заңдары | Бүкіләлемдік тартылыш заңы, бірінші ғарыштық жылдамдық | Үдеумен қозғалатын дененің салмағы |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| I заң: $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$, $a = 0, v = c \text{ ә} t$ | $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$ $F = G \frac{M_{\infty} m}{(R_{\infty} + h)^2}$ | $P = m (g \pm a)$ $k = 1 + \frac{a}{g}$ |
| II заң: $\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$ $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ | $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot m^2}{kg^2}$ $g = G \frac{M}{R^2}$ | |
| III заң: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ | $v_1 = \sqrt{gR}$ $v_1 = \sqrt{\frac{GM_{\infty}}{R_{\infty} + h}}$ | |

Ньютон заңдары:

- Егер денеге күш әсер етпесе немесе күштердің әсері теңгерілген болса, дene инерциялық санақ жүйесіне қатысты түзу сызықты және бірқалыпты қозғалады немесе тыныштық күйін сактайды.
- Дененің алатын үдеуі денеге түсірілген барлық күштердің теңәсеріне тұра пропорционал, ал дene массасына көрі пропорционал.
- Денелер модулі бойынша тең және бағыттары қарама-қарсы күштермен өзара әрекеттеседі. Өзара әрекеттесу күштері – әртүрлі денелерге түсірілген, бір түзу бойымен әсер ететін, табигаты бірдей күштер.

Глоссарий

Асқын салмақ – үдемелі қозғалыстың әсерінен салмақтың артуы.

Бірінші ғарыштық жылдамдық – дөнгелек орбита бойымен аспан денесін айнала қозғалатын жасанды серіктің жылдамдығы.

Дененің салмағы – дененің Жерге тартылуы салдарынан тірекке немесе аспага әсер ететін күш.

Динамика – механикалық қозғалыстың себептерін қарастыратын механиканың бір саласы.

Инерциялық санақ жүйесі – инерция заңы орындалатын санақ жүйесі.

Кернеулік – гравитациялық өрістің дененің әрбір килограмм массасына қандай күшпен әрекет ететінін көрсететін физикалық шама.

Салмақсыздық – дененің салмағы нөлге тең болатын күйі.

4-ТАРАУ

САҚТАЛУ ЗАНДАРЫ

Импульстің және энергияның сақталу зандарапен денелердің өзара әрекеттесу күштерін анықтауға мүмкіндік болмаған жағдайларда динамика есептерін шешуге мүмкіндік береді.

Табиғаттың құбылыстарын зерттеу нәтижесінде сақталу зандарапен тек механикада ғана емес, сонымен бірге Ньютон зандарапен қолданылмайтын микроәлемде де кеңінен қолдануға болатыны белгілі болды. Импульстің және энергияның сақталу зандарапен физиканың іргелі зандарапының бірі болып табылады.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- «дене импульсі» және «қүш импульсі» үғымдарын ажыратуды;
- импульстің сақталу заңын тұжырымдау және оны есептер шығаруда қолдануды;
- табиғаттағы және техникадағы реактивті қозғалысқа мысалдар көлтіруді;
- Байқоңыр ғарыш айлағының мемлекеттік және әлемдік маңыздылығына баға беруді;
- механикалық жұмысты аналитикалық және графикалық тәсілмен анықтауды;
- жұмыс пен энергияның байланысын түсіндіруді;
- есептер шығаруда энергияның сақталу заңын қолдануды үйренесіндер.

§ 20. Дене импульсі және күш импульсі. Импульстің сақталу заңы

Күтілетін нәтиже

- Осы параграфтың иегергенде:
- «дene импульсі» және «күш импульсі» үғымдарын ажыратма аласыңдар;
 - импульстің сақталу заңын тұжырымдаап, оны есептер шығаруда қолдана аласыңдар.

Жауабы қандай?

Өзара айнымалы күштермен әрекеттесетін дene-лердің үдеуі, жылдамдығы, және орын ауыстыруы қалай анықталады?

Бұл қызық!

«Қозғалыс мөлшері» үғымын ең алғаш рет Рене Декарт енгізді. Рене Декарт физикасында күштер, өсіреле бос аралық арқылы қашықтықтан өсер ететін күштер туралы айттылмайды. Әлемдегі барлық құбылыстар өзара жанасатын бөлшектердің әрекетінен болады делінеді. Бір дene басқа дeneмен соқтығысқанда оған тек өзі жоғалттың мөлшерде ғана қозғалыс мөлшері беріледі және ол өз қозғалысын қаншаға арттыrsa, соңша ғана алуға болады. Декарт әлемдегі бастапқы қозғалыс мөлшерінің сақталуын қарастырган. Бұндай көзқарас тұлым тарихында картезиандық деген атка ие болды, себебі латын тілінде Декарт есімінің дыбысталуы – Картизи.

I Импульс түріндегі Ньютоның екінші заңы

Үдеуді жылдамдықтың өзгеру шапшандығы ретінде қарастырып, Ньютоның екінші заңын түрлендіріп жазамыз:

$$\vec{F} = m\vec{a} = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} = m\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$

немесе $\vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$. (1)

Алғынған өрнекті импульс түріндегі Ньютоның екінши заңы деп атайды.

II Дене импульсі және күш импульсі.

Дене импульсінің өзгеруі

Импульс түріндегі Ньютоның екінші заңында қолданылатын дene импульсі және күш импульсі үғымдарымен танысадайқ. Дене импульсі дene массасы мен қозғалыс жылдамдығының көбейтіндісіне тең және \vec{p} әрпімен белгіленеді:

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

Дененің массасы мен жылдамдығының, көбейтіндісіне тең шаманы қозғалыс мөлшері немесе дene импульсі деп атайды.

Дене импульсі – векторлық шама, оның бағыты дene жылдамдығының бағытымен сәйкес: $\vec{p} \uparrow\downarrow \vec{v}$.

Дене импульсінің ХБЖ-дағы өлшем бірлігі:

$$[p] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Импульстің өзгерісі – дененің соңғы және бастапқы импульстерінің айырмасы:

$$\Delta\vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0. \quad (3)$$

Күштің уақытқа көбейтіндісіне тең шаманы күш импульсі деп атайды.

Күш импульсінің өлшем бірлігі:

$$[F \cdot \Delta t] = 1 \text{Н} \cdot \text{с.}$$

Енгізілген шамаларды пайдаланып, Ньютоның екінші заңын тұжырымдаймыз:

Күш импульсі мене импульсінің өзгешесіне тең.

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}. \quad (4)$$

Алынған өрнектен денеге әсер ететін күштің бағыты мене импульсінің өзгеру бағытымен сәйкес келетінін көруге болады: $\vec{F} \uparrow\uparrow \Delta \vec{p}$.

III Денелердің өзара серпімді әрекеттесуі кезінде импульстің сақталу заңы

Массалары m_1 және m_2 , жылдамдықтары \vec{v}_{01} және \vec{v}_{02} денелердің центрлік соқтығысынан көзінде серпімді әрекеттесуін қарастырайық (120, 121-суреттер). Бұл жағдайда массалар центри өзара әрекеттесу күштері мен денелердің қозғалыс жылдамдықтары багытталған түзудің бойында жатады. Өзара әрекеттесу күштері $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ Ньютоның үшінші заңымен байланысқан, олар денениң қозғалыс бағытына тәуелді емес.

Импульс түріндегі Ньютоның екінші заңын қолдансақ, үшінші заң келесі түрге ие болады:

$$m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{\Delta t} = -m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{\Delta t},$$

мұндағы \vec{v}_1 және \vec{v}_2 – денелердің әрекеттесуден кейінгі жылдамдықтары.

Денелердің әрекеттесу уақытын алып тастап, мына өрнекті аламыз:

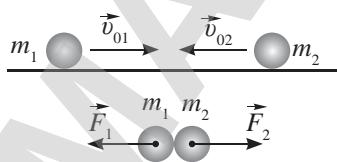
$$m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{01} = -(m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{02})$$

немесе

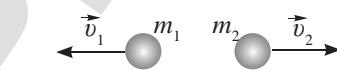
$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2. \quad (5)$$

Бір денениң импульсінің азаюы басқа дене импульсінің дәл сондай мәнге көбейеудің алып келеді.

әрекеттесуге дейін

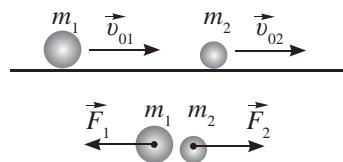


әрекеттесуден кейін

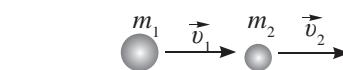


120-сурет. Қараша-қарсы қозғалып келе жатқан денелердің серпімді әрекеттесуі

әрекеттесуге дейін



әрекеттесуден кейін



121-сурет. Бір бағытта қозғалып келе жатқан денелердің серпімді әрекеттесуі



Жауабы қандай?

Векторды оң санға көбейткендегі оның бағыты қалай өзгереді? Теріс санға көбейткендегі ше?

1-тапсырма

Күш импульсі мен мене импульсі өлшем бірліктерінің тендігін дәлелдейңдер:

$$1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \text{H} \cdot \text{c}.$$

Декарт өзінің болжамдарының нәтижесінде осындай қорытындыға келді.

Денелердің әрекеттесуге дейінгі импульстар ін тенденциялар сол жақ бөлігіне, ал әрекеттесуден кейінгі импульстерін он жақ бөлігіне көшіреміз:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \quad (6)$$

немесе $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$. (7)

Алғынған (6), (7) тенденциялар импульстің сақталу заңы деп аталады.

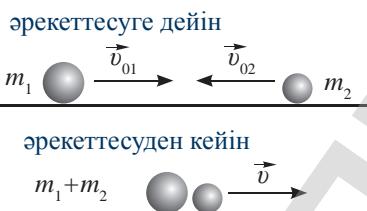
Эксперимент

Бір қатарға қойылған 3–4 шардың қозғалыстағы шармен центрлік соқтығысу кезінде өзара әрекеттесуін сипаттаңдар. Шарлардың массалары мен өлшемдері бірдей болу керек.

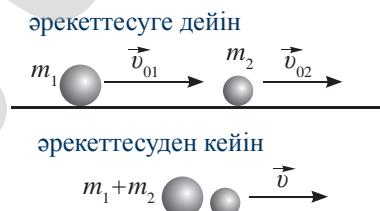
Тұйық жүйе үшін әрекеттесу кезіндегі дene импульстерінің геометриялық қосындысы тұрақты шама болып қалады.

IV Денелердің абсолют серпімсіз әрекеттесуі кезінде импульстің сақталу заңы

Абсолют серпімсіз соқтығысдан кейін денелер бүтінге айналып, бірге қозғалады (122, 123-суреттер).



122-сурет. Қарама-қарсы қозғалып келе жатқан денелердің серпімсіз әрекеттесуі



123-сурет. Бір бағытта қозғалып келе жатқан дененің серпімсіз әрекеттесуі

Мұндай денелер арасында серпімділік күштері пайда болмайды және денелердің деформациясы пластикалық болады. Серпімсіз әрекеттесу кезінде импульстің сақталу заңы мына түрде жазылады:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = (m_1 + m_2) \vec{v} \quad (8)$$

немесе $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}$. (9)

V Денелердің тұйық жүйесі

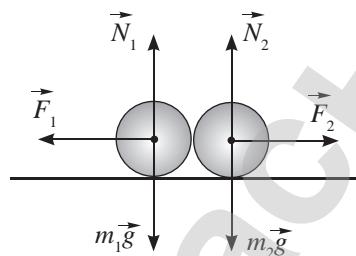
Импульстің сақталу заңы бір-бірімен әрекеттесетін және тұйық жүйені құрайтын денелер үшін ғана орындалады.

Сыртқы күштер әсер етпейтін денелер жүйесі тұйық жүйе деп аталады.

2-тапсырма

1. Тұйық жүйенің үш дene-сінің серпімді әрекеттесуі үшін импульстің сақталу заңын жазыңдар.
2. Егер соқтығысу серпімсіз болса, формула қалай өзгереді? Занды үш дene-серпімсіз соқтығысуы үшін жазыңдар.
3. Төрт бөлікке бөлінген қозғалыстағы дene үшін сақталу заңын жазыңдар.

Денелерге Жердің тартылыс күші әсер ететін болғандықтан, Жер жағдайында түйік жүйе болмайды. Егер сыртқы қүштердің әсері бірін-бірі тенгеретін болса немесе олар жүйе денелерінің өзара әрекеттесу қүштерінен көп кіші болса, денелер жүйесін тұйық деп есептеуге болады. Мысалы: ауырлық қүшінің әсері тіректің реакция қүшімен тенгеріледі (124-сурет), оқка әсер ететін оқ-дәрі газдарының қысым қүші Жердің тартылыс қүшінен біршама артық.



124-сурет. Өзара әрекеттесетін еki дененің түйік жүйесі

2 Жауабы қандай?

- Неліктен массалары бірдей, бір-біріне сандық мәні жағынан бірдей жылдамдықпен қозғалып келе жатқан денелердің импульсін тең дег алуға болмайды?
- Граната ұшқындары жарылысқа дейін тыныштық күйде болса, граната жарылғаннан кейін неге бір бағытта ұшпайды?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Аңшы жеңіл үрлемелі қайықтан оқ атады. Егер аңшының қайықпен бірге қосқандағы массасы 70 кг, оқтың массасы 35 г және бастапқы орташа жылдамдығы 350 м/с болса, оқтың атылу сәтінде қайық қандай жылдамдық алады? Қару оқ ату кезінде көкжиекке 60° бұрыш жасайды.

Берілгені:

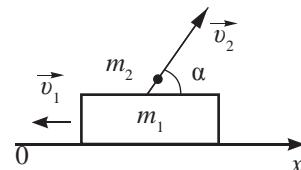
$$\begin{aligned}m_1 &= 70 \text{ кг} \\m_2 &= 35 \text{ г} \\v_2 &= 350 \text{ м/с} \\\alpha &= 60^\circ \\v_1 &=?\end{aligned}$$

ХБЖ

$$3,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

Шешуі:

Оқ атылғанға дейін қайықтыныштық күйде болды. Жүйе импульсі нөлге тең болды. Импульстің сакталу заңын жазайық: $0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$.



0x осіне проекциясы: $0 = m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x}$.

Проекция таңбаларын ескеріп, оларды модуль арқылы өрнектесек, мынадай теңдікті аламыз: $0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2 \cos \alpha$.

Алынған теңдеуден қайықтың жылдамдығын өрнектейміз: $v_1 = \frac{m_2 v_2 \cos \alpha}{m_1}$.

Қайық жылдамдығының мәнін есептейміз:

$$v_1 = \frac{3,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot 350 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5}{70 \text{ кг}} = 0,08 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Жауабы: $v_1 = 0,08 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Бақылау сұрақтары

- Дене импульсі дегеніміз не? Ол қандай өлшем бірлігімен өлшенеді?
- Қандай шаманы күш импульсі деп атайды? Оның өлшем бірлігін атаңдар.
- Импульс түріндегі Ньютоның екінші заңын тұжырымдаңдар.
- Өзара әрекеттесетін денелер импульстерінің өзгерістері арасында қандай байланыс бар?
- Импульстің сақталу заңының мәні неде?
- Серпімсіз өзара әрекеттесу серпімді әрекеттесуден қалай ажыратылады?
- Қандай денелер жүйесі түйік деп аталады?

★ Жаттығу

20

- Материялық нүктенің қозғалысы $x = 5 - 8t + 4t^2$ теңдеуімен сипатталады. Дененің массасы 2 кг деп есептеп, қозғалыс басталғаннан 2 с-тан және 4 с-тан кейінгі дененің импульсін табыңдар және импульстің өзгерісіне себеп болған күшті анықтаңдар.
- Массасы 60 кг адам 18 км/сағ жылдамдықпен жүтіріп келіп, 1 м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатқан массасы 20 кг арбаға қарғып мінді. Адам мінгеннен кейін арба қандай жылдамдықпен қозғалады?
- Массасы 600 г граната 10 м/с жылдамдықпен ұшып, екіге жарылды. Үлкен жарықшақ жылдамдығы 72 км/сағ, ол гранатаның қозғалыс бағытымен бағыттас. Кіші жарықшақ жылдамдығы 5 м/с және ол гранатаның қозғалыс бағытына қарама-қарсы бағытталған. Үлкен жарықшақ бөлігінің массасын анықтаңдар.



Жаттығу

20

- Денеге 10 с ішінде 4,9 Н күш әсер етеді. Егер күш әсерінен жылдамдық 5 м/с-ке өзгерген болса, дene массасын анықтаңдар.
- Массасы 1 кг материалың нүкте шенбер бойымен 36 км/сағ жылдамдықпен бірқалыпты қозғалады. Периодтың төрттен бір бөлігіндегі, жартысындағы және бір периодтағы импульс өзгерісін анықтаңдар.
- Адам Жерге қатысты тыныштықта тұрган арбадан 10 м/с жылдамдықпен секіріп түсті. Егер адамның массасы 60 кг, ал арбаның массасы 100 кг болса, арбаның қозғалыс жылдамдығының модулі қандай болады?

§ 21. Реактивті қозғалыс

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ішергендеге:

- табиғаттағы және техникадағы реактивті қозғалысқа мысалдар келтіре аласындар;
- Байқоңыр ғарыш айлағының аймақтық және халықаралық маңыздылығына баға берे аласындар.



Жауабы қандай?

1. Ғарыш көңістігіндегі ғарыш кемесінің жылдамдығын қалай баяулатуға болады?
2. Неліктен өрт сөндіру брандспойтын қолға ұстап тұру қыын? Егер қолдан шығып кетсе, ол қалай қозғалады?



К.Э.Циолковский (1857–1935) – орыс ғалымы, зерттеуші, мектеп мұғалімі. Қазіргі заманғы ғарыштанудың негізін қалаушы, аэродинамика, ауада жүзу туралы көптеген жұмыстардың авторы. Ол ұсынған зымырандарға, зымыран қозғалтыштарына қатысты идеялар ғарыштық техниканың дамуына зор үлесін қосты.

I Реактивті қозғалыс

Табиғатта сегізаяқтар, кальмарлар, медузалар, техникада ұшактар, зымырандар реактивті қозғалыс жасайды.

Реактивті қозғалыс – дененің бір бөлігінің одан қандай да бір жылдамдықпен бөлінуінің нәтижесінде туындағының қозғалыс.

Алғаш болып ғарыштық кеңістікке ғарыштық кемелерді шығару үшін реактивті қозғалтқышы бар зымырандарды құрастыру мүмкіндігін К.Э.Циолковский негізделген. 1903 жылы оның «Әлемдік кеңістікті реактивті аспаптармен зерттеу» атты ғылыми еңбекі жарық көрді. Ол өз еңбектерінде қөpsатылы зымырандарды құрастыруға, сұйық отынды қозғалтқышқа қатысты, зымыран және отын массалары туралы маңызды идеяларды ұсынды, массасы айнымалы денелердің қозғалысының алғашқы есептейлерін келтірді.

II Реактивті қозғалтқыш

Реактивті қозғалтқыш тарту күшін тудыру үшін тіректі немесе басқа денелермен әрекеттесуді қажет етпейді. Ол ұшактарды, зымырандарды және ғарыштық аппараттарды қозғалысқа келтіру үшін қолданылады. Реактивті қозғалтқыш қозғалысқа қажет тарту күшін отын энергиясын газдың реактивті ағысының кинетикалық энергиясына түрлендіру арқылы алады.

Реактивті қозғалтқыштардың негізгі еki түрі болады: ауа-реактивті қозғалтқыштар және зымыранды қозғалтқыштар. Жоғары дыбысты



Эксперимент

Үрленген шарды жіппен байламай жібере салындар. Шардың кеңістікте қозғалысын түсіндіріңдер. Сендер бақылаған үшү қозғалыстың қандай түріне жататынын анықтаңдар.

ая-реактивті қозғалтқышты ұшақтардың ұшу биіктігіне шектеу қойылады, сиретілген ауда отынды жағу үшін оттегі жетіспейді. Зымыранды қозғалтқыштарға биіктік бойынша шектеу қойылмайды, себебі тарту күшін тудыру үшін зымыран бортында орналасқан тотықтырығыш пайдаланылады.

125-суретте жану камерасынан (1) және реактивті шумектен (сопло) (2) тұратын қарапайым зымыранның ұлғасі бейнеленген. Сұйық отын (3) оттегімен (4) араласып, жану камерасында тұтанады, пайдаланылған газдар соплодан ұлкен жылдамдықпен атқылап шығып, реактивті тарту күшін тудырады. Зымыранды қозғалтқыштың жалпы түрі 126-суретте көрсетілген.

III Реактивті қозғалыс жылдамдығы

Денениң реактивті қозғалысының жылдамдығын есептеу үшін импульстің сақталу заңы қолданылады.

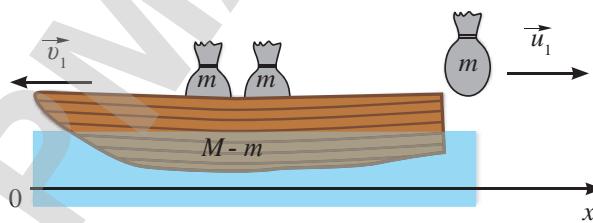
Қайықтан массалары тең жүктөрді түсіріп тастағаннан кейінгі қайықтың қозғалысын қарастырайық.

Бастапқы мезетте қайық тыныштықта тұрады. Жүкті тастағанда қайық импульс алып, жүктің қозғалысына қарама-қарсы бағытта қозғала бастайды (127-сурет).

Қайықтың жүкпен қоса есептегендегі массасы M болсын дейік, әрбір жүктің массасы m болсын. Бірінші жүкті лақтырганнан кейінгі денелердің түйік жүйесіндегі импульстің сақталу заңын жазайық:

$$0 = (M - m) \cdot \vec{v}_1 + m \vec{u}_1,$$

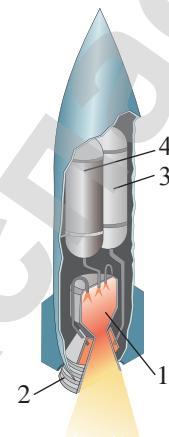
мұндағы \vec{u}_1 – жүктің жылдамдығы, \vec{v}_1 – қалған жүктөрі бар қайықтың жылдамдығы.



127-сурет. Тыныштықтағы қайықтың жүкті түсіргеннен кейінгі қозғалысы

Жауабы қандай?

Неліктен ғарыш зымыранына тотықтырығышы бар ыдыс орналастырылады?



125-сурет. Реактивті қозғалтқышы бар зымыран моделі



126-сурет. РД-107А зымырандың қозғалтқышы

Бұл қызық!

Константин Циолковский 1903 жылы планетааралық байланысқа арналған зымыран моделін құрастырды. Ол ғарыш зымыраны үшін ең тиімді отын – сұйық оттек пен сутектің қоспасы деген тұжырымға келді.

Алынған 0x осіне проекциясында векторлардың бағытын ескеріп алатаңымыз:

$$0 = -(M - m) \cdot v_1 + mu_1.$$

Алынған тендіктен қайықтың жылдамдығын табамыз:

$$v_1 = \frac{m}{M - m} u_1. \quad (1)$$



Жауабы қандай?

Реактивті қозғалыс жасайтын тұжырым жүйе бөліктерінің импульстерінің қосындысы неліктен 0-ге тең?

IV Зымыран жылдамдығы

Импульстің сақталу заңынан отынның тез жану мезетінде төмендегі қатынас орындалатыны шығады:

$$\frac{v_3}{v_r} = \frac{m_o}{M - m_o},$$

мұндағы m_o – отын массасы;

$M - m_o$ – зымыран тасығыштың отыны жок ғарыш кемесімен қоса алғандағы массасы;

v_3 – зымыран жылдамдығы;

v_r – газдың ағу жылдамдығы.



3-тапсырма

Егер отын массасы зымыран массасынан 4 есе артық болса, бірінші ғарыштық жылдамдықпен қозғалып бара жатқан зымыраннан газдардың ағып шығу жылдамдығын анықтаңдар.

V Ғарыштық кеңістікті игеру

1961 жылы 12 сәуірде «Байқоңыр» ғарыш айлағынан «Восток» көпсатылы зымыраны тұнғыш рет орбитаға жіберіліп, Ю.А.Гагарин ғарыш кемесімен Жер айналасында бір айналым жасады (128-сурет).

«Байқоңырдан» бастау алған адамзат тарихындағы алғашқы сапардан кейін ғарыштанудың қарқынды даму кезеңі басталды. Ғарыш кемелері, стансылар жетілдіріліп, ғарыштық зондтар, луноходтар, марсоходтар жасалды. Жердің

1-тапсырма

Әртүрлі ақпарат көздерін пайдаланып, зымыран қозғалтқыштарында қандай отын түрі қолданылатынын анықтаңдар. Жану өнімі улы болып санала ма? Қандай экологиялық проблемалар зымыран отынын қолдануға байланысты?

2-тапсырма

Импульстің сақталу заңын қолданып, есептер шығару алгоритмін құрастырыңдар.

Маңызды ақпарат

Казіргі заманы зымырандарда отынның массасы салыстырмалы түрде оның бастапқы массасының 90%-ін құрайды. Егер зымыран массасының 90%-і отын болса, демек, қалған бөлігі – пайдалы жүк, қозғалтқыштың басқару жүйесі, бак және басқа да элементтер жалпы массаның 10%-ін құрайды.



128-сурет. Юрий Гагарин – Жердің алғашқы ғарышшысы

жасанды серіктеп телехабар тарату, ұялы байланыстарды жүзеге асыру мақсатында пайдаланылады. Ғарыштық стансыларда ғылыми зертханалар салынып, телескоптар орналастырылған. Ондағы ғылыми-зерттеу жұмыстары Жерде, Күн жүйесінде, Ғаламда болып жатқан құбылыстарды терең зерттеп білуге, олардың арасында байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

Ғарышқа сапар шегіп, ғылыми зерттеу жүргізуге қазақстандық ғарышкерлер де үлес кости (130-сурет). Т.Әубекіров «Мир» орбиталық кешенінде жұмыс жасады. Ол 1996–2000 жылдары Қазақстан Президентінің ғарышты игеру жөніндегі көмекшісі қызметін атқарды. Т. Мұсабаев ғарышқа 3 рет ұшты, ғарышта болған жалпы уақыты – 341 күн 9 сағат 46 минут. Ол 2007 жылдан бастап Қазақстан Республикасы Ұлттық ғарыштық агенттігін басқарды, 2017 жылдан бастап Қазақстан Республикасы Парламенті Сенатының депутаты.



130-сурет. ҚР ғарышкерлері: Токтар Әубекіров, Талғат Мұсабаев, Айдын Айымбетов

Бұл қызық!

Айдын Айымбетов – қазақстандық ғарышкер-сынақшы, Қазақстанның Халық Қаһарманы, Қазақстанның ӘАҚ генерал-майоры. 2015 жылдың 2–12 қыркүйегі аралығында 2 адамдық пилоттық «Союз ТМА-18» кемесімен әлемдік ғарыш стансысына бортинженер ретінде ұшты. Бұл – Байқоңыр айлағынан ұшырылған 500-зымыран. Ұшу уақыты 9 тәулік 20 сағат 13 минут 51 секундты құрады. Ғарышқа сапары кезінде Айымбетов бірқатар физика-ғарыштық зерттеулер жүргізді, атап айтсақ, «Боран», «Релаксация», ғарышта радиацияның адамға әсерін зерттеді және Арап және Каспий теңіздеріне ғарыштық мониторинг жүргізді.

Бұл қызық!

Байқоңыр ғарыш айлағы (129-сурет) – әлемдегі ең алғашқы және ең үлкен ғарыш айлағы. Қазақстанда, Қызылорда облысында орналасқан.



129-сурет. Байқоңыр ғарыш айлағы

Бақылау сұрақтары

1. Қандай қозғалысты реактивті деп атайды?
2. Реактивті қозғалыс жылдамдығы қандай шамаларға тәуелді?
3. Зымырандық қозғалтқыштың жұмыс принципі қандай?

Жаттығу

21

1. Ғарыш кемесінің тежелуі қалай жүзеге асады?
2. Массасы 200 г ғарыш кемесі моделінің максимал көтерілу биіктігі 12,8 м болды. Оны іске қосқан кезде зымыран соплосынан газдың ағу жылдамдығын анықтаңдар. Іске қосу барысында 0,5 кг отын қолданылды. Аяу кедергісін ескермендер.

Жаттығу

21

1. Қарудан оқ атылған кездегі қозғалысты реактивті деп есептеуге бола ма?
2. Зымыран және отын массаларының қатынасы 1/6 болатын зымыран моделі қандай жылдамдықпен ұшады? Қозғалтқыштағы газдың ағу жылдамдығы 8 м/с. Зымыранның көтерілу биіктігін анықтаңдар.
3. Массасы 100 кг тыныштықта түрған арбадан массалары 40 кг болатын екі бала кезектесіп, бір бағытта 1 м/с жылдамдықпен секіріп түсті. Арбаның жылдамдығы қандай болады? Арба мен балалар түйік жүйе құрады деп алындар.

Эксперименттік тапсырма

Аяу немесе су ағынына негізделген реактивті қозғалтқыш құрастырындар. Оны ойыншық мәшинеге бекітіп, сынандар.

Шығармашылық тапсырма

Ұсынылған тақырыптардың бірін таңдап, хабарлама дайындаңдар:

1. Ғарышты игеру және ғарышқа ұшу хронологиясы.
2. Қазақстан Республикасының ғарыштық ұшулар орталығы.
3. Байқоңыр ғарыш айлағының болашағы.
4. Байқоңыр ғарыш айлағының аймақтық және халықаралық маңызы.

§ 22. Механикалық жұмыс және энергия

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- механикалық жұмыстың аналитикалық және графикалық тәсілмен анықтауды;
- жұмыс пен энергияның байланысын түсіндіруді үйренесіндер.

I Күш жұмысын есептеу формуласы

Дене орын ауыстыруға қатысты еркін бағытталған \vec{F} күштің эсерінен горизонталь қозғалады делік (131-сурет). \vec{F} күштің бірі орын ауыстыру бағытына параллель, екіншісі перпендикуляр болатын екі құраушыға жіктейік. Күштің параллель құраушысы қозғалыс жылдамдығын өзгерте алатын үдеуді тудырады, демек, жұмыс жасалады:

$$A = F_{II} \cdot s$$

немесе

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

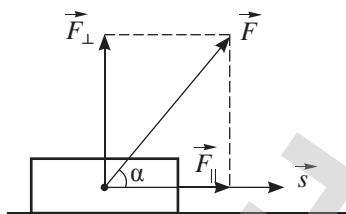
Күштің перпендикуляр құраушысы жұмыс жасамайды, себебі дене оның эсер ету бағытымен қозғалмайды.

Демек, орын ауыстыру векторына қандай да бір бұрышпен бағытталған күштің жұмысы күштің орын ауыстыру векторына параллель құраушысының жұмысымен анықталады.



Естерін түсіріндер!

1. Кандай шарттарда механикалық жұмыс атқарылады?
2. Егер әсер ететін күш пен дененің орын ауыстыру бағыты сәйкес келсе, атқарылған жұмыс қалай анықталады?



131-сурет. Күш векторын орын ауыстыру бағыты бойынша параллель және перпендикуляр құраушыларға жіктей

II Жұмысты график бойынша анықтау

(1) формула негізінде түзу сызықты қозғалатын денеге түсірілген күштің жұмысын:

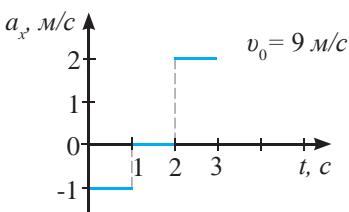
- 1) массасының және бастапқы жылдамдығының мәні белгілі дене үдеуінің уақытқа (132, а) сурет);
- 2) дене массасының мәні белгілі болғанда, дене жылдамдығының уақытқа (132, ә) сурет);
- 3) дененің орын ауыстыруының уақытқа (132, б) сурет);
- 4) қозғалыс жылдамдығының немесе жүрілген жолдың мәні белгілі болғанда, күштің уақытқа тәуелділік графиктері арқылы анықтауға болады (132, в) сурет).

132 г) суретте $F - s$ (күш – жүрілген жол) диаграммасы берілген. Дене жүріп өткен жол мен күшті анықтайтын фигураның ауданы сандық мәні бойынша атқарылған механикалық жұмысқа тең екенін дәлелдеу қыын емес.

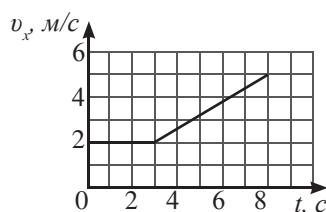


1-тапсырма

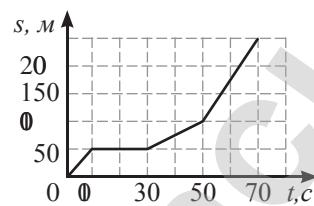
132-суреттегі графиктерді қарастырындар. Параграфтың 2 бөлігіндегі 1–4-пункттерде көрсетілген шамаларды белгілі деп алыш, денеге түсірілген күштің жұмысын анықтау алгоритмін құрастырындар.



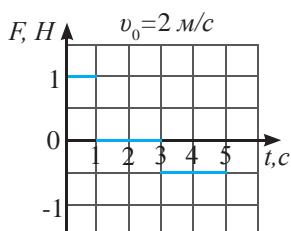
а) Үдеудің 0x осіне түсірілген проекциясының уақытқа тәуелділік графигі



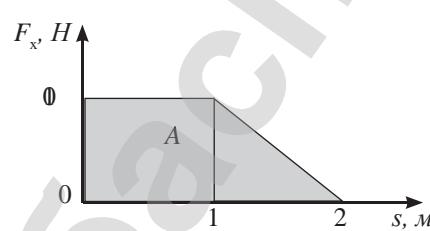
ә) Жылдамдықтың 0x осіне түсірілген проекциясының уақытқа тәуелділік графигі



б) Орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигі



в) Күштің уақытқа тәуелділік графигі



г) Күш – жүрілген жол диаграммасы

132-сурет.



2-тапсырма

- 132 г) суреттегі мәліметтерді пайдаланып,
- 1) жолдың бірінші бөлігіндегі фигураның ауданының сандық мәні жасалған жұмысқа тең екенін;
 - 2) жұмысты есептеу формуласындағы күштің мәні айнымалы болса, оның орташа мәні қолданылатынын дәлелдендер. Диаграммадағы жолдың екінші бөлігін дәлел ретінде қолданындар.



Назар аударындар!

F – s (күш – жүрілген жол) диаграммасында жұмыс жолдың әртүрлі бөліктегінде күшті анықтайтын сызықтардың астындағы фигура ауданына тең (132, г) сурет).

III Кинетикалық энергияның өзгеру теоремасы

$F = ma$ екінші заңда үдеуді кинематикадан белгілі мына қатынаспен алмастырамыз:

$$a = \frac{\mathbf{v}_2^2 - \mathbf{v}_1^2}{2s}.$$

Нәтижесінде алғынымыз: $F = m \frac{\mathbf{v}_2^2 - \mathbf{v}_1^2}{2s}$.

Теңдіктің екі жағын да s-ке көбейтіп, өрнекті түрлендіреміз:

$$Fs = \frac{m\mathbf{v}_2^2}{2} - \frac{m\mathbf{v}_1^2}{2}. \quad (2)$$



Жауабы қандай?

Неліктен деңеге өсереттін күш жүрілген жолға тәуелді деп тұжырымдауга болмайды?



Есте сақтаныдар!

(1), (3) және (4) формулаалар кез келген күшті анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

7-сыныптағы физика курсынан егер күш пен орын ауыстырудың бағыттары сәйкес келсе, механикалық жұмыс олардың көбейтіндісі арқылы анықталатыны белгілі:

$$A = F \cdot s.$$

Соңғы қатынасты ескерсек, (2) өрнек мына түрге келеді:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \quad (3)$$

немесе

$$A = E_{k2} - E_{k1}, \quad (4)$$

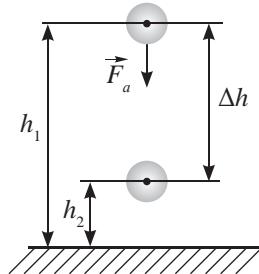
мұндағы E_{k1} – дененің қозғалыс басталған кездегі кинетикалық энергиясы; E_{k2} – дененің қозғалыс соңындағы кинетикалық энергиясы; A – механикалық жұмыс.

Алған тенденкті кинетикалық энергияның өзгеруі туралы теорема деп атайды.



Назар аударыңдар!

Күштің әсерінен дененің кинетикалық энергиясы өзгереді, жұмыс атқарылады.



IV Ауырлық күшінің жұмысы

Дене жер бетінен h_1 биіктікten h_2 биіктікден деңгейіне құлағанда ауырлық күшінің атқаратын жұмысын анықтайық (133-сурет).

F_a күш және дененің Δh орын ауыстыруы бір бағытта бағытталған, дене түзу сызық бойымен құлайды, демек: $A = F \cdot \Delta h$. (5)

Дененің орын ауыстыруын биіктіктердің айырмасы арқылы өрнектейік: $\Delta h = h_1 - h_2$.

$F = mg$ екенін ескерсек, (5) формула мына түрге ие болады:

$$A = mg(h_1 - h_2)$$

немесе

$$A = -mg(h_2 - h_1). \quad (6)$$

7-сынып физика курсынан потенциалдық энергияның

$$E_p = mgh \quad (7)$$

екені белгілі. (6) формуланы түрлендірейік:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (8)$$

Ауырлық күшінің әсерінен дененің Жермен өзара әрекеттесуінің потенциалдық энергиясы өзгеріп, жұмыс атқарылады.



Эксперимент

Топпен жұмыс. Әр оқушының баспалдақпен екінші қабатқа көтерілгенде атқаратын жұмысын анықтаңдар. Алынған нәтижелерді салыстырып, неліктен олардың әртүрлі болатынын түсіндіріңдер.

V Серпімділік күшінің жұмысы



3-тапсырма

Берілген параграфтың IV бөлігінің негізінде серпімділік күшінің жұмысын есептеу формуласын алындар (134-сурет):

$$A = -\frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2). \quad (9)$$

Сығылу мен созылу кезіндегі дененің потенциалдық энергиясы мына формуламен анықталатынын естерінде түсіріндер:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}. \quad (10)$$

VI Үйкеліс күшінің жұмысы

(1) формуладан үйкеліс күшінің жұмысын есептеу формуласын аламыз. Горизонталь бет үшін үйкеліс күші $F_{yik} = \mu N = \mu mg$, үйкеліс күшінің бағыты мен дененің орын ауыстыру бағыты арасындағы бұрыш 180° екенін ескерсек:

$$A = \mu mgs \cdot \cos \alpha \text{ немесе } A = -\mu mgs. \quad (11)$$

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Қандай да бір серіппеге массасы 2 кг жүк ілгенде, серіппе 4 см-ге ұзарады. Серіппені 2 см-ден 12 см-ге ұзарту үшін қандай жұмыс жасау керек?

Берілгені:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$x = 4 \text{ см}$$

$$x_1 = 2 \text{ см}$$

$$x_2 = 12 \text{ см}$$

$$A = ?$$

ХБЖ

$$4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Шешуі:

Серпімділік күшінің жұмысы:

$$A = -\frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2). \quad (1)$$

Серіппені созатын сыртқы күштердің жұмысы қарама-қарсы бағытталған, демек, ол қарама-қарсы таңбаға ие:

$$A = \frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2).$$

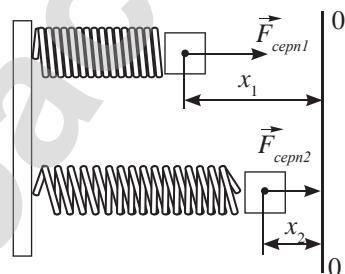
Жүк ілгенде серіппе серпімділік күші ауырлық күшіне тең болғанша созыла береді: $F_{cep} = F_a$ немесе $kx = mg$. Бұдан:

$$k = \frac{mg}{x}. \quad (2)$$



Жауабы қандай?

- Неліктен серпімділік күшінің жұмысын анықтағанда оның орташа мәнін қолдану қажет?
- Не себепті серпімділік күші мен ауырлық күшінің жұмысы оң өрі теріс болуы мүмкін?
- (8) формула бойынша серпімділік күшінің жұмысын анықтауға бола ма?



134-сурет. Серпімділік күшінің жұмысы дененің ұзаруының (созылуының) өзгерісіне тәуелді

(2) өрнекті (1) өрнекке қойып, есептеу формуласын аламыз:

$$A = \frac{mg}{2x} (x_2^2 - x_1^2); \quad A = \frac{2\kappa g \cdot 9,8 \frac{m}{c^2} (144 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-4}) m^2}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} m} \approx 3,5 \text{ Дж.}$$

Жауабы: $A \approx 3,5 \text{ Дж.}$

Бақылау сұрақтары

1. Қандай шарттарда механикалық жұмыс атқарылмайды?
2. Кинетикалық энергияның өзгеруі теоремасының мәні неде?
3. Ауырлық күшінің жұмысы қалай анықталады? Серпімділік күшінің ше?
4. Неліктен үйкеліс күшінің жұмысы теріс мәнге ие?

★ Жаттығу

22

1. Құрылыштың массасы 10 кг жәшікті еденнен 1 м биіктікке көтеріп, биіктігін өзгертпей, 1000 см қашықтыққа орнын ауыстырып, еденге қояды. Эр дengейдегі ауырлық күшінің жұмысын және толық жұмысты анықтаңдар.
2. Массасы 50 кг конькишинің толық тоқтағанға дейінгі теңкемімелі қозгалысы кезінде үйкеліс күшінің атқарған жұмысын анықтаңдар. Тежелу жолы 0,01 км, қозгалыс уақыты 1/6 мин.
3. Автокөлік амортизаторы серіппесін 4 мм-ге қысқанда 960 мДж жұмыс жасалса, серіппені 4 см-ге қысқанда қандай жұмыс атқарылады?



Жаттығу

22

1. Экскаватор көлемі 14 м³ топырақты 20 м биіктікке көтеріп тастайды. Қалақша салмағы 20 кН. Топырақ тығыздығы 1,5 г/см³ болса, топырағы бар қалақша көтерілгенде атқарылатын жұмысты анықтаңдар.
2. Массасы 100 г электровоз тежелгенде теңкемімелі қозгалыс жасайды және жылдамдығын 54 км/сағ-тан 3 м/с-қа дейін азайтады. Үйкеліс күшінің атқарған жұмысын анықтаңдар.

Эксперименттік жұмыс

Үйкеліс күшінің шанаға түсірілген күш бағыты мен орын ауыстыру арасындағы бұрышқа тәуелділігін зерттендер. Шана бірдей қашықтыққа орын ауыстырганда көлбейу бұрыштың өзгеруі атқарылған жұмысқа қалай әсер етеді?

§ 23. Энергияның сақталу және айналу заңы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ішергендегі:

- есептер шығаруда энергияның сақталу заңын қолдануды үйренисіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен күштің мәндері айнымалы болса, Ньютон заңдарын қолдану қате нәтижелерге алып келуі мүмкін?
2. Қандай заңдар айнымалы күштердің өзара әрекеттесуі кезінде есептер шешуге мүмкіндік береді?



Естеріне түсіріндер!

Энергияның сақталу заңын тұжырымдаңдар. Ол қандай процестер үшін орындалады?



1-тапсырма

Микроәлем, макроәлем, денелер жүйесі, денелер жүйесінің күйі сөздерінің мағынасын түсіндіріңдер.

I Жұмыс – энергияның бір түрден екінші түрге айналу өлшемі

Денелердің еркін тұсуі тәсійнімалы қозғалыс болып табылады, демек, кинетикалық энергияның өзгеруі туралы теореманы ауырлық күшінің жұмысын есептеу үшін қолдануға болады. 22 параграфтағы (3) және (6) формулаларды салыстырғанда шығатыны:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = -(mgh_2 - mgh_1) \quad (1)$$

немесе

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (2)$$

Дене құлаган кезде оның кинетикалық энергиясы артады, ал потенциалдық энергиясы кемиді.

Жұмыс – денелердің өзара әрекеттесуі кезінде энергияның бір түрден екінші түрге айналуының өлшемі.

II Жермен өзара әрекеттесетін денелер үшін толық механикалық энергияның сақталу заңы

(1) формуладағы дененің бірінші күйіне сәйкес келетін энергияны оң жаққа, ал екінші күйіне сәйкес келетін энергияны сол жаққа ауыстырайық:

$$\frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 \quad (3)$$

немесе

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}. \quad (4)$$

Кинетикалық және потенциалдық энергиялардың қосындысын толық механикалық энергия деп атайды.

$$E = E_k + E_p. \quad (5)$$

Толық механикалық энергия туралы ұғымды (5) ескерсек, (4) өрнек мына түрге келеді:

$$E_2 = E_1, \quad (6)$$

мұндағы E_1 – «Жер – дene» тұйық жүйесінің бірінші күйдегі толық энергиясы, E_2 – жүйенің екінші күйдегі толық энергиясы.

(3–6) қатынастары «Жер – дене» түйік жүйесіндегі толық механикалық энергияның сақталу заңының әртүрлі жазылу түрлері болып табылады.

Тартылыс күштерімен өзара әрекеттесу кезінде түйіктаған денелер жүйесінің толық механикалық энергиясы тұрақты шама болып қалады: $E = \text{const}$.

Маңызды ақпарат

Энергияның сақталу заңы денениң энергиясы ешқашан жоғалмайды және жоқтан пайда болмайды, ол тек бір түрден екінші түрге айналады деп тұжырымдайды. Бұл заң физиканың әртүрлі салаларында түрлі тұжырымдамаға ие. Классикалық механика механикалық энергияның сақталу заңдарын қарастырады. Денелер арасында консервативті күштер (кез келген түйіктаған траекторияда атқарытын жұмысы 0-ге тең болатын күштер) әсер ететін түйік жүйенің толық механикалық энергиясы тұрақты шама болып табылады. Ньютон механикасындағы энергияның сақталу заңы осылай тұжырымдалады.

Түйік немесе оқшауланған жүйе деп сыртқы күштер әсер етпейтін физикалық жүйені айтамыз. Бұл жүйеде қоршаған ортамен энергия алмасу жүрмейді, жүйенің энергиясы өзгеріссіз қалады, яғни сақталады. Мұндай жүйеде тек ішкі күштер әсер етеді және денелер өзара әрекеттеседі. Түйік жүйелерде потенциалдық энергияның кинетикалық энергияга айналуы және кері процесс қана орындалады.

Есте сақтаңдар!

Энергияның сақталу заңын қолданып, есептер шығару алгоритмі

1. Есептің шартында дene жылдамдығы, сығылу немесе созылу, санақтың нөлдік деңгейі ретінде алынған бетке қатысты орналасу сияқты сипаттамалары берілген денелер жүйесінің екі күйін бейнелендер.
2. Денелер жүйесінің әр күйінің толық энергиясын жазындар.
3. Сақталу заңына сүйене отырып, толық энергияларды теңестіріңдер.
4. Алынған теңдеуден есептің шарты бойынша белгісіз шаманы өрнектеп, оның мәнін табындар.

III Серпімділік күшімен өзара әрекеттесетін денелер үшін толық механикалық энергияның сақталу заңы

Серіппе мен оған бекітілген денениң өзара әрекеттесуін қарастырайық. Серіппе деформацияланған кезде серпімділік күш пайда болады, оның әрекетінен дene қозғалысқа түседі. Денениң жылдамдығы артады, серпімділік күші кемиді. Сығылған серіппенің потенциалдық энергиясы дene қозғалысының кинетикалық энергиясына айналады. Серпімділік күші жұмыс атқарады:

$$A = F_{\text{opm}} (x_1 - x_2), \quad (7)$$

Назар аударындар!

Екі белгісізі бар есептерді шығару үшін энергияның сақталу заңына және импульстің сақталу заңына негізделген теңдеулер жүйесін жазады. Тұрақты күштер әсер еткен жағдайда Ньютонның екінші заңын қолдануға болады.

Эксперимент

Метрлік таспаны пайдаланып, вертикаль жоғары лақтырылған шардың бастапқы жылдамдығын анықтаңдар.

