



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Ғарыштық инженерия
кафедрасы

ФИЗИКА 1

Есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар.
Қашықтықтан білім алатын барлық оқу бағдарламасының студенттеріне
арналған.

Алматы 2022

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Алджамбекова Г.Т. Физика 1. Есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар. Қашықтықтан білім алатын барлық оқу бағдарламасының студенттеріне арналған. – Алматы: АЭЖБУ, 2022. – 41 б.

Әдістемелік нұсқауларда есептеу-сызба жұмыстарының (ЕСЖ) тапсырмалары және оларды рәсімдеу, мазмұны, қолданылатын әдебиеттер көрсетілген.

Әдеб. атау – 16, без. 14, кесте - 10.

Пікір беруші: т.ғ.к, АЭЖБУ доценті

Мусапирова Г.Д

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2022 ж. жоспары бойынша басылады

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, 2022 ж.

Кіріспе

Физика 1 пәні бойынша қашықтықтан білім алатын барлық оқу бағдарламасы бойынша оқытылатын студенттерге арналған есептеу-сызба жұмыстарды (ЕСЖ) орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар мазмұнына, квалификациялы сипаттамаға, мамандықтардың жұмыс жоспарына және дайындау бағытына сәйкес өңделген, оқылатын пәннің негізгі мазмұны формула арқылы беріледі. Бұл әдістемелік нұсқау, физика 1 курсына қашықтықтан оқытудың мақсаттарына орай студенттерге инженер – техникалық мамандықтарды меңгерту үрдісінде, олардың базалық білімін, біліктілігі мен дағдысын қалыптастыруды қамтамасыз етеді.

Курстың негізгі мақсаттары:

а) классикалық физика теориялары мен оның негізгі заңдарын, сондай-ақ физикалық зерттеулер әдістерін қолдану арқылы студенттердің біліктіліктері мен дағдыларын қалыптастыру;

б) студенттердің шығармашылық ой-танымы мен ғылыми дүниетанымын, өзіндік танымдық іс-әрекет дағдыларын және физикалық құбылыстарды моделдеу біліктілігін қалыптастыру.

Физика 1 курсы бойынша классикалық физиканың «Механиканың физикалық негіздері», «Статистикалық физика және термодинамика», «Электр және магнетизм» бөлімдері оқытылады. Осы бөлімдерге арналған теңдеулер және есептің шығару жолдары көрсетілген.

Физика 1 курсы, қашықтықтан оқытылатын студенттердің ЕСЖ әр бөлімге нұсқада көрсетілген және таңдау бойынша қосымша А,Б,В нұсқалары берілген. Нұсқаның нөмірін студенттің өзі таңдап, оны практикалық сабақ жүргізетін оқытушы бекітеді.

1 «Физика 1» пәнін үйренудегі ұсыныстар

Бұл пәнді оқып үйрену кезінде, біріншіден, классикалық және қазіргі физиканың негізгі түсініктерін, заңдылықтары мен ұстанымдарын түсініп алу қажет, одан кейін оларды ары қарай зерттеу жүзеге асырылады.

«Механиканың физикалық негіздері» бөлімінде келесі тақырыптарға теңдеулер берілген:

- ілгерілемелі және айналмалы қозғалыстардың кинематикалық және динамикалық сипаттамалары және олардың байланысы. Ол үшін векторлық алгебраның математикалық аппараты, дифференциалдау мен интегралды есептеулерді білген маңызды;

- консервативті және консервативті емес күштердің ерекшеліктерін ескеріп, жұмыс пен энергияны түсіну;

- импульстің, импульс моментінің, механикалық энергияның сақталу заңдарын, олардың уақыт пен кеңістіктің симметриялы ең негізгі қасиеттерінен байқалатын жан-жақтылығын;

- физикалық есептерді сақталу заңдарын қолданып шешудің тиімділігін;

- классикалық физиканың қолдану шекарасын.

«Статистикалық физика және термодинамика» бөлімінде макроскопиялық жүйенің физикалық қасиеттерін зерттеудің бір-бірінен ерекшеленетін және бір-бірін толықтырып тұратын статистикалық және термодинамикалық әдістерін меңгеру қажет. Әсіресе статистикалық таралулар (Максвеллдің, Больцманның), термодинамиканың бірінші, термодинамиканың екінші бастамасына назар аудару керек.

«Электр және магнетизм бөлімінде мыналарды: денелерге электр өрісінің зарядталған әсер етуін, осы өрістің сипаттамаларын (кернеулік пен потенциал) және олардың қасиеттерін түсіндіретін негізгі:

- электростатикалық өріс циркуляциясы туралы;

- Гаусс теоремаларын түсініп алған дұрыс.

Есеп шығарғанда суперпозиция принципі мен Гаусс теоремасын қолдана білу керек.

Өткізгіштерде зарядтардың таралуы және электр өрісіндегі диэлектриктер жайлы білу де аса маңызды сұрақ болып табылады. Жалпылама Ом заңын оқып үйренгенде потенциалдар айырымы, электр қозғаушы күш, кернеу туралы түсініктердің физикалық мағыналарын айыру керек. Сонымен қатар магнит өрісінің сипаттамалары мен қасиеттері, заңдарын оқи отырып, магнит өрісі мен электростатистикалық өрістің ұқсастықтары мен айырмашылықтарын (потенциалды және құйынды сипат, өріс туғызатын көздердің болу-болмауы, электр зарядтарына өрістің әсері) ұғыну қажет.

2 Бақылау жұмыстарын орындауға және тапсыруға қойылатын жалпы талаптар

Физика есептері сан алуан құрастырылып келетіндіктен, оларды шығарудың бірыңғай жолы жоқ, дегенмен де есептерді шығарғанда мыналарды естен шығармаған жөн:

- есептің мағынасын түсіне білу, мазмұнына талдау жасап, берілген жүйе немесе дене қандай жағдайда қарастырылып отырғанын ойластырып алып, есептің мағынасын аша түсетіндей және ары қарай оның шығарылуын жеңілдететіндей сызбасын, сызбасын немесе суретін салып алу керек;

- қарастырылып отырған жағдайда физиканың қандай заңдарын қолдануға болатындығын ойластырып, оны алдымен жалпы түрде жазып көрсету керек, одан кейін сол заңды осы есепке қолданып, теңдеудің әрбір белгісі нені білдіретінін түсіну керек;

- есепті жалпы түрде жазып, жұмыс (есептеу) формуласын алыңыз. Есептің шартында берілген мәндер ізделініп отырған физикалық шаманы өрнектейтін жұмыс (есептеу) формуласына ғана қойылып шығарылады;

- есептеулер жүргізген кезде, оны қалай жуықтап шығаруды білу керек. Формулаға қойылған мәндердің барлығы да бір бірліктер жүйесінде болуы керек (ХБ жүйесінде болғаны дұрыс);

- қажет болған немесе кейбір жағдайларда есеп жауабының дұрыстығын тексеру керек, бұл есептің қатесіз шығуына көмектеседі.

Барлық ЕСЖ компьютермен жазылып тапсырылады. Тексеру уақытына өткізу міндетті.

Есептің шарты және «Берілгені» деп басталып, жалпыға бірдей белгілеулермен белгіленуі тиіс. Әрбір есеп физикалық шамалардың мағыналарын түсіндіретін анықтамалармен, физикалық заңдылықтармен, сұлбалық сызбалармен, суреттермен жалпы түрде (әріптік белгілеулер) шығарылуы тиіс. Одан кейін сан мәндерін қойып, есептеп, соңында ізделініп отырған физикалық шаманың өлшем бірлігін жазып қоюы керек. Есептеулер жүргізгенде жуықтап есептеулер ережесін пайдаланып, есептің жауабын қатесіз, түсінікті етіп жазу керек.

Жұмысының аяғында студенттің тапсырмаларды орындау үшін пайдаланылған әдебиеттердің тізімі көрсетіледі.

Егер бақылау жұмысы дұрыс орындалмай, өзіне қайтарылып берілсе, көрсетілген қателерімен жұмыс жасалып, қайтадан алдыңғы бақылау жұмысымен бірге тапсырылады. Пікір жазушы есептің шығарылуы бойынша сұрақтармен студентті әңгімеге тартуға құқылы.

3. Халықаралық бірліктер жүйесіндегі негіздері

метр (м) – жарықтың вакуумде $1/299792458$ с уақыт аралығында өтетін жол ұзындығы;

килограмм (кг) – килограммның халықаралық прототипінің (платинародиден жасалған цилиндр) Парижге жақын Севрдегі өлшем мен салмақтың халықаралық бюросында сақталатын массасына тең масса;

секунд (с) – цезий-133 атомының негізгі күйінің екі аса жұқа деңгейлерінің арасындағы өткелге сәйкес $9\,192\,631\,770$ сәулелену периодына тең уақыт;

ампер (А) – ұзындығы шексіз және көлденең қимасы өте аз, бірі-бірінен вакуумде 1 м қашықтықта орналасқан, екі паралель түзу өткізгіш арқылы өзгермейтін электр тогы өткенде өткізгіштің әр метріне $2 \cdot 10^{-7}$ Н-ге тең күш тудыратын токтың күші;

Кельвин (К) – судың үштік нүктесінің термодинамикалық температурасының $\frac{1}{273.16}$ бөлігі;

моль (моль) – ^{12}C көміртектің 12 г. изотопында қанша атом бар болса, сонша құрылымдық элементі бар зат мөлшері;

кандела (кд) – берілген бағытта энергетикалық күші $\frac{1}{683} \frac{\text{Вт}}{\text{ср}}$, монохроматтық сәулелену жиілігі $540 \cdot 10^{12} \text{Гц}$ болатын жарық көзінің күші;

Бірлік жүйесіндегі қосымша бірліктер:

радиан (рад) – доғасының ұзындығы радиусқа тең шеңбердің екі радиусының арасындағы бұрыш;

стерадиан (ср) – ұшы сфера центрінде, сфера бетінде бүйірі оның радиусына тең квадраттың ауданын қиып өтетін денелік бұрыш;

Туынды бірліктер негізгі бірліктермен байланысқан физикалық заңдармен анықталады. Мысалы, $\frac{M}{c}$ жылдамдық бірлігінің туындысы

$v = \frac{S}{t}$ бірқалыпты қозғалыс жылдамдығының формуласынан алынады.

I бөлім . Механиканың физикалық негіздері

Механика – механикалық қозғалыстың және қозғалысты өзгертетін себептердің заңдылықтарын зерттейтін физиканың бөлімі.

Механикалық қозғалыс – табиғатта жиі кездесетін қозғалыстың қарапайым түрі. Ол денелердің немесе олардың бөліктерінің уақыт өтуіне қатысты өзара орналасуының өзгеруінен тұрады.

Әдетте механика деп, вакуумда жарық жылдамдығымен (с) салыстырғанда жылдамдығы өте аз макроскопиялық денелердің қозғалысын қарастыратын **классикалық механиканы** түсінеді. Жылдамдықтары жарық жылдамдығымен шамалас макроскопиялық денелердің қозғалыс заңын **релятивистік механика** зерттейді. Микроскопиялық денелердің (жеке атомдар мен элементар бөлшектердің) қозғалысын **кванттық механика** зерттейді. Механика – **статика, кинематика және динамика** деген үш бөлімнен тұрады. Біз екі негізгі – кинематика және динамика – бөлімдерін ғана қарастырамыз.

Механикада денелердің қозғалысын сипаттау үшін, берілген есептің шартына сәйкес, әртүрлі (абстракциялы) модельдерді қолданады.

Материялық нүкте – берілген есепте пішіні мен өлшемін ескермеуге болатын дене.

Абсолютті қатты дене дегеніміз деформациясын ескермеуге болатын, яғни кез келген екі нүктесінің ара қашықтығы өзгермейтін дене.

