

Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігі

Д.СЕРІКБАЕВ атындағы ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН
МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Г.К. Уазырханова
А.А. Жақсылықова

Ф И З И К А І

Техникалық мамандықтары бойынша білім алатын студенттердің
практикалық сабақтарына арналған оқу-әдістемелік құралы

Өскемен

2011

УДК 530

Уазырханова Г.К. Физика I. Техникалық мамандықтары бойынша білім алатын студенттердің практикалық сабақтарына арналған оқу-әдістемелік құралы /Г.К. Уазырханова, А.А. Жақсылықова./ ШҚМТУ. – Өскемен, 2011. – 138бет.

Оқу құралы жыл сайын оқытылып жүрген базалық Физика I курсының барлық тараулары бойынша негізгі заңдар мен формулаларды құрайды. Типтік есептерді шығару үлгісі қарастырылған. Физика I курсы бойынша келтірілген тестік түрдегі есептер мен сұрақтар, олармен жұмыс істеу кезінде студенттерге теориялық материалды терең меңгеруге, физика I курсы бойынша жалпы типтік есептерді шешу дағдысын қалыптастыруға және материал бағдарламасын меңгеру дәрежесін өз бетімен бағалай білуге көмектеседі. Бұл оқу құралын Мемлекеттік аралық бақылауға дайындық кезінде де пайдалануға болады. Оқу құралының соңында қосымша анықтама кестелері келтірілген .

Тапсырмалар оқу жоспарына сәйкес базалық физика курсын төрт-алты кредит көлемінде оқитын, техникалық мамандықтар бойынша білім алатын студенттерге арналған 1.09. 2006 жылы енгізілген оқу стандарттарына сәйкес құрастырылған.

«Машина жасау және көлік» факультетінің әдістемелік кеңесінде бекітілген
_____, № ____ хаттама

МАЗМҰНЫ

		Беті
	Кіріспе	4
1	Кинематика	6
1.1	Негізгі заңдар мен формулалар	6
1.2	Есеп шығару үлгісі	8
1.3	Кинематика бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар	15
2	Материялық нүкте мен қатты дене динамикасы. Гидродинамика	19
2.1	Негізгі заңдар мен формулалар	19
2.2	Есеп шығару үлгісі	25
2.3	Динамика бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар	43
3	Молекулалық физика және термодинамика	53
3.1	Негізгі заңдар мен формулалар	53
3.2	Есеп шығару үлгісі	58
3.3	Молекулалық физика және термодинамика бөлімдері бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар	73
4	Электростатика және тұрақты ток	83
4.1	Негізгі заңдар мен формулалар	83
4.2	Есеп шығару үлгісі	88
4.3	Электростатика және тұрақты ток бөлімдері бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар	104
5	Магнетизм	113
5.1	Негізгі заңдар мен формулалар	113
5.2	Есеп шығару үлгісі	115
5.3	Магнетизм бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар	123
6	Бақылау тестері	130
	Ұсынылатын әдебиеттер тізімі.	132
	Қолданылған әдебиеттер тізімі	132
	Өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалардың жауаптары	133
	Бақылау тестерінің жауаптары	133
	Қосымшалар	134

КІРІСПЕ

Осы оқу құралының мақсаты - техникалық мамандықтары бойынша білім алатын және оқу жоспарына сәйкес базалық «Физика I» курсының екі-үш кредит көлемінде оқитын студенттерге бағдарламалық материалдарды өз бетімен оқып-үйренуге және практикалық сабақтарға дайындық кезінде көмек көрсету болып табылады.

Бұл құралдағы оқу материалы 1.09.2006 жылы енгізілген техникалық мамандықтарға арналған Қазақстан Республикасының Мемлекеттік Білім Беру Стандарттарына сәйкес жасалған. Осы оқу құралында «Физика I» курсының барлық тараулары бойынша негізгі заңдар мен формулалар, есеп шығару мысалдары, өз бетімен жұмыс жасау үшін семестрлік есептер, ұсынылатын әдебиеттер тізімі, анықтама кестелері көрсетілген. Құралда келтірілген оқу-әдістемелік материалдары семестрлік есептерді шығару, практикалық сабақтарға және электрондық тестілеу түріндегі емтиханға дайындық жасау кезінде көмек көрсете алады.

Білім стандарттарына сәйкес базалық физика курсының барлық материалдары Физика I және Физика II бөлімдерінен тұрады және оқу жоспарына байланысты ол бір немесе екі семестр бойы оқытылады. Физика I бөліміне келесі тараулар кіреді: кинематика, материялық нүкте және қатты дене динамикасы, арнайы салыстырмалылық теория негіздері, сұйықтар мен газдар механикасының элементтері, механикалық тербелістер мен толқындар, молекулалық физика және термодинамика, нақты газдар, электростатика және тұрақты ток, магнетизм. Әртүрлі физикалық табиғаттағы тербелістер барлық жағдайда да бірдей заңдылықтарға бағынып және бірдей математикалық теңдеулермен өрнектелетіндіктен осы оқу құралында механикалық тербелістер мен толқындар қарастырылмайды. Олар келесі Физика II оқу құралындағы электромагниттік тербелістер мен толқындар бөлімінде бірге оқытылады. Осы екі процестер арасындағы бір-біріне ұқсастық студенттерге оларды оқып-үйренуге көмегін тигізеді.

Кредиттік технология бойынша оқитын студенттің негізі оқу формасы, ол оқу материалымен өз бетімен жұмыс жасау болып табылады. Физика курсының бағдарламасындағы тарауларды оқып үйрену процесі кезінде студент барлық студенттер үшін бірдей берілген семестрлік тапсырмаларды орындауы қажет. Семестрлік тапсырмалар белгілі бір мөлшердегі (кафедра бекіткен) тестік түрде жасалған сұрақтар мен есептерден тұрады. Семестрлік тапсырмаларды орындауды студент теориялық курстың сәйкес тарауларын оқып меңгергеннен кейін жүзеге асырады. Есептерді шешу барысында студент теориялық материалды меңгеру дәрежесін өз бетімен тексере алады. Осы оқу құралында келтірілген есеп шығару мысалдары Физика I курсының әр-түрлі тараулары бойынша жеке тапсырмаларды (орташа және күрделі есептер жиынтығы) орындау кезінде көмегін тигізе алады.

Тапсырмаларды орындау барысында келесі ережелерді қадағалау ұсынылады:

- 1) қажет жерінде міндетті түрде есептің шығару жолын көрсету керек; егер сұрақтың жауабы түсініктемені қажет етсе, онда сол түсініктеме берілуі қажет;
- 2) есепті шығару кезінде берілген физикалық шамаларды бірінің астына бірін жазып, олардың сандық мәндерін СИ жүйесіне ауыстырып жазу қажет;
- 3) есептің шығарылуы түсінікті болу үшін, қажет жерінде ұқыпты қылып есептің суретін салу керек (схема, чертеж);
- 4) есепті бастапқыда жалпы түрде, яғни берілген есептің нақты шешімін көрсететін есептеу формуласын қорытып шығару ұсынылады және есеп шығару барысында қолданған әріптерді ашып жазу қажет;
- 5) есептеу формуласының көмегімен табылған шамалардың өлшем бірліктерін тексере отырып, олардың дұрыс табылғандығына көз жеткізу керек;
- 6) тұрақты физикалық шамалар мен басқа да қосымша мәліметтерді құралдың соңында келтірілген кестелерден алуға болады;
- 7) есептеу формуласына берілген сандық мәндерді (СИ жүйесіндегі) және қажетті қосымша мәліметтерді қойыңыз;
- 8) есептеу кезінде есептің дәлдігі мәні бар цифрлар санымен анықталады.

1 КИНЕМАТИКА

1.1 Негізгі заңдар мен формулалар

1.1.1 t-уақыттағы жүрілген жол:

а) жалпы түрі

$$S = \int v(t) dt$$

б) бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезінде

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

в) бірқалыпты қозғалыс кезінде

$$S = S_0 + v_0 t$$

1.1.2 Жол жүрген кездегі орташа жылдамдық

$$\langle v_s \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

1.1.3 Орын ауыстыру кезіндегі орташа жылдамдық

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

1.1.4 Лездік жылдамдық:

а) жалпы түрі

$$v = \frac{dr}{dt}, \quad v = \frac{dr}{dt} \vec{\tau}, \quad |v| = \frac{dS}{dt}$$

$$v = \int a(t) dt$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

б) бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезінде

$$v = v_0 + at, \quad v^2 = v_0^2 + 2aS$$

1.1.5 Орташа үдеу

$$\langle a \rangle = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

1.1.6 Тангенциал үдеу

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} \tau, \quad |a_{\tau}| = \frac{dv}{dt}$$

1.1.7 Нормаль үдеу

$$a_n = \frac{v^2}{R} n, \quad |a_n| = \frac{v^2}{R}$$

1.1.8 Лездік үдеу

$$a = \frac{dv}{dt}, \quad a = a_n + a_{\tau},$$

$$|a| = \sqrt{a_n^2 + a_{\tau}^2}, \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

1.1.9 Айналу бұрышы:

а) жалпы түрі

$$\varphi = \int \omega(t) dt$$

б) бірқалыпты айналмалы қозғалыс кезінде

$$\varphi = \omega t = 2\pi \nu t = 2\pi N$$

в) бірқалыпты айнымалы айналмалы қозғалыс кезінде

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

1.1.10 Бұрыштық жылдамдық:

а) орташа

$$\langle \omega \rangle = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

б) лездік

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}, \quad \omega = \int \varepsilon(t) dt$$

в) бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезіндегі лездік бұрыштық жылдамдық

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t, \quad \omega^2 = \omega_0^2 + 2\varepsilon \varphi$$

г) ν (немесе n) жиілікпен бірқалыпты айналмалы қозғалыс кезінде

$$\omega = 2\pi\nu \quad \text{немесе} \quad \omega = 2\pi n$$

1.1.11 Бұрыштық үдеу

а) орташа

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

б) лездік

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

1.1.12 Қозғалыстың кинематикалық сипаттамасы болып табылатын сызықтық және бұрыштық шамалар арасындағы байланыс:

$$\begin{aligned} S &= \varphi R \\ v &= \omega R, \\ a_\tau &= \varepsilon R, \\ a_n &= \omega^2 R \end{aligned}$$

1.2 Есеп шығару үлгісі

1.2.1 **1 есеп.** Материялық нүктенің OX өсі бойымен қозғалыс теңдеуі $x = 2 - t + 0,5 t^3$ (м) түрінде берілген. $t=2$ с уақыт мезетіндегі x -координатасын, v_x жылдамдығын және a_x үдеуін, сонымен қатар 0-ден 2с уақыт аралығындағы $\langle v_x \rangle$ жылдамдықтың және $\langle a_x \rangle$ үдеудің орташа мәндерін табыңыздар.

Берілгені:

$$x = 2 - t + 0,5 t^3 \text{ (м)}$$

$$t = 2\text{с}$$

$$t_1 = 0\text{с}$$

$$t_2 = 2\text{с}$$

$$x\text{-? } v_x\text{-? } a_x\text{-? } \langle v_x \rangle\text{-? } \langle a_x \rangle\text{-?}$$

Шешуі: Қозғалыс теңдеуіне t уақыттың берілген мәнін қойып, $t=2$ с уақыт мезетіндегі x координатасын табамыз:

$$x = 2 - 2 + 0,5 \cdot 2^3 = 4\text{м} \quad (1.1)$$

Анықтамасы бойынша: материялық нүктенің x өсіне қатысты лездік жылдамдығы - координатаның (x өсі бойымен жүрген жолы) уақыт бойынша бірінші туындысына тең шама:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -1 + 1,5t^2 \quad (1.2)$$

Лездік үдеу - жылдамдықтың уақыт бойынша бірінші туындысына тең шама:

$$a_x = 3t \quad (1.3)$$

(1.2) и (1.3) теңдеулері бойынша $t=2$ с уақыт мезетіндегі v_x және a_x табамыз:

$$v_x = -1 + 1,5 \cdot 2^2 = 5 \text{ м/с} \quad a_x = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м/с}.$$

Анықтамасы бойынша жылдамдықтың орташа мәні:

$$\langle v_x \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

(1.1) теңдеуіне сәйкес $x_2 = 4$ м; ал x_1 -ді қозғалыс теңдеуіне $t_1 = 0$ с мәнін қоя отырып табамыз: $x_1 = 2$ м. Сонда

$$\langle v_x \rangle = \frac{4 - 2}{2} = 1 \text{ м/с}.$$

Анықтамасына сәйкес $\langle a_x \rangle$ орташа үдеу мынаған тең:

$$\langle a_x \rangle = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{x2} - v_{x1}}{t_2 - t_1}. \quad (1.4)$$

$t_2=2$ с уақыт мезетіндегі жылдамдықты тауып қойғанбыз: $v_{x2} = 5$ м/с.
 v_{x1} анықтау үшін (1.2) теңдеуіне $t_1=0$ с мәнін қоямыз:

$$v_{x1} = -1 + 1,5 \cdot 0 = -1 \text{ м/с}.$$

$\langle a_x \rangle$ мәнін (1.4) формуласы бойынша есептейміз:

$$\langle a_x \rangle = \frac{5 - (-1)}{2} = 3 \text{ м/с}^2.$$

Жауабы: $x = 4$ м; $v_x = 5$ м/с; $a_x = 6$ м/с²; $\langle v_x \rangle = 1$ м/с; $\langle a_x \rangle = 3$ м/с².

1.2.2 **2 есеп.** Дене қозғалмайтын өске қатысты айналмалы қозғалыс жасайды. Айналу бұрышының уақытқа тәуелділік теңдеуі $\varphi = (t^4 + 2t - 2)$ рад түрінде берілген. 0 ден 3с уақыт аралығындағы бұрыштық үдеудің орташа мәнін анықтаңыздар.

Берілгені:
 $\varphi = (t^4 + 2t - 2)$ рад
 $t_1 = 0$ с
 $t_2 = 3$ с

Шешуі: Анықтамасы бойынша бұрыштық үдеудің орташа мәні:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}, \quad (1.5)$$

мұндағы $\Delta \omega - \Delta t$ уақыт аралығындағы бұрыштық жылдамдықтың өсімшесі:

$$\langle \varepsilon \rangle = ? \quad \Delta \omega = \omega_2 - \omega_1,$$

мұндағы ω_2 мен ω_1 - t_1 және t_2 уақыт мезеттеріндегі лездік бұрыштық жылдамдықтар.

Анықтамасына сәйкес лездік жылдамдық мына формула бойынша анықталады:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt},$$

осыдан:

$$\omega = 4t^3 + 2 \quad (1.6)$$

$t_1 = 0$ с және $t_2 = 3$ с уақыт мезеттері үшін (1.6) формуласының көмегімен мынаны табамыз:

$$\omega_1 = 4 \cdot 0 + 2 = 2 \text{ с}^{-1}, \quad \omega_2 = 4 \cdot 3^3 + 2 = 110 \text{ с}^{-1}.$$

Табылған ω_2 және ω_1 мәндерін (1.5) формуласына қоямыз:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{110 - 2}{3} = 36 \text{ с}^{-2}.$$

Жауабы: $\langle \varepsilon \rangle = 36 \text{ с}^{-2}$.

1.2.3 **3 есеп.** Тұрақты $v_0 = 10 \text{ с}^{-1}$ тең жиілікпен айналып тұрған маховикті тежеу кезінде, ол бірқалыпты кемімелі айнала бастаған. Тежелу аяқталғаннан кейін маховик қайтадан $v = 6 \text{ с}^{-1}$ тең жиілікпен бірқалыпты айнала бастаған. Маховиктің ε бұрыштық жылдамдығын және тежелу t ұзақтығын табыңыз. Маховик кемімелі қозғалысы кезінде $N = 50$ айналым жасаған.

<p>Берілгені: $v_0 = 10 \text{ c}^{-1}$ $v = 6 \text{ c}^{-1}$ $\varepsilon = \text{const}$ $N = 50$ айн. <hr/> ε? t?</p>	<p>Шешуі: ε бұрыштық үдеу ω_0 бастапқы және ω соңғы бұрыштық жылдамдықтармен былай байланысқан:</p> $\omega^2 - \omega_0^2 = -2\varepsilon\varphi, \quad (1.7)$ <p>мұндағы $\varphi = 2\pi N$ – маховиктің бұрыштық жолы; «-» таңбасы $\varepsilon < 0$ және қозғалыс кемімелі болғандықтан. (1.7) теңдеуінен мынаны аламыз:</p>
--	--

$$\varepsilon = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varphi} = \frac{\pi(v_0^2 - v^2)}{N} \quad (1.8)$$

Тежелу уақытын бірқалыпты кемімелі қозғалыс кезіндегі бұрыштық жылдамдықтың формуласынан табуға болады: $\omega = \omega_0 - \varepsilon t$, бұдан

$$t = \frac{\omega_0 - \omega}{\varepsilon} = \frac{2\pi(v_0 - v)}{\varepsilon}.$$

(1.8) формуласын қолдана отырып, мынаны табамыз:

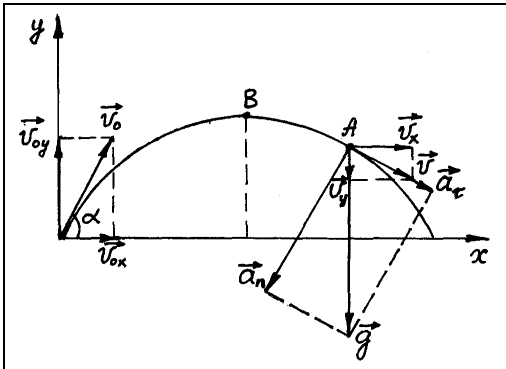
$$t = \frac{2\pi(v_0 - v)N}{\pi(v_0^2 - v^2)} = \frac{2N}{v_0 + v}. \quad (1.9)$$

(1.8) және (1.9) формулалары бойынша ε және t мәндерін есептейміз:

$$\varepsilon = \frac{3,14 \cdot (10^2 - 6^2)}{50} = 4,02 \text{ рад/с}^2, \quad t = \frac{2 \cdot 50}{10 + 6} = 6,25 \text{ с.}$$

Жауабы: $\varepsilon = 4,02 \text{ рад/с}^2$; $t = 6,25 \text{ с.}$

1.2.4 4 есеп. Дене 10 м/с тең жылдамдықпен көкжиекке 30° бұрыш жасай лақтырылған. Дененің ең жоғары көтерілу биіктігін, ұшу алыстығын, қозғалысқа кеткен уақыт ұзақтығын және қозғалыс басталғаннан $0,7 \text{ с}$ уақыт өткен кездегі дене траекториясының қисықтық радиусын табыңыздар.

<p>Берілгені: $\angle \alpha = 30^\circ$ $v_0 = 10 \text{ м/с}$ $t = 0,7 \text{ с}$ <hr/> h? S? $t_{\text{толық}}$? R?</p>	
--	--

1.1 сурет

Шешуі: Көкжиекке бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысын бір – бірінен тәуелсіз ОХ және ОУ өстері бойымен бағытталған екі қозғалыстың қосындысы түрінде қарастыруға болады (1.1 сурет). ОХ өсінің бойында денеге ешқандай күштер әсер етпейді, сондықтан ол бірқалыпты түзу сызықты қозғалады:

$$S = v_{0x} \cdot t_{\text{толық}} = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot t_{\text{толық}} \quad (1.10)$$

Дене ОУ өсінің бойымен В нүктесіне дейін бірқалыпты кемімелі қозғалады. В нүктесінде $v_y=0$, сондықтан көтерілу биіктігі мына формула арқылы анықталады:

$$v_{oy}^2 = 2gh,$$

осыдан:

$$h = \frac{v_{oy}^2}{2g} = \frac{(v_0 \sin\alpha)^2}{2g}.$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[h] = \frac{m^2 / c^2}{m / c^2} = m.$$

Еркін түсу үдеуін $g=10 \text{ м/с}^2$ тең деп алып, h мәнін есептейміз:

$$h = \frac{10^2 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 10} = 1,25 \text{ м.}$$

Бірқалыпты кемімелі қозғалыс v_y жылдамдығы мына формула бойынша анықталады:

$$v_y = v_{oy} - gt_1,$$

мұндағы $v_y = 0$ (В нүктесі үшін), $t_1 = \frac{t_{\text{толық}}}{2}$ көтерілу уақыты, осыдан

$$v_{oy} = gt_1, \quad v_0 \sin\alpha = g \frac{t_{\text{толық}}}{2},$$

$$t_{\text{толық}} = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}.$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[t_{\text{толық}}] = \frac{m / c}{m / c^2} = c.$$

$t_{\text{толық}}$ есептейік:

$$t_{\text{толық}} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,5}{10} = 1 \text{ с.}$$

Ұшу алыстығы (1.10) формуласы бойынша:

$$S = 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1 = 8,5 \text{ м.}$$

Дене траекториясының $t = 0,7$ с уақыт мезетіндегі қисықтық радиусын анықтайық. $\frac{t_{\text{толық}}}{2} < t < t_{\text{толық}}$ болғандықтан, $t = 0,7$ с уақыт мезетінде дене қандайда бір А нүктесіне келіп жетеді (1.1 суретті қара). Қисықтық радиусын мына формула арқылы анықтаймыз

$$R = \frac{v^2}{a_n}, \quad (1.11)$$

мұндағы v - дененің А нүктесіндегі жылдамдығы, a_n – осы нүктедегі нормаль үдеу. Осы шамаларды анықтау үшін А нүктесіндегі үдеулер мен жылдамдықтарды параллелограмдарға толықтырамыз. А нүктесіндегі жылдамдық $v = v_x + v_y$,

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \quad (1.12)$$

мұндағы

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \quad v_y = g \left(t - \frac{t_{\text{толық}}}{2} \right) \quad (1.13)$$

Дененің ауырлық күші жазықтығындағы қозғалысының толық үдеуі g еркін түсу үдеуіне тең. Екінші жағынан, толық үдеу a_n нормаль және a_τ тангенциал үдеулердің векторлық қосындысына тең:

$$g = a_n + a_\tau.$$

1.1 суреттен:

$$a_n = g \cos \varphi = g \frac{v_x}{v} \quad (1.14)$$

(1.12) және (1.14) формулаларын (1.11) формуласына қоя отырып және (1.13) формуласын ескере отырып:

$$R = \frac{\sqrt{(v_x^2 + v_y^2)^3}}{g v_x} = \frac{\sqrt{[v_0^2 \cos^2 \alpha + g^2 (t - 0,5 t_{\text{толық}})^2]^3}}{g v_0 \cos \alpha} \quad (1.15)$$

(1.15) формуласына сәйкес R өлшем бірлігін тексереміз:

$$[R] = \frac{\sqrt{(m^2 / c^2)^3}}{(m / c^2) \cdot (m / c)} = \frac{m^3 / c^3}{m^2 / c^3} = m.$$

R өлшем бірлігі дұрыс, сондықтан (1.15) формуласының да дұрыс екенін көреміз. (1.15) формуласындағы шамалардың сандық мәндерін орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$R = \frac{\sqrt{\left(10^2 \cdot \frac{3}{4} + 10^2 \cdot 0,2^2\right)^3}}{10 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = 8,3 \text{ м.}$$

Жауабы: $h = 1,25 \text{ м}$; $S = 8,5 \text{ м}$; $t_{\text{толық}} = 1 \text{ с}$; $R = 8,3 \text{ м}$.

1.3 Кинематика бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар

1.3.1 Материялық нүкте деп нені ескермеуге болатын денені айтамыз:

- A) массаны; B) масса мен өлшемдерін; C) масса мен пішінін;
D) өлшемі мен пішінін; E) өлшемдерін.

1.3.2 Орын ауыстыру векторы дегеніміз:

- A) санақ басынан материялық нүктенің берілген уақыт мезетіндегі орнына жүргізілген вектор;
B) материялық нүктенің берілген уақыт аралығында жүріп өткен жолы;
C) қозғалыстағы материялық нүктенің бастапқы орнынан оның соңғы орнына жүргізілген вектор;
D) қозғалыстағы материялық нүктенің белгілі уақыт аралығында сызып өткен траекториясы ұзындығының модуліне тең вектор, ал оның бағыты қозғалыс бағытымен бағыттас;
E) материялық нүктенің жылдамдық векторының қозғалыс уақытына көбейтіндісіне тең шама.

1.3.3 Дене жүріп өткен ΔS жол және Δr орын ауыстыру векторының модулі мына қатынас арқылы байланысқан:

- A) $\Delta r > \Delta S$; B) $\Delta r < \Delta S$; C) $\Delta r = \Delta S$; D) $\Delta r \leq \Delta S$; E) $\Delta r \geq \Delta S$.

1.3.4 Бірқалыпты түзусызықты қозғалыс мына формуламен өрнектеледі:

- A) $a = \text{const}$; B) $a = \text{const}$; C) $F = \text{const}$; D) $a = (v - v_0)/t$; E) $v = \text{const}$.

1.3.5 Кез-келген уақыт мезетінде дененің жылдамдық векторы мен үдеу векторы бір-бірімен 0° бұрыш жасайды. Бұл дене қалай қозғалады?

- A) Тыныштық қалпын сақтайды. B) Бірқалыпты түзусызықты.
C) Шеңбер бойымен бірқалыпты. D) Түзусызықты бірқалыпсыз.
E) Бірқалыпты үдемелі түзусызықты.

1.3.6 Кез-келген уақыт мезетінде дененің жылдамдық векторы үдеу векторымен тік бұрыш жасайды. Бұл дене қалай қозғалады?

- A) Тыныштық қалпын сақтайды.
B) Бірқалыпты түзусызықты.
C) Шеңбер бойымен бірқалыпты.
D) Түзусызықты бірқалыпсыз.
E) Бірқалыпты үдемелі түзусызықты.

1.3.7 Нормаль үдеудің векторы мына формула бойынша анықталады:

$$\text{A) } \vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{\tau}; \quad \text{B) } \vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}; \quad \text{C) } \vec{a}_n = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}; \quad \text{D) } a_n = \omega^2 r; \quad \text{E) } \vec{a}_n = \frac{d^2 r}{dt^2} \vec{n}.$$

1.3.8 Тангенциал үдеудің векторы мына формула бойынша анықталады:

$$\text{A) } \vec{a}_\tau = \frac{v^2}{R} \vec{\tau}; \quad \text{B) } \vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}; \quad \text{C) } \vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}; \quad \text{D) } a_n = \omega^2 r; \quad \text{E) } \vec{a}_n = \frac{d^2 r}{dt^2} \vec{n}.$$

1.3.9 Қисық сызықты қозғалыс кезінде тангенциал үдеу мынаны сипаттайды:

- А) жылдамдық векторының шамасы мен бағыты бойынша өзгеру шапшаңдығын;
- В) бұрыштық жылдамдықтың шамасы бойынша өзгеруін;
- С) жылдамдық векторының бағыты бойынша өзгеру шапшаңдығын;
- Д) жылдамдық векторының шамасы бойынша өзгеру шапшаңдығын;
- Е) бұрыштық жылдамдықтың бағыты бойынша өзгеру шапшаңдығын.

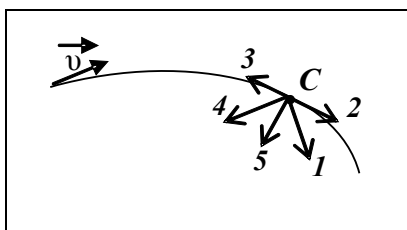
1.3.10 Қисық сызықты қозғалыс кезінде нормаль үдеу мынаны сипаттайды:

- А) жылдамдық векторының шамасы мен бағыты бойынша өзгеру шапшаңдығын;
- В) бұрыштық жылдамдықтың шамасы бойынша өзгеруін;
- С) жылдамдық векторының бағыты бойынша өзгеру шапшаңдығын;
- Д) жылдамдық векторының шамасы бойынша өзгеру шапшаңдығын;
- Е) бұрыштық жылдамдықтың бағыты бойынша өзгеру шапшаңдығын.

1.3.11 Үдеу векторын анықтау формуласының жалпы түрі:

$$\text{A) } \vec{a} = \frac{dv}{dt}; \quad \text{B) } \vec{a} = \frac{d^2 s}{dt^2} \vec{\tau}; \quad \text{C) } \vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n}; \quad \text{D) } a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2};$$

$$\text{E) } a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}.$$



1.3.12 Суретте кемімелі қозғалыс жасап келе жатқан бөлшек траекториясының бөлігі көрсетілген. С нүктесіндегі бөлшектің толық үдеуі қай вектормен бағыттас:

- А) 1; В) 2; С) 3; Д) 4; Е) 5.

1.3.13 Егер жоғарыдағы суретте үдемелі қозғалып келе жатқан бөлшек траекториясының бөлігі көрсетілген болса, онда С нүктесіндегі бөлшектің толық үдеуінің векторы қай вектормен сәйкес келеді:

- А) 1; В) 2; С) 3; Д) 4; Е) 5.

1.3.14 Айналмалы қозғалыстың бұрыштық жылдамдығы айналу жиілігі және айналу периодымен мына қатынас арқылы байланысқан:

- А) $\omega = \pi/T$ және $\omega = 2\pi/v$; В) $\omega = 2\pi/T$ және $\omega = 2\pi v$; С) $\omega = 2\pi T$ және $\omega = 2v$;
- Д) $\omega = \pi T$ және $\omega = v/2\pi$; Е) $\omega = T/2\pi$ және $\omega = \pi/v$.

- 1.3.15 Нүкте шеңбер бойымен тұрақты жылдамдықпен қозғалады. Оның жыламдығы 2 есеге артқан кезде нүктенің үдеуі қалай өзгерді:
 А) 2 есеге кемиді; В) 2 есеге артады; С) өзгермейді;
 D) 4 есеге кемиді; E) 4 есеге артады.
- 1.3.16 a_t тангенсиал және a_n нормаль үдеулерінің қандай мәндерінде дене түзу сызықты бірқалыпсыз қозғалады:
 А) $a_t = 0; a_n = 0$; В) $a_t \neq 0; a_n = 0$; С) $a_t \neq 0; a_n \neq 0$; D) $a_t = 0; a_n \neq 0$;
 E) $a_t = const; a_n = const$.
- 1.3.17 Материялық нүктенің тұзусызықты қозғалысы $S=2t^3-3t+15$, (м) тендеуімен өрнектелген. Қозғалыстың басынан 2 с уақыт өткеннен кейінгі нүктенің жылдамдығы
 А) 12,5 м/с; В) 25 м/с; С) 8,5 м/с; D) 21 м/с; E) 27м/с.
- 1.3.18. Дене бірқалыпты кемімелі қозғалып, 2 минутта өзінің жылдамдығын 18 км/сағ-тан 7,2 км/сағ дейін кемітті. Үдеудің сан мәні:
 А) 360 м/с²; В) 0,025 м/с²; С) 1,5 м/с²; D) 6 м/с²; E) 90 м/с².
- 1.3.19 Радиусы 600 м тең дөңгелек жолдың бөлігімен 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалып келе жатқан автомобильдің центрге тартқыш үдеуі неге тең:
 А) 1,6 м/с²; В) 17 м/с²; С) 2 м/с²; D) 0,2 м/с²; E) 0,17 м/с².
- 1.3.20 0,05 рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналып тұрған карусельде отырған баланың сызықтық жылдамдығының модулі қандай? Баланың айналу өсінен қашықтығы 10 м тең.
 А) 0,005 м/с; В) 0,2 м/с; С) 0,5 м/с; D) 200 м/с; E) 20 м/с.
- 1.3.21 Еркін төмен түскен дене 3 секундтан соң қандай жылдамдық алады? Бастапқы жылдамдықты нөлге тең, еркін түсу үдеуін 10 м/с² тең деп алыңыз.
 А) 3,3 м/с; В) 30 м/с; С) 90 м/с; D) 45 м/с; E) 60 м/с.
- 1.3.22 Диск бір секунд ішінде 25 айналым жасайды. Дисктің ω бұрыштық жылдамдығы қандай?
 А) 25π ; В) 50π ; С) $25/\pi$; D) $20/\pi$; E) 10π .
- 1.3.23 20 м биіктіктен вертикаль төмен құлаған дене Жер бетіне түсу мезетінде қандай жылдамдыққа ие болады? ($g=10\text{м/с}^2$):
 А) 10м/с; В) 20м/с; С) 25м/с; D) 30м/с; E) 35м/с.

- 1.3.24 Нүкте қисықтық радиусы 4 м тең қисық бойымен $0,5 \text{ м/с}^2$ тангенциал үдеумен қозғалады? Қандай да бір уақыт мезетінде оның жылдамдығы 3 м/с тең болды. Нүктенің осы уақыт мезетіндегі толық үдеуі неге тең?
 А) $1,2 \text{ м/с}^2$; В) $1,8 \text{ м/с}^2$; С) $3,4 \text{ м/с}^2$; D) $2,3 \text{ м/с}^2$; E) $3,1 \text{ м/с}^2$.
- 1.3.25 Дене горизонтқа 30° бұрыш жасай 20 м/с жылдамдықпен лақтырылған. Егер еркін түсу үдеуін $g=10 \text{ м/с}^2$ тең деп алсақ, дененің көтерілу биіктігінің максимал мәні неге тең?
 А) 5 м; В) 10 м; С) 20 м; D) 14,45 м; E) 17,1 м.
- 1.3.26 Материялық нүктенің түзу сызық (X өсі) бойымен қозғалысының кинематикалық теңдеуі мына түрде берілген: $X = A + Bt^2 + Ct^3$ мұндағы $A=3 \text{ м}$, $B = -2 \text{ м/с}^2$, $C = 0,5 \text{ м/с}^3$. Нүктенің $t = 3 \text{ с}$ уақыт мезетіндегі лездік үдеуін анықтаңыз:
 А) 13 м/с^2 ; В) 5 м/с^2 ; С) $1,5 \text{ м/с}^2$; D) $4,5 \text{ м/с}^2$; E) $-0,17 \text{ м/с}^2$.
- 1.3.27 Дененің қозғалмайтын өске қатысты айналмалы қозғалысы кезіндегі айналу бұрышының уақытқа тәуелділігі мына түрде берілген: $\varphi = (2t^4 - 2)$ рад. Дененің 0 ден 3с дейінгі уақыт аралығындағы бұрыштық жылдамдығы мен орташа бұрыштық үдеудің мәні неге тең?
 А) 54 рад/с және 72 рад/с^2 ; В) $52,7 \text{ рад/с}$ және 108 рад/с^2 ;
 С) 72 рад/с және 18 рад/с^2 ; D) 108 рад/с және $17,5 \text{ рад/с}^2$;
 E) 72 рад/с және 54 рад/с^2 .
- 1.3.28 Биіктігі 19,6м мұнарадан горизонталь бағытта 5 м/с жылдамдықпен тас лақтырылған. Тастың жерге түсу мезетіндегі жылдамдығы неге тең?
 А) $20,2 \text{ м/с}$; В) 10 м/с ; С) 49 м/с ; D) $38,4 \text{ м/с}$; E) $39,2 \text{ м/с}$.
- 1.3.29 Поезд 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалып келе жатыр. Егер ток беру тоқтатылса, онда поезд кемімелі қозғала отырып 20 с уақыттан кейін тоқтайды. Поездың үдеуі неге тең?
 А) $-0,5 \text{ м/с}^2$; В) -2 м/с^2 ; С) -8 м/с^2 ; D) -6 м/с^2 ; E) -5 м/с^2 .
- 1.3.30 Материялық нүкте қозғалысының кинематикалық теңдеуі мына түрде берілген: $x = A+Bt+ Ct^3$, мұндағы $A = -4 \text{ м}$, $B = 2 \text{ м/с}$, $C = -0,5 \text{ м/с}^3$. Нүктенің $t = 2 \text{ с}$ уақыт мезетіндегі лездік жылдамдығы неге тең?
 А) -4 м/с ; В) $2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$; С) $4 \cdot 10^2 \text{ м/с}$; D) 5 м/с ; E) $4,5 \text{ м/с}$.

