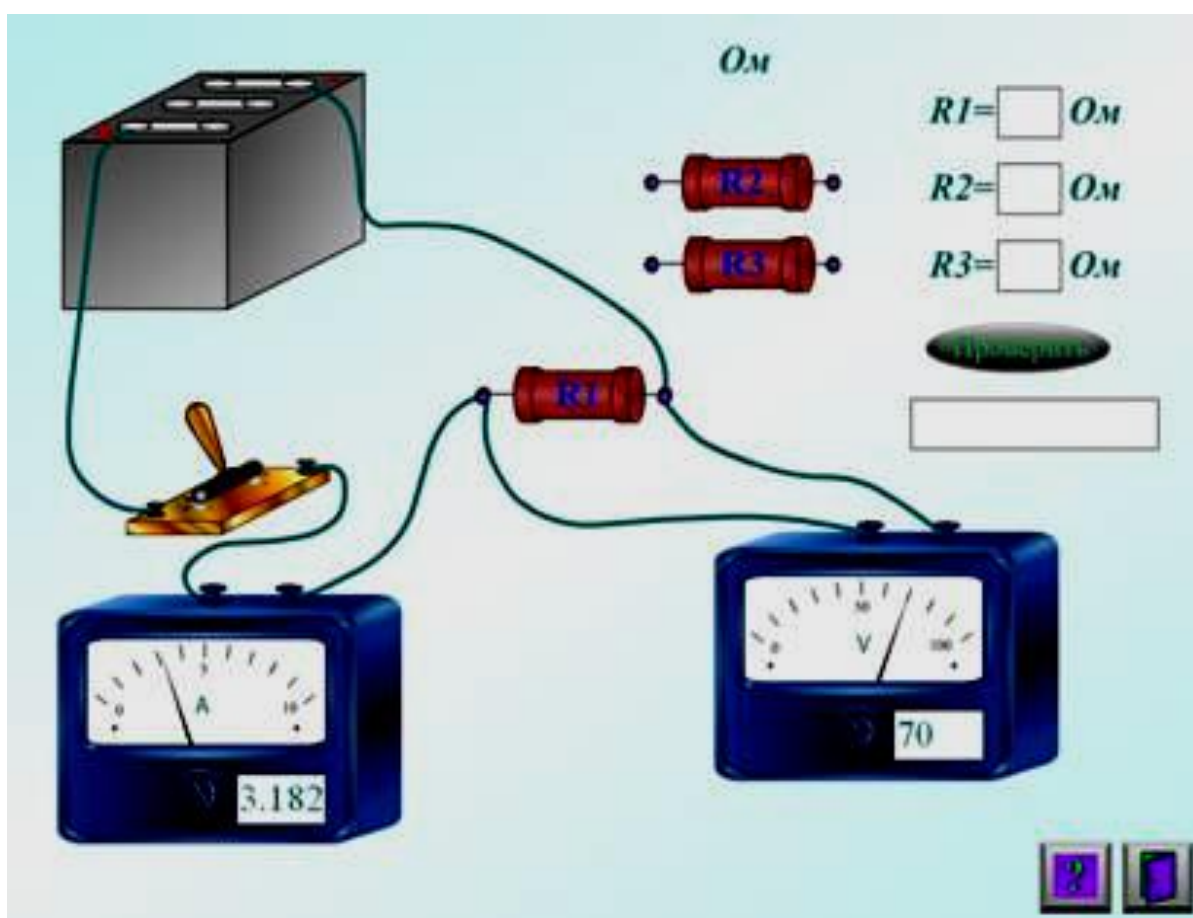


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Ш.ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ

ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТЫ

Т.С.НҰРБАТЫРОВА, З.Р.ҚОСБАЕВА

ВИРТУАЛЬДЫ ФИЗИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТТЕР
ЖӘНЕ ОРЫНДАУ ӘДІСТЕМЕСІ



АҚТАУ, 2010

УДК 53(075.8)

ББК 22.

Н86

Пікір жазғандар: Ахметов А.Қ. – педагогика ғылымдарының докторы,
профессор

Қаламқалиев М.Қ. – педагогика ғылымдарының докторы, профессор

Т.С.Нұрбатырова, З.Р.Қосбаева

Виртуальды зертханалық жұмыстарды орындау әдістемесі. Физика бакалавр мамандығының студенттеріне арналған оқу құралы, Ақтау қаласы, Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің баспасы, 2010 жыл, 91бет.

Оқу құралы физика мамандығында оқитын студенттерге «Физиканы оқыту әдістемесі» пәні бойынша кредиттік оқу жүйесіне арналып дайындалған. Бұл оқу құралында мектептегі техникалық эксперименттер пәні бойынша зертханалық және демонстрациялық эксперименттерді оқып үйрену және орындау әдістемелері типтік оқыту бағдарламасына сай дайындалған.

Баспаға Ш.Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің оқу-әдістемелік кеңесі ұсынған.

ISBN 978-601-7276-48-5

© Ш. Есенов атындағы КМТЖИУ

К І Р І С П Е

2005-2010 жылдары білім беруді дамытудың ірі мемлекеттік бағдарламасы жүзеге асырылды.

Еліміздің бәсекеге қабілетті елдер арасынан табылу жолында алға қойып отырған мақсаттарына жетуде білімді азаматтардың да алатын үлесі зор екені айтпаса да түсінікті. Қазіргі заманға сай экономикалық жетістіктерге қол жеткізу үшін техникалық білімі жоғары мамандардың аса қажет екенін, ғылыми-техникалық прогресс жетістіктерінен қалыс қалмау үшін техникалық тұрғыдан терең ғылыми зерттеулер жасау қажеттілігі күн санап өсіп келе жатқанын күнделікті өмір көрсетіп отыр. Олай болса, техника саласының білікті мамандарын дайындауға бүгінгі күні мектеп қабырғасында оқушылардың жаратылыстану пәндерін меңгеру сапасы ықпал ететінін айта кеткен жөн. Жаратылыстану пәндерінің бірі ретінде физика пәнін жан-жақты түсіне отырып, меңгеру оқушыларға көптеген ғылыми-техникалық жетістіктерді өз беттерінше игеріп, келешекте зерттеулер жасай білуге жол ашады.

Физика - эксперименттік ғылым, сондықтан физикалық құбылыстарды эксперименттер арқылы оқушыға жеткізу өзінің тиімділігін көрсетті.

Мектепте физикадан берілетін білім сапасын жетілдірудің бірден-бір жолы білімді және білікті маман дайындау. Осы мақсатта дайындалған бұл оқу құралында студенттердің физиканың механика, молекулалық физика, электростатика бөлімдері юойынша орындалатын зертханалық жұмыстарды орындау әдістемелері жан-жақты қарастырылған.

Оқу құралы жоғары оқу орындарының студенттері мен мектеп мұғалімдері үшін тиімді оқу құралы болары анық.

Виртуальды физикалық эксперимент

Қазіргі кезеңде ғылыми-техникалық прогрессті жеделдетудің ең маңызды шарттарының бірі – адам қарекетінің барша саласында жетілдірілген әмбебап есептеу техникаларын қолдану басым болып отыр. Осыған байланысты электронды есептегіш машиналарды қолдану саласының кеңеюі, болашақта әрбір адамнан ЭЕМ-мен жұмыс жасай білуді талап етеді.

Міне, сондықтан оқушылар бойында ЭЕМ-ді пайдалану дағдысын қалыптастыру үшін, барлық пәндер мен сабақтарда да компьютерді жан-жақты пайдаланған жөн. Мысалы, физикадағы жаңа материалды меңгеру сабағында, зертханалық жұмыс орындауда, есептер шығару сабақтарында, тақырып пен тарауды оқуды аяқтау кезіндегі қайталау сабақтарында, білімді тексеру сабақтарында ЭЕМ кеңінен қолданыс таба алады.

Сонымен қатар, соңғы жылдары оқу әдістемесіне енгізілген физикалық эксперименттерді компьютермен орындалатын арнайы бағдарлама арқылы моделдеу, оқушылардың эксперименттерді қолдарымен жасағанындай болмаса да, приборды танып білуіне, оның қолданылу деңгейін біліп жұмыс істеуінде маңызды рөл атқаруда. Физикалық құбылыстар мен заңдылықтардың нақтылығына көз жеткізуде эксперимент оның ішінде әсіресе зертханалық жұмыстың орны бөлек. Зертханада физикалық приборлар жоқ болған жағдайда компьютер арқылы орындалатын виртуальды эксперименттердің де алатын орны ерекше екені күні бүгін дәлелденіп отыр. Виртуальды эксперименттер де оқушылардың іскерлік дағдыларын қалыптастырып, шығармашылық қабілетін дамытуға көмектеседі.

Ғылым ғасырының табалдырығынан аттағалы тұрған қазіргі таңда компьютер өмірдің барлық саласына кеңінен енуде. Қазір компьютер өндірісімен айналысатын фирмалар оқу орындарында қолданылатын түрлі бағдарламаларды әзірлеу үстінде. Бағдарламаларда көрініс, дыбыс анимация сияқты ерекшеліктерге көбірек мән беріледі. Компьютер бағдарламасы орынды қолданған жағдайда оқушыларға театр, кино, мультфильм сияқты әсер етіп, берілген ақпараттарды бекітуде маңызды роль ойнайды. Оқыту жүйесінде компьютерді енгізбеген оқу орындары көп ұзамай заман талабына ілесе алмайтыны сөзсіз. Оқу арқылы ақпараттың 10% -і, тыңдау арқылы 20%-і, егер тыңдау көрнекті құралмен ұштастырылса 40-50%-і, оқыту процесінде оқушы белсенділігін артыратын мүмкіндіктер жасалса білімінің 70%-і есте сақталады. Нағыз өмір шындығымен ұштастырылған ақпараттың бала ойында қалу дәрежесі 90%. Олай болса бір мәліметті есте сақтау қолданылған әдіс-тәсілге байланысты. Компьютер арқылы түрлі графиктер, суреттер, видеокөріністер, дыбыс және музыка тыңдатып көрсетуге болады. Бұл, әрине, мұғалімнің тақтаға жазып түсіндіргенінен әлдеқайда тиімді әрі әсерлі. Мұғалімдер сабақта ауызша өз мәнінде меңгертілуі қиын ұғымдарды компьютердің көмегімен оқушыларға ұғындырса, бұрынғыға қарағанда әрбір жаңа тақырыпқа деген баланың құштарлығы мейлінше көп оянады. Мәселен, қазіргі заман талабына сай мультимедиялық компьютердің ғажайып мүмкіндіктерін қолдануға болатын оқу әдістемелік құралдардың бірі - «IC: Репетитор. Физика»

бағдарламасын физика сабағында пайдаланудың маңызы өте зор. Себебі, бұл әдістемелік құралдың құрылымы мынадай. Оқушы мектеп бағдарламасындағы физиканың кез-келген бес негізгі тарауларының бірімен (механика, молекулалық физика, электрлік және магниттік құбылыстар, электромагниттік толқындар және оптика, салыстырмалық теория және кванттық физика) жұмыс істеуіне мүмкіндік бар. Әрбір тараудан оқушы мынадай мәліметтерді жеңіл және шұғыл түрде таба алады:

1. Тақырыпты формуласымен бірге түсіндіретін мәтіндер (ең қажетті материалдар нақты, қысқа түрде жазылған);

2. Тақырыпқа қатысты суреттер мен графиктер және компьютерлік анимация элементтері;

3. Физикалық заңдылықтардың дұрыстығына көз жеткіздіру, формулалардың параметрлерін өзгерту арқылы оқушымен өзара әсерлесуінің міндетті элементі және экранда осы өзгерістердің нәтижесін бірден қадағалу, зерттеу;

4. Физика ғылымының дамуына ерекше үлесін қосқан ұлы ғалымдардың өмірі туралы мәліметтер;

5. Тақырып материалдарын меңгеруге арналған тестер (бірінші тестің толық шешімі үлгі ретінде көрсетілген, ал екінші тестің тек жауабы ғана берілген);

6. Тақырып бойынша есептер (бірінші есептің толық шешілу жолы көрсетілген, ал екіншісі үшін тек жауабы берілген);

7. Бірліктің жүйесі, негізгі физикалық тұрақтылар, физикалық шамалардың сандық мәндерінің кестесіне қатысты анықтамаларды кез-келген мезетте алу мүмкіндігі;

8. Физиканың негізгі формулалары жөнінде кеңес беретін көмекшіңді дер кезінде шақыру мүмкіндігі;

9. Мектеп курсындағы математиканың негізгі формулаларының анықтамасы;

10. Калькуляторды шақыру мүмкіндігі;

11. Физика курсы бойынша әрбір тарауға күрделілігі жөнінен үш деңгейге бөлінген қорытынды тестер мен есептер.

Сонымен қатар бұл әдістемелік құралда кейбір физикалық эксперименттердің видеокөріністері орын алған. Әрбір экспериментте компьютерлік анимациялар, графиктер, сандық нәтижелер көрсетілген. Компьютерлік эксперименттің параметрлерін өзгертіп және нәтижелерін бақылай отырып, оқушы әрбір экспериментке интерактивті физикалық зерттеулер жүргізе алады. Видеокөріністер сабақты қызықты етіп жандандыра түседі. Мұндай бағдарламалардағы белсенділік оқушыларды пассивтіктен құтқарады. Бұл тәсіл арқылы оқушылардың өзі белсенді жеке жұмыс істей алады. Оқушының жеке жұмысын жеңілдетіп, тек қана алғашқы сәтте жол көрсетушілік жасауды қажет етеді. Сонда мұғалім оқушылардың өзіндік жұмысына бағыт беріп оны бақылаушы, технологиялық аппаратты басқарушы болады. Мұндай мұғалім белсенділігі кеміп, оқушы белсенділігі артады. Уақытты пайдалану да тиімді.

Электрондық оқулықтар мен компьютерлік оқу-әдістемелік құралдарды өз дәрежесінде қолдануды үйренген студенттер зерттеуге құштар, дүниені аз уақытта танып білетін, байланыс туралы жеткілікті меңгерген технология саласының білгірі болады. Сондықтан оқу сапасына жағымды әсер ететін компьютерлік оқыту жүйесін физика сабағында пайдалану студенттердің физикаға деген қызығушылығын арттырудың және сабақтың қарқынын күшейтудің мықты құралы болып табылады.

Бағдарлама физиканың негізгі бөлігі механиканы оқып үйрену үшін қажетті көмекші құрал. Осы электрондық оқу құрамы түрінде жасалған және екі негізгі бөліктен тұрады.: демонстрациялар және зертханалық тәжірибелер. «Демонстрациялар» бөлігінде тәжірибелердің мәтіндік түсіндірмелері және сәйкес құбылыстардың бейнежазбасы келтірілген. Оқушылар әрбір тәжірибелерді, экраннан нақты жағдайда қалай болатынын түсіндірмелермен көре алады.

Осындай жеті демонстрация бар:

1. Ауырлық күші өрісіндегі қозғалыстың тәуелсіздігі.
2. Серпімді және серпімсіз соқтығысулар, импульстің сақталу заңдарын демонстрациялау.
3. Потенциалдық шұңқырдағы қозғалыс.
4. Дене инерттілігінің байқалуы.
5. Галилей маятнігі – механикалық энергияның сақталу заңдарын демонстрациялау.
6. Ауа көпіршігімен арбаның әсерлесуі (аз үйкеліспен).
7. Көлбеу жазықтықпен дененің түсуі (инерттілік қасиет және айналмалы қозғалыстың ерекшеліктері).

«Зертханалық жұмыстар» бөлімінде алты тәжірибенің түсіндірмелері мен бейне таспалар келтірілген:

1. Атвуд машинасы (Ньютон заңдарын тексеру).
2. Математикалық маятник (Тербеліс заңдары).
3. Серіппедегі жүктер (серпімділік күштері мен тербелістер).
4. Көлбеу жазықтықпен үйкеліспен түсу.
5. Көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз түсу.
6. Көлбеу жазықтықпен дененің тербелуі.

Әрбір тәжірибе нақты зертханалық жағдайларда орындалған, бейнетаспаға түсіріп алынған тәжірибелерден тұрады. Оқушылар қондырғының параметрлеріне сәйкес шамаларды таңдай отырып, әртүрлі құбылыстарды бақылауға және соған сандық талдау жасай алады.

Әрбір тәжірибе кем дегенде үш рет алғашқы шамалармен жасалып және бейнетаспаға түсірілген. Бұл қателіктерді көруге және есептеуге мүмкіндік жасайды. Бағдарламада тәжірибелердің 150 сюжеті келтірілген.

Бағдарламаның негізгі ерекшелігі, физикалық құбылыс моделденбейді, нақты тәжірибелердің бейнетаспасы көрсетіледі. Бұл оқушыларға құбылыстарды өмірдегідей көруге мүмкіндік жасайды.

Осындай бағдарламаның мақсаты, құбылыстардың физикалық моделін өзбетімен таңдауға және оны нақты жағдайға сәйкес жетілдіруге үйрету.

I – ТАРАУ
МЕХАНИКА
§1. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР
1.1. Зертханалық жұмыс. Атвуд машинасы

1. Қысқаша теория

Атвуд машинасындағы жүктердің ауырлық күшінің әсерінен қозғалысы Ньютон заңдарына бағынады. Біз жүктердің машиналармен салыстырғанда жіптің, блоктың массаларын ескермейміз. Сонымен қатар, жүк қозғалысының ауадағы кедергі күшін және блок өсіндегі үйкеліс күшін ескермейміз. Сонда әрбір жүкке шамалары бірдей екі күш әсер етеді, олар ауырлық және тартылыс күштері.

Массасы M болатын сол жақтағы жүк үшін, қозғалыс бағытының проекциясында жазылған Ньютонның екінші заңы:

$$M \cdot a = T - M \cdot g \quad (1)$$

Оң жақтағы жүк үшін:

$$(M + m) \cdot a = (M + m) \cdot g - T \quad (2)$$

Мұндағы M -жүктердің массасы;

m - оң жақтағы жүкке салынған сақинаның массасы;

a - жүктің үдеуі;

g – еркін түсу үдеуі;

T – жіптің тартылу күші.

(1) және (2) теңдеулерді үдеуге қатысты шешеміз

$$a = g \cdot \frac{m}{2M + m} \quad (3)$$

Бұл жерден жүктердің қозғалысы бірқалыпты үдемелі болатынын көреміз.

Жолдың алғашқы бөлігі a тұрақты үдеумен және нөлге тең алғашқы жылдамдықпен жүретін дененің S жолы:

$$S = \frac{v^2}{2a} \quad (4)$$

Мұндағы v - S жолдың соңындағы жылдамдық.

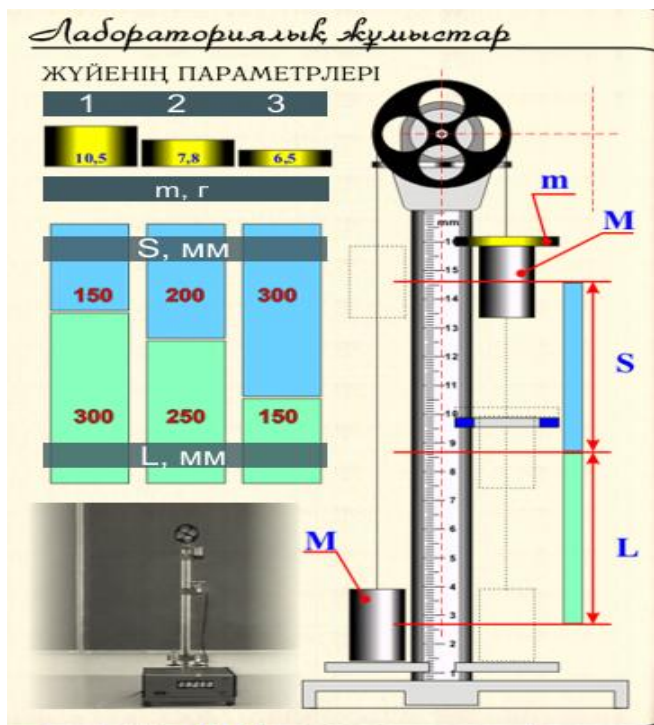
Сақинаны алып тастағаннан кейін, дене жолдың екінші L бөлігін тұрақты v жылдамдықпен жүреді. Жолдың бұл бөлігіндегі t уақыт келесі түрде анықталады:

$$t = \frac{L}{v} \quad (5)$$

Тәжірибелік қондырғы, дененің L бөлікті бірқалыпты қозғала отырып, t жүріп өту уақытын өлшеуге мүмкіндік тудырады.

Егер бөліктің L ұзындығы белгілі болса, онда (5)-ші формуладан S жолдың шетіндегі соңғы жылдамдықты есептеуге болады:

$$v = \frac{L}{t} \quad (6)$$



1. Тапсырма.

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезіндегі (4) жүрген жолдың соңғы жылдамдыққа байланыстылығын тексеру және жүк қозғалысының үдеуін анықтау.

Қосымша сақиналардың массаларын өзгертпей (мысалы 6,5г), ал S арақашықтықты өзгерте отырып (150 мм, 200мм, 300 мм), тәжірибелерді қайталаңыздар. S-тің әрбір мәні үшін, тәжірибені үш рет қайталаңыздар және бірқалыпты қозғалыстағы жүктің жүру уақытын t уақытын есептеңіздер.

Уақыттың үш мәні үшін $\langle t \rangle$ орташа мәнді және кездейсоқ қателіктерді есептеңіздер. Уақыттың орташа мәнін пайдалана отырып, әртүрлі S жолдың соңындағы соңғы v жылдамдықты есептеңіздер, және осы мәндерді кестеге жазыңыздар.

Массасы $m=6.5g$ сақинамен жасалатын тәжірибеле

S, м	L, м	$\langle t \rangle$, с	v , м/с	$\gamma = v^2$, (м/с) ²	a, м/с ²
0,15	0,3	0			
0,2	0,25	0			
0,3	0,15	0			
					$a \geq$ <

Таңдалып алынған сақинаның массасы үшін, үдеудің орташа мәнін $\langle a \rangle$ және оның абсолютті қателікті есептеңіздер. Нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$a = (\langle a \rangle \pm \Delta a) \cdot m/c^2 \quad (7)$$

тәжірибелік нүктелерді, жылдамдық квадратының $Y=v^2$ арақашықтыққа S байланысты графигіне салыңыздар. Тәжірибелік нүктелердің координата басы өтетін түзудің бойында жататынына көз жеткізіңіздер. Орташа үдеуді, графикке жүргізілген көлбеудің абсцисса өсімен жасайтын бұрышы арқылы табуға болады:

$$a = \text{tg}(\alpha)/2 \quad (8)$$

(7) және (8) формулалар арқылы табылған нәтижелерді салыстырыңыздар.

2. Тапсырма

Жүктің белгісіз M массасын анықтаңыздар.

(3)-ші формуланың қолдана отырып, жүктің M массасын жазамыз:

$$M = (m/2) \cdot (g/a - 1) \quad (9)$$

1-ші тапсырма бойынша, тәжірибелерді қайталап, массалары үш m_1, m_2, m_3 әртүрлі сақиналар үшін, жүктің үдеуін анықтаңыздар.

(9)-шы формуланы қолдана отырып, үш әртүрлі сақиналардың массаларын және сәйкес үдеулері үшін, жүктің M массасын есептеңіздер.

Жүк массасының орташа мәнін $\langle M \rangle$ және қателікті есептеңіздер.

Нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$M = (\langle M \rangle \pm \Delta M)g$$

Жасалған жұмыс бойынша қорытынды жасаныздар.

Бақылау сұрақтары.

1. Ньютонның заңдарын тұжырымданыздар және осы заңдардағы келтірілетін шамалардың физикалық мағынасын түсіндіріңіздер.

2. Еркін түсу үдеуі дегеніміз не? Оның өлшем бірлігі қандай?

3. Осы тәжірибедегі формулаларды қорытып шығару үшін қандай болжамдар жасалды?

4. Неге осы модель үшін, оң және сол жақтағы жүктер үшін, жіптің таралуы бірдей етіп алынады?

5. Неге жүктердің үдеуі (оң және сол жақтағы жүктер үшін) бірдей етіп алынады?

1.2. Зертханалық жұмыс. Математикалық маятник

1. Қысқаша теория.

Математикалық маятник деп, вертикаль жазықтықта тербеліс жасайтын, ұзын жіпке ілінген кішкентай денені айтады. «Кішкентай» деген сөз, дене өлшемінің жіптің ұзындығынан әлдеқайда кіші болатынын көрсетеді. Тепе-теңдік жағдайда, маятник тыныштықта тұрады, ал жіп вертикаль жағдайда болады. Егер маятникті тепе-теңдік жағдайынан ауытқытып жіберсек, онда ол вертикаль жазықтықта периодты қозғалыс жасайды. Бұл қозғалыс маятникке

әсер ететін күштермен сипатталады. Ауаның әсерін ескермесек, онда маятникке тек Жер мен жіп әсер етеді. Жер, вертикаль төмен бағытталған және шамасы масса мен еркін түсу үдеуінің көбейтіндісіне тең күшпен әсер етеді. Тартылыс күші жіптің бойымен, ілу нүктесіне қарай бағытталған. Тартылыс күшінің ауырлық күшінен айырмашылығы, ол ешқашан тұрақты болмайды, ол маятниктің қозғалысына қатысты өзгеріп отырады. Есептеулер осы күштердің әсерінен, маятниктің периодты тербелістер жасайтынын көрсетеді. Егер тербеліс амплитудасы аз болса, онда тербелістер гармоникалық заң бойынша болады:

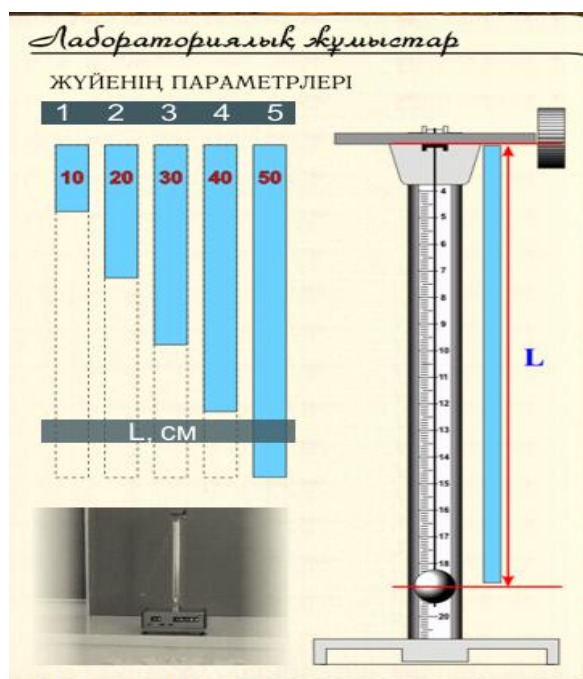
$$\alpha = \alpha_0 \cos(\omega_0 t + \varphi) \quad (1)$$

мұндағы α -жіптің ауытқу бұрышы;

α_0 -тербеліс амплитудасы(ең үлкен ауытқу бұрышы);

ω_0 -тербелістің айнымалы жиілігі;

φ - тербелістің алғашқы фазасы.



Тербеліс периоды T (толық бір тербеліс жасауға кеткен уақыт) тербеліс жиілігімен байланысты ω_0 және математикалық маятник үшін келесі формуламен анықталады:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{L/g} \quad (2)$$

Мұндағы L - маятник жібінің ұзындығы;

g – еркін түсу үдеуі.

(2)-ші формула бойынша анықталған тербеліс периодының, маятниктің массасына байланысты болмайтындығына мән беріңіздер.

(2)- ші формуланы келесі түрде түрлендіреміз:

$$Y = \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{L}{g} \quad (3)$$

Соңғы формуладан Y -тің L -ге тура пропорционалды байланысты болатынын, ал пропорционалдық коэффициент ретінде еркін түсу үдеуінің кері мәні алынатынын көруге болады.

1. Тапсырма. Математикалық маятниктің тербеліс периодының теориялық формуласын тексеру.

Тәжірибелік қондырғы тербелістің периодтар санын және осы тербелістердің толық уақытын өлшеуге мүмкіндік жасайды. Қондырғыда маятниктің ұзындығын және тербеліс амплитудасын өзгертуге болады. Біздің тәжірибелерде маятниктің ұзындығы келесі мәндерді қабылдайды: 100, 200, 300, 400, 500 мм. Таңдалып алынған жіптің ұзындығымен, әрбір тәжірибені үш рет жасаңыздар. Бұл бізге тербеліс периоды есептеу кезіндегі жіберілетін кездейсоқ қатені табуға мүмкіндік береді.

Бұл эксперименттен тұратын тәжірибені пайдалана отырып, әрбір таңдалып алынған маятниктің ұзындықтары үшін, он тербелістің уақытын өлшеңіздер. Он тербеліс жасауға кеткен уақытты 10-ға бөліп, тербеліс периоды аласыздар. Өлшенген және есептелген мәндерді кестеге енгізіңіздер.

Маятниктің әрбір ұзындығы үшін, тербеліс периодының орташа мәнін және өлшеудің қателерін анықтаңыздар:

$$T = (\langle T \rangle \pm \Delta T)с$$

Жіптің әрбір L ұзындығы үшін келесі шаманы есептеңіздер:

$$Y = \langle T \rangle^2 / (4\pi^2)$$

Осы шамаларды бөлек кестеге есептеңіздер.

Шамаларды кестеге Y -тің L -ге байланысты графигін салыңыздар. (3)-ші теориялық формула, осы шамаларға тура пропорционалды байланыста болатынын көрсетеді. Координата басы арқылы өтетін түзу сызық жүргізеді және тәжірибелік нүктелер осы түзуге жақынырақ орналассын. Теориялық тұжырым орындалады ма?

2. Тапсырма. Еркін түсу үдеуін анықтау

(1)-ші формуланы пайдаланып, еркін түсу үдеуі табылады. Ол үшін оны келесі түрде түрлендіреміз:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad (4)$$

1-ші тапсырма бойынша алынған, маятниктің әртүрлі жиындықтары үшін, тербелістің орташа периодының тәжірибелік мәндерін біле отырып, (4)-ші формула бойынша g -ді есептеңіздер.

Еркін түсу үдеуінің орташа мәнін және өлшеудің абсолютті қателігін анықтаңыздар.

Нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$g = \langle g \rangle \pm \Delta g) m/c^2 \quad (5)$$

(1)-ші тапсырма бойынша алынған, Y-тің L-ге байланысты графигіне, g -ді түзу сызықтың ордината өсіне α көлбеулік бұрышының тангенісі бойынша анықтаңыздар:

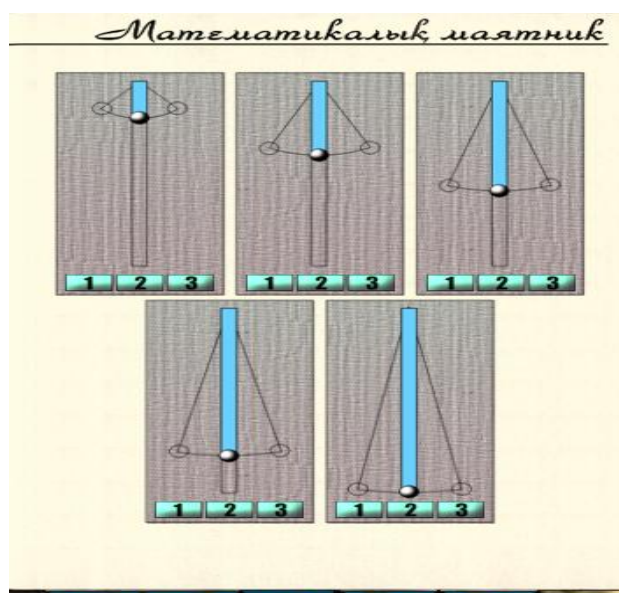
$$g = L/Y = \text{tg} \alpha \quad (6)$$

(5)-ші формула бойынша алынған еркін түсу үдеуі мен графикалық әдіс бойынша алынған (6) мәндерді салыстырыңыздар.

Алынған шамаларды кестелік мәнмен салыстырыңыздар.

Бақылау сұрақтары.

1. Математикалық маятник дегеніміз не?
2. Маятниктің қозғалысын анықтау үшін қандай күштерді ескереді?
3. Математикалық маятниктің тербеліс периодын есептеу үшін қандай жуықтаулар қолданылады?
4. Математикалық маятник қозғалысының сипаттамалары?
5. Математикалық маятникті қолдана отырып, графикалық әдіспен еркін түсу үдеуін есептеудің негізі неде?



1.3 Зертханалық жұмыс. Серіппедегі жүк

1. Қысқаша теория.

Жердің ауырлық күшінде, серіппеге ілінген жүк серіппелі маятникті құрайды. Серпімділік күші серіппенің деформациясына байланысты (егер деформация үлкен болмаса және серіппеміз серпімді материалдан жасалса) :

$$F = -k \cdot x, \quad (1)$$

мұндағы F - серпімділік күші ;

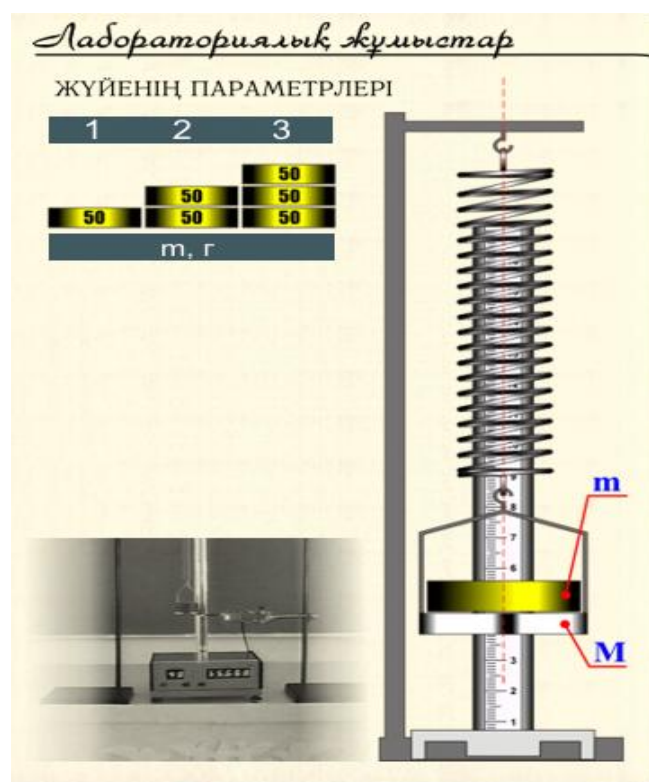
x - серіппенің деформациясы ;

k – серіппенің қатандық коэффициенті .

(1) – ші формуладағы теріс (минус) таңбасы серпімділік күшінің бағыты, деформацияға қарсы бағытталатындығын көрсетеді. Серіппенің қатаңдық коэффициенті материалмен және серіппенің параметрлерімен сипатталады. Теориялық есептеулер, серіппелдегі жүктің тербеліс периоды T , жүктің m массасы және серіппенің қатаңдық коэффициентімен k анықталатындығын көрсетеді:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2)$$

Бұл жағдайда, Жердің тартылыс күші тербеліс периодына ешқандай әсерін тигізбейді.



2. Тәжірибелік қондырғы.

Қондырғы ілінген ыдысы бар серіппеден тұрады. Ыдысқа жүктерді салуға болады. Электрондық уақытты өлшеуіш датчиктің жарық сәулелерін қиып өтетіндей, ыдысқа металл пластинка (жолак) бекітілген. "Жіберу" ("Пуск") батырмасын басқан кезде, уақытты өлшеуіш, тербелістің толық уақытын (секундпен) және периодтар санын анықтайды. "Тоқтат" ("Стоп") батырмасын басқан кезде есептеу тоқтайды.

Қондырғы 50г-дық үш және екі массалары белгісіз жүктерден тұрады.

3.Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты,серіппелі маятниктің тербеліс периодын анықтайтын формуланы тексеру, серіппенің қатандық коэффициентін және екі жүкпен ыдыстың белгісіз массаларын анықтау. Бұл есепті шешу үшін, біз графикалық әдісті қолданамыз.

(2) – ші формуланы басқа түрде жазамыз:

$$Y = \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{1}{k} \cdot m \quad (3)$$

бұл жерден көріп отырғанымыздай, Y шамасы массаға m тура пропорционал. Қатандық коэффициентін k кері шамасы, пропорционалдық коэффициент болып табылады. Сонымен, егер (2) – ші байланыс дұрыс болса, онда Y – тің m – ға байланысты графигінде, тәжірибелік нүктелер координата басы арқылы өтетін түзудің бойында жатады. Осы түзудің ордината өсіне көлбеуінің тангенс бұрышы, сан жағынан, серіппенің қатандық коэффициентіне

k тең: $k = \frac{\Delta m}{\Delta Y}$

Сонымен қатар, тәжірибелік нүктелермен жүргізілген осы түзу арқылы дененің белгісіз массаларын табуға болады.

Төмендегі жағдайлар бойынша,серіппелі маятниктің тербеліс периодын есептеңіздер:

- 1.Серіппеде тек ыдыс орналасқан.
- 2.Ыдысқа 50г-дық жүк салынған.
- 3.Ыдысқа 100г-дық жүк салынған.
- 4.Ыдысқа 150г-дық жүк салынған.
- 5.Ыдысқа бірінші белгісіз жүк салынған.
- 6.Ыдысқа екінші белгісіз жүк салынған.

Орташа мән мен өлшеудің қателіктерін табу үшін, таңдап алынған массалармен тербеліс периодын есептейтін тәжірибені бес реттен қайталаңыздар.

Барлық шамаларды кестеге жазыңыздар.Кестеде келесі бағаналар болсын:таңдап алынған массалардың 10 тербеліс периодының уақыты,тербеліс периоды T және белгілі тербеліс периоды бойынша (3)-ші формула арқылы есептелген Y шамасы.

Абсцисса өсінде серіппеге бекітілген массаларды, ал ордината өсінде тербеліс периодына байланысты Y- тің шамаларын алып график салыңыздар.

Жоғарыда көрсетілген 1,2,3,4 жағдайларға сәйкес, тәжірибелік нүктелерді графикке салыңыздар. Абсцисса өсінен алынған белгілі бір нүкте, бос ыдыстың массасы m_0 (1-ші жағдай) ретінде алынады. Келесі нүкте (2-ші жағдай), абсцисса өсімен алдыңғы мәннен 50г. Жылжыйды ($m_1=m_0+50г.$) келесі нүкте тағы да 50г. жылжыйды ($m_2=m_0+100г.$) және т.с.с. ордината өсіне Y-тің сәйкес мәндері салынады.

Осы төрт тәжірибелік нүкте түзуге жақын жататындай етіп, түзу жүргізіңіздер.

Осы түзудің абсцисса өсімен қиылысу нүктесі масса санақ нүктесінің (0) басына сәйкес келеді. Осы нүктеден m_0 нүктесіне дейінгі арақашықтық (сәйкес масштабта) бос ыдыстың белгісіз массасын m_0 анықтауға мүмкіндік береді.

Осы графикті және 5-ші және 6-шы жағдайлар үшін есептелген Y -тің шамаларын пайдалана отырып, екі жүктің белгісіз массаларын анықтаңыздар.

Түзудің ордината өсіне көлбеуінің тангенс бұрышы серіппенің қатандық коэффициентін береді.

Осы тәжірибе бойынша қорытынды жасаңыздар.

4. Бақылау сұрақтары және зерттеу тапсырмалары:

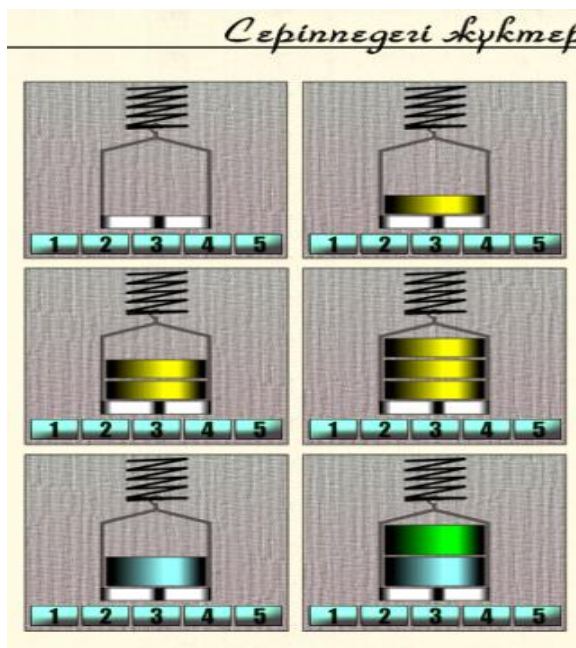
1. Серіппе үшін Гук заңы қалай тұжырымдалады? Қандай шектеулерде осы заң орындалады?

2. Гармоникалық тербеліс қандай заң бойынша болады?

3. Неге серіппедегі жүктің тербеліс периоды Жердің тартылыс күшіне байланысты емес?

4. Графикалық әдісті қолданбай, белгісіз массамен серіппенің қатандық коэффициентін қалай табуға болады? Осы есептеулерге қажетті формуланы қорытып шығарыңыздар және белгісіз шамаларды есептеңіздер. Есептелген шамаларды графикалық әдіспен алынған шамалармен салыстырыңыздар.

5. Теориялық мәннің тәжірибелік мәннен ауытқуын тудыратын жүйелік қателіктер неге байланысты болады?



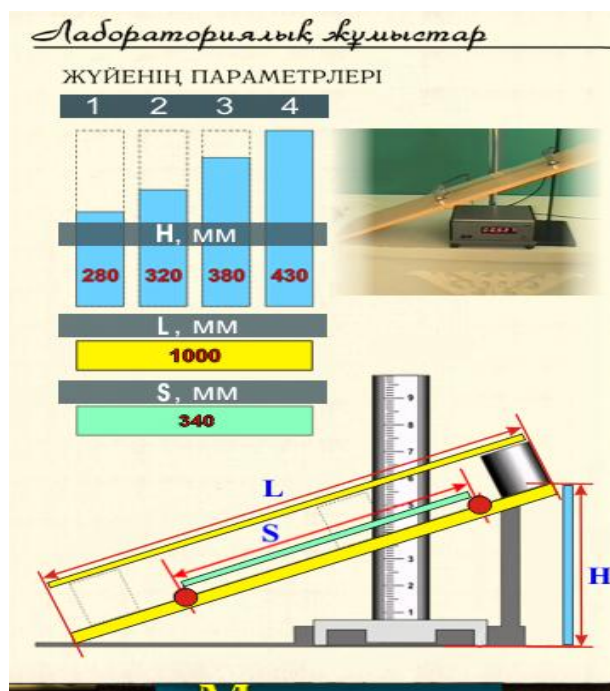
1.4 Зертханалық жұмыс. Дененің көлбеу жазықтықпен үйкеліспен сырғанау

Дененің көлбеу жазықтықпен қозғалысы оған әсер ететін сыртқы күштердің әсерімен анықталады. Кез келген күш дененің басқа денелермен (немесе өріспен) әсерінің нәтижесінде болады. Көлбеу жазықтықтың үстінде тұрған денеге қандай сыртқы денелер әсер ететінін қарастырайық?

Ол ең бірінші Жер. Ол вертикал төмен бағытталған және оның шамасы дене массасы m мен еркін түсу үдеуінің g көбейтіндісіне тең.

Екінші негізгі дене,көлбеу жазықтық (дәлірек айтсақ, көлбеу жазықтықтың беті). Ол тіреудің реакция күшін тудырады, оның екі құраушысы бар, біріншісі қалыпты қысым күші N , екіншісі үйкеліс күші $F_{\text{үйк}}$. Қалыпты қысым күші N , әрқашанда көлбеу жазықтыққа перпендикуляр бағытта болады және осы күш дененің “түсіп” (кіріп) кетпеуін қамтамасыз етеді. Үйкеліс күші $F_{\text{үйк}}$ көлбеу жазықтықтың бойымен, қозғалысқа қарсы бағытталған (егер дене тыныштықта емес, қозғалыста болса) және оның шамасы Кулон – Амонтон заңымен анықталады:

$$F_{T\delta} = \mu \cdot N \quad (1)$$



1. Қысқаша теория.

Қоршаған ауада денеге әсерін тигізеді. Ауа екі күшті тудырады: бірінші – Архимед заңы бойынша болатын итеру күші, екіншісі қозғалыстағы денеге әсер ететін үйкеліс күші. Көптеген жағдайда бұл күштерді ескермеуге болады. Қозғалыс бағытының проекциясында Ньютонның екінші заңы келесі түрде жазылады:

$$ma = mg \sin \alpha - F_{T\delta} \quad (2)$$

Жазықтыққа перпендикуляр бағыттағы проекциясы бойынша және дененің осы бағытта қозғалмайтынын ескере отырып, Ньютонның екінші заңын жазамыз:

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

және үйкеліс күші үшін (1)-ші өрнекті қолдана отырып, келесі формуланы аламыз:

$$F_{T\delta} = \mu \cdot mg \cos \alpha \quad (3)$$

(2) – (3) теңдеулер жүйесін үдеуге байланысты шешеміз

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) \quad (4)$$

Соңғы формула, көлбеу жазықтықпен сырғанаудың бірқалыпты үдемелі болғанын көрсетеді. Үдеу дененің массасына байланысты болмайды!

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезінде, дененің тыныштық күйден S жүрген жолы, үдеу мен қозғалыс уақытының t квадратына тура пропорционал:

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (5)$$

2. Тәжірибелік қондырғы.

Біздің тәжірибеде, ағаштан жасалған көлбеу жазықтық пен дюралюминиден жасалған дене қолданылады.

Сонымен қатар, қондырғыда денелердің белгіленген межелерді өту моментін анықтайтын екі жарық датчигі орналасқан. Электрондық схема жоғарғы дәлдікпен дененің белгіленген екі аралықты жүріп өту уақытын t (секундпен) есептеуге мүмкіндік туғызады.

Тәжірибеде датчиктердің ара қашықтығы өзгермейді және 34 см-ге тең. Жазықтықтардың көлбеулік бұрышы өзгертін шама болып табылады (дәлірек айтсақ көлбеу жазықтықтың биіктігі). Ол төрт мәнді қабылдайды: 28 см, 32 см, 38 см және 43 см. Көлбеу жазықтықтың толық ұзындығы 1 м.

3. Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты, сырғанаудың үйкеліс коэффициентін анықтау.

Тәжірибе бойынша, (5) – ші формуладан дененің үдеуін, белгілі S қашықтықты жүріп өту уақытын t есептей отырып, анықтауға болады:

$$a = \frac{2 \cdot S}{t^2} \quad (6)$$

(4) – ші формуладан сырғанаудың үйкеліс коэффициентін анықтауға болады.

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cdot \cos \alpha} \quad (7)$$

Тәжірибелік және есептеу мәндері үшін, келесі бағаналары бар кестені дайындаңыздар:

1) Тәжірибенің реті; 2) Көлбеу жазықтықтың биіктігі H ; 3) Қозғалыс уақыты t ; 4) Қозғалыс уақытының t квадраты; 5) $\operatorname{tg} \alpha$; 6) $\cos \alpha$; 7) a – үдеу; 8) μ үйкеліс коэффициенті.

Берілген тәжірибелердің барлық жиынтығын пайдалана отырып, әр түрлі көлбеулік бұрышына байланысты, дененің сырғанау уақытын есептеңіздер. Көлбеу жазықтықтың H биіктігі және L толық ұзындығының мәндерін пайдаланып көлбеулік бұрышты есептеңіздер (дәлірек айтсақ, тангенс мәндері мен бұрыштың косинусы).

Табылған мәндерді кестеге толтырыңыздар. (6) және (7) формулаларын пайдалана отырып, үдеу мен үйкеліс коэффициентін табыңыздар. Еркін түсу үдеуін $9,8 \text{ м/с}^2$ деп алыңыздар.

Сырғанау үйкеліс коэффициентінің орташа мәнін және өлшеу қателіктерін табыңыздар. Сондықтан нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$\mu = \langle \mu \rangle \pm \Delta \mu$$

Истелген жұмыс бойынша қорытынды жасаңыздар.

4.Бақылау сұрақтаыр және зерттеу тапсырмалары:

1. Үйкелістің қандай түрлерін білесіңдер? Олардың ерекшеліктері неде?
2. Сырғанау үйкеліс коэффициенті неге байланысты?
3. Оның өлшем бірлігі қандай?
4. Әр бір көлбеулік бұрышы үшін үйкеліс коэффициентін анықтаңыздар.

Қандай да бір заңдылықты байқадыңыз ба? Алынған нәтижені қалай түсіндіруге болады?

5. Есептеу формулаларын қорытуда қандай жуықтаулар алынған?

6. көлбеу жазықтықпен қозғалған денеге әсер ететін ауаның әсерін қашан ескермеуге болады?

1.5. Зертханалық жұмыс. Дененің көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз сырғанау

1.Қысқаша теория.

Дененің көлбеу жазықтықпен қозғалысы сыртқы күштердің әсерімен анықталады. Кез-келген күш, дененің басқа денелермен (немесе өріспен) әсерінің нәтижесінде болады. Көлбеу жазықтықтың үстінде тұрған денеге қандай сыртқы денелер әсер ететінін қарастырайық?

Ең бірінші-Жер. Ол вертикаль төмен бағытталған және оның шамасы дене массасы m мен еркін түсу үдеуінің g көбейтіндісіне тең.

Екінші негізгі дене,көлбеу жазықтық (дәлірек айтсақ, көлбеу жазықтықтың беті). Ол тіреудің реакция күшін тудырады, оның екі құраушысы бар, біріншісі қалыпты қысым күші N , екіншісі үйкеліс күші $F_{үйк.}$. Қалыпты қысым күші N , әрқашанда көлбеу жазықтыққа перпендикуляр бағытта болады және осы күш дененің “түсіп” (кіріп) кетпеуін қамтамасыз етеді.



Денеге қоршаған ауа да әсерін тигізеді. Жалпы жағдайда, ауа екі күшті тудырады: бірінші-Архимед заңы бойынша болатын итеру күші, екіншісі-

қозғалыстағы денеге әсер ететін кедергі күші. Көптеген жағдайда бұл күштерді ескермеуге болады.

Қозғалыс бағытының проекциясында Ньютонның екінші заңы келесі түрде жазылады:

$$ma = mg \sin \alpha \quad (1)$$

(1)-ші теңдеуді дененің массасына бөліп, үдеу үшін келесі өрнекті аламыз:

$$a = g \sin \alpha \quad (2)$$

Соңғы формуладан дененің көлбеу жазықтықпен сырғанауы, бірқалыпты үдемелі болатынын көреміз. Осы үдеудің массаға байланысты болмайтындығына көңіл аударыңыздар!

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезінде, дененің тыныштық күйден S жүрген жолы, үдеу мен қозғалыс уақытының t квадратына тура пропорционал:

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (3)$$

2. Тәжірибелік қондырғы.

Біздің тәжірибеде, тікбұрышты, іші қуыс қорап түріндегі көлбеу жазықтық қолданылады. Қораптың жоғарғы бөлігінде көп кішкентай тесіктер жасалған. Осы тесіктер арқылы, қорапқа шаңсорғыш арқылы берілетін ауа шығады.

Осы ауа, арба түріндегі дененің, қорапты жанамай түсуін (жүзіп) қамтамасыз ететін ауа көпшігін туғызады.

Сөйтіп арба, көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз сырғанайды.

Қондырғыда денелердің белгіленген межелерді өту моментін анықтайтын екі жарық датчигі бар. Электрондық схема, жоғарғы дәлдікпен, дененің белгіленген екі аралықты жүріп өту уақытын t (секундпен) есептеуге мүмкіндік туғызады. Біздің тәжірибеде, екі датчиктің арақашықтығы S, 400 және 800 мм-ге тең.

Жазықтықтың көлбеулік бұрышын да өзгертуге болады. Біздің тәжірибелерде, ол 1° және 3° мәндерін қабылдайды.

Арбаға жүктерді қою арқылы, оның массасын өзгертуге болады. Арбаның массасы- 50 г. Әрбір жүктің массасы 50 г.

3. Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты, физикалық моделдің және (2) мен (3) формулаларының теориялық байланысын тексеру.

Арбаның қозғалыс уақытын жазатын кестені дайындаңыздар.

Массасы 50 г. арбамен жасалатын тәжірибелердің сериясын таңдаңыздар.

Осы жағдай үшін, көлбеулік бұрышын (1° және 3°) және датчиктердің арақашықтығын (400 және 800 мм) өзгерте отырып, арбаның қозғалыс уақытын есептеңіздер.

(3)-ші формула бойынша әрбір жағдай үшін, арбаның үдеуін есептеңіздер және табылған мәндерді кестеге жазыңыздар.

Өлшеудің қателігін есептеңіздер.

(2) – ші формуланы пайдаланып осы жағдайлар үшін де үдеуді есептеңіздер.

Алынған нәтежиелерді салыстырыңыздар.

Тәжірибелерден қандай қорытынды жасауға болады?

Тәжірибені арбаның басқа массалары үшін деқайталаңыздар. Арбаның үдеуі оның массасына байланысты емес деген теориялық тұжырым орындалады ма?

Айырмашылықтарды немен түсіндіруге болады?

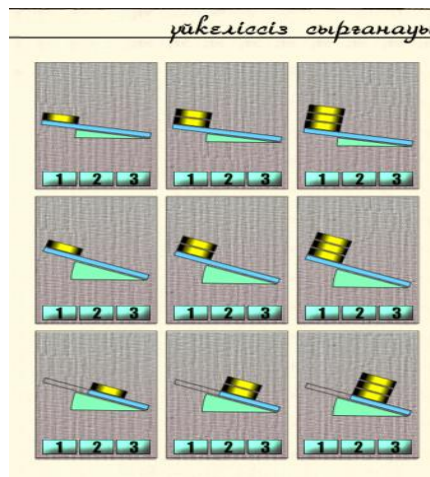
4. Бақылау сұрақтары және зерттеу тапсырмалары.

1. Арбаның қозғалысын түсіндіру үшін қандай физикалық заңдылықтар қолданылады?

2. Үдеуді есептеу формулаларын қорыту үшін қандай ұйғарымдар жасады?

3. Қандай жағдайда ауаның кедергі күшін ескермеуге болады?

4. Біздің жағдайдағы, арбаның ауадағы үйкеліс күшінің шамасын бағалаңыздар.



1.6 Зертханалық жұмыс. Көлбеу жазықтықпен дененің тербелуі.

1.Қысқаша теория.

Шардың көлбеу жазықтықтағы тербелісі (қозғалысы), оған әсер ететін сыртқы күштермен анықталады. Осы кезде шар ілгерлемелі қозғалыспен қатар, массалық центрге қарағанда айналмалы да қозғалыста болады. Егер көлбеулік бұрыш үлкен болмаса, онда шар сырғанаусыз домалайды. Біз осы моделде ауаның кедергі күшін ескермейміз. Теориялық есептеулер бойынша, біртекті шар қозғалысының үдеуі келесі формуламен анықталады:

$$a_5 = \frac{5}{7} g \sin \alpha \quad (1)$$

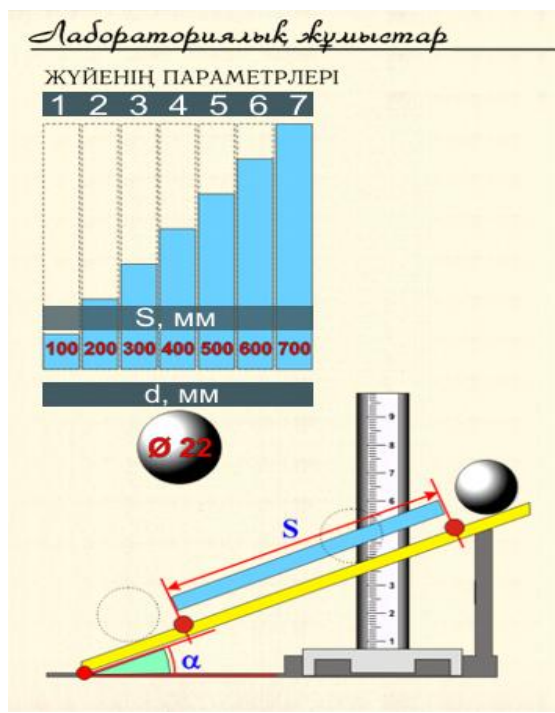
Бұл үдеудің, дененің көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз, тек ілгерлемелі қозғалысы үдеуінен айырмашылығы болады:

$$a = g \sin \alpha \quad (2)$$

Бұл өзгеріс, шарлардың қозғалысының тек ілгерлемелі емес, сонымен қатар айналмалы болуына байланысты. Айналмалы қозғалыстың да

инерттілігі болады. Ілгерлемелі қозғалыстағы сыртқы күштер шарды айналдыруға тырысады, бірақ бұл лезде болмайды, себебі, шар қозғалысының бұрыштық жылдамдығы бірте-бірте өседі. Қосымша инерттілік ілгерлемелі қозғалыстың үдеуін азайтады.

Шардың бірқалыпты үдемелі қозғалатындығына және оның үдеуі (1) оның массасына да, өлшеміне де байланысты болмайтындығына назар аударыңыздар. Теориялық модель осылай болжамдайды.



2. Тәжірибелік қондырғы.

Біздің тәжірибелерде қондырғы, дененің белгіленген межелерді өту моментін анықтайтын екі жарық датчигі орналасқан көлбеу жазықтық пен шарларды ұстайтын электрмагниттен тұрады.

“Жібер” (“Пуск”) батырмасын басқан кезде, электрмагнит шарды жібереді де, бірінші датчик электрондық уақыт өлшеуішін қосады. Шар көлбеу жазықтықпен домалайды, ол екінші датчиктен өткен кезде электрондық уақыт өлшеуіші тоқтайды. Осылай, шардың екі датчиктің арақашықтығын өту уақыты есептелінеді. Жазықтықтың көлбеулік бұрышы 3,75 градусқа тең және ол барлық тәжірибелер үшін өзгермейді.

Қондырғыда екі сериялы тәжірибелердің нәтижелерін көруге болады:

1. Әртүрлі арақашықтықтарды – 10, 20, 30, 40, 50, 60 және 70 см диаметрі 22 мм шардың домалауы;

2. Әртүрлі диаметрлі шарлардың (13, 22, 28, және 32 мм) домалауы. Бұл кезде екі датчиктің арақашықтығы өзгермейді (50 см).

3. Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты, физикалық моделдің және (1)-ші теориялық формуланың дұрыстығын анықтау.

Әртүрлі жол жүретін, диаметрі 22мм шардың қозғалысын қарастырымыз. Берілген әрбір S арақашықтық үшін, қозғалыс уақытын үш тәжірибеден өлшеңіздер. Қозғалыс уақытының орташа мәнін және уақытты өлшеудің қателігін анықтаңыздар.

Барлық тәжірибелердің жиынтығын пайдалана отырып, қозғалысты бірқалыпты үдемелі деп қарастырып, шарлардың үдеуін есептеңіздер.

Үдеуді өлшеудің қателіктерін есептеңіздер.

Нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$a = (\langle a \rangle \pm \Delta a) m / c^2$$

Алынған нәтижені, (1)-ші есептеу формуласымен алынған үдеумен салыстырыңыздар.

Бұл тәжірибелерден қандай қорытынды жасауға болады?

Енді әртүрлі шарлардың домалауын қарастырамыз. Диаметрлері әртүрлі шарлардың, бірдей 50см арақашықтықты жүріп өту уақытын есептеңіздер.

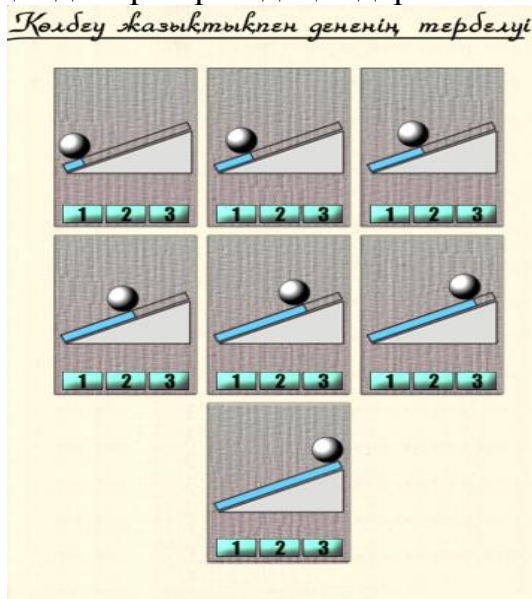
Әрбір шар үшін, S жолды жүріп өту уақытының орташа мәнін және уақытты өлшеудің қателіктерін табыңыздар.

Бірқалыпта үдемелі қозғалыстың формуласын қолдана отырып, үдеуді табыңыздар:

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

Үдеудің алынған мәндерін салыстырыңыздар.

