

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

3-16 Закирова Н.А. ж.б.
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 оқушылардың жас ерекшеліктері ескерілген.

ӘОЖ 373. 167. 1
КБЖ 22.3я 72

ISBN 978-601-318-208-7

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

Барлық құқығы қорғалған. Баспаның рұқсатынсыз көшіріп басуға болмайды.

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

🔗 Естеріңізге түсіріңдер!

Меңгерілген материалды қайталауға арналған тапсырмалар

🔍 Эксперимент

Сыныпта орындалатын эксперименттік тапсырмалар

⚠️ Назар аударыңдар!

Күрделі тапсырмаларды орындауға көмек беретін оқу материалы

👁️ Бұл қызық!

Тақырыпқа қатысты қосымша ақпараттар

❓ Жауабы қандай?

Физикалық құбылыстардың мәнін түсіндіруді талап ететін сұрақтар

📄 Маңызды ақпарат

Тақырыпты тереңірек түсіну үшін қажетті ақпараттар

✅ Есте сақтаңдар!

Жадынама

⚠️ Назар аудар

Электронды қосымша жүктелген CD қолжетімсіз болған жағдайда, қосымшаны *arman-pv.kz* сайтынан тауып, өз компьютеріңізге жүктеп алуыңызға болады

Алғы сөз

Құрметті оқушылар, 9-сыныпқа арналған оқу материалы физиканың негізгі курсының бағдарламасын аяқтайды. Оны меңгеру арқылы сендер өзіміз өмір сүретін Әлем жайлы түсінік аласыңдар.

Оқулықтың алғашқы төрт бөлімінде механикалық құбылыстар табиғаты ашылған. Бұл тараулар 7-сыныпта өткен «Түзу сызықты 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 алдыға қозғалыссыз елестету мүмкін емес. Бүкіл кеңістіктегі сияқты біздің планетамызда да денелер қозғалыста болады. Біздің білім көкжиегімізді кеңейту мақсатында оқулықта Күн жүйесінде және одан да тысқары аумақта қолдануға болатын аспан механикасы заңдары және аспан денелері арасындағы қашықтықты анықтау жолдары қарастырылған. Бізді қоршаған әлемде бәрі өзара тығыз байланысты, механикалық тербелістер мен толқындар заңдылықтарын 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 классикалық физиканың табиғаттың барлық құбылыстарын түсіндіре алмайтынын көрсетті. XX ғасырдың басында «кванттық физика», «атомдық және ядролық физика», «элементар бөлшектер физикасы» салалары пайда болды. Кеңістікте жүретін процестерді және олардың пайда болу құпиясын ашатын жаңа заңдар 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 назарларыңды тақырыптың негізгі материалына аударады. «Жауабы қандай?» сұрақтары физикалық құбылыстарды танып-білуге көмектеседі. Эксперименттік тапсырмалар зерттеу жұмысына дағдылануға 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 нүкте, санақ жүйесі, механикалық қозғалыстың салыстырмалылығы ұғымдарының физикалық мағынасын түсіндіре аласыңдар;
- 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, үдеуді осы шамалардың уақытқа тәуелділік графиктерінен анықтауды;
- есептер шығаруда түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен үдеуді есептеу формулаларын қолдануды;
- есептер шығаруда түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі координата мен орын ауыстыру теңдеулерін қолдануды;
- теңүдемелі қозғалыс кезіндегі үдеуді эксперименттік түрде анықтауды;
- теңүдемелі қозғалыс кезіндегі орын ауыстырудың және жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графиктерін тұрғызуды және оларды түсіндіруді;
- еркін түсуді сипаттау үшін теңайнымалы қозғалыстың кинематикалық теңдеулерін қолдануды;
- горизонталь лақтырылған дененің қозғалысын теңайнымалы және бірқалыпты қозғалыстың кинематикалық теңдеулерін қолдана отырып, сипаттауды;
- горизонталь лақтырылған дененің қозғалыс жылдамдығын анықтауды;
- горизонталь лақтырылған дененің қозғалыс траекториясын салуды;
- дененің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысын сызықтық және бұрыштық шамалар арқылы сипаттауды;
- есептер шығаруда сызықтық және бұрыштық жылдамдықтарды байланыстыратын формулаларды қолдануды;
- есептер шығаруда центрге тартқыш үдеу формуласын қолдануды үйренесіңдер.

§ 1. Механикалық қозғалыс

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты үгергенде:

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

I Кинематика және механикалық қозғалыс

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

Механикалық қозғалыс дегеніміз – уақыт өте келе кеңістіктегі дененің басқа денелерге қатысты орнының өзгеруі.

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

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



1-тапсырма

Механикалық қозғалысқа екі мысал келтіріңдер.



2-тапсырма

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



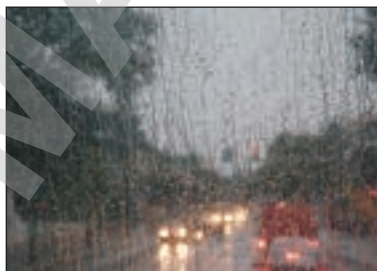
Естеріңе түсіріңдер!

Сандық мәнмен және бағытпен сипатталатын шамалар *векторлық шамалар* деп аталады.



Жауабы қандай?

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



1-сурет. Қозғалыстағы автобус терезесінде қиғаш жауған жаңбыр тамшыларының тігінен ағуы



2-сурет. Автобус терезесінде жаңбырдың қиғаш ағуы

Жауабы қандай?

Қандай жағдайда автокөлікті материялық 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 Материялық нүкте

Кейбір жағдайларда қозғалысты қарастырған кезде дененің өлшемдерін есепке алмауға болады, ал басқа жағдайларда бұған жол берілмейді.

3-тапсырма

Кейбір жағдайларда материялық нүкте ретінде алуға болатын, ал басқа жағдайларда оған жатпайтын денеге мысал келтіріңдер.

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, дененің жылдамдығына, қозғалыс уақытына тәуелді

Пішіні мен өлшемдерін елемеуге болатын денені материялық нүкте деп атайды.

Бір елді мекеннен екінші елді мекенге қатынайтын автобус қозғалысын қарастырғанда, оны *материялық нүкте* деп санауға болады. Автобус паркіне кірген кезде автобустың өлшемдері ескеріледі, сондықтан бұл жағдайда оны материялық нүкте ретінде қарастыра алмаймыз.

III Санақ жүйесі

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

Санақ денесі деп қозғалыстағы дене салыстырмалы түрде қарастырылатын денені айтамыз.

Кинематикада O центрі санақ денесімен байланысты x , y , z декарттық координаталар жүйесі қолданылады. Кинематиканың негізгі міндетін – уақыттың кез келген мезетінде дене 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 дене бір 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. Дене қозғалысын сипаттайтын шамалар: жылдамдық, орын



1-эксперимент

Топтарға бөлініп, сыныптың әр бұрышынан сыныптастарыңның парталар қатары бойымен қозғалысын бақылаңдар. Қозғалысты сипаттаңдар.



Жауабы қандай?

1. *Сыныптастарыңның бақылаушыларға қатысты қозғалысының айырмашылығы неде?*
2. *Олардың қозғалысы өзіне қарама-қарсы қозғалып келе жатқан топқа қатысты қалай өзгереді?*
3. *Неліктен дене 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 көрсетіндер.
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 дене күрделі қозғалысқа түсетін болса, мысалы, жолаушы қозғалыстағы пойыздың тамбурына беттесе, онда оның жылдамдығы перронға қатысты салыстырмалы және тасымал жылдамдықтың геометриялық қосындысына тең болады:

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

Тасымал жылдамдық $\vec{v}_{\text{мас}}$ – 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:

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

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

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

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

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

векторлар бағыттас болатын жағдай үшін:

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



Жауабы қандай?

Дененің:

- түзу сызық бойымен;
- жазықтықпен;
- кеңістікте қозғалысын сипаттау үшін неше ось қажет?



Естеріңізге түсіріңдер!

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



6-тапсырма

6, 7-суреттерді қараңдар. 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:

$$s = s_{салыст} - s_{мас}. \quad (6)$$

Жылдамдықтар мен орын ауыстыруларды қосу теоремаларын тұжырымдайық.

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

Жауабы қандай?

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

Дененің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруы дененің қозғалатын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруы мен қозғалатын жүйенің қозғалмайтын жүйеге қатысты орын ауыстыруының геометриялық қосындысына тең.

2-эксперимент

Координаталық жазықтықта өздерің таңдаған масштабта «Үй – мектеп» жол картасын бейнелеңдер. Траектория ұзындығы мен орын ауыстыруды анықтаңдар. Сендерге аталған арақашықтықты жүріп өтуге қажет уақытты өлшеңдер. Осы мәліметтер бойынша өздеріңнің орташа жылдамдықтарыңды анықтаңдар.

Жауабы қандай?

1. Жолдың қандай бөліктерінде сендер күрделі қозғалыс жасадыңдар?
2. Сол кезде сендердің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты жылдамдықтарың қалай өзгерді?
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 нүкте дегеніміз не?
3. Санақ жүйесіне не жатады?
4. Кинематика есептерін шешуде қандай координаталар жүйесі қолданылады?
5. Жылдамдықтар мен орын ауыстыруларды қосу теоремаларын тұжырымдаңдар.

★ Жаттығу

1

1. Бірқалыпты көтеріліп келе жатқан жеделсаты (лифт) жолаушысы қолындағы кітапты түсіріп алды. Кітаптың жылдамдығы қозғалыс басталған кезде қай жүйеге байланысты азаятынын анықтаңдар:
 - A. Жолаушыға.
 - B. Жеделсатыға.
 - C. Жерге.
2. Теплоход өзен ағысымен 21 км/сағ жылдамдықпен, ал ағысқа қарсы 17 км/сағ жылдамдықпен қозғалады. Теплоходтың тынық судағы жылдамдығын анықтаңдар.
3. 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 жылжиды?
4. Қайықтың суға қатысты жылдамдығы өзен ағысының жылдамдығынан n есе артық. Ағыс бойымен қозғалысқа кеткен уақыт ағысқа қарсы жүзгендегі уақыттан неше есе артық?

🏠 Жаттығу

1

1. Қозғалыстағы метро эскалаторындағы адам Жермен байланысты санақ жүйесінде тыныштық күйде бола ала ма? Жауаптарыңды түсіндіріңдер.
2. 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?
3. 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 параграфты игергенде:

- векторларды қосу мен азайтуды, векторды скалярға көбейтуді;
- вектордың координаталар осіне проекциясын табуды, векторды құраушыларға жіктеуді үйренесіңдер.



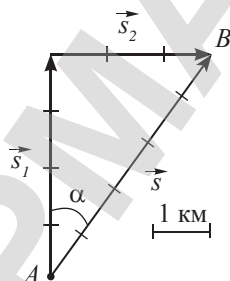
Естеріңе түсіріңдер!

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



Жауабы қандай?

1. Неліктен ұзақ жол жүріп өткен дененің орын ауыстыруы нөлге тең болуы мүмкін?
2. Орын ауыстыру жүрілген жолдан артық болуы мүмкін бе?
3. Неге векторларды алгебралық жолмен қосуға болмайды?



9-сурет. Орын ауыстыруларды үшбұрыш ережесімен қосу

Векторларға амалдар қолданған кезде олардың бағыттарын ескеру қажет. Екі векторды қосқанда *үшбұрыш* немесе *параллелограмм ережесі* қолданылады.

I Векторларды үшбұрыш ережесі бойынша геометриялық қосу

Векторларды үшбұрыш ережесі бойынша қосуды мысалмен қарастырайық.

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

Орын ауыстыру векторларын бейнелейік және масштаб $M:1:100000$ есебімен алынсын. 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 ауыстырды.



8-сурет. Алматы облысындағы жайлау

Алынған \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 *үшбұрыш 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:

$$\begin{aligned} 1 \text{ см} &= 1 \text{ км} \\ 5 \text{ см} &= s, \end{aligned}$$

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

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

II Бірнеше векторды көпбұрыш ережесі бойынша геометриялық қосу

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

\vec{s} векторы – шопанның төрт бөлікте 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 $\triangle ACD$ -дан Пифагор теоремасы бойынша анықтауға болады.



1-тапсырма

- 10-суреттегі $\triangle ACD$ үшбұрышының қабырғаларын анықтаңдар. Пифагор теоремасы бойынша шопанның орын ауыстыруын анықтаңдар.
- AC кесіндісінің ұзындығын өлшеп және масштабты қолданып, орын ауыстыруды анықтай отырып, алынған нәтижені тексеріңдер.



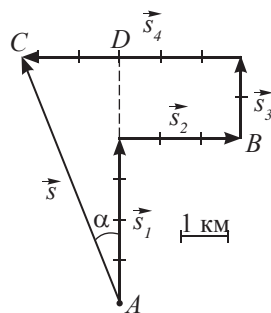
Маңызды ақпарат

Үшбұрыш 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.

Көпбұрыш ережесі

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



10-сурет. Үшбұрыш ережесі бойынша бірнеше векторды қосу

III Векторларды параллелограмм ережесі бойынша қосу

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

Дөңгелектің әрбір нүктесі $\vec{v}_{илг}$ жылдамдықпен *ілгерілемелі* қозғалысқа және $\vec{v}_{айн}$ жылдамдықпен *айналмалы* қозғалысқа қатысады.

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

$$\vec{v} = \vec{v}_{илг} + \vec{v}_{айн}. \quad (4)$$

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.



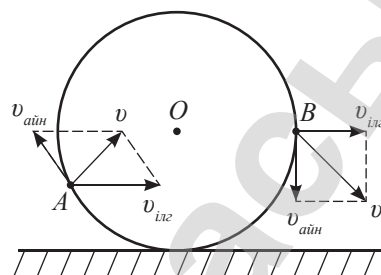
2-тапсырма

1. Дөңгелек нүктелері үшін алынған формуланы жылдамдықтарды қосу теоремасымен салыстырыңдар. Дөңгелек нүктелері үшін ауыспалы, салыстырмалы болып табылатын жылдамдықтарды атаңдар.
2. Автокөлік сырғанаусыз 30 м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатыр деп есептеп, B нүктесінің жерге қатысты жылдамдығын анықтаңдар (11-сурет).



Маңызды ақпарат

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



11-сурет. Дөңгелек нүктелерінің күрделі қозғалыс жасауы



Маңызды ақпарат

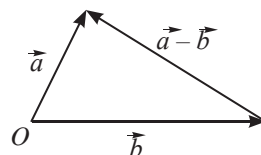
Параллелограмм ережесі

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



Есте сақтаңдар!

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

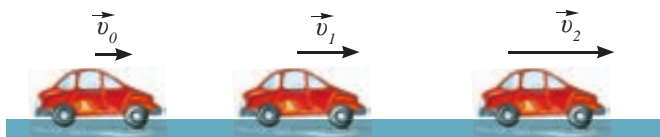


12-сурет. Векторларды азайту

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 гипотенуза болғандықтан, орын ауыстыру мәнін Пифагор теоремасы бойынша анықтауға болады.

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

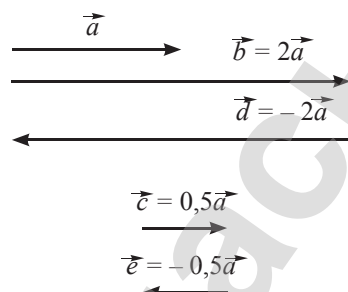
$$s_x = x - x_0; \quad s_y = y - y_0.$$

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 Ox және Oy осьтеріндегі проекциялары деп аталады.



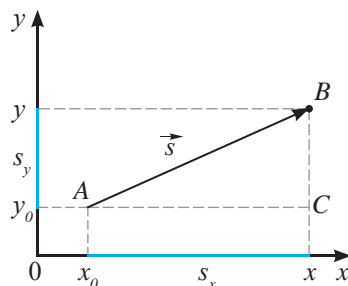
13-сурет. Коллинеар векторлар

3-тапсырма

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

Жауабы қандай?

Суретте кері бағытта қозғалып бара жатқан денені қалай бейнелеуге болады?



15-сурет. \vec{s} векторының Ox және Oy осьтеріндегі проекциясы

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

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

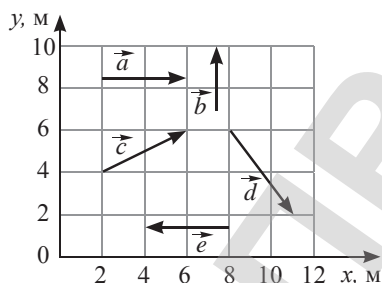
Проекциялар оң және теріс мәндерге ие бола алады.



4-тапсырма

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

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



16-сурет. 4-тапсырмаға арналған

VII Векторларды құраушыларға жіктеу

Кейбір есептерді шығарғанда векторларды құраушыларға жіктеген дұрыс. Бұл әдіс көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысын зерттегенде қолданылады (17-сурет). Егер Ox және Oy осьтерінің бойындағы қозғалысты бөлек қарастыратын болсақ, есепті шешу оңай болады.

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



Есте сақтаңдар!

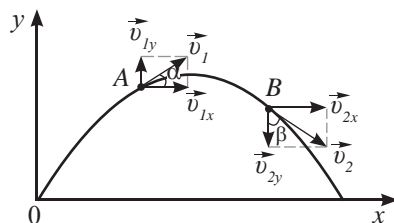
Вектордың бас нүктесінің және соңғы нүктесінің проекцияларын табу үшін көрсетілген оське осы нүктелерден перпендикуляр түсіру керек. Егер соңғы координата бастапқыдан үлкен болса, проекцияның мәні оң болады. Бұл жағдайда орын ауыстыру вектордың бас нүктесінің проекциясынан соңғы нүктесінің проекциясына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

Егер соңғы координата бастапқыдан кіші болса, проекцияның мәні теріс болады. Себебі вектордың бас нүктесінің проекциясынан соңғы нүктесінің проекциясына орын ауыстыруы берілген ось 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 орналасса, вектор проекциясы нөлге тең болады?



17-сурет. Векторларды құраушыларға жіктеу



Назар аударыңдар!

1. Біз бір векторды екі вектормен алмастырдық, оларды қосқанда қайтадан A нүктесінде \vec{v}_1 векторын аламыз: $\vec{v}_1 = \vec{v}_{1y} + \vec{v}_{1x}$. 17-суреттегі жылдамдықтарды қосуды қарандар.
2. 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 A нүктесінен (17-сурет) Ox және Oy осьтерінің бойымен таңдалған бағыттарға параллель сызықтар жүргізу қажет. Осы сызықтармен \vec{v}_1 векторы диагональ болатындай параллелограмм тұрғызамыз. Өзара перпендикуляр бағыттар таңдаған жағдайда параллелограмм орнына тік төртбұрыш аламыз. Тік төртбұрыштың қабырғалары – вектордың \vec{v}_{1y} вертикаль және \vec{v}_{1x} горизонталь құраушылары.



5-тапсырма

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

Бақылау сұрақтары

1. Үшбұрыш ережесі бойынша векторлық шамалардың қосындысы қалай анықталады? Параллелограмм ережесі бойынша ше?
2. Көпбұрыш ережесінің мәні неде? Оны қандай жағдайда қолданады?
3. Қандай жағдайда вектордың проекциясы оң, ал қандай жағдайда теріс болады?
4. Орын ауыстыру проекциясы мен дене координаталарының арасында қандай байланыс бар?
5. Координаталық қосу әдісінде векторлардың қосындысы қалай анықталады?
6. Векторды құраушыларға қалай жіктейді?



Жаттығу

2

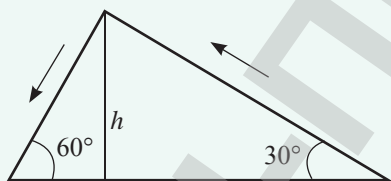
1. Кеме көл бетінде солтүстік-шығысқа қарай 2 км жүзіп өтті, содан кейін солтүстікке қарай тағы 1 км жүзді. Геометриялық әдіспен орын ауыстырудың бағыты мен модулін анықтаңдар.

- 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.

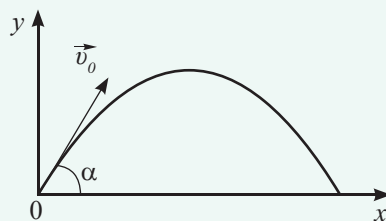
Жаттығу

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 биіктіктен жерге 60° бұрыш жасай төмен түсті (19-сурет). Туристің жүрген жолы мен орын ауыстыруының модулі неге тең? Жауабын ХБЖ-да беріңдер және бүтін санға дейін дөңгелектендер.
- Көкжиекке 60° бұрыш жасай лақтырылған дененің бастапқы жылдамдығын құраушыларға жіктендер (20-сурет). Дененің бастапқы жылдамдығын 10 м/с деп алып, құраушылардың 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, Ox осін еден мен сыртқы қабырғаның қиылысу сызығымен, Oy осін сыртқы қабырғалардың қиылысу сызығымен, ал Oz осін еден мен жапсарлас қабырғаның қиылысу сызығымен сәйкестендіре отырып байланыстырыңдар. Өз үстелдеріңнің бұрыштарының координаталарын анықтаңдар. Дәптерлеріңе координаталар осін және өздерің таңдап алған масштабта барлық нүктелерді бейнелеңдер. Қай нүктелердің арасында арақашықтық алыс болады? Оның сандық мәнін анықтаңдар.

Үстелдің xOy координаталық жазықтығына проекциясын бейнелеңдер.

§ 3. Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс. Үдеу

Күтілетін нәтиже

Параграфты игергенде:

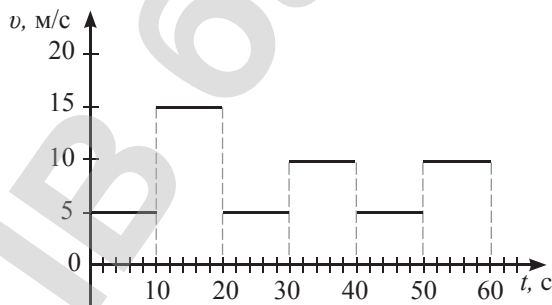
- уақытқа тәуелділік графикатерінен орын ауыстыруды, жылдамдықты пен үдеуді анықтауды үйренесіңдер.

I Бірқалыпсыз қозғалыстың жылдамдығы

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

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

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



21-сурет. Бірқалыпсыз қозғалыс кезінде жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі



Жауабы қандай?

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



1-тапсырма

Дененің барлық жолдағы және жолдың алғашқы екі бөлігіндегі орташа жылдамдығын анықтаңдар (21-сурет). Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигіндегі фигура ауданы барлық жүрілген жолға тең екенін дәлелдендер.

II Теңайнымалы қозғалыс.

Лездік жылдамдық. Үдеу

Уақыттың өзара бірдей аз аралығында жылдамдық бірдей мәнге өзгертін 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



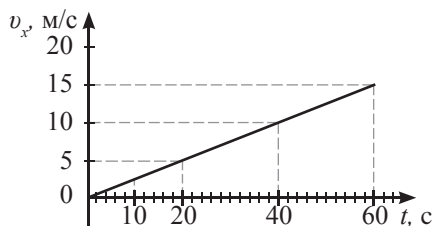
Жауабы қандай?

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

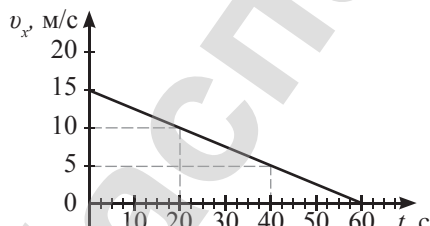
тең (уақыт аралығы нөлге ұмтылған жағдайда). Осы анықтаманы $\Delta t \rightarrow 0$ болғанда $v = \Delta s / \Delta t$ формуласымен жазуға болады.

Бұл жағдайда әртүрлі денелер үшін жылдамдықтың өзгеру сипаты түрліше болады: жаңадан қозғалған автокөлік жылдамдығының модулі жоғарылайды, дене теңүдемелі қозғалады (22-сурет). Тежегішті басқан соң автокөліктің жылдамдығы азаяды, дене теңкемімелі қозғалады (23-сурет).

Теңайнымалы қозғалыстағы дененің жылдамдығының өзгеру сипатын бейнелеу үшін векторлық шама – үдеу енгізілген.



22-сурет. Жылдамдықтың теңүдемелі қозғалыс уақытына тәуелділік графигі



23-сурет. Жылдамдықтың теңкемімелі қозғалыс уақытына тәуелділік графигі

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

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

(1)

немесе

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$

(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 дене 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

- 22 және 23-суреттердегі график бойынша автокөліктің үдеуін анықтаңдар. Үдеуді есептеу үшін (2) формуланың Ox осіне проекциясын қолданыңдар:

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

- Нәтиженің графикте алынған мәнге тәуелді емес екенін дәлелдендер.



Жауабы қандай?

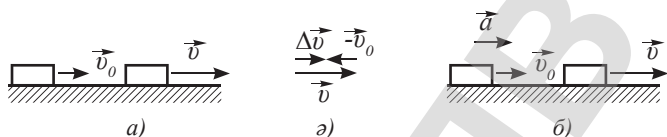
Неліктен қозғалыстағы дененің үдеуін дене жылдамдығының уақытқа тәуелділік графигінің көлбеу бұрышының тангенсі ретінде анықтауға болады?

Жылдамдығы жоғарылап, 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, ә) 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).

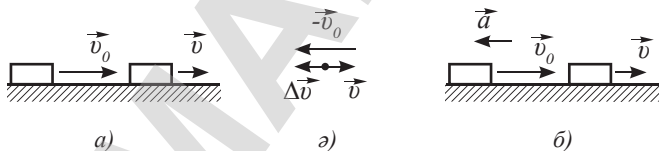
Егер үдеу векторы мен жылдамдық векторы бір түзудің бойымен бағытталған әрі үдеудің мәні өзгермейтін болса, дене қозғалысын түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс деп атайды.



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

4-тапсырма

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



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

2. 26-суретте берілген графикте дене теңүдемелі, теңкемімелі, бірқалыпты қозғалатын аралықтарды көрсетіндер.
3. Өз болжамдарыңды графиктің әр бөлігіндегі үдеуді есептеу арқылы тексеріндер.

3-тапсырма

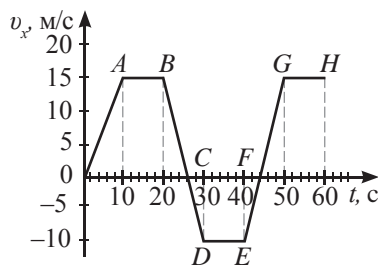
1. Халықаралық бірліктер жүйесінде үдеудің өлшем бірлігі: $[a] = 1 \frac{m}{c^2}$ екенін дәлелдендер.
2. Жүйеден тыс өлшем бірліктерін ұсыныңдар, олардың арасында байланыс орнатыңдар.

Жауабы қандай?

Неге үдеу векторы мен жылдамдықтың өзгеріс векторы бағыттас болады?

Есте сақтаңдар!

Егер үдеу векторының бағыты жылдамдық векторының бағытымен бағыттас және оның шамасы тұрақты болса, онда дене түзу сызықты теңүдемелі қозғалыста (ТҮК) болады. Егер үдеу векторының бағыты жылдамдық векторының бағытына қарама-қарсы және оның шамасы тұрақты болса, онда дене түзу сызықты теңкемімелі қозғалыста (ТКК) болады.



26-сурет. 4 (2)-тапсырмаға



Жауабы қандай?

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

IV Теңайнымалы қозғалыс кезіндегі үдеу мен жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графиктері

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

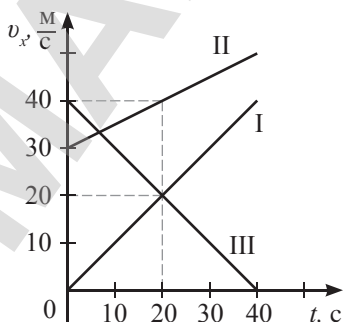
$$v_x = v_{0x} + a_x t. \tag{4}$$

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

$$v_x = a_x t. \tag{5}$$

Теңайнымалы 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 тең.

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

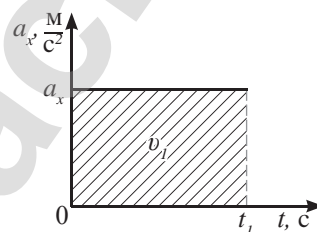


28-сурет. I, II және III денелердің қозғалыс жылдамдығының уақытқа тәуелділік графигі



5-тапсырма

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

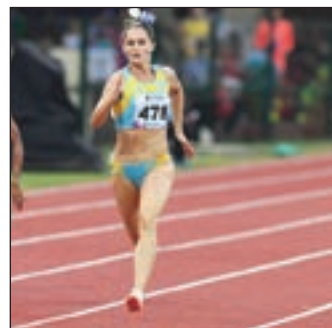


27-сурет. Үдеудің $0x$ осіне проекциясының уақытқа тәуелділік графигі



6-тапсырма

Жеңіл атлеттің жарыс басталғаннан 2 с өткеннен кейінгі жылдамдығын анықтаңдар. Оның үдеуі $4,5 \text{ м/с}^2$ (29-сурет).



29-сурет. Виктория Зябкина – бірнеше дүркін Азия чемпионы, үш дүркін универсиада жеңімпазы

Есептеулердің қорытындыларына назар аударындар және есте сақтаңдар:

1. Графиктің уақыт осіне көлбеу бұрышы неғұрлым үлкен болған сайын, дененің үдеуі соғұрлым жоғары бола түседі: $a_{1x} > a_{2x}$.
2. Үдеу проекциясы теріс $a_{3x} < 0$ теңкемімелі қозғалыс графигі уақыт осіне жақындайды.
3. Графиктің уақыт осімен қиылысу нүктесі дене тоқтайтын уақыттың мәнін анықтайды: $v_{3x} = 0, t = 40$ с.



Маңызды ақпарат

Тура пропорционал тәуелділік графигі түзу сызық болып табылады.



Есте сақтаңдар!

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



7-тапсырма

1. 28-суреттегі график бойынша:
 - денелердің бастапқы жылдамдықтарын;
 - денелердің 20 с өткеннен кейінгі жылдамдықтарын, үдеулерді;
 - денелердің 20 с ішінде жүрген жолын анықтаңдар.
2. Әрбір дененің қозғалыс түрін атаңдар.

Бақылау сұрақтары

1. Үдеу дегеніміз не? Оның өлшем бірлігі қандай?
2. Қандай қозғалыс теңайнымалы қозғалыс деп аталады? Қандай жағдайда дененің қозғалысы теңүдемелі, қандай жағдайда теңкемімелі болады?
3. Үдеудің уақытқа тәуелділік графигі бойынша дене жылдамдығының лездік мәнін қалай анықтауға болады?
4. Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі бойынша үдеуді қалай анықтауға болады? Орын ауыстыруды қалай анықтауға болады?

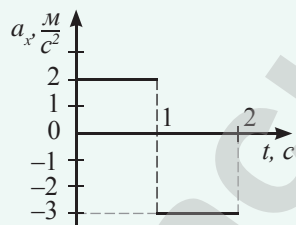


Жаттығу

3

1. Бірқалыпты қозғалыстағы автокөлік жолдың үштен бір бөлігін 20 м/с жылдамдықпен, ал қалған бөлігін 36 км/сағ жылдамдықпен жүріп өтеді. Оның барлық жолдағы орташа жылдамдығын анықтаңдар.
2. Қозғалыс басталғаннан кейін 1/6 мин өткенде пойыздың жылдамдығы 0,6 м/с-қа жетті. Қозғалыс басталғаннан кейін қанша уақыт өткенде пойыздың жылдамдығы 3 м/с-қа тең болады?
3. Дене $0x$ осі бойымен қозғалады. 30-суретте дене 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 құрастырыңдар, дененің жүріп өткен жолын анықтаңдар.

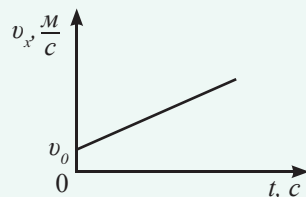


30-сурет. 3-жаттығудың 3-есеміне арналған

Жаттығу

3

1. Автокөлік жолдың бірінші жартысын 36 км/сағ, екінші жартысын 15 м/с жылдамдықпен жүріп өтті. Автокөліктің орташа жылдамдығын км/сағ-пен табыңдар.
2. Велосипедші ылдиға қарай $0,3$ м/с² үдеумен қозғалып келеді. Егер оның бастапқы жылдамдығы 4 м/с болса, $1/3$ минуттан кейін оның жылдамдығы қандай болады?
3. 31-суретте дене жылдамдығы модулінің уақытқа тәуелділік графигі берілген, дене қозғалысының сипатын анықтаңдар. Дене үдеуі модулінің уақытқа тәуелділік графигін салыңдар.



31-сурет. 3-жаттығудың 3-есеміне 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. Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен орын ауыстыру

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- есептер шығаруда түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен үдеу формулаларын қолдануды;
- түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі координата мен орын ауыстыру теңдеулерін есептер шығаруда қолдануды;
- орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигінен орын ауыстыруды анықтауды үйренесіңдер.

Кинематиканың негізгі міндеті – кез келген уақыт мезетінде дененің кеңістіктегі орнын 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.



Жауабы қандай?

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



32-сурет. Тігін машинелерінде ине мен тігін қайығы құрылғысы қозғалысын баптау

2. Не себепті түзу сызықты қозғалысты сипаттайтын шамаларды есептеуде бір ось жеткілікті?
3. Неліктен ТУҚ кезінде үдеу проекциясы оң мәнге, ал ТКҚ кезінде теріс мәнге ие?



Естеріңе түсіріңдер!

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

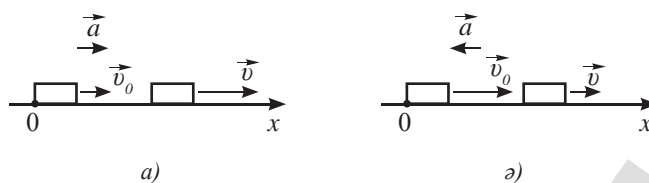
Кеңістіктегі дене координатасын білудің маңыздылығын дәлелдейтін мысалдар келтіріңдер.

I Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық

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

$$v_x = v_{0x} + a_x t.$$

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



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

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

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

II Теңайнымалы қозғалыс кезінде дененің орын ауыстыруын есептеу формуласы

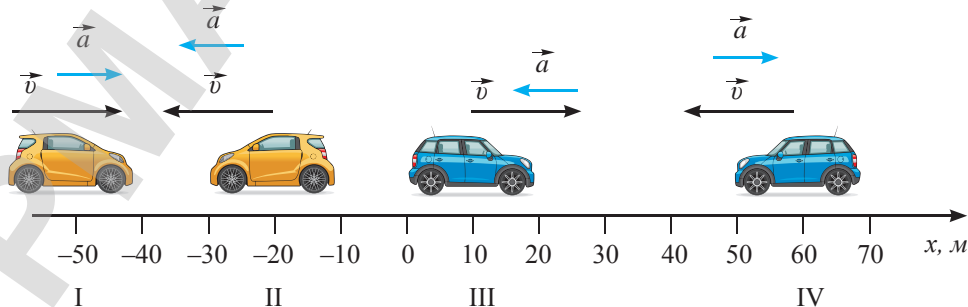
Дененің теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдығының орташа мәнін дененің бастапқы және соңғы қозғалыс жылдамдықтарының арифметикалық ортасы түрінде жазайық:

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



2-тапсырма

- 34-суретте бейнеленген төрт автокөлік модульдері бірдей үдеумен және жылдамдықпен қозғалып келеді.
1. Өр 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 теңдеуін жазыңдар.
 3. Теңдеуді бастапқы жылдамдық нөлге тең болмайтын жағдай үшін жазыңдар.



34-сурет. 2-тапсырмаға

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:

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

Теңүдемелі 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 көрсетіндер. Денелердің жылдамдығының уақытқа тәуелділік теңдеуі мынадай түрде болады:

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

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

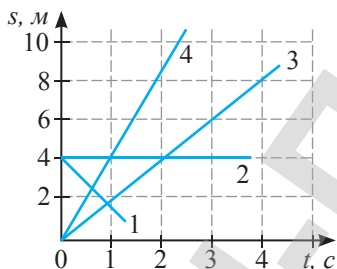
$$v_{3x} = -2 + 0,5t;$$

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

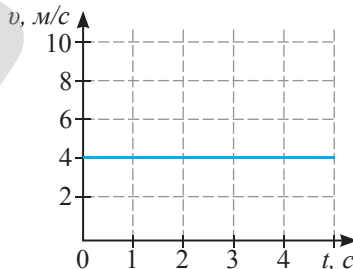


4-тапсырма

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. Теңайнымалы қозғалыс кезінде жүрілген жолды қалай анықтауға болады?
2. Қозғалыс бағытының өзгеруі дененің орын ауыстыруы мен жүрілген жолға қалай әсер етеді?

Алынған өрнек қозғалыс уақыты белгісіз болғанда дененің орын ауыстыруын анықтауға мүмкіндік береді:

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



Жауабы қандай?

Теңайнымалы қозғалыс кезіндегі орташа жылдамдықты неліктен арифметикалық орта ретінде анықтауға болады?

Кинематика есептерін шешу алгоритмі:

1. Есептің шартында берілген физикалық шамалар мәнін жазу. Жүйеден тыс өлшем бірліктерін ХБЖ-ға (SI) аудару.
2. Есеп сұрағын құрастыру.
3. Суретте денені бейнелеу, үдеу және жылдамдық векторларының бағыттарын көрсету.
4. Берілген және белгісіз шамаларды байланыстыратын формулаларды проекцияларда жазу.
5. Дененің қозғалыс бағытымен бағыттап, координата осін таңдау.
6. Проекция таңбасын ескере отырып, формулаларды модульдер арқылы жазу.
7. Теңдеуді немесе теңдеулер жүйесін белгісіз шамаға қатысты шешу.
8. Өлшем бірліктерімен жұмыс жасау.
9. Есептің жауабын жазу.

IV Қозғалыс заңы

Қозғалыс заңы кез келген уақыт мезетінде дененің орнын анықтауға 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: $x_0 = 2$ м, сонымен қатар бастапқы жылдамдығын $v_{0x} = 4 \frac{M}{c}$ және дененің үдеуін де $a_x = 4 \frac{M}{c^2}$ анықтауға болады.

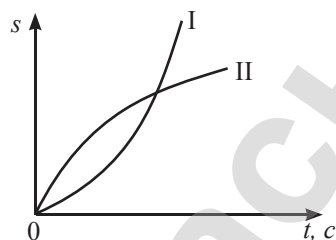
Қозғалыс заңы қозғалыстың сипатын анықтауға мүмкіндік береді. Егер жылдамдық және үдеу проекцияларының таңбалары бірдей болса, онда қозғалыс теңүдемелі, егер таңбалары қарама-қарсы болса, онда теңкемімелі қозғалыс болғаны.

V Денелердің кездесу орнын және уақытын анықтау

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

VI Дененің орын ауыстыруының қозғалыс уақытына тәуелділік графигі

Дененің орын ауыстыруының уақытқа тәуелділік графигі парабола тармағы болып табылады (37-сурет). $0x$ осінің бағытымен қозғалатын дененің теңүдемелі қозғалысы үшін алынған I график аргумент коэффициентінің мәні оң квадраттық теңдеудің графигіне сәйкес келеді. Теңкемімелі қозғалысқа арналған II график теріс коэффициентті квадраттық теңдеудің графигіне сәйкес келеді. Орын ауыстырудың уақытқа тәуелділік графигінің түрі үдеу проекциясының таңбасымен анықталады.



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

✓ Есте сақтандар!

1-кесте. Теңайнымалы қозғалысты сипаттайтын шамалар формулалары

Үдеу	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$
Орташа жылдамдық	$v_{opt} = \frac{v_0 + v}{2}$ (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

Теңайнымалы қозғалыс үшін бастапқы жылдамдықсыз орын ауыстыруды есептеу формуласын жазыңдар.

↻ 5-тапсырма

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

1. Автобустың бастапқы координатасын, алғашқы 3 с ішіндегі бастапқы жылдамдығы мен үдеуін анықтандар;
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.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

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

Берілгені:

$$a_1 = 10 \text{ м/с}^2$$

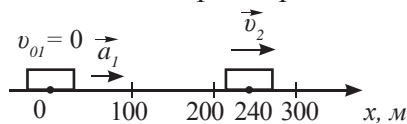
$$v_{01} = 0$$

$$v_2 = 10 \text{ м/с}$$

$$l = 240 \text{ м}$$

Шешуі:

Суретте қозғалыстағы денелердің орнын бейнелейік.



$$\Delta t - ?$$

$$x - ?$$

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

Теңудемелі 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} оң болады:

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

Автокөлік велосипедті қуып жеткенде, олардың координаталары бірдей болады:

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

(1) және (2) теңдеулердің оң жақтарын (3) теңдеуге қойып, мынадай өрнек

$$\text{аламыз: } \frac{a_1 t^2}{2} = l + v_2 t.$$

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. Теңудемелі және теңкемімелі қозғалыс кезінде орын ауыстыруды есептеу формулаларының қандай айырмашылықтары бар?
2. Қозғалыс заңы қандай шамаларды байланыстырады?
3. Теңайнымалы қозғалысқа арналған қозғалыс заңын неліктен бірқалыпты қозғалыс үшін қолдануға болады?

★ Жаттығу

4

1. Ұшақ ұшу алабын 10 с-та ұшып өтеді, жерден көтерілген сәтте оның жылдамдығы 100 м/с болды. Оның осы уақытта жүріп өткен жолын анықтаңдар.
2. Тыныштық күйден 60 см/с² үдеумен қозғалған автокөлік 30 м жолды жүріп өтуі үшін қанша уақыт қажет?
3. 4 материялық нүктенің қозғалысы сәйкесінше мынадай теңдеулермен берілген: $x_1 = 10t + 0,4t^2$; $x_2 = 2t - t^2$; $x_3 = -4t + 2t^2$; $x_4 = -t - 6t^2$.
 - а) әр нүкте үшін $v = v(t)$ теңдеуін жазыңдар;
 - ә) осы тәуелділіктердің графигін тұрғызыңдар;
 - б) әр нүктенің қозғалысын суреттеңдер.

🏠 Жаттығу

4

1. Вагон теңкемімелі қозғалып келеді. Оның бастапқы жылдамдығы 54 км/сағ, үдеуі 0,3 м/с². Вагон тоқтағанша қандай қашықтықты жүріп өтеді? Жауапты ХБЖ бірлігінде беріңдер.
2. Автокөлік қозғалысты 2 м/с² 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 $x_2 = 80 - 4t$ теңдеулерімен берілген. Қозғалысты суреттеп,
 - а) автокөліктердің кездесетін уақыты мен орнын;
 - ә) уақыт санағы басталғаннан кейін 5 мин өткен соң олардың арақашықтығын;
 - 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.

$s_1 : s_2 : s_3 = 1 : 3 : 5$ қатынасы орындала ма? Тексеріңдер.

§ 5. Денелердің еркін түсуі. Еркін түсу үдеуі

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- еркін түсуді сипаттау үшін теңайнымалы қозғалыстың кинематикалық теңдеулерін қолдануды;
- теңайнымалы және бірқалыпты қозғалыстардың кинематикалық теңдеулерін пайдаланып, горизонталь лақтырылған дене қозғалысын сипаттауды;
- горизонталь лақтырылған дененің жылдамдығын анықтауды;
- горизонталь лақтырылған дененің қозғалыс траекториясын салуды үйренесіңдер.

I Денелердің құлауы. Галилей тәжірибесі

Аристотель денелердің ауада құлауын бақылай отырып, ауыр денелер жеңіл денелерге қарағанда жылдамырақ құлайды деген қорытындыға келген: «Алтын немесе қорғасын, немесе салмағы бар басқа дене бөлігінің құлауы оның салмағы неғұрлым көп болса, соғұрлым жылдам болады». Бірдей биіктіктен құлаған жапырақ алмаға қарағанда ұзақ ұшады.

Галилео Галилей Аристотель жасаған қорытындыға күмән келтіріп, эксперимент түрінде тексеруді шешеді. Өз тәжірибелерін өткізуге Пизадағы ең биік көлбеу мұнараны таңдайды, себебі денелердің құлауының айырмашылығын төмен биіктіктерде бақылау қиын. Галилей ауаның кедергісі мен денелердің құлауына дене пішінінің әсері болмау үшін, мұнарадан пішіні бірдей, бірақ массалары әртүрлі денелерді тастайды. Нәтижесінде «Бірдей биіктіктен құлаған денелердің түсу 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:

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

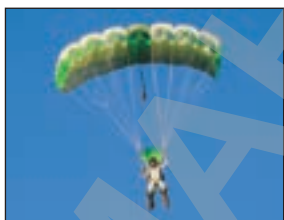
Әрбір кезекті секундағы орын ауыстыру қатынасы, бастапқы жылдамдық нөлге тең болғанда, тақ сандар қатарының қатынасына тең.

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



Жауабы қандай?

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



38-сурет. Парашютпен секіру



1-тапсырма

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



Эксперимент

1. Екі бірдей қағаз парағын бірдей биіктіктен тастаңдар. Олардың түсу уақытын анықтаңдар.
2. Парақтардың бірін шар сияқты умаждап, оларды тағы да бірдей биіктіктен тастап, түсу уақытын салыстырыңдар.
3. Екінші парақты да умаждап, тәжірибені қайталаңдар.
4. Массалары бірдей парақтардың түсу уақытының әртүрлі болу себебін түсіндіріңдер.

II Денелердің еркін түсуі. Жердегі және басқа аспан денелеріндегі денелердің еркін түсу үдеуі

Денелердің ауасыз кеңістікте құлауын алғаш бақылаған ғалым – И.Ньютон. Осыған ұқсас тәжірибені қабырғасы қалың арнайы түтікшенің көмегімен жүргізуге болады. Түтікшенің бір ұшы дәнекерленіп бекітіліп, екінші ұшына кран орнатылады. Түтікшенің ішіне қорғасын бытыра, ағаш қабығы және құстың қауырсыны салынады.

Түтікшеден ауаны сорып алып, оны төңкеріп қоямыз. Аталған барлық денелер түтікшенің түбіне бір уақытта түседі (39-сурет). Демек, денелердің үдеуі олардың массасына тәуелді емес. Ауасы жоқ кеңістікте барлық денелер мен бөлшектер: жаңбыр тамшысы, шаң-тозаң, тастар, жапырақтар Жердің бетіне бірдей үдеумен құлайды.

Еркін түсу үдеуі g әрпімен белгіленеді. Бұдан да дәл өлшеулердің нәтижесінде Жер бетіне жақын әртүрлі ендіктерде еркін түсу 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 түсу – денелердің ауасыз кеңістіктегі ауырлық күшінің әсерінен болатын қозғалысы.

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

2-кесте. Планеталардағы еркін түсу үдеуі

Планета, аспан денесі	Еркін түсу үдеуі, м/с ²	Планета, аспан денесі	Еркін түсу үдеуі, м/с 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?

1. Неге умаждалған және жазық парақ жерге әртүрлі уақытта түседі?
2. Неге қағаз шарлар жерге бірдей уақытта түседі?
3. Неліктен жазық парақтар жерге бір уақытта да, әртүрлі уақытта да түсуі мүмкін?



39-сурет. Массасы әртүрлі денелердің ауасыз кеңістікте құлауы

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 бұлттарының биіктігін шамамен 2 км деп алыңдар. Пневматикалық мылтық оғының 240 м/с жылдамдығымен салыстырыңдар.

III Орын ауыстыру жылдамдығын есептеу және еркін түсетін дененің координаталары

Дененің еркін түсуі түзу сызықты теңайнымалы қозғалысқа мысал болып табылады, демек, алдыңғы қарастырылған барлық формулалар осы қозғалыс түріне қолданылады. Формула-лардағы айырмашылықтар – вертикаль бойымен орын ауыстыру *биіктік* деп аталады және ол h әрпімен белгіленеді. Вертикаль бойымен қозғалыста координата осін Oy деп белгілейді және сәйкесінше y координатасын енгізеді.



3-тапсырма

40-суретте бейнелеген шар үшін кинематикалық шамалардың: жылдамдықтың, орын ауыстырудың, дене координатасының модулін есептеу формулаларын жазыңдар. Траекторияның қандай бөлігінде шар теңүдемелі, қандай бөлігінде теңкөмімелі қозғалыс жасайды?

3-кесте.