2 МАТЕРИАЛЫҚ НҮКТЕ МЕН ҚАТТЫ ДЕНЕ ДИНАМИКАСЫ. ГИДРОДИНАМИКА

2.1 Негізгі заңдар мен формулалар

2.1.1 Материялық нүкте импульсі

$$p = mv$$

2.1.2 Ньютонның екінші заңы

а) жалпы түрі

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt}$$

б) $m = const$ болғанда

$$F = ma$$

2.1.3 Механикадағы күштер:

а) серпімділік

$$F = -kx$$

б) ауырлық

$$F = mg$$

в) гравитациялық өзара әсерлесу

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

г) үйкеліс

$$F = \mu F_n = \mu N$$

2.1.4 Ілгерлемелі қозғалыс кезіндегі жұмыс

а) тұрақты күшпен әсер еткен кезде

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

б) айнымалы күшпен әсер еткен кезде

$$A = \int F \cdot \cos \alpha \cdot dS$$

2.1.5 Айналмалы қозғалыс кезіндегі жұмыс

а) тұрақты күш моментімен әсер еткен кезде

$$A = M \cdot \Delta \varphi$$

б) айнымалы күш моментімен әсер еткен кезде

$$A = \int M \cdot d\varphi$$

2.1.6 Қуат

$$N = \frac{dA}{dt}$$

2.1.7 Кинетикалық энергия

а) ілгерлемелі қозғалыс үшін

$$W_{\kappa} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$$

б) айналмалы қозғалыс үшін

$$W_{\kappa} = \frac{I\omega^2}{2}$$

2.1.8 Потенциалдық энергия

а) серпімді-деформацияланған дене үшін

$$W_n = kx^2 / 2$$

б) ауырлық күшінің біртекті жазықтығындағы

$$W_n = m g h$$

в) гравитациялық өзара әсерлесудің

$$W_n = - G \frac{m_1 m_2}{r}$$

2.1.9 Механикалық энергияның сақталу заңы

$$W_{\kappa} + W_n = const$$

2.1.10 Жұмыспен энергияның арасындағы байланыс:

$$A = W_2 - W_1; \quad A = W_{\kappa 2} - W_{\kappa 1}; \quad A = W_{n1} - W_{n2}.$$

2.1.11 Қозғалмайтын айналу центріне қатысты күш моменті:

$$M = [r, F], \quad M = r \cdot F \cdot \sin \alpha = F \cdot l$$

2.1.12 Қозғалмайтын айналу центріне қатысты импульс моменті:

$$L = [r, mv]; \quad L = r \cdot m \cdot v \cdot \sin \alpha; \quad L = I\omega$$

2.1.13 Инерция моменті

а) материялық нүкте үшін

$$I = m r^2$$

б) n материялық нүктелер жүйесі үшін

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

в) ұзындығы l стерженьге перпендикуляр және оның массалар центрі арқылы өтетін өске қатысты

$$I = \frac{1}{12} m l^2$$

г) сақинаның (қуыс цилиндр) цилиндр өсімен беттесетін өске қатысты:

$$I = m(R_1^2 + R_2^2) / 2$$

$R_1 \approx R_2 = R$ болғанда

$$I = mR^2$$

д) дискінің табанына перпендикуляр және оның өсімен сәйкес келетін өске қатысты

$$I = \frac{1}{2} mR^2$$

е) тұтас шардың центрі арқылы өтетін өске қатысты

$$I = \frac{2}{5} mR^2$$

ж) жұқа қабырғалы қуыс сфераның центрі арқылы өтетін өске қатысты

$$I = \frac{2}{3} mR^2$$

2.1.14 Штейнер теоремасы

$$I = I_0 + md^2$$

2.1.15 Айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі заңы:

а) жалпы түрі

$$M = \frac{dL}{dt} = \frac{d(I\omega)}{dt}$$

б) $I = \text{const}$ болғанда

$$M = I \frac{d\omega}{dt} = I \varepsilon$$

2.1.16 Импульс моментінің сақталу заңы:

$$\sum I_i \omega_i = \text{const}$$

2.1.17 Стержін ұзындығының релятивистік қысқаруы

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

мұндағы l_0 – тыныштықтағы стержень ұзындығы.

2.1.18 Сағат жүрісінің релятивистік баяулауы

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

мұндағы Δt_0 – қозғалыстағы сағаттың меншікті уақыты,
 Δt – сағат қозғалысына қатысты жүйедегі уақыт.

2.1.19 Релятивистік масса

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

2.1.20 Релятивистік импульс

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

2.1.21 Релятивистік бөлшектің толық энергиясы

$$E = mc^2 = m_0 c^2 + W_k.$$

2.1.22 Толық энергия мен релятивистік бөлшектің импульсі арасындағы байланыс

$$E^2 - p^2 c^2 = m_0^2 c^4$$

2.1.23 Кинетикалық энергия мен релятивистік бөлшектің импульсі арасындағы байланыс

$$p^2 c^2 = W_k (W_k + 2 m_0 c^2)$$

2.1.24 Ағынның үзіліссіздік теңдеуі

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

2.1.25 Ток түтігіндегі сұйықтың шығыны

а) көлемдік шығын

$$V = vS$$

в) массалық шығын

$$M = \rho vS$$

2.1.26 Сұйықтың гидростатикалық қысымы

$$p = \rho gh$$

2.1.27 Сұйықтың динамикалық қысымы

$$p = \rho v^2 / 2$$

2.1.28 Идеал сығылмайтын сұйыққа арналған Бернулли теңдеуі

а) жалпы түрі

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2$$

б) тоқтың горизонталь түтігі үшін ($h_1=h_2$)

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

2.1.29 Беті ашық кең ыдыстағы кішкене саңылаудан ағып шыққан сұйықтың жылдамдығы

$$v = \sqrt{2gh}$$

2.1.30 Рейнольдс саны

а) ұзын түтіктегі сұйық ағыны үшін

$$Re = \frac{\rho \langle v \rangle d}{\eta}$$

б) сұйықтағы шариктің қозғалысы үшін

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta}$$

2.1.31 Сұйықтың ламинарлық ағу шарты:

$$Re \ll Re_{кр}$$

а) сұйықтағы шариктің қозғалысы үшін

$$Re_{кр} = 0,5$$

б) ұзын түтікшелердегі сұйық ағыны үшін

$$Re_{кр} = 2300$$

2.1.32 Стокс формуласы

$$F = 6 \pi \eta r v$$

2.1.31 Ішкі үйкеліс күші

$$F = \eta \left| \frac{\Delta v}{\Delta X} \right| \cdot S$$

2.1.32 Ұзындығы l дененің созылуы мен ұзаруы кезіндегі салыстырмалы деформациясы

$$\varepsilon = x / l$$

2.1.33 Көлденең қимасының ауданы S стержіннің созылуы (сығылуы) кезіндегі нормаль кернеуі

$$\sigma = F_{\text{серп}} / S$$

2.1.34 Сығылу мен созылу үшін Гук заңы

$$F_{\text{серп}} = - kx$$

немесе

$$\sigma = \varepsilon E$$

2.1.35 Юнг модульі

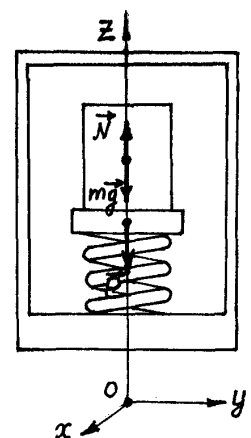
$$E = kl / S$$

2.2 Есеп шығару үлгілері

2.2.1 1- есеп. Лифте орналасқан серіппелік таразыда массасы $m = 10$ кг дене ілініп тұр. Лифт 2 м/с^2 үдеумен қозғалып келеді. Таразының екі жағдайдағы көрсетулерін анықта: лифттің үдеулері бағытталса; 1) тік жоғары; 2) тік төмен

<p><i>Берілгені:</i> $m=10$ кг $a=2 \text{ м/с}^2$ $P=?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Таразының көрсетулерін анықтау бұл – дененің серіппеге әсер ету күшін, яғни P дененің салмағын табу дегенді білдіреді. Ньютонның үшінші заңы бойынша бұл күш бағыты жағынан қарама қарсы, ал шамасы жағынан серіппенің таразы табақшалары арқылы денеге әсер етуші N серпміділік (тіректің реакция күшіне) күшіне тең, яғни:</p>
--	---

$$P = - N \text{ немесе } P = N. \quad (2.1)$$



2.1 -сурет

Осыдан таразы көрсетулерін анықтау есебі, N тіректің реакция күшін табумен дәл келеді.

Денеге екі күш әсер етеді: mg ауырлық күші және серіппенің N серпімділік күші. Z өсін тік жоғары бағыттадық және осы өс проекциясындағы дене қозғалысының теңдеуін жазайық:

$$N - mg = ma,$$

бұдан

$$N = m(g + a). \quad (2.2)$$

(2.1) және (2.2) теңдіктерін ескере отырып, мынаны аламыз:

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

Таразы көрсетулерін есептеу кезінде үдеудің таңбасын ескеру қажет:

1) үдеу тік жоғары бағытталса ($a > 0$), онда

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

$$P = 10(9,8 + 2) = 118 \text{ Н};$$

2) үдеу тік төмен бағытталса ($a < 0$), онда

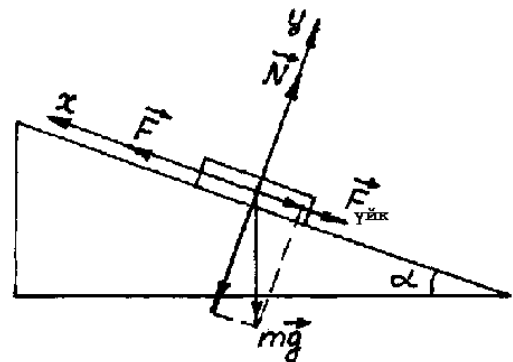
$$P = m(g - a),$$

$$P = 10(9,8 - 2) = 78 \text{ Н}.$$

Жауабы: 1) $P = 118 \text{ Н}$; 2) $P = 78 \text{ Н}$.

2.2.2 2-есеп. Көкжиекпен 30° бұрыш жасай орналасқан ұзындығы 3 м тең көлбеу жазықтық бойымен массасы 100 кг тең жүкті 1 м/с^2 үдеумен жоғары қарай көтереді. Көлбеу жазықтықтың табанында орналасқан жүк тыныштық қалпында болған. Жүкті көтеру кезінде істелінген жұмыс пен көтеру құрылғысының орташа қуатын анықтаңыздар. Сырғанаудың үйкеліс коэффициенті 0,1 тең.

<p>Берілгені: $m=100 \text{ кг}$ $l=3 \text{ м}$ $\mu=0,1$ $a=1 \text{ м/с}^2$ $A=? <N>=?$</p>	<p>Шешуі: Көлбеу жазықтық бойымен қозғалып келе жатқан жүкке төрт күш әсер етеді: mg ауырлық күші, N тіректің реакция күші, $F_{\text{үйк}}$ үйкеліс күші және F тарту күші. Ньютонның екінші заңы бойынша:</p> $mg + N + F_{\text{үйк}} + F = ma \quad (2.3)$
--	--



2.2- сурет

Күштер бір-біріне әр-түрлі бұрыштар жасай бағытталғандықтан, x өсін көлбеу жазықтықтағы қозғалыс бағытымен бағыттас, ал y өсін көлбеу жазықтыққа перпендикуляр етіп аламыз. (2.3) теңдеуінің осы өстердегі проекциясын жазайық

$$- mgsin\alpha - F_{\text{үйк}} + F = ma \quad (2.4)$$

$$- mgcos\alpha + N = 0. \quad (2.5)$$

(2.5) теңдеуден:

$$N = mgcos\alpha.$$

Үйкеліс күшінің анықтамасы бойынша $F_{\text{үйк}} = \mu N$, осыдан, $F_{\text{үйк}} = \mu mgcos\alpha$. (2.4) теңдеуінен F тарту үшін табамыз:

$$F = mgsin\alpha + \mu mgcos\alpha + ma = m(gsin\alpha + \mu gcos\alpha + a).$$

Жүкті көтеру кезінде істелінетін жұмыстың анықтамасы бойынша:

$$A = F \cdot l = ml(gsin\alpha + \mu gcos\alpha + a). \quad (2.6)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[A] = \text{кг} \cdot \text{м}(\text{м}/\text{с}^2) = \text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2 = \text{Дж}.$$

Анықтамасы бойынша орташа қуат

$$\langle P \rangle = \frac{A}{t}, \quad (2.7)$$

мұндағы t -жүкті көтеру уақыты. Бастапқы жылдамдығы нольге тең бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезіндегі жолды табу формуласы $l = at^2/2$, осыдан: $t = \sqrt{2l/a}$.

Сонда (2.7) формуласы мына түрге ие болады:

$$\langle P \rangle = \frac{A}{\sqrt{2l/a}} = A \sqrt{\frac{a}{2l}} \quad (2.8)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[\langle P \rangle] = \frac{\text{Дж} \cdot \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}}{\sqrt{\text{м}}} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}.$$

(2.6) және (2.8) теңдеулеріндегі шамалардың сандық мәндерін қоя отырып есептеулер жүргіземіз:

$$A = 100 \cdot 3 \left(9,8 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 9,8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 1 \right) \cong 2026 \text{ Дж.}$$

$$\langle P \rangle = 2026 \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 3}} = 827 \text{ Вт.}$$

Жауабы: $A=2026$ Дж, $\langle P \rangle = 827$ Вт.

2.2.3 3 есеп. Горизонталь бағытта қандай да бір v_1 жылдамдықпен қозғалып келе жатқан массасы m_1 тең шар, тыныштық қалпында тұрған массасы m_2 тең шармен соқтығысады. Шарлар абсолют серпімді; соқтығысу түзу және центрлік. Бірінші шардың кинетикалық энергиясының қанша бөлігі екінші шарға беріледі?

Берілгені: m_1
 m_2
 v_1
 $v_2=0$

Шешуі: Бірінші шардың екінші шарға берген энергиясының үлесі мына қатынас арқылы анықталады

$$\varepsilon = \frac{W_{K2}}{W_{K1}} = \frac{m_2 u_2^2}{m_1 v_1^2} = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{u_2}{v_1} \right)^2, \quad (2.9)$$

$\frac{W_{K2}}{W_{K1}}$ -?

мұндағы W_{K1} - бірінші шардың соқтығысуға дейінгі кинетикалық энергиясы; u_2 және W_{K2} – екінші шардың соқтығысқаннан кейінгі жылдамдығы мен кинетикалық энергиясы.

(2.9) теңдеуден көрініп тұрғандай, ε анықтау үшін u_2 табу керек. Абсолют серпімді денелер соқтығысқан кезде бір уақытта импульс пен механикалық энергияның сақталу заңдары орындалады. Осы заңдарды берілген жағдай үшін жазайық:

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2; \quad (2.10)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}. \quad (2.11)$$

(2.10) және (2.11) теңдеулерін шеше отырып, мынаны табамыз:

$$u_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

u_2 өрнегін (2.9) формуласына қоя отырып мынаны табамыз:

$$\varepsilon = \frac{m_2}{m_1} \left[\frac{2m_1 v_1}{v_1 (m_1 + m_2)} \right]^2 = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}.$$

Табылған қатынастан, екінші шарға берілетін кинетикалық энергияның үлесі тек қана соқтығысқан шарлардың массасына тәуелді екені көрініп тұр. Егерде шарлардың орнын ауыстырсақ берілетін энергияның үлесі өзгермейді.

Жауабы: $\varepsilon = \frac{4m_1m_2}{(m_1 + m_2)^2}$.

2.2.4 4 есеп. Массасы 1 кг дене тұрақты күштің әсерінен түзу сызықты қозғалады. Дененің жүріп өткен жолының уақытқа тәуелділігі $S = (2t^2 + 4t + 1)$ м теңдеуімен берілген. Кинетикалық энергияның уақытқа тәуелділігі мен күштің әсері басталғаннан 10 с өткеннен кейінгі істеген жұмысын анықтаңыз.

<p><i>Берілгені:</i> $m=1$ кг $S=(2t^2+4t+1)$ м $A=?$ $W_k(t)-?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Күш істеген жұмыс қисық сызықты интеграл арқылы өрнектеледі</p> $A = \int F dS . \quad (2.12)$
---	---

Ньютонның екінші заңы бойынша денеге әсер етуші күш $F = ma$ тең немесе

$$F = m \frac{d^2S}{dt^2} . \quad (2.13)$$

Үдеудің лездік мәні жылдамдықтың уақыт бойынша бірінші туындысы немесе жолдың уақыт бойынша екінші туындысы болады. Осыған сәйкес табатынымыз:

$$v = \frac{dS}{dt} = 4t + 4; \quad (2.14)$$

$$a = \frac{d^2S}{dt^2} = 4 \text{ м/с}^2. \quad (2.15)$$

осыдан

$$F = m \frac{d^2S}{dt^2} = 4m. \quad (2.16)$$

(2.14) өрнегінен dS анықтаймыз:

$$dS = (4t + 4)dt. \quad (2.17)$$

(2.16) және (2.17) теңдеулерін (2.12) теңдеуіне қойып, мынаны табамыз:

$$A = \int 4m(4t+4)dt.$$

Мына формула бойынша күштің әсері басталғаннан 10 с өткеннен кейінгі істеген жұмысын анықтаймыз:

$$A = \int_0^{10} (16mt + 16m)dt = m \left[\frac{16t^2}{2} \Big|_0^{10} + 16t \Big|_0^{10} \right] = 1(8 \cdot 10^2 + 16 \cdot 10) \text{ Дж} = 960 \text{ Дж}.$$

Кинетикалық энергия мына формула бойынша анықталады

$$W_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (2.18)$$

(2.14) өрнегін (2.18) теңдеуіне қоя отырып, мынаны табамыз:

$$W_k = \frac{m(4t + 4)^2}{2} = \frac{m(16t^2 + 32t + 16)}{2} = m(8t^2 + 16t + 8).$$

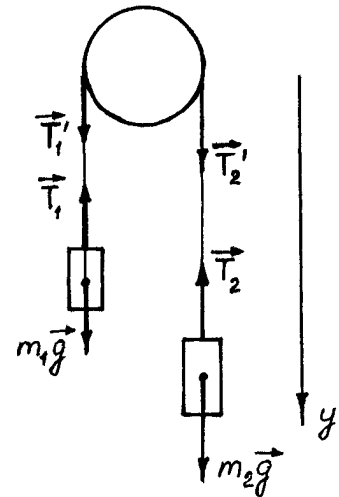
Жауабы: $A = 960 \text{ Дж}$; $W_k = m(8t^2 + 16t + 8)$.

2.2.5 5 есеп. Массасы $m=80\text{г}$ тең тұтас диск түріндегі блок арқылы жіңішке майысқақ жіп ілінген және оның ұштарына массалары $m_1=100\text{ г}$ және $m_2=200\text{ г}$ жүктер ілінген. Егер де оларды өз жайына қалдырса жүктер қандай үдеулермен қозғалады? Жіптің массасы мен үйкелісі ескерілмейді.

Берілгені:
 $m=80\text{ г}=0,08\text{ кг}$
 $m_1=100\text{ г}=0,1\text{ кг}$
 $m_2=200\text{ г}=0,2\text{ кг}$

$a=?$

Шешуі: Ілгерлемелі және айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі теңдеулерін пайдаланамыз. Ол үшін әр жүкке және блокқа әсер ететін күштерді қарастырамыз. Бірінші жүкке екі күш әсер етеді: m_1g ауырлық күші және T_1 серпімділік күші (жіптің керілу күші). Ол күштердің тік жоғары бағыттаған y өсіндегі проекциясын алып, осы өстегі қозғалыс теңдеуін (Ньютонның екінші заңы) жазайық:



2.3-сурет

$$m_1g - T_1 = -m_1a. \quad (2.19)$$

Сәйкесінше екінші жүктің қозғалыс теңдеуін жазайық:

$$m_2g - T_2 = m_2a. \quad (2.20)$$

Чертеж жазықтығына перпендикуляр өске қатысты $T_1' r$ және $T_2' r$ екі күш моменттерінің әсерінен блок ε ($\varepsilon = a/r$) бұрыштық үдеуге ие болады. Айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі теңдеуіне сәйкес

$$T_2' r - T_1' r = J_z \varepsilon, \quad (2.21)$$

мұндағы $J_z = \frac{1}{2} m r^2$ – блоктың (тұтас диск) z өсіне қатысты инерция моменті.

T_1' күші Ньютонның үшінші заңына сәйкес абсолют мәні бойынша T_1 күшіне тең. Сәйкесінше T_2' күші абсолют мәні бойынша T_2 күшіне тең. Осыны қолдана отырып, (2.21) теңдеуіндегі T_2' және T_1' орнына T_1 және T_2 өрнектерін қоямыз, ал оларды алдын ала (2.19) және (2.20) теңдеулері арқылы табамыз:

$$(m_2 g - m_2 a) r - (m_1 g + m_1 a) r = \frac{1}{2} m r^2 \frac{a}{r}.$$

Осы өрнекті ықшамдай отырып, үдеудің өрнегін аламыз:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1 + \frac{m}{2}} g. \quad (2.22)$$

(2.22) формуласының оң жағындағы массалар қатынасының өлшем бірлігі бірге тең. Сондықтан m_1 , m_2 және m массаларының сандық мәндерін есептің берілгенінде көрсетілгендей грамм арқылы өрнектеуге болады. Еркін түсу үдеуінің сандық мәнінің орнына ХБ жүйесіндегі өлшем бірлігі алынады. Есептеулер жүргізу арқылы мынаны табамыз

$$a = \frac{200 - 100}{200 + 100 + \frac{80}{2}} \cdot 9,81 = 2,88 \text{ м/с}^2.$$

Жауабы: $a = 2,88 \text{ м/с}^2$.

2.2.6 6 есеп. Массасы $m=50$ кг және радиусы $R=0,2$ м тең тұтас диск түріндегі маховикті $v_1=480$ мин⁻¹ жиілікке дейін айналдырып, қоя берген. Үйкеліс күшінің әсерінен маховик $t=50$ с уақыттан кейін тоқтады. Үйкеліс күшінің моментін M анықтаңыз.

Берілгені:

$$R=0,2 \text{ м}$$

$$m=50 \text{ кг}$$

$$v_1=480 \text{ мин}^{-1}=8 \text{ с}^{-1}$$

$$t=50 \text{ с}$$

M -?

Шешуі: Есепті шығару үшін айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі теңдеуінің мына түрін қолданамыз

$$dL_z = M_z dt, \quad (2.23)$$

мұндағы dL_z – маховиктің геометриялық өсімен беттесетін z өсіне қатысты маховиктің импульс моментінің dt уақыт аралығындағы өзгерісі;

M_z – маховикке әсер ететін сыртқы күштердің z өсіне қатысты моменті (бұл жағдайда үйкеліс күшінің моменті).

Үйкеліс күшінің моменті уақыт өте келе өзгермейді ($M_z = \text{const}$), сондықтан (2.23) теңдеуін интегралдау мына өрнекке әкеледі

$$\Delta L_z = M_z \Delta t. \quad (2.24)$$

Қатты дененің қозғалмайтын өске қатысты айналмалы қозғалысы кезіндегі импульс моментінің өзгерісі

$$\Delta L_z = J_z \Delta \omega, \quad (2.25)$$

мұндағы $J_z = \frac{1}{2} m R^2$ - маховиктің (тұтас диск) z өсіне қатысты инерция моменті;

$\Delta \omega$ - маховиктің бұрыштық жылдамдығының өзгерісі. (2.24) және (2.25) теңдеулерінің оң жақтарын теңестіре отырып, мынаны табамыз:

$$M_z \Delta t = J_z \Delta \omega,$$

осыдан

$$M_z = J_z \frac{\Delta \omega}{\Delta t}. \quad (2.26)$$

$\Delta \omega = \omega_2 - \omega_1$ бұрыштық жылдамдықтың өзгерісін $\omega = 2\pi\nu$ қатынасын пайдалана отырып, анықталған ν_1 бастапқы және ν_2 соңғы айналу жиіліктері арқылы өрнектейміз

$$\Delta \omega = \omega_2 - \omega_1 = 2\pi\nu_2 - 2\pi\nu_1 = 2\pi(\nu_2 - \nu_1).$$

(2.26) формуласына J_z және $\Delta \omega$, өрнектерін қойып, мынаны табамыз

$$M_z = \pi m R^2 (\nu_2 - \nu_1) / \Delta t. \quad (2.27)$$

Есептеу формуласы күш моментінің өлшем бірлігін бере ме жоқ па соны тексерейік. Ол үшін формуланың оң жағындағы шамалардың орнына олардың өлшем бірліктерін қоямыз:

$$[M] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}}{\text{с}} = \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Табылған (Н·м) өлшем бірлігі күш моментінің өлшем бірлігі болып табылады. (2.27) теңдеуіндегі шамалардың сандық мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

$$M_z = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot (0,2)^2 \cdot (0 - 8)}{50} = - 1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

“Минус” таңбасы, үйкеліс күші маховик қозғалысына қарама-қарсы бағытта әсер ететінін көрсетеді.

Жауабы: $M = - 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

2.2.7 7 есеп. Массасы 2 кг тең шар горизонталь жазықтықта домалап келе жатыр. Қозғалыс басталғаннан 2 мин өткеннен кейін шар тоқтайды. Егер шардың бастапқы жыламдығы 2 м/с тең болса, үйкеліс күшінің жұмысы неге тең?

Берілгені:
 $m=2 \text{ кг}$
 $t=2 \text{ мин} = 120 \text{ с}$
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 $A=? \quad F_{\text{үйк}}=?$

Шешуі: Шардың толық кинетикалық энергиясы оның ілгерлемелі қозғалысы мен айналмалы қозғалысының кинетикалық энергияларының қосындысынан тұрады. Шардың толық тоқтау мезетіне дейін бұл энергия үйкеліс күшін жеңуге шығындалады да, энергияның сақталу заңы бойынша ол үйкеліс күшінің жұмысына тең:

$$A = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2},$$

мұндағы $J = \frac{2}{5} mR^2$ – шардың инерция моменті, ω -оның бұрыштық жыламдығы.

$\omega = v_0/R$ екенін ескерсек, онда:

$$A = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} mR^2 \cdot \frac{v_0^2}{R^2} = 0,7 mv_0^2.$$

$$[A] = \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2 = \text{Дж}$$

$$A = 0,7 \cdot 2 \cdot 4 = 5,6 \text{ Дж}.$$

Жұмыстың анықтамасы бойынша:

$$A = F_{\text{үйк}} \cdot S,$$

мұндағы жол

$$S = at^2/2.$$

Токтағанға дейінгі бірқалыпты кемімелі қозғалыс кезінде

$$v_0 = at, \quad S = v_0 t/2,$$

онда:

$$F_{\text{үйк}} = \frac{A}{S} = \frac{2A}{v_0 t}.$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[F_{\text{үйк}}] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{с}}}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{Н}.$$

Сандық мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

$$F_{\text{үйк}} = \frac{2 \cdot 5,6}{2 \cdot 120} \approx 0,047 \text{ Н}.$$

Жауабы: $A = 5,6$ Дж; $F_{\text{үйк}} = 0,047$ Н.

2.2.8 8 есеп. Массасы $m_1=180$ кг және радиусы $R=1,5$ тең тұтас диск түріндегі платформа инерциясы бойынша $n=10$ мин⁻¹ жиілікпен вертикаль өс маңайында айналмалы қозғалыс жасайды. Платформа центрінде массасы $m_2=60$ кг тең адам тұр. Егер адам платформаның шетіне орын ауыстыратын болса, онда ол еденге қатысты қандай сызықтық жылдамдыққа ие болады?

<p><i>Берілгені:</i> $R=1,5$ м $m_1=180$ кг $n=10$ мин⁻¹ $m_2=60$ кг</p>	<p><i>Шешуі:</i> Платформа инерциясы бойынша айналады. Сондықтан платформаның геометриялық өсімен беттесетін z айналу өсіне қатысты сыртқы күштер моменті нольге тең. Осы шартқа сәйкес платформа-адам жүйесінің L_z импульс моменті тұрақты болып қалады.</p>
---	--

v -?

$$L_z = J_z \omega = \text{const}, \quad (2.28)$$

мұндағы J_z –адамы бар платформаның z өсіне қатысты инерция моменті; ω -платформаның бұрыштық жылдамдығы.

Жүйенің инерция моменті осы жүйеге кіретін денелердің инерция моменттерінің қосындысына тең

$$J_z = J_1 + J_2,$$

мұндағы J_1 – платформаның инерция моменті; J_2 – адамның инерция моменті.

Осыны ескере отырып (2.28) теңдігі мына түрге ие болады:

$$(J_1 + J_2)\omega = \text{const},$$

немесе

$$(J_1 + J_2)\omega = (J'_1 + J'_2)\omega', \quad (2.29)$$

мұндағы штрихталмаған шамалардың мәні жүйенің бастапқы күйіне, штрихталғандары соңғы күйіне сәйкес келеді.

Платформаның (тұтас дискінің) z өсіне қатысты инерция моменті адам орынын ауыстырған кезде де өзгермейді: $J_1 = J'_1 = 0,5 m_1 R^2$. Ал адамның сол өске қатысты инерция моменті өзгереді. Егер адамды материялық нүкте ретінде қарастырсақ, онда оның бастапқы күйіндегі (платформа центріндегі) J_2 инерция моменті нольге тең. Адамның соңғы күйіндегі (платформаның шетіндегі) инерция моменті $J'_2 = m_2 R^2$ тең.

(2.29) формуласына инерция моменттерінің табылған мәндерін қойып және адамы бар платформаның ω бастапқы бұрыштық жылдамдығын айналу жиілігі n ($\omega = 2\pi n$) арқылы, ал ω' соңғы бұрыштық жылдамдықты адамның еденге қатысты v сызықтық жылдамдығы арқылы өрнектейміз ($\omega' = v/R$):

$$\left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + 0 \right) 2\pi n = \left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + m_2 R^2 \right) \frac{v}{R}.$$

Бұл өрнектің екі жағын да R^2 қысқартып және қарапайым түрлендірулерден кейін бізге қажетті жылдамдықты табамыз:

$$v = 2\pi n R \frac{m_1}{m_1 + 2m_2} \quad (2.30)$$

$n = 10 \text{ мин}^{-1} = \frac{1}{6} \text{ с}^{-1}$ екенін ескере отырып, (2.30) формуласындағы физикалық шамалардың ХБ жүйесіндегі сан мәндерін қойып есептеулер жүргіземіз:

$$v = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1,5 \cdot \frac{180}{180 + 2 \cdot 60} = 1 \text{ м/с}.$$

Жауабы: $v = 1 \text{ м/с}$.

2.2.9 9 есеп. Су фонтанға үлкен цилиндрлік бак арқылы келеді және II саңылауынан $v_2 = 12 \text{ м/с}$ жылдамдықпен атқылайды. Бактың диаметрі 2 м , II саңылауының көлденең қимасының диаметрі 2 см тең. Табу керек: 1) бактағы

судың v_1 төмендеу жылдамдығын; 2) фонтанға баратын суға түсірілген p_1 қысымды; 3) бактағы су деңгейінің h_1 биіктігін және фонтаннан атқылаған су ағынының көтеріліу h_2 биіктігін.

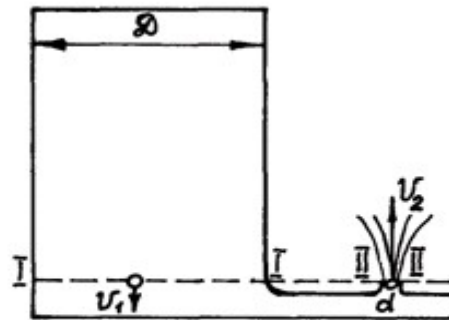
Берілгені:

$$v_2 = 12 \text{ м/с}$$

$$D = 2 \text{ м}$$

$$d = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$v_1 - ? \quad p_1 - ? \quad h_1 - ? \quad h_2 - ?$$



2.4-сурет

Шешуі: 1) Цилиндрлік бактың ішінде фонтанның II қимасының деңгейімен дәл келетін I қимасын жүргіземіз (2.4 -суретті қара). I қимасының S_1 ауданы II қимасының S_2 ауданынан үлкен болғандықтан, бактағы су деңгейінің биіктігі аз уақыт аралығында тұрақты болады, ал ағынды орныққан деп есептеуге болады. Орныққан ағын үшін үзіліссіздік теңдеуі:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2.$$

Осыдан

$$v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1} \quad \text{немесе} \quad v_1 = v_2 \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (2.31)$$

Сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$v_1 = 12 \cdot \left(\frac{0,02}{2} \right)^2 = 0,0012 \text{ м/с.}$$

Сонымен бактағы су деңгейінің төмендеу жылдамдығы осы мәнге тең. Есептеулердің нәтижесін қолдана отырып $v_1 \ll v_2$ екенін көруге болады.

2) фонтанға баратын суға түсірілген p_1 қысымды горизонталь ток түтігіне арналған Бернулли теңдеуі арқылы табамыз

$$p_1 + \rho v_1^2 / 2 = p_2 + \rho v_2^2 / 2,$$

мұндағы ρ - судың тығыздығы; p_2 - II қимасына түсірілген қысым. $p_2 = 0$ ескерсек, сонда

$$p_1 = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2). \quad (2.32)$$

$v_1 \ll v_2$ болғандықтан, $p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2}$ тең.

Сандық мәндерін орындарына қоя отырып және $\rho = 10^3$ кг/м³ (3 кестені қара) екенін ескере отырып есептеулер жүргіземіз:

$$p_1 = 0,5 \cdot 10^3 \cdot 12^2 = 72 \cdot 10^3 \text{ Па} = 72 \text{ кПа}.$$

3) Бақтағы су деңгейінің h_1 биіктігін мына қатынастан табамыз:

$$p_1 = \rho g h_1, \quad h_1 = \frac{p_1}{g\rho}. \quad (2.33)$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$h_1 = \frac{72 \cdot 10^3}{9,8 \cdot 10^3} = 7,35 \text{ м}.$$

4) Су ағынының фонтаннан атқылау v_2 жылдамдығы есептің шартында берілгендіктен, оның көтерілу биіктігін мына формула арқылы табамыз:

$$h_2 = \frac{v_2^2}{2g},$$

$$h_2 = \frac{12^2}{2 \cdot 9,8} = 7,35 \text{ м}.$$

Бақтағы су деңгейінің биіктігі, фонтаннан атқылаған су ағынының биіктігіне тең (қатынас ыдыстар ережесі бойынша). Бұл жерде ауа кедергісі ескерілмейді.

Жауабы: $v_1 = 0,0012$ м/с; $p_1 = 72$ кПа; $h_1 = h_2 = 7,35$ м.

2.2.10 10 есеп. Глицирин толтырылған ыдыста қорғасын шаригі төмен қарай құлап барады. Шар қозғалысының салдарынан пайда болған глицирин қабаттарының қозғалысы ламинарлық болатын болса, онда шарик диаметрінің максимал мәні қандай?

Шешуі: Егер сұйық ішінде қозғалатын дененің пішіні диаметрі d тең шар тәрізді болса, онда Рейнольдс саны мына формула бойынша анықталады:

$$\text{Re} = \frac{\rho v d}{\eta}, \quad (2.34)$$

мұндағы ρ және η - сұйықтың тығыздығы мен ішкі үйкеліс коэффициенті (динамикалық тұтқырлық); v - шар қозғалысының жылдамдығы.

Рейнольдс санының кризистік мәні $\text{Re}_{\text{кр}} = 0,5$.

Шардың жылдамдығын анықтау үшін оған әсер ететін күштерді қарастырайық. Глицерин ішінде құлап бара жатқан шарға үш күш әсер етеді:

- шардың ауырлық күші F_1 ,

$$F_1 = m_1 g = \rho_{\kappa} V g = \frac{1}{6} \pi \rho_{\kappa} g d^3,$$

мұндағы ρ_{κ} – қорғасынның тығыздығы; $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3$ – шардың көлемі;

- Архимед заңымен анықталатын кері итеруші күш F_A ,

$$F_A = \rho_{\varepsilon} V g = \frac{1}{6} \pi \rho_{\varepsilon} g d^3,$$

мұндағы ρ_{ε} – глицериннің тығыздығы;

- ішкі үйкеліс күші Стокс формуласы бойынша анықталады,

$$F_{\text{үйк}} = 6 \pi \eta r v = 3 \pi \eta d v.$$

Шардың сұйықтағы орныққан қозғалысы ($v = \text{const}$) кезінде шардың ауырлық күші ішкі үйкеліс күші мен кері итеруші күштердің қосындысына тең, яғни:

$$\frac{1}{6} \pi \rho_{\kappa} g d^3 = \frac{1}{6} \pi \rho_{\varepsilon} g d^3 + 3 \pi \eta d v,$$

осыдан

$$v = \frac{(\rho_{\kappa} - \rho_{\varepsilon}) g d^2}{18 \eta}. \quad (2.35)$$

d -ға қатысты (2.34) және (2.35) теңдеулерін біріктіріп шеше отырып мынаны табамыз:

$$d = \left(\frac{18 \eta^2 \text{Re}}{\rho_{\varepsilon} (\rho_{\kappa} - \rho_{\varepsilon}) g} \right)^{1/3}.$$

Ламинарлық қозғалыс кезіндегі шар диаметрінің максимал мәні d_{max} Рейнольдс санының $\text{Re}_{\text{кр}}$ кризистік мәніне сәйкес келеді. Сондықтан:

$$d_{max} = \left(\frac{18\eta^2 \text{Re}_{кр}}{\rho_z(\rho_k - \rho_z)g} \right)^{1/3}.$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[d_{max}] = \left(\frac{\text{Па}^2 \cdot \text{с}^2}{\frac{\text{кг}^2}{\text{м}^6} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \right)^{1/3} = \left[\frac{\left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} \right)^2 \cdot \text{с}^2}{\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)^2 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \right]^{1/3} = \text{м}.$$

6, 2, 3 анықтама кестелер бойынша: $\eta = 1,48 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\rho_k = 11,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $\rho_z = 1,26 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Сандық мәндерді орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$d_{max} = \left(\frac{18 \cdot 1,48^2 \cdot 0,5}{1,26 \cdot 10^3 (11,3 \cdot 10^3 - 1,26 \cdot 10^3) \cdot 9,8} \right)^{1/3} = 5,29 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 5,29 \text{ мм}.$$

Жауабы: 5,29 мм.

2.2.11 11 есеп. Цилиндрлік ыдыс түбінде диаметрі $d=1$ см тең дөңгелек саңылау бар. Ыдыстың диаметрі $D=0,5$ м. Ыдыстағы су деңгейінің v_1 төмендеу жылдамдығының осы деңгейдің h биіктігіне тәуелділігін анықтаңыз. $h=0,2$ м кезіндегі осы жылдамдықтың сандық мәнін табыңыз.