Жасаған жұмыстарыңызды тұжырымдаңыздар.



4. Бақылау сұрақтары және зерттеу тапсырмалары:

1. Көлбеу жазықтықпен денелердің сырғанауының шарлардың домалауынан айырмашылығы неде? Осы айырмашылық қандай физикалық себептерден болады?

2. Әртүрлі шарлардың үдеулерінің айырмашылықтарының аз болуын қалай түсіндіруге болады?

§2. ДЕМОНСТРАЦИЯЛЫҚ ТӘЖІРИБЕЛЕР

2.1. Қозғалыстың тәуелсіздігі

Тәжірибелер, күш және осы күш тудыратын үдеудің векторлық шамалар екенін және олардың бағыттарының бірдей болатынын көрсетеді. Бұл дене үдеуінің әрбір проекциясы, күштің сәйкес координата өсіне проекциясына байланысты болатынын көрсетеді. Яғни, Y өсімен бағытталған күш проекциясы, дене жылдамдығының Y өсімен бағытталған құраушысын ғана өзгерте алады, ал жылдамдықтың қалған құраушыларына әсерін тигізбейді.

Жердің ауырлық өрісінде дененің еркін түсуін қарастырайық. Жердің тартылыс күші төмен қарай бағытталған. Ауаның кедергі күшін ескермейміз. Горизонталь бағыттағы күш болмағандықтан, дене жылдамдығының горизонталь құраушысы өзгермеуі керек. Керісінше, үдеудің вертикаль бағыттағы құраушысы күш сияқты төмен бағытталғандықтан, жылдамдықтың вертикаль бағыттағы құраушысы өзгереді.

Тыныштық күйден, Жердің ауырлық өрісіне түскен дененің қалай қозғалатынын қарастырайық. Дене g еркін түсу үдеуімен бірқалыпты үдемелі қозғалады. Ал енді горизонталь жылдамдығы бар дененің жердің ауырлық өрісінде қалай қозғалатындығын көрейік. Күштің горизонталь құраушысы болмағандықтан, жылдамдықтың осы құраушысы (горизонталь) өзгермейді.

Ал жылдамдықтың вертикаль құраушысы бірінші жағдайдағыдай, яғни дененің жылдамдығы g еркін түсу үдеуімен бірқалыпты үдемелі өзгереді. Дененің қозғалыс траекториясы әртүрлі болады. Бірінші жағдайда дене түзу бойымен төмен құлайды, ал екінші жағдайда траектория парабола түрінде болады, яғни дене горизонталь бағытта, тұрақты жылдамдықпен қозғалады және төмен қарай тұрақты үдеумен құлайды.

Бірақ, осы екі денеге әсер ететін вертикаль бағыттағы күш пен алғашқы жылдамдық бірдей болғандықтан, денелердің вертикаль бағыттағы қозғалысы бірдей болуы тиіс. Дененің горизонталь бойымен қозғалысы, оның вертикаль бойымен қозғалысына ешқандай әсерін тигізбейді. *Осы қозғалыстың тәуелсіздігін көрсетеді.*

Егер денелердің вертикаль бойымен қозғалысы бірдей болса, онда олардың бірдей уақыт аралығындағы вертикаль координатада өзгеруі бірдей болуы тиіс. Осыны тәжірибеден тексерейік.

Біздің тәжірибелік қондырғыда екі бірдей болат шарлар бар. Соқтығысқаннан кейін, бірінші шар тоқтайды да, ал екінші шар белгілі бір горизонталь жылдамдық алады. Әрі қарай олар Жердің тартылу күшінің әсерінен еркін құлайды.

Шарлардың соқтығысу кезін айқынырақ көріңіздер. Олардың соқтығысқаннан кейін қалай қозғалатынын қараңыздар.

Ақ жіппен білгіленген кейбір горизонталь қатарларды шарлар бірдей өтеді. Бұл жоғарыда айтылған нәрселерді тәжірибемен дәлелдейді.

Дененің қозғалысына осы бағытта бағытталған күштер ғана әсерін тигізеді, ал таңдап алынған бағытқа перпендикуляр бағытталған күштің құраушылары оның қозғалысына әсерін тигізбейді.

- Жалпы түрі
- 2 шардың жалпы түрі
- 2 шарды жақыннан көру
- 1 шардың жалпы түрі, жылдамдығы үлкен емес
- 1 шарды жақыннан көру, жылдамдығы үлкен емес
- 1 шардың жалпы түрі, жылдамдығы үлкен
- 1 шарды жақыннан көру, жылдамдығы үлкен

2.2. Дененің инерттілігі

Ньютонның заңдары, дененің қозғалысын басқа денелермен әсерлесу күші ғана өзгерте алады, деп тұжырымдайды. Егер денеге басқа денелер әсер етпесе, онда ол тыныштық күйде тұрады немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалады. Сыртқы күштердің әсерінен дененің жылдамдығын өзгерту, тек ғана осы күштерге және олардың әсер ету уақытына ғана байланысты емес, осы денелердің қасиетіне де байланысты. Тек дененің қасиетіне байланысты және оның инерттілік қасиетін сандық сипаттайтын шама-дененің массасы деп аталады.

Практикада бұл қасиет қалай байқалады?

Бірдей уақытта, бірдей күшпен әсер еткен кезде массасы үлкен денелерге қарағанда массасы аз денелер өзінің жылдамдығын үлкен шамаға өзгертеді. *«Массасы аз денелерге қарағанда, массасы үлкен денелер өзінің тыныштық күйін немесе қозғалысын сақтауға тырысады»* деп атайды.

Жердің ауырлық өрісінде, жіпке ілінген жүкпен (гир) жасалатын тәжірибені қарастырайық. Тәжірибелік қондырғы штативке бекітілген, массасы 2 кг жіпке ілінген жүктен тұрады. Дәл сондай жіп жүктің түбінен бекітілген.

Бірінші жағдайда, жүктің төменгі жағына бекітілген жіптен, күшті бірте-бірте өсіре отырып, төмен қарай тартамыз. Белгілі бір уақытта жоғарғы жіп үзіледі. Бұны қалай түсіндіруге болады?

Жіп керілудің белгілі бір нақты жағдайында үзіледі, яғни материалдың төзімділігі берілген жүктемені көтере алмайды. Неге бірінші тәжірибеде жоғарғы жіп үзіледі? Себебі, жоғарғы жіптің керілуі, төменгі жіпке берілген күшпен ғана емес, жүктің салмағымен де болады. Жоғарғы жіпте, төменгі жіпке қарағанда критикалық керілу ерте болады.

Екінші жағдайда, төменгі жіпке байланған таяқшаны соға отырып, төменгі жіпті тез тартамыз. Бұл жағдайда, жоғарғы жіп сол күйде қалады да, ал төменгі жіп үзіледі. Неге бұлай болады? Біз соғудың аз уақытында, төменгі жіпті ең шеткі шекке дейін созамыз, ал жүктің инерттілігі болғандықтан, ол көп қозғала

алмайды да, жоғарғы жіпті шеткі мәнге дейін соза алмайды. Төменгі жіптің тартылу күшіне қарамастан, массивті жүк (гир) өзінің тыныштық күйін сақтауға тырысады. Сондықтан төменгі жіптің үзілгенше созылуы, жоғарғы жіпке қарағанда ерте болады. Сіздер цирктен, массивті плитаны адамның үстіне қойып, оның үстіне кірпішті сындыратын аттракционды көрген боларсындар. Егер осы экспериментті плитасыз жасайтын болсақ, онда адамды жарақаттап алуға болады. Инерттілігі үлкен массивті плита, балғамен соғу кезінде, өзінің тыныштық күйін сақтауға тырысады, ал бұл адам денесін деформацияланудан сақтайды.

Ұстаханадағы төс те осы мақсатта қолданылады.

Масса- тек ілгерлемелі қозғалыстағы дененің инерттілік қасиетін сипаттайды. Айналымалы қозғалыс кезінде массаның орнына, дененің инерция моменті деген физикалық шама алынады. Ол шама массаға ғана емес, оның дене ішінде таралуына және айналу өсіне байланысты.

- Жүктермен тәжірибелер

2.3 Галилей маятнигі

Тәжірибелік қондырғы, жіпке ілінген кішкентай денеден тұрады. Егер денені тепе-теңдіктің вертикаль жағдайынан ауытқытып жіберсек, онда дене тербеліс жасайды. Бұл жағдайда Жердің ауырлық өрісіндегі дененің потенциалдық энергиясы, қозғалыстың кинетикалық энергиясына ауысады және керісінше болады. Егер қондырғадағы үйкеліс аз болса, онда механикалық энергия өзгермейді және тербеліс ұзақ уақыт болады. Бірақ, негізінде әрқашанда қандай да бір үйкеліс болады, ол механикалық энергияның азаюын туғызады(механикалық энергия ішкі энергияға ауысады), сондықтан тербеліс бірте-бірте өшеді.

Галилей маятнигі, кәдімгі математикалық маятник сияқты, бірақ одан айырмашылығы, оның вертикаль сызықта орналасқан арнайы тіреуі болады. Бұл тіреу, маятник жібінің қозғалысын тежейді. Тіреудің әртүрлі жағдайда орналасуына байланысты, Галилей маятнігінің қозғалысын зерттеңіздер. Бұл тәжірибелерден жалпы нені көруге болады?

Біз бастапқы потенциалдық энергияның (дене оң жақта тұрады) кинетикалық, ал сосын қайтадан потенциалдық энергияға(дене сол жақта тұрады) айналатынын көреміз. Бұл потенциалдық энергиялар, маятниктің ең үлкен (максимум) ауытқуында бірдей болады. Яғни, маятниктің механикалық энергиясы өзгермейді.

Тіреудің орны ешқандай роль атқарылмайды. Бірақ, маятник жібінің тіреумен кездескен жерінде, жүйеге күштер әсер ететінін білеміз. Неге олар маятниктің энергиясын өзгертпейді? Олар негізінде, жіптің керілу күшін өзгертеді! Тіреудің әртүрлі жағдайында, маятник жібінің керілу күшінің қалай өзгертетінін есептеп көріңіздер.

Осының бәрі келесі жағдайларға байланысты. Жоғарыда айтылған күштер (тіреудің жағынан) ешқандай жұмыс істемейді, ал негізінде сыртқы күштердің жұмысы ғана жүйенің механикалық энергиясын өзгерте алады. Жұмыс істелу үшін, орын ауыстырылуы тиіс, ал біздің жағдайда тіреу қозғалмайды.

Сондықтан, жүйеге сыртқы күштер әсер етсе де, оның механикалық энергиясы өзгермейді.

Бірақ, біз тербелістің бірте-бірте өшетінін көреміз. Бұл үйкеліс күшінің (ауадағы) әсері болып табылады.

- Тіреусіз маятник
- Тіреу 1-ші жағдайда
- Тіреу 2-ші жағдайда
- Тіреу 3-ші жағдайда
- Алғашқы ең үлкен ауытқу бұрышы

2.4 Потенциалдық шұңқыр, “ өлі тұзақ”

Дененің потенциалдық энергиясы қоршаған кеңістіктен аз болатын аумақты потенциалдық шұңқыр деп атайды. Орнықты тепе-теңдіктің көптеген жағдайында, дене, потенциалдық энергиясы ең аз болатын күйді алуға тырысады (ол потенциалдық шұңқырдың ең түбінде болады). Егер денені орнықты тепе-теңдік жағдайынан ауытқытсақ, онда ол осы орында тербеліс жасайды. Егер жүйеге үйкеліс күші әсер етпесе, онда жүйенің механикалық энергиясы өзгермейді.

Потенциалдық шұңқырдағы шардың қозғалысын көрсететін тәжірибені қарастырайық.. Егер шардың бастапқы энергиясы аз болса, онда ол потенциалдық шұңқырдан шыға алмайды. Шардың энергиясы жеткілікті болса, ол потенциалдық өткелден өтіп, потенциалдық шұңқырдан шыға алады.

Егер қондырғыда үйкеліс болмаса, онда шарға өткелдің потенциалдық энергиясына тең энергия берген кезде, ол потенциалдық шұңқырдан шығып кетуі тиіс. Шардың алғашқы потенциалдық энергиясы мен өткелдің потенциалдық энергиясының айырымы үйкеліс күшінің жұмысына тең. Осыны сіздер тәжірибеден көре аласыздар.

- Шұңқыр-өткел (барьер)

Екінші тәжірибелік қондырғыда шар “өлі тұзақты” сипаттайтын рельс бойынша қозғалады.

Шар рельстен шықпай, бүкіл жолды жүріп шығу үшін, оның алғашқы энергиясы жеткілікті түрде болуы тиіс. Үйкеліс жоқ деп есептеп, “өлі тұзақ” жасайтын биіктігін есептеңіздер.

- Тұзақ

2.5 Шарлардың серпімді және серпімсіз соқтығыстары

Тәжірибеден шарлардың соқтығыстарының ерекшеліктерін көруге болады. Тұйық жүйеде жүйенің толық импульсі сақталады. Жүйенің импульсі деп – осы жүйедегі әр денелердің импульстарының қосындысын айтады. Яғни, тұйық жүйеде, осы жүйедегі кейбір дененің импульсі өзгеруі мүмкін, бірақ жүйенің жалпы импульсі өзгермейді.

Соқтығыстар серпімді және серпімсіз болып бөлінеді. Серпімді соқтығыстарда денелердің ішкі энергиясы өзгермейді. Осы жағдайда тұйық жүйенің импульсі ғана емес, сонымен қатар жүйенің механикалық энергиясы да

сақталады. Ал серпімсіз соқтығыстарда механикалық энергияның бір бөлігі ішкі энергияға ауысады, бірақ серпімді соқтығыстағыдай оның импульсі сақталады.

Абсолютті серпімсіз соқтығыс деп – механикалық энергияның көп бөлігі ішкі энергияға ауысатын және дене бір-біріне жабысып, бір денедей қозғалатын соқтығысты айтады.

Шарлардың серпімді және серпімсіз соқтығыстарын бейнежазбадан көріңіздер.

Серпімді соқтығыстардың ерекшеліктері неде? Біздің жағдайда, тыныштықта тұрған шарда, дәл сондай шар соқтығысады. Соқтығысқаннан кейін қозғалыстағы шар тоқтайды, ал қозғалмай тұрған шар соқтығысқан шардың жылдамдығындай жылдамдықпен қозғалады. Біз бұл жерден екі шардан тұратын жүйенің импульстары мен кинетикалық энергияларының өзгермейтінін көреміз. Бірақ, қозғалыс бірте-бірте тоқтайды. Бұл ауадағы үйкеліс күшінің әсерінен болады және соқтығыстың абсолютті серпімді емес екенін көрсетеді.

Осы жағдай үшін кинетикалық энергияның және импульстің сақталу заңдарын қолдана отырып, шарлардың соқтығысқаннан кейінгі жылдамдықтарын есептеңіздер. Теориялық болжамдар тәжірибеде орындалады ма?

Абсолютті серпімсіз соқтығыста, бірдей шарлар (олар пластилиннен жасалған) соқтығысқаннан кейін бір-бірімен жабысып, бір дене болып қозғалады. Осы жағдайда жүйенің импульсі сақталады, сондықтан пайда болған дененің жылдамдығы соқтығысқан шардың жылдамдығынан екі есе аз болады. Яғни, жүйенің кинетикалық энергиясы азаяды. Кинетикалық энергияның қандай бөлігі ішкі энергияға ауысатынын есептеңіздер (біздің жағдайда жылуға)?

Шарларға ауырлық күші және жіптің керілу күші әсер етіп тұрғандықтан, негізінде тәжірибелік қондырғыдағы екі шар тұйық жүйе болып табылмайды. Онда неге біз импульстің сақталу заңы туралы айтамыз?

Себебі, егер белгілі бір бағытта сыртқы күштердің проекцияларының қосындысы нөлге тең болса, онда жүйенің импульс векторының осы бағыттағы проекциялары тұйық емес жүйеде де сақталуы мүмкін (және сақталады). Біздің тәжірибелерде дәл осы жағдай қарастырылған. Себебі, соқтығысу кезінде шарларға горизонталь бағытта, сыртқы күштер әсер етпейді, сондықтан импульстің горизонталь өске проекциясы өзгермейді.

- Серпімді соқтығыс
- Абсолютті серпімсіз соқтығыс

2.6 Дененің үйкесісіз қозғалуы.

Ауа көпішіндегі арба

Біздің тәжірибеде, тікбұрышты, іші қуыс қорап түріндегі көлбеу жазықтық қолданылады. Қораптың жоғарғы бөлігінде бірнеше кішкентай тесіктер жасалған. Осы тесіктер арқылы қорапқа шаңсорғыш арқылы берілетін ауа шығады.

Осы ауа, арба түріндегі дененің, қорапты жанамай түсуін (жүзіп) қамтамасыз ететін ауа көпшігін туғызады. Сөйтіп арба, көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз түседі. Арбаның қозғалысын және соқтығысын көрсететін тәжірибені қараңыздар. Кіші арбаға қарағанда үлкен арбаның массасы екі есе үлкен болады. Арбаға қойылатын жүктердің массалары да кіші арбаның массасына тең.

Біздің бірінші тәжірибелерден көретініміз, арбаның қозғалыс кезіндегі жылдамдықтың (және импульстің) сақталу заңы. Бұл Ньютонның бірінші заңына сәйкес келеді, егер денеге ешқандай күштер әсер етпесе, онда ол тыныштықта тұрады немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын сақтайды. Тәжірибеден көретініміздей, біздің қондырғының ауадағы үйкеліс күші өте аз болғандықтан, оны ескермеуге болады. Бұл жағдайда, ауырлық күші мен ауа көпшігінің арбаға қысымы компенсацияланады. Бірдей арбалардың серпімді соқтығысының екінші бір ерекшелігі, егер тыныштықта тұрған арбаға, дәл сондай арба келіп соқтығысса, онда олар жылдамдықтарымен алмасады. Бұл импульс және энергияның сақталу заңдарының салдары.

Егер әр түрлі арбалар соқтығысса, онда олардың жылдамдықтары, сақталу заңдарына сәйкес өзгереді.

- Ауа көпшігіндегі арба

2.7 Көлбеу жазықтықтағы дененің тербелісі

Жазықтықтағы дененің тербелмелі қозғалысының, қарапайым сырғанаудан айырмашылығы, бір уақытта дене екі түрлі қозғалыста болады. Бірінші- дене массалық центрдің жылдамдығымен ілгермелі қозғалады және дененің массалық центрі арқылы өтетін горизонталь өске қарағанда айналады.

Біз білетіндей, дененің ілгермелі қозғалысының инерттілігі, дененің массасымен сандық сипатталады. Сонымен қатар, айналмалы қозғалыстың да инерттілігі болады. Ол дененің айналу өсіне қатысты және инерция моментімен сипатталады. Дененің инерция моменті тек массаға ғана байланысты емес, сонымен қатар оның айналу өсіне қатысты таралуына да байланысты болады. Неғұрлым дененің массасы айналу өсінен алысырақ болса, соғұрлым дененің инерция моменті көп болады.

Көлбеу жазықтықтан екі цилиндрлердің (тұтас және қуыс) түсуін көрсететін тәжірибені көріңіздер. Екі цилиндрдің де массалары, ұзындықтары және радиустары бірдей. Бірақ, айналу өсіне қатысты инерция моменті тұтас цилиндрге қарағанда қуыс цилиндрде көп болады. Бұл цилиндрлердің бірдей болуына қарамастан, қуыс цилиндрдің, толық цилиндрге қарағанда массаның көп бөлігі айналу өсінен алысырақ орналасуына байланысты. Біз қуыс цилиндрдің, көлбеу жазықтықтан толық цилиндрге қарағанда жәй түсетінін көреміз. Оның айналмалы қозғалысқа қатысты инерттілігі, массасы дәл сондай толық цилиндрдің инерттілігіне қарағанда көп болады.

- Тұтас және қуыс цилиндрлер

Енді бірдей материалдан жасалған, бірақ өлшемдері әртүрлі цилиндрлердің көлбеу жазықтықтан түсуін қарастырамыз.

- Әртүрлі өлшемдегі цилиндрлер.

Біз олардың бірдей түсетінін көреміз. Бұл осындай қозғалыстың заңдылығына сәйкес келеді. Теория бойынша, көлбеу жазықтықтан сырғанамай түсетін дененің үдеуі оның инерция моментінің mR^2 шамасына қатынасына тең, мұндағы m - дененің массасы, ал R - оның радиусы. Осы $1/2$ - ге тең, ал біртекті шарлар үшін де бірдей және $2/5$ -ке тең. Сондықтан, әртүрлі біртекті шарлар бірдей домалайды.

- Әртүрлі өлшемдегі шарлар

Егер көлбеу жазықтықпен домалайтын шарлар мен цилиндрлердің қозғалысын салыстырсақ, біз шардың тез домалайтынын көреміз. Бұл $2/5$ -ке тең шардың салыстырмалы инерция моментінің, $1/2$ -ге тең цилиндрдің салыстырмалы инерция моментінен аз болуына байланысты. Айнымалы қозғалыста біртекті шардың инерттілігі, біртекті цилиндрдің қарағанда аз болады.

- Цилиндр мен шар
- Шар мен цилиндр

Көлбеу жазықтықпен түсетін, тұтас біртекті цилиндрдің және массасы айналу өсіне қатысты біркелкі емес таралған цилиндрдің түсуін салыстырыңыздар. Біртекті цилиндр ешқандай ерекшеліксіз түседі, ал біртекті емес цилиндр бұралаңдап (түзу сызықтың бойымен түспейді) түседі.

- Тұтас біртекті цилиндр
- Массасы біркелкі таралмаған цилиндр

Бұл мектеп бағдарламасында қарастырылмайтын, айналмалы қозғалыс механикасы заңдарымен түсіндіріледі. Автомобильдің екі дөңгелегі бұралаңдамау үшін, біздің тәжірибедегі біртекті емес цилиндр сияқты арнайы жүктерді ілу арқылы теңестіреді.

II ТАРАУ ЖЫЛУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ

Физика - эксперименталдық ғылым. Сондықтан мектеп бағдарламасы материалды теориялық оқуды ғана емес, сонымен қатар зертханалық жұмыстардың істелуін де қарастырады. Зертханалық жұмыстар физикалық шамаларды өлшеуге, физикалық тәжірибелерды орындауға, өздерінің бақылауларынан дұрыс қорытынды жасауға үйретеді.

Қазіргі кездегі компьютерлік технологиялар, қазіргі оқу үлгісін толықтыруға мүмкіндік жасайды. Көп жағдайда, кейбір физикалық құбылыстар мен көріністерді мектеп жағдайында көрсету мүмкін емес, сондықтан оқыту бағдарламаларының көрсететін көмегі өте зор. Бірақ мұндай бағдарламалардың ролін көтеріп жіберуге болмайды, себебі ешқандай нәрсе нақты физикалық экспериментті алмастыра алмайды, яғни ол жерде зерттеуші табиғатта болатын құбылыстарды “виртуалды нақтылықта емес” нақты жағдайда көреді.

“Жылулық физика зертханасы” бағдарламасын оқу процесі кезінде әр қалай қолдануға болады.

Біріншіден, жаңа материалды түсіндіру барысында демонстрацияларды көрсетуге болады. Осындай демонстрациялар өте көрнекті және оқушылардың

тақырыпты түсінуін жақсартады да, олардың пәнге деген қызығушылығын тудырады. Демонстрациялардың кәдімгі бейне фильмдерден артықшылығы, мұғалім бағдарламаның параметрлерін өзгерте отырып, оқушылардың “Егер былай болса, қалай болады?” деген сұрағына, “ал ендеше көрейік...” деп жауап бере алады.

Екіншіден, бағдарламаны “зертханалық” практикум ретінде қолдануға болады. Бұл сабақтарды компьютерлік класта өткізген дұрыс. Бұл жағдайда әрбір оқушы зертханалық жұмысты жеке, өзбетімен орындайды. Осындай зертханалық практикумдарға оқушылар алдын-ала теориялық дайындықпен келуі, олардың эксперименттік қондырғылармен саналы түрде жұмыс істеуін және олардың пәнді тереңірек түсінуіне әсерін тигізеді. Біздер ұсынып отырған зертханалық жұмыстардың жиынтығы бағдарламаның барлық мүмкіндігін көрсетпейді, осымен қатар мұғалімнің өзі осы тізімді әрі қарай толықтыруына болады.

Үшіншіден, осы бағдарламаның негізінде проектілер мен зерттеу жұмыстарын жүргізуге болады. Бағдарлама теориясы мектеп бағдарламасының аумағынан шығатын күрделі физикалық процесстер мен құбылыстарды зерттеуге мүмкіндік береді. Мысалы, оқушылар эксперименттік схеманы ойластырып және сәйкес өлшеулерді жүргізе отырып, Ньютонның жылу беру заңын аша алады.

Төменде бағдарламада қолдануға болатын зертханалық жұмыстар мен демонстрациялардың түрлері келтірілген. Осы бағдарлама бойынша нақты газдың моделі үшін жүргізілген есептеулер, дәл сандық сәйкестікті емес, сапалық сипатты көрсетеді.

§3. Жылулық физика бойынша анықтама (көмекші құрал)

3.1. Термодинамиканың негіздері

Термодинамикада зерттелетін жүйенің ішкі атом-молекулалық құрылымы қарастырылмайды.

Термодинамикалық жүйе - кез-келген макроскопиялық дене немесе денелердің жиынтығы болып табылады. Жүйенің сыртқы денелермен ешқандай әсер болмаса, ондай жүйені тұйық (изоляцияланған) жүйе деп атайды. Термодинамикалық жүйенің күйі бірнеше *макроскопиялық параметрлермен* сипатталады. Жүйенің алдыңғы тарихына байланыссыз, оның қазіргі уақыттағы күйін сипаттайтын шаманы күй функциясы деп атайды.

Сыртқы ортамен жылулық изоляцияланған, температуралары әртүрлі екі денені бір-бірімен жылулық контактіге келтірсек, онда ыстық дене салқындай бастайды (өзінің энергиясын береді), ал салқын дене қызады (энергияны алады).

Бұл жылу алмасу процесі термодинамиканың 3 фундаменталды заңына бағынады.

Термодинамиканың нөлінші бастамасы, кез-келген тұйық термодинамикалық жүйе, уақыт өтуіне байланысты, белгілі бір температурамен сипатталатын тепе-теңдік күйге келеді деп тұжырымдайды. Бұл қалыптасқан

күй, *термодинамикалық теңе-теңдік* деп аталады және ол сыртқы әсер болмаса әрі қарай сақталады.

Термодинамиканың бірінші бастамасы - энергияның сақталу заңын көрсетеді. Бұл заң бойынша, тұйық жүйеде барлық энергияның қосындысы тұрақты болып қалады. Егер жүйе тұйықталмаған болса, онда қоршаған ортамен энергияның алмасуын ескеруіміз керек, яғни жүйенің ішкі энергиясының өзгерісі, жүйеге берген жылу мөлшеріне және сыртқы күштердің жұмысының қосындысына тең. Бұл заңдылық "өндіріс бухгалтері" ролін атқарады.

Термодинамиканың екінші бастамасы - "өндіріс директоры" ролін атқарады, яғни тұйық жүйедегі кейбір процестерге рұқсат береді, ал кейбіреуіне бермейді. Бұл жағдайда, осы заң, жылу өздігінен суық денеден ыстық денеге ауыса алмайды деп тұжырым жасайды (бірақ "өндірістің бухгалтері" бұл жағдайға рұқсат береді, себебі, ол тек толық энергияның сақталуын тексереді, оның жүйеде қалай таралатындығына мән бермейді).

Сонымен, *жабық жүйеде жылу арқашанда ыстық денеден салқын денеге қарай беріледі*. Ашық жүйе үшін бұл міндетті емес, мысалы, тоңазытқыштарда сыртқы күштердің жұмысының әсерінен, жылуды кері бағытта, яғни салқын денеден ыстық денеге қарай жүргізуге болады. Сыртқы әсер, "өндіріс директорын" өзінің принципін өзгертуге мәжбүр етуі мүмкін, бірақ "бухгалтерді" ешқашанда мәжбүр ете алмайды. Ол тек өзінің "қағазын", сыртқы ортамен энергия алмасумен толықтырады, сөйтіп оның "баланысы" дұрыс болады.

§3.2. Идеал газ күйінің теңдеулері

Идеал газдың моделі бойынша, молекулалар қозғалысының кинетикалық энергиясының қосындысы, олардың өзара әсерлесуінің потенциалдық энергиясына қарағанда әлдеқайда көп болады.

Идеал газдың күйі Менделеев-Клапейрон теңдеуімен сипатталады:

$$PV = \frac{m}{M}RT = \nu RT \quad (1)$$

мұндағы P- Паскальмен берілген қысым;

V -м³ берілген көлем;

T- Кельвинмен берілген абсолютті температура;

m -кг берілген газ массасы;

M - кг/моль берілген мольдік масса;

V - мольдердің саны;

$$R = 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \text{ универсал газ тұрақтысы.}$$

Менделеев-Клапейрон теңдеуінде тәжірибе жүзінде анықталған барлық газ заңдары бар.

Бойль-Мариот заңы: Белгілі бір газдың, берілген массасында, оның температурасы өзгермеген жағдайда, газ қысымы P мен көлемінің V көбейтіндісі тұрақты болады

$$P \cdot V = const$$

P-V диаграммасында Бойль-Мариот заңының *графикі изотерма деп аталады* және ол гипербола түрінде болады.

Гей-Люссак заңы: Белгілі бір газдың, берілген массадағы V көлемі, қысым тұрақты болғанда термодинамикалық температураға T пропорционал

$$V/T = const$$

T-V диаграммасында Гей-Люссак заңының *графикі изобара деп аталады* және координата басы арқылы өтетін түзу сызықтар болып табылады. $V/T = const$

Шарль заңы: Белгілі бір газдың, тұрақты көлемде, берілген массасының қысымы термодинамикалық температураға пропорционал

$$P/T = const$$

P-T диаграммасында Шарль заңының графикін изохора деп атайды, олар координатаның басы арқылы өтетін түзу сызықтар болып табылады.

§3.3. Жылу алмасу

Денелер арасындағы жылу алмасуды сандық сипаттау үшін, меншікті жылусыйымдылық C деген ұғым енгізеді.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad (1)$$

мұндағы Q - денелердің алған жылу мөлшері;

ΔT - денелердің температурасының өзгерісі;

m - дененің массасы.

$1 \frac{Дж}{кг \cdot K}$ жылусыйымдылықтың өлшем бірлігі болып табылады.