мұндағы

$$F_{opm} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = \frac{k}{2}(x_1 + x_2). \quad (8)$$

$$(8)-\text{өрнекті} (7)-\text{өрнекке} қойсақ: A = \frac{k}{2}(x_1 + x_2) \cdot (x_1 - x_2).$$

Іғысулардың қосындысының олардың айырмасына көбейтіндісін ығысулардың квадраттарының айырмасымен алмастырамыз:

$$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}. \quad (9)$$

Өрнектің оң жағында деформацияланған серіппенің екі күйдегі потенциалдық энергияларының айырмасын аламыз:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}), \quad (10)$$

мұндағы $E_{p2} = \frac{kx_2^2}{2}$ – серіппенің екінші күйінің потенциалдық энергиясы,

$E_{p1} = \frac{kx_1^2}{2}$ – серіппенің бірінші күйінің потенциалдық энергиясы, А – серпімділік күшінің жұмысы.

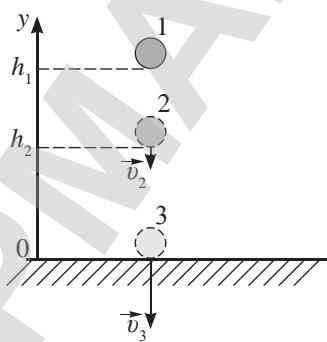
Алынған нәтижелерді кинетикалық энергияның өзгеруі туралы теоремамен салыстырып, сакталу заның былай жазамыз:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2} \quad (11)$$

немесе

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}. \quad (12)$$

Серпімділік күштерімен өзара әрекеттесу кезінде тұйықталған денелер жүйесінің толық механикалық энергияны анықтау формуласын жазындар. (*135-сурет*).



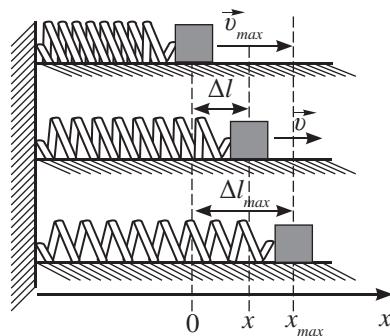
135-сурет. Шардың энергиясының өзгеруі

2-тапсырма

«Шар – Жер» денелер жүйесінің үш күйі үшін толық механикалық энергияны анықтау формуласын жазындар. (*135-сурет*).

3 тапсырма

«Серіппе – дене» жүйесінің үш күйі үшін толық механикалық энергияны анықтау формулаларын жазындар (*136-сурет*).



136-сурет. «Серіппе – дене» жүйесінің энергиясының бір түрден екінші түрге айналуы

IV Толық механикалық энергияның үйкеліс күші әсерінен өзгеруі

Үйкеліс күштерімен жұмыс атқарған кезде механикалық энергия ішкі энергияға айналады, оны жылу энергиясы деп атайды. Толық механикалық энергия кемиді. Механикалық энергияның кемуін кинетикалық энергияның өзгеруі туралы теоремамен анықтауға болады: $A = \Delta E = \Delta U = Q$, мұндағы A – үйкеліс күшінің жұмысы; ΔE – толық механикалық энергияның өзгерісі; ΔU – ішкі энергияның өзгерісі; Q – жылу мөлшері.



Жауабы қандай?

Неліктен үйкеліс күшінің әсерінен дөненің толық механикалық энергиясы кемиді?



Бұл қызық!

Энергияның сақталу заңы – табиғаттың негізгі заңдарының бірі, ол механикада ғана емес, физиканың басқа бөлімдерінде де қолданылады.

Сақталу заңының көмегімен термодинамикада, электротехникада, кванттық физикада, аэродинамика және гидродинамикада көптеген жаңалықтар ашылған.

Әрбір жаңа мәшине немесе жаңа құрылыш – Ньютоның классикалық механикасының қолданылуы. Энергияның сақталу заңы негізінде энергияны бір түрден екінші түрге айналдыруға арналған техникалық құрылғылар құрастырылған. Техникада импульстің сақталу заңы қолданылған негізгі сала зымыран құрастыруды дамыту болды. Сақталу заңдары ғылым мен техникада көнінен қолданылады.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Биіктігі 0,8 м тегіс көлбеу жазықтықтан сырғанаған дөненің жерге тұсу жылдамдығын анықтаңдар.

Берілгені:

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$v_0 = 0$$

$$v - ?$$

Шешуі:

«Жер – дене» жүйесінің екі күйдегі толық механикалық энергиясын анықтайық:



1-күй. Көлбеу жазықтықтың жоғары нүктесіндегі толық механикалық энергия потенциалдық энергияға тең, $v_0 = 0$ болғандықтан, кинетикалық энергия нөлге тең: $E_1 = mgh$.

2-күй. Көлбеу жазықтықтың табанында потенциалдық энергия нөлге тең, толық энергия кинетикалық энергияға тең: $E_2 = \frac{mv^2}{2}$.

Энергияның сақталу заңының негізінде: $E_1 = E_2$; $mgh = \frac{mv^2}{2}$.

$$v = \sqrt{2gh}; \quad v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{m}{c^2} \cdot 0,8 \text{ м}} \approx 4 \frac{m}{c}.$$

Жауабы: $v \approx 4 \frac{m}{c}$.

Бақылау сұрақтары

- 1 Қандай энергияны толық механикалық энергия деп атайды?
- 2 Қандай жүйені түйікталған жүйе деп атайды?
- 3 Толық механикалық энергияның сақталу заңының мәні неде?
- 4 Қандай күштердің әсерінен жүйенің толық механикалық энергиясы кемиді?



Жаттығу

23

- 1 Жер бетінен вертикаль жоғары лақтырылған массасы 250 г доптың кинетикалық энергиясы 49 Дж. Қандай биіктікте оның кинетикалық энергиясы потенциалдық энергияға тең болады?
- 2 Ойыншық тапаншаның серіппесі 9,8 Н күштің әсерінен 4 см-ге сығылды. Массасы 1 г оқты вертикаль жоғары атқан кезде, ол қандай биіктікке көтеріледі?
- 3 Массасы 2 кг тас 100 дм биіктікten құлайды және Жерге құлау кезінде 12 м/с жылдамдыққа ие болады. Құлау кезінде ауаның кедергі күшін жену үшін қандай жұмыс атқарылады?



Жаттығу

23

- 1 Арбаша «америка сырғанағының» жерден 20 м биіктікегі ең жоғары нүктесінде бастапқы жылдамдықсыз қозғалыс бастайды. Ол 2 м биіктікке дейін күрт тәмен түсіп, содан соң жылдам 15 м биіктікте орналасқан келесі төбенің үстіне көтеріледі. Арбашаның 2 м биіктікегі науадағы және 15 метрлік тәбе басындағы жылдамдығын анықтаңдар. Энергия шығындарын ескермендер.
- 2 20 м/с жылдамдықпен ұшып келе жатқан массасы 160 г хоккей шайбасы қақпаға кіріп, торға ұрылды, тор 6,4 см-ге майысты. Шайбаның торға әсер еткен максимал күшін анықтаңдар. Серпімділік күші тордың ұзаруына тұра пропорционал деп алындар.

Шығармашылық тапсырма

«Табиғаттағы және техникадағы сақталу зандары» тақырыбында хабарлама дайындаңдар.

4-тараудың қорытындысы

| Күш импульсі және деңе импульсінің формулалары | Реактивті қозғалыстың формулалары |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$ $\vec{p} = m\vec{v}$ $\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta\vec{p}$ | $v_1 = mu_1 \cdot \frac{1}{M-m}$ $\frac{v_3}{v_f} = \frac{m_o}{M-m_o}$ |
| Механикалық жұмыс формулалары | Сақталу заңы |
| $A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$ $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ $A = -(E_{p2} - E_{p1})$ $A = -mg(h_2 - h_1)$ $A = -\frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2)$ $A = -\mu mgs$ | $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$ $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}$ $E_2 = E_1$ $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ $\frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1$ $\frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2}$ |

Импульс және энергияның сақталу заңдары:

- Тұйық жүйе үшін әрекеттесу кезіндегі деңе импульстерінің геометриялық қосындысы тұрақты болып қалады.
- Денелердің тұйық жүйесінің толық механикалық энергиясы серпімділік немесе тартылыс күштерімен өзара әрекеттесу кезінде тұрақты шама болып қалады: $E = \text{const}$.

Глоссарий:

Денелердің тұйық жүйесі – сыртқы күштер әсер етпейтін денелер жүйесі.

Дене импульсі – деңенің массасы мен жылдамдығының көбейтіндісіне тең шама.

Күш импульсі – күштің уақытқа көбейтіндісіне тең шама.

Толық механикалық энергия – кинетикалық және потенциалдық энергиялардың қосындысы.

Жұмыс – денелердің өзара әрекеттесуі кезінде энергияның бір түрден екінші түрге айналуының өлшемі.

Реактивті қозғалыс – деңенің бір бөлігінің одан қандай да бір жылдамдықпен бөлінуінің нәтижесінде туындағының қозғалысы.

5-ТАРАУ

ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

Механиканың негізгі міндеттерінің бірі – дене координатасын анықтау. Бұған дейін түзу сызықты қозғалысты қарастыра отырып, дене координатасын орын ауыстырумен, ұдеумен, жылдамдықпен байланыстырыдық. Дене қозғалысының түрі денеге түсірілген күшке тәуелді ұдеудің бағыты мен шамасына байланысты екенін анықтадық.

Бұл тарауда біз қандай қозғалыс тербелмелі қозғалыс деп аталатынын, тербелісті сипаттайтын шамалар қалай анықталатынын қарастырамыз. Механикалық тербелістер мен денелердің шеңбер бойымен қозғалысын салыстырып, механикалық және электромагниттік тербелістер арасындағы үқсастықты анықтаймыз.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- еркін және еріксіз тербелістерге мысалдар көлтіруді; амплитуда, жиілік және периодты эксперименттік түрде анықтауды;
- формула бойынша период пен циклдік жиілікті, жиілікті есептеуді;
- тербелмелі процестердегі энергияның сақталу заңын сипаттауды;
- гармониялық тербеліс графигі бойынша координаталар, жылдамдық, және ұдеудің тендеулерін жазуды;
- тербелмелі жүйеде тербелістің пайда болу себептерін анықтауды;
- маятник тербелісі периодының әртүрлі параметрлерге тәуелділігін, математикалық маятник периоды формуласынан еркін тусу ұдеуін анықтауды;
- период квадратының маятник ұзындығына тәуелділік графикін түрғызууды, график бойынша еріксіз тербеліс амплитудасының мәжбур-леуші күш жиілігіне тәуелділігін сипаттауды;
- резонансты, еркін электромагниттік тербелістерді сипаттауды;
- дыбыстың, резонанстың пайда болу және таралу шарттарын, дыбыс сипаттамаларын дыбыс толқындары жиілігі және амплитудасымен сәйкестендіруді; жаңғырықтың пайда болуы мен оны қолдану әдістерін сипаттауды;
- әртүрлі диапазондағы толқындардың, ультрадыбыс пен инфрадыбыстың қолданылуына мысалдар көлтіріп, электромагниттік толқындар шкаласын, жарық дисперсиясын сипаттауды үйренесіндер.

§ 24. Тербелмелі қозғалыс

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- еркін және еркісіз тербелістерге мысалдар келтіруді;
- амплитуданы, период пен жиілікті тәжірибе жүзінде анықтауды;
- формула бойынша периодты, циклдік жиілікті және фазаны анықтауды үйренесіңдер.

I Тербелмелі қозғалыс, еркін және еркісіз тербелістер

Бізді қоршаған көптеген денелер қайталанатын қозғалыстар жасайды. Мәселен, жүректің соғуы, жел соққанда тал бұтақтарының тербелуі, автокөліктің терезе тазалағышының қайталанатын қозғалыс арқылы әйнекті тазалауы т.б.

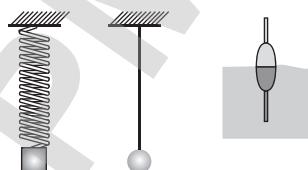
Уақыт өтуімен периодты түрде қайталанып отыратын қозғалыс тербелмелі қозғалыс деп аталады.

Жауабы қандай?

Тербелмелі қозғалыстың қозғалыстың басқа түрлерінен қандай белгілері бойынша ажыратуға болады?

1-тапсырма

1. Қозғалыстардың ішінен тербелмелі қозғалыстарды таңдаңдар: инелік қанаттарының қозғалысы; парашюттен секірушінің қозғалысы; Жердің Күнді айнала қозғалуы; жел соққандағы шептің тербелуі; әткеншектің тербелуі.
2. Тербелмелі қозғалыска мысалдар келтіріндер.
3. Тербелмелі қозғалысқа анықтама беріндер.



137-сурет. Тербелмелі жүйелер

Периодты түрде өзгеріп отыратын сыртқы күш әсер ететін болса, кез келген дене тербелмелі қозғалыс жасайды. Айнаны тазалағанда біз периодты түрде күштің бағытын өзгертіп отырамыз. Қозғалтқыштағы поршень жану өнімдерінің периодты түрде қайталанып отыратын қысымына ұшырайды.

Периодты түрде өзгеріп отыратын сыртқы күштердің әсерінен болатын тербелістер еркісіз тербелістер деп аталады.

Сыртқы күштердің әсерінсіз де тербелмелі қозғалыстар жасайтын денелер жүйесі болады. Мұнданай жүйелерге серіппедегі дene, жіпке ілінген дene, музика аспабының керілген ішегі, судағы қармақ қалтқысы (137-сурет) жатады. Осы жүйелерді тыныштық күйінен шығаратын болсақ, олар еркін тербелмелі қозғалыс жасайды.

Дене тепе-тендік күйінен шығарылған сон, жүйеде ішкі күштердің әсерінен болатын тербелістер еркін тербелістер деп аталады.

Жіпке ілінген немесе серіппеге бекітілген жүктің тербелісі еркін қозғалысқа мысал бола алады. Бұл жүйелер тепе-тендік күйінен

шығарылғаннан кейін дene сыртқы құштердің әсерінсіз тербелетін шарттар туындаиды.

Еркін тербелістер жасауға қабілетті денелер жүйесін тербелмелі жүйелердеп атайды.

II Тербеліс амплитудасы

Жіпті 0 вертикаль күйінен ауытқыту арқылы жүйені тере-тендік күйінен шығарайық (138-сурет).

Тере-тендік күй – тербелмелі жүйенің орнықты күйі.

Жіпке ілінген шар тере-тендік күйінен ауытқу кезінде ауытқудың бір максимал нүктесінен екінші максимал нүктесіне өтіп, қайта кері қайтады. 0 тере-тендік нүктесінен максимал ауытқу нүктесіне дейінгі қашықтық *тербеліс амплитудасы* деп аталады, ол А әрпімен белгіленеді, метрмен өлшенеді.

Амплитуда – дененің тере-тендік күйінен ең үлкен ығысуы.

Іғысу – дененің тере-тендік күйінен ауытқуы, оны дененің $0x$ осі бойымен қозғалысындағыдай x әрпімен белгілейді.

III Тербеліс жиілігі мен периоды

Тербелмелі қозғалыс жасайтын жүйелердің негізгі сипаттамалары – *период* және *жиілік*.

Период – жүйенің толық бір тербеліс жасайтын уақыты.

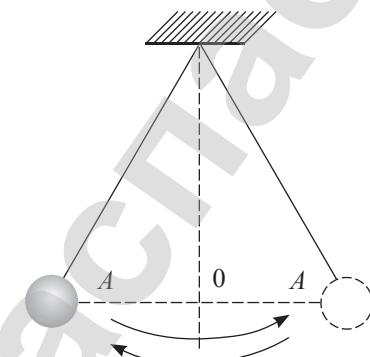
Период T әрпімен белгіленеді және секундпен өлшенеді:

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

мұндағы t – тербеліс уақыты; N – тербеліс саны.

2-тапсырма

Тербелмелі жүйелерге мысалдар келтіріп, оларды дәптерлеріне салындар.



138-сурет. Бір периодта дene траекторияның барлық нүктелерінен екі рет өтеді

Жауабы қандай?

Неліктен тербелмелі жүйелер сыртқы қуштін әсерінсіз тербеліс жасай алады?

3-тапсырма

1. Еркін тербелістерді бір бағанға, еріксіз тербелістерді екінші бағанға жазындар: қозғалтыш цилиндріндегі поршень, тігін мәшинесінің инесі, құс ұшып кеткен соң, ағаш бұтағының қозғалуы, музикалық аспап ішегі, түсбағар тілшесінің ұшы.
2. Әр бағанды өз мысалдарыңмен толықтырындар.

Жауабы қандай?

Не себепті тербелмелі дene тере-тендік күйіне келгенде тоқтамайды?

Тербеліс жасай отырып, дene траекторияның әрбір нүктесі арқылы екі рет өтеді (138-сурет).

Жиілік – жүйе бірлік уақыт ішінде жасайтын тербелістер саны.

Жиілік v әрпімен белгіленіп, герцпен өлшенеді.

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

(1) және (2) формулалардан период және жиілік – өзара кері шамалар екенін көреміз:

$$T = \frac{1}{v} \quad (3)$$

немесе

$$v = \frac{1}{T}. \quad (4)$$

IV Гармониялық тербелістер

Ұзын жіпке ілінген дene тербелісін көрнекі түрде қарастырайық (139-сурет). Дене ретінде кішкене тегісі бар, іші қуыс шарды алайық, қуысты құммен толтырайық. Құмы бар шардың астына қойылған пластиналық тербеліс жазықтығына перпендикуляр бағытта тұрақты жылдамдықпен қозғалтсақ, пластиналада ирек сыйық пайдада болады (140-сурет). Математикада мұндай сыйықты синусоидада немесе косинусоидада деп атайды.

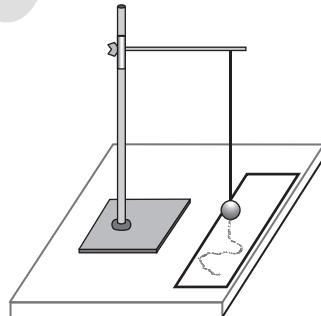
Синус немесе косинус зандары бойынша орындалатын тербелістерді гармониялық тербелістер деп атайды.

Эксперимент

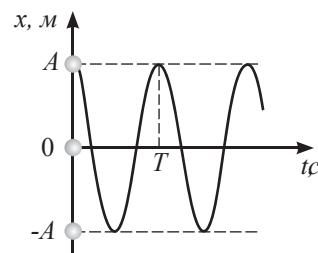
Топтарға бөлініп, серіппедегі дene, жіптегі дene, судағы қармақ, бір ұшы бекітілген металл пластина тербелістірінің амплитудасын, периодын, жиілігін анықтаңдар. Тербеліс периодының амплитудаға тәуелділігін зерттеңдер. Алынған нәтижелерді салыстырыңдар.

Жауабы қандай?

Неліктен шеңбер бойымен қозғалыс және тербелмелі қозғалыс үшін период пен жиіліктерін есептеу формулалары бірдей?



139-сурет. Жіпке ілінген дene тербелісінің пластина бетінде қалдыратын ізи



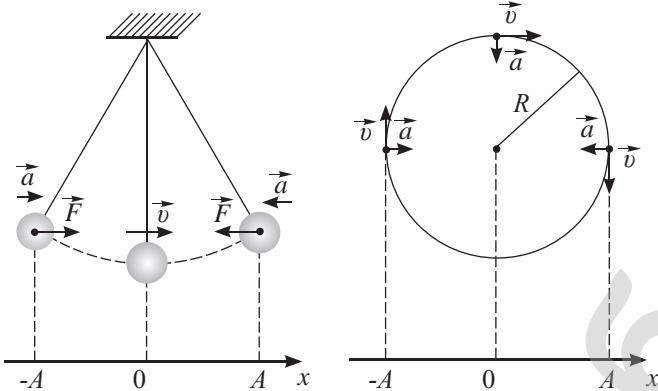
140-сурет. Гармониялық тербеліс графигі – косинусоидада

Есте сақтаңдар!

$$[v] = \frac{1}{c} = 1 \text{ Гц}.$$

V Гармониялық тербелістердің геометриялық моделі

Шеңбер бойымен қозгалатын дене проекциясы тербелмелі қозгалыстың геометриялық моделі болып табылады. Шеңбер центре айналасында қозгалатын дененің максимал ауытқуының проекциясы шеңбер радиусына тең: $A = R$ (141-сурет).



141-сурет. Жікте ілінген дене тербелісі мен шеңбер бойымен қозгалатын дене проекциясы тербелісіндегі айырмашылық жоқ

Максимал ауытқу және тепе-тендік нүктесінде дегі үдеу және жылдамдық векторлары бағыттас. Тербелмелі қозгалыс кезіндегі дене координаталарын, үдеуі мен жылдамдығын айналатын дененің сәйкес шамаларының проекциясы ретінде есептей аламыз.

VI Тербелістің циклдік жиілігі, тербеліс фазасы

Шеңбер бойымен қозгалыс кезінде ω шамасы бұрыштық жылдамдық, ал тербелмелі қозгалыста циклдік жиілік деп аталады. \sin және \cos функцияларының мәндері әрбір 2π сайын қайталанып отырады:

$$\omega = 2\pi\nu \quad (5)$$

формуласынан циклдік жиілік 2π секунд ішінде жасалатын тербеліс санымен анықталатыны шығады.

Циклдік жиілік – 2π секундта жасалатын тербеліс саны.

Ф бұрыштық орын ауыстыру тербелмелі қозгалыста *тербеліс фазасы* деп аталады. Шеңбер бойымен қозгалыс кезінде бұрыштық орын ауыстыруды және тербеліс фазасын есептөу формулалары арасында айырмашылық жоқ:

$$\varphi = \omega \cdot t; \quad \varphi = \frac{2\pi}{T} t; \quad \varphi = 2\pi\nu \cdot t. \quad (6)$$

Тербеліс фазасы – тербелмелі жүйенің күйін анықтайтын шама.

Маңызды ақпарат

Математика курсында:

- 1) синусоиданың және косинусоиданың периоды 2π , бұл 2π -ден соң барлық мәндердің қайталануын, яғни бір тербеліс аяқталып, келесісі басталады дегенді білдіреді.
- 2) $2\pi=360^\circ$ толық бұрыш.

Есте сақтанадар!

Циклдік жиіліктің ХБЖ-дағы өлшем бірлігі:

$$[\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad [\varphi] = 1 \text{ рад}.$$

4-тапсырма

Циклдік жиіліктің периоден байланыс формуласын; тербеліс фазасын анықтау формуласындағы шамаларды және олардың өлшем бірліктерін жазындар.

Бақылау сұрақтары

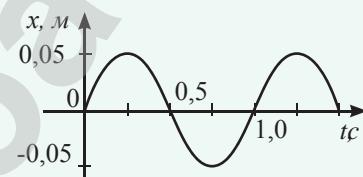
1. Тербелмелі қозғалыс дегеніміз не?
2. Қандай тербелістерді еркін тербелістер деп атайды? Қандай тербелістер еріксіз тербелістер деп аталады?
3. Тербелмелі жүйе деп қандай жүйелерді айтады? Мысал келтіріндер.
4. Қандай тербелістер гармониялық тербелістер деп аталады?
5. Амплитуда, период, жиілік, циклдік жиілік, тербеліс фазасына анықтама беріңдер.



Жаттығу

24

1. Маятник 1 мин 40 с ішінде 50 тербеліс жасады. Маятниктің тербеліс периоды мен жиілігін анықтандар.
2. 142-суреттегі график бойынша серіппелі маятниктің амплитудасын, периодын, жиілігін және циклдік жиілігін анықтандар. Фазалардың қандай мәндерінде ығысу амплитудалық мәнге жетеді?



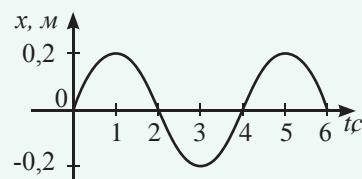
142-сурет. Тербеліс графигі.
24-жаттығудың 2-есебіне



Жаттығу

24

1. 0,5 мин ішінде 24 тербеліс жасаған маятниктің периодын және жиілігін анықтандар.
2. 143-суретте бейнеленген график бойынша математикалық маятниктің амплитудасын, периодын, жиілігін және циклдік жиілігін анықтандар. Фазалардың қандай мәндерінде ығысу минимал мәнге ие болады?



143-сурет. Тербеліс графигі.
24-жаттығудың (үй тапсырмасы) 2-есебіне

Эксперименттік тапсырма

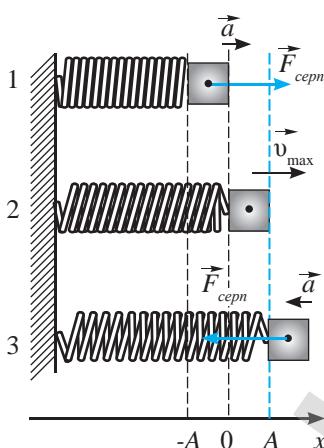
Ауладағы әткеншектің тербеліс периодын анықтаңдар. Тербеліс амплитудасының дene массасына тәуелділігін анықтаңдар.

§ 25. Тербелістер кезіндегі энергияның түрленуі. Тербелмелі қозғалыстың тендеуі

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ішергендегі:

- тербелмелі процессте энергияның сақталу заңын сипаттауды;
- гармониялық тербелістер графикаларын, жылдамдықтың және үдеудің тендеулерін жазуды үйренесіңдер.



144-сурет. Үдеу максимал ығысу нүктелерінде, жылдамдық дәне тепе-тендік күйінен отту кезінде максимал мәнге ие болады

I Серіппелі маятник үшін энергияның сақталу заңы

Серіппелі маятниктің үш түрлі күйдегі толық механикалық энергиясын анықтайық.

Тепе-тендік күйден максимал ығысу нүктесінде (144-сурет) маятниктің тек потенциалдық энергиясы болады, себебі дәне қозғалыс бағытын езгерте отырып тоқтайды:

$$E_1 = E_3 = \frac{kA^2}{2}. \quad (1)$$

Тұрақты тепе-тендік күйде серіппе деформацияланбайды, дәненің тек максимал мәнге ие кинетикалық энергиясы болады:

$$E_2 = \frac{mv_{\max}^2}{2}. \quad (2)$$

Өздігінен ығысу нүктесінде толық механикалық энергия кинетикалық және потенциалдық энергиялардың қосындысына тең:

$$E = E_p + E_k = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2}. \quad (3)$$

Энергияның сақталу заңына сүйенсек, үйкеліс күші болмаған жағдайда жүйенің толық энергиясы тұрақты шама болып қалады, яғни $E_p + E_k = \text{const}$, оны мына түрде жазуға болады:

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad (4)$$

немесе

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \quad (5)$$

немесе

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2}. \quad (6)$$



Жауабы қандай?

- Тепе-тендік күйден шығарылған тербелмелі жүйе қандай энергия түрлеріне ие болады?
- Серіппедегі дәне қандай жағдайда максимал кинетикалық энергияға, қандай жағдайда максимал потенциалдық энергияға ие болады?

II Тербелістегі дененің максимал жылдамдығы

Энергияның сақталу заңы дененің тепе-тендік күйден ығысуының кез келген мәнінде оның жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді. (4–6) теңдеудерден дененің жылдамдығын есептеу формуласын алуға болады. Мысалы, (4) теңдеуден дененің тепе-тендік күйдегі максимал жылдамдығы мынадай болатынын көреміз:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot A. \quad (7)$$

Максимал жылдамдықты анықтау үшін геометриялық модельді және шеңбер бойымен бір-қалыпты қозғалыс кезіндегі жылдамдық формуласын қолдануға болады. $A = R$ айналу радиусы мен тербеліс амплитудасының тең екенін ескерсек:

$$v_{\max} = \frac{2\pi}{T} A; \quad v_{\max} = 2\pi\nu \cdot A; \quad v_{\max} = \omega \cdot A. \quad (8)$$

III Математикалық маятник үшін энергияның сақталу заңы. Тербелістегі дененің максимал жылдамдығы

Математикалық маятник тербелмелі қозғалыс жасағанда дененің потенциалдық энергиясының кинетикалық энергияға айналуы және кері процесс жүзеге асады.

Энергияның сақталу заңы мына түрге келеді:

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}. \quad (9)$$

Егер нөлдік деңгей ретінде дененің орнықты тепе-тендік күйдегі орналасуын қабылдайтын болсак (145-сурет), онда дененің ауытқу кезіндегі көтерілу биіктігі мынаган тең болады:

$$h = l - \Delta h = l - l \cdot \cos\alpha = l(1 - \cos\alpha). \quad (10)$$

Максимал ауытқу және тепе-тендік нүктесінен өту күйлеріндегі энергияның сақталу заңын өрнектейтін (9) формула мына түрге келеді:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = mgh_{\max}. \quad (11)$$

1-тапсырма

(5) және (6) формулалардан кез келген уақыт мезетінде серіппедегі дene жылдамдығын есептеу формуласын алындар.

Жауабы қандай?

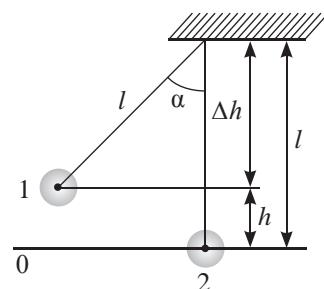
Тербелмелі қозғалыс үшін кез келген уақыт мезетінде жылдамдықты анықтау үшін неліктен шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс формуласын қолдануға болмайды?

2-тапсырма

Тербелмелі қозғалыс жасайтын жілкө ілінген дененің кез келген уақыт мезетінде жылдамдығын есептеу формулаларын жазындар.

Естеріне түсіріндер!

Гүк заңы мен Ньютоның екінші заңын тұжырымдаңдар.



145-сурет. Математикалық маятниктің тербелісі:

1. тепе-тендік күйінен максимал ауытқуы
2. дененің тепе-тендік нүктесінен өтуі

Максимал көтерілу биіктігі (10) формула бойынша тепе-тендік күйінен максимал ауытқу бұрышымен анықталады. (11) формуладан дененің тепе-тендік күйден өту кезіндегі қозғалысының максимал жылдамдығын өрнектейік:

$$v_{\max} = \sqrt{2gh_{\max}} . \quad (12)$$

IV Тербелістегі дененің координатасы.

Тербелмелі қозғалыс тендеуі

Геометриялық модельді қолданып, тербелістегі дененің координатасын анықтайық (146-сурет). $0x$ осінің санақ нүктесін шеңбер центрімен сәйкестендіреміз. Бұл нүктеде дененің орнықты тепе-тендік күйіне сәйкес келеді. Дене M нүктесінде орналассын, оның $0x$ осіндегі координатасы мынаған тен болады:

$$x = R \cdot \cos \varphi$$

немесе

$$x = A \cdot \cos \omega t . \quad (13)$$

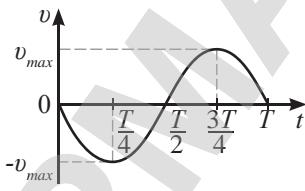
Алынған дененің координаталарын анықтау тендеуі *тербелмелі қозғалыс тендеуі* деп аталады.

Косинус функциясының аргументі $\varphi = \omega t$ тербелістегі фазасы болып табылады, ол жүйенің күйін сипаттайды.

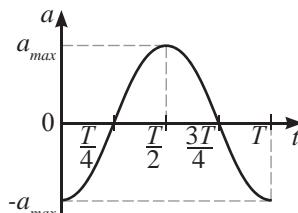
$t = 0$ болғанда, $\cos \omega t = 0$, $x = A$, бұл тербелістер максимал ауытқу нүктесінен жасалатынын көрсетеді.

$t = \frac{T}{4}$ болғанда, $\cos \omega t = \cos \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4} = \cos \frac{\pi}{2} = 0$, $x = 0$, демек, төрттен бір периодтан кейін дене тепе-тендік күйінен өтеді.

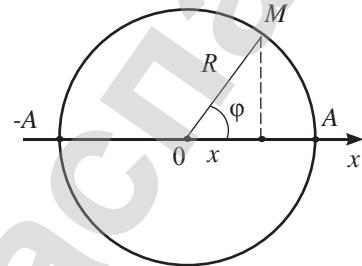
147-суретте косинусоида графигі берілген.



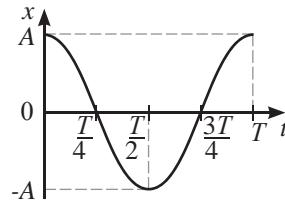
148-сурет. Тербелістегі дененің қозғалыс жылдамдығының бір период көлеміндегі уақытқа тәуелділік графигі



149-сурет. Тербелістегі дене үдеудің бір период көлеміндегі уақытқа тәуелділік графигі



146-сурет. Тербелмелі процестің геометриялық модели



147-сурет. Тербелістегі дене координатасының бір период көлеміндегі уақытқа тәуелділік графигі

3-тапсырма

148, 149-суреттердегі жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік графиктерін қарастырыңдар. Дене координатасының уақытқа тәуелділік графикімен (147-сурет) салыстырыңдар.

V Жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік графиктері. Тербелмелі қозғалыстың жылдамдығы мен үдеуін график бойынша анықтау

Дене координаталарының, жылдамдық пен үдеудің тәуелділік графиктерін салыстыру жылдамдық пен үдеуді есептеу формулаларын дене координаталарын есептеу формуласына (13) ұқсас жазуға мүмкіндік береді. Векторлардың бағытын ескерсек, формула мынадай түрге келеді:

$$a = -a_{\max} \cos \omega t. \quad (14)$$

Іғысадың амплитудалық мәнінде жылдамдық нөлгө тең, ал тепе-тендік күйінде жылдамдық максимал болғандықтан (147, 148-суреттер), жылдамдық үшін:

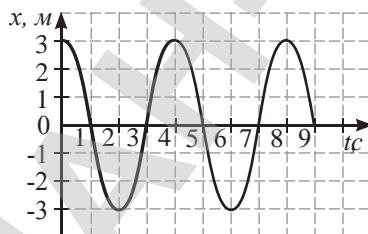
$$v = -v_{\max} \sin \omega t. \quad (15)$$

Бұл формулалардағы үдеу мен жылдамдықтың максимал мәндерін дәненің шенбер бойымен қозғалыс формулаларымен анықтаймыз:

$$a_{\max} = \omega^2 A, \quad a_{\max} = \frac{4\pi^2}{T^2} A, \quad a_{\max} = 4\pi^2 v^2 A. \quad (16)$$

$$v_{\max} = \omega A, \quad v_{\max} = \frac{2\pi}{T} A, \quad v_{\max} = 2\pi v A, \quad (17)$$

Мұндағы $R = A$.



150-сурет. 4, 5-тапсырмаларға

Жауабы қандай?

3-тапсырманың қорытындысы келтірілген графиктермен растала ма?

Жауабы қандай?

Дене тепе-тендік күйден қозғала бастаса, тербелмелі жүйенің тендеуі қалай өзгереді?

Ол жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік тендеулеріне қалай әсер етеді?

4-тапсырма

150-суреттегі график бойынша тербеліс амплитудасын, период, циклдік жиілікті анықтап, гармониялық тербелістердің тендеуін жазыңдар.

5-тапсырма

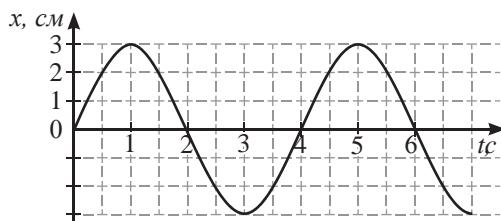
Іғысадың уақытқа тәуелділік графикі бойынша тербелістегі дәненің үдеуі мен жылдамдығының максимал мәндерін анықтаңдар (150-сурет).

Жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік графиктерін түрғызыңдар.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Іғысадың уақытқа тәуелділік графикі бойынша тербелістегі дәненің үдеуі мен жылдамдығының максимал мәндерін анықтаңдар. Тербелмелі қозғалыс теңдеуін және жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік тендеулерін жазыңдар.

Берілгені:



$$x(t) = ?$$

$$v(t) = ?$$

$$a(t) = ?$$

Есептеулер жүргізейік: $\omega = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$; $a_{\max} = \left(\frac{3,14}{2}\right)^2 \cdot 0,03 \approx 0,07 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

$$v_{\max} = \frac{3,14}{2} \cdot 0,03 \approx 0,05 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Берілген графиктен дене координаталары синус заңы бойынша өзгеретіні шығады: $x = A \sin \omega t$, демек, қозғалыс тендеуі мына түрге ие болады:

$$x = 0,03 \sin \frac{\pi}{2} t$$

$$a = -a_{\max} \sin \omega t; \quad a = -0,07 \sin \frac{\pi}{2} t$$

Координатаның нөлдік мәнінде жылдамдық максимал мәнге ие болады, сәйкесінше жылдамдық косинус заңы бойынша өзгереді, бастапқы уақыт мезетінде жылдамдық максимал:

$$v = v_{\max} \cos \omega t; \quad v = 0,05 \cos \frac{\pi}{2} t$$

Жауабы: $x = 0,03 \sin \frac{\pi}{2} t$; $v = 0,05 \cos \frac{\pi}{2} t$; $a = -0,07 \sin \frac{\pi}{2} t$.

Бақылау сұрақтары

- Серіппелі маятник тербелісі кезінде энергияның қандай түрленулері жүзеге асады? Математикалық маятник тербелісі кезінде ше?
- Тербелмелі қозғалыстың максимал ауытқу күйінің тендеулерін жазындар. Тендеуге қандай шамалар кіреді?
- Қандай қозғалыс тербелмелі қозғалыстың геометриялық моделі болып табылады?
- Тербелмелі қозғалыс кезіндегі үдеу мен жылдамдықтың максимал мәндерін қалай анықтайды?

Шешуі:

Графикten тербеліс периоды мен амплитудасын анықтайық:

$$A = 3 \text{ см} = 0,03 \text{ м}$$

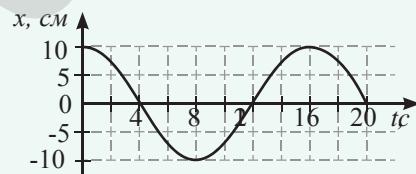
$$T = 4 \text{ с}$$

Циклдік жиілікті, үдеу мен жылдамдықтың максимал мәндерін есептеу үшін мына формулаларды қолданамыз:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}; \quad a_{\max} = \omega^2 A; \quad v_{\max} = \omega A.$$

- Қатаңдығы 250 Н/м серігпедегі массасы 400 г жүктің тербеліс амплитудасы 15 см . Тербелістің толық механикалық энергиясын және жүк қозғалысының максимал жылдамдығын анықтаңдар.
- Тербелістегі маятниктің ұзындығын 3 есе азайтып және амплитудасын 2 есе арттырығанда, оның толық механикалық энергиясы неше есе өзгереді?
- Барлық қажетті есептеулерді жүргізіп, сағат маятнигі үшін координаталардың, үдеу мен жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигін бейнелеңдер. Тербеліс амплитудасы 5 см , периоды 1 с .

- Маятник ұзындығы 20 см , максимал ауытқу бұрышы 10° болса, механикалық сағат маятнигінің максимал жылдамдығын анықтаңдар.
- Тербелістегі деңе координатасының уақытқа тәуелділік графигі (*151-сурет*) бойынша қозғалыс тендеуін жазуға және жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік графигін тұрғызуға қажетті барлық шамаларды анықтаңдар.



151-сурет. 25-жаттығудың (үй тапсырмасы) 2-есебіне арналған

Эксперименттік тапсырма

Ауладағы әткеншектің максимал жылдамдығын анықтаңдар. Есептеулер үшін қажетті шамалардың өлшемін жүргізіндер.

Шығармашылық тапсырма

Мына тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

- Табиғаттағы және техникадағы тербелмелі қозғалыстар.
- Музыкалық аспаптар ішектерін тербелмелі жүйелер ретінде қолдану.

§ 26. Математикалық және серіппелі маятниктердің тербелістері

Күтілетін нәтиже

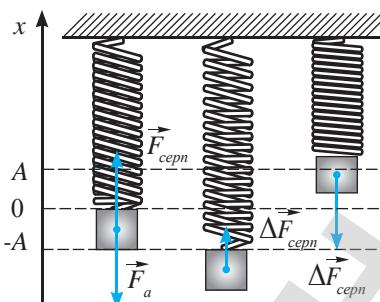
Осы параграфтың иегергенде:

- Әртүрлі тербелмелі жүйелерде тербеліс тердің пайда болу себептерін түсіндіре аласыңдар, маятниктің тербеліс периодының әртүрлі параметрлерге тәуелділігін зерттей аласыңдар.



Жауабы қандай?

Неге сүйк бөлмөдегі сағат нақты уақыттан озады, ал жылы бөлмеде көрініше нақты уақыттан қалады?



152-сурет. Серіппелі маятник серпімділік күші мен ауырлық күшінің әсерінен тербеліс жасайды



Естеріне түсіріңдер!

Серіппелі және математикалық маятниктердің тербеліс периоды тербеліс амплитудасына қалай тәуелді болады?

I Гармониялық тербелістер орындалу үшін қажетті шарттар

Гармониялық тербеліс орындалу үшін қажетті шарттарды қарастырайық. Ол үшін мысал ретінде серіппеге ілінген денеден тұратын серіппелі маятникті және салмақсыз ұзын жіпке ілінген кішкентай ауыр денеден тұратын математикалық маятникті алайық.

Серіппеге жүк ілсек, серіппе созылады.

$F_a = F_{cern}$ орындалған мезетте созылу тоқтайды (152-сурет). Серіппелі маятник үшін бұл тепе-тендік күйі болып табылады.

Серіппені созып, маятникті тепе-тендік күйден шығарамыз. Ол серіппенің x қосымша деформациясы нәтижесінде пайда болған

$$(\Delta F_{cern})_x = -kx \quad (1)$$

серпімділік күшінің әсерінен тербелмелі қозғалыс жасай бастайды.

Серпімділік күші денениң ығысуына пропорционал және оған қарама-қарсы бағытталған.

Тепе-тендік күйінде дene тоқтамайды, ол инерция бойынша қозғалысын жалғастырады, серіппе сыйылады. Серпімділік күші бағытын ығысуға қарама-қарсы жаққа қарай өзгертелді, оның мәні серіппенің сыйылуы артқан сайын арта түседі. Дене баяу қозғалып, тоқтайды және серпімділік күші әсерінен қозғалыс бағытын өзгертелді. Маятник қайталанатын немесе тербелмелі қозғалыстар жасайды.

Математикалық маятник екі күштің – ауырлық күші мен жіптің көрілу күшінің теңесерінен тербеліс жасай бастайды (153-сурет):

$$\vec{F}_R = \vec{F}_\kappa + \vec{F}_a.$$

ΔABC-нан теңесерлі күштің модулі мынаған тең екені шығады:

$$F_R = F_a \sin \alpha = mg \cdot \sin \alpha. \quad (2)$$

Егер ығысудың мәні өте аз болса, онда ығысу бұрышы α аз болады, онда:

$$\sin \alpha \approx \alpha.$$

Ығысуды шеңбердің радиусы болып табылатын жіптің ұзындығы l арқылы өрнектейік. Маятниктің ауытқулары аз болғанда ығысуды доғаның ұзындығына тең деп алуға болады, демек: $x = \alpha l$. Бұдан:

$$\alpha = \frac{x}{l}. \quad (3)$$

Алғынған (3) өрнекті (2) өрнекке қоямыз. Ығысудың $0x$ осіне проекциясы теріс екенін ескерсек:

$$F_R = -\frac{mg}{l} x. \quad (4)$$

Математикалық маятник ығысуга пропорционал және таңбасы бойынша оған қара-ма-қарсы теңдерлі күш әсерінен гармониялық тербеліс жасайды.

Біз бұл қорытындыны ығысу бұрышының мәні өте аз болған жағдай үшін алдық, сондықтан математикалық маятник үшін мынадай шарттар қойылады: *математикалық маятниктің жібі салмақсыз және ұзын болып, ауырлық күші жілік ілінген денениң центріне түсірілетіндіктен, барлық масса денениң ішіне шоғырлануы керек.*

II Серіппелі маятниктің тербеліс периоды және меншікті жиілігі

Серіппелі маятник үшін Ньютоның екінші заңын жазайық:

$$\vec{ma} = \vec{F}_{cep}. \quad (5)$$

θ осіне проекциясы:

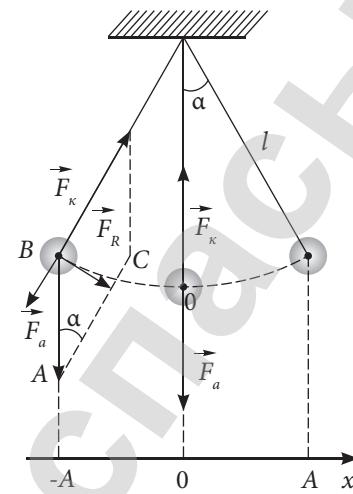
$$ma = F_{cep}.$$

Үдеудің циклдік жиілік арқылы өрнектеп $a = \omega^2 x$, $F_{cep} = kx$ екенін ескеріп, мына өрнекті алаңыз:

$$m\omega^2 x = kx.$$

Серіппелі маятник үшін меншікті циклдік жиілікті есептеу формуласы:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (5)$$



153-сурет. Математикалық маятниктің екі күштің – ауырлық және жілікті керілуде күштерінің теңдерінен жасалатын тербеліс

1-эксперимент

Тәжірибе арқылы ұзындықтары 0,5 м, 1 м, 1,5 м және 2 м математикалық маятниктердің тербеліс периодын анықтаңдар. Ұзындықтары 0,5 м және 2 м маятниктердің тербеліс периодтарын салыстырыңдар.

2-эксперимент

Тәжірибе арқылы қатаңдықтары бірдей, бірақ жүктерінің массалары 100 г, 200 г, 300 г, 400 г серіппелі маятниктердің периодын анықтаңдар. Жүктерінің массалары 100 г және 400 г маятниктердің тербеліс периодтарын салыстырыңдар.

Циклдік жиіліктің периоден байланысы мына формула арқылы көрсетіледі: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, демек, $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

(5) формуланы ескерсек, серіппелі маятниктің периодын есептеу формуласы мынадай түрге келеді:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (6)$$

Есте сақтаңдар!

Гармониялық тербелістер дененің ығысуына тұра пропорционал және оған қарама-қарсы бағытталған күштің әсерінен жасалады (1-формула), (4-формула).

III Математикалық маятник тербелісінің периоды және меншікті жиілігі

Алдыңғы пайымдауларды математикалық маятник үшін жүргізейік. Тербеліс $F_R = \frac{mg}{l}x$ теңәсерлі күш әсерінен болатынын ескерсек:

$$m\omega^2 x = \frac{mg}{l} x.$$

Циклдік жиілікті өрнектейік:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (7)$$

Математикалық маятник тербелісінің периоды мынаған тең:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (8)$$

Маңызды ақпарат

Иррационалдықтан құтылу үшін теңдеудің екі жағын да квадраттау керек.

2-тапсырма

(6) және (8) формулалардан серіппелі және математикалық маятниктердің меншікті тербеліс жиіліктерін есептеу формулаларын өрнектендер. Оны v_0 әрпімен белгілеңдер. Серіппелі және математикалық маятниктің тербеліс жиілігі мен периодын өзгерту үшін не істей қажет?

3-эксперимент

Тәжірибе арқылы қатаң-дышқтары әртүрлі, жүктерінің массалары бірдей серіппелі маятниктердің периодын анықтаңдар. Серіппелердің қатаңдықтарының арақатынасын олардың тербелістер периодтарының арақатынасымен салыстырыңдар.

Есте сақтаңдар!

Серіппелі маятниктің тербеліс периоды тек қана жүктің массасына және серіппенің серпімділік коэффициентіне тәуелді. Ол тербеліс амплитудасына тәуелді емес.

1-тапсырма

1-эксперименттің нәтижелерін теориялық қорытындымен (8-формуламен) салыстырыңдар. 2 және 3-эксперимент нәтижелерін 6-формуламен салыстырыңдар.

Сендердің тәжірибелерінің нәтижелері қаншалықты дұрыс?

Тәжірибенің қай деңгейінде қателіктер кетуі мүмкін?

Тәжірибе нәтижелерін жақсарту жолдарын ұсыныңдар.

Есте сақтаңдар!

Математикалық маятниктің периоды тек қана маятниктің ұзындығына және гравитациялық өрістің кернеулігіне тәуелді.



3-тапсырма

(6) және (8) формулалардан массаны, қатаңдық коэффициентін, маятник ұзындығын есептеу формулаларын өрнектендер.



4-тапсырма

Салмақсыздық жағдайында серіппелі және математикалық маятниктердің тербелістері қалай өтетінін болжандар. Өз түжірымдарынды әртүрлі ақпарат көздерін пайдаланып тексеріңдер.

ЕСЕП ШЫГАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Периоды 2 с маятниктің ұзындығын анықтаңдар.