Берілгені:

$$d=1 \text{ см}=10^{-2} \text{ м}$$

$$D=0,5 \text{ м}$$

$$h=0,2 \text{ м}$$

$$v_1(h)-? \quad v_1-?$$

Шешуі: Ыдыстың көлденең қимасының ауданын - S_1 , ондағы су ағынының жылдамдығын (ыдыстағы су деңгейінің төмендеу жылдамдығын) - v_1 , саңылаудың көлденең қимасының ауданын - S_2 және судың саңылаудан ағып шығу жылдамдығын - v_2 деп белгілейік. Бернулли теоремасы бойынша

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh = \frac{\rho v_2^2}{2}$$

немесе

$$v_1^2 + 2gh = v_2^2 \quad (2.36)$$

Ағынның үзіліссіздік теңдеуі бойынша:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad \text{немесе} \quad v_2 = \frac{v_1 S_1}{S_2}. \quad (2.37)$$

(2.37) теңдеуін (2.36) теңдеуіне қойып және оны v_1 қатысты шешетін болсақ, онда:

$$v_1 = \frac{S_2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$$

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{және} \quad S_2 = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{болғандықтан} \quad v_1 = \frac{d^2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{D^4 - d^4}}.$$

$d^4 \ll D^4$ болғандықтан, ыдыстағы су деңгейінің v_1 төмендеу жылдамдығының осы деңгей h биіктігіне жуық шамамен $v_1(h)$ тәуелділігі мына түрге ие:

$$v_1 = \frac{d^2}{D^2} \sqrt{2gh}.$$

$h = 0,2$ м болғанда

$$v_1 = \left(\frac{10^{-2}}{0,5} \right)^2 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,2} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

Жауабы: $v_1(h) = \frac{d^2}{D^2} \sqrt{2gh}; \quad v_1 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$

2.2.12 12 есеп. Ұзындығы $l = 5$ м және көлденең қимасының ауданы $S = 4 \text{ см}^2$ тең болат стержіннің жоғарғы ұшы қозғалмайтындай етіп бекітіліп, ал төменгі ұшына массасы $m = 2 \cdot 10^3$ кг жүк ілінген. Табу керек: 1) стержін материалының σ нормаль кернеуін; 2) стержіннің x абсолют және ε салыстыралы ұзаруын; 3) созылған стержіннің W_n потенциалдық энергиясы.

Берілгені:

$$l = 5 \text{ м}$$

$$S = 4 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$m = 2 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$\sigma - ? \quad x - ? \quad \varepsilon - ? \quad W_n - ?$$

Шешуі: 1. Созылған стержіннің нормаль кернеуі мына формуламен өрнектеледі

$$\sigma = F_{\text{серп}} / S, \quad (2.38)$$

мұндағы $F_{\text{серп}}$ – стержін өсінің бойымен әсер ететін серпімділік күші. Біздің жағдайда ол ауырлық күшіне тең, сондықтан (2.38) формуласы мына түрге ие болады:

$$\sigma = m g / S. \quad (2.39)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[\sigma] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$$

(2.39) формуласына сандық мәнерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\sigma = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 9,8}{4 \cdot 10^{-4}} = 49 \cdot 10^6 \text{ Па} = 49 \text{ МПа}$$

2. Абсолют ұзару мына формуламен өрнектеледі:

$$x = \frac{F}{k} = \frac{Fl}{ES} = \frac{mgl}{ES}, \quad (2.40)$$

мұндағы E – Юнг модулы. Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[x] = \frac{H \cdot m}{Pa \cdot m^2} = \frac{H \cdot m^3}{H \cdot m^2} = m$$

(2.40) формуласына есептің шартында берілген m , l , S сандық мәндерін және 1-кестеден алынған g және E мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$x = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 5}{200 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,23 \text{ мм}$$

Стержннің салыстырмалы ұзаруы мына формула бойынша анықталады:

$$\varepsilon = x / l \\ \varepsilon = 1,23 \cdot 10^{-3} / 5 = 2,46 \cdot 10^{-4}$$

Созылған стержіннің потенциалдық энергиясы мына формула бойынша анықталады:

$$W_n = k x^2 / 2$$

(2.38) және (2.40) формулаларын қолдана отырып, мынаны табамыз:

$$W_n = \varepsilon \sigma S l / 2 \quad (2.41)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[W_n] = Pa \cdot m^3 = (H/m^2) \cdot m^3 = Дж$$

(2.41) формуласына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$W_n = (2,46 \cdot 10^{-4} \cdot 49 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 5) / 2 = 12,1 Дж.$$

Жауабы: $\sigma = 49 \text{ МПа}$; $x = 1,23 \text{ мм}$; $\varepsilon = 2,46 \cdot 10^{-4}$; $W_n = 12,1 \text{ Дж}$.

2.2.13 **13 есеп.** $v=0,9 c$ жылдамдықпен қозғалып келе жатқан электронның W_k кинетикалық энергиясы мен p импульсін анықтаңыздар. Мұндағы c -вакуумдағы жарық жылдамдығы.

<i>Берілгені:</i> $v=0,9 c$ $p=? W_k=?$	<i>Шешуі:</i> Бөлшектің импульсі деп бөлшек массасының оның жылдамдығына көбейтіндісіне тең шаманы айтады:
---	--

$$p = mv \quad (2.42)$$

Электрон жылдамдығы жарық жылдамдығына жуық болғандықтан, массаның жылдамдыққа тәуелділігін көрсететін формуланы қолданамыз

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad (2.43)$$

мұндағы m – қозғалыстағы бөлшектің массасы; m_0 – тыныштықтығы бөлшектің массасы; $\beta=v/c$ – жарық жылдамдығының үлесі арқылы өрнектелген бөлшек жылдамдығы.

(2.42) формуласындағы m массаны (2.43) өрнегімен алмастырып, $v=c\beta$ екенін ескеріп, мынаны табамыз:

$$p = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \beta c = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \beta c. \quad (2.44)$$

(2.44) формуласына кіретін шамалардың сандық мәндерін қоямыз:

$$p = \frac{9,1 \cdot 10^{-31}}{\sqrt{1 - 0,81}} 0,9 \cdot 3 \cdot 10^8 = 5,6 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Релятивистік механикада бөлшектің W_k кинетикалық энергиясы осы бөлшектің E толық энергиясы мен E_0 тыныштықтағы энергиясының айырмасы арқылы анықталады, яғни $W_k = E - E_0$.

$E = mc^2$ және $E_0 = m_0c^2$ болғандықтан және массаның жылдамдыққа тәуелділігін ескеретін болсақ

$$W_k = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}} - m_0c^2,$$

немесе

$$W_k = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right). \quad (2.45)$$

Сандық мәндерін орындарына қойып есептеулер жүгіземіз:

$$W_k = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0,81}} - 1 \right) = 8,18 \cdot 10^{-14} \cdot (2,29 - 1) = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$$

Электронның тыныштық энергиясын басқа өлшем бірлік арқылы өрнектесек $m_0 c^2 = 0,51 \text{ МэВ}$. Осы мәнді (2.45) формуласына қойып, мынаны табамыз:

$$W_k = 0,51 \cdot 1,29 = 0,66 \text{ МэВ.}$$

Жауабы: $p = 5,6 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $W_k = 0,66 \text{ МэВ}$.

2.3 Динамика бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар

2.3.1 Бір нүктеге түсірілген екі күш $F_1=5 \text{ Н}$ және $F_2=12 \text{ Н}$ тең. Егер F_1 мен F_2 векторларының арасындағы бұрыш 90° тең болса, онда тең әсерлі күштің модульі неге тең ?

А) 17Н; В) 7Н; С) 13Н; Д) 20Н; Е) 11Н.

2.3.2 Орнынан қозғалған кезде электровоз 380 кН тең тарту күшін өндіреді. Кедергі күші 250 кН құрайды. Массасы 500 т составқа ол қандай үдеу береді?

А) 2 м/с^2 ; В) $0,26 \text{ м/с}^2$; С) $2,6 \text{ м/с}^2$; Д) $0,2 \text{ м/с}^2$; Е) 3 м/с^2 .

2.3.3 Серіппе 100 Н күштің әсерінен 2,5 см-ге сығылды. Серіппенің қатаңдығы неге тең?

А) 40 Н/м; В) 4000 Н/м; С) 16 Н/м; Д) 1600 Н/м; Е) 250 Н/м.

2.3.4 Болат сым массасы 450 кг жүкті көтере алады. Осы сыммен массасы 400кг жүкті қандай ең үлкен үдеумен көтеруге болады? ($g=10 \text{ м/с}^2$)

А) 1 м/с^2 ; В) $1,25 \text{ м/с}^2$; С) 12 м/с^2 ; Д) $9,8 \text{ м/с}^2$; Е) $2,5 \text{ м/с}^2$.

2.3.5 Массасы 100 г тең шарик 10 м/с жылдамдықпен горизонталь жазықтыққа құлап түсті. Шариктің импульсы:

А) $1,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; В) $2 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; С) $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; Д) $0,2 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; Е) $0,1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

2.3.6 Жүйе Х өсінің бойында орналасқан екі материялық нүктеден тұрады. Нүктелердің массалары $m_1=4 \text{ кг}$ және $m_2=1 \text{ кг}$, сәйкесінше олардың координаталары $x_1=2 \text{ см}$ және $x_2=8 \text{ см}$ тең. Жүйенің массалар центрінің координатасы неге тең?

А) 1,6 см; В) 3,2 см; С) 2,2 см; Д) 2,8 см; Е) 4,4 см.

- 2.3.7 Қайрақ (брусок) көлбеулік бұрышы 30^0 тең көлбеу жазықтық бойымен қозғалып барады. Қайрақтың жазықтықпен үйкеліс коэффициенті 0,2 тең, $g=10\text{м/с}^2$. Қайрақтың үдеуі неге тең?
 А) 3м/с^2 ; В) $0,33\text{м/с}^2$; С) 8м/с^2 ; D) $6,7\text{м/с}^2$; E) $3,3\text{ м/с}^2$.
- 2.3.8 Массасы 20 т тең $0,3\text{ м/с}$ жылдамдықпен қозғалып келе жатқан вагон массасы 30 т тең $0,2\text{м/с}$ жылдамдықпен қозғалып келе жатқан вагонды қуып жетеді. Егер соқтығысу серпімсіз болса, онда соқтығысудан кейінгі вагондардың жылдамдығы неге тең
 А) $0,16\text{ м/с}$; В) $0,12\text{ м/с}$; С) $0,24\text{ м/с}$; D) $0,42\text{ м/с}$; E) $0,34\text{ м/с}$.
- 2.3.9 Лифт 1 м/с^2 үдеумен төмен қарай қозғалады. Лифте массасы 1 кг тең жүк бар. Егер $g=10\text{ м/с}^2$ деп алсақ, онда дененің салмағы қандай?
 А) 10 Н; В) 1Н; С) 11 Н; D) 9 Н; E) 90 Н.
- 2.3.10 Массасы 0,5 т лифт жоғары қарай 3 м/с^2 үдеумен қозғалады. Егер $g=10\text{м/с}^2$ деп алсақ, онда тросың керілу күші неге тең?
 А) 1,5 кН; В) 6,5 кН; С) 3,5 кН; D) 5 кН; E) 6,5 Н.
- 2.3.11 Горизонталь бағытта $v_1 = 1\text{ м/с}$ жылдамдықпен қозғалып бара жатқан массасы $m=1\text{ кг}$ дене, массасы $m = 0,5\text{ кг}$ денені қуып жетіп серпімсіз соқтығысу жасайды. Егер екінші дене тыныштық қалпында болған болса, соқтығысудан кейінгі денелердің жылдамдығы неге тең?
 А) $1,5\text{ м/с}$; В) 2м/с . С) $0,67\text{м/с}$. D) $0,81\text{ м/с}$; E) $0,93\text{ м/с}$.
- 2.3.12 Қозғалмай тұрған лифттегі серіппеге массасы 1 кг жүк ілінген. Серіппе 2 см созылған. Егер лифт $a = 2\text{ м/с}^2$ үдеумен жоғары көтерілсе, серіппе қанша см-ге созылады? ($g = 10\text{ м/с}^2$):
 А) 4,8 см; В) 2,4 см; С) 1,2 см; D) 5,6 см; E) 0,6 см.
- 2.3.13 Бағыты бойынша тұрақты күштің модульі $F=5+9t$ заңы бойынша өзгереді. Осы күштің t_2-t_1 уақыт аралығындағы импульсінің модульін табыңыздар. ($t_2 = 2\text{с}$, $t_1 = 0$):
 А) 82 Нс; В) 17 Нс; С) 34 Нс; D) 25 Нс; E) 2,5 Нс.
- 2.3.14 Жердің Күнді айналып қозғалуы кезінде оған қандай күш әсер етеді?
 А) электромагниттік;
 В) қозғалыс инерциясы бойынша болады;
 С) Аймен гравитациялық өзара әсері;
 D) планеталармен гравитациялық өзара әсері;
 E) Күнмен гравитациялық өзара әсері.
- 2.3.15 Жер бетіндегі денеге әсер ететін гравитациялық тартылыс күшінен 2 есе аз күш денеге жер бетінен қандай қашықтықта әсер етеді?
 А) $0,41\text{ R}$; В) $2,2\text{ R}$; С) $0,5\text{ R}$; D) $4,4\text{ R}$; E) $5,2\text{ R}$.

- 2.3.16 Нүкте қозғалысының теңдеуі координаталық түрде берілген: $x=A$, $y=Vt^3$, мұндағы A және V – тұрақты шамалар болса, онда қозғалыстың түрі қандай:
 А) бірқалыпты түзусызықты; В) бірқалыпты үдемелі түзусызықты;
 С) түзусызықты үдемелі; D) қисық сызықты; E) түзусызықты.
- 2.3.17 Қайсы кезде тіректің нормаль реакциясы автомобильдің салмағына тең болады?
 А) дөңес көпір бойымен бірқалыпты қозғалысы кезінде;
 В) ойыс көпір бойымен бірқалыпты қозғалысы кезінде;
 С) таудан түсіп бара жатқан кезде; D) тауға шығып бара жатқан кезде;
 E) горизонталь жол бойымен қозғалысы кезінде.
- 2.3.18 Массасы 1 кг дене 1 м/с бастапқы жылдамдықпен қозғалады. 1 с ішінде дененің жылдамдығын екі есеге көбейту үшін, оған қандай күшпен әсер ету қажет?
 А) 1Н; В) 2Н; С) 0,5 Н; D) 0,1 Н; E) 10Н.
- 2.3.19 Қайсы физикалық шаманың өлшем бірлігі (кг · м) / с:
 А) кинетикалық энергия; В) ауырлық күшінің потенциалдық энергиясы;
 С) серпімді күштің потенциалдық энергиясы; D) жұмыс;
 E) дененің импульсы.
- 2.3.20 Егер күш деформациялануға пропорционал болып және 29,4 Н күштің әсерінен серіппе 1 см сығылатын болса, онда серіппені 20 см созу үшін қандай жұмыс істеу қажет?
 А) 58,8 Дж; В) 46,3 Дж; С) $4 \cdot 10^3$ Дж; D) $2 \cdot 10^2$ Дж; E) 49,3 Дж.
- 2.3.21 Массасы 0,8 кг денені вертикаль жоғары лақтырған. Лақтыру мезетіндегі дененің кинетикалық энергиясы 200 Дж тең. Дене қандай биіктікке көтеріле алады? ($g=10\text{м/с}^2$)
 А) 2,5 м; В) 12,5 м; С) 25 м; D) 50 м; E) 10 м.
- 2.3.22 Барлық қозғалыс түрлерінің жалпы универсал сандық өлшеуіші болып табылатын шама:
 А) жылдамдық; В) импульс; С) энергия; D) жұмыс; E) күш.
- 2.3.23 Бастапқы жылдамдығы 2 м/с тең трамвай біраз уақыттан кейін жылдамдығын 10 м/с дейін жеткізді. Трамвайдың массасы 1000 кг тең. Трамвай двигателінің істеген жұмысы:
 А) 48 кДж; В) 8 кДж; С) 50 кДж; D) 45 кДж; E) 94 кДж.

- 2.3.24 Қатаңдығы $k=200$ Н/м тең серіппелі пистолеттің серіппесі $x=5$ см сығылған. Пистолеттен ұшып шыққан массасы $m=10$ г шариктің жылдамдығы неге тең?
 А) 1,21 м/с; В) 8,9 м/с; С) 4,31 м/с; D) 7,07 м/с; E) 9,16 м/с.
- 2.3.25 Дене x өсінің бойымен $F=(5x^2+5)$ Н заңы бойынша өзгеретін бағытталған күштің әсерінен қозғалыс жасайды. Осы күштің 3 м жол бойындағы жұмысы неге тең?
 А) 50 Дж; В) 60 Дж; С) 390 Дж; D) 90 Дж; E) 150 Дж.
- 2.3.26 Массасы $m_1 = 3$ кг дене $v_1 = 2$ м/с жылдамдықпен горизонталь бағытта қозғалып, тыныштықта тұрған массасы дәл сондай денені келіп соғады. Центрлік серпімсіз соқтығысу кезіндегі бөлінген жылу мөлшері:
 А) 1 Дж; В) 0,6 Дж; С) 0,4 Дж; D) 4 Дж; E) 3 Дж.
- 2.3.27 Массасы $m = 2000$ кг автокөлік $t = 6$ с уақыт ішінде бірқалыпты кемімелі қозғалып, $S = 30$ м жол жүрген соң тоқтайды. Автокөлікті тежеуші күш неге тең?
 А) 2,12 кН; В) 3,33 кН; С) 2,84 кН; D) 5,16 кН; E) 4,68 кН.
- 2.3.28 Массасы $m = 0,5$ кг денені көкжиекке $\alpha = 30^\circ$ бұрыш жасай $v_0 = 10$ м/с жылдамдықпен лақтырған. Траекторияның ең биік нүктесіндегі дененің кинетикалық энергиясы неге тең? (Ауа кедергісі ескерілмейді).
 А) 6,25 Дж; В) 25 Дж; С) 18,75 Дж; D) 0 Дж; E) 50 Дж.
- 2.3.29 Потенциалдық энергияның жалпы анықтамасына мына тұжырымдама сәйкес келеді:
 А) Жер бетінен көтерілген дененің энергиясы;
 В) гравитациялық өзара әсерлесу энергиясы;
 С) серпімді деформация энергиясы;
 D) консервативтік жүйе энергиясы;
 E) денелердің өзара орналасуына тәуелді болатын олардың өзара әсерлесу энергиясы.
- 2.3.30 Массасы 0,5 кг дене түзу сызықты қозғалады. Жүрген жолдың уақытқа тәуелділігі $S = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$ теңдеуімен берілген. Мұндағы $C = 5$ м/с², $D = 1$ м/с³. Денеге қозғалыстың алғашқы секундының соңында әсер ететін күшті табыңыз:
 А) 2000 Н; В) 4 Н; С) 4,3 Н; D) 2 Н; E) 7 Н.
- 2.3.31 Штейнер теоремасы мына түрге ие:
 А) $J = J_0 - ma^2$; В) $J = J_0 + ma^2$; С) $J = mR^2 + a^2$; D) $J = m_1R^2 + m_2a^2$; E) $J = const$.

2.3.32 Айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі теңдеуі мына түрге ие:

- A) $L = J\omega$; B) $F = ma$; C) $\sum J_i \omega_i = const$; D) $M = \frac{d(J\omega)}{dt}$;
 E) $M = [r, F]$.

2.3.33 Қозғалмайтын өстен айналып тұрған дененің инерция моменті неге тәуелді?

- A) дененің айналу жылдамдығына; B) айналдыру моментіне;
 C) денеге әсер ететін күшке; D) дене үдеуіне;
 E) дененің массасы мен оның айналу өсіне қатысты орналасуына.

2.3.34 Дененің өске қатысты импульс моменті мына формула бойынша анықталады:

- A) $L_z = M \cdot d\phi$; B) $L_z = M \cdot dt$; C) $L_z = J_z \cdot \varepsilon$; D) $L_z = J_z \cdot \omega$; E) $L_z = J\varepsilon$.

2.3.35 Қайсы тұжырымдама дұрыс емес:

- A) консервативтік жүйелердегі тұйық жол бойындағы жұмыс нольге тең;
 B) қозғалмайтын өстің айналасында тұрақты бұрыштық жылдамдықпен қозғалатын жүйе инерциялық жүйе болып табылады;
 C) айналмалы қозғалыс кезінде денеге әсер ететін шама күш моменті болып табылады;
 D) потенциалдық энергиямен тек консервативтік жүйелер ғана сипатталады;
 E) егер дене спираль бойымен бірқалыпты қозғалатын болса, онда осы денеге әсер ететін центрге тартқыш үдеу артады.

2.3.36 Массасы 2 кг және радиусы 0,5 м дисктің шетіне 4 Н тең тұрақты жанама күш түсірілген. Дисктің бұрыштық үдеуі неге тең?

- A) 4 c^{-2} ; B) 2 c^{-2} ; C) 6 c^{-2} ; D) 8 c^{-2} ; E) 12 c^{-2} .

2.3.37 Қозғалмайтын центрді айнала қозғалыс жасайтын дененің импульс моменті мына формула бойынша анықталады:

- A) $L = J\varepsilon$; B) $L = mvr \cos\alpha$; C) $L = mvr \sin\alpha$; D) $L = [r, mv]$; E) $L = [mv, r]$

2.3.38 Қатты дене қозғалмайтын өсті айнала үдемелі қозғалыс жасайды. Бұрыштық үдеу векторы мен осы өсте орналасқан нүктеге қатысты денеге әсер етуші сыртқы күштер моменті арасындағы бұрыш неге тең?

- A) 180° ; B) бұрыштың шамасы кез келген мәнге ие бола алады;
 C) 90° ; D) 45° ; E) 0° .

2.3.39 Қозғалмайтын центрге қатысты күш моменті мына формула бойынша анықталады:

A) $M = [r, F]$; B) $M = [F, r]$; C) $M = rF \cos \alpha$; D) $M = J\omega$; E) $M = L\varepsilon$.

2.3.40 Импульс моментінің сақталу заңы қандай жүйеде орындалады?

- A) оқшауланған жүйелерде;
 B) жүйенің тұрақты импульсі кезінде;
 C) күштің жүйеге өте аз уақыт аралығында әсер ету кезінде;
 D) консервативтік жүйелерде;
 E) инерциялық жүйелерде.

2.3.41 Сәйкестікті анықтаңыз:

Физикалық шама

Өлшем бірлігі

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. импульс | A. кг·м ² |
| 2. импульс моменті | B. Н·м |
| 3. күш моменті | C. кг·м/с |
| 4. инерция моменті | D. рад/с |
| 5. бұрыштық жылдамдық | E. кг·м ² /с |

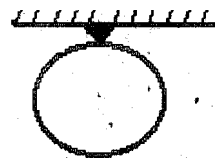
2.3.42 Массасы 5 кг және радиусы 10 см тең диск центрі арқылы өтетін өстің маңайымен айналмалы қозғалыс жасайды. Диск айналысының теңдеуі мына түрге ие: $\varphi = (4t^2 - 4t)$ рад. Уақыт $t = 2$ с болғандағы дискті айналысқа келтіретін күш моменті неге тең?

- A) 0,4 Н·м; B) 0,26 Н·м; C) 0,16 Н·м; D) 0,1 Н·м; E) 0,2 Н·м.

2.3.43 Массасы 2 кг тең 10 м/с жылдамдықпен домалап келе жатқан шардың кинетикалық энергиясы неге тең?

- A) 100 Дж; B) 70 Дж; C) 105 Дж; D) 98 Дж; E) 140 Дж.

2.3.44 Массасы 2 кг және радиусы 10 см тең шар суретте көрсетілгендей шарнирге бекітілген. Шар айналмалы қозғалыс жасап тұр. Оның чертеж жазықтығына перпендикуляр және бекіту нүктесі арқылы өтетін өске қатысты инерция моменті неге тең?



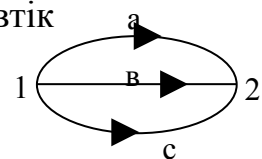
- A) 0,03 кг·м²; B) 0,028 кг·м²; C) 0,06 кг·м²; D) 0,48 кг·м²; E) 0,85 кг·м².

2.3.45 Инерция моменті 2 кг·м² тең вал тежеліп, тоқтағанша 10 айналым жасады.

Валдың бұрыштық үдеуі 0,3 рад/с². Тежелу жұмысы:

- A) 0,01 Дж; B) 6 Дж; C) 37,68 Дж; D) 0,06 Дж; E) 0,38 Дж.

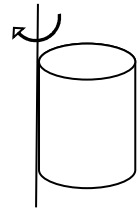
2.3.46 Материялық нүкте суретте көрсетілгендей консервативтік күштер әсерінен 1 күйден 2 күйге 3 тәсіл арқылы орын ауыстыра алады. Осы кезде істелген жұмысқа қатысты қай тұжырым дұрыс:



- A) $A_{1a2} = A_{1c2} = A_{1b2}$; B) $A_{1a2} > A_{1c2} > A_{1b2}$; C) $A_{1c2} > A_{1a2} = A_{1b2}$;
 D) $A_{1c2} < A_{1a2} = A_{1b2}$; E) $A_{1c2} < A_{1b2} < A_{1a2}$.

- 2.3.47 Массасы 2 кг тең 10 м/с жылдамдықпен домалап келе жатқан сақинаның кинетикалық энергиясы еге тең?
 А) 200 Дж; В) 150 Дж; С) 100 Дж; D) 15 Дж; Е) 20 Дж.
- 2.3.48 Массасы 3 кг ұзындығы 0,6 м тең стержіннің бір ұшы арқылы өтетін өске қатысты инерция моменті неге тең?
 А) 0,24 кгм²; В) 0,36 кгм²; С) 0,09 кгм²; D) 0,036 кгм²; Е) 0,18 кгм².
- 2.3.49 Импульс моментінің сақталу заңы мына түрге ие:
 А) $\sum m_i v_i = const$; В) $\sum L_i \omega_i = const$; С) $\sum P_i = const$; D) $\sum J_i \omega_i = const$; Е) $\sum r_i L_i = const$.
- 2.3.50 Айналмалы қозғалыс жасайтын дененің инерция моменті ненің өлшемі болып табылады?
 А) қозғалыстың; В) әсерлесудің; С) инерттілігінің;
 D) энергияның; Е) күштің.
- 2.3.51 Дене z өсін $\omega = \omega(t)$ бұрыштық жылдамдықпен айнала қозғалыс жасайды. Денеге $M_t = M_t(t)$ күш моменті әсер етеді. Денеге түсірілген күштердің t_1 ден t_2 уақыт аралығында жасаған жұмысының шамасы былай өрнектелген:
 А) $A = \int J F dS$; В) $A = \int_{t_1}^{t_2} F dS$; С) $A = \int_{t_1}^{t_2} M_t dt$; D) $A = \int_{t_1}^{t_2} M_t(t) \omega(t) dt$; Е) $A = \int_{t_1}^{t_2} M_t \varepsilon dt$.
- 2.3.52 Денеге тұрақты айналдырушы момент әсер етеді. Төменде кетірілген шамлардың қайсысы уақыт өте келе сызықтық заң бойынша өзгереді?
 А) инерция моменті; В) бұрыштық үдеу; С) кинетикалық энергия;
 D) бұрыштық жылдамдық; Е) айналу бұрышы.
- 2.3.53 Массасы 1 кг материялық нүктенің қозғалыс теңдеуі мына түрде берілген: $x = (t^2 + 2)$ м. Нүктенің 0 ÷ 1 сек уақыт аралығындағы орташа импульсы:
 А) 2,5 кг м/с; В) 3 кг м/с; С) 1 кг м/с; D) 1,5 кг м/с; Е) 2,33 кг м/с.
- 2.3.54 Айналмалы қозғалыс кезіндегі денеге әсер етуші шама:
 А) күш; В) күш моменті; С) импульс; D) импульс моменті; Е) энергия.
- 2.3.55 Массасы $m_1 = 6$ кг барабанға ұшына массасы $m_2 = 2$ кг тең жүк байланған жіп оралған. Егер барабанды біртекті диск тәрізді деп есептеп және үйкелісті ескермесек, онда жүк қандай үдеумен қозғалады? ($g = 10$ м/с²)
 А) 4 м/с²; В) 2,5 м/с²; С) 5 м/с²; D) 8,6 м/с²; Е) 0,4 м/с².
- 2.3.56 Тұрақты 10 айн/с жылдамдықпен айналмалы қозғалыс жасайтын дисктің кинетикалық энергиясы 125,6 Дж тең? Осы дисктің импульс моменті:
 А) 4 кгм²/с; В) 0,25 кгм²/с; С) 25,12 кгм²/с; D) 2 кгм²/с; Е) 0,5 кгм²/с.

2.3.57 Радиусы 10 см және массасы 2 кг тең цилиндр, оның бүйір бетін жанап өтетін өске қатысты суретте көрсетілгендей айналмалы қозғалыс жасап тұр. Цилиндрдің осы өске қатысты инерция моменті неге тең?



- A) $0,06 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; B) $0,03 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; C) $0,04 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$;
D) $0,01 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; E) $400 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

2.3.58 2.3.57 есебінде айтылған цилиндрдің ω бұрыштық жылдамдығы 3 с^{-1} тең. Осы цилиндрдің импульс моменті:

- A) $0,18 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$; B) $0,135 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$; C) $0,09 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$; D) $0,12 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$; E) $1200 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$.

2.3.59 Қозғалмайтын өсті айнала қозғалатын дененің кинетикалық энергиясын анықтайтын формула:

- A) $J\omega$; B) $L\omega$; C) $L\omega^2/2$; D) $J\varepsilon$; E) $J\omega^2/2$.

2.3.60 Сырғанамай домалап бара жатқан дененің кинетикалық энергиясын анықтайтын формула:

- A) $L\omega^2/2$; B) $J\omega^2/2$; C) $(mv^2/2) + (J\omega^2/2)$; D) $mv^2/2$; E) $M\Delta\varphi$.

2.3.61 Бернулли теңдеуі нені анықтайды:

- A) динамикалық тұтқырлықты;
B) тұтқырлық үйкеліс күшін;
C) түтік бойымен t уақыт аралығында ағып өтетін тұтқыр сұйықтың көлемін;
D) тұтқыр сұйық ағынының толық қысымын;
E) идеал сұйықтың стационар ағынының толық қысымын.

2.3.62 Көлденең қимасының ауданы айнымалы болып келетін горизонталь түтіктің бойымен су ағып жатыр. Түтіктің кең және тар бөліктеріндегі судың жылдамдықтары сәйкесінше $0,2 \text{ м/с}$ және $0,45 \text{ м/с}$. Түтіктің кең және тар бөліктеріндегі қысымдар айырмасы:

- A) $81,25 \text{ Па}$; B) 121 Па ; C) $0,081 \text{ Па}$; D) 125 Па ; E) 50 Па .

2.3.63 Көлденең қимасының ауданы айнымалы болып келетін горизонталь түтіктің бойымен су ағып жатыр. Түтіктің кең бөлігіндегі судың v_1 жылдамдығы 10 см/с , ал тар бөлігіндегі $v_2 = 40 \text{ см/с}$ тең. Онда түтіктің кең бөлігінің диаметрі оның тар бөлігінің диаметрінен қанша есеге көп?

- A) 2 есе; B) 4 есе; C) 16 есе; D) 1,41 есе; E) 8 есе.

2.3.64 Биіктігі $H = 1,5 \text{ м}$ тең бак суға толтырылған. Бактың түбінен $h = 0,8 \text{ м}$ қашықтықта кішкене саңылау пайда болған. Осы саңылаудан су қандай жылдамдықпен ағып шығады?

- A) $3,96 \text{ м/с}$; B) $2,6 \text{ м/с}$; C) $5,4 \text{ м/с}$; D) $3,7 \text{ м/с}$; E) $2,8 \text{ м/с}$.

2.3.65 Тұтқыр ортада төмен құлап бара жатқан шарикке мынандай күштер әсер етеді: mg ауырлық күші, кері итеруші F_A күш (Архимед күші), $F_{\text{үйк}}$ үйкеліс күші. Егер осы күштер арасында мына теңсіздік орындалса, онда шарик бірқалыпты қозғалады:

- A) $mg = F_A + F_{\text{үйк}}$; B) $F_A = mg + F_{\text{үйк}}$; C) $F_{\text{үйк}} = mg + F_A$;
 D) $mg > F_A + F_{\text{үйк}}$; E) $mg < F_A + F_{\text{үйк}}$.

2.3.66 Түтік бойымен машина майы ағып жатыр. Осы түтіктегі майдың қозғалысы ламинарлық болып қалуы үшін, ол $v_1 = 3,2$ см/с максимал жылдамдықпен қозғалады. Осы түтіктегі глицериннің қозғалысы ламинарлықтан турбуленттік қозғалысқа қандай v_2 жылдамдықта өтеді:

($\eta_1 = 0,1$ Па·с, $\eta_2 = 0,85$ Па·с, $\rho_1 = 0,9 \cdot 10^3$ кг/м³, $\rho_2 = 1,26 \cdot 10^3$ кг/м³)

- A) 0,19 м/с; B) 0,08 м/с; C) 0,08 м/с; D) 0,12 м/с; E) 0,24 м/с.

2.3.67 Ағып жатқан сұйық қабаттарының беттесу ауданы $S = 10$ см², сұйықтың динамикалық тұтқырлық коэффициенті $\eta = 10^{-3}$ Па·с тең. Қабаттар арасында пайда болған үйкеліс күші $F = 0,1$ мН тең. Жылдамдық градиенті неге тең?

- A) 120 с⁻¹; B) 80 с⁻¹; C) 100 с⁻¹; D) 200 с⁻¹; E) 150 с⁻¹.

2.3.68 Қорғасыннан жасалған сым жоғары ұшы арқылы вертикаль бекітілген. Қорғасынның беріктік шегі $\sigma_{\text{шек}} = 12,3$ МПа тең. Ауырлық күшінің әсерінен үзіліп кетпес үшін қорғасын сымның ең үлкен ұзындығы қандай болуы қажет?

- A) 1078 м; B) 111 м; C) 1,1 м; D) 14,4 м; E) 17,1 м.

2.3.69 Ұзындығы 1 м және көлденең қимасының ауданы 2 мм² тең вертикаль сымға массасы 5,1 кг жүк ілінген. Нәтижесінде сым 0,6 мм ұзарды. Сым материалының Юнг модульі неге тең?

- A) 20,8 ГПа; B) 208 кПа; C) 125 ГПа; D) 125 кПа; E) 42,5 ГПа.

2.3.70 Диаметрі 2 см және ұзындығы 3 м тең болат стержінге массасы $2,5 \cdot 10^3$ кг тең жүк ілінген. Стержіннің абсолют ұзаруы неге тең?

- A) 24 см; B) 1,1 см; C) 1,2 мм; D) 24,4 мм; E) 22 см..

2.3.71 Арнайы салыстырмалылық теориясының негізін келесі постулаттар құрайды:

- A) салыстырмалылық принципі және уақыттың бірқалыптылығы;
 B) салыстырмалылық принципі және вакуумдағы жарық жылдамдығының тұрақтылығы;
 C) толық энергия мен вакуумдағы жарық жылдамдығының тұрақтылығы;
 D) масса мен вакуумдағы жарық жылдамдығының тұрақтылығы;
 E) жарық жылдамдығының тұрақтылығы мен уақыттың бірқалыптылығы.

- 2.3.72 Тыныштықтағы стержіннің ұзындығы 1 м тең. Егер ол $0,6 \cdot c$ ($c=3 \cdot 10^8$ м/с) жылдамдықпен қозғалатын болса, оның ұзындығы неге тең болады?
 А) 1 м; В) 1,17 м; С) 0,8 м; D) 1,25 м; E) 0,86 м.
- 2.3.73 $0,6c$ ($c=3 \cdot 10^8$ м/с) жылдамдықпен қозғалып келе жатқан электронның кинетикалық энергиясы неге тең?
 А) $0,3 m_0 c^2$; В) $0,1 m_0 c^2$; С) $0,2 m_0 c^2$; D) $0,25 m_0 c^2$; E) $0,35 m_0 c^2$.
- 2.3.74 Тыныштық массасы $6 \cdot 10^{-7}$ г тең бөлшек $v = 0,8 c$ жылдамдықпен қозғалып келеді. Осы бөлшектің импульсі:
 А) 0,06 кг·м/с; В) 0,08 кг·м/с; С) 0,32 кг·м/с;
 D) 0,48 кг·м/с; E) 0,24 кг·м/с
- 2.3.75 Зертханалық санақ жүйесінде (K – жүйесі) π – мезон пайда болу мезетінен ыдырау мезетіне дейін $l = 75$ м қашықтықты жүріп өткен. π – мезонның ν жылдамығы $0,995 c$ тең. π – мезонның τ_0 меншікті өмір сүру уақыты:
 А) 7,54 с; В) 25 нс; С) 0,25 нс; D) 225 нс; E) $3,98 \cdot 10^5$ с.

3 МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА

3.1 Негізгі заңдар мен формулалар

3.1.1 Зат мөлшері

$$\nu = \frac{N}{N_A} \quad \text{немесе} \quad \nu = \frac{m}{\mu}$$

3.1.2 Молекула –кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \langle v_{\text{кв}} \rangle^2 = \frac{1}{3} \rho \langle v_{\text{кв}} \rangle^2 = \frac{2}{3} n \langle w_{\text{к}} \rangle$$

3.1.3 Газ қысымының молекулалар концентрациясына және температураға тәуелділігі

$$P = nkT$$

3.1.4 Клапейрон –Менделеев теңдеуі (идеал газ күйінің теңдеуі)

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

3.1.5 Изотерма теңдеуі ($m = \text{const}$ болғанда)

$$PV = \text{const}$$

3.1.6 Изохора теңдеуі ($m = \text{const}$ болғанда)

$$\frac{P}{T} = \text{const} \quad \text{немесе} \quad P = P_0 \alpha T \quad \text{немесе} \quad P = P_0 (1 + \alpha t)$$

3.1.7 Изобара теңдеуі ($m = \text{const}$ болғанда)

$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{немесе} \quad V = V_0 \alpha T \quad \text{немесе} \quad V = V_0 (1 + \alpha t)$$

3.1.8 Адиабата теңдеуі- Пуассон теңдеуі ($m = \text{const}$ болғанда)

$$P V^\gamma = \text{const}$$

3.1.9 Адиабата көрсеткіші

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$$

3.1.10 Дальтон заңы

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots,$$

мұндағы p_i – парциал қысымдар.