Меншікті жылусыйымдылық $-1кг$ затты $1K$ -ге қыздыру үшін қанша жылу мөлшері керек екенін көрсетеді.

§3.4. Жылулық тепе-теңдік теңдеулері

Термодинамиканың бірінші бастамасы келесі түрде жазылады:

$$\Delta U = Q + A, \quad (2)$$

мұндағы

ΔU - системалардың ішкі энергиясының өзгерісі;

Q - алынған жылу мөлшері;

A - сыртқы күштердің жұмысы.

Изоляцияланған жүйеде жылу алмасқан кезде $Q = A = 0$, және бүкіл жүйенің ішкі энергиясы (2) өзгермейді, ал жүйедегі жеке денелердің ішкі энергиясы келесі түрде өзгереді:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0,$$

бұл жерден $Q_1 = \Delta U_1$; $Q_2 = \Delta U_2$; және $Q_1 + Q_2 = 0$.

Q_1 және Q_2 -ні денелердің меншікті жылусыйымдылықтары арқылы өрнектеп, жылулық тепе-теңдіктің теңдеуін аламыз:

$$c_1 \cdot m_1 \cdot \Delta T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot \Delta T_2 = 0 \quad (3)$$

Енді бірінші дененің алғашқы температурасын T_1 , ал екінші дененің температурасын T_2 деп қарастырайық.

Термодинамикалық тепе-теңдіктің соңғы күйінде T температура орнығады. Онда:

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T - T_1) + c_2 \cdot m_2 \cdot (T - T_2) = 0,$$

бұл жерден

$$T = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot T_2}{c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2} \quad (4)$$

Соңғы өрнек термодинамикалық тепе-теңдік күйдегі екі дененің орныққан температурасын анықтайды.

§3.5. Фазалық ауысулар

Табиғатта заттар әртүрлі күйде болады. Егер зат өзінің формасы мен көлемін сақтаса, оны қатты күй, егер зат өзінің көлемін сақтаса, бірақ өзі құйылған ыдыстың формасын алса

(ауырлық өрісіне байланысты), сұйық күй, егер зат өзінің көлемін, формасын сақтамааса, яғни өзі тұрған ыдыстың барлық көлемін алып тұрса газдық күй деп бөлінеді.

Бұл күйлерден басқа, Жер шарында басқа күй, мысалы-плазма кездеседі. Бұл күйдің кәдімгі газдық күйден айырмашылығы, плазмада атомдардың кейбір бөлігі иондалған. Көптеген жұлдыздар плазмадан тұрады.

Заттың бір күйден екінші күйге ауысуын сипаттайтын физикалық процесс, фазалық ауысу деп аталады. Оған балқу, кристаллдану, буға айналу, конденсация процестері жатады.

Фазалық ауысу белгілі бір температурада өтеді және жүйенің қысымына байланысты болады. Көптеген заттар үшін қысым өскен сайын фазалық ауысудың температурасы да өседі (тамақты тез пісіретін ыдыс осы принцип бойынша "жұмыс істейді", бұл ыдыста су 1000С-тан жоғарғы температурада қайнайды, себебі ыдыстың ішіндегі қысым атмосфералық қысымнан жоғары болады). Бірақ бұл тәртіпке бағынбайтын да нәрсе бар, мысалы, мұздың еру температурасы, ол түсіретін қысым өскен сайын кемиді, сондықтан біз мұздың үстімен сырғанап аламыз (конькидің астындағы қысым үлкен болғандықтан, мұз теріс температурада да ериді), бірақ қатырылған спиртте осыны істеу мүмкін емес.

Фазалық ауысулар, жылудың жұтылу немесе бөліну процестерімен қатар жүреді. Осы жылу алмасу процесін сипаттайтын физикалық шама, фазалық ауысудың жылуы деп аталады. Дербес жағдайда балқу процесі меншікті балқу жылуымен сипатталады: q

$$q = \frac{Q_0}{m},$$

мұндағы Q_0 -балқу температурасында, массасы m затты қатты күйден сұйық күйге айналдыруға кететін жылу мөлшері. Осындай жылу мөлшері кристаллдану процесінде де бөлінеді. Балқу процесі басталатын температураны, балқу температурасы деп атайды.

Балқудың меншікті жылуы $\frac{Дж}{кг}$ өлшенеді.

Қайнау процесін сипаттайтын шамалар қайнау температурасы T және меншікті буға айналдыру жылуы λ деп аталады:

$$\lambda = \frac{Q_0}{m}$$

мұндағы Q_0 -қайнау температурасында массасы m затты, сұйық күйден буға айналдыру үшін қажетті жылу мөлшері.

§3.6. Реал (нақты) газ

Газ молекуларының өздік өлшемдеріне және олардың арасындағы әсерге байланысты түзетулерді ескеру, жуық түрде күй теңдеулерін алуға мүмкіндік жасайды. Осындай теңдеулердің бірі- Ван-дер-Ваальс теңдеуі:

$$\left(p + \frac{a}{V_\mu^2} \right) (V_\mu - b) = RT.$$

Осы теңдеу берілген газды толық сипаттау үшін, a және b тұрақтылары, тәжірибе жүзінде анықталады.

Ван-дер-Ваальс газының изотермасының идеал газдың изотермасынан айырмашылығы болады. Жоғарғы температурада олар ұқсас болады, ал төменгі температурада Ван-дер-Ваальс газының изотермасы монотонды болмайды. Изотерма сапалық түрде өзгере бастайтын температураны, критикалық температура деп атайды. Критикалық температурадан төмен температурада ғана, газды салқындатпай, тек ғана сығып, сұйық күйге айналдыруға болады., Критикалық температурадан төмен температурада, газдық күйдегі зат- бу деп аталады. Ван-дер-Ваальстің эмпирикалық теңдеуі, конденсация процесін, критикалық температураның болуын, өте қаныққан буды, қатты қызған сұйықтықты және сұйқтың нашар сығылуын дұрыс сапалы түрде сипаттайды.

§4. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР

4.1. Екі дененің жылуалмасуын оқып үйрену

Жұмыстың мақсаты: жылулық әсерлесуде тұрған екі дененің қалыптасқан температурасын, меншікті жылуөткізгіштік туралы түсінік және термодинамиканың заңдарының негізінде анықтау.

Теория

Сыртқы ортамен жылу алмасу құбылысы болмайтын, бастапқы температуралары әртүрлі екі денені бір-бірімен жылулық контактіге келтірсек, онда ыстық дене суыйды да (өзінің энергиясын береді), ал салқын дене қызады (энергияны алады).

Денелердің арасындағы жылудың алмасуын сандық сипаттау үшін меншікті жылусыйымдылық деген ұғым енгіземіз.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad (1)$$

мұндағы Q - денелердің алған жылу мөлшері;

ΔT - денелердің температурасының өзгерісі;

m - дененің массасы.

$1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ жылусыйымдылықтың өлшем бірлігі болып табылады.

Меншікті жылу сыйымдылық -1кг затты 1К-ге қыздыру үшін қанша жылу мөлшері керек екенін көрсетеді.

Термодинамиканың алғашқы бастамасы келесі түрде жазылады:

$$\Delta U = Q + A, \quad (2)$$

мұндағы

ΔU - системалардың ішкі энергиясының өзгерісі;

Q - алынған жылу мөлшері;

A - сыртқы күштердің жұмысы.

Изоляцияланған жүйеде жылу алмасқан кезде $Q = A = 0$, және бүкіл жүйенің ішкі энергиясы (2) өзгермейді, ал жүйедегі жеке денелердің ішкі энергиясы келесі түрде өзгереді:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0,$$

бұл жерден $Q_1 = \Delta U_1$; $Q_2 = \Delta U_2$; және $Q_1 + Q_2 = 0$.

Q_1 және Q_2 -ні денелердің меншікті жылусыйымдылықтары арқылы өрнектеп, жылулық тепе-теңдіктің теңдеуін аламыз:

$$c_1 \cdot m_1 \cdot \Delta T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot \Delta T_2 = 0 \quad (3)$$

Енді бірінші дененің алғашқы температурасын T_1 , ал екінші дененің температурасын T_2 деп қарастырайық.

Термодинамикалық тепе-теңдіктің соңғы күйінде T температура орнығады.

Онда:

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (T - T_1) + c_2 \cdot m_2 \cdot (T - T_2) = 0,$$

бұл жерден

$$T = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot T_2}{c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2} \quad (4)$$

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін тізбедегі "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыздар.
2. Жұмыс үстелінде бірінің үстіне бірін қойып, ішінде заттары бар екі контейнерден тұратын қондырғыны жинаңыздар. Проектіні ашу тізбесінің көмегімен, Lab1, Lab1a, Lab1b файлдарында жазылған дайын қондырғыларды пайдалануға болады.
3. Әрбір зат үшін келесі параметрлерді: заттың түрі (сорты), массасы, алғашқы температурасын таңдап алыңыздар. Осы параметрлерді өздеріңнің лабораториялық журналдарыңызға жазып қойыңыздар. Әрбір контейнер үшін сыртқы ортамен жылу алмасу коэффициенті нөлге тең болуы тиіс.
4. Әрбір зат үшін параметрлер панелінен "Параметрді қабылда" және "Графикті көрсет" батырмаларын басыңыздар.
5. Графикті экранға шығару үшін проекторды қосыңыздар.
6. Графиктер үшін тиісті түсті таңдаңыздар (ыстық дене үшін қызыл, ал салқын дене үшін көк сызықты алуға болады).
7. "Жіберу" батырмасын басыңыздар және уақытқа байланысты контейнердегі заттардың температурасының өзгерісін графиктен бақылаңыздар.
8. Температуралар теңескен кезде "Тоқтату" бастырмасын басыңыздар және журналға орныққан температураны жазыңыздар (температураның теңескен уақытын да жазған дұрыс).
9. 3-8 пункттері бойынша, әрбір заттың параметрлерін (массасын, алғашқы температурасын, заттың түрін) өзгерте отырып, тәжірибені қайталаңыздар.
10. Барлық жүргізілген тәжірибелер үшін (4)-ші формула бойынша орныққан температураны есептеңіздер және оны эксперименталды нәтижелермен салыстырыңыздар.
11. Істелген жұмыс бойынша қорытынды жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Меншікті жылусыйымдылық дегеніміз не? Оның өлшем бірлігі қандай?
2. Меншікті жылусыйымдылық неге байланысты? Бір заттың меншікті жылусыйымдылығы әртүрлі болуы мүмкін бе?
3. Бұрын әртүрлі температурада болған, сонан соң жылулық контактіге келтірілген екі дененің орныққан температурасы неге байланысты болады?
4. Қандай жағдайда (4) формула дұрыс болып табылады?
5. Термодинамиканың алғашқы бастамасы қалай жазылады? Оған кіретін физикалық шамалардың мағынасы қандай?
6. Термодинамиканың алғашқы бастамасының қолдану облысы қандай? Термодинамиканың алғашқы бастамасы орындалмайтын жүйелер бар ма?
7. Тұйық жүйе үшін термодинамиканың екінші заңы қалай жазылады?
8. Адамның денесінің температурасы сыртқы ортаның температурасымен теңеспей, неліктен тұрақты болатынын қалай түсіндіруге болады? Бұл жерде термодинамиканың заңдарымен қайшылық жоқ па?

4.2. Заттың меншікті жылусыйымдылығын анықтау

Жұмыстың мақсаты: Жылу алмасу процесінің негізінде заттың сұйық және қатты күйлерінің меншікті жылусыйымдылықтарының мәнін анықтау.

Теория

Заттың қоршаған ортамен жылуалмасу процесі (фазалық ауысу), заттың температурасының өзгерісімен сипатталады. Осы жылуалмасуды сипаттайтын физикалық шама *меншікті жылусыйымдылық* деп аталады:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}, \quad (1)$$

мұндағы $Q - \Delta T$ Кельвинге (градуспен) массасы m затты қыздыру үшін керекті жылу мөлшері.

Меншікті жылусыйымдылық $\frac{Дж}{кг \cdot К}$ өлшенеді.

Жалпы жағдайда меншікті жылусыйымдылықтың мәні тұрақты шама емес, ол температураға, заттың күйіне және нақты жылуалмасу процесіне байланысты болады. Бірақ, көп жағдайда, меншікті жылусыйымдылық заттың температурасына байланыссыз деп айтуға болады.

Қыздырғышта тұрған стакандағы затты қыздырайық. Массасы m затты қыздыруға кеткен жылу мөлшері Q , қыздырғыштың қуаты W мен t қыздыру уақытымен анықталады:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = W \cdot t,$$

бұл жерден

$$c = \frac{W \cdot t}{m \cdot \Delta T}. \quad (2)$$

Бұл тәуелділікті заттың меншікті жылусыйымдылығын эксперимент арқылы анықтау үшін қолданылады.

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыз.
2. Үстелде келесі эксперименталдық қондырғыны жинаңыздар: бірінші қыздырғышты үстелге қойыңыз (ол сол жақтағы екінші жәшіктің ішінде). Қыздырғышты қосқышқа жететіндей етіп қою керек. Сосын оның үстіне стаканды қойыңыз. Стаканға мұзды салыңыз (ол шеткі оң жақтағы жәшікте тұр). Лаб2 файлынан дайын қондырғыны алуға болады.
3. Қыздырғышқа "тышқанның" оң батырмасын басып, оның параметрлер терезесін ашыңыздар. Қыздырғыштың қуатын қойыңыздар (1000 Вт-қа жуық). Лабораториялық журналға осы мәндерді жазыңыздар. Қыздырғыштың терезесін жабыңыздар. Мұздың кескініне "тышқанның" оң батырмасын басып, оның параметрлер терезесін ашыңыздар. Мұздың температурасын 0 оС-тан төмен қойыңыздар. Мұздың қандай да бір массасын алыңыз. Параметрлер

панеліндегі "Параметрлерді қабылда" және "Графикті көрсет" батырмаларын басыңыздар. Алған параметрлерді журналға жазып алыңыздар.

4. Графикті экранға шығаратын проекторды қосыңыз.

5. "Иске қос" батырмасын басыңыз және уақытқа байланысты мұздың температурасының өзгерісін графиктен бақылаңыз. Сол уақытта заттың параметрлер терезесінде сіздер температураның өзгерісін, ал балқу процесінде мұздың қанша массасының ерігенін көруге болады.

6. Мұздың еріп бітпеген және судың қыза бастаған кезінде, яғни судың температурасы көтеріле бастағанда, "Тоқтату" батырмасын басыңыз.

7. График бойынша, мұздың қыза бастаған алғашқы температурадан, еру температурасына дейін кеткен уақытты өлшеңіздер және оны лабораториялық журналға жазып қойыңыз. Сонымен қатар мұз температурасының өзгерісін де жазып алыңыздар.

8. График бойынша балқу температурасынан, нөлден жоғары температураға дейін суды қыздыруға кеткен уақытты өлшеңіздер. Сонымен қатар осы уақыт ішінде судың температурасының өзгерісін жазыңыздар.

9. Мұздың массасын және қыздырғыштың параметрлерін өзгерте отырып, 3-8 пункттердегі тәжірибені қайталаңыздар.

10. (2)-ші формула бойынша судың және мұздың меншікті жылусыйымдылықтарын эксперименттің нәтижелерін қолданып есептеңіздер. Меншікті жылусыйымдылықтың орташа мәнін табыңыздар және белгілі формулалар бойынша қателіктерді есептеңіздер.

11. Өздеріңіздің есептеулеріңді су мен мұздың кестелік мәндерімен салыстырыңыздар.

12. Істеген жұмыстарыңыз бойынша тұжырым жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Затты қыздыру процесін қандай физикалық шамалар сипаттайды? Олардың өлшем бірліктері қандай?

2. Заттың меншікті жылусыйымдылығының шамасы неге байланысты болады?

3. Бір заттың меншікті жылусыйымдылығы әртүрлі болуы мүмкін бе?

4. 2-ші формуланы қорыту үшін қандай физикалық заңдылықтар қолданылады?

5. Қандай жағдайда (2) формула дұрыс болып табылады?

4.3. Мұздың еруі

Жұмыстың мақсаты: Заттың қатты күйден сұйық күйге фазалық ауысуын, балқудың меншікті жылуы түсінігі негізінде оқып үйрену.

Теория

Фазалық ауысу жылудың жұтылуы немесе бөлінуімен қатар жүреді. Осы жылу алмасуды сипаттайтын физикалық шама фазалық ауысудың жылуы деп аталады. Дербес жағдайда балқу процесі *балқудың меншікті жылуымен* сипатталады q :

$$q = \frac{Q_0}{m}, \quad (1)$$

мұндағы Q_0 -балқу температурасында, массасы m затты қатты күйден сұйық күйге айналдыруға кететін жылу мөлшері. Осындай жылу мөлшері кристаллдану процесінде де бөлінеді. Балқу процесі басталатын температураны, балқу температурасы деп атайды.

Балқудың меншікті жылуы $\frac{Дж}{кг}$ өлшенеді.

Қыздырғыштың үстіндегі стакандағы мұзды қыза бастады деп ұйғарайық. Массасы m мұзды ерітуге кететін жылу мөлшері, қыздырғыштың қуатымен W және балқу уақытымен t анықталады:

$$Q = q \cdot m = W \cdot t$$

мұндағы

$$q = \frac{W \cdot t}{m} \quad (2)$$

Бұл тәуелділікті балқудың меншікті жылуын эксперимент бойынша анықтауда қолдануға болады.

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыз.
2. Үстелде келесі эксперименталдық қондырғыны жинаңыздар: бірінші қыздырғышты үстелге қойыңыз (ол сол жақтағы екінші жәшіктің ішінде). Қыздырғышты қосқышқа жететіндей етіп қою керек. Сосын оның үстіне стаканды қойыңыз. Стаканға мұзды салыңыз (ол шеткі оң жақтағы жәшікте тұр). Lab3 файлынан дайын қондырғыны алуға болады.
3. Қыздырғышқа "тышқанның" оң батырмасын басып,оның параметрлер терезесін ашыңыздар. Қыздырғыштың қуатын қойыңыздар (1000 Вт-қа жуық). Лабораториялық журналға осы мәндерді жазыңыздар. Қыздырғыштың терезесін жабыңыздар. Мұздың кескініне "тышқанның" оң батырмасын басып, оның параметрлер терезесін ашыңыздар. Мұздың температурасын 0°C -тан төмен қойыңыздар. Мұздың қандай да бір массасын алыңыз. Параметрлер панеліндегі "Параметрлерді қабылда" және "Графикті көрсет" батырмаларын басыңыздар. Алған параметрлерді журналға жазып алыңыздар.
4. Графикті экранға шығаратын проекторды қосыңыз.
- 5."Іске қосу" батырмасын басыңыз және уақытқа байланысты мұздың температурасының өзгерісін графиктен бақылаңыз. Сол уақытта заттың параметрлер терезесінде сіздер температураның өзгерісін, ал балқу процесінде-мұздың қанша массасының ерігенін көруге болады.
- 6.Ерудің соңын және судың қайнауының басын күтіңіздер(судың температурасы өсе бастаған кезде). "Токтату" батырмасын басыңыздар.
7. Графиктен еру (балқу) процесінің уақытын өлшеңіздер де лабораториялық журналға жазып қойыңыздар.
- 8.Қыздырғыш пен мұздың параметрлерін өзгерте отырып, 3-7 пункттері бойынша тәжірибені қайталаңыздар.

9. Эксперименттің нәтижелерін қолдана отырып, (2) формуласы бойынша мұздың еруінің меншікті жылуын есептеңіздер. Балқудың меншікті сыйымдылығының орташа мәнін табыңыздар және белгілі формулалар бойынша қателіктерді есептеңіздер.

10. Өздеріңіздің қателіктеріңізді судың кестелік мәнімен салыстырыңыздар.

11. Істеген жұмыстарыңыз бойынша тұжырым жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Еру (балқу) процесін қандай физикалық шамалар сипаттайды? Олардың өлшем бірліктері қандай?

2. (2) формуласы қандай жағдайда дұрыс болып табылады?

3. Егер мұзды ерітпей, тек кристаллдау процессінде суды суытсақ, балқудың меншікті жылуын анықтау үшін (2) формуласын қолдануға болады ма?

4. Неге балқыту кезінде жылу береміз, ал оған кері процесс кристаллдау кезінде жылу бөлінеді? Неге керісінше емес? Осыны заттың молекулалық құрылысы тұрғысында түсіндіріңіз.

5. Не себепті балқу (кристаллдану) процесінде температураның тұрақты болатынын түсіндіріңіздер?

6. Заттың қандай күйі (кристалдық сұйық немесе газдық) көбірек реттелген, ал қандай күйі азырақ реттелген.

4.4. Судың қайнауы

Жұмыстың мақсаты: Заттың сұйық күйден газ күйіне өтуінің фазалық ауысуын бұға айналудың меншікті жылуы негізінде оқып үйрену.

Теория

Фазалық ауысулар жылудың жұтылу немесе бөліну процессімен қатар жүреді. Осы жылуалмасуды сипаттайтын физикалық шама фазалық ауысудың жылуы деп аталады. Бұға айналу процессі жеке жағдайда бұға айналудың меншікті жылуымен сипатталады:

$$\lambda = \frac{Q_{\text{бу}}}{m} \quad (1)$$

мұндағы $Q_{\text{бу}}$ - массасы m заттың қайнау температурасында, сұйықтан газ күйіне ауысуына қажетті жылудың мөлшері. Конденсация процесінде де дәл осындай мөлшерде жылу бөлінеді. Қайнау процессі басталатын температураны қайнау температурасы T деп атайды.

Бұға айналудың меншікті жылуы $\frac{Дж}{кг}$ өлшенеді.

Қыздырғыштың үстіндегі стакандағы су қыза бастасын. Массасы m суды бұға айналдыруға кететін жылу мөлшері Q қыздырғыштың қуатымен W және қайнау уақытымен t анықталады:

$$Q = \lambda \cdot m = W \cdot t$$

мұндағы

$$\lambda = \frac{W \cdot t}{m} \quad (2)$$

Бұл тәуелділікті бұға айналуының меншікті жылуын эксперименталды анықтау үшін қолдануға болады.

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыз.
2. Үстелде келесі эксперименталдық қондырғыны жинаңыздар: бірінші қыздырғышты үстелге қойыңыз (ол сол жақтағы екінші жәшіктің ішінде). Қыздырғышты қосқышқа жететіндей етіп қою керек. Сосын оның үстіне суы бар контейнерді қойыңыз (ол шеткі оң жақтағы жәшікте тұр). Lab4 файлынан дайын қондырғыны алуға болады.
3. Қыздырғышқа "тышқанның" оң батырмасын басып, оның параметрлер терезесін ашыңыздар. Қыздырғыштың қуатын қойыңыздар (1000 Вт-қа жуық). Лабораториялық журналға осы мәндерді жазыңыздар. Қыздырғыштың терезесін жабыңыздар. Контейнердің кескініне "тышқанның" оң батырмасын басып, оның параметрлер терезесін ашыңыздар. Судың температурасын 100 оС-тан төмен қойыңыздар. Судың қандай да бір массасын алыңыз. Параметрлер панеліндегі "Параметрлерді қабылда" және "Графикті көрсет" батырмаларын басыңыздар. Алған параметрлерді журналға жазып алыңыздар.
4. Графикті экранға шығаратын проекторды қосыңыз.
5. "Іске қос" батырмасын басыңыз және графиктен судың температурасының уақытқа байланысты өзгерісін бақылаңыздар. Сіздер температураның өзгерісін, ал қайнау процесінде-судың қандай массасы қайнап кеткенін көресіздер.
6. Қайнауың соңында "Токтату" батырмасын басыңыз.
7. Графиктен қайнау процессінің уақытын есептеңіздер де оны лабораториялық журналға жазып қойыңыздар.
8. Қыздырғыштың және судың параметрлерін өзгерте отырып 3-7 пункттері бойынша тәжірибені қайталаңыздар.
9. (2)-ші формула бойынша, судың бұға айналуының меншікті жылуын есептеуге болады. Бұға айналуының меншікті жылуының орташа мәнін есептеңіздер және белгілі формулалар бойынша қателіктерді есептеңіздер.
10. Нәтижелерді судың кестелік мәнімен салыстырыңыздар.
11. Істеген жұмыстарыңыз бойынша тұжырым жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Қайнау процесін қандай физикалық шамалар сипаттайды? Олардың өлшем бірліктері қандай ?
2. Қандай жағдайда (2) формуласы дұрыс болады?
3. Не себепті суды қайнату үшін жылу береміз, ал кері процесс конденсацияда жылу бөлінеді, неге керісінше емес? Заттың молекулалық құрылысын ескере отырып, осыны түсіндіріңіздер.
4. Қайнау (конденсация) процесіндегі температураның тұрақтылығын түсіндіріңіздер.

5. Заттың қандай күйі (кристаллдық, сұйық немесе газ) көбірек реттелген, ал қайсысы азырақ реттелген?
6. Сіздер 3 және 5 сұрақтарының жауаптарынан, белгілі бір заңдылықты байланысты байқай аласыздар ма?

5.5. Газды изотермиялық толтыру

Жұмыстың мақсаты : Идеал газдардың күй теңдеулерінің негізінде, белгілі бір көлем мен температурадағы, заттың мөлшері мен қоспаның құрамына байланысты, газ қоспасы қысымының өзгеру заңдылықтарын оқып үйрену.

Теория

Идеал газдың күйі Менделеев-Клапейрон теңдеуімен сипатталады:

$$PV = \frac{m}{M}RT = \nu RT \quad (1)$$

мұндағы **P**- Паскальмен берілген қысым;

V -м³ берілген көлем;

T- Кельвинмен берілген абсолютті температура;

m -кг берілген газ массасы;

M - кг/моль берілген мольдік масса;

ν - мольдердің саны;

R = 8.31 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$ универсал газ тұрақтысы.

Осы теңдеуден көріп тұрғандай, белгілі көлем мен температурадағы идеал газдың қысымы, қоспаның құрамына байланысты емес, тек қана ыдыстағы заттың мөлшерімен анықталады.

Қалыпты жағдайда (P = 101.3 кПа, T = 273 К) 1 моль идеал газ 22,4 л көлемді алады.

$$V = \frac{\nu RT}{P} \approx 22.4 \text{ литр}$$

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыз.
2. Сол жақтағы бірінші жәшіктен бос жасыл ыдысты алыңыз да, оны жұмыс үстеліне, газ баллондарының қоймасына жақын жерге қойыңыз. Ыдысты дұрыс қондырған кезде, ол насосың түтігімен жалғанады. Lab5 файлынан дайын қондырғыны алуға болады.
3. "Тышқанның" оң жақ батырмасын бос ыдыста басып, параметрлер терезесін ашыңыздар.
4. Ыдыстың көлемін 22,4 литр, ал температурасын 273 К деп алыңыз.
5. "Ок" және "Графикті көрсет" батырмаларын басыңыздар.
6. Белгілі температурада, ыдыстағы газдың қысымын көрсететін графикті шығаратын проекторды қосыңыздар.

7. Қоймадағы газ баллондарынан керекті газдарды “тышқанның” оң жақ батырмасын басу арқылы таңдаңыздар.
8. Жұмыс ыдысына таңдап алған газдың 1 моль мөлшерін, “тышқанның” көмегімен насостың тетігін сағат тілімен бұрай отырып толтырыңыздар.
9. Қысымның мәнін жазып алыңыздар.
10. Басқа газды таңдап, тағы да екі моль жаңа газды толтырыңыздар.
11. Ыдыстағы газдар қоспасының жаңа қысымын жазып алыңыздар.
12. Үшінші газды таңдап, оның тағы да газдың екі моль мөлшерін толтырыңыздар.
13. Ыдыстағы қоспаның жаңа қысымын жазып алыңыздар.
14. Ыдыстан 1 мольден газдарды кері шығырып, қысымның сәйкес мәндерін жазып алыңыздар.
15. Қысымның заттың мөлшеріне байланысты графигін тұрғызыңыздар.
16. Эксперимент бойынша тұжырым жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Қандай жағдайда газды идеал газ деп атайды?
2. Идеал газды қандай күй теңдеулері сипаттайды?
3. Не себепті ыдыстағы газ қысымы қоспаның құрамына байланысты емес, тек қана мольдің жалпы санымен анықталады?
4. Тұрақты басқа параметрлерде, газ қоспасы қысымының заттың мөлшеріне байланыстылығы қалай болады?

4.6. Универсалды газ тұрақтысын анықтау

Жұмыстың мақсаты: Универсалды газ тұрақтысының мәнін идеал газдың күй теңдеулері бойынша анықтау.

Теория

Көп жағдайда, төменгі тығыздық пен жоғарғы температурада (бірақ ионизациялану температурасына жетпеген жағдайда) газдарды идеал газ деп есептеуге болады.

Идеал газдың күйі Менделеев-Клапейрон теңдеуімен сипатталады:

$$PV = \frac{m}{M} RT \quad (1)$$

мұндағы: **P**- Паскальмен берілген қысым;

V -м³ берілген көлем;

T- Кельвинмен берілген абсолютті температура;

m -кг берілген газ массасы;

M - кг/моль берілген мольдік масса;

R = 8.31 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$ универсал газ тұрақтысы.

Изохоралық процесті қарастырайық. Көлем мен заттың мөлшері тұрақты болса, ыдыстағы газдың қысымы температураға тура пропорционал болды:

$$P/T = \text{const.}$$

Айнымалылары қысым-температура болатын изохоралық процесстің графигі координатаның бас нүктесі арқылы өтетін түзу сызық түрінде болады.

(1)-ші формуланы және изохоралық процесітегі газ қысымының оның температураға тәуелділігінің эксперименталды байланысын қолдана отырып, универсалды газ тұрақтысын анықтауға болады.