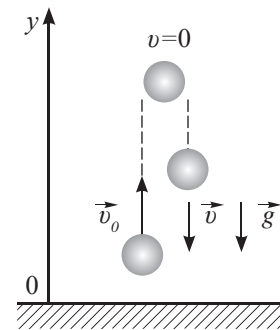
Шама	Қозғалыс түрі	
	Теңайнымалы	Еркін түсу – теңайнымалы қозғалыстың дербес жағдайы
Үдеу	$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$	$g = 9,81 \frac{M}{c^2}$
Лездік жылдамдық	$v_x = v_{0x} + a_x t$	$v_y = v_{0y} + g_y t$
Орын ауыстыру	$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$	$h_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$ $h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}$
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 түсу үдеуімен қозғалатын дененің қозғалысын оның бастапқы жылдамдығының бағытына тәуелсіз еркін түсу деп атайды.

Вертикаль жоғары лақтырылған дене. 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 теңүдемелі қозғалады.

Егер координатаның Oy осін жоғары бағыт-тасак, онда үдеудің проекциясы g_y теріс болады.



40-сурет. Вертикаль жоғары лақтырылған дененің еркін түсуі

Жылдамдық пен орын ауыстыруды есептеу формулалары модуль түрінде мынадай болады:

$$v_y = v_0 - gt; \quad h_y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Бұл жағдай үшін қозғалыс заңы 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.

Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене.

Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене тек ауырлық күшінің әсерінен қозғалатындықтан, еркін құлайды (41-сурет).

Oy осі бойындағы жылдамдық, орын ауыстыру және координатаны есептеу формулаларын берілген осьтегі бастапқы жылдамдық құраушыларын қолдана отырып, еркін түсу 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 Oy осі бойымен құраушысы нөлдік мәнге ие болады (42-сурет).

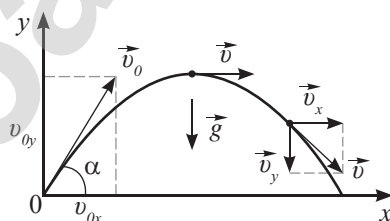
Егер Oy осі вертикаль төмен бағытталған болса, онда вертикаль бойымен қозғалыс және орын ауыстыру жылдамдығы келесі формула бойынша анықталады: $v_y = gt$; $h_y = \frac{gt^2}{2}$.

Дененің Ox осі бойымен қозғалысын бірқалыпты қозғалыс формуласы бойынша есептейді. Ox осі бойымен қозғалыс үдеусіз орындалады, жылдамдық тұрақты шама болып қалады.

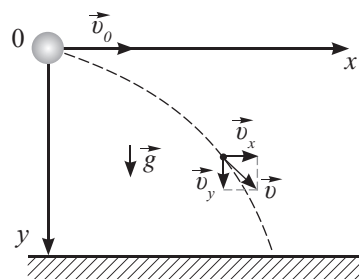


4-тапсырма

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



41-сурет. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің еркін түсуі



42-сурет. Горизонталь лақтырылған дененің еркін түсуі

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Дене 0 м/с жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылған. Дененің қозғалыс заңын жазыңдар. Дененің лақтыру деңгейінен 15 м биіктікте болатын уақыт аралығын анықтаңдар.

Берілгені:

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$h = 15 \text{ м}$$

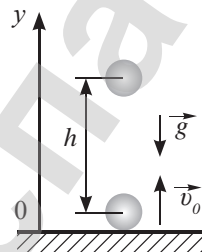
$$y(t) - ?$$

$$\Delta t - ?$$

Шешуі:

Суретте денені және оның қозғалысын сипаттайтын шамалардың векторын саламыз.

$0y$ осін бастапқы жылдамдық бағытымен бағыттаймыз.



Теңайнымалы қозғалыс үшін қозғалыс заңын жазамыз:

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

Егер координатаның санақ басы 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 үдеу мәндерін қойып, лақтырылған дене үшін қозғалыс заңын аламыз: $y = 20t - 5t^2$.

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

Квадраттық теңдеуді t -ға қатысты шешіп, екі түбір аламыз: $t_1 = 1$ с; $t_2 = 3$ с.

Дене 15 м биіктікте екі рет болады: көтерілу кезінде лақтырылған соң 1 с-тан кейін және түсу кезінде 3 с-тан кейін.

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

Бақылау сұрақтары

1. Дененің құлау уақыты оның массасына қалай тәуелді?
2. Дененің еркін түсуі қозғалыстың қандай түріне жатады?
3. Қандай қозғалысты еркін түсу деп атайды?
4. Еркін түсу үдеуі орынның кеңдігіне қарай қалай өзгереді?
5. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысын еркін түсу деп есептеуге бола ма?

★ Жаттығу

5

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

🏠 Жаттығу

5

1. Тыныштық күйден еркін түскен дене Жерге 2 с-та жетеді. Осы дененің 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 дене одан 4 метр қашықтыққа 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, материялық нүктенің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы. Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- дененің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысын сызықтық және бұрыштық шамалар арқылы сипаттауды;
- есептер шығаруда сызықтық және бұрыштық шамалардың байланыс формулаларын қолдануды үйренесіңдер.

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.

Бұл жағдайда жүрілген жол мен жылдамдықты анықтау үшін бірқалыпты және бірқалыпсыз түзу сызықты қозғалыс формулаларын пайдаланады. Орташа жылдамдықтың мәнін анықтауда жүрілген жолдың осы жолды жүруге кеткен уақытқа қатынасы табылады. *Жүрілген жол – траекторияның ұзындығы.* Кез келген қисықсызықты радиустары әртүрлі шеңберлер доғаларынан құралған деп қарастыруға болады.



Жауабы қандай?

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



44-сурет. 1-сураққа.
Алматы қаласында жасалған велосипед



Шучье қ.

43-сурет. Шаңғы спортының ұлттық орталығындағы шаңғы жолы

II Дененің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы. Период және жиілік

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

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 кері шаманы *жиілік* деп атайды.

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

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

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

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

III Сызықтық жылдамдықтың периодпен және жиілікпен байланысы

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

$$v = \frac{l}{t} \text{ -ға тең.}$$

Жолдық жылдамдықты *сызықтық жылдамдық* деп атау келісілген.

Егер дене 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: $v = 2\pi R\nu$.



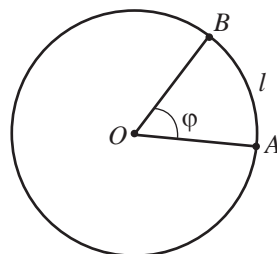
1-тапсырма

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



Жауабы қандай?

Тапсырманы орындау барысында математика курсының қандай ережелерін қолдандыңдар?



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



Маңызды ақпарат

Доға ұзындығы l – радианмен берілген φ центрлік бұрышқа тура пропорционал шама: $l = \varphi R$.

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

Егер дене шеңбер бойымен қозғала отырып, A нүктесінен B 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: $[\varphi] = 1 \text{ рад}$.

Дененің шеңбердің центрі айналасында айналу шапшаңдығын бұрыштық жылдамдық сипаттайды.

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: $[\omega] = 1 \text{ рад/с}$.

V Бұрыштық жылдамдықтың периодпен, жиілікпен және сызықтық жылдамдықпен байланысы

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



2-тапсырма

- Бұрыштық орын ауыстыру $\varphi_1 = \pi/4$; $\varphi_2 = 3,14$ рад; $\varphi_3 = 90^\circ$ 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 сызықтық жылдамдықтары неше есе өзгеше? Неліктен бұрыштық және сызықтық жылдамдықтардың қатынастары әртүрлі?



46-сурет. 3-тапсырмаға



Жауабы қандай?

- Не себепті дененің шеңбер бойымен қозғалысын сипаттау үшін бұрыштық шамаларды қолдану ыңғайлы?
- 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: $\omega = 2\pi\nu$.

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

$$v = \omega R.$$

Алынған формулалар бұрыштық шамалардан сызықтық шамаларға өтуге мүмкіндік береді.

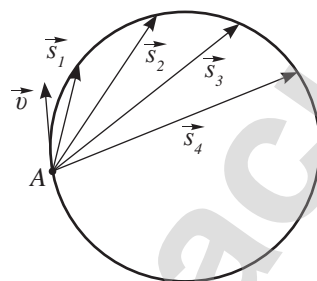
VI Орын ауыстыру мен сызықтық жылдамдықтың бағыты

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

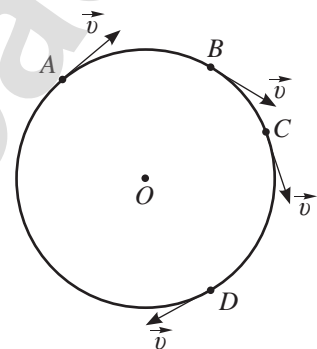
Мұндай талдауда дененің қозғалыс жылдамдығының бағытын көрсету қиынға соғады, сондықтан қисықсызықты қозғалыс үшін «лездік жылдамдық» ұғымы енгізілді.

Лездік жылдамдық – дененің берілген уақыт мезетіндегі жылдамдығы.

Қарастырылатын уақыт аралығы қаншалықты аз болса, орын ауыстыру да, хорданың шеңбер доғасынан айырмашылығы да соғұрлым аз болады. Жолдың өте аз бөлігі үшін дене орын ауыстыратын хорданың шеңберге жүргізілген жанамадан айырмашылығы жоқ. Сондықтан лездік жылдамдықтың бағыты ретінде берілген уақыт мезетіндегі траектория нүктесіне жүргізілген жанаманың бағыты алынады (48-сурет). Бұған «Отты шеңбер» отшашуы ұшқындарының қозғалысы дәлел бола алады (49-сурет).



47-сурет. Шеңбер бойымен қозғалатын дененің орын ауыстыруы



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



49-сурет. «Отты шеңбер» отшашуы

Дененің шеңбер бойымен қозғалысы кезінде жылдамдықтың бағыты өзгереді. Жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығы үдеумен сипатталады. Демек, дененің шеңбер бойымен қозғалысы бірқалыпты қозғалыс болып табылмайды. Сондықтан дененің шеңбер бойымен сандық мәні тұрақты жылдамдықпен қозғалысы шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс деп аталады. «Бірқалыпты» сөзі дене қозғалысы кезінде сызықтық 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 ауыстыру, 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 сызықтық жылдамдықтарын анықтаңдар.
2. Материялық нүкте радиусы 50 см шеңбер бойымен бірқалыпты қозғала отырып, 10 с ішінде оның ұзындығының жартысын жүріп өтті. Осы нүкте қозғалысының сызықтық жылдамдығын анықтаңдар. Жауапты ХБЖ өлшем бірліктерімен беріңдер 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 сызықты және бірқалыпты қозғала отырып, қанша жол жүреді? Жауапты километрмен өрнектендер.

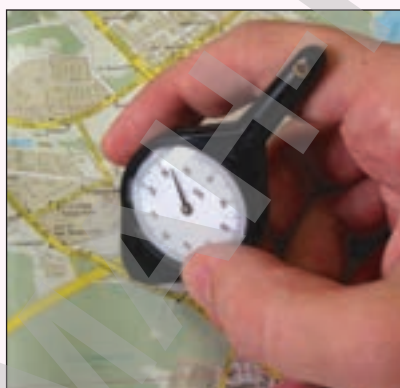
2. ЖЖС-нің орбитасының радиусын 4 есе арттырғанда айналу периоды 8 есе артты. Орбита бойымен қозғалып келе жатқан жасанды серіктің жылдамдығы қанша есе өзгереді?
3. Секундомер тілшелерінің бұрыштық жылдамдықтары бір-бірінен қанша есе өзгеше? Олар қандай уақыт аралығын өлшейді (50-сурет)?



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

Эксперименттік тапсырма

1. Автокөлік (велосипед) дөңгелегінен түсетін топырақ пен тас түйіршіктерінің қозғалысын бақылаңдар. Дөңгелектен түскен сәтте олар қандай жылдамдыққа ие болады? Өздерің бақылаған құбылысқа ұқсас мысалдар келтіріңдер.
2. «Курвиметрдің құрылысы 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

а)



Құрылыстағы курвиметр

ә)

51-сурет. Курвиметр

§ 7. Центрге тартқыш үдеу

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- есептер шығаруда центрға тартқыш үдеу формулаларын қолдана аласыңдар.



Естеріңе түсіріңдер!

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



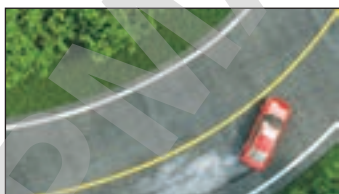
Жауабы қандай?

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



52-сурет. Алматы қаласының орталық саябағындағы шынжырлы әткеншек

2. Неліктен қауіпті бұрылыстар автокөліктерге қиындық тудырады (53-сурет)?



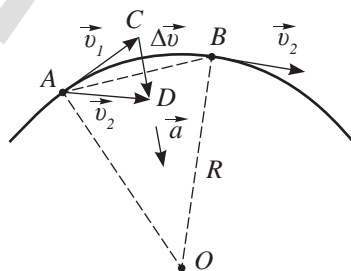
53-сурет. Жылдамдығы жоғары автокөліктің қауіпті бұрылысқа енуі

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.

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



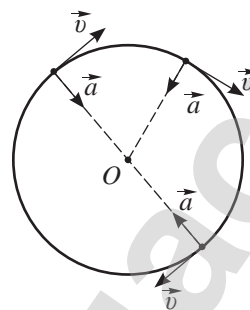
54-сурет. Қозғалыс жылдамдығының $\Delta \vec{v}$ өзгерісі мен үдеу шеңбер центріне бағытталған

Тұрғызылуына қарай $\Delta \vec{v}$ және \vec{a} векторлары шеңбердің ішіне қарай бағытталған. B нүктесі A нүктесіне қарай жақындап, 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 дене қозғалысының түрін анықтайды.

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



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

II Центрге тартқыш үдеудің модулі

54-суреттегі $\triangle OAB$ және $\triangle ACD$ 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:

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

1-тапсырма

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

2-тапсырма

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

Жауабы қандай?

1. Неліктен шеңбер бойымен қозғалысты бірқалыпты деп атайды?
2. Неліктен шеңбер бойымен қозғалып келе жатқан дененің үдеуін центрге тартқыш үдеу деп атайды?
3. 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 сызықтық жылдамдықтың байланыс формуласын $v = \omega R$ ескеріп, (4) формуланы мына түрде жазуға болады:

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



Бұл қызық!

Жасанды серіктердің жылдамдықтары олардың қандай биіктікте ұшуына 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 биіктіктегі 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 серіктері геостационарлық орбитада

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Шеңбер бойымен қозғалып келе жатқан дененің сызықтық 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:

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

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 материялық нүктенің центрге тартқыш үдеуін анықтаңдар.
2. Автокөлік радиусы 0,04 км дөңес көпірдің ортасынан өткенде центрге тартқыш үдеуі еркін түсу үдеуінің шамасына тең болуы үшін қандай жылдамдықпен жүруі керек? $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алыңдар.
3. Екі материялық 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 мыңдыққа дейін дөңгелектеп беріңдер.
2. Диаметрі 1,8 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 жүйесі планеталарының айналу периодтары және олардың Күннен арақашықтығы

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 үдеулері

Планета	Күннен орташа арақашықтығы, млн км	Күнді айналу периоды, с	Орбиталық жылдамдық, м/с	Үдеу, м/с ²

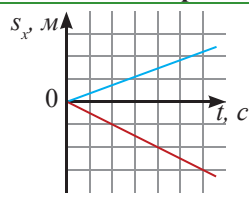
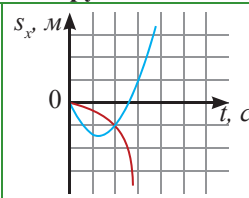
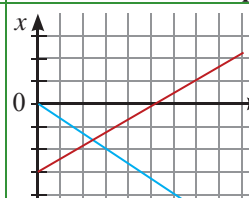
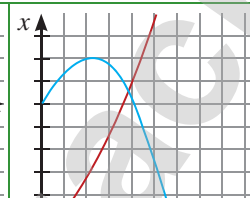
Алынған нәтижелерге салыстырмалы талдау жүргізіңдер.

1-тараудың қорытындысы

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

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

Бірқалыпты қозғалыс	Теңайнымалы қозғалыс	Бірқалыпты қозғалыс	Теңайнымалы қозғалыс
үдеу		жылдамдық	
<p style="text-align: center;">$a = 0$</p>	<p style="text-align: center;">$a_x = const$</p>	<p style="text-align: center;">$v_x = const$</p>	<p style="text-align: center;">$v_x = v_{0x} \pm a_x t$</p>

Бірқалыпты қозғалыс	Теңайнымалы қозғалыс	Бірқалыпты қозғалыс	Теңайнымалы қозғалыс
орын ауыстыру		координата	
 <p>$s_x = v_x t$</p>	 <p>$s_x = v_x t \pm \frac{a_x t^2}{2}$</p>	 <p>$x = x_0 + v_x t$</p>	 <p>$x = x_0 + v_x t + \frac{a_x t^2}{2}$</p>

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.

Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс – үдеу векторы мен жылдамдық векторы бір сызықтың бойымен бағытталады әрі үдеудің мәні өзгермейтін қозғалыс.

Еркін түсу – ауасыз кеңістіктегі денелердің ауырлық күшінің әрекетінен қозғалысы.

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

Бұрыштық жылдамдық – бұрыштық орын ауыстырудың осы орын ауыстыруға 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 нүктесін анықтауды үйрендік, 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 жүргізілетін санақ жүйесі, көптеген жұлдыздар ішінде нақты бір жұлдызды анықтау сияқты жаңа міндеттер туындайды. 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;
- әртүрлі ендіктегі 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 параграфты игергенде:

- абсолюттік және көрінерлік жұлдыздық шамаларды ажырата білесіңдер;
- жұлдыздардың жарқырауына әсер ететін факторларды анықтай аласыңдар.



58-сурет. Құсжолында жұлдыздардың шар тәріздес шоғырлануы



59-сурет. Үркер 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 Ғаламның құрылымы мен масштабы

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



57-сурет. Күн Құсжолы 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). Құсжолы дискісінің диаметрі шамамен $9,5 \cdot 10^{17}$ км немесе 10^5 жарық жылына жуық. Құсжолының серіктері бар.



Жауабы қандай?

1. Неліктен жұлдыздар әртүрлі жарқырайды?
2. Өлшемдері үлкен жұлдыздар ең жарық жұлдыздар деп тұжырымдауға бола ма?
3. Жарық жұлдыздар Күнге ең жақын орналасқан жұлдыздар деп тұжырымдауға бола ма?



Бұл қызық!

2014 жылы қыркүйекте жарияланған мәліметтерге сүйенсек, 4 млрд жылдан кейін Құсжолы 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 Ғаламда 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 жұлдыздар сияқты, жүздеген және мыңдаған галактикалардан тұратын шоғырлар құрайды. Ғалам галактикалар шоғырларынан тұрады және ол шексіз.

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

Ғалам – планеталардан, жұлдыздардан, жұлдызаралық заттардан және ғарыш сәулелерінен құралған барлық материялық әлем.

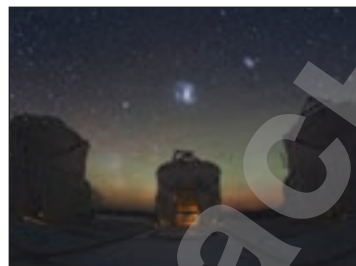
II Шоқжұлдыздар. Шоқжұлдыздардың атауы

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

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

Маңызды ақпарат

Астрономияның міндеттерінің бірі – жұлдыздар 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 далаға қарағанда жұлдыз аз көрінеді? Қандай шарттарда жұлдыздар жақсы көрінеді?

1-тапсырма

Үркер шоқжұлдызының Күнге ең жақын шоғырлану қашықтығын метрмен және километрмен өрнектеңдер.



62-сурет. Кассиопея шоқжұлдызы

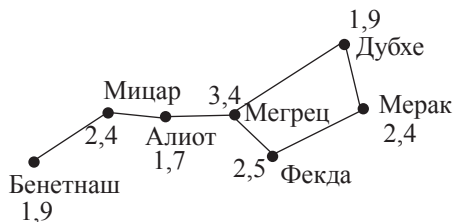
Әр кезеңде және әрбір халықтың аспанды шоқжұлдыздарға бөлуі әртүрлі болды. Мысалы, көне Қытайда аспанды 4 бөлікке бөлген, олардың әрқайсысында 7 шоқжұлдыздан болған. Шоқжұлдыздардың атаулары да әртүрлі болды, мысалы, Үлкен Аю шоқжұлдызын қазақ халқы «Жетіқарақшы» деп, орыс халқы – «Үлкен ожау», ал эстондар – «Арба», моңғолдар – «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 тудырды. 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 көзбен 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 мына формуламен жуықтап 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 туындады. Жұлдыздар каталогын әртүрлі мемлекеттер мен әртүрлі кезеңнің астрономдары құрастырды. Солардың ішінде ең нақты жасалғандары 1022 жұлдыздың орналасуы көрсетілген Гиппарх каталогы, 1018 жұлдыз көрсетілген Ұлықбек 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 әріптен және шоқжұлдыздың атауынан тұратын болды. Мысалы, Темірқазық жұлдызы – α UMi (Кіші Аюдың α -сы), Алголь жұлдызы – β Per (Персейдің β -сы), ол шоқжұлдызда жарқырауы жағынан екінші орында тұр. Бұндай белгілеулер 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 m әрпімен 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, Күннің көрінерлік жұлдыздық шамасы $m = -26,6$; Сүмбіленікі (Сириус) $m = -1,58$.

6-кесте. Үлкен Аю жұлдыздарының көрінетін және абсолют 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	эта

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.

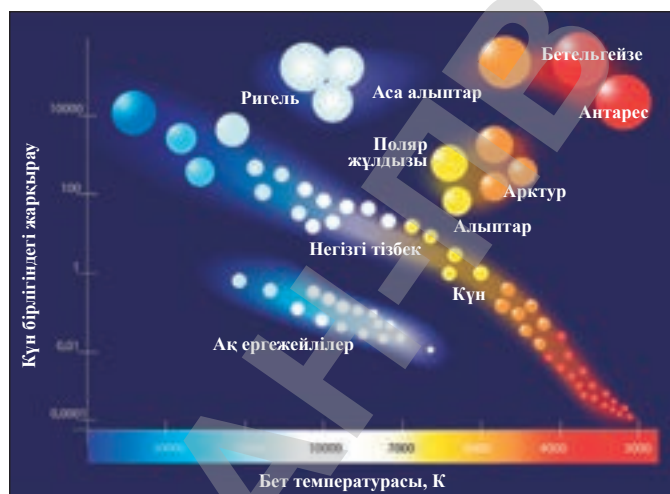
V Жұлдыздардың жарқырауы

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 жұлдыз температурасына және өлшемдеріне тәуелділік графигін астрономдар Эйнар Герцшпрунг және Генри Рассел құраған (65-сурет).



65-сурет. Герцшпрунг – Рассел диаграммасы



2-тапсырма

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



Бұл қызық!

Герцшпрунг – 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

1. Шоқжұлдыз деп нені айтады? Аспанда қанша шоқжұлдыз бар?
2. Шоқжұлдыздарда жұлдыздарды қалай белгілейді?
3. 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 өрнектеңдер.
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 бақылаңдар. 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

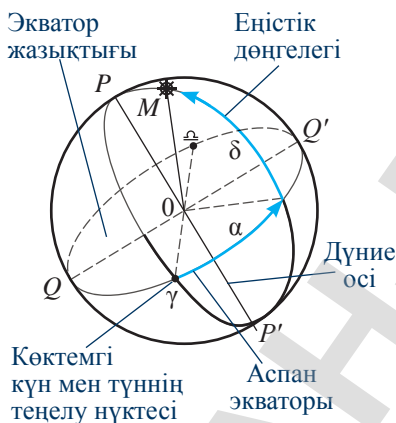
Осы параграфты игергенде:

- аспан сферасының негізгі элементтерін атауды;
- жұлдызды аспанның жылжымалы карта-сынан жұлдыздардың аспан координаталарын анықтауды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен жұлдызды аспанды бақылағанда күн мен сағатты көрсету керек?
2. Жұлдыздарды анықтай алудың маңыздылығы неде?



66-сурет. Аспан сферасы



Жауабы қандай?

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

I Жұлдыздар картасы. Аспан сферасы. Экваторлық координаталар жүйесі

Жердің географиялық картасын құрастыру үшін параллельдер мен меридиандар енгізілген. Планетадағы нысанның орнына сәйкес келетін картадағы кез келген нүктені біз белгілі ендік пен бойлықтың қиылысу 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 көктемгі күн мен түн теңелу 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 қиылысу нүктесін *солтүстік полюс P* деп атайды, ол Темірқазық жұлдызының маңында орналасқан. Оңтүстік жартышарда орналасқан бақылаушы үшін аспан сферасының дүние осімен қиылысу 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 қиылысу сызығын *аспан экваторы* деп атайды. Полюстер және бақыланатын шырақ M арқылы өтетін сфераның үлкен дөңгелегі *еңістік дөңгелегі* деп аталады.

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

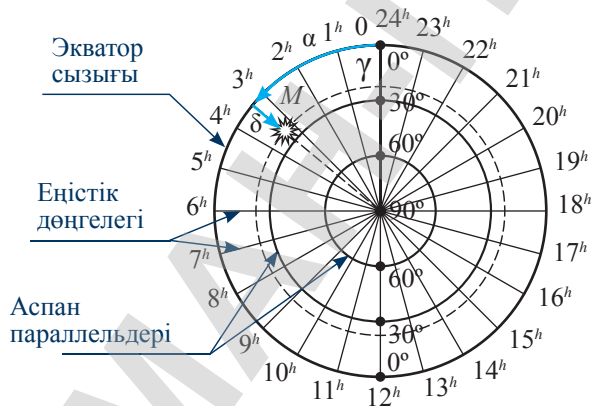
Солтүстік жартышар жұлдыздарының еңістігі 0° -ден 90° -қа дейінгі, ал оңтүстік жартышар жұлдыздарының еңістігі 0° -ден -90° -қа дейінгі мәндерде бола алады.

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

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

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

Бақылаушы 0 нүктесінде деп есептеп, аспан сферасын жазықтыққа проекцияласақ, онда М жұлдызы бейнеленген солтүстік жартышар картасын аламыз (67-сурет).



67-сурет. М жұлдызы көрсетілген экваторлық координаталар жүйесі

Картада жұлдыздардың орнын көрсету үшін негізінде экватор жазықтығы және дүние осі жататын экваторлық координаталар жүйесі қолданылады.

1-тапсырма

Экваторлық координаталар жүйесінде координаталары $\alpha = 4^h 34'$; $\delta = 16^\circ 28'$ жұлдызды көрсетіндер.

2-тапсырма

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

Жұмысты орындау алгоритмі:

1. Карта центрінің маңайында радиустары R, 2R, 3R шеңберлер жүргізіңдер.
2. Шеңберді диаметр арқылы 24 бөлікке бөліңдер.
3. Шеңбердің шеттеріне сағат тілі бағытымен 0^h және 24^h аралығындағы α тік шарықтау мәндерін енгізіңдер.
4. Тік шарықтауы 0^h еңістік дөңгелегі маңында экватор сызығынан бастап, 0° -тан 90° -қа дейін еңістік мәндерін енгізіңдер.
5. Алынған экваторлық координаталар жүйесінің торкөзінде жұлдыздың орналасуын көрсетіндер.

II Горизонталь координаталар жүйесі

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

Горизонталь координаталар жүйесінің негізгі элементтері тік сызық және оған перпендикуляр орналасқан жазықтық болып табылады. Тік сызықтың аспан сферасының жоғарғы нүктесімен қиылысу нүктесін – *зенит* Z деп, ал төменгі нүктесімен қиылысу нүктесін *надир* Z' деп атайды. Жазықтық аспан сферасын екі жартыға бөледі. Жазықтықтың аспан сферасымен қиылысу сызығын *математикалық немесе шынайы көкжиек сызығы* деп атайды (68-сурет).



68-сурет. Жұлдыздарды бақылау үшін қажетті горизонталь координаталар жүйесі

Математикалық көкжиек сызығында мына нүктелер орналасқан: N – солтүстік, S – оңтүстік, W – батыс және E – шығыс. Солтүстік нүктесі Темірқазық жұлдызынан көкжиек сызығына жүргізілген вертикал сызықтың бойында орналасады. Солтүстік және оңтүстік нүктелерді қосатын NS түзуін *талтүстік сызық* деп атайды. Түскі уақытта денелердің көлеңкесі осы сызықтың бойында жатады. Дүние осьтері, зенит және надир нүктелері арқылы бас аспан меридианы өтеді.

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



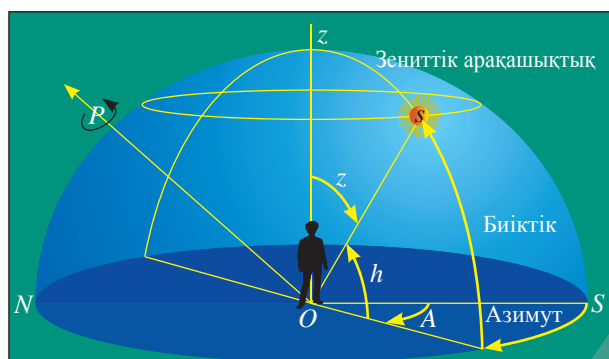
Жауабы қандай?

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



Бұл қызық!

Шексіз далада үнемі көшпелі өмір сүру қазақ халқын 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 (Қаракұрт), Сириус (Сүмбіле), Құсжолы. Халқымыз ерте замандардан Темірқазықтың жылжымайтынын және үнемі солтүстікті көрсететінін білген. Үркерді уақытты және бағытты анықтау үшін қолданған.



69-сурет. Жұлдыз азимутын оңтүстік нүктесінен вертикалға дейін көкжиек сызығы бойымен батысқа қарай анықтайды. Биіктік – көкжиек сызығынан аспан шырағына дейінгі арақашықтық.

Биіктік h – көкжиек сызығынан вертикал жанындағы аспан денесіне дейінгі бұрыштық арақашықтық.

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

Азимут A – аспан денесінің тәуліктік қозғалыс бағытымен оңтүстік нүктесінен вертикалға 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).

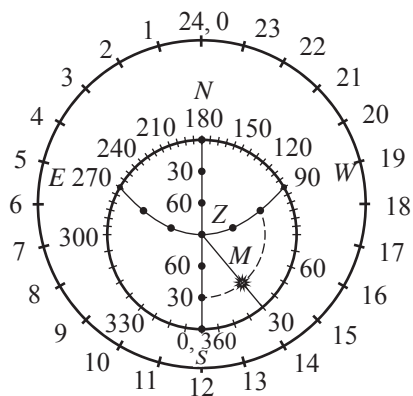
Картаның шетінде айлар мен күндер, қондырма дөңгелектің шетінде тәулік уақыты көрсетілген. Қондырма дөңгелектің ішіне көкжиек сызығы сызылған, ол елді мекеннің ендігіне сәйкес келуі керек. Қондырма дөңгелекті картаға қою арқылы тәулік уақытын бақылау күні және айымен сәйкестендіреді. Көкжиек сызығының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



3-тапсырма

- 70-суреттегі М нүктесінің горизонталь координаттарын анықтаңдар.
- 10 қазанды 21:00 тәулік уақытымен теңестіріп, қондырма дөңгелекті жұлдыздық картаға қойыңдар. 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 сызығының 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).



4-тапсырма

ЖАЖК-да эклиптика бойымен қозғалып, жыл бойы аясында Күн қозғалатын шоқжұлдыздарды атаңдар. Олардың қайсысы зодиак шоқжұлдыздарына жататынын анықтаңдар.



71-сурет. Эклиптика жазықтығына экватор жазықтығына $23^{\circ}27'$ -қа тең бұрыш жасай орналасқан

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

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

Бақылау сұрақтары

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

3. Горизонталь координаталар жүйесінің негізінде не жатыр?
4. Жұлдыз биіктігі деген не? Жұлдыз азимуты деп нені атайды?
5. Горизонталь координаталар жүйесі не үшін енгізілген?
6. ЖАЖК не үшін қажет?
7. Эклиптика деген не? Жұлдыздық картада Күннің орнын қалай анықтайды?

★ Жаттығу

9

ЖАЖК қолданып:

1. 10 қазан күнгі сағат 21:00-дегі Үлкен Аю жұлдыздарының биіктігі мен азимутын;
2. 10 қазан күнгі сағат 14:00-дегі Күннің экваторлық және горизонталь координаталарын анықтаңдар.

🏠 Жаттығу

9

1. Экваторлық координаталарды пайдаланып, солтүстік жартышардың жарық жұлдыздарының картасын салыңдар. Жұлдыздардың координаталары 1-кестеде берілген.
2. Өздеріңнің зодиак шоқжұлдыздарының 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 бейнелеңдер.

Шығармашылық тапсырма

Берілген тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

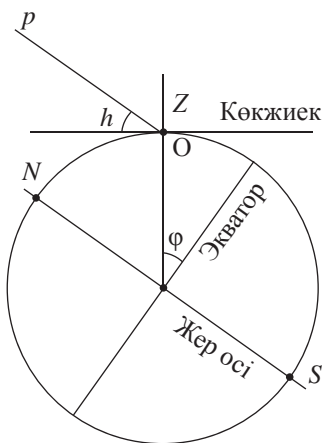
1. Солтүстік жартышардың бағыт көрсететін жұлдыздары.
2. Астрономиялық бұрыш өлшеуіштер.

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

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

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



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

I Тұратын орынның географиялық ендігін анықтау

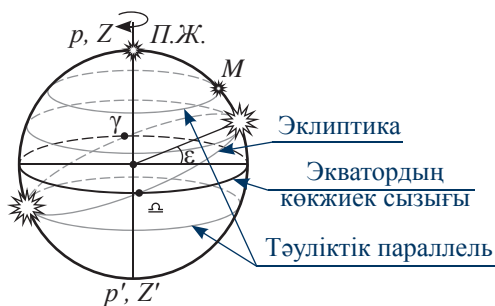
72-суретті қарастырайық: бақылаушы Жер бетіндегі O нүктесінде тұр. Осы орынның ендігі φ -ға, дүние полюсінің биіктігі h -қа тең. Қабырғалары өзара перпендикуляр сүйір бұрыштар болғандықтан, олар өзара тең.

Көкжиек үстіндегі дүние полюсінің биіктігі сол жердің географиялық ендігіне тең.

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

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

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



73-сурет. Күннің және жұлдыздардың солтүстік полюстегі көрінерлік қозғалысы

Жауабы қандай?

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

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. Осындай еңкею нәтижесінде көкжиек үстінде Күннің еңкею биіктігі өзгереді.

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

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

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

Жұлдыздардың тәуліктік параллельдері көкжиек сызығына перпендикуляр болады. Жыл мезгіліне тәуелсіз күн мен түннің ұзақтығы тең болады.

Жазғы және қысқы күн тоқырауы кезінде Күннің биіктігі минимал және $66^{\circ}33'$ -қа тең болады. Көктемгі және күзгі күн мен түн 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 көлбеу орналасуы сол орынның ендігіне тәуелді болады.



1-тапсырма

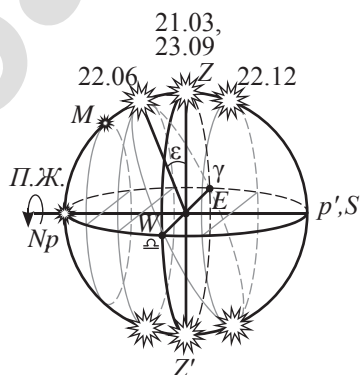
Өз қалаларыңның бойлығын уақыт бірлігінде өрнектендер.



Назар аударыңдар!

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 жұлдыздардың экватордағы көрінерлік қозғалысы



2-тапсырма

Бүкіләлемдік уақыт 8.00 болғанда жергілікті уақыт қанша болатынын анықтаңдар.



Есте сақтаңдар!

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



Маңызды ақпарат

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

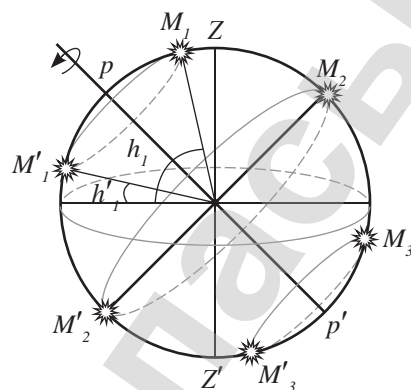
Аспанның тәуліктік айналуының нәтижесінде жұлдыздар бір тәуліктің ішінде көкжиек үстінде өзінің биіктігін өзгертеді. Жоғарғы шарықтау кезінде жұлдыздың биіктігі максимал, ал төменгі шарықтау кезінде минимал, M_1 жұлдызы үшін $h_1 > h_1^1$ болады (75-сурет).

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.

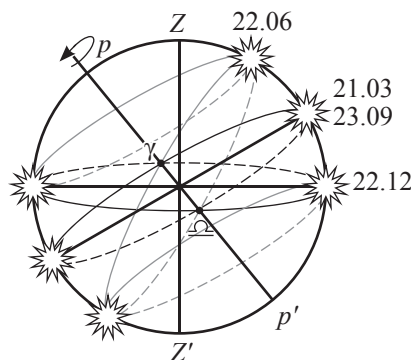
Орналасқан орнының ендігіне байланысты Күн осы аталған үш топқа да жатады. Поляр шеңберінің сыртында, ендігі $\varphi = 66^\circ 27'$ параллельдерден солтүстікке қарай бірнеше жазғы күнде Күн – батпайтын жұлдыз қатарында, сәйкесінше, оңтүстік жартышарда, ендігі $\varphi = -66^\circ 27'$ параллельдерден оңтүстікке қарай Күн шықпайтын жұлдыз болады.

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

Көктемгі және күзгі күн теңелуі 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 ендіктен көрінерлік қозғалысы

Бұл қызық!

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

V Орташа күн тәуліктері

Тәуліктің ұзақтығы ретінде Жердің өз осінен бір толық айналым жасауы 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 тәуліктері 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 орынның 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:

$$24 \text{ сағ} = 360^\circ;$$

$$1 \text{ сағ} = 15^\circ;$$

$$4 \text{ мин} = 1^\circ;$$

$$1 \text{ мин} = 15';$$

$$4 \text{ с} = 1';$$

$$1 \text{ с} = 15''.$$

VII Белдеулік уақыт

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



77-сурет. Жұлдыздың жоғарғы және төменгі шарықтауы

Жауабы қандай?

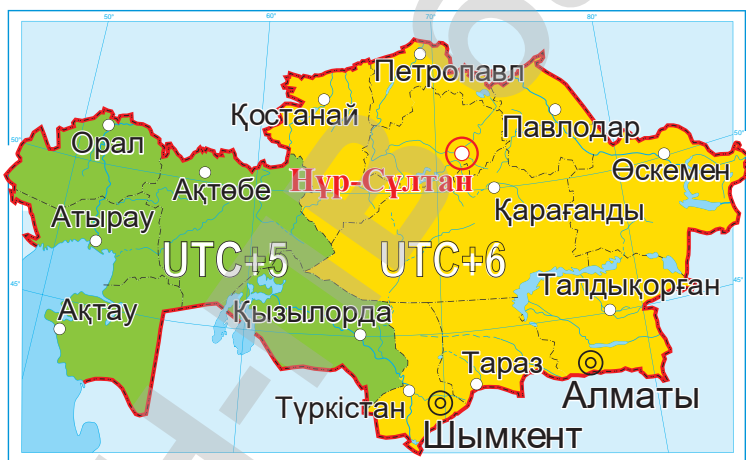
1. Неліктен жергілікті уақыт кең қолданысқа ие болған жоқ?
2. Не себепті сағаттық белдеулердің әкімшілік шекарасы жүргізілген?
3. Неліктен тәулікті санау 180-нен емес, 0-дік меридианнан басталады?
4. Неліктен біз қолданып жүрген уақыт нақты уақыттан бір сағат алда?

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) ауыстыру туралы жобасы дайындалып, іске асырылды.



78-сурет. Қазақстан Республикасының нақты сағаттық белдеулері

Бақылау сұрақтары

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

★ Жаттығу

10

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

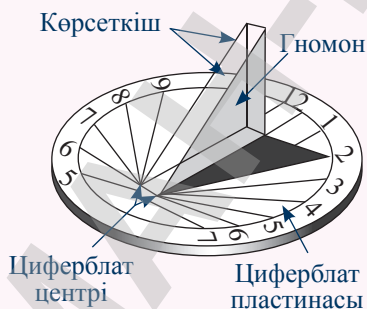
🏠 Жаттығу

10

1. Альтаир жұлдызының Нұр-Сұлтан қаласындағы бақылаушы ($\varphi = 51^{\circ}12'$) және Алматы қаласындағы бақылаушы үшін ($\varphi = 43^{\circ}15'$) жоғары шарықтау биіктігін салыстырыңдар.
2. Бүкіләлемдік уақыт 13.00 болғанда Гринвичтен шығысқа қарай 65° ендіктегі жергілікті уақытты анықтаңдар.
3. 5-сағаттық белдеудегі уақыт 14.00 болғанда 2-сағаттық белдеудегі уақытты анықтаңдар.

Эксперименттік тапсырма

1. Поляр жұлдызы (Темірқазық) арқылы өздерің тұратын жердің ендігін анықтаңдар.
2. Гномон (79-сурет) көмегімен талтүстік сызық пен шынайы тал түс уақытын анықтаңдар. Ол сендердің сағаттарыңдағы тал түс уақытымен сәйкес келе ме?



79-сурет. Гномон

Шығармашылық тапсырма

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

§ 11. Күн жүйесіндегі планеталардың қозғалыс заңдары

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- Кеплер заңдарының негізінде аспан денелерінің қозғалысын түсіндіре аласыңдар.



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 орналастырды. Планеталардың тұзақ тәрізді қозғалысын ол бақылаудың қозғалыстағы Жерден жүретінімен байланыстырды. Жер орбитасының радиусы Марс, Юпитер және Сатурн орбиталарының радиусынан кіші, сондықтан сыртқы планеталарды «озып кетіп», біз Жерден олардың кері бағыттағы тұзақ тәріздес қозғалысын көреміз (*80-сурет*).

Коперник Күн мен планеталардың салыстырмалы арақашықтығын анықтап, олардың айналу периодын есептеп шығарды. Коперник планеталар дөңгелек

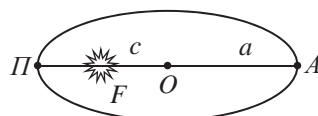
орбита бойымен бірқалыпты қозғалады деп болжады, сондықтан оның есептеулері Птолемейдікінен дәл болмады. Коперниктің жұмысын кейіннен неміс ғалымы Иоганн Кеплер жалғастырды. Ол Марс қозғалысын бақылаған дат астрономы Тихо Брагениң еңбектері мен Коперниктің гелиоцентрлік жүйесі негізінде планеталардың 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 алыс нүктесі A – афелий деп аталады.

Эллипстің сопақтық дәрежесін e – эксцентриситет сипаттайды:

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

мұндағы c – F фокустан O эллипс центріне дейінгі 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, эксцентриситет $e = 0$, планета қозғалысының траекториясы шеңбер болады.

Эллипстің фокусы центрінен алыстаған сайын, эллипс сопақтығы ұлғаяды түседі де, эксцентриситет жоғарылайды, алайда 1-ден аспайды,

$$0 < e < 1.$$

7-кестеде Күн жүйесі планеталарының эксцентриситеттері берілген. Планеталардың эксцентриситеттерінің салыстырмалы талдауының нәтижесінде Шолпан мен Нептун орбиталарының шеңберден айырмашылығы жоқ екенін көруге болады. Орбиталары ең сопақ планеталар – Меркурий мен Марс.

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

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

Естеріңізге түсіріңдер!

1. Әлемнің құрылымы туралы қандай көзқарастарды білесіңдер?
2. Неліктен әлемнің геоцентрлік жүйесі жарамсыз болып қалды?

Эксперимент

Ұзындығы шамамен 10–15 см жіптің ұштарын инелермен бекітіңдер. Инелерді бір нүктеге кіргізіп, жіпті қарындашпен тартып, қисық сызық сызыңдар (82-сурет). Инелердің арақашықтығы 3 см, 6 см, 9 см болатын жағдайлар үшін осы әрекеттерді қайталаңдар. Эксцентриситет 0-ден 1-ге дейін артқанда шеңбер түзу сызыққа айналатынына көз жеткізіңдер.



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

Назар аударыңдар!

Меркурий мен Марстың эксцентриситеті Күн жүйесінің басқа планеталарының эксцентриситетінен артық.

Жауабы қандай?

1. Неліктен Меркурийдің перигелий және афелий нүктелеріндегі жылдамдықтарының айырмасы Жерге қарағанда көп?
2. Жердің Күнге жақындауы жыл мезгілдеріне әсер ете ме?

7-кесте. Планеталардың Куннен орташа қашықтығы және эксцентриситеттері

Планета аты	Орташа қашықтық а, а.б	Эксцентриситет, 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

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 сызады.

Аудандардың $S_1 = S_2 = S_3$ теңдігінен 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.

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:

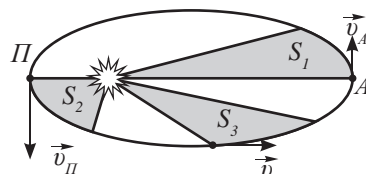
$$\frac{(M_1 + M_2)T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G},$$

мұндағы M_1, M_2 – дене массалары;

T – денелердің айналу периоды;

a – аспан денелері арасындағы орташа қашықтық;

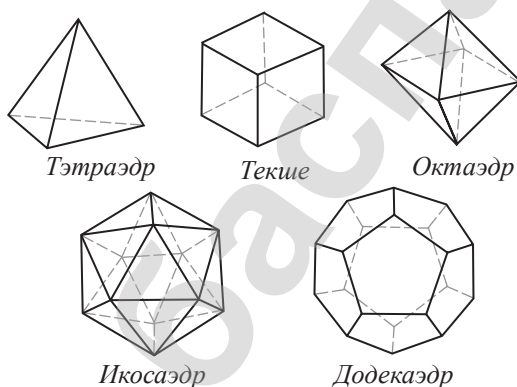
$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитациялық тұрақты.



83-сурет. Планеталардың радиус-векторлары сызатын фигуралардың 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 текшені қойып, оның бетіне келесі сфераны салса, оның бетінде Юпитер орбитасы орналасады (84-сурет). Юпитер орбитасының сферасына тетраэдр, ал оның ішіне Марс орбитасының сферасын, Марс орбитасының сферасына додекаэдр, додекаэдрға Жер орбитасы сферасын орналастыруға болады. Жер орбитасы сферасына икосаэдр, оған Шолпан орбитасы сферасын, бұл сфераға октаэдр және соңынан октаэдрға Меркурий орбитасы орналастырылады. Осы жүйенің центріне Күнді қоюға болады.



84-сурет. Кеплер кубогы

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Урандағы 1 жыл ұзақтығын табындар.

Берілгені:

$$a_{жс} = 1 \text{ а.б.}$$

$$a_y = 19,19 \text{ а.б.}$$

$$T_{жс} = 1 \text{ жыл}$$

$$T_y - ?$$

Шешуі :

Урандағы жыл ұзақтығын табу үшін Кеплердің үшінші заңын қолданамыз:

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

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

Есептеулерді орындаймыз:

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

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 ұзақтығын 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 ұзақтығын табыңдар.
2. Сыныпта орындалған жаттығудағы 11(1) және үй тапсырмасы 11(1) есептерінің шешімін, есеп шығару үлгілерін пайдаланып, планеталардың Күнді айналу периодтарының Күнге дейінгі арақашықтықтарға тәуелділік графигін 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

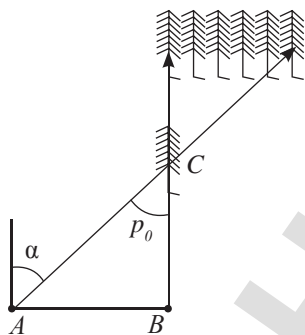
Осы параграфты игергенде:

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



Жауабы қандай?

1. Адам өзін қоршаған денелерге дейінгі арақашықтықтарды өлшеп, салыстыра ала ма?
2. Ол дененің жақындап немесе алыстап келе жатқанын қалай анықтайды?



85-сурет. Параллакстың ығысу

I Параллакс әдісі

Параллакс әдісі – параллакстық ығысу құбылысына негізделген геометриялық әдіс. Егер бақылаушы бір денені кеңістіктің әртүрлі нүктелерінен бақыласа, онда ол алыс орналасқан денелерге қатысты өз орнын 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 үшбұрыш алынса, онда p_0 параллаксты горизонталь деп атайды.

