

Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігі

Д.СЕРІКБАЕВ атындағы ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН
МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Г.К. Уазырханова
А.А. Жаксылыкова

Ф И З И К А

техникалық мамандықтары бойынша білім алатын студенттердің өз бетімен жұмыс істеуі мен практикалық сабақтарына арналған оқу-әдістемелік құралы

Өскемен

2010

УДК 530

Уазырханова Г.К. ФИЗИКА. Техникалық мамандықтары бойынша білім алатын студенттердің өз бетімен жұмыс істеуі мен практикалық сабақтарына арналған оқу-әдістемелік құралы /Г.К. Уазырханова, А.А. Жаксылыкова./ ШҚМТУ. – Өскемен, 2010. – 227бет.

Осы оқу құралы жыл сайын оқытылып жүрген базалық физика курсының барлық тараулары бойынша негізгі заңдар мен формулаларды құрайды. Типтік есептер шығару үлгісі қарастырылған. Физика курсы бойынша келтірілген тестік түрдегі есептер мен сұрақтар, олармен жұмыс істеу кезінде студенттерге теориялық материалды терең меңгеруге, физикадан жалпы типтік оқу есептерін 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 курсының төрт-алты кредит көлемінде оқытын, техникалық мамандықтар бойынша білім алатын студенттерге арналған 1.09. 2006 жылы енгізілген оқу стандарттарына сәйкес құрастырылған.

«Көлік жасау және транспорт» факультетінің әдістемелік кеңесінде бекітілген
_____, № ____ хаттама

МАЗМҰНЫ

		Беті
	Кіріспе	5
1	Кинематика	7
1.1	Негізгі заңдар мен формулалар	7
1.2	Есеп шығару үлгісі	9
2	Материялық нүкте мен қатты дене динамикасы. Гидродинамика	16
2.1	Негізгі заңдар мен формулалар	16
2.2	Есеп шығару үлгісі	22
3	Молекулалық физика және термодинамика	41
3.1	Негізгі заңдар мен формулалар	41
3.2	Есеп шығару үлгісі	46
4	Электростатика және тұрақты ток	62
4.1	Негізгі заңдар мен формулалар	62
4.2	Есеп шығару үлгісі	67
5	Магнетизм	83
5.1	Негізгі заңдар мен формулалар	83
5.2	Есеп шығару үлгісі	85
6	Тербелістер мен толқындар	93
6.1	Негізгі заңдар мен формулалар	93
6.2	Есеп шығару үлгісі	96
7	Физика I бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар	104
7.1	Кинематика	104
7.2	Динамика	107
7.3	Молекулалық физика жән термодинамика	117
7.4	Электростатика	126
7.5	Тұрақты ток	131
7.6	Магнетизм	136

7.7	Тербелістер мен толқындар	143
8	Геометриялық оптика мен фотометрия элементтері	149
8.1	Негізгі заңдар мен формулалар	149
8.2	Есеп шығару үлгісі	151
9	Толқындық оптика	156
9.1	Негізгі заңдар мен формулалар	156
9.2	Есеп шығару үлгісі	159
10	Кванттық оптика	167
10.1	Негізгі заңдар мен формулалар	167
10.2	Есеп шығару үлгісі	167
11	Атомдық физика негіздері	176
11.1	Негізгі заңдар мен формулалар	176
11.2	Есеп шығару үлгісі	177
12	Кванттық механика негіздері	181
12.1	Негізгі заңдар мен формулалар	181
12.2	Есеп шығару үлгісі	182
13	Ядролық физика негіздері	186
13.1	Негізгі заңдар мен формулалар	186
13.2	Есеп шығару үлгісі	187
14	Физика II бөлімі бойынша өз бетімен жұмыс істеуге арналған тестік тапсырмалар	193
14.1	Геометриялық оптика мен фотометрия элементтері	193
14.2	Толқындық оптика	196
14.3	Кванттық оптика	202
14.4	Атомдық физика негіздері	208
14.5	Кванттық механика негіздері	210
14.6	Ядролық физика негіздері	214
15	Ұсынылатын әдебиеттер тізімі. Қолданылған әдебиеттер тізімі	218
	Тестік тапсырмалар жауаптары	219
	Қосымшалар	221

КІРІСПЕ

Осы оқу құралының мақсаты - техникалық мамандықтар бойынша білім алатын және оқу жоспарына сәйкес базалық физика курсының төрт-алты 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 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 екі бөлімнен 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, электромагниттік тербелістер мен толқындар. Оқу құралының Физика II бөлімі базалық курстың келесі тарауларынан тұрады: оптика, геометриялық оптика негіздері, жарық толқындарының қасиеттері, толқындық оптика (жарық интерференциясы, дифракциясы, поляризациясы және дисперсиясы), кванттық оптика, атомдық және кванттық физика элементтері, кванттық статистика элементтері, конденсирленген күй, атом ядросы және элементар бөлшектер.

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 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

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

1.1.4 Лездік жылдамдық:

а) жалпы түрі

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{v} = \frac{dr}{dt} \vec{e}, \quad |\vec{v}| = \frac{dS}{dt}$$

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

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

б) бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезінде

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

1.1.5 Орташа үдеу

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

1.1.6 Тангенциал үдеу

$$\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}, \quad |\vec{a}_\tau| = \frac{dv}{dt}$$

1.1.7 Нормаль үдеу

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}, \quad |\vec{a}_n| = \frac{v^2}{R}$$

1.1.8 Лездік үдеу

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad \vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau,$$

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

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:

$$S = \varphi R$$

$$v = \omega R,$$

$$a_t = \varepsilon R,$$

$$a_n = \omega^2 R$$

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:

$$x = 2 - t + 0,5 t^3 \text{ (м)}$$

$$t = 2\text{с}$$

$$t_1 = 0\text{с}$$

$$t_2 = 2\text{с}$$

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

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

x -? v_x -? a_x -? $\langle v_x \rangle$ -? $\langle a_x \rangle$ -?

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.

<p><i>Берілгені:</i> $\varphi = (t^4 + 2t - 2)$ рад $t_1 = 0$с $t_2 = 3$с</p>	<p><i>Шешуі:</i> Анықтамасы бойынша бұрыштық үдеудің орташа мәні:</p> $\langle \varepsilon \rangle = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}, \quad (1.5)$ <p>мұндағы $\Delta \omega - \Delta t$ уақыт аралығындағы бұрыштық жылдамдықтың өсімшесі:</p> $\Delta \omega = \omega_2 - \omega_1,$
<p>$\langle \varepsilon \rangle = ?$</p>	

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 $v = 6 \text{ с}^{-1}$ тең жиілікпен қайта бірқалыпты айнала бастады. Маховиктің ε бұрыштық жылдамдығын және тежелу t ұзақтығын табыңыз. Маховик кемімелі қозғалысы кезінде $N = 50$ айналым жасаған.

<p>Берілгені: $v_0 = 10 \text{ c}^{-1}$ $v = 6 \text{ c}^{-1}$ $\varepsilon = \text{const}$ $N = 50 \text{ айн.}$ <hr/> $\varepsilon - ?$ $t - ?$</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:

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

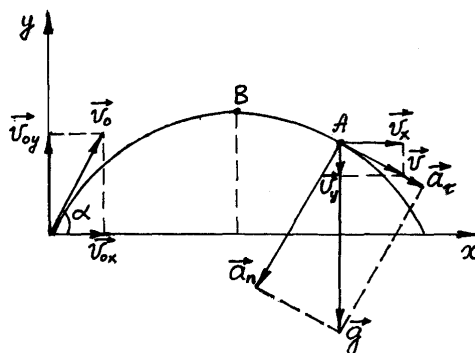
(1.8) және (1.9) формулалары бойынша ε және t мәндерін есептейміз:

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

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 жылдамдығы v_y 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:

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

Үшу 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. $\frac{t_{\text{м о л б}}}{2} < t < t_{\text{толық}}$ 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 $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$,

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

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 \vec{g} еркін түсу үдеуіне тең. Екінші жағынан, толық үдеу \vec{a}_n нормаль және \vec{a}_τ тангенциал үдеулердің векторлық қосындысына тең:

$$\vec{g} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau.$$

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

2 МАТЕРИАЛЫҚ НҮКТЕ МЕН ҚАТТЫ ДЕНЕ ДИНАМИКАСЫ. ГИДРОДИНАМИКА

2.1 Негізгі заңдар мен формулалар

2.1.1 Материялық нүкте импульсі

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

2.1.2 Ньютонның екінші заңы

а) жалпы түрі

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

б) $m = const$ болғанда

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

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

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$$

б) айналмалы қозғалыс үшін

$$W_k = \frac{I\omega^2}{2}$$

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

$$W_k + W_n = const$$

2.1.10 Жұмыспен энергияның арасындағы байланыс:

$$A = W_2 - W_1; \quad A = W_{k2} - W_{k1}; \quad A = W_{n1} - W_{n2}.$$

2.1.11 Қозғалмайтын айналу центріне қатысты күш моменті:

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

2.1.12 Қозғалмайтын айналу центріне қатысты импульс моменті:

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

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

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

б) $I = \text{const}$ болғанда

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

2.1.16 Импульс моментінің сақталу заңы:

$$\sum I_i \vec{\omega}_i = \text{const}$$

2.1.17 Стержін ұзындығының релятивистік қысқаруы

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

мұндағы l_0 – тыныштықтағы стержнь 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

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

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 модульы

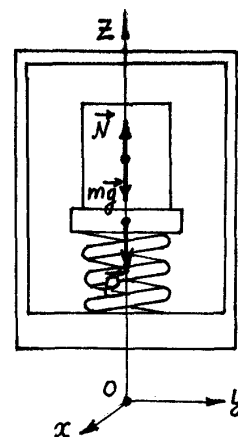
$$E = kl / S$$

2.2 Есеп шығару үлгілері

2.2.1 **1- есеп.** Лифте орналасқан серіппелік таразыда массасы $m = 10$ кг дене тұр. Лифт 2 м/с^2 үдеумен қозғалып келеді. Таразылардың 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 \vec{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 \vec{N} серпміділік (тіректің реакция күшіне) күшіне тең, яғни:</p>
--	---

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



2.1 -сурет

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

Денеге екі күш әсер етеді: $m\vec{g}$ ауырлық күші және серіппенің \vec{N} серпімділік күші. Z өсін тік жоғары бағыттайық 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

$$P = m(g + a), \\ P = 10(9,8 + 2) = 118 \text{ Н};$$

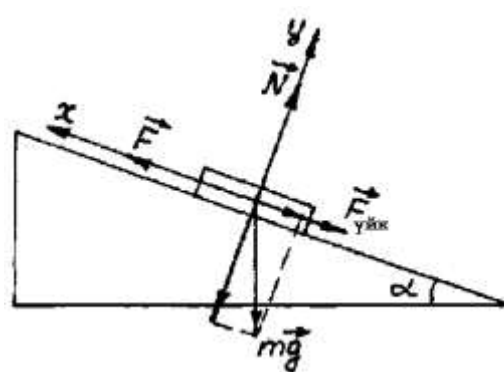
2) үдеу тік төмен бағытталса ($a < 0$), онда

$$P = m(g - a), \\ P = 10(9,8 - 2) = 78 \text{ Н}.$$

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.

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



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

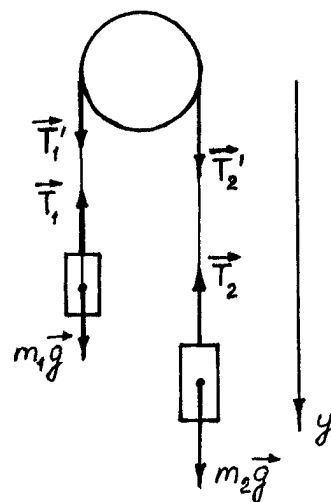
2.2.5 5 есеп. Массасы $m=80\text{г}$ тең тұтас диск түріндегі блок арқылы жіңішке майысқақ жіп ілінген және оның ұштарына массалары $m_1=100\text{ г}$ және $m_2=200\text{ г}$ жүктер ілінген. Егер де оларды өз жайына қалдырса жүктер қандай үдеулермен қозғалады? Жіптің массасы мен үйкелісі ескерілмейді.

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: $m_1\vec{g}$ ауырлық күші және \vec{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 айландырып, 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 жылдамдығы 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 жылдамдығы.

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

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

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

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

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:

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

Сандық мәндерін қоя отырып, есептеулер жүргіземіз:

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

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

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 $v_2=12$ м/с жылдамдықпен атқылайды. Бак 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.

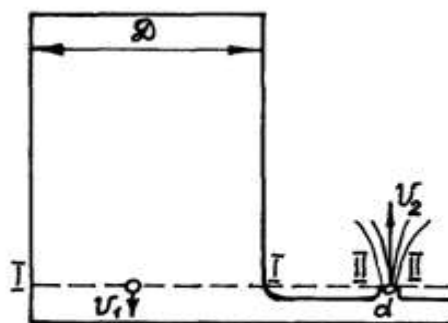
Берілгені:

$$v_2=12 \text{ м/с}$$

$$D=2 \text{ м}$$

$$d=2 \text{ см}=0,02 \text{ м}$$

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



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. Глицерин толтырылған ыдыста қорғасын шаригі төмен қарай құлап барады. Шар қозғалысының салдарынан пайда болған глицерин 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 ,

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

мұндағы ρ_c – 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 ,

$$F_A = \rho_2 V g = \frac{1}{6} \pi \rho_2 g d^3,$$

мұндағы ρ_2 – 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:

$$\frac{1}{6} \pi \rho_c g d^3 = \frac{1}{6} \pi \rho_2 g d^3 + 3 \pi \eta d v,$$

осыдан

$$v = \frac{(\rho_c - \rho_2) g d^2}{18 \eta}. \quad (2.35)$$

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

$$d = \left(\frac{18 \eta^2 \text{Re}}{\rho_2 (\rho_c - \rho_2) g} \right)^{1/3}.$$

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

$$d_{max} = \left(\frac{18\eta^2 \text{Re}_{кр}}{\rho_2(\rho_c - \rho_2)g} \right)^{1/3}.$$

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: $\eta = 1,48 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\rho_c = 11,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $\rho_2 = 1,26 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

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. Ыдыс диаметрі $D=0,5$ м. Ыдыстағы су деңгейінің v_1 төмендеу жылдамдығының осы деңгей 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: $p = 5,6 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; $W_k = 0,66 \text{ МэВ}$.

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

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

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 ($m=const$ болғанда)

$$PV=const$$

3.1.6 Изохора теңдеуі ($m=const$ болғанда)

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

3.1.7 Изобара теңдеуі ($m=const$ болғанда)

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

3.1.8 Адиабата теңдеуі- Пуассон теңдеуі ($m = const$ болғанда)

$$P V^\gamma = const$$

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) $V=const$ болғанда

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

б) $P=const$ 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)

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

3.1.30 Диффузия теңдеуі (Фик заңы)

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

3.1.31 Ішкі үйкеліс немесе тұтқырлық теңдеуі (Ньютон заңы)

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

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 $18 \text{ }^\circ\text{C}$ 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:

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

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

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

Өлшем бірлігін тексереміз:

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

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

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

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

Берілгені:

$$V=3 \text{ м}^3$$

$$m_1=1,4 \text{ кг}$$

$$\mu_1=28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$m_2=2 \text{ кг}$$

$$\mu_2=4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$P_1=1,3 \text{ атм}=1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T=? P_2=?$$

Шешуі: 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.

Азот пен гелийдің парциал қысымдарын Клапейрон-Менделеев теңдеуі арқылы анықтаймыз:

$$P_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT \quad (3.7)$$

немесе

$$P_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT, \quad (3.8)$$

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.

Берілгені:

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

$$T = 350 \text{ К}$$

$$m = 4 \text{ г} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$\langle w_{\text{айн}} \rangle = ? \quad W_{\text{айн}} = ?$$

Шешуі: Газ молекуласының әрбір еркіндік дәрежесіне бірдей орташа энергия келетіні белгілі

$$\langle w_1 \rangle = \frac{1}{2} kT,$$

мұндағы k –Больцман тұрақтысы; T – газдың абсолют температурасы

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:

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

(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:
 $t=1 \text{ с}$
 $V=2 \text{ л}=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $\mu=32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $T=(27+273)\text{К}=300\text{К}$
 $P=100 \text{ кПа}=10^5 \text{ Па}$

 $\langle \lambda \rangle$ -? 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. Ыдыс ішіндегі молекулалар саны

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

Молекулалардың 1 с ішіндегі орташа соқтығысулар саны мынаған тең

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

мұндағы

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

(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:

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

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

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

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

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

Жауабы: $c_{V1} = 6,24 \cdot 10^2 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$ $c_{P1} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$
 $c_{V2} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$ $c_{P2} = 1,46 \cdot 10^4 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$

3.2.6 6 есеп. Массасы $m=2$ кг және қысымы $p_1=0,2$ МПа тең оттегі $V_1=1 \text{ м}^3$ көлемді алып тұр. Газ алғашында тұрақты қысымда $V_2=3 \text{ м}^3$ 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 $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$. (3.32) өрнегіне сандық мәндерін қоя отырып, мынаны есептеп табамыз:

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

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

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

(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

$$A_1 = p \Delta V$$

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:

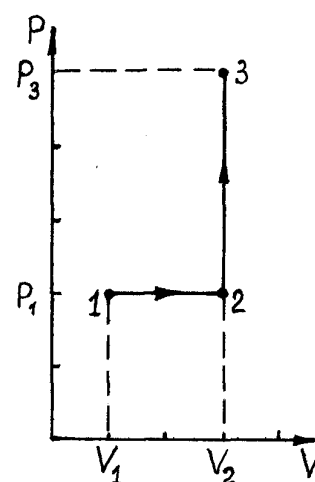
$$Q = \Delta U + A.$$

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.



3.1-сурет

Берілгені:

$$m=2 \text{ кг}$$

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

$$T_2=(0+273) \text{ К}=273 \text{ К}$$

ΔS -?

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:

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

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

Есептеулер жүргіземіз:

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

Жауабы: $\Delta S = 2,66$ кДж/К.

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

Берілгені:
 $T_1=500$ К
 $Q=1$ кДж= 10^3 Дж
 $A=350$ 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

η -? T_2 -?

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

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: $\eta = 0,35$; $T_2 = 325$ К.

3.2.9 **9 есеп.** Идеал газ қайтымды Карно циклін жасайды. Қыздырғыш температурасы $T_1 = 500$ К, суытқыш температурасы $T_2 = 300$ 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.

<p><i>Берілгені:</i> $T_1=500$ К $T_2=300$ К $A=2$ кДж</p> <hr/> <p>η-? Q_2-?</p>	<p><i>Шешуі:</i> Жылуды қолдану коэффициенті деп аталатын жылу машинасының термиялық ПӘК-і мына формуламен өрнектеледі:</p> $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad (3.33)$
--	--

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: $\eta = 40\%$; $Q_2 = 1,2$ кДж.

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

Берілген:

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

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

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

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

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

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: $A = 133 \text{ Дж}$.