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыз.
2. Сол жақтағы бірінші жәшіктен бос жасыл ыдысты алыңыз да, оны жұмыс үстеліне газ баллондарының қоймасына жақын жерге қойыңыз. Ыдысты дұрыс қондырған кезде ол насосың түтігімен жалғанады. Lab6 файлынан дайын қондырғыны алуға болады.
3. Тышқанның оң жақ батырмасын бос ыдысты басып, параметрлер терезесін ашыңыздар.
4. Алғашқы көлемді 50 литр, температураны 200К деп алыңыздар.
5. "OK" батырмасын басыңыздар.
6. Қоймадағы газ баллондарының тізімінен, "тышқанның" оң жақтағы батырмасының көмегімен толтыратын газды таңдаңыздар. Тізімнен гелийді алыңыздар.
7. Жұмыс ыдысына 5 моль гелийді "тышқанның" көмегімен насосың тетігін сағат тілінің бағытымен бұрай отырып толтырыңыз.
8. Процестің түрінен "изохораны" таңдап алыңыздар.
9. Қозғалтқыштың көмегімен 50К-нен 500 К-ге дейін газдың температурасын өсіре отырып, кестеге қысым мен температураның мәндерін жазыңыздар.
10. Лабораториялық журналға эксперимент бойынша алынған нүктелерді пайдаланып, қысымның температураға байланысты графигін салыңыздар. Және оның жалғасы координата басы арқылы өтетініне көз жеткізіңіздер.
11. Қысым мен температураның пар мәндері үшін (2) формуласы бойынша универсалды газ тұрақтысының мәнін есептеңіздер.
12. Эксперимент бойынша тұжырым жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Қандай жағдайда газды идеал деп есептеуге болады?
2. Идеал газды қандай күй теңдеуі сипаттайды?
3. Универсал газ тұрақтысы не себепті осылай аталады?
4. Оның өлшем бірлігі қандай?
5. R-дің басқа фундаменталды тұрақтылардан айырмашылығы қандай?

4.7. Газдардағы изопроцесстер

Жұмыстың мақсаты: Идеал газдың күй теңдеулерінің негізінде изопроцестердің (изотермиялық, изохоралық, изобаралық, адиабаталық) заңдылықтарын оқып үйрену.

Теория

Идеал газдың күйі Менделеев-Клапейрон теңдеуімен сипатталады.

$$PV = \frac{m}{M}RT \quad (1)$$

мұндағы: **P**- Паскальмен берілген қысым;

V - m^3 берілген көлем;

T- Кельвинмен берілген абсолютті температура;

m -кг берілген газ массасы;

M - кг/моль берілген мольдік масса;

R = 8.31 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$ универсал газ тұрақтысы.

Дербес жағдайларды қарастырамыз.

Изотермиялық процесс.

Изотермиялық процесте, заттың мөлшері өзгермегенде температура тұрақты болып қалады, сондықтан:

$$PV = \text{const} \quad (2)$$

Айнымалылары қысым және көлем болатын бұл функцияның графигі-гипербола болып табылады, ол изотерма деп аталады.

Изохоралық процесс.

Бұл процесте, көлем тұрақты және заттың мөлшері өзгермейді. Ол үшін келесі түрдегі формуланы аламыз:

$$P/T = \text{const}$$

Бұл байланыстың графигін изохора деп атайды және ол айнымалылары қысым-температура болатын, координатаның басы арқылы өтетін түзу болып табылады.

Изобаралық процесс.

Бұл процесте, қысым тұрақты және заттың мөлшері өзгермейді. Ол үшін келесі формула дұрыс болып табылады:

$$V/T = \text{const}$$

Бұл байланыстың графигін изобара деп атайды және ол айнымалылары қысым-температура болатын, координатаның бас нүктесі арқылы өтетін түзу болып табылады.

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыз.
2. Сол жақтағы бірінші жәшіктен бос жасыл ыдысты алыңыз да, оны жұмыс үстеліне газ баллондарының қоймасына жақын жерге қойыңыз. Ыдысты дұрыс қондырған кезде ол насостың түтігімен жалғанады. Lab7 файлынан дайын қондырғыны алуға болады.
3. "Тышқанның" оң жақ батырмасын баллондар қоймасындағы газдардың атына әкеліп, толтырытын газдарды тізімнен таңдаңыздар.

4. “Тышқанның” оң жақ батырмасын бос ыдыста басып, параметрлер терезесін ашыңыздар. Алғашқы көлемді 50 литр, температураны 200К деп алыңыздар. Газдың "Идеал" деген моделін таңдаңыздар да "OK" батырмасын басыңыздар. Таңдап алған көлем мен температураның мәндерін журналға жазып қойыңыздар.
5. Жұмыс ыдысына "тышқанның" көмегімен насостың тетігін сағат тілімен бұрай отырып, газдың керекті моль мөлшерін толтырыңыздар (мысалы 5 моль).
6. "Ыдыстағы газдың параметрі" терезесінен "изохора"-ны таңдап алыңыздар.
7. Қозғалтқыштың көмегімен, газдың температурасын өзгерте отырып, лабораториялық журналға температура мен қысымның мәндерін жазып қойыңыздар.
8. Қысымның температураға байланысты графигін салыңыздар. Бұл графиктің түрі қандай? Ол координата басы арқылы өтеді ме?
9. "Ыдыстағы газдың параметрі" терезесінен "изобараны" таңдап алыңыздар.
10. Қозғалтқыштың көмегімен газдың температурасын өзгерте отырып, лабораториялық журналға температура мен көлемнің мәндерін жазып қойыңыздар.
11. Көлемнің температураға байланысты графигін салыңыздар. Бұл графиктің түрі қандай? Ол координата басы арқылы өтеді ме?
12. "Изотерма" және "Адиабата" процестері үшін 6-8 пункттеріндегі өлшеулерді қайталаңыздар.
13. Жұмыс ыдысындағы параметрлер панелінен "Графикті көрсет" батырмасын басыңыздар. Графикті шығару үшін проекторды қосыңыздар. "Изобара", "Изохора" және т.б. процестердің түрін және графиктегі айнымалыларды таңдай отырып, өздеріңіз зерттеген және лабораториялық журналда салған эксперименталды байланыстарды бақылаңыздар.
14. Істелген жұмыстар бойынша тұжырым жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Қандай жағдайда газды идеал деп есептеуге болады?
2. Идеал газды қандай күй теңдеуі сипаттайды?
3. Сіздер газбен болатын қандай процестерді білесіздер?
4. Изопроцестер қандай жағдайларда жүреді?
5. Әрбір изопроцестер үшін сапалық таңдау жасаңыздар-газдың ішкі энергиясы қалай өзгереді, жүйе жұмыс жасай ма, жүйе қоршаған ортамен қалай жылу алмасады?

4.8. Жылуөткізгіштік процесті оқып үйрену

Жұмыстың мақсаты: Жылуөткізгіштік заңдарының негізінде, осы процесті сипаттайтын негізгі физикалық шамалармен танысу және оның сапалық заңдылықтарын оқып үйрену.

Теория

Жылу берудің негізгі 3 түрі бар:

1. Жылуөткізгіштік - бұл кезде жылу молекулалық қозғалыстың негізінде беріледі, бірақ зат қозғалмайды.

2. Конвекция-жылу затпен бірге беріледі

3. Сәуле шығару-жылу электромагниттік сәуле шығарумен беріледі

Жылу берудің бірінші процесін қарастырамыз. Бұл процесі сипаттайтын физикалық шама, жылу ағынының векторы болып табылады, ол температураның кемуіне қарай бағытталған. Вектордың бұл бағыты, жылудың ыстық аумақтан салқын аумаққа қарай ауысатынын көрсетеді. Жылу ағыны белгілі бір арақашықтықтағы нүктелердегі температуралар айырымына пропорционал және жылу таралатын заттың қасиетіне байланысты. Жылу ағынының заттың түріне байланыстылығын сипаттайтын физикалық шама жылуөткізгіштік коэффициент деп аталады.

Жылуөткізгіштік коэффициент көп болған сайын, дәл сол арақашықтағы температуралар айырымындағы жылу ағыны да көп болады. Кейбір металлдардың, яғни мыс, күміс және кейбір кристаллдардың жылуөткізгіштік коэффициенттері үлкен. Жылуөткізгіштік коэффициенттері өте аз болатын материалдар да кездеседі. Оларды жылу изоляциялық материалдар деп атайды.

Егер өзекшені бір жағынан қыздырсақ, жылу оның бойымен келесі бөлігіне қарай тарай бастайды және жылу көзінен алыс жерде бірден емес, бірте-бірте өседі. Бұның қаншалықты тез жүруі, өзекшенің жылуөткізгіштік коэффициентіне байланысты.

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Жұмыс үстелін "Жаңа проект" батырмасын басып тазартыңыз.

2. Үстелдің 3-ші жәшігінен штативті алып, оны жұмыс үстеліне, газ баллондарының қоймасының жақын жеріне қойыңыздар. Осы жәшіктен өзекшені алып, оны штативтің табанына жақындатыңыз-ол "тышқанның" батырмасын жіберген кезде бекиді. Шырақты алып, оны өзекшенің оң жақ шетіне қойыңыз.

3. Өзекшеде "тышқанның" оң жақ батырмасын басып, материалдар тізімінен күмісті ("Ag"), ал температураны 200C деп алыңыз. "Сыртқы ортаға жылу беру коэффициенті"-не 50-ді қойыңыз. "Параметрлерді қабылда" және "Графикті көрсет" батырмаларын басыңыздар.

4. Жұмыс үстелінде оңға қарай орналастыра дәл осындай 2-ші қондырғыны жинаңыздар. Екінші қондырғыдағы өзекшенің материалы ретінде қорғасынды "Pb" таңдаңыздар. Қалған параметрлерді бірінші қондырғыдағыдай етіп алыңыздар. "Параметрлерді қабылда" және "Графикті көрсет" батырмаларын басыңыздар.

5. Егер сіз тым жалқау болсаңыз, Lab8 файлынан дайын қондырғыны алуға болады.

6. Графикті экранға шығару үшін проекторды қосыңыздар.

7. "Іске қосу" батырмасын басыңыз. Бастапқыда, бөлменің температурасымен өзекшенің алғашқы температурасы бірдей болғандықтан ештеңе өзгермейді.

8. "Тышқанның" сол жақ батырмасының көмегімен бірінші сол, сосын оң шырақты жағыңыз. Екі өзекшенің бойымен температураның өзгеруін экранда бақылаңыз. Белгілі бір уақытта температураның таралуы тұрақталады және әрі қарай өзгермейді.

9. Бір шырақты өшіріп, экрандағы өзгерісті бақылаңыз.
10. Шырақты жағып және өшіріп өзекшенің температурасының өзгерісін бақылаңыз.
11. Өзекшедегі температура орныққаннан кейін, қорғасын өзекшені қыздырып тұрған шырақты оның ортасына, сосын сол жақ шетіне қойыңыздар. Қандай эффекттің болатынын бақылаңыз.
12. Осылай экрандағы өзгерістерді бақылай отырып, тәжірибені жалғастыруға болады.
13. Эксперимент бойынша қорытынды жасаңыздар.

Пысықтау сұрақтары

1. Жылу беретін қандай процестер бар?
2. Олардың айырмашылықтары қандай және оларды не біріктіреді?
3. Жылуөткізгіштік процесті қандай физикалық шама сипаттайды?
4. Жылуөткізгіштік коэффициенттері үлкен және аз материалдар қайда қолданылады?
5. Күннен Жерге жылу қандай процесс бойынша беріледі?
6. Сіздің бөлмеңізге от жағатын жердегі (котельнидегі) жағылған отыннан бөлінетін жылу, орталық жылыту жүйесі арқылы жылу беру процесінің қандай реті бойынша берілетінін айтыңыз.

§5. ДЕМОНСТРАЦИЯЛЫҚ ТӘЖІРИБЕЛЕР

5.1. Идеал және реал газдардың айырмашылықтары

Реал газ моделінде орташа арақашықтағы молекулалардың тартылуы және өте жақын арақашықтықтағы молекулалардың тебілуі ескеріледі. Сондықтан, мысалы, P-V диаграммасында реал газдың изотермасы идеал газдың изотермасынан төмен жатуы тиіс, себебі реал газ моделіндегі ескерілетін молекулалардың өзара тартылысы, газдың ыдыстың қабырғасына түсіретін қысымын азайтады. Бұл аздаған айырмашылық, газ тығыздығының аз мәнінде, газды изотермиялық сыққан және конденсациялау нүктесіне жақындаған кезде әдәуір болады. Осы кезден бастап, реал газдың изотермасы, сонымен қатар изобара да болып табылады. Әрі қарай жүйенің көлемін азайтсақ, ол тұрақты температура мен қысымда, газдың сұйық фазаға конденсациялануына әкеледі. Ыдыс сұйықтықпен толық толғанға дейін осылай болады.

1. Demo1 проектісін ашыңыздар. Жұмыс үстелінде ішіндегі азоттың мольдік мөлшері бірдей, екі бірдей ыдыс пайда болады. Сол жақтағы ыдыс идеал газ моделі үшін, ал оң ыдыс Ван-дер-Ваальс газ моделі үшін қолданылады.
2. Изотерманың графигін экранға шығару үшін проекторды қосыңыздар.
3. Сол ыдысқа "тышқынның" оң батырмасын бассаңыздар, идеал газдың параметрлер терезесі ашылады.
4. Көлемнің қозғалтқышын жәй қозғалта отырып, газды сығыңыздар және оның қысымының көлемге байланысын байқаңыздар. Газ көлемін 10 литрге дейін жеткізу қажет.

5. Оң жақтағы ыдысқа "тышқынның" оң батырмасын бассаңыздар, реал газдың параметрлер терезесі ашылады.

6. Көлемнің қозғалтқышын жәй қозғалта отырып, газды сығыңыздар және оның қысымының көлемге байланысын байқаңыздар. Газ көлемін 10 литрге дейін жеккізу қажет.

Алынған графиктерден жоғарыда айтылған заңдылықтарды көруге болады.

5.2. Қаныққан су буы

Ыстық су буы бар ыдысты суытсақ, белгілі бір температурадан бастап, бу қанығады да конденсациялана бастайды. Әрі қарай температураның төмендеуі, қысымның кемуімен және сұйықтың мөлшерінің көбейуімен қатар жүреді. Бұл аумақ, температураның әр мәні үшін, қаныққан бу қысымының температураға байланысын көрсете отырып, судың сұйық және газ күйі арасындағы, динамикалық тепе-теңдікті сипаттайды.

1. Demo2 проектісін ашыңыздар. Жұмыс үстелінде ішінде 500 К температурада 0,16 литрге жуық су буы бар, көлемі 50 литр ыдыс пайда болады.

2. Тұрақты көлемде, қысымның температураға байланысты графигін экранға шығару үшін, проекторды қосыңыздар.

3. "Тышқанның" оң батырмасын ыдыста басып, газ параметрлерінің терезесін ашыңыздар.

4. Температураның қозғалтқышын жәй қозғалта отырып, буды суытыңыздар және оның қысымының өзгеруін бақылаңыздар.

5. 400 К температурадан бастап будың конденсациясы басталады. Егер әрі қарай суытсақ, ыдыстағы қысымның түсуі тез болады, бу сұйыққа айналады. Сұйық фазаның мөлшері (литрмен) параметрлер терезесінде көрінеді.

6. Ыдысты шегіне дейін, яғни 20кПа қысымға дейін суытыңдар.

7. Температураның қозғалтқышын оңға қарай қозғалта отырып, газды қыздырыңдар. Сұйық фазаның азайғанына және қысымның өскеніне көңіл аударыңыздар.

Бұл демонстрацияны басқаша да істеуге болады.

1. Demo2 проектісін ашыңыздар. Жұмыс үстелінде ішінде 360 К температурада 0.16 литрге жуық су буымен суы бар, көлемі 50 литр ыдыс пайда болады. Ыдыс қуаты 1 кВт қыздырғыштың үстінде орналасқан.

2. Тұрақты көлемде, қысымның температураға байланысты графигін экранға шығару үшін проекторды қосыңыздар.

3. "Тышқанның" оң батырмасын ыдыста басып, газ параметрлерінің терезесін ашыңыздар.

4. "Жіберу" батырмасын басып, ыдыстағы заттың қызу және судың булану процестерін бақылаңыздар.

5. Температура 450К болғанда "Тоқтату" батырмасын басыңыздар.

6. Термоэлементті салқындатып, процесті кері бағытта жүргізуге болады.

5.3. Қоршаған ортамен жылу алмасу

Ыстық дененің қоршаған ортада салқындауы бірнеше параметрлерге байланысты: қоршаған орта мен дененің температураларының айырымына, жылу беру коэффициентіне, заттың меншікті жылусыйымдылығына және дененің массасына байланысты.

1. Demo3 проектісін ашыңыздар. Жұмыс үстелінде, біреуінде 1 кг мыс (қызыл түстес), ал екіншісінде 1 кг қорғасын (сұр) бар екі стакан пайда болады. Стакандардағы денелердің температураларын бастапқыда бірдей етіп алыңыздар, яғни 500С . Лабораторияның температурасы 300С.
2. Температураның уақытқа байланысты графигін көрсететін проекторды қосыңыздар.
3. "Жіберу" батырмасын басып, дененің суу процесін бақылаңыздар.
4. 30 сек. кейін "Тоқтау" батырмасын басып, секундомерді тоқтаңыздар.
5. Оқушыларды үш жағдайға көңіл аудартыңдар: 1) Екі дененің температурасы қоршаған ортаның температурасына қарай ұмытылады. 2) Екі дененің жылу беру коэффициенттері бірдей болғанына қарамастан, мысқа қарағанда жылусыйымдылығы аз болғандықтан қорғасын тез салқындай бастайды. 3) Дене мен қоршаған ортаның температураларының айырымы аз болған сайын, денелердің температураларының өзгеріс жылдамдығы да аз болады.
6. Тағы да "Жіберу" батырмасын басыңыздар. Лабораторияда ілініп тұрған термометрді басып, ондағы температураны +40+500С деп қойыңыздар. Денелер температураларының өзгерісін бақылаңыздар. Лабораториядағы температураны әуелі оң мәнге, сосын теріс мәнге өзгертіндер.
7. Оқушылар бұл эксперименттердегі денелердің температураларының өзгеру заңдылықтарын түсіндірсін.

Затты, алғашқы температураны және жылу беру коэффициентін өзгерте отырып, демонстрацияны қайталауға болады.

5.4. Газды изотермиялық және адиабаталық толтыру

Газды изотермиялық толтырғанда, оның температурасы тұрақты болып қалады, ал қысым толтырылған зат мөлшеріне пропорционал өседі. Бос ыдысқа газды адиабаталық толтырған кезде, оның температурасы тұрақты болып қалмайды. Насос, газды жылу изоляцияланған ыдысқа толтырған кезде, жұмыс істейді. Бұл кезде тек газдың қысымы көтеріліп ғана қоймайды, сонымен қатар газ қызады. Жылу изоляцияланған ыдыстан газды шығарғанда, ол ұлғаяды, яғни салқындайды.

1. Demo4 проектісін ашыңыздар. Жұмыс үстелінде екі ыдыс, жылу изоляцияланған Дьюар ыдысы және изотермиялық ыдыс пайда болады.
2. Графикті шығару үшін проекторды қосыңыздар.
3. Дьюар ыдысын, насостың тетігін сағат тілінің бағытымен бұрай отырып, 5 моль азотпен толтырыңыздар.
4. Дьюардың адиабаталық ыдысын оңға қарай қойып, оның орнынына изотермиялық ыдысты қойыңыздар. Дұрыс қойған жағдайда, ол насоспен жалғанады.

5. Насостың көмегімен насостың тетігін сағат тілінің бағытымен бұрай отырып, изотермиялық ыдысты 5 моль азотпен толтырыңыздар.
6. Толтыру процесі кезінде алынған, қысымның температураға байланысты графиктерін салыстырыңыздар.
7. Насостың тетігін сағат тілінің бағытына қарсы бұрай отырып, газды шығарыңыздар. Ыдыстағы газ параметрлерінің өзгерісін бақылаңыздар.

III - ТАРАУ ЭЛЕКТР БӨЛІМІ §6. Электростатика негіздері

Электр тоғы және электр тізбегінің элементтері Электр тоғы және электр қозғаушы күш

Электр тоғы деп - электр зарядтарының реттелген қозғалысын айтады. Электр тоғының бағыты ретінде оң зарядтардың қозғалыс бағытын алу ұйғарылған. Өткізгіштерде электр тоғы электр өрсінің әсерінен пайда болады.

Өткізгіштің көлденең қимасы арқылы Δt уақытта өтетін Δq зарядтың осы уақыт аралығына қатынасы ток күші I деп аталады:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Ток күші Ампермен өлшенеді. Егерде уақыт өтуіне байланысты ток күші өзгермесе, онда электр тоғы тұрақты ток деп аталады.

Өткізгіштердегі электр тоғы тұрақты ток көздерін туғызады.

Тұрақты ток көзінің ішінде электрстатикалық өріс күшінің бағытына қарсы электр зарядтарының орын ауысуын туғызатын күштерді бөгде күштер деп атайды.

Гальвани элементтерінде немесе аккумуляторда бөгде күштер электрод-электролит шекараларында болатын электрхимиялық процестердің нәтижесінде пайда болады. Тұрақты ток динамо-машинасындағы бөгде күш- Лоренц күші болып табылады. Бөгде күштердің Δq зарядын тізбектің бойымен орынын ауыстыру үшін істелген жұмысының $A_о$ осы зарядқа қатынасы электр қозғаушы күш \mathcal{E} (ЭҚК) деп аталады:

$$\mathcal{E} = A_о / \Delta q$$

Электр қозғаушы күші кернеу мен потенциалдар айырымы Вольтпен өлшенеді.

Әртүрлі тұрмыстық құралдарда (электрондық сағаттарда, қабылдағыштарда, магнитофондарда, қол шамдарда және т.б.) қолданылатын ең көп таралған тұрақты ток көздері мен батареялардағы ЭҚК 1.5В, 4.5В, 9В болып келеді. Автомобильдерде ЭҚК-ші 12В-тық (жеңіл машина үшін) және 24В (жүк машиналарында) аккумуляторлар пайдаланылады.

Тізбек бөлігіне арналған Ом заңы

1826 жылы неміс физигі Георг Ом (1787-1854) электр тізбегінің бөлігі болып табылатын металл өткізгіштің екі шетіндегі кернеудің U тізбектегі ток күшіне қатынасы тұрақты шама болатынын байқаған:

Бұл шаманы өткізгіштің электр кедергісі деп атайды. Электр кедергісі Оммен өлшенеді.

Ток күші 1А болғанда кернеуі 1В болатын тізбек бөлігі 1Ом электр кедергісіне ие болады:

$$1\text{Ом}=1\text{ В}/1\text{А}.$$

Тәжірибелердің көрсетуіне қарағанда, өткізгіштің электр кедергісі оның l ұзындығына тура пропорционал, ал S көлденең қимасының ауданына кері пропорционал болады:

$$R = \rho \cdot l / S.$$

Бұл жердегі ρ -заттың меншікті электр кедергісі. Меншікті электр кедергісі Ом.м-мен өлшенеді. Төмендегі кестеде кейбір материалдар мен қоспалардың меншікті электр кедергілері келтірілген.

1-ші кесте. Өткізгіштердің меншікті кедергілері

Материалдар	Меншікті кедергілер (Ом·м)	Меншікті кедергілер (Ом·мм ² /м)
Алюминий	$2,82 \cdot 10^{-8}$	0,0282
Висмут	$1,2 \cdot 10^{-6}$	1,2
Вольфрам	$5,5 \cdot 10^{-8}$	0,055
Темір	$9,8 \cdot 10^{-8}$	0,098
Алтын	$2,42 \cdot 10^{-8}$	0,0242
Константан	$4,9 \cdot 10^{-7}$	0,49
Латун	$8 \cdot 10^{-8}$	0,08
Манганин	$4,4 \cdot 10^{-7}$	0,44
Мыс	$1,72 \cdot 10^{-8}$	0,0172
Молибден	$5,6 \cdot 10^{-8}$	0,056
Никель	$7,24 \cdot 10^{-8}$	0,0724
Нихром	$1 \cdot 10^{-6}$	1
Қалайы	$1,14 \cdot 10^{-7}$	0,114
Платина	$1,05 \cdot 10^{-7}$	0,105
Қорғасын	$2,06 \cdot 10^{-7}$	0,206
Күміс	$1,62 \cdot 10^{-8}$	0,0162
Цинк	$5,92 \cdot 10^{-8}$	0,0592

Электр кедергісі мен кернеудің ток күшіне тәуелділігі тізбек бөлігіне арналған Ом заңы д.а: $I = U / R$

Өткізгіштерді тізбектей және параллель қосу

К өткізгіштерді тізбектей қосқанда, тізбектің жалпы кедергісі әрбір өткізгіштің кедергілерінің қосындысына тең болады:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_k .$$

К өткізгіштерді параллель қосқанда, тізбектің жалпы кедергісінің кері шамасы, әрбір өткізгіш кедергілерінің кері шамаларының қосындысына тең:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_k .$$

Тұрақты электр тоғының қуаты мен жұмысы

Электр тоғының кедергісі болатын тізбек бөлігіндегі уақыт ішіндегі атқаратын жұмысы:

$$A = I \cdot U \cdot \Delta t = I^2 \cdot R \cdot \Delta t .$$

А жұмысының осы жұмыс жасауға кеткен (t уақытқа қатынасын электр тоғының қуаты деп айтады:

$$P = A/\Delta t = I \cdot U = I^2 \cdot R = U^2 / R .$$

Электр тоғының жұмысы (егер механикалық жұмыс істелмесе және химиялық реакциялар жүрмесе) өткізгіштің шығаратын жылу мөлшеріне Q тең:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$$

Бұл заңдылықты ағылшын ғалымы Джеймс Джоуль (1818-1889) және орыс ғалымы Эмиль Ленц (1804-1865) эксперимент түрінде анықтады. Сондықтан, бұл заңды Джоуль-Ленц заңы деп атайды.

Ток көзінің ішкі кедергісі

Электр кедергісі R өткізгіштен және ток көзінен тұратын электр тізбегіндегі ток тек сыртқы тізбек бөлігінде ғана емес, ішкі тізбек бөлігінде де жұмыс істейді. Ток көзінің электр кедергісі *ішкі кедергі* деп аталады. Ішкі тізбек бөлігінен $Q_{\text{ішкі}}$, жылу мөлшері бөлінеді:

$$Q_{\text{ішкі}} = I^2 \cdot r \cdot \Delta t ,$$

мұндағы -ток көзінің ішкі кедергісі.

Ішкі және сыртқы тізбек бөліктерінің кедергілері және болатын, тұрақты токтың тұйық тізбек арқылы өткен кезінде бөлінетін толық жылу мөлшері келесі түрде жазылады

$$Q_{\text{толық}} = I^2 \cdot R \cdot \Delta t + I^2 \cdot r \cdot \Delta t = I^2 \cdot (R + r) \cdot \Delta t .$$

Толық тізбек үшін Ом заңы

Тұйық тізбек үшін ток көзінің бөгде күшінің жұмысы тізбектің сыртқы және ішкі бөліктерінен бөлінетін жылудың мөлшеріне тең. Сондықтан:

$$\Delta q \cdot \varepsilon = I^2 \cdot (R + r) \cdot \Delta t .$$

Бұл жерден $\varepsilon = I \cdot (R + r)$ немесе

$$I = \varepsilon / (R + r) .$$

Соңғы өрнек толық тізбек үшін Ом заңы деп аталады.

Конденсатор. Электр сыйымдылық

Өткізгіштің заряды оның потенциалына тура пропорционал болады:

$$q = C \cdot \varphi$$

пропорционалдық коэффициенті C электр сыйымдылық немесе жәй өткізгіштің сыйымдылығы деп аталады:

$$C = q / \varphi.$$

Бір-бірінен аз арақашықтықта тұратын, әртүрлі зарядталған 2 өткізгіш денені (астарларды) конденсатор деп атайды.

Конденсатордың сыйымдылығы - конденсатор зарядының оның астарларының арасындағы потенциалдар айырымының қатынасына тең:

$$C = q / U$$

Сыйымдылық конденсатордың зарядына байланысты емес, ол оның формасымен, өлшемімен анықталады. Өткізгіш беттің формасына байланысты конденсаторлар жазық, цилиндрлік және сфералық болып бөлінеді. Жазық конденсаторлардың сыйымдылығы:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S / d,$$

мұндағы S – бір пластинаның бетінің ауданы;

d – пластиналардың арақашықтығы;

ε – астарлардың арасындағы материалдың диэлектрлік өтімділігі

$\varepsilon_0 = 8.854(10^{-12} \text{ Ф/м})$ – электр тұрақтысы.

Цилиндрлік конденсатор мен коаксиалді кабелдің сыйымдылығы

$$C = 2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot l / \ln(b/a),$$

мұндағы

b және a – цилиндрлердің ішкі және сыртқы радиустары;

l – конденсатордың ұзындығы;

Сфералық конденсатордың сыйымдылығы:

$$C = 4\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 / (1/a - 1/b),$$

мұндағы b және a – сфераның ішкі және сыртқы радиустары.

Конденсаторларды тізбектей және параллель қосу

K конденсаторларды параллель қосқанда жалпы сыйымдылық әрбір конденсаторлардың сыйымдылықтарының қосындысына тең:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_k.$$

конденсаторларды тезбектей қосқанда сыйымдықтың кері шамалары қосылады:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_k$$

Заряталған конденсатордың электр өрісінің энергиясы келесі шамаға тең:

$$W = qU/2 = CU^2/2 = q^2/(2 \cdot C).$$

Өздік индукция. Өткізгіштің индуктивтілігі

Өткізгіштегі токтың кез-келген өзгерісінде, осы токтың әсерінен пайда болатын магнит ағынының өзгерісі ЭҚК тудырады. Мұндай құбылыс өздік индукция деп аталады.

Өздік индукция келесі өрнекпен анықталады:

$$\varepsilon = - L \cdot \Delta I / \Delta t,$$

мұндағы L - өткізгіштің индуктивтілігі.

Ол оның өлшеміне, формасына және өткізгіш тұрған ортаның қасиетіне байланысты. Индуктивтілік L контурды тесіп өтетін магнит ағынының, осы ағынды тудыратын контурдағы ток күшімен байланыстырады:

$$\Phi = L \cdot I$$

Өзекшесі бар, ұзын соленоидтың индуктивтілігі келесі түрде беріледі:

$$L = \mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 S / l = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 V,$$

мұндағы N – орамдар саны,

S – соленоидтың көлденең қимасының ауданы,

l – орамның ұзындығы,

$n = N/l$ – бірлік ұзындыққа келетін орам саны,

$V = S l$ – соленоидтың көлемі,

μ – өзекшенің магнит өтімділігі,

$\mu_0 = 12.57(10^{-7} \text{H/A}^2)$ – магниттік тұрақты.

Индуктивтілігі L және тоғының шамасы I болатын өткізгіш тудыратын магнит өрісінің энергиясы келесі шамамен анықталады:

$$W = LI^2 / 2.$$

Айнымалы электр тоғы

Синусоидалық айнымалы ток тізбегінде болатын физикалық құбылыстар қалыптасқан еріксіз электрмагниттік тербелістерді сипаттайды. Айнымалы ток генераторында пайда болатын кернеу U уақыт бойынша келесі заң бойынша өзгереді:

$$U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega t),$$

$$U(t) = U_0 \cos(\omega t),$$

мұндағы U_0 – амплитуда;

$\omega = 2\pi\nu$ – айналымдық немесе циклдік тербеліс жиілігі;

ν – герц бойынша берілетін жиілік.