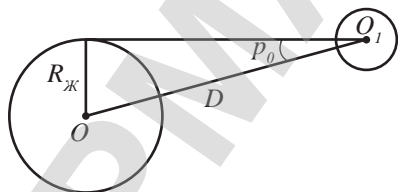
Бақылаушының АВ орын ауыстыруына және α бұрышының өзгеруіне қарай нысанға дейінгі қашықтықты оңай анықтауға болады:

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

II Күн жүйесі денелеріне 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:

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

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-суретті қарайық. 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:

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

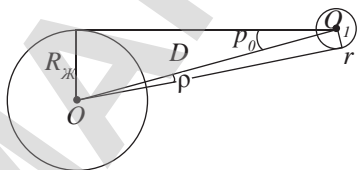
Алынған теңдеулердің оң жағын теңестіріп

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

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

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



1-тапсырма

Сызғыш пен транспортирді қолданып, мектеп тақтасына дейінгі қашықтықты параллакс әдісімен анықтаңдар. Базис ретінде парталарының ұзындығын алыңдар (85-сурет). Алынған нәтижені өздеріңе белгілі басқа әдіспен тексеріп көріңдер. Сендердің ойларыңша, қай әдісті қолдану нақты жауап алуға мүмкіндік береді?



2-тапсырма

1. Күн жүйесіндегі аспан денелерінің параллаксы бойынша олардың Жерге дейінгі қашықтығын анықтаңдар. Жердің радиусын 6400 км деп алыңдар.
2. Уран мен Жердің арақашықтығын 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 параллакссы

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 әдебиеттерді қолданып, кестеде Меркурий, Шолпан, Сатурн, Күн және Айдың қандай күйіндегі параллакс берілгенін анықтаңдар.



Эксперимент

Қаламды алып, қолдарыңды тақтаға қарай созыңдар. Қаламға алдымен оң, содан соң сол көздеріңмен қараңдар. Шынтақтарыңды бүгіп, өз бақылауларыңды қайталаңдар. Қай жағдайда параллакс үлкен?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

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

Берілгені:

$$p_0 = 0,9''$$

$$R_{\text{ж}} = 6400 \text{ км}$$

$D = ?$

Шешуі:

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

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. Күн жүйесіндегі аспан денелеріне дейінгі қашықтықты қалай анықтайды?
3. Аспан денесінің параллакс қалай анықталады?
4. Аспан денесінің бұрыштық өлшемдері деп нені атайды?
5. Аспан денесінің сызықтық өлшемдерін қалай анықтайды?

★ Жаттығу**12**

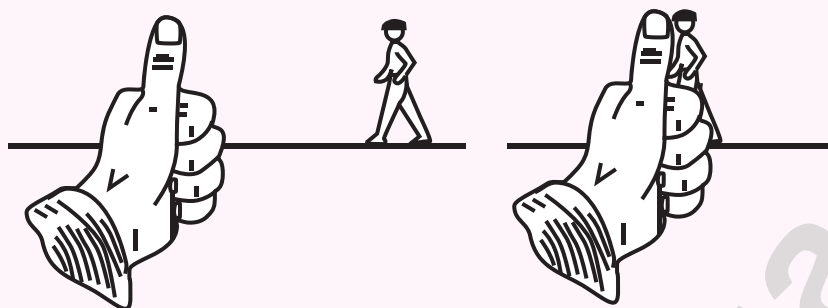
1. Орбитасының Жерге ең жақын нүктесінде (перигей) Жерден Айға дейінгі қашықтық 363 000 км, ал ең алыс нүктесінде (апогей) 405 000 км. Айдың осы күйлерінің горизонталь параллаксын анықтаңдар.
2. Егер Күн мен Айдың бұрыштық диаметрлері бірдей, ал горизонталь параллактары сәйкесінше 8,8" және 57' болса,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

🏠 Жаттығу**12**

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

Тапсырманы орындау алгоритмі:

- а) Қолдарыңды өтіп бара жатқан адамға қарай созыңдар. Сол көздеріңді жұмып, бас бармақтарыңа оң көздеріңмен қараңдар.
 - ә) Жолаушы саусақпен жабылып қалған сәтте, оң көздеріңді жұмып, сол көздеріңді ашып, жолаушы тағы да саусақпен жабылып қалғанға дейінгі қадамдар санын санаңдар.
 - б) Алынған қадамдар санын 10-ға көбейтіңдер, бұл – 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 алыңдар.
 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 заңдары	Аспан денелеріне дейінгі қашықтық, олардың өлшемдері
$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ $\frac{(M_1 + M_2)T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G}$	$D = \frac{206265''}{p_0} R_{ж}$ $r = \frac{\rho}{p_0} R_{ж}; r = D \cdot \rho; d = D \cdot \rho$

Кеплер заңдары

Әрбір планета фокустарының бірі Күнде орналасқан эллипс бойымен айналады.

Планеталардың радиус-векторлары бірдей уақыт аралығында бірдей аудан сызады.

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

Глоссарий

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

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

Биіктік h – аспан денесінен вертикаль жанындағы көкжиек сызығына дейінгі бұрыштық арақашықтық.

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° арақашықтықта 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, жұлдызаралық заттардан және ғарыш 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 нүктелерінің арасындағы уақыт.

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

3-ТАРАУ

ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

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

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

Динамика – механикалық қозғалыстың себептерін қарастыратын механиканың бір саласы.

«Динамика» күш деген мағына беретін гректің «dynamos» сөзінен шыққан.

Күш – денелердің өзара әрекеттесуінің өлшемі және дене жылдамдығының өзгеруі мен деформациялануының себебі болып табылатын векторлық физикалық шама.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- инерция, инерттілік, инерциялық санақ жүйелері ұғымдарының мағынасын түсіндіруді;
- Ньютонның бірінші заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды;
- ауырлық күшінің, серпімділік күшінің, үйкеліс күшінің табиғатын түсіндіруді;
- Ньютонның екінші заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды;
- Ньютонның 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 күйін түсіндіруді;
- есеп шығаруда бірінші ғарыштық жылдамдық формуласын қолдануды;
- ғарыш аппараттары орбиталарын салыстыруды;
- тартылыс өрісіндегі дененің қозғалысын сипаттайтын шамаларды анықтауды үйренесіңдер.

§ 13. Ньютонның бірінші заңы, инерциялық санақ жүйелері

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- инерция, инерттілік, инерциялық санақ жүйесі ұғымдарының мағынасын түсіндіре аласыңдар;
- Ньютонның бірінші заңын тұжырымдауды және оны есептер шығаруда қолдануды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен аспан денелері үнемі қозғалыста болады?
2. Не себепті жеңіл атлет эстафетаны тапсырғаннан кейін жүгіруді жалғастырады (89-сурет)?



89-сурет. Эстафета тапсыру физика заңдарына негізделген



Естеріңе түсіріңдер!

Қандай қозғалысты инерциялық қозғалыс деп атайды?



Назар аударыңдар!

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

I Инерция заңы, денелердің инерттілігі

7-сыныптың физика курсына Аристотель мен Галилейдің дене қозғалысқа түсетін немесе тыныштық күйінде қалатын жағдайларға көзқарастарын қарастырған болатынбыз.

Аристотель денеге 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 дене 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 теңгерілетін жағдайда бірқалыпты және түзу сызықты қозғалысын немесе тыныштық күйін сақтап қалу қасиеті.

Инерция – денеге басқа денелер әсер етпеген жағдайда дене жылдамдығының сақталуы.

II Ньютонның бірінші заңы

И.Ньютон денелер қозғалысының жалпы заңын тұжырымдады. Ол Г.Галилейдің инерция заңын толықтырып, *бірінші заң* деп атады. Тәжірибелер мен бақылаулар нәтижесінде ол кейбір санақ жүйелерінде Галилейдің тұжырымдамасы орындалмайды деген қорытындыға келді. Мысалы, көліктің үдемелі немесе кемімелі қозғалысы кезінде жолаушы еркінен тыс тепе-теңдік 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 байланыстырса, онда бұл жүйеге қатысты инерция заңы орындалмайды.

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

Егер денеге күш әсер етпесе немесе күштердің әсері теңгерілген болса, дене инерциялық санақ жүйесіне қатысты түзу 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 нүктесіне 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 келтіріңдер.
2. Тыныштық инерциясына мысалдар келтіріңдер.
3. Сендер келтірген мысалдарда қозғалыстағы денеге қандай күштер әсер етеді?
4. Сендер келтірген мысалдарда қай дене 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 оңға және солға бұрылғанда жолаушылар қандай күйде болады?



2-тапсырма

Инерциялық және инерциялық емес санақ жүйелеріне мысал келтіріңдер.



Жауабы қандай?

Неліктен Жермен байланысты санақ жүйесін ғарышқа ұшу есептеулерінде қолдануға болмайды?

Үдеумен қозғалып келе жатқан көлік инерциялық емес санақ жүйесіне жатады. Оған қатысты 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 енгізілетін модель.

Егер санақ жүйесін қолдану есептеу кезінде үлкен қателіктерге әкелмейтін болса, санақ жүйесі *инерциялық* деп аталады.

Жер планетамызда болып жатқан қозғалыстар үшін (ғарыштық қозғалыстардан басқа) инерциялық санақ жүйесі болып табылады.

V Күштердің теңгерілген әсері

Бірқалыпты түзу сызықты қозғалысты Ньютонның бірінші заңы тұрғысынан қарастырайық. Денеге әсер ететін барлық күштерді көрсетейік (91-сурет).

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

$$F_{\text{тарту}} = F_{\text{үйк}}$$

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

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

мұндағы \vec{F}_R – денеге түсірілген күштердің геометриялық қосындысымен анықталатын теңәсерлі күш.

Алынған теңдік Ньютонның бірінші заңының математикалық өрнегі болып табылады.

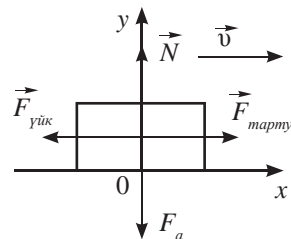
? Жауабы қандай?

Неліктен Жерде Галилейдің инерция заңын тексеру мүмкін емес?

6 Маңызды ақпарат

Ньютонның I заңын қолданып, есептер шығару алгоритмі

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



91-сурет. Егер денеге әсер ететін күштер теңгерілген болса, дене тұрақты жылдамдықпен қозғалады.

? Жауабы қандай?

Қандай жағдайда вектордың проекциясы оң, қандай жағдайда теріс болады?

Жалпы бірқалыпты қозғалатын денеге әсер ететін еркін күштер үшін инерция заңы 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 теңәсері нөлге тең болса, таңдалған оське 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 ҮЛГІЛЕРІ

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

Берілгені:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$k = 100 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$x - ?$$

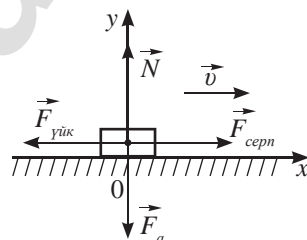
Шешуі:

Суретте денені бейнелейік, оған әсер ететін күштерді көрсетейік.

Дене бірқалыпты қозғалады

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

$$\vec{F}_{\text{серп}} + \vec{F}_{\text{үйк}} + \vec{F}_a + \vec{N} = 0. \quad (1)$$



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

$$-F_{\text{үйк}} + F_{\text{серп}} = 0. \quad (2)$$

Күштерді олар тәуелді болатын шамалар арқылы өрнектейік:

$$F_{\text{үйк}} = \mu N; \quad (3)$$

$$F_{\text{серп}} = kx. \quad (4)$$

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

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

Тіректің реакция күшін анықтау үшін (1) теңдеуді 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 орындаймыз: $x = \frac{0,3 \cdot 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} \approx 0,06 \text{ м} = 6 \text{ см}.$

Жауабы: $x = 6 \text{ см}.$

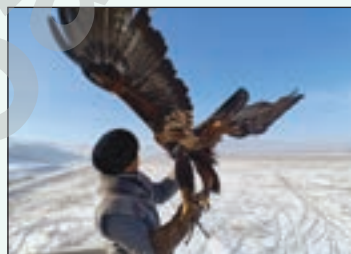
Бақылау сұрақтары

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 атаймыз? Инерциялық емес жүйе деп қандай жүйелерді атаймыз?
6. Ньютонның I заңын тұжырымдаңдар.

★ Жаттығу

13

1. Бүркітке әсер ететін күштерді бейнелендер (92-сурет). Күштер бір-бірін теңгереді деп тұжырымдауға 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 анықтаңдар.
3. Үй алдындағы жазық алаңды (терраса) жөндеп жатқан ұста массасы 400 г кішкене бөренені вертикаль қабырғаға горизонталь бағытта 0,005 кН күшпен тіреді. Егер бөрене құламайтын болса, үйкеліс коэффициенті неге тең?



92-сурет. «Қыран-2018» алғашқы республикалық жсыртқыш құстармен аңшылық турниріне 70-тен аса қатысушы жиналды.

🏠 Жаттығу

13

1. Айман сутекпен толтырылған кішкене шардың байлаған жібінен ұстап тұр. 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 тұр. 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 параграфты игергенде:

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

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 алуан 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 сығылу немесе созылу деформациясы нәтижесінде, үйкеліс күші ығысу деформациясы нәтижесінде) пайда болады. Денелердің деформациясы кезінде электрондық қабықшалар мен атом ядроларының алыстауы немесе жақындауы олардың өзара әрекеттесуіне өзгеріс әкеледі. Дене салмағы, тіректің реакция күші, ілгіштің керілу күші, Архимед күші – серпімділік күшінің әртүрлі көріністері. Бұл күштер сығылу немесе созылу нәтижесінде пайда болады.



Жауабы қандай?

1. Табиғатта күштердің қанша түрі бар?
2. Қашықтықта әсер ететін күштерді атаңдар.
3. Өзара әрекеттесетін денелердің тікелей әрекеттесуі кезінде қандай күштер әсер етеді?



Естеріңе түсіріңдер!

1. Ауырлық күші, серпімділік күші, үйкеліс күші деп қандай күштерді айтады?
2. Бұл күштерді қандай формулалармен анықтайды?
3. Қандай өрнекті Гук заңы деп атайды?
4. Күштерді қалай бейнелейді?
5. Оларды қандай аспаппен өлшейді?
6. Өлшеу аспабының бөлік құнын және көрсеткішін қалай анықтайды?



1-тапсырма

Тіректің реакция күшінің, керілу күшінің, дене салмағының, Архимед күшінің әсер етуіне мысалдар келтіріңдер.



2-тапсырма

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



93-сурет. 2(3)-тапсырмаға

II Механика күштерінің негізгі сипаттамалары

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

9-кесте. «Күштердің негізгі сипаттамалары» кестесі

Күш	Сандық мәнін есептеу формуласы	Түсу нүктесі	Бағыты	Суреті
Ауырлық күші	$F = mg$	Дененің массалар центрі. Дененің ауырлық центрі (кіші денелер үшін массалар центрімен сәйкес келеді)	Вертикаль төмен	
Серпімділік күші	$F = kx$	Дененің деформациялаушы денемен жанасу нүктесі	Дененің тепе-теңдік жағдайынан ауытқуына кері	
Дененің салмағы	$P = mg$ қозғалмайтын горизонталь тірек және вертикаль ілгіш үшін	Тіректің беті немесе жіптің іліну нүктесі	Вертикаль төмен	

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



Назар аударыңдар!

Дұрыс формалы денелер үшін массалар центрі симметриялар осінің қиылысу нүктесінде орналасады. Денелердің ілгерілемелі қозғалысын қарастырғанда, біз оларды массалар центріне орналастырылған материялық нүктемен алмастырдық.



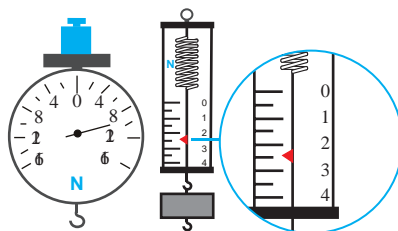
Эксперимент

- а) үстел бетімен бірқалыпты қозғалатын;
ә) серіппеге ілінген жүкке;
б) суы бар ыдысқа батырылған денеге әсер ететін күштерді өлшеңдер.
- Суретте өздерің таңдаған масштабта өлшенген күштерді бейнелеңдер.



3-тапсырма

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

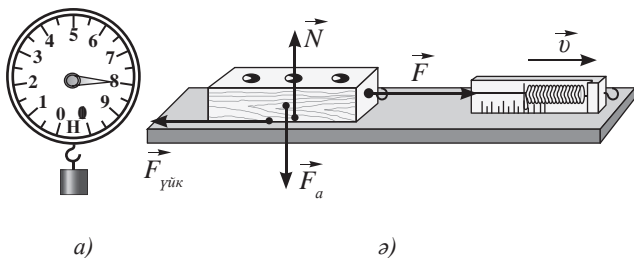


94-сурет. 3-тапсырмаға



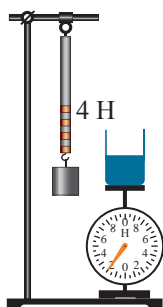
4-тапсырма

Динамометрмен қандай күштерді өлшейтінін анықтаңдар (95-сурет а-в):

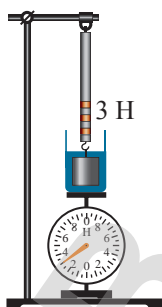


а)

а)



б)



в)

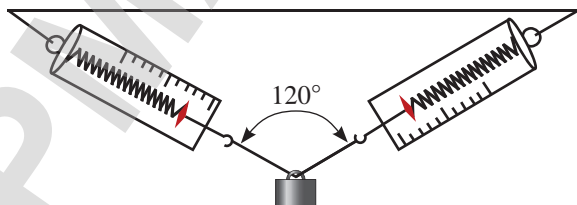
93-сурет. Динамометрмен күштерді өлшеу



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 дененің салмағын анықтаңдар (96-сурет). Динамометрлердің бөлік құны $0,2 \text{ Н}$. Суретте күштерді бейнелеңдер.



96-сурет. 6-тапсырмаға



5-тапсырма

Күш, күш табиғаты, өлшеу аспабы шкаласының бөлік құны, аспаптың көрсеткіші сөздерін түсіндіріңдер.



Естеріңе 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, дене қалай қозғалады? Олардың теңәсері неге тең болады?



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 бейнелеңдер 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 оңға 12 Н және 5 Н. Бұл күштерді графикалық түрде бейнелеп, олардың теңәсерлі күшін анықтаңдар.

Эксперименттік тапсырма

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

Шығармашылық тапсырма

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

§ 15. Ньютонның екінші заңы, масса

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

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



Жауабы қандай?

1. Неліктен жоғары жылдамдықпен қозғалып келе жатқан көліктің алдын кесіп өтуге болмайды?
2. Қай жағдайда көлік инерция бойынша қозғалады:
 - қозғалтқышты өшіргеннен кейін;
 - көлікке әсер ететін барлық күштер әсері теңгерілген болса және оның қозғалыс жылдамдығы өзгермесе?
3. «Бір күш әртүрлі денелерге әсер еткенде жылдамдықтардың өзгерісі тең болады» деген тұжырым дұрыс па?



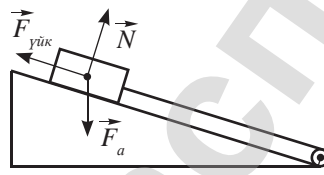
Эксперимент

1. Параграфтың I және II бөліктері және 97, 98-суреттер бойынша тәжірибе жүргізіңдер.
2. Параграфта келтірілген тұжырымдардың дұрыстығына көз жеткізіңдер.
3. Қателіктерді бағаландар және тәжірибе жүргізу кезінде үлкен қателіктерге алып келетін факторларды көрсетіңдер.
4. Жасалған тәжірибенің сапасын жақсарту әдістерін ұсыныңдар.

I Күштің дененің үдеуімен байланысы

Денеге әсер ететін күштер теңгерілмеген болса, дене үдеумен қозғалады. Үдеу мен теңәсерлі күштің байланысын анықтайық.

Қалбеу тақтайға блок орнатып, оған ағаш қимасын қояйық (97-сурет).

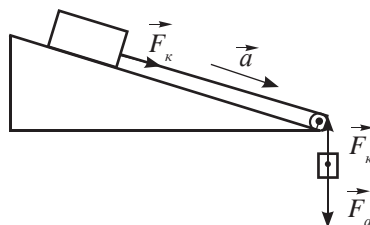


97-сурет. Егер күштер әсері теңгерілген болса, қима бірқалыпты сырғанайды.

Трибометрді 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 теңгереді:

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

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



98-сурет. Қима теңгерілмеген күштің әсерінен үдеумен қозғалады.

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

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

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

Жүк массасын өзгерте отырып, оның бірдей уақыт аралығында көлбеу 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 теңгерілмеген күшке тура пропорционал тәуелді:*

$$a \sim F.$$

Теңгерілмеген күшті барлық күштердің теңәсерлі күшімен алмастырып, қорытындыны жалпылайық:

$$a \sim F_R.$$

Қарастырылған жағдайда теңәсерлі күш мынаған тең:

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

II Дене массасының үдеумен байланысы.

Масса – дененің инерттілігінің өлшемі

Жіпке ілінген жүктің массасын өзгертпей, дәл сол тәжірибені 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 үдеуі денеге түсірілген барлық күштердің теңәсеріне тура пропорционал, массасына кері пропорционал.

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



1-тапсырма

Тәжірибеде нәтижелері бойынша жылдамдықтың

- 1) денеге түсірілген күшке;
- 2) дене массасына тәуелділік графигін тұрғызындар.



2-тапсырма

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



Жауабы қандай?

1. Не себепті денеге әрекет ететін күш дене массасына және оның үдеуіне тура пропорционал деп тұжырымдауға болмайды?
2. Не себепті дене массасы оның үдеуіне және оған түсірілген күшке тәуелді деп тұжырымдауға болмайды?

Масса скаляр шама болғандықтан, инерциялық санақ жүйелерінде үдеу мен теңәсерлі күш 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!

Динамиканың негізгі теңдеуін 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 теңдеуді (теңдеулер жүйесін) белгісіз шамаларға қатысты шешу.
8. Қажет болған жағдайда кинематика формулаларын қолдану.

✓ Есте сақтаңдар!

Ньютонның екінші заңы тек инерциялық санақ жүйелерінде орындалады.

? Жауабы қандай?

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

🔄 Маңызды ақпарат

Тікбұрышты үшбұрыштың сүйір бұрышының синусы – қарсы жатқан катеттің гипотенузаға

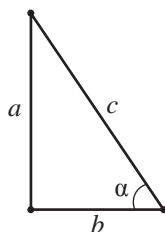
$$\text{қатынасы: } \sin \alpha = \frac{a}{c}.$$

Тікбұрышты үшбұрыштың сүйір бұрышының косинусы – іргелес жатқан катеттің гипотенузаға

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

🔄 3-тапсырма

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



99-сурет. 3-тапсырмаға

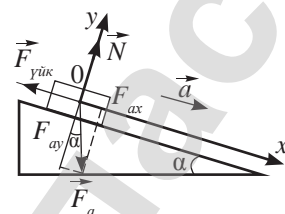
🔄 Естеріңізге түсіріңдер! (§ 2)

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

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

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

Берілгені:	Шешуі:
$\alpha = 30^\circ$	Дене үйкеліс күші, ауырлық күші,
$\mu = 0,2$	тіректің реакция күші әсерінен
$a = ?$	үдеумен қозғалады.
	Динамиканың негізгі теңдеуін жазайық:



$$m\vec{a} = \vec{F}_{yuk} + \vec{F}_a + \vec{N} \quad (1)$$

Есепті шығару үшін қолайлы координаталар осін таңдайық.

Ox осін дененің қозғалыс бағыты бойынша бағыттайық, санақ басын дененің массалар центрімен сәйкестендіреміз.

Ньютонның екінші заңын таңдалған осьтерге проекция түрінде жазайық:

$$Ox: \quad ma_x = F_{yukx} + F_{ax} + N_x \quad (2)$$

$$Oy: \quad ma_y = F_{yuky} + F_{ay} + N_y \quad (3)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$N = mg \cos \alpha$$

$$ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

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

1. Денеге түсірілген күш пен үдеудің арасында қандай байланыс бар?
2. Дененің массасы оның күш әсерінен алған үдеуіне қалай әсер етеді?
3. Ньютонның екінші заңын тұжырымдаңдар.
4. Шеңбер бойымен қозғалатын денеге шеңбер центріне бағытталған күш әсер етеді деп айтуға бола ма?

★ Жаттығу

15

1. 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 көрсетіндер.
2. 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 табыңдар. Жауапты ХБЖ-да көрсетіндер.
3. Табаны болат шана мұз бетіне 4 Н горизонталь күш түсіріп, бірқалыпты қозғалады. Шананың мұз бетіне үйкелу коэффициенті 0,2-ге тең болса, шананың массасын анықтаңдар. Еркін түсу үдеуін $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алыңдар.

🏠 Жаттығу

15

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

§ 16. Ньютонның үшінші заңы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

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



Жауабы қандай?

1. Неге қайықты бортынан итеріп, орнынан қозғалту мүмкін емес?
2. Неге барон Мюнхаузен шашынан тартып, өзін батпақтан шығара алмайды (100-сурет)?



100-сурет. 2-сұраққа

I Ньютонның 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:

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

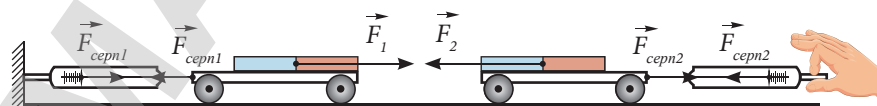
Бұл қатынасты Ньютонның үшінші заңы деп атайды.

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

II Ньютонның үшінші заңын тәжірибе жүзінде тексеру

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

Ньютонның 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 күштері тең



Эксперимент

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

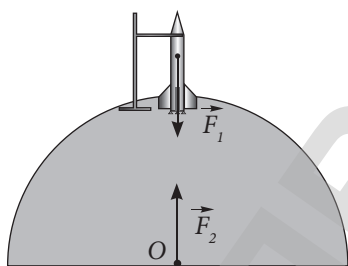
III Денелердің өзара әрекеттесу күштерін бейнелеу

Ньютонның үшінші заңын дұрыс тұжырымдау үшін, денелердің өзара әрекеттесуінің кейбір ерекшеліктерін атап өтейік.

Өзара әрекеттесу күштері – әртүрлі денелерге түсірілген, бір түзу бойымен әсер ететін, табиғаты бірдей күштер.

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

Мысал қарастырайық: Жер зымыранды вертикаль төмен 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 түзу бойымен қарама-қарсы бағытта әрекет етеді. Демек, күшті вертикаль жоғары бағыттаймыз. Оның да табиғаты осындай, яғни тартылыс күші болып табылады. Үшінші заңға сүйенсек, $F_2 = F_1 = mg$.

Егер зымыранның және тірек ретінде Жер бетінің өзара әрекеттесуін қарастырсақ, онда өзара әрекеттесу күштері басқаша болады. Зымыранның тірекке түсіретін күшін *салмақ* деп атайды. Дененің салмағы тірекке түсірілген және төмен 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) Үстел мен оның үстінде жатқан кітаптың;
- 2) Жер мен Айдың;
- 3) аспашам мен аспаның;
- 4) сырғанақ төбенің беті мен одан түсіп келе жатқан шананың өзара әрекеттесу күштерін графикалық түрде бейнелендер.



Жауабы қандай?

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

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

IV Өзара әрекеттесуші денелердің үдеулерінің қатынасы

Адам мен Жердің өзара әрекеттесуін қарастырайық. Ньютонның үшінші заңының негізінде олардың өзара әрекеттесу күштері тең. Онда неге біз секірген кезде Жерді біздің артымыздан қозғалуға мәжбүр ете алмаймыз және оның бетіне құлаймыз? Бұл сұрақтың жауабын Ньютонның екінші заңынан табамыз. Өзара әрекеттесу күштерін дененің 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 кері пропорционал.

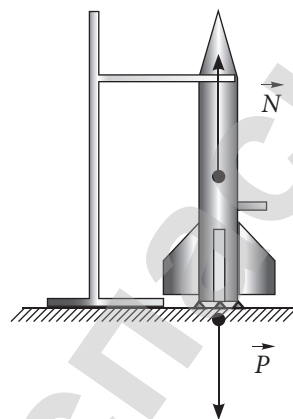
Жердің массасы адам массасынан қанша есе үлкен болса, оның адаммен өзара әрекеттесу кезіндегі үдеуі сонша есе кіші болады.

V Байланысқан денелер жүйесінің ішкі күштері

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

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

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



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

2-тапсырма

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

Жауабы қандай?

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

3-тапсырма

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

Ньютона үшінші заңына сәйкес, бір денеге түсірілетін күштер пайда болады. Олар бір-бірін теңгереді де, дене басқа денелерге қатысты қозғалмайды.



4-тапсырма

Ньютона үшінші заңының табиғатта, техникада, тұрмыста қолданылуына 3 мысалдан келтіріңдер.



Назар аударыңдар!

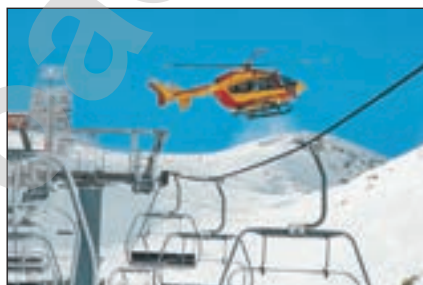
Екі дененің өзара әрекеттесу күштері сандық мәндері бойынша тең, бағыттары бойынша қарама-қарсы, бірақ бір-бірін теңгермейді.

Бір денеге түсірілген сандық мәндері тең, бағыттары қарама-қарсы күштердің қосындысы нөлге тең.



Бұл қызық!

Техника тарихында өнертапқыштардың Ньютона үшінші заңын ескермеуінен туындаған оқиға жазылған. Заңды бірінші тікұшақты (геликоптерді) сынау кезінде ғана еске алған. Зырылдауық (пропеллер) оңнан солға қарай айналатын болғандықтан, тікұшақ корпусы қарама-қарсы жаққа солдан оңға қарай айнала бастаған. Тікұшақ айналмалы әткеншекке айналып, оған бірде-бір ұшқыш отыруға келіспеген. Бұл кемшілік тікұшаққа 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. Тікұшақтың ұшуы

Бақылау сұрақтары

1. Ньютона үшінші заңын тұжырымдаңдар.
2. Ньютона үшінші 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. Ньютона үшінші заңы бойынша тіркемені тартатын күш тіркеме автокөлікке әрекет ететін күшке тең. Неліктен тіркеме автокөліктің соңынан қозғалады?

★ Жаттығу

16

1. Марат пен Асхат жіпті қарама-қарсы бағытта әрқайсысы 50 Н күшпен тартуда. Егер жіп 80 Н керілу күшіне шыдайтын болса, ол үзіліп кете ме?
2. 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.

🏠 Жаттығу

16

1. Суретте а) велосипед дөңгелегі мен жол бетінің; ә) Күн мен Марстың; б) өзен түбінде жатқан тас пен судың өзара әрекеттесу күштерін бейнелеңдер.
2. Құрылысшы вертикаль қабырғаға ағаш қимасын итеріп тұр. Егер қабырғаның реакция күші 5 Н болса, құрылысшы қимаға қандай күшпен әсер етіп тұр?
3. 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 м/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 параграфты игергенде:

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



Эксперимент

Қағаз шарды горизонталь бағытта лақтырыңдар. Бастапқы жылдамдық ұшу қашықтығына әсер ете ме? Шардың қозғалысын еркін түсу деп санауға бола ма? Қандай жағдайда шар Жер бетіне құламайды?



Жауабы қандай?

1. Айдың Жерді айнала қозғалуы еркін түсуге мысал бола ала ма?
2. Неліктен Ай Жерге құламайды?
3. Неліктен ауыр және жеңіл заттар бір мезгілде құлайды?



1-тапсырма

Параграфтың III бөлімінің мәліметтерін пайдаланып, Айдың қозғалыс үдеуін анықтаңдар. Алынған нәтижені $9,8 \frac{м}{с^2}$ еркін түсу үдеуімен салыстырыңдар. Айдың үдеуі шамамен 3600 есе кіші екеніне көз жеткізіңдер.

I Денелердің бүкіләлемдік тартылыс заңы әсерінен еркін түсуі

И.Ньютонның бүкіләлемдік тартылыс заңының ашылуы мына көзқарастарға негізделді: «Горизонталь лақтырылған тас ауырлық күшінің әсерінен түзу сызықты жолынан ауытқып, қисық-сызықты траектория сызып, 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 қорытынды жасады: *Айдың Жерді айнала және планеталардың Күнді айнала қозғалуы бүкіләлемдік тартылыс күшінің әсерінен болатын еркін түсу болып табылады.*

II Тартылыс күшінің массаға тәуелділігі

Жердің бетінде барлық денелер массаларына тәуелсіз $9,8 \text{ м/с}^2$ үдеумен құлайды. Бұл жағдай тек дененің Жермен өзара әрекеттесу күші дененің 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 дене қатысады, Ньютонның үшінші заңы бойынша олардың өзара әрекеттесу күштері тең, *сәйкесінше тартылыс күші екі дененің массасына пропорционал болуы керек:*

$$F \sim m_1 m_2.$$

III Тартылыс күшінің денелер арасындағы арақашықтыққа тәуелділігі

Табиғаттың өзі Ньютонға өз болжамдарын тексеруге қолайлы жағдайлар жасады. Жер бетіндегі денелердің еркін түсуінің және Айдың

Жерді айнала қозғалуының себебін Ньютон Жердің тартылыс күшінің әсері деп тұжырымдады.

Ай Жерді шеңбер бойымен айнала қозғалады десек, оның үдеуін есептеу қиын емес.

$$a_A = \frac{4\pi^2}{T^2} R_{жс},$$

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, $R_{жс} = 6,4 \cdot 10^6$ м.

Айдың үдеуі Жердің бетіндегі еркін түсу үдеуінен жуық шамамен $3600 = 60^2$ есе кіші. Бұл үдеудің арақашықтықтың квадратына кері пропорционал екенін дәлелдейді:

$$a \sim \frac{1}{R^2}$$

Ньютонның екінші заңы негізінде $a \sim F$, онда:

$$F \sim \frac{1}{R^2}$$

Денелердің өзара әрекеттесу күші олардың арасындағы арақашықтыққа кері пропорционал.

IV Бүкіләлемдік тартылыс заңы.

Гравитациялық тұрақты

Алынған қорытындыларды біріктіре отырып, Ньютон 1687 жылы бүкіләлемдік тартылыс 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 тартылыс күші заңын

$$F = G \frac{M_{жс} m}{R_{жс}^2}$$

ауырлық күшімен $F = mg$ салыстырайық.



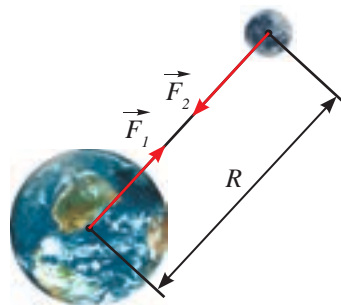
Жауабы қандай?

1. Неліктен Айдағы еркін түсуі үдеуі Жер бетіндегі еркін түсу үдеуінен кіші?
2. Не себепті денелердің Жер бетіндегі еркін түсуі олардың массаларына тәуелді емес?
3. Жер бетінде денелердің тартылыс күшімен әрекеттесуін бақылай алмауымыздың себебі неде?



2-тапсырма

Гравитациялық өрістің кернеулігі мен еркін түсу үдеуі тең екенін дәлелдендер.



105-сурет. Гравитациялық күштер өзара әрекеттесуші денелердің массалар центріне түсірілген

Бұл табиғаты жағынан бір күш болып табылады, демек: $g = G \frac{M}{R^2}$,
мұндағы g – Жер бетіндегі еркін түсу үдеуі, M – Жердің массасы, R – Жердің радиусы.



Есте сақтаңдар!

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{кг^2}$$

Барлық денелер бір-біріне, олардың массаларының көбейтіндісіне тура және денелердің массалар центрі арасындағы арақашықтықтары квадратына кері пропорционал күшпен тартылады.

Жер бетінен h қашықтықта орналасқан массасы m дене үшін бүкіләлемдік тартылыс заңы мына түрде болады: $F = G \frac{M_{ж} m}{(R_{ж} + h)^2}$,

мұндағы $M_{ж}$ – Жер массасы, $R_{ж}$ – Жер радиусы, $R = R_{ж} + h$ – Жердің центрінен дененің массалар центріне дейінгі арақашықтық.



Бұл қызық!

Гравитациялық тұрақтыны ең алғаш тәжірибелік жолмен 1798 жылы ағылшын ғалымы Генри Кавендиш анықтады. Ол бұл шаманы анықтау үшін айналмалы таразыны қолданды. Кулон күштерін анықтауға қарағанда бұл тәжірибенің қиындығы гравитациялық күштердің біршама әлсіздігінде болды. Тәжірибе үшін айналық шағылдырғышы бар өте сезімтал айналмалы таразылар қажет болды (106-сурет). Кавендиш массалары белгілі шарлардың өзара әрекеттесу күшін серіппенің айналу бұрышы арқылы анықтап, гравитациялық тұрақтыны анықтады.



Есте сақтаңдар!

Бүкіләлемдік тартылыс заңының қолданылу шектері.

Заңды:

- а) материялық нүктелер үшін;
- ә) шар тәрізді пішіні бар денелер үшін;
- б) өлшемдері шар өлшемінен біршама кіші денелермен әрекеттесетін радиусы үлкен шар үшін қолдануға болады.

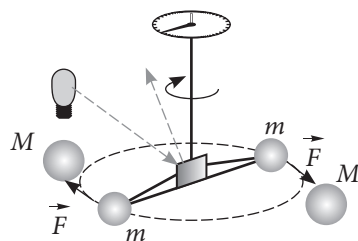
Заңды:

- а) шексіз өзек пен шардың әрекеттесуі үшін;
- ә) денелер және шексіз жазықтықтар үшін қолдануға болмайды.

V Масса – гравитация өлшемі

Еркін түсу үдеуі аспан денесінің массасына тура 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 түсу үдеуін анықтауға мүмкіндік береді.

Есептеулер еркін түсу үдеуі Юпитер үшін $g \approx 25 \text{ м/с}^2$, Ай үшін $g \approx 1,67 \text{ м/с}^2$ екенін көрсетеді.



106-сурет. Айналық шағылдырғышы бар айналмалы таразы



Есте сақтаңдар!

Ньютон 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. Өртүрлі денелердің өрістері бір-бірінен күштік сипаттама – кернеулік арқылы ерекшеленеді:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{m_G}, \text{ мұндағы } E - \text{гравитациялық өрістің кернеулігі};$$

m_G – дененің гравитациялық массасы – өріс көзі.

3-тапсырма

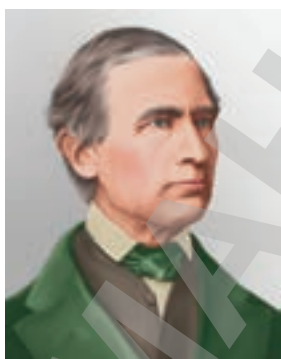
Массасы 60 кг адамның массалар центрінен 1 м қашықтықтағы гравитациялық өрістің кернеулігін анықтаңдар. Нәтижені Жердің айналасындағы гравитациялық өріс кернеулігімен салыстырыңдар.

4-тапсырма

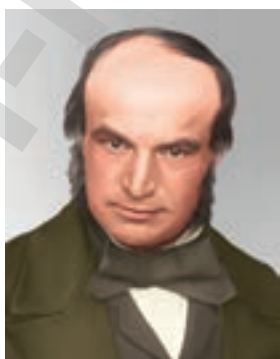
Жер центрінен $2R_{\text{ж}}$, $3R_{\text{ж}}$, $4R_{\text{ж}}$, $5R_{\text{ж}}$, $6R_{\text{ж}}$ қашықтықта орналасқан денелердің үдеуін анықтаңдар. Еркін түсу үдеуінің арақашықтыққа тәуелділігін графикалық түрде бейнелендер.

Маңызды ақпарат

1843 жылы ағылшын ғалымы Джон Кауч Адамс 8-сыртқы планетаның орбитасын есептеп шығарды. Бұл планетаның бар екені туралы болжамдар Уран орбитасының ұйытқуынан туындады. Француз математигі Урбен Леверье 1845–1846 жылдары Адамстан бөлек өз есептеулерін жүргізіп, Берлин обсерваториясының астрономы Иоганн Готтфрид Галлені планетаны іздеумен айналысуға көндірді. Нептун 1846 жылы 23 қыркүйекте Леверье болжаған координаталардан 1° шегінде табылды. Нептун планетасының ашылуы астрономиядағы барлық есептеулер негізделген Кеплер мен Ньютон заңдарының дұрыстығын дәлелдеді.



Иоганн Галле



Джон Адамс



Урбен Леверье

Бақылау сұрақтары

1. Тартылыс күші дене массасына қалай тәуелді? Денелердің арақашықтығына ше?
2. Бүкіләлемдік тартылыс заңын тұжырымдаңдар.

3. Гравитациялық тұрақтыны тәжірибе жүзінде анықтаған кім? Ол неге тең?
4. Гравитациялық өрістің күштік сипаттамасын қалай атайды? Ол нені көрсетеді?
5. Өріс кернеулігі дене массасына, массалар центрінен арақашықтыққа қалай тәуелді?
6. Гравитациялық өрістің кернеулігі мен дененің массалар центрінен арақашықтық арасында қандай тәуелділік бар?

★ Жаттығу

17

1. Жер бетінен қандай арақашықтықта ғарыш кемесіне әсер ететін тартылыс күші Жер бетіндегі тартылыс күшінен 100 есе аз болады?
2. 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 дөңгелектеңдер.
3. Шолпанның орташа тығыздығы 5200 кг/м^3 , ал планетаның радиусы 6100 км. Шолпан бетіндегі еркін түсу үдеуін анықтаңдар.

🏠 Жаттығу

17

1. Әрқайсысының массасы 10 000 т, бір-бірінен 100 м арақашықтықта орналасқан екі кемеңіздің тартылыс күшін анықтаңдар.
2. Марстың радиусы Жер радиусының 0,53 бөлігін, ал массасы жер массасының 0,11 бөлігін құрайды. Жер бетіндегі еркін түсу үдеуі белгілі. Марстағы еркін түсу үдеуін анықтаңдар.
3. Марс бетінен $0,5R_M$, R_M , $1,5R_M$, $2R_M$ арақашықтықтағы гравитациялық өрістің кернеулігін есептеңдер. Алынған тәуелділік графигін Жердің еркін түсу үдеуінің арақашықтыққа тәуелділік графигімен салыстырыңдар.

Шығармашылық тапсырма

1. Күн және Күн жүйесі планеталары өрістерінің кернеулігін есептеңдер. Анықтамалық әдебиеттерден керекті мәліметтерді табыңдар. Мәліметтер бойынша кесте құрастырыңдар. Алынған мәліметтерге салыстырмалы талдау жүргізіңдер.
2. Г.Кавендиш туралы хабарлама дайындаңдар.

§ 18. Дененің салмағы, салмақсыздық

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- үдеумен қозғалатын дененің салмағын анықтай аласыңдар;
- салмақсыздық күйін түсіндіре аласыңдар.



Жауабы қандай?

Нәліктен жеделсаты кәтерілуінің соңында және бастапқы мезетінде денеде жеңілдік сезіледі?



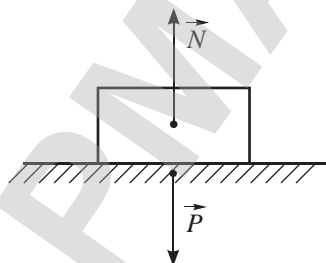
Естеріңе түсіріңдер!

Қандай жағдайларда осындай күйді сезе аласыңдар?



Есте сақтаңдар!

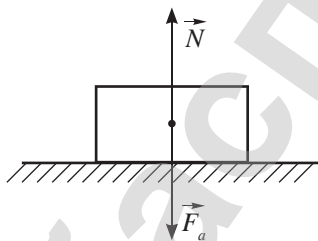
Ньютонның үшінші заңының негізінде тіректің реакция күші және салмақ – табиғаты жағынан электромагниттік күштер. Олар Ньютон заңында айтылатын екі күш болып табылады. Ауырлық күші әсерінен тірекпен немесе аспамен әрекеттесу нәтижесінде дене деформацияланады, деформация нәтижесінде тірекке күш түсіреді немесе аспаны созады.



108-сурет. Дененің 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 теңгереді

Егер дене мен тірек қозғалмайтын болса немесе түзу сызықты және бірқалыпты қозғалатын болса, бұл күштердің әсері теңгерілгенін білдіреді. Күштер мәндері жағынан тең:

$$N = F_a = mg.$$

Дененің салмағын анықтау үшін Ньютонның үшінші заңын қолданамыз.

Дененің салмағы – дененің Жерге тартылуы 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:

$$P = N = mg.$$



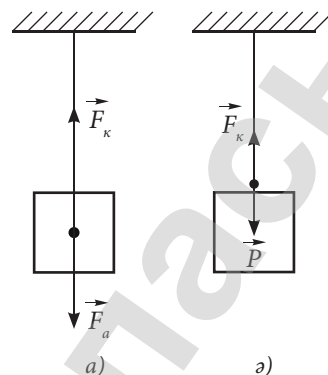
1-тапсырма

109 а) және ә) суретке қараңдар. Денелерге қандай күштер түсірілген? Неліктен а) суретке Ньютонның I заңын, ал ә) суретке III заңын қолдануға болады?

Дене аспамен бірге

а) тыныштық күйде болғанда;

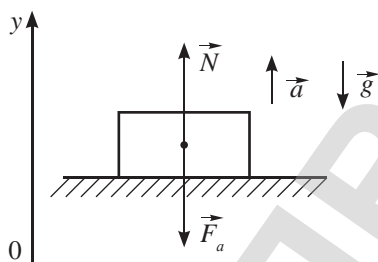
ә) вертикаль жоғары немесе төмен қозғалғанда күштердің қатынасы туралы не айтуға болады?



109-сурет. 1-тапсырмаға

II Дене салмағының артуы. Асқын салмақ

Дененің және оның тірегінің үдемелі қозғалысы кезінде олардың деформациялану дәрежесі өзгереді, сәйкесінше өзара әрекеттесу күші де өзгереді. Дененің үдеуі еркін түсу үдеуіне қарама-қарсы бағытталған жағдайда дененің салмағын анықтайық (110-сурет).



110-сурет. Үдеу қарама-қарсы бағытталған, дене салмағы артады

Бұл – дененің үдемелі жоғары көтерілуіне немесе кемімелі төмен түсуіне сәйкес келетін жағдай.

Осы жағдай үшін Ньютонның екінші заңын жазайық. Дене ауырлық күшінің және тіректің реакция күшінің әсерінен үдеумен қозғалып келеді:

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

Теңдеудің 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 дене тірепкен немесе аспамен бірге тыныштық күйде болса немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалса, дененің 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 жүргізіңдер. Нәтижелерді салыстырып, қорытынды жасаңдар.



Назар аударыңдар!

Дененің еркін түсуі кезінде ауырлық күші жоғалмайды, масса тұрақты шама болып қалады.

Тіректің денеге әсер ету күші:

$$N = ma + F_a = ma + mg,$$

$$N = m(g + a).$$

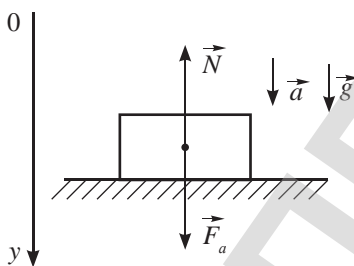
Ньютонның үшінші заңы негізінде $P = N$, демек:

$$P = m(g + a).$$

Егер дене тірекпен бірге еркін түсу үдеуіне қарама-қарсы бағытталған үдеумен қозғалса, онда оның салмағы тыныштықта тұрған дене салмағынан артық болады.

III Дене салмағының кемуі. Салмақсыздық

Дене еркін түсу үдеуімен бағыттас үдеумен қозғалатын жағдайды қарастырайық (III-сурет). Бұл шарттарда дене тірекпен бірге үдемелі төмен түседі немесе баяу жоғары көтеріледі.



III-сурет. Дененің еркін түсу үдеуімен бағыттас үдеумен қозғалуы

Егер дене тірекпен бірге еркін түсу үдеуімен бір бағытта қозғалса, онда оның салмағы тыныштықтағы дененің салмағынан аз болады.

Дененің салмағы 0-ге тең болатын күйін салмақсыздық деп атайды.



Жауабы қандай?

1. Неліктен ғарыш стансысында ғарышкер салмақсыздық күйін кешеді?
2. Не себепті салмақсыздық күйінде ғарышкердің салмағы нөлге тең, ал ауырлық күші нөлге тең емес?
3. Неліктен ғарышкерлер мен ұшқыштарды асқын салмаққа центрифуга түріндегі тренажермен (112-сурет) дайындайды?