3.1.11 Молекуланың ілгерлемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы

$$\langle w_k \rangle = (3/2) kT$$

3.1.12 Молекуланың орташа толық кинетикалық энергиясы

$$\langle w_k \rangle = \frac{i}{2} kT$$

3.1.13 Идеал газдың ішкі энергиясы

$$U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT$$

3.1.14 Молекулалардың жылулық қозғалысының орташа жылдамдығы (Орташа арифметикалық жылдамдық)

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$$

3.1.15 Орташа квадраттық жылдамдық

$$\langle v_{кв} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

3.1.16 Ең ықтимал жылдамдық

$$v_{ық} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$$

3.1.17 Газ молекулаларының еркін жүру жолының орташа ұзындығы

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2\pi} d^2 n_0}$$

3.1.18 Мольдік жылу сыйымдылық

а) $V = \text{const}$ болғанда

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

б) $P = \text{const}$ болғанда

$$C_P = \frac{i+2}{2} R$$

3.1.19 Майер теңдеуі

$$C_P = C_V + R$$

3.1.20 Газ ұлғайғанда атқарылатын жұмыс

а) жалпы түрі (кез-келген процесс үшін)

$$A = \int P dV$$

б) адиабаталық процесс кезінде

$$A = \frac{m}{\mu} C_V (T_1 - T_2), \text{ немесе } A = \frac{m}{\mu} R T_1 \frac{1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right], \text{ немесе } A = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]$$

в) изобаралық процесс кезінде

$$A = P (V_2 - V_1) \quad \text{немесе} \quad A = \frac{m}{\mu} R (T_2 - T_1)$$

г) изотермиялық процесс кезінде

$$A = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{немесе} \quad A = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{P_1}{P_2}$$

3.1.21 Термодинамиканың бірінші бастамасы :

а) дифференциалдық түрі

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

б) интегралдық түрі

$$Q = \Delta U + A$$

3.1.22 Пайдалы әсер коэффициенті

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$$

3.1.23 Корно циклінің пайдалы әсер коэффициенті

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

3.1.24 Энтропияның өзгерісі

$$\Delta S = \int_1^2 dS = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

3.1.25 Ван-дер-Ваальс теңдеуі

а) бір атомды газ үшін

$$(p + a / V_0^2)(V_0 - b) = RT$$

б) газдың қандай да бір ν зат мөлшері үшін

$$(p + \nu^2 a / V^2)(V - \nu b) = \nu RT$$

3.1.26 Молекулалардың өзара әсер күштері туғызған ішкі қысым

а) бір атомды газ үшін

$$p' = a / V_0^2$$

б) газдың қандай да бір ν зат мөлшері үшін

$$p' = \nu^2 a / V^2$$

3.1.27 Ван-дер-Ваальс тұрақтылары a және b тең газдың кризистік параметрлері - көлем, қысым, температура арасындағы байланыс

$$V_{0\text{кр}} = 3b, \quad p_{\text{кр}} = a / 27b^2, \quad T_{\text{кр}} = 8a / (27Rb)$$

3.1.28 Тұрақты көлемдегі мольдік жылу сыйымдылығы C_V болатын нақты газдың ішкі энергиясы

$$U = \nu (C_V T - a / V_0)$$

3.1.29 Жылу өткізгіштік теңдеуі (Фурье заңы)

$$\delta Q = -\alpha \frac{dT}{dx} dS dt \quad \text{немесе} \quad j_E = -\alpha \frac{dT}{dx}$$

3.1.30 Диффузия теңдеуі (Фик заңы)

$$dM = -D \frac{d\rho}{dx} dS dt \quad \text{немесе} \quad j_m = -D \frac{d\rho}{dx}$$

3.1.31 Ішкі үйкеліс немесе тұтқырлық теңдеуі (Ньютон заңы)

$$dp = -\eta \frac{dv}{dx} dS dt \quad \text{немесе} \quad j_p = -\eta \frac{dv}{dx}$$

3.1.32 Ішкі үйкеліс күші (Ньютон заңы)

$$F = -\eta \frac{dv}{dx} dS$$

3.1.33 Диффузия коэффициенті

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$$

3.1.34 Ішкі үйкеліс коэффициенті (динамикалық тұтқырлық)

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$$

3.1.35 Жылу өткізгіштік коэффициенті

$$\alpha = \frac{1}{3} C_V \rho \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$$

3.2 Есеп шығару үлгілері

3.2.1 **1 есеп.** Көлемі 50 м^3 және температурасы 18°C тең 767 мм.сын.бағ. қысымдағы баллон ішіндегі сутегінің қанша молекуласы мен киломоли бар екенін анықтаңыз. Газдың меншікті көлемі мен тығыздығы қандай?

<p><i>Берілгені:</i> $V=50 \text{ м}^3$ $P=767 \text{ мм.сын.бағ.} = 767 \cdot 1,33 \cdot 10^2 \text{ Па}$ $T=(18+273) \text{ К} = 291 \text{ К}$ $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Киломольдер санын Клапейрон-Менделеев теңдеуін қолдана отырып анықтаймыз</p> $PV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT, \quad (3.1)$ <p>осыдан</p> $\nu = \frac{PV}{RT}, \quad (3.2)$
---	--

мұндағы $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ – универсал газ тұрақтысы.

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[\nu] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{К} \cdot \text{моль}}{\text{Дж} \cdot \text{К}} = \frac{\text{м}^3 \cdot \text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{м}} = \text{моль}.$$

(3.2) теңдеуіндегі шамалардың сан мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

$$\nu = \frac{767 \cdot 1,33 \cdot 10^2 \cdot 50}{8,31 \cdot 291} = 2 \cdot 10^3 \text{ моль} = 2 \text{ кмоль}.$$

Берілген көлем ішіндегі n молекулалар санын, N_A Авогадро санын (бір киломольдегі молекулалар санын көрсетеді) қолдана отырып табамыз. Киломольдер саны ν белгілі болғандықтан, массасы m берілген газдағы барлық молекулалар саны:

$$n = \nu N_A \quad (3.3)$$

(3.3) формуласына (3.2) формуласындағы киломольдер санын қоя отырып, V көлемдегі молекулалар санын анықтаймыз

$$n = \frac{PV N_A}{RT} \quad (3.4)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[n] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}}{\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{К}} = 1.$$

1 кестеге сәйкес $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. (3.4) формуласындағы шамалардың сан мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

$$n = \frac{767 \cdot 1,33 \cdot 10^2 \cdot 50 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{8,31 \cdot 291} = 12,7 \cdot 10^{26}.$$

Клапейрон-Менделеев (3.1) теңдеуінен газ тығыздығын $\rho = \frac{m}{V}$ анықтаймыз:

$$\rho = P\mu / RT \quad (3.5)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[\rho] = \frac{Н \cdot кг \cdot моль \cdot К}{м^2 \cdot моль \cdot Дж \cdot К} = кг/м^3.$$

(3.5) өрнегіндегі шамалардың сан мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

$$\rho = \frac{767 \cdot 1,33 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 291} = 8,44 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3.$$

Газдың $V_{\text{мен}} = \frac{V}{m}$ меншікті көлемін Клапейрон-Менделеев (3.1) теңдеуін қолдана отырып табамыз:

$$V_{\text{мен}} = \frac{RT}{P\mu}. \quad (3.6)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[V_{\text{мен}}] = \frac{Дж \cdot К \cdot моль}{Па \cdot кг \cdot К \cdot моль} = \frac{Н \cdot м}{Н \cdot м^{-2} \cdot кг} = м^3/кг.$$

(3.6) формуласына сан мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

$$V_{\text{мен}} = \frac{8,31 \cdot 291}{767 \cdot 1,33 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 11,9 \text{ (м}^3/\text{кг)}.$$

Жауабы: $\nu = 2$ кмоль, $n = 12,7 \cdot 10^{26}$, $\rho = 8,44 \cdot 10^2$ кг/м³, $V_{\text{мен}} = 11,9$ (м³/кг).

3.2.2 2 есеп. Сыйымдылығы 3 м^3 жабық ыдыста $1,4 \text{ кг}$ азот және 2 кг гелий бар. Газ қоспасының температурасы мен гелийдің парциал қысымын анықтаңыз. Азоттың парциал қысымы $1,3 \text{ атм}$ тең.

<p><i>Берілгені:</i> $V=3 \text{ м}^3$ $m_1=1,4 \text{ кг}$ $\mu_1=28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ $m_2=2 \text{ кг}$ $\mu_2=4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ $P_1=1,3 \text{ атм}=1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Анықтамасы бойынша, P_1 және P_2 парциал қысымдары – газ қоспасының құрамына кіретін гелий немесе азоттың қоспа алып тұрған көлемді жалғыз өзі қамтитындай жағдайда түсіретін қысымы.</p> <p>Азот пен гелийдің парциал қысымдарын Клапейрон-Менделеев теңдеуі арқылы анықтаймыз:</p>
<p>$T=? P_2=?$</p>	<p>немесе</p> $P_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT \quad (3.7)$ $P_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT, \quad (3.8)$

мұндағы R – универсал газ тұрақтысы, μ_1 және μ_2 – N_2 пен He мольдік массалары.

(3.7) теңдеуінен температураны табамыз

$$T = \frac{P_1 V \mu_1}{m_1 R}, \quad (3.9)$$

(3.8) теңдеуінен гелийдің парциал қысымын анықтауға болады

$$P_2 = \frac{m_2}{\mu_2} \frac{R P_1 V \mu_1}{m_1 R V} = \frac{m_2 \mu_1 P_1}{m_1 \mu_2}. \quad (3.10)$$

Өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[P_2] = \frac{\text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль} \cdot \text{Па}}{\text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}} = \text{Па};$$

$$[T] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{моль} \cdot \text{К}}{\text{м}^2 \cdot \text{моль} \cdot \text{Дж}} = \text{К}.$$

(3.9) және (3.10) формулаларындағы шамалардың сан мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз (азот пен гелийдің мольдік массалары 7 кестенің көмегімен анықталған):

$$T = \frac{1,3 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{1,4 \cdot 8,31} = 939 \text{ К};$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 28 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 \cdot 10^5}{1,4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Жауабы: $T = 939 \text{ К}$; $P_2 = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

3.2.3 3 есеп. Температурасы $T=350 \text{ К}$ тең оттегінің бір молекуласының айналмалы қозғалысына сәйкес келетін $\langle w_{\text{айн}} \rangle$ орташа кинетикалық энергиясын және массасы $m=4 \text{ г}$ тең оттегінің барлық молекулаларының айналмалы қозғалысының $W_{\text{айн}}$ кинетикалық энергиясын анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $\mu=32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ $T=350 \text{ К}$ $m=4 \text{ г} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ $\langle w_{\text{айн}} \rangle$-? $W_{\text{айн}}$ -?</p>	<p><i>Шешуі:</i> Газ молекуласының әрбір еркіндік дәрежесіне бірдей орташа энергия келетіні белгілі</p> $\langle w_1 \rangle = \frac{1}{2} kT,$ <p>мұндағы k –Больцман тұрақтысы; T – газдың абсолют температурасы</p>
--	--

Екі атомды (оттегі молекуласы екі атомды) молекуланың айналмалы қозғалысына екі еркіндік дәрежесінің саны сәйкес келеді, яғни оттегі молекуласының айналмалы қозғалысының орташа энергиясы мына формула арқылы өрнектеледі

$$\langle w_{\text{айн}} \rangle = 2 \cdot \frac{1}{2} kT. \quad (3.11)$$

(3.11) формуласына $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ және $T=350 \text{ К}$ мәндерін қоя отырып, мынаны табамыз

$$\langle w_{\text{айн}} \rangle = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 350 = 4,83 \cdot 10^{-21} \text{ Дж.}$$

Газдың барлық молекулаларының айналмалы қозғалысының энергиясы мына теңдік арқылы анықталады

$$W_{\text{айн}} = \langle w_{\text{айн}} \rangle N. \quad (3.12)$$

Газдың барлық молекулаларының санын мына формула арқылы табуға болады

$$N = N_A \nu, \quad (3.13)$$

мұндағы N_A –Авогадро саны; ν - зат мөлшері. Егер зат мөлшерінің $\nu = \frac{m}{\mu}$ тең

екенін ескерсек, мұндағы m – газдың массасы, μ - газдың мольдік массасы, онда (3.13) формуласы мына түрге ие болады:

$$N = N_A \frac{m}{\mu}$$

Осы өрнекті (3.12) формуласына қоя отырып, мынаны табамыз

$$W_{\text{айн}} = N_A \frac{m}{\mu} \langle w_{\text{айн}} \rangle. \quad (3.14)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[W_{\text{айн}}] = \text{моль}^{-1} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{Дж} = \text{Дж}.$$

(3.14) формуласына сандық мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

$$W_{\text{айн}} = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 4,83 \cdot 10^{-21} = 364 \text{ Дж}.$$

Жауабы: $\langle w_{\text{айн}} \rangle = 4,83 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$; $W_{\text{айн}} = 364 \text{ Дж}$.

3.2.4 4 есеп. Сыйымдылығы 2 л ыдыстың ішінде қысымы 100 кПа және 27°C температурадағы оттегі бар. Оның барлық молекулаларының 1 с ішіндегі Z соқтығысулар саны мен молекулаларының $\langle \lambda \rangle$ еркін жүру жолының орташа ұзындығын анықтаңыз.

Берілгені:

$$t=1 \text{ с}$$

$$V=2 \text{ л}=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\mu=32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$T=(27+273)\text{К}=300\text{К}$$

$$P=100 \text{ кПа}=10^5 \text{ Па}$$

$$\langle \lambda \rangle=? \quad Z=?$$

Шешуі: Оттегі молекулаларының еркін жүру жолының орташа ұзындығын мына формула арқылы табамыз

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n}, \quad (3.15)$$

мұндағы d –оттегі молекулаларының эффективті диаметрі; n – бірлік көлем ішіндегі молекулалар саны, оны мына формула арқылы анықтауға болады:

$$p = nkT,$$

осыдан:

$$n = \frac{P}{kT}, \quad (3.16)$$

мұндағы k –Больцман тұрақтысы. (3.15) формуласына (3.16) формуласын қоя отырып, мынаны табамыз:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sqrt{2\pi} d^2 P}. \quad (3.17)$$

Барлық молекулалар арасындағы 1 с ішіндегі Z соқтығысулар саны мынаған тең

$$Z = \frac{1}{2} \langle Z \rangle N, \quad (3.18)$$

мұндағы N – көлемі $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ыдыстағы оттегі молекулаларының саны; $\langle Z \rangle$ - бір молекуланың 1 с ішіндегі орташа соқтығысулар саны. Бұдыс ішіндегі молекулалар саны

$$N = nV. \quad (3.19)$$

Молекулалардың 1 с ішіндегі орташа соқтығысулар саны мынаған тең

$$\langle Z \rangle = \frac{\langle v \rangle}{\langle \lambda \rangle}, \quad (3.20)$$

мұндағы

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}. \quad (3.21)$$

(3.18) формуласына (3.19), (3.20) және (3.21) өрнектерін қоя отырып, мынаны табамыз

$$Z = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}} \sqrt{2\pi} d^2 P}{kT} \frac{P}{kT} \cdot V = \frac{2\pi d^2 P^2 V}{k^2 T^2} \sqrt{\frac{RT}{\pi \mu}}. \quad (3.22)$$

(3.17) және (3.22) формулаларындағы өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[\lambda] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{К}}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^{-2}} = \text{м};$$

$$[Z] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{Н}^2 \cdot \text{м}^{-4} \cdot \text{м}^3}{\text{Дж}^2 \cdot \text{К}^{-2} \cdot \text{К}^2} \cdot \left(\frac{\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{К}}{\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}} \right)^{1/2} = \text{м}^{-1} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}}{\text{кг}^2} \right)^{1/2} = \frac{1}{\text{с}}.$$

1, 5 және 7 кестелерінің көмегімен мыналарды табамыз: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$; оттегі үшін $d = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$, $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

(3.17) және (3.22) формулаларындағы шамалардың сандық мәндерін қоя отырып, $\langle \lambda \rangle$ және Z үшін есептеулер жүргіземіз:

$$Z = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,9^2 \cdot 10^{-20} \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{1,38^2 \cdot 10^{-46} \cdot 9 \cdot 10^4} \cdot \sqrt{\frac{8,31 \cdot 300}{3,14 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}} = 9 \cdot 10^{28} \text{ с}^{-1}.$$

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{\sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot 2,9^2 \cdot 10^{-20} \cdot 10^5} = 3,56 \cdot 10^{-8} \text{ м}.$$

Жауабы: $Z = 9 \cdot 10^{28} \text{ с}^{-1}$, $\langle \lambda \rangle = 3,56 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

3.2.5 5 есеп. Неон мен сутегінің тұрақты c_p қысымдағы және c_v тұрақты көлемдегі меншікті жылу сыйымдылықтарын анықтаңыздар. Газдарды идеал деп есептеңіздер.

Шешу: Идеал газдардың меншікті жылу сыйымдылықтары мына формулалар арқылы өрнектеледі:

$$c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{\mu}, \quad (3.29)$$

$$c_p = \frac{i+2}{2} \frac{R}{\mu}, \quad (3.30)$$

мұндағы i – газ молекулаларының еркіндік дәрежесінің саны; μ - мольдік масса.

Неон үшін (бір атомды газ) $i=3$ және $\mu = 20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (7 кестеге қара). (3.29) және (3.30) формулаларына есептеулер жүргізу арқылы мынаны табамыз:

$$c_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 6,24 \cdot 10^2 \text{ Дж/(кг·К)};$$

$$c_p = \frac{3+2}{2} \cdot \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}.$$

Сутегі үшін (екі атомды газ) $i=5$ және $\mu = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Алдындағы формулаларды қолдана отырып, мынаны есептеп табамыз:

$$c_v = \frac{5}{2} \cdot \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ Дж/(кг·К)};$$

$$c_p = \frac{5+2}{2} \cdot \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,46 \cdot 10^4 \text{ Дж/(кг·К)}.$$

Жауабы: $c_{v1} = 6,24 \cdot 10^2 \text{ Дж/(кг·К)}$; $c_{p1} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$;
 $c_{v2} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ Дж/(кг·К)}$; $c_{p2} = 1,46 \cdot 10^4 \text{ Дж/(кг·К)}$.

3.2.6 **6 есеп.** Массасы $m=2$ кг және қысымы $p_1=0,2$ МПа тең оттегі $V_1=1$ м³ көлемді алып тұр. Газ алғашында тұрақты қысымда $V_2=3$ м³ көлемге дейін, одан кейін тұрақты көлемде $p_3=0,5$ МПа қысымға дейін қыздырылған. Газдың ΔU ішкі энергиясының өзгерісін, газ атқарған A жұмысты және газға берілген Q жылу мөлшерін табыңыздар. Процесс графигін салыңыз.

Берілгені:

$$m=2 \text{ кг}$$

$$V_1=1 \text{ м}^3$$

$$p_1=0,2 \text{ МПа}=0,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$V_2=3 \text{ м}^3$$

$$p_2=p_1$$

$$V_3=V_2$$

$$p_3=0,5 \text{ МПа}=0,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\Delta U=? A=? Q=?$$

Шешу: 1) Газдың ішкі энергиясының өзгерісі

$$\Delta U = c_V m \Delta T = \frac{i}{2} \frac{R}{\mu} m \Delta T, \quad (3.31)$$

мұндағы R – универсал газ тұрақтысы, μ – мольдік масса, i – газ молекуласының еркіндік дәрежесінің саны (оттегінің екі атомды молекуласы үшін $i = 5$), $\Delta T = T_3 - T_1$ газдың соңғы (үшінші) және алғашқы күйіне сәйкес келетін температуралар айырмасы.

Газдың бастапқы және соңғы температураларын Клапейрон- Менделеев теңдеуінен табамыз:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT, \quad T = \frac{PV\mu}{mR} \quad (3.32)$$

мұндағы $\mu = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $R = 8,31$ Дж/(моль·К). (3.32) өрнегіне сандық мәндерін қоя отырып, мынаны есептеп табамыз:

$$T_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 385 \text{ К};$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 1155 \text{ К} = 1,16 \text{ кК};$$

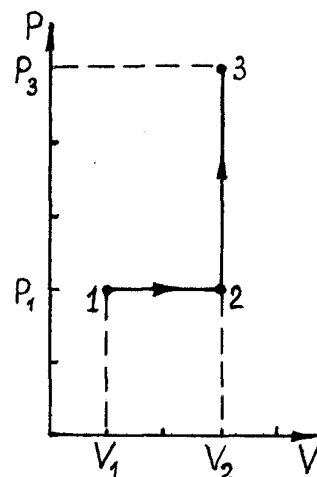
$$T_3 = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 2887 \text{ К} = 2,89 \text{ кК}.$$

(3.31) өрнегіне онда кіретін шамалардың сандық мәндерін қойып және есептеулер жүргізу арқылы мынаны табамыз:

$$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{8,31}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 2(2887-385) = 3,24 \cdot 10^6 = 3,24 \text{ МДж}.$$

2) Тұрақты қысымдағы газдың ұлғаюы кезінде атқарылған жұмыс мына формула арқылы өрнектеледі

$$A_l = p \Delta V$$



3.1-сурет

Шамалардың сандық мәндерін қоя отырып, мынаны табамыз

$$A_1 = 0,2 \cdot 10^6 (3-1) = 0,400 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 0,4 \text{ МДж}.$$

Тұрақты көлемде қыздырылған газдың жұмысы нөлге тең, яғни $A_2=0$.
Осыдан газ атқарған толық жұмыс мынаған тең

$$A = A_1 + A_2 = 0,4 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 0,4 \text{ МДж}.$$

3) Термодинамиканың бірінші бастамасына сәйкес газға берілген Q жылу мөлшері, ΔU ішкі энергия өзгерісі мен A атқарылған жұмыстың қосындысына тең:

$$Q = \Delta U + A.$$

ΔU және A табылған мәндерін қоя отырып, мынаны табамыз:

$$Q = (3,24 + 0,4) \text{ МДж} = 3,64 \text{ МДж}.$$

Жауабы: $\Delta U = 3,24 \text{ МДж}$; $A = 0,4 \text{ МДж}$; $Q = 3,64 \text{ МДж}$

3.2.7 7 есеп. -13°C температурадағы екі килограмм мұзды қыздырып 0°C температураға дейін еріткен. Энтропия өзгерісін анықтаңыз.

Берілгені:

$m=2 \text{ кг}$

$T_1=(-13+273) \text{ К}=260 \text{ К}$

$T_2=(0+273) \text{ К}=273 \text{ К}$

$\Delta S=?$

Шешуі: Энтропия өзгерісі

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T},$$

мұндағы δQ – денеге берілген жылу мөлшері;
 T – дененің термодинамикалық температурасы;
 S_1 және S_2 –жүйенің бастапқы және соңғы күйлеріне сәйкес келетін энтропиясы.

Энтропияның жалпы өзгерісі $\sum \Delta S_i$, қосындысына тең.

мұндағы ΔS_i – процестің жекелеген этаптары кезіндегі энтропия өзгерісі:

$$\Delta S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i.$$

Осы процесті екі этапқа бөлейік. Біріншісінде- мұз $T_1 = 260 \text{ К}$ бастапқы температурадан $T_2 = 273 \text{ К}$ еру температурасына дейін қыздырылады, яғни

$$\Delta S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q_1}{T}$$

$$\delta Q_1 = mc_1 dT, \quad \text{болғандықтан}$$

$$\Delta S_1 = \int_1^2 \frac{mc_1 dT}{T} = mc_1 \ln \frac{T_2}{T_1},$$

мұндағы c_1 – мұздың меншікті жылу сыйымдылығы.
Екінші этап кезінде мұз ериді. Бұл жағдайда

$$\Delta Q_2 = m\lambda, \quad \Delta S_2 = \frac{m\lambda}{T_2},$$

мұндағы T_2 – мұздың еру температурасы; λ - ерудің меншікті жылуы.
Энтропияның жалпы өзгерісі

$$\Delta S = S_1 + S_2 = m \left(c_1 \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{\lambda}{T_2} \right).$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[\Delta S] = \text{кж} \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right) = \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

8 және 9 анықтама кестелері бойынша: $c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;
 $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Есептеулер жүргіземіз:

$$\Delta S = 2 \left(2,1 \cdot 10^3 \ln \frac{273}{260} + \frac{3,35 \cdot 10^5}{273} \right) = 2,66 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{К} = 2,66 \text{ кДж}/\text{К}.$$

Жауабы: $\Delta S = 2,66 \text{ кДж}/\text{К}$.

3.2.8 8 есеп. Жылу машинасы қайтымды Корно циклі бойынша жұмыс істейді. Қыздырғыш температурасы $T_1 = 500 \text{ К}$. Жылу машинасының суытқышының T_2 температурасын және циклдың η термиялық пайдалы әсер коэффициентін (ПӘК) анықтаңыз. Машина қыздырғыштан алынған әрбір килоджоуль жылу есебінен $A = 350 \text{ Дж}$ тең жұмыс атқарады.

Берілгені:

$$T_1=500 \text{ К}$$

$$Q=1 \text{ кДж}=10^3 \text{ Дж}$$

$$A=350 \text{ Дж}$$

Шешуі: Жылуды қолдану коэффициенті деп аталатын жылу машинасының термиялық ПӘК-і, қыздырғыштан алынған жылу мөлшерінің қанша үлесі механикалық жұмысқа түрленетінін көрсететін шама. Термиялық ПӘК-і мына формуламен өрнектеледі

$$\eta\text{-? } T_2\text{-?}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_1},$$

мұндағы Q_1 – қыздырғыштан алынған жылу мөлшері; A – жылу машинасының жұмыстық денесі атқарған жұмыс.

Осы формулаға сандық мәндерін қоя отырып, мынаны табамыз

$$\eta = \frac{350}{1000} = 0,35.$$

Екінші жағынан Карно циклі үшін

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Циклдың ПӘК-ін біле отырып, T_2 суытқыш температурасын анықтауға болады:

$$T_2 = T_1(1 - \eta).$$

Осы формулаға бастапқыда алынған ПӘК-і мен T_1 қыздырғыш температурасының мәндерін қоя отырып, мынаны табамыз

$$T_2 = 500 \cdot (1 - 0,35) = 325 \text{ К}.$$

Жауабы: $\eta = 0,35$; $T_2 = 325 \text{ К}$.

3.2.9 9 есеп. Идеал газ қайтымды Карно циклін жасайды. Қыздырғыш температурасы $T_1 = 500 \text{ К}$, суытқыш температурасы $T_2 = 300 \text{ К}$ тең. Газдың изотермиялық ұлғаюы кезінде атқарған жұмысы 2 кДж тең. Изотермиялық сығылу кезінде газдың суытқышқа берген жылу мөлшері мен циклдың η термиялық ПӘК-ін анықтаңыз.

Берілгені:

$$T_1=500 \text{ К}$$

$$T_2=300 \text{ К}$$

$$A=2 \text{ кДж}$$

$$\eta\text{-? } Q_2\text{-?}$$

Шешуі: Жылуды қолдану коэффициенті деп аталатын жылу машинасының термиялық ПӘК-і мына формуламен өрнектеледі:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad (3.33)$$

мұндағы Q_1 – қыздырғыштан алынған жылу мөлшері; Q_2 – суытқышқа берілген жылу мөлшері.

Екінші жағынан қайтымды Карно циклының термиялық ПӘК-і мына формуламен анықталады:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (3.34)$$

(3.33) және (3.34) формулаларынан мынаны табамыз:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}, \quad Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1} \quad (3.35)$$

Изотермиялық ұлғаю кезінде газға берілген жылу толығымен жұмысқа түрленеді, сондықтан $Q_1 = A$ және (3.35) формуласы мына түрге ие болады:

$$Q_2 = A \frac{T_2}{T_1} \quad (3.36)$$

(3.34) және (3.36) формулалары арқылы ізделініп отырған шамаларды анықтаймыз:

$$\eta = \frac{500 - 300}{500} 100\% = 40\%$$

$$Q_2 = 2 \cdot 10^3 \frac{300}{500} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 1,2 \text{ кДж.}$$

Жауабы: $\eta = 40\%$; $Q_2 = 1,2 \text{ кДж.}$

3.2.10 10 есеп. Массасы 100 г тең оттегі 5 л көлемнен 10 л көлемге дейін ұлғайған. Осы ұлғаю кезіндегі молекула аралық өзара тартылыс күштерінің жұмысын анықтаңыз. a түзетуін $0,136 \text{ Н м}^4/\text{моль}^2$ тең деп алыңыз.

Берілген:

$$\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$V_1 = 5 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$a = 0,136 \text{ Н м}^4/\text{моль}^2$$

$A = ?$

Шешуі: Нақты газ күйінің теңдеуі (Ван-дер-Ваальс теңдеуі) мына түрге:

$$(p + v^2 a / V^2) (V - vb) = vRT, \quad (3.37)$$

мұндағы $v = m / \mu$ – массасы m кг оттегінің зат мөлшері; a және b – Ван-дер-Ваальс түзетулері.

Молекула аралық өзара тартылыс күштері тудырған қысым a түзетуіне тәуелді және келесі өрнек арқылы анықталады:

$$p' = v^2 a / V^2 = m^2 a / V^2 \mu^2 \quad (3.38)$$

Жұмыстың анықтамасына сәйкес, осы күштер атқаратын жұмыс мына формуламен анықталады:

$$A = \int p' dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{m^2 a}{\mu^2} \cdot \frac{dV}{V^2} = \frac{m^2 a}{\mu^2} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) \quad (3.39)$$

Алынған шаманың өлшем бірлігі жұмыстың өлшем бірлігіне сәйкес келеме, соны тексеріп көрейік:

$$[A] = \frac{\text{кг}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^4 \cdot \text{моль}^2}{\text{моль}^2 \cdot \text{кг}^2 \cdot \text{м}^3} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

(3.39) формуласына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$A = \frac{0,1^2 \cdot 0,136}{(32 \cdot 10^{-3})^2} \cdot \left(\frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{10^{-2}} \right) = 133 \text{ Дж}$$

Жауабы: $A = 133$ Дж.

3.2.11 11 есеп. Массасы 88 г көмірқышқыл газы (CO_2) 290 К температурада 1000 см^3 көлемді алып тұр. Газдың ішкі энергиясын анықтаңыз, егер 1) идеал газ болса; 2) нақты газ болса. a түзетуін $0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$ тең деп алыңыз.

Берілгені:

$$\mu = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$m = 88 \text{ г} = 0,088 \text{ кг}$$

$$V = 1000 \text{ см}^3 = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$a = 0,361 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$$

Шешуі: Идеал газдың ішкі энергиясы мына формула бойынша анықталады:

$$U_1 = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT \quad (3.40)$$

U_1 -? U_2 -?

мұндағы i —еркіндік дәрежесінің саны. Көмірқышқылының (CO_2) молекуласы үш атомнан тұрғандықтан, оның еркіндік дәрежесінің саны алтыға тең, яғни $i = 6$.

Нақты газдың ішкі энергиясын анықтау үшін, молекула аралық тартылыс энергиясын есепке алу қажет, сондықтан ішкі энергияны табу формуласы мына түрге ие:

$$U_2 = \frac{m}{\mu} (C_V T - a / V_0), \quad (3.41)$$

мұндағы $C_V = \frac{i}{2} R$ - газдың тұрақты көлемдегі мольдік жылу сыйымдылығы;
 V_0 - газдың бір мольінің көлемі.

V_0 көлемін газдың барлық m массасының V көлемі арқылы өрнектейміз:
 $V_0 = V\mu / m$. C_V және V шамаларын (3.41) формуласына қойып, мынаны табамыз:

$$U_2 = \frac{m}{\mu} \left(\frac{i}{2} RT - \frac{m}{\mu} \cdot \frac{a}{V} \right) \quad (3.42)$$

(3.40) және (3.42) формулаларын теңестіре отырып, мынаны табамыз:

$$U_2 = U_1 - \frac{m^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V} \quad (3.43)$$

(3.42) формуласын қолдана отырып өлшем бірлігін тексереміз:

$$[U] = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} \left(\frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{К}} - \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^4}{\text{моль}^2 \cdot \text{м}^3} \right) = \text{Дж}.$$

(3.40) және (3.43) формулаларына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз. Мұндағы универсал газ тұрақтысының $R=8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ және CO_2 мольдік массасының $\mu=44 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$ мәнін 1 және 7 кестелерден аламыз.

$$U_1 = \frac{88 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 8,31 \cdot 290}{44 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 14,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 14,5 \text{ кДж}.$$

$$U_2 = 14,5 \cdot 10^3 - \frac{(88 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,361}{(44 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^{-3}} = 13,1 \text{ кДж}$$

Жауабы: $U_1 = 14,5 \text{ кДж}$; $U_2 = 13,1 \text{ кДж}$.

3.2.12 12 есеп. Қалыпты жағдайдағы оттегінің D диффузия және η ішкі үйкеліс коэффициенттерін есептеңіздер.

Берілгені:

$$\rho = 1,43 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$$

$$t = 0 \text{ } ^\circ\text{C}, T = 273 \text{ К}$$

$$P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Н}/\text{м}^2$$

$$d = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$\eta - ? \quad D - ?$$

Шешуі: Ішкі үйкеліс η коэффициенті газдың молекула-кинетикалық теориясының негізінде анықталады. Ол газдың ρ тығыздығы, молекулалардың \bar{v} орташа арифметикалық жылдамдығы және молекулалардың $\langle \lambda \rangle$ еркін жүру жолының орташа ұзындығына тәуелді. Бұл тәуелділік мына түрге ие:

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho. \quad (3.44)$$

Газдың ішкі үйкеліс коэффициенті D диффузия коэффициенті арқылы да өрнектеледі

$$\eta = D\rho, \quad (3.45)$$

мұндағы

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle. \quad (3.46)$$

Орташа арифметикалық жылдамдық $\langle v \rangle$ мына формула арқылы өрнектеледі

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}. \quad (3.47)$$

Молекулалардың еркін жүру жолының орташа ұзындығы $\langle \lambda \rangle$ 4-есепте қарастырылған формула арқылы анықталады.

$$\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sqrt{2\pi} d^2 P} \quad (3.48)$$

мұндағы d – молекуланың эффективті диаметрі; P – газ қысымы; k – Больцман тұрақтысы ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К); T – термодинамикалық температура.

Диффузия коэффициентін есептеудің соңғы формуласы мына түрге ие:

$$D = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \cdot \frac{kT}{\sqrt{2\pi} d^2 P} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{2\pi\mu}} \cdot \frac{kT}{\pi d^2 P} = \frac{2kT}{3\pi d^2 P} \cdot \sqrt{\frac{RT}{\pi\mu}}. \quad (3.49)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[D] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{К}}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^{-2}} \cdot \left(\frac{\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{К}}{\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}}{\text{кг}} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

D есептеу үшін (3.49) формуласын қолданамыз:

$$D = \frac{2}{3} \cdot \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273}{\pi \cdot 2,9^2 \cdot 10^{-20} \cdot 1,01 \cdot 10^5} \sqrt{\frac{8,31 \cdot 300}{3,14 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}} = 1,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}.$$

η ішкі үйкеліс коэффициентін (3.45). формуласы бойынша есептейміз. Алдын ала өлшем бірлігін тексереміз:

$$[\eta] = \frac{M^2 \cdot K^2}{c \cdot M^3} = \frac{K^2}{M \cdot c}$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$\eta = 1,42 \cdot 10^{-5} \cdot 1,43 = 2,03 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}).$$

Жауабы: $D = 1,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, $\eta = 2,03 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$.

3.3 Молекулалық физика және термодинамика бөлімдері бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар

3.3.1 Заттың тығыздығы дегеніміз:

- А) бірлік көлемнің салмағы;
- В) бірлік көлемнің массасы;
- С) бірлік ауданға түсірілген ауырлық күші;
- Д) заттың бір мольінің массасы;
- Е) бірлік көлем ішіндегі молекулалар саны.

3.3.2 Моль дегеніміз:

- А) молекула массасы; В) молекулалар саны; С)заттың массасының бірлігі;
- Д) зат мөлшерінің бірлігі; Е) зат көлемінің өлшемі.

3.3.3 Газ идеал деп аталады, егер:

- А) молекулалардың өлшемі мен пішіні ескерілмесе;
- В) молекулалардың өзара әсерлесу күші үлкен болғанда;
- С) молекулалардың массасы мен пішіні ескерілмесе;
- Д) молекулалардың массасы мен өзара әсерлесуі ескерілмесе;
- Е) молекулаларды материялық нүктелер деп есептеп, олардың қашықтықта өзара әсерлесуі ескерілмесе.

3.3.4 H_2 сутегінің 4 грамындағы молекулалар саны (Авогадро саны $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$) нешеге тең?

- А) $12,04 \cdot 10^{23}$; В) $4,816 \cdot 10^{24}$; С) $1,204 \cdot 10^{20}$; Д) $1,204 \cdot 10^{27}$; Е) $4,816 \cdot 10^{21}$.

3.3.5 Массасы 4 г тең сутегідегі зат мөлшері:

- А) 2000 моль; В) 8 моль; С) 0,002 моль; Д) 2 моль; Е) 0,008 моль.

3.3.6 Молекула-кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі мына түрге ие:

- A) $P=nRT$; B) $P=n_0m_0\langle v^2 \rangle/3$; C) $W_k=3kT/2$; D) $PV=mRT/\mu$;
E) $\rho=P\mu/RT$.

3.3.7 Идеал газ күйінің теңдеуі мына түрге ие:

- A) $P = \frac{1}{3}m_0n_0 \langle v^2 \rangle$; B) $P=n_0kT$; C) $PV = \frac{m}{M}RT$; D) $P = \frac{1}{3}n_0 \langle w \rangle$; E) $PV=\text{const}$.

3.3.8 Массасы 2 кг тең H_2 сутегі $0^\circ C$ температура мен 10^5 Па қысымда қандай көлемді алып тұрады?

- A) $22,68 \text{ м}^3$; B) 220 м^3 ; C) $2,2 \text{ м}^3$; D) $0,22 \text{ м}^3$; E) $22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

3.3.9 Газдың қысымы 1 мПа, оның молекуларының концентрациясы 10^{10} см^{-3} тең. Газдың температурасы:

- A) $7,25 \text{ кК}$; B) $3,24 \text{ кК}$; C) $5,64 \text{ кК}$; D) $6,18 \text{ кК}$; E) $6,82 \text{ кК}$.