Тізбекке кәдімгі Омдық (актив) кедергіні жалғағанда, оның бойымен ток жүреді

$$I(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t),$$

$$I_0 = U_0 / R.$$

Ток түсірілген кернеумен фазалы өзгереді.

Сыйымдылығы C конденсаторды жалғағанда, оның бойымен жүретін токтың шамасы келесі өрнекпен анықталады:

$$I(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t + \pi/2),$$

$$I_0 = U_0 C \omega.$$

Ток кернеуді фаза бойынша $\pi/2$ -ге озады.

Сыйымдылығы C конденсаторға сыйымдылық кедергі (реактивті) сәйкестендіріледі $R_L = \omega L$.

Индуктивтілігі L болатын катушканы қосқанда, оның бойымен жүретін токтың шамасы келесі түрде жазылады:

$$I(t) = I_0(\cos(\omega t - \varphi/2)), \quad I_0 = U_0 / (\omega L).$$

Ток кернеуден фаза бойынша $\pi/2$ -ге қалады.

Индуктивтілігі L катушкаға индуктивті (реактив) кедергі сәйкестендіріледі $R_L = \omega L$.

Айнымалы электр тоғының тізбекті желісі

R актив кедергісі, C сыйымдылығы және L индуктивтілігі бар айнымалы токтың тізбекті желісіндегі ток күші әрбір уақыт аралығында бірдей болады, ал U_R , U_C , U_L кернеулерінің лездік мәндерінің қосындысы сол уақыт аралығындағы берілген кернеуге тең болады:

$$U = U_R + U_C + U_L.$$

Тізбектегі кернеу мен ток уақытқа байланысты келесі түрдегі заңдылықтармен сипатталады:

$$U(t) = U_0 \cos(\omega t), \quad I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi).$$

I_0 мен φ –дың шамалары төмендегі формулалармен өрнектеледі.

$$I_0 = U_0 / \{R^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2\}^{1/2}; \quad \operatorname{tg} \varphi = [\omega L - 1/(\omega C)] / R.$$

Ток күшінің амплитудалық мәні I_0 мен L кернеулердің амплитудалық мәндерінің U_{OR} , U_{OC} , U_{OL} тізбектің басқа элементтерімен арасындағы байланыс келесі түрде беріледі:

$$U_{OR} = I_0 \cdot R, \quad U_{OC} = I_0 / (\omega C), \quad U_{OL} = I_0 \cdot \omega L.$$

Тізбектің кейбір элементтеріндегі кернеулердің лездік мәндері:

$$U_R = I_0 R \cdot \cos(\omega t - \varphi),$$

$$U_L = I_0 \omega L \cdot \cos(\omega t - \varphi + \pi/2),$$

$$U_C = (I_0 / \omega C) \cdot \cos(\omega t - \varphi - \pi/2).$$

Айнымалы электр тоғының параллель желісі

R актив кедергіні және R_C және R_L реактив кедергілерді параллель қосқан кезде тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі токтың лездік мәні параллель бөліктердегі токтардың алгебралық қосындысына тең болады.

$$I = I_R + I_C + I_L$$

ал кернеудің лездік мәні тізбектің барлық бөлігінде бірдей болады.

Кернеу мен тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі ток шамасы келесі өрнектермен анықталады:

$$U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega t), \quad I(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t - \varphi),$$

$$I_0 = U_0 \{1/R^2 + [1/(\omega L) - \omega C]^2\}^{1/2},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = R[1/(\omega L) - \omega C].$$

Ток пен кернеудің амплитудалары келесі түрдегі қатынастармен беріледі:

$$U_0 = I_{OR} \cdot R = I_{OC} / (\omega C) = I_{OL} \omega L.$$

Тізбектің басқа тармақтарындағы токтың лездік мәндері :

$$I_R = (U_0 / R) \cdot \cos(\omega t),$$

$$I_L = [U_0/(\omega L)] \cdot \cos(\omega t - \pi/2),$$

$$I_C = U_0 \omega C \cdot \cos(\omega t + \pi/2).$$

Айнымалы ток желісінің қуаты

Айнымалы ток тізбегіндегі қуаттың лездік мәні:

$$P(t) = U \cdot I = U_0 \cdot I_0 \cdot \cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t - \varphi),$$

ал айнымалы ток тізбегіндегі қуаттың орташа мәні келесі түрде беріледі:

$$P = (1/2) U_0 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi.$$

Егер кернеу мен токтың эффективті мәндерін енгізсек,

$$U_{\text{эф}} = U_0/(2)^{1/2} \quad \text{және} \quad I_{\text{эф}} = I_0/(2)^{1/2},$$

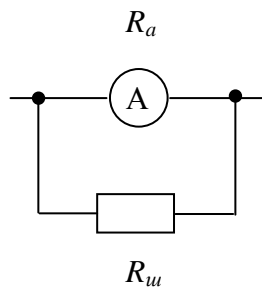
онда қуат келесі түрдегі өрнекпен беріледі

$$P = U_{\text{эф}} \cdot I_{\text{эф}} \cdot \cos \varphi.$$

Электр өлшеуіш құралдар

Амперметр

Амперметр - электр тізбегіндегі ток күшін өлшеу үшін қолданылады. Ол тілдік құралға жатады және ішкі кедергісі R_a болатын гальванометр мен оған параллель жалғанған шунтты $R_{ш}$ кедергіден тұрады.



Тізбектегі ток күшін өлшеу кезінде құралдағы кернеудің түсуі аз болу үшін, гальванометрдің ішкі кедергісі анағұрлым аз болуы қажет. Шунт амперметрмен ток күшін өлшеу аралығын кеңейту үшін керек.

Өлшеу аралығын кеңейту үшін, бізге n рет шунттық кедергі керек:

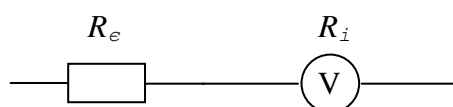
$$R_{ш} = R_a / (n - 1).$$

Амперметр арқашанда тізбектің ток күші өлшенетін бөлігіне тізбектей жалғанады.

Вольтметр.

Кернеуді өлшеу үшін қолданылатын құрал вольтметр деп аталады.

Ол тілдік құралға жатады және ішкі кедергісі R_i болатын гальванометр мен оған тізбектей жалғанған қосымша R_k кедергіден тұрады.



Тізбек бөлігіндегі кернеуді өлшеу кезінде құралдан өтетін ток күші аз болу үшін вольтметрдің өздік(ішкі) кедергісі көп болуы қажет.

Қосымша кедергі вольтметрмен өлшеу аралығын кеңейту үшін керек. Ол үшін бізге n рет қосымша кедергі қажет болады.

$$R_x = R_i(n-1).$$

Вольтметр әрқашан кернеу өлшенетін тізбек бөлігіне параллель жалғанады.

Электр схема бөліктерінің сипаттамасы және оларды маркілеу

Резисторлар

Резисторлардың конструкциясы мен құрастыру технологиясы әртүрлі болып келеді. Резисторлар тұрақты және айнымалы кедергілер регисторлары, сым, сым емес, көміртекті, метал қабықты, композициялық, жартылай өткізгіштік және т.б. болып бөлінеді.

Резисторлар келесі параметрлермен сипатталады:

- Оммен (килоОм, мегаОм) берілген номиналды кедергімен;
- Ватпен берілген максималды (жұмысшы) қуатпен;
- Температуралық кедергі коэффициентімен;
- Максималды кернеумен;
- Пайызбен берілген қателікпен немесе дәлдік класымен;

Номиналды кедергінің шамасы бөлшектерде сандармен немесе түрлі-түсті кодпен көрсетіледі.

Резистордың нақты кедергісі оның номиналды кедергісінен дәлдік класы бойынша анықталған мүмкін болатын мәнінен артық болмайтындай ерекшелінеді.

Кедергілердің стандартты мәндер қатары резисторлардың дәлдік класына байланысты болып келеді.

Ең көп тараған бөлшектер 20%, 10% және 5 %- дәлдік класына жатады.

Мысалы 10%-тік ауытқуға сәйкес келетін дәлдік класы, келесі стандартты кедергілердің тобынан тұрады (Ом, кОм, МОм).

1.0, 1.2, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2, 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82, 100, 120, 150, 180, 220, 270, 330, 390, 470, 560, 680, 820.

Резисторлардағы және нақты электр схемаларындағы кедергілердің номиналдарын келесі түрде белгілейді, яғни ондық нүктенің орнына Е (немесе R Ом үшін), К (килоОм үшін), М (мегаОм үшін) әріптері алынады.

Мысалы, 5,6 Ом, 68 кОм, 820 кОм кедергілерді 5Е6, 68К, М82 деп белгілейді.

Көп тараған резисторлардың номиналды қуаттары

0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 және т.с.с. болып келеді.

КТК температура 1оС-ға өзгерген кездегі резисторлар кедергілерінің салыстырмалы өзгерісін сипаттайды. КТК көптеген резисторлар үшін пайыздың ондық немесе жүздік бөлігін құрайды.

Максимал кернеу резистордың конструкциясына байланысты және электрлік тесіп өтудің пайда болу шарттарымен анықталады.

Конденсаторлар

Конденсаторлар, резисторлар сияқты конструкциясымен және дайындау технологиясының әртүрлігімен ерекшелінеді. Олар айнымалы, тұрақты болып келеді. Конденсаторлардың полярлы, полярлы емес, металл қағазды, электролитті, шыны, керамикалық, танталды, фторпласталы және т.б. түрлері бар.

Конденсаторлар келесі параметрлермен сипатталады:

- Фарадамен берілген номиналды сыйымдылықпен;
- Вольтпен берілген ең үлкен (жұмысшы) кернеуімен;
- Сыйымдылықтың температуралық коэффициентімен (СТК);
- Энергияның жоғалуымен (зарядтың кемуі);
- Өздік индуктивтілікпен.

Дәлдік класына байланысты конденсаторлар келесі түрлерге бөлінеді:

Кл	0	0	0								
ас	01	02	05	0			I	II	V		I
ауытқу %	±0.01	±0.2	±0.5	1	2	5	10	20	10	20	20
									20	30	50

Көп жағдайда I, II, III-ші дәлдік класымен берілген конденсаторлар қолданылады.

Конденсатордағы энергияның кемуін ескеру жоғарғы дәлдікті және уақытты беруші тізбектерде маңызды болып табылады.

Өздік индуктивтілікті жоғарғы жиіліктегі режимде жұмыс істеу кезінде ескеру қажет.

Сыйымдылықтың стандартты қатары, сол дәлдік класына сәйкес келетін кедергілердің қатарындай болады.

Айнымалы синусоидалы ток тізбегіндегі конденсатор айнымалы ток тізбегінің жиілігіне байланысты болатын реактивті (сыйымдылық) кедергіге $R_C = 1/\omega C$ ие болады.

Индуктивтілік шарғылары (катушкалары)

Индуктивтілік шарғылары (катушкалары) тербелмелі контурдың, фитрлердің, дроселдердің элементтері ретінде қолданады. Дроселдер айнымалы және тұрақты тоқты құраушыларды айыру үшін қолданады.

Шарғылар геометриясы және орау әдісіне, өзекшенің және металл экранның болуымен және т.б. байланысты ерекшелінеді.

Индуктивтілік шарғылары (катушкалары) келесі параметрлермен сипатталады:

- Гернмен берілген индуктивтілікпен;
- Қайырымдылықпен;
- Тұрақтылықпен;

- Өздік сыйымдылықпен;

Қайырымдылық- берілген жиіліктегі шарғының индуктивті кедергісінің оның актив кедергісіне қатынасымен анықталады және ол шарғыдағы энергияның кемуін сипаттайды:

$$Q_L = R_L / R = \omega L / R$$

Шарғының өздік сыйымдылығын жоғарғы жиілікпен жұмыс істеу кезінде ескеру қажет.

Тұрақтылық сыртқы әсерлердің шарғы параметрлерінің өзгеруіне қандай дәрежеде әсер ететінін сипаттайды.

§7. БАҒДАРЛАМАМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУГЕ НҰСҚАУ

1. Өнімнің қолданылуы және жалпы ерекшеліктері.

Бұл программа орта, сонымен қатар арнаулы орта оқу орындарының оқушыларына (және мұғалімдеріне) физиканың “электр” курсына оқып үйренуге көмек ретінде жасалған. Бұл бағдарлама теориялық материалды ұғыну және физикалық лабораторияларда эксперимент жүргізу арқылы практикамызды толықтыруға негізделген оқып үйренудің классикалық схемасын толықтырады.

Программа экран мониторында электр схемаларын жинақтауды көрсететін, олардың жұмыс істеу ерекшеліктерін зерттейтін, кәдімгі физикалық экспериментте өлшенетіндей электр шамаларын өлшеуге болатын электронды конструктордан тұрады.

Конструктордың көмегімен төмендегі мәселелерді

- өткізгіш кедергісінің оның материалының меншікті кедергісіне, ұзындығына және көлденең қимасының ауданына тәуелділігін;
- тұрақты ток заңдарын- тізбек бөлігіне арналған Ом заңын және толық тізбек бөлігіне арналған Ом заңын;
- өткізгіштерді, шарғыны (катушканы) және конденсаторды тізбектей және параллель қосу заңдарын;
- электронды схемаларда сақтандырғыштарды қолданудың принциптерін;
- электржылтқыш және жарықтандырғыш құралдардан энергияның бөліну заңдарын, ток көзінің жүктемемен сәйкестену принциптерін;
- электрондық схемаларда ток пен кернеуді қазіргі кездегі өлшеуіш аспаптардың (мультиметр, екі каналды осциллограф) көмегімен өлшеуді, әр түрлі бөлшектердегі айнымалы токтың түрін, айнымалы ток желісіндегі ток пен кернеу арасындағы фазалар ығысуын бақылауды;
- айнымалы ток тізбегіндегі сыйымдылық және индуктивті кедергілердің пайда болуын және олардың айнымалы ток генераторының жиілігіне және бөлшектердің номиналына байланыстылығын;
- айнымалы ток тізбегінен қуаттың бөлінуін;
- тізбекті және параллелді тербелмелі контуры бар желідегі резонанс құбылысын зерттеуді;
- бөлшектің белгісіз параметрлерін табуды;
- айнымалы ток тізбегіне арналған электр сүзгіштерін салу принциптерін зерттеуді оқып үйренуге болады.

• Сонымен бірге, конструкторды оның мүмкіндігіне қарай және оқушылардың творчестволық жұмысы барысында пайдалануға болады. Бұл жүйенің ерекшелігі нақты физикалық процесстерді көзімізбен көруге болады. Бұл үшін төмендегі жағдайлар қарастырылған:

• конструктордың бөліктері мен өлшеуіш аспаптары схема түрінде емес, “нақты” түрде берілген;

• кедергі арқылы өтетін электр тоғының қалыпты қуаты көп болған жағдайда жалған кедергі қараяды;

• шам мен электржылтқыш аспаптар қалыпты қуатта жарқырайды, асып кеткен кезде жанып кетеді;

• жұмыс кернеуі көп болған кезде конденсатор да істен шығады;

• сақтандырғыш арқылы өтетін қалыпты жұмыс тоғы көп болған жағдайда, ол істен шығады;

• көптеген операциялар және олардың нәтижелері дыбыс эффектілерімен қосақталған.

Бұл оқушылардың өз қателіктерінің неге әкеліп соқтыратынын көздерімен көру, дұрыс шықпаған эксперименттік жұмыстардың неден болғанын анықтау және схемаларға алдын-ала талдау жасау үшін істелген.

Программаны қолдану үшін Windows жүйесімен жұмыс істеуді білу жеткілікті.

2. ЖАБДЫҚТЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ТӘРТІБІ:

Программаның жұмыс істеуі үшін келесі нәрселер керек:

• Pentium процессоры (немесе оның аналогтары);

• ОСҚ 8 мВ және одан көбірек болуы қажет;

• 800x600 болатын монитор және кем дегенде 65 мың түс жағдайында жұмыс істейтін бейне карта;

• Windows 93, 98 немесе WТ операциялық жүйелері;

• дыбыс эффектілерімен жұмыс істеу үшін қажетті дыбыс платасы;

• “тышқан” манипуляторы.

3. ЖҰМЫС ТЕРЕЗЕСІНІҢ МАЗМҰНЫ ЖӘНЕ ЖҮЙЕМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУДІҢ НЕГІЗГІ ҚАҒИДАЛАРЫ.

Программаны қосқан кезде компьютер экранында төмендегі нәрселер көрсетіледі:

• электр схемаларын жинауға және олардың жұмысын бағалауға болатын байланыс алаңдары бар құрастыру үстелі (экранның ортасында);

• электр элементтерінің жиынтығынан тұратын (экранның оң жағында) бөлшектер тақтасы.

• керек емес және жанып кеткен бөліктерді салатын “құл-қоқыс себеті” (ол экранның төменгі сол жақ бұрышында орналасқан)

• қосымша құралдарды шақыратын батырмалардан тұратын программаны басқару тақтасы (экранның жоғарғы бөлігінде орналасқан)

• түсіндірме тақтасы (экранның төменгі бөлігінде).

4. ҚҰРАСТЫРУ ҮСТЕЛІ.

Құрастыру үстелі -әртүрлі электр схемаларын жинауға арналған $7 \times 7 = 49$ байланыс алаңшаларынан тұратын қондырғы.

Әрбір бөлшек тек бір-біріне жақын екі байланыс алаңшаның ортасында тігінен немесе көлденеңінен орналаса алады. Байланыс алаңшаларымен қосылысқан жерінде бөлшектерге өлшеуіш аспаптарды жалғауға болады.

Жұмыс үстелінде конструктордың жинағынан бөлшектерді таңдау және оларды балқытып жалғау “тышқанның” көмегімен жүзеге асады. Ол үшін “тышқанның” сілтемесін керекті бөлшекке әкелеміз де “тышқанның” сол жақ батырмасын баса отырып, оны құрастыру үстелінің керекті жеріне қоямыз. Сол жақтағы батырманы босатқаннан кейін, бөлшек керекті жерінде тұрады. Қажет емес және бүлінген бөлшектерді үстелден “күл-қоқыс себетіне” осы әдіспен салуға болады.

Сонымен қатар, бөлшектерді үстелден тағы да басқа әдіспен алып тастауға болады. Ол үшін бөлшектің үстіне “тышқанды” әкеліп, оның оң жақтағы батырмасын екі рет бассак, “Бөлшекті алып тастау” деген терезе шығады. Бұл ұсыныс қабылданғаннан кейін (батырманың басылуы) бөлшек себетке салынады. Себетке емес, құрастыру үстелінен тыс алып тасталған бөлшектер үстелдің төменгі бөлігіне жинақталады. Үстелде бір мезгілде айнымалы және тұрақты ток көздері қатар орналаса алмайды.

КОНСТРУКТОР БӨЛШЕКТЕРІНІҢ ТАҚТАСЫ.

Конструкторда келесі бөлшектер қолданылады:

- резистор (ол Оммен өлшенетін кедергімен және Ваттпен өлшенетін қуатпен сипатталады, мөлшерден асып кеткен кезде ол істен шығады);
- сақтандырғыш (ең үлкен жұмыс тоғымен сипатталады, ол көп болған жағдайда істен шығады);
- конденсатор (Фарадамен берілген сыйымдылықпен және жұмыс кернеуімен сипатталады, ол көп болған жағдайда істен шығады);
- индуктивтік шарғысы (катушкасы) (Генрмен берілген индуктивтікпен сипатталады, оның актив кедергісі өте аз болады);
- құрастыру сымы (оның кедергісі өте аз болып келеді);
- айырғыш (тұйықталған және тұйықталмаған екі жағдайда сипатталады);
- қоректендіру элементі (Вольтпен берілген ЭҚК-мен, полюспен және Оммен берілген ішкі кедергімен сипатталады);



- синусоидалық кернеудің генераторы (амплитуда және айнымалы кернеу жиілігімен сипатталады);
- шам (Вольтпен берілген жұмысшы кернеуімен, милиампермен берілген токпен немесе Ваттпен берілген қуатпен сипатталады, осылардың шамасы мөлшерден асып кеткен кезде істен шығады);
- электр қыздырғыш (жұмыс кернеуімен және қуатпен сипатталады, олар мөлшерден асып кеткен жағдайда жанып кетеді);
- нақты өткізгіш (өткізгіштің материалымен, ұзындығы және көлденең қимасының ауданымен сипатталады);
- белгісіз бөлшек (ол резистор, конденсатор, шарғы (катушка), батарея немесе генератор болуы мүмкін);
- реостат (Оммен берілген ең үлкен кедергімен сипатталады);
- айнымалы сыйымдылық конденсаторы (Фарадамен берілген ең үлкен сыйымдылықпен сипатталады).

5. Басқару тақтасындағы батырмалардың атқаратын функцияларының сипаттамалары



Схеманы файлдан жүктеу.

Батырма “қалай сақтау керек” деген бұйрық бойынша сақталған файлдардан тұратын бумалардың (папканың) терезесін ашады. Керекті схеманың файлын тауып алып, оны стандартты әдіспен ашсақ, онда құрастыру үстелінде схема дайын күйде пайда болады.



Қалай сақтау керек...

Батырма, сақтау керек схеманы қандай файлмен, қандай жерге сақтау керектігін көрсететін терезені ашады. Құрастыру үстеліндегі схема көрсетілген файл атымен бумада сақталады. Құрастыру үстелінде схема қалады. Кейінірек, сақталған схеманы құрастыру үстеліне “схеманы файылдан жүктеу” деген бұйрық бойынша шақыруға болады.



Құрастыру үстелін тазалау

Батырма құрастыру үстелінде жиналған схеманы тазалайды. Операция қабылданғаннан кейін схема қайтарусыз алынып тасталады.



Мультиметрді пайдалану

Осы батырманы бассак, жұмыс үстелінде өлшеуіш аспап “Мультиметр” пайда болады. Бір уақытта тек екі мультиметрді қатар пайдалануға болады. Мультиметрді алып тастау үшін оның жоғары оң жақтағы бұрышта тұрған (батырмасын басамыз (бұл стандартты әдіс)).



Осциллографты шақыру

Екі каналды осциллографты шақыру үшін осы батырманы басу керек. Осциллографты да мультиметр сияқты алып тастаймыз.



“Бөлшектердің параметрі” терезесін көрсету/ жасыру

Бұл батырма құрастыру үстелінде таңдалынып алынған бөлшектердің параметрін көру және ауыстыру үшін қажетті “бөлшектердің параметрі” терезесін көрсетеді немесе жасырады. Бөлшекті таңдау үшін “тышқанның” сілтемесін (ол қысқыш түрінде болады) керекті бөлшекке әкелеміз де, “тышқанның” сол жақтағы батырмасын басамыз. Таңдалынып алынған бөлшек сары түспен ерекшеленеді. Бөлшектің параметрлерін өзгерту үшін екі әдісті қолдануға болады:

- терезенің оң жағындағы батырманы (басқаннан кейінгі шығатын тізімнен параметрлерді таңдау;
- пернелер арқылы мәндерді беру (ол үшін алдымен тізімді алу қажет);
- “Бөлшектердің параметрі” терезесі бөлшектің үстіне тышқанды алып келіп, сол жақтағы батырмамен екі рет басқанда экранда автоматты түрде көрінеді.



“Бөлшектің күйі” терезесін көрсету/жасыру

Бұл батырманы басу арқылы нақты уақыт мезгіліндегі бөлшектердің кедергілерінің, тоғының, кернеуінің және қуатының нақты және жалған бөліктерін көруге немесе жасыруға болады. Бұл схеманың жұмысын бақылауға және жөндеуге арналған. Сондықтан бұл батырма басқару тақтасында программаны “мұғалім” жағдайында (режимінде) іске қосқан кезде ғана көрінеді (E.EXE/teacher.-ден). Бұл есепті оқушының өз бетімен шығаруы үшін істелген.



Тіл

Бұл батырма көмекші жүйенің, лабораториялық жұмыстың мәтінінің тілін (орыс немесе қазақ) таңдау үшін керек.



Электр тарауы бойынша анықтама

Бұл батырма осы тарау бойынша формулалары, суреттері және мысалдары бар қысқаша сипаттамалардан тұратын терезені ашады.



Лабораториялық жұмыстар

Бұл батырма оқушыларға орындалатын лабораториялық жұмыстардың сипаттамасы бар терезені ашады.

Бұл жұмыстарда жұмыстың қысқаша мазмұны, орындалу әдістемесі, өлшеуді және есептеуді жүргізуге қажетті нұсқаулар және бақылау сұрақтары бар.



Программамен қалай жұмыс істеу қажет?

Бұл батырма программамен жұмыс істеудің ережелері жазылған анықтама ақпараты бар терезені ашады.



Windows-тың калькуляторы.

Windows-тың стандартты калькуляторын шақырады.



Программа туралы

Бұл бастырма осы программаның авторлары туралы мағлұмат береді.



Программадан шығу.

Бұл батырма программамен жұмыс істеуді тоқтатады.

Программадан шығар алдында ”құрастыру үстеліндегі схеманы сақтайсыз ба?”- деп сұрайды. Сақталмаған схема жоғалып кетеді.

6. ТҮСІНДІРМЕ ТАҚТАСЫ (ПАНЕЛІ).

Түсіндірмелер тақтасына бөлшектер туралы және басқару тақтасының батырмалары жөнінде мағлұматтар енгізіледі. Бұл ақпарат “тышқанның” сілтемесі керекті элементке тоқтағанда көрінеді.

1. САНДЫҚ МУЛЬТИМЕТР.
2. МУЛЬТИМЕТРМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУДІҢ ЕРЕЖЕЛЕРІ.
3. МУЛЬТИМЕТРДІҢ КӨМЕГІМЕН ӨЛШЕУ.
4. КЕРНЕУДІ ӨЛШЕУ.
5. ТҰРАҚТЫ ТОК КҮШІН ӨЛШЕУ.
6. КЕДЕРГІНІ ӨЛШЕУ.

Мультиметр бөлшектерінің атқаратын қызметтері және жалпы түрі:

Мультиметрдің жалпы түрі.

Суретте мультиметрді электрондық схемаға қосу үшін қажетті ұялар мен басқару элементтерінің қалай орналасқаны көрсетілген. Жұмыс жағдайын (режимін) және өлшеу шегін ауыстыру “тышқанның” сілтемесін керекті шектің белгісіне әкеліп басу арқылы жүзеге асады (сілтеменің сипаты қол түрінде болады).

7. МУЛЬТИМЕТРМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУДІҢ ЕРЕЖЕЛЕРІ

1. Мультиметрді экранға шығару үшін (жұмыс үстеліне), программа терезесінің жоғарғы тақтасындағы “Мультиметрді пайдалану” батырмасын басу қажет. Бұл батырманы тағы да басу екінші аспапты шақырады (бұл жағдайда батырма жабылады).

Аспапты алып тастау үшін мультиметр терезесінің жоғарғы оң жақ бұрышындағы () батырмасын басу қажет. Бұл жағдайда аспап қысқыштарымен экраннан жойылады.

2. Мультиметрді схеманың зерттелетін нүктесіне қосу, оның жалпы (қара-көк) және өлшеуіш (қызыл) қысқыштарын керекті ұяға қосу арқылы жүзеге асады. Экранды көлеңкелемеу үшін байланыс сымдары экранда көрсетілмейді.

Құралды зерттелетін схемаға қосу үшін төмендегі нәрселерді білуіміз қажет:

“тышқанның” сілтемесін құралдың тиселі қысқышына әкелуді (сілтеменің сипаты қол түрінде болады);

➤ “тышқанның” батырмасын басуды және ұстауды;

➤ “тышқанның” көмегімен қысқышты тиселі орынға әкелуді.

Егер бізге жұмыс барысында қысқышты схеманың басқа жеріне қою қажет болса, онда жоғарыда келтірілген процедураны қайталаймыз.

Қысқышты мультиметрдің көлемінде жылжыту, оның аспаптың тиісті кіру ұясына автоматты түрде жалғануына әкеледі.

3. Аспаптың жұмыс істеу жағдайын (режимін) өзгерту үшін “тышқанның” сілтемесін аспап тақтасының керекті нүктесіне әкелеміз де оның сол жақтағы батырмасын басамыз.

4. Сандық кестеде (таблода) өлшенетін шаманың (токтың, кернеудің, кедергінің) көрсетілген өлшеу шегінің өлшем бірлігімен берілген сандық мәні көрінеді. Егер кестенің (таблонның) сол жақ бұрышында –1 шықса, онда ол өлшенген шама мәнінің оның өлшеу шегінен асып кеткенін көрсетеді. Ондай кезде аспаптың шегін ауыстыру қажет.

5. Жұмыс кезінде 1 және 2 сандарымен нөмірленген бір немесе екі мультиметрді қолдануға болады. Аспаптың қысқыштарының нөмерлері де соған сәйкес болуы тиіс. Аспаптарды бірдей уақытта және бір-біріне тәуелсіз қолдануға болады, яғни схеманың әр-түрлі бөлігінде бір аспаппен кернеуді, ал екінші аспаппен токты өлшеуге болады.

8.МУЛЬТИМЕТРДІҢ КӨМЕГІМЕН ӨЛШЕУ.

Мультиметрдің көмегімен келесі шамаларды өлшеуге болады:

- ❖ тұрақты және айнымалы ток кернеуін;
- ❖ тұрақты ток күшін;
- ❖ тұрақты ток желісі бөліктеріндегі кедергіні;
- ❖ дыбысты әсердің көмегімен байланысты тексеру.

9. КЕРНЕУДІ ӨЛШЕУ.

Желідегі кернеуді өлшеу үшін төмендегі нәрселерді ескеруіміз қажет:

• вольтметр желінің кернеу өлшенетін бөлігіне әрқашанда параллель жалғанады (нақты экспериментте дұрыс жалғанбаған жағдайда вольтметр істен шығуы мүмкін).

• желіде айнымалы немесе тұрақты токтың жүруіне байланысты ауыстырып қосқышты керекті жағдайға қою керек;

• вольтметр айнымалы кернеудің эффективті мәнін көрсетеді;

- тұрақты кернеуді өлшеу кезінде вольтметр полюске қатысты мәнді көрсетеді, егер өлшеуіш қысқыштағы потенциал жалпы қысқыштағы потенциалдан аз болса, онда кестеден (таблдан) “минус” таңбасы шығады;
- тұрақты кернеуді өлшеудің шектері: 1000 В, 200 В, 20 В, 2000 мВ, 200 мВ;
- айнымалы кернеуді өлшеудің шектері: 750В, 200 В;
вольтметр жағдайында аспаптың кірісіндегі кедергі 1 МОм болады.