Маңызды ақпарат

Үдемелі қозғалыс тудыратын салмақтың артуын асқын салмақ деп атайды. Асқын салмақты k 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 дене еркін түсу үдеуінен 9 есе артық үдеумен қозғалады.



2-тапсырма

111-суретті, Ньютон II және III заңдарын пайдаланып, дененің массасы $P = m(g - a)$ екенін дәлелдеңдер.



Бұл қызық!

Еркін түсу кезінде дене еркін түсу үдеуіне тең үдеумен $a = g$ қозғалады, бұл жағдайда дене салмақсыздыққа ие болады:

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



112-сурет. Центрифуга түріндегі тренажер

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Массасы 1000 т дененің полюстегі және экватордағы салмағын анықтаңдар. Жердің радиусы 6400 км деп алыңдар.

Берілгені:

$$m = 1000 \text{ т}$$

$$R_{\text{ж}} = 6400 \text{ км}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_2 = ?$$

ХБЖ

$$10^6 \text{ кг}$$

$$6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

Шешуі:

Дененің өз осінен айналу радиусы полюсте нөлге тең, экваторда Жер радиусына тең.

Демек, полюсте дененің салмағы ауырлық күшіне

тең: $P_1 = mg$. Экваторда дене 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

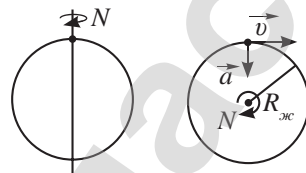
анықтаймыз: $a = \frac{4\pi^2 R_{\text{ж}}}{T^2}$, мұндағы $T = 24 \text{ сағ} = 86400 \text{ с}$.

$$\text{Сонда: } P_2 = m \left(g - \frac{4\pi^2 R_{\text{ж}}}{T^2} \right).$$

$$\text{Есептеулер жүргіземіз: } P_1 = 10^6 \text{ кг} \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 9,81 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$

$$P_2 = 10^6 \text{ кг} \left(9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}}{8,64^2 \cdot 10^8 \text{ с}^2} \right) = 9,77 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$

Жауабы: $P_1 = 9,81 \text{ МН}$; $P_2 = 9,77 \text{ МН}$.



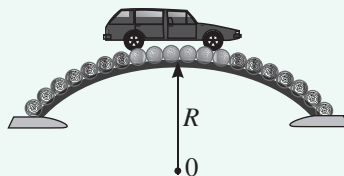
Бақылау сұрақтары

- Мына шарттардың орындалуын көрсетіңдер: а) дененің салмағы ауырлық күшіне теңеседі; ә) дененің салмағы жоғарылайды; б) дененің салмағы азаяды; в) дене салмақсызданады.
- Асқын салмақ дегеніміз не? Салмақсыздық деген не?

★ Жаттығу

18

- Дөңес көпірден өткенде автокөліктің салмағы $P = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right)$ болатынын дәлелдендер (113-сурет).



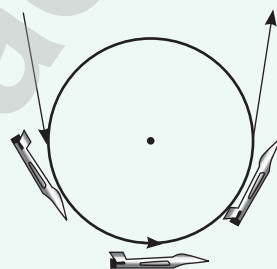
113-сурет. Дөңес бетпен қозғалыс кезінде дененің салмағы азаяды

2. Ғарыш зымыраны 5 м/с^2 үдеумен вертикаль жоғары қозғалады. Ғарышкердің массасы 75 кг болса, салмағы қандай болатынын анықтаңдар. $g = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ деп алыңдар.
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. $g = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$. Жауаптарыңды килоньютонмен (кН) және бүтін санға дейін дөңгелектеп беріңдер.

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).



114-сурет. Траекторияның төменгі нүктесінде дененің салмағы артады

2. Ғарыш кемесі $8,38 \text{ м/с}^2$ тұрақты үдеумен (Айға қатысты) вертикаль бағытта кемімелі қозғалып, Айға қонады. Осы кемедегі массасы 70 кг ғарышкердің салмағы қандай?
3. Қисықтық радиусы 40 м дөңес көпір арқылы массасы 2 т болатын автобус 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалады. Көпірдің жоғары нүктесіне автобустың түсіретін қысым күшін табыңдар. $g = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ деп алып, жауаптарыңды килоньютонмен (кН) беріңдер.

Эксперименттік тапсырма

Таразыны пайдаланып, жеделсаты (лифт) қозғалысының басталуы мезетіндегі, оның көтерілу сәтіндегі және тежелу кезіндегі өз салмақтарыңды анықтаңдар.

Осындай өлшеулерді жеделсатының түсуі кезінде де жүргізіңдер. Өлшеулердің нәтижесі бойынша жеделсатының үдеуін және асқын салмақты табыңдар. Жолдың қандай бөлігінде жеделсатының қозғалысы бірқалыпты екенін анықтаңдар.

§ 19. Денелердің ауырлық күшінің әсерінен қозғалуы. Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- есептер шығаруда бірінші ғарыштық жылдамдық формуласын қолдана аласыңдар;
- ғарыш аппараты орбиталарының ерекшеліктерін салыстыра аласыңдар;
- тартылыс өрісіндегі дененің қозғалыс параметрлерін есептей аласыңдар.



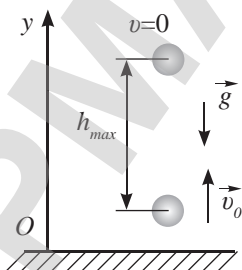
Жауабы қандай?

1. Неліктен еркін құлайтын дене салмақсыздық күйде болады?
2. ЖЖС-і еркін құлайды деп тұжырымдауға бола ма?



1-тапсырма

1. Денелердің еркін түсуі формулаларын естеріңе түсіріп, дәптерлеріңе жазыңдар.
2. v_0 бастапқы жылдамдықпен тасталған дене үшін үдеу векторы мен жылдамдық векторының бағыттары көрсетілген сурет салыңдар. Есептеулер үшін ыңғайлы осьті таңдаңдар.



115-сурет. Ауырлық күші әсерінен дененің вертикаль қозғалысы

Еркін түскен дененің траекториясы оның бастапқы жылдамдығының шамасы мен бағытына тәуелді.

Жылдамдықты, орын ауыстыруды, жолды және дененің координаталарын анықтауға арналған есептерді шешу әдісін таңдау бастапқы шарттарға тәуелді болады. Дене жерге жақын орналасқан және $g = \text{const}$ жағдайын қарастырайық.

I Дененің еркін түсу 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 Oy осін дене қозғалысының бағытымен бағыттап, есептеулерді теңайнымалы қозғалыс формулаларымен жүргізеді.

II Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы

Егер дене горизонталь лақтырылса, оның қозғалысы Ox және Oy осьтеріне қатысты қарастырылады (116-сурет). Еркін түсу үдеуінің Ox осіне проекциясы 0-ге тең болғандықтан, ауа кедергісін ескермеген жағдайда, жылдамдықтың Ox осіне проекциясы тұрақты шама болып қалады. l ұшу ұзақтығы және x координатасы бірқалыпты қозғалыс формулалары арқылы анықталады:

$$l = v_{0x}t \quad (1)$$

және $x = x_0 + l$. (2)

Дененің Жердің бетінен биіктігіне тәуелді құлау уақыты арқылы дененің ұшу уақыты анықталады:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (3)$$

Oy осі бойымен қозғалыс g үдеумен орындалады, қозғалысты сипаттайтын шамаларды есеп-

теу үшін теңайнымалы 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 ұшу уақытын, h_y биіктікті және l ұшу ұзақтығын анықтайық. Барлық кинематикалық шамалар алдыңғы мысалдағыдай қозғалыс тәуелсіздігі негізінде анықталады.

Дене Ox осімен тұрақты:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha \quad (8)$$

жылдамдықпен қозғалады (117-сурет). Oy осінде максимал көтерілу биіктігіне жеткенше дене теңкемімелі қозғалыста болады, бастапқы жылдамдық мына формула бойынша анықталады:

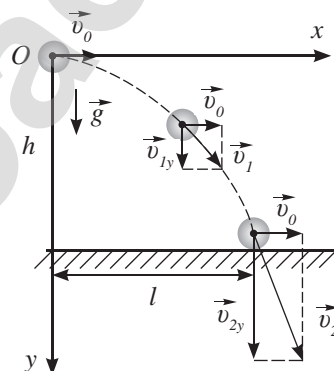
$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha. \quad (9)$$

Естеріңізге түсіріңдер!

Әртүрлі аспан денелері үшін еркін түсу үдеуі түрліше болады.

Жауабы қандай?

Массасы мен өлшемдері белгілі аспан денесінің еркін түсу үдеуін қалай анықтайды?



116-сурет. Ауырлық күшінің әсерінен горизонталь тасталған дененің қозғалыс траекториясы

Жауабы қандай?

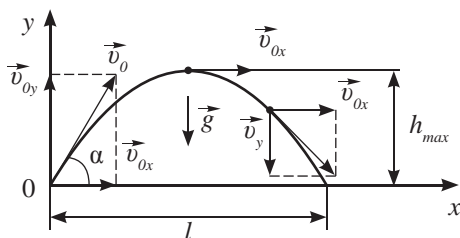
1. Неліктен дененің еркін түсуі кезінде қозғалыс траекториясы түзу сызық, парабола және шеңбер болуы мүмкін?
2. Неліктен дене Жерден алыстағанда кемімелі, жақындағанда үдемелі қозғалады?
3. Неліктен көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене траекториясының ең жоғарғы нүктесінде жылдамдық оның Ox осі бойымен құраушысына тең?

2-тапсырма

§ 19 II бөліміндегі формулаларға кіретін барлық шамаларды еске түсіріп, дәптерге олардың атаулары мен ХБЖ-дағы өлшем бірліктерін жазыңдар.

3-тапсырма

- 1) дененің траекторияның жоғары нүктесіне көтерілу уақыты мен түсу уақыты бірдей екенін;
- 2) бұрыш 45° болғанда ұшу ұзақтығы максимал болатынын;
- 3) бұрыш 30° және 60° болғанда ұшу ұзақтығы бірдей болатынын дәлелдендер.



117-сурет. Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің ауырлық күші әсерінен болатын қозғалысының траекториясы

Траекторияның жоғарғы нүктесінде $v_y = 0$, содан кейін дене төмен түсіп, теңүдемелі 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 дененің құлау уақытына сәйкес келеді және ұшу ұзақтығын анықтайды.

Максимал ұшу биіктігін $v_y = 0$ болғанда, дене жоғарғы нүктеде тоқтайтын

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 айтуға бола ма?

! Назар аударыңдар!

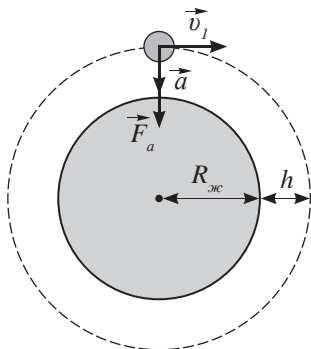
Ұшу уақыты көтерілу уақытынан 2 есе артық, демек көтерілу уақыты түсу уақытына тең.

Естеріңе түсіріңдер!

Математика курсына қандай бұрыштарды қосымша бұрыш деп атайтынын естеріңе түсіріңдер. 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 түсу үдеуіне мысал бола алады

Қозғалыстағы жасанды серік үшін динамиканың негізгі теңдеуін жазамыз: $ma = F$.

$$F = mg \text{ ауырлық күшінің әсерінен дене } a = \frac{v^2}{R}$$

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 бүкіләлемдік тартылыс заңын қолдану керек:

$$\frac{mv^2}{R_{жс} + h} = \frac{GM_{жс}m}{(R_{жс} + h)^2},$$

мұндағы $R = R_{жс} + h$ – орбита радиусы.

Алынған формуладан Жер бетінен әртүрлі h биіктегі жылдамдықты анықтайық:

$$v = \sqrt{\frac{GM_{жс}}{R_{жс} + h}}. \quad (15)$$

Орбита радиусы үлкейген сайын, оның жылдамдығы кеми түседі.



Есте сақтаңдар!

Жасанды серік аспан денесінің айналасында дөңгелек орбита бойымен қозғалатын жылдамдық бірінші ғарыштық жылдамдық деп аталады. Жер үшін оның мәні 7,9 км/с.



4-тапсырма

1. Біздің планетамыз үшін бірінші ғарыштық жылдамдықтың мәнін анықтаңдар. Еркін түсу үдеуін $9,8 \text{ м/с}^2$, Жер радиусын $6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$ деп алыңдар.
2. Жер мен Марстағы бірінші ғарыштық жылдамдық бір-бірінен неше есе өзгеше?



5-тапсырма

1. Жер радиусына тең биіктіктегі жасанды серіктің орбиталық жылдамдығын анықтаңдар.
2. Орбиталық жылдамдығы Жер бетіндегі бірінші ғарыштық жылдамдықтан екі есе кіші жасанды серіктің ұшу биіктігін анықтаңдар.



Маңызды ақпарат

ЖЖС-тің орбита бойымен Жерді айнала қозғалуын сипаттайтын барлық кинематикалық шамалар шеңбер бойымен қозғалатын денелерді сипаттайтын шамалар сияқты анықталады.



6-тапсырма

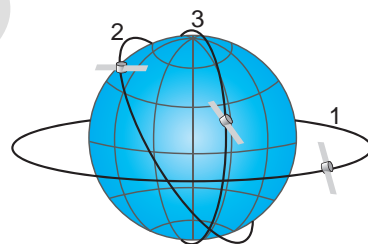
Параграфта қарастырылған қозғалыстарға қоршаған ортадан мысал келтіріңдер.

V Ғарыш аппараттары орбиталарының ерекшеліктері

Егер Жердің жасанды серігінің (ЖЖС) Жер бетінен ұшып шығу жылдамдығы 11,2 км/с болса, ол Жердің тартылыс күшін жеңіп шығып, Күннің жасанды серігіне айнала алады. Бұл жылдамдықты *екінші ғарыштық жылдамдық* деп атайды. Егер дене жылдамдығының мәні бірінші ғарыштық жылдамдықтан үлкен, екінші ғарыштық жылдамдықтан кіші болса, оның траекториясы *эллипс түрінде* болады. Кеплер заңдары 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 күші және атмосфераның жоғары қабаттарына үйкеліс болатындықтан, жылдамдықты арттыру керек. 200 км – 2000 км аралығындағы қашықтықтарда орбиталық 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 экватор сызығының 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

1. Ox және Oy осьтеріне қатысты көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дене қандай қозғалыс жасайды?
2. Горизонталь және көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысы қалай қарастырылады?
3. Жердің жасанды серіктерінің қозғалысы қозғалыстың қандай түріне жатады?

★ Жаттығу

19

1. Еркін құлаған дененің 0,1 км биіктіктегі 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 алыңдар. Жауаптарды ХБЖ-да, бүтін санға дейін дөңгелектеп беріңдер.
2. 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 алыңдар. Жауаптарыңды ХБЖ-да ондыққа дейін дөңгелектеп беріңдер.
3. Жердің жасанды серігінің дөңгелек орбитасының радиусын 4 есе арттырғанда, оның айналу периоды 8 есе артады. Жасанды серіктің орбита бойымен қозғалыс жылдамдығы неше есеге өзгереді? Жауаптарыңды негіздендер.
4. Садақ атушы жебені көкжиекке 30° бұрыш жасай, 60 м/с бастапқы жылдамдықпен атты. Егер нысана садақпен бір деңгейде болса, нысанаға 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 алыңдар.

🏠 Жаттығу

19

1. Вертикаль жоғары лақтырылған дене 4 с кейін Жерге қайтып оралады. Дене қандай биіктікке көтеріледі? Ауаның кедергісін ескермеңдер. $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алыңдар.
2. 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 түскенін анықтау керек. $g = 10 \text{ м/с}^2$ деп алыңдар, ауа кедергісін ескермеңдер.
3. Граната шұңқырдан бастапқы 9,8 м/с жылдамдықпен көкжиекке 45° бұрыш жасай лақтырылған. $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ деп алып, гранатаны лақтыру нүктесі мен құлау нүктесінің арақашықтығын табыңдар.
4. 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 тартылыс заңы, бірінші ғарыштық жылдамдық	Үдеумен қозғалатын дененің салмағы
<p>I заң: $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$, $a = 0, v = c \cdot t$</p> <p>II заң: $\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$ $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$</p> <p>III заң: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$</p>	$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$ $F = G \frac{M_{\text{жс}} m}{(R_{\text{жс}} + h)^2}$ $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{K^2}$ $g = G \frac{M}{R^2}$ $v_1 = \sqrt{gR}$ $v_1 = \sqrt{\frac{GM_{\text{жс}}}{R_{\text{жс}} + h}}$	$P = m(g \pm a)$ $k = 1 + \frac{a}{g}$

Ньютон заңдары:

- Егер денеге күш әсер етпесе немесе күштердің әсері теңгерілген болса, дене инерциялық санақ жүйесіне қатысты түзу сызықты және бірқалыпты қозғалады немесе тыныштық күйін сақтайды.
- Дененің алатын үдеуі денеге түсірілген барлық күштердің теңәсеріне тура пропорционал, ал дене массасына кері пропорционал.
- Денелер модулі бойынша тең және бағыттары қарама-қарсы күштермен өзара әрекеттеседі. Өзара әрекеттесу күштері – әртүрлі денелерге түсірілген, бір түзу бойымен әсер ететін, табиғаты бірдей күштер.

Глоссарий

Асқын салмақ – үдемелі қозғалыстың әсерінен салмақтың артуы.

Бірінші ғарыштық жылдамдық – дөңгелек орбита бойымен аспан денесін айнала қозғалатын жасанды серіктің жылдамдығы.

Дененің салмағы – дененің Жерге тартылуы салдарынан тірекке немесе аспаға 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 ЗАҢДАРЫ

Импульстің және энергияның сақталу заңдары денелердің өзара әрекеттесу күштерін анықтауға мүмкіндік болмаған жағдайларда динамика есептерін шешуге мүмкіндік береді. Табиғаттың құбылыстарын зерттеу нәтижесінде сақталу заңдарын тек механикада ғана емес, сонымен бірге Ньютон заңдары қолданылмайтын микроәлемде де кеңінен қолдануға болатыны белгілі болды. Импульстің және энергияның сақталу заңдары физиканың іргелі заңдарының бірі болып табылады.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- «дене импульсі» және «күш импульсі» ұғымдарын ажыратуды;
- импульстің сақталу заңын тұжырымдау және оны есептер шығаруда қолдануды;
- табиғаттағы және техникадағы реактивті қозғалысқа мысалдар келтіруді;
- Байқоңыр ғарыш айлағының мемлекеттік және әлемдік маңыздылығына баға беруді;
- механикалық жұмысты аналитикалық және графиктік тәсілмен анықтауды;
- жұмыс пен энергияның байланысын түсіндіруді;
- есептер шығаруда энергияның сақталу заңын қолдануды үйренесіңдер.

§ 20. Дене импульсі және күш импульсі. Импульстің сақталу заңы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- «дене импульсі» және «күш импульсі» ұғымдарын ажырата аласыңдар;
- импульстің сақталу заңын тұжырымдап, оны есептер шығаруда қолдана аласыңдар.



Жауабы қандай?

Өзара айналымы күштермен әрекеттесетін денелердің үдеуі, жылдамдығы және орын ауыстыруы қалай анықталады?



Бұл қызық!

«Қозғалыс мөлшері» ұғымын ең алғаш рет Рене Декарт енгізді. Рене Декарт физикасында күштер, әсіресе бос аралық арқылы қашықтықтан әсер ететін күштер туралы айтылмайды. Әлемдегі барлық құбылыстар өзара жанасатын бөлшектердің әрекетінен болады делінеді. Бір дене басқа денемен соқтығысқанда оған тек өзі жоғалтатын мөлшерде ғана қозғалыс мөлшері беріледі және ол өз қозғалысын қаншаға арттырса, сонша ғана алуға болады. Декарт әлемдегі бастапқы қозғалыс мөлшерінің сақталуын қарастырған. Бұндай көзқарас ғылым тарихында *картезиандық* деген атқа ие болды, себебі латын тілінде Декарт есімінің дыбысталуы – Картези.

I Импульс түріндегі Ньютонның екінші заңы

Үдеуді жылдамдықтың өзгеру шапшандығы ретінде қарастырып, Ньютонның 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)

Алынған өрнекті *импульс түріндегі Ньютонның екінші заңы* деп атайды.

II Дене импульсі және күш импульсі. Дене импульсінің өзгеруі

Импульс түріндегі Ньютонның екінші заңында қолданылатын дене импульсі және күш импульсі ұғымдарымен танысайық. Дене импульсі дене 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 дене импульсі деп атайды.

Дене импульсі – векторлық шама, оның бағыты дене жылдамдығының бағытымен сәйкес: $\vec{p} \uparrow \vec{v}$.

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, Ньютонның екінші заңын тұжырымдаймыз:

Күш импульсі дене импульсінің өзгерісіне тең.

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}. \quad (4)$$

Алынған өрнектен денеге әсер ететін күштің бағыты дене импульсінің өзгеру бағытымен сәйкес келетінін көруге болады: $\vec{F} \uparrow \Delta \vec{p}$.

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 соқтығысуы кезінде серпімді әрекеттесуін қарастырайық (120, 121-суреттер). Бұл жағдайда массалар центрі өзара әрекеттесу күштері мен денелердің қозғалыс жылдамдықтары бағытталған түзудің бойында жатады. Өзара әрекеттесу күштері $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ Ньютонның үшінші заңымен байланысқан, олар дененің қозғалыс бағытына тәуелді емес.

Импульс түріндегі Ньютонның 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.

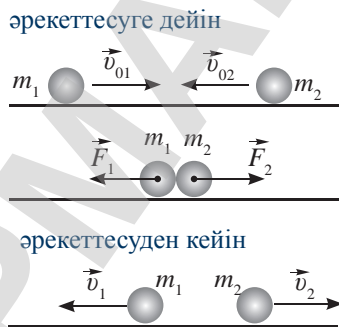
Денелердің әрекеттесу уақытын алып тастап, мына өрнекті аламыз:

$$m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{01} = -(m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{02})$$

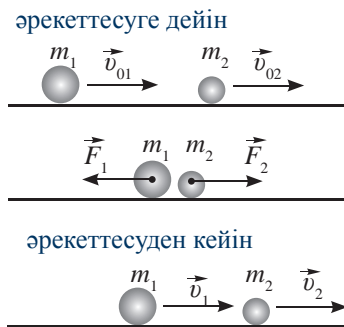
немесе

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2. \quad (5)$$

Бір дененің импульсінің азаюы басқа дене импульсінің дәл сондай мәнге көбеюіне алып келеді.



120-сурет. Қарама-қарсы қозғалып келе жатқан денелердің серпімді әрекеттесуі



121-сурет. Бір бағытта қозғалып келе жатқан денелердің серпімді әрекеттесуі

Жауабы қандай?

Векторды оң санға көбейткенде оның бағыты қалай өзгереді? Теріс санға көбейткенде ше?

1-тапсырма

Күш импульсі мен дене импульсі өлшем бірліктерінің теңдігін дәлелдендер:

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

Декарт өзінің болжамдарының нәтижесінде осындай қорытындыға келді.

Денелердің әрекеттесуге дейінгі импульстерін теңдіктің сол жақ бөлігіне, ал әрекеттесуден кейінгі импульстерін оң 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
$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2. \quad (7)$$

Алынған (6), (7) теңдіктер *импульстің сақталу заңы* деп аталады.



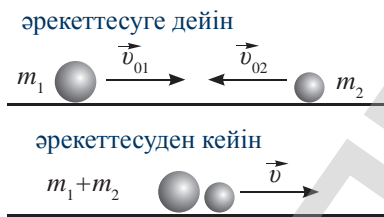
Эксперимент

Бір қатарға қойылған 3–4 шардың қозғалыстағы шармен центрлік соқтығысу кезінде өзара әрекеттесуін сипаттаңдар. Шарлардың массалары мен өлшемдері бірдей болу керек.

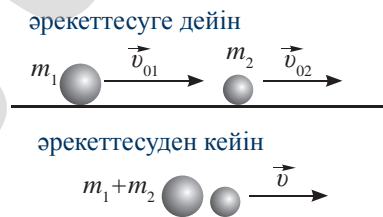
Тұйық жүйе үшін әрекеттесу кезіндегі дене импульстерінің геометриялық қосындысы тұрақты шама болып қалады.

IV Денелердің абсолют серпімсіз әрекеттесуі кезінде импульстің сақталу заңы

Абсолют серпімсіз соқтығысудан 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
$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}. \quad (9)$$

V Денелердің тұйық жүйесі

Импульстің сақталу заңы бір-бірімен әрекеттесетін және тұйық жүйені құрайтын денелер үшін ғана орындалады.

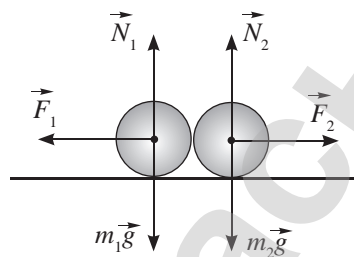
Сыртқы күштер әсер етпейтін денелер жүйесі тұйық жүйе деп аталады.



2-тапсырма

1. Тұйық жүйенің үш денесінің серпімді әрекеттесуі үшін импульстің сақталу заңын жазыңдар.
2. Егер соқтығысу серпімсіз болса, формула қалай өзгереді? Заңды үш дененің серпімсіз соқтығысуы үшін жазыңдар.
3. Төрт бөлікке бөлінген қозғалыстағы дене үшін сақталу заңын жазыңдар.

Денелерге Жердің тартылыс күші әсер ететін болғандықтан, Жер жағдайында тұйық жүйе болмайды. Егер сыртқы күштердің әсері бірін-бірі теңгеретін болса немесе олар жүйе денелерінің өзара әрекеттесу күштерінен көп кіші болса, денелер жүйесін тұйық деп есептеуге болады. Мысалы: ауырлық күшінің әсері тіректің реакция күшімен теңгеріледі (124-сурет), оққа әсер ететін оқ-дәрі газдарының қысым күші Жердің тартылыс күшінен біршама артық.



124-сурет. Өзара әрекеттесетін екі дененің тұйық жүйесі



Жауабы қандай?

1. Нөлктен массалары бірдей, бір-біріне сандық мәні жағынан бірдей жылдамдықпен қозғалып келе жатқан денелердің импульсін тең деп алуға болмайды?
2. Граната ұшқындары жарылысқа дейін тыныштық күйде болса, граната жарылғаннан кейін неге бір бағытта ұшпайды?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

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:

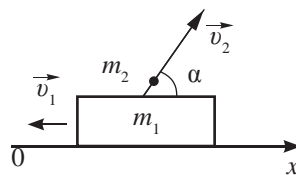
$m_1 = 70$ кг
 $m_2 = 35$ г
 $v_2 = 350$ м/с
 $\alpha = 60^\circ$
 $v_1 = ?$

ХБЖ

$3,5 \cdot 10^{-2}$ кг

Шешуі:

Оқ атылғанға дейін қайық тыныштық күйде болды. Жүйе импульсі нөлге тең болды. Импульстің сақталу 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

1. Дене импульсі дегеніміз не? Ол қандай өлшем бірлігімен өлшенеді?
2. Қандай шаманы күш импульсі деп атайды? Оның өлшем бірлігін атаңдар.
3. Импульс түріндегі Ньютонның екінші заңын тұжырымдаңдар.
4. Өзара әрекеттесетін денелер импульстерінің өзгерістері арасында қандай байланыс бар?
5. Импульстің сақталу заңының мәні неде?
6. Серпімсіз өзара әрекеттесу серпімді әрекеттесуден қалай ажыратылады?
7. Қандай денелер жүйесі тұйық деп аталады?

★ Жаттығу

20

1. 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.
2. Массасы 60 кг адам 18 км/сағ жылдамдықпен жүгіріп келіп, 1 м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатқан массасы 20 кг арбаға қарғып мінді. Адам мінгеннен кейін арба қандай жылдамдықпен қозғалады?
3. 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

1. Денеге 10 с ішінде 4,9 Н күш әсер етеді. Егер күш әсерінен жылдамдық 5 м/с-ке өзгерген болса, дене массасын анықтаңдар.
2. Массасы 1 кг материялық нүкте шеңбер бойымен 36 км/сағ жылдамдықпен бірқалыпты қозғалады. Периодтың төрттен бір бөлігіндегі, жартысындағы және бір периодтағы импульс өзгерісін анықтаңдар.
3. Адам Жерге қатысты тыныштықта тұрған 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 параграфты игергенде:

- табиғаттағы және техникадағы реактивті қозғалысқа мысалдар келтіре аласыңдар;
- Байқоңыр ғарыш айлағының аймақтық және халықаралық маңыздылығына баға бере аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Ғарыш кеңістігіндегі ғарыш кемесінің жылдамдығын қалай баяулатуға болады?
2. Неліктен өрт сөндіру брендспойтын қолға ұстап тұру қиын? 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 қозғалтқыштарына қатысты идеялар ғарыштық техниканың дамуына зор үлесін қосты.

I Реактивті қозғалыс

Табиғатта сегізаяқтар, кальмарлар, медузалар, техникада ұшақтар, зымырандар реактивті қозғалыс жасайды.

Реактивті қозғалыс – дененің бір бөлігінің одан қандай да бір жылдамдықпен бөлінуінің нәтижесінде туындайтын қозғалыс.

Алғаш болып ғарыштық кеңістікке ғарыштық кемелерді шығару үшін реактивті қозғалтқышы бар зымырандарды құрастыру мүмкіндігін К.Э. Циолковский негіздеген. 1903 жылы оның «Әлемдік кеңістікті реактивті аспаптармен зерттеу» атты ғылыми еңбегі жарық көрді. Ол өз еңбектерінде көпсатылы зымырандарды құрастыруға, сұйық отынды қозғалтқышқа қатысты, зымыран және отын массалары туралы маңызды идеяларды ұсынып, массасы айнымалы денелердің қозғалысының алғашқы есептеулерін келтірді.

II Реактивті қозғалтқыш

Реактивті қозғалтқыш тарту күшін тудыру үшін тіректі немесе басқа денелермен әрекеттесуді қажет етпейді. Ол ұшақтарды, 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 екі түрі болады: ауа-реактивті қозғалтқыштар және зымыранды қозғалтқыштар. Жоғары дыбысты



Эксперимент

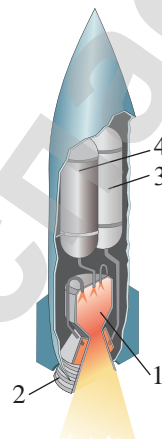
Үрленген шарды жіппен байламай жібере салыңдар. Шардың кеңістіктегі қозғалысын түсіндіріңдер. Сендер бақылаған ұшу қозғалыстың қандай түріне жататынын анықтаңдар.

ауа-реактивті қозғалтқышты ұшақтардың ұшу биіктігіне шектеу қойылады, сиретілген ауада отынды жағу үшін оттегі жетіспейді. Зымыранды қозғалтқыштарға биіктік бойынша шектеу қойылмайды, себебі тарту күшін тудыру үшін зымыран бортында орналасқан тотықтырғыш пайдаланылады.

125-суретте жану камерасынан (1) және реактивті шүмектен (соплов) (2) тұратын қарапайым зымыранның үлгісі бейнеленген. Сұйық отын (3) оттегімен (4) араласып, жану камерасында тұтанады, пайдаланылған газдар соплодан үлкен жылдамдықпен атқылап шығып, реактивті тарту күшін тудырады. Зымыранды қозғалтқыштың жалпы түрі 126-суретте көрсетілген.

Жауабы қандай?

Неліктен ғарыш зымыранына тотықтырғышы бар ыдыс орналастырылады?



125-сурет. Реактивті қозғалтқышы бар зымыран моделі

III Реактивті қозғалыс жылдамдығы

Дененің реактивті қозғалысының жылдамдығын есептеу үшін импульстің сақталу заңы қолданылады.

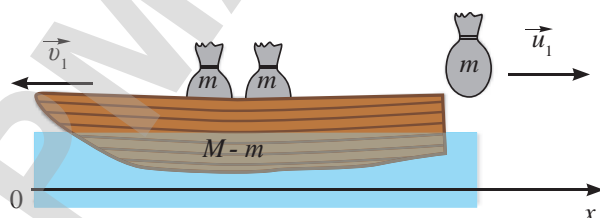
Қайықтан массалары тең жүктерді түсіріп тастағаннан кейінгі қайықтың қозғалысын қарастырайық.

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 лақтырғаннан кейінгі денелердің тұйық 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 жүктері бар қайықтың жылдамдығы.



127-сурет. Тыныштықтағы қайықтың жүкті түсіргеннен кейінгі қозғалысы



126-сурет. РД-107А зымырандық қозғалтқышы

Бұл қызық!

Константин Циолковский 1903 жылы планетааралық байланысқа арналған зымыран моделін құрастырды. Ол ғарыш зымыраны үшін ең тиімді отын – сұйық оттегімен сутектің қоспасы деген тұжырымға келді.

Алынған Ox осіне проекциясында векторлардың бағытын ескеріп алатынымыз:

$$0 = -(M - m) \cdot v_1 + mv_1.$$

Алынған теңдіктен қайықтың жылдамдығын табамыз:

$$v_1 = \frac{m}{M - m} u_1. \quad (1)$$



Жауабы қандай?

Реактивті қозғалыс жасайтын тұйық жүйе бөліктерінің импульстерінің қосындысы нөлдіктен 0-ге тең?

IV Зымыран жылдамдығы

Импульстің сақталу заңынан отынның тез жану мезетінде төмендегі қатынас орындалатыны шығады:

$$\frac{v_3}{v_r} = \frac{m_0}{M - m_0},$$

мұндағы m_0 – отын массасы;

$M - m_0$ – зымыран тасығыштың отыны жоқ 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 баратқан зымыраннан газдардың ағып шығу жылдамдығын анықтаңдар.

V Ғарыштық кеңістікті игеру

1961 жылы 12 сәуірде «Байқоңыр» ғарыш айлағынан «Восток» көпсатылы зымыраны тұңғыш 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

Қазіргі заманғы 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.



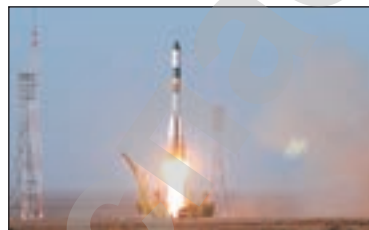
128-сурет. Юрий Гагарин – Жердің алғашқы ғарышкері

жасанды серіктері 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 қосты (130-сурет). Т.Әубәкіров «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.

Бұл қызық!

Байқоңыр ғарыш айлағы (129-сурет) – әлемдегі ең алғашқы және ең үлкен ғарыш айлағы. Қазақстанда, Қызылорда облысында орналасқан.



129-сурет. Байқоңыр ғарыш айлағы



130-сурет. ҚР ғарышкерлері: Тоқтар Әубәкіров, Талғат Мұсабаев, Айдын Айымбетов

Бұл қызық!

Айдын Айымбетов – қазақстандық ғарышкер-сынақшы, Қазақстанның Халық Қаһарманы, Қазақстанның ӘАК 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 Арал және Каспий теңіздеріне ғарыштық мониторинг жүргізді.

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. Ауа кедергісін ескермеңдер.

🏠 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 тұрған арбадан массалары 40 кг болатын екі бала кезектесіп, бір бағытта 1 м/с жылдамдықпен секіріп түсті. Арбаның жылдамдығы қандай болады? Арба мен балалар тұйық жүйе құрады деп алыңдар.

Эксперименттік тапсырма

Ауа немесе су ағынына негізделген реактивті қозғалтқыш құрастырыңдар. Оны ойыншық мәшинеге бекітіп, сынаңдар.

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

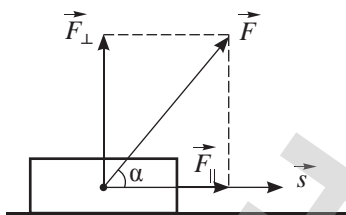
Осы параграфты игергенде:

- механикалық жұмысты аналитикалық және графикалық тәсілмен анықтауды;
- жұмыс пен энергияның байланысын түсіндіруді үйренесіңдер.



Естеріңе түсіріңдер!

1. Қандай 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 жіктеу



1-тапсырма

132-суреттегі графиктерді қарастырыңдар. Параграфтың 2 бөлігіндегі 1–4-пункттерде көрсетілген шамаларды белгілі деп алып, денеге түсірілген күштің жұмысын анықтау алгоритмін құрастырыңдар.

I Күш жұмысын есептеу формуласы

Дене орын ауыстыруға қатысты еркін бағытталған \vec{F} күштің әсерінен горизонталь қозғалады делік (131-сурет). \vec{F} күшті 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 әсер ету бағытымен қозғалмайды.

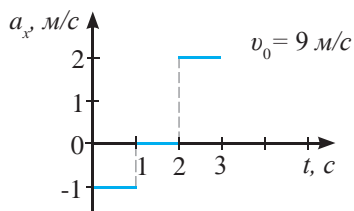
Демек, орын ауыстыру векторына қандай да бір бұрышпен бағытталған күштің жұмысы күштің орын ауыстыру векторына параллель құраушысының жұмысымен анықталады.

II Жұмысты график бойынша анықтау

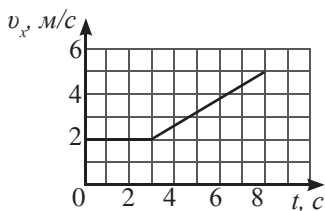
(1) формула негізінде түзу сызықты қозғалатын денеге түсірілген күштің жұмысын:

- 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).

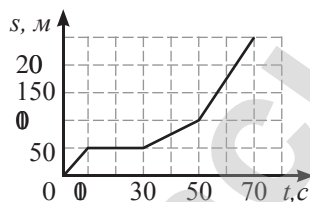
132 г) суретте $F - s$ (күш – жүрілген жол) диаграммасы берілген. Дене жүріп өткен жол мен күшті анықтайтын фигураның ауданы сандық мәні бойынша атқарылған механикалық жұмысқа тең екенін дәлелдеу қиын емес.



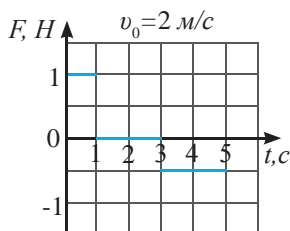
а) Үдеудің $0x$ осіне түсірілген проекциясының уақытқа тәуелділік графигі



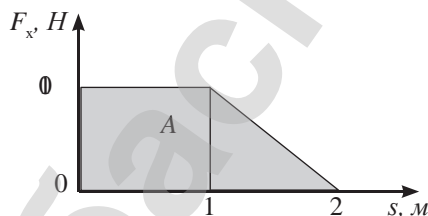
ә) Жылдамдықтың $0x$ осіне түсірілген проекциясының уақытқа тәуелділік графигі



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 дәлелдеңдер. Диаграммадағы жолдың екінші бөлігін дәлел ретінде қолданыңдар.



Назар аударыңдар!

$F - s$ (күш – жүрілген жол) диаграммасында жұмыс жолдың әртүрлі бөліктерінде 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:

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}.$$

Нәтижесінде алатынымыз: $F = m \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}.$

Теңдіктің екі жағын да s -ке көбейтіп, өрнекті түрлендіреміз:

$$Fs = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}. \quad (2)$$



Жауабы қандай?

Неліктен денеге әсер ететін күш жүрілген жолға тәуелді деп тұжырымдауға болмайды?



Есте сақтаңдар!

(1), (3) және (4) формулалар 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.

Алынған теңдікті *кинетикалық энергияның өзгеруі туралы теорема* деп атайды.



Назар аударындар!

Күштің әсерінен дененің кинетикалық энергиясы өзгереді, жұмыс атқарылады.

IV Ауырлық күшінің жұмысы

Дене жер бетінен h_1 биіктіктен h_2 биіктік 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

$$A = -mg(h_2 - h_1). \quad (6)$$

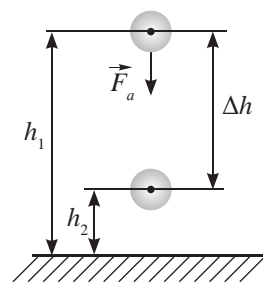
7-сынып физика курсынан потенциалдық энергияның

$$E_p = mgh \quad (7)$$

екені белгілі. (6) формуланы түрлендірейік:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (8)$$

Ауырлық күшінің әсерінен дененің Жермен өзара әрекеттесуінің потенциалдық энергиясы өзгеріп, жұмыс атқарылады.



133-сурет. Ауырлық күшінің жұмысы дененің жер бетінен орналасу биіктіктерінің айырмасымен анықталады.



Эксперимент

Топпен жұмыс. Әр оқушының баспалдақпен екінші қабатқа көтерілгенде атқаратын жұмысын анықтаңдар. Алынған нәтижелерді салыстырып, неліктен олардың әртүрлі болатынын түсіндіріңдер.

V Серпимділік күшінің жұмысы



3-тапсырма

Берілген параграфтың IV бөлігінің негізінде серпимділік 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 естеріңе түсіріңдер:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}. \quad (10)$$

VI Үйкеліс күшінің жұмысы

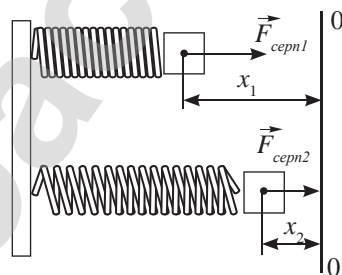
(1) формуладан үйкеліс күшінің жұмысын есептеу формуласын аламыз. Горизонталь бет үшін үйкеліс күші $F_{\text{үйк}} = \mu N = \mu mg$, үйкеліс күшінің бағыты мен дененің орын ауыстыру бағыты арасындағы бұрыш 180° екенін ескерсек:

$$A = \mu mgs \cdot \cos\alpha \text{ немесе } A = -\mu mgs. \quad (11)$$



Жауабы қандай?

1. Неліктен серпимділік күшінің жұмысын анықтағанда оның орташа мәнін қолдану қажет?
2. Не себепті серпимділік күші мен ауырлық күшінің жұмысы оң әрі теріс болуы мүмкін?
3. (8) формула бойынша серпимділік күшінің жұмысын анықтауға бола ма?



134-сурет. Серпимділік күшінің жұмысы дененің ұзаруының (созылуының) өзгерісіне тәуелді

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

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:	ХБЖ	Шешуі:
$m = 2 \text{ кг}$		Серпимділік 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:
$x = 4 \text{ см}$	$4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	
$x_1 = 2 \text{ см}$	$2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	
$x_2 = 12 \text{ см}$	$12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	
$A = ?$		

$$A = \frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2).$$

Жүк ілгенде серіппе серпимділік күші ауырлық күшіне тең болғанша созыла береді: $F_{\text{серп}} = F_a$ немесе $kx = mg$. Бұдан:

$$k = \frac{mg}{x}. \quad (2)$$

(2) өрнекті (1) өрнекке қойып, есептеу формуласын аламыз:

$$A = \frac{mg}{2x} (x_2^2 - x_1^2); \quad A = \frac{2 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} (144 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-4}) \text{ м}^2}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}} \approx 3,5 \text{ Дж}.$$

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. Құрылысшы массасы 10 кг жәшікті еденнен 1 м биіктікке көтеріп, биіктігін өзгертпей, 1000 см қашықтыққа орнын ауыстырып, еденге қояды. Әр деңгейдегі ауырлық күшінің жұмысын және толық жұмысты анықтаңдар.
2. Массасы 50 кг конькишінің толық тоқтағанға дейінгі теңкемімелі қозғалысы кезінде үйкеліс күшінің атқарған жұмысын анықтаңдар. Тежелу жолы 0,01 км, қозғалыс 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 қозғалыс 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 зерттеңдер. Шана бірдей қашықтыққа орын ауыстырғанда көлбеу бұрыштың өзгеруі атқарылған жұмысқа қалай әсер етеді?

§ 23. Энергияның сақталу және айналу заңы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- есептер шығаруда энергияның сақталу заңын қолдануды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Нәліктен күштің мәндері айнымалы болса, Ньютон заңдарын қолдану қате нәтижелерге алып келуі мүмкін?
2. Қандай заңдар айнымалы күштердің өзара әрекеттесуі кезінде есептер шешуге мүмкіндік береді?



Естеріңізге түсіріңдер!

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 түсуі теңайнымалы 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

$$E_{к2} - E_{к1} = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (2)$$

Дене құлаған 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

$$E_{к2} + E_{p2} = E_{к1} + E_{p1}. \quad (4)$$

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 – дене» тұйық жүйесінің бірінші күйдегі толық энергиясы, E_2 – жүйенің екінші күйдегі толық энергиясы.

(3–6) қатынастары «Жер – дене» тұйық жүйесіндегі толық механикалық энергияның сақталу заңының әртүрлі жазылу түрлері болып табылады.

Тартылыс күштерімен өзара әрекеттесу кезінде тұйықталған денелер жүйесінің толық механикалық энергиясы тұрақты шама болып қалады: $E = const$.



Маңызды ақпарат

Энергияның сақталу заңы дененің 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 тұйықталған траекторияда атқаратын жұмысы 0-ге тең болатын күштер) әсер ететін тұйық жүйенің толық механикалық энергиясы тұрақты шама болып табылады. Ньютон механикасындағы энергияның сақталу заңы осылай тұжырымдалады.

Тұйық 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. Тұйық жүйелерде потенциалдық энергияның кинетикалық энергияға айналуы және кері процесс қана орындалады.



Есте сақтаңдар!

Энергияның сақталу заңын қолданып, есептер шығару алгоритмі

1. Есептің шартында дене жылдамдығы, сығылу немесе созылу, санақтың нөлдік деңгейі ретінде алынған бетке қатысты орналасу сияқты сипаттамалары берілген денелер жүйесінің екі күйін бейнелеңдер.
2. Денелер жүйесінің әр күйінің толық энергиясын жазыңдар.
3. Сақталу заңына сүйене отырып, толық энергияларды теңестіріңдер.
4. Алынған теңдеуден есептің шарты бойынша белгісіз шаманы өрнектеп, оның мәнін табыңдар.

III Серпімділік күшімен өзара әрекеттесетін денелер үшін толық механикалық энергияның сақталу заңы

Серіппе мен оған бекітілген дененің өзара әрекеттесуін қарастырайық. Серіппе деформацияланған кезде серпімділік күші пайда болады, оның әрекетінен дене қозғалысқа түседі. Дененің жылдамдығы артады, серпімділік күші кемиді. Сығылған серіппенің потенциалдық энергиясы дене қозғалысының кинетикалық энергиясына айналады. Серпімділік күші жұмыс атқарады:

$$A = F_{\text{орп}} (x_1 - x_2), \quad (7)$$



Назар аударыңдар!

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
$$F_{opt} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = \frac{k}{2}(x_1 + x_2). \quad (8)$$

(8)-өрнекті (7)-өрнекке қойсақ:
$$A = \frac{k}{2}(x_1 + x_2) \cdot (x_1 - x_2).$$

Ығысулардың 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, A – серпімділік күшінің жұмысы.

Алынған нәтижелерді кинетикалық энергияның өзгеруі туралы теоремамен салыстырып, сақталу заңын былай жазамыз:

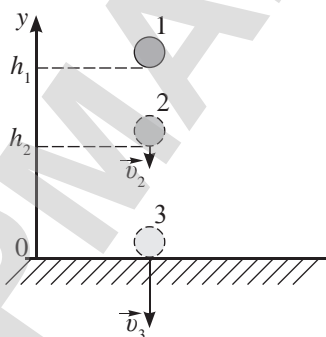
$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2} \quad (11)$$

немесе
$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}. \quad (12)$$

Серпімділік күштерімен өзара әрекеттесу кезінде тұйықталған денелер жүйесінің толық механикалық энергиясы тұрақты шама болып қалады: $E = const$.

2-тапсырма

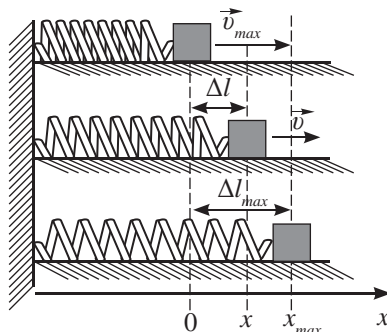
«Шар – Жер» денелер жүйесінің үш күйі үшін толық механикалық энергияны анықтау формуласын жазыңдар. (135-сурет).



135-сурет. Шардың энергиясының өзгеруі

3 тапсырма

«Серіппе – дене» жүйесінің үш күйі үшін толық механикалық энергияны анықтау формулаларын жазыңдар (136-сурет).



136-сурет. «Серіппе – дене» жүйесі 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?