Берілгені:

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$T = 2 \text{ с}$$

$$l - ?$$

Шешуі:

Математикалық маятниктің периоды мынаған тең:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Теңдіктің екі жағын да квадраттаймыз:

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g}.$$

Маятниктің ұзындығын есептейтін формуланы аламыз:

$$l = \frac{T^2 g}{4\pi^2}.$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$l = \frac{4c^2 \cdot 9,8 \frac{m}{c^2}}{4 \cdot 3,14^2} \approx 1 \text{ м}.$$

Жауабы: $l = 1 \text{ м}$.

Бақылау сұрақтары

1. Гармониялық тербелістер қандай жағдайларда жасалады?
2. Серіппелі маятниктің периоды мен меншікті жиілігі қандай шамаларға тәуелді?
3. Математикалық маятниктің периоды мен меншікті жиілігі қалай анықталады?



- Қатаңдығы 160 Н/м серіппеге ілінген массасы 400 г жүктің тербеліс жайлігін анықтаңдар.
- Егер серіппеге ілінген массасы 30 г жүк 1 минут ішінде 300 тербеліс жасайтын болса, серіппенің қатаңдығын анықтаңдар.
- Егер бірдей уақыт аралығында бір математикалық маятник 10, ал екінші маятник 30 тербеліс жасаса, олардың ұзындықтарының арақатынасы қандай?



- Қатаңдығы 250 Н/м серіппеде 16 с ішінде 20 тербеліс жасайтын жүк массасын анықтаңдар.
- Бірдей уақыт аралығында бірінші математикалық маятник 50 тербеліс, ал екінші маятник 30 тербеліс жасады. Олардың біреуінен 32 см қысқа, маятниктердің ұзындықтарын анықтаңдар.

Эксперименттік тапсырма

- Магниттік қасиеті бар темір кесегін жіпке байланыңдар. Алынған магниттің тербеліс периодын анықтаңдар.
- Маятниктің астына жазық металл зат қойып, тербеліс периодын қайта өлшеңдер. Қорытынды жасаңдар.

Шығармашылық тапсырма

«Біздің айналамыздағы серіппелі және математикалық маятниктер» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.

§ 27. Еркін және еріксіз тербелістер, резонанс

Күтілетін нәтиже

- Осы параграфтың иегергенде:
- еркін және еріксіз тербелістерге мысалдар келтіруді;
 - график бойынша еріксіз тербелістер амплитудасының мәжбурлеуши күштің жиілігіне тәуелділігін сипаттауды;
 - резонанс құбылысын сипаттауды үйрепесіндер.

I Өшетін тербелістер

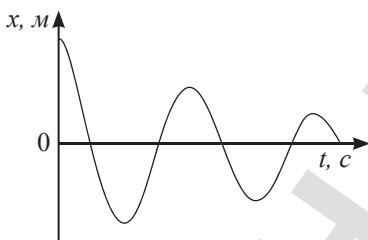
Еркін тербеліс жасайтын тербелмелі жүйе энергиясы ортаның кедергі күшінің әрекетінен ішкі энергияға айналады, тербеліс амплитудасы кемиді (154-сурет).

Уақыт өте келе амплитудасы кемитін тербелістерді өшетін тербелістер деп атайды.

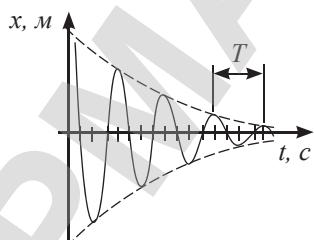


Жауабы қандай?

1. Қандай жүйелерді тербелмелі деп атайды?
2. Қандай тербелістер еркін деп аталауды? Қандай тербелістер еріксіз деп аталауды?



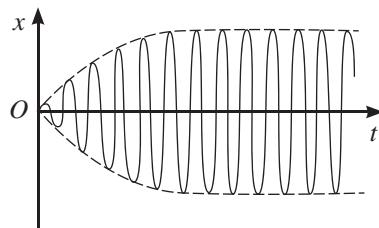
154-сурет. Еркін өшетін тербелістер үшін ығысуудың уақытқа тәуелділік графикі



156-сурет. Тербелістер графикі және ығысуудың амплитудалық мәндерінің жанамасы

Өшетін тербелістер периодты емес, себебі оларда физикалық шамалар мәні қайталанбайды. Физикалық шамалар бірдей мәнге ие болатын уақыт бөлігі *тербелістердің шартты периоды* деп аталауды.

Тербелмелі жүйе энергиясын орнына келтіру үшін энергия шығынының орнын толтыру керек және периодты түрде өзгеріп отыратын сыртқы күш әсер етуі керек. Егер күш әсері тербелмелі жүйе кедергі күшін жеңіп шығуға қажет энергия шығынының орнын толтыратын болса, амплитуда тұрақты шама болып қалады (155-сурет).



155-сурет. Амплитудасы тұрақталған еріксіз тербелістер үшін ығысуудың уақытқа тәуелділік графикі



Назар аударындар!

Іғысуудың амплитудалық мәндерін қосатын сызықты амплитудалық мәндердің жанамасы деп атайды (156-сурет).



1-тапсырма

10-кестені тербеліс түрлерінің мысалымен толықтырыңдар.

10-кесте. Тербеліс түрлері

| Тербеліс түрі | Өшетін | Өшпейтін |
|---------------|--------|----------|
| Еркін | | |
| Еріксіз | | |

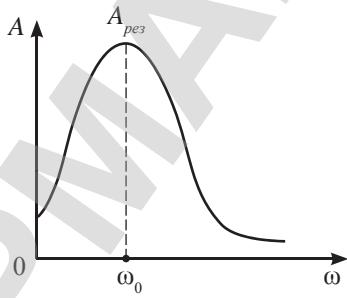
II Резонанс

Тербеліс амплитудасының периодты түрде өзгеріп отыратын сыртқы күш жиілігіне тәуелділігін зерттейік. Тәжірибе жүзінде сыртқы күштің жиілігі тербелмелі жүйенің меншікті жиілігімен сәйкес келгенде, тербеліс амплитудасы өсетініне көз жеткізуге болады. Мұндай құбылысты **резонанс** (лат. *resono* – үн қату) деп атайды.

Осылайша, периодты түрде әрекет ететін сыртқы күштің жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі сәйкес келгенде еріксіз тербелістердің амплитудасының артуы.

Резонанс – сыртқы күштің жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі сәйкес келгенде еріксіз тербелістердің амплитудасының артуы.

157, 158-суреттерде тербелмелі қозғалыс ығысуының амплитудалық мәндерінің жанамасы болып табылатын резонанстық қисық бейнеленген.



157-сурет. Резонанстық қисық



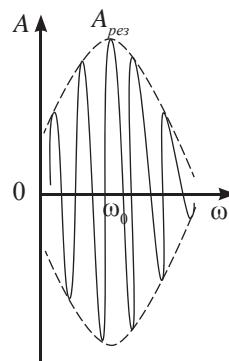
Эксперимент

Математикалық және серіппелі маятниктерді тербелмелі қозғалысқа келтіріңдер. Тербеліс амплитударының өзгерісін бақылаңдар. Амплитуданың азаю себебін түсіндіріңдер. Математикалық маятниктің (серіппелі маятниктің) тербеліс периодын және ығысуың амплитудалық мәндерін бес период шегінде анықтаңдар. Ығысуың уақытқа тәуелділік графигін бейнелеңдер. Маятникті суға салып, тәжірибеліңін қайталандар. Тәжірибе нәтижелерін салыстырыңдар. Алынған нәтижелерді түсіндіріңдер. Ығысуың амплитудалық мәндерінің жанамасын жүргізіңдер.



Жауабы қандай?

Тербеліс амплитудасы түрақты болып қалуы үшін не істей қажет? Қандай шарттарда амплитуда бастапқы мәнінен артық немесе кем болуы мүмкін? Тәжірибе жүзінде өз тұжырымдарына көз жеткізіңдер: маятникке периодты түрде әрекет етіңдер.



158-сурет. Резонанстық қисық – ығысуының амплитудалық мәндерінің жанамасы

Тербелмелі жүйедегі еріксіз тербелістер мәжбүрлеуші күштің жиілігімен пайдада болады.

159-суретте орта кедергісінің түрлі мәндері үшін резонанстық қисықтар көрсетілген. Егер ортаның кедергісі жоғары болса, резонанс құбылысы байқалмайды және жиілік жоғарылағанда еріксіз тербелістер амплитудасы монотонды түрде өше бастайды (1-қисық). Жиіліктің жоғарылауы кезінде барлық резонанстық қисықтар үшін амплитудалық мәндер нөлге жақындаиды. Мәжбүрлеуші күштің бағытының жылдам өзгеруі кезінде тербелмелі жүйе тепе-тендік қүйінен ығысып үлгермейді (159-сурет).

III Резонанс құбылысының пайдасы мен зияны

Бізді қоршаған денелердің барлығы тербелмелі қозғалыс жасайды. Адам жүргең де тербелмелі жүйе болып табылады. Резонанс – көптеген практикалық мәселелердің шешімін табудың тиімді жолы. Сонымен қатар ол апattyқ жағдайлар тудыруы, денсаулыққа зиян келтіруі де мүмкін. Бірнеше мысал қарастырайық.

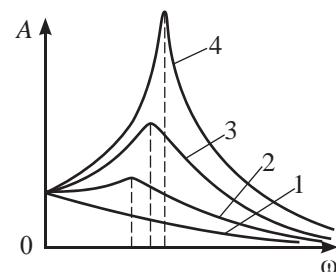
Резонанс құбылысы тау жыныстары мен материалдарын ұсақтау мен бөлу үшін қолданылады. Бөлінуі керек материалдың еріксіз тербелмелі қозғалысы кезінде инерция күштері бағытын периодты түрде өзгертіп отыратын деформация және кернеу тудырады. Резонанс жағдайында олар үлкен шамага ие болып, тау жыныстарын бұза алады. Резонанс бетон қабырғаларды перфораторлы дрель көмегімен бүрғылауда да осындай рөл атқарады. Осы себепті жол бойындағы шұңқырға түскен көлікті ақырын тербел, тербеліс амплитудасын қүштейтіп, алға өздігінен қозғалған кезде ғана итереді. Құрғак сүттің суда еру технологиясы да резонанс құбылысына негізделген.

Бұл қызық!

Мәскеу қаласындағы Останкино мұнарасы 12 м-ге дейінгі амплитудада тербеле алады.

Жауабы қандай?

1. Неліктен еркін тербелістер жер жағдайында өшетін тербелістер болып саналады?
2. Қандай шарттарда еркін тербелістер өшетін тербелістер болмайды?
3. Еріксіз тербелістер не себепті өшетін болып саналмайды? Қандай шарттарда олар өшетін тербелістер бола алады? Мысал келтіріңдер.
4. Егер ортаның кедергісі жойылатын болса, еріксіз тербелістер амплитудасы қалай өзгереді?



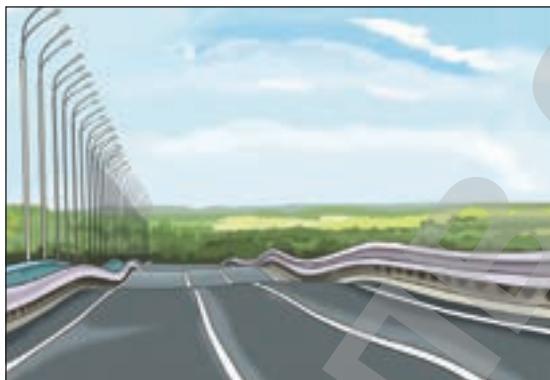
159-сурет. Резонанстық қисық ортандың кедергісіне тәуелді

Жауабы қандай?

1. 159-суреттегі сыртқы ортандың кедергісі ең аз графикті табындар.
2. Неліктен жиіліктің жоғарылауы кезінде барлық резонанстық қисықтар нөлдік мәнге жақындаиды?



160-сүрет. Америкадағы Такома көпірінің бұзылуы, 1940 жыл



161-сүрет. Волгоград көпірінің бетонды толқындары, 2010 жыл

Резонанс тудыруы мүмкін қауіпті жағдайларды да ұмытпаған жөн. Жер сілкінісі немесе сейсмикалық толқындар, қатты діріл тудыратын техникалық құралдардың жұмысы ғимараттың бір бөлігінің немесе тұтас бұзылуына алып келуі мүмкін. Теніз түбіндегі жер сілкінісі алып резонанстық толқындар – қиарату күші жойқын цунамилерді тудыруы мүмкін. Механикалық тербелістердегі резонанстың зияны аз мысалдарына жүрген кезде шелектегі судың шашылуы, рельс тораптарында вагонның, жүк көтергіш кранда жүктің тербелуі, зәулім үйлердің шайқалуын атауға болады. Зәулім құрылыштардың темірбетон қаңқасы жоғары биіктікте 150 км/сағ

Маңызды ақпарат

Көпірлердің бұзылу тарихынан бірнеше дерек:
1750 жылы Францияның Анжер қаласының маңында ұзындығы 102 м шынжыр көпір бұзылды. Себебі – әскери отряд кадамдарының жиілігінің көпірдің еркін тербелістер жиілігімен сәйкес келуі.
1830 жылы Англияда Манчестер маңындағы аспалы көпір бұзылды. Себебі – әскери отрядтың көпірмен сап түзеп өтуі.
1906 жылы Петербургтегі Египет көпірі бұзылды. Себебі – атты әскердің көпірмен өтуі.
1940 жылы Америкадағы Такома көпірі бұзылды. Себебі – жылдамдығы 65 км/сағ жел әсерінен туындаған резонанстық тербелістер (*160-сүрет*).
2010 жылы Ресейдегі Волгоград қаласында көпір бұзыла жаздады. Бетон толқындардың тербелісі амплитудасы 1 м-ге жетті (*161-сүрет*).

1-тапсырма

Көпірлердің бұзылуының алдын алу жолдарын ұсыныңдар.

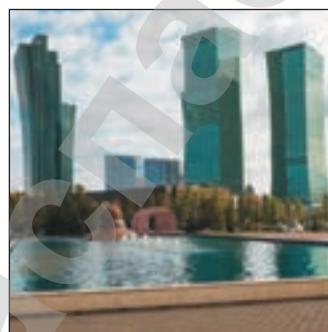
жылдамдықпен соғатын жел арынына шыдауы керек. Ғимараттардың шайқалуының алдын алу үшін Жапонияда құрылыш компанияларының бірі ғимарат төбесіне сұы бар резервуар орнатады. Сұйықтың ауыр массасы әрі инерциялығы жер сілкінісі әсеріне кешірек ілеседі. Ғимарат тербелісі бейтараптанады да өшеді.

Бұл қызық!

Резонанс құбылысын тек құрлықта ғана емес, суда, тіпті ауда да кездестіруге болады. Мысалы, ескіш біліктің кейір айналу жиіліктерінде тұтас кемелер резонансқа кіретін болған. Ал авиация дамуы барысында авиациялық қозғалтқыштардың ұшақ бөліктегінде күшті резонанстық тербелістер тудырғаны соншалық, ұшақ ауда шашылып кететін болған.

2-тапсырма

Бик үйлерді салуда Қазақстан қалаларының тұрғындары үшін қандай қауіпсіздік шаралары қарастырылғанын анықтаңдар (162-сурет).



162-сурет. Нұр-Сұлтан қаласындағы Зубаржат кварталы, биіктігі 210 м

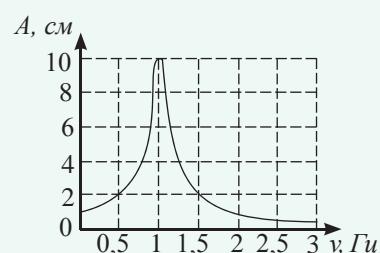
Бақылау сұрақтары

- Не себепті еркін тербелістер өшетін тербелістер болып табылады?
- Резонанс дегеніміз не?
- Қандай шарттарда резонанс пайда болады?
- Неліктен адам жүргінің тербелісімен салыстыруға болатын жиілігі төмен тербелістер адам ағзасы үшін зиянды болып табылады?

Жаттығу

27

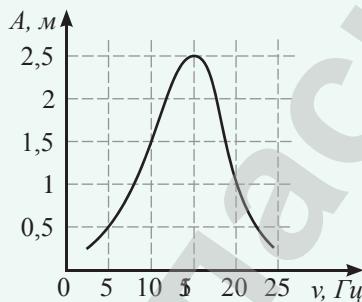
- Пойыздың ұзындығы 25 м рельс бойымен қозғалысы кезінде, вагон рельс тораптарында еріксіз қозғалыстар тудыратын соққы алады. Егер вагонның меншікті вертикаль тербелістерінің периоды 1,25 с болса, резонанс пойыз қандай жылдамдықпен қозғалғанда пайда болады?
- 163-суреттегі график бойынша жүйе тербелістерінің меншікті жиілігін, тербеліс периодын және ығысадың амплитудалық мәнін анықтаңдар.



163-сурет. 27-жаттығудағы 2-есепке



- Массасы 1 кг жүгі бар маятник серіп-песінің ұшына тербеліс жиілігі 16 Гц айнымалы күш түсірілген. Серіп-пенің қатаандығы 0,4 кН/м болса, резонанс байқала ма?
- 164-суреттегі график бойынша жүйенің меншікті жиілігін, тербелістер периодын және ығысадың амплитудалық мәнін анықтаңдар.



164-сурет. 27-жаттығудағы
(үй тапсырмасы) 2-есепке

Шығармашылық тапсырма

Берілген тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

- Резонанстың зиянды көріністері.
- Адамға қызмет ететін резонанс.
- Жиілікті өлшектін аспаптың құрылышы мен әрекет ету принципі.
- Биорезонансты терапия.

§ 28. Еркін электромагниттік тербелістер

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- тербелмелі контурдағы еркін электромагниттік тербелістерді сапалық түрде сипаттауды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

- Не себепті пәтерлердің электр желісіндегі ток айнымалы ток деп аталады?
- Электр аспаптарын қосатын розеткаларда неге тұрақты ток көзіндегідей «оң» және «теріс» таңбалары көрсетілмеген?



Естеріне түсіріндер!

Қандай қозғалыстар тербелмелі қозғалыстар деп аталады?



Есте сақтаңдар!

Қазақстан аумағында электр желісінде жиілігі 50 Гц электромагниттік тербелістер колданылады.



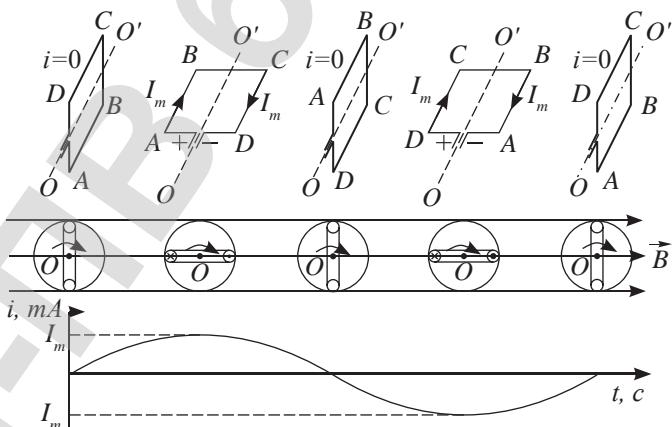
1-тапсырма

Электр желісіндегі өндірістік тоқтың циклдік жиілігін анықтаңдар.

I Электромагниттік тербелістер.

Айнымалы ток

Электромагниттік тербелістерді зерттеуді бастағанда, оларды зарядталған бөлшектердің периодты түрде қайталанатын қозғалысы деп болжауға болады. Демек, электр тогының бағыты мен ток күшінің мәні периодты түрде өзгеріп отыруы тиіс. Мұндай ток раманың магнит өрісінде айналуы кезінде пайда болады. Электромагниттік индукция құбылысының арқасында рамада бағыты әрбір жарты айналым сайын өзгеріп отыратын ток пайда болады. Осылайша, раманың бір айналымында толық бір тербеліс жасалады (165-сурет).



165-сурет. Раманың біртекті магнит өрісінде айналуы

Айнымалы ток генераторының жұмыс істей әрекеті электромагниттік индукция құбылысына негізделген. Оның турбина әрекетінен айналатын роторы көптеген рамалардан тұрады. Генератор тізбекте еріксіз электромагниттік тербелістердің мысалы болып табылатын айнымалы ток тудырады. Ол ток күші, кернеу, электр заряды сияқты шамалармен сипатталады. Айнымалы ток тізбегінде олардың мәндері өзгеріп отырады.

Электр зарядының, ток күшінің, кернеудің периодты түрде өзгеріп отыруы электромагниттік тербелістер деп аталады.

II Еркін электромагниттік тербелістер. Тербелмелі контур

Қандай да бір сыртқы периодты электр қозғауышы күштің әсерінсіз болатын еркін тербелістер электрлік тербелмелі жүйелерде орындалады.

Тербелмелі контур – тізбектей жалғанған шарғы мен конденсатордан тұратын электр тізбегі.

Радиотехникада параллель тербелмелі контур кең қолданысқа ие болды. Қарапайым тербелмелі контур ұштары конденсаторға жалғанған шарғы (166-сурет) болып табылады. Контурда өшетін тербелістер орындалады, кедергі күшінің рөлін шарғының R активті кедергісі атқарады.

Джоуль – Ленц ережесіне сәйкес активті кедергіде электр энергиясы ішкі энергияға айналады.

Назар аударындар!

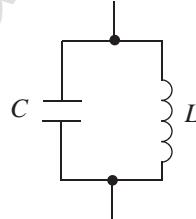
Индуктивтілік шарғысы – энергияны магнит өрісінің энергиясы түрінде сақтайтын шиыршық тәрізді оралған активті кедергісі бар өткізгіш. Индуктивтілік шарғысы тұрақты токты жақсы өткізеді, сонымен қатар айнымалы токқа кедергі келтіреді. Шарғыдағы ток өзгергенде оның айналасында айнымалы магнит өрісі пайда болады. Тәжірибелер көрсеткендегі, бұл өріс ток көзінің өрісіне кедергі келтіретін электр өрісін тудырады. Тізбектегі ток күші артқанда, шарғы ток мәнін азайтатын өріс тудырады. Сондай-ақ көрісінше, тізбектегі ток күші азайғанда, шарғы ток мәнін арттыратын өріс тудырады. Шарғының бұл қасиетін *инерциялық* деп атайды.

Жауабы қандай?

Непіктен жепідегі ток күшінің және кернеу мәнінің тербелістері еркісіз тербелістер болып табылады? Электромагниттік тербелістер жиілігін қалай өзгертуге болады?

2-тапсырма

§ 25-тегі (13) формула негізінде айнымалы ток желісінде ток күші мен кернеудің өзгеру формууларын жазыңдар.



166-сурет. Тербелмелі контурдың электрлік сұлбасы, C -конденсатор, L – индуктивтілік шарғысы

Бұл қызық!

АҚШ, Бразилия, Венесуэла, Перу электрстансыларында өндірілетін өндірістік токтың жиілігі 60 Гц-ты құрайды. Ал желіге берілетін кернеу 110–120 В-қа тең.

Есте сақтандар!

Шарғының инерциялылығын сипаттайтын физикалық шаманы индуктивтілік деп атайды. Шарғының индуктивтілігі L әрпімен белгіленеді, генеримен өлшенеді: $[L] = 1 \text{ Гн}$.

III Электромагниттік тербелістерді бақылау

Тізбекте болып жатқан процестерді бақылау үшін осциллограф аспабы пайдаланылады, оның негізгі бөлігі – электронды-сәулелік тұтікше. Осциллографка берілетін айнымалы кернеу катодты сәулені басқарады, экранда кернеудің уақытқа тәуелділік графигі пайда болады. Айнымалы ток көзі тудыратын еріксіз тербелістер 167, а) суретте көрсетілген.

Сұлбасы 168-суретте көрсетілген тізбекті жинаймыз. Ол айнымалы ток көзінен, диодтан, тербелмелі контурдан және осциллографтан тұрады. Диод біржақты өткізгіштікке ие, сондықтан айнымалы ток көзінен шыққан сигнал осциллографқа жарты период ішінде жетеді. Қалған жарты бөлігінде осциллограф экранында тербелмелі контурда болып жатқан процестер бейнесін көруге болады (167, ə) сурет).

Осцилограммадан тербелмелі контурда жиілігі айнымалы ток көзінің жиілігінен жоғары болатын еркін өшетін тербелістер орындалатыны шығады.

IV Тербелмелі контурда болатын процестер

Конденсаторды зарядтағанда (169, а) сурет) астарларының арасында энергиясы

$$E_{\text{з.о.}} = \frac{q_m^2}{2C} \quad (1)$$

электр өрісі пайда болады.

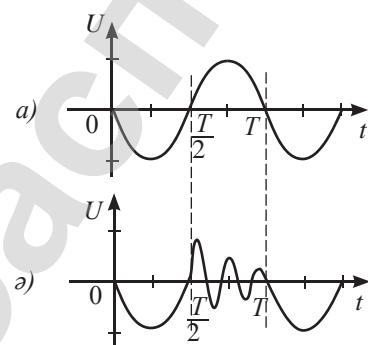
Конденсатор электр өрісінің әсерінен разрядталғанда бастайды, контурда электр тогы пайда болады. Ток күші жайлап артады, шарғының айналасында айнымалы магнит өрісі пайда болады. Конденсатор толық разрядталып электр өрісінің энергиясы нөлге тең болған кезде магнит өрісінің энергиясы максимал болады (169, ə) сурет):

$$E_{\text{м.о.}} = \frac{LI_m^2}{2} \quad (2)$$

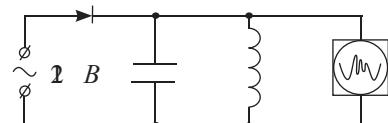
Электр өрісі болмаған жағдайда электр тогы бірден жоғалмайды, оған шарғының инерциялылығы кедергі болады. Шарғының осы

Естеріне түсіріндер!

Ұзындығы диаметрінен біршама артық болатын шарғыны соленоид деп атайды. Тогы бар соленоидтың ішінде біртекті магнит өрісі пайда болады.



167-сурет. а) айнымалы кернеу көзіндегі кернеудің өзгерісі; ə) тербелмелі контур конденсаторының астарларындағы кернеудің өзгерісі



168-сурет. Еркін электромагниттік тербелістерді бақылауга арналған тізбектің сұлбасы

Эксперимент

168-суретте сұлбасы көрсетілген тізбекті жинандар. Осциллограф экранында кілттің жабық және ашық кезінде алынған графиктерді салыстырыңдар. T/2-ден T-ға дейінгі аралиқта графиктің өзгеру себебін түсіндіріңдер.

қасиетінің арқасында зарядтар қозғалысын жағастырады, жарты периодтан соң конденсатор қайта зарядталады (169, б) сурет). Толық қайта зарядталу сәтінде магнит өрісінің энергиясы нөлге тең болады, ал конденсатордың электр өрісінің энергиясы қайта максимал мәнге ие болады.

Одан кейін кондерсатор шарғы арқылы қайта зарядтала бастайды және жүйе бастапқы күйіне оралады.

Еркін тербелістер барлық энергия жылулық энергияға айналғанға дейін жалғасатын болады.

Активті кедергісі нөлге тең деп алғынатын идеал тербелмелі контурда электр және магнит өрістері энергияларының өзара түрленулері орындалады.

V Электромагниттік тербелістің периоды және меншікті жиілігі

11-кестеде берілген механикалық және электромагниттік тербелістердің ұқсастықтарын пайдаланып, тербелмелі контурдың тербеліс периодын есептеу формуласын жазайық.

Ол үшін серіппелі маятниктің тербеліс периодын есептеу формуласын пайдаланамыз:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

m және k -ның орнына L және $\frac{1}{C}$ қойып, мына өрнекті аламыз:

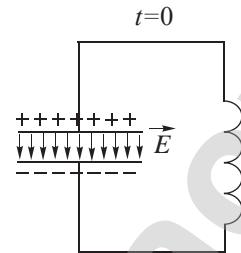
$$T = 2\pi \sqrt{LC}. \quad (3)$$

Бұл формуланы 1853 жылды Ұлыбритания физигі У.Томсон теориялық түрде қорытып шығарған. Сол себепті ол *Томсон формуласы* деп аталады.

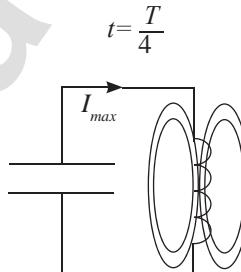
Периодты секундпен есептеу үшін индуктивтілік пен сыйымдылықты ХБЖ бірліктерімен өрнектеу керек.

Контур тербелісінің меншікті жиілігі мына формуlamен анықталады:

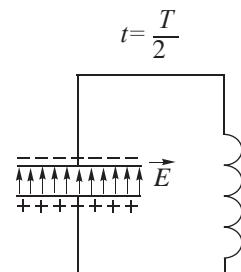
$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (4)$$



169-сурет. а) конденсатордың электр өрісінің энергиясы максимал, барлық артық зарядтар конденсатор астауларына шоғырланған



169-сурет. б) конденсатор қайта зарядталған, электр өрісінің энергиясы максимал



169-сурет. б) конденсатор қайта зарядталған, электр өрісінің энергиясы максимал

Шарғының индуктивтілігін және конденсатордың сыйымдылығын өзгерту арқылы тербеліс жиілігін оңай өзгертуге болады.

Тербелмелі контурды пайдаланып, жиілігі жоғары тербелістерді алуға болады.

Жоғары жылдамдықтың жиілігін арттыру радиотехникада кеңінен қолданылады.

3-тапсырма

Механикалық және электромагниттік тербелістердің ұқсастық кестесін қарастырыңдар, оны түсіндіріңдер.

11-кесте. Механикалық және электромагниттік тербелістердің ұқсастығы

| Механикалық тербелістер | Электромагниттік тербелістер |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Потенциалдық энергия $E_p = \frac{kA^2}{2}$ | Электр өрісінің энергиясы $E_{э.о.} = \frac{q_m^2}{2C}$ |
| Қатаңдық коэффициенті k | Сыйымдылықта көрініштегі шама $\frac{1}{C}$ |
| Тербеліс амплитудасы A | Максимал заряд q_m |
| Ұғысу x | Заряд q |
| Кинетикалық энергия $E_k = \frac{mv_m^2}{2}$ | Магнит өрісінің энергиясы $E_{м.о.} = \frac{LI_m^2}{2}$ |
| Дене массасы m | Шарғының индуктивтілігі L |
| Дене қозғалысының максимал жылдамдығы v_m | Ток күшінің максимал мәні I_m |

Назар аударыңдар!

Электротехникада 50 Гц және 60 Гц тәменгі жиіліктер қолданылады.

Ал радиотехникада 3 кГц-тен 3000 ГГц-ке дейінгі жоғары жиіліктер қолданылады.

4-тапсырма

12-кестенің бос ұшықтарына тиісті формулаларды енгізіңдер.

12-кесте.

| Жүйе қүйі | Жүйе энергиясы | |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Серіппелі маятник | Тербелмелі контур |
| Тепе-тендік қүйінен максимал ауытқу жағдайы | | |
| Тепе-тендік қүйі | | |

Бақылау сұрақтары

1. Электромагниттік тербелістер дегеніміз не?
2. Еріксіз электромагниттік тербелістерге мысал келтіріңдер.
3. Тербелмелі контур дегеніміз не? Тербелмелі контурда қандай тербелістер орындалады?
4. Тербелмелі контурдың тербеліс периодын қалай анықтайты?

★ Жаттығу

28

1. Тербелмелі контурға жалғанған конденсаторда кернеудің амплитудасы 1000 В. Конденсатор сыйымдылығы 10 пФ. Индуктивтілік шарғысының магнит өрісінің максимал энергиясын табыңдар.
2. Контурдың индуктивтілігі 2,5 мГн және сыйымдылығы 1,5 мкФ болса, меншікті тербеліс периоды неге тең?

🏠 Жаттығу

28

1. Конденсаторға 10^{-6} Кл заряд берілгеннен кейін, контурда өшетін тербелістер пайда болады. Тербелістер толық өшетін уақыт мезетінде контурда қандай жылу мөлшері бөлінеді? Конденсатор сыйымдылығы 0,01 мкФ.
2. Шарғының индуктивтілігі 5,1 мкГн тең болғанда, жиілігі 10 мГц тербеліс алу үшін тербелмелі контурға қосылатын конденсатордың сыйымдылығы қандай болуы керек?

Шығармашылық тапсырма

Мына тақырыптардың біріне хабарлама дайындандар:

1. Микрофонның құрылышы және жұмыс істеу принципі.
2. Динамиктің құрылышы және жұмыс істеу принципі.

§ 29. Толқындық қозғалыс

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- есептер шығаруда толқын жылдамдығы, жиілігі және ұзындығы формулаларын қолдануды,
- көлденен және бойлық толқындарды салыстыруды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен пластикалық терезелерге арналған шыны пакеттер дыбыс оқшаулағыштық қабілетке ие?
2. Неліктен толқын үстінен қонған шагала толқынмен бірге көтеріліп тәмем түседі, бірақ алға, жағаға қарай қозғалмайды?
3. Не себепті су бетінде толқындардың көлденен толқындарға жатқызуға болмайды?



170-сурет. Бойлық толқындардың пайда болуы

I Тербелістердің серпімді ортада таралуы.

Толқындық қозғалыс

Механикалық тербеліс жасайтын деңе өзі тұрған органың бөлшектерінде қозғалысқа келтіреді. Деңе тербелісі органың деформациясы және оның бөлшектерінің тербелмелі қозғалысының салдарынан туындайтын серпімділік күштері арқылы тасымалданады. Тербелмелі процесс тербелістегі деңеден алыс жатқан кеңістік нүктелеріне жетіп, толқын пайда болады.

Механикалық толқын – тербелмелі қозғалыстың серпімді ортада таралу құбылысы.

Қармақ қалтқысы айналасында су бетінде пайда болатын толқындардың көрүге болады.

II Бойлық және көлденен толқындар

Органың деформациялану түріне қарай әртүрлі толқындар түзіледі. Бойлық толқындар тербелістегі деңе сығылу және созылу деформациясын тудырғанда пайда болады. Бұл жағдайда толқын деңе тербелісінің бағыты бойынша таралады. Ортада (170-сурет) шоғырлану және сиретілу жүреді. Шоғырлану орын алған жерлерде молекулалар арасындағы арақашықтық кемиді де, тебілу күші артады. Сиретілу пайда болған жерлерде молекулалардың арақашықтығы артып, тартылу күші ұлғаяды да, молекулалар бір-біріне тартылады. Мұндай деформация түрі газ тәріздес, сұйық және қатты барлық орталарда болуы мүмкін, демек, бойлық толқын барлық серпімді орталарда пайда болады.

Бойлық толқын – орта бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағыты бойымен жүретін толқын.

Мұндай толқынға мысал ретінде серіппенің бір ұшына шапшаң соққы жасалғанда туындаитын толқындың қарастыруға болады (171-сурет).

Егер тербелістегі дене ортада ығысу деформациясын тудыратын болса, онда ортада ойыс және өркештер байқалады. Зат қабаттары бір-біріне қатысты ығысып, жақын орналасқан бөлшектерді де осы процеске қатыстыратын болады. Толқын бөлшектердің тербелісіне перпендикуляр бағытта таралады.

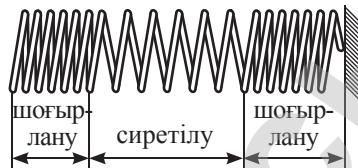
Көлденең толқын – орта бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағытына перпендикуляр жүретін толқын.

Іғысу деформациясы тек қатты ортада ғана орындалады. Көлденең толқындарға мысал ретінде жіп ұшының амплитудасы А тербелісінің оның бүкіл бойына таралуын қарастыруға болады (172-сурет).

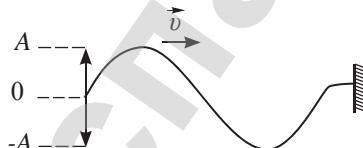
Су бетіндегі толқындар серпімділік күші әсерінен емес, екі ортаның шекарасында, ауырлық және беттік керілу қүштерінің әсерінен пайда болады. Беткі қабаттағы бөлшектер күрделі айналмалы қозғалыста болады.

III Механикалық толқындардың қасиеттері

- Толқындар энергия тасымалдайды.** Тербелмелі қозғалысқа жақын орналасқан бөлшекті тербелмелі қозғалысқа тарту үшін оған энергия беру қажет. Толқындық қозғалысты сақтап қалуы үшін толқын көзі тұрақты тербелмелі қозғалыста болуы шарт. Тербелмелі қозғалыс токтаса, толқын да жоғалады.
- Толқын зат бөлшектерін тасымалдамайды.** Ортандың бөлшектері тепе-тендік күйінің айналасында тербелмелі қозғалыс жасайды. Тербелмелі ортада орналасқан денелер толқынның таралу бағытымен қозғалмай, тербелмелі қозғалысты қайталайды.



171-сурет. Серіппедегі бойлық толқындар

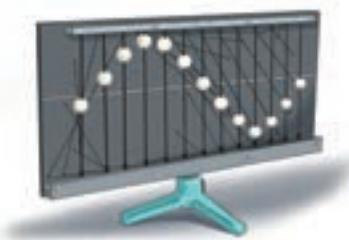


172-сурет. Сымдағы көлденең толқын



Эксперимент

Толқындық мәшинені пайдаланып, көлденең және бойлық толқындардың пайда болу механизмін бақылаңдар (173-сурет).



173-сурет. Көлденең және бойлық толқындарды бақылауга арналған толқындық мәшине



Жауабы қандай?

- Неліктен толқындар тек серпімді ортада пайда болады?
- Газдар мен сұйықтарда тек бойлық толқындар пайда болуының себебі неде?
- Неліктен денелер толқындар арқылы тасымалданбайды?

- Толқындар шағылады, бұл құбылысты серіппеде немесе жіпте бақылауға болады (171, 172-суреттер). Жарлы жағажай, кеме борты толқындардың таралу бағытын өзгертеді.
- Толқындар бөгетті орап өту қасиетіне ие, бұл жағдай бөгеттердің өлшемдері толқын ұзындығымен салыстыруға келетін болсағана орындалады. Су толқындары көлемі кіші кедергілерді орап өте алады.

IV Толқын графигі

Толқын көзі болып табылатын дененің тербелмелі қозғалысының графигін (174-сурет) толқын графигімен (175-сурет) салыстырайық. Бір қарашанда графиктер ұқсас болып көрінеді, бірақ олардың айырмашылығы бар. Дене тербелісінің графигі оның уақыт бойынша түрленуін көрсетеді, ол бойынша біз дененің кез келген уақыт мезетіндегі тепе-тендік қүйден ығысуын анықтай аламыз.

Толқындық процесс графигінен толқын көзінен r қашықтықта орналасқан орта бөлшегінің ығысуын анықтай аламыз.

Орта бөлшектерінің қозғалыс бағыты бойынша толқынның таралу бағытын анықтауда болады (176-сурет).

V Толқынның негізгі сипаттамалары:

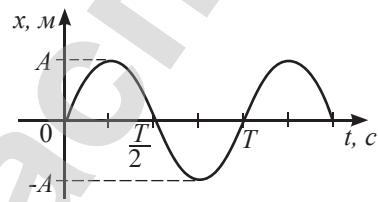
толқын ұзындығы мен жылдамдығы

1. **Толқын ұзындығы.** Тербелмелі процеске қатысатын барлық бөлшектер бір период ішінде толқын көзінен толқын ұзындығынан аспайтын қашықтықта орналасатын болады. Бір-бірінен толқын ұзындығына тән арақашықтықта орналасқан нүктелер бірдей тербелістер жасайды (176-сурет).

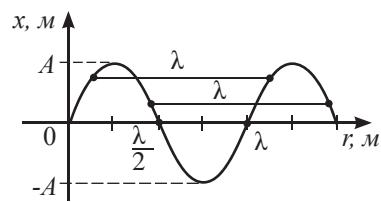


1-тапсырма

Су бетіндегі толқындарды бақылап, олардың зат бөлшектерін тасымалда-майтынына, шағылатынына және кедергіні орап өтетініне көз жеткізіңдер.



174-сурет. Толқын көзінің тербелмелі қозғалысының графигі

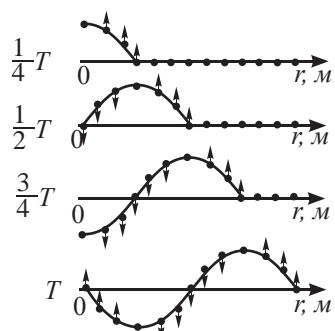


175-сурет. Толқын графигі



2-тапсырма

176-суреттегі толқынның таралу бағытын көрсетіңдер. Толқынның таралу бағыты орта бөлшектерінің қозғалыс бағытымен қалай байланысты?



176-сурет. Толқынның таралу бағыты орта бөлшектерінің қозғалыс бағытымен анықталады

Толқын ұзындығы – толқынның бірдей тербеліс жасайтын, ең жақын орналасқан екі бөлшегінің арақашықтығына тең шама.

$$\lambda = v \cdot T, \quad (1)$$

мұндағы λ – толқын ұзындығы;

v – қозгалыс жылдамдығы;

T – толқын көзінің тербеліс периоды.

2. *Толқын жылдамдығы*. Зерттеулер нәтижесінде біртекті ортада толқын жылдамдығы тұрақты шама екені анықталды. Демек, толқын жылдамдығын анықтау үшін толқынның таралу қашықтығы мен уақытын білу керек:

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



177-сурет. Каспий теңізіндегі дауыл

3-тапсырма

(1) және (2) формуулалардан толқын жылдамдығын, периодын, жиілігін, арақашықтығын, таралу уақытын есептө формуулаларын жазындар және олардың ХБЖ-дағы өлшем бірліктірін көрсетіңдер.

Бұл қызық!

Каспий теңізі тыныш теңізге жатпайды. Каспий теңізінде биіктігі 2 м-ге жуық толқындар жиі болады, олардың бір жыл ішінде қайталануы 65–90 % арасында өзгеріп отырады. Биіктігі 2–4 м толқындардың бір жыл ішінде қайталануы 10–30 % шамасында. Теңіздің орта және оңтүстік бөліктерінде биіктігі 6 м және одан да биік толқындар байқалады (177-сурет). Мұнай тастары аймағы және одан солтүстікбатысқа қарай орналасқан аймақ аса тынышсыз аймақ. Бұл жерлерде толқын биіктігі 12 м-ге дейін жетуі мүмкін.

Бақылау сұрақтары

1. Толқын дегеніміз не?
2. Механикалық толқындардың қандай түрлерін білесіңдер?
3. Сығылу деформациясы кезінде қандай толқындар пайда болады? Олар қандай ортада пайда болуы мүмкін?
4. Үлғысу деформациясы кезінде қандай толқындар пайда болады? Олар қандай орталарда байқалады?
5. Толқын қандай қасиеттерге ие?
6. Тербелмелі және толқындық қозғалыс графиктерінің айырмашылықтары неде?
7. Толқын ұзындығы дегеніміз не?
8. Толқын жылдамдығы қалай анықталады?



1. Жиілігі 0,165 кГц тербеліс көзінен 330 м/с жылдамдықпен таратылын толқын ұзындығын анықтаңдар.
2. Толқын көл бетінде 6 м/с жылдамдықпен таралады. Егер толқын ұзындығы 30 дм болса, су бетіндегі қалқыманың тербеліс периоды мен жиілігін анықтаңдар.
3. Желсіз күні көлге қайықтан ауыр зәкір тасталды. Зәкір тасталған жерден толқындар тараала бастады. Жағада тұрған адам арақашықтығы 50 см толқын жалдары оған 50 с-тан кейін жеткенін байқады. Егер 1/12 мин ішінде толқын жағаны 20 рет шайған болса, қайық жағадан қандай қашықтықта орналасқан?



1. Серпімді жілтің бойымен көлденен толқын 72 км/сағ жылдамдықпен таралады, жіп нүктелерінің тербеліс периоды 0,5 с. Толқын ұзындығын анықтаңдар.
2. Балықшы 10 с ішінде қалқыманың толқында 20 тербеліс жасағанын байқады, толқын жалдарының арақашықтығы 12 дм. Толқынның таралу жылдамдығы қандай?

Эксперименттік тапсырма

Өзен, көл беттеріндегі, табиғи су қоймаларындағы толқындарды бақыланадар және олардың пайда болу себептерін анықтаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Мына тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Теңіз толқындары, олардың пайда болуы және қасиеттері.
2. Сейсмикалық толқындар.
3. Жарылыш толқынның негізгі сипаттамалары.

§ 30. Дыбыс, дыбыстың сипаттамалары, акустикалық резонанс, жаңғырық

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- дыбыстың пайда болу және таралу шарттарын атап аласыңдар;
- дыбыс сипаттамаларын дыбыс толқынының жиілігі және амплитудасымен сәйкестендіре аласыңдар;
- резонанстың пайда болу шарттарын атап, олардың қолданылуына мысал келтіре аласыңдар;
- жаңғырықтың пайда болу табиғатын және оның қолданылуын сипаттай аласыңдар;
- ультрадыбыс пен инфрадыбыстың табиғат пен техникада қолданылуына мысал келтіре аласыңдар.

I Дыбыс – механикалық толқын

Біз түрлі дыбыстар әлемінде өмір сүреміз. Олар қатты немесе ақырын, қысқа немесе ұзақ мерзімді т.б. болуы мүмкін.

Серпімді ортада қозгалатын кез келген дене дыбыс көзі бола алады.

Адамның құлағы ортадағы белгілі бір жиіліктегі тербелістерге сезімтал, адам жиілігі 16–20 000 Гц аралығындағы сигналдарды естиді.

Дыбыс – есту мүшелері қабылдайтын, серпімді ортада таралатын механикалық толқын.

Газдар мен сұйықтардағы дыбыс толқындары – бойлық толқындар, себебі олар ортаның сырылу, сиретілу деформациясынан туындаиды. Дыбыс толқындары вакуумда таралмайды, оған тәжірибе арқылы көз жеткізуге болады. Ауа сорғысы қақпағының астына электр қонырауды орналастырып, ауаны соратын болсақ, бұл дыбыстың мүлдем жоғалуға дейін әлсіреуіне алып келеді (178-сурет).

Физиканың дыбыс толқындарын қарастыратын бөлімі *акустика* (грек. *akustikos* – «дыбыстық»), ал толқындар *акустикалық толқындар* деп аталады.

II Дыбыстың таралуы. Дыбыс толқынының әртүрлі ортадағы жылдамдығы

Толқының таралуы орта бөлшектерінің өзара әрекеттесуіне тәуелді. Бөлшектер тығыз орналасса және олардың өзара әрекеттесу күші көп болса, тербелмелі қозғалыстың энергиясы да жылдам тасымалданады. 13-кестеде ауа мен су үшін температуралың әртүрлі мәндеріндегі және әртүрлі орталар үшін температуралың бірдей мәніндегі дыбыс жылдамдықтары берілген.

Жауабы қандай?

1. Неліктен адам жүріп келе жатқан кезде қолдың периодты сермелу дыбыстарын естімейді?
2. Не себепті Айда құлаган дененің дыбысы естілмейді?
3. Неліктен балықтар дыбыс шығармайды деп тұжырым жасауға болмайды?
4. Қатты денелерде дыбыс жылдамдығының жоғары болу себебі неде?

1-эксперимент

Дыбыс көзін ауа сорғысы қақпағының астына орналастырып, вакуумда дыбыс таралмайтынына көз жеткізіңдер.

13-кесте. Эртүрлі орталардағы дыбыс жылдамдығы

| Зат | Температура, °С | Дыбыс жылдамдығы, м/с |
|-------|-----------------|-----------------------|
| Ая | 0 | 331,5 |
| | 10 | 337,3 |
| | 20 | 343,1 |
| Су | 0 | 1407 |
| | 10 | 145 |
| | 20 | 484 |
| Мыс | § | 3500 |
| Болат | § | 5000 |
| Шыны | § | 5200 |



178-сурет. Вакуумда дыбыс тарапмайды

14-кесте. Эртүрлі дыбыстардың интенсивтілігі мен деңгейлері

| Интенсивтілік, мкВт/м ² | Дыбыс деңгейі, дБ |
|----------------------------------------------|-------------------|
| Есту шегі | |
| 0,000001 | 0 |
| Қалыпты тыныс алу | |
| 0,00001 | 10 |
| Тыныш бақтың шуы | |
| 0,0001 | 20 |
| Кітап бетін ашу | |
| 0,001 | 30 |
| Үйдегі қалыпты шу | |
| 0,01 | 40 |
| Шансорғыш шуы | |
| 0,1 | 50 |
| Әдеттегі сейлесу | |
| 1 | 60 |
| Радио дыбысы | |
| 10 | 70 |
| Көшедегі қарбалас қозғалыс | |
| 100 | 80 |
| Эстакададағы (көпірлік күрүліс) пойыз дыбысы | |
| 1000 | 90 |
| Метро вагонындағы шу | |
| 10000 | 100 |
| Найзагай дыбысы | |
| 100000 | 110 |
| Ауыруды сезіну шегі | |
| 1000000 | 120 |

1-тапсырма

13-кесте мәліметтерімен танысыңдар. Не себепті температура 10 °С-ге дейін артқанда дыбыс жылдамдығы кеміді де, содан соң қайта арта бастайды?