3.3.10 $87^\circ C$ температураға қандай термодинамикалық температура сәйкес келеді?

- A) 300 К ; B) 360 К ; C) 186 К ; D) 263 К ; E) 164 К .

3.3.11 Массасы 5кг, $\mu = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль және 500 К температурадағы газдың қысымы 150 кПа тең. Газ орналасқан ыдыстың көлемі қандай?

- A) $48,5 \text{ м}^3$; B) $48,5 \text{ см}^3$; C) $34,6 \text{ л}$; D) $48,5 \text{ л}$; E) $3,46 \text{ м}^3$.

3.3.12 Қысымның өлшем бірлігі Паскаль- бұл:

- A) Н·м; B) $\text{Н}/\text{м}^2$; C) Дж/с; D) $\text{Дж}/\text{м}^2$; E) атм.

3.3.13 Изобаралық процесс мына теңдеумен өрнектеледі:

- A) $P/T=\text{const}$; B) $PV=\text{const}$; C) $V=V_0\alpha T$; D) $P=P_0\alpha T$; E) $PV^\gamma=\text{const}$.

3.3.14 Изохоралық процесс мына теңдеумен өрнектеледі:

- A) $V=V_0\alpha T$; B) $P=P_0\alpha T$; C) $PV=\text{const}$; D) $PV^\gamma=\text{const}$; E) $V/T=\text{const}$.

3.3.15 Изотермиялық процесс дегеніміз:

- A) тұрақты температурада жүретін процесс;
B) жұмыс атқармай жүретін процесс;
C) қоршаған ортамен жылу алмасуынсыз жүретін процесс;
D) тұрақты қысымда жүретін процесс;
E) тұрақты көлемде жүретін процесс.

3.3.16 Қысымы $2 \cdot 10^5$ Па ыдыстағы сутегінің бір молекуласының орташа кинетикалық энергиясы $0,4 \cdot 10^{-20}$ Дж тең. Осы ыдыстағы сутегі молекулалардың концентрациясы:

- A) $15 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; B) $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; C) $7,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; D) $3,3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; E) $7,5 \cdot 10^{-25} \text{ м}^3$.

3.3.17 Температурасы 27°C және $2,76 \cdot 10^5$ Па қысымдағы идеал газ молекулаларының концентрациясы: ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К)
 А) $2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$; В) $6,6 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$; С) $6,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; D) $2,5 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$; E) $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

3.3.18 Тұрақты температура кезінде идеал газдың көлемі 2 есеге артқан. Оның қысымы:
 А) өзгермейді; В) 2 есеге кемиді; С) 2 есеге артады;
 D) 4 есеге кемиді; E) 4 есеге артады.

3.3.19 Температурасы 27°C және 100 кПа қысымдағы сутегінің тығыздығы:
 А) $1,02 \text{ кг/м}^3$; В) $6,62 \text{ кг/м}^3$; С) $0,08 \text{ кг/м}^3$; D) $0,003 \text{ кг/м}^3$; E) $0,018 \text{ кг/м}^3$.

3.3.20 Газ қысымын 3 есеге және температурасын 2 есеге кемітсек оның көлемі қалай өзгереді?
 А) 1,5 есеге артады; В) 1,5 есеге кемиді; С) 6 есеге артады;
 D) 6 есеге кемиді; E) өзгермейді.

3.3.21 N_2 азот молекулаларының 27°C температурадағы орташа арифметикалық жылдамдығы:
 А) 476 м/с; В) 346 м/с; С) 402 м/с; D) 612 м/с; E) 756 м/с.

3.3.22 Сәйкестікті анықтаңыз:

<i>Физикалық шама</i>	<i>Формула</i>
А. орташа арифметикалық жылдамдық	1. $v = \sqrt{3RT/\mu}$
В. ең ықтимал жылдамдық	2. $v = \sqrt{2RT/\mu}$
С. орташа квадраттық жылдамдық	3. $v = \sqrt{8RT/\pi\mu}$

3.3.23 Бөлшектердің сыртқы күштер өрісіндегі таралуы немен сипатталады?

- А) Максвелл таралуымен;
- В) молекула-кинетикалық теориясының негізгі теңдеуімен;
- С) Больцман таралуымен;
- Д) газ күйінің теңдеуімен;
- Е) барометрлік формуламен.

3.3.24 100К температурадағы H_2O су буының молекуласының бір еркіндік дәрежесіне сәйкес келетін энергиясы:
 А) 1,246кДж; В) 2,0775кДж; С) 415,5Дж; D) $3,45 \cdot 10^{-21}$ Дж; E) $6,9 \cdot 10^{-22}$ Дж.

3.3.25 100К температурадағы He гелий молекуласының бір еркіндік дәрежесіне сәйкес келетін энергиясы:
 А) 1,246кДж; В) 2,0775кДж; С) 415,5Дж; D) $3,45 \cdot 10^{-21}$ Дж; E) $6,9 \cdot 10^{-22}$ Дж.

3.3.26 Бір атомды газ молекуласының еркіндік дәрежесінің саны

A) 1; B) 2; C) 3; D) 5; E) 6.

3.3.27 Көмірқышқыл газы (CO_2) молекуласының еркіндік дәрежесінің саны:

A) 3; B) 4; C) 5; D) 6; E) 7.

3.3.28 27°C температурдағы бір атомды идеал газдың 1 мольінің ішкі энергиясы: ($k = 1,38 \cdot 10^{23}$ Дж/К)

A) 6,12 кДж; B) 1,82 кДж; C) 0,59 кДж; D) 2,16 кДж; E) 3,74 кДж.

3.3.29 200 К температурадағы 2 г O_2 оттегінің ішкі энергиясы:

A) 156 Дж; B) 260 Дж; C) 51,9 Дж; D) 312 Дж; E) 520 Дж.

3.3.30 Температурасы 200К азот (N_2) молекулаларының айналмалы қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы: ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К)

A) $4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж; B) $2,76 \cdot 10^{-21}$ Дж; C) $4,14 \cdot 10^{-23}$ Дж; D) $82,8 \cdot 10^{-21}$ Дж;
E) $1,38 \cdot 10^{-21}$ Дж.

3.3.31 Идеал газдың ішкі энергиясы қайсы процесс кезінде өзгермейді?

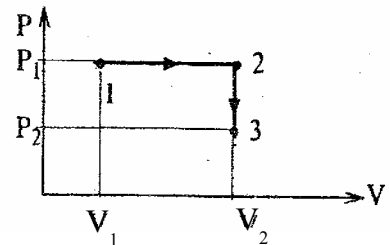
A) изохоралық; B) изотермиялық; C) адиабаталық; D) изобаралық;
E) политроптық.

3.3.32 Ұлғаю кезінде газ атқаратын жұмыстың жалпы формуласы:

A) $A = P\Delta V$; B) $A = V\Delta P$; C) $A = \int PdV$; D) $A = \int VdP$; E) $A = \frac{m}{\mu} \lg \frac{V_2}{V_1} RT$.

3.3.33 Газ 1-2-3 процесі кезінде 1 күйден 2 күйге ауысады. Қайсы формуламен жұмысты анықтауға болады?

A) $A = (P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$; B) $A = P_1(V_2 - V_1)$;
C) $A = (P_2 + P_1)(V_2 - V_1)$; D) $A = (P_2 - P_1)V_2$;
E) $A = (P_2 - P_1)V_1$.



3.3.34 Тұрақты қысым p_0 кезінде газдың V_0 көлемі 50% артады. Газдың ұлғаюы кезінде істелетін жұмыс мынаған тең:

A) $A = 0,5p_0V_0$; B) $A = p_0V_0$; C) $A = 1,5p_0V_0$; D) $A = 5p_0V_0$; E) $A = 2p_0V_0$.

3.3.35 Массасы 20 г сутегі тұрақты қысымда 100К температураға қыздырылған. Осы кезде атқарылған жұмыс:

A) 1,24 кДж; B) 0,64 кДж; C) 3,67 кДж; D) 8,31 кДж; E) 9,18 кДж;

3.3.36 Массалары бірдей аргон мен неонды изобаралық түрде 5 К-ге қыздырған.

Газдардың қайсысы көбірек жұмыс істейді? ($\mu_{\text{Ar}} = 40$ г/моль; $\mu_{\text{Ne}} = 20$ г/моль).

A) жұмыс бірдей. B) анықтау мүмкін емес. C) Неон.
D) Аргон. E) жұмыс істелінбейді.

- 3.3.37 Газдың мольдік жылу сыйымдылығы дегеніміз нені 1 К қыздыруға кететін жылу мөлшері:
 А) газдың бірлік массасын; В) газдың барлық массасын;
 С) газдың бір мольін; D) газдың бірлік көлемін;
 Е) газдың бір одной молекулы.
- 3.3.38 Газ тұрақтысын мольдік жылу сыйымдылықпен байланыстыратын формула:
 А) $R=C_p-C_v$; В) $R=C_v-C_p$; С) $R=C_p+C_v$; D) $R=(C_p-C_v)/C_p$; Е) $R=(C_p+C_v)/C_p$.
- 3.3.39 Массасы 0,2 кг сутегіні тұрақты қысымда 0 ден 100⁰С температураға дейін қыздырған кезде ол қанша жылуды жұтады? ($R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль К})$).
 А) 0,36 Дж; В) 4,13кДж; С) 291кДж; D) 7,62 Дж; Е) 13,21 Дж.
- 3.3.40 Тұрақты қысымдағы Н₂ сутегінің меншікті жылу сыйымдылығы:
 А) 12,1 кДж/(кг·К); В) 14,6 кДж/(кг·К); С) 8,12 кДж/(кг·К);
 D) 15,3кДж/(кг·К); Е) 13,4 кДж/(кг·К).
- 3.3.41 Массасы 64г оттегіні О₂ тұрақты көлемде 50⁰С температураға қыздырған. Осы кезде шығындалған жылу мөлшері неге тең?
 А) 415,5 Дж; В) 2,08 кДж; С) 1,25 кДж; D) 623 Дж; Е) 2,91 кДж.
- 3.3.42 Жылу сыйымдылықтың өлшем бірлігі:
 А) Дж; В) Дж/(кг·К); С) Дж/кг; D) Дж/К; Е) Дж/(моль·К).
- 3.3.43 Меншікті жылу сыйымдылықтың өлшем бірлігі:
 А) Дж; В) Дж/(кг·К); С) Дж/кг; D) Дж/К; Е) Дж/(моль·К).
- 3.3.44 Термодинамиканың бірінші бастамасының математикалық өрнегі:
 А) $\delta Q=dU-\delta A$; В) $\delta U=dQ+dA$; С) $\delta U=dQ-dA$; D) $dA=dQ - dU$;
 Е) $\delta Q=dU+\delta A$.
- 3.3.45 Процесс адиабаталық деп аталады, егер ол процесс:
 А) тұрақты қысымда жүретін болса;
 В) тұрақты температурада жүретін болса;
 С) тұрақты көлемде жүретін болса;
 D) жұмыс істелінбей жүретін болса;
 Е) қоршаған ортамен жылу алмасуынсыз жүретін болса.
- 3.3.46 Адиабаталық процесс мына теңдеумен өрнектеледі:
 А) $V/T=\text{const}$; В) $P/T=\text{const}$; С) $PV=\text{const}$; D) $PV^\gamma=\text{const}$; Е) $P=P_0\alpha T$.

- 3.3.47 Пуассон теңдеуіндегі адиабата көрсеткіші молекулалардың еркіндік дәрежесінің саны арқылы мына теңдеумен анықталады:
 А) $\gamma = i+2$; В) $\gamma = i/(i+2)$; С) $\gamma=i$; D) $\gamma=i/2$; E) $\gamma=(i+2)/i$.
- 3.3.48 Массасы 0,2 кг сутегіні тұрақты қысымда 0 ден 100⁰С температураға дейін қыздырған. Оның ішкі энергиясының өзгерісі: ($R = 8,31$ Дж/(мольК)).
 А) 208 кДж; В) 84 кДж; С) 316 кДж; D) 112 кДж; E) 285 кДж.
- 3.3.49 Изохоралық процесс кезінде азотқа 70 Дж жылу берілген. Жылудың канша мөлшері азоттың ішкі энергиясының артуына жұмсалған?
 А) 50 Дж. В) 70 Дж. С) 20 Дж. D) 7 Дж. E) 30 Дж.
- 3.3.50 Газ 300 Дж жылу мөлшерін алған кезде оның ішкі энергиясы 200 Дж артады. Газдың істеген жұмысы:
 А) 0. В) 100 Дж. С) 200 Дж. D) 500 Дж. E) 300 Дж.
- 3.3.51 Қыздырғыштан $3 \cdot 10^7$ Дж жылу алған газ ұлғая отырып $5 \cdot 10^7$ Дж шамасына тең жұмыс істеген. Осы кездегі газдың ішкі энергиясы:
 А) өзгермейді; В) $8 \cdot 10^7$ Дж –ге артқан; С) $2 \cdot 10^7$ Дж-ге кеміген;
 D) $3 \cdot 10^7$ Дж-ге артқан; E) $2 \cdot 10^3$ Дж-ге кеміген.
- 3.3.52 Қандайда бір екі атомды идеал газдың изотермиялық ұлғаюы кезіндегі істеген жұмысы 2 кДж тең. Осы процесс кезіндегі газға берілген жылу мөлшері:
 А) 4 кДж; В) 2 кДж; С) 3 кДж; D) 4,5 кДж; E) 5 кДж.
- 3.3.53 Изохоралық процесс үшін термодинамиканың бірінші бастамасы мына түрге ие:
 А) $\delta Q = dU + \delta A$; В) $\delta Q = dU$; С) $dU + \delta A = 0$; D) $\delta Q = \delta A$; E) $\delta Q = -\delta A$.
- 3.3.54 Изотермиялық процесс үшін термодинамиканың бірінші бастамасы мына түрге ие:
 А) $\delta Q = dU + \delta A$; В) $\delta Q = dU$; С) $dU + \delta A = 0$; D) $\delta Q = \delta A$; E) $\delta Q = -\delta A$.
- 3.3.55 Изобаралық процесс үшін термодинамиканың бірінші бастамасы мына түрге ие:
 А) $\delta Q = dU + \delta A$; В) $\delta Q = dU$; С) $dU + \delta A = 0$; D) $\delta Q = \delta A$; E) $\delta Q = -\delta A$.
- 3.3.56 Адиабаталық процесс үшін термодинамиканың бірінші бастамасы мына түрге ие:
 А) $\delta Q = dU + \delta A$; В) $\delta Q = dU$; С) $dU + \delta A = 0$; D) $\delta Q = \delta A$; E) $\delta Q = -\delta A$.

3.3.57 Адиабаталық процестің қажетті және жеткілікті шарты болып табылатын өрнегі:

- A) $Q = 0$; B) $T = \text{const}$; C) $\delta Q = 0$; D) $\delta A = dU$; E) $dU = 0$.

3.3.58 Дұрыс тұжырымдама бойынша термодинамиканың бірінші бастамасы:

- A) ПӘК = 100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 B) ПӘК >100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 C) энергияның түрлену және сақталу заңы болып табылады;
 D) абсолют нөл температураға жету мүмкін еместігі туралы айтады;
 E) тұйық жүйеде жүретін барлық процестер кезіндегі энтропияның кемуін тұжырымдайды.

3.3.59 Газ адиабаталық ұлғаю кезінде 5 кДж тең жұмыс істеген. Осы кездегі газдың ішкі энергиясының өзгерісі:

- A) 5 кДж; B) 0 кДж; C) – 5 кДж; D) 10 кДж; E) – 10 кДж.

3.3.60 Газдың үстінен 200 Дж жұмыс істелінген. Оның ішкі энергиясы 300 Дж артқан. Газға берілген жылу мөлшері:

- A) – 500 Дж; B) – 100 Дж; C) 500 Дж; D) 100 Дж; E) 400 Дж.

3.3.61 Температурасы 100 К екі атомды идеал газдың 1 мольінің изотермиялық ұлғаю кезінде істеген жұмысы 2 кДж тең. Осы процесс кезінде газға берілген жылу мөлшері 2 кДж тең. Газдың ішкі энергиясының өзгерісі:

- A) 4 кДж; B) – 4 кДж; C) 2 кДж; D) 2,1 кДж; E) 0 кДж.

3.3.62 Изобаралық сығылу кезінде газдың үстінен 500 Дж жұмыс істелген. Осы кезде газға 200 Дж жылу берілген. Газдың ішкі энергиясының өзгерісі:

- A) 700 Дж; B) – 700 Дж; C) 300 Дж; D) – 300 Дж; E) 0 Дж.

3.3.63 Дұрыс тұжырымдама бойынша термодинамиканың екінші бастамасы:

- A) ПӘК = 100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 B) ПӘК >100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 C) жылу процестері үшін энергияның сақталу заңы болып табылады;
 D) абсолют нөл температураға жету мүмкін еместігі туралы айтады;
 E) тұйық жүйеде жүретін барлық процестер кезіндегі энтропияның кемуін тұжырымдайды.

3.3.64 Термодинамиканың екінші бастамасының математикалық өрнегі:

- A) $Q = \Delta U + A$; B) $\delta Q = dU + \delta A$; C) $ds \geq 0$; D) $ds \leq 0$; E) $\frac{T_1 - T_2}{T_1} \leq \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$.

3.3.65 Идеал жылу машинасы қыздырғышының температурасы 127° С, суытқышының температурасы 27°С тең. Осы машинаның максимал ПӘК-і:

- A) 78,7%; B) 100%; C) 33,3%; D) 25%; E) 38,5%.

- 3.3.66 Жылу машинасы қыздырғыштан 80кДж жылу алады. Осы жылудың 40% ол суытқышқа берген. Машинаның ПӘК-і:
 А) 40%; В) 60%; С) 20%; D) 50%; E) 80%.
- 3.3.67 Дұрыс емес тұжырымдаманы көрсетіңіз:
 А) қайтымды процестер кезінде жүйенің энтропиясы азаяды;
 В) жүйенің ең ықтимал күйге ауысуы кезінде оның энтропиясы артады;
 С) жүйенің энтропиясы мен термодинамикалық ықтималдылықты байланыстыратын қатынас: $S=k \ln W$; D) энтропия жүйенің ретсіздігінің өлшемі; E) энтропия –жүйе күйінің функциясы.
- 3.3.68 Егер суытқыштың температурасы 375К болса, қыздырғыштың температурасы қандай? Жылу машинасының ПӘК-і 35% тең.
 А) 500 К; В) 577 К; С) 900 К; D) 750 К; E) 800К
- 3.3.69 Идеал газ 327⁰С температурада қыздырғыштан 60 кДж жылу алады. Суытқыштың темературасы 27⁰С. Жылу двигателінің істеген пайдалы жұмысы:
 А) 30 кДж; В) 4,95кДж; С) 36 кДж; D) 2,1кДж; E) 21 кДж.
- 3.3.70 Жылу машинасы қыздырғышының температурасы суытқыштың температурасынан 3 есе артық. Осындай машинаның ПӘК-і:
 А) 33% ; В) 47% ; С) 52%; D) 67%; E) 83%.
- 3.3.71 Двигательдің ПӘК-ін табу үшін қайсы формуланы қолдану қажет? (Q_1 – қыздырғыштын алынған жылу мөлшері, Q_2 – суытқышқа берілген жылу мөлшері).
 А) $Q_1 = \eta Q_1 - Q_2$; В) $Q_1 = \eta Q_1 + Q_2$; С) $\eta Q_2 = Q_1 - Q_2$;
 D) $\eta Q_1 = \eta Q_2 - Q_1$; E) $\eta Q_1 = Q_1 - \eta Q_2$.
- 3.3.72 Массасы 1 г су 100⁰ С температурада сұйық күйден газ тәрізді күйге ауысқан. Осы кездегі энтропияның өзгерісі:
 (судың буға айналуының меншікті жылуы $r = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг)
 А) 6,17 Дж/К; В) 2,14 Дж/К; С) 8,49 Дж/К; D) 10,13Дж/К; E) 3,12Дж/К.
- 3.3.73 Массасы 8г гелийдің 10л –ден 20л-ге изобаралық ұлғайған кездегі энтропияның өзгерісі:
 А) 24 Дж/К; В) 4,6 Дж/К; С) 52 Дж/К; D) 28,79 Дж/К; E) 8 Дж/К.
- 3.3.74 Балқу температурасындағы 1кг қорғасынның балқу кезіндегі энтропияның өзгерісі: (қорғасынның меншікті балқу жылуы= $2,26 \cdot 10^4$ Дж/кг, қорғасынның балқу температурасы 327⁰С).
 А) 37,7 кДж/К; В) 37,7 Дж/К; С) 1,36 МДж/К; D) 8,5 Дж/К; E) 72,1Дж/К.

- 3.3.75 Газды 400К температурада изотермиялық сығу кезінде одан 10 кДж жылу алынды. Осы процесс кезіндегі газ энтропиясының өзгерісі:
 А) - 0,025 Дж/К; В) 40 Дж/К; С) 0,04 Дж/К; D) 25 Дж/К; E) – 25 Дж/К.
- 3.3.76 Тасымалдау құбылыстарының –диффузия, жылу өткізгіштік, тұтқырлық коэффициенттері үшін дұрыс тұжырым: олардың барлығы тәуелді:
 А) қысымға; В) газдың тығыздығына; С) температураға;
 D) қысым мен температураға; E) газдың қысымы мен массасына.
- 3.3.77 Құрылыстағы кірпіш қабырғаның сыртқы бетінің температурасы-10°C, ал ішкі температурасы 20°C тең. Қабырғаның қалыңдығы 0,5м, ал кірпіштің жылу өткізгіштік коэффициенті 0,7Вт/(мК). 1м² қабырғадан секунд сайын өтетін жылу мөлшері:
 А) 424,2 Дж; В) 14 Дж; С) 4,2 кДж; D) 42 Дж; E) 2,52 кДж.
- 3.3.78 Газдардағы диффузия құбылысы ненің біртектілігі кезінде байқалады?
 А) температураның; В) бағытталған қозғалыс жылдамдығының;
 С) газ тығыздығының; D) температура мен тығыздықтың;
 E) молекуланың кинетикалық энергиясының.
- 3.3.79 Н₂ сутегінің ішкі үйкеліс коэффициенті 8,6 10⁻⁶Н·с/м² тең. Сутегінің осы жағдайдағы жылу өткізгіштік коэффициенті:
 А) 0,09Вт/(мК); В) 0,179мВт/(мК); С) 0,107мВт/(мК);
 D) 0,05Вт/(мК); E) 0,125 Вт/(мК).
- 3.3.80 Ішкі үйкеліс құбылысы кезінде не тасмалданады?
 А) масса мен импульс; В) энергия мен массы; С) импульс;
 D) масса; E) энергия.
- 3.3.81 Диффузия құбылысы кезінде не тасмалданады?
 А) масса мен импульс; В) энергия мен массы; С) импульс;
 D) масса; E) энергия.
- 3.3.82 Жылу өткізгіштік құбылысы кезінде не тасмалданады?
 А) масса мен импульс; В) энергия мен массы; С) импульс;
 D) масса; E) энергия.
- 3.3.83 Жылу өткізгіштік теңдеуі мына түрге ие:
 А) $Q=cm \Delta T$; В) $Q = \Delta U + A$; С) $j_E = -\alpha \frac{dT}{dx}$; D) $j_p = -\eta \frac{dv}{dx}$; E) $j_m = -D \frac{dp}{dx}$.
- 3.3.84 Диффузия теңдеуі мына түрге ие:
 А) $Q=cm \Delta T$; В) $Q = \Delta U + A$; С) $j_E = -\alpha \frac{dT}{dx}$; D) $j_p = -\eta \frac{dv}{dx}$; E) $j_m = -D \frac{dp}{dx}$.

3.3.85 Ішкі үйкеліс теңдеуі мына түрге ие:

A) $F = \mu N$; B) $Q = \Delta U + A$; C) $j_E = -\alpha \frac{dT}{dx}$; D) $j_p = -\eta \frac{dv}{dx}$; E) $j_m = -D \frac{dp}{dx}$.

3.3.86 0,2 л көлемді алып тұрған 1 моль азотты, кризистік температурдағы нақты газ ретінде қарастырып, оның ішкі энергиясын анықтаңыз

$T_{кр} = 126 \text{ К}$. ($a = 0,135 \text{ Н·м}^4/\text{моль}^2$)

A) 2,16 кДж; B) 3,92 кДж; C) 1,94 кДж; D) 6,92 кДж; E) 1,12 кДж.

3.3.87 Массасы 100 г оттегі 5л-ден 10л көлемге дейін ұлғайған. Осы ұлғаю кезіндегі молекула аралық күштердің жұмысын анықтаңыз.

($a=0,135 \text{ Н·м}^4/\text{моль}^2$).

A) 122 Дж; B) 133 Дж; C) 168 Дж; D) 149 Дж; E) 251 Дж.

3.3.88 Көлемі $V=5\text{л}$ ыдыстың ішінде 10 моль оттегі орналасқан. Оттегіні нақты газ ретінде қарастырып, молекуланың меншікті көлемін анықтаңыз.

($b= 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).

A) 34,2 см³; B) 79,3 см³; C) 46,8 см³; D) 54,9 см³; E) 72,8 см³

3.3.89 Көлемі $V=5\text{л}$ ыдыстың ішінде 10 моль оттегі орналасқан. Оттегіні нақты газ ретінде қарастырып, газдың p' ішкі қысымын анықтаңыз.

($a=0,136 \text{ Н·м}^4/\text{моль}^2$).

A) 234 кПа; B) 348 кПа; C) 622 кПа; D) 544 кПа; E) 54,4 кПа.

3.3.90 Төменде келтірілген идеал газдың $U_{ид}$ ішкі энергиясы мен нақты газдың U_n ішкі энергиясы арасындағы дұрыс қатынасты көрсетіңіз:

A) $U_{ид} = U_n$; B) $U_{ид} \geq U_n$; C) $U_{ид} \leq U_n$; D) $U_{ид} < U_n$; E) $U_{ид} > U_n$.

4 ЭЛЕКТРОСТАТИКА ЖӘНЕ ТҰРАҚТЫ ТОК

4.1 Негізгі заңдар мен формулалар

4.1.1 Кулон заңы

$$F = \frac{q_i q_k}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r^2}$$

4.1.2 Электростатикалық өрістің кернеулігі

$$E = F / q_0$$

4.1.3 Нүктелік заряд тудырған электростатикалық өрістің кернеулігі

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

4.1.4 Шексіз ұзын зарядталған жіп өрісінің кернеулігі

$$E = \frac{\tau}{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon r}$$

4.1.5 Бірқалыпты зарядталған жазықтық өрісінің кернеулігі

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon}$$

4.1.6 Бірқалыпты және әр аттас зарядталған бір-біріне параллель екі шексіз жазықтық арасындағы өрістің кернеулігі

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}$$

4.1.7 Радиусы R зарядталған металл сфераның центрінен r қашықтықта тудыратын өріс кернеулігі E :

а) сфераның бетінде ($r=R$)

$$E = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon R^2}$$

б) сфераның сыртында

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

4.1.8 Электростатикалық индукция векторы (ығысу векторы)

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon E$$

4.1.9 Электростатикалық өріс күштерінің зарядты A нүктесінен B нүктесіне тасмалдағанда істейтін жұмысы

$$A = q \int_A^B E dl \cos(E, dl), \quad A = q(\varphi_A - \varphi_B).$$

4.1.10 Нүктелік заряд өрісінің потенциалы

$$\varphi = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r}$$

4.1.11 Радиусы R тең қуыс металл сфераның, оның центрінен r қашықтықта тудыратын электр өрісінің потенциалы:

а) сфераның ішкі жағы мен бетінде ($r \leq R$)

$$\varphi = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon R}$$

б) сфераның сыртында

$$\varphi = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r}$$

4.1.12 Өріс кернеулігі мен потенциалы арасындағы байланыс

а) жалпы түрі

$$E = - \frac{d\varphi}{dl}$$

б) $E = const$ кезінде

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l} = \frac{U}{l}$$

4.1.13 Конденсатордың әр аттас зарядталған екі астарының арасындағы тартылыс күші

$$F = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2 S}{2}$$

4.1.14 Оқшауланған өткізгіштің электр сыйымдалығы

$$C = q / \varphi$$

4.1.15 Оқшауланған сфералық өткізгіштің электр сыйымдалығы

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R.$$

4.1.16 Жазық конденсатордың сыйымдылығы

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}, \quad C = \frac{q}{U}$$

4.1.17 Конденсатордың бір-біріне параллель жалғанған батареяларының сыйымдылығы

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

4.1.18 Конденсатордың бір-біріне тізбектей жалғанған батареяларының сыйымдылығы

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

4.1.19 Өріс энергиясы:

а) зарядталған өткізгіштің

$$W_3 = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{q\varphi}{2}$$

б) зарядталған конденсатордың

$$W_3 = (1/2)\varepsilon\varepsilon_0 E^2 V$$

4.1.20 Электр өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы

$$w = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon \varepsilon_0}$$

4.1.21 Ток күші

а) жалпы түрі

$$I = dq / dt$$

в) тұрақты ток

$$I = q / t$$

4.1.22 Металдағы токтың тығыздығы

$$j = e n \langle v \rangle$$

4.1.23 Біртекті өткізгіштің кедергісі

$$R = \rho l / S$$

4.1.24 Өткізгіштің меншікті электрлік өткізгіштігі және өткізгіштігі

$$\gamma = 1/\rho ; \quad G = 1/R$$

4.1.25 Меншікті кедергінің температурадан тәуелділігі

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t)$$

4.1.26 Өткізгіштер жүйесінің кедергісі:

а) тізбектей жалғау кезінде

$$R = \sum R_i$$

б) параллель жалғау кезінде

$$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$$

4.1.27 Ом заңы:

а) ЭҚК-і жоқ тізбек бөлігі үшін (біртекті тізбек бөлігі)

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$$

б) ЭҚК-і бар тізбектің бөлігі үшін (біртекті емес тізбек бөлігі)

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \mathcal{E}}{R},$$

мұндағы \mathcal{E} - ток көзінің ЭҚК-і; R – тізбек бөлігінің толық кедергісі (сыртқы және ішкі кедергілер қосындысы);

в) тұйық (толық) тізбек үшін

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

4.1.28 Қысқа тұйықталу тогы

$$I_{\text{КТ}} = \mathcal{E} / r$$

4.1.29 Дифференциал түрдегі Ом заңы

а) біртекті тізбек бөлігі үшін

$$j = \gamma E = E / \rho$$

б) біртекті емес тізбек бөлігі үшін

$$j = \gamma (E_{\text{кул}} + E_{\text{бог}})$$

4.1.30 Кирхгоф заңдары:

а) бірінші заңы

$$\sum I_i = 0$$

б) екінші заңы

$$\sum I_i R_i = \sum \mathcal{E}_i$$

4.1.31 Джоуль-Ленц заңы

а) интегралдық түрі

$$Q = I^2 R t = U^2 t / R = IU t$$

б) дифференциалдық түрі

$$w = \gamma E^2$$

4.1.32 Токтың жұмысы

$$A = IU t = I^2 R t = U^2 t / R$$

4.1.33 Тізбекте бөлінетін толық қуат

$$P = I \cdot \mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}^2}{R + r}$$

4.1.34 Тізбекте бөлінетін пайдалы қуат

$$P_n = IU = I^2 R = U^2 / R$$

4.1.34 Ток көзінің пайдалы әсер коэффициенті

$$\eta = \frac{P_n}{P} = \frac{R}{R + r} = U / \mathcal{E}$$

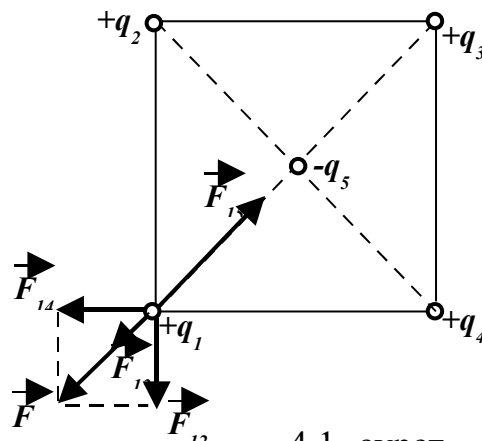
4.2 Есеп шығару үлгісі

4.2.1 **1 есеп.** Квадрат төбелерінде бірдей $+2 \cdot 10^{-7}$ Кл оң зарядтар орналасқан. Квадраттың центріне теріс заряд орналастырған. Зарядтар жүйесі тепе-теңдік қалпын сақтау үшін оның шамасы қандай болуы қажет?

Берілгені:

$$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$q_5 = ?$



4.1 -сурет

Шешуі: q_5 зарядының шамасын анықтау үшін Кулон заңын қолданамыз. q_1, q_2, q_3 және q_4 зарядтары бірдей, олар бір-біріне симметриялы орналасқан. Сондықтан төрт зарядтың біреуін ғана қарастырамыз. Зарядтардың біреуі, мысалы q_1 зарядының q_5 зарядымен тепе-теңдік қалыпта болу шартын анықтайық.

q_1 заряды q_2, q_3, q_4 оң зарядтарынан тебіледі, ал q_5 теріс зарядына тартылады. Суперпозиция принципі бойынша әр q_2, q_3, q_4 және q_5 зарядтары тудырған өрістер q_1 зарядына бір-бірінен тәуелсіз әсер етеді. Бұл осы күштердің $(F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{15})$ векторлық қосындысын құруға мүмкіндік береді. q_1 және q_5 зарядтары тепе-теңдік қалпында болуы үшін, оларға әсер етуші күштердің векторлық қосындысы нөлге тең болуы қажет. Айтылғандарды ескере отырып мынаны жазамыз

$$F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} = 0, \quad (4.1)$$

мұндағы $F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{15}$ - q_1 зарядына q_2, q_3, q_4 және q_5 зарядтары тарапынан әсер ететін күштер. Зарядтардың орналасуын ескере отырып (4.1-суретті қара), (4.1) формуласындағы $F_{12} + F_{14}$ күштерін қорытқы F күшімен алмастыра отырып, мынаны табамыз

$$F + F_{13} + F_{15} = 0. \quad (4.2)$$

Өрнектің векторлық түрінен скалярлық түріне көшеміз:

$$F = 2F_{12} \cos \alpha; \quad 2F_{12} \cos \alpha + F_{13} = F_{15}. \quad (4.3)$$

Күштерді Кулон заңы бойынша өрнектейміз:

$$2 \cdot \frac{q_1 q_2}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r_{12}^2} \cos \alpha + \frac{q_1 q_3}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r_{13}^2} = \frac{q_1 q_5}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r_{15}^2},$$

мұндағы ε_0 – электр тұрақтысы; ε - ортаның салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі.

$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$ болғандықтан:

$$\frac{2q^2 \cos \alpha}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r_{12}^2} + \frac{q^2}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r_{13}^2} = \frac{qq_5}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r_{15}^2}. \quad (4.4)$$

Есептің шарты бойынша $r_{12} = r_{14} = r_{23} = r_{34}$, осыдан

$$\left. \begin{aligned} r_{13} &= \sqrt{r_{12}^2 + r_{23}^2} = r_{12} \sqrt{2} \\ r_{15} &= \frac{r_{13}}{2} = \frac{\sqrt{2}r_{12}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$

(4.4) теңдеуіне (4.5) теңдеуіндегі r_{13} және r_{15} қойып, одан кейін түрлендірулер жүргізе отырып мынаны табамыз

$$q_5 = q \left(\cos \alpha + \frac{1}{4} \right).$$

ХБ жүйесінде есептеулер жүргіземіз:

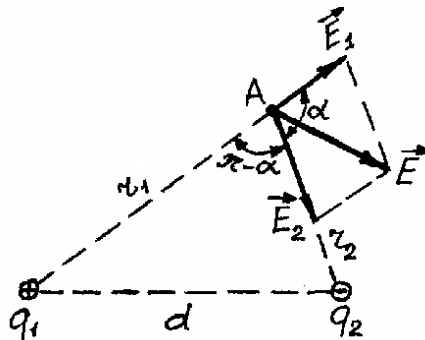
$$q_5 = 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{1}{4} \right) = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 0,957 = 1,92 \cdot 10^{-7} \text{ Кл.}$$

Жауабы: $|q_5| = 1,92 \cdot 10^{-7} \text{ Кл.}$

4.2.2 2 есеп. Екі $q_1 = 1 \text{ нКл}$ және $q_2 = -2 \text{ нКл}$ нүктелік электр зарядтары ауада бір-бірінен $d = 10$ ара қашықтықта орналасқан. q_1 зарядтан $r_1 = 9 \text{ см}$ және q_2 зарядтан $r_2 = 7 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан A нүктесіндегі осы зарядтар тудырған өрістің E кернеулігі мен φ потенциалын анықтаңыздар.