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 $\mu = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ 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: $U_1 = 14,5$ кДж; $U_2 = 13,1$ кДж.

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

Берілгені:

$$\rho = 1,43 \text{ кг/м}^3$$

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

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

$$P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

$$d = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

η -? 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:

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

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:

$$[\eta] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}}.$$

Есептеулер жүргіземіз:

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

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

4 ЭЛЕКТРОСТАТИКА ЖӘНЕ ТҰРАҚТЫ ТОК

4.1 Негізгі заңдар мен формулалар

4.1.1 Кулон заңы

$$F = \frac{q_i q_k}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

4.1.2 Электростатикалық өрістің кернеулігі

$$E = F / q_0$$

4.1.3 Нүктелік заряд тудырған электростатикалық өрістің кернеулігі

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

4.1.4 Шексіз ұзын зарядталған жіп өрісінің кернеулігі

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

4.1.5 Бірқалыпты зарядталған жазықтық өрісінің кернеулігі

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon}$$

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

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$$

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

а) сфераның бетінде ($r=R$)

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R^2}$$

б) сфераның сыртында

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

4.1.8 Электростатикалық индукция векторы (ығысу векторы)

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

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

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

4.1.11 Радиусы R тең қуыс металл сфераның, оның центрінен r қашықтықта тудыратын электр өрісінің потенциалы:

а) сфераның ішкі жағы мен бетінде ($r \leq R$)

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

б) сфераның сыртында

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

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

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0}$$

4.1.21 Ток күші

а) жалпы түрі

$$I = dq / dt$$

в) тұрақты ток

$$I = q / t$$

4.1.22 Металдағы токтың тығыздығы

$$\vec{j} = e n \langle \vec{v} \rangle$$

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

$$\vec{j} = \gamma \vec{E} = \vec{E} / \rho$$

б) біртекті емес тізбек бөлігі үшін

$$\vec{j} = \gamma (\vec{E}_{\text{кул}} + \vec{E}_{\text{бөз}})$$

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

$$Q = I^2 R t = U^2 t / R = I U t$$

б) дифференциалдық түрі

$$w = \gamma E^2$$

4.1.32 Токтың жұмысы

$$A = I U t = I^2 R t = U^2 t / R$$

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

$$P_n = I U = I^2 R = U^2 / R$$

4.1.34 Ток көзінің пайдалы әсер коэффициенті

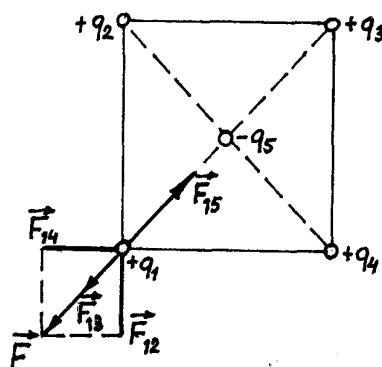
$$\eta = \frac{P_n}{P} = \frac{R}{R + r} = U / \mathcal{E}$$

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-тендік 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 ($\vec{F}_{12}, \vec{F}_{13}, \vec{F}_{14}, \vec{F}_{15}$) 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

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \vec{F}_{15} = 0, \quad (4.1)$$

мұндағы $\vec{F}_{12}, \vec{F}_{13}, \vec{F}_{14}, \vec{F}_{15}$ - 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 $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{14}$ күштерін қорытқы \vec{F} күшімен алмастыра отырып, мынаны табамыз

$$\vec{F} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{15} = 0. \quad (4.2)$$

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:

$$2 \cdot \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r_{12}^2} \cos \alpha + \frac{q_1 q_3}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r_{13}^2} = \frac{q_1 q_5}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r_{15}^2},$$

мұндағы ϵ_0 – электр тұрақтысы; ϵ - ортаның салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі.

$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$ болғандықтан:

$$\frac{2q^2 \cos \alpha}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r_{12}^2} + \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r_{13}^2} = \frac{qq_5}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r_{15}^2}. \quad (4.4)$$

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:

$$q_1 = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

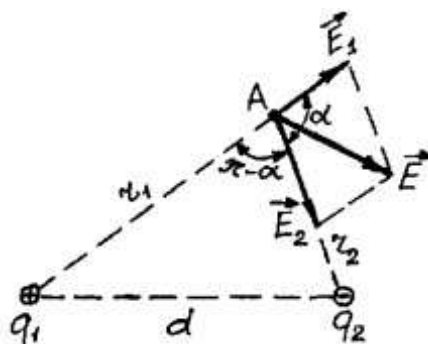
$$\varepsilon = 1$$

$$d = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$r_1 = 9 \text{ см} = 0,09 \text{ м}$$

$$r_2 = 7 \text{ см} = 0,07 \text{ м}$$

$$E = ? \quad \varphi = ?$$



4.2-сурет

Шешуі: Электр өрістерінің суперпозиция принципі бойынша әрбір заряд кеңістіктегі басқа зарядтарға тәуелсіз электр өрісін тудырады. Сондықтан берілген нүктедегі электр өрісінің \vec{E} кернеулігі, әрбір зарядтың осы нүктеде жеке тудырған өріс кернеуліктерінің \vec{E}_1 және \vec{E}_2 геометриялық қосындысы арқылы табылады:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2.$$

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, \vec{E}_1 векторы (4.2-суретті қара) күш сызықтарының бойымен q_1 зарядынан ары қарай бағытталған; q_2 заряды теріс болғандықтан, \vec{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 - \vec{E}_1 және \vec{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:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4} + 2 \frac{q_1q_2}{r_1^2r_2^2} \cos \alpha}. \quad (4.9)$$

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

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2. \quad (4.10)$$

Вакуудағы q нүктелік зарядтың r қашықтықта тудырған электр өрісінің потенциалы мына формуламен өрнектеледі

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}. \quad (4.11)$$

Біздің жағдайда (4.10) және (4.11) формулаларына сәйкес мынаны табамыз:

$$\varphi = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2},$$

немесе

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right). \quad (4.12)$$

(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 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ м/Ф екенін ескереміз:

$$E = 9 \cdot 10^9 \sqrt{\frac{(10^{-9})^2}{(0,09)^4} + \frac{(2 \cdot 10^{-9})^2}{(0,07)^4} + 2 \frac{10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{(0,09)^4 \cdot (0,07)^4} (-0,238)} \text{ В/м} =$$

$$= 3,58 \cdot 10^3 \text{ В/м} = 3,58 \text{ кВ/м}.$$

\vec{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 \vec{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

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}, \quad (4.14)$$

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

$$E = R\sigma / \epsilon_0 r.$$

E өріс кернеулігінің осы өрнегін (4.13) формуласына қойып, күшті табамыз

$$F = \frac{q\sigma R}{\epsilon_0 r}. \quad (4.15)$$

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 $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ 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:

$$F = \frac{2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 5,65 \cdot 10^{-4} \text{ Н} = 565 \text{ мкН.}$$

\vec{F} күшінің бағыты \vec{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:

$$\varepsilon=1$$

$$l_1 = 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$S_1=S_2=50 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$U=200 \text{ В}$$

$$l_2 = 8 \text{ мм} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$A-? A_1-?$$

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

$$q = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S U}{l}. \quad (4.19)$$

(4.17), (4.18) және (4.19) формулаларын (4.16) теңдеуіне қойып, мынаны табамыз

$$dA = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S U^2}{2l^2} dl. \quad (4.20)$$

Толық жұмысты анықтау кезінде, батареядан ажыратылған конденсатордың U кернеуі өзгеретінін, 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:

$$A = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S U_0^2}{2l_1^2} (l_2 - l_1). \quad (4.22)$$

(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

$$A_1 = \frac{1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 200^2}{2} \cdot \frac{(8 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3})}{8 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 1,106 \cdot 10^{-7} \text{ Дж.}$$

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

$$U = \frac{m v_1^2}{2e} (n^2 - 1).$$

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 $C = 1$ нФ, ал астарларының ара қашықтығы 4 мм тең. Конденсатор астарларының арасына орналстырылған $q = 4,9$ нКл зарядқа $F=98$ 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. Өр 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>
--	--

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} = \frac{n\varepsilon_i}{nr_i + R}, \quad (4.30)$$

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:

$$[I] = \frac{B \pm (B^2 - Om \cdot Bm)^{1/2}}{Om} = A.$$

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 $R = nr_i$. R табылған мәнін (4.33) формуласына қойып, мынаны табамыз:

$$P_{n \max} = n\mathcal{E}_i^2 / 4r_1.$$

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.

Берілгені:

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$I_0 = 0 \text{ А}$$

$$I = 6 \text{ А}$$

$$\Delta t = 2 \text{ с}$$

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = 1 \text{ с}$$

$$Q_1 - ? \quad Q_2 - ?$$

$$Q_2 / Q_1 - ?$$

Шешуі: Өткізгіште бөлінетін жылу мөлшері Джоуль-Ленц заңы бойынша анықталады

$$Q = I^2 R t \quad (4.35)$$

(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:

$$dQ = I^2 R dt \quad (4.36)$$

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 $t_1=1$ с, $t_2=2$ 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: $Q_1 = 60$ Дж; $Q_2 = 420$ 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.

Берілген:

$$j = 3 \text{ А/мм}^2 = 3 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$$

E -? w -?

Шешуі: Дифференциал түрдегі Ом заңы бойынша:

$$j = \gamma E = \frac{1}{\rho} E, \quad (4.39)$$

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: $E = 5,1 \cdot 10^{-2} \text{ В/м}$; $w = 153 \text{ кВт/м}^3$.

5 МАГНЕТИЗМ

5.1 Негізгі заңдар мен формулалар

5.1.1 Магнит өрісінің индукциясы мен кернеулігінің арасындағы байланыс

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

5.1.2 Ампер заңы

$$d\vec{F} = [Id\vec{l}, \vec{B}]$$

$$dF = IdlB \sin \alpha$$

5.1.3 Био-Савара-Лаплас заңы

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{[Id\vec{l}, \vec{r}]}{r^3},$$

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

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

$$B = \mu_0 \mu n I$$

5.1.5 Тогы бар контурдың магнит моменті

$$p_m = IS \quad \text{немесе} \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

5.1.6 Магнит өрісіндегі тогы бар контурға әсер ететін механикалық момент

$$\vec{M} = [\vec{p}_m, \vec{B}],$$

$$M = p_m B \sin \alpha$$

5.1.7 Лоренц күші

$$\vec{F}_L = q[\vec{v}, \vec{B}]$$

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

5.1.8 Лоренц формуласы

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}, \vec{B}]$$

5.1.9 Магнит ағыны

а) жалпы түрі

$$\Phi_m = \int_{(S)} (\vec{B}, d\vec{S}) = \int_{(S)} B dS \cos \alpha$$

б) біртекті магнит өрісіндегі жазық бет үшін

$$\Phi_m = BS \cos \alpha$$

5.10 Тогы 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 \vec{B} индукциясын анықтаңыздар.

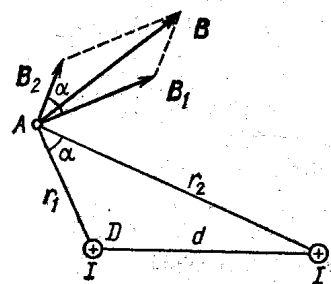
Берілгені:
 $I_1 = I_2 = I = 60\text{А}$
 $d = 10\text{см} = 0,1\text{м}$
 $r_1 = 5\text{см} = 0,05\text{м}$
 $r_2 = 12\text{см} = 0,12\text{м}$
 $B - ?$

Шешуі: A нүктесіндегі \vec{B} магнит индукциясын табу үшін магнит өрістерінің суперпозиция принципін қолданамыз. Ол үшін тогы бар өткізгіштердің әрқайсысы жеке тудырған \vec{B}_1 және \vec{B}_2 өріс индукцияларының бағытын анықтап

және олардың геометриялық қосындысын жазамыз:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2.$$

\vec{B} векторының модульн косинустар теоремасы бойынша табамыз:



5.1 –сурет

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha}, \quad (5.1)$$

мұндағы α – \vec{B}_1 және \vec{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:

$$[B] = \frac{\text{Гн}}{\text{м} \cdot \text{м}} \cdot A = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{м}^2 \cdot A} \cdot A = \text{Тл}.$$

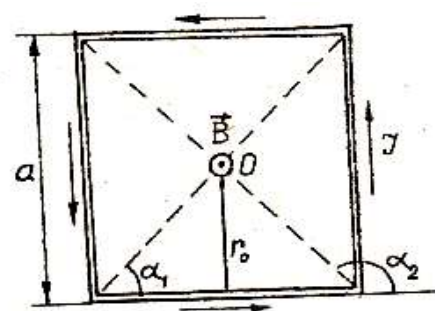
(5.3) формуласына физикалық шамалардың сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$B = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 60}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{1}{0,05^2} + \frac{1}{0,12^2} + \frac{2}{0,05 \cdot 0,12} \cdot \frac{23}{40}} \text{Тл} = 3,08 \cdot 10^{-4} \text{Тл} = 308 \text{мкТл}.$$

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 \vec{B} магнит индукциясын табындар.

<p>Берілгені:</p> <p>$I=100\text{А}$</p> <p>$a=10\text{см}=0,1\text{м}$</p> <hr/> <p>$B=?$</p>	<p>Шешуі: Квадрат түріндегі орамды сызба жазықтығына орналастырайық (5.2 сурет). Магнит өрістерінің суперпозиция принципі бойынша квадрат түріндегі тогы бар орамның тудырған өрісінің \vec{B} магнит индукциясы, сол</p>
---	--



5.2 -сурет

орамның әр қабырғасы жеке тудырған өрістердің магнит индукцияларының геометриялық қосындысына тең:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4. \quad (5.4)$$

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:

$$[B] = \frac{\frac{\text{Гн}}{\text{м}} \cdot \frac{\text{А}}{\text{м}}}{\frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м}^2}} \cdot \text{А} = \text{Тл}$$

(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.

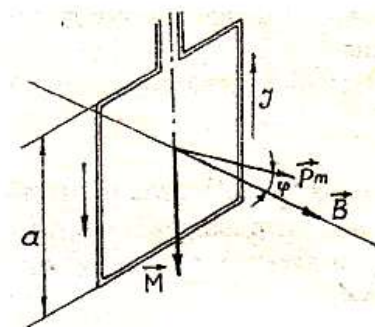
5.2.3 3- есеп. Қабырғасының ұзындығы $a=10\text{см}$, бойымен $I=100\text{А}$ ток күші өтетін жазық квадрат контур біртекті магнит өрісінде орналасқан ($B=1\text{Тл}$). Контурды қарама-қарсы қабырғаларының ортасы арқылы өтетін өске қатысты $\varphi=90^\circ$ бұрышқа бұру кезінде сыртқы күштердің істеген 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 - \vec{p}_m (контурға жүргізілген нормаль бойымен бағытталған) және \vec{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 \vec{p}_m және \vec{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:

$$A = IBa^2 \int_0^{\varphi} \sin \varphi d\varphi \quad (5.9)$$

$\varphi=90^0$ бұрышқа айналу кезіндегі жұмыс:

$$A = IBa^2 \int_0^{\pi/2} \sin \varphi d\varphi = IBa^2 \left| (-\cos \varphi) \right|_0^{\pi/2} = IBa^2 \quad (5.10)$$

(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:

$$A = -I\Delta\Phi = I(\Phi_1 - \Phi_2)$$

мұндағы Φ_1 - айналуға дейінгі контур арқылы өтетін магнит ағыны; Φ_2 – айналудан кейінгі контур арқылы өтетін магнит ағыны. Егер $\varphi_1=0^0$ және $\varphi_2=90^0$ 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.

Берілгені:
 $U=400$ В
 $H=10^3$ А/м
 $\vec{v} \perp \vec{B}$

Шешуі: Электрон траекториясының қисықтық радиусын келесі түсініктемелер арқылы анықтаймыз: магнит өрісінде қозғалып бара жатқан электронға \vec{F}_L Лоренц күші әсер етеді (ауырлық күшінің әсері ескерілмейді). Лоренц күші жылдамдық векторына перпендикуляр, сондықтан ол электронға нормаль үдеу береді:

$R=?$

$$F_L = ma_n,$$

немесе

$$e\nu B \sin \alpha = \frac{m\nu^2}{R}, \quad (5.11)$$

мұндағы e – электронның заряды; ν - электронның жылдамдығы; B – магнит индукциясы; m – электронның массасы; R - траекторияның қисықтық радиусы; α - жылдамдық векторының бағыты мен \vec{B} векторы арасындағы бұрыш (бұл жағдайда $\vec{v} \perp \vec{B}$ және $\alpha=90^\circ$, $\sin \alpha = 1$). (5.11) формуласынан мынаны табамыз

$$R = \frac{m\nu}{eB}. \quad (5.12)$$

(5.12) теңдеуіндегі $m\nu$ импульсті электронның W_k кинетикалық энергиясы арқылы өрнектеуге болады.

$$m\nu = \sqrt{2mW_k} \quad (5.13)$$

U үдеткіш потенциалдар айырмасын жүріп өткен электронның кинетикалық энергиясы $W_k = eU$ теңдеуімен анықталады. Осы өрнекті (5.13) формуласына қойып, мынаны табамыз

$$m\nu = \sqrt{2meU}. \quad (5.14)$$

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:

$$R = \frac{\sqrt{2meU}}{\mu_0 e H} \quad (5.16)$$

Табылған формулаға сәйкес физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[R] = \frac{(\text{кг} \cdot \text{Кл} \cdot \text{В})^{1/2}}{(\text{Гн/м}) \cdot \text{Кл} \cdot (\text{А/м})} = \frac{\text{кг}^{1/2} \text{Дж}^{1/2} \text{м}^2}{\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} \cdot \text{Кл} \cdot \text{А}} = \frac{\text{кг}^{1/2} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} \right)^{1/2} \text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{Кл} \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{с}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2} = \text{м}$$

R өлшем бірлігі m болғандықтан, табылған формула дұрыс деп айта аламыз.

(5.16) формуласына кіретін барлық шамаларды ХБ жүйесіне сәйкес өрнектейміз:

$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ (1-кесте бойынша); $U = 400 \text{ В}$;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м}$; $H = 10^3 \text{ А/м}$. 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 ($B=0,1 \text{ Тл}$) 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:

$B=0,1 \text{ Тл}$

$n=10\text{с}^{-1}$

$S=150 \text{ см}^2=1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$

$N=1000$

$\varphi=30^\circ$

$\mathcal{E}_i=?$

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.

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

$$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt}. \quad (5.19)$$

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

$$\mathcal{E}_i = 2\pi n N \cdot B S \sin \varphi.$$

Соңғы формуладағы физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[\mathcal{E}_i] = c^{-1} \cdot Tл \cdot M^2 = c^{-1} \cdot \frac{B \cdot c}{M^2} \cdot M^2 = B$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$\mathcal{E}_i = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 B = 47,1 B.$$

Жауабы: 47,1 В.