III Дыбыстың қаттылығы

Дыбыс өзімен бірге энергия тасымалдайтын толқын. *Біз дыбыс көзінен қанишалықты алыс тұрсақ, тербелмелі қозғалыс тасымалдайтын энергия құлақ жарғағына соншалықты аз жетеді.* Дыбыс интенсивтілігі – толқынның энергетикалық сипаттамасы. Ол 1 с ішінде толқынның таралу бағытына перпендикуляр бірлік аудан арқылы дыбыс толқынның қандай энергия мөлшері өтетінін көрсетеді. Дыбыстың қаттылық деңгейі интенсивтілікке тәуелді. Толқын көзі болып табылатын тербелістегі деңенің энергиясы оның тербеліс амплитудасына тәуелді. *Тербеліс амплитудасы неғұрлым көп болса, дыбыс согұрлым қатты естіледі.*

Адам қулағы амплитудасы 10^{-9} см-ге жуық аяу тербелістеріне сезімтал. Ал амплитудасы 10^{-2} см тербеліс құлақ жарғағына зиян келтіреді. Естудің төмөнгі шегі 0,000001 мкВт/м², оны *есту шегі* деп атайды. Осы деңгей дыбыстың нөлдік деңгейі болып қабылданған. Дыбыстың қаттылық деңгейі бел (*Б*) немесе *децибелмен* (*dB*) өлшенеді. Дыбыс қаттылығының өлшем бірлігі

америкалық ғалым А.Г.Бел құрметіне аталған. Дыбыс қарқындылығы 10 есе артқанда дыбыс деңгейі 10 дБ-ге жоғарылайды (*14-кесте*). 120 дБ ауыруды сезіну шегі, ал 180 дБ-де құлақ жарғағы жарылады.

IV Дыбыс биіктігі

Дыбыстың биіктігі арқылы біз масаның ұшуын шыбынның ұшуынан, баланың дауысын ересек адамның дауысынан ажыратамыз. Дыбыстар тон биіктігі арқылы ерекшеленеді.

Тон биіктігі дыбыс көзінің тербеліс жиілігімен анықталады. Тербеліс жиілігі жоғары болса, дыбыс тоны да биік болады.

Бұған осциллографтағы дыбыстық генератор көмегімен алынған тербелістер тармақтары арқылы көз жеткіземіз. Осциллограф экранында алынған тармаққа сәйкес дыбыс тоны (*179, а) сурет*) осы экранда алынған алғашқы тармаққа сәйкес дыбыс тонынан (*179, ә) сурет*) жоғары.

Музикалық аспаптарды қалыпқа келтіру үшін камертон қолданылады. Ол дыбыс биіктігін реттеуге қажет белгілі бір жиіліктегі дыбысты алуға мүмкіндік береді. Мысалы, бірінші октаның «ля» нотасына сәйкес дыбыс шығаратын камертон жиілігі 440 Гц тербеліс тудырады, ал «до» нотасы – жиілігі 261,6 Гц тербеліс тудырады.

*Камертон – тұғырға бекітілген майыстырылған металл өзекті құрылғы (*180-сурет*).*

V Акустикалық резонанс

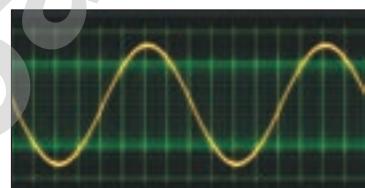
Шыныдан жасалған заттардың бізге көрінбейтін себептерден дірілдеуі акустикалық резонансқа мысалы бола алады. Опера әншілерінің жоғары ноталарына жауап ретінде хрусталь аспашамдардың сырғалары дірілдеп, жұқа шыны бокалдар сыңғылайды. Камертон дыбысына рояль ішектерінің бірінің дыбыс беруі де – акустикалық резонансқа мысал бола алады.

Бұл қызық!

Құлақ – бір-бірінен 1000 млрд есе ерекшеленетін дыбыс интенсивтілігін сезетін өте сезімтал мүше.



а)



ә)

179-сурет. Осциллограф көмегімен дыбыс толқындарын зерттеу

Жауабы қандай?

1. Неліктен дыбыс көзінен алыста дыбыс қаттылығы аз болады?
2. Неліктен масаның ұшу дыбысының биіктігі аранікінен жоғары?



180-сурет. Камертон

Акустикалық резонанс – дененің меншікті жиілігі дыбыс толқынының жиілігімен сәйкес келгенде дене тербелісінің амплитудасының артуы.

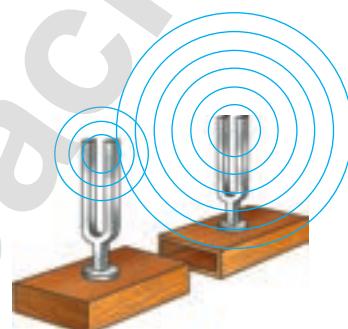
Акустикалық резонанс құбылысы практикада музикалық аспаптардың ішегінің дыбысталуын күшету үшін кеңінен қолданылады. Олардың әрқайсысында шанағы болады, ол – *агаштан жасалған пішиңі және өлинемі белгілі корпус* (182, 183-суреттер). Корпустағы ауа ішектердің дыбысталу жиілігімен тербеліп, аспаптың дыбысын жоғарылатады.

Скрипка мен виолончельдің, контрабас пен гитаралың ерекше пішіндері аспаптың корпусы ішіндегі дыбыс толқындарының резонансына ықпал етеді. Николо Амати, Андреа Гварнери және Антонио Страдивари сияқты музикалық аспап шеберлері тембрдің әдемілігін сақтай отырып, резонанс әсерін күшету үшін аспаптар пішиңін жақсартып, оларды жасауға сирек кездесетін ағаштарды қолданып, арнайы лактар даярлаған.



2-эксперимент

Екі бірдей камертонды қолданып, акустикалық резонанс құбылысын бақылаңдар (181-сурет). Камертондардың бірін ұрып, дыбысты қолдарыңмен тұншықтырыңдар. Екінші камертонның дыбысталуын тыңдаңдар. Бақыланған құбылысты түсіндіріңдер.



181-сурет. Акустикалық резонанс



182-сурет. Страдивари скрипкасы



183-сурет. Домбыра – қазақ халқының ұлттық аспабы, дайындалу технологиясы үрпақтан үрпаққа берілуде

Маңызды ақпарат

Тембр – музикалық дыбыс бояуы. Әртүрлі дауыстармен немесе әртүрлі аспаптармен орындалған биіктіктері бірдей дыбыстарды тембр бойынша ажыратады.

VI Дыбыстың шағылуы.

Жаңғырық. Реверберация

Кандай да бір кедергіге кездесіп шағылған өз даусымыздың дыбысын жаңғырық деп атайды.

Жаңғырық – бақылаушы адамның кедергіден шағылған дыбысты қабылдау құбылысы.

Егер жаңғырық дыбыс көзіне 0,1 с-тан артық уақытта қайтып келсе, ол жеке дыбыс ретінде қабылданады. Дыбыстарды бөлөтін уақыт

аралығының бұдан аз мәнінде, олар ұзақ бір дыбыс ретінде қабылданады.

Шагылудың жерінен болатын дыбыс ұзақтығының артуын реверберация деп атайды.

0,1 с ішінде дыбыс мына арақашықтықты жүріп өтеді:

$$s = v_{\text{дыб}} t \approx 340 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,1 \text{ с} = 34 \text{ м}.$$

Оның бастапқы дыбыс көзіне қайтып келуін ескереміз. Демек, жаңғырықты есту үшін дыбыс көзінен кедергіге дейінгі арақашықтық 17 м-ден кем болмауы керек.

3-эксперимент

Мектептеріндегі спортзал қабырғасы дыбыс жүтатын материалдармен қанталған ба? Тәжірибе арқылы анықтандар. Тәжірибе барысында қандай шарттар сақталуы керек?

VII Эхолокация

Дыбыстың шағылуы эхолокацияда ультрадыбыс көмегімен дененің орнын анықтауда қолданылады. Ультрадыбыс – жоғары энергиялы және жиілігі 20000 Гц-тен асатын дыбыс толқындары.

Эхолокация – ультрадыбыс көмегімен денелердің орнын анықтау. XX ғ. неміс инженері А.Бам терендікті анықтайтын – эхолот (гидролокатор) аспабын ойлап тапты. Қазіргі заманғы эхолот ультрадыбысты жіберуші құралдан, қабылдағыштан, мәліметтерді өндейтін ЭЕМ-дан тұрады. 184-суретте балықты тану, судың тубін және оның құрылышын бейнелеу, бейнені ұлғайту функцияларымен жабдықталған эхолот берілген.

Бақылау сұрақтары

- Дыбыстық толқын дегеніміз не? Механикалық толқындардың қандай диапазоны дыбыстық болып табылады?
- Толқындар қандай орталарда үлкен жылдамдықпен таралады?

Маңызды ақпарат

Жабық гимараттарда дыбыстың таралуы мен шағылуын акустикағылымының архитектуралық акустика бөлімі зерттейді. Үлкен концерт залдарында жаңғырық болмас үшін қабыргаларды, орындықтарды дыбыс тұншықтырыш материалдармен қаптайды.

Есте сақтандар!

Теңіз тұбінің терендігін сигналдың жіберілу және қабылдану уақыттарының аralығымен және дыбыстың суда таралу жылдамдығымен анықтайды: $s = \frac{v_{\text{дыб}} t}{2}$.

Жауабы қандай?

- Неліктен біздің дауысымыз көшеге қарағанда жабық гимараттарда қатты естіледі?
- Не себепті эхолотта ультрадыбыс қолданылады?
- Неліктен жарғанаттар жарығы түнде де кедергіге соғылмайды?
- Тауларда жаңғырық не себепті бірнеше мәртебестіледі?



184-сурет. Балық аулауга арналған эхолот

3. Қатты денелердегі толқын жылдамдығы қалай анықталады?
4. Дыбыс тонының биіктігін не анықтайды?
5. Дыбыс қаттылығының өлшем бірлігі қандай?
6. Қандай аспап белгілі бір жиіліктері дыбыс шығарады?
7. Акустикалық резонанс дегеніміз не? Жаңғырық дегеніміз не?

★ Жаттығу

30

1. Ауда ер адамның ең тәменгі дауысы үшін дыбыс толқынының ұзындығы 4,3 м, ал әйел адамның ең жоғарғы дауысы үшін – 25 см. Осы дауыстардың тербеліс жиіліктерін табындар.
2. Найзағайдың жарқылынан 15 с өткеннен кейін адам оның дауысын естиді. Найзағай адамнан қандай қашықтықта жарқылдаған?
3. Жіберілген ультрадыбысты сигнал теңіз түбінен шағылып, 1,2 с өткеннен кейін оралатын болса, теңіз терендігін анықтандар.

★ Жаттығу

30

1. Рояльдің жиілік диапазоны 90 Гц және 9 кГц аралығында болса, аудағы дыбыс толқындары ұзындықтарының диапазонын табындар.
2. Тапанша дыбысынан кейін, 200 м жолдың мәре сызығындағы төреші өз секундомерін қосады. Ауа температурасы 20 °C. Оның тіркеген уақыты жоғарылатылған мәнді көрсете ме, әлде тәмендетілген бе?
3. Дыбысты шағылдыратын бөгетке дейінгі арақашықтық 68 м. Бақылаушы жаңғырықты қанша уақыттан кейін естиді?

Эксперименттік тапсырма

Бір қатарға тізілген бос бөтелкелерге, келесі бөтелкеде су деңгейі алдыңғысынан жоғары болатындағы етіп құйындар. Бөтелкелерді қасықпен ұрып, алынған музыкалық аспапты зерттеңдер. Қай бөтелкеде дыбыс тоны жоғары?

Шығармашылық тапсырма

- Мына тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:
1. Жануарлар қабылдайтын дыбыс диапазоны.
 2. Музыкалық дыбыстар. Дыбыс тембрі.
 3. Ультрадыбыс пен инфрадыбыстың адам және жануарлар ағзасына әсері.

§ 31. Электромагниттік толқындар. Электромагниттік толқындар шкаласы

Күтілетін нәтиже

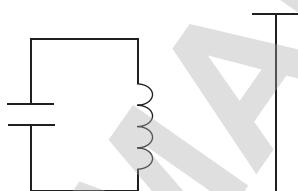
Осы параграфтың ішергендегі:

- электромагниттік және механикалық толқындардың қасиеттерін салыстыра аласыңдар;
- электромагниттік толқындар диапозонын сипаттап, мысалдар келтіре аласыңдар;
- шыны призма арқылы өткен жарықтың дисперсиясын сипаттайды аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Неліктер жабық контур электромагниттік толқын тудырмайды?
2. Неліктен радиолокатордың әрекет ету радиусы гидролокатордікіне қарапанда үлкен?
3. Неліктен наизгай кезінде радиохабарлар үшін кедергі туындаиды?



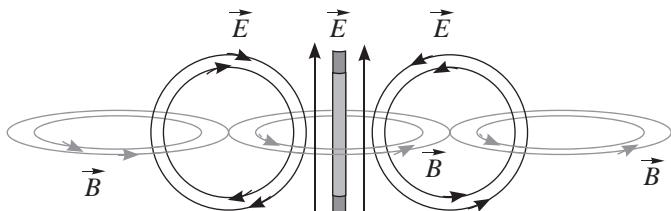
185-сурет. Жабық және ашық тербелмелі контурдың сұлбалары

I Ашық тербелмелі контур – электромагниттік толқындар көзі

Тербелмелі контур конденсаторын шарғы арқылы қайта зарядтау, шарғының магнит өрісі энергиясының, конденсатордың электр өрісінің қайтадан артуына алып келеді. Бұл жағдайда толқын түзілмейді. Пластиналардың арасын ұлғайта отырып және шарғыны түзетіп, контурды ашайық (185-сурет). Мұндай контур ашық болып табылады, онда зарядтар барлық өткізгіш бойымен және үдеумен қозғалады. Өткізгіштің ортасында ток құші максимал мәнге ие, шеттерінде нөлге тең. Ашық контур айналасындағы орта күйі өзгеріске ұшырайды. Электр және магнит өрістерін сипаттайтын шамалар өзгереді. Өзгеріс кеңістікке тараңып, энергия тасымалдануына әкеп соғатын электромагниттік толқындар пайда боллады. Электромагниттік өріс ашық контур айналасындағы кеңістікті толық қамтиды.

Электромагниттік толқын – электромагниттік өріс тербелісінің кеңістікте таралу құбылысы.

Ашық контур – электромагниттік толқындардың қайнар көзі, ол таратқыш антенна деп аталады (186-сурет).



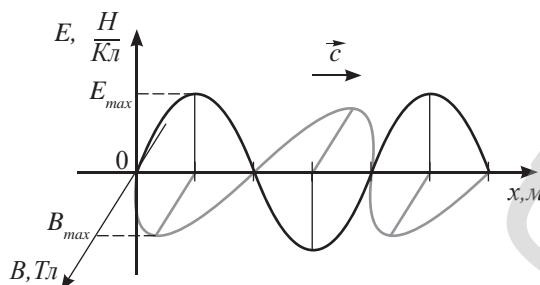
186-сурет. Антенна айналасында электромагниттік өрістің таралуы

II Электромагниттік толқын – көлденең толқын

Г.Герц тәжірибелері көрсеткендей электромагниттік толқындардың жоғары қарқындылықпен сәулеленуі антенна осіне перпендикуляр бағытта жүреді.

Кернеулік векторы \vec{E} антenna арқылы өтетін жазықтықта жатыр, ал магниттік индукция векторы \vec{B} осы жазықтыққа перпендикуляр орналасқан. Өрістердің күш сзықтары өзара перпендикуляр жазықтықтарда орналасқан. Электромагниттік толқын антеннаға перпендикуляр бағытта таралады.

Электромагниттік толқын көлденең толқын болып табылады, \vec{E} кернеулігінің және \vec{B} магнит индукциясының тербелестері толқынның таралу бағытына перпендикуляр болады (187-сурет).



187-сурет. Электромагниттік толқын – көлденең толқын

III Толқын жылдамдығы.

Жарық – электромагниттік толқын

Максвелл өзінің теориясында электромагниттік толқын жылдамдығының мәнін тапты:

$$c = \frac{E}{B} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (1)$$

Электромагниттік толқын жарық жылдамдығымен таралады.

Жарық – көрінетін сәулелену диапазонындағы электромагниттік толқын.

Жарықтың жиілігінің мәні $4 \cdot 10^{14}$ Гц пен $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц аралығында, бұл 400 нм-ден 700 нм-ге дейінгі толқын ұзындықтары мәндеріне сәйкес келеді.

Әртүрлі орталарда электромагниттік толқынның жылдамдығы азаяды, ол ортаның сыну көрсеткішіне тәуелді болады:

$$v = \frac{c}{n}, \quad (2),$$

Есте сақтаңдар!

Электромагниттік толқындардың бар екенін ағылшын физигі Дж.Максвелл 1864 жылы теория жүзінде болжады.

Ол уақыт өте келе электр өрісі өзгеріп, қоршаған ортада магнит өрісін тудырады, ол өз кезегінде құйынды электр өрісін тудырады деп болжады.

Назар аударыңдар!

Құйынды өрістің күш сзықтары тұйықталған.



Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879) – шотланд физигі. 25 жасында Абердин қаласындағы Маришаль колledgeнде профессор атағын алады, 1871 жылы Кембридждегі алғашқы эксперименттік физика профессоры атанды. Жарық табиғатына деген көзқарасты түбектелі өзгерткен электромагнитизм теориясын ашты. Ол жарық және басқа да сәулелену түрлерін электромагниттік толқындар деп санады.

мұндағы v – электромагниттік толқынның орта-дағы жылдамдығы, c – электромагниттік толқынның вакуумдағы жылдамдығы, n – ортаның сину көрсеткіші.

Электромагниттік толқындардың механикалық толқындардан айырмашылығы – олардың вакуумда тарала алуында.

IV Жарық дисперсиясы

Жарық – көрінетін электромагниттік толқын. Жарықтың түсі оның тербеліс жиілігімен анықталады. Бір ортадан екінші ортаға өткенде жарық жылдамдығы (2-формула) мен толқын ұзындығы өзгереді, ал түсті анықтайтын жиілік тұрақты шама болып қалады. Қызыл түс затта жоғары жылдамдыққа ие болатындықтан, оның сәулесі призмада аз ғана синады. Құлғын түстің жылдамдығы өте аз, сондықтан құлғын сәулелер басқа түстерге қарағанда қатты синады.

Дисперсия – заттың сину көрсеткішінің жарық жиілігіне тәуелділігі.

Жаңырдан кейін кемпіркосақтың шығуы дисперсиямен және жаңырдан кейінгі толық ішкі шағылумен түсіндіріледі. Дисперсия құбылысы арқасында гауһар қырларында және басқа да материалдар мен заттарда түрлі түсті жарқыл бақылай аламыз.

V Электромагниттік толқындар шкаласы

189-суретте электромагниттік толқындар шкаласы берілген. Қасиеттері мен қолданылуына байланысты электромагниттік толқындар физиканың әртүрлі бөлімдерінде – электротехникада төменгі жиілікті тербелістер, радиотехникада радиотолқындар, оптикада көрінетін сәулелер, молекулалық физика және термодинамикада инфрақызыл сәулелер, атомдық физикада ультракүлгін және рентген сәулелері, ядролық физикада α , β , γ -сәулеленулер қарастырылады.

Эксперимент

Шыны призма проекциялық аппарат сөүлесін бағыттаңдар (188-сурет). Қабырғадан бір-біріне қатысты орналасқан түрлі түсті жолақтардан құралған кемпіркосақты көресіңдер. Қай түс жақсы синады? Сендер бақылаған құбылыс дисперсия деп аталады. Бұл тәжірибелі ең алғаш И.Ньютон жүргізді.



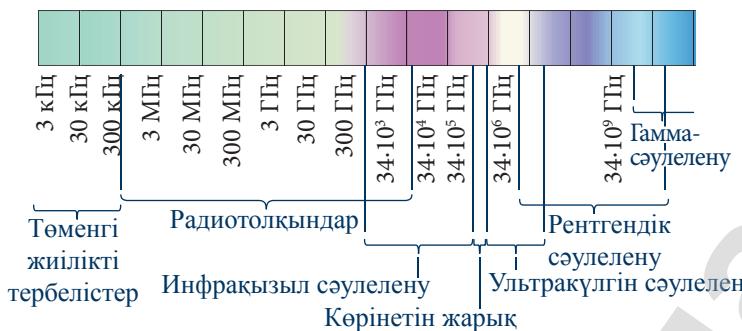
188-сурет. Призма арқылы өткенде жарықтың құрауыштарға жіктелуі

Жауабы қандай?

1. Неліктен жануарлар мен адамдар қоршаган ортанды өртүрлі түстерде көреді?
2. Неліктен бірқатар елдерде түс айырмайтын адамдарға (далытониктерге) көлік жүргізу күелігі берілмейді?
3. Қызыл және көк сәуле үшін линзалар фокусы сәйкес келе ме?

Бұл қызық!

Адам көзі қабылдайтын барлық түстерді үш негізгі түстен (қызыл, жасыл және көк) алуға болады.



189-сурет. Электромагниттік сәулелену шкаласы

Барлық толқын тұрларының ортақ қасиеттері бар: олар зарядталған бөлшектердің үдемелі қозғалысынан пайда болып, жарық жылдамдығымен тарапады және вакуумда да тарапа алады.

VI Радиобайланыс

Радиобайланыс резонанс құбылысына негізделген. Радиотаратқышта дыбыстық сигнал электр сигналына айналады. Таратқыш антенна тудырған электромагниттік толқындар антеннаға перпендикуляр бағытта тарапады (190-сурет). Олар өз жолында өткізгішке кездесіп, ток тудырады, ол токтың жиілігі таратқыш антенна жиілігіне тең. Қабылдағыш антеннадағы токтың мәні оның менишікті жисілігі таратқыш антеннаның тербеліс жисілігіне тең болғанда резонанс тәртібінде максимал мәнге жетеді. Антеннадан шыққан сигнал радиоқабылдағышқа беріліп, ол жерде дыбыстық толқынға айналады.

Радиоқабылдағыштың толқын ұзындығын мына формуламен анықтауға болады:

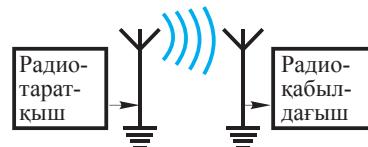
$$\lambda = c \cdot T \quad \text{немесе} \quad \lambda = \frac{c}{v},$$

мұндағы T – таратқыш антеннаның тербеліс периоды; v – таратқыш антеннаның тербеліс жиілігі.

Әртүрлі көздерден тарайтын электромагниттік толқындарды қабылдайтын антенналардың құрылышы күрделі болады (191-сурет). Антенна ұзындығы берілген сигналдың жиілігіне сәйкес келетін толқын ұзындығының жартысына тең.

15-кесте.
Радиотолқын жиіліктерінің халықаралық стандарты

| | |
|----------------------------|--------------|
| Оте төмен жиілікті, ӨТЖ | 3–30 кГц |
| Төмен жиілікті, ТЖ | 30–300 кГц |
| Орташа жиілікті, ОЖ | 300–3000 кГц |
| Жоғары жиілікті, ЖЖ | 3–30 МГц |
| Оте жоғары жиілікті, ӨЖЖ | 30–300 МГц |
| Ультражоғарыжиілікті, УЖЖ | 300–3000 МГц |
| Аса жоғары жиілікті, АЖЖ | 3–30 ГГц |
| Шекті жоғары жиілікті, ШЖЖ | 30–300 ГГц |
| Гипержоғарыжиілікті, ГЖЖ | 300–3000 ГГц |



190-сурет. Радиобайланыстың принциптік сұлбасы



191-сурет. Кабельді телевизияның қабылдау антеннасы

Фарыштан сигналдарды қабылдайтын антеннаны радиотелескоп деп атайды (192-сурет).



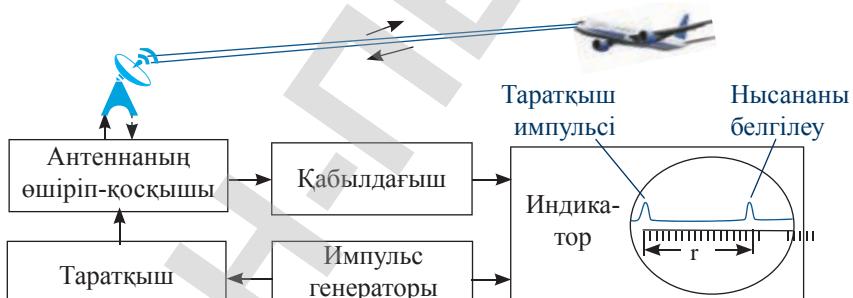
VII Радиолокация

Радиолокация радиотолқындардың дыбыс толқындары сияқты кедергіден шағылуына негізделген.

Радиолокация – радиотолқындардың көмегімен дененің орынан анықтау әдісі. Радиолокацияның эхолокациядан артықшылығы радиотолқындардың таралу жылдамдығының дыбыс жылдамдығынан жоғары болуында. Радиолокация үлкен арақашықтағы нысандарды табуға мүмкіндік береді. 1–2 мкс-қа созылатын қысқа сигнал жіберілген кезде, сигнал осциллограф экранында тіркеледі (193-сурет). Сигнал кедергіден шағылып, қайтып радиолокаторға қабылданады да, күшейіп, осциллографқа беріледі. Осциллограф экранындағы екі жарқылдың арақашықтығымен сигналдың жіберілу және қабылдану мезеттері арасындағы уақытты анықтайды. Нысанға дейінгі қашықтықты мына формуламен табуға болады:

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

Осциллограф шкаласы бірден километрмен градиурленуі мүмкін.



193-сурет. Радиолокатор жіберген және қабылдаган сигнал интервалы арқылы нысанага дейінгі қашықтықты анықтау

Бақылау сұрақтары

1. Электромагниттік толқын дегеніміз не?
2. Ашық тербелмелі контур деп нені айтады?
3. Электромагниттік толқындар қандай толқын түріне жатады?
4. Электромагниттік толқын қандай жылдамдықпен таралады?
5. Радиобайланысты қалай орнатады?
6. Радиолокацияның эхолокациядан айырмашылығы қандай?



1. Радиолокатордан шыққан сигнал нысаннан шағылып, 200 мкс өткен соң қайта оралатын болса, нысан радиолокатор антеннасынан қандай қашықтықта орналасқан?
2. Қабылдағыштың тербелмелі контурындағы конденсатордың сыйымдылығы 50-ден 500 пФ-ға дейін баяу өзгеретін болса, ал шарғының индуктивтілігі тұрақты және 2 мГн болса, қабылдағыш толқын ұзындығының қандай диапазонында жұмыс істей алады?



1. Сигналдарды 250 м толқында тарататын радиостансы қандай жиіліктегі жұмыс істейді?
2. Тербелмелі контур сыйымдылығы 0,4 мкФ конденсатордан және индуктивтілігі 1 мГн шарғыдан тұрады. Осы контур шығаратын толқын ұзындығын анықтаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Берілген тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Алғашқы ұялы телефон.
2. Суасты кемелерімен байланыс орнату.
3. Заттардың түстері.

5-тараудың қорытындысы

| Тербелмелі жүйенің тербеліс периоды | Меншікті жиілік | Циклдік жиілік |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ | $\nu_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ | $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ |
| $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ | $\nu_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ | $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ |
| $T = 2\pi\sqrt{LC}$ | $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ | $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ |
| Максимал жылдамдықты есептеу формуласы | Резонанс шарты | Тербелмелі жүйелер үшін сақталу заңы |
| $v_{\max} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot A$ $v_{\max} = \omega \cdot A$ $v_{\max} = \sqrt{2gh_{\max}}$ | $\nu_{\text{сырт}} = \nu_0$ $\omega_{\text{сырт}} = \omega_0$ | $\frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$ $\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \text{const}$ $E = E_k + E_p = \text{const}$ |
| Толқын ұзындығын есептеу формулалары | Толқын жылдамдығын есептеу формулалары | Кедергіге дейінгі қашықтықты есептеу формулалары |
| $\lambda = v \cdot T$ $\lambda = c \cdot T$ $\lambda = \frac{c}{\nu}$ | $v = \frac{l}{t}$ $v = \frac{\lambda}{T}$ $v = \lambda \cdot \nu$ $v = \frac{c}{n}$ | $s = \frac{v_{\text{быст}} t}{2}$ $s = \frac{ct}{2}$ |

Глоссарий

Акустикалық резонанс – дененің меншікті жиілігі дыбыс толқынының жиілігімен сәйкес келгенде дene тербелісінің амплитудасының артуы.

Амплитуда – дененің тепе-тендік күйінен ең үлкен ығысуы.

Еріксіз тербелістер – периодты турде өзгеріп отыратын сыртқы күштердің әсерінен болатын тербелістер.

Гармониялық тербелістер – синус немесе косинус заңдары бойынша орындалатын тербелістер.

Толқын ұзындығы – толқынның бірдей тербеліс жасайтын, ең жақын орналасқан екі бөлшегінің арақашықтығына тең шама.

Өшетін тербелістер – уақыт өте келе амплитудасы кемітін тербелістер.

Дыбыс – есту мүшелері қабылдайтын, серпімді ортада таралатын механикалық толқындар.

Тербелмелі жүйе – еркін тербелістер жасауға қабілетті денелер жүйесі.

Тербелмелі қозғалыс – уақыт өтуімен периодты түрде қайталанып отыратын қозғалыс.

Тербелмелі контур – тізбектей жалғанған шарғы мен конденсатордан тұратын электр тізбегі.

Механикалық толқын – тербелмелі қозғалыстың серпімді ортада таралу құбылысы.

Период – жүйенің толық бір тербеліс жасайтын уақыты.

Тепе-тендік күй – тербелмелі жүйенің орнықты күйі.

Колденең толқын – орта бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағытына перпендикуляр жүретін толқын.

Бойлық толқын – орта бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағыты бойымен жүретін толқын.

Радиолокация – радиотолқындардың көмегімен дененің орнын анықтау әдісі.

Реверберация – шағылу әсерінен болатын дыбыс ұзактығының артуы.

Резонанс – сыртқы күштің жиілігі мен тербелмелі жүйенің мешікті жиілігі сәйкес келгенде еріксіз тербелістердің амплитудасының артуы.

Еркін тербелістер – тепе-тендік күйінен шығарылған соң жүйеде ішкі күштердің әсерінен болатын тербелістер.

Ығысу – дененің тепе-тендік күйінен ауытқуы.

Жиілік – жүйе бірлік уақыт ішінде жасайтын тербелістер саны.

Циклдік жиілік – 2π секундта жасалатын тербеліс саны.

Электромагниттік толқын – электромагниттік өріс тербелісінің кеңістікте таралу құбылысы.

Жаңғырық – бақылаушы адамның кедергіден шағылған дыбысты қабылдау құбылысы.

Эхология – ультрадыбыс көмегімен денелердің орнын анықтау.

6-ТАРАУ

АТОМ ҚҰРЫЛЫСЫ, АТОМДЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР

Электромагниттік толқындар ашық тербелмелі контурда зарядталған бөлшектердің үдемелі қозғалысы нәтижесінде пайда болады. Максвелл электромагниттік толқындар теориясын құрастырды. XIX ғасырдың аяғы XX ғасырдың басында физиктер қыздырылған денелердің жылулық сәулеленуін зерттеп, Максвелл теориясының заңдылықтары орындалмайтынын анықтады. Инфрақызыл, көрінетін, ультракүлгін сәулелер – қыздырылған денелер шығаратын электромагниттік толқындар. Осы мәселені физиктердің қандай жолмен шешкенін біз осы тарауда талқылайтын боламыз, сонымен бірге атомда болатын құбылыстармен, кванттық теорияның негізгі қағидаларымен танысамыз.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- жылулық сәулелену энергиясының температураға тәуелділігін сипаттауды;
- есептер шығаруда Планк формуласын қолдануды;
- фотоэффект құбылысын сипаттауды және оның техникада қолданылуына мысалдар көлтіруді;
- есептер шығаруда фотоэффект үшін Эйнштейн формуласын қолдануды;
- рентген сәулелерінің электромагниттік сәулелердің басқа түрлерімен салыстыруды;
- рентген сәулелерінің қолданылуына мысалдар көлтіруді;
- α , β және γ -сәулеленудің табиғаты мен қасиеттерін сипаттауды;
- α -бөлшектердің шашырауы бойынша Резерфорд тәжірибесін түсіндіруді үйренесіңдер.

§ 32. Жылулық сәулелену

Күтілетін нәтиже

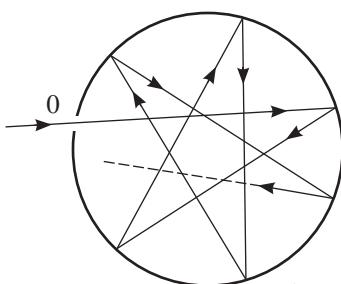
Осы параграфтың иегергенде:

- жылулық сәулелену энергиясының температурага тәуелділігін сипаттауды үйренесіндер.



Жауабы қандай?

- Неліктен жазда адамдар ашық түсті күмдер киеді?
- Неліктен пештің спиралі қызған кезде түсін өзгертеуді?
- «Металды ағарғанша» қыздырыу деген нени білдіреді?



194-сурет. Абсолют қара дененің моделі



Жауабы қандай?

- Неліктен Күнді абсолют қара дене деп санауға болады?
- Барлық жұлдыздарды абсолют қара денеге жатқызуға бола ма?
- Неліктен жұлдыздардың түстері әртүрлі болады?
- Неліктен Күн сары түсті?
- Неліктен күн сәулесі спектрдің барлық түстеріне жіктеледі?

I Жылулық сәулелену

Зат сәуле шығаруы үшін оған энергия беру қажет. Энергия алған зат атомдары жылдам қозғала бастайды, дene температурасы артады. Соқтығысулар кезінде атомдар өз энергиясының бір бөлігін электрондарға береді, электрондардың орбита бойымен айналу жылдамдығы артады да, электрондар ядродан бөлініп шығады. Осындай жағдайда атом қозған күнде болып, сәуле шығаруға қабілетті болады. Барлық қыздырылған денелер жылулық сәулелену көзі болып табылады.

Жылулық сәулелену – қызған денелердің сәулеленуі.

II Абсолют қара дене

Қара түсті беттердің сәулелену және жұту қабілеті ашық түстерге қарағанда жоғары екендігі бізге белгілі. Жыртылған жердің қызыу жасыл шөпті жерге қарағанда күштірек болады. Оның себебі қара түсті денелердің жұту және сәулелену жиіліктерінің диапазоны үлкен болуында. Егер энергияның сәулеленуі немесе жұтылуы жылулық толқындар жиілігінің барлық диапазонында жүзеге асатын болса, ондай денені *абсолют қара дене* деп атайды. Абсолют қара дененің моделі кішкентай ойығы бар, ішкі қабаттарына күйе жағылған түссіз дене бола алады (194-сурет).

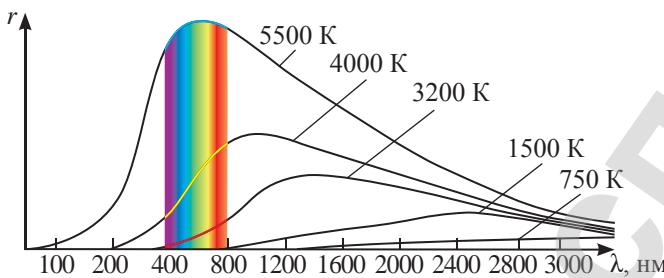
Абсолют қара дене – жылулық толқындар жиілігінің барлық диапазонында сәулеленетін және жұтатын дене.



Бұл қызық!

Жылулық сәулелену теориясында абсолют қара дене деп толқын ұзындығына тәуелсіз өзіне түсетін сәулелену ағынын жұтатын денені айтады.

Күнді абсолют қара дене деп есептеуге болады, себебі оның сәулелену спектрі тұтас болып кетеді. 195-суретте *абсолют қара* дененің сәулелену қуатының әртүрлі температура мәндерінде толқын ұзындығына тәуелділік графиктері көрсетілген. Бұл шамалардың тәуелділік графигі абсолют қара дененің моделін қолдану арқылы тәжірибе жүзінде алынған.



195-сурет. Әртүрлі температура мәндерінде сәулелену қуатының толқын ұзындығына тәуелділігі

III Қызған дene сәулеленуінің температураға тәуелділігі

Әртүрлі температураларға дейін қыздырылған денелердің сәулеленулері де түрліше болады.

Ағарғанша қыздырылған металдың температурасы қызарғанша қыздырылған металл температурасынан жоғары болады. Шамның қыздыру қылышының сәулеленуі бөлмені жарықтандыруға қабілетті, ал камин пешінің сәулеленуі бөлмені тек қыздыра алады.

Дене температурасы артқанда, сәулелену энергиясы да артып, сәулелену түсі қою қызыл түстен ақ түске дейін біртіндеп өзгереді. 195-суретте абсолют қара дененің температурасын арттырғанда, сәулелену максимумының күлгін толқындар жағына қарай ығысатынын көргөзу болады.

IV Стефан – Больцман заңы

Сәулелену энергиясының температураға тәуелділігін тәжірибе жүзінде 1879 жылы австриялық ғалым Йозеф Стефан дәлелдеген. Дәл осындай тәуелділікті тағы бір австриялық ғалым Людвиг Больцман 1884 жылы теориялық тұрғыдан анықтады: $R = \sigma \cdot T^4$,

$$\text{мұндағы } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4},$$

бұл – Стефан – Больцман тұрақтысы;

T – Кельвин шкаласы бойынша температура;

R – 1 м² қыздырылған беттің 1 с ішінде жиіліктің

барлық диапазонында сәулелену энергиясы.



Тапсырма

Неліктен кішкентай ойығы бар қыс дene абсолют қара дene модель бола алады? Абсолют қара дene модельнің сәулелену қуатының толқын ұзындығына тәуелділік графигін тұрғызу үшін қажетті нәтижелерді қалай алуға болады?

Пирометр – қатты қыздырылған немесе алыстырылған дененің температурасын анықтауга арналған аспаптың жұмысы Стефан – Больцман заңына негізделген. Пирометр жүтқан сәулелену энергиясы арқылы жұлдыздардың, қайナп жатқан болаттың, жоғары кернеу желілерінің қолжетімсіз бөліктерінің, от жалынының, кез келген беттің температураларын анықтауга болады. Пирометр экранында температуралың сандық мәні көрсетіледі (196-сурет).



196-сурет. Пирометр арқылы температуралың анықтау, $t = 30,8^{\circ}\text{C}$

Қызыл жұлдыздардың беттің температурасы 3500 К, ал сары жұлдыздарда – 6000 К, көгілдір жұлдыздың 25000 К екені анықталған. Құн – сары жұлдыз, оның сәулелену максимумы сары және жасыл сәулелер диапазонына сәйкес келеді.

Тепловизордың да жұмыс принципі пирометр секілді Стефан – Больцман заңына негізделген. Тепловизор экранына зерттеліп отырған заттың немесе нысанның суреті шығады. Температурасы жоғары бөліктердің сәулелену куаты жоғары, олар аспап экранында қызыл түспен, сәулелену куаты нашар бөліктер күлгін түспен беріледі (197-сурет). Тепловизорлар энергиямен қамтамасыз ету кәсіпорындарында, медицинада, әскери салада, құрылышта, зерттеу зертханаларында кеңінен қолданылады.



197-сурет. Тепловизорды қолдану арқылы тұргын үйдің жылу шығынын зерттеу

В ЖЫЛУЛЫҚ СӘҮЛЕЛЕНУ ҚҰБЫЛЫСЫН ТҮСІНДІРУДЕГІ ҚЫЫНДЫҚТАР

Ғалымдардың жылудың сәулеленуді радиотолқындарды сипаттайтын Максвелл теориясы бойынша түсіндіруге жасаған талпыныстары жүзеге аспады. Максвелл электродинамикасы қыздырылған дene электрондардың атом ядросы айналасындағы үдемелі қозғалысы нәтижесінде абсолют нөлге дейін салқындауы керек деген қорытындыға алыш келді. Құнделікті тәжірибелер мұндай жағдай орындалмайтынын көрсетті. Денелер салқында, қоршаған ортамен жылудың тепе-тендікке келеді.

Ғалымдар тәжірибе барысында бақыланған жылудың сәулелену спектріндегі энергияның бөлінуін де түсіндіре алмады. 199-суреттегі

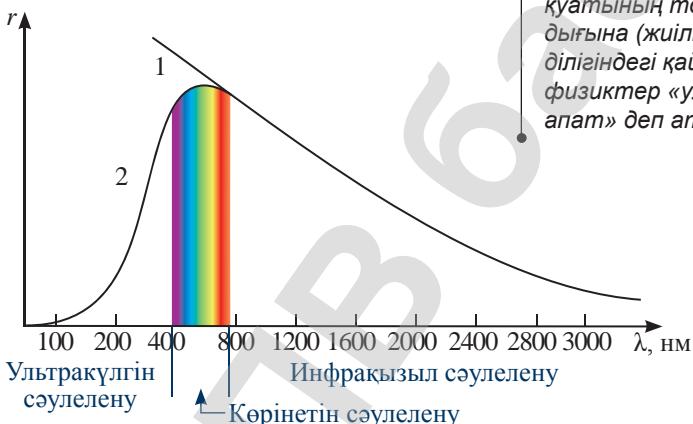
Бұл қызық!

«Kazakhstan Aselsan Engineering» Қазақстан-турік қорғаныс зауыты 2014 жылдан бері түнде көру аспаптарын, тепловизорлы көру аспаптарын жасап шығаруда (198-сурет).



198-сурет. «Kazakhstan Aselsan Engineering» шығарған оптикалық аспап

2-график эксперимент жүзінде алынған, энергияның қыздырылған дененің сәулелену толқындарының ұзындықтары бойынша белінуіне сәйкес келеді. Максвелл теориясы бойынша сәулелену толқындарының ұзындығы кемігенде (жиілік артқанда) энергия артуы керек. Мұндай тәуелділікке осы суреттегі 1-график сәйкес келеді. Бұл жағдайды ғалымдар «ультракүлгін апат» деп атады. Себебі ультракүлгін сәулелену диапазонында тәжірибелері мен Максвелл теориясы сәйкес келмеді. Осындағы теория мен тәжірибеленің қараша-қайшылығы физикада жаңа кванттық теорияның тууына ықпал етті.



199-сурет. Әртүрлі температура мәндерінде сәулелену қуатының толқын ұзындығына тәуелділігі.
1-график Максвелл теориясына сәйкес, 2-график эксперимент нәтижесі бойынша тұргызылған

2-тапсырма

Тепловизор мен пирометрдің қолданылуына мысал келтіріндер. Неліктен олар тұрмыста кең қолданысқа ие болмады?

Жауабы қандай?

Неліктен сәулелену қуатының толқын ұзындығына (жиілігіне) тәуелділігінде қайшылықты физиктер «ультракүлгін апат» деп атайды?



3-тапсырма

Сәулелену қуатының жиілікке тәуелділігінің сапалық графигін салындар.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай сәулеленуді жылулық деп атайды?
2. Қандай денені абсолют қара дene деп атайды?
3. Стефан – Больцман заңы нені білдіреді?
4. Пирометр не үшін қолданылады? Тепловизор ше?
5. Жылулық сәулеленуді зерттеу тәжірибелері мен Максвеллдің электромагниттік толқындар теориясының қайшылығының мәні неде?



1. Абсолют қара дененің температурасын 3 есе арттырса, оның сәулелену қуаты неше есе артады?
2. 727°C температураға дейін қыздырылған болат пластинаның бірлік ауданының сәулелену қуатын анықтаңдар.
3. Құн бетінің бірлік ауданының сәулелену қуатын анықтаңдар. Құн бетіндегі температураны 6000 K деп алындар.



1. 2000 K -ге дейін қыздырылған металдың сәулеленуі 727°C -қа дейін қыздырылған металмен салыстырғанда неше есе артық?
2. Шамның сәулеленуі 16 есе артуы үшін оның вольфрам шиыршығының температурасын неше есе арттыру керек?
3. Егер Құн бетіндегі температурасы 3000 K қызыл жұлдыз болса, оның бірлік ауданының сәулелену қуаты қандай болар еді? Мұндай жағдай біздің планетамыздың климатына қалай әсер етеді?

Эксперименттік тапсырма

1. Қара түсті және ашық түсті ыдыстарға бірдей мөлшерде су құйып, оларды құн сәулесі түсетін жерге қойындар. Бірдей уақыт аралығында қай ыдыстағы судың температурасы жоғары болатынын анықтаңдар.
2. Ыдыстарға температуralары бірдей ыстық су құйып, қай ыдыстағы судың тез салқындастынын бақылаңдар. Қорытынды жасаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Берілген тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

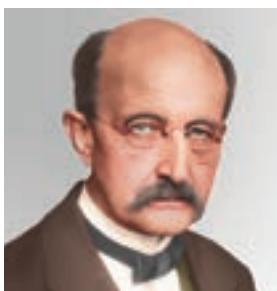
1. Пирометрдің және тепловизордың құрылышы және әрекет ету принципі.
2. Инфрақызыл сәулеленудің қасиеттері және оның қолданылуы.
3. Ультракүлгін сәулеленудің негізгі қасиеттері және оның қолданылуы.

§ 33. Жарық кванттары туралы Планк гипотезасы. Фотоэффект құбылысы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ішергендө:

- есептер шығаруда Планк формуласын қолдануды;
- фотоэффект құбылысын сипаттап, фотоэффект құбылысының техникада қолданылуына мысалдар келтіруді;
- есептер шығаруда фотоэффект үшін Эйнштейн формулаларын қолдануды үйренесіндер.



Планк Макс (1858–1947) – неміс физик-теоретигі, 1900 жылы кванттық физиканың дамуының негізін қалаған, абсолют қара дене спектрін түсіндіргеннен кейін танымалдықта ие болды. 1918 жылы Планк өзінің теориясы үшін физикадан Нобель сыйлығын алды.

Есте сақтандар!

Планк тұрақтысы

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

Жауабы қандай?

Неліктен фотонның тыныштық массасы болмайды?

I Планк гипотезасы

Теория мен тәжірибе арасындағы қарама-қайшылықты шешу жолында неміс физигі М.Планк мынадай болжам жасады: *қызған деңенің сәуле шығаруы жеке улестермен – кванттармен* (лат. *quantum – улес*) жүзеге асады.

Квант энергиясы *сәулелену жиілігіне тұра пропорционал*:

$$E = hv,$$

мұндағы E – квант энергиясы; h – Планк тұрақтысы; v – сәулелену жиілігі.

Белгілі бір жиілікке сәйкес сәулелену энергиясы бойынша h пропорционалдық коэффициенті тәжірибе жүзінде есептелген, ол мынаған тен: $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с. Бір квант энергиясына ие бөлшекті фотон деп атайды.

Фотон – электромагниттік сәулеленудің элементар бөлшегі немесе энергия кванты.

Фотонның тыныштық массасы болмайды.

II Фотоэффект, фотоэффект құбылысының ашылуы

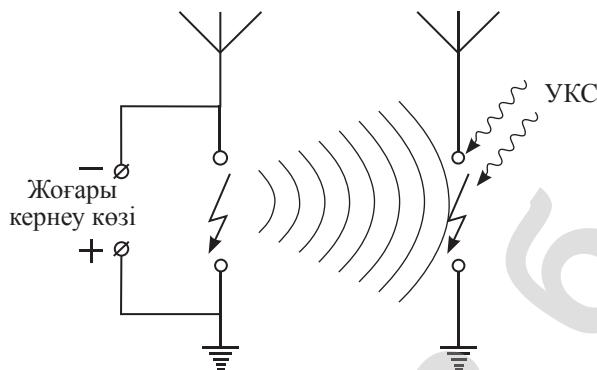
Белгілі бір энергия үлесіне ие фотондардың болатынын фотоэффект құбылысы дәлелдеді.