10. ТҰРАҚТЫ ТОК КҮШІН ӨЛШЕУ.

Зерттелетін желі бөлігіндегі ток күшін өлшеу үшін төмендегі нәрселерді ескеруіміз қажет:

- амперметр әрқашанда ток күші өлшенетін желінің бөлігіне тізбектей қосылады;
- амперметр тек тұрақты ток күшін өлшеу үшін қолданылады;
- желідегі ток күшін өлшеу кезінде амперметрдің полюсі ескеріледі, яғни егер аспап арқылы ток жалпы қысқыштан өлшеуіш қысқышқа қарай жүрсе, кестеден “минус” таңбасы көрінеді;
- тұрақты ток күшін өлшеудің шектері: 10 А, 200 мА,
- 20 мА, 2000 мкА;
- амперметрдің кірісіндегі кедергінің шамасы өте аз болады (10-6 Ом-ға жуық).

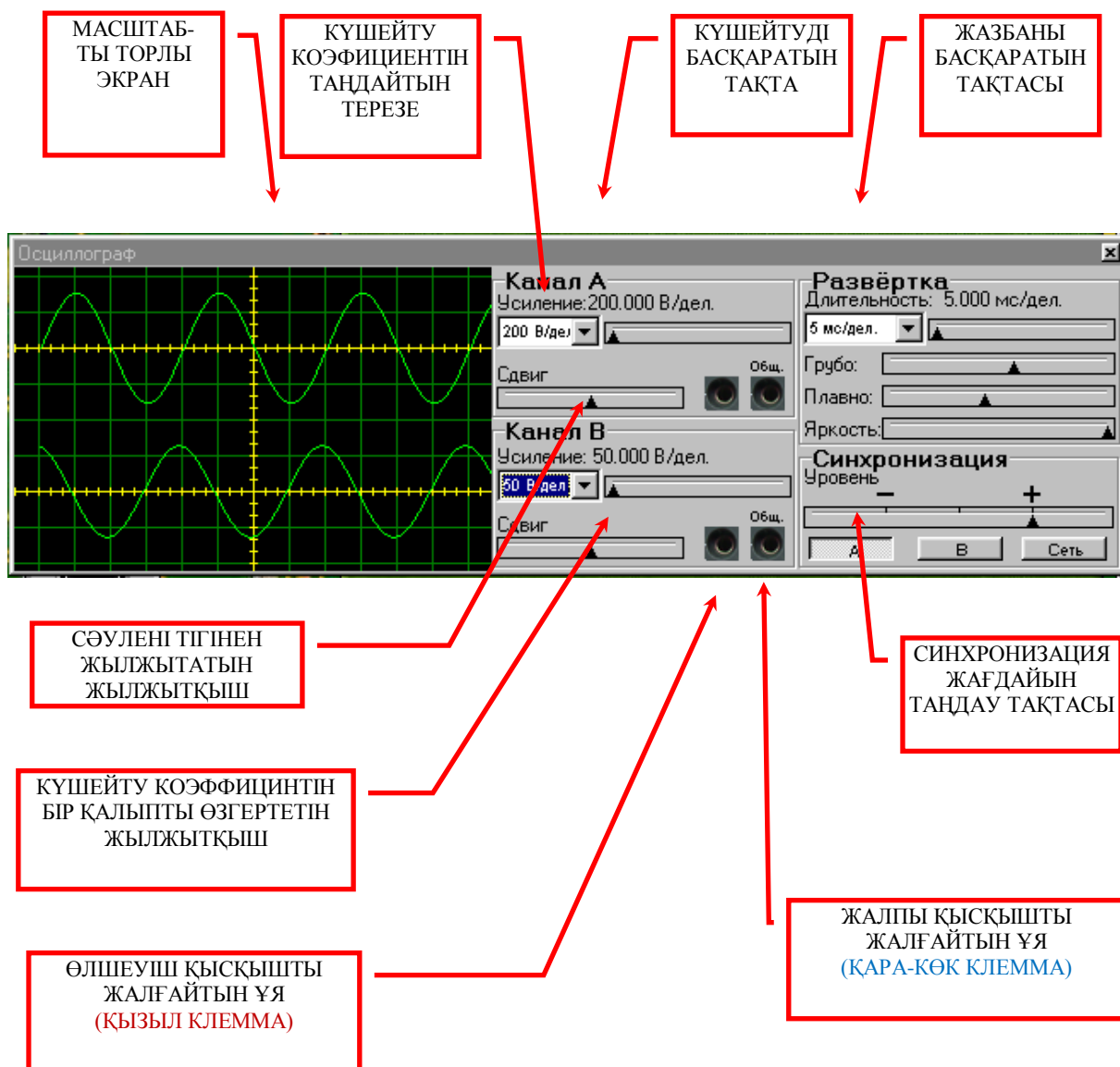


11. ЕКІ КАНАЛДЫ ОСЦИЛЛОГРАФ.

ОСЦИЛЛОГРАФПЕН ЖҰМЫС ІСТЕУ ЕРЕЖЕЛЕРІ. ОСЦИЛЛОГРАФТЫҢ БАСҚАРУ БӨЛІКТЕРІНІҢ СИПАТТАМАСЫ. КҮШЕЙТУ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІН КЕЛТІРУ. ЖАЗБА КЕСТЕСІН ТАҢДАУ. ОСЦИЛЛОГРАФТЫҢ КӨМЕГІМЕН ӨЛШЕУ.

Осциллограф айнымалы кернеудің формасын көзімізбен көруге арналған аспап. Сонымен қатар, оның көмегімен сигналдың сандық сипаттамасын: жиілігін, айнымалы кернеудің амплитудасын, импульстің ұзақтығын, периодты екі сигналдар арасындағы фазалар ығысуын анықтауға болады

Осциллографтың кірісіндегі кедергі өте үлкен болады (10 МОм-ға жуық).



- Осциллографтың беткі тақтасында келесі бөліктер бар:
- сигналдың формасын және сандық өзгерісін бақылайтын масштабты тордан тұратын экран;

▪ каналдың күшейуін және сәуленің көлденең қозғалысын басқаратын басқару тақтасы;

▪ жазбаны, сәуленің көлденең қозғалысын, синхронизация жағдайын таңдайтын және кейбір қосымша функцияларды басқаратын тақта.

12. ОСЦИЛЛОГРАФПЕН ЖҰМЫС ІСТЕУ ЕРЕЖЕЛЕРІ.

1. Осциллографты экранға программа терезесінің жоғарғы тақтасында орналасқан “Осциллографты шақыру” батырмасын басу арқылы шақырады. Осциллографты алып тастау үшін оның терезесінің жоғарғы оң жақ бұрышында орналасқан (батырмасын басу қажет).

2. Зерттелетін схеманың нүктелеріне осциллографты қосу үшін, оның сәйкес ұяларымен жалғанған жалпы (қара-көк) және өлшеу (қызыл) қысқыштарын керекті жерге қосу керек. Құрастыру үстелін көлеңкелемеу үшін жалғағыш сымдар экранда көрсетілмейді. Осциллографтың каналына сәйкес қысқыштар "А" және "В" әріптерімен белгіленеді.

Зерттелетін схемаға осциллографты жалғауға қажетті нәрселер:

▪ ”тышқанның” сілтемесін аспаптың керекті қысқышына әкелу (сілтеменің сипаты қол түрінде болады);

▪ ”тышқанның” сол жақтағы батырмасын басу және ұстау;

▪ қысқышты схеманың қажетті нүктесіне жылжыту (батырманы ұстай отырып) және ”тышқанды” жіберу;

Егер жұмыс барысында қысқышты схеманың басқа жеріне орналастыру қажет болса, жоғарыда келтірілген процедура қайталанатын.

3. Каналды күшейту, жазбаның ұзақтығын таңдау, синхронизация жағдайын және қосымша функцияларды басқаруды реттеу арқылы осциллографтың жұмыс жағдайы таңдалынып алынады.

4. Сигнал параметрлерінің сандық өзгерісін анықтау үшін осциллографтың экранына өлшеуіш тор енгізілген.

5. Жұмыс барысында бір немесе екі каналды қатар пайдалануға болады. Осциллографтың қысқыштары “А” және “В” каналдарына сәйкес “А” және “В” әріптерімен белгіленген.

13. ОСЦИЛЛОГРАФТЫҢ БАСҚАРУ БӨЛІКТЕРІНІҢ СИПАТТАМАСЫ.

КҮШЕЙТУ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІН КЕЛТІРУ.

Сигналдың бейнесі экраннан шығып кетпеу үшін немесе оның амплитудасы өте аз болмау үшін, каналдың күшейту коэффициентін дұрыс таңдау қажет. Осциллографтың күшейту коэффициенті Вольт/бөлік – пен беріледі. Бұл дегеніміз, егер күшейту коэффициенті 500 мВ/бөлік-ке тең болатындай етіп таңдалынып алынса, онда осциллограф экранының тік шкаласының құны 500 мВ екенін көрсетеді.

Осциллографтың күшейту коэффициентін өзгертуді “күшейту” терезесінде берілген тізімді таңдау арқылы жүзеге асыруға болады. Бұл тізім терезенің оң жағында орналасқан (батырмасын басу арқылы ашылады. Сонымен қатар,

күшейту коэффициентін өзгерту үшін, терезенің оң жағында орналасқан (батырмасы қолданылады. Ол үшін ”тышқанның” сілтемесін осы белгіге алып келіп, ”тышқанның” сол жақтағы батырмасын басқан күйінде жылшытқышты керекті жерге қою қажет.

Тігінен жылжыту” жылжытқышы осциллографтың сәулесін жоғары және төмен қозғайды.

ЖАЗБА КЕСТЕСІН ТАҢДАУ.

Периодты сигналды дұрыс кескіндеу үшін, осциллограф жазбасының ұзақтығын дұрыс таңдау қажет.

Жазбаның ұзақтығының өлшем бірлігі ретінде уақыт/бөлік алынады. Бұл дегеніміз жазба ұзақтығының мәнін 20 мс/бөлік -деп алсақ, онда осциллографтың көлденең шкаласының бір бөлігінің құны 20 мс болатынын көрсетеді. Жазба ұзақтығының сандық мәндерін жоғарыда айтылып кеткен күшейту коэффициентін орнатқандай таңдауға болады.

“Синхронизация денгейі” жылжытқышы сигнал амплитудасының берілген мәніне сәйкес сигналдың алғашқы жазылу уақытын орнықтырады. Бұл екі сигнал арасындағы фазалар ығысуын сандық зерттеу үшін қажет. “А” және “В” батырмалары жазбаны синхронизациялау каналын таңдайды.

“Желі” батырмасы осциллографтың екі каналындағы жазбаны синусоидалық кернеудің ішкі генераторынан айырады. Бұл жағдай күрделі перпендикуляр тербелістер - Лиссажу фигурасын бақылау үшін қолданылады.

“Жарықтылық” жылжытқышы арқылы осциллограф сәулесінің жарық шығару интенсивтігін өзгертуге болады (бұл жағдайда масштабты торда жарықтылық өзгермейді).

ОСЦИЛЛОГРАФТЫҢ КӨМЕГІМЕН ӨЛШЕУ.

Осциллографтың көмегімен төмендегі шамаларды

- айнымалы ток кернеуінің амплитудасын;
- айнымалы кернеудің жиілігін;
- екі сигнал арасындағы фазалар ығысуын өлшеуге болады.

§8. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ

Зертханалық жұмыс N1

Өткізгіштің кедергілерінің оның геометриялық параметрлеріне және материалдың меншікті кедергісіне байланыстылығын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: Өткізгіштің меншікті кедергісін анықтау және оны кестелік мәнімен салыстыру.

1. Қысқаша түсінік.

1826 жылы неміс физигі Георг Ом (1787-1854) электр желісінің бөлігі болып табылатын метал өткізгіштің екі шетіндегі кернеудің желідегі ток күшіне қатынасы тұрақты шама болатынын байқаған:

$$R = \frac{U}{I} = const \quad (1)$$

Бұл шаманы өткізгіштің электр кедергісі деп атайды. Электр кедергісі Оммен өлшенеді. Ток күші 1А, кернеуі 1В болатын тізбек бөлігі 1Ом кедергісіне ие болады:

$$1\text{Ом} = \frac{1\text{В}}{1\text{А}} \quad (2)$$

Тәжірибелердің көрсетуі бойынша, өткізгіштің электр кедергісі оның ұзындығына L тура пропорционал, ал оның көлденең қимасының ауданына S кері пропорционал болады.

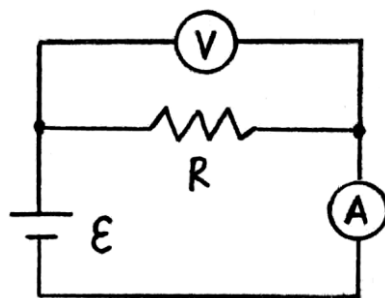
$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (3)$$

Мұндағы өткізгіштің меншікті кедергісі деп аталады. Меншікті кедергі $\text{Ом} \cdot \text{м}$ өлшенеді.

2. Жұмыстың орындалу тәртібі.

2.1. Монтажды үстелде 1-ші суретте көрсетілгендей схеманы жинастырыңыз.

1-сурет



2.2. Өткізгіштің материалы ретінде ұзындығы $L=100$ м, көлденең қимасының ауданы $S=0.1\text{мм}^2$ болатын никелді алыңыз.

2.3. Мультиметрдің көмегімен эксперименталды түрде өткізгіштегі кернеуді анықтаңыздар.

Ол үшін, полюстерді ескере отырып, тұрақты кернеуді өлшеу режимінде мультиметрді өткізгішке тізбектей қосу қажет. Мультиметрдің көрсетуін жазып алыңыз.

2.4. Мультиметрдің көмегімен эксперименталды түрде тізбектегі ток күшін анықтаңыздар.

Ол үшін, полюстерді ескере отырып, тұрақты тоқты өлшеу режимінде мультиметрді өткізгішке тізбектей қосу қажет. Мультиметрдің көрсетуін жазып алыңыз.

2.5. (1) –ші формула бойынша өткізгіштің кедергісін есептеңіздер.

2.6. (2)-ші формула бойынша никелдің меншікті кедергісін есептеңіздер.

2.7. Өткізгіштің ұзындығын өзгерте отырып, бірақ оның материалы мен көлденең қимасының ауданын өзгертпей 2.3-2.6. пункттерді қайталаңыз.

2.8. Нәтижелерді кестеге жазыңыздар.

	Ұзындық, м	Кернеу, В	Ток күші, А	Кедергі, Ом	Меншікті кедергі, Ом· м
.					
.					
.					
.					
.					

2.9. Меншікті кедергінің орташа мәнін тауып, оны кестелік мәнімен салыстырыңыз.

2.10. Өткізгіштің кедергісін омметрмен өлшеңіздер. Нәтижені салыстырыңыздар.

Істеген жұмыстарыңызға қорытынды жасаңыздар.

3. Бақылау сұрақтары.

3.1. Өткізгіштің меншікті кедергісі дегеніміз не?

3.2. Өткізгіштің кедергісі оның ұзындығына қалай байланыста болады?

3.3. Өткізгіштің меншікті кедергісін қандай формула бойынша есептеуге болады?

3.4. Өткізгіштің меншікті кедергісінің өлшем бірлігі ретінде қандай шама алынады?

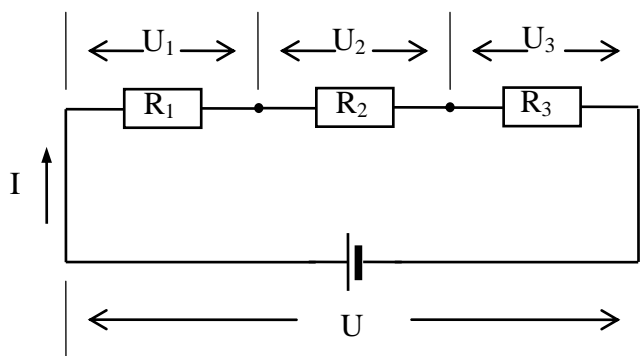
Зертханалық жұмыс N2

Тізбектей және параллель жалғанған өткізгіштердің кедергілерін зерттеу.

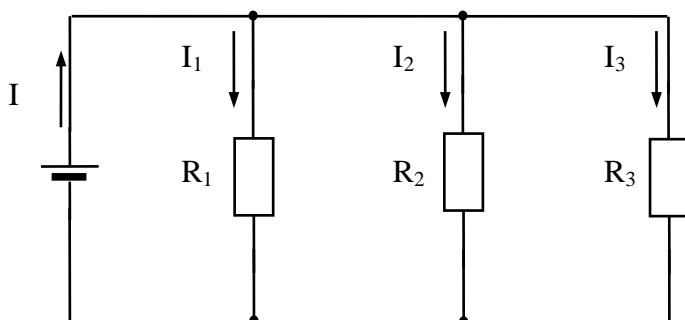
Жұмыстың мақсаты: Тізбектей және параллель жалғанған өткізгіш кедергілеріндегі токтың жүру заңдарын оқып үйрену және кедергілерді есептеу формуласын анықтау.

1. Қысқаша теориялық түсінік.

Өткізгіштер бір-бірімен тізбектей (1-ші сурет) және параллель (2-ші сурет) жалғануы мүмкін.



1-ші сурет



2-ші сурет

1-ші суретте көрсетілгендей бір-бірімен тізбектей жалғанған өткізгіштерді қарастырамыз.

Тізбектің жалпы кернеуі әрбір өткізгіштердегі кернеулердің қосындысына тең болады:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (1)$$

Тізбек бөлігіне арналған Ом заңы бойынша:

$$U_1 = R_1 I; \quad U_2 = R_2 I; \quad U_3 = R_3 I; \quad U = RI, \quad (2)$$

мұндағы R - тізбектің жалпы кедергісі,

I - тізбектегі жалпы ток.

(1)-ші және (2)-ші өрнектен келесі өрнекті аламыз:

$$RI = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

Сонымен, тізбектей жалғанған өткізгіштердің жалпы кедергісі келесі формуламен сипатталады:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3)$$

Өткізгіштерді тізбектей жалғанда, жалпы кедергі тізбектегі әрбір өткізгіштердің кедергілерінің қосындысына тең болады.

Енді 2-ші суретте көрсетілгендей бір-бірімен параллель жалғанған өткізгіштері бар схеманы қарастырамыз.

Тізбек арқылы жүретін токтың толық шамасы I :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (4)$$

Тізбек бөлігіне арналған Ом заңы бойынша:

$$U = R_1 I_1; \quad U = R_2 I_2; \quad U = R_3 I_3; \quad U = R I, \quad (5)$$

(4)-ші және (5)-ші өрнектерден келесі формуланы аламыз :

$$I = U/R = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3$$

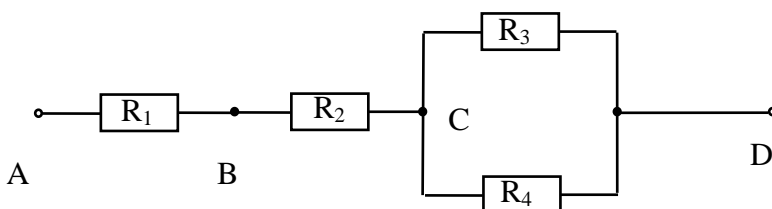
Бұл формуладан:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (6)$$

Өткізгіштерді параллель жалғазғанда тізбектің жалпы кедергісінің кері шамасы барлық параллель жалғанған өткізгіштердің кедергілерінің кері шамаларының қосындысына тең болады.

2. Жұмыстың орындалу тәртібі.

1.1. Құрастыру үстелінде 3-ші суретте көрсетілгендей схеманы құрастырыңыздар:



Кедергілерді $R_1 = 1$ кОм; $R_2 = 2$ кОм; $R_3 = 3$ кОм; $R_4 = 4$ кОм деп алыңыздар.

1.1. Мультиметрдің көмегімен (кедергілерді өлшеу жағдайында) А және С; С және D; А және D нүктелерінің арасындағы кедергілерді эксперимент түрінде өлшеңіздер. Көрсетулерді жазып алыңыздар.

1.2. Жоғарыда келтірілген нүктелердің арасындағы кедергілердің теориялық мәндерін есептеңіздер және оларды эксперименттік мәндермен салыстырыңыздар. Тәжірибеден қандай тұжырым жасауға болады?

1.3. Мультиметрдің көмегімен (тоқты өлшеу жағдайында) әрбір кедергі арқылы жүретін ток күшін есептеңіздер. Өлшеулерді жазып алыңыздар.

1.4. Эксперимент түрінде тізбектей жалғанған кедергілердегі токтың шамасының әрбір кедергілерде бірдей болатынын, ал параллель жалған кедергілердегі токтардың қосындысы жалпы токқа тең болатынын тексеріңіздер.

1.5. Мультиметрдің көмегімен (тұрақты кернеуді өлшеу жағдайында) әрбір кедергілердегі кернеуді есептеңіздер. Құралдың көрсетуін жазып алыңыздар.

1.6. Эксперимент түрінде тізбекті желідегі жалпы кернеудің желідегі әрбір элементтің кернеулерінің қосындысына тең болатынын, ал параллель желіде кернеудің әрбір элементте бірдей болатынын тексеріңіздер.

3. Бақылау сұрақтары.

3.1. Екі параллель жалғанған өткізгіштердің бөлігіндегі кедергілердің шамасы бір-бірінен көп (аз) болуы мүмкін бе? Жауаптарыңызды түсіндіріңіздер.

3.2. Тізбектей және параллель жалғанаған өткізгіштердің кедергілерін есептеу формулаларын қорыту үшін қандай заңдылықтар қолданылады?

3.3. Жоғарыда келтірілген формулалар мен өткізгіштің кедергісін оның геометриялық параметрлері арқылы есептеу формуласы $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$ арасындағы ұқсастықты талдаңыздар. Ұқсастықтың мәнісі неде?

Зертханалық жұмыс N3

Тұрақты ток көзінің ішкі кедергісі және ЭҚК. Толық тізбек бөлігіне арналған Ом заңы.

Жұмыстың мақсаты: Ток көзінің ішкі кедергісін және эқк-ін анықтау.

1. Қысқаша түсінік

Өткізгіштердегі электр тоғы тұрақты ток көздерін тудырады. Тұрақты ток көзінің ішінде электрстатикалық өріс күшінің бағытына қарсы электр зарядтарының орын ауысуын туғызатын күштерді бөгде күштер деп атайды. Бөгде күштердің Δq зарядын тізбектің бойымен орынын ауыстыру үшін істелген жұмысының A_ϕ осы зарядқа қатынасы электр қозғаушы күш \mathcal{E} (ЭҚК) деп аталады:

$$\mathcal{E} = A_\phi / \Delta q \quad (1)$$

Электр қозғаушы күші кернеу мен потенциалдар айырымы сияқты Вольтпен өлшенеді.

Энергияның бір күйден екінші күйге ауысу өлшемі болып жұмыс алынады. Сондықтан, ток көзінің бөгде энергиясы электр өрісінің энергиясына ауысады

$$W = \mathcal{E} \cdot Q \quad (2)$$

Тізбектің сыртқы бөлігімен Q заряд жүрген кезде, ток көзі тудырған және қолдаған стационар өрістің энергиясы түрленеді:

$$W_1 = U \cdot Q \quad (3)$$

ал ішкі бөлігінде:

$$W_2 = U_{\text{іш}} \cdot Q \quad (4)$$

Энергияның сақталу заңы бойынша

$$W = W_1 + W_2 \text{ немесе } \mathcal{E} \cdot Q = U \cdot Q + U_{\text{іш}} \cdot Q \quad (5)$$

(5)-ші формуланы Q –ға қысқартамыз,

$$\mathcal{E} = U_{\text{іш}} + U \quad (6)$$

яғни ток көзінің ЭҚК тізбек бөлігінің ішкі және сыртқы кернеулерінің қосындысына тең болады.

Егер тізбек тұйықталмаған болса, онда $U_{\text{іш}} = 0$, яғни

$$\mathcal{E} = U \quad (7).$$

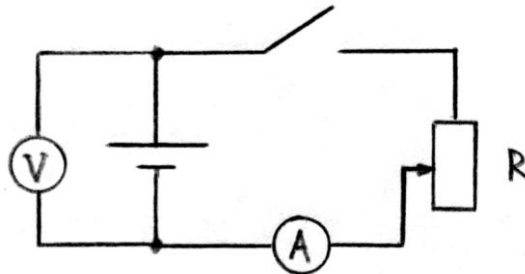
(6)-шы формулаға тізбек бөлігіне арналған Ом заңы бойынша U және $U_{\text{іш}}$ -нің мәндерін қоямыз

$$\begin{aligned} U &= I \cdot R; & U_{\text{іш}} &= I \cdot r, \\ \mathcal{E} &= I \cdot R + I \cdot r = I \cdot (R + r), \end{aligned} \quad (8)$$

бұл жерден

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (9)$$

Сонымен, тізбектегі ток күші ток көзінің электр қозғаушы күшінің тізбектің ішкі және сыртқы кедергілер қосындыларының қатынасына тең. Бұл толық тізбек бөлігіне арналған Ом заңы деп аталады. (9)-шы формулаға ішкі кедергі r кіреді.



1-сурет

Егер I_1 және I_2 ток күштері және реостаттағы кернеудің түсуі U белгілі болса, онда әкк төмендегі формуламен анықталады:

$$\varepsilon = I_1 \cdot (R_1 + r) \quad \text{және} \quad \varepsilon = I_2 \cdot (R_2 + r). \quad (10)$$

Екі өрнектің оң жақтарын теңестіре отырып, келесі өрнекті аламыз:

$$I_1 \cdot (R_1 + r) = I_2 \cdot (R_2 + r)$$

немесе

$$I_1 \cdot R + I_1 \cdot r = I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot r$$

$$I_1 \cdot r - I_2 \cdot r = I_2 \cdot R_2 - I_1 \cdot R_1$$

Мұндағы $I_1 \cdot R_1 = U_1$ және $I_2 \cdot R_2 = U_2$, онда соңғы теңдікті келесі түрде жазуға болады:

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} \quad (11)$$

2. Жұмыстың орындалу тәртібі

2.1. 1-ші суретте көрсетілгендей схеманы құрастырыңыздар. Реостаттың кедергісін **7 Ом**, батарейканың әкк **1.5 В**, ал ішкі кедергісін **3 Ом** деп алыңыз.

2.2. Кілттің қосылмаған жағдайында мультиметрдің көмегімен батарейканың кернеуін өлшеңіз. Бұл (7)-ші формулаға сәйкес батарейканың әкк болып табылады.

2.3. Кілтті қосып реостаттағы ток күші мен кернеуді өлшеңіздер. Құралдың көрсетуін жазып алыңыздар.

2.4. Реостаттың кедергісін өзгерте отырып, ток күші мен кернеудің басқа мәндерін жазыңыздар.

2.5. Реостат тетігінің **6** түрлі жағдайындағы ток күші мен кернеудің мәндерін өлшеңіздер және оларды кестеге жазыңыздар.

2.6. (6)-шы формула бойынша ішкі кедергіні есептеңіздер.

2.7. ЭҚК мен батарейканың ішкі кедергісін есептеу кезіндегі абсолютті және салыстырмалы қателіктерді табыңыздар.

3. Бақылау сұрақтары

- 3.1. Толық тізбекке арналған Ом заңын қорытыңыз.
- 3.2. Тізбек тұйықталмаған жағдайда ток көзінің ЭҚК неге тең болады?
- 3.3. Ток көзінің ішкі кедергісі неден пайда болады?
- 3.4. Батарейка қысқаша тұйықталған кезде пайда болатын ток күші немен анықталады?

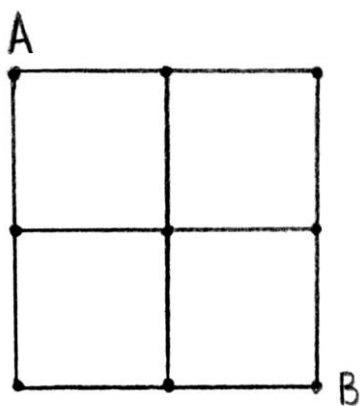
Зертханалық жұмыс N4

Тұрақты электр тоғының күрделі желісін зерттеу

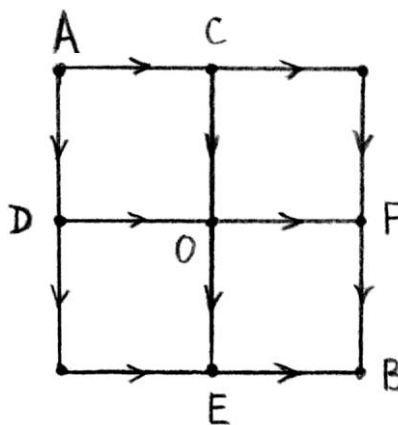
Жұмыстың мақсаты: Тұрақты электр тоғының күрделі желісін есептеу әдістерін үйрену.

1. Қысқаша түсінік

Күрделі желіні әрқашанда тізбектей және параллель жалғанған кедергілердің бөліктері ретінде қарастыруға мүмкіндік болмайды. Бұндай желідегі кедергінің шамасын қалай анықтауға болады? Егер схемамыз симметриялы болса, онда бұл есепті ықшамдауға болады. Мысал ретінде, бірдей кедергілерден тұратын металл тордың бөлігін қарастырамыз.



1-сурет

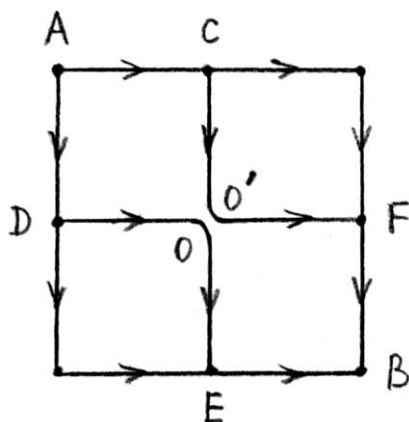


2-сурет

Бізге А және В нүктелерінің арасындағы кедергінің шамасын анықтау керек. Бұл желіні тізбектей және параллель жалғанған кедергілердің бөліктері ретінде қарастыруға келмейді. Сондықтан төмендегі жағдайларды қарастырамыз.