Берілгені:
 $q_1 = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}$
 $q_2 = -2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
 $\varepsilon = 1$
 $d = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
 $r_1 = 9 \text{ см} = 0,09 \text{ м}$
 $r_2 = 7 \text{ см} = 0,07 \text{ м}$

 $E = ?$ $\varphi = ?$



4.2-сурет

Шешуі: Электр өрістерінің суперпозиция принципі бойынша әрбір заряд кеңістіктегі басқа зарядтарға тәуелсіз электр өрісін тудырады. Сондықтан берілген нүктедегі электр өрісінің E кернеулігі, әрбір зарядтың осы нүктеде жеке тудырған өріс кернеуліктерінің E_1 және E_2 геометриялық қосындысы арқылы табылады:

$$E = E_1 + E_2.$$

q_1 және q_2 зарядтарының ауада ($\epsilon=1$) тудырған электр өрісінің кернеуліктері

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi \epsilon_0 r_1^2}, \quad (4.6)$$

$$E_2 = \frac{q_2}{4\pi \epsilon_0 r_2^2}. \quad (4.7)$$

q_1 заряды оң болғандықтан, E_1 векторы (4.2-суретті қара) күш сызықтарының бойымен q_1 зарядынан ары қарай бағытталған; q_2 заряды теріс болғандықтан, E_2 векторы да күш сызықтарының бойымен, бірақ q_2 зарядына қарай бағытталған. E векторының модулін косинустар теоремасы бойынша табамыз:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha}, \quad (4.8)$$

мұндағы α - E_1 және E_2 векторлары арасындағы бұрыш, ол қабырғалары r_1 , r_2 және d болып келген үшбұрыш арқылы табылады:

$$\cos \alpha = \frac{d^2 - r_1^2 - r_2^2}{2r_1r_2}.$$

Берілген жағдайда көп жазу жазбас үшін $\cos \alpha$ мәнін жеке есептеп алғанымыз дұрыс:

$$\cos \alpha = \frac{(0,1)^2 - (0,09)^2 - (0,07)^2}{2 \cdot 0,09 \cdot 0,07} = -0,238.$$

(4.6) формуласындағы E_1 өрнегін және (4.7) формуласындағы E_2 өрнегін (4.8) формуласына қойып, ортақ $\frac{1}{4\pi \epsilon_0}$ көбейткішін түбір астынан шығарып, мынаны табамыз:

$$E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4} + 2 \frac{q_1 q_2}{r_1^2 r_2^2} \cos \alpha}. \quad (4.9)$$

Электр өрістерінің суперпозиция принципіне сәйкес q_1 және q_2 зарядтары тудырған қорытқы өріс ϕ потенциалы, жеке зарядтар тудырған өріс потенциалдарының алгебралық қосындысына тең, яғни

$$\phi = \phi_1 + \phi_2. \quad (4.10)$$

Вакуудағы q нүктелік зарядтың r қашықтықта тудырған электр өрісінің потенциалы мына формуламен өрнектеледі

$$\varphi = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 r}. \quad (4.11)$$

Біздің жағдайда (4.10) және (4.11) формулаларына сәйкес мынаны табамыз:

$$\varphi = \frac{q_1}{4\pi \varepsilon_0 r_1} + \frac{q_2}{4\pi \varepsilon_0 r_2},$$

немесе

$$\varphi = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right). \quad (4.12)$$

(4.9) және (4.12) формулаларының өлшем бірліктерін тексерейік

$$[E] = \frac{B \cdot m}{Kl} \cdot \left(\frac{Kl^2}{m^4} \right)^{1/2} = \frac{B}{m}.$$

$$[\varphi] = \frac{B \cdot m}{Kl} \cdot \frac{Kl}{m} = B.$$

(4.9) және (4.12) формулаларын есептеу кезінде $\frac{1}{4\pi \varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ м/Ф екенін ескереміз:

$$E = 9 \cdot 10^9 \sqrt{\frac{(10^{-9})^2}{(0,09)^4} + \frac{(2 \cdot 10^{-9})^2}{(0,07)^4} + 2 \frac{10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{(0,09)^4 \cdot (0,07)^4} (-0,238)} \quad \text{В/м} =$$

$$= 3,58 \cdot 10^3 \text{ В/м} = 3,58 \text{ кВ/м}.$$

E есептеу кезінде q_2 зарядының таңбасы алынып тасталды, өйткені заряд таңбасы кернеулік векторының бағытын анықтау үшін қажет, ал E_2 бағыты графикалық кескінін салу кезінде ескерілген (4.2-суретті қара).

Берілген зарядтар жүйесінің потенциалын (4.12) формуласы бойынша есептейміз:

$$\varphi = 9 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{10^{-9}}{0,09} + \frac{-2 \cdot 10^{-9}}{0,07} \right) = -157 \text{ В}.$$

Жауабы: $E = 3,58$ кВ/м; $\varphi = -157$ В.

4.2.3 **3 есеп.** Зарядының беттік тығыздығы $\sigma=0,2$ нКл/см² тең бірқалыпты зарядталған радиусы $R=10^{-2}$ тең түзу шексіз цилиндр тудырған өрісте $q=25$ нКл нүктелік заряды орналасқан. Егер заряд цилиндр өсінен $r=10^{-1}$ м қашықтықта орналасқан болса, онда зарядқа әсер ететін F күшті анықтыңыздар.

Берілгені:

$$q=25 \text{ нКл}=25 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$R=10^{-2} \text{ м}$$

$$\sigma=0,2 \text{ нКл/см}^2=2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$$

$$r=10^{-1} \text{ м}$$

F -?

Шешуі: Өрісте орналасқан q нүктелік зарядына әсер ететін F күшінің сандық мәні мына формула арқылы анықталады

$$F = qE, \quad (4.13)$$

мұндағы E – өріс кернеулігі.

Ауада орналасқан шексіз ұзын бірқалыпты зарядталған цилиндр тудырған өріс кернеулігі бізге бұрыннан белгілі

$$E = \frac{\tau}{2\pi \varepsilon_0 r}, \quad (4.14)$$

мұндағы τ - зарядтың сызықтық тығыздығы.

Зарядтың τ сызықтық тығыздығын σ беттік тығыздық арқылы өрнектейік. Ол үшін ұзындығы l тең цилиндр элементін бөліп алып, онда орналасқан q зарядты екі тәсіл арқылы өрнектейік:

$$q = \sigma S; \quad q = \tau l.$$

Осы теңдіктердің оң жақтарын теңестіре отырып, мынаны табамыз

$$\tau l = 2\pi R l \sigma, \quad \tau = 2\pi R \sigma.$$

Осыны ескере отырып (4.14) формуласы мына түрге ие болады

$$E = R\sigma / \varepsilon_0 r.$$

E өріс кернеулігінің осы өрнегін (4.13) формуласына қойып, күшті табамыз

$$F = \frac{q\sigma R}{\varepsilon_0 r}. \quad (4.15)$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[F] = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{м}}{\text{Кл} \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{м}} = \text{Н}.$$

1- кестеге сәйкес $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Формуладағы R және r мәндері қатынас түрінде болғандықтан оларды кез-келген, бірақ бірдей өлшем бірлікпен өрнектеуге болады.

(4.15) формуласындағы шамалардың сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$F = \frac{2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 5,65 \cdot 10^{-4} \text{ Н} = 565 \text{ мкН.}$$

F күшінің бағыты E кернеулігінің бағытымен бағыттас, ал кернеуліктің бағыты цилиндрге (цилиндр шексіз ұзын) перпендикуляр бағытталған.

Жауабы: $F = 565$ мкН.

4.2.4 4 есеп. Жазық ауа конденсаторы жалпы ауданы 100 см^2 тең, бір-бірінен 4 мм қашықтықта орналасқан екі пластинадан тұрады. Конденсатор 200 В батареямен зарядталып, кейін одан ажыратылған. Астаралар арасындағы қашықтықты екі есеге арттыру үшін қандай жұмыс істелінуі қажет? Есепті конденсатор батареядан ажыратылмаған жағдай үшін де шығару қажет.

Берілгені:

$$\epsilon=1$$

$$l_1 = 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$S_1=S_2=50 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$U=200 \text{ В}$$

$$l_2 = 8 \text{ мм} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$A\text{-? } A_1\text{-?}$$

Шешуі: Батареядан ажыратылған конденсатор астарларының арасындағы қашықтықты ұзарту үшін сыртқы күштер тарапынан жұмыс істелінуі қажет.

Сыртқы күштер жұмысы $A = \int_{l_1}^{l_2} dA$ түсірілген F

күшіне және астарлардың l_1 -ден l_2 -ге дейін орын ауыстыруына тәуелді:

$$dA = F dl \quad (4.16)$$

Түсірілген F күші пластиналар арасындағы әсерлесу күші арқылы анықталады

$$F = E_1 q, \quad (4.17)$$

мұндағы q – пластина заряды; E_1 – бір пластинаның өріс кернеулігі. Кернеуліктің шамасын потенциал градиенті арқылы да табуға болады

$$E_1 = - \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{l}. \quad (4.18)$$

Басқа пластинаға қатысты орын ауыстыратын пластинаның q заряды-потенциалдар айырмасы U , екі пластинаның ара қашықтығы l және пластина

ауданы S арқылы табылады. Жазық конденсатордың сыйымдылығын табу формуласынан

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{l}, \quad \text{және} \quad q = CU$$

Бұдан табатынымыз

$$q = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon SU}{l}. \quad (4.19)$$

(4.17), (4.18) және (4.19) формулаларын (4.16) теңдеуіне қойып, мынаны табамыз

$$dA = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon SU^2}{2l^2} dl. \quad (4.20)$$

Толық жұмысты анықтау кезінде, батареядан ажыратылған конденсатордың U кернеуі өзгертінін, ал q заряд пен E өріс кернеулігінің өзгермейтінін ескерген жөн:

$$E = \text{const}; \quad E = - \frac{U}{l} = \text{const} \quad \text{немесе} \quad \frac{U}{l} = \frac{U_0}{l_1}. \quad (4.21)$$

(4.21) өрнегін (4.20) теңдеуіне қойып және оны интегралдап мынаны табамыз:

$$A = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon SU_0^2}{2l_1^2} (l_2 - l_1). \quad (4.22)$$

(4.22) формуласындағы физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексерейік:

$$[A] = \frac{\Phi \cdot \text{м}^2 \cdot \text{В}^2 \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{м}^2} = \text{Дж}.$$

(4.22) формуласына сандық мәндерін қоямыз (ХБ жүйесіндегі)

$$A = \frac{1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 200^2}{2 \cdot 4^2 \cdot 10^{-6}} \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4,42 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}.$$

Екінші жағдайда конденсатор батареядан ажыратылмаған және кернеудің U_0 тұрақты мәніне ие. Өрістің сыртқы күштерінің A толық жұмысы (4.20) формуласын интегралдау жолымен анықталады:

$$A_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon U_0^2 S}{2} \int_{l_1}^{l_2} \frac{dl}{l^2} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S U_0^2}{2} \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_2} \right). \quad (4.23)$$

(4.23) формуласына сандық мәндерін қойып, мынаны табамыз

$$A_1 = \frac{1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 200^2 \cdot (8 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3})}{2 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 1,106 \cdot 10^{-7} \text{ Дж.}$$

Жауабы: $A = 4,42 \cdot 10^{-7}$ Дж; $A_1 = 1,106 \cdot 10^{-7}$ Дж.

4.2.5 5 есеп. Жылдамдығы $v_1 = 10^6$ м/с тең электр өрісіндегі электрон жылдамдығын $n=2$ есеге арттыру үшін ол қандай U үдетуші потенциалдар айырмасын жүріп өтуі қажет.

<p><i>Берілгені:</i> $v_1 = 10^6$ м/с $\frac{v_2}{v_1} = n$ $n = 2$ $U = ?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Үдетуші потенциалдар айырмасын, электростатикалық өріс күштерінің A жұмысын табу арқылы анықтауға болады. Бұл жұмыс e электрон зарядының U потенциалдар айырмасына көбейтіндісі арқылы анықталады:</p> $A = eU. \quad (4.24)$
---	---

Екінші жағынан электростатикалық өріс күштерінің жұмысы электронның кинетикалық энергиясының өзгерісіне тең:

$$A = W_{k2} - W_{k1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \quad (4.25)$$

мұндағы W_{k1} және W_{k2} – электронның үдетуші өрісті жүріп өткенге дейінгі және кейінгі кинетикалық энергиялары; m – электронның массасы; v_1 және v_2 – оның бастапқы және соңғы жылдамдықтары.

(4.24) және (4.25) теңдіктерінің оң жақтарын теңестіре отырып, мынаны табамыз:

$$eU = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2},$$

немесе

$$eU = \frac{mn^2v_1^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2},$$

мұндағы $n = v_2 / v_1$.

Осыдан потенциалдар айырмасы

$$U = \frac{mv_1^2}{2e} (n^2 - 1).$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[U] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}.$$

1-кестеге сәйкес $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Физикалық шамалардың сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$U = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (10^6)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} (2^2 - 1) = 8,53 \text{ В}.$$

Жауабы: $U = 8,53 \text{ В}$.

4.2.6 6 есеп. Сыйымдылығы $C_1 = 3$ мкФ тең конденсатор $U = 40$ В потенциалдар айырмасына дейін зарядталған. Ток көзінен ажыратылған конденсаторды сыйымдылығы $C_2 = 5$ мкФ тең зарядталмаған басқа конденсаторға параллель жалғаған. Екінші конденсаторды жалғау мезетінде пайда болған ұшқынға қанша W' энергия шығындалған?

Берілгені:

$$C_1 = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U = 40 \text{ В}$$

$$C_2 = 5 \text{ мкФ} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$W' = ?$$

Шешуі: Ұшқынның пайда болуына шығындалатын W' энергия,

$$W' = W_1 - W_2, \quad (4.26)$$

мұндағы W_1 – бірінші конденсатордың екінші конденсаторды жалғағанға дейін ие болған энергиясы; W_2 – бірінші және екінші конденсаторлардан тұратын батареяның энергиясы.

Зарядталған конденсатордың энергиясы мына формуламен анықталады

$$W = C U^2 / 2, \quad (4.27)$$

мұндағы C – конденсатордың немесе конденсаторлар батареясының сыйымдылығы; U – конденсатор астарларындағы потенциалдар айырмасы.

(4.26) формуласындағы W_1 және W_2 энергияларды (4.27) формуласы арқылы өрнектеп және параллель жалғанған конденсаторлардың жалпы сыйымдылығы жеке конденсаторлар сыйымдылықтарының қосындысына тең екенін ескере отырып, мынаны табамыз

$$W' = \frac{C_1 U_1^2}{2} - \frac{(C_1 + C_2) U_2^2}{2}, \quad (4.28)$$

мұндағы U_2 – конденсаторлар батареясының қысқыштарының потенциалдар айырмасы.

Екінші конденсаторды жалғағаннан соң да зарядтың өзгермейтінін ескере отырып, U_2 потенциалдар айырмасын былайша өрнектейміз:

$$U_2 = \frac{q}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 U_1}{C_1 + C_2}.$$

U_2 өрнегін (4.28) формуласына қойып, мынаны табамыз:

$$W' = \frac{C_1 U_1^2}{2} - \frac{(C_1 + C_2) C_1^2 U_1^2}{2(C_1 + C_2)^2}.$$

Қарапайым түрлендірулерден кейін

$$W' = \frac{1}{2} \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} U_1^2.$$

Алынған өрнекке сандық мәндерін қойып, W' есептейміз:

$$W' = \frac{1}{2} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-6} + 5 \cdot 10^{-6}} \cdot 1600 = 1,5 \text{ мДж}$$

Жауабы: $W'=1,5$ мДж.

4.2.7 7 есеп. Жазық ауа конденсаторының электрлік сыйымдылығы $C = 1 \text{ нФ}$, ал астарларының ара қашықтығы 4 мм тең. Конденсатор астарларының арасына орналстырылған $q = 4,9 \text{ нКл}$ зарядқа $F=98 \text{ мкН}$ күш әсер етеді. Астардың ауданы 100 см^2 тең. Табу керек: астарлар арасындағы өріс кернеулігі мен потенциалдар айырмасын, конденсатор өрісінің энергиясы мен энергияның көлемдік тығыздығын.

Берілгені:

$$C=1 \text{ нФ}=10^{-9} \text{ Ф}$$

$$d=4 \text{ мм}=4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q=4,9 \text{ нКл}=4,9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F=98 \text{ мкН}=9,8 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$S=100 \text{ см}^2=10^{-2} \text{ м}^2$$

$$\varepsilon=1$$

Шешуі: Конденсатор астарлары арасындағы өрісті біртекті деп есептейміз. Конденсатор өрісінің кернеулігін мына өрнек арқылы анықтауға болады:

$$E = F / q,$$

мұндағы F – өріс тарапынан конденсатор астарларының арасына орналастырылған q зарядқа әсер ететін күш. Сандық мәндерін қойып, E табамыз:

$E=? U=? W_3=? w_3=?$

$$E = \frac{9,8 \cdot 10^{-5}}{4,9 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^4 = 20 \text{ кВ/м.}$$

Біртекті электростатикалық өрістің кернеулігі мен потенциалдар айырмасы арасындағы байланысты қолданамыз:

$$U = E d.$$

Сандық мәндерін қойып, мынаны табамыз

$$U = 2 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 80 \text{ В.}$$

Жазық конденсатордың энергиясын мына формула арқылы анықтаймыз:

$$W_3 = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S U^2}{2d},$$

мұндағы $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ (1-кестені қара) - электр тұрақтысы. Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[W_3] = \frac{\text{Ф} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{В}^2}{\text{м}} = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2 = \text{Кл} \cdot \text{В} = \text{Дж.}$$

Сандық мәндерін орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$W_3 = \frac{1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-2} \cdot 80^2}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 7,08 \cdot 10^{-8} = 70,8 \text{ нДж.}$$

Энергияның көлемдік тығыздығы

$$w_3 = \frac{W_3}{V} = \frac{W_3}{Sd},$$

мұндағы $V = Sd$ – конденсатор өрісінің көлемі. w_3 есептейміз:

$$w_3 = \frac{7,08 \cdot 10^{-8}}{10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 1,77 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^3.$$

Жауабы: $E = 20 \text{ кВ/м}$; $U = 80 \text{ В}$; $W_3 = 70,8 \text{ нДж}$; $w_3 = 1,77 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^3$.

4.2.8 **8 есеп.** Батарея тізбектей жалғанған бес элементтен тұрады. Әр элементтің ЭҚК-і 1,4 В және ішкі кедергісі 0,3 Ом тең. Қандай ток кезінде батареяның пайдалы қуаты 8 Вт тең болады? Батареяның пайдалы қуатының максимал мәнін анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $n=5$ $r_i=0,3 \text{ Ом}$ $\varepsilon_i=1,4 \text{ В}$ $P_n=8 \text{ Вт}$ $I=? P_{n \text{ max}}=?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Батареяның пайдалы қуаты</p> $P_n = I^2 R, \quad (4.29)$ <p>мұндағы R – сыртқы тізбектің кедергісі, I – тізбекте жүріп жатқан ток күші. I толық тізбек үшін Ом заңы бойынша анықталады:</p>
--	--

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R} = \frac{n\varepsilon_i}{nr_i + R} \quad (4.30)$$

мұндағы $n\varepsilon_i$ – батареяның ЭҚК-і, nr_i - тізбектей жалғанған n элементтердің ішкі кедергісі.

(4.29) формуласындағы R өрнектейік:

$$R = P_n / I^2$$

және осы өрнекті (4.30) формуласына қойып, мынаны:

$$I = \frac{n\varepsilon_i}{nr_i + \frac{P_n}{I^2}} \quad (4.31)$$

немесе

$$I \left(nr_i + \frac{P_n}{I^2} \right) = n\varepsilon_i \quad (4.32)$$

(4.32) өрнегін түрлендіре отырып, I тогына қатысты квадраттық теңдеу аламыз:

$$nr_i I^2 - n\varepsilon_i I + P_n = 0.$$

Квадраттық теңдеуді шеше отырып, мынаны табамыз:

$$I_{1,2} = \frac{n\varepsilon_i \pm \sqrt{n^2\varepsilon_i^2 - 4nr_i P_n}}{2nr_i}.$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[I] = \frac{B \pm (B^2 - Om \cdot Bm)^{\frac{1}{2}}}{Om} = A.$$

Сандық мәндерін қойып, мынаны табамыз:

$$I_1 = \frac{5 \cdot 1,4 + \sqrt{5^2 \cdot 1,4^2 - 4 \cdot 5 \cdot 0,3 \cdot 8}}{2 \cdot 5 \cdot 0,3} = 2,66 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{5 \cdot 1,4 - \sqrt{5^2 \cdot 1,4^2 - 4 \cdot 5 \cdot 0,3 \cdot 8}}{2 \cdot 5 \cdot 0,3} = 2 \text{ A}.$$

Батареяның пайдалы қуатының максимал мәнін анықтау үшін, оның ішкі кедергіге тәуелділігін табамыз. (4.29) теңдеуіне (4.30) өрнегін қоямыз:

$$P_n = \frac{n^2 \mathcal{E}_i^2 R}{(nr_i + R)^2}. \quad (4.33)$$

Осы формуладан \mathcal{E}_i и r_i шамаларының тұрақты мәндерінде қуат бір айнымалының, яғни R сыртқы кедергінің функциясы болатынын көреміз.

егер $\frac{dP_n}{dR} = 0$ болса, онда

$$\frac{dP_n}{dR} = \frac{n^2 \mathcal{E}_i^2 (R + nr_i) - 2n^2 \mathcal{E}_i^2 R}{(R + nr_i)^3} = 0,$$

немесе

$$n^2 \mathcal{E}_i^2 (R + nr_i) - 2n^2 \mathcal{E}_i^2 R = 0. \quad (4.34)$$

Осыдан есеп сыртқы тізбек кедергісін іздеуге әкеп соғады. (4.34) теңдеуінің шешімінен $R = nr_i$ табылған мәнін (4.33) формуласына қойып, мынаны табамыз:

$$P_{n \max} = n\mathcal{E}_i^2 / 4r_i.$$

Есептеулер жүргізіп, мынаны табамыз:

$$P_{n \max} = \frac{5 \cdot 1,4^2}{4 \cdot 0,3} = 8,16 \text{ Вт}$$

Жауабы: $I_1=2,66 \text{ A}; \quad I_2=2 \text{ A}; \quad P_{n \max} = 8,16 \text{ Вт}.$

4.2.9 **9 есеп.** Кедергісі $R = 20$ Ом тең өткізгіштегі ток күші сызықтық заңы бойынша 2 с ішінде $I_0 = 0$ ден $I = 6$ А дейін өседі. Осы өткізгіште алғашқы бір және екі секунд уақыт ішінде бөлінген Q_1 және Q_2 жылу мөлшерлерін анықтаңыздар және Q_2 / Q_1 қатынасын табыңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $R=20$ Ом $I_0=0$ А $I=6$ А $\Delta t=2$ с $\Delta t_1=\Delta t_2=1$ с $Q_1=?$ $Q_2=?$ $Q_2 / Q_1=?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Өткізгіште бөлінетін жылу мөлшері Джоуль-Ленц заңы бойынша анықталады</p> $Q = I^2 R t \quad (4.35)$ <p>(4.35) түрі тұрақты ток күші жағдайында қолданылады ($I=\text{const}$). Егер өткізгіштегі ток күші өзгертін болса, онда берілген заң шексіз аз уақыт аралығы үшін қолданылады және мына түрде жазылады:</p>
--	---

$$dQ = I^2 R dt \quad (4.36)$$

Мұндағы I ток күші уақыттың функциясы болып табылады. Біздің жағдайда

$$I = k t, \quad (4.37)$$

мұндағы k – пропорционалдық коэффициенті, ол бірлік уақыт ішіндегі ток күшінің өсуіне тең, яғни

$$k = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{6}{2} \text{ А/с}$$

(4.37) формуласын ескерсек, онда (4.36) формуласы мына түрге ие болады:

$$dQ = k^2 R t^2 dt. \quad (4.38)$$

Соңғы Δt уақыт аралығында бөлінген жылу мөлшерін анықтау үшін (4.38) өрнегін t_1 ден t_2 дейінгі шектерде интегралдау қажет:

$$Q = k^2 R \int_{t_1}^{t_2} t^2 dt = \frac{1}{3} k^2 R (t_2^3 - t_1^3).$$

Өлшем бірлігін тексереміз:

$$[Q] = \text{А}^2 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с}^3 = \text{А}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с} = \text{Дж}.$$

Алғашқы бір секунд ішінде бөлінген жылу мөлшерін анықтау кезінде интегралдау шектері $t_1=0$ ден $t_2=1$ с дейін болады, осыдан

$$Q_1 = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{6}{2}\right)^2 \cdot 20 \cdot (1-0) = 60 \text{ Дж.}$$

Q_2 жылу мөлшерін анықтау кезіндегі интегралдау шектері $t_1=1\text{ с}$, $t_2=2\text{ с}$, осыдан

$$Q_2 = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{6}{2}\right)^2 \cdot 20 \cdot (8-1) = 420 \text{ Дж.}$$

Сондықтан, $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{420}{60} = 7$, яғни екінші секунд ішінде бірінші секунд ішінде бөлінген жылу мөлшерінен 7 есе артық жылу мөлшері бөлінеді.

Жауабы: $Q_1 = 60 \text{ Дж}$; $Q_2 = 420 \text{ Дж}$; $Q_2 / Q_1 = 7$.

4.2.10 10 есеп. Мыс өткізгіштегі j ток күшінің тығыздығы 3 А/мм^2 тең. Өткізгіштегі электр өрісінің E кернеулігін және берілген ток күші осы өткізгіш арқылы өткен кезде бөлінген жылулық қуаттың w көлемдік тығыздығын табыңыздар.

<p><i>Берілген:</i> $j = 3 \text{ А/мм}^2 = 3 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$ $E - ?$ $w - ?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Дифференциал түрдегі Ом заңы бойынша:</p> $j = \gamma E = \frac{1}{\rho} E, \quad (4.39)$
--	--

мұндағы γ - меншікті өткізгіштік; ρ - өткізгіштің меншікті кедергісі. (4.39) формуласынан мынаны табамыз:

$$E = j \cdot \rho \quad (4.40)$$

ρ мәнін 12- кестеден аламыз: $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Сандық мәндерді орындарына қойып, E анықтаймыз:

$$E = 3 \cdot 10^6 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} = 5,1 \cdot 10^{-2} \text{ В/м.}$$

Жылулық қуаттың көлемдік тығыздығы дифференциал түрдегі Джоуль-Ленц заңы арқылы анықталады:

$$w = \gamma E^2 = j E$$

$$w = 3 \cdot 10^6 \cdot 5,1 \cdot 10^{-2} = 15,3 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^3 = 153 \text{ кВт/м}^3.$$

Жауабы: $E = 5,1 \cdot 10^{-2} \text{ В/м}$; $w = 153 \text{ кВт/м}^3$.

4.3 Электростатика және тұрақты ток бөлімдері бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар

- 4.3.1 Екі нүктелік зарядтың біреуінің зарядын 4 есеге көбейткеннен кейін олардың өзара әсерлесу күші бұрынғыдай болып қала беру үшін, олардың арақашықтығын неше есеге өзгерту керек?
 А) 4 есе арттыру керек; В) 4 есе кеміту керек; С) 2 есе арттыру керек;
 D) 2 есе кеміту керек; Е) $\sqrt{2}$ есе арттыру керек;
- 4.3.2 Радиусы 10 см металл шарға $12,56 \cdot 10^{-8}$ Кл заряд берілген. Шар бетіндегі зарядтың беттік тығыздығын анықтаңыз.
 А) $0,5 \text{ мкКл/м}^2$; В) $0,2 \text{ мкКл/м}^2$; С) 2 мкКл/м^2 ; D) 10 мкКл/м^2 ; Е) 1 мкКл/м^2 .
- 4.3.3 ${}_{7}\text{N}^{13}$ атомының ядросы мен радиусы R орбитадағы электронның Кулондық әсерлесу күші:
 А) $k \frac{6e^2}{R^2}$; В) $k \frac{6e^2}{R}$; С) $k \frac{7e^2}{R^2}$; D) $k \frac{13e^2}{R^2}$; Е) $k \frac{7e^2}{R}$.
- 4.3.4 Радиусы R өткізгіш шарға заряд берілген. Шар центрінен $4R$ қашықтықтағы нүктедегі электр өрісінің кернеулігі 2 В/м тең. Шар бетіндегі электр өрісінің кернеулігі неге тең?
 А) 16 В/м ; В) 32 В/м ; С) 4 В/м ; D) 64 В/м ; Е) 8 В/м .
- 4.3.5 Бірқалыпты зарядталған шексіз жазықтық тудырған электростатикалық өрістің кернеулігін анықтайтын формула:
 А) $\frac{\sigma \varepsilon}{2 \varepsilon_0}$; В) $E = \frac{2\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}$; С) $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon \varepsilon_0}$; D) $E = \frac{\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}$; Е) $E = \frac{4\pi \sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}$.
- 4.3.6 Екі нүктелік зарядтардың $q_1 = +12 \text{ нКл}$ және $q_2 = -4 \text{ нКл}$ ара қашықтығы 40 см тең. Екі зарядтың ортасында жатқан нүктедегі өріс кернеулігін анықтаңыз.
 А) 2050 В/м ; В) 1600 В/м ; С) 4200 В/м ; D) 3150 В/м ; Е) 3600 В/м .
- 4.3.7 $\varepsilon=2$ тең диэлектриктегі электр өрісінің кернеулігі 30 МВ/м тең. Бұл өрістің индукциясы:
 А) $0,53 \text{ мКл/м}^2$; В) $0,36 \text{ Кл/м}^2$; С) 4 мКл/м^2 ; D) $5,9 \cdot 10^{-16} \text{ мКл/м}^2$; Е) $0,6 \text{ Кл/м}^2$
- 4.3.8 Массасы $2m$ және заряды $-4e$ тең бөлшек біркелкі электр өрісінде a үдеумен қозғалып барады. Электр өрісінің кернеулігі:
 А) $-\frac{8ma}{e}$; В) $-\frac{ma}{2e}$; С) $-8mea$; D) $-\frac{2e}{ma}$; Е) $\frac{ma}{e}$.
- 4.3.9 Ауданы $1,77 \text{ м}^2$ болатын тұйық бетте 2 Кл , -5 Кл , $18,8 \text{ Кл}$ және $1,9 \text{ Кл}$ электр зарядтары орналасқан. Бұл беттен өтетін электр өрісі кернеулігі векторының ағыны:

A) 17,7 В·м; B) 27,7 В·м; C) $2 \cdot 10^{12}$ В·м; D) $1,57 \cdot 10^{-10}$ В·м; E) $2 \cdot 10^{-12}$ В·м.

4.3.10 5Кл, -2Кл, -3Кл және 8Кл электр зарядтары ауданы $0,65\text{м}^2$ болатын тұйық бетпен қоршалған. Бұл беттен өтетін электростатикалық индукция векторының ағыны:

A) 11,7 Кл; B) 5,2 Кл; C) 12,3 Кл; D) 8 Кл; E) 18 Кл.

4.3.11 Өрістің қандай да бір нүктесінде $4 \cdot 10^{-7}$ Кл зарядқа $8 \cdot 10^{-3}$ Н күш әсер етеді. Бұл нүктедегі өрістің кернеулігі?

A) 32 кВ/м; B) 0,05 мВ/м; C) 3,2 мВ/м; D) 20 кВ/м; E) 0,2 кВ/м.

4.3.12 Электростатикалық өрісі кернеулігінің өлшем бірлігі:

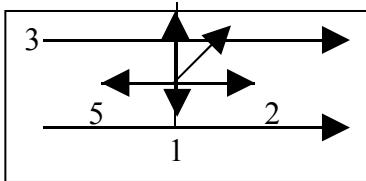
A) Н · Кл; B) В · м; C) Кл / м; D) В/ м²; E) Н/ Кл.

4.3.13 Біртекті диэлектрик ішіндегі өріс кернеулігінің модулі вакуумдегі өрісі кернеулігінің модулінен неше есе кіші екенін көрсететін физикалық шама:

A) диэлектрлік өтімділік; B) электрсыйымдылық;
C) магниттік өтімділік; D) электрлік тұрақты;
E) потенциал;

4.3.14 Этил спирті бар ыдыста екі нүктелік заряд орналасқан. Спирт толық буланып кеткеннен кейін, олардың өзара әсерлесу күші қалай өзгереді? ($\epsilon=25$)

A) 5 есе кемиді; B) өзгермейді; C) 5 есе артады;
D) 25 есе артады; E) 25 есе кемиді;



4.3.15 Біртекті электр өрісіндегі теріс зарядталған бөлшекке әсер ететін күш қалай бағытталған?

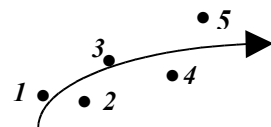
A) 5; B) 4; C) 3; D) 2; E) 1.

4.3.16 Өрістің қандай да бір нүктесінде $4 \cdot 10^{-7}$ Кл зарядқа $12 \cdot 10^{-3}$ Н күш әсер етеді. Бұл нүктедегі өрістің кернеулігі?

A) 30 кВ/м; B) 3кВ/м; C) $48 \cdot 10^{-4}$ мкВ/м; D) 0,033 мВ/м; E) 30 мВ/м.

4.3.17 Суретте электростатикалық өрістің күш сызықтары көрсетілген. Қайсы нүктеде өріс кернеулігі ең үлкен мәнге ие?

A) 5; B) 4; C) 3; D) 2; E) 1

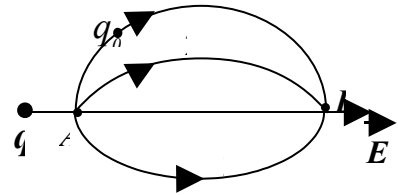


4.3.18 Нүктелік заряд өрісінің потенциалы қай формуламен анықталады?

4.3.26 Егер $4 \cdot 10^{-7}$ Кл зарядты шексіздіктен өрістің берілген нүктесіне дейін орын ауыстыру кезінде істелінген жұмыс $8 \cdot 10^{-4}$ Дж тең болса, онда осы берілген нүктедегі өрістің потенциалын анықта.

- A) 2000 В; B) 200 В; C) 320 В; D) 0,5 В; E) 500 В.

4.3.27 Суретте берілген траекториялар бойынша q нүктелік заряды тудырған электростатикалық өрістің сыншы q_0 зарядын А нүктесінен В нүктесіне тасымалдаған кезде істеген жұмыстарын салыстыр.



- A) $A_1 = A_2 = A_3$; B) $A_1 = A_2 < A_3$; C) $A_1 > A_2 > A_3$; D) $A_1 < A_2 < A_3$; E) $A_1 = A_2 \leq A_3$.

4.3.28 4 мКл зарядын өрістің бір нүктесінен басқа нүктесіне орын ауыстырған кездегі істелетін жұмыс 200 мДж құрайды. Бұл нүктелер арасындағы потенциалдар айырмасы:

- A) 40 В; B) 50 В; C) 80 В; D) 100 В; E) 60 В.

4.3.29 Эквипотенциал бет дегеніміз:

- A) барлық нүктелеріндегі потенциалдары бірдей бет;
 B) кез – келген зарядталған бет;
 C) геометриялық пішіні дұрыс бет;
 D) бір жаққа қарай кемімелі қисықтық бет;
 E) кез – келген металдың беті;

4.3.30 Потенциалы 10 В болатын эквипотенциал бетте орналасқан 20 мКл заряды, ара қашықтығы 50 см тең 1 нүктеден 2 нүктеге орын ауыстырады. Осы кезде істелген жұмыс?

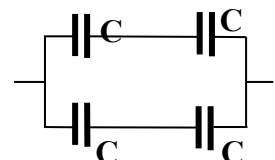
- A) 0,2 мДж; B) 200 мДж; C) 0,1 мДж; D) 0 Дж; E) 0,4 мДж.

4.3.31 Кернеулігі $E = 12$ кВ/м біртекті электр өрісінде, оның күш сызықтарына перпендикуляр, диэлектрик өтімділігі ($\epsilon = 3$) тең жазық параллель пластинка орналасқан. Диэлектриктің поляризациялануының P сандық мәні неге тең?

- A) 1000 Кл/м^2 ; B) $2,12 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2$; C) $1,0 \text{ Кл/м}^2$; D) 0; E) 36 Кл/м^2 .

4.3.32 Сыйымдылығы $C = 2$ мкФ тең екі бірдей жазық конденсаторлар параллель жалғанып, $U = 10$ В кернеуге дейін зарядталған. Конденсаторлар жүйесінің энергиясын анықтаңыз.

- A) 0,4 мДж; B) 0,20 мДж; C) 8 мкДж; D) 0,8 мДж; E) 0,2 мкДж.

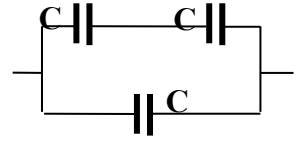


4.3.33 Конденсаторлардың әрқайсысының сыйымдылығы $C=2$ мкФ болса, онда батареяның сыйымдылығын анықтаңыз.

А) 10 мкФ; В) 2 мкФ; С) 8 мкФ; D) 1 мкФ; Е) 4 мкФ

4.3.34 Әрбір конденсатордың сыйымдылығы 3 мкФ болса, батареяның сыйымдылығын анықтаңыз.

А) 9 мкФ; В) 12 мкФ; С) 4,5 мкФ; D) 3 мкФ; Е) 6 мкФ.



4.3.35 Егер зарядталып, содан кейін кернеу көзінен ажыратылған жазық конденсатор астарларының ара қашықтығын 2 есеге арттырса, оның энергиясы қалай өзгереді?

А) 4 есе артады; В) 2 есе артады; С) 2 есе кемиді;
D) 4 есе кемиді; Е) өзгермейді;

4.3.36 Егер тұрақты кернеу көзіне қосылып тұрған жазық конденсатор пластиналарының ара қашықтығын 2 есеге арттырса, оның энергиясы қалай өзгереді?

А) өзгермейді; В) 4 есе артады; С) 2 есе кемиді;
D) 4 есе кемиді; Е) 2 есе артады;

4.3.37 Электр өрісі энергиясының тығыздығын анықтайтын формула:

А) $w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon U^2}{2}$; В) $w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon q^2}{2}$; С) $w = \frac{E^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon}$; D) $w = \frac{C U^2}{2}$; Е) $w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$.

4.3.38 Сыйымдылығы 0,02 мкФ жазық конденсатор ток көзіне қосылып, нәтижесінде ол бойында 10^8 Кл заряд жинаған. Егер астарларының арасындағы электр өрісінің кернеулігі 100 В/м болса, онда олардың ара қашықтығын анықтаңыз.

А) 5 мм; В) 2000 мм; С) 0,02 м; D) 50 м; Е) 2,5 мм.

4.3.39 Оқшауланған өткізгіштің электрлік сыйымдылығының формуласы:

А) $C = \frac{\varphi}{q}$; В) $C = \frac{\varphi^2}{2q}$; С) $C = \frac{q^2}{2\varphi}$; D) $C = \frac{q}{\varphi}$; Е) $C = q\varphi$.