Абсолютті серпімді дене деп деформациясы Гук заңына бағынатын, сыртқы күштің әсері тыйылғанда пішіні мен көлемі алғашқы калпына келетін денені айтады.

Абсолютті серпімді емес дене деп сыртқы күштің әсері тыйылғаннан кейін деформацияланған (өзгерген) калпын сақтайтын денені айтады.

1.1 Кинематика

- Орташа және лездік жылдамдық

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad \langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}, \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad v = \frac{dS}{dt}.$$

$\Delta \vec{r}$ - орын ауыстыру радиус-векторыны

$$S = \int_0^S dS = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot dt$$

- Бірқалыпты қозғалыс кезінде ($v = const$) жолдың теңдеуі мына түрде жазылады:

$$S = v \cdot t.$$

- Орташа және лездік үдеу:

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}.$$

- Үдеу тұрақты кездегі ($a = const$) қозғалыс бірқалыпты айнымалы деп аталады (бірқалыпты үдемелі, егер $a > 0$, және бірқалыпты кемімелі, егер $a < 0$). Бірқалыпты айнымалы қозғалыс үшін жолдың және жылдамдықтың өрнектері мына түрде жазылады:

$$S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}, \quad v = v_0 \pm at.$$

- Қисық сызықты қозғалыс кезінде толық үдеу

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau, \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}.$$

Тангенциал үдеу ($a_\tau = \frac{dv}{dt}$), нормаль үдеу $a_n = \frac{v^2}{R}$.

$$a = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}.$$

Әр түрлі ілгерілемелі қозғалыс кезіндегі үдеу құраушыларының мәндері 1.1-кестеде келтірілген.

1.1-кесте

Қозғалыс	Тангенциал үдеу a_τ	Нормаль үдеу a_n
Бірқалыпты түзу сызықты	0	0
Бірқалыпты айнымалы түзу сызықты	$a_\tau = a = const$	0
Бірқалыпты айналмалы	0	$a = a_n = const$
Бірқалыпты айнымалы қисықсызықты	$a_\tau = const$	$a_n \neq 0$

- Бұрыштық орын ауыстыру – ауытқу векторы ($\Delta \vec{\varphi}$), оның модулі бұрылу бұрышына тең, бағыты оң бұранда әдісімен анықталады. Бұрылу бұрышы $\Delta \varphi$ аз болса, доғаның шамасы мына өрнекпен анықталады:

$$\Delta S = R \cdot \Delta \varphi.$$

- Бұрыштық жылдамдық және бұрыштық үдеудің өрнектері:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2 \vec{\varphi}}{dt^2}$$

- Дененің бірқалыпты айналмалы қозғалысы кезінде бұрыштық айналу мен бұрыштық жылдамдық заңдылықтары келесі түрде егідей жазылады:

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

- Нүктенің түзу сызықтық және бұрыштық кинематикалық сипаттамалары арасындағы байланысты анықтайы

$$s = R\varphi, \quad v = R \cdot \omega, \quad a_\tau = R \cdot \varepsilon, \quad a_n = \omega^2 \cdot R,$$

1.2 - кестеде ілгерілемелі және айналмалы қозғалыстар кезіндегі дененің кинематикалық сипаттамалары көрсетілген.

1.2 кесте

Ілгерілемелі қозғалыс		Айналмалы қозғалыс		Сипаттамалар арасындағы байланыс
Радиус-вектор	\vec{r}	Айналу бұрышы	φ	
Орын ауыстыру векторы	$d\vec{r}$	Бұрыштық орын ауыстыру векторы	$d\vec{\varphi}$	
Жол ұзындығы	dS	Жол ұзындығы	dS	$dS = R \cdot d\varphi$
Жылдамдық	$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$	Бұрыштық жылдамдық	$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$	$v = R \cdot \omega, \quad \vec{v} = [\vec{\omega}\vec{r}]$
Үдеу	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$	Бұрыштық үдеу	$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2}$	
Тангенц. үдеу	$a_\tau = \frac{dv}{dt}$			$a_\tau = R \cdot \varepsilon, \quad \vec{a}_\tau = [\vec{\varepsilon}\vec{r}]$
Нормаль үдеу	$a_n = \frac{v^2}{R}$			$a_n = \omega^2 \cdot R,$ $\vec{a}_n = -\omega^2 \cdot \vec{R}$

1.2 Қатты дененің ілгерілемелі қозғалысының және материялық нүктенің динамикасы

- Импульс немесе материялық нүкте қозғалыс мөлшері

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

- Ньютонның екінші заңы:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad \vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(m \cdot \vec{v}) = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

- Ньютонның үшінші заңы

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

- Импульстің сақталу заңы

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \vec{v}_i = const.$$

- Тартылыс күші (гравитациялық күш)

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

мұндағы $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{K^2}$ - гравитациялық тұрақтылық.

- Ауырлық күші

$$\vec{P} = m \vec{g},$$

мұндағы m - дене массасы, g - еркін түсу үдеуі.

- Дененің үйкеліс күші

$$F_{үйк} = kN$$

- Серпімділік күші

$$F = -kx,$$

мұндағы k - серіппенің қатандығы; x - серпімділік деформациясы.

- Күш жұмысы

$$\delta A = (\vec{F} \cdot \vec{dr}) = F \cdot |dr| \cdot \cos \alpha = F \cdot dS \cdot \cos \alpha = F_s \cdot dS$$

• Атқарылған жұмыстың жылдамдығын сипаттау үшін қуат деген ұғым енгіземіз:

$$N = \frac{\delta A}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{dr}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

- Толық механикалық энергияны E

$$E = E_K + E_{II}.$$

- Механикалық жүйенің кинетикалық энергиясы E_k

$$E_K = \frac{m \cdot v^2}{2}.$$

- Потенциалдық энергия:

1) массасы m болатын h биіктікке көтерілген дененің потенциалдық энергиясы

$$E_n = mgh;$$

2) x шамасына керілген серіппенің потенциалдық энергиясы

$$E_n = \frac{kx^2}{2};$$

3) Бір-бірінен R қашықтықта орналасқан массалары m_1 және m_2 болатын денелердің өзара әсерлесуі кезіндегі потенциалдық энергиясы

$$E_n = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{R};$$

4) Бір-бірінен R қашықтықта орналасқан зарядталған q_1 және q_2 зарядтары бар екі дененің бір-біріне әсері кезіндегі потенциалдық энергия

$$E_n = k \frac{q_1 \cdot q_2}{R}.$$

- Механикалық энергияның сақталу заңы

$$E_k + E_n = E = const.$$

- Күш моменті

$$\vec{M} = \left[\vec{r} \vec{F} \right],$$

мұндағы \vec{r} - күштің түсірілу нүктесінің радиус-векторы. \vec{M} векторы O нүктесі арқылы өтеді.

$$M = r \cdot F \cdot \sin \alpha = F \cdot l,$$

Мұндағы $l = r \sin \alpha$ - күш иіні деп аталады

- Материялық нүктенің J_z инерция моменті:

$$J_z = m \cdot R^2.$$

- Дененің инерция моменті айналу осіне байланысты оның барлық материялық нүктелерінің инерция моменттерінің қосындысына тең:

$$J_z = \lim_{\Delta m \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n m_i \cdot R_i^2.$$

1.3 - кестеде кейбір дұрыс геометриялық пішінді денелердің инерция моменттері келтірілген.

1.3 - кесте

Дене	Айналу осінің орналасуы	Инерция моменті
Қуыс жұқа қабырғалы радиусы R цилиндр	Симметрия осі	mR^2
Радиусы R тұтас цилиндр немесе дискі	Симметрия осі	$\frac{1}{2}mR^2$
Ұзындығы l жіңішке стержень	Ось стерженнің ортасы арқылы өтеді және оған перпендикуляр.	$\frac{1}{12}ml^2$
Радиусы R тұтас шар	Симметрия осі	$\frac{2}{5}mR^2$

- Штейнер теоремасы кез келген оське қатысты дененің инерция моментін J_z осы оське параллель және массалар центрі арқылы өтетін

оське қатысты дененің J_C инерция моментін осы осьтер арақашықтығының квадратын дене массасына көбейтіп қосқанға тең.

$$J_Z = J_C + m \cdot a^2.$$

- Айналым қозғалыстағы дененің жұмысы

$$\delta A = F_\tau \cdot dS = F_\tau R \cdot d\varphi = M_Z \cdot d\varphi$$

- Айналым қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясы

$$E_K = \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{J \cdot \omega^2}{2}$$

- Қатты дененің айналым қозғалыс динамикасының негізгі теңдеуі

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}_Z^{\text{сыртқы}}}{J_Z}$$

- Импульс моменті және оның сақталу заңы

$$\vec{L}_i = \left[\vec{r}_i \vec{p}_i \right] = \left[\vec{r}_i m_i v_i \right] \quad L_i = r_i \cdot m_i v_i.$$

$$\frac{d\vec{L}_Z}{dt} = J_Z \frac{d\vec{\omega}}{dt} = J_Z \cdot \vec{\varepsilon} = \vec{M}_Z^{\text{сыртқы}}.$$

$$\frac{d\vec{L}_Z}{dt} = 0 \quad \text{және} \quad \vec{L}_Z = \text{const.}$$

Бұл теңдік импульс моментінің сақталу заңын құрайды: *қозғалмайтын оське қатысты дененің импульс моменті тұйық жүйеде тұрақты болып, уақыт бойынша өзгермейді.*

1.4 кесте - Кестеде дененің ілгерілемелі және айналым қозғалысының негізгі теңдеулері келтірілген.

1.4 кесте

Ілгерілемелі қозғалыс		Айналмалы қозғалыс	
Масса	m	Инерция моменті	$J = \sum_{i=1}^n m_i \cdot R_i^2$
Күш	\vec{F}	Күш моменті	$\vec{M} = \left[\vec{r} \vec{F} \right]; M = F \cdot l$ $\vec{M}_z = \left[R \vec{F}_\tau \right]; M_z = F_\tau \cdot R$
Импульс	$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \vec{v}_i$ $\vec{p} = m \cdot \vec{v}_c$	Импульс моменті	$\vec{L} = \sum_{i=1}^n \left[\vec{r}_i \vec{p}_i \right]$ $\vec{L}_z = \sum_{i=1}^n \left[R_i \vec{p}_i \right];$ $\vec{L}_z = J_z \cdot \vec{\omega}$
Динамиканың негізгі теңдігі	$\vec{a} = \frac{\vec{F}^{\text{сыртқы}}}{m}$ $\vec{F}^{\text{сыртқы}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$	Динамиканың негізгі теңдіктері	$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}_z^{\text{сыртқы}}}{J_z}$ $\vec{M}_z^{\text{сыртқы}} = \frac{d\vec{L}_z}{dt}$
Жұмыс	$\delta A = F_S \cdot dS$	Жұмыс	$\delta A = M_z \cdot d\varphi$
Кинетикалық энергия	$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$	Кинетикалық энергия	$E_k = \frac{J_z \cdot \omega^2}{2}$

1.3 Арнайы салыстырмалы теорияның элементтері

- Ұзындықтың қысқаруы

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2},$$

- 1) Массаның артуы

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2},$$

- 2) Уақыттың баяулауы

$$t = t_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2},$$

- 3) Жылдамдықтарды қосу ережесі

$$v = v_1 + v_2 / \sqrt{1 - v_1 v_2 / c^2},$$

- Дененің толық энергиясы

$$E = mc^2,$$

- Лоренц түрлендірулері мына түрде анықталған:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}.$$

- Релятивистік динамика элементтері:

Импульс және масса:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad \vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Кинетикалық энергия және энергиямен импульстың байланысы:

$$E_k = mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right),$$

$$E^2 = m_0^2c^4 + p^2c^2, \quad pc = \sqrt{T(T + 2m_0c^2)}.$$

1.4 Есеп шығару және қосымша сұрақтарға жауап беру үлгісі

1 Есеп: Материялық нүктенің ось бойымен қозғалысының теңдеуі $x = A + Bt + Ct^3$, мұндағы $A = 1$ м, $B = 2$ м/с, $C = -0,5$ м/с³. $t = 1$ с. уақыттағы нүктенің X координатасын, v_x жылдамдығын және a_x үдеуін табыңыз.