Фотоэффект – электромагниттік сәулелену әсерінен электрондардың заттан бөліну құбылысы.

Жауабы қандай?

1. Көшө шамдары қалай қосылады және өшіріледі?
2. Штрих код бойынша тауар бағасы қалай есептеледі?
3. Жолаушыларды метро бекетінде автоматты түрде өткізетін құрылғы қалай жұмыс істейді?
4. Өндірістің конвейерлі желілерінде жасалған жұмыс көлемі қалай анықталады?

Бұл құбылысты алғаш рет 1887 жылы неміс ғалымы Г.Герц бақылаған. Дж.Максвелл болжаған электромагниттік толқындарды бақылау үшін Г.Герц қабылдағыш және таратқыш антенналармен тәжірибе жүргізді (200-сурет). Сигналды қабылдауды жақсарту үшін ол түрлі әдістерді пайдаланды, соның бірінде қабылдағыш антеннаның шарларын ультракүлгін сәулелермен (УКС) жарықтандыруды қолданды.



200-сурет. Герц тәжірибесінің сұлбасы

Жарықтандыру кезінде қабылдағыш антеннада жарқылдың қарқындылығының жоғарылай түсүі, жарқылдағы зарядталған бөлшектер санының артатынын дәлелдеді.

Г.Герц жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде Дж.Максвелл тұжырымдары дұрыс екенін дәлелдей отырып, физиктерге белгісіз тағы бір құбылысты тапты. Фотоэффект құбылысын терең зерттеумен 1888–1890 жылдар аралығында орыс физигі Александр Григорьевич Столетов айналысты.

III А.Г.Столетовтың фотоэффект құбылысын зерттеуі

201-суретте А.Г.Столетовтың фотоэффект құбылысын зерттеуге арналған қондырғыларының бірі көрсетілген. Металл тормен ток көзі және гальванометр арқылы жалғанған мырыштан жасалған пластинаны доғалық разряд үшкіны жарықтандырады. Фалым өзінің жүргізген

1-тапсырма

200-суреттің қараңдар. Тәжірибеліңегізгі мақсатын көрсетіңдер. Не себепті қабылдағыш және таратқыш антенналар бірдей? Неліктен қабылдағыш антенна шарларының арасында жарқылдың пайда болуы Максвелл теориясының дұрыстығының дәлелі болды? Герц жүргізген тәжірибеде қандай құбылыс байқалды?

2-тапсырма

201-суреттегі А.Г.Столетов тәжірибесінің сұлбасын қарастырыңдар. Фалым негізгі қорытындыларды тәжірибеліңегізгі қандай нәтижелері негізінде тұжырымдаған?



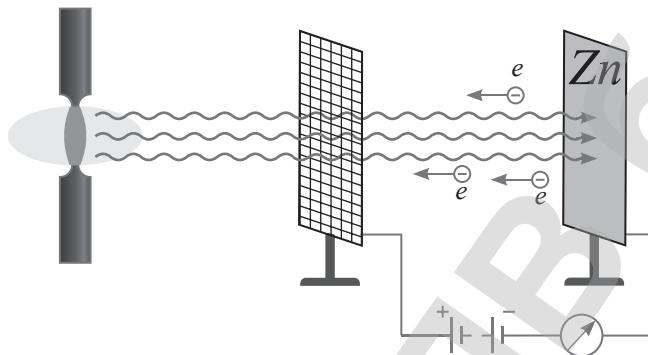
Жауабы қандай?

1. Металл пластинаның бетінен түсестін фотондардың саны артқанда фототок шамасының да артуының себебі неде?
2. Неліктен көрінетін сәулелену өсерінен фотоэффект байқалмайды?

тәжірибелеріне талдау жасай отырып, мынандай қорытынды жасайды:

- 1) сәулелену нәтижесінде мырыш бетінен теріс бөлшектер – электрондар босап шығады;
- 2) фотоэффект құбылысы тек жоғары жиіліктегі сәулелену әсерінен жүзеге асады;
- 3) сәулелену жиілігі артқанда фотоэлектрондардың жылдамдығы да артады;
- 4) зат бетінен бөлінген электрондардың саны сәулелендіргіш қарқындылығына тұра пропорционал тәуелді болады.

А.Г.Столетов шамалардың арасындағы сандық арақатынасты анықтай алмады.



201-сурет. Столетовтың фотоэффект құбылысын зерттеуге арналған қондырығысының сұлбасы

IV Фотоэффект үшін Эйнштейн формуласы

1905 жылы А.Эйнштейн фотоэффект құбылысын табиғаттағы құбылыстардың барлығына қолданылатын іргелі заң – энергияның сақталу заңы негізінде түсіндірді. Заттың бетінде орналасқан атом электрондары фотон энергиясын жүтады. Энергияның артуы есебінен электрондар ядроның тарту күшін жеңеп, заттан ұшып шығады және кинетикалық энергияға ие болғандықтан, кеңістікте еркін қозғалады:

$$E_{\phi} = A_{\text{шығу}} + E_{\kappa}. \quad (1)$$

Бұл теңдеу Эйнштейн формуласы деп аталады, мұндағы E_{ϕ} – фотон энергиясы, ол Планк формуласымен анықталады:

$$E_{\phi} = h\nu \quad (2)$$

3-тапсырма

(1) – (5) формулалар негізінде фотоэффект үшін алты түрлі формула жазындар.
Неліктен Эйнштейн формуласының әртүрлі жазылу нұсқасы бар?
Ол неге байланысты?

Есте сақтаңдар!

1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

4-тапсырма

Фотоэффект үшін Эйнштейн формуласын қолданып, есептер шығару алгоритмін құрастырыңдар.

немесе $E_\phi = \frac{hc}{\lambda}$, (3),

мұндағы $A_{шығy}$ – шығу жұмысы немесе атомның иондалуына қажет энергия; E_k – электронның кинетикалық энергиясының максимал мәні:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (4).$$

Ток көзін кері полярлы қосу кезінде фототоктың тоқтауы кинетикалық энергияны анықтауға мүмкіндік береді:

$$\frac{mv^2}{2} = eU_T, \quad (5)$$

мұндағы $eU_T = A$ – электрондардың тоқтауы кезіндегі электр өрісінің жұмысы, U_T – тежеуіш кернеу.

Фотонның және фотоэлектронның энергиясын және шығу жұмысын өлшеу үшін жүйеден тыс бірлік электрон-вольт 1 эВ қолданылады.

Заттың бетінен бөлініп шыққан электрондардың саны осы сол бетке түс-кен фотондар санымен анықталады.

V Фотоэффекттің қызыл шекарасы

Фотон энергиясы электронның ядроның тарту күшін жеңіп шығуы үшін жеткілікті болған жағдайда фотоэффект байқалады:

$$hv \geq A_{шығy}.$$



Жауабы қандай?

Фотоэффект металдарда неліктен кен қолданысқа ие болды?

Фотоэффект байқалатын минимал жиілікті фотоэффекттің қызыл шекарасы деп атайды.

$$\nu_{\min} = \frac{A_{шығy}}{h}.$$

Толқын ұзындығы мен жиілік мына қатынаспен байланысады:

$$\nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}}.$$

Фотоэффект байқалатын максимал толқын ұзындығының фотоэффекттің қызыл шекарасы деп атайды.

Шығу жұмысы заттың тегіне тәуелді болады, яғни әртүрлі заттар үшін қызыл шекара түрліше болады. Қосымшадағы 2-кестеде кейбір химиялық элементтер үшін шығу жұмысының мәндері берілген.

Фотоэффекттің қызыл шекарасының мәні белгілі болғанда, шығу жұмысын мына формулалар арқылы анықтауға болады:

$$A_{шығy} = hv_{\min} \quad \text{немесе} \quad A_{шығy} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}.$$

VI Фотоэффекттің қолданылуы

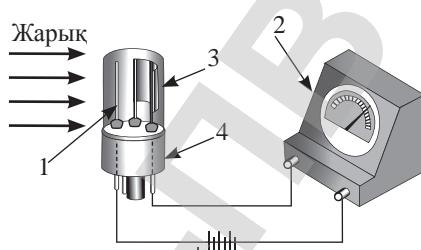
Фотоэффект құбылысы фотоэлементті ойлап шығаруға байланысты өндірісті автоматтандыруды кеңінен қолданылады (*202-сурет*).

Фотоэлемент – түскен жарық әсерінен электр тогы пайда болатын құрылғы.

Вакуумдық фотоэлемент – ауасы сорып алғынған шыны колба (*203-сурет*). Колбаның ішіне екі электрод дәнекерленеді: (3) электрод колбаға шашылған жұқа металл қабаты болуы мүмкін, (1) электрод ілгек немесе өзек түрінде болады. Электродтардың үштари фотоэлементтің цоколіне (4) орналастырылады. Құралдың жұмыс істеу принципі А.Г.Столетовтің қондырығысына ұқсас (*201-сурет*). Мөлдір саңылау арқылы металл қабатына жарық түседі де (*203-сурет*), тізбекте гальванометрде (2) тіркелетін ток пайда болады. Фотоэлементтер арқылы көшедегі жарықтандырыштар қосып-өшіріледі, қақпалар, шлагбаумдар автоматты түрде жабылады, апatty жағдайда қуатты престер тоқтайды. Фотоэффект құбылысының арқасында бейнелерді қашықтықта тасымалдау мүмкін болып, телевизия пайда болды.



202-сурет. Фотоэлемент



203-сурет. Вакуумдық фотоэлемент құрылғысы



204-сурет. Оптикалық датчик



5-тапсырма

Оптикалық датчиктердің қолданылуына мысал келтіріндер. Қарағанды қаласындағы «KAZPROM AVTOMATIKA» ЖШС-де жасалған оптикалық датчиктердің қайда қолданылатынын анықтаңдар (*204-сурет*).



Бұл қызық!

Астротұсбағарда – Күн мен жұлдыздар бойынша бағдар жасауға арналған автоматты аспапта фотоэлементтер қолданылады. Мұнданай аспаптар поплярлық авиацияда магнит тұсбағарды алмастырады және ғарыш аппараттарында қолданылады.

ЕСЕП ШЫГАРУ ҮЛГІЛЕРИ

Вольфрам үшін фотоэффектінің қызыл шекарасы 275 нм. Толқын ұзындығы 175 нм жарықтың әсерінен вольфрамнан бөлініп шығатын электрондардың максимал кинетикалық энергиясын анықтаңдар. Планк тұрақтысы $6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, вакуумдағы жарық жылдамдығы $3 \cdot 10^8$ м/с. Жауапты электрон-вольтпен көрсетіңдер.

Берілгені:

$$\lambda_{\max} = 275 \text{ нм}$$

$$\lambda = 175 \text{ нм}$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$E_k - ?$$

ХБЖ

$$275 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$175 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Шешуі:

Фотоэффект үшін Эйнштейн формуласын жазамыз:

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\max}} + E_k.$$

$$E_k = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\max}} \right) = \frac{hc(\lambda_{\max} - \lambda)}{\lambda \cdot \lambda_{\max}}.$$

E_k мәнін табамыз:

$$E_k = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} \cdot c \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} (275 - 175) \cdot 10^{-9} \text{ м}}{275 \cdot 175 \cdot 10^{-18}} = \\ = 4,13 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 2,58 \text{ эВ.}$$

Жауабы: $E_k = 2,58 \text{ эВ.}$

Бақылау сұрақтары

1. М.Планктың гипотезасының мәні неде?
2. Фотон дегеніміз не?
3. Қандай құбылысты фотоэффект деп атайды?
4. Фотоэффектіні алғаш болып анықтаған кім?
5. А.Г.Столетов фотоэффект құбылысы үшін қандай заңдылықтарды анықтады?
6. А.Эйнштейн фотоэффект құбылысын қалай түсіндірді?
7. Фотоэлемент дегеніміз не? Ол қайда қолданылады?



1. Вакуумдағы толқын ұзындығы 0,72 мкм қызыл жарық фотонының энергиясы неге тең?
2. Натрий үшін фотоэффектінің қызыл шекарасына сәйкес келетін толқын ұзындығы 530 нм. Натрий үшін электронның шығу жұмысын анықтаңдар. Жауптаратынды әВ-пен көрсетіңдер.
3. Калийді толқын ұзындығы 345 нм сәулелермен жарыктандырғанда оның бетінен ұшып шығатын фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясын анықтаңдар. Электрондардың калийден шығу жұмысы 2,26 әВ.



1. Электрондардың алтыннан шығу жұмысы 4,76 әВ. Алтын үшін фотоэффектінің қызыл шекарасын анықтаңдар.
2. Фотон металл бетінен 2 әВ шығу жұмысымен энергиясы 2 әВ электрон бөліп шығарады. Мұндай фотонның минимал энергиясы қандай?
3. Калииде фотоэффект құбылысы бақылануы үшін қажет жарықтың ең үлкен толқын ұзындығы 450 нм. Калийден толқын ұзындығы 300 нм жарық бөліп шығаратын электрондардың жылдамдығын анықтаңдар.
4. Фотоэффект кезінде платина бетінен электрондар 0,8 әВ потенциалдар айырымымен кешеуілдейді. Сәулелену үшін қолданылатын толқын ұзындығын және фотоэффект мүмкін болатын толқын ұзындығын анықтаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Фотоэлементтерді қолданып, өндірісті автоматтандыру.
2. Түнде көру аспабының жұмыс істеу принципі.
3. «KAZPROM AVTOMATIKA» компаниясы және технологиялық процестердің автоматтандырылуы.

§ 34. Рентген сәулелері

Күтілетін нәтиже

- Осы параграфтың иегергенде:
- рентген сәулесін электромагниттік сәулелердің басқа түрлерімен салыстыруды;
 - рентген сәулелерін қолдануға мысалдар келтіруді үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

- Рентген сәулелерінің тиізетін залапына қарамастан медицинада көнінен қолданылу себебі нәде?
- Флюорографияның рентгеннен айырмашылығы нәде?



205-сурет. Рентген суретіндегі қол сүйектерінің бейнесі

I Рентген сәулелерінің ашылуы

XIX ғасырдың аяғында көптеген физиктердің жылулық сәулелердің сәулелену және жұтылу мәселелері қызықтырды. Олар абсолют қара дененің сәулеленуін зерттеумен қатар, төмен қысымдардағы газ разрядына да көніл аударды.

Сиретілген газы бар газ разрядты тұтікшеде жоғары кернеуде қыздырылған катод өзінен катодтық сәулелер шығарып, соның әсерінен тұтікшедегі газ жарқыл туғызады.

1895 жылы В.Рентген тәжірибе жүргізе отырып, тұтікшеге жақын орнатылған барий ционидімен қапталған экран жарық шығаратынын байқаған. Осы экранға түсетін сәуленің жолына қолын қойғанда, экранда саусақтардың анық ажыратылған сүйектерінің бейнесін көрген (205-сурет).

Мұндай сәулелену тұтікшенің катодтық сәулелер шыны қабырғамен соқтығысатын бөлігінде пайды болған. Соқтығысу орындарында шыны жасыл түспен жарқырайды. В.Рентген бұл сәулелерді *икс-сәулелер* деп атаған. Кейінірек бұл сәулелер оны ашқан ғалымның құрметіне рентген сәулелері деп аталды.

II Рентген сәулелерінің қасиеттері

Ғалымдар рентген сәулелерінің қасиеттерін зерттей отырып, мынадай корытындылар жасады:

- бұл сәулелер жоғары өтімділік қабілетіне ие, олар қалыңдығы 10 см алюминий пластинадан оңай өтіп кетеді;
- магнит өрісі рентген сәулелерін ығыстыра алмайды;
- бұл сәулелер химиялық активтілікке ие, олардың әсерінен қара қағазбен жабылып тұрған фотопленка да қарайады;
- сәулелер таралу көзінен сфералық түрде таралмайды, олардың белгілі бағыты болады.

Рентген сәулелерінің қасиеттерін зерттеу барысында физиктер *рентген сәулелері* жүйелігінде ультракүлгін сәулелердің жиілігінен жоғары электромагниттік толқындар болып табылады деген корытындыға келді.

III Рентген сәулелерінің табиғаты, рентгендік сәулелену жиілігі

Рентген сәулелері екі себептен туындаиды. Олардың біріншісі: жылдам электрондардың кедегі арқылы тежелуі. Бұл жағдайдағы сәулелену *тежеулик рентгендік сәулелену* деп аталады. Екінші себебі: жылдам электрондар металл бетінде тежелу кезінде металдың беткі қабатында орналасқан атомдардың электрондарының ыршып шығуы. Бос қалған орындарға басқа электрондардың орналасуының нәтижесінде металл атомдары энергия шығарады. Сәулелену металдың қасиеттеріне тәуелді жүреді, мұндай сәулелену *сипаттамалық рентгендік сәулелену* (206-сурет) деп аталады.

Энергияның сақталу заңының негізінде тежеулик рентгендік сәулелену жиілігін анықтайық.

Газ разрядты тұтікше электродтарындағы үдеткіш кернеу электрондардың орын аудыстыруы барысында жұмыс жасайды:

$$A = eU.$$

Электронның кинетикалық энергиясы артып, мына мәнге дейін жетеді:

$$\frac{m_e v^2}{2} = eU.$$

Кенеттен тежелу кезінде барлық энергия сәулелену энергиясына айналады:

$$\frac{m_e v^2}{2} = h\nu.$$

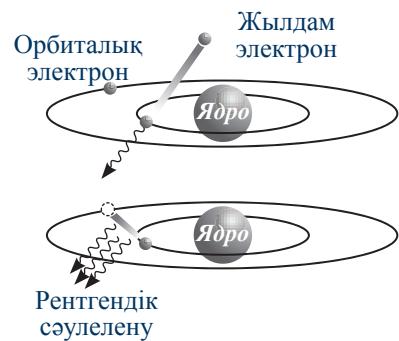
Сонымен, сәулелену жиілігі тұтікшедегі катод және анодтың арасындағы кернеумен анықталады:

$$\nu = \frac{eU}{h},$$



Вильгельм Конрад

Рентген (1845–1923) – атақты неміс физигі. Ол 1885–1900 жылдары Вюрцбург университетінде профессор қызметін атқара жүріп, жаңа сәулелерді ашты. Рентген сәулелерін пайдаланып жүргізілген тәжірибелер мен зерттеулер заттың құрылышы жайлы жаңа мәліметтер алуға жол ашты, осы және басқа жаңалықтардың ашылуы классикалық физиканың бірқатар қағидаларының қайта қарастырылуына себеп болды. 1901 жылы В.Рентген физика тарихында алғашқы Нобель сыйлығының лауреаты атанды.



206-сурет. Сипаттамалық рентгендік сәулелену атом құрылышына тәуелді

мұндағы e – электрон заряды;
 U – катод пен анодтың арасындағы кернеу;
 h – Планк тұрақтысы.

Рентгендік сәулеленудің жиілігі $10^{17} - 10^{20}$ Гц аралығында болады. Сәулелену жиілігі негұрлым жоғары болса, сәулелер согұрлым «өткір» болады.

Рентген сәулелерінің жиілігін есептеу үшін фотон энергиясын анықтайтын Планк формуласы қолданылды. Рентгендік сәулелену жұтылғанда және шығарылғанда бөлшектер ағыны ретінде қарастырылады.

IV Рентгендік түтікше

Рентгендік түтікше дегеніміз – металл электродтар: электрон алу үшін К катоды және оларды тежеу үшін А аноды орналастырылған вакуумдық шыны баллон (*207-сурет*). Рентгендік түтікшенің катодын жоғары температуралық шығарылғанда электрондар энергия алғып, катодтың бетінен ұшып шығады. Электрондарды жылдамдату үшін электродқа жоғары кернеу беріледі. Жылдамдатылған электрондардың вольфрам сияқты ауыр металдардан жасалған анодта тежелуі кезінде рентгендік сәулелену пайда болады. Рентгендік түтікшенің аноды катодқа шығатын рентген сәулелері түтікшенің осіне перпендикуляр болатындей қиғаш орналастырылады. Рентгендік түтікше жұмыс жасағанда анодта үлкен жылу мөлшері бөлінеді. Анодтың қызып кетуден сақтау үшін және рентгендік түтікшенің қуатын арттыру мақсатында суытқыш қондырғылар орнатылады.

Рентгендік түтікше – рентгендік сәулелену алуға арналған электровакуумдық құрылғы.

Жауабы қандай?

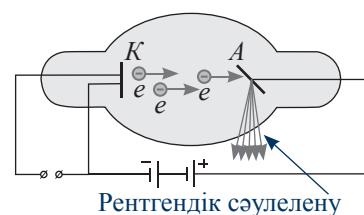
Сәулелердің «өткірлігі» неге үдемелі кернеудің жоғарылауы кезінде үлгаяды?

Назар аударыңдар!

Диагностикалық рентгендік түтікшелер 150 кВ-қа дейінгі максимал кернеуде, ал терапевтік түтікшелер 400 кВ-қа дейінгі кернеуде жұмыс істейді.

1-тапсырма

Рентген сәулелерінің жиілік диапазоны бойынша толқын ұзындығы диапазонының анықтаңдар. Оларды адам жасушаларының өлшемдерімен салыстырыңдар. Неліктен жыл сайынғы флюорографиялық тексеру кезінде толқын ұзындығы үлкен әлсіздеу рентген сәулелері қолданылады?



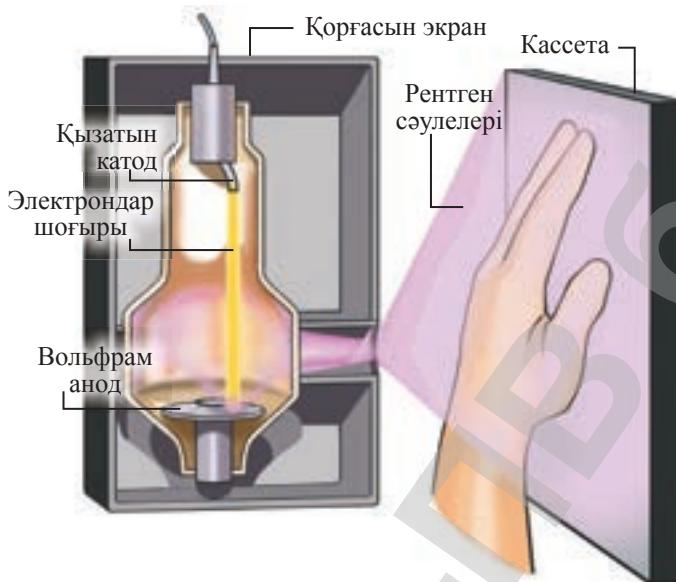
2-тапсырма

Рентген сәулелерінің адам ағзасына қандай әсері болатынның анықтаңдар. Флюорографиядан неге жылына 1 реттен артық өтүге болмайды?

207-сурет. Рентгендік түтікше

V Рентген сәулелерін қолдану

Рентген сәулелері әртүрлі салаларда, соның ішінде медицинада кеңінен қолданылады. Рентген суреттері арқылы дәрігерлер сүйектердің сынуын анықтаумен қатар, асқазан құрылышы ерекшеліктерін, жарапар мен ісіктерді де анықтай алады. Қазіргі таңда медицинада сандық техниканың маңызы зор, бейнелер экранда пайдалы, жартылай өткізгіш қабылдағыштар көмегімен бірден сакталып отырады (208-сурет).



208-сурет. Рентгендік бейне алу сандық технологиясы

Сандық рентгендік суреттерді өндөу және түзету оңай, мысалы: көріністі жақсарту үшін қажетті түстердің үйлесімін дұрыс таңдауға болады. Сандық әдіспен сапасы жоғары сурет алу үшін қарапайым пленкалық әдіспен салыстырғанда қарқындылығы екі есе төмен рентген сәулелері пайдаланылады.

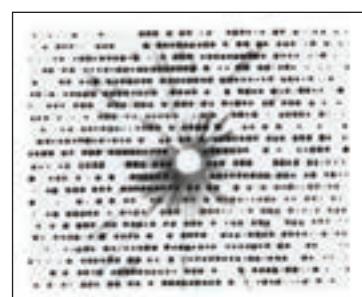
Рентген сәулелері техникада да қолданыстапты, олардың көмегімен кристалдардың құрылышын тереңірек зерттеуді қамтамасыз етуге болады. Рентген суреттері арқылы ғалымдар кристалл деңелерді аморфты деңелерден ажыратып, кристалл құрылышындағы ақауларды таба алады (210-сурет). Сонымен бірге рентген сәулелері

Бұл қызық!

Сандық портативті рентген аппаратын Оңтүстік Корея тіс дәрігерлері қолданады. Rextar аппаратында жоғары сапалы рентгендік құрылғы (209-сурет) мен Samsung Ultra дербес компьютері, монитор және дербес компьютердің шеткегі құрылғылары біріктірілген.



209-сурет. Портативті рентген құрылғысы



210-сурет. Кристалдың рентген суреті. Ақау табылған

әуежайдағы жүктөрдің ішіндегі заттарды көруге, түрлі қондырылардағы ақауларды анықтауға мүмкіндік береді.

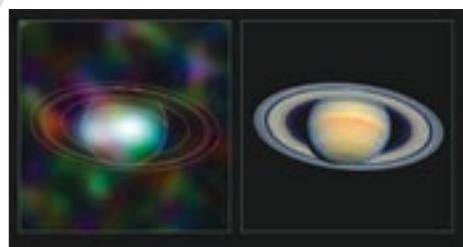
Жер шарынан тыс әлем кеңістігінде рентген сәулелерінің қуатты көздері табылған. Жаңа жұлдыздардың қойнауында нәтижесінде рентген сәулелері пайда болатын процестер жүреді. 211-суретте Chandra орбиталық рентген обсерваториясында алынған G 292 аспан нысанының бейнесі көрсетілген. Нысан ғаламат жұлдыздың Күсжолындағы үш қалдығының бірі болып табылады, ол – диаметрі 36 жарық жылына тең болатын алып газ қабаты. Рентген суреті оттекпен (қызылт және сары) бірге жұлдыздың құрамында басқа да элементтер, соның ішінде магний (жасыл түсті), кремний және күкірт (көкшіл түс) бар екенін көрсетті. Газдың тұмандықтарға ұлғаюы өте тез жүзеге асады, нысан соның әсерінен «икс-сәулелерді» қарқынды шығарып, рентген сәулелері диапазонында бақылаулар жасауға мүмкіндік береді.



211-сурет. Ғаламат жұлдыздың жарылысынан кейін пайда болған G 292-газ қабаты

Бұл қызық!

Сатурнның рентгендік сәулеленуін зерттеу кезінде радиацияның негізгі ағыны экватордан келетіні анықталған (212-сурет). Ол солтүстік полюсте әлсіздеу, ал онтүстік полюсте мұлдем жоқ. Бұл Сатурн экваторда күн сәулелерін шағылдырады немесе өзі оның көзі болып табылады дегенді білдіреді. Күн шығаратын энергиясы жоғары бөлшектер мен Юпитердің магнит өрісінің өзара әрекеттесуі жоғары болатындықтан, Юпитердің рентгендік сәулелері полюстерде мейлінше қарқынды екені белгілі. Қолданыстағы теориялар Сатурнның рентгендік сәулеленуінің қарқындылығы мен таралуын түсіндіре алмады.



212-сурет. Рентгендік сәулелердің Сатурннан шағылуы

Бақылау сұрақтары

1. Рентгендік түтікшенің әрекет ету принципі және құрылышы қандай?
2. Рентген сәулелері қандай қасиеттерге ие?
3. Тежеулік рентгендік сәулеленудің жиілігі қалай анықталады?
4. Рентген сәулелер қай салаларда пайдаланылады?



1. Вакуумдық түтікшениң электродтарына 4,2 кВ, 420 В кернеу берілсе, рентгендік сәулелену пайда бола ма? Рентгендік сәулелену диапазоны $3 \cdot 10^{16}$ Гц – $3 \cdot 10^{19}$ Гц. Қай жағдайда сәулелер «өткір» болады?
2. Жиілігі 10^{19} Гц рентгендік сәулелерінің λ толқын ұзындығын анықтаңдар.
3. Күн белсенділік кезеңінде ғарыш кеністігіне энергиясы 10^6 эВ зарядталған бөлшектер ағынын шығарады. Бөлшектер қандай жылдамдықпен қозғалады? Егер осы бөлшектердің 90 %-і протондар болса, планета бетінде тежеулік рентгендік сәулеленудің пайда болуы мүмкін бе? Протон массасы $1,67 \cdot 10^{-2}$ кг. Біздің планетамызды күн радиациясынан не қорғайды?



1. Жиілігі 10^{17} Гц рентген сәулесінің толқын ұзындығы жиілігі 10^{19} Гц рентген сәулесінің толқын ұзындығынан неше есе артық?
2. Телевизиялық түтіктің электронды сәулесінің электрондары экранға жетіп, тоқтайды. Бұл жағдайда рентгендік сәулелену пайда бола ма?
3. Терапевтік түтікшедегі рентген сәулелерінің ұзындығын анықтаңдар. Түтікшедегі кернеудің мәні 400 кВ. Бұл түтікше қандай емдеу шараларында қолданылады?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Рентген сәулелерінің медицинада қолданылуы.
2. Рентгендік сәулеленуді техникада қолдану.
3. Ғарыштық нысандарды рентген сәулелері диапазонында зерттеу.

§ 35. Радиоактивтілік. Радиоактивті сәулеленудің табиғаты

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың ишергенде:

- α , β және γ -сәулеленудің табиғаты мен қасиеттерін түсіндіре аласыңдар.

Жауабы қандай?

1. Неліктен радиоактивті препараттарды қабырғасы қалың қорғасын контейнерлерде сактайды?
2. Неге радиоактивтік ашылған соң, алхимиктердің асыл металдарға жатпайтын металдардан алтын алуға талпынысы қайта жанданды?



Антуан Анри Беккерель (1852–1908) – француз физигі, физика саласы бойынша Нобель сыйлығының лауреаты және радиоактивтілікті ашқан ғалымдардың бірі.



1-тапсырма

Менделеев кестесін қолданып, радиоактивті заттарға мысал көлтіріңдер.

I Радиоактивтіліктің ашылуы

Бірқатар заттар күн сәулесі түскеннен кейін қараңғыда жарқырайды, мұндай сәулелену түрін **фотолюминесценция** деп атайды. Француз физигі Антуан Анри Беккерель уран тұздары фотолюминесценцияны тудырады деп болжап, осы сәулеленудің қасиеттерін зерттеді. Ол уран тұздарының сәулеленуі рентгендік сәулелену сияқты қара қағазға оралған фотопластинканы жарықтандыруға қабілетті екенін анықтады. 1896 жылы А.Беккерель кездейсоқтықтың арқасында жаңалық ашты. Ауа раяның бұлтты болуына байланысты ол тәжірибе жүргізе алмай, қағаз бен пластинаны уран тұзымен бірге үстел тартпасына салады. Ол пластинаны шығарғанда одан қағаздың үстінде жатқан крестің бейнесін көреді. Бұдан мынадай қорытынды жасайды: уранның тұздары ешқандай сыртқы әсерсіз өздігінен сәуле шығарады. Осы сәулелену радиоактивті деген атауға ие болды.

Атом ядроларының өздігінен сәуле шығаруын радиоактивтік деп атайды.

Радиоактивтілікті зерттеген ғалымдар Мария Складовская-Кюри, Пьер Кюри, Эрнест Резерфорд. Мария және Пьер Кюри радиоактивті сәулеленуді тудыра алатын жаңа элементтерді тапты. Ол химиялық элементтер *полоний* (Мария Кюридің Отаны Польшаның құрметіне) және *радий* (сәулелік деген мағына береді) деп аталды. Тәжірибелер нәтижесінде реттік нөмірі 83-тен артық барлық элементтер радиоактивті екені анықталды. Ғалымдардың зерттеулері радиоактивті сәулелену құрамы курделі екенін, онда қасиеттері әртүрлі α , β және γ -сәулелері болатынын көрсетті.

II Радиоактивті сәулеленудің құрамы

Ғалымдар тәжірибе жүзінде радиоактивті сәулеленуде қасиеттері әртүрлі сәулелер болатынын анықтады. Радийді қорғасын цилиндрдегі жінішке каналдың түбіне орналастырды (213-сурет). Радиоактивті сәуле перпендикуляр бағытталған магнит өрісінің әсерінен үш шоққа таралып кетеді. Оны фотопластиналдағы дақтан көруге болады. Олардың екеуі қарама-қарсы жақтарға ығысады, олардың бірі жінішке бағытталған болса, екіншісі үлгайып, пластиналдағы дақ созылады. Үшінші шоғы магнит өрісінің әсерінен бағытын өзгертуейді. Бұл сәулеленулерді α -сәулелер, β -сәулелер, γ -сәулелер деп атады.

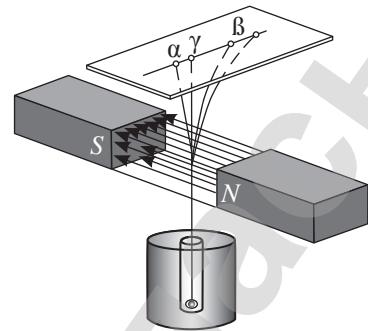
III α , β және γ -сәулелерінің қасиеттері

Сәулелену қасиеттерін зерттеу жұмыстары бұл сәулелердің өтімділік қабілеттері әртүрлі екенин көрсетті: α -бөлшектер қалындығы 0,1 мм қағздан өте алмайды; β -сәулелері қалындығы шамамен 1 мм металл пластиналдан өте алмайды. Ең жоғары өтімділік қабілеттіне γ -сәулелері ие, қалындығы шамамен 1 см қорғасыннан өткенде олардың қарқындылығы екі есе төмендейді. Ауадағы еркін журу жолының ұзындығы: α -бөлшектерде 3–7 см аралығында, β -бөлшектерде 1 м-ге дейін жетеді. γ -сәулелерінің қарқындылығы сәулелену көзінен 120 м қашықтықта екі есе азаяды. Э.Резерфорд α және β -сәулелерінің бастапқы бағыттарынан ығысуы бойынша бөлшектердің массаларын анықтады. 1899 жылы ол β -сәулелері электрондардың ағыны болып табылатынын, ал 1908 жылы α -сәулелері гелий атомының ядросы екенін тұжырымдады. γ -сәулелер зарядталмаған, олар магнит өрісінің әсерінен ауытқымайды және жиілігі $3 \cdot 10^{18}$ Гц-тен асатын электромагниттік сәулелер болып табылады.



Естеріне түсіріңдер!

$$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$



213-сурет. Радиоактивті сәулеленуді зерттеуге арналған тәжірибелік қондыргы

2-тапсырма

213-суретке сол қол ережесін қолданып, α -сәулелер – он зарядталған бөлшектер ағыны, β -сәулелер – теріс зарядталған бөлшектер ағыны екенін, ал γ -сәулелер зарядталмағанын дәлелдендер.



Жауабы қандай?

- Неліктен магнит өрісінің әсерінен радиоактивті сәуле үш шоққа бөлінеді?
- Неге экранда теріс бөлшектер тудырған дақ созылмалы пішінді болады?



3-тапсырма

γ -сәулелері толқындарының ұзындық диапазонын анықтаңдар.



4-тапсырма

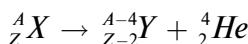
α , β және γ -сәулелердің қасиеттерін салыстыру кестесін құрастырыңдар.

IV Ядролардың радиоактивті ауысулары.

Соддидің ығысу ережесі

Э.Резерфорд және ағылшын химигі Ф.Содди химиялық элементтердің радиоактивті сәулеленуін зерттей отырып, мынандай қорытындыға келді: радиоактивті элементтер сәулелену нәтижесінде α және β-бөлшектер шығарып, басқа химиялық элементтерге айналады. Демек, радиоактивтілік атомдардың ядроларының өзгеруімен байланысты болады. 1913 ж. Ф.Содди α және β-ыдыраулар үшін ығысу ережесін тұжырымдады:

α-ыдырау кезінде ядро $2e$ оң заряд жогалтып, массасы төрт атомдық бірлікке азаяды. Алынған жаңа элемент Менделеев кестесінің бас жағына қарай екі тор көзге жақын орналасады:



Мұндағы ${}_Z^A X$ – ыдырайтын ядро;

${}_{Z-2}^{A-4} Y$ – туынды ядро;

${}_2^4 He$ – α-бөлшек;

Z – электрон зарядымен көрсетілген ядроның заряды;

A – массалық сан, Менделеев кестесінде берілген атомдық массаның санын бүтін санға дейін дөңгелектеу арқылы анықталады.

Мысалы, α-ыдырау кезінде ${}_{92}^{238} U$ уран ядросы ${}_{90}^{234} Th$ төрий ядросын түзеді:



β-ыдырау кезінде ядродан электрон ұшып шығып, нәтижесінде ядроның заряды $1e$ -га жогарылады, массасы өзгермейді десек болады. Алынған жаңа элемент Менделеевтің

Есте сақтаңдар!

α-бөлшектер – гелий атомының ядросы.

α-бөлшектердің қасиеттері: заряды оң, ол екі электрон зарядына тең $q_a = 2|e|$, массасы электрон массасынан шамамен 8000 есе үлкен $m_a \approx 0 m_e$, радиј шығару кезіндегі қозғалыс жылдамдығы шамамен $v_a \approx 20000 \text{ км/с.}$



Назар аударындар!

Атомдық физикада заряд электрон заряды арқылы өрнектеледі:

$$1e = -1,67 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Массаны м.а.б. – массаның атомдық бірлігінде анықтайды:

$$1 \text{ м.а.б.} \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$



Маңызды ақпарат

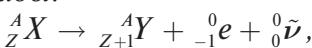
Атом ядроның массалық саны ядродағы протондар мен нейтрондардың қосындысына тең. Массалық сан массаның атомдық бірлігінде өрнектелетін изотоптың атомдық массасына жақын, бірақ тек көміртек-12 үшінған сәйкес келеді. Басқа элементтер үшін атомдық масса бүтін сан болып табылмайды.



5-тапсырма

- Менделеев кестесін қолданып, әрбір бесінші α-ыдыраудан кейін түзілетін химиялық элементтерді атаңдар.
- Уранның екі β-ыдырауынан кейін түзілетін химиялық элементтерді атаңдар.

периодтың жүйесінің соңына қарағы бір топ-көзге жылжиды:



мұндағы ${}_0^0\nu$ – антинейтрино, оның заряды және тыныштық массасы жоқ, энергиясы бар.

Мысалы, таллийдің β -ыдырауы кезінде қорғасын пайда болады: ${}_{81}^{204}Tl \rightarrow {}_{82}^{204}Pb + {}_{-1}^0e + {}_0^0\nu$.

а және β -ыдырау кезінде электр зарядының және массалық санның сақталу заңдары орындалады.

Радиоактивтілік – әртүрлі бөлшектер шығара отырып, ядролардың өздігінен басқа ядроларға айналуы.

6-тапсырма

Радиоактивті ыдырау үшін электр зарядының және массалық санның сақталу заңдарын түжірымдандар.

Бақылау сұрақтары

1. α , β және γ -сәулелер қандай қасиеттерге ие?
2. α және β -ыдырау үшін Соддидің ығысу ережесін түжірымдандар.
3. Ядроның радиоактивті ыдырауы кезінде қандай заңдар орындалады?
4. Ядроның қандай қасиетіне радиоактивтілік атауы берілген?

Жаттығу

35

1. ${}_{3}^{8}Li$ -дің бір β -ыдырау және бір α -ыдырауынан кейін қандай элемент түзіледі?
2. ${}_{83}^{211}Bi$ химиялық элементтің ядросы басқа ядроның тізбектей α - және β -ыдырауларынан кейін пайда болған. Ол қандай ядро?

Жаттығу

35

1. ${}_{92}^{239}U$ екі β -ыдырау және бір α -ыдырауға ұшырағаннан кейін қандай элемент түзіледі?
2. ${}_{84}^{216}Po$ ядросы екі тізбектей α -ыдыраудан кейін түзілген. Полоний ядросы қандай ядродан түзілген?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Мария Складовская-Кюри – Нобель сыйлығының лауреаты.
2. Радиоактивті сәулеленудің адам ағзасына әсері.

§ 36. Резерфорд тәжірибесі. Атом құрылышы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- а-бөлшектердің шашырауы бойынша Резерфорд тәжірибесін сипаттай аласыңдар.



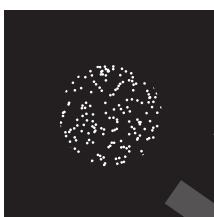
Жауабы қандай?

1. *Фалымдар неге атом ядроның айнала қозгалатын электрондар β-сәулеленуді тудыра алмайды деген тұжырымға келді?*
2. *Неліктен ядролық тығыздығы бар денелер кіші көлемде едәүір үлкен массага ие болады?*



Назар аударыңдар!

Темір ядроның тығыздығы шамамен $3,2 \cdot 10^{18}$ кг/м³. Темірдің тығыздығы 7800 кг/м³.



а) алтын фольга болмаған кезде экранда пайда болған жарқыл дақ

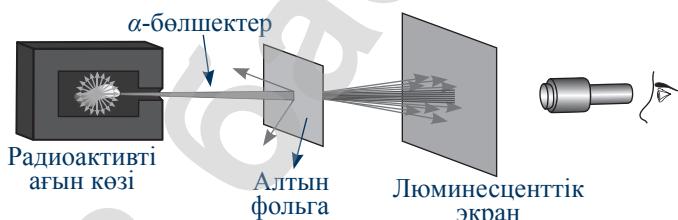


ә) α-бөлшектер алтын фольгадан откеннен кейін экранда пайда болған жарқыл дақтар

215-сурет

I Резерфорд тәжірибесі

Атом радиоактивтілігінің ашылуы атом құрылышын зерттеуді жалғастыруға мүмкіндік берді. Оң зарядқа ие α-бөлшектердің ағының ғалымдар атомды ыдыратуға қолданды. 1911 жылы Э.Резерфорд α-бөлшектердің алтын фольгадан шашырауын зерттеді. Тәжірибенің сұлбасы 214-суретте көрсетілген. Күйсі бар қорғасын контейнерге радий салынды. α-бөлшектердің ағыны алтын фольгада шашырағаннан кейін, мырыш сульфидімен қапталған экранға туседі.



214-сурет. Резерфорд тәжірибесінің сұлбасы

Алтын фольга болмаған жағдайда экранда α-бөлшектердің есерінен пайда болған жарқылдардан тұратын дақ пайда болады (215, а) сурет). Ағын жолына алтын фольганы орналастырғанда, дақ ұлғайып, оның айналасында жеке жарқылдар байқалады (215, ә) сурет). α-бөлшектердің біраз мөлшері кері бағытқа қайтатын болады. Резерфорд атом ядроны түсінігін енгізді. Ол атомның центрінде орналасқан және оң зарядқа ие. Ядро айналасында электрондар планеталардың Күнді айнала қозгалуына ұқсас қозгалады. Фалым ядроның α-бөлшектермен өзара әрекеттесуі бойынша оның өлшемін алды: $10^{-12} - 10^{-13}$ см.

II Резерфорд атомының планетарлық моделі

Алынған нәтижелер негізінде Резерфорд атомының барлық массасы және оң заряд кеңістіктің өте кішкентай аймағында шоғырлануы керек деген қорытындыға келді. Сонда ғана α-бөлшектердің біраз мөлшері кері бағытқа қайтатын болады. Резерфорд атом ядроны түсінігін енгізді. Ол атомның центрінде орналасқан және оң зарядқа ие. Ядро айналасында электрондар планеталардың Күнді айнала қозгалуына ұқсас қозгалады. Фалым ядроның α-бөлшектермен өзара әрекеттесуі бойынша оның өлшемін алды: $10^{-12} - 10^{-13}$ см.

Атомның өлшемі 10^{-8} см, яғни ядродан 10–100 мың есе үлкен. Егер ядроның өлшемін диаметрі 1 м шарға дейін арттыrsa, онда электрондар оның айналасында диаметрі 10–100 км аралығындағы шеңбер сызды. Планетарлық модель табиғаттағы көптеген құбылыстарды түсіндіреді, мысалы: денелердің электрленуі, металдардың жақсы өткізгіштігі, бірақ ол атомның тұрақтылығын түсіндіре алмады. Электрондар энергия шығара отырып, ете аз уақыт аралығында ядроға құлауы керек еді. Резерфордтың атомдық модель спектрінде тек белгілі бір жиіліктегі сәулелену болатын сиретілген газдардың сәулеленуін түсіндіре алмады.

III Сәулелену спектрлері

Сиретілген газбен толтырылған газ разрядты түтікшениң сәулелену спектрін бақылау үшін сәулеленуді үш қырлы призмаға бағыттау жеткілікті. Ньютоның күн сәулесімен жүргізген тәжірибесіне ұқсас, мұнда да жарық құраушыларға жіктеледі де, экранда спектр пайда болады.

Спектр – көрінетін сәуле дисперсиясы кезінде пайда болатын түрлі түсті жолақ.

Күндік спектр үзіліссіз болып келеді, оның ішінде көрінетін сәулеленудің барлық жиіліктері бар (216-сурет).

Көрінетін сәулеленудің барлық жиіліктері бар спектр үзіліссіз немесе тұтас спектр деп аталады.



216-сурет. Күн сәулелерінің үзіліссіз спектрі

Күн сәулесінің спектріне қарағанда қыздырылған сиретілген газдар спектрінде экранда қара

Жауабы қандай?

- Неліктен Резерфорд атомның барлық он зиярдтарын оның центріне орналасырады?
- а-бөлшектердің шашырауы тәжірибесінде Резерфорд неге алтын фольгасы пайдаланды?
- Неліктен Резерфорд тәжірибесінде а-бөлшектердің көп бөлігі бағытын өзгертуледі?

Маңызды ақпарат

Физикада *спектр* (лат. spectrum – бейне) – қандай да бір физикалық мәндердің жиынтығы.

Жауабы қандай?

- Неліктен ақ түсті құраушыларға жіктегендеге алынатын бейнені спектр деп атайды?

Тапсырма

Литий мен оттегі атомын Резерфорд ұсынған модельге сәйкес бейнелеңдер.

Жауабы қандай?

- Сендер бейнелеген модельді қолдану арқылы қандай құбылыстардың оңай түсіндіруге болады?
- Резерфорд ұсынған атомдық модель мінсіз болып шықты ма?

жолақтармен бөлінген сзықтар байқалады (217-сурет). Әртүрлі газдардың спектрі сзықтар салымен және олардың түстерімен ерекшеленеді.

Белгілі бір мәндегі жиіліктердің сәулеленуі бар спектр сзықты спектрде аталады.

Үзіліссіз спектрлерді қатты немесе сұйық күйде болатын денелер және қысылған газдар береді. Сзықты спектрлерді газ тәріздес атомдық күйдегі барлық заттар береді.

IV Бордың кванттық постулаттары

1913 жылы дат физигі Нильс Бор кванттық физиканың негізгі қағидаларын постулаттар түрінде тұжырымдады. Оның постулаттарының негізінде Резерфорд атомының планетарлық моделі және Планктың сәулелену энергиясының квантты туралы гипотезасы жатады.

Бордың бірінші постулаты:

Атомдық жүйе әрқайсысина белгілі бір E_n энергия сәйкес келетін тек ерекше стационар немесе кванттық күйде бола алады; стационар күйде атом сәуле шығармайды (218-сурет).

Бордың екінші постулаты:

Жарықтың сәулеленуі атомның E_k энергиясы жоғары стационар күйден E_n энергиясы аз стационар күйге өтуі кезінде жүреді.

Сәулеленген фотон энергиясы стационар күйлердің энергияларының айырмасына тең: $h\nu_{kn} = E_k - E_n$.

Сәулелену жиілігі мынаған тең:

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}. \quad (1)$$

Электрон фотон энергиясын жүткәнда энергиясы аз күйден энергиясы жоғары күйге өтеді. Сәулелену кезінде керісінше, жоғары энергиясы бар күйден энергиясы аз күйге өтеді.