6 ТЕРБЕЛІСТЕР МЕН ТОЛҚЫНДАР

6.1 Негізгі заңдар мен формулалар

6.1.1 ψ физикалық шамасының гармониялық тербелістерінің теңдеуі

немесе

$$\psi = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$\psi = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

6.1.2 Тербелістің циклдік жиілігі

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

6.1.3 Гармониялық тербелістің периоды:

а) серіппелі маятник үшін

$$T = 2\pi\sqrt{m/k}$$

б) математикалық маятник үшін

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

в) маятниктің ауырлық центрінен a қашықтықта орналасқан тербеліс өсіне қатысты инерция моменті I тең физикалық маятник үшін

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mga}}$$

г) тербелмелі контур үшін

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

6.1.4 Гармониялық тербелістің толық энергиясы:

а) материялық нүкте үшін

$$W = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2$$

б) тербелмелі контур үшін

$$W = \frac{1}{2}LA^2\omega_0^2$$

6.1.5 Өшу коэффициенті:

а) кедергі коэффициенті r тең орта үшін (механикалық тербелістерде)

$$\beta = r/2m$$

б) электромагниттік тербелістер үшін

$$\beta = R/2L$$

6.1.6 Өшпелі тербелістердің циклдік жиілігі

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

6.1.7 Өшпелі тербелістердің теңдеуі

$$\psi = \psi_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

6.1.8 Өшпелі тербелістердің амплитудасы

$$A = \psi_0 e^{-\beta t}$$

6.1.9 Өшудің логарифмдік декременті

$$\theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T$$

6.1.10 Айнымалы ток тізбегінің кедергісі:

а) индуктивті

$$X_L = L\omega$$

б) сыйымдылық

$$X_C = 1/C\omega$$

в) реактив

$$X = L\omega - 1/C\omega$$

г) толық (импеданс)

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$$

6.1.11 Ток күшінің әсерлік мәні (эффektivті)

$$I_{\text{эф}} = I_o / \sqrt{2}$$

6.1.12 Кернеудің әсерлік мәні (эффektivті)

$$U_{\text{эф}} = U_o / \sqrt{2}$$

6.1.13 Айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы

$$I_{\text{эф}} = U_{\text{эф}} / \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$$

6.1.14 Жазық гармониялық толқын теңдеуі

$$\begin{aligned} \xi(x, t) &= A \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \\ \text{немесе} \quad \xi(x, t) &= A \cos(\omega t - kx) \end{aligned}$$

6.1.15 Толқындық сан

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{немесе} \quad k = \frac{\omega}{v}$$

6.1.16 Толқын ұзындығы

$$\lambda = vT \quad \text{немесе} \quad \lambda = v/\nu$$

6.1.17 Электр өтімділігі ε және магнит өтімділігі μ ортадағы электромагниттік толқындардың жылдамыдығы

$$v = c / \sqrt{\varepsilon\mu}$$

6.1.18 Электромагниттік толқындардың E электр және H магнит өрістерінің кернеуліктері арасындағы байланыс

$$\varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \mu_0 \mu H^2$$

6.2 Есеп шығару үлгілері

6.2.1 **1 есеп.** Массасы 20г математикалық маятник амплитудасы 5см тең тербеліс жасайды. Маятниктің максимал жылдамдығы 15,7 см/с тең. Тербелістің сызықтық жиілігін, периодын және циклдік жиілігін, жіптің ұзындығын, толық энергия мен маятниктің максимал үдеуін анықтаңыздар.

Берілгені:

$$m=20\text{г}=2\cdot 10^{-2}\text{кг}$$

$$A=5\text{см}=0,05\text{м}$$

$$v_{\max}=15,7\text{см/с}=15,7\cdot 10^{-2}\text{м/с}$$

Шешу: Маятниктің гармониялық тербелістерінің теңдеуі мына түрге ие:

$$x=A \sin (\omega t+\varphi_0),$$

v -? T -? ω -? l -? W -? a_{\max} -?

мұндағы x – маятниктің тыныштық қалпынан ығысуы; A –тербелістің амплитудасы; ω -циклдік жиілік; φ_0 - тербелістің бастапқы фазасы

Маятник тербелісінің жылдамдығы

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$v=v_{\max}$ болғанда $\cos(\omega t+\varphi_0)=1$, сондықтан:

$$v_{\max}=A\omega,$$

осыдан

$$\omega = \frac{v_{\max}}{A} \quad (6.1)$$

$$[\omega]=\frac{\text{м/с}}{\text{м}} = \frac{1}{\text{с}}$$

(6.1) формуласына есептің шартында берілген сандық мәндерді қойып ω есептейміз

$$\omega=15,7\cdot 10^{-2}/(5\cdot 10^{-2})=3,14 \text{ с}^{-1}$$

T период пен ν сызықтық жиілікті табамыз:

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi}{\omega}; & \nu &= \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \\ T &= \frac{2\cdot 3,14}{3,14} = 2 \text{ с}; & \nu &= \frac{1}{2} \text{ с}^{-1}=0,5\text{Гц}. \end{aligned} \quad (6.2)$$

Маятниктің ұзындығын математикалық маятниктің периодын анықтау формуласы арқылы табамыз

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

осыдан

$$l = \frac{T^2 g}{4\pi^2}, \quad (6.3)$$

мұндағы g -еркін түсу үдеуі.

(6.3) формуласындағы өлшем бірліктерді тексеріп, есептеулер жүргіземіз:

$$[l] = \text{с}^2 \cdot \text{м} / \text{с}^2 = \text{м}$$

$$l = \frac{2^2 \cdot 9,8}{4 \cdot 3,14^2} \approx 1 \text{ м}$$

Маятниктің толық энергиясы мына формула бойынша анықталады:

$$W = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \quad (6.4)$$

$$[W] = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot (\text{с}^{-1})^2 = \text{Дж}$$

(6.4) формуласы бойынша есептеулер жүргіземіз:

$$W = 2 \cdot 10^{-2} (5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 3,14^2 / 2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

Маятниктің үдеуі

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$a = a_{\max}$ болғанда $\sin(\omega t + \varphi_0) = 1$, сондықтан

$$|a_{\max}| = A\omega^2 \quad (6.5)$$

(6.5) формуласы бойынша a_{\max} өлшем бірлігін тексереміз:

$$[a] = \text{м} \cdot \frac{1}{\text{с}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

(6.5) формуласына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз

$$a_{\max} = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 3,14^2 \approx 0,5 \text{ м/с}^2$$

Жауабы: $\nu = 0,5$ Гц; $T = 2$ с; $\omega = 3,14 \text{ с}^{-1}$; $l \approx 1$ м; $W = 2,5 \cdot 10^{-4}$ Дж; $a_{\max} \approx 0,5 \text{ м/с}^2$.

6.2.2 **2 есеп.** Массасы $m=0,01$ кг бөлшек периоды $T=2$ с тең гармониялық тербелістер жасайды. Тебелмелі нүктенің толық энергиясы $W=0,1$ мДж. Тербеліс амплитудасын және бөлшекке әсер ететін F_{\max} күштің максимал мәнін анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $m=0,01$ кг $T=2$ с $W=0,1$ мДж $=0,1 \cdot 10^{-3}$ Дж</p> <hr/> <p>A-? F_{\max}-?</p>	<p><i>Шешуі:</i> Тербелістің амплитудасын анықтау үшін бөлшектің толық энергиясын табу өрнегін пайдаланамыз:</p> $W = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2,$ <p>мұндағы $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Осыдан тербелістің амплитудасы</p>
---	---

$$A = \frac{T}{2\pi} \sqrt{\frac{2W}{m}}. \quad (6.6)$$

Бөлшек гармониялық тербелістер жасағандықтан, оған әсер ететін күш квазисерпимді болып табылады, сондықтан ол мына қатынас арқылы өрнектеледі

$$F = -kx,$$

мұндағы k – квазисерпимді күштің коэффициенті; x – тербелмелі нүктенің ығысуы.

Максимал күш амплитудаға тең x_{\max} максимал ығысу кезінде болады:

$$|F_{\max}| = kA. \quad (6.7)$$

k коэффициентін тербеліс периоды арқылы өрнектейміз:

$$k = m\omega^2 = \frac{m \cdot 4\pi^2}{T^2}. \quad (6.8)$$

k және A мәндерін (6.7) формуласына қойып, мынаны табамыз

$$F_{\max} = 2\pi \frac{\sqrt{2mW}}{T}. \quad (6.9)$$

(6.6) және (6.9) формулалары бойынша A амплитуда мен F_{\max} максимал күштің өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[A] = \frac{c \cdot \text{Дж}^{1/2}}{\text{кг}^{1/2}} = \frac{c \cdot \text{кг}^{1/2} \cdot \text{м}}{c \cdot \text{кг}^{1/2}} = \text{м}$$

$$[F_{\max}] = \text{кг}^{1/2} \cdot \text{Дж}^{1/2} \cdot c^{-1} = \frac{\text{кг}^{1/2} \cdot \text{кг}^{1/2} \cdot \text{м}}{c \cdot c} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{c^2} = \text{Н}$$

Табылған өлшем бірліктері анықталған шамаларға сәйкес келеді, сондықтан (6.6) және (6.9) формулалары дұрыс.

(6.6) және (6.9) формулаларына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$A = \frac{2}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-4}}{10^{-2}}} \text{ м} = 0,045 \text{ м} = 45 \text{ мм};$$

$$F_{\max} = 2 \cdot 3,14 \frac{\sqrt{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}}}{2} \text{ Н} = 4,44 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 4,44 \text{ мН}.$$

Жауабы: $A = 45 \text{ мм}$; $F_{\max} = 4,44 \text{ мН}$.

6.2.3 3 есеп. Тербелмелі контурдағы конденсатор астарларының арасындағы потенциалдар айырмасы уақыт өте $U = 100 \sin 1000\pi t$ заңы бойынша өзгереді. Конденсатордың электрлік сыйымдылығы $0,5 \text{ мкФ}$. Контурдың энергиясын, индуктивтілігін, меншікті тербелістерінің периоды және индуктивті катушка арқылы өтетін токтың максимал мәнін анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $U = 100 \sin 1000\pi t$ $C = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Конденсатордағы кернеу гармониялық заң бойынша өзгереді</p> $U = U_0 \sin \omega_0 t, \quad (6.10)$
<p>T-? L-? W-? I_{\max}-?</p>	<p>мұндағы U_0- конденсатор астарларындағы кернеудің амплитудалық (максимал) мәні; ω_0 – тербелістердің меншікті циклдік жиілігі. Ол периодпен мына қатынас арқылы байланысқан</p>

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}. \quad (6.11)$$

(6.10) формуласын есептің шартында берілген U -дың өрнегімен салыстыра отырып, $\omega_0 = 1000\pi$ екенін анықтаймыз. Осыдан

$$T = \frac{2\pi}{1000\pi \text{ с}^{-1}} = 0,002 \text{ с}.$$

Контурдағы меншікті тербелістер периоды Томсон формуласы бойынша анықталады

$$T = 2\pi \sqrt{LC},$$

осыдан

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C};$$

$$L = \frac{4 \cdot 10^{-6} c^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \Phi} = 0,2 \text{ Гн.}$$

Контурдың толық энергиясы W – ол $W_e = \frac{CU^2}{2}$ электрлік және $W_m = \frac{LI^2}{2}$ магниттік энергиялар қосындысына тең және конденсатор өрісінің максимал энергиясына тең.

$$W = W_{e\max} = \frac{CU_{\max}^2}{2} \quad (6.12)$$

немесе индуктивті катушка өрісінің максимал энергиясына тең

$$W = W_{m\max} = \frac{LI_{\max}^2}{2}. \quad (6.13)$$

(6.12) формуласы бойынша W анықтаймыз:

$$W = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 2,5 \text{ мДж.}$$

Толық энергияны біле отырып, индуктивті катушка арқылы өтетін ток күшінің максимал мәнін (6.13) формуласының көмегімен анықтай аламыз:

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2W}{L}};$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{0,2}} = 0,15 \text{ А.}$$

Жауабы: $T=0,002\text{с}$, $L=0,2\text{Гн}$, $W=2,5\text{мДж}$, $I_{\max}=0,15\text{А}$.

6.2.4 4 есеп. Ұзындығы $l=1\text{м}$ математикалық маятник тербелістерінің амплитудасы $t=10\text{мин}$ уақыт аралығында 2 есеге кеміген. Ошудің θ логарифмдік декрементін анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $l=1\text{м}$ $t=10\text{мин}=600\text{с}$ $\frac{A_0}{A} = 2$</p> <hr/> <p>$\theta?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Өшпелі тербелістердің амплитудасы мына формула бойынша өрнектеледі</p> $A=A_0e^{-\beta t}, \quad (6.14)$ <p>мұндағы A_0- тербелістің бастапқы амплитудасы, β- өшу коэффициенті</p> <p>(6.14) формуласынан мынаны табамыз:</p>
---	---

$$\frac{A_0}{A} = e^{\beta t}, \quad \ln \frac{A_0}{A} = \beta t,$$

$$\beta = \frac{\ln \frac{A_0}{A}}{t} \quad (6.15)$$

Өшудің логарифмдік декременті θ мен өшу коэффициенті β мына қатынас арқылы байланысқан:

$$\theta = \beta T, \quad (6.16)$$

мұндағы T -тербеліс периоды. Математикалық маятник үшін

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (6.17)$$

(6.15) және (6.17) өрнектерін (6.16) формуласына қойып, өшудің логарифмдік декрементін табу үшін соңғы формуланы жазамыз:

$$\theta = \frac{\ln \frac{A_0}{A}}{t} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (6.18)$$

Сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\theta = \frac{\ln 2}{600} \cdot 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{1}{9,8}} = 2,31 \cdot 10^{-3}.$$

Жауабы: $\theta = 2,31 \cdot 10^{-3}$.

6.2.5 5 есеп. Тербелмелі контур индуктивтілігі $L=1,2$ мГн катушка мен электрлік сыйымдылығы $C_1=12$ пФ ден $C_2=80$ пФ дейін айнымалы өзгертін конденсатордан тұрады. Осы контурда резонанс тудыратын электромагниттік толқындар ұзындығының диапазонын анықтаңыздар. Контурдың актив кедергісін нольге тең деп есептеңіздер.

<p><i>Берілгені:</i> $L=1,2\text{мГн}=1,2\cdot 10^{-3}\text{Гн}$ $C_1=12\text{пФ}=12\cdot 10^{-12}\text{Ф}$ $C_2=80\text{пФ}=80\cdot 10^{-12}\text{Ф}$ $R=0$</p> <hr/> <p>$\lambda_1=?\lambda_2=?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Контурда резонанс тудыра алатын электромагниттік толқындардың ұзындығы контурдағы T тербеліс периодымен мына қатынас арқылы байланысқан:</p> $\lambda=cT,$ <p>мұндағы c- электромагниттік толқындар жылдамдығы.</p>
---	--

Тербеліс периоды өз кезегінде катушка L индуктивтілігі мен конденсатордың C электрлік сыйымдылығымен Томсон формуласы арқылы байланысқан:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Сондықтан

$$\lambda = c \cdot 2\pi\sqrt{LC}. \quad (6.19)$$

Есептің шарты бойынша контурдың индуктивтілігі тұрақты, ал контурдың сыйымдылығы C_1 ден C_2 дейін өзгере алады. Электрлік сыйымдылығының осы мәндеріне резонанс тудыра алатын толқын ұзындығының диапазонын анықтайтын λ_1 және λ_2 толқын ұзындықтары сәйкес келеді:

$$\lambda_1 = c \cdot 2\pi\sqrt{LC_1}; \quad \lambda_2 = c \cdot 2\pi\sqrt{LC_2}. \quad (6.20)$$

(6.19) формуласына сәйкес λ толқын ұзындығының өлшем бірлігін тексереміз:

$$[\lambda] = \text{м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Гн}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{Ф}^{\frac{1}{2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \left(\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\text{Кл}}{\text{В}}\right)^{\frac{1}{2}} = \text{м}$$

(6.20) формуласына сандық мәндерін қойып есептеулер жүргіземіз:

$$\lambda_1 = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-12}} = 226 \text{ м.}$$

$$\lambda_2 = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-12}} = 585 \text{ м.}$$

Жауабы: $\lambda_1=226 \text{ м}$, $\lambda_2=585 \text{ м}$.

6.2.6 б есеп. Жазық электромагниттік толқын ортада ($\varepsilon = 9$) тарала отырып, $H=2\cos 2\pi(2 \cdot 10^7 t - 0,2x)$ теңдеуімен өрнектеледі. Тербеліс периоды мен жиілігін, толқын ұзындығын және оның таралу жылдамдығын, ортаның магниттік өтімділігін анықтаңыздар.

Берілгені:

$$\varepsilon = 9$$

$$H = 2 \cos 2\pi (2 \cdot 10^7 t - 0,2x)$$

$$T - ? \quad \lambda - ? \quad \nu - ? \quad \mu - ? \quad \nu - ?$$

Шешуі: Жазық электромагниттік толқын теңдеуінің жалпы түрі:

$$H = H_m \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right), \quad (6.21)$$

мұндағы H_m – магнит өрісі кернеулігі векторының тербеліс амплитудасы; T – тербеліс периоды; λ – толқын ұзындығы; t – уақыт; x – координата. (6.21) теңдеуін есептің шартында берілген теңдеумен салыстыра отырып, мынаны табамыз:

$$\frac{1}{T} = 2 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}, \quad \frac{1}{\lambda} = 0,2 \text{ м}^{-1},$$

осыдан:

$$T = \frac{1}{2 \cdot 10^7} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ с}; \quad \lambda = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ м}.$$

Толқын ұзындығы, жиілік, период және толқынның жылдамдығы мына қатынастар арқылы байланысқан:

$$\nu = \frac{\lambda}{T}; \quad \nu = \frac{1}{T}$$

Сондықтан

$$\nu = 5 / (5 \cdot 10^{-8}) = 10^8 \text{ м/с}; \quad \nu = 1 / (5 \cdot 10^{-8}) = 2 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}.$$

Электромагниттік толқындар жылдамдығы ортаны сипаттайтын ε және μ шамаларымен мына қатынас арқылы байланысқан

$$\nu = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}, \quad (6.22)$$

мұндағы ε және μ – ортаның электр және магнит өтімділіктері; c – вакуумдағы жарық жылдамдығы. (6.22) формуласынан мынаны табамыз

$$\mu = \frac{c^2}{\nu^2}.$$

$$\mu = \frac{(3 \cdot 10^8)^2}{9 \cdot (10^8)^2} = 1$$

Жауабы: $T = 5 \cdot 10^{-8} \text{ с}; \quad \lambda = 5 \text{ м}; \quad \nu = 10^8 \text{ м/с}; \quad \nu = 2 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}; \quad \mu = 1.$

**Ф И З И К А I БӨЛІМІ БОЙЫНША ӨЗ БЕТІМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУГЕ
АРНАЛҒАН ТЕСТІК ТАПСЫРМАЛАР**

7.1 Кинематика

- 7.1.1 Материялық нүкте деп нені ескермеуге болатын денені айтамыз:
 А) массаны; В) масса мен өлшемдерін; С) масса мен пішінін;
 D) өлшемі мен пішінін; E) өлшемдерін.
- 7.1.2 Орын ауыстыру векторы дегеніміз:
 А) санақ басынан материялық нүктенің берілген уақыт мезетіндегі орнына жүргізілген вектор;
 В) материялық нүктенің берілген уақыт аралығында жүріп өткен жолы;
 С) 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 бағыттыас;
 E) материялық нүктенің жылдамдық векторының қозғалыс уақытына көбейтіндісіне тең шама.
- 7.1.3 Дене жүріп өткен ΔS жол және Δr орын ауыстыру векторының модулі мына қатынас арқылы байланысқан:
 А) $\Delta r > \Delta S$; В) $\Delta r < \Delta S$; С) $\Delta r = \Delta S$; D) $\Delta r \leq \Delta S$; E) $\Delta r \geq \Delta S$.
- 7.1.4 Бірқалыпты түзусызықты қозғалыс мына формуламен өрнектеледі:
 А) $a = \text{const}$; В) $\vec{a} = \text{const}$; С) $\vec{F} = \text{const}$; D) $a = (v - v_0)/t$; E) $\vec{v} = \text{const}$.
- 7.1.5 Кез-келген уақыт мезетінде дененің жылдамдық векторы мен үдеу векторымен 0° бұрыш жасайды. Бұл дене қалай қозғалады?
 А) Тыныштық қалпын сақтайды. В) Бірқалыпты түзусызықты.
 С) Шеңбер бойымен бірқалыпты. D) Түзусызықты бірқалыпсыз.
 E) Бірқалыпты үдемелі түзусызықты.
- 7.1.6 Кез-келген уақыт мезетінде дененің жылдамдық векторы үдеу векторымен тік бұрыш жасайды. Бұл дене қалай қозғалады?
 А) Тыныштық қалпын сақтайды.
 В) Бірқалыпты түзусызықты.
 С) Шеңбер бойымен бірқалыпты.
 D) Түзусызықты бірқалыпсыз.
 E) Бірқалыпты үдемелі түзусызықты.