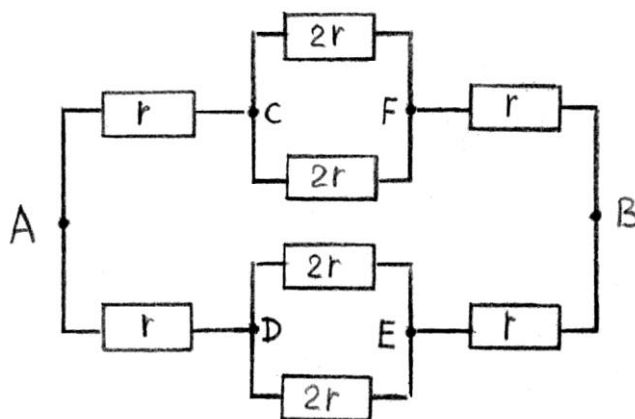
А және В нүктелері ток көзіне жалғанған дейік. Енді металл тордың бойымен жүретін токты қарастырамыз.

Симметрия бойынша, CO және DO элементтері арқылы өтетін токтардың шамасы, OF және OE элементтері арқылы өтетін токтардың шамасына тең болады. Сондықтан O нүктесінде тізбекті айырсақ, тордың элементтері арқылы өтетін токтардың шамасы өзгермейді.



3-сурет

Соңғы схеманы тізбектей және параллель жалғанған кедергілердің бөліктері ретінде қарастыруға болады.



4-сурет

Тізбектің толық кедергісі төмендегі формуламен анықталады.

2. Жұмыстың орындалу тәртібі:

2.1. Монтажды үстелде 3-ші суретте көрсетілгендей схеманы жинаңыздар. O және O' нүктелерін қосатын айырғышты ескеріңіздер. Кедергілердің шамасын бірдей, 1 кОм деп алыңыз.

2.2. Омметрдің көмегімен A және B нүктелерінің арасындағы кедергіні айырғыштың тұйықталған және тұйықталмаған жағдайларында өлшеңіздер. Өлшеу нәтижесін түсіндіріңіздер.

2.3. Өздеріңіз жинаған схемаға ЭҚК 1.5 В болатын батареяны және оған тізбектей A және B нүктелерінің арасына амперметрді жалғаңыздар.

Кілттің тұйықталған және тұйықталмаған жағдайларындағы ток күшін өлшеңіздер.

2.4. Кілттің тұйықталмаған жағдайындағы О және О/ нүктелері арасындағы және А және В нүктелеріне жалғанған батареяның (ток көзінің) кернеуін өлшеңіздер.

Кернеудің шамасы нөлге тең болатын нүктелердің арасын бір-бірімен қосуға болады, себебі, мұндай қосу схеманың бойымен өтетін токтың шамасын өзгертпейді. Кейбір жағдайларда осылай қосу схеманы біршама ықшамдайды.

3.Бақылау сұрақтары.

3.1. Күрделі схемаларды есептеу кезінде схеманың қандай қасиеттері пайдалы болып табылады?

3.2. 3-ші суретте көрсетілген схеманың қандай нүктелерінің арасында кернеу нөлге тең?

3.3. Осы әдіспен сым кубтың қарама-қарсы төбелерінің арасындағы кедергіні табыңыздар.

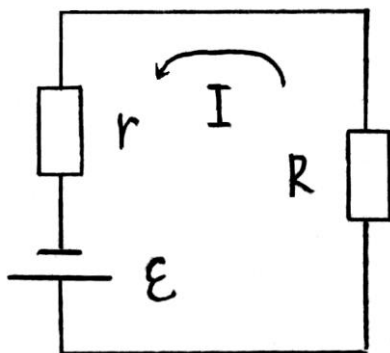
Зертханалық жұмыс N5

Тұрақты ток желісінің қуаты

Жұмыстың мақсаты: Тұрақты ток желісінен қуаттың бөліну және ток көзінің жүктемемен сәйкестену заңдылықтарын оқып үйрену.

1. Қысқаша түсінік.

Кез-келген нақты ток көзінің ішкі кедергісі болады. Сондықтан, ток көзін жүктемеге қосқан кезде жылу жүктемеден де, ток көзінің ішінен (оның ішкі кедергісінен) де бөлінеді. Қуаттың ең үлкен мәні (максимал) ток көзіне жалғанған қандай жүктемеден бөлінеді?



1-ші суретте көрсетілен схеманы қарастырамыз.

1-сурет

Контурдың бойымен жүретін ток күші, толық тізбек бөлігіне арналған Ом заңы бойынша анықталады:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (1)$$

Мұндағы ε - ток көзінің ЭҚК,

r - ток көзінің ішкі кедергісі,

R - жүктеменің кедергісі.

R жүктемедегі кернеу U келесі шамаға тең:

$$U = R \cdot I = \frac{\varepsilon \cdot R}{R + r}, \quad (2)$$

ал R кедергіден бөлінетін қуаттың шамасы келесі түрде анықталады:

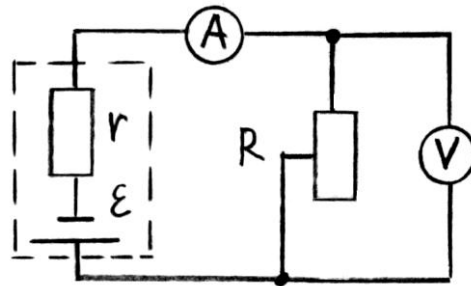
$$P = U \cdot I = \frac{\varepsilon^2 \cdot R}{(R + r)^2} \quad (3)$$

3-ші формуладан, егер R кедергі аз болса ($R \ll r$), онда R жүктемеден бөлінетін қуаттың шамасы аз болатынын көруге болады. Сонымен қатар, кедергінің ең үлкен мәнінде де ($R \gg r$) қуат аз болады. Есептеулердің көрсетуі бойынша, ішкі кедергі мен жүктеме кедергісінің мәндері бір-біріне тең болған жағдайда жүктемеден қуаттың ең үлкен шамасы бөлінеді. Бұл жағдайда:

$$P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4R} \quad (4)$$

1. Жұмыстың орындалу тәртібі.

2.1. 2-ші суретте көрсетілгендей схеманы жинаңыз.



2-сурет

Элементтердің шамалары төмендегідей болсын:

Батарея : $\varepsilon = 1,5B$; $r = 10 \text{ Ом}$;

Реостат: $R = 20 \text{ Ом}$;

1.2. Реостаттың тегін өзгерте отырып, тізбектегі ток күші мен реостаттағы (жүктемедегі) кернеуді өлшеңіздер.

1.3. Алынған шамаларды (реостат кедергісі, ток күші және кернеуді) кесте түрінде жазыңыздар.

1.4. Реостат кедергісінің әр түрлі мәнінде жүктемеден бөлінген қуатты мына формула бойынша есептеңіздер . $P = U \cdot I$

1.5. Қуаттың жүктеменің кедергісіне байланысты графигін тұрғызыңыз.

1.6. Графиктен ең үлкен қуат бөлінетін жүктеменің кедергісін анықтаңыз.

1.7. Табылған мәндерді теориялық шамалармен (4) салыстырыңыздар. Қорытынды жасаңыздар.

2. Бақылау сұрақтары

2.1. Не себепті жүктеменің кедергісі өскен сайын кернеу артады?

2.2. Жүктеменің кедергісінің ток көзінің ішкі кедергісінен айырмашылығы көп болған кезде жүктемеден бөлінетін қуаттың шамасы не себепті ең үлкен

болатынын түсіндіріңіздер. Ток күші (1) мен кернеудің (2) формулаларына назар аударыңыздар.

Зертханалық жұмыс №6

Электр желісіндегі балқымалы сақтандырғыштардың жұмыс істеу принципі

Жұмыстың мақсаты: Электр қыздырғыш және жарықтандырғыш құралдарды қоректендіретін 220 В кернеуге арналған желіні сақтайтын сақтандырғыштарды есептеу.

1. Қысқаша теориялық түсінік

Электр желісі әрқашанда белгілі бір ток күшіне есептеледі. Егер тізбектегі ток күші мөлшерден асып кетсе, онда сымдар қызады, ал оларды жапқан изоляция жанады.

Желіге бірдей уақытта күшті ток пайдаланатын құралдарды қосқанда (мысалы, электр плиткасын) немесе қысқаша тұйықталу желідегі ток күшінің едәуір өсуіне әсер етеді. Қысқаша тұйықталу деп - кедергісі тізбек бөлігінің кедергісіне қарағанда аз тізбектегі өткізгіш бөлігінің екі ұшының бір-бірімен қосылуын айтады.

Қысқаша тұйықталу кезінде тізбектің кедергісінің аз болуына байланысты ток күші көбейеді. Ол өткізгіштің қызуына және өрттің шығуына себепкер болады. Бұдан құтылу үшін тізбекке сақтан-дырғышты жалғайды.

Сақтандырғыш тізбектегі ток күші мөлшерден асып кеткен жағдайда тізбекті ажыратып тастайды.

Қысқаша тұйықталу кезінде тізбектің кедергісінің аз болуына байланысты ток күші көбейеді. Ол өткізгіштің қызуына және өрттің шығуына себепкер болады. Бұдан құтылу үшін тізбекке сақтандырғышты жалғайды.

Сақтандырғыш тізбектегі ток күші мөлшерден асып кеткен жағдайда тізбекті ажыратып тастайды. Бөлмедегі сымдарда қолданылатын сақтандырғыштардың құрылысымен танысайық. Сақтандырғыштың негізгі денесі - фарфор тығынның ортасы арқылы өтетін тез балқитын металлдан істелінген сымнан (мысалы, қорғасын) тұрады. Тығынның бұрандалы бұрамасы және орталық байланысы бар. Бұрама орталық байланыспен қорғасын сым арқылы жалғанған. Тығынды фарфор қорапшаның ішінде орналасқан патронға бұрап салады.

Сөйтіп, қорғасын сымы жалпы тізбектің бөлігі болып табылады. Қорғасын сымдарының қалыңдығы белгілі шамадағы ток күшіне шыдайтындай таңдалынып алынады. Егер ток күші мөлшерден асып кетсе, онда қорғасын сым балқиды да тізбек тұйықталмайды.

Балқитын сымдардан тұратын сақтандырғыштарды балқымалы сақтандырғыштар деп атайды.

Балқымалы сақтандырғыштар электр қабылдағыштардың қалыпты жұмысын оның бойымен қалыпты ток жүрген кезде қамтамасыз ету керек және оларға артық жүк болған кезде немесе қысқаша тұйықталғанда тізбектен ажыратуы

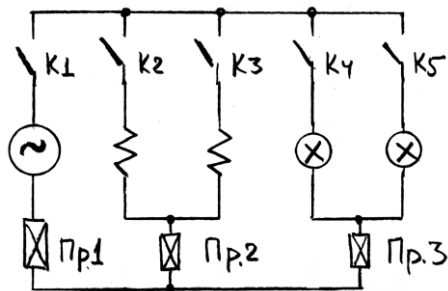
керек. Сондықтан сақтандырғышты төмендегі жағдайларға байланысты таңдайды:

- балқымалы қондырғыдағы қалыпты ток келесі шартты қанағаттадыруы қажет, мұндағы -қорғалған тізбек бөлігіндегі есептелінетін ток;
- әрбір сақтандырғыш тек өзі сақтайтын тізбек бөлігі қысқаша тұйықталғанда ғана іске қосылуы қажет.

2. Жұмыстың орындалу тәртібі.

2.1. Суретте көрсетілгендей электр тізбегін жинаңыздар:

1-ші сурет



2.2. Желідегі генератордың жиілігін 220 В, электр шамының қуатын –60 және 150 Вт, ал жұмыс кернеуін 240 В деп алыңыздар. Электр қыздырғыш құралдардың қуатын 600 және 1000 Вт, ал жұмыс кернеуін –240 деп алыңыздар.

2.3. Әрбір электр қабылдағыштың тоғын төмендегі формула бойынша есептеңіздер. Нәтижені кестеге жазыңыздар.

2.4. Электр жарықтандырғышты (Сақ.3(Pr3)), желіні қоректендіретін электр қыздырғышты (Сақ.2(Pr2)), сонымен қатар, барлық электр құралдарын (Сақ.1(Pr1)) сақтайтын балқымалы сақтандырғыш-тардағы токтың қалыпты шамаларын есептеңіздер.

2.5. K1, K4, K5 кілттерін тұйықтаңыздар. Шамның жануын, ал Сақ.1 және Сақ. 2 сақтандырғыштардың істен шықпайтынына көз жеткізіңіздер.

2.6. K1, K2, K3 кілттерін тұйықтаңыздар. Қыздыру құралдарының қосылғанына, ал Сақ.1 және Сақ. 3 сақтандырғыштардың істен шықпағанына көз жеткізіңіздер.

2.7. Барлық кілттерді тұйықтаңыздар. Барлық электр құралдарының қосылғанына, ал сақтандырғыштардың жанып кетпегеніне көз жеткізіңіздер.

3. Бақылау сұрақтары

3.1. Желіге сақтандырғыштарды қандай мақсатпен орнатады?

3.2. Қондырғы балқымалы сақтандырғыштағы қалыпты токты қалай есептейді?

3.3. Неге қауіпсіздік техникасы бойынша «қоңыздың» тұтас сақтандырғыштың орнына кездейсоқ таңдалынып алынған өткізгіштерді қоюға тиім салынады?

Зертханалық жұмыс N7

Айнымалы ток желісінің элементтері. Сыйымдылық кедергісі және индуктивті кедергі. Олардың айнымалы ток жиілігіне және элементтердің параметрлеріне тәуелділігі

Жұмыстың мақсаты: Кедергілердің айнымалы ток жиілігіне және элементтердің параметрлеріне тәуелділігін зерттеу.

1. Қысқаша теориялық түсінік

Айнымалы ток желісінде резистордан басқа индуктивті шарғы және конденсаторлар да болуы мүмкін. Тұрақты токта индуктивті шарғының өте үлкен емес актив кедергісі болады. Конденсатор тұрақты ток желісін ажыратады (себебі актив кедергісі өте үлкен).

Айнымалы токта бұл элементтердің бөлшектің жалпы түріне, сонымен қатар, шарғы мен конденсатор арқылы жүретін айнымалы токтың жиілігіне байланысты болатын реактив кедергілері болады.

1.1. Айнымалы ток желісіндегі шарғы

Резистор және индуктивті шарғысы бар желінің жұмысын қарастырайық. Шарғы арқылы жүретін ток күшінің тербелісі

$$i = I_m \cdot \cos(\omega t)$$

өздік индукция заңына және Ленц ережесіне сәйкес шарғының екі шетінде кернеудің түсуін тудырады

$$u_L = L \frac{di}{dt} = -L\omega I_m \sin(\omega t) = \omega L I_m \cos(\omega t + \pi/2),$$

яғни кернеудің тербелісі фаза бойынша ток күшінің тербелісінен $\pi/2$ -ге озады.

$\omega L I_m$ көбейтіндісі кернеудің тербеліс амплитудасы болып табылады:

$$U_L = \omega L I_m$$

Циклдік жиілік пен индуктивтіліктің көбейтіндісі шарғының индуктивтілік кедергісі деп аталады:

$$X_L = \omega L, \quad (1)$$

сондықтан, шарғыдағы кернеу мен ток амплитудаларының арасындағы байланыс формасы бойынша тұрақты ток тізбегі үшін Ом заңына ұқсайды:

$$U_L = X_L I_m \quad (2)$$

(1)-ші формулада көрсетілгендей индуктивті кедергі шарғы үшін тұрақты шама болып қалмайды. Ол шарғы арқылы өтетін айнымалы ток жиілігіне пропорционал. Сондықтан, кернеудің тұрақты амплитудасында U_L индуктивтік L өткізгіштің ток күшінің тербеліс амплитудасы I_m айнымалы ток жиілігіне кері пропорционалды кемиді:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}$$

1.2. Айнымалы ток желісіндегі конденсатор

Конденсатордың астарларындағы кернеу гармоникалық заң бойынша өзгерген кезде

$$u_c = U_m \cos(\omega t),$$

оның астарларындағы заряд та гармоникалық заң бойынша өзгереді:

$$q = Cu_c = CU_m \cos(\omega t)$$

Электр тоғы конденсатор зарядтарының өзгерісі әсерінен пайда болады, сондықтан, желідегі ток күшінің тербелісі келесі заң бойынша болады:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega CU_m \sin(\omega t) = \omega CU_m \cos(\omega t + \pi/2)$$

Бұл жерден конденсатордағы кернеудің тербелісі фаза бойынша ток күшінің тербелісінен $\pi/2$ -ге қалады.

ωCU_m -көбейтіндісі ток күшінің тербеліс амплитудасы деп аталады :

$$I_m = \omega CU_m .$$

Индуктивті кедергіге ұқсас сыйымдылық кедергісі деген ұғымды енгіземіз:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

Конденсатор үшін Ом заңына ұқсас келесі заңдылықты аламыз:

$$U_c = X_c I_m \quad (4)$$

(2)-ші және (4)-ші формулалар ток пен кернеудің эффективті мәндері үшін де дұрыс болып табылады.

2.Жұмыстың орындалу тәртібі

2.1.1-ші суретте көрсетілгендей тізбекті жинаңыздар.

2.2.Келесі параметрлерді қойыңыздар:

Генератор – кернеуі (эффективті) –100 В, жиілігі 100 Гц;

Конденсатор- жұмыс кернеуі 400 В, сыйымдылығы 10 мкФ;

Резистор- жұмыс қуаты 500 Вт, кедергісі 100 Ом.

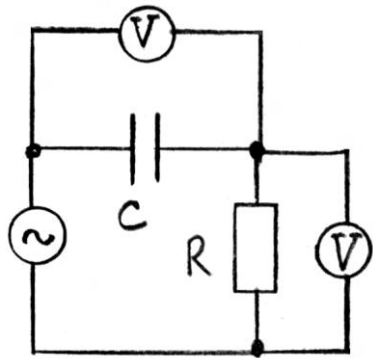
2.3.Конденсатордың сыйымдылығын 5 –тен 50 мкФ-ға дейін өзгерте отырып вольтметрдің көрсетуін жазып алыңыздар (конденсатор мен резистордағы кернеуді).

2.4.Конденсатордың сыйымдылығына байланысты тізбек арқылы өтетін токтың эффективті мәндерін есептеңіздер (ол үшін резистордағы кернеуді оның кедергісіне бөлу керек).

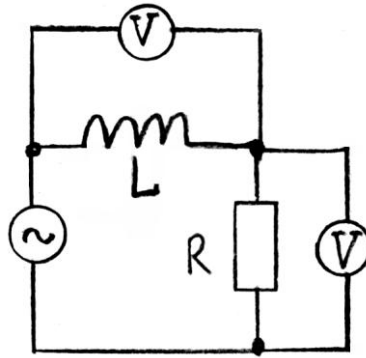
2.5.Конденсатордың сыйымдылық кедергісін әрбір сыйымдылық үшін анықтаңыздар және (3)-ші формула бойынша есептелген мәнімен салыстырыңыздар.

2.6.Конденсатордың сыйымдылығын 10 мкФ деп алып, генератордың жиілігін 20-дан 100 Гц-ке әрбір 10 Гц сайын өзгерте отырып, өлшеуді және сыйымдылық кедергінің айнымалы токтың жиілігіне байланысты есептеулерді қайталаңыздар.

2.7.2-ші суретте көрсетілгендей тізбекті жинаңыздар.



1-ші сурет



2-ші сурет

2.8. Келесі параметрлерді қойыңыздар:

Генератор – кернеуі (эффeктивті) – 100 В, жиілігі 100 Гц;

Шарғы – индуктивтілігі 50 мГн;

Резистор – жұмыс қуаты 500 Вт, кедергісі 100 Ом

2.9. Шарғының индуктивтілігін 50-ден 500 мГн-ге дейін (50 мГн сайын) өзгерте отырып вольтметрдің көрсетуін жазып алыңыздар (шарғы мен резистордағы кернеу).

2.10. Шарғының индуктивтілігіне байланысты тізбек арқылы жүретін токтың эффeктивті мәнін есептеңіздер (ол үшін резистордағы кернеуді оның кедергісіне бөлу керек).

2.11. Әрбір индуктивтік үшін шарғының индуктивті кедергісін есептеңіздер және оны (1)-ші формула бойынша есептелген мәнімен салыстырыңыздар.

2.12. Шарғының индуктивтігін 100 мГн деп алып, генератордың жиілігін әрбір 10 Гц сайын 20-дан 100 Гц-қа дейін өзгерте отырып өлшеуді және индуктивті кедергіні айнымалы токтың жиілігіне байланысты есептеуді қайталаңыздар.

2.13. Индуктивті кедергінің және сыйымдылық кедергісінің айнымалы токтың жиілігіне байланысты графигін тұрғызыңыздар.

3. Бақылау сұрақтары

3.1. Неге сыйымдылық кедергісі жиілік өскен кезде кемиді, ал индуктивті кедергі артады?

3.2. Шарғы мен конденсатор үшін ток пен кернеу арасындағы фазалардың айырмашылығы неде?

3.3. Сыйымдылық және индуктивті кедергілердің өлшем бірліктері болып қандай шама алынады?

3.4. Реактивті элементтер: конденсатор және индуктивті шарғы үшін ток пен кернеудің ең үлкен мәндеріне (эффeктивті) арналған Ом заңына ұқсас заң қалай жазылады?

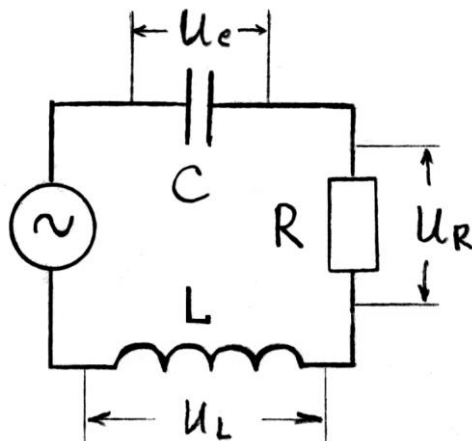
Зертханалық жұмыс N8

Айнымалы ток желісіндегі резонанс құбылысы

Жұмыстың мақсаты: Айнымалы ток желісіндегі қалыптасқан еріксіз тербелістерді оқып үйрену. Резонанс құбылысын зерттеу.

1. Қысқаша теориялық түсінік

1-ші суретте көрсетілгендей айнымалы кернеу генераторына тізбектей жалғанған конденсаторы, резисторы және индуктивті шарғысы бар схеманы қарастырамыз.



1 - сурет

Желінің кейбір элементтерінде ток күші мен кернеудің еріксіз тербелістері пайда болады. Конденсатор мен индуктивті шарғының реактив кедергілері жиілікке байланысты болғандықтан, тізбектегі ток күшінің тербеліс амплитудасы генератордағы тұрақты кернеудің жиілігіне ω байланысты болады.

Айнымалы токтың төменгі жиілігінде ω конденсатордың сыйымдылық кедергісі $X_C = \frac{1}{\omega C}$ өте үлкен болғандықтан, тізбектегі ток күші аз болады.

Кері шекті жағдайда, айнымалы токтың үлкен жиілігінде индуктивті кедергі де $X_L = \omega L$ үлкен болады, ал ток күші тағы да аз болады.

1-ші суретте көрсетілген тізбектің толық кедергісі келесі формуламен сипатталады:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}.$$

Индуктивті және сыйымдылық кедергілері бірдей болтындай айнымалы кернеудің жиілігінде ғана желідегі ток күші ең үлкен болады

$$\omega_0 L = 1/(\omega_0 C). \quad (1)$$

Шарғы мен конденсатордың реактив кедергілері бір-біріне тең болғанда, бұл элементтердегі кернеудің амплитудалары да бірдей болады. Шарғы мен конденсатордағы кернеудің тербелісі фаза бойынша қарама-қарсы болғандықтан, (1)-ші шарт орындалған жағдайда олардың қосындысы нөлге тең. Нәтижеде актив кедергідегі R кернеу U_R генератордың толық кернеуіне U тең болады, ал тізбектегі ток күші ең үлкен мәніне жетеді $I_m = U/R$. Ток күші мен эқк-тің циклдік жиілігі келесі шамаға тең

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (2)$$

және ол электр контурдағы электромагниттік өшпейтін еркін тербелістердің циклдік жиілігімен сәйкес келеді.

Айнымалы токтың электр желісіндегі резонанс құбылысы деп - сыртқы айнымалы ЭҚК-нің циклдік жиілігінің контурдағы өшпейтін еркін тербелістердің жиілігіне ω_0 сәйкес келген кездегі тербелмелі контурдағы ток күшінің еріксіз тербеліс амплитудасының тез өсуін айтады. $\omega = \omega_0$ жиілігі резонансты циклдік жиілік деп аталады. Резонансты циклдік жиілік актив кедергіге байланысты емес. Ток күшінің I_m резонансты циклдік жиілікке ω байланысты графигі резонанс қисығы деп аталады. Актив кедергі R неғұрлым аз болса, резонанс қисығы соғұрлым үшкір болады.

2. Жұмыстың орындалу тәртібі

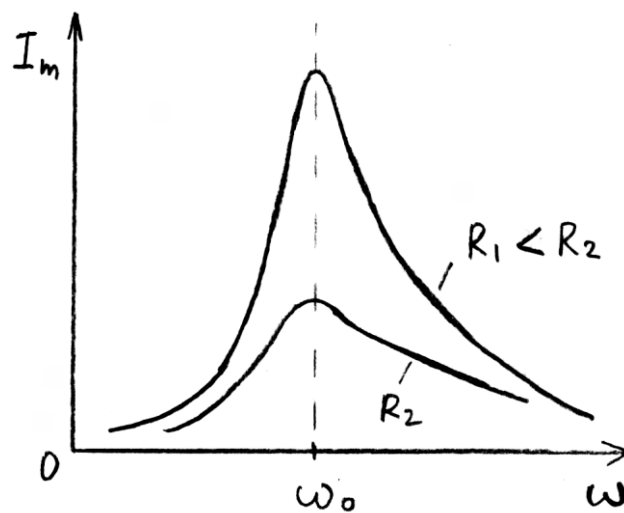
2.1. 1-ші суретте көрсетілгендей схеманы құрастыру үстелінде жинаңыздар. Элементтердің параметрлерін келесі түрде таңдап алыңыздар:

Генератор: $U_{эф} = 100В$; $\nu = 10$ Гц;

Резистор : $R=200$ Ом; $P=500$ Вт;

Конденсатор: $C = 10$ мкФ; $U_{;жс} = 400$ В;

Шарғы: $L = 1$ Гн.



2-ші сурет

2.2. Генератордың жиілігін әрбір 10 Гц сайын 10 Гц-тен 100 Гц-ке дейін өзгерте отырып, вольтметрдің көмегімен шарғыдағы, резистордағы, конденсатордағы кернеулерді өлшеңіздер және өлшенген шамаларды кестеге жазыңыздар. Конструктордың жиынтығында екі ғана мультиметр болғандықтан, генератордың жиілігін өзгерте отырып өлшеуді екі рет қайталауға тура келеді. Бірінші рет вольтметрді шарғы мен конденсаторға, ал екінші рет өлшеуде вольтметрді резисторға қосамыз.

- 2.3. Резистордағы, конденсатордағы және шарғыдағы кернеудің генератордың жиілігіне тәуелділігін көрсететін графиктерді тұрғызыңыздар.
- 2.4. (2)-ші формула бойынша резонанс жиілігін есептеңіздер және алынған шамаларды экспериментпен салыстырыңыздар.
- 2.5. Элементтердің параметрлерін өзгерте отырып, өлшеулер мен есептеулерді қайталаңыздар.
- 2.6. Экспериментпен алынған элементтердегі кернеудің желідегі айнымалы токтың жиілігіне тәуелділігін көрсететін графиктерді түсіндіріңіздер.

3. Бақылау сұрақтары

- 3.1. Конденсатор мен индуктивті шарғының реактивті кедергілері айнымалы токтың жиілігіне қалай байланысты?
- 3.2. Неге нақты бір жиілікте конденсаторы, шарғысы және резисторы бар желідегі ток күшінің шамасы ең үлкен болады және ең үлкен, ең кіші жиілікте нөлге ұмтылады?
- 3.3. Неге резонанс кезінде резистордағы кернеу айнымалы ток көзінің кернеуіне тең болады?
- 3.4. Тұрмыста, техникада, ғылымда резонанс құбылысы қалай қолданылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

А.Г.Аленицын, Е.И.Бутиков, А.С.Кондратьев. Краткий физико-математический справочник. - М.: Наука. Гл. ред. ф.-м. Лит., 1990. - 368 с.

1. О.Ф.Кабардин. Физика: Справочные материалы. - М., Просвещение, 1991. - 367 с.
2. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. академика И.К.Кикоина. - М., Атомиздат, 1976. - 1008 с.
3. Теория и обучения физике в школе. Общие вопросы. Ученое пособие для студентов пед. вузов. Под ред. С.Е.Каменецкого. - М: Издательский центр "Академия", 2000-384 стр.
4. Теория и методика обучения физика в школе. Частные вопросы. Учебное пособие для студентов пед. вузов. Под ред. С.Е.Каменецкого. - М: Издательский центр "Академия", 2001-386 стр.
5. Каменецкий С.Е. Современные проблемы методики обучения физике. - Новгород, 2001.
6. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики. Под.ред. Ю.И. Дика и др.-М. Просвещение, 1993.
7. Мastroпас З.П.Синдеев Ю.Т. Методика и практика преподавания. - Ростов н/д: Феникс, 2002.

М А З М Ұ Н Ы

КІРІСПЕ.....	3	
Физикалық эксперименттер және оларға қойылатын талаптар.....	4	
I – ТАРАУ.		
МЕХАНИКА		
§1. Зертханалық жұмыстар.....	7	
§2. Демонстрациялық тәжірибелер.....	23	
II – ТАРАУ.		
ЖЫЛУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ		29
§3. Жылулық физика тарауы бойынша анықтама.....	30	
§4. Зертханалық жұмыстар.....	34	
§5. Демонстрациялық тәжірибелер.....	48	
III – ТАРАУ		
ЭЛЕКТР БӨЛІМІ		
§6. Электростатика негіздері.....	51	
§7. Бағдарламамен жұмыс істеуге нұсқау.....	60	
§8. Зертханалық жұмыстар.....	70	
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР.....	89	

Пішімі 60x84 1/12
Көлемі 91 бет 7,6 шартты баспа табағы
Таралымы 20 дана.
Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ
Редакциялық - баспа бөлімінде басылды.
Ақтау қаласы, 32 ш/а.