Нәліктен үйкеліс күшінің әсерінен дененің 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 құрылыс – Ньютонның 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 кеңінен қолданылады.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Биіктігі 0,8 м тегіс көлбеу жазықтықтан сырғанаған дененің жерге түсу 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: $E_1 = E_2$; $mgh = \frac{mv^2}{2}$.

$$v = \sqrt{2gh}; \quad v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 \text{ м}} \approx 4 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

Жауабы: $v \approx 4 \frac{\text{М}}{\text{с}}$.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай энергияны толық механикалық энергия деп атайды?
2. Қандай жүйені тұйықталған 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 биіктіктен құлайды және Жерге құлау кезінде 12 м/с жылдамдыққа ие болады. Құлау кезінде ауаның кедергі күшін жеңу үшін қандай жұмыс атқарылады?

🏠 Жаттығу**23**

1. Арбаша «америка сырғанағының» жерден 20 м биіктіктегі ең жоғары нүктесінде бастапқы жылдамдықсыз қозғалыс бастайды. Ол 2 м биіктікке дейін күрт төмен түсіп, содан соң жылдам 15 м биіктікте орналасқан келесі төбенің үстіне көтеріледі. Арбашаның 2 м биіктіктегі науадағы және 15 метрлік төбе 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 тура пропорционал деп алыңдар.

Шығармашылық тапсырма

«Табиғаттағы және техникадағы сақталу заңдары» тақырыбында хабарлама дайындаңдар.

4-тараудың қорытындысы

Күш импульсі және дене импульсінің формулалары	Реактивті қозғалыстың формулалары
$\vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$ $\vec{p} = m\vec{v}$ $\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta\vec{p}$	$v_1 = mu_1 \cdot \frac{1}{M - m}$ $\frac{v_3}{v_T} = \frac{m_0}{M - m_0}$
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 дене 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 – дененің 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 – дененің бір бөлігінің одан қандай да бір жылдамдықпен бөлінуінің нәтижесінде туындайтын қозғалыс.

5-ТАРАУ

ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

Механиканың негізгі міндеттерінің бірі – дене координатасын анықтау. Бұған дейін түзу сызықты қозғалысты қарастыра отырып, дене координатасын орын ауыстырумен, үдеумен, жылдамдықпен байланыстырдық. Дене қозғалысының түрі денеге түсірілген күшке тәуелді үдеудің 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 ұқсастықты анықтаймыз.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- еркін және еріксіз тербелістерге мысалдар келтіруді; 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 үдеудің теңдеулерін жазуды;
- тербелмелі жүйеде тербелістің пайда болу себептерін анықтауды;
- маятник тербелісі периодының әртүрлі параметрлерге тәуелділігін, математикалық маятник периоды формуласынан еркін түсу үдеуін анықтауды;
- период квадратының маятник ұзындығына тәуелділік графигін тұрғызуды, график бойынша еріксіз тербеліс амплитудасының мәжбүрлеуші 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 келтіріп, электромагниттік толқындар шкаласын, жарық дисперсиясын сипаттауды үйренесіңдер.

§ 24. Тербелмелі қозғалыс

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- еркін және еріксіз тербелістерге мысалдар келтіруді;
- амплитуданы, период пен жиілікті тәжірибе жүзінде анықтауды;
- формула бойынша периодты, циклдік жиілікті және фазаны анықтауды үйренесіңдер.

I Тербелмелі қозғалыс, еркін және еріксіз 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.



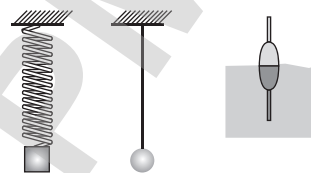
Жауабы қандай?

Тербелмелі қозғалысты қозғалыстың басқа түрлерінен қандай белгілері бойынша ажыратуға болады?



1-тапсырма

1. Қозғалыстардың ішінен тербелмелі қозғалыстарды таңдаңдар: инелік қанаттарының қозғалысы; парашютпен секірушінің қозғалысы; Жердің Күнді айнала қозғалуы; жел соққандағы шөптің тербелуі; өткеншектің тербелуі.
2. Тербелмелі қозғалысқа мысалдар келтіріңдер.
3. Тербелмелі қозғалысқа анықтама беріңдер.



137-сурет. Тербелмелі жүйелер

Периодты түрде өзгеріп отыратын сыртқы күштердің әсерінен болатын тербелістер еріксіз тербелістер деп аталады.

Сыртқы күштердің әсерінсіз де тербелмелі қозғалыстар жасайтын денелер жүйесі болады. Мұндай жүйелерге серіппедегі дене, жіпке ілінген дене, музыка аспабының керілген ішегі, судағы қармақ қалтқысы (137-сурет) жатады. Осы жүйелерді тыныштық күйінен шығаратын болсақ, олар еркін тербелмелі қозғалыс жасайды.

Дене тепе-теңдік күйінен шығарылған соң, 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-теңдік күйінен

шығарылғаннан кейін дене сыртқы күштердің әсерінсіз тербелетін шарттар туындайды.

Еркін тербелістер жасауға қабілетті денелер жүйесін тербелмелі жүйелер деп атайды.

II Тербеліс амплитудасы

Жіпті 0 вертикаль күйінен ауытқыту арқылы жүйені тепе-теңдік күйінен шығарайық (138-сурет).

Тепе-теңдік күй – тербелмелі жүйенің орнықты күйі.

Жіпке ілінген шар тепе-теңдік күйінен ауытқу кезінде ауытқудың бір максимал нүктесінен екінші максимал нүктесіне өтіп, қайта кері қайтады. 0 тепе-теңдік нүктесінен максимал ауытқу нүктесіне дейінгі қашықтық *тербеліс амплитудасы* деп аталады, ол A әрпімен белгіленеді, метрмен өлшенеді.

Амплитуда – дененің тепе-теңдік күйінен ең үлкен ығысуы.

Ығысу – дененің тепе-теңдік күйінен ауытқуы, оны дененің Ox 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:

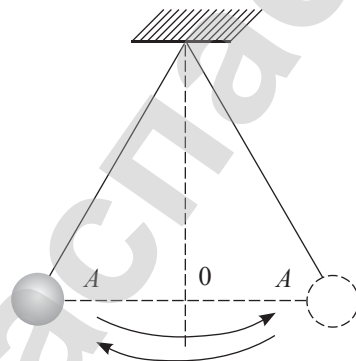
$$T = \frac{t}{N}, \quad (1)$$

мұндағы t – тербеліс уақыты;
 N – тербеліс саны.



2-тапсырма

Тербелмелі жүйелерге мысалдар келтіріп, оларды дәптерлеріңе салыңдар.



138-сурет. Бір периодта дене траекторияның барлық нүктелерінен екі рет өтеді



Жауабы қандай?

Неліктен тербелмелі жүйелер сыртқы күштің әсерінсіз тербеліс жасай алады?



3-тапсырма

1. Еркін тербелістерді бір бағанға, еріксіз тербелістерді екінші бағанға жазыңдар: қозғалтқыш цилиндріндегі поршень, тігін машинесінің инесі, құс ұшып кеткен соң, ағаш бұтағының қозғалуы, музыкалық аспап ішегі, тұсбағар тілшесінің ұшы.
2. Әр бағанды өз мысалдарыңмен толықтырыңдар.



Жауабы қандай?

Не себепті тербелмелі дене тепе-теңдік күйіне келгенде тоқтамайды?

Тербеліс жасай отырып, дене траекторияның әрбір нүктесі арқылы екі рет өтеді (138-сурет).

Жиілік – жүйе бірлік уақыт ішінде жасайтын тербелістер саны.

Жиілік ν әрпімен белгіленіп, герцпен өлшенеді.

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

(1) және (2) формулалардан период және жиілік – өзара кері шамалар екенін көреміз:

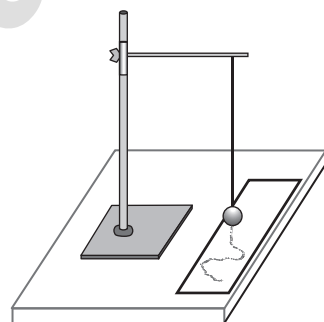
$$T = \frac{1}{\nu} \quad (3)$$

немесе

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

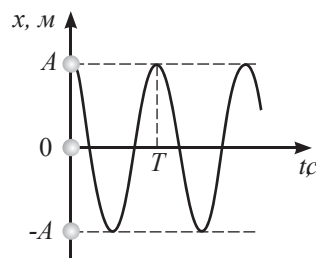
IV Гармониялық тербелістер

Ұзын жіпке ілінген дене тербелісін көрнекі түрде қарастырайық (139-сурет). Дене ретінде кішкене тегісі бар, іші қуыс шарды алайық, қуысты құммен толтырайық. Құмы бар шардың астына қойылған пластинаны тербеліс жазықтығына перпендикуляр бағытта тұрақты жылдамдықпен қозғалтсақ, пластинанада ирек сызық пайда болады (140-сурет). Математикада мұндай сызықты синусоида немесе косинусоида деп атайды.



139-сурет. Жіпке ілінген дене тербелісінің пластина бетінде қалдыратын ізі

Синус немесе косинус заңдары бойынша орындалатын тербелістерді гармониялық тербелістер деп атайды.



140-сурет. Гармониялық тербеліс графигі – косинусоида

Эксперимент

Топтарға бөлініп, серіппедегі дене, жіптегі дене, судағы қармақ, бір ұшы бекітілген металл пластина тербелістерінің амплитудасын, периодын, жиілігін анықтаңдар. Тербеліс периодының амплитудаға тәуелділігін зерттендер. Алынған нәтижелерді салыстырыңдар.

Жауабы қандай?

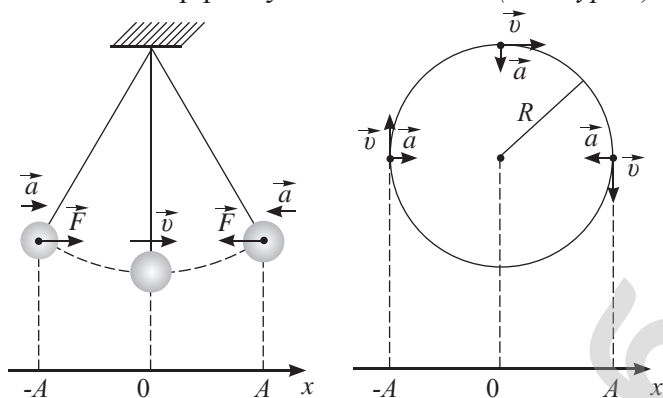
Неліктен шеңбер бойымен қозғалыс және тербелмелі қозғалыс үшін период пен жиілікті есептеу формулалары бірдей?

Есте сақтаңдар!

$$[\nu] = \frac{1}{c} = 1 \text{ Гц}.$$

V Гармониялық тербелістердің геометриялық моделі

Шеңбер бойымен қозғалатын дене проекциясы тербелмелі қозғалыстың геометриялық моделі болып табылады. Шеңбер центрі айналасында қозғалатын дененің максимал ауытқуының проекциясы шеңбер радиусына тең: $A = R$ (141-сурет).



141-сурет. Жіпке ілінген дене тербелісі мен шеңбер бойымен қозғалатын дене проекциясы тербелісінде айырмашылық жоқ

Максимал ауытқу және тепе-теңдік нүктесіндегі үдеу және жылдамдық векторлары бағытталған. Тербелмелі қозғалыс кезіндегі дене координаталарын, үдеуі мен жылдамдығын айналатын дененің сәйкес шамаларының проекциясы ретінде есептей аламыз.

VI Тербелістің циклдік жиілігі, тербеліс фазасы

Шеңбер бойымен қозғалыс кезінде ω шамасы *бұрыштық жылдамдық*, ал тербелмелі қозғалыста *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.

φ бұрыштық орын ауыстыру тербелмелі қозғалыста *тербеліс фазасы* деп аталады. Шеңбер бойымен қозғалыс кезінде бұрыштық орын ауыстыруды және тербеліс фазасын есептеу 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 сақтаңдар!

Циклдік жиіліктің ХБЖ-дағы өлшем бірлігі:

$$[\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad [\varphi] = 1 \text{ рад}.$$

4-тапсырма

Циклдік жиіліктің периодпен байланыс формуласын; тербеліс фазасын анықтау формуласындағы шамаларды және олардың өлшем бірліктерін жазыңдар.

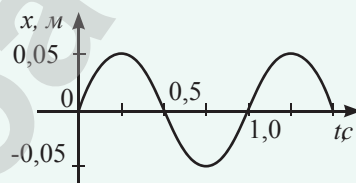
Бақылау сұрақтары

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 келтіріңдер.
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 анықтаңдар.
2. 142-суреттегі график бойынша серіппелі маятниктің амплитудасын, периодын, жиілігін және циклдік жиілігін анықтаңдар. Фазалардың қандай мәндерінде ығысу амплитудалық мәнге жетеді?

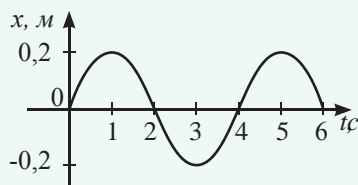


142-сурет. Тербеліс графигі.
24-жаттығудың 2-есесіне

🏠 Жаттығу

24

1. 0,5 мин ішінде 24 тербеліс жасаған маятниктің периодын және жиілігін анықтаңдар.
2. 143-суретте бейнеленген график бойынша математикалық маятниктің амплитудасын, периодын, жиілігін және циклдік жиілігін анықтаңдар. Фазалардың қандай мәндерінде ығысу минимал мәнге ие болады?



143-сурет. Тербеліс графигі.
24-жаттығудың (үй тапсырмасы) 2-есесіне

Эксперименттік тапсырма

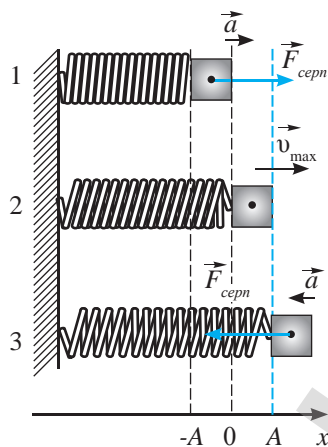
Ауладағы әткеншектің тербеліс периодын анықтаңдар. Тербеліс амплитудасының дене массасына тәуелділігін анықтаңдар.

§ 25. Тербелістер кезіндегі энергияның түрленуі. Тербелмелі қозғалыстың теңдеуі

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- тербелмелі процесте энергияның сақталу заңын сипаттауды;
- гармониялық тербелістер графиктері бойынша координатаның, жылдамдықтың және үдеудің теңдеулерін жазуды үйренесіңдер.



144-сурет. Үдеу максимал ығысу нүктелерінде, жылдамдық дене тепе-теңдік күйінен өту кезінде максимал мәнге ие болады

I Серіппелі маятник үшін энергияның сақталу заңы

Серіппелі маятниктің үш түрлі күйдегі толық механикалық энергиясын анықтайық.

Тепе-теңдік күйден максимал ығысу нүктесінде (144-сурет) маятниктің тек потенциалдық энергиясы болады, себебі дене қозғалыс бағытын өзгерте отырып тоқтайды:

$$E_1 = E_3 = \frac{kA^2}{2}. \quad (1)$$

Тұрақты тепе-теңдік күйде серіппе деформацияланбайды, дененің 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 $E_p + E_k = const$, 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?

1. Тепе-теңдік күйден шығарылған тербелмелі жүйе қандай энергия түрлеріне ие болады?
2. Серіппедегі дене қандай жағдайда максимал кинетикалық энергияға, қандай жағдайда максимал потенциалдық энергияға ие болады?

II Тербелістегі дененің максимал жылдамдығы

Энергияның сақталу заңы дененің тепе-теңдік күйден ығысуының кез келген мәнінде оның жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді. (4–6) теңдеулерден дененің жылдамдығын есептеу формуласын алуға болады. Мысалы, (4) теңдеуден дененің тепе-теңдік 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 бірқалыпты 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-теңдік күйдегі орналасуын қабылдайтын болсақ (145-сурет), онда дененің ауытқу кезіндегі көтерілу биіктігі мынаған тең болады:

$$h = l - \Delta h = l - l \cdot \cos\alpha = l(1 - \cos\alpha). \quad (10)$$

Максимал ауытқу және тепе-теңдік 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 дене жылдамдығын есептеу формуласын алыңдар.



Жауабы қандай?

Тербелмелі қозғалыс үшін кез келген уақыт мезетінде жылдамдықты анықтау үшін нөлдіктен шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс формуласын қолдануға болмайды?



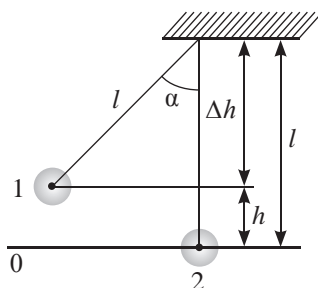
2-тапсырма

Тербелмелі қозғалыс жасайтын жіпке ілінген дененің кез келген уақыт мезетінде жылдамдығын есептеу формулаларын жазыңдар.



Естеріңе түсіріңдер!

Гук заңы мен Ньютонның екінші заңын тұжырымдаңдар.



145-сурет. Математикалық маятниктің тербелісі:

1. тепе-теңдік күйінен максимал ауытқуы
2. дененің тепе-теңдік нүктесінен өтуі

Максимал көтерілу биіктігі (10) формула бойынша тепе-теңдік күйінен максимал ауытқу бұрышымен анықталады. (11) формуладан дененің тепе-теңдік күйден өту кезіндегі қозғалысының максимал жылдамдығын өрнектейік:

$$v_{\max} = \sqrt{2gh_{\max}} \quad (12)$$

IV Тербелістегі дененің координатасы.

Тербелмелі қозғалыс теңдеуі

Геометриялық модельді қолданып, тербелістегі дененің координатасын анықтайық (146-сурет). Ox осінің санақ нүктесін шеңбер центрімен сәйкестендіреміз. Бұл нүкте дененің орнықты тепе-теңдік күйіне сәйкес келеді. Дене M нүктесінде орналасса, оның Ox осіндегі координатасы мынаған тең болады:

$$x = R \cdot \cos \varphi$$

немесе

$$x = A \cdot \cos \omega t \quad (13)$$

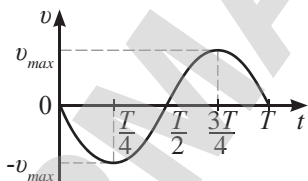
Алынған дененің координаталарын анықтау теңдеуі *тербелмелі қозғалыс теңдеуі* деп аталады.

Косинус функциясының аргументі $\varphi = \omega t$ тербеліс фазасы болып табылады, ол жүйенің күйін сипаттайды.

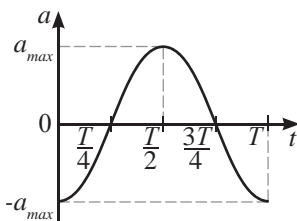
$t = 0$ болғанда, $\cos \omega t = 1$, $x = A$, бұл тербелістер максимал ауытқу нүктесінен жасалатынын көрсетеді.

$t = \frac{T}{4}$ 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-теңдік күйінен өтеді.

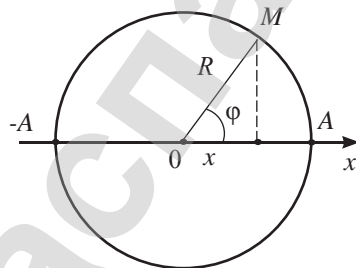
147-суретте косинусоида графигі берілген.



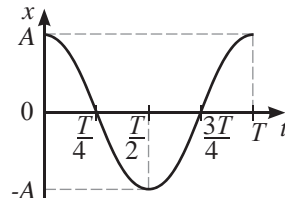
148-сурет. Тербелістегі дененің қозғалыс жылдамдығының бір период көлеміндегі уақытқа тәуелділік графигі



149-сурет. Тербелістегі дене үдеуінің бір период көлеміндегі уақытқа тәуелділік графигі



146-сурет. Тербелмелі процестің геометриялық моделі



147-сурет. Тербелістегі дене координатасының бір период көлеміндегі уақытқа тәуелділік графигі



3-тапсырма

148, 149-суреттердегі жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік графикаларын қарастырыңдар. Дене координатасының уақытқа тәуелділік графигімен (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:

$$a = -a_{\max} \cos \omega t. \quad (14)$$

Ығысудың амплитудалық мәнінде жылдамдық нөлге тең, ал тепе-теңдік күйінде жылдамдық максимал болғандықтан (147, 148-суреттер), жылдамдық үшін:

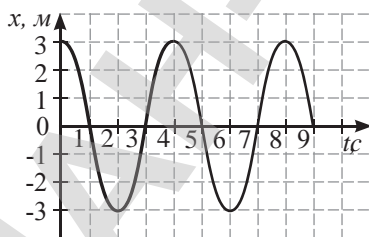
$$v = -v_{\max} \sin \omega t. \quad (15)$$

Бұл формулалардағы үдеу мен жылдамдықтың максимал мәндерін дененің шеңбер бойымен қозғалыс формулаларымен анықтаймыз:

$$a_{\max} = \omega^2 A, \quad a_{\max} = \frac{4\pi^2}{T^2} A, \quad a_{\max} = 4\pi^2 \nu^2 A. \quad (16)$$

$$v_{\max} = \omega A, \quad v_{\max} = \frac{2\pi}{T} A, \quad v_{\max} = 2\pi \nu A, \quad (17)$$

мұндағы $R = A$.



150-сурет. 4, 5-тапсырмаларға

? Жауабы қандай?

3-тапсырманың қорытындысы келтірілген графиктермен растала ма?

? Жауабы қандай?

Дене тепе-теңдік күйден қозғала бастаса, тербелмелі жүйенің теңдеуі қалай өзгереді?

Ол жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік теңдеулеріне қалай әсер етеді?

4-тапсырма

150-суреттегі график бойынша тербеліс амплитудасын, период, циклдік жиілікті анықтап, гармониялық тербелістердің теңдеуін жазыңдар.

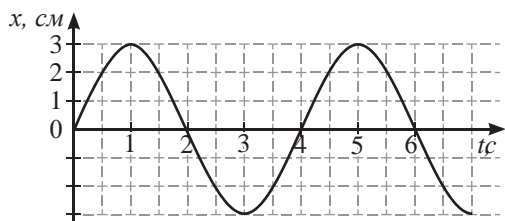
5-тапсырма

Ығысудың уақытқа тәуелділік графигі бойынша тербелістегі дененің үдеуі мен жылдамдығының максимал мәндерін анықтаңдар (150-сурет). Жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік графиктерін тұрғызыңдар.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

Ығысудың уақытқа тәуелділік графигі бойынша тербелістегі дененің үдеуі мен жылдамдығының максимал мәндерін анықтаңдар. Тербелмелі қозғалыс теңдеуін және жылдамдық пен үдеудің уақытқа тәуелділік теңдеулерін жазыңдар.

Берілгені:



$x(t)$ – ?

$v(t)$ – ?

$a(t)$ – ?

Есептеулер жүргізейік: $\omega = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$; $a_{\max} = \left(\frac{3,14}{2}\right)^2 \cdot 0,03 \approx 0,07 \frac{M}{c^2}$;

$$v_{\max} = \frac{3,14}{2} \cdot 0,03 \approx 0,05 \frac{M}{c}$$

Берілген графиктен дене координаталары синус заңы бойынша өзгеретіні шығады: $x = A \sin \omega t$, демек, қозғалыс теңдеуі мына түрге ие болады:

$$x = 0,03 \sin \frac{\pi}{2} t .$$

$$a = -a_{\max} \sin \omega t ; a = -0,07 \sin \frac{\pi}{2} t .$$

Координатаның нөлдік мәнінде жылдамдық максимал мәнге ие болады, сәйкесінше жылдамдық косинус заңы бойынша өзгереді, бастапқы уақыт мезетінде жылдамдық максимал:

$$v = v_{\max} \cos \omega t ; v = 0,05 \cos \frac{\pi}{2} t .$$

Жауабы: $x = 0,03 \sin \frac{\pi}{2} t$; $v = 0,05 \cos \frac{\pi}{2} t$; $a = -0,07 \sin \frac{\pi}{2} t$.

Шешуі:

Графиктен 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:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} ; a_{\max} = \omega^2 A ; v_{\max} = \omega A .$$

Бақылау сұрақтары

1. Серіппелі маятник тербелісі кезінде энергияның қандай түрленулері жүзеге асады? Математикалық маятник тербелісі кезінде ше?
2. Тербелмелі қозғалыстың максимал ауытқу күйінің теңдеулерін жазыңдар. Теңдеуге қандай шамалар кіреді?
3. Қандай қозғалыс тербелмелі қозғалыстың геометриялық моделі болып табылады?
4. Тербелмелі қозғалыс кезіндегі үдеу мен жылдамдықтың максимал мәндерін қалай анықтайды?

★ Жаттығу

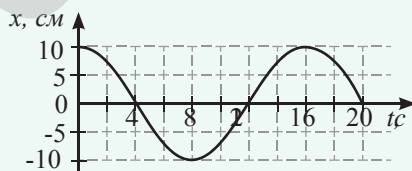
25

1. Қатаңдығы 250 Н/м серіппедегі массасы 400 г жүктің тербеліс амплитудасы 15 см. Тербелістің толық механикалық энергиясын және жүк қозғалысының максимал жылдамдығын анықтаңдар.
2. Тербелістегі маятниктің ұзындығын 3 есе азайтып және амплитудасын 2 есе арттырғанда, оның толық механикалық энергиясы неше есе өзгереді?
3. Барлық қажетті есептеулерді жүргізіп, сағат маятнігі үшін координаталардың, үдеу мен жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигін бейнелендер. Тербеліс амплитудасы 5 см, периоды 1 с.

🏠 Жаттығу

25

1. Маятник ұзындығы 20 см, максимал ауытқу бұрышы 10° болса, механикалық сағат маятнігінің максимал жылдамдығын анықтаңдар.
2. Тербелістегі дене координатасының уақытқа тәуелділік графигі (151-сурет) бойынша қозғалыс теңдеуін 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 жүргізіңдер.

Шығармашылық тапсырма

Мына тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Табиғаттағы және техникадағы тербелмелі қозғалыстар.
2. Музыкалық аспаптар ішектерін тербелмелі жүйелер ретінде қолдану.

§ 26. Математикалық және серіппелі маятниктердің тербелістері

Күтілетін нәтиже

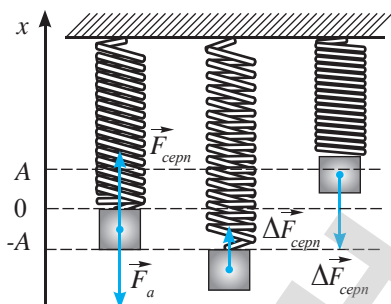
Осы параграфты игергенде:

- өртүрлі тербелмелі жүйелерде тербелістердің пайда болу себептерін түсіндіре аласыңдар, маятниктің тербеліс периодының өртүрлі параметрлерге тәуелділігін зерттей аласыңдар.



Жауабы қандай?

Неге суық бөлмедегі сағат нақты уақыттан озады, ал жылы бөлмеде керісінше нақты уақыттан қалады?



152-сурет. Серіппелі маятник серпімділік күші мен ауырлық күшінің әсерінен тербеліс жасайды



Естеріңе 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. $F_a = F_{серп}$ орындалған мезетте созылу тоқтайды (152-сурет). Серіппелі маятник үшін бұл тепе-теңдік күйі болып табылады.

Серіппені созып, маятникті тепе-теңдік күйден шығарамыз. Ол серіппенің x қосымша деформациясы нәтижесінде пайда болған

$$(\Delta F_{серп})_x = -kx \quad (1)$$

серпімділік күшінің әсерінен тербелмелі қозғалыс жасай бастайды.

Серпімділік күші дененің ығысуына пропорционал және оған қарама-қарсы бағытталған.

Тепе-теңдік күйінде дене тоқтамайды, ол инерция бойынша қозғалысын жалғастырады, серіппе сығылады. Серпімділік күші бағытын ығысуға қарама-қарсы жаққа қарай өзгертеді, оның мәні серіппенің сығылуы артқан сайын арта түседі. Дене баяу қозғалып, тоқтайды және серпімділік күші әсерінен қозғалыс бағытын өзгертеді. Маятник қайталанатын немесе тербелмелі қозғалыстар жасайды.

Математикалық маятник екі күштің – ауырлық күші мен жіптің керілу күшінің теңәсерінен тербеліс жасай бастайды (153-сурет):

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

ΔABC-нан теңәсерлі 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:

$$\sin \alpha \approx \alpha \cdot$$

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:

$$\alpha = \frac{x}{l}. \quad (3)$$

Алынған (3) өрнекті (2) өрнекке қоямыз. Ығысудың Ox осіне проекциясы теріс екенін ескерсек:

$$F_R = -\frac{mg}{l} x. \quad (4)$$

Математикалық маятник ығысуға пропорционал және таңбасы бойынша оған қарама-қарсы теңәсерлі 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 жіпке ілінген дененің центріне түсірілетіндіктен, барлық масса дененің ішіне шоғырлануы керек.*

II Серіппелі маятниктің тербеліс периоды және меншікті жиілігі

Серіппелі маятник үшін Ньютонның екінші заңын жазайық:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{серп}.$$

θ осіне проекциясы:

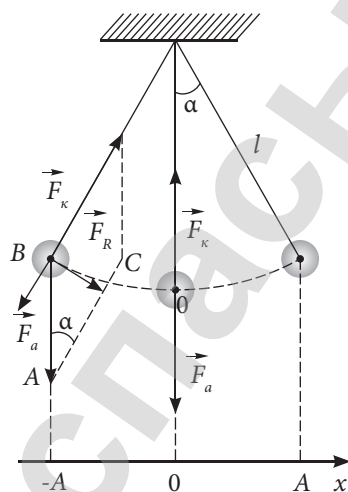
$$ma = F_{серп}.$$

Үдеуді циклдік жиілік арқылы өрнектеп $a = \omega^2 x$, $F_{серп} = kx$ екенін ескеріп, мына өрнекті аламыз:

$$m\omega^2 x = kx.$$

Серіппелі маятник үшін меншікті циклдік жиілікті есептеу формуласы:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (5)$$



153-сурет. Математикалық маятниктің екі күштің – ауырлық және жіптің керілу күштерінің теңәсерінен жасалатын тербелісі



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 периодпен 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 тура 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:

$$m\omega^2x = \frac{mg}{l}x.$$

Циклдік жиілікті өрнектейік:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (7)$$

Математикалық маятник тербелісінің периоды мынаған тең:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (8)$$

6 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 өрнектеңдер. Оны v_0 әрпімен белгілеңдер. Серіппелі және математикалық маятниктің тербеліс жиілігі мен периодын өзгерту үшін не істеу қажет?

6 3-эксперимент

Тәжірибе арқылы қатаңдықтары 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 тәжірибелеріңнің 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 өрнектерден.

**4-тапсырма**

Салмақсыздық жағдайында серіппелі және математикалық маятниктердің тербелістері қалай өтетінін болжандар. Өз тұжырымдарыңды әртүрлі ақпарат көздерін пайдаланып тексеріңдер.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

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:

$$l = \frac{4 \text{ с}^2 \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4 \cdot 3,14^2} \approx 1 \text{ м.}$$

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?

★ Жаттығу

26

1. Қатаңдығы 160 Н/м серіппеге ілінген массасы 400 г жүктің тербеліс жиілігін анықтаңдар.
2. Егер серіппеге ілінген массасы 30 г жүк 1 минут ішінде 300 тербеліс жасайтын болса, серіппенің қатаңдығын анықтаңдар.
3. Егер бірдей уақыт аралығында бір математикалық маятник 10 , ал екінші маятник 30 тербеліс жасаса, олардың ұзындықтарының арақатынасы қандай?

🏠 Жаттығу

26

1. Қатаңдығы 250 Н/м серіппеде 16 с ішінде 20 тербеліс жасайтын жүк массасын анықтаңдар.
2. Бірдей уақыт аралығында бірінші математикалық маятник 50 тербеліс, ал екінші маятник 30 тербеліс жасады. Олардың бірі екіншісінен 32 см қысқа, маятниктердің ұзындықтарын анықтаңдар.

Эксперименттік тапсырма

1. Магниттік қасиеті бар темір кесегін жіпке байлаңдар. Алынған магниттің тербеліс периодын анықтаңдар.
2. 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

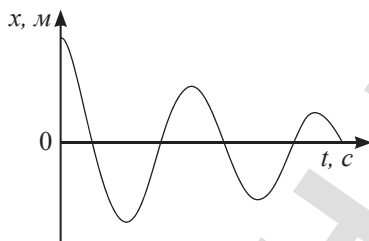
Осы параграфты игергенде:

- еркін және еріксіз тербелістерге мысалдар келтіруді;
- график бойынша еріксіз тербелістер амплитудасының мәжбүрлеуші күштің жиілігіне тәуелділігін сипаттауды;
- резонанс құбылысын сипаттауды үйренесіңдер.

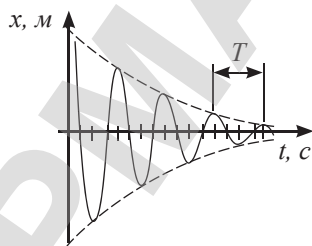


Жауабы қандай?

1. Қандай жүйелерді тербелмелі деп атайды?
2. Қандай тербелістер еркін деп аталады? Қандай тербелістер еріксіз деп аталады?



154-сурет. Еркін өшетін тербелістер үшін ығысудың уақытқа тәуелділік графигі



156-сурет. Тербелістер графигі және ығысудың амплитудалық мәндерінің жсанамасы

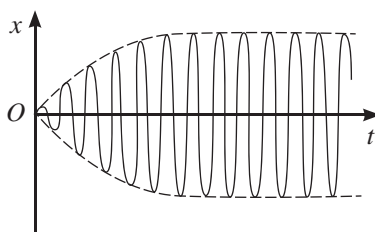
I Өшетін тербелістер

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.

Өшетін тербелістер периодты емес, себебі оларда физикалық шамалар мәні қайталанбайды. Физикалық шамалар бірдей мәнге ие болатын уақыт бөлігі *тербелістердің шартты периоды* деп аталады.

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 ығысудың уақытқа тәуелділік графигі



Назар аударыңдар!

Ығысудың амплитудалық мәндерін қосатын сызықты амплитудалық мәндердің жсанамасы деп атайды (156-сурет).



1-тапсырма

10-кестені тербеліс түрлерінің мысалымен толықтырыңдар.

10-кесте. Тербеліс түрлері

Тербеліс түрі	Өшетін	Өшпейтін
Еркін		
Еріксіз		

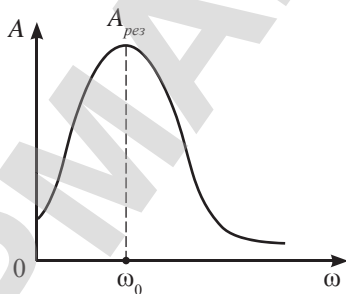
II Резонанс

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 жиілігінің тең болуы резонанс шарты болып табылады: $\nu_{\text{сырт}} = \nu_0$.

Резонанс – сыртқы күштің жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі сәйкес келгенде еріксіз тербелістердің амплитудасының артуы.

157, 158-суреттерде тербелмелі қозғалыс ығысуының амплитудалық мәндерінің жанама-сы болып табылатын резонанстық қисық бейнеленген.



157-сурет. Резонанстық қисық



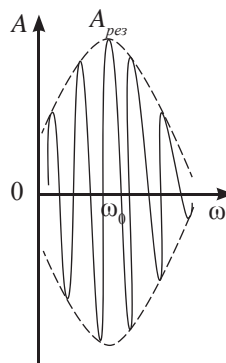
Эксперимент

Математикалық және серіппелі маятниктерді тербелмелі қозғалысқа келтіріңдер. Тербеліс амплитудаларының өзгерісін бақылаңдар. Амплитуданың азаю себебін түсіндіріңдер. Математикалық маятниктің (серіппелі маятниктің) тербеліс периодын және ығысудың амплитудалық мәндерін бес период шегінде анықтаңдар. Ығысудың уақытқа тәуелділік графигін бейнелендер. Маятникті суға салып, тәжірибені қайталаңдар. Тәжірибе нәтижелерін салыстырыңдар. Алынған нәтижелерді түсіндіріңдер. Ығысудың амплитудалық мәндерінің жанама-сын жүргізіңдер.



Жауабы қандай?

Тербеліс амплитудасы тұрақты болып қалуы үшін не істеу қажет? Қандай шарттарда амплитуда бастапқы мәнінен артық немесе кем болуы мүмкін? Тәжірибе жүзінде өз тұжырымдарыңа көз жеткізіңдер: маятникке периодты түрде әрекет етіңдер.



158-сурет. Резонанстық қисық – ығысудың амплитудалық мәндерінің жанама-сы

Тербелмелі жүйедегі еріксіз тербелістер мәжбүрлеуші күштің жиілігімен пайда 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 жақындайды. Мәжбүрлеуші күштің бағытының жылдам өзгеруі кезінде тербелмелі жүйе тепе-теңдік күйінен ығысып үлгермейді (159-сурет).

III Резонанс құбылысының пайдасы мен зияны

Бізді қоршаған денелердің барлығы тербелмелі қозғалыс жасайды. Адам жүрегі де тербелмелі жүйе болып табылады. Резонанс – көптеген практикалық мәселелердің шешімін табудың тиімді жолы. Сонымен қатар ол апаттық 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 шамаға ие болып, тау жыныстарын бұза алады. Резонанс бетон қабырғаларды перфораторлы дрель көмегімен бұрғылауда да осындай рөл атқарады. Осы себепті жол бойындағы шұңқырға түскен көлікті ақырын тербеп, тербеліс амплитудасын күшейтіп, алға өздігінен қозғалған кезде ғана итереді. Құрғақ сүттің суда еру технологиясы да резонанс құбылысына негізделген.

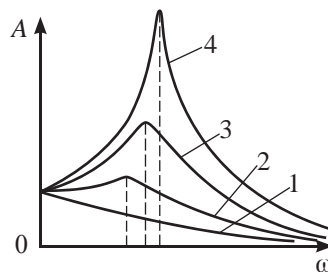
Бұл қызық!

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 ортаның кедергісіне тәуелді



Жауабы қандай?

1. 159-суреттегі сыртқы ортаның кедергісі ең аз графикті табыңдар.
2. Неліктен жиіліктің жоғарылауы кезінде барлық резонанстық қисықтар нөлдік мәнге жақындайды?



160-сурет. Америкадағы Такома көпірінің бұзылуы, 1940 жыл



161-сурет. 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. Теңіз түбіндегі жер сілкінісі алып резонанстық толқындар – қирату 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 құрылыстардың темір-бетон 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 қадамдарының 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-сурет). 2010 жылы Ресейдегі Волгоград қаласында көпір бұзыла жаздады. Бетон толқындардың тербеліс амплитудасы 1 м-ге жетті (161-сурет).



1-тапсырма

Көпірлердің бұзылуының алдын алу жолдарын ұсыныңдар.

жылдамдықпен соғатын жел арынына шыдауы керек. Ғимараттардың шайқалуының алдын алу үшін Жапонияда құрылыс компанияларының бірі ғимарат төбесіне суы бар резервуар орнатады. Сұйықтың ауыр массасы әрі инерциялығы жер сілкінісі әсеріне кешірек ілеседі. Ғимарат тербелісі бейтараптанады да өшеді.



2-тапсырма

Биік үйлерді салуда Қазақстан қалаларының тұрғындары үшін қандай қауіпсіздік шаралары қарастырылғанын анықтаңдар (162-сурет).



162-сурет. Нұр-Сұлтан қаласындағы Зубаржат кварталы, биіктігі 210 м



Бұл қызық!

Резонанс құбылысын тек құрлықта ғана емес, суда, тіпті ауада да кездестіруге болады. Мысалы, ескіш біліктің кейбір айналу жиіліктерінде тұтас кемелер резонансқа кіретін болған. Ал авиация дамуы барысында авиациялық қозғалтқыштардың ұшақ бөліктерінде күшті резонанстық тербелістер тудырғаны соншалық, ұшақ ауада шашылып кететін болған.

Бақылау сұрақтары

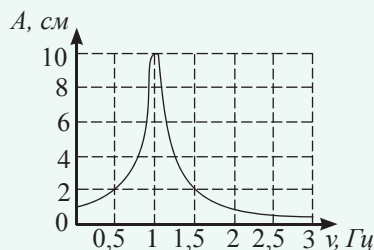
1. Не себепті еркін тербелістер өшетін тербелістер болып табылады?
2. Резонанс дегеніміз не?
3. Қандай шарттарда резонанс пайда болады?
4. Неліктен адам жүрегінің тербелісімен салыстыруға болатын жиілігі төмен тербелістер адам ағзасы үшін зиянды болып табылады?



Жаттығу

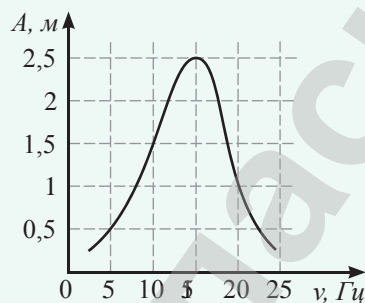
27

1. 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?
2. 163-суреттегі график бойынша жүйе тербелістерінің меншікті жиілігін, тербеліс периодын және ығысудың амплитудалық мәнін анықтаңдар.



163-сурет. 27-жаттығудағы 2-есепке

1. Массасы 1 кг жүгі бар маятник серіппесінің ұшына тербеліс жиілігі 16 Гц айнымалы күш түсірілген. Серіппенің қатаңдығы 0,4 кН/м болса, резонанс байқала ма?
2. 164-суреттегі график бойынша жүйенің меншікті жиілігін, тербелістер периодын және ығысудың амплитудалық мәнін анықтаңдар.



164-сурет. 27-жаттығудағы (үй тапсырмасы) 2-есепке

Шығармашылық тапсырма

Берілген тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Резонанстың зиянды көріністері.
2. Адамға қызмет ететін резонанс.
3. Жиілікті өлшейтін аспаптың құрылысы мен әрекет ету принципі.
4. Биорезонансты терапия.

§ 28. Еркін электромагниттік тербелістер

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- тербелмелі контурдағы еркін электромагниттік тербелістерді сапалық түрде сипаттауды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Не себепті пәтерлердің электр желісіндегі ток айнымалы ток деп аталады?
2. Электр аспаптарын қосатын розеткаларда неге тұрақты ток көзіндегідей «оң» және «теріс» таңбалары көрсетілмеген?



Естеріңе түсіріңдер!

Қандай қозғалыстар тербелмелі қозғалыстар деп аталады?



Есте сақтаңдар!

Қазақстан аумағында электр желісінде жиілігі 50 Гц электромагниттік тербелістер қолданылады.



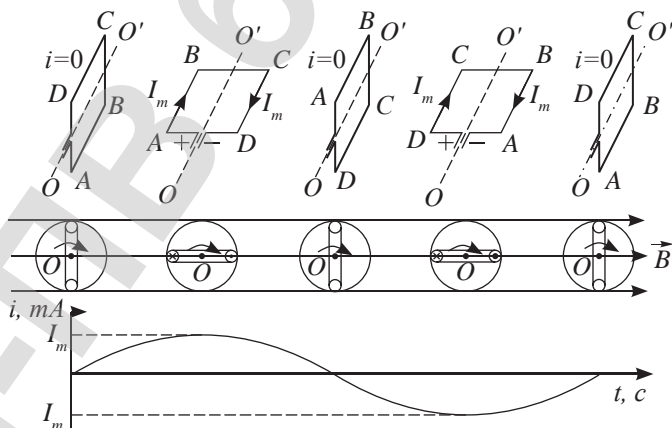
1-тапсырма

Электр желісіндегі өндірістік токтың 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 істеу 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 қозғаушы 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 аударыңдар!

Индуктивтілік шарғысы – энергияны магнит өрісінің энергиясы түрінде сақтайтын шиыршық тәрізді оралған активті кедергісі бар өткізгіш.

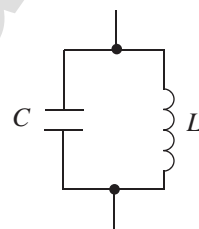
Индуктивтілік шарғысы тұрақты токты жақсы өткізеді, сонымен қатар айнымалы токқа кедергі келтіреді. Шарғыдағы ток өзгергенде оның айналанысында айнымалы магнит өрісі пайда болады. Тәжірибелер көрсеткендей, бұл өріс ток көзінің өрісіне кедергі келтіретін электр өрісін тудырады. Тізбектегі ток күші артқанда, шарғы ток мәнін азайтатын өріс тудырады. Сондай-ақ керісінше, тізбектегі ток күші азайғанда, шарғы ток мәнін арттыратын өріс тудырады. Шарғының бұл қасиетін *инерциялық* деп атау қабылданған.

? Жауабы қандай?

Неліктен желідегі ток күшінің және кернеу мәнінің тербелістері еріксіз тербелістер болып табылады? Электромагниттік тербелістер жиілігін қалай өзгертуге болады?

2-тапсырма

§ 25-тегі (13) формула негізінде айнымалы ток желісінде ток күші мен кернеудің өзгеру формулаларын 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 сақтаңдар!

Шарғының инерциялылығын сипаттайтын физикалық шаманы *индуктивтілік* деп атайды. Шарғының индуктивтілігі L әрпімен белгіленеді, генримен өлшенеді: $[L] - 1 \text{ Гн}$.

III Электромагниттік тербелістерді бақылау

Тізбекте болып жатқан процестерді бақылау үшін осциллограф аспабы пайдаланылады, оның негізгі бөлігі – электронды-сәулелік түтікше. Осциллографқа 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, ә) сурет).

Осциллограммдан 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

$$E_{э.о.} = \frac{q_m^2}{2C} \quad (1)$$

электр өрісі пайда болады.

Конденсатор электр өрісінің әсерінен разрядтала 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, ә) сурет):

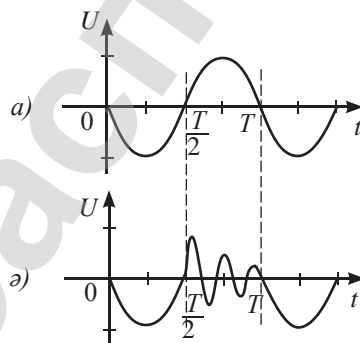
$$E_{м.о.} = \frac{LI_m^2}{2} \quad (2)$$

Электр өрісі болмаған жағдайда электр тогы бірден жоғалмайды, оған шарғының инерциялылығы кедергі болады. Шарғының осы

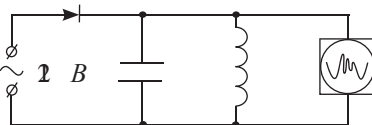


Естеріңе түсіріңдер!

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; б) тербелмелі контур конденсаторының астарларындағы кернеудің өзгерісі



168-сурет. Еркін электромагниттік тербелістерді бақылауға арналған тізбектің сұлбасы



Эксперимент

168-суретте сұлбасы көрсетілген тізбекті жинаңдар. Осциллограф экранында кілттің жабық және ашық кезінде алынған графиктерді салыстырыңдар. T/2-ден T-ға дейінгі аралықта графиктің өзгеру себебін түсіндіріңдер.

қасиетінің арқасында зарядтар қозғалысын жалғастырады, 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 конденсатор 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 алынатын 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 периоды есептеу формуласын жазайық.

Ол үшін серіппелі маятниктің тербеліс периоды есептеу формуласын пайдаланамыз:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

m және k -ның орнына L және $\frac{1}{C}$ қойып, мына өрнекті аламыз:

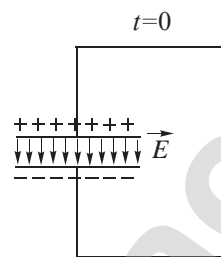
$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (3)$$

Бұл формуланы 1853 жылы Ұлыбритания физигі У.Томсон теориялық түрде қорытып шығарған. Сол себепті ол *Томсон формуласы* деп аталады.

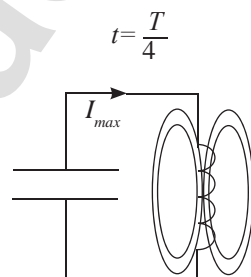
Периодты секундпен есептеу үшін индуктивтілік пен сыйымдылықты ХБЖ бірліктерімен өрнектеу керек.