7.1.7 Нормаль үдеудің векторы мына формула бойынша анықталады:

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

7.1.8 Тангенциал үдеудің векторы мына формула бойынша анықталады:

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

7.1.9 Қисық сызықты қозғалыс кезінде тангенциал үдеу мынаны сипаттайды:

- A) жылдамдық векторының шамасы мен бағыты бойынша өзгеру тездігін;
- B) бұрыштық жылдамдықтың шамасы бойынша өзгеруін;
- C) жылдамдық векторының бағыты бойынша өзгеру тездігін;
- D) жылдамдық векторының шамасы бойынша өзгеру тездігін;
- E) бұрыштық жылдамдықтың бағыты бойынша өзгеру тездігін.

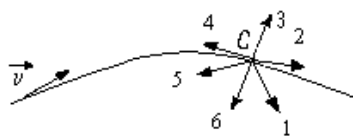
7.1.10 Қисық сызықты қозғалыс кезінде нормаль үдеу мынаны сипаттайды:

- A) жылдамдық векторының шамасы мен бағыты бойынша өзгеру тездігін;
- B) бұрыштық жылдамдықтың шамасы бойынша өзгеруін;
- C) жылдамдық векторының бағыты бойынша өзгеру тездігін;
- D) жылдамдық векторының шамасы бойынша өзгеру тездігін;
- E) бұрыштық жылдамдықтың бағыты бойынша өзгеру тездігін.

7.1.11 Үдеу векторын анықтау формуласының жалпы түрі:

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

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



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

- A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.

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

- A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.

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

- A) $\omega = \pi/T$ және $\omega = 2\pi/v$; B) $\omega = 2\pi/T$ және $\omega = 2\pi v$; C) $\omega = 2\pi T$ және $\omega = 2v$; D) $\omega = \pi T$ және $\omega = v/2\pi$; E) $\omega = T/2\pi$ және $\omega = \pi/v$.

- 7.1.15 Нүкте шеңбер бойымен тұрақты жылдамдықпен қозғалады. Оның жылдамдығы 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.
- 7.1.16 a_τ тангенциал және a_n нормаль үдеулерінің қандай мәндерінде дене түзу сызықты бірқалыпсыз қозғалады:
 А) $a_\tau = 0; a_n = 0$; В) $a_\tau \neq 0; a_n = 0$; С) $a_\tau \neq 0; a_n \neq 0$; D) $a_\tau = 0; a_n \neq 0$;
 E) $a_\tau = const; a_n = const$.
- 7.1.17 Материялық нүктенің тұзусызықты қозғалысы $S=2t^3-3t+15$, (м) теңдеуімен 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.
- 7.1.18. 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.
- 7.1.19 Радиусы 600 м тең дөңгелек жолдың бөлігімен 36 км/ч 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.
- 7.1.20 0,05 рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналып тұрған карусельде отырған баланың сызықтық жылдамдығының модульі 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.
- 7.1.21 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.
- 7.1.22 Диск бір секунд ішінде 25 айналым жасайды. Дисктің ω бұрыштық жылдамдығы қандай?
 А) 25π ; В) 50π ; С) $25/\pi$; D) $20/\pi$; E) 10π .
- 7.1.23 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.

- 7.1.24 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) $3,1 \text{ м/с}^2$.
- 7.1.25 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.
- 7.1.26 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) $-0,17 \text{ м/с}^2$.
- 7.1.27 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 үдеуі 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 .
- 7.1.28 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) $39,2 \text{ м/с}$.
- 7.1.29 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 .
- 7.1.30 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) $4,5 \text{ м/с}$.

7.2 Динамика

- 7.2.1 Бір нүктеге түсірілген екі күш $F_1=5 \text{ Н}$ және $F_2=12 \text{ Н}$ тең. Егер \vec{F}_1 мен \vec{F}_2 векторларының арасындағы бұрыш 90° тең болса, онда тең әсерлі күштің модульы неге тең?
 А) 17Н; В) 7Н; С) 13Н; D) 20Н; E) 11Н.

7.2.2 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/с^2 ; B) $0,26\text{ м/с}^2$; C) $2,6\text{ м/с}^2$; D) $0,2\text{ м/с}^2$; E) 3 м/с^2 .

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

- A) 40 Н/м; B) 4000 Н/м; C) 16 Н/м; D) 1600 Н/м; E) 250 Н/м.

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

- A) 1 м/с^2 ; B) $1,25\text{ м/с}^2$; C) 12 м/с^2 ; D) $9,8\text{ м/с}^2$; E) $2,5\text{ м/с}^2$.

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

- A) $1,5\text{ кг}\cdot\text{м/с}$; B) $2\text{ кг}\cdot\text{м/с}$; C) $1\text{ кг}\cdot\text{м/с}$; D) $0,2\text{ кг}\cdot\text{м/с}$; E) $0,1\text{ кг}\cdot\text{м/с}$.

7.2.6 Жүйе X өсінің бойында орналасқан екі материялық нүктеден тұрады. Нүктелердің масалары $m_1=4\text{ кг}$ 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?

- A) 1,6 см; B) 3,2 см; C) 2,2 см; D) 2,8 см; E) 4,4 см.

7.2.7 Қайрақ (брусok) 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?

- A) 3 м/с^2 ; B) $0,33\text{ м/с}^2$; C) 8 м/с^2 ; D) $6,7\text{ м/с}^2$; E) $3,3\text{ м/с}^2$.

7.2.8 Массасы 20 т тең 0,3 м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатқан вагон массасы 30 т тең 0,2м/с жылдамдықпен қозғалып келе жатқан вагонды қуып жетеді. Егер соқтығысу серпімсіз болса, онда соқтығысудан кейінгі вагондардың жылдамдығы неге тең

- A) 0,16 м/с; B) 0,12 м/с; C) 0,24 м/с; D) 0,42 м/с; E) 0,34 м/с.

7.2.9 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?

- A) 10 Н; B) 1Н; C) 11 Н; D) 9 Н; E) 90 Н.

7.2.10 Масссы 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?

- A) 1,5 кН; B) 6,5 кН; C) 3,5 кН; D) 5 кН; E) 6,5 Н.

- 7.2.11 Горизонталь бағытта $v_1 = 1$ м/с жылдамдықпен қозғалып бара жатқан массасы $m=1$ кг дене, массасы $m = 0,5$ кг денені қуып жетіп серпімсіз соқтығысу жасайды. Егер екінші дене тыныштық қалпында болған болса, соқтығысудан кейінгі денелердің жылдамдығы неге тең?
 A) 1,5 м/с; B) 2 м/с. C) 0,67 м/с. D) 0,81 м/с; E) 0,93 м/с.
- 7.2.12 Қозғалмай тұрған лифттегі серіппеге массасы 1 кг жүк ілінген. Серіппе 2 см созылған. Егер лифт $a = 2$ м/с² үдеумен жоғары көтерілсе, серіппе қанша см-ге созылады? ($g = 10$ м/с²):
 A) 4,8 см; B) 2,4 см; C) 1,2 см; D) 5,6 см; E) 0,6 см.
- 7.2.13 Бағыты бойынша тұрақты күштің модульі $F=5+9t$ заңы бойынша өзгереді. Осы күштің t_2-t_1 уақыт аралығындағы импульсінің модульін табыңыздар. ($t_2 = 2$ с, $t_1 = 0$):
 A) 82 Нс; B) 17 Нс; C) 34 Нс; D) 25 Нс; E) 2,5 Нс.
- 7.2.14 Жердің Күнді айналып қозғалуы кезінде оған қандай күш әсер етеді?
 A) электромагниттік;
 B) қозғалыс инерциясы бойынша болады;
 C) Аймен гравитациялық өзара әсері;
 D) планеталармен гравитациялық өзара әсері;
 E) Күнмен гравитациялық өзара әсері.
- 7.2.15 Жер бетіндегі денеге әсер ететін гравитациялық тартылыс күшінен 2 есе аз күш денеге жер бетінен қандай қашықтықта әсер етеді?
 A) 0,41 R; B) 2,2 R; C) 0,5 R; D) 4,4 R; E) 5,2 R.
- 7.2.16 Нүкте қозғалысының теңдеуі координаталық түрде берілген: $x=A$, $y=Vt^3$, мұндағы A және V – тұрақты шамалар болса, онда қозғалыстың түрі қандай:
 A) бірқалыпты түзусызықты; B) бірқалыпты үдемелі түзусызықты;
 C) түзусызықты үдемелі; D) қисық сызықты; E) түзусызықты.
- 7.2.17 Қайсы кезде тіректің нормаль реакциясы автомобильдің салмағына тең болады?
 A) дөңес көпір бойымен бірқалыпты қозғалысы кезінде;
 B) ойыс көпір бойымен бірқалыпты қозғалысы кезінде;
 C) таудан түсіп бара жатқан кезде; D) тауға шығып бара жатқан кезде;
 E) горизонталь жол бойымен қозғалысы кезінде.
- 7.2.18 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?
 A) 1Н; B) 2Н; C) 0,5 Н; D) 0,1 Н; E) 10Н.

- 7.2.19 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.
- 7.2.20 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.
- 7.2.21 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.
- 7.2.22 Барлық қозғалыс түрлерінің жалпы әмбебап сандық өлшеуіші болып табылатын шама:
- А) жылдамдық; В) импульс; С) энергия; D) жұмыс; E) күш.
- 7.2.23 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.
- 7.2.24 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.
- 7.2.25 Дене x өсінің бойымен $F=(5x^2+5)\text{Н}$ 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.
- 7.2.26 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.
- 7.2.27 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.

- 7.2.28 Массасы $m = 0,5$ кг денені көкжиекке $\alpha = 30^0$ 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.
- 7.2.29 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.
- 7.2.30 Массасы 0,5 кг дене тұзусызықты қозғалады. Жүрген жолдың уақытқа тәуелділігі $S = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$ теңдеуімен берілген. Мұндағы $C = 5\text{м/с}^2$, $D = 1\text{м/с}^3$. Денеге қозғалыстың алғашқы секундының соңында әсер ететін күшті табыңыз:
 А) 2000 Н; В) 4 Н; С) 4,3 Н; D) 2Н; E) 7Н.
- 7.2.31 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) $J = const$.
- 7.2.32 Айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі теңдеуі мына түрге ие:
 А) $\vec{L} = J\vec{\omega}$; В) $\vec{F} = m\vec{a}$; С) $\sum J_i\omega_i = const$; D) $\vec{M} = \frac{d(J\vec{\omega})}{dt}$;
 E) $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$.
- 7.2.33 Қозғалмайтын өстен айналып тұрған дененің инерция моменті неге тәуелді?
 А) дененің айналу жылдамдығына; В) айналдыру моментіне;
 С) денеге әсер ететін күшке; D) дене үдеуіне;
 E) дененің массасы мен оның айналу өсіне қатысты орналасуына.
- 7.2.34 Дененің өске қатысты импульс моменті мына формула бойынша анықталады:
 А) $\vec{L}_z = \vec{M} \cdot d\varphi$; В) $\vec{L}_z = \vec{M} \cdot dt$; С) $\vec{L}_z = J_z \cdot \vec{\varepsilon}$; D) $L_z = J_z \cdot \omega$; E) $L_z = J\varepsilon$.
- 7.2.35 Қайсы тұжырымдама дұрыс емес:
 А) консервативтік жүйелердегі тұйық жол бойындағы жұмыс нольге тең;
 В) қозғалмайтын өстің айналасында тұрақты бұрыштық жылдамдықпен қозғалатын жүйе инерциялық жүйе болып табылады;
 С) айналмалы қозғалыс кезінде денеге әсер ететін шама күш моменті болып табылады.;
 D) потенциалдық энергиямен тек консервативтік жүйелер ғана сипатталады;

Е) егер дене спираль бойымен бірқалыпты қозғалатын болса, онда осы денеге әсер ететін центрге тартқыш үдеу артады.

71.2.36 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} .

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

- A) $\vec{L} = \vec{J}\varepsilon$; B) $L = mvr \cos\alpha$; C) $L = mvr \sin\alpha$; D) $\vec{L} = [\vec{r}, m\vec{v}]$; E) $\vec{L} = [m\vec{v}, \vec{r}]$.

7.2.38 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° .

7.2.39 Қозғалмайтын центрге қатысты күш моменті мына формула бойынша анықталады:

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

7.2.40 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.

7.2.41 Сәйкестікті анықтаңыз:

Физикалық шама

Өлшем бірлігі

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. импульс | A. $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ |
| 2. импульс моменті | B. $\text{Н}\cdot\text{м}$ |
| 3. күш моменті | C. $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}$ |
| 4. инерция моменті | D. $\text{рад}/\text{с}$ |
| 5. бұрыштық жылдамдық | E. $\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ |

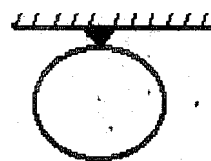
7.2.42 Массасы 5 кг және радиусы 10 см тең диск центрі арқылы өтетін өстің маңайымен айналмалы қозғалыс жасайды. Диск айналысының теңдеуі мына түрге ие: $\varphi = (4t^2 - 4t)$ рад. Уақыт $t = 2\text{с}$ болғандағы дискті айналысқа келтіретін күш моменті неге тең?

- 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.

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

- А) 100 Дж; В) 70 Дж; С) 105 Дж; D) 98 Дж; E) 140 Дж.

7.2.44 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?

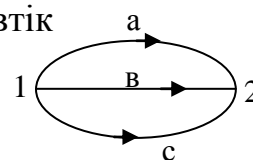


- А) $0,03 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; В) $0,028 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; С) $0,06 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; D) $0,48 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; E) $0,85 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

7.2.45 Инерция моменті $2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ тең вал тежеліп, тоқтағанша 10 айналым жасады. Валдың бұрыштық үдеуі $0,3 \text{ рад}/\text{с}^2$. Тежелу жұмысы:

- А) 0,01 Дж; В) 6 Дж; С) 37,68 Дж; D) 0,06 Дж; E) 0,38 Дж.

7.2.46 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:



- А) $A_{1a2} = A_{1c2} = A_{1b2}$; В) $A_{1a2} > A_{1c2} > A_{1b2}$; С) $A_{1c2} > A_{1a2} = A_{1b2}$; D) $A_{1c2} < A_{1a2} = A_{1b2}$; E) $A_{1c2} < A_{1b2} < A_{1a2}$.

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

- А) 200 Дж; В) 150 Дж; С) 100 Дж; D) 15 Дж; E) 20 Дж.

7.2.48 Массасы 3 кг ұзындығы 0,6 м тең стержіннің бір ұшы арқылы өтетін өске қатысты инерция моменті неге тең?

- А) $0,24 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; В) $0,36 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; С) $0,09 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; D) $0,036 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; E) $0,18 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

7.2.49 Импульс моментінің сақталу заңы мына түрге ие:

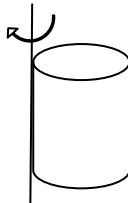
- А) $\sum m_i v_i = \text{const}$; В) $\sum L_i \omega_i = \text{const}$; С) $\sum P_i = \text{const}$; D) $\sum J_i \vec{\omega}_i = \text{const}$; E) $\sum r_i L_i = \text{const}$.

7.2.50 Айналмалы қозғалыс жасайтын дененің инерция моменті ненің өлшемі болып табылады?

- А) қозғалыстың; В) әсерлесудің; С) инерттіліктің; D) энергияның; E) күштің.

7.2.51 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) $A = \int F ds$; В) $A = \int_{t_1}^{t_2} F ds$; С) $A = \int_{t_1}^{t_2} M_t dt$; D) $A = \int_{t_1}^{t_2} M_t(t) \omega(t) dt$; E) $A = \int_{t_1}^{t_2} M_t \varepsilon dt$.

- 7.2.52 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; E) айналу бұрышы.
- 7.2.53 Массасы 1 кг материялық нүктенің қозғалыс теңдеуі мына түрде берілген: $x=(t^2+2)m$. Нүктенің $0 \div 1$ сек уақыт аралығындағы орташа импульсі:
 А) 2,5кг· м/с; В) 3кг· м/с; С) 1кг· м/с; D) 1,5кг· м/с; E) 2,33кг· м/с.
- 7.2.54 Айналмалы қозғалыс кезіндегі денеге әсер етуші шама:
 А) күш; В) күш моменті; С) импульс; D) импульс моменті; E) энергия.
- 7.2.55 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? ($g=10m/c^2$)
 А) 4 м/с²; В) 2,5 м/с²; С) 5 м/с²; D) 8,6 м/с²; E) 0,4 м/с².
- 7.2.56 Тұрақты 10 айн/с жылдамдықпен айналмалы қозғалыс жасайтын дисктің кинетикалық энергиясы 125,6 Дж тең? Осы дисктің импульс моменті:
 А) 4 кг·м²/с; В) 0,25 кг·м²/с; С) 25,12 кг·м²/с; D) 2 кг·м²/с; E) 0,5 кг·м²/с.
- 7.2.57 Радиусы 10 см және массасы 2 кг тең цилиндр, оның бүйір бетін жанап өтетін өске қатысты суретте көретілгендей айналмалы қозғалыс жасап тұр. Цилиндрдің осы өске қатысты инерция моменті неге тең?
 А) 0,06 кг·м²; В) 0,03 кг·м²; С) 0,04 кг·м²;
 D) 0,01 кг·м²; E) 400 кг·м².
- 
- 7.2.58 2.57 есебінде айтылған цилиндрдің ω бұрыштық жылдамдығы $3c^{-1}$ тең. Осы цилиндрдің импульс моменті:
 А) 0,18 кг·м²/с; В) 0,135 кг·м²/с; С) 0,09 кг·м²/с; D) 0,12 кг·м²/с; E) 1200 кг·м²/с.
- 7.2.59 Қозғалмайтын өсті айнала қозғалатын дененің кинетикалық энергиясын анықтайтын формула:
 А) $J\omega$; В) $L\omega$; С) $L\omega^2/2$; D) $J\varepsilon$; E) $J\omega^2/2$.
- 7.2.60 Сырғанамай домалап бара жатқан дененің кинетикалық энергиясын анықтайтын формула:
 А) $L\omega^2/2$; В) $J\omega^2/2$; С) $(mv^2/2) + (J\omega^2/2)$; D) $mv^2/2$; E) $M\Delta\varphi$.