4.3.40 Өткізгіштің сыйымдылығы неге тәуелді емес?

А) өлшемдеріне; В) зарядқа; С) пішінге;
D) өткізгішті қоршаған денелердің орналасуына;
Е) өткізгішті қоршаған ортаға;

4.3.41 Кедергісі 60 Ом тең резистор бойымен 0,15 А ток өтеді. Резистордағы кернеудің түсуі:

А) 400 В; В) 2,5 мВ; С) 9 В; D) 30 В; Е) 27 В.

- 4.3.42 ЭҚК 15 В батареяның 6 Ом сыртқы кедергіге тұйықталуы кезіндегі тізбектің ток күші 2 А тең. Батареяның қысқаша тұйықталуы кезіндегі ток күші:
 А) 1,1 А; В) 10А; С) 5,5 А; D) 2,5 А; E) 2,75 А.
- 4.3.43 Параллель жалғанған өткізгіштердің әрбір өткізгіштерінде ненің мәні бірдей?
 А) кернеудің; В) ток күшінің; С) $I U$; D) I/U ; E) қуаттың.
- 4.3.44 12 В ток көзіне қосылған қуаты 60 Вт болатын шамның ток күші:
 А) 20 А ; В) 5А ; С) 720 А ; D) 0,2 А ; E) 7,2 А .
- 4.3.45 Ток көзінің ЭҚК 12В, ішкі кедергісі 1Ом. Ток күші 2А-ге тең болу үшін тізбектің сыртқы бөлігінің кедергісі нешеге тең болуы қажет?
 А) 0,5 Ом; В) 6,5 Ом; С) 5,5 Ом ; D) 5 Ом ; E) 7 Ом .
- 4.3.46 Өткізгіштегі ток күші 4с уақыт ішінде бірқалыпты 0-ден 8 А-ге дейін өседі. Өткізгіштен өтетін заряд:
 А) 8 Кл; В) 2Кл; С) 32Кл; D) 16 Кл; E)1 Кл.
- 4.3.47 Ток күші 48 мА болғанда өткізгіштің көлденең қимасы арқылы 2нс ішінде өтетін электрондар ($e= 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) саны:
 А) $6 \cdot 10^8$; В) $3 \cdot 10^5$; С) $6 \cdot 10^{11}$; D) $7,68 \cdot 10^{18}$; E) $3 \cdot 10^8$.
- 4.3.48 ЭҚК $\varepsilon=2$ В және ішкі кедергісі $r=1$ Ом тең ток көзінің қысқаша тұйықталуы кезіндегі тогы:
 А) 1 А; В) 4 А; С) 0,4 А; D) 0,25 А; E) 2 А.
- 4.3.49 Кедергісі 36 Ом және ЭҚК 40В, ішкі кедергісі 4 Ом тең резисторы бар тұйық тізбек бойымен ток өтеді. Резистордағы кернеудің түсуі:
 А) 36 В; В) 45 В; С) 44 В; D) 4 В; E) 35,6 В.
- 4.3.50 Ток көзінің ЭҚК 16 В, ішкі кедергісі 1Ом, ал тізбектің толық қуаты 16 Вт тең. Осындай жағдайда сыртқы тізбектің кедергісі қандай?
 А) 17 Ом; В) 25 Ом; С) 15 Ом; D) 13 Ом; E) 64 Ом.
- 4.3.51 Көлденең қимасының ауданы 5 мм² өткізгіштегі электрондар өткізгіштігінің концентрациясы $n=5 \cdot 10^{28}$ м⁻³. Ток күші 8 А болған кездегі электрондардың реттелген қозғалысының жылдамдығы неге тең?
 А) $4 \cdot 10^4$ м/с; В) $2,5 \cdot 10^{-4}$ м/с; С) $2 \cdot 10^{-4}$ м/с; D) $4 \cdot 10^{-4}$ м/с; E) $2 \cdot 10^4$ м/с.
- 4.3.52 Джоуль-Ленц заңының дифференциалдық түрі:
 А) $w = \gamma E^2$; В) $w = jE^2$; С) $w = \rho j$; D) $\rho = \frac{1}{\gamma}$; E) $j = \gamma E$.

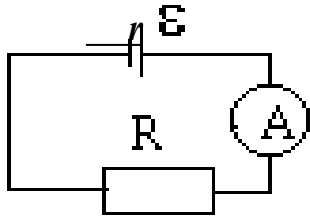
4.3.53 Кедергісі 40 Ом өткізгіштен 10 мин ішінде 300 Кл заряд өтті. Осы уақыт ішінде токтың істеген жұмысы:

- A) 6Дж; B) 1,35 МДж; C) 1,8 МДж; D) 20 кДж; E) 6кДж.

4.3.54 ЭҚК 32 В ток көзінің ішіндегі зарядтың орнын ауыстыру кезінде 24 Дж жұмыс істелінген. Зарядтың шамасы:

- A) 1,3 Кл; B) 768 Кл; C) 0,75 Кл; D) 1,5 Кл; E) 20 Кл.

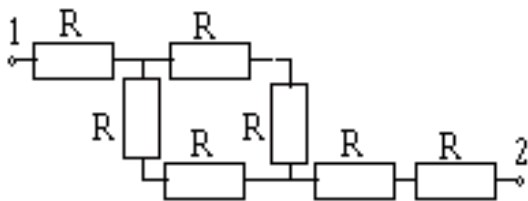
4.3.55 Суретте көрсетілген электр тізбегіне қосылған ток көзінің толық қуатын қай формуламен есептейміз?



- A) $I^2 \cdot r$; B) $I^2 \cdot R$; C) U^2 / R ; D) $I \cdot U$; E) $I \cdot \mathcal{E}$.

4.3.56 Сыртқы кедергісі – 8 Ом, ішкі кедергісі 2 Ом тең тұйық электр тізбегінің ПӘК-і:

- A) 40%; B) 80%; C) 60%; D) 20%; E) 75%.



4.3.57 Суретте көрсетілген тізбек бөлігінің жалпы кедергісі:

- A) 3R; B) 3,25R; C) 7R;
D) 4R; E) 5,5R.

4.3.58 Кедергілері R_1 және R_2 параллель жалғанған екі өткізгіштің жалпы кедергісі:

- A) $\frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$; B) $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$; C) $\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$; D) $\frac{R_1 + R_2}{2}$; E) $R_1 + R_2$.

4.3.59 ЭҚК 5 В ток көзінің қысқаша тұйықталуы кезіндегі ток күші 5 А тең. Осы ток көзіне 9 Ом сыртқы кедергі қосылғанда тізбектегі ток күші неге тең болады?

- A) 1 А; B) 0,5 А; C) 0,625 А; D) 4 А; E) 2,8 А.

4.3.60 Кедергісі 1,8 Ом өткізгіштегі 4А ток күшінің 1 мин ішінде істеген жұмысы:

- A) 432 Дж; B) 777,6 Дж; C) 7,2 Дж; D) 1728 Дж; E) 533 Дж.

4.3.61 Өткізгіштерді тізбектей жалғағанда ненің мәні бірдей болады?

- A) қуат B) ток күші; C) кернеу;
D) I/U қатынасы; E) кедергі.

4.3.62 Генератор қысқаштарындағы кернеу 220 В. Тізбек бөлігінің сыртқы кедергісі генератордың ішкі кедергісінен 5 есеге көп. Генератордың ЭҚК-і:
 А) 176 В; В) 220 В; С) 1100 В; D) 44 В; E) 264В.

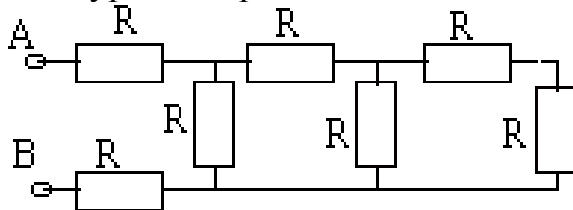
4.3.63 Өткізгіш бойымен оның ұштарындағы кернеу 16 В болғанда 800 мА ток өтеді. Бұл өткізгіштің өткізгіштігі:
 А) 20 См; В) 9,6 См; С) 50 См; D) 12800 См; E) 0,05 См.

4.3.64 Потенциалдар айырмасы 110 В болатын тізбек бөлігінде $25 \cdot 10^{18}$ электрон ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) орын ауыстырғанда электр өрісінің істеген жұмысы?
 А) 44 Дж; В) 17,2 кДж; С) 440 Дж; D) 4,4 Дж; E) 27,5 Дж.

4.3.65 Электр кедергісінің формуласы мына түрге ие:
 А) $R = \rho l/S$; В) $R = \rho S/l$; С) $R = \rho S/l^2$; D) $R = \rho/(l^2 S)$; E) $R = \rho l S$.

4.3.66 Өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігі:
 А) $R = R_0 \alpha t$; В) $R = R_0 (1 + \alpha t)$; С) $R = R_0 + \alpha t$;
 D) $R = R_0 (1 + \alpha t^2)$; E) R температураға тәуелсіз.

4.3.67 Суретте көрсетілген тізбек бөлігінің жалпы кедергісі:



А) $\frac{21}{8}R$; В) $\frac{5}{3}R$; С) $\frac{5}{8}R$;
 D) $\frac{13}{8}R$; E) $\frac{8}{13}R$.

4.3.68 Тізбек бөлігіндегі кернеу 2 есеге артқанда токтың қуаты да 2 есеге артады. Осы кездегі ток күші:
 А) өзгермейді; В) 2 есе артады; С) 4 есе артады;
 D) 2 есе кемиді; E) 4 есе кемиді.

4.3.69 Электр тогы қуатының өлшем бірлігі:
 А) Вт/А; В) В·А·с; С) В·А; D) В/А·с; E) В/А.

4.3.70 Кирхгофтың 1 ережесіне сәйкес келетін тұжырымдама:

А) зарядтың тұйық тізбек бойымен орын ауыстыруы кезіндегі кулондық күштердің жұмысы нольге тең;

В) тұйық контурдағы кернеулердің алгебралық қосындысы осы контурдағы ЭҚК қосындысына тең;

С) тұйық контурдағы кернеулердің алгебралық қосындысы нольге тең;

Д) тармақталған электр тізбегінің кез-келген түйінідегі ток күшінің алгебралық қосындысы нольге тең;

Е) тізбек бөлігінің ток күші осы бөліктегі кернеуге тура пропорционал және оның кедергісіне кері пропорционал.

4.3.71 Өткізгіштегі ток күші $I=(4+2t)$ А заңы бойынша өзгереді. Өткізгіштің көлденең қимасы арқылы 4 сек ішінде өтетін заряд:

- A) 32 Кл; B) 42 Кл; C) 18 Кл; D) 16 Кл; E) 48 Кл.

4.3.72 Кедергісі 300 Ом өткізгіште ток күші $I=kt$ заңы бойынша өзгереді, мұндағы $k=1$ А/с. Өткізгіштен 10с ішінде бөлініп шығатын жылу мөлшері:

- A) 100 кДж; B) 200 кДж; C) 300 кДж; D) 240 кДж; E) 400 кДж.

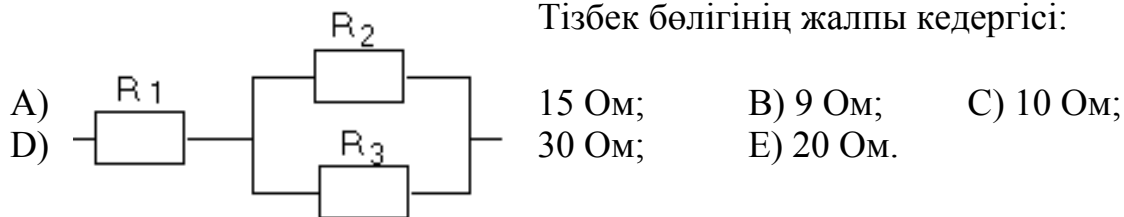
4.3.73 Электрондар шоғыры $3 \cdot 10^6$ м/с жылдамдықпен қозғалып, $1,6 \cdot 10^{-6}$ А ток түзейді. Бұл шоғырдың 20 см ұзындығында неше электрондар бар?

- A) $3 \cdot 10^6$; B) $6,7 \cdot 10^5$; C) $4,8 \cdot 10^{10}$; D) $1,6 \cdot 10^{13}$; E) $3 \cdot 10^{18}$.

4.3.74 Ом заңының жалпы түрі:

- A) $IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}$; B) $I = \mathcal{E}/(R+r)$; C) $I = U/R$; D) $j = \gamma E$; E) $w = \gamma E^2$.

4.3.75 Суретте электр тізбегінің бөлігі көрсетілген, мұндағы $R_1=R_2=R_3=10$ Ом. Тізбек бөлігінің жалпы кедергісі:



4.3.76 Төменде көрсетілген формулалардың қайсысы Ом заңының дифференциалдық түрінің математикалық өрнегі болып табылады?

- A) $I = \frac{\Delta \varphi}{R}$; B) $E = IR + Ir$; C) $j = \frac{I}{S}$; D) $I = \frac{U}{R+r}$; E) $j = \frac{I}{p} E$.

4.3.77 Егер өткізгіштің меншікті кедергісі $1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, ұзындығы 100 м, көлденең қимасының ауданы $0,2$ мм² тең болса, онда оның электрлік кедергісі нешеге тең болады?

- A) $2 \cdot 10^{-5}$ Ом; B) $5 \cdot 10^{-4}$ Ом; C) 0,5 Ом; D) 5 Ом; E) 500 Ом.

4.3.78 «Электр тогының» анықтамасына қай түсінік жатады?

- A) бөлшектердің бағытталған қозғалысы;
B) бөлшектердің ретсіз қозғалысы;
C) бөлшектердің басқа бөлшектерге қатысты орнын ауыстыруы;
D) зарядталған бөлшектердің бағытталған қозғалысы;
E) электр өрісінің зарядталған бөлшектерге кез-келген әсері.

4.3.79 Біртекті қимасының ұзындығы 20 м жоғарыомды сым, 30 вольтті батареялар тізбегін тұйықтайды. Сымның бір ұшынан 3 және 15 м қашықтықта тұрған нүктелер арасындағы потенциалдар айырмасы:

A) 8 В; B) 15 В; C) 18 В; D) 22,5 В; E) 20В.

4.3.80 Джоуль -Ленц заңының интегралдық түрінің математикалық өрнегі:

A) $Q = \int J^2 U dt$; B) $Q = JR^2 t$; C) $Q = U^2 Rt$; D) $Q = JU$; E) $Q = \int JR dt$.

5 МАГНЕТИЗМ

5.1 Негізгі заңдар мен формулалар

5.1.1 Магнит өрісінің индукциясы мен кернеулігінің арасындағы байланыс

$$B = \mu_0 \mu H$$

5.1.2 Ампер заңы

$$dF = [Idl, B]$$

$$dF = IdlB \sin \alpha$$

5.1.3 Био-Савара-Лаплас заңы

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{[Idl, r]}{r^3},$$

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

5.1.4 Магнит өрісінің индукциясы:

а) дөңгелек ток центріндегі

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

б) тогы бар шексіз ұзын түзу өткізгіш үшін

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

в) тогы бар өткізгіштің бөлігі үшін

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi r} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

г) шексіз ұзын солденоид пен тороид үшін

$$B = \mu_0 \mu nI$$

5.1.5 Тоғы бар контурдың магнит моменті

$$p_m = IS \quad \text{немесе} \quad p_m = ISn$$

5.1.6 Магнит өрісіндегі тоғы бар контурға әсер ететін механикалық момент

$$M = [p_m, B],$$

$$M = p_m B \sin \alpha$$

5.1.7 Лоренц күші

$$F_n = q[v, B]$$

$$F_n = qv B \sin \alpha$$

5.1.8 Лоренц формуласы

$$F = qE + q[v, B]$$

5.1.9 Магнит ағыны

а) жалпы түрі

$$\Phi_m = \int_{(S)} (B, dS) = \int_{(S)} B dS \cos \alpha$$

б) біртекті магнит өрісіндегі жазық бет үшін

$$\Phi_m = BS \cos \alpha$$

5.10 Тоғы бар өткізгішті (контурды) магнит өрісінде тасмалдағанда істелінетін жұмыс

$$A = I \Delta \Phi_m$$

5.11 Электромагниттік индукцияның негізгі заңы

$$\mathcal{E}_l = -N \frac{d\Phi_m}{dt} = - \frac{d\psi_m}{dt}$$

5.12 Ағын ілінісі

$$\psi_m = N\Phi_m$$

5.13 Соленоидтың ағын ілінісі

$$\psi_m = LI$$

5.14 Соленоидтың индуктивтілігі

$$L = \mu_0 \mu n^2 l S$$

5.15 Өздік индукцияның электр қозғаушы күші

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{dI}{dt}$$

5.16 Магнит өрісінің энергиясы

$$W_m = \frac{LI^2}{2}$$

5.17 Магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы

$$W_m = \frac{\mu \mu_0 H^2}{2} = \frac{BH}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}$$

5.2 Есеп шығару үлгісі

5.2.1 1 есеп. Бойларынан бір бағытта $I=60\text{А}$ ток жүріп тұрған екі шексіз ұзын түзу D және C өткізгіштері бір-бірінен $d=10\text{см}$ қашықтықта орналасқан. Бірінші өткізгіштен $r_1 = 5\text{см}$, екінші өткізгіштен $r_2 = 12\text{см}$ қашықтықта орналасқан A нүктесіндегі (5.1 суретті қара) тогы бар өткізгіштер тудырған магнит өрісінің B индукциясын анықтаңыздар.

Берілгені:

$$I_1 = I_2 = I = 60\text{А}$$

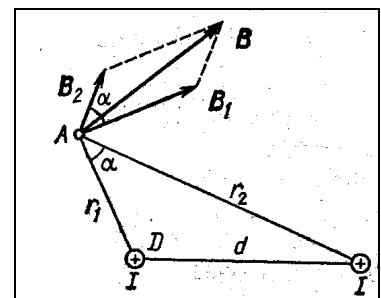
$$d = 10\text{см} = 0,1\text{м}$$

$$r_1 = 5\text{см} = 0,05\text{м}$$

$$r_2 = 12\text{см} = 0,12\text{м}$$

$B = ?$

Шешуі: A нүктесіндегі B магнит индукциясын табу үшін магнит өрістерінің суперпозиция принципін қолданамыз. Ол үшін тогы бар өткізгіштердің әрқайсысы жеке тудырған B_1 және B_2 өріс индукцияларының бағытын анықтап



және олардың геометриялық қосындысын жазамыз:

5.1 –сурет

$$B = B_1 + B_2.$$

B векторының модульін косинустар теоремасы бойынша табамыз:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha}, \quad (5.1)$$

мұндағы α – B_1 және B_2 векторларының арасындағы бұрыш. B_1 және B_2 сәйкесінше I ток күші және өткізгіштерден A нүктесіне дейінгі r_1 және r_2 қашықтықтар арқылы өрнектеледі:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r_1}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r_2}, \quad (5.2)$$

мұндағы μ_0 – магнит тұрақтысы, μ – ортаның салыстырмалық магнит өтімділігі. Ауа үшін $\mu=1$.

B_1 және B_2 өрнектерін (5.1) формуласына қойып және $\mu_0 I / 2\pi$ түбір астынан шығарып, мынаны табамыз

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_1 r_2} \cos \alpha} \quad (5.3)$$

$\cos \alpha$ есептейік. $\angle \alpha = \angle DAC$ екенін көріп, косинустар теоремасы бойынша мынаны жазамыз

$$d^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \alpha,$$

мұндағы d – өткізгіштердің ара қашықтығы. Осыдан

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1 r_2}; \\ \cos \alpha &= \frac{5^2 + 12^2 - 10^2}{2 \cdot 5 \cdot 12} = \frac{23}{40}. \end{aligned}$$

(5.3) формуласына сандық мәндерін қоймас бұрын, бұл формуладағы физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексерейік:

$$[B] = \frac{\text{Гн}}{\text{м} \cdot \text{м}} \cdot A = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{м}^2 \cdot A} \cdot A = \text{Тл}.$$

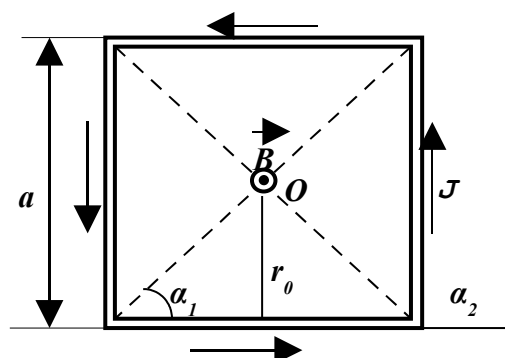
(5.3) формуласына физикалық шамалардың сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$B = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 60}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{1}{0,05^2} + \frac{1}{0,12^2} + \frac{2}{0,05 \cdot 0,12}} \cdot \frac{23}{40} Tл = 3,08 \cdot 10^{-4} Tл = 308 \text{ мкТл}.$$

Жауабы: 308 мкТл.

5.2.2 **2 есеп.** Қабырғалары $a=10\text{см}$ тең квадрат түрінде иілген өткізгіштің бойымен $I=100\text{А}$ ток күші өтіп жатыр. Квадрат диагональдарының қиылысу нүктесіндегі B магнит индукциясын табындар.

<i>Берілгені:</i>	<i>Шешуі:</i> Квадрат түріндегі орамды сызба жазықтығына орналастырайық (5.2 сурет). Магнит өрістерінің суперпозиция принципі бойынша квадрат түріндегі тогы бар орамның тудырған өрісінің B магнит индукциясы, сол
$I=100\text{А}$ $a=10\text{см}=0,1\text{м}$	
$B=?$	



5.2 -сурет

орамның әр қабырғасы жеке тудырған өрістердің магнит индукцияларының геометриялық қосындысына тең:

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + B_4. \quad (5.4)$$

Оң бұрғы ережесі бойынша квадраттың диагональдары қиылысатын нүктесіндегі барлық индукция векторлары орам жазықтығына перпендикуляр “бізге қарай” бағытталады. Және де, симметриялық суреттен, осы векторлардың абсолют мәндері бірдей екені белгілі: $B_1 = B_2 = B_3 = B_4$. Бұл (5.4) векторлық теңдеуін мынандай скаляр теңдеумен алмастыруға болатынын көрсетеді

$$B = 4B_1 \quad (5.5)$$

Тогы бар түзу өткізгіш бөлігінің тудыратын B_1 магнит индукциясы мына формула бойынша өрнектеледі:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \quad (5.6)$$

Вакуум және ауа үшін $\mu = 1$.

$\alpha_2 = \pi - \alpha_1$ және $\cos \alpha_2 = -\cos \alpha_1$ екенін ескере отырып (5.6) формуласын мына түрде жазуға болады

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0} \cos \alpha_1.$$

B_1 –дің осы өрнегін (5.5) формуласына қойып, мынаны табамыз

$$B = \frac{2\mu_0 I}{\pi r_0} \cos \alpha_1.$$

$r_0 = \frac{a}{2}$ және $\cos \alpha_1 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ($\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$) екенін ескеріп, мынаны табамыз

$$B = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi a}. \quad (5.7)$$

Физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексерейік:

$$[B] = \frac{\frac{\text{Гн}}{\text{м}} \cdot \frac{\text{А}}{\text{м}}}{\frac{\text{А} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м}^2}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м}^2} \cdot \text{А} = \text{Тл}$$

(5.7) формуласындағы физикалық шамалардың сандық мәндерін орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$B = \frac{2\sqrt{2} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^2}{\pi \cdot 0,1} \text{Тл} = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{Тл} = 1,13 \text{мТл}.$$

Жауабы: 1,13 мТл.

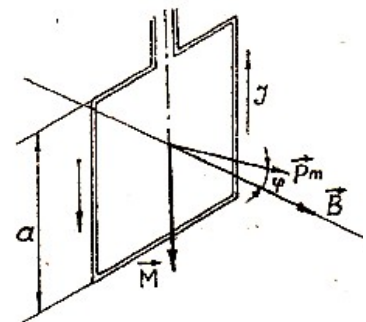
5.2.3 3- есеп. Қабырғасының ұзындығы $a=10\text{см}$, бойымен $I=100\text{А}$ ток күші өтетін жазық квадрат контур біртекті магнит өрісінде орналасқан ($B=1\text{Тл}$). Контурды қарама-қарсы қабырғаларының ортасы арқылы өтетін өске қатысты $\varphi=90^\circ$ бұрышқа бұру кезінде сыртқы күштердің істеген A жұмысын анықтаңыз. Контурдың бұрышқа айналуы кезінде оның бойымен өтетін ток күші өзгермейді.

Берілгені:
 $a=10\text{см}=0,1\text{м}$
 $I=100\text{А}$
 $B=1\text{Тл}$
 $\varphi=90^\circ$
 $A=?$

Шешуі: Магнит өрісіндегі тогы бар контурға күш моменті әсер ететіні белгілі

$$M = p_m B \sin \varphi, \quad (5.8)$$

мұндағы $p_m = IS = Ia^2$ - контурдың магнит моменті; B - магнит индукциясы; φ - p_m (контурға жүргізілген нормаль бойымен бағытталған) және B векторлары арасындағы бұрыш.



5.3-сурет

Есептің шарты бойынша контур бастапқыда магнит өрісінде еркін орналасқан. Осы мезеттегі күш моменті нольге тең ($M=0$), сондықтан $\varphi=0$, яғни

p_m және B векторлары бағыттас. Егер күштер контурды тыныштық қалпынан шығаратын болса, онда контурды бастапқы қалпына әкелуге тырысатын күш моменті пайда болады. Осы моментке қарсы сыртқы күштер жұмыс істейтін болады. Күш моменті айнымалы болғандықтан (φ айналу бұрышына тәуелді), жұмысты есептеу үшін жұмыстың дифференциалдық түрдегі формуласын қолданамыз

$$dA = Md\varphi.$$

(5.8) формуласын ескере отырып, мынаны табамыз

$$dA = IBa^2 \sin \varphi d\varphi .$$

Осы өрнекті интегралдап, соңғы бұрышқа айналу кезіндегі жұмысты табамыз:

$$A = IBa^2 \int_0^{\varphi} \sin \varphi d\varphi \quad (5.9)$$

$\varphi=90^\circ$ бұрышқа айналу кезіндегі жұмыс:

$$A = IBa^2 \int_0^{\pi/2} \sin \varphi d\varphi = IBa^2 |(-\cos \varphi)|_0^{\pi/2} = IBa^2 \quad (5.10)$$

(5.10) формуласындағы өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[A] = A \cdot Tл \cdot м^2 = A \cdot \frac{H}{A \cdot м} \cdot м^2 = Hм = Дж$$

(5.10) теңдеуіне сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$A = 100 \cdot 1 \cdot (0,1)^2 Дж = 1 Дж.$$

Жауабы: 1 Дж.

Есепті басқа да тәсілмен шығаруға болады.

Магнит өрісіндегі тогы бар контурдың орнын ауыстыру кезінде сыртқы күштердің істеген жұмысы контурдағы ток күші мен контур арқылы өтетін магнит ағыны өзгерісінің көбейтіндісіне тең:

$$A = - \Delta \Phi = I(\Phi_1 - \Phi_2)$$

мұндағы Φ_1 - айналуға дейінгі контур арқылы өтетін магнит ағыны; Φ_2 – айналудан кейінгі контур арқылы өтетін магнит ағыны. Егер $\varphi_1=0^\circ$ және $\varphi_2=90^\circ$ болса, онда $\Phi_1=BS$, $\Phi_2=0$. Осыдан,

$$A=IBS=IBa^2,$$

бұл формула (5.10) формуласымен сәйкес келеді.

5.2.4 4 есеп. $U=400$ В үдеткіш потенциалдар айырмасын жүріп өткен электрон, кернеулігі $H=10^3$ А/м біртекті магнит өрісіне ұшып кірген. Электронның магнит өрісіндегі траекториясының қисықтық радиусын анықтаңыз. Электрон жылдамдығының векторы өріс сызықтарына перпендикуляр.

<p><i>Берілгені:</i> $U=400$В $H=10^3$ А/м $v \perp B$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Электрон траекториясының қисықтық радиусын келесі түсініктемелер арқылы анықтаймыз: магнит өрісінде қозғалып бара жатқан электронға F_L Лоренц күші әсер етеді (ауырлық күшінің әсері ескерілмейді). Лоренц күші жылдамдық векторына перпендикуляр, сондықтан ол электронға нормаль үдеу береді:</p>
<p>$R=?$</p>	<p>$F_L = ma_n,$</p> <p>немесе</p>

$$evB \sin \alpha = \frac{mv^2}{R}, \quad (5.11)$$

мұндағы e – электронның заряды; v - электронның жылдамдығы; B – магнит индукциясы; m – электронның массасы; R - траекторияның қисықтық радиусы; α - жылдамдық векторының бағыты мен B векторы арасындағы бұрыш (бұл жағдайда $v \perp \vec{B}$ және $\alpha=90^0$, $\sin \alpha = 1$). (5.11) формуласынан мынаны табамыз

$$R = \frac{mv}{eB}. \quad (5.12)$$

(5.12) теңдеуіндегі mv импульсті электронның W_k кинетикалық энергиясы арқылы өрнектеуге болады.

$$mv = \sqrt{2mW_k} \quad (5.13)$$

U үдеткіш потенциалдар айырмасын жүріп өткен электронның кинетикалық энергиясы $W_k = eU$ теңдеуімен анықталады. Осы өрнекті (5.13) формуласына қойып, мынаны табамыз

$$mv = \sqrt{2meU}. \quad (5.14)$$

B магнит индукциясын вакуумдегі магнит өрісінің H кернеулігі арқылы өрнектеуге болады

$$B = \mu_0 H, \quad (5.15)$$

мұндағы μ_0 – магнит тұрақтысы.

Табылған (5.14) және (5.15) өрнектерін (5.12) формуласына қойып, электрон траекториясының қисықтық радиусын анықтаймыз:

$$R = \frac{\sqrt{2meU}}{\mu_0 eH}. \quad (5.16)$$

Табылған формулаға сәйкес физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[R] = \frac{(\text{кг} \cdot \text{Кл} \cdot \text{В})^{1/2}}{(\text{Гн}/\text{м}) \cdot \text{Кл} \cdot (\text{А}/\text{м})} = \frac{\text{кг}^{1/2} \text{Дж}^{1/2} \text{м}^2}{\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} \cdot \text{Кл} \cdot \text{А}} = \frac{\text{кг}^{1/2} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} \right)^{1/2} \text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{Кл} \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{с}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2} = \text{м}$$

R өлшем бірлігі м болғандықтан, табылған формула дұрыс деп айта аламыз.

(5.16) формуласына кіретін барлық шамаларды ХБ жүйесіне сәйкес өрнектейміз:

$$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}, \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad (1\text{-кесте бойынша}); \quad U = 400 \text{ В};$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн}/\text{м}; \quad H = 10^3 \text{ А}/\text{м}$. Бұл шамаларды (5.16) формуласына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$R = \frac{\sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 400}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^3} \text{ м} = 5,37 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 5,37 \text{ см}.$$

Жауабы: 5,37 см.

5.2.5 5 есеп. Біртекті магнит өрісінде ($B=0,1$ Тл) бір-бірімен тығыз орналасқан $N=1000$ орамнан тұратын рамка бірқалыпты $n=10\text{с}^{-1}$ жиілікпен айналады. Рамканың S ауданы 150 см^2 тең. Рамканың 30° айналу бұрышына сәйкес келетін \mathcal{E}_i индукция ЭҚК-ің лездік мәнін анықтаңыздар.

Берілгені:

$$B=0,1 \text{ Тл}$$

$$n=10\text{с}^{-1}$$

$$S=150 \text{ см}^2=1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$N=1000$$

$$\varphi=30^\circ$$

Шешуі: Индукция ЭҚК-ің лездік мәні электромагниттік индукцияға арналған Фарадей-Ленц заңы бойынша анықталады:

$$\mathcal{E}_i = - d\psi / dt, \quad (5.17)$$

мұндағы ψ - ағын ілінісі.

\mathcal{E}_i -?

Ағын ілінісі ψ магнит ағыны Φ және N орамдар санымен мына қатынас арқылы байланысқан

$$\psi = N\Phi. \quad (5.18)$$

ψ өрнегін (5.17) формуласына қойып, мынаны табамыз

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{d\Phi}{dt}. \quad (5.19)$$

t уақыт мезетінде айналып тұрған рамканы тесіп өтетін Φ магнит ағыны мына қатынас арқылы анықталады

$$\Phi = BS \cos \omega t,$$

мұндағы B – магнит индукциясы; S – рамканың ауданы; ω - циклдік жиілік.

(5.19) формуласына Φ өрнегін қойып және алынған өрнекті уақыт бойынша дифференциалдап, индукция ЭҚК-нің лездік мәнін анықтаймыз:

$$\mathcal{E}_i = NBS\omega \sin \omega t \quad (5.20)$$

ω циклдік жиілігі n айналу жиілігімен $\omega = 2\pi n$ мына қатынас арқылы байланысқан. ω өрнегін (5.20) формуласына қойып және ωt -ны φ -мен алмастырып, мынаны табамыз

$$\mathcal{E}_i = 2\pi n N \cdot B \cdot S \sin \varphi.$$

Соңғы формуладағы физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[\mathcal{E}_i] = c^{-1} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = c^{-1} \cdot \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^2 = \text{В}$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$\mathcal{E}_i = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 \text{В} = 47,1 \text{В}.$$

Жауабы: 47,1 В.

5.3 Магнетизм бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар

5.3.1 Магнит өрісі қандай өріс болып табылады?

- A) потенциалды; B) құйынды; C) консервативті; D) диссипативті;
- E) центрлік.

5.3.2 Магнит өрісін тудырады:

- A) қозғалыстағы зарядтар;
- B) тыныштықтағы зарядтар;
- C) қозғалыстағы және тыныштықтағы зарядтар;
- D) қозғалыстағы өткізгіштер;
- E) қозғалыстағы және тыныштықтағы өткізгіштер.

5.3.3 Магнит өрісінің күш сызықтары деп:

- A) магниттің оңтүстік және солтүстік полюстерін қосатын сызықтарды айтады;
- B) индукциясының мәні үлкен болып келетін нүктеден индукциясының мәні аз болып келетін нүктеге бағытталған сызықтарды айтады;
- C) магнит индукциясының мәні бірдей нүктелерді қосатын сызықтарды айтады;
- D) әр нүктесіне жүргізілген жанамалары өрістің сол нүктесіндегі индукциясы векторымен бағыттас болатындай етіп жүргізілген сызықтарды айтады;
- E) Ампер күшінің бағытымен бағыттас сызықтарды айтады.

5.3.4 Магнит өрісінің күштік сипаттамалары болып табылатын шамалар:

- A) Ампер күші мен Лоренц күші;
- B) магнит өрісі кернеулігінің векторы мен индукциясының векторы;
- C) магнит өрісінің индукциясы және магнит ағыны;
- D) Ампер күші және күш сызықтары;
- E) индукцияның электр қозғаушы күш және магнит моменті.

5.3.5 Био-Савар-Лаплас заңы анықтайды:

- A) магнит өрісінде қозғалып бара жатқан зарядқа әсер ететін күшті;
- B) магнит өрісіндегі тогы бар контурға әсер ететін күшті;
- C) қозғалыстағы заряд туырған магнит өрісінің индукциясын;
- D) магнит өрісіндегі тогы бар өткізгішке әсер ететін күшті;
- E) ток элементі тудыратын магнит өрісі индукциясының векторын.

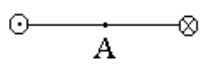
5.3.6 Магнит өрісінің индукциясы векторының өлшем бірлігі:

- A) В;
- B) Гн/м;
- C) Тл;
- D) Гн;
- E) Вб.

5.3.7 Магнит өрісінің кернеулігінің өлшем бірлігі:

- A) Вб; B) Тл; C) В/м; D) А/м; E) А·м².

5.3.8 Екі параллель түзусызықты және сызба жазықтығына перпендикуляр орналасқан өткізгіштер бойымен шамалары бірдей және

 қарама-қарсы бағытта I_1 және I_2 токтары өтеді. А нүктесіндегі магнит өрісі индукциясы векторының модульін анықтау формуласы:

- A) $B=B_1+B_2$; B) $B=B_1-B_2$; C) $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$;
D) $B= B_2-B_1$; E) $B = \sqrt{B_1^2 - B_2^2}$.

5.3.9 Бойынан $2I$ ток күші өтетін, түзу сызықты өткізгіштен қандай ара қашықтықта магнит өрісінің индукциясы B мынаған тең болады:

- A) $I / 2\pi$ В; B) $\mu_0 \mu I / \pi B$; C) $I / \pi B$; D) $\mu_0 \mu I / B$; E) $\mu_0 \mu I / 2B$.

5.3.10 Ауада орналасқан түзусызықты шексіз ұзын өткізгіштің бойындағы ток күші 6,28 А тең. Осы тогы бар өткізгіштен 40 см ара қашықтықтағы магнит өрісінің индукциясын есепте:

- A) 3,14 мТл; B) 7,57 мТл; C) 7,85 мТл; D) 0,2 мТл; E) 3,14 мкТл.

5.3.11 Радиусы 40 см дөңгелек орам бойымен 4 А ток күші өтеді. Дөңгелек токтың центріндегі магнит индукциясын тап:

- A) $62,8 \cdot 10^{-7}$ Тл; B) $31,4 \cdot 10^{-7}$ Тл; C) $20 \cdot 10^{-7}$ Тл; D) $40 \cdot 10^{-7}$ Тл; E) $133,6 \cdot 10^{-7}$ Тл.

5.3.12 Біртекті магнетиктегі магнит өрісі индукциясының модульі вакуумдегі магнит өрісі индукциясынан неше есе үлкен екендігін көрсететін физикалық шама:

- A) диэлектрлік өтімділік; B) индуктивтілік;
C) магнит өтімділігі; D) магнит тұрақтысы; E) магниттелу.