Контур тербелісінің меншікті жиілігі мына формуламен анықталады:

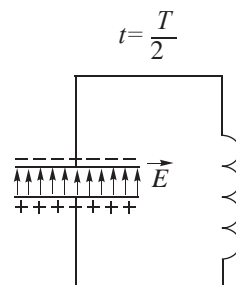
$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (4)$$



169-сурет. а) конденсатордың электр өрісінің энергиясы максимал, барлық артық зарядтар конденсатор астауларына шоғырланған



169-сурет. ә) шарғының магнит өрісінің энергиясы максимал, зарядтар бір астардан екінші астарға ағып өтеді, конденсатор астарларында артық зарядтар жоқ



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 жиілікті тербелістер 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 $E_{э.ө} = \frac{q_m^2}{2C}$
Қатаңдық коэффициенті k	Сыйымдылыққа кері шама $\frac{1}{C}$
Тербеліс амплитудасы A	Максимал заряд q_m
Ығысу x	Заряд q
Кинетикалық энергия $E_k = \frac{mv_m^2}{2}$	Магнит өрісінің энергиясы $E_{м.ө} = \frac{LI_m^2}{2}$
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 төменгі жиіліктер қолданылады. Ал радиотехникада 3 кГц-тен 3000 ГГц-ке дейінгі жоғарғы жиіліктер қолданылады.



4-тапсырма

12-кестенің бос ұяшықтарына тиісті формулаларды енгізіңдер.

12-кесте.

Жүйе күйі	Жүйе энергиясы	
	Серіппелі маятник	Тербелмелі контур
Тепе-теңдік күйінен максимал ауытқу жағдайы		
Тепе-теңдік күйі		

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 анықтайды?

★ 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 дайындаңдар:

1. Микрофонның құрылысы және жұмыс істеу принципі.
2. Динамиктің құрылысы және жұмыс істеу принципі.

§ 29. Толқындық қозғалыс

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- есептер шығаруда толқын жылдамдығы, жиілігі және ұзындығы формулаларын қолданды,
- көлденең және бойлық толқындарды салыстыруды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен пластикалық терезелерге арналған шыны пакеттер дыбыс оқшаулағыштық қабілетке ие?
2. Неліктен толқын үстіне қонған шағала толқынмен бірге көтеріліп төмен түседі, бірақ алға, жағаға қарай қозғалмайды?
3. Не себепті су бетіндегі толқындарды көлденең толқындарға жатқызуға болмайды?



170-сурет. Бойлық толқындардың пайда болуы

I Тербелістердің серпімді ортада таралуы.

Толқындық қозғалыс

Механикалық тербеліс жасайтын дене өзі тұрған ортаның бөлшектерін де қозғалысқа келтіреді. Дене тербелісі ортаның деформациясы және оның бөлшектерінің тербелмелі қозғалысының салдарынан туындайтын серпімділік күштері арқылы тасымалданады. Тербелмелі процесс тербелістегі денеден алыс жатқан кеңістік нүктелеріне жетіп, толқын пайда болады.

Механикалық толқын – тербелмелі қозғалыстың серпімді ортада таралу құбылысы.

Қармақ қалтқысы айналасында су бетінде пайда болатын толқындарды көруге болады.

II Бойлық және көлденең толқындар

Ортаның деформациялану түріне қарай әртүрлі толқындар түзіледі. Бойлық толқындар тербелістегі дене сығылу және созылу деформациясын тудырғанда пайда болады. Бұл жағдайда толқын дене 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 туындайтын толқынды 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.

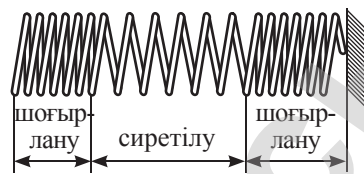
Көлденең толқын – орта бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағытына перпендикуляр жүретін толқын.

Ығысу деформациясы тек қатты ортада ғана орындалады. Көлденең толқындарға мысал ретінде жіп ұшының амплитудасы A тербелісінің оның бүкіл бойына таралуын қарастыруға болады (172-сурет).

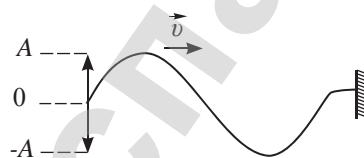
Су бетіндегі толқындар серпімділік күші әсерінен емес, екі ортаның шекарасында, ауырлық және беттік керілу күштерінің әсерінен пайда болады. Беткі қабаттағы бөлшектер күрделі айналмалы қозғалыста болады.

III Механикалық толқындардың қасиеттері

1. *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 тоқтаса, толқын да жоғалады.
2. *Толқын зат бөлшектерін тасымалдамайды.* Ортаның бөлшектері тепе-теңдік 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 бақылауға арналған толқындық мәшине

Жауабы қандай?

1. Неліктен толқындар тек серпімді ортада пайда болады?
2. Газдар мен сұйықтарда тек бойлық толқындар пайда болуының себебі неде?
3. Неліктен денелер толқындар арқылы тасымалданбайды?

3. *Толқындар шағылады, бұл құбылысты серіппеде немесе жіпте бақылауға болады (171, 172-суреттер). Жарлы жағажай, кеме борты толқындардың таралу бағытын өзгертеді.*
4. *Толқындар бөгетті орап өту қасиетіне ие, бұл жағдай бөгеттердің өлшемдері толқын ұзындығымен салыстыруға келетін болса ғана 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 қарағанда 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-теңдік күйден ығысуын анықтай аламыз.

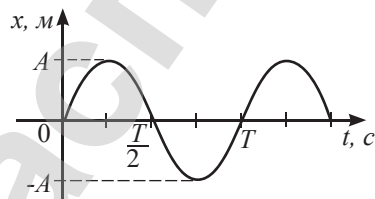
Толқындық процесс графигінен толқын көзінен r қашықтықта орналасқан орта бөлшегінің ығысуын анықтай аламыз.

Орта бөлшектерінің қозғалыс бағыты бойынша толқынның таралу бағытын анықтауға болады (176-сурет).

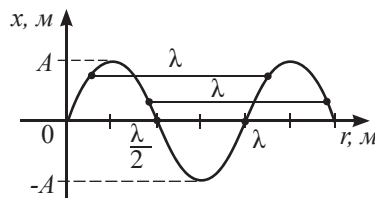


1-тапсырма

Су бетіндегі толқындарды бақылап, олардың зат бөлшектерін тасымалдамайтынына, шағылатынына және кедергіні орап өтетініне көз жеткізіндер.



174-сурет. Толқын көзінің тербелмелі қозғалысының графигі



175-сурет. Толқын графигі

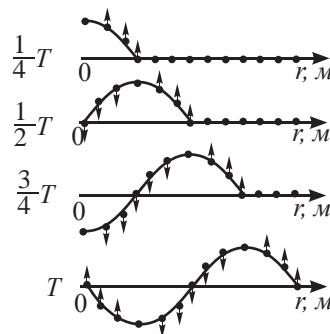
V Толқынның негізгі сипаттамалары: толқын ұзындығы мен жылдамдығы

1. *Толқын ұзындығы.* Тербелмелі процеске қатысатын барлық бөлшектер бір период ішінде толқын көзінен толқын ұзындығынан аспайтын қашықтықта орналасатын болады. Бір-бірінен толқын ұзындығына тең арақашықтықта орналасқан нүктелер бірдей тербелістер жасайды (176-сурет).



2-тапсырма

176-суреттегі толқынның таралу бағытын көрсетіндер. 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.

$$\lambda = v \cdot T, \quad (1)$$

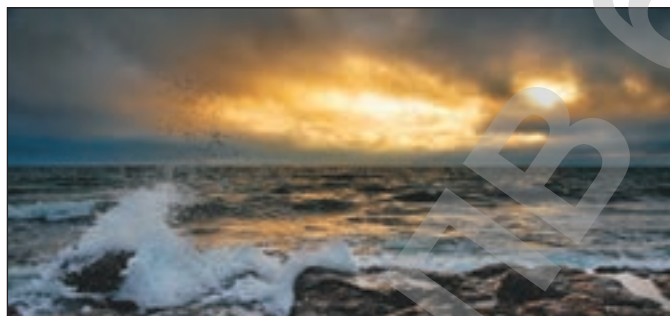
мұндағы λ – толқын ұзындығы;

v – қозғалыс 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) формулалардан толқын жылдамдығын, периоды, жиілігін, арақашықтықтың таралу уақытын есептеу формулаларын жазындар және олардың ХБЖ-дағы өлшем бірліктерін көрсетіндер.

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 солтүстік-батысқа 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. Ығысу 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?

★ Жаттығу

29

1. Жиілігі 0,165 кГц тербеліс көзінен 330 м/с жылдамдықпен таралатын 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 тарала 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?

🏠 Жаттығу

29

1. Серпімді жіптің бойымен көлденең 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 бақылаңдар 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. Жарылыс толқынының негізгі сипаттамалары.

§ 30. Дыбыс, дыбыстың сипаттамалары, акустикалық резонанс, жаңғырық

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- дыбыстың пайда болу және таралу шарттарын атай 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 қозғалатын 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 сығылу, сиретілу деформациясынан туындайды. Дыбыс толқындары вакуумда таралмайды, оған тәжірибе арқылы көз жеткізуге болады. Ауа сорғысы қақпағының астына электр қоңырауды 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

Толқынның 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 температураның әртүрлі мәндеріндегі және әртүрлі орталар үшін температураның бірдей мәніндегі дыбыс жылдамдықтары берілген.



Жауабы қандай?

1. Неліктен адам жүріп келе жатқан кезде қолдың периодты сермелу дыбыстарын естімейді?
2. Не себепті Айда құлаған 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 жеткізіндер.

13-кесте. Әртүрлі орталардағы дыбыс жылдамдығы

Зат	Температура, °С	Дыбыс жылдамдығы, м/с
Ауа	0	331,5
	10	337,3
	20	343,1
Су	0	1407
	10	145
	20	484
Мыс	5	3500
Болат	5	5000
Шыны	5	5200



178-сурет. Вакуумда дыбыс таралмайды



1-тапсырма

13-кесте мәліметтерімен танысыңдар. Не себепті температура 10 °С-ге дейін артқанда дыбыс жылдамдығы кемиді де, содан соң қайта арта бастайды?

14-кесте. Әртүрлі 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
Шаңсорғыш шуы	
0,1	50
Әдеттегі сөйлесу	
1	60
Радио дыбысы	
10	70
Көшедегі қарбалас қозғалыс	
100	80
Эстакададағы (көпірлік құрылыс) пойыз дыбысы	
1000	90
Метро вагонндағы шу	
10000	100
Найзағай дыбысы	
100000	110
Ауыруды сезіну шегі	
1000000	120

III Дыбыстың қаттылығы

Дыбыс өзімен бірге энергия тасымалдайтын толқын. Біз дыбыс көзінен қаншалықты 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 толқынының қандай энергия мөлшері өтетінін көрсетеді. Дыбыстың қаттылық деңгейі интенсивтілікке тәуелді. Толқын көзі болып табылатын тербелістегі дененің энергиясы оның тербеліс амплитудасына тәуелді. Тербеліс амплитудасы неғұрлым көп болса, дыбыс соғұрлым қатты естіледі.

Адам құлағы амплитудасы 10⁻⁹ см-ге жуық ауа тербелістеріне сезімтал. Ал амплитудасы 10⁻² см тербеліс құлақ жарғағына зиян келтіреді. Естудің төменгі шегі 0,000001 мкВт/м², оны есту шегі деп атайды. Осы деңгей дыбыстың нөлдік деңгейі болып қабылданған. Дыбыстың қаттылық деңгейі бел (Б) немесе децибелмен (дБ) 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.

Музыкалық аспаптарды қалыпқа келтіру үшін камертон қолданылады. Ол дыбыс биіктігін реттеуге қажет белгілі бір жиіліктегі дыбысты алуға мүмкіндік береді. Мысалы, бірінші октаваның «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 аспаптардың сырғалары дірілдеп, жұқа шыны бокалдар сыңғырлайды. 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 музыкалық аспаптардың ішегінің дыбысталуын күшейту үшін кеңінен қолданылады. Олардың әрқайсысында шанағы болады, *ол – ағаштан жасалған пішіні және өлшемі белгілі корпус (182, 183-суреттер)*. Корпустағы ауа ішектердің дыбысталу жиілігімен тербеліп, аспаптың дыбысын жоғарылатады.

Скрипка мен виолончельдің, контрабас пен гитараның ерекше пішіндері аспаптың корпусы ішіндегі дыбыс толқындарының резонансына ықпал етеді. Николо Амати, Андреа Гварнери және Антонио Страдивари сияқты музыкалық аспап шеберлері тембрдің әдемілігін сақтай отырып, резонанс әсерін күшейту үшін аспаптар пішінін жақсартып, оларды жасауға сирек кездесетін ағаштарды қолданып, арнайы лактар даярлаған.

Маңызды ақпарат

Тембр – музыкалық дыбыс бояуы. Әртүрлі дауыстармен немесе әртүрлі аспаптармен орындалған биіктіктері бірдей дыбыстарды тембр бойынша ажыратады.

VI Дыбыстың шағылуы. Жаңғырық. Реверберация

Қандай да бір кедергіге кездесіп шағылған өз даусымыздың дыбысын *жаңғырық* деп атаймыз.

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 бөлетін уақыт

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 ұрпақтан ұрпаққа берілуде

аралығының бұдан аз мәнінде, олар ұзақ бір дыбыс ретінде қабылданады.

Шағылудың әсерінен 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

Мектептеріңдегі спортзал қабырғасы дыбыс жұтатын материалдармен қапталған ба? Тәжірибе арқылы анықтаңдар. 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 тереңдікті анықтайтын – эхолот (гидролокатор) аспабын ойлап тапты. Қазіргі заманғы эхолот ультрадыбысты жіберуші құралдан, қабылдағыштан, мәліметтерді өңдейтін ЭЕМ-дан тұрады. 184-суретте балықты тану, судың түбін және оның құрылысын бейнелеу, бейнені ұлғайту функцияларымен жабдықталған эхолот берілген.

Бақылау сұрақтары

1. Дыбыстық толқын дегеніміз не? Механикалық толқындардың қандай диапазоны дыбыстық болып табылады?
2. Толқындар қандай орталарда үлкен жылдамдықпен таралады?

Маңызды ақпарат

Жабық ғимараттарда дыбыстың таралуы мен шағылуын акустика ғылымының архитектуралық акустика бөлімі зерттейді. Үлкен концерт залдарында жаңғырық болмас үшін қабырғаларды, орындықтарды дыбыс тұншықтырғыш материалдармен қаптайды.

Есте сақтаңдар!

Теңіз түбінің тереңдігін сигналдың жіберілу және қабылдану уақыттарының аралығымен және дыбыстың суда таралу жылдамдығымен анықтайды: $s = \frac{v_{\text{дыб}} t}{2}$.

Жауабы қандай?

1. Неліктен біздің дауысымыз көшеге қарағанда жабық ғимараттарда қатты естіледі?
2. Не себепті эхолотта ультрадыбыс қолданылады?
3. Неліктен жарғанаттар қараңғы түнде де кедергіге соғылмайды?
4. Тауларда жаңғырық не себепті бірнеше мәрте естіледі?



184-сурет. Балық аулауға 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 жиіліктегі дыбыс шығарады?
7. Акустикалық резонанс дегеніміз не? Жаңғырық дегеніміз не?

★ Жаттығу

30

1. Ауада ер адамның ең төменгі дауысы үшін дыбыс толқынының ұзындығы 4,3 м, ал әйел адамның ең жоғарғы дауысы үшін – 25 см. Осы дауыстардың тербеліс жиіліктерін табыңдар.
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 тереңдігін анықтаңдар.

🏠 Жаттығу

30

1. Рояльдің жиілік диапазоны 90 Гц және 9 кГц аралығында болса, ауадағы дыбыс толқындары ұзындықтарының диапазонын табыңдар.
2. Тапанша дыбысынан кейін, 200 м жолдың мәре сызығындағы төреші өз секундомерін қосады. Ауа температурасы 20 °С. Оның тіркеген уақыты жоғарылатылған мәнді көрсете ме, әлде төмендетілген 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 болатындай етіп құйыңдар. 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

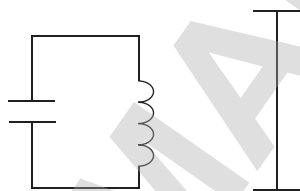
Осы параграфты игергенде:

- электромагниттік және механикалық толқындардың қасиеттерін салыстыра аласыңдар;
- электромагниттік толқындар диапазонын сипаттап, мысалдар келтіре аласыңдар;
- шыны призма арқылы өткен жарықтың дисперсиясын сипаттай аласыңдар.

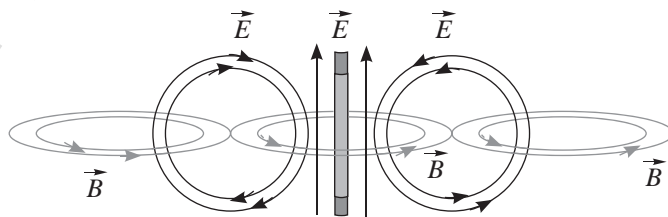


Жауабы қандай?

1. Неліктер жабық контур электромагниттік толқын тудырмайды?
2. Неліктен радиолокатордың әрекет ету радиусы гидролокатордікіне қарағанда үлкен?
3. Неліктен найзағай кезінде радиохабарлар үшін кедергі туындайды?



185-сурет. Жабық және ашық тербелмелі контурдың сұлбалары



186-сурет. Антенна айналасында электромагниттік өрістің таралуы

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 күші максимал мәнге ие, шеттерінде нөлге тең. Ашық контур айналасындағы орта күйі өзгеріске ұшырайды. Электр және магнит өрістерін сипаттайтын шамалар өзгереді. Өзгеріс кеңістікке таралып, энергия тасымалдануына әкеп соғатын электромагниттік толқындар пайда болады. Электромагниттік өріс ашық контур айналасындағы кеңістікті толық қамтиды.

Электромагниттік толқын – электромагниттік өріс тербелісінің кеңістікте таралу құбылысы.

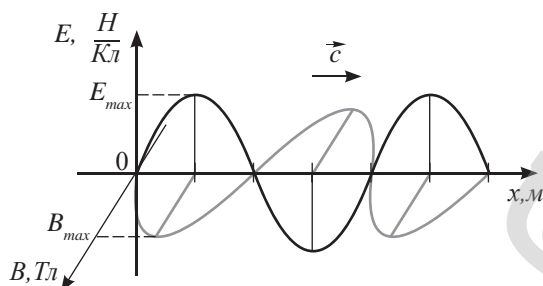
Ашық контур – электромагниттік толқындардың қайнар көзі, ол *таратқыш антенна* деп аталады (186-сурет).

II Электромагниттік толқын – көлденең толқын

Г.Герц тәжірибелері көрсеткендей электромагниттік толқындардың жоғары қарқындылықпен сәулеленуі антенна осіне перпендикуляр бағытта жүреді.

Кернеулік векторы \vec{E} антенна арқылы өтетін жазықтықта жатыр, ал магниттік индукция векторы \vec{B} осы жазықтыққа перпендикуляр орналасқан. Өрістердің күш сызықтары өзара перпендикуляр жазықтықтарда орналасқан. Электромагниттік толқын антеннаға перпендикуляр бағытта таралады.

Электромагниттік толқын көлденең толқын болып табылады, \vec{E} кернеулігінің және \vec{B} магнит индукциясының тербелістері 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:

$$c = \frac{E}{B} = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с} \quad (1)$$

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.

Өртүрлі 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 сызықтары тұйықталған.



Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879) – шотланд физигі. 25 жасында Абердин қаласындағы Маришаль колледжінде профессор атағын алады, 1871 жылы Кембридждегі алғашқы эксперименттік физика профессоры атанды. Жарық табиғатына деген көзқарасты түбегейлі өзгерткен электромагнетизм теориясын ашты. Ол жарық және басқа да сәулелену түрлерін электромагниттік толқындар деп санады.

мұндағы v – электромагниттік толқынның ортадағы жылдамдығы, c – электромагниттік толқынның вакуумдағы жылдамдығы, n – ортаның сыну 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 сынады. Күлгін түстің жылдамдығы өте аз, сондықтан күлгін сәулелер басқа түстерге қарағанда қатты сынады.

Дисперсия – заттың сыну көрсеткішінің жарық жиілігіне тәуелділігі.

Жаңбырдан кейін кемпірқосақтың шығуы дисперсиямен және жаңбырдан 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 призмаға проекциялық аппарат сәулесін бағыттар (188-сурет). Қабырғадан бір-біріне қатысты орналасқан түрлі түсті жолақтардан құралған кемпірқосақты көресіңдер. Қай түс жақсы сынады? Сендер бақылаған құбылыс *дисперсия* деп аталады. Бұл тәжірибені ең алғаш И.Ньютон жүргізді.



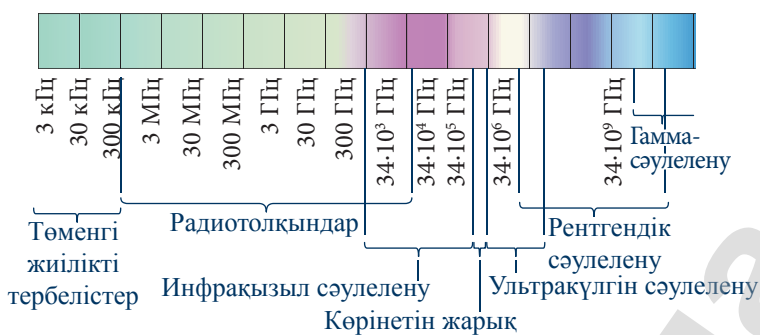
188-сурет. Призма арқылы өткенде жарықтың құраушыларға жіктелуі

Жауабы қандай?

1. Неліктен жануарлар мен адамдар қоршаған ортаны әртүрлі түстерде көреді?
2. Неліктен бірқатар елдерде түс айырмайтын адамдарға (дальтониктерге) көлік жүргізу куәлігі 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 түрлерінің ортақ қасиеттері бар: олар зарядталған бөлшектердің үдемелі қозғалысынан пайда болып, жарық жылдамдығымен таралады және вакуумда да тарала алады.

VI Радиобайланыс

Радиобайланыс резонанс құбылысына негізделген. Радиотаратқышта дыбыстық сигнал электр сигналына айналады. Таратқыш антенна тудырған электромагниттік толқындар антеннаға перпендикуляр бағытта таралады (190-сурет). Олар өз жолында өткізгішке кездесіп, ток тудырады, ол токтың жиілігі таратқыш антенна жиілігіне тең. Қабылдағыш антеннадағы токтың мәні оның *меншікті жиілігі таратқыш антеннаның тербеліс жиілігіне тең болғанда резонанс тәртібінде* максимал мәнге жетеді. Антеннадан шыққан сигнал радиоқабылдағышқа беріліп, ол жерде дыбыстық толқынға айналады.

Радиоқабылдағыштың толқын ұзындығын мына формуламен анықтауға болады:

$$\lambda = c \cdot T \quad \text{немесе} \quad \lambda = \frac{c}{\nu},$$

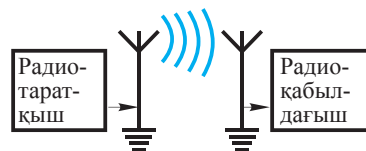
мұндағы T – таратқыш антеннаның тербеліс периоды; ν – таратқыш антеннаның тербеліс жиілігі.

Әртүрлі көздерден тарайтын электромагниттік толқындарды қабылдайтын антенналардың құрылысы күрделі болады (191-сурет). Антенна ұзындығы берілген сигналдың жиілігіне сәйкес келетін толқын ұзындығының жартысына тең.

15-кесте.

Радиотолқын жиіліктерінің халықаралық стандарты

Өте төмен жиілікті, ӨТЖ	3–30 кГц
Төмен жиілікті, ТЖ	30–300 кГц
Орташа жиілікті, ОЖ	300–3000 кГц
Жоғары жиілікті, ЖЖ	3–30 МГц
Өте жоғары жиілікті, ӨЖЖ	30–300 МГц
Ультражоғары жиілікті, УЖЖ	300–3000 МГц
Аса жоғары жиілікті, АЖЖ	3–30 ГГц
Шекті жоғары жиілікті, ШЖЖ	30–300 ГГц
Гипержоғары жиілікті, ГЖЖ	300–3000 ГГц



190-сурет. Радиобайланыстың принциптік сұлбасы



191-сурет. Кабельді телевизияның қабылдау антеннасы

Ғарыштан сигналдарды қабылдайтын антеннаны *радиотелескоп* деп атайды (192-сурет).



192-сурет. Радиотелескоп, Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясы

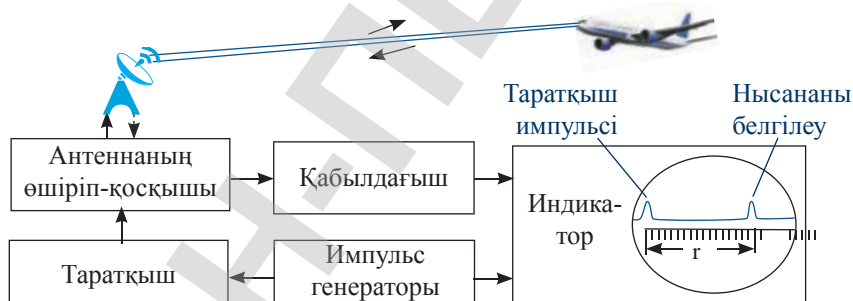
VII Радиолокация

Радиолокация радиотолқындардың дыбыс толқындары сияқты кедергіден шағылуына негізделген.

Радиолокация – радиотолқындардың көмегімен дененің орнын 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 қабылдаған сигнал интервалы арқылы нысанға 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?

★ Жаттығу

31

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 өзгертін болса, ал шарғының индуктивтілігі тұрақты және 2 мГн болса, қабылдағыш толқын ұзындығының қандай диапазонында жұмыс істей алады?

🏠 Жаттығу

31

1. Сигналдарды 250 м толқында тарататын радиостансы қандай жиілікте 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
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ $T = 2\pi\sqrt{LC}$	$\nu_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ $\nu_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
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
$\lambda = v \cdot T$ $\lambda = c \cdot T$ $\lambda = \frac{c}{\nu}$	$v = \frac{l}{t}$ $v = \frac{\lambda}{T}$ $v = \lambda \cdot \nu$ $v = \frac{c}{n}$	$s = \frac{v_{\text{дыб}} t}{2}$ $s = \frac{ct}{2}$

Глоссарий

Акустикалық резонанс – дененің меншікті жиілігі дыбыс толқынының жиілігімен сәйкес келгенде дене тербелісінің амплитудасының артуы.

Амплитуда – дененің тепе-теңдік күйінен ең үлкен ығысуы.

Еріксіз тербелістер – периодты түрде 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 кемитін 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-теңдік күй – тербелмелі жүйенің орнықты күйі.

Көлденең 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 ұзақтығының артуы.

Резонанс – сыртқы күштің жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі сәйкес келгенде еріксіз тербелістердің амплитудасының артуы.

Еркін тербелістер – тепе-теңдік күйінен шығарылған соң жүйеде ішкі күштердің әсерінен болатын тербелістер.

Ығысу – дененің тепе-теңдік 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.

Эхолокация – 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 келтіруді;
- есептер шығаруда фотоэффект үшін Эйнштейн формуласын қолдануды;
- рентген сәулелерін электромагниттік сәулелердің басқа түрлерімен салыстыруды;
- рентген сәулелерінің қолданылуына мысалдар келтіруді;
- α , β және γ -сәулеленудің табиғаты мен қасиеттерін сипаттауды;
- α -бөлшектердің шашырауы бойынша Резерфорд тәжірибесін түсіндіруді үйренесіңдер.

§ 32. Жылулық сәулелену

Күтілетін нәтиже

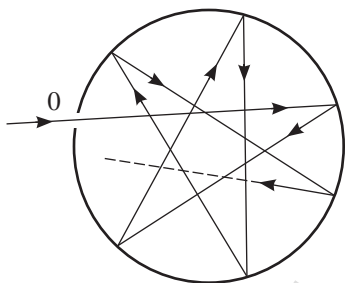
Осы параграфты игергенде:

- жылулық сәулелену энергиясының температураға тәуелділігін сипаттауды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен жазда адамдар ашық түсті киімдер киеді?
2. Неліктен пештің спиралі қызған кезде түсін өзгертеді?
3. «Металды ағарғанша» қыздыру деген нені білдіреді?



194-сурет. Абсолют қара дененің моделі



Жауабы қандай?

1. Неліктен Күнді абсолют қара дене деп санауға болады?
2. Барлық жұлдыздарды абсолют қара денеге жатқызуға бола ма?
3. Неліктен жұлдыздардың түстері әртүрлі болады?
4. Неліктен Күн сары түсті?
5. 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, дене 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 күйде 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 қызуы 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 болады (194-сурет).

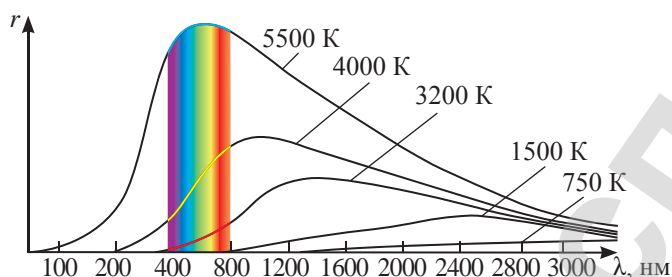
Абсолют қара дене – жылулық толқындар жиілігінің барлық диапазонында сәулеленетін және жұтатын дене.



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 дене сәулеленуінің температураға тәуелділігі

Әртүрлі температураларға дейін қыздырылған денелердің сәулеленулері де түрліше болады.

Ағарғанша қыздырылған металдың температурасы қызарғанша қыздырылған металл температурасынан жоғары болады. Шамның қыздыру қылының 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 көруге болады.

IV Стефан – Больцман заңы

Сәулелену энергиясының температураға тәуелділігін тәжірибе жүзінде 1879 жылы аустриялық ғалым Йозеф Стефан дәлелдеген. Дәл осындай тәуелділікті тағы бір аустриялық 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 м^2 қыздырылған беттің 1 с ішінде жиіліктің барлық диапазонында сәулелену энергиясы.



Тапсырма

Неліктен кішкентай ойығы бар қуыс дене абсолют қара дене моделі бола алады? Абсолют қара дене моделінің көмегімен сәулелену қуатының толқын ұзындығына тәуелділік графигін тұрғызу үшін қажетті нәтижелерді қалай алуға болады?

Пирометр – қатты қыздырылған немесе алыстатылған дененің температурасын анықтауға арналған аспаптың жұмысы Стефан – Больцман заңына негізделген. Пирометр жұтқан сәулелену энергиясы арқылы жұлдыздардың, қайнап жатқан болаттың, жоғары кернеу желілерінің қолжетімсіз бөліктерінің, от жалынының, кез келген беттің температураларын анықтауға болады. Пирометр экранында температураның сандық мәні көрсетіледі (196-сурет).

Қызыл жұлдыздардың бетінің температурасы 3500 К, ал сары жұлдыздарда – 6000 К, көгілдір жұлдыздың 25000 К екені анықталған. Күн – 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 қуаты жоғары, олар аспап экранында қызыл түспен, сәулелену қуаты нашар бөліктер күлгін түспен беріледі (197-сурет). Тепловизорлар энергиямен қамтамасыз ету кәсіпорындарында, медицинада, әскери салада, құрылыста, зерттеу зертханаларында кеңінен қолданылады.

У Жылулық сәулелену құбылысын түсіндірудегі қиындықтар

Ғалымдардың жылулық сәулеленуді радиотолқындарды сипаттайтын Максвелл теориясы бойынша түсіндіруге жасаған талпыныстары жүзеге аспады. Максвелл электродинамикасы қыздырылған дене электрондардың атом ядросы айналасындағы үдемелі қозғалысы нәтижесінде абсолют нөлге дейін салқындауы керек деген қорытындыға алып келді. Күнделікті тәжірибелер мұндай жағдай орындалмайтынын көрсетті. Денелер салқындап, қоршаған ортамен жылулық тепе-теңдікке келеді.

Ғалымдар тәжірибе барысында бақыланған жылулық сәулелену спектріндегі энергияның бөлінуін де түсіндіре алмады. 199-суреттегі



196-сурет. Пирометр арқылы температураны анықтау, $t = 30,8 \text{ }^\circ\text{C}$

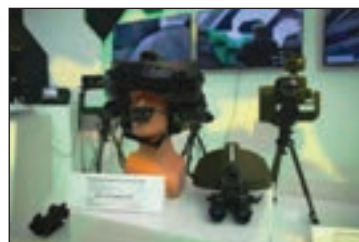


197-сурет. Тепловизорды қолдану арқылы тұрғын үйдің жылу шығынын зерттеу



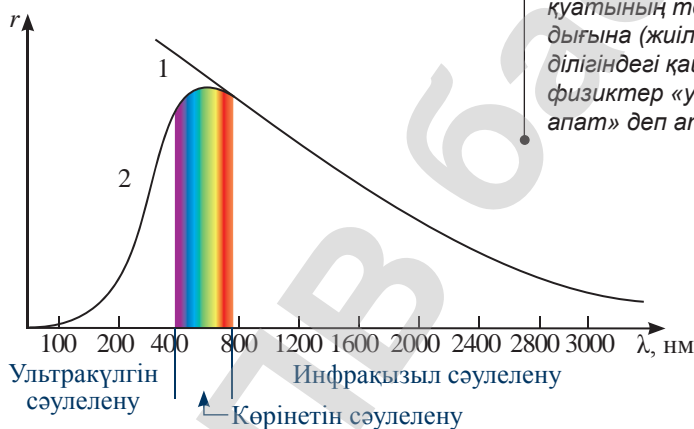
Бұл қызық!

«Kazakhstan Aselsan Engineering» Қазақстан-түрік 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 бөлінуіне сәйкес келеді. Максвелл теориясы бойынша сәулелену толқынының 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 тәжірибе нәтижелері мен Максвелл теориясы сәйкес келмеді. Осындай теория мен тәжірибенің қарама-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 тұрғызылған

2-тапсырма

Тепловизор мен пирометрдің қолданылуына мысал келтіріңдер. Неліктен олар тұрмыста кең қолданысқа ие болмады?

Жауабы қандай?

Неліктен сәулелену қуатының толқын ұзындығына (жиілігіне) тәуелділігіндегі қайшылықты физиктер «ультракүлгін апат» деп атайды?

3-тапсырма

Сәулелену қуатының жиілікке тәуелділігінің сапалық графигін салыңдар.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай сәулеленуді жылулық деп атайды?
2. Қандай денені абсолют қара дене 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?

★ Жаттығу

32

1. Абсолют кара 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. Күн бетінің бірлік ауданының сәулелену қуатын анықтаңдар. Күн бетіндегі температураны 6000 K деп алыңдар.

🏠 Жаттығу

32

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 Күн 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. Кара түсті және ашық түсті ыдыстарға бірдей мөлшерде су құйып, оларды күн сәулесі түсетін жерге қойыңдар. Бірдей уақыт аралығында қай ыдыстағы судың температурасы жоғары болатынын анықтаңдар.
2. Ыдыстарға температуралары бірдей ыстық су құйып, қай ыдыстағы судың тез салқындайтынын бақылаңдар. Қорытынды жасаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Берілген тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Пирометрдің және тепловизордың құрылысы 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. Фотозэффект құбылысы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- есептер шығаруда Планк формуласын қолдануды;
- фотозэффект құбылысын сипаттап, фотозэффект құбылысының техникада қолданылуына мысалдар келтіруді;
- есептер шығаруда фотозэффект үшін Эйнштейн формулаларын қолдануды үйренесіңдер.



Планк Макс (1858–1947) – неміс физик-теоретигі, 1900 жылы кванттық физиканың дамуының негізін қалап, абсолют қара дене спектрін түсіндіргеннен кейін танымалдыққа ие болды. 1918 жылы Планк өзінің теориясы үшін физикадан Нобель сыйлығын алды.

I Планк гипотезасы

Теория мен тәжірибе арасындағы қарама-қайшылықты шешу жолында неміс физигі М.Планк мынадай болжам жасады: *қызған дененің сәуле шығаруы жеке үлестермен – кванттармен* (лат. *quantum* – үлес) жүзеге асады.

Квант энергиясы сәулелену жиілігіне тура пропорционал:

$$E = h\nu,$$

мұндағы E – квант энергиясы; h – Планк тұрақтысы; ν – сәулелену жиілігі.

Белгілі бір жиілікке сәйкес сәулелену энергиясы бойынша h пропорционалдық коэффициенті тәжірибе жүзінде есептелген, ол мынаған тең: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$. Бір квант энергиясына ие бөлшекті *фотон* деп атайды.

Фотон – электромагниттік сәулеленудің элементар бөлшегі немесе энергия кванты.

Фотонның тыныштық массасы болмайды.

II Фотозэффект, фотозэффект құбылысының ашылуы

Белгілі бір энергия үлесіне ие фотондардың болатынын фотозэффект құбылысы дәлелдеді.

Фотозэффект – электромагниттік сәулелену әсерінен электрондардың заттан бөліну құбылысы.

Есте сақтандар!

Планк тұрақтысы
 $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$.

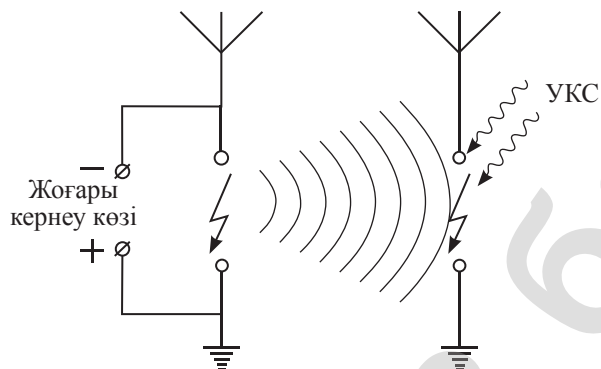
Жауабы қандай?

Неліктен фотонның тыныштық массасы болмайды?

Жауабы қандай?

1. Көше шамдары қалай қосылады және өшіріледі?
2. Штрих код бойынша тауар бағасы қалай есептеледі?
3. Жолаушыларды метро бекетіне 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 түсуі, жарқылдағы зарядталған бөлшектер санының артауының 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 ұшқыны жарықтандырады. Ғалым өзінің жүргізген



1-тапсырма

200-суретті қараңдар. Тәжірибенің негізгі 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. Ғалым негізгі қорытындыларды тәжірибенің қандай нәтижелері негізінде тұжырымдаған?



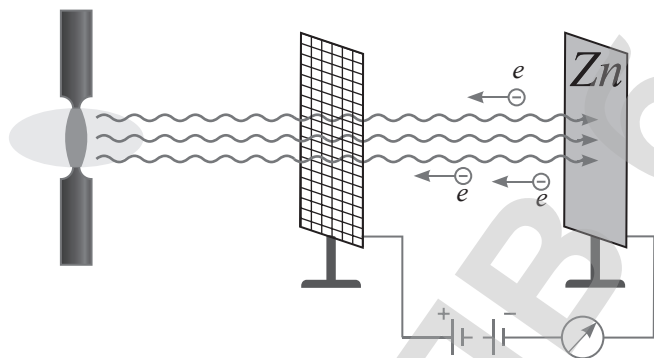
Жауабы қандай?

1. Металл пластинаның бетіне түсетін фотондардың саны артқанда фототок шамасының да артуының себебі неде?
2. Неліктен көрінетін сәулелену әсерінен 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 тура пропорционал тәуелді болады.

А.Г.Столетов шамалардың арасындағы сандық арақатынасты анықтай алмады.



201-сурет. Столетовтың фотоэффект құбылысын зерттеуге арналған қондырғысының сұлбасы



3-тапсырма

(1) – (5) формулалар негізінде фотоэффект үшін алты түрлі формула жазыңдар. Неліктен Эйнштейн формуласының өртүрлі жазылу нұсқасы бар? Ол неге байланысты?



Есте сақтаңдар!

$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

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 жұтады. Энергияның артуы есебінен электрондар ядроның тарту күшін жеңіп, 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:

$$E_{\phi} = h\nu \quad (2)$$



4-тапсырма

Фотоэффект үшін Эйнштейн формуласын қолданып, есептер шығару алгоритмін құрастырыңдар.

немесе
$$E_{\phi} = \frac{hc}{\lambda}, \quad (3),$$

мұндағы $A_{\text{шығу}}$ – 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 түскен фотондар санымен анықталады.

V Фотоэффектінің қызыл шекарасы

Фотон энергиясы электронның ядроның тарту күшін жеңіп шығуы үшін жеткілікті болған жағдайда фотоэффект байқалады:

$$h\nu \geq A_{\text{шығу}}.$$



Жауабы қандай?

Фотоэффект металдарда неліктен кең қолданысқа ие болды?

Фотоэффект байқалатын минимал жиілікті фотоэффектінің қызыл шекарасы деп атайды.

$$\nu_{\min} = \frac{A_{\text{шығу}}}{h}.$$

Толқын ұзындығы мен жиілік мына қатынаспен байланысады:

$$\nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}}.$$

Фотоэффект байқалатын максимал толқын ұзындығын фотоэффектінің 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.

Фотоэффектінің қызыл шекарасының мәні белгілі болғанда, шығу жұмысын мына формулалар арқылы анықтауға болады:

$$A_{\text{шығу}} = h\nu_{\min} \quad \text{немесе} \quad A_{\text{шығу}} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}.$$

VI Фотозффектінің қолданылуы

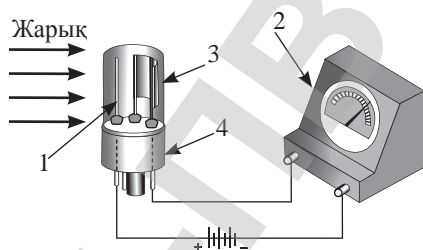
Фотозффект құбылысы фотоэлементті ойлап шығаруға байланысты өндірісті автоматтандыруда кеңінен қолданылады (202-сурет).

Фотоэлемент – түскен жарық әсерінен электр тогы пайда болатын құрылғы.

Вакуумдық фотоэлемент – ауасы сорып алынған 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 ұштары фотоэлементтің цоколіне (4) орналастырылады. Құралдың жұмыс істеу принципі А.Г.Столетовтің қондырғысына ұқсас (201-сурет). Мөлдір саңылау арқылы металл қабатына жарық түседі де (203-сурет), тізбекте гальванометрде (2) тіркелетін ток пайда болады. Фотоэлементтер арқылы көшедегі жарықтандырғыштар қосып-өшіріледі, қақпалар, шлагбаумдар автоматты түрде жабылады, апатты жағдайда қуатты прерстер тоқтайды. Фотозффект құбылысының аркасында бейнелерді қашықтыққа тасымалдау мүмкін болып, телевизия пайда болды.



202-сурет. Фотоэлемент



203-сурет. Вакуумдық фотоэлемент құрылғысы



204-сурет. Оптикалық датчик



5-тапсырма

Оптикалық датчиктердің қолданылуына мысал келтіріңдер. Қарағанды қаласындағы «KAZPROM АВТОМАТИКА» ЖШС-де жасалған оптикалық датчиктердің қайда қолданылатынын анықтандар (204-сурет).



Бұл қызық!

Астротұсбағарда — Күн мен жұлдыздар бойынша бағдар жасауға арналған автоматты аспапта фотоэлементтер қолданылады. Мұндай аспаптар полярлық авиацияда магнит тұсбағарды алмастырады және ғарыш аппараттарында қолданылады.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

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:

$$E_k = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} (275 - 175) \cdot 10^{-9} \text{ м}}{275 \cdot 175 \cdot 10^{-18}} =$$

$$= 4,13 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 2,58 \text{ эВ}.$$

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?

★ Жаттығу

33

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. Жауаптарыңды эВ-пен көрсетіңдер.
3. Калийді толқын ұзындығы 345 нм сәулелермен жарықтандырғанда оның бетінен ұшып шығатын фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясын анықтаңдар. Электрондардың калийден шығу жұмысы $2,26$ эВ.

🏠 Жаттығу

33

1. Электрондардың алтыннан шығу жұмысы $4,76$ эВ. Алтын үшін фотоэффектінің қызыл шекарасын анықтаңдар.
2. Фотон металл бетінен 2 эВ шығу жұмысымен энергиясы 2 эВ электрон бөліп шығарады. Мұндай фотонның минимал энергиясы қандай?
3. Калийде 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 $0,8$ В 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 параграфты игергенде:

- рентген сәулесін электромагниттік сәулелердің басқа түрлерімен салыстыруды;
- рентген сәулелерін қолдануға мысалдар келтіруді үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Рентген сәулелерінің тигізетін залалына қарамастан медицинада кеңінен қолданылу себебі неде?
2. Флюорографияның рентгеннен айырмашылығы неде?



205-сурет. Рентген суретіндегі қол сүйектерінің бейнесі

I Рентген сәулелерінің ашылуы

XIX ғасырдың аяғында көптеген физиктерді жылулық сәулелердің сәулелену және жұтылу мәселелері қызықтырды. Олар абсолют қара дененің сәулеленуін зерттеумен қатар, төмен қысымдардағы газ разрядына да көңіл аударды.

Сиретілген газы бар газ разрядты түтікшеде жоғары кернеуде қыздырылған катод өзінен катодтық сәулелер шығарып, соның әсерінен түтікшедегі газ жарқыл туғызады.

1895 жылы В.Рентген тәжірибе жүргізе отырып, түтікшеге 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 түтікшенің катодтық сәулелер шыны қабырғамен соқтығысатын бөлігінде пайда 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 қорытындылар жасады:

- 1) бұл сәулелер жоғары өтімділік қабілетіне ие, олар қалыңдығы 10 см алюминий пластинадан оңай өтіп кетеді;
- 2) магнит өрісі рентген сәулелерін ығыстыра алмайды;
- 3) бұл сәулелер химиялық активтілікке ие, олардың әсерінен қара қағазбен жабылып тұрған фотопенка да қараяды;
- 4) сәулелер таралу көзінен сфералық түрде таралмайды, олардың белгілі бағыты болады.

Рентген сәулелерінің қасиеттерін зерттеу барысында физиктер *рентген сәулелері жиілігі ультракүлгін сәулелердің жиілігінен жоғары электромагниттік толқындар болып табылады* деген қорытындыға келді.

III Рентген сәулелерінің табиғаты, рентгендік сәулелену жиілігі

Рентген сәулелері екі себептен туындайды. Олардың біріншісі: жылдам электрондардың кедергі арқылы тежелуі. Бұл жағдайдағы сәулелену *тежеулік 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 *синаттамалық рентгендік сәулелену (206-сурет)* деп аталады.

Энергияның сақталу заңының негізінде тежеулік рентгендік сәулелену жиілігін анықтайық.

Газ разрядты түтікше электродтарындағы үдеткіш кернеу электрондардың орын ауыстыруы 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:

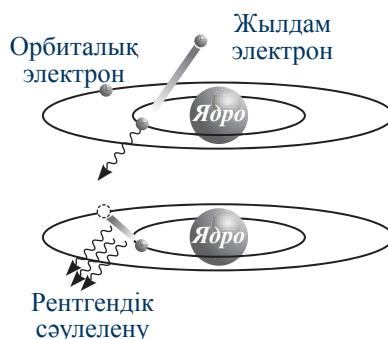
$$\frac{m_e v^2}{2} = hv.$$

Сонымен, сәулелену жиілігі түтікшедегі катод және анодтың арасындағы кернеумен анықталады:

$$v = \frac{eU}{h},$$



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 құрылысы 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. Синаттамалық рентгендік сәулелену атом құрылысына 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 неғұрлым жоғары болса, сәулелер соғұрлым «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 температураға дейін қыздырғанда электрондар энергия алып, 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 болатындай қиғаш орналастырылады. Рентгендік түтікше жұмыс жасағанда анодта үлкен жылу мөлшері бөлінеді. Анодты қызып кетуден сақтау үшін және рентгендік түтікшенің қуатын арттыру мақсатында суытқыш қондырғылар орнатылады.

Рентгендік түтікше – рентгендік сәулелену алуға арналған электровакуумдық құрылғы.

2-тапсырма

Рентген сәулелерінің адам ағзасына қандай әсері болатынын анықтаңдар. Флюорографиядан неге жылына 1 реттен артық өтуге болмайды?

Жауабы қандай?

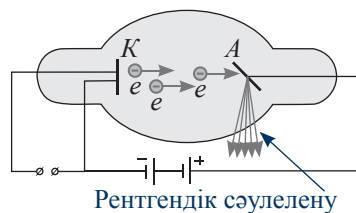
Сәулелердің «өткірлігі» неге үдемелі кернеудің жоғарылауы кезінде ұлғаяды?

Назар аударыңдар!

Диагностикалық рентгендік түтікшелер 150 кВ-қа дейінгі максимал кернеуде, ал терапевтік түтікшелер 400 кВ-қа дейінгі кернеуде жұмыс істейді.