V Сәуле шығару және жұтылууды Бор постулаттары түрғысынан қарастыру

Бор постулаттары және оның стационар орбиталы атом моделі жарықтың жұтылу және сәулелену спектрлерін түсіндіреді. Сутек атомының электрондар



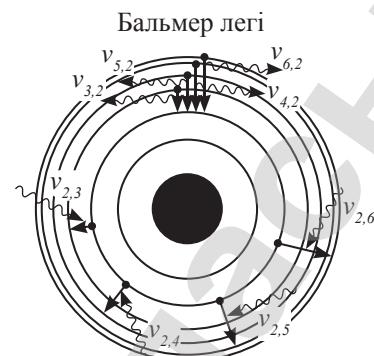
217-сурет. Сиретілген газдар: гелийдің, сутекінің, аргонның, криptonның, неонның сзықты спектрлері



218-сурет. Атомдардың стационар күйлерінің энергетикалық деңгейлері

орналасатын энергетикалық деңгейлері 219-суретте бейнеленген. Электрон жоғарғы деңгейден төменгі деңгейге өткенде энергия шығарады. Сәулелену жиілігі электронның осы деңгейлердегі энергияларының айырмасымен анықталады (1-формула). Жоғарыдағы 4 деңгейден 2-деңгейге өту сутегінің көрінетін спектрін алғаш бақылаған И.Я.Бальмер құрметіне **Бальмер легі** деп аталды. Энергиялардың айырмасы көп болса, фотон энергиясы да көп және сәулелену жиілігі де жоғары болады. Постулаттар абсолют қара дenenің тұтас спектрінің ультракүлгін толқындар аймағында сәулелену қуатының кемітінің көрсетеді.

Ультракүлгін сәулелену диапазонында атомдар иондалып, электрондар еркін болады. Сәулеленумен жүретін одан төменгі деңгейлерге аудысу байқалмайды.



219-сурет. Бор жасаған сутектің атомдық модель

Жауабы қандай?

Резерфорд пен Бордың сутек атомы модельдерінің айырмашылығы неде?

Бақылау сұрақтары

1. Резерфорд жасаған атомның моделі қандай?
2. Қандай спектрді тұтас, ал қандай спектрді сызықты деп атайды?
3. Бор постулатының мәні неде?

Жаттығу

36

1. Сутек атомы электрондары төртінші стационар орбитадан екіншіге аудықтанда энергиясы $4,04 \cdot 10^{-19}$ Дж фотон шығарылады (сутек спектрінің жасыл жолағы). Спектрдің осы жолағының толқын ұзындығы қандай?
2. Оттек атомының иондалуы үшін шамамен 14 эВ энергия қажет. Иондалуды тудыра алатын сәулелену жиілігін анықтаңдар.

Жаттығу

36

1. Сынап буларын электрондармен сәулелендіргенде сынап атомының энергиясы 4,9 эВ-қа жоғарылады. Сынап атомдарының қозбаған күйге өткенде шығаратын сәулесінің толқын ұзындығы қандай?
2. Сутек атомы энергиясы $E_4 = -0,85$ эВ ($k = 4$) күйден энергиясы $E_2 = 3,4$ эВ ($n = 2$) стационар күйге өткенде шығаратын жарық толқынының ұзындығын анықтаңдар.

6-тараудың қорытындысы

| Стефан – Больцман заңы | Фотон энергиясын есептеу формулалары | Фотоэффект үшін Эйнштейн формуласы |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $R = \sigma \cdot T^4$ | $E_\phi = h\nu$ $E_\phi = \frac{hc}{\lambda}$ | $E_\phi = A_{\text{иығы}} + E_k$ $A_{\text{иығы}} = h\nu_{\min}; A_{\text{иығы}} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$ $E_k = \frac{mv^2}{2}; E_k = \frac{mv^2}{2} = eU_T$ |
| Тәжеулік рентгендік сәулеленуді есептеу формуласы | Атомдардың сәулелену жиілігі | Фотоэффектінің қызыл шекарасы |
| $\frac{m_e v^2}{2} = h\nu; v = \frac{eU}{h}$ | $v_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}$ | $\nu_{\min} = \frac{A_{\text{иығы}}}{h}; \nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}}$ |

Бор постулаттары:

- Атомдық жүйе әрқайсынына белгілі бір E_n энергия сәйкес келетін тек ерекше стационар немесе кванттық қүде бола алады, стационар қүде атом сәуле шыгармайды.
- Жарықтың сәулеленуі атомның E_k энергиясы жоғары стационар қўйден E_n энергиясы аз стационар қўйге өтуі кезінде жүреді.

Глоссарий

Абсолют қара дене – жылулық толқындар жиілігінің барлық диапазонында сәулеленетін және жұтатын дене.

Жылулық сәулелену – қыздырылған денелердің сәулеленуі.

Пирометр – қатты қыздырылған немесе алыстартылған дененің температурасын анықтауға арналған аспап. **Фотон** – электромагниттік сәулеленудің элементар бөлшегі немесе энергия квантты.

Фотоэффект – электромагниттік сәулелену әсерінен электрондардың заттан бөліну құбылысы.

Фотоэффектінің қызыл шекарасы – фотоэффект байқалатын жарықтың минимал жиілігі немесе оған сәйкес келетін максимал толқын ұзындығы.

Рентгендік сәулелену – жылдам электрондардың кенеттен тежелуі кезінде пайда болатын сәулелену.

Рентгендік түтікше – рентгендік сәулелену алуға арналған электровакуумдық құрылғы.

Спектр – көрінетін сәуле дисперсиясы кезінде пайда болатын түрлі түсті жолақ.

Сызықты спектр – белгілі бір мәндегі жиіліктердің сәулеленуі бар спектр.

Үзіліссіз немесе тұтас спектр – көрінетін сәулеленудің барлық жиіліктері бар спектр.

7-ТАРАУ

АТОМ ЯДРОСЫ

Физикада атом ядронының ашылуына байланысты жаңа «ядролық физика» бағыты пайда болды.

Ядролық физика ядроның құрылышын, ядро бөлшектерінің өзара әрекеттесу күшін, ядролық реакция нәтижесінде бір атом ядроларының басқа атом ядронына өзара түрленуін зерттейді.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- ядролық күштердің қасиеттерін сипаттауды;
- атом ядронының масса ақауын анықтауды;
- есептер шығаруда атом ядронының байланыс энергиясы формуласын қолдануды;
- зарядтық және массалық сандардың сақталу заңын ядролық реакцияның тендеуін шешуде қолдануды;
- радиоактивті ыдыраудың ықтималдық сипатын түсіндіруді;
- есептер шығаруда радиоактивті ыдырау заңын қолдануды;
- тізбекті ядролық реакциялардың өту шарттарын сипаттауды;
- ядролық реактордың жұмыс істей принципін сипаттауды;
- ядролық синтез бен ядролық ыдырауды салыстыруды;
- радиоактивті изотоптарды қолдануға мысалдар келтіруді;
- радиациядан қорғану әдістерін сипаттауды;
- элементар бөлшектерді жіктеуді үйренесіндер.

§ 37. Ядролық өзара әрекеттесу, ядролық күштер. Массалар ақауы, атом ядронының байланыс энергиясы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың изергенде:

- ядролық күштердің қасиеттерін сипаттауды, атом ядронының масса ақауын аныктауды, атом ядронының байланыс энергиясы формуласын есеп шығаруда қолдануды үйренесіндер.



Жауабы қандай?

1. Атомдағы электрондар саны неліктен протондар санына тең?
2. Гравитациялық және электромагниттік күштер ядродағы нуклондарды ұстап тұратын күштер бола алмауының себебі неде?
3. Менделеев кестесінде қандай масса көрсетілген?



Бұл қызық!

Нейtron – тұрақсыз бөлшек. Еркін қүйде ол өздігінен протонға, электронға, антинейтриноға ыдырайды. Нейтрино (антинейтрино) жоғары енү қабілетіне ие. Бөлшекті қалыңдығы 10^{18} м (ең жақын жұлдызға дейінгі арақашықтықтан 25 есе артық) темір қабырға ұстап қала алады. Әр секунд сайын адам денесінен 10^{14} нейтрино ұшып өтеді, бұл тек Күн шығаратын нейтринопар саны ғана.

I Протон мен нейтронның ашылуы

Атом ядроның зерттеудегі маңызды қадам – нейтрон мен протонның ашылуы. Олар зертханалық жағдайларда жеңіл ядроларды а-бөлшектермен атқылау нәтижесінде табылған. 1919 жылы Э.Резерфорд азот ядроларын атқыладап, сутек және оттек ядроларын алды. Сутек ядроны «протон» деген атқа ие болды, ол грек тілінен аударғанда «бірінші» деген мағына береді. Резерфорд протон – сутек ядроның құрайтын жалғыз бөлшек деп болжады. Протонның заряды модулі бойынша электрон зарядына, массалық саны бірге тең болғандықтан, ол ${}_1^1 p$ деп белгіленеді.

Э.Резерфордтың шәкірті ағылшын физигі Джеймс Чедвик 1932 жылы берилійді а-бөлшектермен атқыладап, тәжірибе нәтижесінде өтімділік қабілеті γ -сәулелерінен де жоғары, қалыңдығы 10–20 см қорғасын пластинадан өте алатын сәулелер алды. Алынған сәулелердің қасиеттерін зерттеп, Д.Чедвик мынадай қорытынды жасады: алынған сәуле – заряды жоқ, массасы протон массасынан сәл ғана көп болатын бөлшектер ағыны. Бұл бөлшектерді *нейтрондар* деп атады және ${}_0^1 n$ деп белгіледі.

II Ядроның құрамы

Нейтронның ашылуынан кейін орыс физигі Дмитрий Дмитриевич Иваненко және неміс ғалымы Вернер Карл Гейзенберг 1932 жылы бір-біrine тәуелсіз ядроның протонды-нейтрондық модельнің ұсынды. Ұсынылған модель бойынша ядродағы протондар саны оның электронды қабықшасындағы электрондар санына тең. Бұл бөлшектердің зарядтары модульдері бойынша тең, бірақ таңбалары қарама-қарсы. Ядродағы Z протондар саны химиялық элементтің Менделеев кестесіндегі реттік номіріне тең.

Протон мен нейтрон массаларының мәндері бір-біріне жуық: протонның массасы $m_p = 1836,1m_e$, нейтрон массасы $m_n = 1838,6m_e$. Ядродағы протондар мен нейтрондардың жалпы саны массалық санға тән болады:

$$A = N + Z, \quad (1)$$

мұндағы N – нейтрондар саны; Z – протондар саны; A – массалық сан.

Ядро құралатын бөлшектер: протондар мен нейтрондар нуклондар деп аталады.

Бір химиялық элементтің ядроларындағы нейтрондардың саны әртүрлі болуы мүмкін.

Протондар саны бірдей, нейтрондар саны әртүрлі ядролар изотоптар деп аталады.

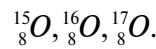
Изотоптар Менделеев кестесінде бір торда орналасады, мысалы: оттек атомы ${}_{\text{8}}^{\text{15}}\text{O}$, ${}_{\text{8}}^{\text{16}}\text{O}$, ${}_{\text{8}}^{\text{17}}\text{O}$ түрінде бола алады. ${}_{\text{8}}^{\text{15}}\text{O}$ оттекте нейтрондар саны 7-ге тән, ${}_{\text{8}}^{\text{16}}\text{O}$ оттекте 8-ге тән, ал ${}_{\text{8}}^{\text{17}}\text{O}$ оттекте нейтрондар саны 9-ға тән.

III Ядролық күштер және олардың қасиеттері

Бізге белгілі күштер арқылы ядролардың тұрақтылығын түсіндіру мүмкін емес. Протондар мен нейтрондардың массалары өте аз болғандықтан, табиғаты гравитациялық күштер протондар мен нейтрондардың өзара әрекеттесуінде маңызды рөл атқармайды. Электромагниттік күштер протондарды бір-бірінен алшақтатады, заряды болмағандықтан, нейтрондар әрекеттесуге түспейді. Ядродағы протондар мен нейтрондардың тартылу күшінің табиғаты мүлдем басқаша, олар кулондық күштерден шамамен 100 есе үлкен. Нуклондарды ядрода ұстап тұратын күштер ядролық күштер, ал ядро бөлшектерінің әрекеттесуін күшті әрекеттесу деп атайды.

1-тапсырма

Мына химиялық элементтердің ядросын бейнелендер:



Д.Д.Иваненко және В.К.Гейзенберг ұсынған ядро моделін қолданыңдар.

2-тапсырма

«Изотоп» сөзінің шығу тәркінін түсіндіріңдер.

Есте сақтандар!

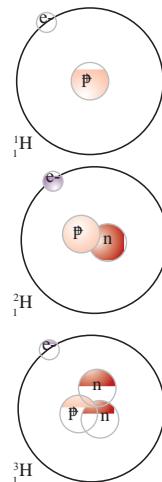
Әрбір химиялық элементтің изотопы бар, олардың ішіндегі ең жenелі – сутектің изотоптары мынандай атауларға ие болды:

${}_{\text{1}}^{\text{1}}\text{H}$ – протий,

${}_{\text{1}}^{\text{2}}\text{H}({}_{\text{1}}^{\text{2}}\text{D})$ – дейтерий,

${}_{\text{1}}^{\text{3}}\text{H}({}_{\text{1}}^{\text{3}}\text{T})$ – тритий

(220-сурет).



220-сурет. Сүтек изотоптарының модельдері

Ядролық күштер мынадай қасиеттерге ие:

1. Ядролық күштер – қысқа әрекетті күштер. Олар тек ядроның ішінде ғана, 10^{-14} – 10^{-15} м шегінде әрекет етеді.
2. Ядролық күштер зарядтарға тәуелсіз. Ядролық күштермен зарядталған протондармен қатар зарядталмаған нейтрондар да өзара әрекеттеседі.
3. Ядролық күштер қанығу қасиетіне ие. Олардың әрекеттесуі тек көрші бөлшектерді тартумен шектеледі.

Ядролық күштер – ядрода нуклондарды ұстап тұратын күштер.

IV Массалар ақауы

Ядролардың тыныштық массасын өлшеу олардың массасы жеке алынған нуклондар тыныштық массасының қосындысынан аз екенин көрсетті. Ол айырмашылық **массалар ақауы** деп аталады:

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_a, \quad (2)$$

мұндағы ΔM – массалар ақауы, Z – протондар саны, m_p – протонның массасы, N – нейтрондар саны, m_n – нейтронның массасы, M_a – ядро массасы.

Массалар ақауы – нуклондардың тыныштық массаларының қосындысы мен ядро массасының айырмасы.

Ядроның массасын анықтау үшін атомның массасынан барлық электрондардың массасын алып тастайды:

$$M_a = M_a - Zm_e,$$

мұндағы M_a – атом массасы, m_e – электрон массасы.

Атомдық және ядролық физикада ядроның, атомдардың және нуклондардың массаларын массаның атомдық бірлігімен анықтайты.

Массаның атомдық бірлігі $^{12}_6C$ көміртегі атомының $\frac{1}{12}$ массасына тең.

Естеріне түсіріндер!

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с.}$$

$$c^2 = 9 \cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2}.$$

Есте сактандар!

Ядролық физикада бөлшектер массасы массаның атомдық бірліктерінде анықталады:

$$1 \text{ м.а.б.} \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

м.а.б.-тегі электрон массасы:

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = \\ = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг / м.а.б.}} = \\ = 0,00055 \text{ м.а.б.}$$

Бөлшектер энергиясы электрон-вольтпен анықталады: $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$

Әдетте ол Мега (М) косымшасымен қолданылады:

$$1 \text{ МэВ} = 10^6 \text{ эВ.}$$

МэВ-тың энергияның ХБЖ-дағы өлшем бірлігімен байланысы:

$$1 \text{ МэВ} = 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = \\ = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$$

3-тапсырма

Масса ақауын мына формула арқылы есептеуге болатынын дәлелдендер:

$$\Delta M = ZM(^1H) + Nm_n - M_a.$$

Қосымшадағы №3 кестеде атомдардың массалары M_a және ядро бөлшектерінің: протондардың m_p және m_n нейтрондардың массалары берілген.

V Ядроның байланыс энергиясы

Нуклондардың қосылуы кезінде ядро массасының азауы энергияның бөлінуімен қатар жүреді. Бұл A нуклондардан тұратын жүйе тұрақты күйге көшіп, ядролық құштер ядродағы нуклондарды мықты ұстап тұратынын дәлелдейді.

Ядро ыдырауы үшін ол түзілген кезінде бөлінген энергияға тен энергия қажет болады. Ол энергияны *байланыс энергиясы* деп атайды және оны Эйнштейн формуласы бойынша анықтайды:

$$E_{байл} = \Delta M \cdot c^2,$$

мұндағы $E_{байл}$ – байланыс энергиясы;

ΔM – массалар ақауы;

c – жарық жылдамдығы.

Байланыс энергиясы – ядроны нуклондарға толық ыдыратуға жұмсалатын энергия.

Егер масса массаның атомдық бірлігімен өрнектелетін болса, онда Эйнштейн формуласы өлшем бірліктерді ауыстыруды есепке алғанда мына түрге келеді:

$$E_{байл} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}.$$

VI Меншікті байланыс энергиясы

Меншікті байланыс энергиясы байланыс энергиясының ядродағы нуклондар санына қатынасымен анықталады:

$$E_{менш} = \frac{E_{байл}}{A}.$$

Есте сақтаңдар!

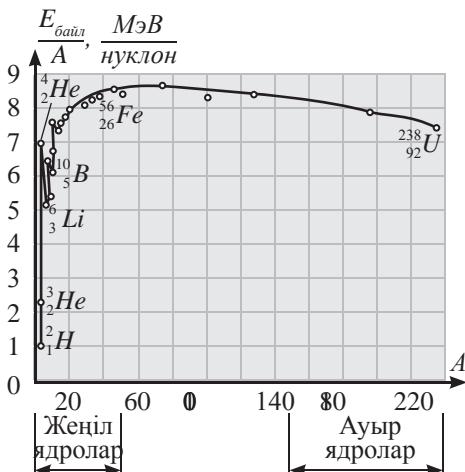
Меншікті байланыс энергиясының өлшем бірлігі:

$$[E_{менш}] = 1 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}.$$

Меншікті байланыс энергиясы – бір нуклонға сәйкес келетін байланыс энергиясы.

Жаңадан түзілген ядролардың меншікті байланыс энергиясының мәні бойынша ядролық реакция нәтижесінде энергия бөлінетінін немесе жұтылағының оңай анықтауға болады.

Егер жаңадан түзілген ядролардың меншікті байланыс энергиясы бастапқы мәнінен жоғары болса, онда энергия бөлінеді, егер төмен болса, онда жұтылады. 221-суретте меншікті байланыс энергиясының ядродағы нуклондардың санына тәуелділік графигі берілген. Диаграммадан мынадай қорытынды жасауға болады: ауыр ядролардың бөлінуі немесе жеңіл ядролардың қосылуы кезіндегі ядролық реакцияларда энергия бөлінеді.



4-тапсырма

Меншікті байланыс энергиясының ядродагы нуклондар санына тәуелділік графигін қолданып, 80 нуклоннан және 200 нуклоннан тұратын ядролардың байланыс энергияларын анықтаңдар. Қандай ядро тұрақты болады?

221-сурет. Меншікті байланыс энергиясының ядродагы нуклондар санына тәуелділік графигі

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

$^{17}_8O$ оттек ядросының нуклондарының массалар ақауын, байланыс энергиясын және меншікті байланыс энергиясын табыңдар.

Берілгені:

$$\begin{aligned}M(^{17}_8O) &= 16,99913 \text{ м.а.б.} \\M(^1_1H) &= 1,00783 \text{ м.а.б.} \\m(^1_0n) &= 1,00866 \text{ м.а.б.}\end{aligned}$$

$$\Delta M - ? E_{\text{байл}} - ? E_{\text{мени}} - ?$$

Шешуі:

$^{17}_8O$ оттек атомының ядросы $Z = 8$ протоннан, 9 нейтроннан тұрады: $N = A - Z = 17 - 8 = 9$.

Ядро үшін массалар ақауын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$\begin{aligned}\Delta M &= ZM(^1_1H) + Nm_n - M(^{17}_8O), \text{ мұндағы} \\M(^1_1H) &- сутек атомының массасы.\end{aligned}$$

$$\Delta M = (8 \cdot 1,00783 \text{ м.а.б.} + 9 \cdot 1,00866 \text{ м.а.б.}) - 16,99913 \text{ м.а.б.} = (8,06264 + 9,07794) - 16,99913 = 0,14145 \text{ м.а.б.}$$

Эйнштейн формуласы бойынша ядродагы нуклондардың байланыс энергиясын анықтаймыз: $E_{\text{байл}} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}$.

$$E_{\text{байл}} = 0,14145 \text{ м.а.б.} \cdot 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{м.а.б.}} = 131,76 \text{ МэВ.}$$

Ядродагы әрбір нуклонға шаққандағы энергия мөлшері мынаған тең:

$$E_{\text{мени}} = \frac{E_{\text{байл}}}{A}.$$

$$E_{\text{мени}} = \frac{131,76 \text{ МэВ}}{17 \text{ нуклон}} = 7,75 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}.$$

Жауабы: $\Delta M = 0,14145 \text{ м.а.б.}; E_{\text{байл}} = 131,76 \text{ МэВ}; E_{\text{мени}} = 7,75 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$.

Бақылау сұрақтары

1. Протон мен нейтронды ашқан кім?
2. Нейтронның қандай қасиеттері бар?
3. Атом ядросы қандай бөлшектерден тұрады?
4. Қандай ядролар изотоптар деп аталады?
5. Ядрода нуклондарды қандай күштер ұстап тұрады? Олардың қандай қасиеттері бар?
6. Массалар ақауы дегеніміз не?
7. Байланыс энергиясы дегеніміз не? Меншікті байланыс энергиясы деген не?

★ Жаттығу

37

1. Натрий $^{23}_{11}Na$, фтор $^{19}_9F$, күміс $^{107}_{47}Ag$, кюрий $^{247}_{96}Cm$, менделевий $^{257}_{101}Md$ ядроларының құрамы қандай?
2. 2_1H дейтерий ядросының массалар ақауын, байланыс энергиясын, меншікті байланыс энергиясын есептөндөр.
3. Натрий-23 атомы ядросының моделін бейнелендөр.

🏠 Жаттығу

37

1. Неонның $^{20}_{10}Ne$, $^{21}_{10}Ne$, және $^{22}_{10}Ne$ изотоптары ядроларының құрамы қандай?
2. $^{27}_{13}Al$ алюминий ядросының байланыс энергиясын анықтаңдар.
3. Азот-14 үшін меншікті байланыс энергиясын анықтаңдар.
4. 140 нуклоннан тұратын атомның меншікті байланыс энергиясы 200 нуклоннан тұратын атомның меншікті байланыс энергиясынан неше процентке артық? Есепті шығару үшін меншікті байланыс энергиясының ядродағы нуклондар санына тәуелділік графигін (221-сурет) пайдаланыңдар.

Шығармашылық тапсырма

«Ядро құрылышын зерттеген ғалымдар» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.

§ 38. Ядролық реакциялар. Радиоактивті ыдырау заны

Күтілетін нәтиже

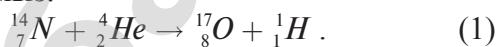
- Осы параграфтың ішергендегі:
- зарядтық және мас-салық сандардың сақталау заңдарын ядролық реакция тендеуін шешуде қолдануды;
 - радиоактивті ыдыраудың ықтималдық сипаттың түсіндіруді;
 - радиоактивті ыдырау заңдарын есептер шығаруда қолданудың үйренесіндер.

I Ядролық реакциялар

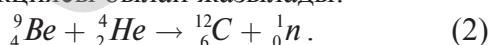
Бізге Э.Резерфорд азотты α-бөлшектермен атқылау нәтижесінде протонды алғаны белгілі. Бұл құбылыс ядролық реакция деп аталды.

Ядролық реакция – атом ядроларының басқа элементтар бөлшектермен немесе бір-бірімен әрекеттескен кезде өзгеруі.

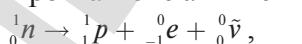
Ядролық реакцияның жазылуы химиялық реакцияға ұқсас. Резерфорд жүргізген реакцияны химиялық элементтердің жалпы белгіленуін қолданып жазамыз:



Д. Чедвик жүргізген нейтрондарды табу ядролық реакциясы былай жазылады:



Еркін күйдегі нейтронның өмір сүру уақыты шамамен 15 мин, кейіннен ол өздігінен протонға, электронға және антинейтриноға ыдырайды:



мұндағы $_1^1p$ – протон;

$_{-1}^0e$ – электрон;

$_{0}^0\bar{\nu}$ – электронды антинейтрино.

Көптеген тәжірибелер барлық ядролық реакцияларда электр зарядының және массалық сандарының сақталу заңдары орындалатынын көрсетті.

Реакцияга түсетең ядролардың және элементтар бөлшектердің электр зарядтарының қосындысы реакция өнімдерінің электр зарядтарының қосындысына тең.

Ядролық реакцияга түсетең ядролардың және элементтар бөлшектердің массалық сандарының қосындысы тұрақты болып қалады.

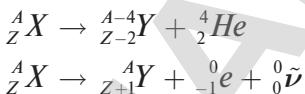
II Радиоактивті ыдырау заны

1902 жылы Э.Резерфорд және ағылшын химигі Ф.Содди радиоактивті ыдырау занын ашты. Олар радиоактивті элементтердің

Жауабы қандай?

- Археологиялық қазбалардың жасын қалай анықтайды?
- Жердің жасын қалай анықтаған?
- «Радиациялық қауіпті аймақ» тіркесінің мағынасын түсіндіріңдер.

Естеріне түсіріңдер!



а және β-ыдырау кезінде электр заряды мен массалық сандары орындалады. Химиялық элементтің белгіленуі – $_Z^AX$,
A – массалық сан;
Z – ядро заряды;
X – химиялық элемент.

Сәулелену белсенділігі уақыт өте келе нақты белгілі бір түрде әлсірейтінің анықтады. Әрбір радиоактивті элемент үшін белсенділігі екі есе әлсірейтін уақыт аралығы анықталды. Осы уақыт аралығы Т жартылай ыдырау периоды деп аталады.

Т жартылай ыдырау периоды – радиоактивті ядролардың жартысы ыдырайтын уақыт.

Қосымшадағы 4-кестеде кейбір радиоактивті элементтердің жартылай ыдырау периодарының мәндері берілген. Бастапқы уақыт мезетінде радиоактивті ядролардың саны N_0 болсын дейік. Жартылай ыдырау периодына тең уақыт аралығынан кейін ыдырамаган ядролардың саны мынаған болады:

$$N = \frac{N_0}{2}.$$

Екі жартылай ыдырау периодына тең уақыт аралығынан кейін олар бұдан да азайды:

$$N = \frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^2}.$$

$t = nT$ уақыт өткеннен кейін радиоактивті ядролардың саны мынаған болады:

$$N = \frac{N_0}{2^n} = N_0 \cdot 2^{-n} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Алынған қатынас радиоактивті ыдырау заны болып табылады:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}},$$

мұндағы N – ыдырамаган радиоактивті ядролар саны.

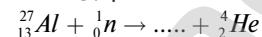
Тәуелділік графигі 222-суретте берілген.

Ідыраған ядролардың санын анықтау үшін бастапқы ядролардың саны мен ыдырамаган ядролар санының айырмасын табу керек:

$$\Delta N = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

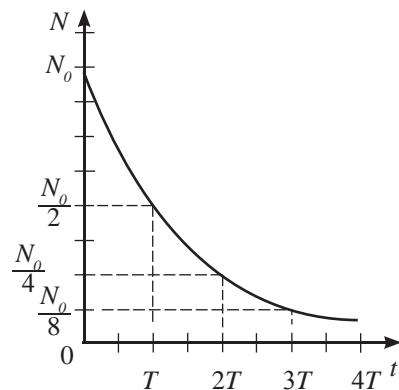
1-тапсырма

Заряд пен массалық санның сақталу зандары негізінде реакцияларда жетіспейтін элементті жазындар:



Назар аударындар!

а және β -ыдырау – ядролардың басқа ядролармен өзара әрекеттеспей, өздігінен басқа ядроларға айналуы.



222-сурет. Ідырамаган ядролар санының уақытқа тәуелділігі

2-тапсырма

Ідыраған бөлшектердің саны 4 жартылай ыдырау периодына тең уақыт өткенде қанша есеге кемиді?

Радиоактивті ыдырау заңы статистикалық сипатқа ие.
Ол химиялық элементтің ядроларының басым бөлігі үшін орындалады.



Жауабы қандай?

Радиоактивті сәулелену заңы неліктен ядролардың аз мөлшері үшін орындалмайды?

ЕСЕП ШЫГАРУ ҮЛГІЛЕРИ

3 сағат ішінде радиоактивті ядроларының саны 32 есе азайған химиялық элементтің жартылай ыдырау периодын анықтаңдар.

Берілгені:

$$\frac{N_0}{N} = 32$$

$t = 3 \text{ сағ}$

$T - ?$

Шешуі:

Радиоактивті ыдырау заңын жазамыз: $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$;

$$\frac{N_0}{N} = 2^{\frac{t}{T}}$$

32-ні 2^5 деп жазып, алғынған теңдеуге қоямыз: $2^5 = 2^{\frac{t}{T}}$.

Көрсеткіш функциялардың негізі бірдей, демек, көрсеткіштер тең: $\frac{t}{T} = 5$.

Сонда: $T = \frac{t}{5}$;

$$T = \frac{3 \text{ сағ}}{5} = 0,6 \text{ сағ} = 36 \text{ мин.}$$

Жауабы: $T = 36$ мин.

Бақылау сұрақтары

- Ядролық реакция дегеніміз не?
- Ядроның радиоактивті ыдырауы кезінде қандай заңдар орындалады?
- Жартылай ыдырау периоды деп нені айтады?

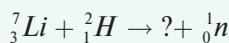
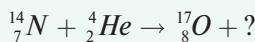


Жаттығу

38

- $^{11}_5B$ борды а-бөлшектермен атқылау кезінде нейтрондар бөлінуімен қатар жүретін ядролық реакцияны жазыңдар.

- Резерфордий элементі $^{242}_{94}Pu$ плутонийді $^{22}_{10}Ne$ неон ядроларымен сәулелендіру нәтижесінде алынған. Нәтижесінде тағы төрт нейтрон түзілетіні белгілі болса, реакция тендеуін жазындар.
- Тасқомір кенінің көміртегі-14 радиоактивті ядроларының саны 8 есеге азайған кездегі жасын анықтаңдар.
- Мына ядролық реакциялардың қалып кеткен бөлшектерін (элемент ядроларын) жазындар:



Жаттығу

38

- $^{10}_5B$ бор изотопын нейтрондармен атқылағанда түзілген ядродан α -бөлшектер бөлінеді. Ядролық реакцияны жазындар.
- Егер уран-235 радиоактивті элементтерінің жартылай ыдырау периоды 4,5 млрд жылды құраса, олардың саны 9 млрд жылдан соң қанша есе азаяды?
- Берілген ядролық реакциялардың қалып кеткен бөлшектерін (элемент ядроларын) жазындар:



Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

- Археологиядағы радиоактивті ыдырау заңы.
- Біздің планетамыздың радиациялық қауіпті аймақтар.

§ 39. Ауыр ядролардың бөлінуі. Тізбекті ядролық реакция. Ядролық реактор

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- тізбекті ядролық реакциялардың жүру шарттарын сипаттауды;
- ядролық реактордың жұмыс істеу принципін сипаттауды үйренесіндер.



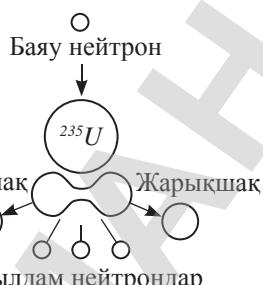
Жауабы қандай?

1. Неліктен АЭС салу Қазақстан ушін өзекті мәселе?
2. Ауыр ядролардың бөлінуінің энергетикалық тұрғыдан тиімділігі неде?



1-тапсырма

1 г уранның бөлінуі нәтижесінде 3 тонна көмірден алынатындағы энергия бөлінетінін дәлелдендер.



223-сурет. Ауыр ядроның бөліну механизмы



Жауабы қандай?

Уран-238-ден плутонийді алу қажеттілігінің туындау себебі неде?

I Ауыр ядролардың бөлінуі.

Ауыр ядролардың бөліну механизмі

Менделеев кестесінің соңғы торларында орналасқан ядролардың меншікті байланыс энергиясы периодтық жүйенің ортасында орналасқан ядролардың байланыс энергиясына қарағанда шамамен 1 МэВ-қа аз болады. Демек, ауыр ядролардың бөлінуі энергетикалық тұрғыдан тиімді болады. 200 нуклоннан тұратын бір ядро бөлінуі кезінде шамамен 200 МэВ энергия бөлуге қабілетті. Осындай заттың 1 грамындағы ядролар бөлінуі нәтижесінде 3 тонна көмірмен бірдей энергия бөледі.

1938 жылы неміс ғалымдары Отто Ган және Фриц Штрассман $^{235}_{92}U$ уран ядросын нейтрондармен атқылап, оның бөліну реакциясын жүргізді. Бұл жұмыстың нәтижелері 1939 жылы қаңтарда жарияланды. Осы жылы дат ғалымы Нильс Бор 1936 жылы өзі ұсынған ядроның тамиши моделін ядроны бөліну механизмін түсіндіру үшін қолданды.

Тамиши моделіне сәйкес ядро зарядталған сұйық тамши тәріздес болады. Қысқа әсерлі ядролық құштер сұйық молекулалары арасында әсер етуші құштерге ұқсас. $^{235}_{92}U$ уран ядроны нейтронды жұтады да, қозған күйге түсіп, созылмалы пішін алады. Мұндағы кулондық тебілу құштері ядролық құштерден мықтырақ болады. Ядро екі бөлікке бөлінеді де, кулондық құштердің әсерінен жарықшақтар үлкен жылдамдықпен жан-жаққа ұшады (223-сурет).

Ауыр ядроның бөлінуі нәтижесінде екі жарықшақ пайда болып, жаңадан түзілген ядроның құрамына кірмейтін 2–3 «артық» нейтрон шығарылады:



немесе $^{235}_{92}U + {}^1_n \rightarrow {}^{147}_{57}La + {}^{87}_{35}Br + 2 {}^1_n$.

Ядролық реакциялар нәтижесінде массалық санның және зарядтың сакталу зандары орындалады.

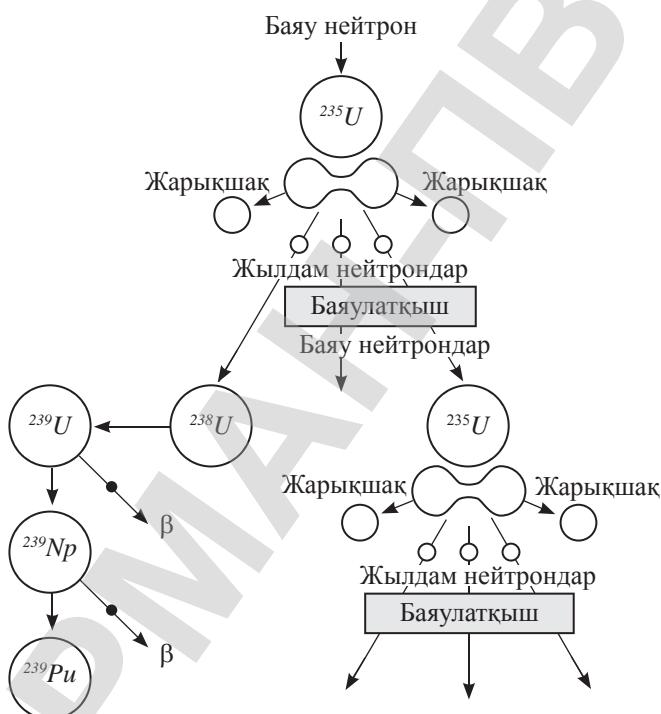
II Тізбекті ядролық реакция

Уран ядроның бөлінуі нәтижесінде босап шыққан нейтрондар көрші ядролардың бөлінуін тудыруы мүмкін. Бөлінетін ядролардың саны артып, тас-кын тәрізді тізбекті реакция жүзеге асады (224-сурет).

Тізбекті ядролық реакция – жаңа ядроларға бөлінетін нейтрондар туындастын ауыр ядролардың бөліну реакциясы.

Табиғатта кездесетін элементтердің ішінде баяу нейтрондармен тізбекті ядролық реакцияның жүруі үшін тек $^{235}_{92}U$ жарамды болып табылады.

$^{238}_{92}U$ ядроларын бөлу үшін энергиялары 1 МэВ жылдам нейтрондар кажет, олардың жылдамдығы 10^7 м/с-қа жетеді. Энергиясы 0,1 эВ баяу нейтрондар ядроның бөлінуін тудырмайды, өздері ядроға жұтылады. Баяу нейтрондардың жылдамдығы молекулалардың жылулық қозғалысының жылдамдығына жақын, 2000–3000 м/с шамасында болады. Уранның бөлінуі нәтижесінде шамамен 60 % жылдам нейтрондар және 40 % баяу нейтрондар бөлінеді.



224-сурет. Уранның бөлінуінің тізбекті реакциясы



2-тапсырма

224-суретке қарап, уран-238-ден плутон алатын ядролық көбейткіш реактордың әрекетін түсіндіріңдер.



Бұл қызық!

Ақтаудағы ҚР-ның Маңғыстау атомдық энергокомбинатының базасында 2010 жылға дейін 25 жыл көлемінде БН-350 жылдам нейтрондар негізінде атомдық реактор жұмыс істеді.



Назар аударыңдар!

Европа елдерінде электр энергиясы негізінен АЭСтарда алынады.

III Кебею коэффициенті. Сындық масса

Тізбекті реакцияның өтуі нейтрондардың көбею коэффициентіне тәуелді.

Нейтрондардың көбею коэффициенті деп қандай да бір «буындағы» нейтрондар санының алдыңғы «буындағы» нейтрондар санына қатынасын айтады.

Алдыңғы «буындағы» нейтрондар ядроға жұтылады, ал жаңа «буындағылар» бөліп шығарылады. Егер $k < 1$ болса, онда тізбекті реакция журмейді, егер $k > 1$ болса, онда реакция жарылыс тәрізді болады, $k = 1$ болғанда реакция белгілі жылдамдықпен жүреді, оны *басқарылатын реакция* деп атайды.

Тізбекті реакцияның жүруі үшін орындалатын тағы да бір шарт – бөлінетін заттың қажетті мөлшерде болуы. Зат аз мөлшерде болса, нейтрондар ядромен соқтығыспай, қоршаған ортаға таралады.

Бөлінетін заттың тізбекті ядролық реакция жүруі мүмкін ең az массасын сындық масса деп атайды.

Егер уран-235 шар тәріздес пішінде болса, оның сындық массасы шамамен 50 кг болады. Сындық массаның мәнін баяулатқыштар мен нейтрондарды шағылдырғыштарды пайдалану арқылы азайтуға болады.

IV Ядролық реактордың әрекет ету принципі

Ядролық реакторда энергия бөле жүретін басқарылатын тізбекті ядролық реакциялар жүзеге асырылады. Алғашқы ядролық реактор 1942 жылы АҚШ-та Энрико Фермидің жетекшілігімен құрастырылған болатын, кейінірек 1946 жылы Игорь Васильевич Курчатовтың басқаруымен Кенес Одағығалымдары ядролық реакторды іске қосты.

Реактордың негізгі элементтері: ядролық жанармай, нейтрондарды баяулатқыш, энергия шығаруға қажет жылутасымаңдағыш, реакцияның жылдамдығын реттейтін құрылғы. Ядролық реактордың сыртын радиоактивті сәулеленуді шығармайтын қорғаныс қабатымен қаптайты (225-сурет).

Құрылстырылған ядролық реакторларда ядролық жанармай ретінде ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Ru қолданылады. Плутонийді ^{238}U -ды баяу нейтрондармен атқылау арқылы алады. Ол ядролық реактордың өзінде түзіледі. ^{239}Ru -мен жүретін тізбекті реакция баяу нейтрондардың әсерінен болады. Нейтрондарды баяулатқыш ретінде суды, графитті қолданады. Ал жылутасымаңдағыш қызметін су немесе сүйік натрий атқарады. Реактордың белсенді аймағында жүретін ядролық реакцияның энергиясы турбогенераторға жіберіледі. Реактор кадмий



Жауабы қандай?

- Неге таза күйдегі $^{238}U_{92}$ ядролық отын ретінде қолданылмайды?
- Кебею коэффициенті 1-ден кем болғанда, неліктен тізбекті реакция тоқтайды?
- Баяулатқыштар пен шағылдырғыштар неге ядролық жанармайдың сындық массасын азайтуға мүмкіндік береді?



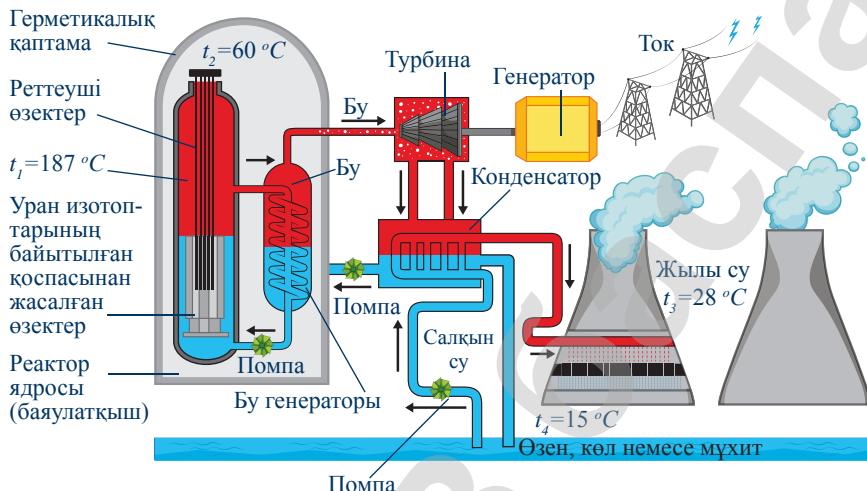
3-тапсырма

Ядролық реактордың негізгі бөліктерін және олардың атқаратын қызметін жазыңдар. Реактордың әр бөлігі үшін әртүрлі материал тандалу себебін түсіндіріңдер.

өзектерінің көмегімен басқарылады. Кадмий нейтрондарды жұту арқылы көбею коэффициентін реттеп отырады. Кадмий өзекшелерін толығымен реакторға салатын болса, ядролық реакция тоқтайды.

4-тапсырма

225-сурет бойынша АЭС-тың жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер. Неліктен ядролық реактормен тікелей қатынас жасайтын турбинаға су берілмейді?



225-сурет. Атом стансысы сұлбасы

V Атом электр стансылары

Атом электр стансыларында (АЭС) ядролық реакция энергиясы электр энергияна айналады. Реактордан шыққан жылу энергиясы турбогенераторға жіберіліп, сол жерде жылу энергиясы электр энергиясына айналады (225-сурет). Алғашқы атом электр стансысы 1954 жылы Кеңес Одағында, Обнинск қаласында тұрғызылды.

Атом электр стансыларының артықшылығы: олар атмосфераға оттекті пайдаланбайды, қоршаған органды құлмен ластамайды. Ал зияны: кез келген апат аймақтың радиациялық залалдануына алып келуі мүмкін. АЭС қолданудағы негізгі өзекті мәселелер – ядролық қалдықтарды көму және 20 жыл жұмыс істеп, мерзімі өткен атом электр стансыларын бөлшектеу.

Бұл қызық!

Манғыстау облысын 2030 жылға дейін энергиямен қамтамасыз ету үшін құаты шамамен 900 МВт жаңа ірі энергия көзін енгізу қажет. Жаңа типтегі ВБЭР-300 энергоблоктары бар атом реакторын тұрғызу үшін 2006 жылы «Бәйтерек» Қазақстан – Ресей бірлескен кәсіпорны» акционерлік қоғамы құрылды. ВБЭР-300 жобасы сынақтан өткізілген және Ресей сұасты атом қайықтарында қолданылатын реакторлардың негізінде жасалған. Ол ең жоғарғы қауіпсіздік деңгейіне ие. ВБЭР-300 АЭС жұмысын тімді ері қауіпсіз етеді.

АЭС-тің қалыпты жұмыс жасауына қауіп тәндіретін кез келген жағдайда стансының қауіпсіздік жүйесі іске қосылады. Реактор өздігінен өшіп, жұмысын тоқтатады.

Бақылау сұрақтары

1. Ауыр ядролардың бөліну механизмі қандай?
2. Тізбекті реакция дегеніміз не?
3. Көбею коэффициенті деп нені айтады?
4. Көбею коэффициентінің қандай мәнінде тізбекті реакция басқарылатын болады?
5. Сындық масса дегеніміз не?
6. Ядролық реактордың негізгі элементтерін атаңдар.
7. АЭС-тің жұмыс істеу принципі қандай?

★ Жаттығу

39

1. Баяу нейтрондармен $^{238}_{92}U$ -ды атқылау нәтижесінде қандай элемент пайда болады? Реакцияны жазыңдар.
2. 1-тапсырмада алынған элементтің екі β -ыдырауы нәтижесінде қандай элемент пайда болды?

★ Жаттығу

39

1. Неліктен табиғи жағдайларда тізбекті ядролық реакция жүрмейді?
2. Уран ядросының бөлінуі нәтижесінде түзілетін белгісіз химиялық элементті көрсетіңдер: $^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow ? + {}^{140}_{58}Ce + 2 {}^1_0n$.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Атом энергетикасы саласының дамуы.
2. АЭС-тегі апат салдары.
3. Ядролардың бөлінуін зерттеуге атсалысқан физик-ғалымдар.

§ 40. Термоядролық реакциялар. Радиоизотоптар, радиациядан қорғану

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- ядролық синтез бен ядролық ыдырауды салыстыруды;
- радиоактивті изотоптарды қолдануға мысалдар келтіруді;
- радиациядан қорғану өдістерін сипаттауды үйренесіндер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен жұлдыздарда термоядролық реакциялар жүреді?
2. Радиоактивті сәулеленуден қалай қорғануға болады?



Тапсырма

§ 37, 221-суреттегі диаграммама қарап, 200 және 100 нуклоннан тұратын ядролардың меншікті энергияларының айырмасын анықтандар. 200 нуклоннан тұратын ядроны 100 нуклоннан екіге бөлсек, қандай энергия бөлінеді?



Жауабы қандай?

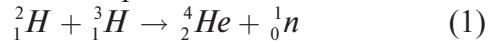
1. Неліктен женіл ядролардың ядролық бірігу реакциясы температура мен қысымының жоғары мәндерінде ғана жүреді?
2. Не себепті жер жағдайында термоядролық реакцияны жүзеге асыру қынга соғады?
3. Неліктен термоядролық реакцияға арналған реактор құрастыру тиімді болып саналады?

I Термоядролық реакция

Женіл ядролардың меншікті энергиясы Менделеев кестесінің ортасында орналасқан ядролармен салыстырғанда аз болады. Демек, женіл ядроларды синтездеу реакциясы энергияның бөлінуімен жүруі керек. Женіл ядроларды синтездеу реакциясын жүзеге асыру үшін кулондық күштердің женіл, ядроларды ядролық күштердің әсерлесу қашықтығы – 10^{-15} м-ге дейін жақыннату керек. Мұндай жақындау қысым және температураның жоғары мәндерінде ғана жүзеге асады. Есептеулерден реакцияға түсстін бөлшектердің температурасы жүздеген миллион кельвинді құрайтының көруге болады. Мұндай температурада атомдар толығымен иондалады да, газ ядролар мен электрондардан тұратын жоғары температурады плазмаға айналады.

100 млн К-нен жоғары температура ларда женіл ядролардың бірігуін термоядролық реакция деп атайды.

Ауыр сутек – дейтерийдің сутектің аса ауыр изотопы – тритиймен бірігуі кезінде әр нуклонға шамамен 3,5 МэВ энергия бөлінеді:



II Басқарылмайтын термоядролық реакциялар

Алғаш рет басқарылмайтын термоядролық реакция АҚШ-та 1952 жылы Тынық мұхиттың Эниветок аралында, одан кейін 1953 жылы Қазақстанда Семей полигонында жүзеге асырылды. Сутек бомбаларын жасау олардың аса күшті жарылыс қабілеті бар екенін көрсетті. 1961 жылы Жер архипелагы полигонында жүргізілген мегатонналы бомбаның жарылысы 4 км білктікте біздің планетамызды үш орап шыққан соққы толқынын тудырды.

Термоядролық немесе сутектік бомба жарылыс кезінде жеңіл ядролардың синтезделу реакциясының басталуына жеткілікті қысым мен температура тудыратын атом бомбасымен толтырылған. Атом бомбасының шамамен 10^{-6} с уақытқа созылатын жарылысы өте қуатты термоядролық бомба жарылысына ұласады.