Берілгені:

$$A = 1 \text{ м}; B = 2 \text{ м/с}; C = -0,5 \text{ м/с}^3; t = 1 \text{ с.}$$

$$x = ?; v_x = ?; a_x = ?$$

Шешуі:

Қозғалыс теңдеуіне A, B, C, t мәндерін қойып X координатаның мәнін табамыз:

$$x = (1 + 2 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1^3) \text{ м} = 2,5 \text{ м.}$$

Координатаның уақыт бойынша өзгерісі x осіне қатысты дененің жылдамдығын анықтайды:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2.$$

Координатаның уақыт бойынша 2-реттік туындысы немесе жылдамдықтың уақыт бойынша өзгерісі дененің үдеуін анықтайды

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 6Ct$$

$t = 1$ с уақыт ішінде жылдамдық пен үдеудің сәйкесінше мәндерін есептейміз:

$$v_x = (2 - 3 \cdot 0,5 \cdot 1^2) = 0,5 \text{ м/с}$$

$$a_x = 6(-0,5) \cdot 1 \text{ м/с}^2 = -3 \text{ м/с}^2.$$

Жауабы: $x = 2,5$ м, $v_x = 0,5 \text{ м/с}$, $a_x = -3 \text{ м/с}^2$.

2 Есеп: Радиусы $r = 0,5$ м дөңгелек шеңберімен $\varphi = At^2 + Bt^3$ теңдеуімен

айналатын нүктенің $t = 3$ с уақыттағы \vec{a} үдеуін анықтаңыз, мұндағы $A = 0,1$ рад/с², $B = 0,01$ рад/с³.

Берілгені:

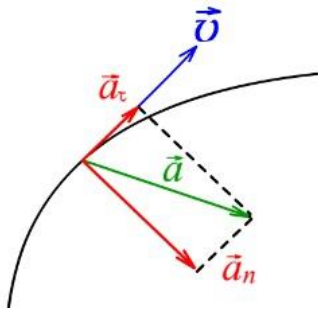
$$r = 0,5 \text{ м}; t = 3 \text{ с}; A = 0,1 \text{ рад/с}^2;$$

$$B = 0,01 \text{ рад/с}^3$$

$$\vec{a} = ?$$

Шешуі:

Суреттен көрініп тұрғандай, қисық сызық бойымен қозғалатын нүктенің толық \vec{a} , үдеуі траекторияға жанама бойымен бағытталған тангенциал \vec{a}_τ үдеу векторы мен траектория қисықтығының центріне бағытталған



нормаль \vec{a}_n үдеу векторының
геометриялық суммасымен
анықталады:

$$\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_n$$

\vec{a}_n және \vec{a}_c өзара перпендикуляр болғандықтан үдеудің модулі былай анықталады:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_c^2} \quad (1)$$

Айналушы нүктенің тангенциал және нормаль үдеулердің модульдері мына формулалармен жазылады:

$$a_\tau = \varepsilon r, \quad a_n = \omega^2 r, \quad (2)$$

мұндағы ω - нүктенің бұрыштық жылдамдығының модулі, ε - нүктенің бұрыштық үдеуінің модулі.

a_τ және a_n формулаларын (1)-формулаға қойып,

$$a = \sqrt{\varepsilon^2 r^2 + \omega^4 r^2} = r \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} .$$

түрде жазамыз.

Айналу бұрышынан бірінші ретті туынды алып, бұрыштық ω жылдамдықты табамыз:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2At + 3Bt^2 .$$

Бұрыштық үдеу: $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2A + 6Bt .$

Нормаль үдеу: $a_n = \omega^2 r = (2At + 3Bt^2)^2 r .$

Тангенциал үдеу: $a_\tau = \varepsilon r = (2A + 6Bt)r .$

Толық үдеу: $a = \sqrt{(2At + 3Bt^2)^4 r^2 + (2A + 6Bt)^2 r^2} ;$

$$a = \sqrt{(2 \cdot 0,1 \cdot 3 + 0,01 \cdot 9)^4 + (2 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,01 \cdot 3)^2} = 0,42 \text{ м/с}^2$$

Жауабы: $a = 0,42 \text{ м/с}^2$

1.5 Есептеу-сызба жұмыс № 1. Механиканың физикалық негіздері тақырыбына тапсырмалар

Мақсаты: физиканың негізгі құбылыстарын үйрену, материяның қозғалысының жалпы формасы мен заңдарын меңгеру.

1.5 кесте - Студенттерге арналған тапсырмалардың нұсқалары

1.5 кесте

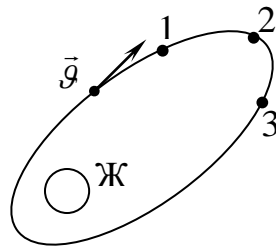
Нұсқа	Волькенштейн В.С. «Жалпы физика курсының есептер жинағы».-А., 2012ж.							А қосымшасы
1.	1.1	1.26	2.1	2.31	2.56	3.1	3.26	1
2.	1.2	1.27	2.2	2.32	2.57	3.2	3.27	2
3.	1.3	1.28	2.3	2.33	2.58	3.3	3.28	3
4.	1.4	1.29	2.4	2.34	2.59	3.4	3.29	4
5.	1.5	1.30	2.5	2.35	2.60	3.5	3.30	5
6.	1.6	1.31	2.6	2.36	2.61	3.6	3.31	6
7.	1.7	1.32	2.7	2.37	2.62	3.7	3.32	7
8.	1.8	1.33	2.8	2.38	2.63	3.8	3.33	8
9.	1.9	1.34	2.9	2.39	2.64	3.9	3.34	9
10.	1.10	1.35	2.10	2.40	2.65	3.10	3.35	10
11.	1.11	1.36	2.11	2.41	2.66	3.11	3.36	11
12.	1.12	1.37	2.12	2.42	2.67	3.12	3.37	12
13.	1.13	1.38	2.13	2.43	2.68	3.13	3.38	13
14.	1.14	1.39	2.14	2.44	2.69	3.14	3.39	14
15.	1.15	1.40	2.15	2.45	2.70	3.15	3.40	15
16.	1.16	1.41	2.16	2.46	2.71	3.16	3.41	16
17.	1.17	1.42	2.17	2.47	2.72	3.17	3.42	17
18.	1.18	1.43	2.18	2.48	2.73	3.18	3.43	18
19.	1.19	1.44	2.19	2.49	2.74	3.19	3.44	19
20.	1.20	1.45	2.20	2.50	2.75	3.20	3.45	20
21.	1.21	1.46	2.21	2.51	2.76	3.21	3.46	21
22.	1.22	1.47	2.22	2.52	2.77	3.22	3.47	22
23.	1.23	1.48	2.23	2.53	2.78	3.23	3.48	23
24.	1.24	1.49	2.24	2.54	2.79	3.24	3.49	24
25.	1.25	1.50	2.25	2.55	2.80	3.25	3.50	25

1.7 А қосымшасы

А.1 Жер серігі Жерді эллипстік орбита бойымен айналып қозғалады. Суретте қозғалыс бағыты тілшемен көрсетілген. 1, 2, 3 нүктелері үшін серікке әсер етуші \vec{F} күштің бағытын және оның \vec{a} толық үдеуінің бағытын көрсетіңіз.

Осы нүктелердегі $\frac{dv}{dt}$ шамасының таңбасы қандай болады?

А.2 Дене v_0 бастапқы жылдамдықпен көкжиекке α бұрыш жасап лақтырылды. Ауаның кедергісі елеусіз аз. Дененің траекториясын салыңыз, қозғалыстың бастапқы кезіне, жоғары көтерілу нүктесіне, қозғалыстың



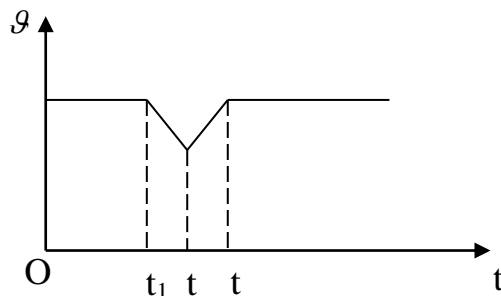
А1 сурет

соңына сәйкес келетін траектория нүктелеріндегі a_n нормаль және a_τ тангенциал үдеулердің векторларын көрсетіңіз. Осы нүктелердегі a_n , a_τ шамалары неге тең?

А.3 суреттегі $v(t)$ жылдамдыққа сызбасына сәйкес келетін $S(t)$ жолдың, $a(t)$ үдеудің сызбаларын тұрғызыңыз.

А.4 Нүкте тұрақты нормаль үдеумен тарқатылған спираль бойымен қозғалады.

Осы жағдайда нүктенің сызықтық және бұрыштық жылдамдықтары қалай өзгереді?



А2 сурет

А.5 Күштердің әсерлесуінің тәуелсіздік заңын түсіндіріңіз. Күштердің суперпозиция принципін тұжырымдаңыз.

А.6 Консервативті күштер түсінігін тұжырымдап, мысал келтіріңіз. Қандай өрістер а) потенциалды; б) потенциалды емес болып табылады? Мысал келтіріңіз.

А.7 Жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңын жазып, одан жылдамдықтарды қосудың классикалық заңын шығарыңыз. Мысал келтіріңіз.

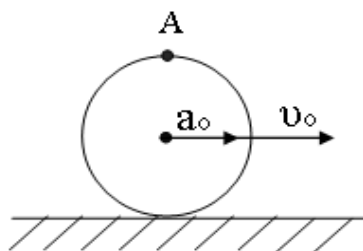
А.8 Масса мен энергияның арасындағы байланыстың физикалық мағынасы неде? Осы жағдайда масса нені анықтайды?

А.9 Бөлшектің нормаль үдеуі модулі бойынша тұрақты. Тангенциал үдеудің қозғалыс бағытына проекциясы: а) нөлге тең; б) оң; в) теріс болған жағдайлардағы бөлшектің траекториясының пішіні қандай болады?.

А.10 Материялық нүктенің қозғалысы $x=\alpha t^3$, $y=\beta t$ теңдеулерімен берілген, мұндағы α , β -const. Нүктеге әсер етуші күштер: а) модулі бойынша; б) бағыты бойынша өзгере ме?

А.11 Абсолют қатты денені инерция моментін бір ғана тұрақты мәнімен сипаттауға бола ма? Неліктен? Инерция моментінің физикалық мағынасы қандай?

А.12 Радиусы R диск горизонталь жазықтықта сырғанаусыз домалап келеді (А3 сурет). Оның центрінің қандай да бір уақыттағы жылдамдығы \vec{v}_0 , ал үдеуі \vec{a}_0 болсын. Осы уақыт мезетіндегі жоғарғы A нүктедегі \vec{a}_A үдеуін табыңыз. \vec{a}_A үдеуінің суретін көрсетіңіз.



А3 сурет

А.13 Неге тік дөңгелеп келе жатқан тиын түзу сызықты, ал қисайып дөңгелеп келе жатқан тиын қисық сызықты қозғалады?

А.14 Неге бильярд шарының төменгі жағынан соққанда кемімелі, ал жоғарғы жағынан соққанда үдемелі қозғалыс жасайды?

А.15 Максвелл маятнігі дегеніміз не? Ол қалай және қай күштердің әсерінен қозғалады? Маятніктің суретін салып, қозғалыс теңдеулерін жазыңыз.