7.2.61 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.

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

- A) 81,25 Па; B) 121 Па; C) 0,081 Па; D) 125 Па; E) 50 Па.

7.2.63 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 $v_2 = 40$ 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.

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

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

7.2.65 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) $mg < F_A + F_{\text{үйк}}$.

7.2.66 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 глицириннің 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.

7.2.67 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.

7.2.68 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.

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

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

7.2.70 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..

7.2.71 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.

7.2.72 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?

- A) 1 м; B) 1,17 м; C) 0,8 м; D) 1,25 м; E) 0,86 м.

7.2.73 $0,6c$ ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с) жылдамдықпен қозғалып келе жатқан электронның кинетикалық энергиясы неге тең?

- A) $0,3 m_0 c^2$; B) $0,1 m_0 c^2$; C) $0,2 m_0 c^2$; D) $0,25 m_0 c^2$; E) $0,35 m_0 c^2$.

7.2.74 Тыныштық массасы $6 \cdot 10^{-7}$ г тең бөлшек $v = 0,8 c$ жылдамдықпен қозғалып келеді. 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

7.2.75 Зертханалық санақ жүйесінде (K – жүйесі) π – мезон пайда болу мезетінен ыдырау мезетіне дейін $l = 75$ м қашықтықты жүріп өткен. π – мезонның v жылдамдығы $0,995 c$ тең. π – мезонның τ_0 меншікті өмір сүру уақыты:

- A) 7,54 с; B) 25 нс; C) 0,25 нс; D) 225 нс; E) $3,98 \cdot 10^5$ с.

7.3 Молекулалық физика және термодинамика

7.3.1 Заттың тығыздығы дегеніміз:

- A) бірлік көлемнің салмағы;
- B) бірлік көлемнің массасы;
- C) бірлік ауданға түсірілген ауырлық күші;
- D) заттың бір молының массасы;
- E) бірлік көлем ішіндегі молекулалар саны.

7.3.2 Моль дегеніміз:

- A) молекула массасы; B) молекулалар саны; C) заттың массасының бірлігі;
- D) зат мөлшерінің бірлігі; E) зат көлемінің өлшемі.

7.3.3 Газ идеал деп аталады, егер:

- A) молекулалардың өлшемі мен пішіні ескерілмесе;
- B) молекулалардың өзара әсерлесу күші үлкен болғанда;
- C) молекулалардың массасы мен пішіні ескерілмесе;
- D) молекулалардың массасы мен өзара әсерлесуі ескерілмесе;
- E) молекулаларды материялық нүктелер деп есептеп, олардың қашықтықта өзара әсерлесуі ескерілмесе.

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

- A) $12,04 \cdot 10^{23}$; B) $4,816 \cdot 10^{24}$; C) $1,204 \cdot 10^{20}$; D) $1,204 \cdot 10^{27}$; E) $4,816 \cdot 10^{21}$.

7.3.5 Массасы 4 г тең сутегідегі зат мөлшері:

- A) 2000 моль; B) 8 моль; C) 0,002 моль; D) 2 моль; E) 0,008 моль.

7.3.6 Молекула-кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі мына түрге ие:

- A) $P=nRT$; B) $P=n_0 m_0 \langle v^2 \rangle / 3$; C) $W_k = 3kT/2$; D) $PV = mRT/\mu$;
- E) $\rho = P\mu/RT$.

7.3.7 Идеал газ күйінің теңдеуі мына түрге ие:

- A) $P = \frac{1}{3} m_0 n_0 \langle v^2 \rangle$; B) $P = n_0 kT$; C) $PV = \frac{m}{M} RT$; D) $P = \frac{1}{3} n_0 \langle w \rangle$; E) $PV = \text{const}$.

7.3.8 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) $22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

7.3.9 Газдың қысымы 1 мПа, оның молекулаларының 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) $6,82 \text{ кК}$.

- 7.3.10 87°C температураға қандай термодинамикалық температура сәйкес келеді?
 A) 300 К; B) 360 К; C) 186 К; D) 263 К; E) 164 К.
- 7.3.11 Массасы 5кг, $\mu = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль және 500К температурадағы газдың қысымы 150 кПа тең. Газ орналасқан ыдыстың көлемі қандай?
 A) 48,5 м³; B) 48,5 см³; C) 34,6 л; D) 48,5 л; E) 3,46 м³.
- 7.3.12 Қысымның өлшем бірлігі Паскаль- бұл:
 A) Н·м; B) Н/м²; C) Дж/с; D) Дж/м²; E) атм.
- 7.3.13 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) $PV^{\gamma} = \text{const}$.
- 7.3.14 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) $V/T = \text{const}$.
- 7.3.15 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.
- 7.3.16 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) $7,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
- 7.3.17 Температурасы 27°C және $2,76 \cdot 10^5$ Па қысымдағы идеал газ молекулаларының концентрациясы: ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К)
 A) $2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$; B) $6,6 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$; C) $6,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; D) $2,5 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$; E) $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.
- 7.3.18 Тұрақты температура кезінде идеал газдың көлемі 2 есеге артқан. Оның қысымы:
 A) өзгермейді; B) 2 есеге кемиді; C) 2 есеге артады;
 D) 4 есеге кемиді; E) 4 есеге артады.
- 7.3.19 Температурасы 27°C және 100 кПа қысымдағы сутегінің тығыздығы:
 A) 1,02 кг/м³; B) 6,62 кг/м³; C) 0,08 кг/м³; D) 0,003 кг/м³; E) 0,018 кг/м³.

7.3.20 Газ қысымын 3 есеге және температурасын 2 есеге кемітсек оның көлемі қалай өзгереді?

- A) 1,5 есеге артады; B) 1,5 есеге кемиді; C) 6 есеге артады;
D) 6 есеге кемиді; E) өзгермейді.

7.3.21 N_2 азот молекулаларының 27^0C температурадағы орташа арифметикалық жылдамдығы:

- A) 476 м/с; B) 346 м/с; C) 402 м/с; D) 612 м/с; E) 756 м/с.

7.3.22 Сәйкестікті анықтаңыз:

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

7.3.23 Бөлшектердің сыртқы күштер өрісіндегі таралуы немен сипатталады?

- A) Максвелл таралуымен;
B) молекула-кинетикалық теориясының негізгі теңдеуімен;
C) Больцман таралуымен;
D) газ күйінің теңдеуімен;
E) барометрлік формуламен.

7.3.24 $100K$ температурадағы H_2O су буының молекуласының бір еркіндік дәрежесіне сәйкес келетін энергиясы:

- A) 1,246кДж; B) 2,0775кДж; C) 415,5Дж; D) $3,45 \cdot 10^{-21}$ Дж; E) $6,9 \cdot 10^{-22}$ Дж.

7.3.25 $100K$ температурадағы He гелий молекуласының бір еркіндік дәрежесіне сәйкес келетін энергиясы:

- A) 1,246кДж; B) 2,0775кДж; C) 415,5Дж; D) $3,45 \cdot 10^{-21}$ Дж; E) $6,9 \cdot 10^{-22}$ Дж.

7.3.26 Бір атомды газ молекуласының еркіндік дәрежесінің саны

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

7.3.27 Көмірқышқыл газы (CO_2) молекуласының еркіндік дәрежесінің саны:

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

7.3.28 27^0C 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.

7.3.29 $200 K$ температурадағы 2 г O_2 оттегінің ішкі энергиясы:

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

7.3.30 Температурасы 200К азот (N_2) молекулаларының айналмалы қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы: ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К)
 А) $4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж; В) $2,76 \cdot 10^{-21}$ Дж; С) $4,14 \cdot 10^{-23}$ Дж; D) $82,8 \cdot 10^{-21}$ Дж;
 E) $1,38 \cdot 10^{-21}$ Дж.

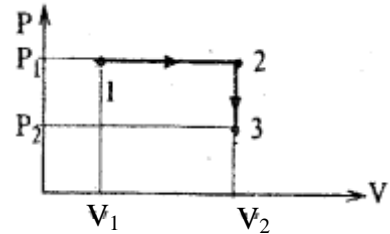
7.3.31 Идеал газдың ішкі энергиясы қайсы процесс кезінде өзгермейді?
 А) изохоралық; В) изотермиялық; С) адиабаталық; D) изобаралық;
 E) политроптық.

7.3.32 Ұлғаю кезінде газ атқаратын жұмыстың жалпы формуласы:

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

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

А) $A = (P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$; В) $A = P_1(V_2 - V_1)$;
 С) $A = (P_2 + P_1)(V_2 - V_1)$; D) $A = (P_2 - P_1)V_2$;
 E) $A = (P_2 - P_1)V_1$.



7.3.34 Тұрақты қысым p_0 кезінде газдың V_0 көлемі 50% артады. Газдың ұлғаюы кезінде істелетін жұмыс мынаған тең:
 А) $A = 0,5p_0V_0$; В) $A = p_0V_0$; С) $A = 1,5p_0V_0$; D) $A = 5p_0V_0$; E) $A = 2p_0V_0$.

7.3.35 Массасы 20 г сутегі тұрақты қысымда 100К температураға қыздырылған. Осы кезде атқарылған жұмыс:
 А) 1,24 кДж; В) 0,64 кДж; С) 3,67 кДж; D) 8,31 кДж; E) 9,18 кДж;

7.3.36 Массалары бірдей аргон мен неонды изобаралық түрде 5 К-ге қыздырған. Газдардың қайсысы көбірек жұмыс істейді? ($\mu_{Ar}=40$ г/моль; $\mu_{Ne}=20$ г/моль).
 А) жұмыс бірдей. В) анықтау мүмкін емес. С) Неон.
 D) Аргон. E) жұмыс істелінбейді.

7.3.37 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;
 E) газдың бір одной молекулы.

7.3.38 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) $R = (C_p - C_v)/C_p$; E) $R = (C_p + C_v)/C_p$.

- 7.3.39 Массасы 0,2 кг сутегіні тұрақты қысымда 0 ден 100°C температураға дейін қыздырған кезде ол қанша жылуды жұтады? ($R = 8,31\text{Дж/моль}\cdot\text{K}$).
- A) 0,36 Дж; B) 4,13кДж; C) 291кДж; D) 7,62 Дж; E) 13,21 Дж.
- 7.3.40 Тұрақты қысымдағы H_2 сутегінің меншікті жылу сыйымдылығы:
- A) 12,1 кДж/(кг·K); B) 14,6 кДж/(кг·K); C) 8,12 кДж/(кг·K);
D) 15,3кДж/(кг·K); E) 13,4 кДж/(кг·K).
- 7.3.41 Массасы 64г оттегіні O_2 тұрақты көлемде 50°C температураға қыздырған. Осы кезде шығындалған жылу мөлшері неге тең?
- A) 415,5 Дж; B) 2,08 кДж; C) 1,25 кДж; D) 623 Дж; E) 2,91 кДж.
- 7.3.42 Жылу сыйымдылықтың өлшем бірлігі:
- A) Дж; B) Дж/(кг·K); C) Дж/кг; D) Дж/K; E) Дж/(моль·K).
- 7.3.43 Меншікті жылу сыйымдылықтың өлшем бірлігі:
- A) Дж; B) Дж/(кг·K); C) Дж/кг; D) Дж/K; E) Дж/(моль·K).
- 7.3.44 Термодинамиканың бірінші бастамасының математикалық өрнегі:
- A) $\delta Q = dU - \delta A$; B) $\delta U = dQ + dA$; C) $\delta U = dQ - dA$; D) $dA = dQ - dU$;
E) $\delta Q = dU + \delta A$.
- 7.3.45 Процесс адиабаталық деп аталады, егер ол процесс:
- A) тұрақты қысымда жүретін болса;
B) тұрақты температурада жүретін болса;
C) тұрақты көлемде жүретін болса;
D) жұмыс істелінбей жүретін болса;
E) қоршаған ортамен жылу алмасуынсыз жүретін болса.
- 7.3.46 Адиабаталық процесс мына теңдеумен өрнектеледі:
- A) $V/T = \text{const}$; B) $P/T = \text{const}$; C) $PV = \text{const}$; D) $PV^{\gamma} = \text{const}$; E) $P = P_0 \alpha T$.
- 7.3.47 Пуассон теңдеуіндегі адиабата көрсеткіші молекулалардың еркіндік дәрежесінің саны арқылы мына теңдеумен анықталады:
- A) $\gamma = i + 2$; B) $\gamma = i / (i + 2)$; C) $\gamma = i$; D) $\gamma = i / 2$; E) $\gamma = (i + 2) / i$.
- 7.3.48 Массасы 0,2 кг сутегіні тұрақты қысымда 0 ден 100°C температураға дейін қыздырған. Оның ішкі энергиясының өзгерісі: ($R = 8,31\text{Дж/моль}\cdot\text{K}$).
- A) 208 кДж; B) 84 кДж; C) 316 кДж; D) 112 кДж; E) 285 кДж.
- 7.3.49 Изохоралық процесс кезінде азотқа 70 Дж жылу берілген. Жылудың қанша мөлшері азоттың ішкі энергиясының артуына жұмсалған?
- A) 50 Дж. B) 70 Дж. C) 20 Дж. D) 7 Дж. E) 30 Дж.

- 7.3.50 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.
- 71.3.51 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.
- 7.3.52 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.
- 7.3.53 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) $\delta Q = -\delta A$.
- 7.3.54 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) $\delta Q = -\delta A$.
- 7.3.55 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) $\delta Q = -\delta A$.
- 7.3.56 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) $\delta Q = -\delta A$.
- 7.3.57 Адиабаталық процестің қажетті және жеткілікті шарты болып табылатын өрнегі:
 А) $Q = 0$; В) $T = \text{const}$; С) $\delta Q = 0$; D) $\delta A = dU$; E) $dU = 0$.
- 7.3.58 Дұрыс тұжырымдама бойынша термодинамиканың бірінші бастамасы:
 А) ПӘК = 100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 В) ПӘК >100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 С) 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.

- 7.3.59 Газ адиабаталық ұлғаю кезінде 5 кДж тең жұмыс істеген. Осы кездегі газдың ішкі энергиясының өзгерісі:
 А) 5 кДж; В) 0 кДж; С) – 5 кДж; D) 10 кДж; E) – 10 кДж.
- 7.3.60 Газдың үстінен 200 Дж жұмыс істелінген. Оның ішкі энергиясы 300 Дж артқан. Газға берілген жылу мөлшері:
 А) – 500 Дж; В) – 100 Дж; С) 500 Дж; D) 100 Дж; E) 400 Дж.
- 7.3.61 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:
 А) 4 кДж; В) – 4 кДж; С) 2 кДж; D) 2,1 кДж; E) 0 кДж.
- 7.3.62 Изобаралық сығылу кезінде газдың үстінен 500 Дж жұмыс істелген. Осы кезде газға 200 Дж жылу берілген. Газдың ішкі энергиясының өзгерісі:
 А) 700 Дж; В) – 700 Дж; С) 300 Дж; D) – 300 Дж; E) 0 Дж.
- 7.3.63 Дұрыс тұжырымдама бойынша термодинамиканың екінші бастамасы:
 А) ПӘК = 100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 В) ПӘК >100% двигатель болатыны мүмкін еместігі туралы айтады;
 С) 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.
- 7.3.64 Термодинамиканың екінші бастамасының математикалық өрнегі:
 А) $Q = \Delta U + A$; В) $\delta Q = dU + \delta A$; С) $ds \geq 0$; D) $ds \leq 0$; E) $\frac{T_1 - T_2}{T_1} \leq \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$.
- 7.3.65 Идеал жылу машинасы қыздырғышының температурасы 127° С, суытқышының температурасы 27°С тең. Осы машинаның максимал ПӘК-і:
 А) 78,7%; В) 100%; С) 33,3%; D) 25%; E) 38,5%.
- 7.3.66 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%.
- 7.3.67 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.

- 7.3.68 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
- 7.3.69 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.
- 7.3.70 Жылу машинасы қыздырғышының температурасы суытқыштың температурасынан 3 есе артық. Осындай машинаның ПӘК-і:
 А) 33% ; В) 47% ; С) 52%; D) 67%; E) 83%.
- 7.3.71 Двигательдің ПӘК-ін табу үшін қайсы формуланы қолдану қажет? (Q_1 – қыздырғыштың 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) $\eta Q_1 = Q_1 - \eta Q_2$.
- 7.3.72 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.
- 7.3.73 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.
- 7.3.74 Балку температурасындағы 1кг қорғасынның балку кезіндегі энтропияның өзгерісі: (қорғасынның меншікті балку жылуы= $2,26 \cdot 10^4$ Дж/кг, қорғасынның балку 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.
- 7.3.75 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.
- 7.3.76 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.

7.3.77 Құрылыстағы кірпіш қабырғаның сыртқы бетінің температурасы -10°C , ал ішкі температурасы 20°C тең. Қабырғаның қалыңдығы $0,5\text{ м}$, ал кірпіштің жылу өткізгіштік коэффициенті $0,7\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. 1 м^2 қабырғадан секунд сайын өтетін жылу мөлшері:

- A) $424,2\text{ Дж}$; B) 14 Дж ; C) $4,2\text{ кДж}$; D) 42 Дж ; E) $2,52\text{ кДж}$.

7.3.78 Газдардағы диффузия құбылысы ненің біртектілігі кезінде байқалады?

- A) температураның; B) бағытталған қозғалыс жылдамдығының;
C) газ тығыздығының; D) температура мен тығыздықтың;
E) молекуланың кинетикалық энергиясының.

7.3.79 H_2 сутегінің ішкі үйкеліс коэффициенті $8,6 \cdot 10^{-6}\text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ тең. Сутегінің осы жағдайдағы жылу өткізгіштік коэффициенті:

- A) $0,09\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; B) $0,179\text{ мВт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; C) $0,107\text{ мВт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
D) $0,05\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; E) $0,125\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

7.3.80 Ішкі үйкеліс құбылысы кезінде не тасмалданады?

- A) масса мен импульс; B) энергия мен масса; C) импульс;
D) масса; E) энергия.