1-тапсырма

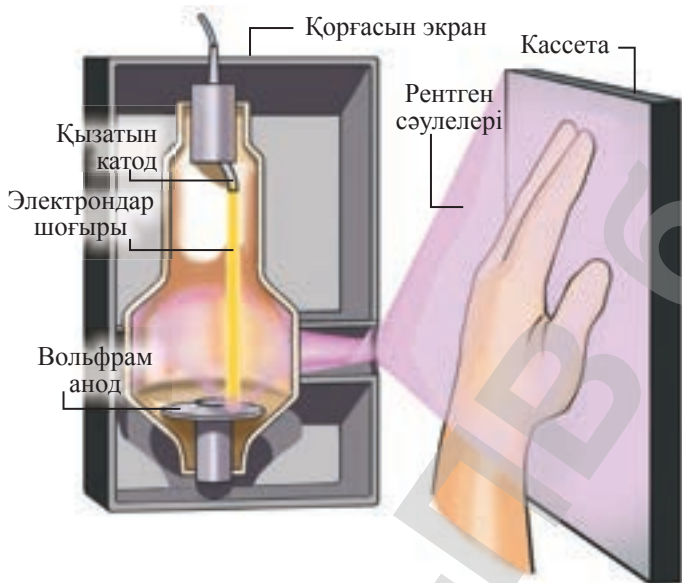
Рентген сәулелерінің жиілік диапазоны бойынша толқын ұзындығы диапазонын анықтаңдар. Оларды адам жасушаларының өлшемдерімен салыстырыңдар. Неліктен жыл сайынғы флюорографиялық тексеру кезінде толқын ұзындығы үлкен әлсіздеу рентген сәулелері қолданылады?



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 құрылысы ерекшеліктерін, жаралар мен ісіктерді де анықтай алады. Қазіргі таңда медицинада сандық техниканың маңызы зор, бейнелер экранда пайда болып, жартылай өткізгіш қабылдағыштар көмегімен бірден сақталып отырады (208-сурет).



208-сурет. Рентгендік бейне алу сандық технологиясы

Сандық рентгендік суреттерді өңдеу және түзету оңай, мысалы: көріністі жақсарту үшін қажетті түстердің үйлесімін дұрыс тандауға болады. Сандық әдіспен сапасы жоғары сурет алу үшін қарапайым пленкалық әдіспен салыстырғанда қарқындылығы екі есе төмен рентген сәулелері пайдаланылады.

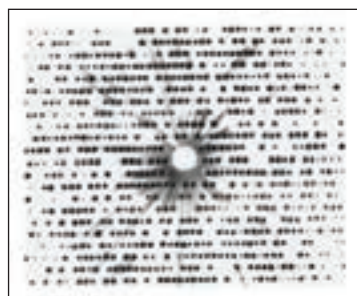
Рентген сәулелері техникада да қолданыс тапты, олардың көмегімен кристалдардың құрылысын тереңірек зерттеуді қамтамасыз етуге болады. Рентген суреттері арқылы ғалымдар кристалл денелерді аморфты денелерден ажыратып, кристалл құрылысындағы ақауларды таба алады (210-сурет). Сонымен бірге рентген сәулелері

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 шеткері құрылғылары біріктірілген.



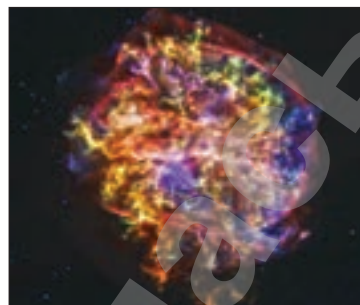
209-сурет. Портативті рентген құрылғысы



210-сурет. Кристалдың рентген суреті. Ақау табылған

әуежайдағы жүктердің ішіндегі заттарды көруге, түрлі қондырғылардағы ақауларды анықтауға мүмкіндік береді.

Жер шарынан тыс әлем кеңістігінде рентген сәулелерінің қуатты көздері табылған. Жана 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 Құсжолындағы үш қалдығының бірі болып табылады, ол – диаметрі 36 жарық жылына тең болатын алып газ қабаты. Рентген суреті оттеппен (қызғылт 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 оңтүстік полюсте мүлдем 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 құрылысы қандай?
2. Рентген сәулелері қандай қасиеттерге ие?
3. Тежеулік рентгендік сәулеленудің жиілігі қалай анықталады?
4. Рентген сәулелер қай салаларда пайдаланылады?

★ Жаттығу

34

1. Вакуумдық түтікшенің 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 кеңістігіне 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 $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Біздің планетамызды күн радиациясынан не қорғайды?

🏠 Жаттығу

34

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 параграфты игергенде:

- α , β және γ -сәулеленудің табиғаты мен қасиеттерін түсіндіре аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Неліктен радиоактивті препараттарды қабырғасы қалың қорғасын контейнерлерде сақтайды?
2. Неге радиоактивтілік ашылған соң, алхимиктердің асыл металдарға жатпайтын металдардан алтын алуға таппынысы 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 келтіріңдер.

I Радиоактивтіліктің ашылуы

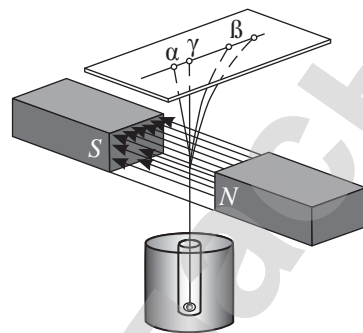
Бірқатар заттар күн сәулесі түскеннен кейін қараңғыда жарқырайды, мұндай сәулелену түрін *фотолюминесценция* деп атайды. Француз физигі Антуан Анри Беккерель уран тұздары фотолюминесценцияны тудырады деп болжап, осы сәулеленудің қасиеттерін зерттеді. Ол уран тұздарының сәулеленуі рентгендік сәулелену сияқты қара қағазға оралған фотопластинканы жарықтандыруға қабілетті екенін анықтады. 1896 жылы А.Беккерель кездейсоқтықтың арқасында жаңалық ашты. Ауа райының 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 радиоактивтілік 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 күрделі 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 жіңішке каналдың түбіне орналастырды (213-сурет). Радиоактивті сәуле перпендикуляр бағытталған магнит өрісінің әсерінен үш шоққа таралып кетеді. Оны фотопластинадағы дақтан көруге болады. Олардың екеуі қарама-қарсы жақтарға ығысады, олардың бірі жіңішке бағытталған болса, екіншісі ұлғайып, пластинадағы дақ созылады. Үшінші шоғы магнит өрісінің әсерінен бағытын өзгертпейді. Бұл сәулеленулерді α -сәулелер, β -сәулелер, γ -сәулелер деп атады.



213-сурет. Радиоактивті сәулеленуді зерттеуге арналған тәжірибелік қондырғы

III α , β және γ -сәулелерінің қасиеттері

Сәулелену қасиеттерін зерттеу жұмыстары бұл сәулелердің өтімділік қабілеттері әртүрлі екенін көрсетті: α -бөлшектер қалыңдығы 0,1 мм қағаздан өте алмайды; β -сәулелері қалыңдығы шамамен 1 мм металл пластинадан өте алмайды. Ең жоғары өтімділік қабілетіне γ -сәулелері ие, қалыңдығы шамамен 1 см қорғасыннан өткенде олардың қарқындылығы екі есе төмендейді. Ауадағы еркін жүру 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.



Естеріңізге түсіріңдер!

$$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$



2-тапсырма

213-суретке сол қол ережесін қолданып, α -сәулелер – оң зарядталған бөлшектер ағыны, β -сәулелер – теріс зарядталған бөлшектер ағыны екенін, ал γ -сәулелер зарядталмағанын дәлелдендер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен магнит өрісінің әсерінен радиоактивті сәуле үш шоққа бөлінеді?
2. Неге экранда теріс бөлшектер тудырған дақ созылмалы пішінді болады?



3-тапсырма

γ -сәулелері толқындарының ұзындық диапазонын анықтаңдар.



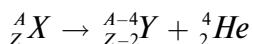
4-тапсырма

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 жоғалтып, массасы төрт атомдық бірлікке азаяды. Алынған жаңа элемент Менделеев кестесінің бас жағына қарай екі тор көзге жақын орналасады:



мұндағы A_ZX – ыдырайтын ядро;

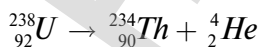
${}^{A-4}_{Z-2}Y$ – туынды ядро;

4_2He – 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 ${}^{238}_{92}U$ уран ядросы ${}^{234}_{90}Th$ торий ядросын түзеді:



β -ыдырау кезінде ядродан электрон ұшып шығып, нәтижесінде ядроның заряды $1e$ -ға жоғарылайды, массасы өзгермейді десек болады. Алынған жаңа элемент Менделеевтің



5-тапсырма

1. Менделеев кестесін қолданып, әрбір бесінші α -ыдыраудан кейін түзілетін химиялық элементтерді атаңдар.
2. Уранның екі β -ыдырауынан кейін түзілетін химиялық элементтерді атаңдар.



Есте сақтаңдар!

α -бөлшектер – гелий атомының ядросы.
 α -бөлшектердің қасиеттері: заряды оң, ол екі электрон зарядына тең $q_\alpha = 2|e|$, массасы электрон массасынан шамамен 8000 есе үлкен $m_\alpha \approx 8 m_e$, радиальды шығару кезіндегі қозғалыс жылдамдығы шамамен $v_\alpha \approx 20000$ км/с.



Назар аударыңдар!

Атомдық физикада заряд электрон заряды арқылы өрнектеледі:
 $1e = -1,67 \cdot 10^{-19}$ Кл.
Массаны м.а.б. – массаның атомдық бірлігінде анықтайды:
 $1 \text{ м.а.б.} \approx 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.



Маңызды ақпарат

Атом ядросының массалық саны ядродағы протондар мен нейтрондардың қосындысына тең. Массалық сан массаның атомдық бірлігінде өрнектелетін изотоптың атомдық массасына жақын, бірақ тек көміртек-12 үшін ғана сәйкес келеді. Басқа элементтер үшін атомдық масса бүтін сан болып табылмайды.

периодтық жүйесінің соңына қарай бір тор-көзге жылжиды:



мұндағы ${}_0^0\tilde{\nu}$ – антинейтрино, оның заряды және тыныштық массасы жоқ, энергиясы бар.

Мысалы, таллийдің β -ыдырауы кезінде қорғасын пайда болады: ${}_{81}^{204}Tl \rightarrow {}_{82}^{204}Pb + {}_{-1}^0e + {}_0^0\tilde{\nu}$.

α 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 тұжырымдаңдар.

Бақылау сұрақтары

1. α , β және γ -сәулелер қандай қасиеттерге ие?
2. α және β -ыдырау үшін Соддидің ығысу ережесін тұжырымдаңдар.
3. Ядроның радиоактивті ыдырауы кезінде қандай заңдар орындалады?
4. Ядроның қандай қасиетіне радиоактивтілік атауы берілген?



Жаттығу

35

1. 8_3Li -дің бір β -ыдырау және бір α -ыдырауынан кейін қандай элемент түзіледі?
2. ${}^{211}_{83}Bi$ химиялық элементінің ядросы басқа ядроның тізбектей α - және β -ыдырауларынан кейін пайда болған. Ол қандай ядро?



Жаттығу

35

1. ${}^{239}_{92}U$ екі β -ыдырау және бір α -ыдырауға ұшырағаннан кейін қандай элемент түзіледі?
2. ${}^{216}_{84}Po$ 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 құрылысы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- α -бөлшегінің шашырауы бойынша Резерфорд тәжірибесін сипаттай аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Ғалымдар неге атом ядросын айнала қозғалатын электрондар β -сәулеленуді тудыра алмайды деген тұжырымға келді?
2. Неліктен ядролық тығыздығы бар денелер кіші көлемде едәуір үлкен массаға ие болады?

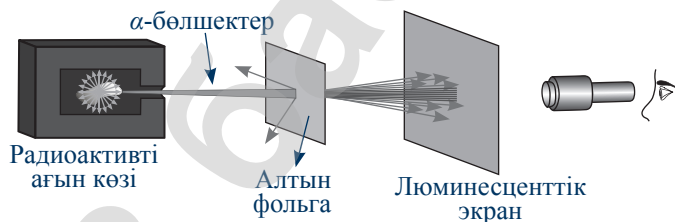


Назар аударыңдар!

Темір ядросының тығыздығы шамамен $3,2 \cdot 10^{18}$ кг/м³.
Темірдің тығыздығы 7800 кг/м³.

I Резерфорд тәжірибесі

Атом радиоактивтілігінің ашылуы атом құрылысын зерттеуді жалғастыруға мүмкіндік берді. Оң зарядқа ие α -бөлшектердің ағынын ғалымдар атомды ыдыратуға қолданды. 1911 жылы Э.Резерфорд α -бөлшектердің алтын фольгадан шашырауын зерттеді. Тәжірибенің сұлбасы 214-суретте көрсетілген. Қуысы бар қорғасын контейнерге радий салынды. α -бөлшектердің ағыны алтын фольгада шашырағаннан кейін, мырыш сульфидімен қапталған экранға түседі.



214-сурет. Резерфорд тәжірибесінің сұлбасы

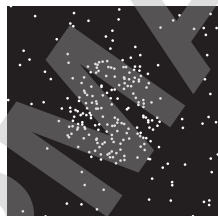
Алтын фольга болмаған жағдайда экранда α -бөлшектердің әсерінен пайда болған жарқылдардан тұратын дақ пайда болады (215, а) сурет). Ағын жолына алтын фольганы орналастырғанда, дақ ұлғайып, оның айналасында жеке жарқылдар байқалады (215, ә) сурет). α -бөлшектердің біраз мөлшері кері бағытқа қайтарылады.

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 ядросы түсінігін енгізді. Ол атомның центрінде орналасқан және оң зарядқа ие. Ядро айналасында электрондар планеталардың Күнді айнала қозғалуына ұқсас қозғалады. Ғалым ядроның α -бөлшектермен өзара әрекеттесуі бойынша оның өлшемін алды: $10^{-12} - 10^{-13}$ см.



а) алтын фольга болмаған кезде экранда пайда болған жарқыл дақ



ә) α -бөлшектер алтын фольгадан өткеннен кейін экранда пайда болған жарқыл дақтар

215-сурет

Атомның өлшемі 10^{-8} см, яғни ядродан 10–100 мың есе үлкен. Егер ядроның өлшемін диаметрі 1 м шарға дейін арттырса, онда электрондар оның айналасында диаметрі 10–100 км аралығындағы шеңбер сызады. Планетарлық модель табиғаттағы көптеген құбылыстарды түсіндіреді, мысалы: денелердің электрленуі, металдардың жақсы өткізгіштігі, бірақ ол атомның тұрақтылығын түсіндіре алмады. Электрондар энергия шығара отырып, өте аз уақыт аралығында ядроға құлауы керек еді. Резерфордтың атомдық моделі спектрінде тек белгілі бір жиіліктегі сәулелену болатын сиретілген газдардың сәулеленуін түсіндіре алмады.

III Сәулелену спектрлері

Сиретілген газбен толтырылған газ разрядты түтікшенің сәулелену спектрін бақылау үшін сәулеленуді үш қырлы призмаға бағыттау жеткілікті. Ньютонның 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?

1. Неліктен Резерфорд атомның барлық оң зарядтарын оның центріне орналастырады?
2. α -бөлшектердің шағырауы тәжірибесінде Резерфорд неге алтын фольганы пайдаланды?
3. Неліктен Резерфорд тәжірибесінде α -бөлшектердің көп бөлігі бағытын өзгертпеді?



Маңызды ақпарат

Физикада **спектр** (лат. spectrum – бейне) – қандай да бір физикалық мән-дердің жиынтығы.



Жауабы қандай?

Неліктен ақ түсті құраушыларға жіктегенде алынатын бейнені спектр деп атаймыз?



Тапсырма

Литий мен оттегі атомын Резерфорд ұсынған модельге сәйкес бейнелеңдер.



Жауабы қандай?

1. Сендер бейнелеген модельді қолдану арқылы қандай құбылыстарды оңай түсіндіруге болады?
2. Резерфорд ұсынған атомдық модель мінсіз болып шықты ма?

жолақтармен бөлінген сызықтар байқалады (217-сурет). Әртүрлі газдардың спектрі сызықтар санымен және олардың түстерімен ерекшеленеді.

Белгілі бір мәндегі жиіліктердің сәулеленуі бар спектр *сызықты спектр* деп аталады.

Үзіліссіз спектрлерді қатты немесе сұйық күйде болатын денелер және қысылған газдар береді. Сызықты 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 кванты туралы гипотезасы жатады.

Бордың бірінші постулаты:

Атомдық жүйе әрқайсысына 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 жұтқанда энергиясы аз күйден энергиясы жоғары күйге өтеді. Сәулелену кезінде керісінше, жоғары энергиясы бар күйден энергиясы аз күйге өтеді.

V Сәуле шығару және жұтылуды Бор постулаттары тұрғысынан қарастыру

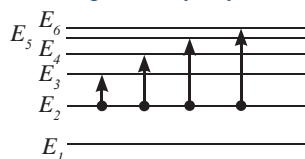
Бор постулаттары және оның стационар орбиталы атом моделі жарықтың жұтылу және сәулелену спектрлерін түсіндіреді. Сутек атомының электрондар



217-сурет. Сиретілген газдар: гелийдің, сутегінің, аргонның, криптонның, неонның сызықты спектрлері



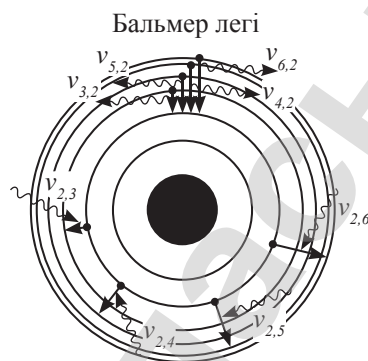
Энергия квантын шығару арқылы ауысуы



Энергия квантын жұту арқылы ауысуы

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 сүтегінің 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 дененің тұтас спектрінің ультракүлгін толқындар аймағында сәулелену қуатының кемитінін көрсетеді. *Ультракүлгін сәулелену диапазонында атомдар иондалып, электрондар еркін болады. Сәулеленумен жүретін одан төменгі деңгейлерге ауысу байқалмайды.*



219-сурет. Бор жасаған сутектің атомдық моделі

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 постулаттарының мәні неде?

Жаттығу

36

1. Сутек атомы электрондары төртінші стационар орбитадан екіншіге ауысқанда 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 жоғарылайды. 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
$R = \sigma \cdot T^4$	$E_{\phi} = h\nu$ $E_{\phi} = \frac{hc}{\lambda}$	$E_{\phi} = A_{шығы} + E_k$ $A_{шығы} = h\nu_{\min}; A_{шығы} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$ $E_k = \frac{m\nu^2}{2}; \frac{m\nu^2}{2} = eU_T$
Тежеулік рентгендік сәулеленуді есептеу формуласы	Атомдардың сәулелену жиілігі	Фотоэффектінің қызыл шекарасы
$\frac{m_e v^2}{2} = h\nu; \nu = \frac{eU}{h}$	$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}$	$\nu_{\min} = \frac{A_{шығы}}{h}; \nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}}$

Бор постулаттары:

- Атомдық жүйе әрқайсысына белгілі бір E_n энергия сәйкес келетін тек ерекше стационар немесе кванттық күйде бола алады, стационар күйде атом сәуле шығармайды.
- Жарықтың сәулеленуі атомның E_k энергиясы жоғары стационар күйден E_n энергиясы аз стационар күйге 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 алыстатылған дененің температурасын анықтауға арналған аспап. **Фотон** – электромагниттік сәулеленудің элементар бөлшегі немесе энергия кванты.

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 ядросының ашылуына байланысты жаңа «ядролық физика» бағыты пайда болды.

Ядролық физика ядроның құрылысын, ядро бөлшектерінің өзара әрекеттесу күшін, ядролық реакция нәтижесінде бір атом ядроларының басқа атом ядросына өзара түрленуін зерттейді.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- ядролық күштердің қасиеттерін сипаттауды;
- атом ядросының масса ақауын анықтауды;
- есептер шығаруда атом ядросының байланыс энергиясы формуласын қолдануды;
- зарядтық және массалық сандардың сақталу заңын ядролық реакцияның теңдеуін шешуде қолдануды;
- радиоактивті ыдыраудың ықтималдық сипатын түсіндіруді;
- есептер шығаруда радиоактивті ыдырау заңын қолдануды;
- тізбекті ядролық реакциялардың өту шарттарын сипаттауды;
- ядролық реактордың жұмыс істеу принципін сипаттауды;
- ядролық синтез бен ядролық ыдырауды салыстыруды;
- радиоактивті изотоптарды қолдануға мысалдар келтіруді;
- радиациядан қорғану әдістерін сипаттауды;
- элементар бөлшектерді жіктеуді үйренесіңдер.

§ 37. Ядролық өзара әрекеттесу, ядролық күштер. Массалар ақауы, атом ядросының байланыс энергиясы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- ядролық күштердің қасиеттерін сипаттауды, атом ядросының масса ақауын анықтауды, атом ядросының байланыс энергиясы формуласын есеп шығаруда қолдануды үйренесіңдер.



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!

Нейтрон – тұрақсыз бөлшек. Еркін күйде ол өздігінен протонға, электронға, антинейтриноға ыдырайды. Нейтрино (антинейтрино) жоғары ену 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 нейтринолар саны ғана.

I Протон мен нейтронның ашылуы

Атом ядросын зерттеудегі маңызды қадам – нейтрон мен протонның ашылуы. Олар зертханалық жағдайларда жеңіл ядроларды α -бөлшектермен атқылау нәтижесінде табылған. 1919 жылы **Э.Резерфорд** азот ядроларын атқылап, сутек және оттек ядроларын алды. Сутек ядросы «протон» деген атқа ие болды, ол грек тілінен аударғанда «бірінші» деген мағына береді. Резерфорд протон – сутек ядросын құрайтын жалғыз бөлшек деп болжады. Протонның заряды модулі бойынша электрон зарядына, массалық саны бірге тең болғандықтан, ол 1_1p деп белгіленеді.

Э.Резерфордтың шәкірті ағылшын физигі Джеймс Чедвик 1932 жылы берилийді α -бөлшектермен атқылап, 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 1_0n деп белгіледі.

II Ядроның құрамы

Нейтронның ашылуынан кейін орыс физигі Дмитрий Дмитриевич Иваненко және неміс ғалымы Вернер Карл Гейзенберг 1932 жылы бір-біріне тәуелсіз ядроның протонды-нейтрондық моделін 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 нөміріне 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 тең 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: оттектің атомы $^{15}_8\text{O}, ^{16}_8\text{O}, ^{17}_8\text{O}$ түрінде бола алады. $^{15}_8\text{O}$ оттектің нейтрондар саны 7-ге тең, $^{16}_8\text{O}$ оттектің 8-ге тең, ал $^{17}_8\text{O}$ оттектің нейтрондар саны 9-ға тең.

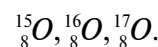
III Ядролық күштер және олардың қасиеттері

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 бейнелеңдер:



Д.Д.Иваненко және В.К.Гейзенберг ұсынған ядро моделін қолданыңдар.



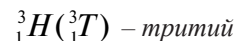
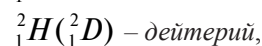
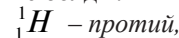
2-тапсырма

«Изотоп» сөзінің шығу төркінін түсіндіріңдер.

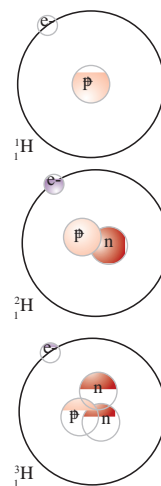


Есте сақтаңдар!

Әрбір химиялық элементтің изотопы бар, олардың ішіндегі ең жеңілі – сутектің изотоптары мынандай атауларға ие болды:



(220-сурет).



220-сурет. Сутек 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 екенін көрсетті. Ол айырмашылық *массалар ақауы* деп аталады:

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}, \quad (2)$$

мұндағы ΔM – массалар ақауы, Z – протондар саны, m_p – протонның массасы, N – нейтрондар саны, m_n – нейтронның массасы, $M_{\text{я}}$ – ядро массасы.

Массалар ақауы – нуклондардың тыныштық массаларының қосындысы мен ядро массасының айырмасы.

Ядроның массасын анықтау үшін атомның массасынан барлық электрондардың массасын алып тастайды:

$$M_{\text{я}} = M_{\text{а}} - Zm_e,$$

мұндағы $M_{\text{а}}$ – атом массасы, m_e – электрон массасы.

Атомдық және ядролық физикада ядроның, атомдардың және нуклондардың массаларын массаның атомдық бірлігімен анықтайды.

Массаның атомдық бірлігі ${}^{12}_6\text{C}$ көміртегі атомының $\frac{1}{12}$ массасына тең.



Естеріңізге түсіріңдер!

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с.}$$

$$c^2 = 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}.$$



Есте сақтаңдар!

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:

$$\begin{aligned} m_e &= 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = \\ &= \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} / \text{м.а.б.}} = \\ &= 0,00055 \text{ м.а.б.} \end{aligned}$$

Бөлшектер энергиясы электрон-вольтпен анықталады: $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Әдетте ол Мега (М) қосымшасымен 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:

$$\Delta M = ZM({}^1_1\text{H}) + Nm_n - M_{\text{а}}.$$

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 азаюы энергияның бөлінуімен қатар жүреді. Бұл A нуклондардан тұратын жүйе тұрақты күйге көшіп, ядролық күштер ядродағы нуклондарды мықты ұстап тұратынын дәлелдейді.

Ядро ыдырауы үшін ол түзілген кезінде бөлінген энергияға тең энергия қажет болады. Ол энергияны *байланыс энергиясы* деп атайды және оны Эйнштейн формуласы бойынша анықтайды:

$$E_{\text{байл}} = \Delta M \cdot c^2,$$

мұндағы $E_{\text{байл}}$ – 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:

$$E_{\text{байл}} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}.$$

VI Меншікті байланыс энергиясы

Меншікті байланыс энергиясы байланыс энергиясының ядродағы нуклондар санына қатынасымен анықталады:

$$E_{\text{мени}} = \frac{E_{\text{байл}}}{A}.$$

✓ Есте сақтаңдар!

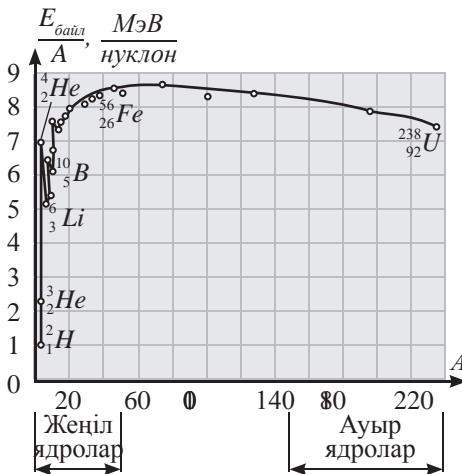
Меншікті байланыс энергиясының өлшем бірлігі:

$$[E_{\text{мени}}] = 1 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}.$$

Меншікті байланыс энергиясы – бір нуклонға сәйкес келетін байланыс энергиясы.

Жаңадан түзілген ядролардың меншікті байланыс энергиясының мәні бойынша ядролық реакция нәтижесінде энергия бөлінетінін немесе жұтылатынын 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.



221-сурет. Меншікті байланыс энергиясының ядродағы нуклондар санына тәуелділік графигі



4-тапсырма

Меншікті байланыс энергиясының ядродағы нуклондар санына тәуелділік графигін қолданып, 80 нуклоннан және 200 нуклоннан тұратын ядролардың байланыс энергияларын анықтаңдар. Қандай ядро тұрақты болады?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

$^{17}_8O$ оттек ядросының нуклондарының массалар ақауын, байланыс энергиясын және меншікті байланыс энергиясын табыңдар.

Берілгені:

$$M(^{17}_8O) = 16,99913 \text{ м.а.б.}$$

$$M(^1_1H) = 1,00783 \text{ м.а.б.}$$

$$m(^0_1n) = 1,00866 \text{ м.а.б.}$$

$$\Delta M = ? \quad E_{\text{байл}} = ? \quad E_{\text{менш}} = ?$$

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:

$$\Delta M = ZM(^1_1H) + Nm_n - M(^{17}_8O), \text{ мұндағы } M(^1_1H) - \text{сутек атомының массасы.}$$

$$\Delta M = (8 \cdot 1,00783 \text{ м.а.б.} + 9 \cdot 1,00866 \text{ м.а.б.}) - 16,99913 \text{ м.а.б.} = (8,06264 + 9,07794) - 16,99913 = 0,14145 \text{ м.а.б.}$$

Эйнштейн формуласы бойынша ядродағы нуклондардың байланыс энергиясын анықтаймыз: $E_{\text{байл}} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}$.

$$E_{\text{байл}} = 0,14145 \text{ м.а.б.} \cdot 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{м.а.б.}} = 131,76 \text{ МэВ.}$$

Ядродағы әрбір нуклонға шаққандағы энергия мөлшері мынаған тең:

$$E_{\text{менш}} = \frac{E_{\text{байл}}}{A}$$

$$E_{\text{менш}} = \frac{131,76 \text{ МэВ}}{17 \text{ нуклон}} = 7,75 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$$

Жауабы: $\Delta M = 0,14145 \text{ м.а.б.}; E_{\text{байл}} = 131,76 \text{ МэВ}; E_{\text{менш}} = 7,75 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$.

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 ${}_{11}^{23}Na$, фтор ${}_{9}^{19}F$, күміс ${}_{47}^{107}Ag$, кюри ${}_{96}^{247}Cm$, менделевий ${}_{101}^{257}Md$ ядроларының құрамы қандай?
2. ${}_{1}^{2}H$ дейтерий ядросының массалар ақауын, байланыс энергиясын, меншікті байланыс энергиясын есептеңдер.
3. Натрий-23 атомы ядросының моделін бейнелендер.

🏠 Жаттығу

37

1. Неонның ${}_{10}^{20}Ne$, ${}_{10}^{21}Ne$, және ${}_{10}^{22}Ne$ изотоптары ядроларының құрамы қандай?
2. ${}_{13}^{27}Al$ 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 құрылысын зерттеген ғалымдар» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.

§ 38. Ядролық реакциялар. Радиоактивті ыдырау заңы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

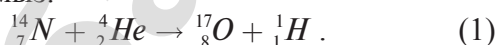
- зарядтық және массалық сандардың сақталу заңдарын ядролық реакция теңдеуін шешуде қолдануды;
- радиоактивті ыдыраудың ықтималдық сипатын түсіндіруді;
- радиоактивті ыдырау заңдарын есептер шығаруда қолдануды үйренесіңдер.

I Ядролық реакциялар

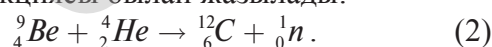
Бізге Э.Резерфорд азотты α -бөлшектермен атқылау нәтижесінде протонды алғаны белгілі. Бұл құбылыс *ядролық реакция* деп аталды.

Ядролық реакция – атом ядроларының басқа элементар бөлшектермен немесе бір-бірімен әрекеттескен кезде өзгеруі.

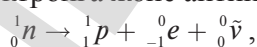
Ядролық реакцияның жазылуы химиялық реакцияға ұқсас. Резерфорд жүргізген реакцияны химиялық элементтердің жалпы белгіленуін қолданып жазамыз:



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 ${}_{1}^{1}\text{p}$ – протон;

${}_{-1}^{0}\text{e}$ – электрон;

${}_{0}^{0}\bar{\nu}$ – электронды антинейтрино.

Көптеген тәжірибелер барлық ядролық реакцияларда электр зарядының және массалық санның сақталу заңдары орындалатынын көрсетті.

Реакцияға түсетін ядролардың және элементар бөлшектердің электр зарядтарының қосындысы реакция өнімдерінің электр зарядтарының қосындысына тең.

Ядролық реакцияға түсетін ядролардың және элементар бөлшектердің массалық сандарының қосындысы тұрақты болып қалады.

II Радиоактивті ыдырау заңы

1902 жылы Э.Резерфорд және ағылшын химигі Ф.Содди радиоактивті ыдырау заңын ашты. Олар радиоактивті элементтердің

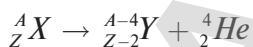


Жауабы қандай?

1. Археологиялық қазбалардың жасын қалай анықтайды?
2. Жердің жасын қалай анықтаған?
3. «Радиациялық қауіпті аймақ» тіркесінің мағынасын түсіндіріңдер.



Естеріңе түсіріңдер!



α және β -ыдырау кезінде электр заряды мен массалық санның сақталу заңдары орындалады.

Химиялық элементтің белгіленуі – ${}_{Z}^{A}\text{X}$,

A – массалық сан;

Z – ядро заряды;

X – химиялық элемент.

сәулелену белсенділігі уақыт өте келе нақты белгілі бір түрде әлсірейтінін анықтады. Әрбір радиоактивті элемент үшін белсенділігі екі есе әлсірейтін уақыт аралығы анықталды. Осы уақыт аралығы *T* **жартылай ыдырау периоды** деп аталды.

***T* жартылай ыдырау периоды – радиоактивті ядролардың жартысы ыдырайтын уақыт.**

Қосымшадағы 4-кестеде кейбір радиоактивті элементтердің жартылай ыдырау периодтарының мәндері берілген. Бастапқы уақыт мезетінде радиоактивті ядролардың саны N_0 болсын дейік. Жартылай ыдырау периодына тең уақыт аралығынан кейін ыдырамаған ядролардың саны мынаған тең болады:

$$N = \frac{N_0}{2}.$$

Екі жартылай ыдырау периодына тең уақыт аралығынан кейін олар бұдан да азаяды:

$$N = \frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^2}.$$

$t = nT$ уақыт өткеннен кейін радиоактивті ядролардың саны мынаған тең болады:

$$N = \frac{N_0}{2^n} = N_0 \cdot 2^{-n} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Алынған қатынас радиоактивті ыдырау заңы болып табылады:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}},$$

мұндағы N – ыдырамаған радиоактивті ядролар саны.

Тәуелділік графигі 222-суретте берілген.

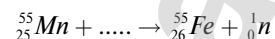
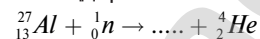
Ыдыраған ядролардың санын анықтау үшін бастапқы ядролардың саны мен ыдырамаған ядролар санының айырмасын табу керек:

$$\Delta N = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$



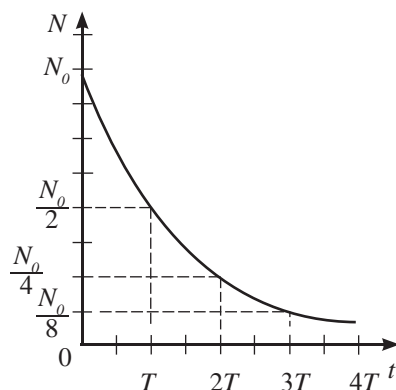
1-тапсырма

Заряд пен массалық санның сақталу заңдары негізінде реакцияларда жетіспейтін элементті жазыңдар:



Назар аударыңдар!

α және β -ыдырау – ядролардың басқа ядролармен өзара әрекеттеспей, өздігінен басқа ядроларға айналуы.



222-сурет. Ыдырамаған ядролар санының уақытқа тәуелділігі



2-тапсырма

Ыдыраған бөлшектердің саны 4 жартылай ыдырау периодына тең уақыт өткенде қанша есеге кемиді?

Радиоактивті ыдырау заңы статистикалық сипатқа ие.
Ол химиялық элемент ядроларының басым бөлігі үшін орындалады.



Жауабы қандай?

Радиоактивті сәулелену заңы неліктен ядролардың аз мөлшері үшін орындалмайды?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

3 сағат ішінде радиоактивті ядроларының саны 32 есе азайған химиялық элементтің жартылай ыдырау периоды анықтандар.

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, алынған 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

1. Ядролық реакция дегеніміз не?
2. Ядроның радиоактивті ыдырауы кезінде қандай заңдар орындалады?
2. Жартылай ыдырау периоды деп нені айтады?

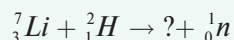
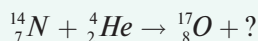


Жаттығу

38

1. ${}_{5}^{11}\text{B}$ борды α -бөлшектермен атқылау кезінде нейтрондар бөлінуімен қатар жүретін ядролық реакцияны жазыңдар.

- Резерфордий элементі ${}_{94}^{242}\text{Pu}$ плутонийді ${}_{10}^{22}\text{Ne}$ неон ядроларымен сәулелендіру нәтижесінде алынған. Нәтижесінде тағы төрт нейтрон түзілетіні белгілі болса, реакция теңдеуін жазыңдар.
- Таскөмір кенінің көміртегі-14 радиоактивті ядроларының саны 8 есеге азайған кездегі жасын анықтаңдар.
- Мына ядролық реакциялардың қалып кеткен бөлшектерін (элемент ядроларын) жазыңдар:



Жаттығу

38

- ${}_{5}^{10}\text{B}$ бор изотопын нейтрондармен атқылағанда түзілген ядродан α -бөлшектер бөлінеді. Ядролық реакцияны жазыңдар.
- 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) жазыңдар:



Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

- Археологиядағы радиоактивті ыдырау заңы.
- Біздің планетамыздағы радиациялық қауіпті аймақтар.

§ 39. Ауыр ядролардың бөлінуі. Тізбекті ядролық реакция. Ядролық реактор

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- тізбекті ядролық реакциялардың жүру шарттарын сипаттауды;
- ядролық реактордың жұмыс істеу принципін сипаттауды үйренесіңдер.



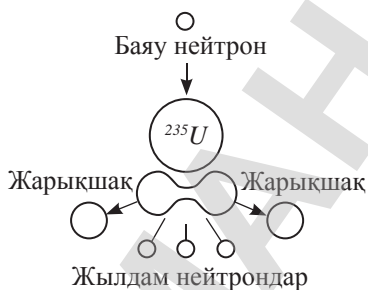
Жауабы қандай?

1. Неліктен АЭС салу Қазақстан үшін өзекті мәселе?
2. Ауыр ядролардың бөлінуінің энергетикалық тұрғыдан тиімділігі неде?



1-тапсырма

1 г уранның бөлінуі нәтижесінде 3 тонна көмірден алынатындай энергия бөлінетінін дәлелдендер.



223-сурет. Ауыр ядроның бөліну механизмі



Жауабы қандай?

Уран-238-ден плутонийді алу қажеттілігінің туындау себебі неде?

I Ауыр ядролардың бөлінуі.

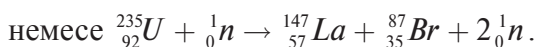
Ауыр ядролардың бөліну механизмі

Менделеев кестесінің соңғы торларында орналасқан ядролардың меншікті байланыс энергиясы периодтық жүйенің ортасында орналасқан ядролардың байланыс энергиясына карағанда 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 Хан және Фриц Штрассман ${}_{92}^{235}\text{U}$ 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 тамшы моделін ядроны бөліну механизмін түсіндіру үшін қолданды.

Тамшы моделіне сәйкес ядро зарядталған сұйық тамшы тәріздес болады. Қысқа әсерлі ядролық күштер сұйық молекулалары арасында әсер етуші күштерге ұқсас. ${}_{92}^{235}\text{U}$ уран ядросы нейтронды жұтады да, қозған күйге түсіп, созылмалы пішін алады. Мұндағы кулондық тебілу күштері ядролық күштерден мықтырақ болады. Ядро екі бөлікке бөлінеді де, кулондық күштердің 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:



Ядролық реакциялар нәтижесінде массалық санның және зарядтың сақталу заңдары орындалады.

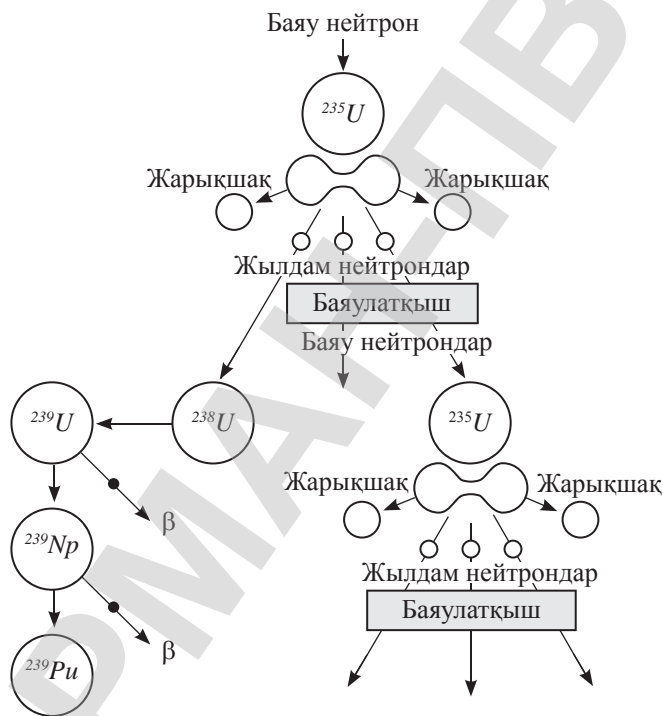
II Тізбекті ядролық реакция

Уран ядросының бөлінуі нәтижесінде босап шыққан нейтрондар көрші ядролардың бөлінуін тудыруы мүмкін. Бөлінетін ядролардың саны артып, тасқын тәрізді тізбекті реакция жүзеге асады (224-сурет).

Тізбекті ядролық реакция – жаңа ядроларға бөлінетін нейтрондар туындайтын ауыр ядролардың бөліну реакциясы.

Табиғатта кездесетін элементтердің ішінде баяу нейтрондармен тізбекті ядролық реакцияның жүруі үшін тек $^{235}_{92}\text{U}$ жарамды болып табылады.

$^{238}_{92}\text{U}$ ядроларын бөлу үшін энергиялары 1 МэВ жылдам нейтрондар қажет, 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 негізіндегі атомдық реактор жұмыс істеді.

Назар аударыңдар!

Еуропа елдерінде электр энергиясы негізінен АЭС-тарда алынады.

III Көбею 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 жүрмейді, 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 аз 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 Кеңес Одағы ғалымдары ядролық реакторды іске қосты.

Реактордың негізгі элементтері: ядролық жанармай, нейтрондарды баяулатқыш, энергия шығаруға қажет жылутасымалдағыш, реакцияның жылдамдығын реттейтін құрылғы. Ядролық реактордың сыртын радиоактивті сәулеленуді шығармайтын қорғаныс қабатымен қаптайды (*225-сурет*).

Құрылыстары әртүрлі реакторларда ядролық жанармай ретінде ${}_{92}^{235}\text{U}$, ${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ қолданылады. Плутонийді ${}_{92}^{238}\text{U}$ -ды баяу нейтрондармен атқылау арқылы алады. Ол ядролық реактордың өзінде түзіледі. ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ -мен жүретін тізбекті реакция баяу нейтрондардың әсерінен болады. Нейтрондарды баяулатқыш ретінде суды, графитті қолданады. Ал жылутасымалдағыш қызметін су немесе сұйық натрий атқарады. Реактордың белсенді аймағында жүретін ядролық реакцияның энергиясы турбогенераторға жіберіледі. Реактор кадмий



Жауабы қандай?

1. Неге таза күйдегі ${}_{92}^{238}\text{U}$ ядролық отын ретінде қолданылмайды?
2. Көбею коэффициенті 1-ден кем болғанда, неліктен тізбекті реакция тоқтайды?
3. Баяулатқыштар пен шағылдырғыштар неге ядролық жанармайдың сындық массасын азайтуға мүмкіндік береді?



3-тапсырма

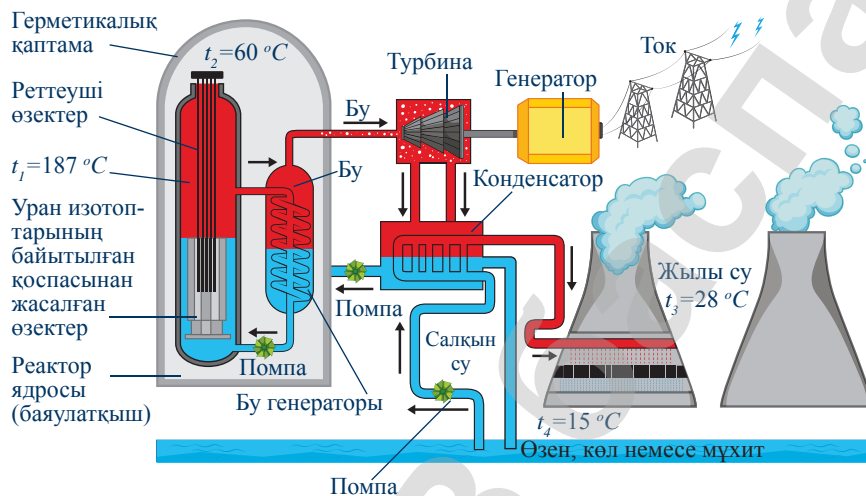
Ядролық реактордың негізгі бөліктерін және олардың атқаратын қызметін жазыңдар. Реактордың әр бөлігі үшін әртүрлі материал таңдалу себебін түсіндіріңдер.

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-тің 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 энергиясына 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 атмосферадағы оттекті пайдаланбайды, қоршаған ортаны күлмен ластанмайды. 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!

Маңғыстау облысын 2030 жылға дейін энергиямен қамтамасыз ету үшін қуаты 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 суасты атом қайықтарында қолданылатын реакторлардың негізінде жасалған. Ол ең жоғарғы қауіпсіздік деңгейіне ие. ВБЭР-300 АЭС жұмысын тиімді әрі қауіпсіз етеді.

АЭС-тің қалыпты жұмыс жасауына қауіп төндіретін 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 ${}_{92}^{238}\text{U}$ -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 көрсетіндер: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow ? + {}_{58}^{140}\text{Ce} + 2{}_0^1\text{n}$.

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 параграфты игергенде:

- ядролық синтез бен ядролық ыдырауды салыстыруды;
- радиоактивті изотоптарды қолдануға мысалдар келтіруді;
- радиациядан қорғану әдістерін сипаттауды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен жұлдыздарда термоядролық реакциялар жүреді?
2. Радиоактивті сәулеленуден қалай қорғануға болады?



Тапсырма

§ 37, 221-суреттегі диаграммаға қарап, 200 және 100 нуклоннан тұратын ядролардың меншікті энергияларының айырмасын анықтаңдар. 200 нуклоннан тұратын ядроны 100 нуклоннан екіге бөлсек, қандай энергия бөлінеді?



Жауабы қандай?

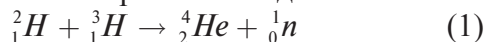
1. Неліктен жеңіл ядролардың ядролық бірігу реакциясы температура мен қысымның жоғары мәндерінде ғана жүреді?
2. Не себепті жер жағдайында термоядролық реакцияны жүзеге асыру қиынға соғады?
3. Неліктен термоядролық реакцияға арналған реактор құрастыру тиімді болып саналады?

I Термоядролық реакция

Жеңіл ядролардың меншікті энергиясы Менделеев кестесінің ортасында орналасқан ядролармен салыстырғанда аз болады. Демек, жеңіл ядроларды синтездеу реакциясы энергияның бөлінуімен жүруі керек. Жеңіл ядроларды синтездеу реакциясын жүзеге асыру үшін кулондық күштерді жеңіп, ядроларды ядролық күштердің әсерлесу қашықтығы – 10^{-15} м-ге дейін жақындату керек. Мұндай жақындау қысым және температураның жоғары мәндерінде ғана жүзеге асады. Есептеулерден реакцияға түсетін бөлшектердің температурасы жүздеген миллион кельвинді құрайтынын көруге болады. Мұндай температурада атомдар толығымен иондалады да, газ ядролар мен электрондардан тұратын жоғары температуралы плазмаға айналады.

100 млн К-нен жоғары температура-ларда жеңіл 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 мұхиттық Эниветок аралында, одан кейін 1953 жылы Қазақстанда Семей полигонында жүзеге асырылды. Сутек бомбаларын жасау олардың аса күшті жарылыс қабілеті бар екенін көрсетті. 1961 жылы Жаңа Жер архипелагы полигонында жүргізілген мегатонналы бомбаның жарылысы 4 км биіктікте 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 күйін 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» қондырғысы жасалды (226-сурет). Жоғары температуралы плазма тороидты камераны толтырып тұратын құрамында тритий бар дейтерийде күшті электр разряды арқылы жасалады (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. Құрылыс 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.



228-сурет. ITER — Халықаралық Эксперименттік Термоядролық Реактор

- Термоядролық синтездеуге арналған лазерлік қондырғылар алғаш рет 1961 жылы КСРО ҒА Физика институтында пайдаланылды. Лазерлік термоядролық синтездеуді зерттеу жалғасуда.

IV Ядролық реакцияның шығу энергиясы

Ядролық реакциялар кезінде энергия бөлінуі де, жұтылуы да мүмкін.

Шығу энергиясы – ядролық реакция нәтижесінде бөлінетін немесе жұтылатын энергия.