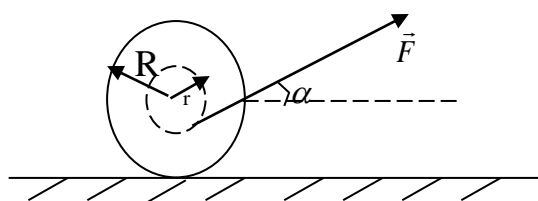
А.16 Бір-біріне “жақын” орналасқан 1 және 2 нүктелерде бөлшектің потенциалдық энергиялары $U_1=5$ Дж, $U_2=5,1$ Дж. Нүктелердің ара қашықтығы $r=1$ см. Осы берілгендер бойынша: а) күштің 1 және 2 нүктелерді қосатын түзуге проекциясын; б) осы нүктелердің аймағындағы бөлшекке әсер ететін $\vec{F}(r)$ күшті анықтаңыз?

А.17 \vec{v}_1 жылдамдықпен ұшып келе жатқан массасы m_1 дене тыныштықта тұрған массасы m_2 денеге соғылған кезде болатын абсолют серпімді соққыдан кейінгі денелердің жылдамдықтарының формулаларын қорытып

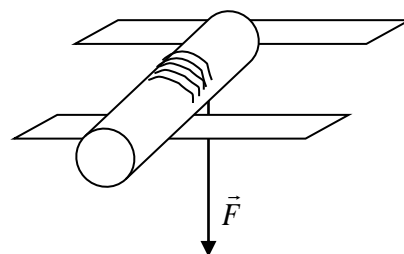
шығарыңыз. Қандай жағдайда ұшып келе жатқан дене а) өзінің бастапқы бағыты бойынша қозғалысын жалғастырады; б) кері бағытта қозғалады? Мысалдар келтіріңіз.

А.18 Жуковский орындығының центрінде тұрған адамның қолына вертикаль орналасқан оське киілген айналып тұрған вертикаль дөңгелекті береді. Әуелі адам айналып тұрған дөңгелекті басынан жоғары ұстап тұрды, сонан соң дөңгелектің осін 180° -қа бұрды. Орындық қандай бағытта айналып қозғалады?

А 19 Адам трамплиннен секіріп, ауада дөңгеленіп бүктетіле, бірнеше толық айналым жасайды, сосын суға құлар алдында денесін түзетеді. Осы кездерде а) оның массалық центрі қандай траектория жасайды? б) қандай сақталу заңдары орындалады? в) қозғалыс кинематикасын сипаттаңыз. (массалық центрінің сызықтық және айнарудың бұрыштық жылдамдықтарының өзгеру сипаты).



А 4 сурет



А5 сурет

А.20 Горизонталь А4 суреттегі жазықтықта массасы m жіп орамы жатыр. Оның өз осіне қатысты инерция моменті I . Оралған жіп қабатының радиусы r , шарғының сыртқы радиусы R . Шарғыны жіптің бір ұшынан сырғанаусыз горизонтқа α бұрыш жасап бағытталған \vec{F} тұрақты күшпен тарта бастады. Орамның қозғалыс теңдеулерін жазыңыз.

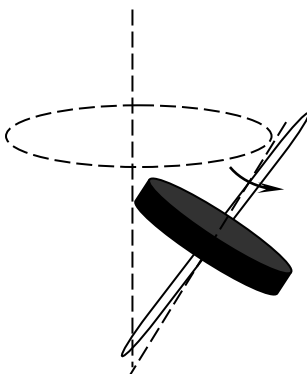
А.21 Массасы m А5 -суреттегі біртекті тұтас цилиндр горизонталь орналасқан екі білеудің үстінде жатыр. Цилиндрге жіп оралған, жіптің бір ұшына вертикаль бағытталған тұрақты \vec{F} күш әсер етеді. Цилиндрдің қозғалыс теңдеулерін жазыңыз.

А.22 Шарик дөңгелек вертикаль науа бойынша айналып қозғалады. Шариктің дөңгелек траекториямен бір айналым жасағандағы: а) нормаль реакция күшінің; б) ауырлық күшінің; в) үйкеліс күшінің жұмыстарын салыстырыңыз.

А.23 Көлбеу жазықтық бойымен төмен қарай массалары мен радиустары бірдей үш дене: іші қуыс цилиндр, шар және тұтас цилиндр сырғанайды. Қай дене жылдам сырғанайды? Егер денелердің массалары әртүрлі болса не өзгереді? Радиустары әртүрлі болса ше? Жауабыңызды түсіндіріңіз.

А.24 Тәжірибе барысында релятивистік бөлшектің импульсі мен энергиясы анықталды. Оның жылдамдығы мен массасын анықтаңыз.

А.25 Зырылдауық А6-суреттегі көрсетілген бағыт бойынша айналады. Зырылдауықтың прецессиясы қандай бағытта болады?



А 6 сурет

II бөлім . Статистикалық физика және термодинамика

2.1 Идеал газдардың молекула-кинетикалық теориясы

- Идеал газдың күй теңдеуі. Менделеев – Клапейрон теңдеуі:

$$pV = \frac{m}{M}RT, \quad p = nkT$$

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – мөлшері 1 моль заттағы молекулалар санына тең Авогадро саны, $k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31 \text{ Дж моль}^{-1} \text{ К}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – Больцман тұрақтысы, $\frac{N_A}{V_M} = n$ – молекулалар концентрациясы (бірлік көлемдегі газ бөлшектерінің саны).

- Идеал газдардың молекула-кинетикалық теориясы

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle$$

мұндағы m_0 – молекула массы, n – молекулалар концентрациясы; $\langle v^2 \rangle$ – газ молекулаларының ілгерілемелі қозғалысының орташа квадраттық жылдамдығы (көп жағдайда $v_{кв}$ түрінде белгіленеді).

- Газ молекулаларының ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \langle v^2 \rangle}{2} = \frac{2}{3} n \langle E_{к0} \rangle .$$

$$v_{кв} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} .$$

$$\langle E_{k0} \rangle = \frac{m_0 \langle v^2 \rangle}{2} = \frac{3}{2} kT.$$

Энергияның еркіндік дәрежелер бойынша бірқалыпты таралу заңы (2.1–кесте)

2.1 кесте

Еркіндік дәрежесінің саны	Біратомды газ	Екіатомды газ	Көпатомды газ
Ілгерілемелі	3	3	3
Айналмалы	0	2	3
Барлығы	3	5	6

- Орташа кинетикалық энергиясы мына шамаға тең болады:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{\langle E_{k0} \rangle}{3} = \frac{3kT}{2 \cdot 3} = \frac{1}{2} kT, \quad \langle E_{k0} \rangle = \frac{i}{2} kT.$$

- Ішкі энергия:

$$U_M = \langle E_{k0} \rangle N_A = \frac{i}{2} kTN_A = \frac{i}{2} RT \text{ және } U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT$$

- Сыртқы күш өрісіндегі бөлшектер үшін Больцман таралуы:

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{Mgh}{RT}\right),$$

мұндағы: p мен p_0 – газдың h және $h = 0$ биіктіктердегі қысымы, M – газдың мольдік массасы. Осы өрнек пен күй теңдеуі $p = nkT$ бойынша *Больцман таралуы* деп аталатын концентрацияның сыртқы потенциалдық өрісте биіктікке байланысты өзгеру заңын алуға болады:

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{Mgh}{RT}\right) \text{ немесе } n = n_0 \exp\left(-\frac{m_0gh}{kT}\right) = n_0 \exp\left(-\frac{E_i}{kT}\right),$$

мұндағы n мен n_0 – газдың h және $h = 0$ биіктіктердегі концентрациясы, m_0 – молекула массасы, E_i – бөлшектің потенциалдық энергиясы.

Барометрлік өрнек бойынша қысым арқылы биіктікті анықтауға болады:

$$h = \frac{RT}{Mg} \ln \frac{p_0}{p}.$$

2.2 – кесте жылдамдықтардың теңдеулері берілген

2.2 кесте

Ең ықтимал жылдамдық $v_{\text{ык}}$	$v_g = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$
Орташа арифметикалық жылдамдық $\langle v \rangle$	$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = 1,13v_g$
Орташа квадраттық жылдамдық $v_{\text{кв}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$	$v_{\text{кв}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = 1,22v_g$

2.2 Термодинамикалық тепе-теңдіксіз жүйелердегі тасымалдау құбылыстары (2.3 кесте):

2.3 кесте

Тасымалдау құбылыстары	Тасымалданушы шамалар	Тасымалдау теңдеуі	Тасымалдау коэффициенті
Диффузия	Масса	Фик заңы $dm = -D \frac{d\rho}{dx} dS_{\perp} dt$ $j_m = -D \text{grad } \rho$	$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \ell \rangle$
Ішкі кедергі (тұтқырлық)	Импульс	Ньютон заңы $dF = -\eta \left \frac{dv}{dx} \right \cdot dS$ $dp = -\eta \frac{dv}{dx} \cdot dS \cdot dt$	$\eta = \frac{1}{3} \rho \langle \ell \rangle \langle v \rangle$
Жылуөткізгіштік	Жылу мөлшері (ішкі энергия)	Фурье заңы $\delta Q = -K \frac{dT}{dx} dS_{\perp} dt$ $q = -K \text{grad } T$	$K = \frac{1}{3} \langle v \rangle \cdot \langle \ell \rangle \cdot \rho \cdot c_v$

2.3 Термодинамиканың негіздері

Жүйе күйін сипаттау үшін термодинамикалық параметрлер немесе жүйе күйінің параметрлері деп аталатын физикалық шамалар енгізіледі. Әдетте олардың қатарына p қысым, V көлем, T температура, n концентрация және т.б. жатады.

p қысым – дене бетінің бірлік ауданына әсер ететін, сол бетке нормаль бойынша бағытталған күшпен анықталатын физикалық шама:

$$p = \frac{dF_n}{dS}.$$

Қысым бірлігі – Па (Паскаль) ($1 \text{ Па} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2}$).

Дененің ρ тығыздығына кері шама v **меншікті көлем** деп аталады, $v = \frac{1}{\rho}$, $\rho = \frac{m}{V}$ болғандықтан $v = \frac{V}{m}$, яғни біртекті дененің меншікті көлемі массасы бірге тең дененің көлеміне тең.

Қысым мен көлем қарапайым, түсінікті физикалық шамалар болса, температура күрделі шама. Температура түсінігі тек жүйе уақытқа тәуелсіз **тепе-теңдік күйде** (термодинамикалық тепе-теңдік күйде) болғанда ғана мағналы болады. Тепе-тең жүйенің барлық бөліктерінің температурасы бірдей. Температуралары әртүрлі екі дене жанасқанда, температурасы жоғары дене температурасы төмен денеге жылу береді. Екі дененің температуралары теңескенде жылу алмасу тоқтайды.

Жүйе температурасы жүйе бөліктерінің жылу қозғалысының қарқындылық өлшемі болып табылады: бөлшектердің жылулық қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы $\langle E_k \rangle$ жүйенің абсолютті T температурасына пропорционал. Сондықтан кейде температура **дене қызуының дәрежесін сипаттайды** деп есептейді.

Температураны тек жанама жолмен ғана өлшеуге болады. Дененің көптеген физикалық қасиеттері (ұзындығы, көлемі, тығыздығы, серпімділік қасиеттері, электр кедергісі) температураға тәуелді. **Термометрлік дененің** (ауаның, спирттің, сынаптың, майдың) қандай да бір қасиетінің температураға тәуелділігі температураны өлшеудің негізі болып табылады.

Қазіргі кезде көбіне екі температуралық шкала қолданылады:

Халықаралық жүзградустық температуралық шкала (Цельсий шкаласы) – $1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$ қалыпты қысымда судың қату және қайнау t температуралары бойынша екі реперлік нүктемен – 0 және 100°C тең Цельсий градустарымен ($^\circ \text{C}$) градуирленген.