7.3.81 Диффузия құбылысы кезінде не тасмалданады?

- A) масса мен импульс; B) энергия мен масса; C) импульс;
D) масса; E) энергия.

7.3.82 Жылу өткізгіштік құбылысы кезінде не тасмалданады?

- A) масса мен импульс; B) энергия мен масса; C) импульс;
D) масса; E) энергия.

7.3.83 Жылу өткізгіштік теңдеуі мына түрге ие:

- A) $Q = cm \Delta T$; B) $Q = \Delta U + A$; C) $j_E = -\alpha \frac{dT}{dx}$; D) $j_p = -\eta \frac{dv}{dx}$; E) $j_m = -D \frac{d\rho}{dx}$.

7.3.84 Диффузия теңдеуі мына түрге ие:

- A) $Q = cm \Delta T$; B) $Q = \Delta U + A$; C) $j_E = -\alpha \frac{dT}{dx}$; D) $j_p = -\eta \frac{dv}{dx}$; E) $j_m = -D \frac{d\rho}{dx}$.

7.3.85 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) $j_m = -D \frac{d\rho}{dx}$.

7.3.86 $0,2\text{ л}$ көлемді алып тұрған 1 моль азотты, кризистік температурдағы нақты газ ретінде қарастырып, оның ішкі энергиясын анықтаңыз

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

- A) $2,16\text{ кДж}$; B) $3,92\text{ кДж}$; C) $1,94\text{ кДж}$; D) $6,92\text{ кДж}$; E) $1,12\text{ кДж}$

- 7.3.87 Массасы 100 г оттегі 5л-ден 10л көлемге дейін ұлғайған. Осы ұлғаю кезіндегі молекула аралық күштердің жұмысын анықтаңыз.
($a=0,135 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$).
A) 122 Дж; B) 133 Дж; C) 168 Дж; D) 149 Дж; E) 251 Дж.
- 7.3.88 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) $34,2 \text{ см}^3$; B) $79,3 \text{ см}^3$; C) $46,8 \text{ см}^3$; D) $54,9 \text{ см}^3$; E) $72,8 \text{ см}^3$
- 7.3.89 Көлемі $V=5\text{л}$ ыдыстың ішінде 10 моль оттегі орналасқан. Оттегіні нақты газ ретінде қарастырып, газдың p' ішкі қысымын анықтаңыз.
($a=0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$).
A) 234 кПа; B) 348 кПа; C) 622 кПа; D) 544 кПа; E) 54,4 кПа.
- 7.3.90 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) $U_{ид} > U_n$.

7.4 Электростатика

- 7.4.1 Екі нүктелік зарядтың біреуінің зарядын 4 есеге көбейткеннен кейін олардың өзара әсерлесу күші бұрынғыдай болып қала беру үшін, олардың арақашықтығын неше есеге өзгерту керек?
A) 4 есе арттыру керек; B) 4 есе кеміту керек; C) 2 есе арттыру керек;
D) 2 есе кеміту керек; E) $\sqrt{2}$ есе арттыру керек;
- 7.4.2 Радиусы 10 см металл шарға $12,56\cdot 10^{-8}$ Кл заряд берілген. Шар бетіндегі зарядтың беттік тығыздығын анықтаңыз.
A) $0,5 \text{ мкКл/м}^2$; B) $0,2 \text{ мкКл/м}^2$; C) 2 мкКл/м^2 ; D) 10 мкКл/м^2 ; E) 1 мкКл/м^2 .
- 7.4.3 ${}_7\text{N}^{13}$ атомының ядросы мен радиусы R орбитадағы электронның Кулондық әсерлесу күші:
A) $k \frac{6e^2}{R^2}$; B) $k \frac{6e^2}{R}$; C) $k \frac{7e^2}{R^2}$; D) $k \frac{13e^2}{R^2}$; E) $k \frac{7e^2}{R}$.
- 7.4.4 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?
A) 16 В/м ; B) 32 В/м ; C) 4 В/м ; D) 64 В/м ; E) 8 В/м .

7.4.5 Бірқалыпты зарядталған шексіз жазықтық тудырған электростатикалық өрістің кернеулігін анықтайтын формула:

A) $\frac{\sigma \varepsilon}{2 \varepsilon_0}$; B) $E = \frac{2\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}$; C) $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon \varepsilon_0}$; D) $E = \frac{\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}$; E) $E = \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}$.

7.4.6 Екі нүктелік зарядтардың $q_1 = +12$ нКл және $q_2 = -4$ нКл ара қашықтығы 40 см тең. Екі зарядтың ортасында жатқан нүктедегі өріс кернеулігін анықтаңыз.

A) 2050 В/м; B) 1600 В/м; C) 4200 В/м; D) 3150 В/м; E) 3600 В/м.

7.4.7 $\varepsilon = 2$ тең диэлектриктегі электр өрісінің кернеулігі 30 МВ/м тең. Бұл өрістің индукциясы:

A) $0,53 \text{ мКл/м}^2$; B) $0,36 \text{ мКл/м}^2$; C) 4 мКл/м^2 ; D) $5,9 \cdot 10^{-16} \text{ мКл/м}^2$; E) $0,6 \text{ мКл/м}^2$

7.4.8 Массасы $2m$ және заряды $-4e$ тең бөлшек біркелкі электр өрісінде \vec{a} үдеумен қозғалып барады. Электр өрісінің кернеулігі:

A) $-\frac{8ma}{e}$; B) $-\frac{ma}{2e}$; C) $-8mea$; D) $-\frac{2e}{ma}$; E) $\frac{ma}{e}$.

7.4.9 Ауданы $1,77 \text{ м}^2$ болатын тұйық бетте 2 Кл, -5 Кл, 18,8 Кл және 1,9 Кл электр зарядтары орналасқан. Бұл беттен өтетін электр өрісі кернеулігі векторының ағыны:

A) 17,7 Вм; B) 27,7 Вм; C) $2 \cdot 10^{12}$ Вм; D) $1,57 \cdot 10^{-10}$ Вм; E) $2 \cdot 10^{-12}$ Вм.

7.4.10 5 Кл, -2 Кл, -3 Кл және 8 Кл 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.

7.4.11 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.

7.4.12 Электростатикалық өрісі кернеулігінің өлшем бірлігі:

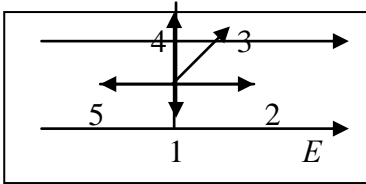
A) Н · Кл; B) В · м; C) Кл / м; D) В / м^2 ; E) Н / Кл.

7.4.13 Біртекті диэлектрик ішіндегі өріс кернеулігінің модулі вакуумдегі өрісі кернеулігінің модулінен неше есе кіші екенін көрсететін физикалық шама:

A) диэлектрлік өтімділік; B) электрсығымдылық;
C) магниттік өтімділік; D) электрлік тұрақты;
E) потенциал;

7.4.14 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;



7.4.15 Біртекті электр өрісіндегі теріс зарядталған бөлшекке әсер ететін күш қалай бағытталған?

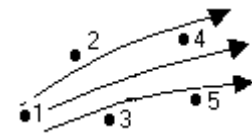
- A) 5; B) 4; C) 3; D) 2; E) 1.

7.4.16 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.

7.4.17 Суретте электростатикалық өрістің күш сызықтары көрсетілген. Қайсы нүктеде өріс кернеулігі ең үлкен мәнге ие?

- A) 5; B) 4; C) 3; D) 2; E) 1



7.4.18 Нүктелік заряд өрісінің потенциалы қай формуламен анықталады?

- A) $\varphi = k \frac{q^2}{r^2}$; B) $\varphi = k \frac{q}{r^2}$; C) $\varphi = k \frac{q}{r}$; D) $\varphi = k \frac{q^2}{r}$; E) $\varphi = \frac{q}{r}$.

7.4.19 Вакуумдегі электростатикалық өріске арналған Остроградский-Гаусс теоремасы мына формуламен өрнектеледі:

- A) $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S E_n dS = \sum_{i=1}^n q_i$; B) $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$;
C) $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = \oint_L E_e dl = 0$; D) $\oint_L dA = 0$; E) $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \oint_S D_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$.

7.4.20 $q/(4\pi\epsilon_0\epsilon r)$ өрнегімен анықталатын физикалық шама. (ϵ_0 -электр тұрақтысы, q – нүктелік заряд, r – ара қашықтық)

- A) нүктелік зарядтың электр өрісі кернеулігінің модулі;
B) зарядтардың өзара әсерлесу күші;
C) зарядталған шар бетіндегі электр өрісінің кернеулігі;
D) нүктелік зарядтың электростатикалық өрісінің потенциалы;
E) шексіз зарядталған жазықтық өрісінің кернеулігі.

7.4.29 Эквопотенциал 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;

7.4.30 Потенциалы 10 В болатын эквопотенциал бетте орналасқан 20мкКл 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.

7.4.31 Кернеулігі $E=12$ кВ/м біртекті электр өрісінде, оның күш сызықтарына перпендикуляр, диэлектрлік өтімділігі ($\epsilon=3$) тең жазық параллель пластинка орналасқан. Диэлектриктің поляризациялануының P сандық мәні неге тең?

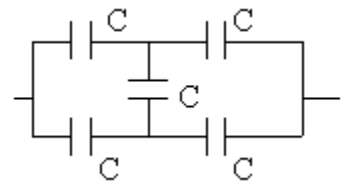
- A) 1000 Кл/м²; B) $2,12 \cdot 10^{-7}$ Кл/м²; C) $1,0$ Кл/м²; D) 0; E) 36 Кл/м².

7.4.32 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.

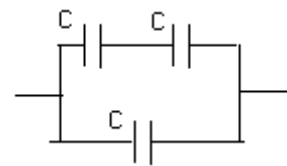
7.4.33 Конденсаторлардың әрқайсысының сыйымдылығы $C=2$ мкФ болса, онда батареяның сыйымдылығын анықтаңыз.

- A) 10мкФ; B) 2мкФ; C) 8мкФ; D) 1мкФ; E) 4мкФ



7.4.34 Әрбір конденсатордың сыйымдылығы 3 мкФ болса, батареяның сыйымдылығын анықтаңыз.

- A) 9 мкФ; B) 12 мкФ; C) 4,5 мкФ; D) 3 мкФ; E) 6 мкФ.



7.4.35 Егер зарядталып, содан кейін кернеу көзінен ажыратылған жазық конденсатор астарларының ара қашықтығын 2 есеге арттырса, оның энергиясы қалай өзгереді?

- A) 4 есе артады; B) 2 есе артады; C) 2 есе кемиді;
- D) 4 есе кемиді; E) өзгермейді;

7.4.36 Егер тұрақты кернеу көзіне қосылып тұрған жазық конденсатор пластиналарының ара қашықтығын 2 есеге арттырса, оның энергиясы қалай өзгереді?

- A) өзгермейді; B) 4 есе артады; C) 2 есе кемиді;
- D) 4 есе кемиді; E) 2 есе артады;

7.4.37 Электр өрісі энергиясының тығыздығын анықтайтын формула:

A) $w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon U^2}{2}$; B) $w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon q^2}{2}$; C) $w = \frac{E^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon}$; D) $w = \frac{C U^2}{2}$; E) $w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$.

7.4.38 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.

A) 5 мм; B) 2000 мм; C) 0,02 м; D) 50 м; E) 2,5 мм.

7.4.39 Оқшауланған өткізгіштің электрлік сыйымдылығының формуласы:

A) $C = \frac{\varphi}{q}$; B) $C = \frac{\varphi^2}{2q}$; C) $C = \frac{q^2}{2\varphi}$; D) $C = \frac{q}{\varphi}$; E) $C = q\varphi$.

7.4.40 Өткізгіштің сыйымдылығы неге тәуелді емес?

- A) өлшемдеріне; B) зарядқа; C) пішінге;
D) өткізгішті қоршаған денелердің орналасуына;
E) өткізгішті қоршаған ортаға;

7.5 Тұрақты ток

7.5.1 Кедергісі 60 Ом тең резистор бойымен 0,15 А ток өтеді. Резистордағы кернеудің түсуі:

A) 400 В; B) 2,5 мВ; C) 9 В; D) 30 В; E) 27 В.

7.5.2 ЭҚК 15 В батареяның 6 Ом сыртқы кедергіге тұйықталуы кезіндегі тізбектің ток күші 2 А тең. Батареяның қысқаша тұйықталуы кезіндегі ток күші:

A) 1,1 А; B) 10 А; C) 5,5 А; D) 2,5 А; E) 2,75 А.

7.5.3 Параллель жалғанған өткізгіштердің әрбір өткізгіштерінде ненің мәні бірдей?

A) кернеудің; B) ток күшінің; C) $I U$; D) I/U ; E) қуаттың.

7.5.4 12 В ток көзіне қосылған қуаты 60 Вт болатын шамның ток күші:

A) 20 А; B) 5 А; C) 720 А; D) 0,2 А; E) 7,2 А.

7.5.5 Ток көзінің ЭҚК 12В, ішкі кедергісі 10 Ом. Ток күші 2А-ге тең болу үшін тізбектің сыртқы бөлігінің кедергісі нешеге тең болуы қажет?

A) 0,5 Ом; B) 6,5 Ом; C) 5,5 Ом; D) 5 Ом; E) 7 Ом.

7.5.6 Өткізгіштегі ток күші 4с уақыт ішінде бірқалыпты 0-ден 8 А-ге дейін өседі. Өткізгіштен өтетін заряд:

- A) 8 Кл; B) 2Кл; C) 32Кл; D) 16 Кл; E) 1 Кл.

7.5.7. Ток күші 48 мА болғанда өткізгіштің көлденең қимасы арқылы 2нс ішінде өтетін электрондар ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) саны:

- A) $6 \cdot 10^8$; B) $3 \cdot 10^5$; C) $6 \cdot 10^{11}$; D) $7,68 \cdot 10^{18}$; E) $3 \cdot 10^8$.

7.5.8 ЭҚК $\mathcal{E}=2$ В және ішкі кедергісі $r=1$ Ом тең ток көзінің қысқаша тұйықталуы кезіндегі тогы:

- A) 1 А; B) 4 А; C) 0,4 А; D) 0,25 А; E) 2 А.

7.5.9 Кедергісі 36 Ом және ЭҚК 40В, ішкі кедергісі 4 Ом тең резисторы бар тұйық тізбек бойымен ток өтеді. Резистордағы кернеудің түсуі:

- A) 36 В; B) 45 В; C) 44 В; D) 4 В; E) 35,6 В.

7.5.10 Ток көзінің ЭҚК 16 В, ішкі кедергісі 1Ом, ал тізбектің толық қуаты 16 Вт тең. Осындай жағдайда сыртқы тізбектің кедергісі қандай?

- A) 17 Ом; B) 25 Ом; C) 15 Ом; D) 13 Ом; E) 64 Ом.

7.5.11 Көлденең қимасының ауданы 5 мм^2 өткізгіштегі электрондар өткізгіштігінің концентрациясы $n=5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. Ток күші 8 А болған кездегі электрондардың реттелген қозғалысының жылдамдығы неге тең?

- A) $4 \cdot 10^4$ м/с; B) $2,5 \cdot 10^{-4}$ м/с; C) $2 \cdot 10^{-4}$ м/с; D) $4 \cdot 10^{-4}$ м/с; E) $2 \cdot 10^4$ м/с.

7.5.12 Джоуль-Ленц заңының дифференциалдық түрі:

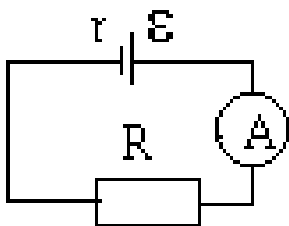
- A) $w = \gamma E^2$; B) $w = jE^2$; C) $w = \rho j$; D) $\rho = \frac{1}{\gamma}$; E) $j = \gamma E$.

7.5.13 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.

7.5.14 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.

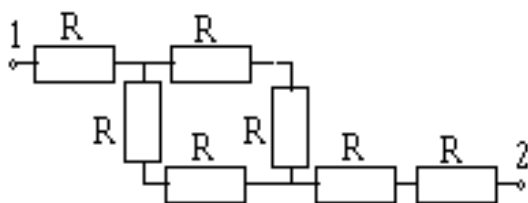


7.5.15 Суретте көрсетілген электр тізбегіне қосылған ток көзінің толық қуатын қай формуламен есептейміз?

- A) $I^2 \cdot r$; B) $I^2 \cdot R$; C) U^2 / R ; D) $I \cdot U$; E) $I \cdot \mathcal{E}$.

7.5.16 Сыртқы кедергісі – 8 Ом, ішкі кедергісі 2 Ом тең тұйық электр тізбегінің ПӘК-і:

- A) 40%; B) 80%; C) 60%; D) 20%; E) 75% .



7.5.17 Суретте көрсетілген тізбек бөлігінің жалпы кедергісі:

- A) $3R$; B) $3,25R$; C) $7R$;
D) $4R$; E) $5,5R$.

7.5.18 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) $R_1 + R_2$.

7.5.19 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 .

7.5.20 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.

7.5.21 Өткізгіштерді тізбектей жалғағанда ненің мәні бірдей болады?

- A) қуат B) ток күші; C) кернеу;
D) I/U қатынасы; E) кедергі.

7.5.22 Генератор қысқаштарындағы кернеу 220 В. Тізбек бөлігінің сыртқы кедергісі генератордың ішкі кедергісінен 5 есеге көп. Генератордың ЭҚК-і:

- A) 176 В; B) 220 В; C) 1100 В; D) 44 В; E) 264В.

7.5.23 Өткізгіш бойымен оның ұштарындағы кернеу 16 В болғанда 800 мА ток өтеді. Бұл өткізгіштің өткізгіштігі:

- A) 20 См; B) 9,6 См; C) 50 См; D) 12800 См; E) 0,05 См.

7.5.24 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?

- A) 44 Дж; B) 17,2 кДж; C) 440 Дж; D) 4,4 Дж; E) 27,5 Дж.

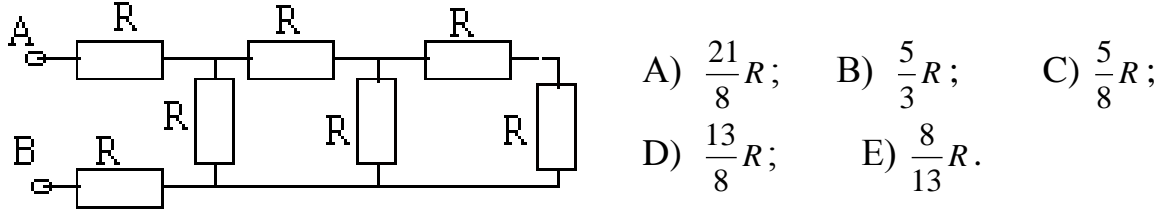
7.5.25 Электр кедергісінің формуласы мына түрге ие:

- A) $R = \rho l/S$; B) $R = \rho S/l$; C) $R = \rho S/l^2$; D) $R = \rho/(l^2 S)$; E) $R = \rho l S$.