Масса мен энергияның өзара байланысы ядроның массасының өзгерісі бойынша реакцияның шығу энергиясын анықтауға мүмкіндік береді. Ол үшін мынадай есептеулер жүргізу керек:

- Реакцияға дейінгі ядроның және бөлшектердің массаларын табу.

Мысалы, дейтерий және тритийдің (1) бірігу реакциясы үшін былай жазуға болады:

$$m_1 = m({}_1^2H) + m({}_1^3H).$$

- Реакциядан кейінгі ядроның және бөлшектердің массаларын табу:

$$m_2 = m({}_2^4He) + m({}_0^1n).$$

- Әрекеттесуге дейінгі және одан кейінгі ядролар массасының өзгерісін табу:

$$\Delta m = m_1 - m_2.$$

- Ядролық реакцияның шығу энергиясын Эйнштейн формуласы бойынша табу:

$$E_{\text{шығу}} = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}.$$

✓ Есте сақтаңдар!

Ядролық реакцияның шығу энергиясын анықтау алгоритмі:

- Реакцияға түсетін ядролардың массасын анықтаңдар.
- Реакциядан кейінгі ядроның массасын анықтаңдар.
- Массалар айырмасын 931,5 МэВ аудару коэффициентіне көбейтіндер.
- Қажет болған жағдайда энергия мәнін Дж-ге аударыңдар:
1 МэВ = $1,6 \cdot 10^{-13}$ 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 температураның әсерінен жұлдыздардың қойнауында термоядролық реакциялар жүреді. Күн секундына $4 \cdot 10^{26}$ Дж энергия бөліп, 4 млн тоннаға жуық массасын жоғалтады. Жұлдыздарда сутек жанғанда гелий түзіледі. Сутек пен гелийдің қатынасы бойынша жұлдыздың жасын анықтауға болады. Термоядролық синтез нәтижесінде периодтық жүйедегі барлық элементтер пайда болады. Қазіргі 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. Ұзақ уақыт бойында радиоактивтілік 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 ағзалардағы 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 өте 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 ошақтарында жүруге 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 сақтау қажет. Сәулелену зертхана қабырғаларынан шағылуы мүмкін екенін ескерген жөн. Радиоактивті қалдықтарды кәріз жүйесіне төгуге болмайды.

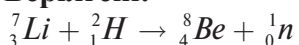
Бұл қызық!

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 мәселесімен айналысуда. Оның барлық жетістіктері Елбасы Н.Ә.Назарбаевтың қатысуымен жазылған «Бұрынғы Семей сынақ полигонын қауіпсіз жүйеге келтіру бойынша ғылыми-техникалық және инженерлік жұмыстар кешенін жүргізу» атты үш томдық басылымда көрініс тапты. Үштомдық 3 тілде (қазақша, орысша, ағылшынша) жарық көрді және әлем кітапханаларына және ғылыми ұйымдарға таратылды.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ ядролық реакциясы кезінде қанша энергия бөлінеді?

Берілгені:



$$m({}^7_3\text{Li}) = 7,01601 \text{ м.а.б.}$$

$$m({}^2_1\text{H}) = 2,01410 \text{ м.а.б.}$$

$$m({}^8_4\text{Be}) = 8,00531 \text{ м.а.б.}$$

$$m({}^1_0\text{n}) = 1,00866 \text{ м.а.б.}$$

$E_{\text{шығу}} = ?$

Шешуі:

Реакцияға түсетін ядролардың массасын анықтаймыз: $m_1 = m({}^7_3\text{Li}) + m({}^2_1\text{H})$

$$m_1 = 7,01901 \text{ м.а.б.} + 2,01410 \text{ м.а.б.} = 9,03011 \text{ м.а.б.}$$

Ядролық реакция нәтижесінде алынған ядролардың және бөлшектердің массасы:

$$m_2 = m({}^8_4\text{Be}) + m({}^1_0\text{n}) ;$$

$$m_2 = 8,00531 \text{ м.а.б.} + 1,00866 \text{ м.а.б.} = 9,01397 \text{ м.а.б.}$$

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 жұтылады, 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 дейтрон және нейтрино түзіледі. Тағы қандай бөлшек пайда болады?
2. Реакциялар нәтижесінде энергия бөліне ме, әлде жұтыла ма:

$${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n};$$

$${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}?$$

🏠 Жаттығу

40

1. Дейтерийдің γ -сәулелерімен бөлінуі үшін қажетті γ -кванттың ең аз энергиясын анықтаңдар:

$${}^2_1\text{H} + \gamma \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n}.$$
2. Термоядролық реакция кезінде қандай энергия бөлінеді:

$${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}?$$

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Жұлдыздың пайда болуы мен өшуі.
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 параграфты игергенде:

- элементар бөлшектерді жіктеуді үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. «Атом» сөзі қазақшаға аударғанда қандай мағына береді?
2. Элементар деп қандай бөлшектерді атайды?
2. Элементар бөлшектерді басқа бөлшектерден қандай белгілері бойынша ажыратасыңдар?



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 құрылысын зерттеу бойынша жасаған тәжірибелері атомның құрылысы күрделі екенін көрсетті. XX ғ. ортасында физиктер фотонды, протонды, нейтронды, электронды және позитронды элементар бөлшектерге жатқызды.

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, оң зарядталған да бола алады. 1932 жылы америкалық физик Карл Дейвид Андерсон ғарыштық сәулелерден оң зарядталған электронды тауып, бөлшекке *позитрон* деген атау берді. Кейінірек 1933 жылы ғалымдар элементар бөлшектердің қозғалысы мен әрекеттесуін бақылауға арналған Вильсон камерасында γ -квантының затпен әрекеттесуінің нәтижесінде позитрон-электрон жұбының туылуын бақылады (229-сурет):

$$\gamma \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{+1}^0e.$$

1934 жылы Ирен және Фредерик Жолио-Кюри β^+ -ыдырауды ашты. β^+ -ыдырау нәтижесінде радиоактивті ядродан позитрон бөлінеді, осы кезде ядродағы протон нейтронға айналады:

$${}_1^1p \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0e + {}_0^0\nu,$$

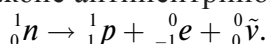
мұндағы ${}_0^0\nu$ – нейтрино.

Мұндай ыдырауға ${}_{15}^{30}P$ фосфор изотопының ядросы түседі: ${}_{15}^{30}P \rightarrow {}_{14}^{30}Si + {}_{+1}^0e + {}_0^0\nu.$

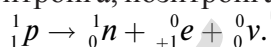
Позитрон электронның антибөлшегі болып табылады. Бөлшек пен антибөлшек бір-бірімен әрекеттескенде энергия квантын түзіп, жойылады. Бөлшектердің өзара әрекеттесу кезінде жойылу құбылысын *аннигиляция* деп атайды. Физиктер әрбір элементар бөлшектің антибөлшегі бар деп болжады. 1955 жылы *антипротон* табылды, 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 айтуға болмайды, себебі өз кезегінде протон нейтронға, позитронға және нейтриноға ыдырайды:



Ғаламның құрылысын зерттеу және оның материясының құрамын анықтау үшін ғалымдар зарядталған бөлшектерді үдеткіштерді 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.*

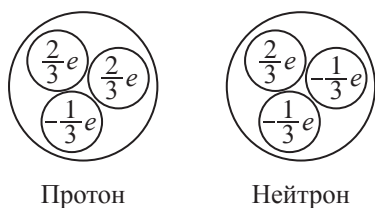
IV Нуклондардың құрамы

1964 жылы америкалық ғалымдар Мюррей Гелл-Ман және Джордж Цвейг бір-бірінен тәуелсіз кварктерден тұратын нуклондардың моделін ұсынды. Кварктер бөлшек түріндегі $+\frac{2}{3}e$ және $-\frac{1}{3}e$ электр зарядына ие. Протондар мен нейтрондарда 3 кварктен болады (*230-сурет*). Кварктер арасындағы өзара әрекеттесу *глюондар* деп аталатын бөлшектер арқылы жүреді.



Жауабы қандай?

1. *Не себепті нейтрон протоннан тұрады деп тұжырымдауға болмайды?*
2. *Жылдам бөлшектердің соқтығысуы кезінде неге массасы соқтығысатын бөлшектерден артық бөлшектер пайда болады?*
3. *Бөлшектерді ғарыштық жылдамдыққа жақын жылдамдыққа дейін үдету үшін неге үлкен көлемді үдеткіш қажет?*



230-сурет. Нуклондардың: протон мен нейтронның құрамы

V Ғарыштық сәулелер

Табиғатта энергиялары қазіргі заманғы үдеткіштердегі үдемелі бөлшектердің энергиясынан мыңдаған есе көп болатын элементар бөлшектер кездеседі. Ғалымдар осы бөлшектердің энергиялары шамасын бағалап, бөлшектер массасы галактика массасымен салыстырмалы нысандармен үдетіледі деген қорытындыға 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. Ғалымдардың пайымдауынша, осындай қара құрдымдар элементар бөлшектердің үдеткіші болып табылады. Жанама бақылаулар ғарыштық сәулелер осындай активті галактикалардан келетінін көрсетеді.

VI Ғаламның даму хронологиясы

Эйнштейннің салыстырмалылық теориясы бойынша Ғалам тығыздығы өте жоғары және энергиясының мөлшері шексіз нүктеден жарылыс нәтижесінде пайда болған. Бұл оқиғаға ғалымдар «Үлкен жарылыс» деген атау берген.

Орыс ғалымы **А.А.Фридман** Ғалам қазіргі уақытта ұлғаюда деген қорытынды жасады. Эксперимент жүзінде ұлғаюды америкалық астроном **Эдвин Хаббл** ашты. *Ғалам соңғы бірнеше миллиард жылда кемімелі емес, үдемелі ұлғаюда.*

Заманауи ғылымдардың жетістіктерін пайдаланып, ғалымдар Ғаламның үлкен жарылыстан кейінгі алғашқы сәтінен бастап дамуының хронологиясын жасап шығарды (231-сурет).



231-сурет. Ғаламның даму деңгейлері

Жарылыстан кейін 10^{-43} секунд уақыт мезетінде Ғалам қатты қызды және аса тығыз күйде болды. Осы сәтте туындаған барлық күштер бір «суперкүшке» біріктірілді. 10^{-35} секундта «суперкүш» Ғаламды субатомды бөлшек өлшемінен ғарыштық масштабқа дейін үлкейтті. 10^{-32} секундтан кейін элементар бөлшектер пайда болды, 10^{-6} секундта кварктер, содан кейін протондар мен нейтрондар пайда болды.

Жарылыстан кейін 200 секунд өткенде 10^6 °C температурада протондар мен нейтрондар атом ядроларын түзді. 20 минут ішінде Ғаламның температурасы төмендегендіктен, ядролардың түзілу процесі тоқтады. Ең соңынан Ғаламдағы ең көп таралған химиялық элементтер – сутек пен гелий ядролары түзілді.

300 мың жылдан кейін Ғалам 10^3 °C-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 күштер Ғаламның ұлғаюын үдететін құпия күштер – «қара энергияның» антигравитациялық әсерінен жеңіле бастады.

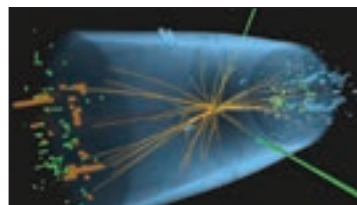
9,1 млрд жыл өткеннен кейін «Құсжолы» галактикасында тасты жыныстармен және газды дискпен қоршалған кішірек Күн жұлдызы пайда болды. Алып сынықтар соқтығысып және бірігіп, Жер, Ай және басқа планеталарды түзді.

VII Адрондық коллайдер

«Үлкен жарылыстың» табиғатын түсіну үшін ғалымдар планетамыздағы ең үлкен элементар бөлшектердің үдеткіші – үлкен адрондық коллайдерде эксперимент жүргізеді (232-сурет). Үдеткіш сақинасының ұзындығы 27 километрді құрайды. Ол үдеткіште 2008 жылдан бастап жылдам бөлшектердің өзара әрекеттесуі бойынша эксперименттер жүргізіледі. Коллайдерде 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 коллайдер

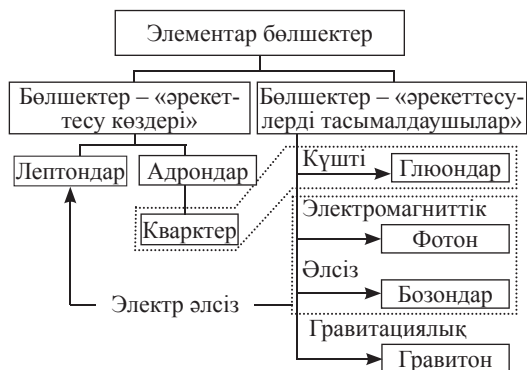


233-сурет. Элементар бөлшектердің соқтығысуы



2-тапсырма

234 және 235-суреттерді қараңдар. Зат атомы (молекуласы) қандай бөлшектерден тұрады? Олар қандай бөлшектер арқылы өзара әрекеттеседі? Атом моделін бейнелеңдер.



234-сурет. Зат пен өрістің бөлшектері

масса → заряд → спин →	$\approx 2.3 \text{ МэВ}/c^2$ $2/3$ $1/2$ u жоғары	$\approx 1.275 \text{ ГэВ}/c^2$ $2/3$ $1/2$ c тандар- карлық	$\approx 1.7307 \text{ ГэВ}/c^2$ $2/3$ $1/2$ t шйнайы	0 0 1 g глюон	$\approx 126 \text{ ГэВ}/c^2$ 0 0 0 H Хигге бозоны
Кварктер	$\approx 4.8 \text{ МэВ}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ d төменгі	$\approx 95 \text{ МэВ}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ s ғажап	$\approx 4.18 \text{ ГэВ}/c^2$ $-1/3$ $1/2$ b сұлулық	0 0 1 γ фотон	Калибрлік бозондар
Лептондар	$0.511 \text{ МэВ}/c^2$ -1 $1/2$ e электрон	$105.7 \text{ МэВ}/c^2$ -1 $1/2$ μ муон	$1.777 \text{ ГэВ}/c^2$ -1 $1/2$ τ тау	0 0 1 Z z бозоны	
	$< 2.2 \text{ эВ}/c^2$ 0 $1/2$ ν_e электрондық нейтрино	$< 0.17 \text{ МэВ}/c^2$ 0 $1/2$ ν_μ муондық нейтрино	$< 15.5 \text{ МэВ}/c^2$ 0 $1/2$ ν_τ тау нейтрино	$80.4 \text{ ГэВ}/c^2$ ± 1 1 W w бозон	

235-сурет. Элементар бөлшектердің стандартты моделі

Бақылау сұрақтары

1. Қандай бөлшектерді элементар бөлшектер деп атайды?
2. Бөлшек пен антибөлшектің ұқсастығы мен айырмашылығы неде?
3. Бөлшек пен антибөлшектің өзара әрекеттесуі кезінде не орын алады?
4. Барлық элементар бөлшектер қандай негізгі қасиеттерге ие?
5. Нуклондар құрамы қандай?
6. Ғалам дамуының негізгі деңгейлерін атаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Үлкен адрондық коллайдер жұмысы.
2. Элементар бөлшектердің жіктелуі.

7-тараудың қорытындысы

Масса ақауын есептеу формулалары	Байланыс энергиясын есептеу формулалары
$A = N + Z$ $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{я}$ $M_{я} = M_a - Zm_e$ $\Delta M = ZM({}_1^1H) + Nm_n - M_a$	$E_{байл} = \Delta M \cdot c^2$ $E_{байл} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}$ $E_{мени} = \frac{E_{байл}}{A}$
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 жеңіл ядролардың бірігуі.

Меншікті байланыс энергиясы – бір нуклонға сәйкес келетін байланыс энергиясы.

Тізбекті ядролық реакция – жаңа ядроларға бөлінетін нейтрондар туындайтын 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;
- жаңа технологиялардың артықшылығы мен қоршаған ортаға ықпалының қауіптілігін бағалауды үйренесіңдер.

§ 42. Физика мен астрономияның дүниетанымдық маңызы

Күтілетін нәтиже

Осы параграфты игергенде:

- адамның дүниетанымдық көзқарасының қалыптасуына физика және астрономияның дамуының ықпалын түсіндіре аласыңдар.

Ғылым логикалық байланыстар мен табиғат жаратылысындағы ақиқатты тануды бәрінен де жоғары қояды

Сазанов А.А.



Жауабы қандай?

1. Ежелгі адамдар қоршаған әлемді қалай елестеткен?
2. Адамның қоршаған ортаға көзқарасы неге өзгереді?
3. Адам көзқарасына қандай факторлар әсер етеді?
4. «Ғылыми көзқарас» түсінігі нені білдіреді?



1-тапсырма

Физика ғылымы мен діни көзқарастардың қайшылықтарына мысал келтіріңдер.



2-тапсырма

Ғылымдағы және техникадағы жетістіктердің адам көзқарасының өзгеруіне ықпалына мысалдар келтіріңдер.



3-тапсырма

Бізді қоршаған әлемді механика, электродинамика және кванттық физика заңдарының негізінде сипаттаңдар. Өз көзқарастарыңды XVII, XIX, XX ғасырдағы көзқарастармен салыстырыңдар.

I Физика және философия

Физика Галилео Галилейдің (1564–1642) арқасында нақты ғылым ретінде пайда болды. XVII–XIX ғасыр ғалымдарының басым көпшілігі универсалдар 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-бұлшық ет жүйесінің механикалық жұмысына түрленуін, механикалық қозғалыстың әртүрлілігін ғылыми тұрғыдан 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 тыс қалмауы керек.

II Вернадский ноосфера жайлы.

Әлемге қазіргі көзқарастар

В.И.Вернадский еңбектерінде Жер биосферасында «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 жайлы жоспарларды мысалға келтіру жеткілікті. Суды Ертіс бойымен кері қарай, содан кейін Торғай өңірі арқылы Қазақстанға, Сырдария мен Әмударияға бағыттау жоспарланған болатын. Жақын болашақта бірнеше маңызды бағыт бойынша ғаламдық сипаттағы апаттарды күтуге болады. Қазір адамзат өзінің Жердің шын мәніндегі сана сферасы болу қабілетінің 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 соқтығысудың алдын алу шаралары тұр.

Содан кейін адамдар планетаның климаттық жағдайын басқаруды өз қолдарына алып, 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 күдіретті және даму деңгейі жоғары, жердің эволюциясын басқаратын ғарыштық ой-санаға 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.



Владимир Иванович Вернадский (1863–1945) – зерттеуші-ғалым, қоғам қайраткері, биогеохимия ғылымының негізін салушы.

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 «Гөя» эксперименті. Тірі Жер мәселесі» монографиясынан)



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 қорғандық 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 мүше ретінде ену үшін адамзаттың өмір сүру сипаты, іс-әрекеті, халықтардың, тым болмаса биліктегі басшылардың ой-санасы радикалды 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 зардаптары 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 зардаптарын талқылаңдар. Динозаврлар Жер алып астероидпен соқтығысқаннан кейін жойылды деп тұжырымдауға бола ма? Кіші мұз дәуірі 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. Арманд)



Алексей Давидович

Арманд — РҒА география институтының қызметкері, география ғылымдарының докторы, Әлем мен тірі Жердің ақпараттық құрылымдары иерархиясын жасау мәселесіне қатысты көптеген еңбектер жазған. «Гей» эксперименті. Тірі Жер мәселесі» 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 қалыптасуына 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 параграфты игергенде:

- жаңа технологиялардың артықшылығы мен қоршаған ортаға ықпалының қауіптілігін бағалауды үйренесіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неге баламалы энергия көздеріне өту қажет?
2. Аралар неге жойылуда? Бұл қандай ғаламдық экологиялық зардаптарға әкелуі мүмкін?
3. Жер климатын басқару мүмкін бе?
4. Жердің климаттық жағдайына қандай факторлар елеулі әсер етеді: антропогендік пе әлде ғарыштық па?



1-тапсырма

Планетамызды және Жердегі термодинамикалық жағдайларды сипаттайтын параметрлерді едәуір өзгерте алатын өздеріңе белгілі факторларды атаңдар. Бұл мәселелерді шешу жолдарын ұсыныңдар.



Назар аударыңдар!

Дамыған елдерде тұйықталған қалдықсыз технологиялық процесс, яғни қалдықсыз өндіріс процесі қолданылады.

I Ноосфера

Біз адамзаттың түрлендіруші әрекеті, қоршаған ортаға әсері ғылыми және ақылға қонымды түсінікке негізделуі қажет кезеңге қадам бастық. Ол міндетті түрде «табиғат мүдделерімен» 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.

XX 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 ескерте келе, Вернадский: «Адам Жердің бейнесін өзгертетін геологиялық күшке айналуға», – деп жазды.

II Адамның табиғатқа әсері. Техносфера

Өнеркәсіптің дамуы, индустрияландыру, ғылыми-техникалық төңкеріс, ормандарды жаппай кесу, алып зауыттарды, атом, жылу және су электрстансыларын салу, топырақтың тозуы және шөлге айналуы ғаламдық қауымдастықтың алдына адамның биологиялық түр ретінде аман қалуы мен сақталуы мәселесін тудырды.

Техносфера бұрынғы ландшафттарды 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 ландшафтылар, 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 кеніші



238-сурет. Шерубай-Нұра құм-қиыршық 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 мыңдаған түрлері жойылды және жойылу үстінде; орман жамылғысы едәуір көлемде құрылды; пайдалы қазбалардың бар қоры қарқынды түрде азаюда; тірі ағзаларды жою нәтижесінде дүниежүзілік мұхит азып жатыр, сондай-ақ ол табиғи процестердің реттеушісі болуын тоқтатуда; атмосфера көптеген жерлерде шекті нормаларға дейін ластанған.

Ғарышқа ұшу басталысымен экология мәселелері ашық ғарыштық кеңістікте 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 жоқ.

Антропогендік 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.

Бұл қызық!

1998 жылы 25 маусымда Данияның Орхус қаласында қоғамның қоршаған ортаға қатысты мәселелер жөнінде ақпарат алу, шешім қабылдауға қатысу және әділеттікке қолжеткізу мүмкіндігі туралы Конвенция қабылданды.

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 ортаның 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 талаптар;
- қоршаған ортаны қорғауға арналған 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 құрылыстарға әсері.

IV Экологиялық мәселелерді шешу жолдары

Экологиялық мәселелерді шешу үшін алдымен тұтынушылық көзқарастан бас тартып, табиғатпен үйлесім табуға тырысқан дұрыс. Өндірісті экологиялық тазарту шаралары, табиғатты сақтайтын технологиялар мен өндірістерді қолдану, жаңа жобалардың міндетті түрде экологиялық сараптаудан өтуі, табиғат пен адам ағзасына 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, көлдер 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 жақсаруына 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 аймақтарыңның экологиялық мәселелерін және осы мәселені тудыратын себептерді талқылаңдар.



Бұл қызық!

Қазақстан Республикасында стратегиялық жер қойнауы учаскелерінің арнайы тізбесі дайындалған, ол үнемі жаңарып отырады. Тізбе ҚР Үкіметінің 2018 жылғы 28 маусымдағы № 389 қаулысымен бекітілген. Параграфта осы тізбеден алынған уранның стратегиялық жер қойнауы учаскелері көрсетілген.

Стратегиялық жер қойнауы учаскелерінің тізбесі

Пайдалы қазба	Жер қойнауы учаскесінің 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	Аққанбұрлық	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), өздерің тұратын аймақта қандай кен орындары орналасқанын анықтаңдар. Кен орындарын меңгеру аймақтың экологиялық жағдайына қандай әсер 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 нүктесі» ұғымы нені білдіреді? Біздің бұл нүктеге жеткенімізді дәлелдеңдер (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

Теңүдемелі қозғалыс кезіндегі дененің үдеуін анықтау

Жұмыстың мақсаты: көлбеу 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 көлбеу жазықтықта үдеумен қозғалып келеді, дененің

орын ауыстыруы мынаған тең болады: $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$.

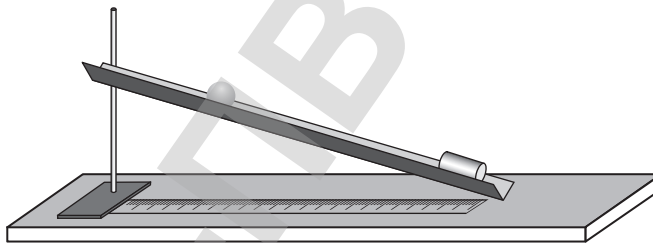
Бастапқы жылдамдық нөлге тең болғанда: $s = \frac{at^2}{2}$.

Есептеу формуласын аламыз:

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

Жұмысқа нұсқаулық:

- 1-суретте көрсетілген қондырғыны жинаңдар, науаның төменгі жағына цилиндр денені қойыңдар.



1-сурет

2. Шарды науамен жіберіңдер, шардың науамен қозғалу уақытын өлшендер.
3. Өлшеуіш таспаның көмегімен шардың бастапқы орнынан цилиндрге дейінгі арақашықтықты анықтаңдар.
4. Өлшеу нәтижелерін кестеге жазыңдар.

№ р/с	Өлшеу нәтижелері		Есептеу нәтижелері	
	Арашықтық $s, м$	Қозғалыс уақыты $t, с$	Үдеу $a, м/с^2$	Үдеудің орташа мәні $a_{орт}, м/с^2$
1				

5. Науаның көлбеу бұрышын өзгертпей, тәжірибені 5 рет қайталаңдар.
6. Әр тәжірибе үшін (1) формула бойынша шардың үдеуін есептендер, нәтижені кестеге жазыңдар.

7. Келесі формула бойынша үдеудің орташа мәнін есептеңдер:

$$a_{\text{орт}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5}.$$

8. Әрбір өлшеуден кейін абсолюттік қателікті:

$$\Delta a = |a_{\text{орт}} - a|,$$

абсолюттік қателіктің орташа мәнін:

$$\Delta a_{\text{орт}} = \frac{\Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3 + \Delta a_4 + \Delta a_5}{5},$$

салыстырмалы қателікті:

$$\varepsilon = \frac{\Delta a_{\text{орт}}}{a_{\text{орт}}} \cdot 100\%$$

анықтап, статистикалық әдіспен өлшеу қателігін бағалаңдар.

9. Өлшеу нәтижесін төмендегідей жазыңдар:

$$\varepsilon = \dots \cdot 100\% \text{ болғанда } a = a_{\text{орт}} \pm \Delta a_{\text{орт}}.$$

Қосымша тапсырма: өздерің алған нәтижені $a = g \sin \alpha$ формуласымен есептелген үдеу мәнiмен салыстырыңдар. Мұндағы α – жазықтықтың көлбеу бұрышы.

Қорытынды: науа бойымен қозғалған шарда үдеудің пайда болуы туралы қорытынды жасаңдар.

№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 парақтар.

Қысқаша теория. Горизонталь лақтырылған дене тігінен еркін түсу үдеуімен теңайнымалы, ал көлденеңінен бірқалыпты қозғалады. Бастапқы жылдамдықты ұшу қашықтығы бойынша:

$$v_0 = \frac{l}{t}, \quad (1)$$

ұшу уақытын дене құлайтын биіктік деңгейі бойынша анықтайды:

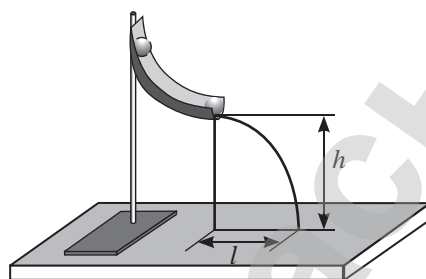
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (2)$$

(2) қатынасты (1)-ге қойып, бастапқы жылдамдықты есептеу формуласын аламыз:

$$v_0 = l \sqrt{\frac{g}{2h}}. \quad (3)$$

Жұмысқа нұсқаулық:

1. 2-суретте бейнеленген қондырғыны құрастырыңдар.
2. Шарды науамен онда бекітілген пластинадан бастап жіберіндер.
3. Биіктікті h және ұшу қашықтығын l өлшендер.
4. Алынған нәтижелерді кестеге жазыңдар.



2-сурет

№ р/с	Өлшеу нәтижелері		Есептеу нәтижелері	
	Биіктік $h, м$	Ұшу қашықтығы $l, м$	Бастапқы жылдамдық $v_0, м/с$	Жылдамдықтың орташа мәні $v_{орт}, м/с$
1				

5. Шардың науамен түсу деңгейін өзгертпей, тәжірибені 5 рет қайталаңдар.
6. Әрбір тәжірибе үшін бастапқы жылдамдықтың мәнін (3) формула бойынша есептендер, нәтижелерді кестеге жазыңдар.
7. Жылдамдықтың орташа мәнін анықтаңдар:

$$v_{орт} = \frac{v_{01} + v_{02} + v_{03} + v_{04} + v_{05}}{5}$$

8. Өлшеу қателігін статистикалық әдіспен бағалаңдар (№1 зертханалық жұмысты қараңдар).
9. Өлшеу нәтижесін төмендегідей жазыңдар:
 $\varepsilon = \dots \cdot 100\%$ болғанда $v_0 = v_{орт} \pm \Delta v_{орт}$.

Бақылау сұрақтары

Неліктен жүргізілген тәжірибелерде шардың науамен түсу деңгейін өзгертуге болмайды?

№3 зертханалық жұмыс

Математикалық маятниктің көмегімен еркін түсу үдеуін анықтау

Жұмыстың мақсаты: математикалық маятниктің көмегімен Жердегі еркін түсу үдеуін анықтау, алынған мәнді нақты мәнмен – $g = 9,8 м/с^2$ салыстыру.

Құрал-жабдықтар: электронды секундомер (ұялы телефон) немесе секундтік тілі бар сағат, өлшеуіш таспа, жіпке байланған шар, муфтасы және сақинасы бар штатив.

Қысқаша теория. Математикалық маятниктің тербеліс периоды аспаның ұзындығымен және еркін түсу 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:

1. Штативті үстелдің шетіне орналастырындар. Оның жоғарғы ұшына муфтаньң көмегімен сақинаны бекітіп, оған жіпке байланған шарды іліндер. Шар еденнен 3–5 см қашықтықта ілініп тұруы қажет.
2. Өлшеуіш таспамен аспа ұзындығын өлшеңдер, нәтижені кестеге жазыңдар:

№ р/с	Өлшеу нәтижелері			Есептеу нәтижелері	
	Жіптің ұзындығы, м	Тербеліс саны, N	Тербеліс уақыты t, с	Еркін түсу үдеуі g, м/с ²	Үдеудің орташа мәні, g _{орт} , м/с ²
1					

3. 40 тербеліс жасалатын уақытты өлшеңдер, нәтижені кестеге жазыңдар.
4. Тәжірибені шартын өзгертпей, 5 рет қайталаңдар.
5. Әрбір тәжірибе үшін еркін түсу үдеуін есептеңдер және оның орташа мәнін табыңдар.
6. Еркін түсу үдеуін $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ деп алып, келесі формулалар бойынша өлшеудің абсолюттік және салыстырмалы қателіктерін табыңдар:

$$\Delta g = |g - g_{орт}|; \quad \varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\%.$$

7. Өлшеу нәтижесін қатені ескере отырып жазыңдар:

$$\varepsilon_g = \dots \cdot 100\% \text{ болғанда } g = g_{орт} \pm \Delta g.$$

№4 зертханалық жұмыс

Беттік толқындардың таралу жылдамдығын анықтау

Жұмыстың мақсаты: су бетіндегі толқындардың таралу жылдамдығын өлшеу.

Құрал-жабдықтар: су құйылған ыдыс (кювета), қалтқы, секундомер, өлшеуіш таспа.

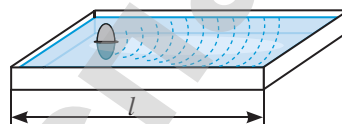
Қысқаша теория. Толқындардың барлық түрі біртекті ортада тұрақты жылдамдықпен таралады:

$$v = \frac{l}{t},$$

мұндағы l – тербеліс көзі мен кеңістіктің толқын жеткен соңғы 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 түсіріңдер.
3. Қалтқының тербелмелі қозғалысынан туындайтын толқынның ыдыстың қарама-қарсы шетіне дейін жететін уақытын белгілеңдер.
4. Тәжірибені 5 рет қайталаңдар, өлшеу нәтижелерін кестеге жазыңдар.



3-сурет

№ р/с	Өлшеу нәтижелері		Есептеу нәтижелері	
	Уақыт t , с	Ыдыстың (кюветаның) ұзындығы l , м	Толқынның жылдамдығы v , м/с	Толқын жылдамдығының орташа мәні $v_{орт}$, м/с
1				

5. Барлық тәжірибелер үшін толқын жылдамдығын есептендер, нәтижелерді кестеге жазыңдар.
6. Толқын жылдамдығының орташа мәнін табыңдар.
7. Статистикалық әдіспен толқын жылдамдығын өлшеу қателігін бағалаңдар:
8. Өлшеу нәтижесін келесі түрде жазыңдар:

$$\varepsilon = \dots \cdot 100\% \text{ болғанда } v = v_{орт} \pm \Delta v_{орт}.$$

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	Альгаир	19 ^h 49'	+08°48'
α –Сарышаян	Антарес	16 ^h 28'	–26°23'
α –Сиыршы	Арктур	14 ^h 14'	+19°19'
α –Орион	Бетельгейзе	05 ^h 53'	+07°24'
α –Лира	Вега	18 ^h 36'	+38°47'
α –Акқу	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	Темірказық	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
Мыс	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

3-кесте. Химиялық элементтер мен элементар бөлшектер
изотоптарының атом массалары

Изотоп	Атом массасы, м.а.б.	Атом массасы, МэВ
${}_{-1}^0e$	0,00055	0,511
${}_{1}^1p$	1,00728	938,26
${}_{0}^1n$	1,00866	939,55
${}_{1}^1H$	1,00783	938,26
${}_{1}^2H$	2,01410	1875,58
${}_{1}^3H$	3,01543	2808,87
${}_{2}^3He$	3,01605	2809,45
${}_{2}^4He$	4,00260	3728,42
${}_{3}^6Li$	6,01512	5601,42
${}_{3}^7Li$	7,01600	6533,72
${}_{3}^8Li$	8,02065	7471,24
${}_{4}^6Be$	6,01738	5605,19
${}_{4}^7Be$	7,01457	6534,07
${}_{4}^8Be$	8,02168	7472,20
${}_{4}^9Be$	9,01219	8394,85
${}_{5}^9B$	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	Қауіпсіз период
Сутегі-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
Криптон-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

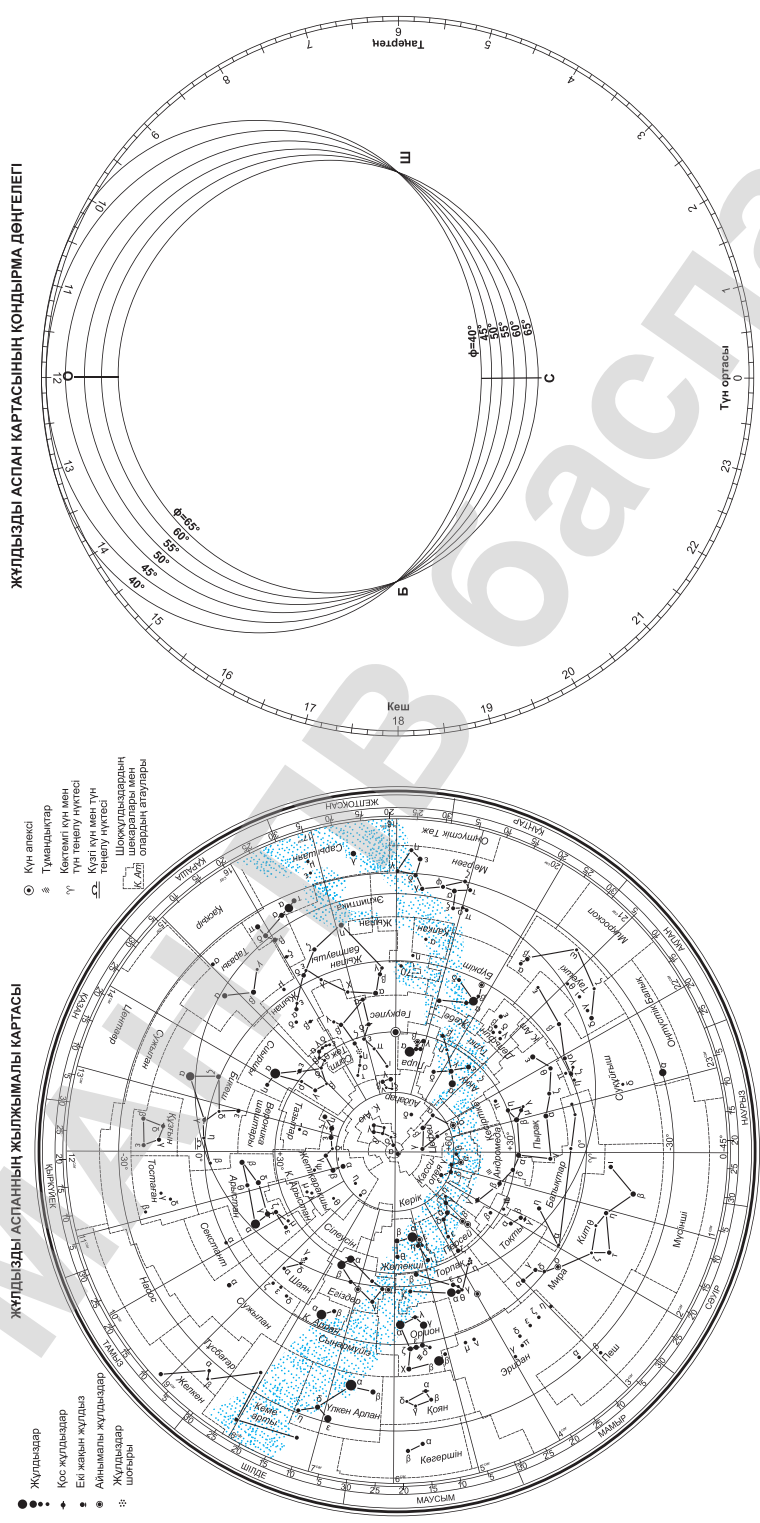
5-кесте. Күн, Жер және Ай туралы мәлімет

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							
Α α	альфа	Ι ι	йота	Ρ ρ	ро	Α α	а	Ј ј	жи	Ѕ ѕ	эс
Β β	бета	Κ κ	каппа	Σ σ	сигма	В в	бе	К к	ка	Т т	тэ
Γ γ	гамма	Λ λ	лямбда	Τ τ	тау	С с	це	L l	эль	U u	у
Δ δ	дельта	Μ μ	мю	Υ υ	ипсилон	D d	де	M m	эм	V v	вэ
Ε ε	эпсилон	Ν ν	ню	Φ φ	фи	Е е	э	N n	эн	W w	дубль-вэ
Ζ ζ	дзета	Ξ ξ	кси	Χ χ	хи	F f	эф	О о	о	X x	икс
Η η	эта	Ο ο	омикрон	Ψ ψ	пси	G g	же	P p	пэ	Y y	игрек
Θ θ	тета	Π π	пи	Ω ω	омега	H h	аш	Q q	ку	Z z	зет
						I i	и	R r	эр		

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. $8,5 \cdot 10^{26}$ 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_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. $16 \frac{кг \cdot м}{с}$; $48 \frac{кг \cdot м}{с}$; 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; π/2, 3π/2, 5π/2.
- 25-жат. 1. 2,8 Дж; 3,8 м/с. 2. 12 есе 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. $56,7 \frac{кВт}{м^2}$. 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. 4_2He . 2. ${}^{215}_{84}Po$.
- 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. ${}^{239}_{92}U$. 2. ${}^{239}_{94}Pu$.
- 40-жат. 1. 4,35 МэВ; 17,3 МэВ бөлінеді.

Үй жаттығуларының жауаптары

- 1-үй жат. 1. Иә, егер қарсы бағытта эскалатор жылдамдығымен қозғалса. 2. 20 м/с. 3. 0,1 сағ.
- 2-үй жат. 1. 620 м; 20° солтүстікке қарай. 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. 3. 60.
- 7-үй жат. 1. 0,006 м/с². 2. 25 м/с². 3. 2 м.
- 8-үй жат. 1. $7,8 \cdot 10^{13}$ м. 2. 39.
- 10-үй жат. 1. Нұр-Сұлтан үшін 47°40'; Алматы үшін 55°37'. 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/с². 3. 2,4 м/с².
- 16-үй жат. 2. 5 Н. 3. 0,25 м/с²; 0,2 м/с².
- 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 км/с; 96,5 мин.
- 20-үй жат. 1. 9,8 кг. 2. $14 \frac{кг \cdot м}{с}$, $20 \frac{кг \cdot м}{с}$, 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 с; 0,8 Гц. 2. 0,2 м; 4 с; 0,25 Гц; π/2; π; 2π; 3π.
- 25-үй жат. 1. 0,244 м/с.
- 26-үй жат. 1. 4 кг. 2. 18 см; 50 см.
- 27-үй жат. 1. Жоқ. 2. 15 Гц; 1/15 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 есе. 2. 2 есе. 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 есе артық. 2. Пайда болады, тұтастай әйнекке жұтылады. 3. $3,1 \cdot 10^{-12}$ м.
- 35-үй жат. 1. ${}^{235}_{92}U$. 2. ${}^{224}_{88}Ra$.
- 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 есе.
- 39-үй жат. 2. ${}^{94}_{40}Zr$.
- 40-үй жат. 1. 2,2 МэВ. 2. 17,3 МэВ.

Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ ЖАСАҒАН ХИМИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ПЕРИОДТЫҚ ЖҮЙЕСІ

Период	Катарлар	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	1	H 1,008	Li 6,941	Be 9,012	B 10,811	C 12,011	N 14,007	O 15,999	F 18,998	Ne 20,179					
2	2	Na 22,990	Mg 24,305	Al 26,981	Si 28,086	P 30,974	S 32,064	Cl 35,453	Ar 39,948						
3	3	K 39,098	Ca 40,08	Sc 44,956	Ti 47,88	V 50,941	Cr 51,996	Mn 54,938	Fe 55,847	Co 58,933	Ni 58,70				
4	4	Cu 63,546	Zn 65,38	Ga 69,72	Ge 72,59	As 74,922	Se 78,96	Br 79,904	Kr 83,80						
5	5	Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,906	Zr 91,22	Nb 92,906	Mo 95,94	Tc 98,906	Ru 101,07	Rh 102,905	Pd 106,42				
6	6	Cs 132,905	Ba 137,33	La 138,905	Hf 178,49	Ta 180,94	W 183,85	Re 186,207	Os 190,2	Ir 192,22	Pt 195,09				
7	7	Fr [223]	Ra 226,025	Ac [227]	Pb 207,2	Bi 208,980	Po [209]	At [210]	Rn [222]						
8	8	Pr 140,908	Nd 144,24	Pm [145]	Sm 150,4	Gd 157,25	Tb 158,925	Dy 162,50	Ho 164,930	Er 167,26	Tm 168,934	Yb 173,04	Lu 174,967		
9	9	Th 232,038	Pa 231,036	U 238,029	Np 237,048	Pu [241]	Am [243]	Cm [247]	Bk [247]	Cf [251]	Es [251]	Fm [257]	Md [258]	No [259]	Lr [261]

Элементтің таңбалары мен атомдық нөмірі

Атомдық массасы

Элемент аты

Элементтің электрондық конфигурациясы

СКАНДИЙ
44.956

Sc 21

s-элементтер

p-элементтер

d-элементтер

f-элементтер

I энергиялық деңгей K

II энергиялық деңгей L

III энергиялық деңгей M

IV энергиялық деңгей N

V энергиялық деңгей O

VI энергиялық деңгей P

VII энергиялық деңгей Q

9

ФТОР
18,998

Жай заттар түсірін элементтердің – білімталардың реттік нөмірі торда жазылған.

Mo 42

МОЛИБДЕН
95,94

Оқулықтың авторы, редакторы мен дизайнерінің есімі мен таңбалары мен нөмірі белгіленген.

Na 11

НАТРИЙ
22,990

Жай заттар түсірін элементтердің – металдардың реттік нөмірі таңбалары мен белгіленген.

Пәндік көрсеткіш

- Абсолюттік жұлдыздық шама 56
 Абсолют кара 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 ғарыштық жылдамдық 115
 Вектордың проекциясы 16
 Гармониялық тербелістер 144
 Горизонталь параллакс 75
 Дене импульсі 120
 Денелердің тұйық жүйесі 122
 Дененің салмағы 107
 Динамика 81
 Дыбыс 175
 Еңістік 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
 Қисықсыздықты қозғалыс 38
 Лездік жылдамдық 41
 Массалар ақауы 220
 Материялық нүкте 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 түтікше 204
 Салмақсыздық 109
 Спектр 213
 Спектрлі анализ 216
 Сызықты спектр 214
 Сындық масса 230
 Тепе-теңдік күйі 143
 Тербелмелі жүйе 143
 Тербелмелі контур 165
 Тербелмелі қозғалыс 142
 Термоядролық реакция 233
 Толқын ұзындығы 173
 Толық механикалық энергия 135
 Тұзу сызықты теңайнымалы қозғалыс 21
 Тізбекті ядролық реакция 229
 Тік шарықтау 59
 Үзіліссіз немесе тұтас спектр 213
 Үдеу 20
 Фотон 195
 Фотоэлемент 199
 Фотоэффект 195
 Фотоэффектінің қызыл шекарасы 198
 Циклдік жиілік 145
 Шығу энергиясы 235
 Шоқжұлдыз 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: Ы.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. Уилкоккс «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 | 15. www.blogodisea.com |
| 2. pdd.adrive.by | 16. almatyregion-tour.kz |
| 3. sputniknews.kz | 17. ke.kz |
| 4. www.shyu.ru | 18. too-kpa.kz |
| 5. vse.kz | 19. neurodoctor.ru |
| 6. skisite.kz | 20. www.uhimik.ru |
| 7. starshop.kz | 21. secrets-world.com |
| 8. www.kakprosto.ru | 22. ellhnkaichaos.blogspot.com |
| 9. www.voxpopuli.kz | 23. alltheworldstokamaks.wordpress.com |
| 10. spacegid.com | 24. www.energovector.com |
| 11. turbina.ru | 25. www.svoboda.org |
| 12. vesti.kz | 26. metalmininginfo.kz |
| 13. www.altyn-orда.kz | |
| 14. images2.popmeh.ru | |

Мазмұны

Алғы сөз	4
1-ТАРАУ. Кинематика негіздері.....	5
§ 1. Механикалық қозғалыс.....	6
§ 2. Векторлар және оларға амалдар қолдану. Вектордың координата осьтеріндегі проекциялары.....	12
§ 3. Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс. Үдеу.....	19
§ 4. Түзу сызықты теңайнымалы қозғалыс кезіндегі жылдамдық пен орын ауыстыру.....	25
§ 5. Денелердің еркін түсуі. Еркін түсу үдеуі.....	32
§ 6. Қисықсызықты қозғалыс, материялық нүктенің шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалысы. Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар.....	38
§ 7. Центрге тартқыш үдеу.....	44
2-ТАРАУ. Астрономия негіздері.....	51
§ 8. Жұлдызды аспан.....	52
§ 9. Аспан сферасы, аспан координаталарының жүйесі.....	58
§ 10. Әртүрлі географиялық ендіктегі аспан шырақтарының көрінерлік қозғалысы, жергілікті, белдеулік және бүкіләлемдік уақыт.....	64
§ 11. Күн жүйесіндегі планеталардың қозғалыс заңдары.....	70
§ 12. Астрономияда арақашықтықты параллакс әдісімен анықтау.....	75
3-ТАРАУ. Динамика негіздері.....	81
§ 13. Ньютонның бірінші заңы, инерциялық санақ жүйелері.....	82
§ 14. Механикадағы күштер.....	87
§ 15. Ньютонның екінші заңы, масса.....	92
§ 16. Ньютонның 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 теңдеуі.....	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 құрылысы, 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 құрылысы	212
7-ТАРАУ. Атом ядросы	217
§ 37. Ядролық өзара әрекеттесу, ядролық күштер. 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. Термиядролық реакциялар. Радиоизотоптар, радиациядан қорғану	233
§ 41. Элементар бөлшектер	239
Қорытынды. Әлемнің 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 Теңүдемелі қозғалыс кезіндегі дененің үдеуін анықтау	256
№2 зертханалық жұмыс Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысын зерделеу	257
№3 зертханалық жұмыс Математикалық маятниктің көмегімен еркін түсу 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-бездіруші	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 ¹/₁₆.

Қағазы офсеттік. Қаріп түрі «Times New Roman». Офсеттік басылыс.

Шартты баспа табағы 21,93. Таралымы 50000 дана.

Артикул 809-008-001к-19