Кельвин (K) градусымен градуирленген **термодинамикалық температуралық шкала** (Кельвин шкаласы) бір реперлік нүктемен – судың үш нүктесімен – мұз, су және қаныққан бу 609 Па қысымда термодинамикалық тепе-теңдік болған кезде анықталады. Бұл нүктенің T температурасы $273,16 \text{ K}$ тең.

Термодинамикалық температура T мен жүз градустық шкаладағы температура t төмендегі қатынаспен байланысады:

$$T = t + 273,15.$$

$T = 0 \text{ K}$ температурасы (жүз градустық шкала бойынша $t = -273,15^\circ \text{C}$) **температураның абсолютті нөлі** немесе **температуралардың термодинамикалық шкаласы бойынша нөл** деп аталады.

Термодинамикалық параметрлері төмендегідей болатын күй қалыпты күй деп есептеледі:

$$p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}; \quad V_M = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, \quad T = 273,15 \text{ К}$$

- Термодинамиканың бірінші заңы

$$\delta Q = dU + \delta A.$$

Егер жүйеге жылу берілсе $\delta Q > 0$, алынса $\delta Q < 0$.

- Термодинамикалық процестер мен жұмыс

$$\delta A = p \cdot dV$$

Газдың қысымы әрқашан оң ($p > 0$). Сондықтан, ұлғаю кезінде ($dV > 0$) газ оң жұмыс жасайды ($\delta A > 0$), ал сығылу кезінде ($dV < 0$) газ теріс жұмыс жасайды ($\delta A < 0$).

- Заттың жылу сыйымдылығы

$$C^* = \frac{\delta Q}{dT}. \quad c = \frac{C^*}{m} = \frac{1}{m} \frac{\delta Q}{dT} \text{ және } C = \frac{C^*}{\nu} = \frac{M}{m} \frac{\delta Q}{dT} = M c,$$

мұндағы: $\nu = \frac{m}{M}$ – зат мөлшері; M – заттың мольдік массасы.

$$\delta Q = m c dT = \frac{m}{M} C dT.$$

- Майер теңдеуі:

$$C_p - C_v = R.$$

- Пуассон теңдеуі:

$$pV^\gamma = \text{const},$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i} \text{ – адиабата көрсеткіші немесе Пуассон коэффициенті}$$

- Карно теоремасы

Жылулық қозғалтқыш циклінің үнемділігі жылулық пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК немесе η) арқылы сипатталады. Пайдалы әсер коэффициенті – бір циклде жасалған A жұмыс пен қыздырғыштан жұмыс денесіне берілген Q_1 жылу мөлшерінің қатынасына тең физикалық шама. Карно циклі бойынша жұмыс істейтін қозғалтқыш үшін ПӘК:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Соңғы екі формуладан келесі қатынасты табамыз:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

2.4 Есеп шығару және қосымша сұрақтарға жауап беру үлгісі

1 Есеп. Қысымы 700 мм рт. бағанасында және 7⁰С температурасында газдарды идеал деп санай отырып, 4 г сутегі және 32 г оттегінің қоспасының тығыздығын анықтау.

Берілгені:

$$m_1 = 4 \text{ г} = 0,004 \text{ кг}$$

$$m_2 = 32 \text{ г} = 0,032 \text{ кг}$$

$$P = 700 \text{ мм рт.ст.} = 0,933 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T = 273 + 7 = 280 \text{ К}$$

$$\rho = ?$$

Шешімі:

Газ қоспасының салмағы

$$m = m_1 + m_2 \quad (1)$$

Қоспаның тығыздығы

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V}, \quad (2)$$

мұндағы V- мынадай формула бойынша анықталатын қоспаның көлемі. Әрбір газдың парциалды қысымы:

$$p_1 = \frac{m_1}{M_1} \frac{RT}{V}, \quad p_2 = \frac{m_2}{M_2} \frac{RT}{V}. \quad (3)$$

Онда

$$P = p_1 + p_2 = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{V}. \quad (4)$$

(4)-тен V көлемін анықтап және (2)-ге қоя отырып, аламыз

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{P}}. \quad (5)$$

Кестеден табамыз $M_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $M_2 = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Есептеу:

$$\rho = \frac{0,04 + 0,032}{\left(\frac{0,04}{2 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,032}{32 \cdot 10^{-3}} \right) \frac{8,31 \cdot 300}{0,933}} = 0,5 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Жауабы: $\rho = 0,5 \text{ кг} / \text{м}^3$

2 Есеп. $P_1 = 0,8$ МПа және $P_2 = 0,6$ МПа қысымдарында ауамен толтырылған екі ыдыстың көлемі $V_1 = 3$ л және $V_2 = 5$ л болады. Ыдыстар ыдыстардың көлемімен салыстырғанда елемеуге болатын түтікпен жалғанады. p Анықталған қысымды табу. Температура тұрақты деп есептеледі.

Берілгені:

$$p_1 = 0,8 \text{ МПа} = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_2 = 0,6 \text{ МПа} = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 3 \text{ л} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$p = ?$$

Шешуі:

Ыдыстар қосылғаннан кейін олардың әрқайсысында болған ауа екі ыдыстың $V_1 + V_2$ көлемі бойынша бөлінеді

Бойль-Мариотта Заңына сәйкес бірінші ыдыста болған ауа үшін

$$p_1 V_1 = p'_1 (V_1 + V_2);$$

екінші ыдыста болған ауа үшін:

$$p_2 V_2 = p'_2 (V_1 + V_2),$$

мұндағы p'_1 және p'_2 - парциальды қысымдар. Екі теңдікті қосып, мынадай формула аламыз

$$p_1V_1 + p_2V_2 = (p'_1 + p'_2)(V_1 + V_2).$$

Дальтон Заңы бойынша белгіленген қысым

$$p = p'_1 + p'_2.$$

Бұдан

$$p = (p_1V_1 + p_2V_2)/(V_1 + V_2) = 675 \text{ кПа}.$$

Жауабы: $p = 675 \text{ кПа}$.

2.5 Есептеу-сызба жұмыс № 2. Статистикалық физика және термодинамика тақырыбына тапсырмалар

Мақсаты: статистикалық физика және термодинамика негізгі заңдары оқып үйрену және олардың физикалық мәнін ұғыну.

2.4 кесте - Студенттерге арналған тапсырмалардың нұсқалары

2.4 кесте

Нұсқа	Волькенштейн В.С. «Жалпы физика курсының есептер жинағы».							Б қосымшасы
1	5.1	5.26	5.41	5.66	5.91	5.116	5.141	1
2	5.2	5.27	5.42	5.67	5.92	5.117	5.142	2
3	5.3	5.28	5.43	5.68	5.93	5.118	5.143	3
4	5.4	5.29	5.44	5.69	5.94	5.119	5.144	4
5	5.5	5.30	5.45	5.70	5.95	5.120	5.145	5
6	5.6	5.31	5.46	5.71	5.96	5.121	5.146	6
7	5.7	5.32	5.47	5.72	5.97	5.122	5.147	7
8	5.8	5.33	5.48	5.73	5.98	5.123	5.148	8
9	5.9	5.34	5.49	5.74	5.99	5.124	5.149	9
10	5.10	5.35	5.50	5.75	5.100	5.125	5.150	10
11	5.11	5.36	5.51	5.76	5.101	5.126	5.151	11
12	5.12	5.37	5.52	5.77	5.102	5.127	5.152	12
13	5.13	5.38	5.53	5.78	5.103	5.128	5.153	13
14	5.14	5.39	5.54	5.79	5.104	5.129	5.154	14
15	5.15	5.40	5.55	5.80	5.105	5.130	5.155	15
16	5.16	5.41	5.56	5.81	5.106	5.131	5.156	16
17	5.17	5.42	5.57	5.82	5.107	5.132	5.157	17
18	5.18	5.43	5.58	5.83	5.108	5.133	5.158	18
19	5.19	5.44	5.59	5.84	5.109	5.134	5.159	19
20	5.20	5.45	5.60	5.85	5.110	5.135	5.160	20
21	5.21	5.46	5.61	5.86	5.111	5.136	5.161	21
22	5.22	5.47	5.62	5.87	5.112	5.137	5.162	22
23	5.23	5.48	5.63	5.88	5.113	5.138	5.163	23
24	5.24	5.49	5.64	5.89	5.114	5.139	5.164	24
25	5.25	5.40	5.65	5.90	5.115	5.140	5.165	25

2.6 Б қосымшасы

Б.1 Есепте берілген шамалар бойынша газ молекуласының орташа квадраттық жылдамдығын есептеуге бола ма: а) M -мольдік массасы берілген, газ молекуласының массасын; б) p -газ қысымы, M -мольдік массасы берілген, n -газ концентрациясын; в) m -газ массасы, V -газ көлемі, M -газдың мольдік массасы берілген, молекулалардың орташа ара қашықтығын. Жауабын түсіндіріңіз.

Б.2 Газдың қысымы p оның тығыздығына ρ тура пропорционал болған жағдайда, газ қысымын арттырсақ, молекуланың жылулық жылдамдығы өзгере ме? Себебін түсіндіріңіз.

Б.3 Массасы тұрақты қандай да бір газ бір тепе-теңдік күйден екінші күйге көшеді. Молекулалардың жылдамдықтары бойынша таралу графигінде: а) Максвелл таралу қисығының максимумының орны; б) осы қисықтың ауданы өзгере ме? Егер өзгерсе, неліктен?

Б.4 Газдың тығыздығын ρ және молярлық массасын M біле отырып, көлем бірлігіндегі молекула санын табыңыз. Бұл физикалық шама қалай аталады?

Б.5 Қалыпты атмосфералық қысымдағы оттегін тығыздығы қалыпты жағдайдағы азоттың тығыздығына тең болу үшін, қандай температураға дейін қыздыру керек?

Б.6 Массалары m_1, m_2, m_3 және оларға сәйкес молярлық массалары M_1, M_2, M_3 әртүрлі идеал газдан тұратын қоспа берілген. Осындай қоспаның күй теңдеуін мына теңдеумен $PV = \frac{m}{M}RT$ өрнектеуге болатынын көрсетіңіз, мұндағы m - қоспаның массасы. M -ді тауып, оның нені анықтайтынын түсіндіріңіз.

Б.7 Жерден жоғары қарай көтерілген сайын, атмосферадағы N_2 молекула сандарының O_2 молекула сандарына қатынасының өсуін түсіндіріңіз?

Б.8 Шарль заңын молекула-кинетикалық теория тұрғысынан және орташа кинетикалық энергия мен абсолют температураның байланысы арқылы түсіндіріңіз.

Б.9 Гей-Люссак заңын молекула-кинетикалық теория тұрғысынан және орташа кинетикалық энергия мен абсолют температураның байланысы арқылы түсіндіріңіз.

Б.10 Изотермиялық, изобаралық және изохоралық процестер үшін, идеал газ тығыздығының температураға тәуелділік графигін сызып, оларды түсіндіріңіз.

Б.11 Күшті жел кезінде ауа жылдамдығы үлкен болса да, ол неге қызбайды?

Б.12 Максвелдің таралу функциясынан $\mathcal{G}_{\text{ық}}$ молекулалардың ең ықтимал жылдамдығын қорытып шығарыңыз.

Б.13 а) изобаралық; б) изотермиялық процестерде газ көлемін ұлғайтсақ динамикалық тұтқырлық η қалай өзгереді?

Б.14 Изотермиялық ұлғаю кезінде а) молекулалардың орташа кинетикалық энергиясы; б) молекулалардың орташа еркін жүру жолы неге және қалай өзгереді?

Б.15 Тасымалдау құбылыстары, кейбір жағдайда тасымалдау құбылысын “үш ұқсастық” деп атайды. Фик, Фурье, Ньютон заңдарын біріктіретін тасымалдау теңдеуін жазып, түсіндіріңіз.

Б.16 Идеал газы үшін $C_p - C_v = R$ болатындығын түсіндіріңіз. R -дің физикалық мағынасы қандай?