7.5.26 Өткізгіш кедергісінің температураға тәуелділігі:

- A) $R=R_0\alpha t$; B) $R=R_0(1+\alpha t)$; C) $R=R_0+\alpha t$;
 D) $R=R_0(1+\alpha t^2)$; E) R температураға тәуелсіз.

1.5.27 Суретте көрсетілген тізбек бөлігінің жалпы кедергісі:



- A) $\frac{21}{8}R$; B) $\frac{5}{3}R$; C) $\frac{5}{8}R$;
 D) $\frac{13}{8}R$; E) $\frac{8}{13}R$.

7.5.28 Тізбек бөлігіндегі кернеу 2 есеге артқанда токтың қуаты да 2 есеге артады. Осы кездегі ток күші:

- A) өзгермейді; B) 2 есе артады; C) 4 есе артады;
 D) 2 есе кемиді; E) 4 есе кемиді.

7.5.29 Электр тогы қуатының өлшем бірлігі:

- A) Вт/А; B) В·А·с; C) В·А; D) В/А·с; E) В/А.

7.5.30 Кирхгофтың 1 ережесіне сәйкес келетін тұжырымдама:

- A) зарядтың тұйық тізбек бойымен орын ауыстыруы кезіндегі кулондық күштердің жұмысы нольге тең;
 B) тұйық контурдағы кернеулердің алгебралық қосындысы осы контурдағы ЭҚК қосындысына тең;
 C) тұйық контурдағы кернеулердің алгебралық қосындысы нольге тең;
 D) тармақталған электр тізбегінің кез-келген түйініндегі ток күшінің алгебралық қосындысы нольге тең;
 E) тізбек бөлігінің ток күші осы бөліктегі кернеуге тура пропорционал және оның кедергісіне кері пропорционал.

7.5.31 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.

7.5.32 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.

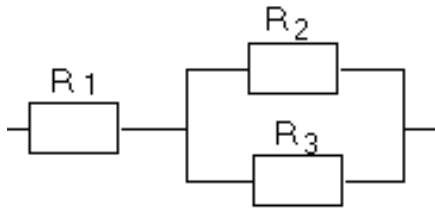
7.5.33 Электрондар шоғыры $3 \cdot 10^6$ м/с жылдамдықпен қозғалып, $1,6 \cdot 10^{-6}$ А ток түзейді. Бұл шоғырдың 20 см ұзындығында неше электрондар бар?

- A) $3 \cdot 10^6$; B) $6,7 \cdot 10^5$; C) $4,8 \cdot 10^{10}$; D) $1,6 \cdot 10^{13}$; E) $3 \cdot 10^{18}$.

7.5.34 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) $w = \gamma E^2$.

7.5.35 Суретте электр тізбегінің бөлігі көрсетілген, мұндағы $R_1 = R_2 = R_3 = 10$ Ом. Тізбек бөлігінің жалпы кедергісі:



- A) 15 Ом; B) 9 Ом; C) 10 Ом;
D) 30 Ом; E) 20 Ом.

7.5.36 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) $j = \frac{I}{p} E$.

7.5.37 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.

7.5.38 «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.

7.5.39 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) 20 В.

7.5.40 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) $Q = \int JR dt$.

7.6 Магнетизм

7.6.1 Магнит өрісі қандай өріс болып табылады?

- A) потенциалды; B) құйынды; C) консервативті; D) диссипативті;
E) центрлік.

7.6.2 Магнит өрісін тудырады:

- A) қозғалыстағы зарядтар;
B) тыныштықтағы зарядтар;
C) қозғалыстағы және тыныштықтағы зарядтар;
D) қозғалыстағы өткізгіштер;
E) қозғалыстағы және тыныштықтағы өткізгіштер.

7.6.3 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.

7.6.4 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.

7.6.5 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.

7.6.6 Магнит өрісінің индукциясы векторының өлшем бірлігі:

- A) В; B) Гн/м; C) Тл; D) Гн; E) Вб.

7.6.7 Магнит өрісінің кернеулігінің өлшем бірлігі:

- A) Вб; B) Тл; C) В/м; D) А/м; E) А·м².

7.6.8 Екі параллель түзусызықты және сызба жазықтығына перпендикуляр орналасқан өткізгіштер бойымен шамалары бірдей және карама-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) $B=\sqrt{B_1^2-B_2^2}$.

7.6.9 Бойынан $2I$ ток күші өтетін, түзу сызықты өткізгіштен қандай ара қашықтықта магнит өрісінің индукциясы B мынаған тең болады:

- A) $I/2\pi B$; B) $\mu_0\mu I/\pi B$; C) $I/\pi B$; D) $\mu_0\mu I/B$; E) $\mu_0\mu I/2B$.

7.6.10 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.

7.6.11 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.

7.6.12 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.

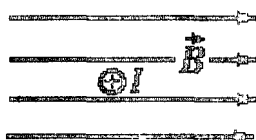
7.6.13 Магнит индукциясы векторының қате тұжырымдамасы:

- 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.

7.6.14 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.

7.6.15 Тогы бар өткізгішке әсер ететін Ампер күшінің бағытын көрсетіңіз (тоқ сызба жазықтығында бізден ары қарай бағытталған):



- A) оңға; B) солға; C) жоғары;
 D) төмен; E) сызба жазықтығынан ары қарай.

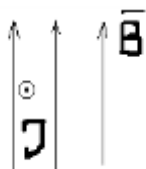
7.6.16 Ампер заңы анықтайды:

- 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.

7.6.17 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.

7.6.18 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 :

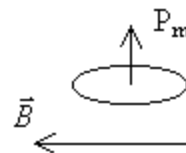
- A) оңға; B) солға; C) жоғары; D) төмен;
- E) токқа қарама-қарсы.

7.6.19 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.

7.6.20 Суретте магнит моменті \vec{p}_m тең тогы бар рамканың индукциясы \vec{B} тең сыртқы өріске қатысты қалай орналасқаны көрсетілген. Рамкаға әсер ететін М күш моменті:

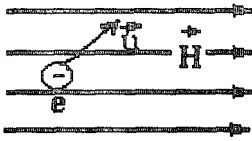
- A) $M = p_m B$, бізге қарай бағытталған ;
- B) $M = p_m B$, сызба жазықтығынан ары қарай бағытталған;
- C) $M = 0$;
- D) $M = p_m / B$; бізге қарай бағытталған ;
- E) $M = p_m / B$; сызба жазықтығынан ары қарай бағытталған.



7.6.21 Лоренц күші анықтайды:

- A) магнит өрісінде қозғалып бара жатқан зарядқа әсер ететін күшті;
- B) магнит өрісіндегі тогы бар контурға әсер ететін күшті;
- C) қозғалыстағы заряд тудыратын магнит өрісінің индукциясын;
- D) магнит өрісіндегі тогы бар өткізгішке әсер ететін күшті;
- E) индукциялық электр қозғаушы күшті.

7.6.22 Қозғалып бара жатқан электронның жылдамдығы \vec{v} магнит өрісі



кернеулігінің векторына перпендикуляр бағытталған. Электронға әсер ететін Лоренц күшінің бағытын анықта: А) оңға; В) солға; С) жоғары; D) төмен; E) электрон жылдамдығының бағытымен бағыттас.

7.6.23 Зарядталған бөлшектің бастапқы жылдамдығы біртекті магнит өрісі индукциясының сызықтарымен $\alpha < 90^\circ$ бұрыш жасайды. Бөлшектің қозғалысын анықта:

- A) шеңбер бойымен В) эллипс бойымен; С) түзу бойымен;
D) парабола бойымен; Е) бұрғы сызықтарының бойымен.

7.6.24 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 ; В) 10^7 м/с ; С) $5 \cdot 10^6\text{ м/с}$; D) $0,5 \cdot 10^6\text{ м/с}$; Е) 10 м/с .

7.6.25 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) $3,14\text{ м}$; В) $8,12\text{ м}$; С) $1,46\text{ м}$; D) $4,82\text{ м}$; Е) $1,39\text{ м}$.

7.6.26 Екі валентті ион индукциясы $0,1\text{ Тл}$ магнит өрісінде радиусы 10 см шеңбер бойымен 480 км/с жылдамдықпен қозғалады. Ионның массасын табыңыз:

- A) $3,3 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$; В) $6,7 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$; С) $6,7 \cdot 10^{-25}\text{ кг}$;
D) $1,54 \cdot 10^{-15}\text{ кг}$; Е) $7,7 \cdot 10^{-16}\text{ кг}$.

7.6.27 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) $0,9 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$; В) $0,7 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$; С) $0,5 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$;
D) $2,4 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$; Е) $1,4 \cdot 10^{16}\text{ м/с}^2$.

7.6.28 Ұзындығы 60 см катушкадағы орам саны 240 . Одан 1 А ток күші өтеді. Катушка ішіндегі өріс кернеулігінің мәні:

- A) $0,5\text{ мТл}$; В) 40 А/м ; С) 1440 А/м ; D) $144 \cdot 10^3\text{ А/м}$; Е) 400 А/м .

7.6.29 Толық ток заңы анықтайды:

- A) тұйық тізбектегі тұрақты токтың ток күшін;
B) тұйық тізбектегі айнымалы токтың ток күшін;

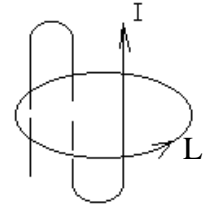
С) тұйық бет арқылы өтетін магнит өрісі индукциясы векторының ағынын;

Д) магнит өрісі индукциясы векторының тұйық контур бойымен циркуляциясын;

Е) өткізгіштік токпен индуктивтілік токтың қосындысын.

7.6.30 Суретте көрсетілген L тұйық контур бойымен \vec{B} векторының циркуляциясы:

А) $2\mu_0 I$; В) $\mu_0 I$; С) 0; Д) $3\mu_0 I$; Е) $4\mu_0 I$.



7.6.31 Соленоидтан I тогы өтеді. Егер токтың шамасын өзгертпей, соленоидтың ішіне магнитті материалдан жасалған темір өзекше орналастырса, онда:

А) индукция векторы \vec{B} өзгермейді, кернеулік векторы \vec{H} өзгереді;

В) индукция векторы \vec{B} және кернеулік векторы \vec{H} өзгереді;

С) индукция векторы \vec{B} және кернеулік векторы \vec{H} өзгермейді;

Д) индукция векторы \vec{B} өзгереді, кернеулік векторы \vec{H} өзгермейді;

Е) индукция векторы \vec{B} мен кернеулік векторының \vec{H} өзгерісі магнетик түріне тәуелді.

7.6.32 Магнит ағынының өлшем бірлігі:

А) В; В) Ф; С) $H/(A \cdot m)$; Д) $V \cdot c/A$; Е) Вб.

7.6.33 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° .

7.6.34 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) $0,7 \text{ Дж}$.

7.6.35 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.

7.6.36 Үш орамнан тұратын катушқадан 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) 10 В ; Д) 20 В ; Е) 40 В .

7.6.37 4 мс уақыт ішінде магнит индукциясы 0,2–ден 0,6 Тл өзгерген кезде көлденең қимасының ауданы 50 см^2 катушкада 5 В тең индукция ЭҚК-і пайда болған. Катушкадағы орам саны:

- A) 100; B) 1000; C) 200; D) 10; E) 50.

7.6.38 Кедергісі 0,5 Ом тұйық контурдағы магнит ағыны бірқалыпты $4 \cdot 10^{-3}$ Вб-ден $12 \cdot 10^{-3}$ Вб дейін ұлғайған. Өткізгіштің көлденең қимасы арқылы өтетін зарядтың шамасы:

- A) -1,6 мКл; B) $-4 \cdot 10^{-4}$ Кл; C) $6,25 \cdot 10^{-5}$ Кл; D) $16 \cdot 10^{-3}$ Кл; E) 16 мкКл.

7.6.39 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 Тл дейін төмендеген. Осы уақыт арлығында өткізгіште индукцияланатын заряд шамасы:

- A) 25 Кл; B) $2 \cdot 10^6$ Кл; C) 2,5 Кл; D) 0,25 Кл; E) 3,5 Кл.

7.6.40 Ұзындығы 0,4 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:

- A) 3 Тл; B) 1,5 Тл; C) 24 В; D) 15 В; E) 2,5 Тл.

7.6.41 Ток күші 2А тең контурда 8 Вб магнит ағыны бар. Контурдың индуктивтілігі:

- A) 4 Гн; B) 0,25 Гн; C) 0,5 Гн; D) 0,16 Гн; E) 2,5 Гн.

7.6.42 Индуктивтілігі 2 Гн катушкadan 4 А ток өтеді. Катушка ішіндегі магнит ағыныны:

- A) 150 Вб; B) 60 Вб; C) 8 Вб; D) 6 Вб; E) 32 Вб.

7.6.43 Катушкада өздік индукцияның ЭҚК-і қай кезде пайда болмайды?

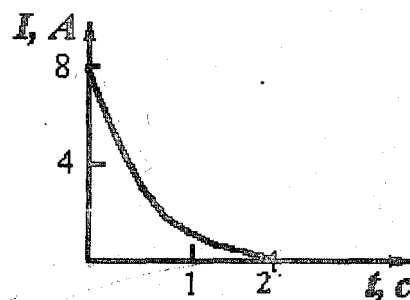
- A) тізбекті тұйықтау мезетінде; B) тұрақты ток өткен кезде;
C) айнмалы ток өткен кезде; D) тізбекті ажырату мезетінде;
E) келтірілген жауаптарың ішінде дұрыс жауабы жоқ.

7.6.44 Соленоидтың көлденең қимасы арқылы өтетін магнит ағыны 5мкВб. Соленоидтың ұзындығы 25 см. Соленоид 10 орамнан тұрады. Соленоидтың магнит моменті:

- A) $1,25 \cdot 10^{-6} \text{ А} \cdot \text{м}^2$; B) $1 \text{ А} \cdot \text{м}^2$; C) $10 \text{ А} \cdot \text{м}^2$; D) $0,1 \text{ А} \cdot \text{м}^2$; E) $1,25 \text{ А} \cdot \text{м}^2$.

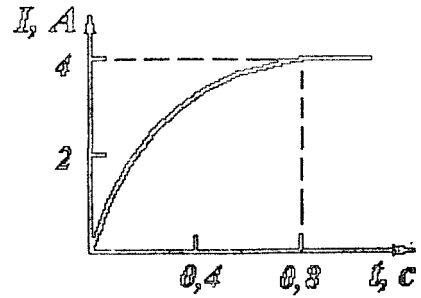
7.6.45 Суретте тізбекті ажыратқан кездегі индуктивтілігі 15 Гн катушкадағы ток күшінің өзгерісінің графигі көсетілген. Пайда болған өздік индукцияның ЭҚК-і:

- A) 4 В; B) 10 В; C) 60 В; D) 30 В; E) 120 В.



7.6.46 Суретте тұйықталған тізбектегі индуктивтілігі 4 Гн катушкадағы ток күшінің ұлғаю графигі көрсетілген. Катушкада пайда болған өздік индукцияның ЭҚК мәні:

- A) - 20 В; B) - 16 В; C) 2 В;
D) 20 В; E) 16 В.



7.6.47 Бойынан 2 А ток күші өтіп жатқан катушкада энергиясы 1 Дж тең магнит өрісі пайда болады, осы кездегі катушканың индуктивтілігі:

- A) 2 Гн; B) 0,5 Гн; C) 1,5 Гн; D) 4 Гн; E) 6 Гн.

7.6.48 Контурдағы ток күшінің шамасын өзгертпей, магнит өрісінің энергиясын 2 есеге кеміту үшін индуктивтілікті:

- A) 4 есеге кеміту қажет; B) 2 есеге арттыру қажет;
C) 16 есеге кеміту қажет; D) 16 есеге арттыру қажет;
E) 2 есеге кеміту қажет.

7.6.49 Соленоидтан 10 А ток күші өткен кезде 0,4 Вб тең магнит ағыны пайда болады, осы кездегі соленоидтың магнит өрісінің энергиясы:

- A) 0,8 Дж; B) 0,2 Дж; C) 2 Дж; D) 0,4 Дж; E) 0,4 Дж.

7.6.50 Магнит ағынының кернеулігі екі есеге артқан. Магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы қалай өзгереді?

- A) өзгермейді; B) 2 есе артады; C) 4 есе кемиді;
D) 4 есе артады; E) 2 есе кемиді.

7.7 Тербелістер мен толқындар

7.7.1 X координатасының t уақытқа тәуелділігі $X = A \sin(\omega_0 t + \alpha)$ түрінде берілген. Тербелмелі нүктенің $t = 0$ мезеттегі жылдамдығы мен үдеуі неге тең?

- A) $A \sin \alpha$; $A \cos \alpha$; B) $A \omega_0 \cos \alpha$; $-A \omega_0^2 \sin \alpha$; C) $A \omega_0^2 \sin \alpha$; $-A \omega_0^2 \cos \alpha$;
D) $A \omega_0 \sin \alpha$; $-A \omega_0^2 \cos \alpha$; E) $A \sin \alpha$; $-A \omega_0^2 \cos \alpha$.

7.7.2 X координатасының t уақытқа тәуелділігі берілген:

- A) $x = A_1 \cos \omega t + A_2 \cos \omega t$; B) $x = A \sin^2 \omega t$; C) $x = A t \sin \omega t$;
D) $x = A \sin^3 \omega t$; E) $x = A \cos^2 \omega t$;

Бұл тәуелділіктердің қайсысы гармониялық тербелістерді сипаттайды.

7.7.3 Тербеліс теңдеуі $x=5\cos(16\pi t+8)$ түрінде берілген. Тербеліс периоды неге тең?

- A) $T=16\pi$ с; B) $T=1/16$ с; C) $T=1/8$ с; D) $T=8\pi$ с; E) $T=10\pi$ с.

7.7.4 Тербеліс теңдеуі $x=5\cos(16\pi t+8)$ түрінде берілген. Тербелістің циклдік жиілігі неге тең?

- A) 16π с⁻¹; B) $1/16$ с⁻¹; C) 8 с⁻¹; D) 8π с⁻¹; E) 10π с⁻¹.

7.7.5 Тербеліс теңдеуі $x=5\cos(16\pi t+8)$ түрінде берілген. Тербелістің сызықтық жиілігі неге тең?

- A) 16π с⁻¹; B) $1/16$ с⁻¹; C) 8 с⁻¹; D) 8π с⁻¹; E) 10π с⁻¹.

7.7.6 $X = A\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ заңы бойынша гармониялық тербеліс жасайтын массасы m бөлшекке әсер ететін максимал күш неге тең?

- A) $F=0,5mA\omega_0^2$; B) $F=mA\omega_0^2$; C) $F=mA^2\omega_0$; D) $F=mA^2\omega_0^2$; E) $F=mA^2/\omega_0$.

7.7.7 Массасы 5 г материялық нүкте жиілігі 0,5 Гц тең гармониялық тербелістер жасайды. Тербеліс амплитудасы 3 см тең. Нүктеге әсер ететін максимал күш неге тең?