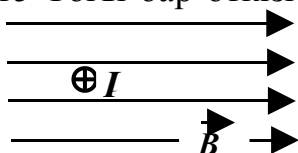
5.3.13 Магнит индукциясы векторының кате тұжырымдамасы:

- A) ортаның қасиетіне тәуелді; B) ортаның қасиетіне тәуелсіз;
C) қозғалыстағы зарядтың таңбасына және шамасына тәуелді;
D) токтың бағыты мен шамасына тәуелді;
E) магнит өрісінің күштік сипаттамасы болып табылады.

5.3.14 Болат қайрақтың магнит индукциясы 12,51 Тл. Осы қайрақта ток күші тудырған магнит өрісінің кернеулігі 120 А/м. Болаттың салыстырмалы магнит өтімділігі:

- A) 8300; B) 1,04; C) 83000; D) 1000; E) 5000.

5.3.15 Тогы бар өткізгішке әсер ететін Ампер күшінің бағытын көрсетіңіз (ток сызба жазықтығында бізден ары қарай бағытталған):



- A) оңға; B) солға; C) жоғары;
D) төмен; E) сызба жазықтығынан ары қарай.

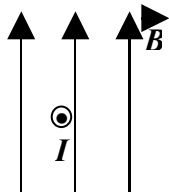
5.3.16 Ампер заңы анықтайды:

- A) магнит өрісінде қозғалып бара жатқан зарядқа әсер ететін күшті;
B) тогы бар өткізгіш тудырған магнит өрісінің индукциясын;
C) қозғалыстағы заряд тудыратын магнит өрісінің индукциясын;
D) магнит өрісіндегі тогы бар өткізгішке әсер ететін күшті;
E) индукциялық электр қозғаушы күшті.

5.3.17 Ампер күші векторының бағыты:

- A) оң бұрғы ережесі бойынша магнит өрісі индукциясының векторына және өткізгіштегі токтың бағытына перпендикуляр;
B) сол бұрғы ережесі бойынша магнит өрісі индукциясының векторына және өткізгіштегі токтың бағытына перпендикуляр;
C) өткізгіштегі токтың бағытымен бағыттас;
D) магнит өрісі индукциясы векторының бағытымен бағыттас;
E) магнит өрісі кернеулігі векторының бағытымен бағыттас.

5.3.18 Тогы бар өткізгіш сызба жазықтығына перпендикуляр орналасқан.



Токтың бағыты мен магнит өрісі индукциясы векторының бағыты сызбада көрсетілген, тогы бар өткізгішке әсер ететін Ампер күшінің бағытын анықта :

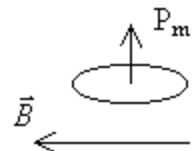
- A) оңға; B) солға; C) жоғары; D) төмен;
E) токқа қарама-қарсы.

5.3.19 Ұзындығы 10 см, массасы 10 г тең горизонталь орналасқан өткізгіштің бойымен 5А ток өтеді. Ауырлық күші мен Ампер күші бір-біріне теңесу үшін, өткізгішке перпендикуляр магнит өрісі индукциясының мәні: ($g=10\text{м/с}^2$).

- A) $2 \cdot 10^{-3}$ Тл; B) 0,2 Тл; C) 10^{-2} Тл; D) $2 \cdot 10^{-2}$ Тл; E) $5 \cdot 10^{-3}$ Тл.

5.3.20 Суретте магнит моменті p_m тең тогы бар рамканың индукциясы B тең сыртқы өріске қатысты қалай орналасқаны көрсетілген. Рамкаға әсер ететін M күш моменті:

- A) $M = p_m B$, бізге қарай бағытталған ;
B) $M = p_m B$, сызба жазықтығынан ары қарай бағытталған;
C) $M = 0$;
D) $M = p_m / B$; бізге қарай бағытталған ;
E) $M = p_m / B$; сызба жазықтығынан ары қарай бағытталған.

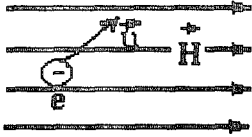


5.3.21 Лоренц күші анықтайды:

- A) магнит өрісінде қозғалып бара жатқан зарядқа әсер ететін күшті;
B) магнит өрісіндегі тогы бар контурға әсер ететін күшті;

- С) қозғалыстағы заряд тудыратын магнит өрісінің индукциясын;
 D) магнит өрісіндегі тогы бар өткізгішке әсер ететін күшті;
 E) индукциялық электр қозғаушы күшті.

5.3.22 Қозғалып бара жатқан электронның жылдамдығы v магнит өрісі кернеулігінің векторына перпендикуляр бағытталған.



- Электронға әсер ететін Лоренц күшінің бағытын анықта:
 A) оңға; B) солға; C) жоғары; D) төмен;
 E) электрон жылдамдығының бағытымен бағыттас.

5.3.23 Зарядталған бөлшектің бастапқы жылдамдығы біртекті магнит өрісі индукциясының сызықтарымен $\alpha < 90^\circ$ бұрыш жасайды. Бөлшектің қозғалысын анықта:

- A) шеңбер бойымен B) эллипс бойымен; C) түзу бойымен;
 D) парабола бойымен; E) бұрғы сызықтарының бойымен.

5.3.24 Біртекті және тұрақты электр ($E=2\text{кВ/м}$) және магнит ($B=0,4\text{ мТл}$) өрістері бар кеңістікте электрон түзу сызықты және бірқалыпты қозғалыс жасайды. Электронның жылдамдығы:

- A) 10^6 м/с ; B) 10^7 м/с ; C) $5 \cdot 10^6\text{ м/с}$; D) $0,5 \cdot 10^6\text{ м/с}$; E) 10 м/с .

5.3.25 Протон, индукциясы 15 мТл біртекті магнит өрісінде $2 \cdot 10^6\text{ м/с}$ жылдамдықпен қозғалады. Жылдамдық векторы магнит индукциясының векторына перпендикуляр бағытталған. Протон сызатын шеңбер доғасының радиусы: ($m_p=1,67 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$, $q=1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Кл}$)

- A) $3,14\text{ м}$; B) $8,12\text{ м}$; C) $1,46\text{ м}$; D) $4,82\text{ м}$; E) $1,39\text{ м}$.

5.3.26 Екі валентті ион индукциясы $0,1\text{ Тл}$ магнит өрісінде радиусы 10 см шеңбер бойымен 480 км/с жылдамдықпен қозғалады. Ионның массасын табыңыз:

- A) $3,3 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$; B) $6,7 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$; C) $6,7 \cdot 10^{-25}\text{ кг}$;
 D) $1,54 \cdot 10^{-15}\text{ кг}$; E) $7,7 \cdot 10^{-16}\text{ кг}$.

5.3.27 Электрон біртекті магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр ұшып кірген. Электронның жылдамдығы $4 \cdot 10^7\text{ м/с}$. Магнит өрісінің индукциясы 10^{-3} Тл . Магнит өрісіндегі электронның нормаль үдеуінің мәні: ($m_e=9,1 \cdot 10^{-31}\text{ кг}$, $e=1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Кл}$)

- A) $0,9 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$; B) $0,7 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$; C) $0,5 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$;
 D) $2,4 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$; E) $1,4 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$.

5.3.28 Ұзындығы 60 см катушкадағы орам саны 240 . Одан 1 А ток күші өтеді. Катушка ішіндегі өріс кернеулігінің мәні:

- A) $0,5\text{ мТл}$; B) 40 А/м ; C) 1440 А/м ; D) $144 \cdot 10^3\text{ А/м}$; E) 400 А/м .

5.3.29 Толық ток заңы анықтайды:

А) тұйық тізбектегі тұрақты токтың ток күшін;

В) тұйық тізбектегі айнымалы токтың ток күшін;

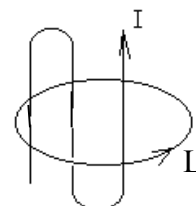
С) тұйық бет арқылы өтетін магнит өрісі индукциясы векторының ағынын;

Д) магнит өрісі индукциясы векторының тұйық контур бойымен циркуляциясын;

Е) өткізгіштік токпен индуктивтілік токтың қосындысын.

5.3.30 Суретте көрсетілген L тұйық контур бойымен B векторының циркуляциясы:

А) $2\mu_0 I$; В) $\mu_0 I$; С) 0; Д) $3\mu_0 I$; Е) $4\mu_0 I$.



5.3.31 Соленоидтан I тогы өтеді. Егер токтың шамасын өзгертпей, соленоидтың ішіне магнитті материалдан жасалған темір өзекше орналастырса, онда:

А) индукция векторы B өзгермейді, кернеулік векторы H өзгереді;

В) индукция векторы B және кернеулік векторы H өзгереді;

С) индукция векторы B және кернеулік векторы H өзгермейді;

Д) индукция векторы B өзгереді, кернеулік векторы H өзгермейді;

Е) индукция векторы B мен кернеулік векторының H өзгерісі магнетик түріне тәуелді.

5.3.32 Магнит ағынының өлшем бірлігі:

А) В;

В) Φ ;

С) $H/(A \cdot m)$;

Д) $V \cdot c/A$;

Е) Вб.

5.3.33 Ауданы 50 см^2 жазық контур өріс индукциясы $0,4 \text{ Тл}$ болғанда 2 мВб магнит ағынын өткізеді. Контур жазықтығы мен өріс бағытының арасындағы бұрыш:

А) 30° ;

В) 45° ;

С) 0° ;

Д) 90° ;

Е) 60° .

5.3.34 Бойымен 2 А ток өтетін өткізгіш $3,5 \text{ Вб}$ магнит ағынымен қиылысады.

Өткізгіш орнын ауыстырған кезде істелген жұмыстың шамасы:

А) 7 Дж ;

В) 14 Дж ;

С) $1,4 \text{ Дж}$;

Д) $1,75 \text{ Дж}$;

Е) $0,7 \text{ Дж}$.

5.3.35 Электромагниттік индукция үшін Фарадей заңы анықтайды:

А) тогы бар өткізгіш тудыратын магнит өрісінің индукциясын;

В) контурды қиып өтетін магнит ағыны өзгерген кездегі тұйық контурдың ЭҚК индукциясын;

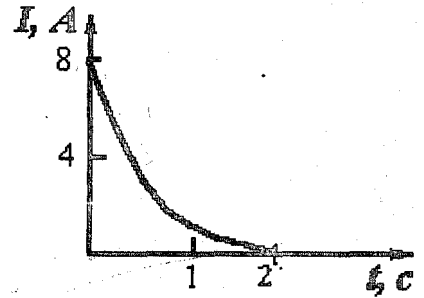
С) қозғалып бара жатқан зарядтың магнит өрісінің индукциясын;

Д) магнит өрісіндегі контурдың индуктивтілігін;

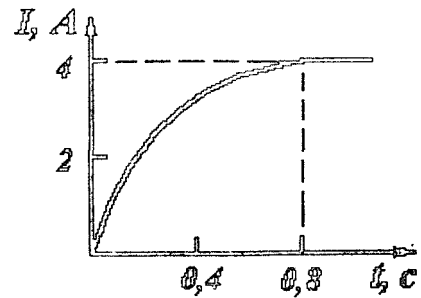
Е) ток элементі тудыратын магнит өрісі индукциясының векторын.

- 5.3.36 Үш орамнан тұратын катушкадан өтетін толық магнит ағыны $0,65\text{с}$ уақыт ішінде $8,6\text{ Вб}$ -ден $4,4\text{ Вб}$ -ге дейін өзгереді. Пайда болған индукцияның ЭҚК-нің мәні:
 А) 30 В ; В) -60 В ; С) 10В ; D) 20В ; E) 40 В .
- 5.3.37 4 мс уақыт ішінде магнит индукциясы $0,2$ -ден $0,6\text{ Тл}$ өзгерген кезде көлденең қимасының ауданы 50 см^2 катушкада 5 В тең индукция ЭҚК-і пайда болған. Катушкадағы орам саны:
 А) 100 ; В) 1000 ; С) 200 ; D) 10 ; E) 50 .
- 5.3.38 Кедергісі $0,5\text{ Ом}$ тұйық контурдағы магнит ағыны бірқалыпты $4 \cdot 10^{-3}\text{ Вб}$ -ден $12 \cdot 10^{-3}\text{ Вб}$ дейін ұлғайған. Өткізгіштің көлденең қимасы арқылы өтетін зарядтың шамасы:
 А) $-1,6\text{ мКл}$; В) $-4 \cdot 10^{-4}\text{ Кл}$; С) $6,25 \cdot 10^{-5}\text{ Кл}$; D) $16 \cdot 10^{-3}\text{ Кл}$; E) 16 мкКл .
- 5.3.39 Ауданы 25 см^2 , кедергісі 10 Ом тең 2000 орамнан тұратын катушка, күш сызықтары соленоидтың өсіне параллель біртекті магнит өрісіне орналастырылған. Біраз уақыттан кейін магнит индукциясы $0,8$ -ден $0,3\text{ Тл}$ дейін төмендеген. Осы уақыт арлығында өткізгіште индукцияланатын заряд шамасы:
 А) 25 Кл ; В) $2 \cdot 10^6\text{ Кл}$; С) $2,5\text{ Кл}$; D) $0,25\text{ Кл}$; E) $3,5\text{ Кл}$.
- 5.3.40 Ұзындығы $0,4\text{ м}$ өткізгіш, магнит өрісі индукциясының сызықтарымен 30° бұрыш жасай отырып, 10 м/с жылдамдықпен қозғалады. Өткізгіштің ұштарында 3 В тең ЭҚК-і пайда болған. Магнит өрісінің индукциясы:
 А) 3 Тл ; В) $1,5\text{ Тл}$; С) 24 В ; D) 15 В ; E) $2,5\text{ Тл}$.
- 5.3.41 Ток күші 2 А тең контурда 8 Вб магнит ағыны бар. Контурдың индуктивтілігі:
 А) 4 Гн ; В) $0,25\text{ Гн}$; С) $0,5\text{ Гн}$; D) $0,16\text{ Гн}$; E) $2,5\text{ Гн}$.
- 5.3.42 Индуктивтілігі 2 Гн катушкадан 4 А ток өтеді. Катушка ішіндегі магнит ағыныны:
 А) 150 Вб ; В) 60 Вб ; С) 8 Вб ; D) 6 Вб ; E) 32 Вб .
- 5.3.43 Катушкада өздік индукцияның ЭҚК-і қай кезде пайда болмайды?
 А) тізбекті тұйықтау мезетінде; В) тұрақты ток өткен кезде;
 С) айналы ток өткен кезде; D) тізбекті ажырату мезетінде;
 E) келтірілген жауаптарың ішінде дұрыс жауабы жоқ.
- 5.3.44 Соленоидтың көлденең қимасы арқылы өтетін магнит ағыны 5 мкВб . Соленоидтың ұзындығы 25 см . Соленоид 10 орамнан тұрады. Соленоидтың магнит моменті:
 А) $1,25 \cdot 10^{-6}\text{ А} \cdot \text{м}^2$; В) $1\text{ А} \cdot \text{м}^2$; С) $10\text{ А} \cdot \text{м}^2$; D) $0,1\text{ А} \cdot \text{м}^2$; E) $1,25\text{ А} \cdot \text{м}^2$.

- 5.3.45 Суретте тізбекті ажыратқан кездегі индуктивтілігі 15 Гн катушкадағы ток күшінің өзгерісінің графигі көсетілген. Пайда болған өздік индукцияның ЭҚК-і:
 А) 4 В; В) 10 В; С) 60 В; D) 30 В; E) 120 В.



- 5.3.46 Суретте тұйықталған тізбектегі индуктивтілігі 4 Гн катушкадағы ток күшінің ұлғаю графигі көрсетілген. Катушкада пайда болған өздік индукцияның ЭҚК мәні:
 А) - 20 В; В) - 16 В; С) 2 В;
 D) 20 В; E) 16 В.



- 5.3.47 Бойынан 2 А ток күші өтіп жатқан катушкада энергиясы 1 Дж тең магнит өрісі пайда болады, осы кездегі катушканың индуктивтілігі:
 А) 2 Гн; В) 0,5 Гн; С) 1,5 Гн; D) 4 Гн; E) 6 Гн.

- 5.3.48 Контурдағы ток күшінің шамасын өзгертпей, магнит өрісінің энергиясын 2 есеге кеміту үшін индуктивтілікті:
 А) 4 есеге кеміту қажет; В) 2 есеге арттыру қажет;
 С) 16 есеге кеміту қажет; D) 16 есеге арттыру қажет;
 E) 2 есеге кеміту қажет.

- 5.3.49 Соленоидтан 10 А ток күші өткен кезде 0,4 Вб тең магнит ағыны пайда болады, осы кездегі соленоидтың магнит өрісінің энергиясы:
 А) 0,8 Дж; В) 0,2 Дж; С) 2 Дж; D) 0,4 Дж; E) 0,4 Дж.

- 5.3.50 Магнит ағынының кернеулігі екі есеге артқан. Магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы қалай өзгереді?
 А) өзгермейді; В) 2 есе артады; С) 4 есе кемиді;
 D) 4 есе артады; E) 2 есе кемиді.

6 БАҚЫЛАУ ТЕСТЕРІ

6.1 Материялық нүктенің түзу сызықты қозғалысы $S=2t^3-3t+15$, (м) теңдеуімен өрнектелген. Қозғалыстың басынан 2 с уақыт өткеннен кейінгі нүктенің жылдамдығы

- A) 12,5 м/с; B) 25 м/с; C) 8,5 м/с; D) 21 м/с; E) 37 м/с.

6.2 Бұрыштық жылдамдық $\omega=(5 + 2t^2)$ рад/с заңы бойынша өзгереді. 2с уақыт мезетіндегі бұрыштық үдеу

- A) 8 рад/с²; B) 5 рад/с²; C) 1 рад/с²; D) 7 рад/с²; E) 2 рад/с².

6.3 Орнынан қозғалған кезде электровоз 380 кН тең тарту күшін өндіреді. Кедергі күші 250 кН құрайды. Массасы 500 т составқа ол қандай үдеу береді?

- A) 2 м/с²; B) 0,26 м/с²; C) 2,6 м/с²; D) 0,2 м/с²; E) 3 м/с².

6.4 Массасы 0,8 кг денені тік жоғары қарай лақтырған. Дененің лақтырылу мезетіндегі кинетикалық энергиясы 200 Дж. Дене қандай биіктікке көтеріле алады? ($g= 10$ м/с²)

- A) 2,5 м; B) 12,5 м; C) 25 м; D) 50 м; E) 10 м.

6.5 Дене x өсінің бойымен $F=(5x^2 +5)$ Н заңы бойынша өзгертін бағытталған күштің әсерінен қозғалыс жасайды. Осы күштің 3 м жол бойындағы жұмысы неге тең?

- A) 50 Дж; B) 60 Дж; C) 390 Дж; D) 90 Дж; E) 150 Дж.

6.6 Массасы 2 кг және радиусы 0,5 м дисктің жиегіне 4 Н тең тұрақты жанама күш түсірілген. Дисктің бұрыштық үдеуі

- A) 4 с⁻²; B) 2 с⁻²; C) 6 с⁻²; D) 8 с⁻²; E) 12 с⁻²;

6.7 Массасы 5 кг және радиусы 10 см тең диск центрі арқылы өтетін өстің маңайымен айналмалы қозғалыс жасайды. Диск айналысының теңдеуі мына түрге ие: $\varphi = (4t^2 - 4t)$ рад. Уақыт $t = 2$ с болғандағы дискті айналысқа келтіретін күш моменті неге тең?

- A) 0,4 Н·м; B) 0,26 Н·м; C) 0,16 Н·м; D) 0,1 Н·м; E) 0,2 Н·м.

6.8 Тыныштықтағы массасы $6 \cdot 10^{-7}$ г тең бөлшек, $v = 0,8$ с жылдамдықпен қозғалады (c – вакуумдегі жарық жылдамдығы). Осы бөлшектің импульсі

- A) 0,06 кг·м/с; B) 0,08 кг·м/с; C) 0,32 кг·м/с; D) 0,48 кг·м/с; E) 0,24 кг·м/с.

6.9 Оттегі молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 400 м/с, молекулаларының концентрациясы $2,7 \cdot 10^{19}$ см⁻³ тең. Оттегінің ыдыс қабырғаларына түсіретін қысымы

- A) 150 кПа; B) 100 кПа; C) 76 кПа; D) 36кПа; E) 18кПа.

- 6.10 Массасы 0,1 кг сутегіні тұрақты қысымда 0 ден 100°C температураға дейін қыздырған кезде ол қанша жылуды жұтады? ($R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$).
- А) 145,4 кДж; В) 103,9 кДж; С) 291 кДж; D) 0,9 кДж; E) 13,21 кДж.
- 6.11 Қыздырғыштың температурасы 450 К тең идеал жылу машинасындағы газ қыздырғыштан алған жылудың 60%-ын суытқышқа береді. Суытқыштың температурасы неге тең? А) 270К; В) 255К; С) 240К; D) 235К; E) 229К.
- 6.12 Конденсаторды 1,2 кВ кернеуге дейін зарядтаған кезде оның астарларындағы заряд 24 нКл тең болған. Конденсатордың сыйымдылығы
- А) 20 мкФ; В) 28,8 мкФ; С) 28,8 пФ; D) 5 пФ; E) 20 пФ.
- 6.13 Кернеулігі 120 Н/Кл біртекті электр өрісінде диэлектрлік пластинка орналасқан. Диэлектриктегі өрістің кернеулігі 40 Н/Кл тең. Пластинканың диэлектрлік өтімділігі: А) 1/3; В) 6; С) 1/12; D) 3; E) 4.
- 6.14 Электрон электр өрісінде 10 кВ үдеткіш потенциалдар айырмасын жүріп өткен кезде қандай жылдамдыққа ие болады?
- А) $1,8 \cdot 10^7 \text{ м/с}$; В) $5,7 \cdot 10^7 \text{ м/с}$; С) $2,8 \cdot 10^6 \text{ м/с}$; D) $11,4 \cdot 10^7 \text{ м/с}$; E) $1,3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$.
- 6.15 Ішкі кедергісі $r=1 \text{ Ом}$ және $\mathcal{E}=12 \text{ В}$ тең аккумулятор кедергісі 11 Ом тең сыртқы тізбекті қоректендіреді. Сыртқы тізбекте 1с ішінде бөлініп шығатын жылу мөлшерін анықтаңыздар.
- А) 120 Дж; В) 12 Дж; С) 10 Дж; D) 11 Дж; E) 100 Дж.
- 6.16 Тізбектегі ток күші $I=10t$ заңы бойынша өзгереді. Зарядтың $q(t)$ өзгеру функциясы мына түрге ие:
- А) $q = 5t^2$; В) $q = 10$; С) $q = 10t - 5t^2$; D) $q = 15t$; E) $q = 10t^2$.
- 6.17 ЭҚК 30 В батареяның 6 Ом ішкі кедергіге тұйықталу кезіндегі тізбектегі ток күші 1,5 А. Батареяның қысқаша тұйықталуы кезіндегі ток күші
- А) 3,3 А; В) 6 А; С) 5,5 А; D) 4 А; E) 2,1 А.
- 6.18 Бойымен 10 А ток өтетін ұзындығы 20 см түзу өткізгіш индукциясы 4 Тл біртекті магнит өрісіне перпендикуляр орналасқан. Өткізгішке әсер етуші күш
- А) 0 Н; В) 800 Н; С) 8Н; D) 2Н; E) 200 Н.
- 6.19 Протон біртекті магнит өрісінің күш сызықтарына перпендикуляр ұшып кірген. Протонның жылдамдығы $4 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. Магнит өрісінің индукциясы 10^{-3} Тл . Магнит өрісіндегі протонның нормал үдеуі
- А) $0,9 \cdot 10^{16} \text{ м/с}^2$; В) $0,7 \cdot 10^{16} \text{ м/с}^2$; С) $3,8 \cdot 10^{11} \text{ м/с}^2$; D) $2,4 \cdot 10^{16} \text{ м/с}^2$; E) $1,4 \cdot 10^{16} \text{ м/с}^2$
- 6.20 Индуктивтілігі $L = 0,021 \text{ Гн}$ катушка арқылы $I = 58 \sin 314t$ заңы бойынша өзгертін ток күші өтеді. Катушкадағы өздік индукцияның ЭҚК-і

- A) $32,97 \cos 314t$; B) $0,1 \sin 314t$; C) $250 \sin 314t$; D) $25 \sin 314t$;
 E) $382,45 \cos 314t$

7 ҰСЫНЫЛАТЫН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

7.1 Негізгі әдебиеттер

- 1 Абдулаев Ж. Физика курсы. Алматы “Білім”, 2004
- 2 Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2004.
- 3 Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1989.
- 4 Савельев И.В. Курс физики, т. 1- 3. – М.: Наука, 1989.
- 5 Садилов К.А., Кылышқанов М.К. Жалпы физика курсы бойынша есептер жинағы, Өскемен, 2003
- 6 Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике.–М: Высшая школа, 1981
- 7 Волькенштейн В.С. Жалпы физика курсының есептер жинағы – М.: Наука, 1985, 2003.

7.2 Қосымша әдебиеттер

- 1 Арызханов Е.А. Жалпы физика курсы. Алматы “Білім”, 2000
- 2 Стрелков С.П. Механика. - М.: Наука, 1975.
- 3 Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 1987.
- 4 Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм.- М.: Высшая школа, 1983.
- 5 Матвеев А.Н. Оптика. - М.: Высшая школа, 1985.
- 6 Матвеев А.Н. Атомная физика.- М.: Высшая школа, 1990.
- 7 Фриганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики. – М.: Высшая школа, 1978.
- 8 Чертов А.Г. Единицы физических величин. – М.: Высшая школа, 1977.
- 9 Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. – М.: Высшая школа, 2003.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике.–М: Высшая школа, 1981.
2. Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. – М.: Высшая школа, 2003.
3. Воробьев А.А., Иванов В.П., Кондакова В.Г., Чертов А.Г. Физика: Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников инженерно-технических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 208 с.
- 4 Сәділов К.А.. Кылышқанов М.К. Физика терминдерінің орысша-қазақша сөздігі.

**ӨЗ БЕТІМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУГЕ АРНАЛҒАН ТЕСТІК
ТАПСЫРМАЛАРДЫҢ ЖАУАПТАРЫ**

1.3.17	D	2.3.21	C	2.3.74	E	3.3.66	B	4.3.32	B	5.3.9	B
1.3.18	B	2.3.23	A	2.3.75	B	3.3.68	B	4.3.33	B	5.3.10	E
1.3.19	E	2.3.24	D	3.3.8	A	3.3.69	A	4.3.34	C	5.3.11	A
1.3.20	C	2.3.25	B	3.3.9	A	3.3.70	D	4.3.38	A	5.3.14	C
1.3.21	B	2.3.26	E	3.3.10	B	3.3.72	A	4.3.41	C	5.3.15	D
1.3.22	B	2.3.27	B	3.3.11	E	3.3.73	D	4.3.42	B	5.3.18	B
1.3.23	B	2.3.28	C	3.3.16	C	3.3.74	B	4.3.43	A	5.3.19	B
1.3.24	D	2.3.30	D	3.3.17	C	3.3.75	E	4.3.45	D	5.3.20	A
1.3.25	A	2.3.36	D	3.3.19	C	3.3.77	D	4.3.46	D	5.3.22	C
1.3.26	B	2.3.42	E	3.3.21	A	3.3.79	A	4.3.47	A	5.3.24	C
1.3.27	A	2.3.43	E	3.3.24	E	3.3.86	C	4.3.48	E	5.3.25	E
1.3.28	A	2.3.44	B	3.3.25	E	3.3.87	B	4.3.49	A	5.3.26	B
1.3.29	A	2.3.45	C	3.3.28	E	3.3.88	B	4.3.50	C	5.3.27	B
1.3.30	A	2.3.47	A	3.3.29	B	3.3.89	D	4.3.51	C	5.3.28	E
2.3.1	C	2.3.48	B	3.3.30	B	4.3.2	E	4.3.53	E	5.3.30	B
2.3.2	B	2.3.53	C	3.3.34	A	4.3.4	B	4.3.54	C	5.3.33	D
2.3.3	B	2.3.55	A	3.3.35	D	4.3.6	E	4.3.56	B	5.3.34	A
2.3.4	B	2.3.56	A	3.3.39	C	4.3.7	A	4.3.57	D	5.3.36	D
2.3.5	C	2.3.57	B	3.3.40	B	4.3.9	C	4.3.59	B	5.3.37	D
2.3.6	B	2.3.58	C	3.3.41	B	4.3.10	D	4.3.60	D	5.3.38	D
2.3.7	E	2.3.62	A	3.3.48	A	4.3.11	D	4.3.62	E	5.3.39	D
2.3.8	C	2.3.63	A	3.3.49	B	4.3.16	A	4.3.63	E	5.3.40	B
2.3.9	D	2.3.64	D	3.3.50	B	4.3.22	A	4.3.64	C	5.3.41	A
2.3.10	B	2.3.66	A	3.3.51	C	4.3.23	D	4.3.67	A	5.3.42	C
2.3.11	C	2.3.67	C	3.3.52	B	4.3.24	B	4.3.71	A	5.3.44	D
2.3.12	B	2.3.68	B	3.3.59	C	4.3.25	B	4.3.72	A	5.3.45	C
2.3.13	D	2.3.69	E	3.3.60	D	4.3.26	A	4.3.73	B	5.3.46	A
2.3.15	A	2.3.70	C	3.3.61	E	4.3.28	B	4.3.75	A	5.3.47	B
2.3.18	A	2.3.72	C	3.3.62	A	4.3.30	D	4.3.77	E	5.3.49	C
2.3.20	A	2.3.73	D	3.3.65	D	4.3.31	B	4.3.79	C		

БАҚЫЛАУ ТЕСТЕРІНІҢ ЖАУАПТАРЫ

6.1	D	6.5	B	6.9	C	6.13	D	6.17	E
6.2	A	6.6	D	6.10	A	6.14	A	6.18	C
6.3	B	6.7	E	6.11	A	6.15	D	6.19	C
6.4	C	6.8	E	6.12	E	6.16	A	6.20	E

ҚОСЫМШАЛАР

1 -кесте. Негізгі физикалық тұрақтылар (жуықтап алынған мәндері)

Физикалық тұрақтылар	Белгіленуі	Мәні
Еркін түсу үдеуі	g	9,81 м/с ²
Гравитациялық тұрақты	G	6,67·10 ⁻¹¹ м ³ /(кг·с ²)
Авогадро саны	N_A	6,02·10 ²³ моль ⁻¹
Универсал газ тұрақтысы	R	8,31 Дж/(моль·К)
Больцман тұрақтысы	k	1,38·10 ⁻²³ Дж/К
Элементар заряд	e	1,60·10 ⁻¹⁹ Кл
Жарықтың вакуумдгі жылдамдығы	c	3,00·10 ⁸ м/с
Электронның тыныштық массасы	m_e	9,1·10 ⁻³¹ кг
Протонның тыныштық массасы	m_p	1,67·10 ⁻²⁷ кг
Қалыпты жағдайдағы: қысым	P	1,01·10 ⁵ Па
температура	T	273 К
Электр тұрақтысы	ϵ_0	8,85·10 ⁻¹² Ф/м
Магнит тұрақтысы	μ_0	4 π ·10 ⁻⁷ Гн/м
Стефана-Больцман тұрақтысы	σ	5,67· 10 ⁻⁸ $\frac{Вт}{м^2 \cdot K^4}$
Вин тұрақтысы (бірінші заң)	b	2,9 · 10 ⁻³ м· К
Вин тұрақтысы (екінші заң)	c	1,3 · 10 ⁻⁵ Вт/(м ³ · К ⁵)
Планк тұрақтысы	h	6,63·10 ⁻³⁴ Дж·с
	\hbar	1,05·10 ⁻³⁴ Дж·с
Ридберг тұрақтысы	R	1,1·10 ⁷ м ⁻¹
	R'	3,3·10 ¹⁵ с ⁻¹
Сутегі атомын иондау энергиясы	E_i	2,18·10 ⁻¹⁸ Дж (13,6эВ)
Массаның атомдық бірлігі	$l.m.a.b$	1,660·10 ⁻²⁷ кг
Бор радиусы	a_0	0,529·10 ⁻¹⁰ м
Болат үшін Юнг модулы	E	0,2 ТПа

2-кесте. Қатты денелер тығыздығы

Қатты денелер	Тығыздығы кг/м ³	Қатты денелер	Тығыздығы кг/м ³	Қатты денелер	Тығыздығы кг/м ³
Алюминий	2,70·10 ³	Темір	7,88·10 ³	Қорғасын	11,3·10 ³
Барий	3,50·10 ³	Литий	0,53·10 ³	Күміс	10,5·10 ³
Ванадий	6,02·10 ³	Мыс	8,93·10 ³	Цезий	1,90·10 ³
Висмут	9,80·10 ³	Никель	8,90·10 ³	Мырыш	7,15·10 ³
Латунь	8,4·10 ³	Болат	7,70·10 ³	Фарфор	2,3·10 ³

3 –кесте. Сұйықтар тығыздығы

Сұйықтар	Тығыздығы кг/м ³	Сұйықтар	Тығыздығы кг/м ³
Су (4 °С)	1,00·10 ³	Күкірт көміртегі	1,26·10 ³
Глицерин	1,26·10 ³	Спирт	0,80·10 ³
Сынап	13,6·10 ³	Кастор майы	0,9·10 ³
Көлік майы	0,9·10 ³	Мұнай	0,85·10 ³

4-кесте. Газдардың тығыздығы (қалыпты жағдайда)

Газдар	Тығыздығы кг/м ³	Газдар	Тығыздығы кг/м ³
Аргон	1,78	Гелий	0,18
Сутегі	0,09	Оттегі	1,43
Ауа	1,29	Азот	1,25

5 кесте. Қалыпты жағдайдағы газдардың жылу өткізгіштігі, динамикалық тұтқырлығы және молекулалардың эффективті диаметрі

Заттар	Эффективті диаметрі d·10 ¹⁰ , м	Динамикалық тұтқырлығы η, мкПа·с	Жылу өткізгіштігі α, мВт/(м·К)
Азот	0,38	16,6	24,3
Аргон	0,35	21,5	16,2
Сутегі	0,28	8,66	168
Ауа	0,27	17,2	24,1
Гелий	0,22	18,9	142
Оттегі	0,29	19,8	24,4
Су буы	0,30	8,32	15,8

6- кесте. 20 °С температурдағы сұйықтардың η динамикалық тұтқырлығы

Заттар	Динамикалық тұтқырлық η, мПа·с	Заттар	Динамикалық тұтқырлық η, мПа·с
Су	1,00	Көлік майы	100
Глицерин	1480	Сынап	1,58
Кастор майы	987		

7-кесте. Кейбір газдардың мольдік массасы

Газдар	Мольдік масса $\mu \cdot 10^3$, кг/моль	Газдар	Мольдік масса $\mu \cdot 10^3$, кг/моль
Гелий	4	Көміртегі	24
Аргон	40	Азот	28
Неон	20	Ауа	29
Сутегі	2	Су буы	18
Оттегі	32		

8 - кесте. Меншікті жылу сыйымдылығы

Заттар	Меншікті жылу сыйымдылығы с, Дж/(кг·К)	Заттар	Меншікті жылу сыйымдылығы с, Дж/(кг·К)
Су	4190	Нихром	220
Мұз	2100	Қорғасын	126

9 -кесте. Меншікті балқу жылуы

Заттар	Меншікті балқу жылуы λ , Дж/кг
Мұз	$33,5 \cdot 10^4$
Қорғасын	$2,3 \cdot 10^4$

10- кесте. Буға айналуының меншікті жылуы

Заттар	Буға айналуының меншікті жылуы r , Дж/кг
Су	$22,5 \cdot 10^5$
Эфир	$6,68 \cdot 10^5$

11-кесте. Заттардың диэлектрлік өтімділігі

Заттар	Өтімділігі	Заттар	Өтімділігі
Парафин	2,0	Су	81
Шыны	7,0	Трансформатор майы	2,2

12-кесте. Металдардың меншікті кедергісі

Металл	Металдардың меншікті кедергісі, Ом·м	Металл	Металдардың меншікті кедергісі, Ом·м
Темір	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Мыс	$1,72 \cdot 10^{-8}$
Нихром	$1,1 \cdot 10^{-6}$	Күміс	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Никелин	$4 \cdot 10^{-7}$		

13-кесте. Кейбір бөлшектердің тыныштық массасы мен энергиясы

Бөлшек	m_0		E_0	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
α -бөлшек	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтрал π -мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

14-кесте. Халықаралық бірліктер жүйесімен қатар қолданылатын кейбір жүйелік емес өлшем бірліктері

Физикалық шама	Өлшем бірлігі		
	Аталуы	Белгіленуі	ХБ жүйесімен байланысы
Масса	тонна	т	$1\text{т} = 10^3 \text{кг}$
	массаның атомдық бірлігі	м.а.б.	$1 \text{ м.а.б.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{кг}$
Уақыт	минут	мин	$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$
	сағат	сағ	$1 \text{ сағ} = 3600 \text{ с}$
	тәулік	тәулік	$1 \text{ тәулік} = 86400 \text{ с}$
	жыл	жыл	$1 \text{ жыл} = 365,25 \text{ тәулік} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с}$
Жұмыс, энергия	электрон -вольт	эВ	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

15-кесте. Кейбір астрономиялық шамалар

Аталуы	Мәні
Жер радиусы	$6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Жер массасы	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Күн радиусы	$6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$
Күн массасы	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

16-кесте. Бірліктер алдына келетін қосымшалар

Қосымшалар		Көбейткіштер	Қосымшалар		Көбейткіштер
Аталуы	Белгіленуі		Аталуы	Белгіленуі	
экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
пэта	П	10^{15}	сант	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	мили	м	10^{-3}
гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
кило	к	10^3	пико	п	10^{-12}
гекто	г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
дека	да	10^1	атто	а	10^{-18}