Б.17 Газдың $i=5$, P, V параметрлері берілген жағдайда мынадай физикалық шамаларды есептеуге бола ма: а) газдың толық ішкі энергиясын; б) молекулалардың ілгерілемелі қозғалыс энергиясын; в) C_v ; г) C_p ? Жауабын түсіндіріңіз.

Б.18 Белгісіз газ берілген. Егер а) P, V, T, m ; б) P, T, ρ ; в) C_v, γ берілсе, оның қандай газ екенін анықтауға бола ма және қалай? Газ үшін жылу сыйымдылықтардың классикалық теориясын қолдануға болады.

Б.19 Бірінші газ изотермиялық ұлғаяды, сосын бастапқы көлемге дейін адиабаталық сығылады. Газдың энтропиясы қалай өзгереді? Түсіндіріңіз. Термодинамикада энтропия – ретсіздіктің өлшемі деп тұжырымдайды. Неге? Мысал келтіріңіз.

Б.20 Жабық ыдыстағы бір моль газды қыздырады. Газ энтропиясының өзгерісін салыстырыңыз, егер газ: а) бір атомды; б) екі атомды болса. Екі жағдайда да газдың бастапқы және соңғы температуралары бірдей.

Б.21 Цилиндр ішінде күй параметрлері бірдей әртүрлі екі газ бар. Біріншісі бір атомды, екіншісі – екі атомды. Бірінші олар бірдей дәрежеде изотермиялық түрде, соңынан адиабаталық түрде ұлғаяды. Изотермиялық ұлғаю кезінде газдардың қайсысы көп жұмыс жасайды? Неге? Адиабаталық ұлғаюда – қайсысы? Неге? P - V диаграммасында осы процестерді көрсетіңіз.

Б.22 Келесі процестерде газ 1 –ші бастапқы күйден 2-ші соңғы күйге көшеді: а) изотермиялық; б) изобаралық; в) изохоралық. Осы процестерді график түрінде қарастырып: 1) қай процесте ұлғаю жұмысы ең көп; 2) қай процесте газға ең көп жылу мөлшері берілгенін анықтаңыз.

Б.23 Газда а) изохоралық қыздыру; б) адиабаталық сығылу процестері жүреді. Бастапқы температуралары бірдей. а) жағдайдағы жұтылған жылу мөлшері б) жағдайдағы газдың жұмысына тең. Екі жағдайдағы газдың соңғы температураларын салыстырыңыз. Неліктен γ адиабата көрсеткіші әрдайым бірден үлкен болады? Дәлелдеңіз.

Б.24 T - S –диаграммасын қолданып, қайтымсыз циклдың термиялық ПӘК-і әрқашан да Карно циклінің ПӘК-інен аз болатындығын көрсетіңіз.

Б.25 Газ қайтымды түрде ұлғаяды: а) изотермиялық; б) изобаралық; в) адиабаталық. Барлық процестерде бастапқы және соңғы көлемдері бірдей. Қай процестерде энтропияның өзгеруі максимал немесе минимал болады?

Ш бөлім Электр және магнетизм

3.1 Электрстатика

- Кулон заңы

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

k -өлшем жүйесіне байланысты болатын пропорционалдық коэффициент. Зарядтар арасындағы бұл күш осы зарядтар орналасқан түзу сызықтың бойымен бағытталған, яғни орталық күш болып табылады. Аттас зарядтар үшін ($q_1 > 0$ және $q_2 > 0$ немесе $q_1 < 0$ және $q_2 < 0$) $F > 0$, ал зарядтар әр аттас болса, $F < 0$ бола. Векторлық түрде Кулон заңы былай жазылады:

$$\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}_{21}}{r},$$

Егер де әсерлесуші зарядтар вакуумда емес, қандай да бір ортада орналасқан болса, онда Кулон заңы былай жазылады:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2},$$

мұндағы ε -өлшем бірлігі жоқ, ортаның электрлік қасиетін көрсетуші *диэлектрлік өтімділік* деп аталатын физикалық шама. Вакуум үшін $\varepsilon = 1$ болады. Бірліктердің халықаралық жүйесінде (БХЖ)

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{М}}{\Phi},$$

Бұл формуладағы $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$ немесе $\Phi/\text{м}$ – электр тұрақтысы деп аталады.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

мұндағы $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{М}}{\Phi}$ екендігін айта кеткен жөн. Фарад (Φ) – электр сыйымдылығының өлшем бірлігі.

- Электрстатикалық өріс кернеулігі:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}.$$

Егер өріс көзінің заряды q болса, онда Кулон заңына сүйене отырып, өрнегін былай жазуға болады:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

немесе скаляр түрінде өріс кернеулігі

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2}.$$

Ал егер өріс туғызушы заряд бірнеше нүктелік зарядтардың жүйесі болса, қорытқы өріс кернеулігі әрбір нүктелік заряд кернеулігінің векторлық қосындысына тең болады:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \frac{\vec{r}_i}{r_i},$$

- Гаусс теоремасы

Кез келген S ауданнан өтетін \vec{E} векторының ағыны \hat{O}_E :

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

$$d\Phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{S} \cdot \cos\alpha.$$

$$\int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} q$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$$

- Электрстатикалық өрісте заряд орын ауыстырғанда орындалатын жұмыс:

$$A_{12} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{qq_0}{r_1} - \frac{qq_0}{r_2} \right),$$

- өрісіндегі потенциалдық энергиясы:

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r},$$

- Электрстатикалық өріс потенциалы.

$$\varphi = \frac{W}{q_0}.$$

- нүктелік зарядтың потенциалы

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

орын ауыстырғанда орындалатын жұмысты

$$A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2).$$

потенциалдық энергиясы

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_1 q_2}{r_i},$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$$

- Кернеулік векторы \vec{E} мен потенциал φ арасындағы байланыс.

$$E_x = -\frac{\partial\varphi}{\partial x}.$$

$$\vec{E} = -\left(\frac{d\varphi}{dx} \vec{i} + \frac{d\varphi}{dy} \vec{j} + \frac{d\varphi}{dz} \vec{k} \right),$$

Градиент туралы анықтамадан:

$$\vec{E} = -grad\varphi \quad \text{немесе} \quad \vec{E} = -\vec{\nabla} \cdot \varphi,$$

мұндағы $\vec{\nabla} = \frac{d}{dx}\vec{i} + \frac{d}{dy}\vec{j} + \frac{d}{dz}\vec{k}$ - Гамильтон операторы (набла операторы).

3.2 Тұрақты ток

- Ток күші және ток тығыздығы

Ток күші деп бірлік уақытта өткізгіштің көлденең қимасынан өтетін заряд мөлшерімен өлшенетін скаляр шаманы айтады. Егер dt уақытта мөлшері dq заряд тасымалданса, онда ток күші

$$I = \frac{dq}{dt}.$$

Ток тығыздығы векторы \vec{j} . Ток тығыздығы векторы ток бағытымен бағытталған және оның сан мәні ток бағытына перпендикуляр dS ауданы арқылы өтетін dI ток күшінің осы ауданға қатынасына тең болады:

$$j = \frac{dI}{dS},$$

мұндағы dS - dI тогы өтетін аудан.

Егер ток кез келген аудан арқылы өтетін болса, онда

$$I = \int_s \vec{j} d\vec{S},$$

мұндағы $d\vec{S} = \vec{n} dS$, \vec{n} - бетке нормаль бірлік вектор. БХЖ-де ток тығыздығының өлшем бірлігі: $[j] = \frac{A}{m^2}$.

- Ток тығыздығы үшін Ом заңының өрнегі келесі түрде жазылады:

$$j = \frac{1}{\rho} E = \gamma E,$$

мұндағы \vec{E} және \vec{j} - векторларының бағыттары бірдей болғандықтан, соңғы өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} = \gamma \vec{E}.$$

- Ток тығыздығының жылулық қуаты үшін Джоуль-Ленц заңы мына түрге келеді:

$$\omega = \frac{1}{\rho} E^2 = \gamma E^2.$$

Бұл өрнектердегі γ - *меншікті электр өткізгіштігі*, оған кері шама, яғни $\rho = \frac{1}{\gamma}$ - *өткізгіштің меншікті кедергісі* деп аталады.

Тармақталған тізбектерге арналған Кирхгоф ережелері

- Кирхгофтың бірінші ережесі:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0,$$

мұндағы n - түйінде тоғысатын ток саны.

- Кирхгофтың екінші ережесі:

$$\sum_{i=1}^{n_1} I_i \cdot R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

мұндағы n - контурдағы тізбек бөліктерінің саны.

3.3 Магнит өрісі

- Био-Савар-Лаплас заңы векторлық және скалярлық түрі:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I \left[d\vec{\ell} \cdot \vec{r} \right]}{r^3}, \quad dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{Id\ell}{r^2} \sin \alpha$$

мұндағы $d\vec{\ell}$ – токтың элементар бөлігімен бірдей болатын және ток жүретін бағыт бойынша алынған вектор, \vec{r} – токтың элементар бөлігінен магнит индукциясы \vec{B} анықталатын нүктеге жүргізілген радиус-вектор, α – $d\vec{\ell}$ мен \vec{r} арасындағы бұрыш.

Мұндағы магнит μ_0 тұрақтысы және μ магнит өтімділігі

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Гн}{м}$$

- Тогы бар шексіз ұзын түзу өткізгіштің центрінен өткізгішке перпендикуляр R қашықтықтағы нүктедегі магнит индукциясы:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi R}.$$

- Дөңгелек токтың центріндегі магнит өрісінің индукциясы:

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{2R}.$$

- Ампер заңы.

$$d\vec{F} = I \left[d\vec{\ell} \cdot \vec{B} \right], \quad dF = I B dl \sin \alpha,$$

мұндағы α – $d\vec{\ell}$ және \vec{B} векторлары арасындағы бұрыш.

- Параллель токтардың әсерлесуі:

$$dF = \frac{\mu_0 2I_1 I_2}{4\pi R} dl.$$

- Лоренц күші:

$$\vec{F}_L = q \left[\vec{v} \cdot \vec{B} \right], \quad F_L = q v B \sin(\vec{v} \cdot \vec{B}) = q v B \sin \alpha$$

мұндағы α – \vec{v} және \vec{B} векторларының арасындағы бұрыш.

- Холл эффектісі:

$$eE = \frac{e \cdot \Delta\varphi}{a} = evB \quad \text{немесе} \quad \Delta\varphi = v Ba,$$

мұндағы $\Delta\varphi$ – Холл эффектісі нәтижесінде пайда болатын көлденең потенциалдар айырмасы; a – пластинаның қалыңдығы; v – электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығы. Ток күшін I , өткізгіштің бірлік көлеміндегі зарядтар санын n және олардың қозғалыс жылдамдығы арасындағы қатынасты пайдаланып, өткізгіштегі электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығын табамыз:

$$I = adnev, \quad \text{бұдан} \quad v = \frac{I}{adne},$$

мұндағы d – пластина ені, n – электрондардың концентрациясы.

$$\Delta\varphi = \frac{IBa}{adne} = \frac{1}{ne} \frac{IB}{d}.$$

$\frac{1}{ne} = R$ – затқа тәуелді Холл тұрақтысы.

$$\Delta\varphi = R \frac{IB}{d}.$$

- Магнит индукциясы векторының ағыны:

$$d\Phi = \vec{B} d\vec{S} = B_n dS = B S \cos\alpha,$$

мұндағы $B_n = B \cos\alpha$ – \vec{B} векторының dS ауданына түсірілген нормаль бағытына түсірілген проекциясы, α – \vec{n} мен \vec{B} векторларының арасындағы бұрыш, $d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$ – бағыты ауданға түсірілген нормальдің \vec{n} бағытымен бағыттас бірлік аудан векторы, вектордың модулі dS -ке тең.