III Басқарылатын термоядролық реакциялар

Термоядролық реакцияны жүзеге асыру үшін 10^8 К температура тудыру керек. Жер бетінде мұндай температурада қатты құйін сақтап қалатын заттар жоқ. Ғалымдар реакцияны жүзеге асыру үшін екі әдісті ұсынады:

1. 1950 жылы орыс физиктері Андрей Дмитриевич Сахаров және Игорь Евгеньевич Тамм жоғары температуралы плазманы күшті магнит өрісімен реактор қабырғаларына тигізбей ұстап тұруды ұсынды. Эксперимент жасау үшін «ТОКАМАК – 10» қондырығысы жасалды (226-сурет). Жоғары температуралы плазма тороидты камеранды толтырып тұратын құрамында тритий бар дейтерийде күшті электр разряды арқылы жасалды (227-сурет).



226-сурет. Токамак-10



227-сурет. Тороидты камера

Камера импульстік режимде әрекет ететін трансформатордың екінші ретті орамы болып табылады. Бірінші ретті орамды конденсаторлардың батареясына жалғайды. Конденсаторларды разрядтағанда трансформатордың бірінші ретті орамы арқылы тороидты камерада сутекті иондайтын құйынды электр өрісі пайда болады. Иондардың бағытталған қозғалысы сутек ядросын қатты қыздырады, термоядролық реакция жүреді. Реакцияның ұзақтығы 0,06 с.

2001 жылы маусым айында әлемдегі алғашқы эксперименттік термоядролық реактордың техникалық жобасы жасалды (228-сурет). Жобалау «ITER техникалық жобасы» халықаралық бағдарламасының аясында жүзеге асуда. «ITER» – «International Termonuclear Experimental Reactor»,

бұл Халықаралық Эксперименттік Термоядролық Реактор дегенді білдіреді. Бұл жобаға Қазақстан да қатысады. Құрылым жұмыстарын Францияда 2007–2019 жылдар аралығында жүргізу жоспарланған. Эксперименттер мен бірінші термоядролық синтез реакциясын 2037 жылға дейін жүргізу жоспарланған, 2040 жылдан бастап реактор электр энергиясын өндіретін болады.

2. Термоядролық синтездеуге арналған лазерлік қондырғылар алғаш рет 1961 жылы КСРО ФА Физика институтында пайдаланылды. Лазерлік термоядролық синтездеуді зерттеу жалғасуда.



228-сурет. ITER – Халықаралық Эксперименттік Термоядролық Реактор

IV Ядролық реакцияның шығу энергиясы

Ядролық реакциялар кезінде энергия бөлінуі де, жұтылуы да мүмкін.

Шығу энергиясы – ядролық реакция нәтижесінде бөлінетін немесе жұтыла-тын энергия.

Масса мен энергияның өзара байланысы ядролық массасының өзгерісі бойынша реакцияның шығу энергиясын анықтауға мүмкіндік береді. Ол үшін мынадай есептеулер жүргізу керек:

1. Реакцияға дейінгі ядроның және бөлшектердің массаларын табу.

Мысалы, дейтерий және тритийдің (1) бірігу реакциясы үшін былай жазуға болады:

$$m_1 = m(^2H) + m(^3H).$$

2. Реакциядан кейінгі ядроның және бөлшектердің массаларын табу:

$$m_2 = m(^4He) + m(^1n).$$

3. Әрекеттесуге дейінгі және одан кейінгі ядролар массасының өзгерісін табу:

$$\Delta m = m_1 - m_2.$$

4. Ядролық реакцияның шығу энергиясын Эйнштейн формуласы бойынша табу:

$$E_{\text{шығу}} = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}.$$

Есте сақтандар!

Ядролық реакцияның шығу энергиясын анықтау алгоритмі:

1. Реакцияға түсетін ядролардың массасын анықтаңдар.
2. Реакциядан кейінгі ядроның массасын анықтаңдар.
3. Массалар айырмасын 931,5 МэВ аудару коэффициентіне көбейтіндер.
4. Қажет болған жағдайда энергия мәнін Дж-ге аударыңдар:
 $1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$

Егер $E_{\text{шығу}} > 0$ болса, онда реакция энергия бөле отырып жүреді, егер $E_{\text{шығу}} < 0$ болса, онда энергия жұтылады.



Назар аударындар!

Барлық жұлдыздар сутек және гелий ядроларынан тұратын жоғары температуралы плазма болып табылады. Жоғары қысым мен температуралың әсерінен жұлдыздардың қойнауында термоядролық реакциялар жүреді. Құн секундына $4 \cdot 10^{26}$ Дж энергия бөліп, 4 млн тоннаға жуық массасын жогалтады. Жұлдыздарда сутек жанғанда гелий түзіледі. Сутек пен гелийдің қатынасы бойынша жұлдызының жасын анықтауға болады. Термоядролық синтез нәтижесінде периодтық жүйедегі барлық элементтер пайда болады. Казіргі кезде Күннің шамамен 75 %-і сутектен, 25 %-і гелийден тұрады, барлық басқа элементтер жалпы массаның 0,2 %-ін құрайды.

V Радиоизотоптар. Радиоактивті изотоптарды қолдану

Табиғатта кездесетін химиялық элементтердің изотоптарының жартылай ыдырау периодтары ұзаққа созылады. Ұзак уақыт бойында радиоактивтік қасиетін сақтай отырып, олар жоғары радиациялық фон түзеді.

Ядролық реакциялардың көмегімен жартылай ыдырау периодтары ұзақ та, қысқа да барлық химиялық элементтердің радиоактивті изотоптарын алуға болады.

Радиоизотоптар – химиялық элементтердің ядролық реакциялар нәтижесінде жасанды жолмен алынған тұрақсыз ядролары.

Жартылай ыдырау периоды қысқа радиоизотоптар өндірісте, ауылшаруашылығында, медицинада, биологияда кең қолданысқа ие болды. Радиоактивті элементпен жүретін кез келген физикалық процесті немесе химиялық реакцияны бақылау әдісі «таңбалы атомдар әдісі» деп аталады. Радиоактивті изотоптардың басқа бөлшектермен әрекеттесуі және қозғалысы олардың радиоактивтілігі бойынша бақыланады. Осы әдіспен ағзасындағы зат алмасу зерттелген. Адам ағзасындағы барлық атомдар қысқа уақыт ішінде жаңарып отыратыны анықталған, тек эритроциттің құрамына кіретін темір атомы ғана өзгермейді. Темірдің адамның ағзасындағы қоры біте бастағанда ғана, ол тағамдардан сіңіріліп, қалпына келтіріледі.



Жауабы қандай?

Неге биологияда, медицинада, ауылшаруашылығы және өндірісте «таңбалы» атомдар ретінде жартылай ыдырау периодының мәні өтеп аз изотоптар қолданылады?

VI Радиоактивті сәулеленуден қорғану

Ядролық сәулеленуді, тіпті сәулелену дозалары үлкен болса да, адамның сезім мүшелері сезбейтіні қауіпті. Радиоактивті сәулеленуге ұшырамау үшін одан қорғану қажет. Радиациялық зақымдану ошактарында жүргүзілген болмайды.

Радиоактивті препараттармен жұмыс жасағанда нұсқаулықтарға сәйкес, арнайы костюмдермен жұмыс істеу керек. Препаратты арнайы контейнерден суырмаған абзал, контейнер қақпағын ашқанда сәулелену түзу сызық бойымен тарайтынын әрдайым есте сактау қажет. Сәулелену зертхана қабыргала-рынан шағылуы мүмкін екенін ескерген жөн. Радиоактивті қалдықтарды көріз жүйесіне төгүге болмайды.

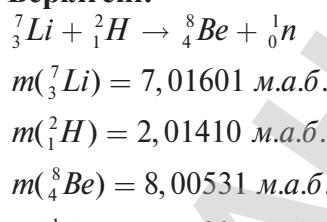
Бұл қызық!

ҚР Ұлттық ядролық орталығы Семей полигонының бірегей эксперименттік базасының арқасында қуатты ғылыми-зерттеу зертханасына айналды. Орталық халықаралық Ресей, Франция, АҚШ, Жапония елдеріндегі серіктестерімен бірігіп, ядролық сынақтар зардаптарын жою мәселе сімен айналысада. Оның барлық жетістіктері Елбасы Н.Ә.Назарбаевтың қатысуымен жазылған «Бұрынғы Семей сынақ полигонын қауіпсіз жүйеге келтіру бо-йынша ғылыми-техникалық және инженерлік жұмыстар кешенін жүргізу» атты үш томдық басылымда көрініс тапты. Үштомдық З тілде (қазақша, орысша, ағылшынша) жарық көрді және әлем кітапханаларына және ғылыми ұйымдарға таратылды.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

${}^7_3Li + {}^2_1H \rightarrow {}^8_4Be + {}^1_0n$ ядролық реакциясы кезінде қанша энергия бөлінеді?

Берілгені:



Шешуі:

Реакцияға түсетін ядролардың массасын анықтаймыз: $m_1 = m({}^7_3Li) + m({}^2_1H)$
 $m_1 = 7,01901 \text{ м.а.б.} + 2,01410 \text{ м.а.б.} = 9,03011 \text{ м.а.б.}$
Ядролық реакция нәтижесінде алынған ядролардың және бөлшектердің массасы:
 $m_2 = m({}^8_4Be) + m({}^1_0n)$;
 $m_2 = 8,00531 \text{ м.а.б.} + 1,00866 \text{ м.а.б.} = 9,01397 \text{ м.а.б.}$

Реакцияға дейінгі және кейінгі ядролар массасының айырмасын табамыз: $\Delta m = m_1 - m_2$;

$$\Delta m = 9,03011 \text{ м.а.б.} - 9,01397 \text{ м.а.б.} = 0,01614 \text{ м.а.б.}$$

Эйнштейн теңдеуін қолданып, реакцияның шығу энергиясын анықтаймыз:

$$E_{\text{шығу}} = \Delta \cdot 931,5 \text{ МэВ};$$

$$E_{\text{шығу}} = 0,01614 \text{ м.а.б.} \cdot 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{м.а.б.}} = 15 \text{ МэВ}.$$

Жауабы: $E_{\text{шығу}} = 15 \text{ МэВ}.$

Бақылау сұрақтары

1. Қандай реакция термоядролық реакция деп аталады?
2. Алғашқы термоядролық реакция қандай құрылғыда жүргізілді?
3. Шығу энергиясы дегеніміз не?
4. Ядролық реакцияның шығу энергиясын қалай анықтайды?
5. Қандай жағдайда энергия жүтілді, қандай жағдайда бөлінеді?
6. Жұлдыздардың сәулелену табиғаты қандай?
7. Радиоизотоптар деп қандай бөлшектерді атайды?
8. «Таңбалы атомдар әдісінің» мәні неде?

★ Жаттығу

40

1. Екі протонды біріктіру термоядролық реакциясы нәтижесінде дейtron және нейтрино түзіледі. Тағы қандай бөлшек пайда болады?
2. Реакциялар нәтижесінде энергия бөліне ме, әлде жүтыла ма:
$${}_4^9Be + {}_1^2H \rightarrow {}_5^{10}B + {}_0^1n;$$

$${}_3^7Li + {}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + {}_2^4He ?$$

🏠 Жаттығу

40

1. Дейтерийдің γ -сәулелерімен бөлінуі үшін қажетті γ -кванттың ең аз энергиясын анықтаңдар:
$${}^1_1H + \gamma \rightarrow {}^1_1H + {}_0^1n .$$
2. Термоядролық реакция кезінде қандай энергия бөлінеді:
$${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}_0^1n ?$$

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Жұлдыздың пайда болуы мен өшүі.
2. Судан сутекті қалай алады?
3. ITER техникалық жобасы.
4. ҚР-да және басқа елдерде өндіріс, ауылшаруашылығы және медицина салаларында радиоизотоптарды қолдану.
5. Радиоактивті сәулеленудің тірі ағзаларға әсерінің салыстырмалы талдауы.
6. Семей ядролық полигонындағы ядролық жарылыстар салдары.

§ 41. Элементар бөлшектер

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- элементар бөлшектердің жіктеуді үйренесіндер.

2

Жауабы қандай?

1. «Атом» сөзі қазақшаға аударғанда қандай мағына береді?
2. Элементар деп қандай бөлшектерді атайды?
2. Элементар бөлшектердің басқа бөлшектерден қандай белгілері бойынша ажыратасындар?

1

1-тапсырма

Фотон, протон, нейтрон, электрон, позитронның анықтамаларын жазыңдар.



229-сурет. Энергия кванты – фотоннан бөлшектер жұбы – электрон мен позитронның пайда болуы

I Элементар бөлшектер

Біз элементар бөлшектерді бөлінбейтін ұсақ бөлшектер деп түсінеміз. Демокрит атомдарды элементар бөлшектер деп санады және оларды «жаратылыс кірпіштері» деп атады.

Атомдық құбылыстарды және ядролық өзара әрекеттесуді зерттеу ғалымдарға микроәлем құпияларына жол ашты. XIX ғ. аяғы – XX ғ. басындағы радиоактивтіліктің ашылуы, Э.Резерфорд және Д.Чедвиктің атом құрылышын зерттеу бойынша жасаған тәжірибелері атомның құрылышы құрделі екенін көрсетті. XX ғ. ортасында физиктер фотонды, протонды, нейтронды, электронды және позитронды элементар бөлшектерге жатқызыды.

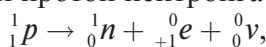
Элементар бөлшектер – өз құрамы болмайтын бөлшектер.

II Антибөлшектер

1928 жылы ағылшын физигі Поль Дирак электронның қозғалыс теориясын жасады, бұл теория бойынша ол теріс зарядталған да, он зарядталған да бола алады. 1932 жылы америкалық физик Карл Дейвид Андерсон ғарыштық сәулелерден оң зарядталған электронды тауып, бөлшектеке позитрон деген атау берді. Кейінірек 1933 жылы ғалымдар элементар бөлшектердің қозғалысы мен әрекеттесуін бақылауға арналған Вильсон камерасында γ -кванттың затпен әрекеттесуінің нәтижесінде позитрон-электрон жұбының туылуын бақылады (229-сурет):

$$\gamma \rightarrow {}_{-1}^0 e + {}_{+1}^0 e.$$

1934 жылы Ирен және Фредерик Жолио-Кюри β^+ -ыдырауды ашты. β^+ -ыдырау нәтижесінде радиоактивті ядродан позитрон бөлінеді, осы кезде ядродагы протон нейтронға айналады:



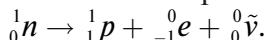
мұндағы ${}_{0}^0 \nu$ – нейтрино.

Мұндай ыдырауга ${}_{15}^{30} P$ фосфор изотопының ядросы түседі: ${}_{15}^{30} P \rightarrow {}_{14}^{30} Si + {}_{+1}^0 e + {}_{0}^0 \nu$.

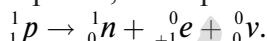
Позитрон электронның антибөлшегі болып табылады. Бөлшек пен антибөлшек бір-бірімен әрекеттескенде энергия квантын түзіп, жойылады. Бөлшектердің өзара әрекеттесу кезінде жойылу құбылысын *аннигиляция* деп атайды. Физиктер әрбір элементар бөлшектің антибөлшегі бар деп болжады. 1955 жылы *антипротон* табылды, ал 1956 жылы – *антинейтрон*, 1969 жылы *антигелий* алынды. Гелий және антигелийдің өзара әрекеттесуі заттың $E = mc^2$ энергия мөлшері бөліне отырып, жойылуына алып келеді.

III Элементар бөлшектердің басқа бөлшектерге айналуы

1932 жылы Д.Чедвик нейтронды ашып, ол бөлшек тұрақсыз екенін, нейтрон протонға, электронға және антинейтриноға ыдырайтынын анықтады:



Нейтронды нақты осы бөлшектерден тұрады деп кесіп айтуда болмайды, себебі өз кезегінде протон нейтронға, позитронға және нейтриноға ыдырайды:



Ғаламның құрылышын зерттеу және оның материаласының құрамын анықтау үшін ғалымдар зарядталған бөлшектерді үдептіштерді жасап шығарды. Физиктер жылдам бөлшектерді соқтығысу арқылы бұзып, олардың құрамын анықтауға тырысты. Жасалған эксперименттер күтпеген нәтиже берді: жаңадан пайда болған бөлшектердің массасы соқтығысқан бөлшектердің массасына жуық және одан да жоғары, сонымен бірге соқтығысудан кейін бөлшектердің саны арта түскен. Соқтығысатын бөлшектердің кинетикалық энергиясын арттырғанда массасы жоғары жаңадан пайда болған бөлшектердің саны да артқан. Қазіргі кезде 400-ден астам элементар бөлшектер белгілі, олар басқа бөлшектерге айнала алады. *Барлық элементар бөлшектер өзара әрекеттесу кезінде басқа бөлшектерге айналу қабілетіне ие.*

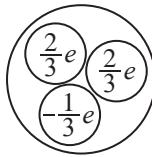
IV Нуклондардың құрамы

1964 жылы америкалық ғалымдар Мюррей Гелл-Ман және Джордж Цвейг бір-бірінен тәуелсіз кварктарден тұратын нуклондардың моделін ұсынды. Кварктар бөлшек түріндегі $+ \frac{2}{3}e$ және $- \frac{1}{3}e$ электр зарядына ие. Протондар мен нейтрондарда 3 кварктен болады (230-сурет). Кварктар арасындағы өзара әрекеттесу глюондар деп аталатын бөлшектер арқылы жүреді.

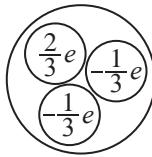


Жауабы қандай?

1. Не себепті нейтрон протоннан тұрады деп тұжырымдауға болмайды?
2. Жылдам бөлшектердің соқтығысусы кезінде неге массасы соқтығысатын бөлшектерден артық бөлшектер пайда болады?
3. Бөлшектердің ғарыштық жылдамдыққа жақын жылдамдыққа дейін үдемту үшін неге үлкен көлемді үдептіш қажет?



Протон



Нейтрон

230-сурет. Нуклондардың: протон мен нейтронның құрамы

V Фарыштық сәулелер

Табиғатта энергиялары қазіргі заманғы үдегіштердегі үдемелі бөлшектердің энергиясынан мындаған есе көп болатын элементар бөлшектер кездеседі. Фалымдар осы бөлшектердің энергиялары шамасын бағалап, бөлшектер массасы галактика массасымен салыстырмалы нысандармен үдегіледі деген корытындыға келеді. Біздің Галактикада массасы 10^6 Күн массасына тең қара құрдым бар. Біздің Галактиканың массасы – 10^{11} Күн массасына тең. Бөлшектерді ең жоғары энергияға дейін үдете алатын қара құрдымдардың массасы біздің Галактиканың массасымен салыстыруға келетін 10^9 Күн массасына тең. Фалымдардың пайымдауынша, осындай қара құрдымдар элементар бөлшектердің үдегікіші болып табылады. Жанама бақылаулар фарыштық сәулелер осындай активті галактикалардан келетінін көрсетеді.

VI Фаламның даму хронологиясы

Эйнштейннің салыстырмалылық теориясы бойынша Фалам тығыздығы өте жоғары және энергиясының мөлшері шексіз нүктеден жарылыс нәтижесінде пайда болған. Бұл оқиғаға фалымдар «Улken жарылыс» деген атап берген.

Орыс ғалымы А.А.Фридман Фалам қазіргі уақытта үлғауда деген қорытынды жасады. Эксперимент жүзінде үлғауды америкалық астроном Эдвин Хаббл ашты. *Фалам соңғы бірнеше миллиард жылда кемімелі емес, үдемелі үлғауда.*

Заманауи ғылымдардың жетістіктерін пайдаланып, ғалымдар Фаламның үлкен жарылыстан кейінгі алғашқы сәтінен бастап дамуының хронологиясын жасап шығарды (*231-сурет*).



231-сурет. Фаламның даму деңгейлері

Жарылыстан кейін 10^{-43} секунд уақыт мезетінде Ғалам қатты қызды және аса тығыз күйде болды. Осы сәтте туындаған барлық құштер бір «суперқүшке» біріктірілді. 10^{-35} секундта «суперқүш» Ғаламды субатомды бөлшек өлшемінен ғарыштық масштабка дейін үлкейтті. 10^{-32} секундтан кейін элементар бөлшектер пайда болды, 10^{-6} секундта кварктар, содан кейін протондар мен нейтрондар пайда болды.

Жарылыстан кейін 200 секунд өткенде 10^6 °С температурада протондар мен нейтрондар атом ядроларын түзді. 20 минут ішінде Ғаламның температуrasы төмендегендіктен, ядролардың түзілу процесі тоқтады. Ең соңынан Ғаламдағы ең көп тараған химиялық элементтер – сутек пен гелий ядролары түзілді.

300 мың жылдан кейін Ғалам 10^3 °С-ге дейін суиды, электрондар ядролармен бірге бірінші атомдарды түзеді, Ғалам жарық өткізу қабілетіне ие болады.

Алғашқы жұлдыздар 200 млн жылдан кейін жанған болатын, 1 млрд жылдан кейін галактикалар деп аталатын жұлдыз шоғырлары пайда болды. Үлкен Жарылыстан кейін 9 млрд жыл өткен соң, ғарыштық ұлғаюды тежейтін гравитациялық құштер Ғаламның ұлғаюын үдегеттін құпия құштер – «қара энергияның» антигравитациялық әсерінен жеңіле бастады.

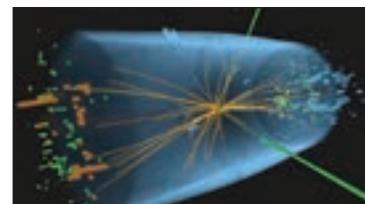
9,1 млрд жыл өткеннен кейін «Құжолы» галактикасында тасты жыныстармен және газды дискпен қоршалған кішірек Күн жұлдызы пайда болды. Алып сыйықтар соқтығысып және бірігіп, Жер, Ай және басқа планеталарды түзді.

VII Адрондық колладер

«Үлкен жарылыстың» табиғатын түсіну үшін ғалымдар планетамыздағы ең үлкен элементар бөлшектердің үдегеткіші – үлкен адрондық колладерде эксперимент жүргізеді (232-сурет). Үдегеткіш сақинасының ұзындығы 27 километрді құрайды. Ол үдегеткіште 2008 жылдан бастап жылдам бөлшектердің өзара әрекеттесуі бойынша эксперименттер жүргізіледі. Колладерде Үлкен жарылыс кезіндегі энергия мәніне жақын, бірақ одан кем түсетін, энергиясы бар протондар, нейтрондар және басқа да бөлшектер соқтығысады (233-сурет). Демек жарылыс кезінде не болғанын және болашақта не болатынын тек қана теория жүзінде болжауға болады.



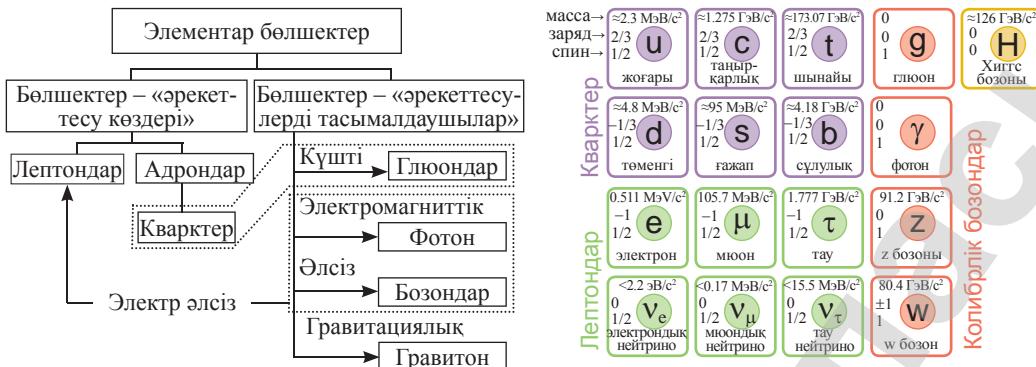
232-сурет. Адрондық колладер



233-сурет. Элементар бөлшектердің соқтығысы

2-тапсырма

234 және 235-суреттерді қарандар. Зат атомы (молекуласы) қандай бөлшектерден тұрады? Олар қандай бөлшектер арқылы өзара әрекеттеседі? Атом моделін бейнелеңдер.



234-сурет. Зат пен өрістің
бøлшектери

235-сурет. Элементар бøлшектердің
стандарттың модели

Бақылау сұрақтары

- Қандай бøлшектерді элементар бøлшектер деп атайды?
- Бøлшек пен антибøлшектің ұқсастығы мен айырмашылығы неде?
- Бøлшек пен антибøлшектің өзара әрекеттесуі кезінде не орын алады?
- Барлық элементар бøлшектер қандай негізгі қасиеттерге ие?
- Нуклондар құрамы қандай?
- Ғалам дамуының негізгі деңгейлерін атаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

- Үлкен адрондық коллайдер жұмысы.
- Элементар бøлшектердің жіктелуі.

7-тараудың қорытындысы

| Масса ақауын есептеу формулалары | Байланыс энергиясын есептеу формулалары |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A = N + Z$ $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_a$ $M_a = M_a - Zm_e$ $\Delta M = ZM(^1_1H) + Nm_n - M_a$ | $E_{байl} = \Delta M \cdot c^2$ $E_{байl} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}$ $E_{менни} = \frac{E_{байl}}{A}$ |
| Радиоактивті ыдырау заңы | Ядролық реакцияның шығу энергиясын есептеу формулалары |
| $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ $\Delta N = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ | $E_{шығу} = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}$ $\Delta m = m_1 - m_2$ |

Глоссарий

Массалар ақауы – нуклондардың тыныштық массаларының қосындысы мен ядроның тыныштық массасының айырмасы.

Изотоптар – протондар саны бірдей, нейтрондар саны әртүрлі ядролар.

Нейтрондардың көбею коэффициенті – қандай да бір «буындағы» нейтрондар санының алдыңғы «буындағы» нейтрондар санына қатынасы.

Сындық масса – бөлінетін заттың тізбекті ядролық реакция жүруі мүмкін ең аз массасы.

Нуклондар – ядро құралатын бөлшектер: протондар мен нейтрондар.

Жартылай ыдырау периоды – радиоактивті ядролардың жартысы ыдырайтын уақыт.

Радиоизотоптар – химиялық элементтердің ядролық реакциялар нәтижесінде жасанды жолмен алынған тұрақсыз ядролары.

Термоядролық реакция – 100 млн К-нен жоғары температураларда женіл ядролардың бірігі.

Меншікті байланыс энергиясы – бір нуклонға сәйкес келетін байланыс энергиясы.

Тізбекті ядролық реакция – жаңа ядроларға бөлінетін нейтрондар туындастын ауыр ядролардың бөліну реакциясы.

Элементар бөлшектер – өз құрамы болмайтын бөлшектер.

Шығу энергиясы – ядролық реакция нәтижесінде бөлінетін немесе жұтылатын энергия.

Байланыс энергиясы – ядроны нуклондарға толық ыдыратуға жұмсалатын энергия.

Ядролық реакция – атом ядроларының басқа элементар бөлшектермен немесе бір-бірімен әрекеттескен кезде өзгеруі.

Ядролық күштер – ядрода нуклондарды ұстап тұратын күштер.

Қорытынды

ӘЛЕМНІҢ ҚАЗІРГІ ФИЗИКАЛЫҚ БЕЙНЕСІ

Тарауды оқып білу арқылы сендер:

- адамның дүниетанымдық, көзқарасының қалыптасуына физика және астрономияның дамуының ықпалын түсіндіруді;
- жана технологиялардың артықшылығы мен қоршаған ортаға ықпалының қауіптілігін бағалауды үйренесіндер.

§ 42. Физика мен астрономияның дүниетанымдық маңызы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- адамның дүниетанымдық көзқарасының қалыптасуына физика және астрономияның дамуының ықпалын түсіндіре аласындар.

Гылым логикалық байланыстар мен табиғат жаратылысындағы ақиқатты тануды бәрінен де жоғары қояды

Сазанов А.А.

Жауабы қандай?

- Ежелгі адамдар қоршаган әлемді қалай елестеткен?
- Адамның қоршаган ортаға көзқарасы неге өзгереді?
- Адам көзқарасына қандай факторлар әсер етеді?
- «Ғылыми көзқарас» түсінігі нені білдіреді?

1-тапсырма

Физика ғылымы мен діни көзқарастардың қайшылықтарына мысал келтіріндер.

2-тапсырма

Ғылымдағы және техникадағы жетістіктердің адам көзқарасының өзгеруіне ықпалына мысалдар келтіріндер.

3-тапсырма

Бізді қоршаган әлемді механика, электродинамика және кванттық физика зандарының негізінде сипаттанадар. Өз көзқарастарынды XVII, XIX, XX ғасырдағы көзқарастармен салыстырындар.

I Физика және философия

Физика Галилео Галилейдің (1564–1642) арқасында нақты ғылым ретінде пайда болды. XVII–XIX ғасыр ғалымдарының басым көшілігі университеттердің болды. Физикаға, астрономияға, химияға, математикаға нақты бөліну болмады. Кант, Декарт сияқты философтар жаратылыстанушылар ретінде, ал Гельмгольц, Пуанкаре, Ньютон сияқты физиктер философтар ретінде танылды.

Табиғат құбылыстарын ешқандай сыртқы себептерге жүгінбей, табиғатқа ғана сай заңдылықтармен түсіндіру ғылымның зор жетістігі болып табылады. Аспан денелерінің тартылысын, адамның қорегінің химия-биологиялық энергиясының сүйек-бұлышық ет жүйесінің механикалық жұмысына түрленуін, механикалық қозғалыстың әртурлілігін ғылыми түрғыдан түсіндіруге болады. Бірақ адамды белгілі бір әрекетке итермелейтін ой импульсі физика немесе биологияның ортақ заңдарына бағынбайды. Шығармашылық ойлау мен еріктің болуы жаратылыстануды зерттеушілер мен философтардың назарынан тысқалмауы керек.

II Вернадский ноосфера жайлы.

Әлемге қазіргі көзқарастар

В.И.Вернадский еңбектерінде Жер биосфера-сында «*homo sapiens*» – саналы адам пайда болғаннан бастап, планетада сана сферасы – ноосфераның қалыптасуы басталады деген түсінік кеңінен қарастырылған. Адамның мүмкіндігі мен табиғатқа ықпалы артқан сайын, тұрмыстық тұтынушылық барынша күшейіп, планета

экологиясының тұрақтылығын бұзатын күшті факторға айналды. Оған XX ғасырдың соңындағы Сібір өзендерінің бағытын өзгерту жайлыш жоспарларды мысалға келтіру жеткілікті. Суды Ертіс бойымен кері қарай, содан кейін Торғай өнірі арқылы Қазақстанға, Сырдария мен Әмударияга бағыттау жоспарланған болатын. Жақын болашакта бірнеше маңызды бағыт бойынша ғаламдық сипаттағы апартарды күтүге болады. Қазір адамзат өзінің Жердің шын мәніндегі сана сферасы болу қабілеттінің бар немесе жоқ екенін анықтауы керек. Қабілеттілігін дәлелдеудегі бірінші қадам өнеркәсіп саласында табиғи ресурстардың сарқылуына шек қоятын саналы өзгерістер болуы керек. Одан кейінгі кезекте ғылым мен техника шеше алатын астероидтармен соқтығысадының алдын алу шаралары тұр.

Содан кейін адамдар планетаның климаттық жағдайын басқаруды өз қолдарына алыш, адам әсері болмаған кездегідей нәтижелерге болса да қол жеткізуі керек.

Жердегі даму сатысындағы адамзат бұл мәселелерді шешуге дайын болмағанша, жағдайды талдау, дамудың тиімді нұсқаларын таңдау және оларды іске асыру құдіретті және даму деңгейі жоғары, жердің эволюциясын басқаратын ғарыштық ой-санага тиесілі екенін мойындау шындыққа жанасады. Мұны адам баласының жас кезінде үлкендердің қамқорлығына зәру болатынына, ал өсе келе өз өмірі үшін бар жауапкершілікті өз мойнына алатынына ұқсатуға болады.

Бұл қызық!

Жер бетінде тіршіліктің сақталуы мен дамуы үшін Жер бетінің орташа температурасының мәні мен атмосфераның химиялық құрамы миллиондаған жылдар бойы өзгермеуі керек. Биосфера параметрлерінің мәнін өзгеріссіз ұстап тұрудың Жер бетінде тіршілікті сақтап қалу үшін қажет екенін түсіндіруге талпыныс планетаны ортаның өзгерісіне қарамастан маңызды сипаттамаларын сақтайтын тірі ағза түрінде көрсетуге саяды. Сонымен қатар Жер және ғарыштық орта сипаттамалары кездейсоқ өзгерген жағдайда пайда болған әртүрлі қауіптен қалай аман қалғанын түсіндіру үшін тірі жерге жоғары дамыған интеллект те беру керек (236-сурет).

(А.Д.Армандтың «Гея» эксперименті.
Тірі Жер мәселесі» монографиясынан)



Владимир Иванович
Вернадский (1863–1945) –
зерттеуші-ғалым, қоғам қайраткері, биогеохимия ғылыминың негізін салушы.



236-сурет. Тірі жер

Вернадскийдің көзқарастары қазіргі кезде іске асып жатыр. Астероидтармен соқтығысу қаупіне байланысты мәселе шешілуде. Ресейде осы мақсатта ғаламдық масштабтағы қару ойлап табылды. Суперқарудың авторы – техникалық ғылымдар докторы Виктор Моторин. Гамма-лазерден ату диаметрі жүздеген метрге тең нысанды (мысалы, Апофис астероиды) жоюға мүмкіндік береді. Гамма-лазерге РФ – RU 2243621 патенті берілген. Бұл астероидтардан қорғанудың жалғыз жолы емес.

Планетадағы климаттық жағдайларды бақылау өзекті мәселеге айналып отыр.

III Ғарыш дәуірі

Қазіргі кезде адамзаттың ғарыш дәуіріне қадам басқаны туралы көп айтылады. Бұл әзірге тек ғарыш кемелерін ұшырудағы бастапқы жетістіктерге ғана негізделіп айтылып отыр. Ал жоғары деңгейде дамыған өркениеттер қоғамдастығына саналы, жауапкершілігі мол мүшеге ретінде ену үшін адамзаттың өмір сүру сипаты, іс-әрекеті, халықтардың, тым болмаса биліктегі басшылардың ой-санасы радикальды өзгеруі қажет екені туралы түсінік өте аз.

Сананы билеген классикалық ғылымдық көзқарастың жетегімен біз ғарышпен қарым-қатынас жасауға дамыған техниканы қажет ететін қашықтық пен уақыт бөгет болуда деп ойлаймыз. Алайда адамзат тарихынан рухани дамымаған өркениеттің қоршаған орта мен басқа халықтарға тигізетін әсерінің зардалтары туралы көптеген мысалдар келтіруге болады. Жердегі адамзаттың басқа планеталарға немесе жұлдызды жүйелерге не апаруы мүмкін екенін және ол сапардан не күтетінін жұлдыздар соғыстары туралы фильмдерден көруге болады. Сондықтан дамымаған өркениеттердің ғарыштық оқшаулануын жақсы нышан деп қабылдау керек. Жұлдыздарға жол салу жоғары дамыған мәдениетке сәйкес келетін рухани кемелдену арқылы мүмкін болатынын

4-тапсырма

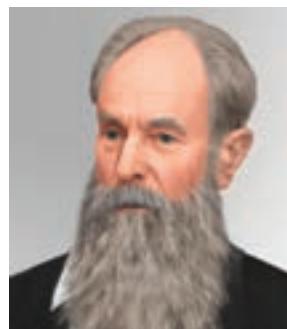
Жердің астероидтармен соқтығысуының зардалтарын талқыланадар. Динозаврлар Жер алып астероидпен соқтығысқаннан кейін жойылды деп тұжырымдауға бола ма? Кіші мұз дәүірі Жердің астероидтармен соқтығысуының нәтижесі деп тұжырымдауға бола ма?



Назар аударыңдар!

Біздің Жер-үйімізде тәртіптің күшеюі басым, әрбір кезең келесі кезең сәтті өтуі үшін қажетті жағдайды қалыптастырады.

(А.Д. Арман)



Алексей Давидович

Арман – РFA география институтының қызметкері, география ғылымдарының докторы, Әлем мен тірі Жердің ақпараттық құрылымдары иерархиясын жасау мәселе сіне қатысты көптеген еңбектер жазған. «Гея» эксперименті. Тірі Жер мәселе сі» монографиясы (2001) үшін А.А. Григорьев атындағы сыйлықтың иегері атанды.

түсінуге тиіспіз. Басқа жұлдызды жүйелер мен галактикалардан ғарыштық сананы іздеуді жалғастыра отырып, Жердегі өмірімізді дамыту және кемелдендіру мәселесін ұмыт қалдыруға болмайды.

Бақылау сұрақтары

1. Физика және астрономия ғылымының дамуы ғылыми көзқарастың қалыптастына қалай әсер етеді?
2. «Көзқарас» пен «ғылыми көзқарас» түсініктерінің айырмашылығы неде?
3. Неге қазіргі өркениеттер «рухани дамыған» болуы керек?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Жерді астероидтардан қорғау жобалары.
2. Ғаламдағы сана.
3. Климатты басқару перспективалары.

§ 43. Экологиялық мәдениет

Күтілетін нәтиже

Осы параграфтың иегергенде:

- жаңа технологиялардың артықшылығы мен қоршаған ортаға ықпалының қауіптілігін бағалауды үйренесіндер.



Жауабы қандай?

1. Неге баламалы энергия көздеріне өтү қажет?
2. Араптар неге жойылуда? Бұл қандай ғаламдық экологиялық зардаптарға әкелуі мүмкін?
3. Жер климатын басқару мүмкін бе?
4. Жердің климаттық жағдайларына қандай факторлар елеулі әсер етеді: антропогендік пе өлде ғарыштық па?



1-тапсырма

Планетамызды және Жердегі термодинамикалық жағдайларды сипаттайтын параметрлерді едәүір өзгерте алатын өздеріне белгілі факторларды атандар. Бұл мәселелерді шешу жолдарын ұсынындар.



Назар аударындар!

Дамыған елдерде түйікталған қалдықсыз технологиялық процесс, яғни қалдықсыз өндіріс процесі колданылады.

I Ноосфера

Біз адамзаттың түрлендіруші әрекеті, қоршаған ортаға әсері ғылыми және ақылға қонымыды түсінікке негізделуі қажет кезеңге қадам бастық. Ол міндетті түрде «табиғат мұдделерімен» сәйкес келуі керек. Адамзат планета эволюциясына жауапты, стихиялы даму биосфераны адамзаттың тіршілік етуіне жарамсыз етеді. Осыған байланысты адамзат өз қажеттіліктерін биосфера мүмкіндіктерімен салыстыра білуі керек.

ХХ ғасырдың басында Владимир Иванович Вернадский биосфераның «ноосфераға» ауысуы теориясын жасады. Оның идеясында адамға және оның санасына бүкіл Ғаламдағы маңызды рөл беріледі. Вернадскийдің ноосфера туралы теориясының негізі мынада: табиғат қана адамға әсер етпейді, кері байланыс та бар, ол – адамның қоршаған ортаға әсері. Адамның табиғатқа әсер етуінің салдары туралы ескертे келе, Вернадский: «*Адам Жердің бейнесін өзгертетін геологиялық күшке айналуда*», – деп жазды.

II Адамның табиғатқа әсері. Техносфера

Өнеркәсіптің дамуы, индустримальдыру, ғылыми-техникалық төңкеріс, ормандарды жаппай кесу, алып зауыттарды, атом, жылу және су электрстансыларын салу, топырактың тозуы және шөлге айналуы ғаламдық қауымдастықтың алдына адамның биологиялық түр ретінде аман қалуы мен сақталуы мәселесін тудырды.

Техносфера бұрынғы ландшафтарды өзгертіп, жаңаларын құрып, Жердің барлық қабаттары мен сфераларына, ел алдымен биосфераға белсенді түрде әсер етіп, табиғатты барынша түрлендіру үстінде. Табиғатқа ойланбай әсер ету салдары өте ауыр болуы мүмкін. Өндіріс қалдықтарынан қалыптасатын техникалық ландшафттар, аймақтардағы тіршілік белгілерінің жойылуы – бұлар адамның қоршаған ортаға кері

әсерінің шынайы көріністері. Сонымен бірге мұның барлығы осы мәселені шешудегі жаратылыстану және қоғамдық ғылымдардың өзара байланысының жеткіліксіз болуының салдары болып табылады (237, 238-суреттер).



237-сурет. Якутиядағы алмаз кенінің



238-сурет. Шерубай-Нұра құм-қиырышқұ тас кен орны, Қарағанды облысы

III Экология. Экологиялық мәдениет

1922 жылы БҰҰ-ның қоршаған орта жайлы алғашқы конференциясында Жер биосферасының ғаламдық экологиялық дағдарысқа ұшырағаны ресми түрде айтылды. Өсімдіктер мен жануарлардың мындаған түрлері жойылды және жойылу үстінде; орман жамылғысы едәуір көлемде күртілды; пайдалы қазбалардың бар қоры қарқынды түрде азаюда; тірі ағзаларды жою нәтижесінде дүниежүзілік мұхит азып жатыр, сондай-ақ ол табиғи процестердің реттеуеші болуын тоқтатуда; атмосфера көптеген жерлерде шекті нормаларға дейін ластанған.

Ғарышқа ұшу басталысымен экология мәселелері ашық ғарыштық кеңістіктікте де орын алды. Адамның ғарыштағы әрекеттерінен кейін жойылмаған қалдықтар ғарышта жинақталады, ол өз кезегінде өзекті мәселеге айналып жатыр. Ғарыш экологиясы мәселесі туралы қазірден айта беруге болады. Ғарышқа ұшудың Жер атмосферасында озон тесіктерінің пайда болуына тигізетін әсері туралы мәселелер әлі де шешімін тапқан жок.

Антрапогендік әрекеттің нәтижесінде табиғаттың жойылу қаупі бар. Жерді және оның ресурстарын жөнсіз пайдалану салдарынан, өзінің Ғаламдағы орны мен жағдайын дұрыс түсінбегендіктен, адамзатқа жойылып кету қаупі төніп тұр. Сондықтан қазіргі кезде табиғатты «дұрыс» қабылдау мәселесі «экологиялық мәдениетпен» бірге алдыңғы қатарға қойылуда.



Есте сақтаңдар!

Қазақстан Республикасында азаматтардың экологиялық ақпараттарға қолжетімділігін қамтамасыз етуді реттейтін заңнамалық база қалыптасқан.

Экологиялық кодекске сәйкес экологиялық ақпарат мынадай мағлұматтар мен деректерден тұрады:

- қоршаған органдың жағдайы;
- қоршаған ортаға ықпал ететін факторлар, соның ішінде оның ластануы туралы;
- қоршаған ортаға ықпал ететін немесе ықпал ете алатын бағдарламалық, аймақтық және басқа да шаралар;
- экологиялық нормативтер және шаруашылық немесе басқа әрекетке қойылатын экологиялық талалтар;
- қоршаған органдың жағдайын жоспарланған немесе жүзеге асырылған шаралар және оларға қаржылай көмек көрсету;
- қоршаған ортаға ықпал ететін немесе ықпал етуге мүмкіндігі бар әрекеттер, инспекторлық экологиялық тексерулер және шешім қабылдау процестері, соның ішінде қоршаған ортаға қатысты есептеулер, талдаулар мен басқа да мағлұматтар;
- қоршаған орта жағдайының халықтың денсаулығына, қауіпсіздігі мен өмір сүру жағдайына, мәдениет нысандарына, ғимараттар мен құрылыштарға әсері.

Бұл қызық!

1998 жылы 25 маусымда Данияның Орхус қаласында қоғамның қоршаған ортаға қатысты мәселелер жөнінде ақпарат алу, шешім қабылдауға қатысу және әділліттікке қолжеткізу мүмкіндігі туралы Конвенция қабылданды.

IV Экологиялық мәселелерді шешу жолдары

Экологиялық мәселелерді шешу үшін алдымен тұтынушылық көзқарастан бас тартып, табиғатпен үйлесім табуға тырысқан дұрыс. Өндірісті экологиялық тазарту шаралары, табиғатты сақтайдын технологиялар мен өндірістерді қолдану, жаңа жобалардың міндетті түрде экологиялық сараптаудан өтуі, табиғат пен адам ағzasына қауіпсіз, қалдықсыз, тұйықталған технологиялық процестерге көшу қажет.

Табиғат пен адам арасындағы динамикалық тепе-теңдікті ұстап тұру керек. Адам табиғаттан алып қана қоймай, табиғи ресурстарды – ормандарды, қөлдер мен өзендердегі балықтарды, ұлттық саябақтарды, қорықтарды және т.б. қалпына келтіріп отыруға да міндетті

Табиғат ресурстарын, соның ішінде энергетикалық көздерді қолдануда саналы түрде өз-өзіне шектеу қою экологиялық жағдайдың жаксаруына әкеледі.

Қоғам өзінің табиғатқа және жануарлар әлеміне көзқарасын өзгертіп, өзінің барлық қажеттіліктерін өтеу принципінен бас тартып, табиғатпен арақатынаста үйлесімділікке қол жеткізуге талпынуы қажет.

2-тапсырма

Өз аймақтарыңың экологиялық мәселелерін және осы мәселені тұдымратын себептерді талқыландар.

Бұл қызық!

Қазақстан Республикасында стратегиялық жер қойнауы участеклерінің арналы тізбесі дайындалған, ол үнемі жаңарып отырады. Тізбе ҚР Үкіметінің 2018 жылғы 28 маусымдағы № 389 қаулысымен бекітілген. Параграфта осы тізбeden алынған уранның стратегиялық жер қойнауы участеклері көрсетілген.

Стратегиялық жер қойнауы участеклерінің тізбесі

| Пайдалы қазба | Жер қойнауы участексерінің атауы | Облыс | |
|---------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|--|
| | | Орналасқан жері | |
| Уран | Ағаш | Ақмола с.е. 53°19'0" ш.б. 71°35'0" | |
| Уран | Ақдала | Түркістан с.е. 45°31'0" ш.б. 68°40'0" | |
| Уран | Ақканбұрлық | Солтүстік Қазақстан с.е. 52°38'17" ш.б. 67°51'33" | |
| Уран | Баласауысқандық | Қызылорда с.е. 44°30'0" ш.б. 67°24'0" | |
| Уран | Буденов | Түркістан с.е. 44°45'0" ш.б. 67°41'0" | |

3-тапсырма

Интернет желісінен ҚР-ның стратегиялық кен орындары тізбесін тауып (барлығы 137), өздерін тұратын аймақта қандай кен орындары орналасқанын анықтаңдар. Кен орындарын менгеру аймақтың экологиялық жағдайына қандай өсер тигізеді?

Бақылау сұрақтары

1. «Ноосфера» сөзінің мағынасын түсіндіріңдер. Оны кім енгізген?
2. «Техносфера» сөзі нені білдіреді?
3. Техникалық жетістіктердің табиғатқа тигізген кері әсеріне мысалдар келтіріңдер.
4. Табиғат жағдайларын қалпына келтіретуге ықпал ететін техникалық жетістіктерге мысал келтіріңдер.

Шығармашылық тапсырма

1. Қазақстан Республикасының экологиялық кодексін қарастырыңдар.
 2. Өздерің тұратын аймақтың экологиялық мәселесінің шын мәніндегі себептерін анықтаңдар. Мәселені шешу жолдарын ұсыныңдар. Мүмкіндігінше оларды жүзеге асырыңдар.
 3. «Қайтарылмау нұктесі» ұғымы нені білдіреді? Біздің бұл нұктеге жеткенімізді дәлелдендір (ғалымдардың аты-жөндері мен олар жүргізген зерттеулерге сілтеме).
- Өздерің көрсеткен ғалымдардың көзқарастарын жоққа шығаратын мысалдар келтіріңдер.

Қосымшалар

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР ЖӘНЕ КЕСТЕЛЕР

- Зертханалық жұмыстарда оларды жүргізу мақсаты, қажетті құрал-жабдықтар көрсетілген, жұмыс барысы суреттермен, кестелермен және есептеу формулаларымен берілген.

1-қосымша. Зертханалық жұмыстар

№1 зертханалық жұмыс

Теңдемелі қозғалыс кезіндегі дененің үдеуін анықтау

Жұмыстың мақсаты: көлбек науамен қозғалып келе жатқан шар үдеуін өлшеу.

Құрал-жабдықтар: муфтасы және қысқышы бар штатив, металл науа, шар, цилиндр дене, өлшеуіш таспа, секундомер.

Қысқаша теория. Дене көлбек жазықтықта үдеумен қозғалып келеді, дененің

орын ауыстыруы мынаған тең болады: $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$.