- Еркін алынған бет S арқылы өтетін магнит индукциясы векторының ағыны:

$$\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{S} = \int_S B_n dS.$$

- Өріс біртекті болса ($\vec{B} = \text{const}$), ал бет жазық болып және \vec{B} векторына перпендикуляр орналасса, онда $B_n = B = \text{const}$ және

$$\Phi = B \cdot S.$$

Магнит өрісі үшін Гаусс теоремасы: кез келген тұйық бет арқылы өтетін магнит индукция векторының ағыны нөлге тең:

$$\oint_S \vec{B} dS = \oint_S B_n dS = 0.$$

- Магнит өрісінде тогы бар өткізгішті орын ауыстырғанда атқарылатын жұмыс

$$dA = Id\Phi.$$

3.4 Есеп шығару және қосымша сұрақтарға жауап беру үлгісі

1 Есеп. Екі нүктелік заряд $Q_1=2 \cdot 10^{-7}$ Кл және $Q_2=-4 \cdot 10^{-7}$ Кл керосинде (ε керосиндікі=2) бір-бірінен $d = 10$ см қашықтықта орналасқан. $r_1=20$ см бір зарядтан және $r_2=15$ см басқа зарядтан қашықтықтағы А нүктесіндегі электростатикалық өрістің кернеулігі және электростатикалық ығысуы қандай.

Берілгені:

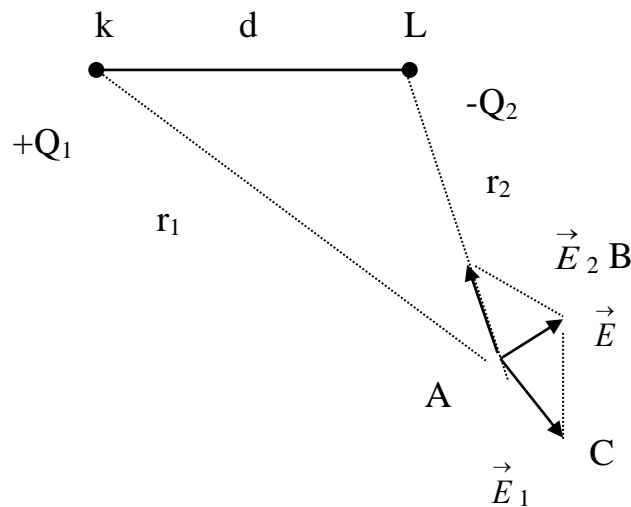
$$Q_1=2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}; Q_2 = -4 \cdot 10^{-7} \text{ Кл};$$

$$d = 0,1 \text{ м}; r_1 = 0,2 \text{ м}; r_2 = 0,15 \text{ м};$$

$$\varepsilon = 2; \varepsilon_0 = 8,25 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

$$E_A = ?; D_A = ?$$

Шешуі: А нүктесіндегі электростатикалық өрістің толық кернеулігі мынаған тең $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, мұндағы E_1 және E_2 – кернеуліктер, олар А нүктесіндегі Q_1 және Q_2 нүктелік зарядтарымен құрылады



\vec{E} вектор модулі ΔABC -дан анықталуы мүмкін

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \alpha \quad (1)$$

Нүктелі заряд өрісінің кернеулігі

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1}{r_1^2} \quad \text{и} \quad E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_2}{r_2^2}$$

ΔAKL -дан :

$$\cos \varphi = (r_1^2 + r_2^2 - d^2) / 2r_1r_2.$$

E_1 , E_2 және $\cos \varphi$ үшін арналған өрнекті (1)-теңдеуге қоя отырып, мынаны аламыз

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \sqrt{\frac{Q_1^2}{r_1^4} + \frac{Q_2^2}{r_2^4} - \frac{Q_1 Q_2 (r_1^2 + r_2^2 - d^2)}{r_1^3 r_2^3}}.$$

А нүктесіндегі электрлік ығысу векторы

$$\vec{D}_A = \epsilon\epsilon_0 \vec{E}_A$$

Сандық деректерді қою нәтижеге әкеледі

Жауабы: $\vec{E}_A = 6,2 \cdot 10^4 \text{ В/м}$, $D_A = 1,09 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$.

2. Есеп Радиусы $R=1$, біркелкі зарядының сызықтық тығыздығы $\tau=20$ нКл/м болатын ұзын цилиндр айналасында электр өрісі пайда болады. Осы өрістің цилиндрдің бетінің ортаңғы бөлігінен $a_1 = 0,5 \text{ см}$ және $a_2 = 2 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан екі нүктесінің потенциалдар айырымын анықтаңыз.

Берілгені:

$R=1 \text{ см}$

$\tau=20 \text{ нКл/м}$

$a_1 = 0,5 \text{ см}$

$a_2 = 2 \text{ см}$

$(\varphi_1 - \varphi_2) = ?$

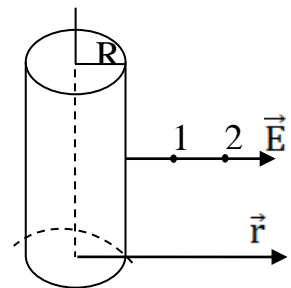
Шешуі:

Потенциалдар айырымын анықтау үшін өріс кернеулігі мен потенциалының өзгеруі

арасындағы

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi$$

байланысты пайдаланамыз.



Цилиндр айналасындағы өріс үшін бұл қатынастар былай жазылады :

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} \quad \text{немесе} \quad d\varphi = -E dr$$

Осы өрнекті интегралдап цилиндр осінен r_1 және r_2 қашықтықтардағы нүктелердің потенциалдар айырымын анықтауға болады :

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\int_{r_1}^{r_2} E dr \quad (1)$$

Цилиндр ұзын болғандықтан, оның орта шетіне жақын нүктедегі өріс кернеулігін анықтау үшін шексіз ұзын цилиндр тудыратын өріс кернеулігінің өрнегін қолдануға болады:

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}$$

Осы өрнекті (1) формулаға қойып, алатынымыз:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

немесе

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (2)$$

мұндағы $r_2 = R + a_2$; $r_1 = R + a_1$; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ - электр тұрақтысы.

Қорытқы (2) өрнегіне r_1 , r_2 шамаларын ескерере отырып, мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}{4\pi} \ln \frac{3 \cdot 10^{-2}}{1,5 \cdot 10^{-2}} = 250 \text{ В.}$$

Жауабы: $\varphi_1 - \varphi_2 = 250 \text{ В.}$

3.5 Есептеу-сызба жұмыс № 3. Электр және магнетизм. Максвелл теңдеулері тақырыбына тапсырмалар

Мақсаты: электромагнетизм және электромагнитті индукция негізгі заңдары мен теоремаларын, Максвелл теңдеулерін оқып үйрену және олардың физикалық мәнін түсіну.

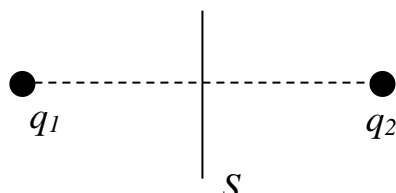
3.1 кесте - Студенттерге арналған тапсырмалардың нұсқалары

Нұсқа	Волькенштейн В.С. «Жалпы физика курсының есептер жинағы».							В қосымшасы
1	9.1	9.41	9.91	10.1	10.26	10.41	11.1	1
2	9.2	9.42	9.92	10.2	10.27	10.42	11.2	2
3	9.3	9.43	9.93	10.3	10.28	10.43	11.3	3
4	9.4	9.44	9.94	10.4	10.29	10.44	11.4	4
5	9.5	9.45	9.95	10.5	10.30	10.45	11.5	5
6	9.6	9.46	9.96	10.6	10.31	10.46	11.6	6
7	9.7	9.47	9.97	10.7	10.32	10.47	11.7	7
8	9.8	9.48	9.98	10.8	10.33	10.48	11.8	8
9	9.9	9.49	9.99	10.9	10.34	10.49	11.9	9
10	9.10	9.50	9.100	10.10	10.35	10.50	11.10	10
11	9.11	9.51	9.101	10.11	10.36	10.51	11.11	11
12	9.12	9.52	9.102	10.12	10.37	10.52	11.12	12
13	9.13	9.53	9.103	10.13	10.38	10.53	11.13	13
14	9.14	9.54	9.104	10.14	10.39	10.54	11.14	14
15	9.15	9.55	9.105	10.15	10.40	10.55	11.15	15
16	9.16	9.56	9.106	10.16	10.41	10.56	11.16	16
17	9.17	9.57	9.107	10.17	10.42	10.57	11.17	17
18	9.18	9.58	9.108	10.18	10.43	10.58	11.18	18
19	9.19	9.59	9.109	10.19	10.44	10.59	11.19	19
20	9.20	9.60	9.110	10.20	10.45	10.60	11.20	20
21	9.21	9.61	9.111	10.21	10.46	10.61	11.21	21
22	9.22	9.62	9.112	10.22	10.47	10.62	11.22	22
23	9.23	9.63	9.113	10.23	10.48	10.63	11.23	23
24	9.24	9.64	9.114	10.24	10.49	10.64	11.25	24
25	9.25	9.65	9.115	10.25	10.40	10.65	11.25	25

3.6 В қосымшасы

В.1 Бір-бірінен r ара қашықтықта q_1 және q_2 екі нүктелік заряд орналасқан. S - симметрия жазықтығы (В1 сурет). Екі заряд оң және бір – біріне тең $q_1=q_2=q$ болған жағдайда осы зарядтардың өрістерінің сипаты қандай болады? S жазықтығы эквипотенциал болып табыла ма? Өрістің күш сызықтарының және эквипотенциал беттерін сызыңыз.

В.2 Кейде электростатикалық өрістің күш сызықтарын электр өрісіндегі электр зарядының қозғалатын сызығы деп атайды.



В.1 сурет

Осы дұрыс па? Өзіңіздің жауабыңызды дәлелмен келтіріңіз.

В. 3 Кернеулігі \vec{E} біртекті электр өрісіне жылдамдығы \vec{g} протон ұшып кіреді. Протон жылдамдығы 1) өрістің күш сызықтарына параллель; 2) перпендикуляр жағдайлардағы протонның қозғалысына сипаттама беріңіз және траекториясын салыңыз.

В. 4 q нүктелік заряды электр өрісін туғызады. q заряды бар сфералық беттің радиусын 2 есе арттырса, осы бет арқылы өтетін \vec{E} векторының ағыны қалай өзгередінін анықтаңыз. Беттің ішіндегі зарядтың орналасуы осы өзгеріске әсері бар ма?

В.5 Металдарда еркін заряд тасымалдаушылар - электрондар, ал электролиттерде – иондар болып табылатынын қандай тәжірибелер дәлелдейді? (оларды атаңыз және қысқаша мағынасын айтыңыз).

В.6 Электрондық үдеткіштен шыққан электрондар шоғырының жылдамдығы g . Шоғырдың осінен алыстаған сайын электрондар концентрациясы $n(r) = n_0 \exp(-r^2 / r_0^2)$ заңымен азаяды, мұндағы n_0 -электрондық шоғырдың осіндегі концентрациясы, r_0 -электрондық шоғырдың қимасының әсерлік радиусы. j ток тығыздығы шоғыр қимасы бойынша қалай өзгереді? Өрнегін жазып, сапалық графигін тұрғызыңыз

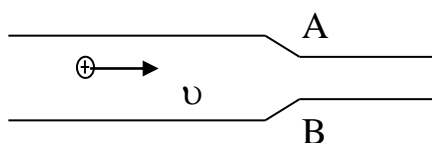
В. 7 Құралды шунттау дегеніміз не? Шунттау қандай жағдайда қолданылады және оның нәтижесі қандай? Шунтты қосу сызбасын көрсетіңіз.

В.8 $P = U^2/R$ өрнегіне сәйкес резисторда бөлінетін қуат R -ң артуына байланысты азаю керек, ал $P = I^2 R$ өрнегіне салсақ, керісінше болады. Осы өрнектерді салыстырудан шыққан қарама-қайшылықты мысал келтіре отырып түсіндіріңіз.