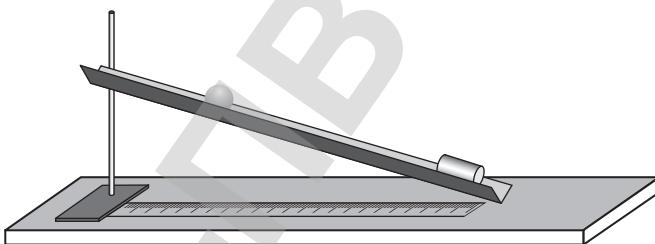
Бастапқы жылдамдық нөлге тең болғанда: $s = \frac{at^2}{2}$.

Есептеу формуласын аламыз:

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

Жұмысқа нұсқаулық:

- 1-суретте көрсетілген қондырғыны жинаңдар, науаның төменгі жағына цилиндр денені қойындар.



1-сурет

- Шарды науамен жіберіндер, шардың науамен қозғалу уақытын өлшендер.
- Өлшеуіш таспаның көмегімен шардың бастапқы орнынан цилиндрге дейінгі арақашықтықты анықтаңдар.
- Өлшеу нәтижелерін кестеге жазындар.

| № р/с | Өлшеу нәтижелері | | Есептеу нәтижелері | |
|----------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| | Арақашықтық $s, \text{ м}$ | Қозғалыс уақыты $t, \text{ с}$ | Үдеу $a, \text{ м}/\text{с}^2$ | Үдеудің орташа мәні $a_{\text{орт}}, \text{ м}/\text{с}^2$ |
| 1 | | | | |

- Науаның көлбек бұрышын өзгертпей, тәжірибелі 5 рет қайталаңдар.
- Әр тәжірибе үшін (1) формула бойынша шардың үдеуін есептеңдер, нәтижені кестеге жазындар.

7. Келесі формула бойынша үдеудің орташа мәнін есептендер:

$$a_{\text{опт}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5}.$$

8. Эрбір өлшеуден кейін абсолюттік қателікті:

$$\Delta a = |a_{\text{опт}} - a|,$$

абсолюттік қателіктің орташа мәнін:

$$\Delta a_{\text{опт}} = \frac{\Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3 + \Delta a_4 + \Delta a_5}{5},$$

салыстырмалы қателікті:

$$\varepsilon = \frac{\Delta a_{\text{опт}}}{a_{\text{опт}}} \cdot 100\%$$

анықтап, статистикалық әдіспен өлшеу қателігін бағаландар.

9. Өлшеу нәтижесін төмендегідей жазыңдар:

$$\varepsilon = \dots \cdot 100\% \text{ болғанда } a = a_{\text{опт}} \pm \Delta a_{\text{опт}}.$$

Қосымша тапсырма: өздерің алған нәтижені $a = gsina$ формуласымен есептеген үдеу мәнімен салыстырыңдар. Мұндағы a – жазықтықтың көлбеу бұрышы.

Қорытынды: науа бойымен қозғалған шарда үдеудің пайда болуы туралы қорытынды жасандар.

№2 зертханалық жұмыс

Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысын зерделеу

Жұмыстың мақсаты: горизонталь лақтырылған дененің бастапқы жылдамдығын анықтау.

Құрал-жабдықтар: штатив, болат шар, зертханалық науа, сызғыш, ақ және көшірме жасайтын қағаз парактар.

Қысқаша теория. Горизонталь лақтырылған дene тігінен еркін түсу үдеуімен тенайнымалы, ал көлденеңін бірқалыпты қозғалады. Бастапқы жылдамдықты ұшу қашықтығы бойынша:

$$v_0 = \frac{l}{t}, \quad (1)$$

ұшу уақытын дene құлайтын биіктік деңгейі бойынша анықтайды:

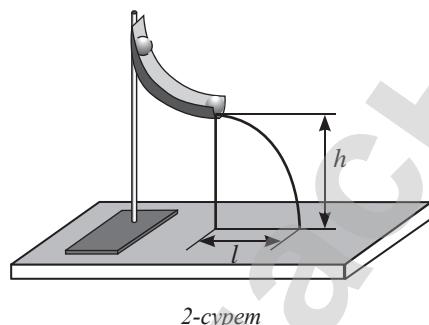
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (2)$$

(2) қатынасты (1)-ге қойып, бастапқы жылдамдықты есептеу формуласын аламыз:

$$v_0 = l \sqrt{\frac{g}{2h}}. \quad (3)$$

Жұмысқа нұсқаулық:

- 2-суретте бейнеленген қондырғының күрастырындар.
- Шарды науамен онда бекітілген пластинадан бастап жіберіндер.
- Биіктік h және ұшу қашықтығы l өлшемдер.
- Алынған нәтижелерді кестеге жазындар.



| № p/c | Өлшеу нәтижелері | | Есептеу нәтижелері | |
|----------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| | Биіктік $h, \text{м}$ | Ұшу қашық- тығы $l, \text{м}$ | Бастапқы жыл- дамдық $v_0, \text{м/с}$ | Жылдамдықтың ортаса мәні $v_{0\text{opt}}, \text{м/с}$ |
| 1 | | | | |

- Шардың науамен тусу деңгейін өзгертуей, тәжірибелі 5 рет қайталаңдар.
- Әрбір тәжірибе үшін бастапқы жылдамдықтың мәнін (3) формула бойынша есептөндөр, нәтижелерді кестеге жазындар.
- Жылдамдықтың орташа мәнін анықтандар:

$$v_{0\text{opt}} = \frac{v_{01} + v_{02} + v_{03} + v_{04} + v_{05}}{5}.$$

- Өлшеу қателігін статистикалық әдіспен бағаландар (№1 зертханалық жұмысты қараңдар).
- Өлшеу нәтижесін тәмендегідей жазындар:

$$\epsilon = \dots \cdot 100\% \text{ болғанда } v_0 = v_{0\text{opt}} \pm \Delta v_{0\text{opt}}.$$

Бақылау сұрақтары

Неліктен жүргізілген тәжірибелерде шардың науамен тусу деңгейін өзгертуге болмайды?

№3 зертханалық жұмыс

Математикалық маятниктің көмегімен еркін тусу үдеуін анықтау

Жұмыстың мақсаты: математикалық маятниктің көмегімен Жердегі еркін тусу үдеуін анықтау, алынған мәнді нақты мәнмен – $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ салыстыру.

Құрал-жабдықтар: электронды секундомер (ұялы телефон) немесе секундтік тілі бар сағат, өлшеуіш таспа, жіпке байланған шар, мұфтасы және сақинасы бар штатив.

Қысқаша теория. Математикалық маятниктің тербеліс периоды аспаның ұзындығымен және еркін түсү үдеуімен келесі формуламен байланысады:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (1)$$

Тербеліс периоды – бір толық тербелістің уақыты.

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

(1) және (2) формулалардан шығатыны:

$$g = \frac{4\pi^2 l N^2}{t^2}. \quad (3)$$

Жұмысқа нұсқаулық:

- Штативті үстелдің шетіне орналастырындар. Оның жоғарғы ұшына муфтаның көмегімен сақинаны бекітіп, оған жілкө байланған шарды іліндер. Шар еденнен 3–5 см қашықтықта ілініп тұруы қажет.
- Өлшеуіш таспамен аспа ұзындығын өлшендер, нәтижені кестеге жазындар:

| № р/с | Өлшеу нәтижелері | | | Есептеу нәтижелері | |
|----------|----------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | Жіптің ұзын- дығы, м | Тербеліс саны, N | Тербеліс уақыты t, с | Еркін түсү үдеуі g, м/с ² | Үдеудің орташа мәні, g _{опт} , м/с ² |
| 1 | | | | | |

- 40 тербеліс жасалатын уақытты өлшендер, нәтижені кестеге жазындар.
- Тәжірибелі шартын өзгертпей, 5 рет қайталандар.
- Әрбір тәжірибе үшін еркін түсү үдеуін есептөндер және оның орташа мәнін табындар.
- Еркін түсү үдеуін $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ деп алып, келесі формулалар бойынша өлшеудің абсолюттік және салыстырмалы қателіктерін табындар:
$$\Delta g = |g - g_{opt}|; \quad \varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\%.$$
- Өлшеу нәтижесін қатені ескере отырып жазындар:
 $\varepsilon_g = \dots \cdot 100\%$ болғанда $g = g_{opt} \pm \Delta g$.

№4 зертханалық жұмыс

Беттік толқындардың таралу жылдамдығын анықтау

Жұмыстың мақсаты: су бетіндегі толқындардың таралу жылдамдығын өлшеу.

Құрал-жабдықтар: су құйылған ыдыс (кувета), қалтқы, секундомер, өлшеуіш таспа.

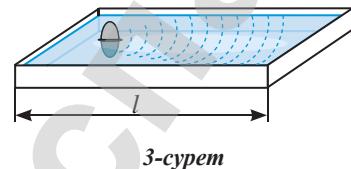
Қысқаша теория. Толқындардың барлық түрі біртекті ортада тұрақты жылдамдықпен таралады:

$$v = \frac{l}{t},$$

мұндағы l – тербеліс көзі мен кеңістіктің толқын жеткен сонғы нүктесі арасындағы қашықтық; t – толқынның таралу уақыты.

Жұмысқа нұсқаулық:

1. Ыдысқа (кюветаға) су құйып, шетіне қалтқыны салындар (*3-сурет*).
2. Қалтқыны тереңірек батыра отырып, тербелмелі қозғалысқа түсіріндер.
3. Қалтқының тербелмелі қозғалысынан туындағыны толқынның ыдыстың қарама-қарсы шетіне дейін жететін уақытын белгілеңдер.
4. Тәжірибелі 5 рет қайталаңдар, өлшеу нәтижелерін кестеге жазындар.



| № р/с | Өлшеу нәтижелері | | Есептеу нәтижелері | |
|----------|------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| | Уақыт $t, \text{с}$ | Ыдыстың (кюветаның) ұзындығы $l, \text{м}$ | Толқынның жылдамдығы $v, \text{м/с}$ | Толқын жылдамдығының орташа мәні $v_{opt}, \text{м/с}$ |
| 1 | | | | |

5. Барлық тәжірибелер үшін толқын жылдамдығын есептендер, нәтижелерді кестеге жазындар.
6. Толқын жылдамдығының орташа мәнін табындар.
7. Статистикалық әдіспен толқын жылдамдығын өлшеу қателігін бағалаңдар.
8. Өлшеу нәтижесін келесі түрде жазындар:

$$\epsilon = \dots \cdot 100\% \text{ болғанда } v = v_{opt} \pm \Delta v_{opt}.$$

Бақылау сұрақтары

Өлшеу дәлдігін арттыру үшін қандай жағдай жасау керек?

2-қосымша. Кестелер

1-кесте. Жұлдыздардың экваторлық координаталары

| Жұлдыздар | Атаулары | Тік шарықтау, α | Еңістік, δ |
|---------------|-----------------------|---------------------|------------|
| α–Торпак | Сұлусары (Альдебаран) | 04 ^h 34' | +16°28' |
| α–Бүркіт | Альтаир | 19 ^h 49' | +08°48' |
| α–Сарышаян | Антарес | 16 ^h 28' | -26°23' |
| α–Сирышы | Арктур | 14 ^h 14' | +19°19' |
| α–Орион | Бетельгейзе | 05 ^h 53' | +07°24' |
| α–Лира | Вега | 18 ^h 36' | +38°47' |
| α–Аққұ | Денеб | 20 ^h 40' | +45°10' |
| α–Жетекші | Капелла | 05 ^h 14' | +45°58' |
| α–Егіздер | Кастор | 07 ^h 33' | +31°57' |
| β–Егіздер | Поллукс | 07 ^h 43' | +28°05' |
| α–Кіші Аю | Темірқазық | 02 ^h 07' | +89°09' |
| α–Кіші Арлан | Процион | 07 ^h 38' | +05°17' |
| α–Арыстан | Регул | 10 ^h 07' | +12°05' |
| β–Орион | Ригель | 05 ^h 13' | -08°14' |
| α–Үлкен Арлан | Сүмбіле (Сириус) | 06 ^h 44' | -16°41' |
| α–Бикеш | Спика | 13 ^h 23' | -11°02' |

2-кесте. Электрондардың металдардан шығу жұмысы

| Заттар | Электрондардың шығу жұмысы, A _{шығу} , эВ |
|---------------|-------------------------------------------------------|
| Алюминий | 4,25 |
| Вольфрам | 4,54 |
| Алтын | 3,30 |
| Мис | 4,40 |
| Қалайы | 4,38 |
| Сынап | 4,52 |
| Қорғасын | 4,0 |
| Күміс | 4,3 |
| Мырыш | 4,24 |
| Болат (құрыш) | 4,3 |
| Барий | 2,49 |
| Германий | 4,76 |
| Кадмий | 3,80 |
| Калий | 2,20 |
| Литий | 2,38 |
| Натрий | 2,35 |
| Рубидий | 2,16 |
| Цезий | 1,81 |

З-кесте. Химиялық элементтер мен элементар бөлшектер изотоптарының атом массалары

| Изотоп | Атом массасы, м.а.б. | Атом массасы, МэВ |
|--------------------|----------------------|-------------------|
| ${}_{-1}^0 e$ | 0,00055 | 0,511 |
| ${}_{1}^1 p$ | 1,00728 | 938,26 |
| ${}_{0}^1 n$ | 1,00866 | 939,55 |
| ${}_{1}^1 H$ | 1,00783 | 938,26 |
| ${}_{1}^2 H$ | 2,01410 | 1875,58 |
| ${}_{1}^3 H$ | 3,01543 | 2808,87 |
| ${}_{2}^3 He$ | 3,01605 | 2809,45 |
| ${}_{2}^4 He$ | 4,00260 | 3728,42 |
| ${}_{3}^6 Li$ | 6,01512 | 5601,42 |
| ${}_{3}^7 Li$ | 7,01600 | 6533,72 |
| ${}_{3}^8 Li$ | 8,02065 | 7471,24 |
| ${}_{4}^6 Be$ | 6,01738 | 5605,19 |
| ${}_{4}^7 Be$ | 7,01457 | 6534,07 |
| ${}_{4}^8 Be$ | 8,02168 | 7472,20 |
| ${}_{4}^9 Be$ | 9,01219 | 8394,85 |
| ${}_{5}^9 B$ | 9,01038 | 8393,17 |
| ${}_{5}^{10} B$ | 10,01294 | 9324,28 |
| ${}_{5}^{11} B$ | 11,00930 | 10252,38 |
| ${}_{6}^{11} C$ | 11,00788 | 10253,84 |
| ${}_{6}^{12} C$ | 12,00000 | 11174,67 |
| ${}_{6}^{13} C$ | 13,00335 | 12109,26 |
| ${}_{6}^{14} C$ | 13,99961 | 13040,64 |
| ${}_{7}^{14} N$ | 14,00307 | 13039,97 |
| ${}_{7}^{15} N$ | 15,00010 | 13968,69 |
| ${}_{8}^{16} O$ | 15,99491 | 14894,82 |
| ${}_{8}^{17} O$ | 16,99913 | 15830,23 |
| ${}_{9}^{17} F$ | 16,99676 | 15832,48 |
| ${}_{13}^{27} Al$ | 27,98154 | 26064,80 |
| ${}_{92}^{235} U$ | 235,04418 | 218242,32 |
| ${}_{92}^{238} U$ | 238,05113 | 221743,28 |
| ${}_{93}^{239} Np$ | 239,05320 | 222667,67 |
| ${}_{94}^{239} Pu$ | 239,05242 | 222675,97 |

4-кесте. Радиоактивті элементтердің жартылай ыдырау периоды

| Изотоп | Жартылай ыдырау периоды | Қаүіпсіз период |
|--------------|-------------------------|-----------------|
| Сүтегі-3 | 12,3 жыл | 123 жыл |
| Вольфрам-81 | 145 күн | 1450 күн |
| Вольфрам-85 | 74,5 күн | 745 күн |
| Вольфрам-187 | 24 сағат | 10 тәулік |
| Йод-131 | 8 тәулік | 80 тәулік |
| Криpton-94 | 1,4 с | 14 с |
| Кобальт-60 | 5,2 жыл | 52 жыл |
| Қалайы-115 | 9,4 күн | 94 күн |
| Радон-222 | 3.8 тәулік | 38 тәулік |
| Рений-187 | 70 млрд жыл | 700 млрд жыл |
| Хлор-38 | 37,7 мин | 6,28 сағат |
| Көміртегі-14 | 5730 жыл | 57300 жыл |
| Уран-235 | 4,5 млрд жыл | 45 млрд жыл |

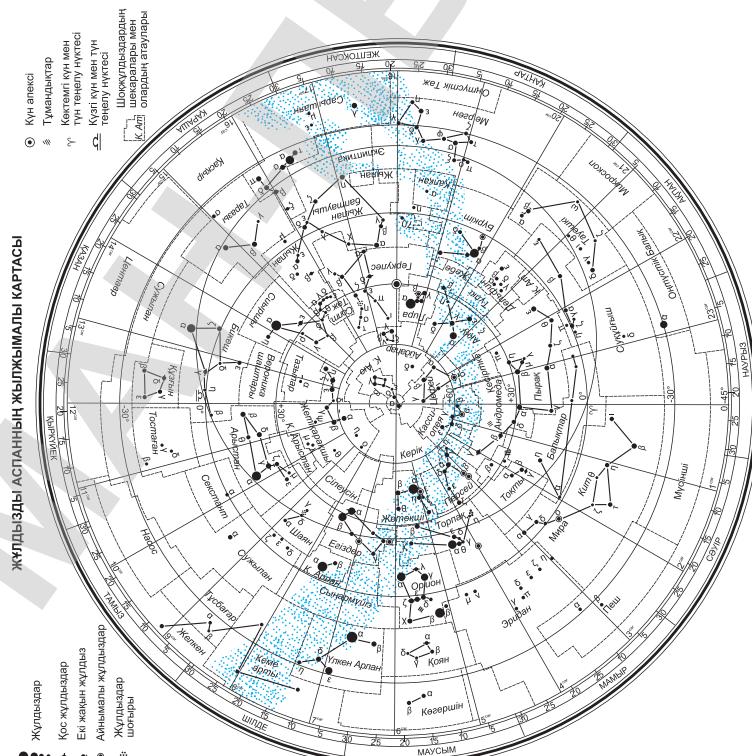
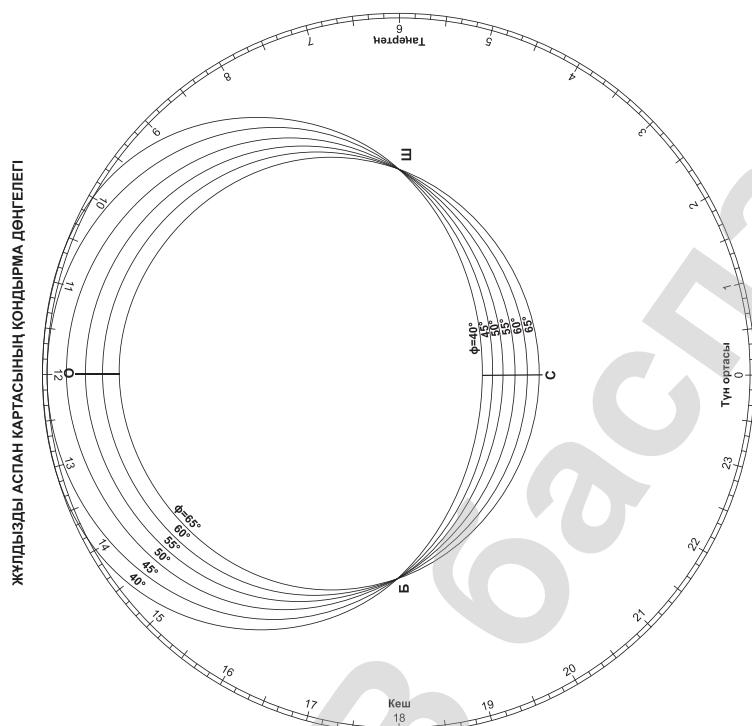
5-кесте. Күн, Жер және Ай туралы мәлімет

| Шамалары | Күн | Жер | Ай |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Радиус, м | $7 \cdot 10^8$ | $6,4 \cdot 10^6$ | $1,74 \cdot 10^6$ |
| Масса, кг | $2 \cdot 10^{30}$ | $6 \cdot 10^{24}$ | $7,35 \cdot 10^{22}$ |
| Аспан денелерінің арасындағы арақашықтық, м | | | |
| Күн мен Жер арасындағы | | | $1,5 \cdot 10^{11}$ |
| Жер мен Ай арасындағы | | | $3,84 \cdot 10^8$ |

6-кесте

| Грек алфавиті | | | Латын алфавиті | | |
|---------------|---------|-----|----------------|-----|---------|
| A α | альфа | I ι | йота | P ρ | ро |
| B β | бета | K κ | каппа | Σ σ | сигма |
| Γ γ | гамма | Λ λ | лямбда | T τ | тай |
| Δ δ | дельта | M μ | мю | Y υ | ипсилон |
| E ε | эпсилон | N ν | ню | Φ φ | фи |
| Z ζ | дзета | Ξ ξ | кси | X χ | хи |
| H η | эта | O ο | омикрон | Ψ ψ | пси |
| Θ θ | тета | Π π | пи | Ω ω | омега |
| | | | | | |
| | | | | | |

3-қосымша. Жұлдызды аспанның жылжымалы картасы



Жаттығулардың жауаптары

- 1-жат.** 1. С. 2. 19 км/сағ. 3. 20 с. 4. $\frac{n+1}{n-1}$.
- 2-жат.** 2. 70 км; 50 км. 3. 5 м; 4 м; -3 м.
- 3-жат.** 1. 10 м/с. 2. 2 м/с. 3. 5 м/с; 2 м/с, 7,5 м.
- 4-жат.** 1. 500 м. 2. 10 с. 3. $v_{1x} = 10 + 0,8t$, үдемелі; $v_{2x} = 2 - 2t$, кемімелі, 1 с кейін үдемелі; $v_{3x} = -4 + 4t$, кемімелі, 1 с кейін үдемелі; $v_{4x} = -1 - 12t$, үдемелі.
- 5-жат.** 1. 10 м/с. 2. 20 м. 3. 6 м.
- 6-жат.** 1. 3,14 м/с. 2. 0, 16 м/с. 3. 32.
- 7-жат.** 1. 8 м/с². 2. 20 м/с. 3. а) 1:2; ә) 2:1.
4. 8000 км, 1 сағ 44 мин 40 с.
- 8-жат.** 1. $4,1 \cdot 10^{15}$ км. 2. 6,25. $3.85 \cdot 10^{26}$ кВт.
- 10-жат.** 1. 53° . 2. 60° . 3. 6.
- 11-жат.** 1. 1,84 жердегі жыл. 2. $9,6 \cdot 10^{22}$ кг.
- 12-жат.** 1. $60'36''$; $54'19''$. 2. 388,6. 3. 3142 км.
- 13-жат.** 2. 400 Н. 3. 0,8.
- 14-жат.** 1. 15 кН. 2. 21 Н. 3. $\frac{1}{\sqrt{3}}$, иә.
- 15-жат.** 1. 0,03 МН. 2. 1 м/с². 3. 2 кг.
- 16-жат.** 1. Үзілмейді. 2. 200 Н.
- 17-жат.** 1. $9R_{\text{ж}}$. 2. 8,2 Н. 3. 8,8 м/с².
- 18-жат.** 2. 1125 Н. 3. 36 кН.
- 19-жат.** 1. 45 м; 145 м. 2. 70,7 м/с. 3. 2. 4. 311,4 м.

- 20-жат.** 1. 16 $\frac{\kappa g \cdot M}{c}$; 48 $\frac{\kappa g \cdot M}{c}$; 16 Н. 2. 4 м/с.
3. 360 г.
- 21-жат.** 2. 6,4 м/с.
- 22-жат.** 1. -100 Дж; 0; 100 Дж; 0. 2. -100 Дж.
3. 96 Дж.
- 23-жат.** 1. 10 м. 2. 20 м. 3. 56 Дж.
- 24-жат.** 1. 2 с; 0,5 Гц. 2. 0,05 м; 1 с; 1 Гц, 2π ; $\pi/2$, $3\pi/2$, $5\pi/2$.
- 25-жат.** 1. 2,8 Дж; 3,8 м/с. 2. 12 ессе артады.
- 26-жат.** 1. 3,2 Гц. 2. 30 Н/м. 3. 9:1.
- 27-жат.** 1. 72 км/сағ. 2. 1 Гц; 1 с; 0,1 м.
- 28-жат.** 1. 5 мкДж. 2. 0,38 м/с.
- 29-жат.** 1. 2 м. 2. 0,5 с; 2 Гц. 3. 100 м.
- 30-жат.** 1. 79 Гц; 1360 Гц. 2. 5 км. 3. 900 м.
- 31-жат.** 1. 30 км. 2. 60 м-ден 190 м-ге дейін.
- 32-жат.** 1. 81. 2. $56,7 \frac{\kappa B m}{M^2}$. 3. $\approx 73,5$ МВт
- 33-жат.** 1. $2,76 \cdot 10^{-19}$ Дж. 2. 2,34 эВ. 3. $2,13 \cdot 10^{-19}$ Дж.
- 34-жат.** 1. иә, иә біріншіде. 2. $3 \cdot 10^{-11}$ м.
3. $1,38 \cdot 10^4$ км/с; $2,4 \cdot 10^{20}$ Гц, иә.
- 35-жат.** 1. ${}_2^4 He$. 2. ${}_84^{215} Po$.
- 36-жат.** 1. 0,49 мкм. 2. $3,4 \cdot 10^{15}$ Гц.
- 37-жат.** 2. 0,00236 м.а.б.; 2,2 МэВ; 1,1 МэВ.
- 38-жат.** 3. 17190 жыл.
- 39-жат.** 1. ${}_92^{239} U$. 2. ${}_94^{239} Ru$.
- 40-жат.** 1. 4,35 МэВ; 17,3 МэВ бөлінеді.

Үй жаттығуларының жауаптары

- 1-үй жат.** 1. Иә, егер карсы бағытта эскалатор жылдамдығымен козгалса. 2. 20 м/с. 3. 0,1 сағ.
- 2-үй жат.** 1. 620 м; 20° солтүстікке караі. 2. 14 м; 10 м. 3. 5 м/с; 8,66 м/с.
- 3-үй жат.** 1. 43,2 км/сағ. 2. 10 м/с.
- 4-үй жат.** 1. 375 м. 2. 100 м. 3. а) 10 с; 40 м;
ә) 45 м; б) 120 м.
- 5-үй жат.** 1. 20 м 2. 5 м. 3. 20 м.
- 6-үй жат.** 1. 125 км 2. 2. 3. 60.
- 7-үй жат.** 1. 0,006 м/с². 2. 2.25 м/с^2 . 3. 2 м.
- 8-үй жат.** 1. $7,8 \cdot 10^{13}$ м. 2. 39.
- 10-үй жат.** 1. Нұр-Сұлтан үшін $47^\circ40'$; Алматы үшін $55^\circ37'$. 2. 17 сағ 20 мин. 3. 1 сағ.
- 11-үй жат.** 1. 12 жыл.
- 12-үй жат.** 1. 1,22 млн.км. 2. $2'12''$. 3. 109,2.
- 13-үй жат.** 2. 2,5 Н.
- 14-үй жат.** 1. 1,6 см. 2. 0.
- 15-үй жат.** 1. 9,8 кг. 2. 200 м/с^2 . 3. $2,4 \text{ м/с}^2$.
- 16-үй жат.** 2. 5 Н. 3. $0,25 \text{ м/с}^2$; $0,2 \text{ м/с}^2$.
- 17-үй жат.** 1. 1 Н. 2. 3,8 м/с².
- 18-үй жат.** 2. 700 Н. 3. 15 кН.
- 19-үй жат.** 1. 20 м. 2. 1000 м. 3. 9,8 м. 4. $7,57 \text{ км/с}$; 96,5 мин.

- 20-үй жат.** 1. 9,8 кг 2. $14 \frac{\kappa g \cdot M}{c}$, $20 \frac{\kappa g \cdot M}{c}$, 0.
3. 3,6 м/с.

- 21-үй жат.** 1. иә. 2. 48 м/с; 115,2 м. 3. 0,7 м/с.
- 22-үй жат.** 1. 4600 кДж. 2. 10,8 МДж.
- 23-үй жат.** 1. 19 м/с; 10 м/с. 2. 1 кН.
- 24-үй жат.** 1. $1,25 \text{ с}; 0,8 \text{ Гц}$. 2. $0,2 \text{ м}; 4 \text{ с}; 0,25 \text{ Гц}$; $\pi/2$; 2π ; 3π .
- 25-үй жат.** 1. $0,244 \text{ м/с}$.
- 26-үй жат.** 1. 4 кг. 2. 18 см; 50 см.
- 27-үй жат.** 1. Жоқ. 2. 15 Гц; $1/15 \text{ с}$; 2,5 м.
- 28-үй жат.** 1. 50 мкДж. 2. 50 пФ.
- 29-үй жат.** 1. 10 м. 2. 2,4 м/с.
- 30-үй жат.** 1. 3,8 м, 3,8 см. 2. 0,58 с-ке аз. 3. 0,4 с.
- 31-үй жат.** 1. 1,2 МГц. 2. 37,7 км.
- 32-үй жат.** 1. 16 ессе. 2. 2 ессе. 3. $\approx 4,6$ МВт
- 33-үй жат.** 1. 260 нм. 2. 4 эВ. 3. 696 км/с.
4. 204 нм; 234 нм.
- 34-үй жат.** 1. 100 ессе артық. 2. Пайда болады, тұтастай әйнеке жұтылады. 3. $3,1 \cdot 10^{-12}$ м.
- 35-үй жат.** 1. ${}_92^{235} U$. 2. ${}_88^{224} Ra$.
- 36-үй жат.** 1. 0,25 мкм. 2. 0,49 мкм.
- 37-үй жат.** 2. 225 МэВ. 3. $\approx 7,48$ МэВ/нуклон.
- 4.** $\approx 6 \%$.
- 38-үй жат.** 2. 4 ессе.
- 39-үй жат.** 2. ${}_40^{94} Zr$.
- 40-үй жат.** 1. 2,2 МэВ. 2. 17,3 МэВ.

Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ ЖАСАҒАН ХИМИЯЛЫҚ ПЕРИОДТЫҚ ЖҮЙЕСІ

| ПЕРИОДТАР ЛАР | КАТАР. ЛАР | ВАЛЕНТИНДАР | | | | | | | | | | | | | | | | | | НЕ | АР | НЕ | АР | | | |
|-------------------------------------------------------|---------------|----------------------|----|-----------------|----|-------------------------------|----|-----------------|-----|-------------------------------|-----|-----------------|-----|-------------------|-----|-------------------------------|-----|-----------------|-----|----------|-----|---------|-----|----------|----|----|
| | | ЭЛ | | МЕ | | Н | | Т | | П | | Д | | И | | Н | | Т | | О | | П | | А | | |
| I | | II | | III | | IV | | V | | VI | | VII | | VIII | | (H) | | (H) | | (H) | | (H) | | (H) | | |
| 1 | 1 | H | 1 | СҮҮГЕТ 1,008 | | B | 4 | C | 6 | N | 8 | O | 9 | F | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | Li | 3 | БЕРІЛІМ | 4 | Al | 14 | Si | 15 | P | 16 | S | 17 | Cl | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | Na | 11 | Mg | 12 | АЛЮМИНИЙ | 5 | КРЕМНІЙ | 6 | ФОСФОР | 7 | МАРГАНЕЦІ | 8 | ХІПОР | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | K | 19 | Ca | 20 | СКАНДІЙ | 7 | Ti | 22 | V | 23 | Cr | 24 | Mn | 25 | Fe | 26 | C0 | 27 | Ni | 28 | Kr | 36 | | | |
| 4 | 5 | Cu | 29 | Zn | 30 | ГАРПІЧІ | 8 | Ge | 32 | As | 34 | Se | 35 | Br | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 6 | Rb | 37 | Sr | 38 | ІТТРИЙ | 9 | Zr | 40 | Nb | 41 | Mo | 42 | Tc | 43 | Ru | 44 | Rh | 45 | Pd | 46 | Xe | 54 | | | |
| 5 | 7 | Ag | 47 | In | 48 | Cd | 3 | Y | 39 | Ge | 40 | Nb | 41 | Mo | 42 | Re | 43 | Os | 44 | Pt | 45 | Kсенон | 8 | ОН | | |
| 6 | 8 | Cs | 55 | Ba | 56 | La | 57 | Hf | 72 | Ta | 73 | W | 74 | Re | 75 | Ir | 76 | Pt | 77 | Ru | 86 | РОДОН | 32 | ОН | | |
| 6 | 9 | Au | 18 | СЫНАП | 19 | ТАЛИЙ | 18 | Корфасын | 19 | Тантал | 21 | Вольфрам | 22 | Ремій | 23 | Іридий | 24 | Платина | 25 | Іод | 26 | Радон | 18 | ОН | | |
| 7 | 10 | Fr | 87 | Ra | 88 | АС** | 89 | Ku | 104 | Ns | 105 | Bi | 106 | Po | 107 | At | 108 | At | 109 | Ртут | 110 | Ртут | 18 | ОН | | |
| ЖОГАРЫ ОКСИДТЕР ЧИҚЫШ СҮҮГЕТІК КОСЫЛЫСТАР | | R ₂ O | | RO | | R ₂ O ₃ | | RO ₂ | | R ₂ O ₅ | | RH ₃ | | RH ₂ R | | R ₂ O ₇ | | RO ₄ | | | | | | | | |
| Ce | 58 | Pr | 59 | Nd | 60 | РН | 61 | Sm | 62 | Eu | 63 | Gd | 64 | Dy | 66 | Ho | 67 | Er | 68 | Tm | 69 | Yb | 70 | Lu | 71 | Р |
| Цермі 140,12 | 18 | ПРАЗОСДИМ 140,908 | 18 | НЕДІМ | 18 | ПРОМЕТИЙ | 18 | САМАРИЙ | 18 | ЕВРОПІЙ | 18 | ГАДОРИЧІЙ | 18 | ТЕРЕМІЙ | 18 | ЗЕРМІЙ | 18 | ГОЛЫЙ | 18 | РДІСІМІЙ | 18 | ИТЕМІЙ | 18 | РДІСІМІЙ | 18 | ОН |
| Th | 90 | Pa | 91 | U | 92 | Нр | 93 | Pu | 94 | Am | 95 | Cm | 96 | Bk | 97 | Cf | 98 | Es | 99 | Md | 100 | (Lr) | 103 | Na | 11 | Р |
| Тори 231,038 | 18 | ПРОТОАКТИНИЙ | 18 | УРАН | 21 | НЕУТРОННЫЙ | 18 | ПЛУТОНИЙ | 21 | Амерічій | 24 | Коркій | 25 | Беркій | 26 | Калміорний | 28 | Фермій | 29 | (No) | 30 | ДІСІМІЙ | 32 | ОН | | |
| | 9 | 131,036 | 2 | 23,8,029 | 9 | 237,1448 | 8 | 237,1448 | 8 | [241] | 8 | [243] | 8 | [247] | 8 | [251] | 8 | [254] | 8 | [255] | 8 | [256] | 8 | ОН | | |

Атомдайтын
таптағандау
жөнілдік
нұсқасы

Атомдың массасы
44,956
СКАНДІЙ

Электрондардың
деңгелдерге
орналасы

Атомдың массасы
18,998
ФТОР

– s-элементтер
– p-элементтер
– d-элементтер
– f-элементтер

– энергетикалық деңгел L
– энергетикалық деңгел M
– энергетикалық деңгел N
– энергетикалық деңгел O
– энергетикалық деңгел P
– энергетикалық деңгел Q

Жаңа заттар таразы
бейнегаптандырылған
немірі топырақтың
бөршебеңде

Пәндік көрсеткіш

- Абсолюттік жүлдіздық шама 56
Абсолют қара дене 190
Азимут 61
Акустикалық резонанс 178
Амплитуда 143
Асқын салмақ 109
Аспан сферасы 58
Байланыс энергиясы 221
Белдеулік уақыт 68
Биіктік 61
Бойлық толқын 170
Бұрыштық жылдамдық 40
Бұрыштық орын ауыстыру 40
Бірінші гарыштық жылдамдық 115
Вектордың проекциясы 16
Гармониялық тербелістер 144
Горизонталь параллакс 75
Дене импульсі 120
Денелердің түйік жүйесі 122
Денениң салмағы 107
Динамика 81
Дыбыс 175
Еністік 59
Еркін тербелістер 142
Еркін түсу 33
Еріксіз тербелістер 142
Жаңғырық 178
Жартылай ыдырау периоды 225
Жарық 182
Жарық жылы 52
Жергілікті уақыт 67
Жиілік 39
Жұмыс 135
Жылулық сәулелену 190
Инерттілік 82
Изотоптар 219
Инерциялық санақ жүйесі 83
Инерциялық емес санақ жүйесі 83
Кинематика 6
Көлденең толқын 171
Күн тәуліктері 66
Күш импульсі 120
Қисықсызықты қозғалыс 38
Лездік жылдамдық 41
Массалар ақауы 220
Материялық нүктө 8
Механикалық қозғалыс 6
Механикалық толқын 170
Меншікті байланыс энергиясы 221
Нейтрондардың көбею коэффициенті 230
Нуклондар 219
Өшетін тербелістер 158
Период 39
Пирометр 192
Радиоактивтілік 208
Радиоизотоптар 236
Радиолокация 185
Реактивті қозғалыс 125
Реверберация 179
Резонанс 156
Рентген сәулелері 202
Рентгендік тұтікше 204
Салмақсыздық 109
Спектр 213
Спектрлі анализ 216
Сызықты спектр 214
Сындық масса 230
Тепе-тендік күйі 143
Тербелмелі жүйе 143
Тербелмелі контур 165
Тербелмелі қозғалыс 142
Термоядролық реакция 233
Толқын ұзындығы 173
Толық механикалық энергия 135
Тұзу сызықты теңдійнамалы қозғалыс 21
Тізбекті ядролық реакция 229
Тік шарықтау 59
Үзіліссіз немесе тұтас спектр 213
Үдеу 20
Фотон 195
Фотоэлемент 199
Фотоэффект 195
Фотоэффекттің қызыл шекарасы 198
Циклдік жиілік 145
Шығу энергиясы 235
Шокжұлдыз 54
Ығысу 143
Эклиптика 62
Электромагниттік тербеліс 165
Электромагниттік толқын 181
Элементар бөлшектер 239
Эхолокация 179
Ядролық күштер 220
Ядролық реакция 224

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Негізгі орта білім беру деңгейінің 7–9-сыныптарына арналған «Физика» пәнінен жаңартылған мазмұндағы үлгілік оқу бағдарламасы. – Астана: ҮІ.Алтынсарин атындағы ҰБА, 2017.
2. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. – М.: Народное образование, 1998.
3. Демидова М.Ю., Коровин В.А. Методический справочник учителя физики. – М.: Мнемозина, 2003.
4. Мухамеджанова С.Т., Есназарова У.А., Жумагалиева С.Ж. Система организации научно-методической работы в школе. – ИПК. г. Алматы, 2002.
5. Ковжасарова М.Р. Технология обучения на основе системного подхода с использованием блочного системного структурированного представления изучаемого материала. Методические рекомендации. Алматы: «Мектеп», 2003.
6. А.А. Ванеев, Э.Д. Корж, В.П. Орехов. Преподавание физики в 9 классе. Москва: «Просвещение», 1980 г.
7. А.А. Ванеев, З.Г. Дубицкая, Е.Ф. Ярунина. Преподавание физики в 10 классе средней школы. Москва: «Просвещение», 1978 г.
8. В.П. Орехов, А.В. Усова, И.К. Турышев и др. Методика преподавания физики в 8–10 классах средней школы. – Москва: «Просвещение», 1980 г.
9. М.М. Балашов. Физика. Пробный учебник для 9 класса средней школы. – Москва: «Просвещение», 1993.
10. «Физика». Перевод с английского А.С. Ахматова и др. – Москва: «Наука», 1965.
11. Л. Эллиот, У. Уилкокс «Физика». Перевод с английского под редакцией проф. А.И. Китайгородского. Москва: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1975 г.
12. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. Учебник для 9 класса средней школы. – М.: «Просвещение», 1992.
13. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М.: «Просвещение», 1995.
14. Шахмаев Н.М. и др. Физика. Учебник для 11 класса средних школ. – М.: «Просвещение», 1991.
15. Элементарный учебник физики под ред. акад. Ландсберга, том III. – Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. – Москва, 1973 г.
16. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Учебник для 11 классов средней школы. М.: «Просвещение», 1989 г.
17. Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия. – 2-е изд./глав.ред. М.Д. Аксенова. – М.: Аванта, 2000.

18. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике. – Москва «Просвещение», 1984.
19. Сборник задач по физике: Для 10–11 кл. общеобразовательных учреждений/ Сост. Г.Н. Степанова. М.: «Просвещение», 2001 г.
20. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики: Дидакт. Материал: 9–11 кл./ Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др. –М.: «Просвещение», 1993.
21. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал/ В.А. Буров, Ю.И. Дик, Б.С. Зворыкин и др. –М.: «Просвещение», 1987.
22. Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Физика және астрономия. – Алматы: «КАЗАқпарат» баспа корпорациясы, 2014. –388 б. Мемлекеттік терминологиялық комиссия бекіткен.
23. Орысша-қазақша сөздік. А.Байтұрсынов атындағы Тіл білімі институты, – Алматы. Дайк-пресс – 2005.

Иллюстрациялық материалдар сілтемелері

1. liter.kz
2. pdd.adrive.by
3. sputniknews.kz
4. www.shyu.ru
5. vse.kz
6. skisite.kz
7. starshop.kz
8. www.kakprosto.ru
9. www.voxpopuli.kz
10. spacegid.com
11. turbina.ru
12. vesti.kz
13. www.altyn-orda.kz
14. images2.popmeh.ru
15. www.blogodisea.com
16. almatyregion-tour.kz
17. ke.kz
18. too-kpa.kz
19. neurodoctor.ru
20. www.uhimik.ru
21. secrets-world.com
22. ellhnkaichaos.blogspot.com
23. alltheworldstokamaks.wordpress.com
24. www.energovector.com
25. www.svoboda.org
26. metalmininginfo.kz

Мазмұны

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Алғы сөз | 4 |
| 1-ТАРАУ. Кинематика негіздері..... | 5 |
| § 1. Механикалық қозғалыс..... | 6 |
| § 2. Векторлар және оларға амалдар қолдану. | |
| Вектордың координата осытеріндегі проекциялары | 12 |
| § 3. Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс. Үдеу | 19 |
| § 4. Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен орын ауыстыру | 25 |
| § 5. Денелердің еркін түсүі. Еркін түсү үдеуі | 32 |
| § 6. Қисықсызықты қозғалыс, материалдық нүктенің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы. Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар | 38 |
| § 7. Центрге тартқыш үдеу | 44 |
| 2-ТАРАУ. Астрономия негіздері..... | 51 |
| § 8. Жүлдэзды аспан | 52 |
| § 9. Аспан сферасы, аспан координаталарының жүйесі | 58 |
| § 10. Эртүрлі географиялық ендіктегі аспан шырақтарының көрінерлік қозғалысы, жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақыт | 64 |
| § 11. Күн жүйесіндегі планеталардың қозғалыс заңдары | 70 |
| § 12. Астрономияда арақашықтықта параллакс әдісімен анықтау | 75 |
| 3-ТАРАУ. Динамика негіздері..... | 81 |
| § 13. Ньютоның бірінші заңы, инерциялық санақ жүйелері | 82 |
| § 14. Механикадағы күштер | 87 |
| § 15. Ньютоның екінші заңы, масса | 92 |
| § 16. Ньютоның үшінші заңы | 97 |
| § 17. Бүкіләлемдік тартылыс заңы | 102 |
| § 18. Дененің салмағы, салмақсыздық | 107 |
| § 19. Денелердің ауырлық күшінің әсерінен қозғалуы. Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы | 112 |
| 4-ТАРАУ. Сақталу заңдары | 119 |
| § 20. Дене импульсі және күш импульсі. Импульстің сақталу заңы | 120 |
| § 21. Реактивті қозғалыс | 125 |
| § 22. Механикалық жұмыс және энергия | 130 |
| § 23. Энергияның сақталу және айналу заңы | 135 |
| 5-ТАРАУ. Тербелістер және толқындар | 141 |
| § 24. Тербелмелі қозғалыс | 142 |
| § 25. Тербелістер кезіндегі энергияның түрленуі. | |
| Тербелмелі қозғалыстың тендеуі | 147 |
| § 26. Математикалық және серіппелі маятниктердің тербелістері | 153 |
| § 27. Еркін және еріксіз тербелістер, резонанс | 158 |
| § 28. Еркін электромагниттік тербелістер | 164 |
| § 29. Толқындық қозғалыс | 170 |
| § 30. Дыбыс, дыбыстың сипаттамалары, акустикалық резонанс, жаңғырық | 175 |
| § 31. Электромагниттік толқындар. Электромагниттік толқындар шкаласы | 181 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6-ТАРАУ. Атом құрылышы, атомдық құбылыстар | 189 |
| § 32. Жылулық сәулелену..... | 190 |
| § 33. Жарық кванттары туралы Планк гипотезасы. Фотоэффект құбылысы..... | 195 |
| § 34. Рентген сәулелері..... | 202 |
| § 35. Радиоактивтілік. Радиоактивті сәулеленудің табиғаты..... | 208 |
| § 36. Резерфорд тәжірибесі. Атом құрылышы | 212 |
| 7-ТАРАУ. Атом ядросы | 217 |
| § 37. Ядролық өзара әрекеттесу, ядролық құштер. | |
| Массалар ақауы, атом ядросының байланыс энергиясы..... | 218 |
| § 38. Ядролық реакциялар. Радиоактивті ыдырау заңы | 224 |
| § 39. Ауыр ядролардың бөлінуі. Тізбекті ядролық реакция. Ядролық реактор..... | 228 |
| § 40. Термоядролық реакциялар. Радиоизотоптар, радиациядан қорғану..... | 233 |
| § 41. Элементар бөлшектер..... | 239 |
| Корытынды. Элемнің қазіргі физикалық бейнесі | 245 |
| § 42. Физика мен астрономияның дүниетанымдық маңызы | 246 |
| § 43. Экологиялық мәдениет | 250 |
| Қосымшалар. Зертханалық жұмыстар және кестелер | 255 |
| 1-қосымша. Зертханалық жұмыстар | 256 |
| №1 зертханалық жұмыс | |
| Тенұдемелі қозгалыс кезіндегі дененің үдеуін анықтау | 256 |
| №2 зертханалық жұмыс | |
| Горизонталь лактырылған дененің қозгалысын зерделеу | 257 |
| №3 зертханалық жұмыс | |
| Математикалық маятниктің көмегімен еркін тұсу үдеуін анықтау | 258 |
| №4 зертханалық жұмыс | |
| Беттік толқындардың таралу жылдамдығын анықтау | 259 |
| 2-қосымша. Кестелер | 261 |
| 3-қосымша. Жұлдызды аспанның жылжымалы картасы | 264 |
| Жаттығулардың жауаптары | 265 |
| Үй жаттығуларының жауаптары | 265 |
| Пәндік көрсеткіш | 267 |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі | 268 |

Оқулық басылым

Назифа Анваровна Закирова
Руслан Рауфович Аширов

ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептің
9-сыныбына арналған оқулық

| | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Суретшілері | А.Айтжанов, Е.Мищенко |
| Бас редакторы | К.Караева |
| Редакторлары | Ж.Кулдарова, Т.Базарханова |
| Техникалық редакторы | В.Бондарев |
| Көркемдеуші редакторы | Е.Мельникова |
| Бильд редакторы | Ш.Есенкулова |
| Суретші-безендіруші | О.Подопригора |
| Беттегендер | Л.Костина, С.Сулейменова, Г.Илишева |

Сатып алу үшін мына мекенжайларға хабарласыңыздар:

Нұр-Сұлтан қ., 4 м/а, 2 үй, 55 пәтер.
Тел.: 8 (7172) 92-50-50, 92-50-54. E-mail: astana@arman-pv.kz
Алматы қ., Ақсай-1А м/а, 28Б үй.
Тел.: 8 (727) 316-06-30, 316-06-31. E-mail: info@arman-pv.kz

«Арман-ПВ» кітап дүкені
Алматы қ., Алтынсарин к/сі, 87 үй. Тел.: 8 (727) 303-94-43.

Теруге 18.07.18 берілді. Басуға 06.06.19 қол қойылды. Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$.
Қағазы оффсеттік. Қаріп түрі «Times New Roman». Оффсеттік басылыс.
Шартты баспа табағы 21,93. Таралымы 50000 дана.

Артикул 809-008-001к-19