В 9. AB бөлігінде тарылатын металл түтіктің осі бойынша g жылдамдықпен зарядталған бөлшек қозғалады (В. 2 сурет). Бөлшек AB тар бөлігінен өткен кезде, оның жылдамдығы өзгере ме?

В.10 1) Газдағы ток тасымалдаушылар қалай пайда болады, оларды атаңыз. 2) Газдағы ток тасымалының концентрациясы неге тәуелді? 3) Неге теріс зарядтардың орташа қозғалғыштығы оң зарядтың қозғалғыштығынан үлкен?

В.11 Сіз үдемелі қозғалатын ракетаның ішінде тұрсыз. Ракетаның үдеуін тек ұзын өткізгіш пен электр өлшеуіш құралдарды пайдалана отырып анықтауға болатынын көрсетіңіз.



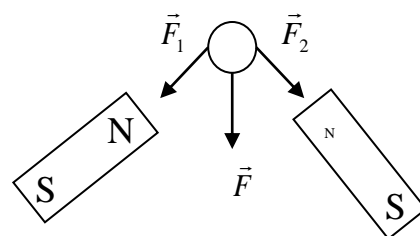
В. 2 сурет

В.12 Конденсаторды аккумулятор батареясына жалғаған кезде, ол зарядталып, оның энергиясы 1 Дж тең болады. Батареяның жасаған жұмысы осы энергияға тең бола ма? Жауабыңыздың дұрыстығын есептеп, дәлелдеңіз.

В.13 Зарядталған бөлшек біртекті магнит өрісінде шеңбер бойымен қозғалады. Магнит өрісіне қосымша өрістің бағытымен бағыттас электр өрісін енгізсе, бөлшектің траекториясы қандай болады?

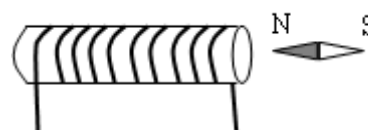
В.14 Тұрақты ток көзіне жалғанған катушкаға соленоидтың екі ұшында оңтүстік немесе солтүстік полюс болатындай етіп соленоидты орауға бола ма?

В.15 Жұмсақ темірден жасалған шарик екі магнитке жақын орналасқан (В. 3 сурет). Егер бірінші магнитті алып тастасақ, шарикке \vec{F}_2 күш әсер етеді, екіншісін алып тастасақ, онда \vec{F}_2 күш әсер етеді. \vec{F} күші ($\vec{F}_1 + \vec{F}_2$)–нің векторлық қосындысына тең бола ма? Осы күштердің пайда болу себебін түсіндіріңіз.



В.3 сурет

В.16 Тоғы бар (В 4 сурет) катушкадағы магниттік полюстерді анықтап, ондағы токтың бағытын және ток көзінің полюстерін көрсетіңіз.

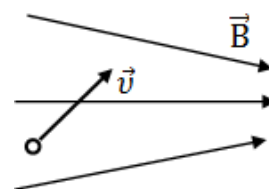


В. 4 сурет

В.17 Диэлектриктердің поляризациялануы мен магнетиктердің магниттелінуінің арасындағы ұқсастықтарды көрсетіңіз. Нәтижелерді кестеде көрсетіңіз.

В.18 Холл эффектісі. Холл эффектісінде жартылай өткізгіштің түрін (n-типті, p-типті) қалай анықтауға болады?

В.19 Біртекті магнит өрісінде зарядталған бөлшек $\alpha < \pi/2$ бұрышпен енеді (В.5 сурет). Оның қозғалысының траекториясын көрсетіп түсіндіріңіз.



В.5 сурет

В.20 Екі ұзын өткізгіш горизонталь жазықтықта бір-біріне перпендикуляр орналасқан. Бірінші өткізгіш керіліп бекітілген, ал екіншісі бос бекітілген. Егер өткізгіштерге бірдей I ток жіберсе, олар өзара қалай әсерлеседі? Күштердің бағытын көрсетіңіз. Мұндай әсерлесудің нәтижесі қандай болады?

В.21 Резерфордтың атом моделіне сәйкес атомдағы электрондар ядроны тұйық орбита бойымен айнала қозғалады. Оның қозғалыс сипаттамалары арқылы электронның орбиталық магнит моментінің өрнегін анықтаңыз. Гиромагниттік қатынас дегеніміз не, ол электронның орбиталық магнит моменті үшін неге тең?

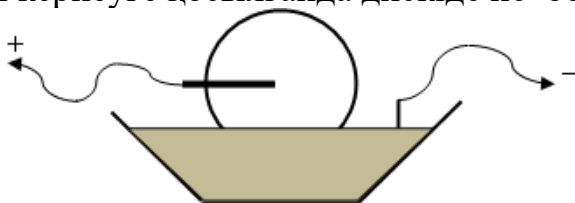
В.22 Төмендегі өрістерді сипаттаудағы ұқсастығы мен айырмашылықтарын қарастырыңыз:

а) ұзын түзу өткізгіштің магнит өрісі;

б) жіп бойымен біркелкі таралған қозғалмайтын зарядтың электр өрісі;

Осы өрістердің күш сызықтарын сызыңыз, өрісті сипаттайтын негізгі формулаларды жазыңыз.

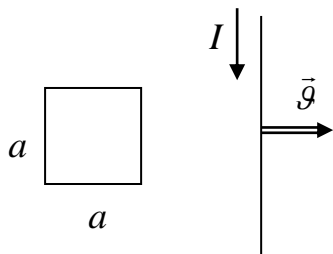
В.23 Мыс дискіден тұратын демонстрациялық құрылғы Барлоу-дөңгелегі (В. 6 сурет) горизонталь ості айналып қозғалады. Дискінің төменгі жағы сынабы бар табақшаға салынған. Дискі осіне және табақшаға өткізгіштер жалғайды. Диск магнит полюстерінің арасында магнит өрісіне перпендикуляр орналасқан. Тұрақты кернеуге қосылғанда дискіде не болады және қалай?



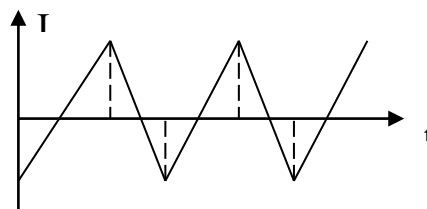
В. 6 сурет

В.24 Тоғы бар өткізгіш \vec{b} жылдамдықпен оңға қарай қозғалады (В.7 сурет). Жазықтығы I түзу ток жазықтығында жататын қабырғасы a тыныштықта тұрған квадрат рамкада пайда болған токтың бағыты қандай? Рамкадағы индукциялық токтың бағыты қандай? Рамкадағы индукциялық токтың шамасы неге байланысты?

В.25 Трансформатордың 1-ші орамынан ара тәрізді пішінде ток өтеді (В.8 сурет). Трансформатордың 2-ші орамында пайда болатын индукцияның ЭҚК-ң уақытқа тәуелділігінің $\varepsilon(t)$ сапалық графигін көрсетіңіз. 1-ші орамдағы өздік индукция құбылысы ескерілмейді.



В.7 сурет



В.8 сурет

Әдебиеттер тізімі

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1 Механика. Молекулярная физика и термодинамика.- М. «Кнорус». -2012.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: в 4-х т.: учеб. пособие для вузов. Т.2: Электричество и магнетизм, оптика: учеб.пособие.- .- М. «Кнорус».- 2012.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. - М.: Высш. шк. , 2002.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. - М.: Высш. шк., 2002.
5. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы.- М.: «Бином».- 2014.
6. Волькенштейн В.С.Жалпы физика курсының есептер жинағы. –Алматы.: Мектеп, 2012.
7. Байпақбаев Т.С., Майлина Х.Қ. Жалпы физика курсының есептер жинағы (Механика. Молекулалық физика және термодинамика.). – Алматы: АЭЖБИ, 2003.
8. Байпақбаев Т. С., Манабаев Х.Х. Жалпы физика курсының есептер жинағы (Электростатика. Тұрақты ток. Магнетизм.).- Алматы: АЭЖБИ, 2003.
9. Алджамбекова Г.Т. Семестровые задания по курсу «Физические основы механики». – Алматы: КазНИТУ, 2016.- 152 б.
- 10.Трофимова Т.И. Курс физики с примерами решения задач.Т.1.-М.: «Кнорус», 2010.
- 11.Трофимова Т.И. Курс физики с примерами решения задач.Т.2.-М.: «Кнорус», 2010
- 12.Мажитова, Г.К. Наурызбаева Г.К., Алджамбекова Г.Т. ФИЗИКА, Тестовые вопросы, Часть 1. АУЭС. 2019
- 13.Мажитова Л.Х., Алджамбекова Г.Т., Наурызбаева Г.К., Физика 1. Қашықтықтан білім алатын «6В07101 – Электрэнергетика» оқу бағдарламасы бойынша оқытылатын студенттерге арналған әдістемелік нұсқаулар», АУЭС. Алматы. 2020
- 14.https://sanatez.ucoz.ru/load/fizika_kitaptar/ajyrbaev_zhalpy_fizika_kursy_pmp_i/
- 15.https://sanatez.ucoz.ru/load/kalifornijskij_universitet_g_berkli_eh_parsell_ehle_ktrichestvo_i_magnetizm/
- 16.https://sanatez.ucoz.ru/load/a_v_astakhov_kurs_fiziki_tom_i_mekhanika_kineticheskaia_teorija_materii/1-1-0

Мазмұны

Кіріспе	3
1 «Физика 1» пәнін үйренудегі ұсыныстар	4
2 Бақылау жұмыстарын орындауға және тапсыруға қойылатын жалпы талаптар	5
3. Халықаралық бірліктер жүйесіндегі негіздері	6
I бөлім . Механиканың физикалық негіздері.....	7
1.1 Кинематика	7
1.2 Қатты дененің ілгерілемелі қозғалысының және материялық нүктенің динамикасы	9
1.3 Арнайы салыстырмалы теорияның элементтері.....	13
1.4 Есеп шығару және қосымша сұрақтарға жауап беру үлгісі.....	14
1.5 Есептеу-сызба жұмыс № 1. Механиканың физикалық негіздері тақырыбына тапсырмалар	15
1.7 А қосымшасы.....	17
II бөлім . Статистикалық физика және термодинамика.....	20
2.1 Идеал газдардың молекула-кинетикалық теориясы.....	20
2.2 Термодинамикалық тепе-теңдіксіз жүйелердегі тасымалдау құбылыстары (2.3– кесте):.....	22
2.3 Термодинамиканың негіздері	22
2.4 Есеп шығару және қосымша сұрақтарға жауап беру үлгісі.....	25
2.5 Есептеу-сызба жұмыс № 2. Статистикалық физика және термодинамика тақырыбына тапсырмалар	26
2.6 Б қосымшасы	27
III бөлім Электр және магнетизм.....	29
3.1 Электрстатика.....	29
3.2 Тұрақты ток.....	31
3.3 Магнит өрісі.....	32
3.4 Есеп шығару және қосымша сұрақтарға жауап беру үлгісі.....	34
3.5 Есептеу-сызба жұмыс № 3. Электр және магнетизм. Максвелл теңдеулері тақырыбына тапсырмалар.....	36
3.6 В қосымшасы	36
Әдебиеттер тізімі.....	40

2021 ж. жиынтық жоспары, 103 поз.

Гулдана Тлеужановна Алджамбекова

ФИЗИКА 1

Есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар.
Қашықтықтан білім алатын барлық оқу бағдарламасының студенттеріне
арналған.

Редактор:
Стандарттау бойынша маман:

Изтелеуова Ж.Н.
Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды
Таралым _50_ дана.
Көлемі _2.6_ есептік-баспа табақ

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс ___Бағасы 1300 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс
университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірме-көбейту бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1