- A) 1,48 мН; B) 0,37 мН; C) 2,15 мН; D) 3,12 мН; E) 7,13 мН.

7.7.8 Тербелмелі контурдағы электрлік тербелістер $q=10^{-2}\cos 20t$ теңдеуі бойынша сипатталады. Зарядтың тербеліс амплитудасы неге тең?

- A) 20 Кл; B) 20t Кл; C) $\cos 20t$ Кл; D) 10^{-2} Кл; E) $\sin 20t$ Кл.

7.7.9 Тербелмелі контурдағы электрлік тербелістер $q = 10^{-2}\cos 20t$ теңдеуі бойынша берілген. Токтың тербеліс амплитудасы неге тең?

- A) 0,20 А; B) 20t А; C) $\cos 20t$ А; D) 10^{-2} А; E) $\sin 20t$ А.

7.7.10 Нүктенің тербелісі $x=2+3\sin(4\pi t+\pi/3)$ теңдеуімен сипатталады. Нүктенің шеткі екі орынының ара қашықтығы неге тең?

- A) 4; B) 6; C) 8; D) 8π ; E) $2\pi/3$.

7.7.11 Заряд тербелісінің теңдеуі $q=5\cos(\pi t+\pi/3)$ түрінде берілген. Ток күшінің модулі қайсы заң бойынша өзгереді?

- A) $5\pi \sin(t + \pi/3)$; B) $5\pi \sin(\pi t + \pi/3)$; C) $5 \cos(\pi + \pi/3t)$;
D) $(5/t) \cos(\pi + \pi/3t)$; E) $5\pi \sin(\pi t)$.

7.7.12 Сыйымдылығы C және индуктивтілігі L тербелмелі контурдағы q зарядтың гармониялық тербелісінің дифференциалдық теңдеуін тап:

- A) $\frac{d^2q}{dt^2} = -\frac{1}{LC}q$; B) $\frac{d^2q}{dt^2} = \frac{1}{LC}q$; C) $\frac{d^2q}{dt^2} = LCq$;
D) $\frac{d^2q}{dt^2} - \sqrt{\frac{l}{g}}q + \frac{1}{LC} = 0$; E) $\frac{d^2q}{dt^2} - \sqrt{\frac{l}{g}}q = 0$.

- 7.7.13 Массасы 16 кг дене қатаңдығы $k = 400$ Н/м серіппеге бекітілген. Меншікті тербелістердің циклдік жиілігі неге тең?
 А) $2,5 \text{ с}^{-1}$; В) 5 с^{-1} ; С) $3,3 \text{ с}^{-1}$; D) $1,1 \text{ с}^{-1}$; E) $1,9 \text{ с}^{-1}$.
- 7.7.14 Қатаңдығы $k = 100$ Н/м серіппеге ілінген массасы 1 кг жүк $x=0,4\cos(10t+\pi/4)$ м заңы бойынша гармониялық тербеліс жасайды. Серіппелі маятниктің максимал потенциалдық энергиясы неге тең?
 А) 20 Дж; В) 40 Дж; С) 16 Дж; D) $W_p = 8$ Дж; E) $W_p = 2000$ Дж.
- 7.7.15 Серіппеге ілінген массасы $m=0,625$ кг жүк 1 с периодпен тербеледі. Серіппенің k қатаңдығы неге тең?
 А) π ; В) $1,5\pi$; С) $4\pi^2$; D) $3\pi^2$; E) $2,5\pi^2$.
- 7.7.16 Серпімділік коэффициенті k серіппелі маятниктің потенциалдық энергиясы неге тең?
 А) $W_p = kx/2$; В) $W_p = -kx$; С) $W_p = kx^2$; D) $W_p = kx^2/2$; E) $W_p = -kx/2$.
- 7.7.17 Дұрыс жауапты таңдаңыз:
 А) физикалық маятник дегеніміз салмақсыз созылмайтын жіпке ілінген ауыр материялық нүкте;
 В) физикалық маятник дегеніміз ауырлық центрімен өтпейтін оське қатысты тербеліс жасай алатын қатты дене;
 С) физикалық маятниктің гармониялық тербелісінің периоды оның массасына тәуелді;
 D) физикалық маятниктің гармониялық тербелісінің периоды тербеліс амплитудасына тәуелді;
 E) физикалық маятниктің гармониялық тербелісінің периоды оның ұзындығына тәуелді.
- 7.7.18 Математикалық маятниктің тербеліс теңдеуі $x = 0,1\cos(3t+\pi/4)$ түрінде берілген. Тербеліс амплитудасы неге тең?
 А) 0,1 м; В) 1,09 м; С) $\pi/4$ м; D) 3 м; E) 1,09 м.
- 7.7.19 Жұқа сақина қабырғаға көлденең қадалған шегеге ілінген. Сақина қабырғаға параллель жазықтықта тербеледі. Сақинаның радиусы 40 см. Сақинаның тербеліс периоды:
 А) 1,26 с; В) 2,22 с; С) 0,08 с; D) 0,44 с; E) 1,77 с.
- 7.7.20 Диск жазықтығына перпендикуляр және оның бір шеті арқылы өтетін өске қатысты тік жазықтықта радиусы 0,2 м диск тербелістер жасайды. Дисктің тербеліс периоды неге тең?
 А) 1,77 с; В) 1,26 с; С) 31,4 с; D) 1,1 с; E) 0,89 с.

- 7.7.21 Математикалық маятниктің тербеліс теңдеуі келесі түрде берілген:
 $x = 0,2 \cos(3t + \pi/4)$. Оның ұзындығы неге тең?
 А) 0,2 м; В) 1,09 м; С) $\pi/4$ м; Д) 3,27 м; Е) 88,2 м.
- 7.7.22 Математикалық маятниктің тербеліс периоды T_0 болған. Оның ұзындығы n -ге артқан. Тербеліс периоды неге тең болады?
 А) nT_0 ; В) $n^2 T_0$; С) $\sqrt{n} T_0$; Д) T_0/\sqrt{n} ; Е) T_0/n .
- 7.7.23 Массасы 0,1г материялық нүктенің тербеліс теңдеуі $x = A \cos \omega t$, мұндағы $A = 5 \text{ см}$; $\omega = 20 \text{ с}^{-1}$. Кинетикалық энергияның максимал мәні неге тең?
 А) 50 мДж; В) 25 мкДж; С) 50 Дж; Д) 50 мкДж; Е) $W_p = 100 \text{ Дж}$.
- 7.7.24 Тербелмелі контурдың индуктивтілігі 1 мГн-ге тең катушка мен сыйымдылығы 2 нФ-қа тең конденсатордан тұрады. Контурдағы тербеліс периоды неге тең?
 А) $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ с}$; В) $8,9 \cdot 10^{-6} \text{ с}$; С) $3,14 \cdot 10^{-6} \text{ с}$; Д) $6,28 \cdot 10^{-6} \text{ с}$; Е) $2,8 \cdot 10^{-6} \text{ с}$.
- 7.7.25 Тербелмелі контур индуктивтілігі 1 мГн тең катушка мен сыйымдылығы 2 нФ тең конденсатордан тұрады. Контурдағы тербелістің циклдік жиілігі неге тең?
 А) $4,5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$; В) $2 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$; С) $0,71 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$; Д) 10^6 с^{-1} ; Е) $2,24 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$.
- 7.7.26 Контурдың сыйымдылығы пен индуктивтілігі 2 есе артқан, контурдың тербеліс периоды қалай өзгереді?
 А) Өзгермейді; В) 2 есе артады;
 С) 4 есе артады; Д) 4 есе кемиді; Е) 2 есе кемиді.
- 7.7.27 Тербелмелі контурдағы катушканың индуктивтілігін 4 есе арттырса, тербеліс жиілігі қалай өзгереді?
 А) 4 есе артады; В) 4 есе кемиді;
 С) өзгермейді; Д) 2 есе кемиді; Е) 2 есе артады.
- 7.7.28 Тербелмелі контурдағы конденсатор пластиналарындағы заряд шамасы $q = 10^{-7} \cos 10^4 t$ заңы бойынша өзгереді. Конденсатор сыйымдылығы $2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$. Контурдың индуктивтілігі неге тең?
 А) 0,05 мГн; В) 50 Гн; С) 200 Гн; Д) 5 мГн; Е) $2 \cdot 10^{-14} \text{ Гн}$.
- 7.7.29 Тербелмелі контурдағы конденсатордың заряды $q = 44 \cdot 10^{-4} \cos \omega \cdot t$ заңы бойынша өзгереді. Астарларындағы кернеу $U_0 = 220 \text{ В}$ тең. Конденсатордың сыйымдылығы:
 А) 20 мкФ; В) 44 мкФ; С) 2 мкФ; Д) 4,4 мкФ; Е) 22 мкФ

- 7.7.30 Тербелмелі контурдың индуктивтілігі 1,6 мГн, электр сыйымдылығы 0,04 мкФ және қысқыштарындағы максимал кернеу 200 В тең. Егер контурдың кедергісі өте аз болса, онда контурдағы максимал ток неге тең?
 А) 2А; В) 1А; С) 0,08А; D) 8А; E) 10А.
- 7.7.31 Тербелмелі контурдағы гармониялық электромагниттік тербелістер кезінде конденсатордағы электр өрісі энергиясының максимал мәні 50Дж, катушканың магнит өрісі энергиясының максимал мәні 50 Дж тең. Контурдағы толық энергия уақытқа қатысты қалай өзгереді?
 А) 0-ден 50 Дж-ға дейін өзгереді; В) 0-ден 100 Дж-ға дейін өзгереді;
 С) Өзгермейді және 100 Дж тең; D) Өзгермейді және 50 Дж тең;
 E) Өзгермейді және 150 Дж тең.
- 7.7.32 Катушканың магнит өрісінің энергиясы $4,8 \cdot 10^{-3}$ Дж, ал индуктивтілігі $L=0,24$ Гн тең. Конденсатордың толық разрядталуы кезіндегі тербелмелі контурдағы ток күші неге тең?
 А) 2А; В) 1,4А; С) 0,14А; D) 0,2А; E) 0,4А.
- 7.7.33 Өшпелі тербелістер амплитудасы 100 тербеліс ішінде e^2 есе кеміді. Өшудің логарифмдік декременті неге тең?
 А) 13; В) 50; С) 0,02; D) 2; E) 5.
- 7.7.34 Өшпелі тербеліс амплитудасы 50 секунд ішінде e^2 есе кеміді. β өшу коэффициенті неге тең?
 А) 0,04; В) 0,02; С) 0,01; D) 0,08; E) 0,05.
- 7.7.35 Тербелістің циклдік жиілігі 2 есе артса, айнымалы ток тізбегіндегі сыйымдылық кедергі қалай өзгереді?
 А) 2 есе артады; В) 2 есе азаяды; С) 4 есе артады;
 D) 4 есе азаяды; E) өзгермейді.
- 7.7.36 Тербелістің циклдік жиілігі 2 есе артса, айнымалы ток тізбегіндегі индуктивтілік кедергі қалай өзгереді?
 А) 2 есе артады; В) 2 есе азаяды; С) 4 есе артады;
 D) 4 есе азаяды; E) өзгермейді.
- 7.7.37 Қате тұжырымды табыңыз:
 А) Айнымалы ток үшін Ом заңы келесі түрдегідей болады:

$$I = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}};$$

 В) Индуктивтілік кедергі келесі формула бойынша анықталады: $X_L = L\omega$;
 С) Сыйымдылық кедергі келесі формула бойынша анықталады: $X_C = C\omega$;
 D) Реактив кедергі ($L\omega - 1/C\omega$) тең;

Е) Айнымалы ток тізбегінің толық кедергісі $\sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$ формуласы бойынша есептеледі.

7.7.38 Толқын көзінің тербеліс теңдеуі $x = 2\sin 200\pi t$. Тербелістің ортада таралу жылдамдығының модулі 400 м/с тең. Толқын ұзындығы:

- A) 2 м; B) 2π м; C) 4 м; D) 4π м; E) $\pi/2$ м.

7.7.39 Толқын көзінің тербеліс теңдеуі $x = 2\sin 100\pi t$, толқын ұзындығы 8 м. Тербелістің ортада таралу жылдамдығының модулі неге тең?

- A) 400 м/с; B) 100π м/с; C) 4 м/с; D) 4π м/с; E) $12,5\pi$ м/с.

7.7.40 Толқын көзінің тербелісі $y = 0,08\cos \pi t$ м теңдеуімен сипатталады. Толқынның таралу жылдамдығы 3 м/с. Толқын көзінен 0,75 м ара қашықтықтағы орта нүктесінің 0,5с уақыт мезетіндегі ығысуы неге тең?

- A) $0,04\sqrt{2}$ м; B) 0,04 м; C) 0,08 м; D) 0,06 м; E) 0,24 м.

7.7.41 $\xi(x,t) = A\cos(\omega t - kx)$ жазық толқыны серпімді ортада таралады және оның көзі $x=0$ жазықтығында орналасқан. Толқын көзінің тербелісі басталғаннан $t=T/4$ уақыт өткен кездегі толқын көзінен $x = \lambda/6$ ара қашықтықтағы орта нүктелерінің жылдамдығы неге тең?

- A) $-A\omega/2$; B) $A\omega^2/2$; C) $A\omega$; D) $-A\omega$; E) A/ω .

7.7.42 $\xi(x,t) = A\cos(\omega t - kx)$ жазық толқыны серпімді ортада таралады. Ортаның бөлшегі тербеліс көзінен $x = \lambda/2$ м ара қашықтықта орналасқан. Тербеліс амплитудасы $A = 0,5$ м. $t = T/2$ уақыт мезетіндегі бөлшектің ығысуы неге тең?

- A) 0; B) 0,25 м; C) 0,5 м; D) 1 м; E) 1,5 м.

7.7.43 Радиолокатор дабылы тауға шағылып, 2 мкс кейін қайта оралды. Тау қандай қашықтықта орналасқан?

- A) 3000 м; B) 600 м; C) 300 м; D) 1500 м; E) 150 м.

7.7.44 Жазық толқындардың тербеліс көздері $y = (0,08\cos \pi t)$ м теңдеуімен сипатталады. Тербелістің таралу жылдамдығы 3 м/с. Тербеліс көзінен 0,75 м ара қашықтықта орналасқан орта нүктесінің 0,5с уақыт мезетіндегі тербеліс амплитудасы неге тең?

- A) $0,04\sqrt{2}$ м; B) 0,04 м; C) 0,08 м; D) 0,06 м; E) 0,24.

7.7.45 Жиілігі 200 Гц көлденең толқын ортада ОХ өсінің бойымен 400 м/с жылдамдықпен таралады. Ара қашықтығы $\Delta x = 1$ м тең тербеліс нүктелерінің фазалар айырмасы неге тең?

- A) π рад; B) $(\pi/2)$ рад; C) 2π рад; D) $(\pi/3)$ рад; E) $(\pi/4)$ рад.

7.7.46 $x_1 = 5\sin 2\pi(3t - 4)$ және $x_2 = 0,3\sin 2\pi(3t + 2)$ теңдеулерімен берілген екі толқын қозғалыстарының фазалар айырмасы неге тең?

- A) π ; B) 2π ; C) $\frac{\pi}{2}$; D) 6π ; E) 12π .

7.7.47 Сыну көрсеткіші n , диэлектрлік және магнит өтімділігі ε және μ болатын ортадағы электромагниттік толқындардың v таралу жылдамдығының формуласын тап. (c - вакуумдегі жарық жылдамдығы)

- A) $v = \frac{c}{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}$; B) $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}}$; C) $v = c \cdot n$; D) $v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}}$; E) $v = \frac{n}{c}$.

7.7.48 Толқын ұзындығы 1,6 м. Қарама-қарсы фазаларда тербелетін жақын бөлшектердің ара қашықтығы неге тең?

- A) 0,8м; B) 0,4м; C) 1,6м; D) 0,2м; E) 3,2м.

7.7.49 Толқынның фазалық жылдамдығы 1500 м/с, тербеліс жиілігі 500 Гц тең. Толқын ұзындығын табыңыз:

- A) 0,3м; B) 75 км; C) 3м; D) 7,5 км; E) 30 км.

7.7.50 k толқындық саны қандай формуламен сипатталады?

- A) $\pi\lambda / 2$; B) $\pi / 2\lambda$; C) $\lambda\pi$; D) $2\pi / \lambda$; E) $\lambda/2 \pi$.

8 ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ОПТИКА ЖӘНЕ ФОТОМЕТРИЯ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

8.1 Негізгі заңдар мен формулалар

8.1.1 Жарықтың сыну заңы

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{v_1}{v_2} \quad (n_{21} = n_2 / n_1)$$

8.1.2 Толық ішкі шағылудың шекті бұрышы

$$i_{\text{шекте}} = \text{arc sin}(n_2 / n_1) \quad (n_2 < n_1)$$

8.1.3 Сфералық айнаның фокус аралығы

$$F = R / 2$$

және

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{R} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2},$$

 $a_2 < 0$, егер кескін жалған болса, $F < 0$, егер сфералық айна фокусы жалған болса (айна дөңес)

8.1.4 Сфералық айнаның оптикалық күші

$$D = 1 / F$$

8.1.5 Жұқа линзаның оптикалық күші

$$D = 1 / F = (n_{\text{линза}} / n_{\text{орта}} - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

және

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{R} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}$$

Таңбалар ережесі 8.1.3 сәйкес

8.1.6 Қабаттасқан екі жұқа линзаның оптикалық күші

$$D = D_1 + D_2$$

8.1.7 Сфералық айналар мен линзалардың көлденең үлкейтуі

$$\kappa = \frac{h'}{h} = \frac{a_2}{a_1}$$

8.1.8 Лупа беретін үлкейту

$$k = L/F$$

L – қалыпты көру ара қашықтығы ($L = 25$ см)

8.1.9 Микроскоптың үлкейтуі

$$k = LdD_1D_2$$

8.1.10 Жарық ағыны

$$\Phi = dW/dt$$

8.1.11 Жарықтың күші

$$I = d\Phi/d\omega$$

8.1.12 Изотропты нүктелік жарық көзінен шығатын толық жарық ағыны

$$\Phi_0 = 4\pi I$$

8.1.12 Беттің жарықтанылуы

$$E = d\Phi / dS \quad \text{және} \quad E = I \cos\alpha / r^2$$

8.1.13 Дененің жарқырауы

$$R = d\Phi / dS$$

8.1.14 Денені жарықтандыру кезінде пайда болған жарық (шағылған сәулелер есебінен)

$$R = \rho E$$

8.1.15 Жарық шығарушы беттің жарықтылығы

$$B = \frac{dI}{dS \cos\theta}$$

8.1.16 Жарқырау мен ламбертов көзінің жарықтылығы арасындағы байланыс

$$R = \pi B$$

8.2 Есеп шығару үлгісі

8.2.1 **1 есеп.** Қалыңдығы $d=5\text{см}$, сыну көрсеткіші $n=1,5$ тең жазық параллель шыны пластинкаға $i=30^\circ$ бұрыш жасай жарық сәулесі түседі. Осы пластинка арқылы өтетін сәуленің бүйірлік ығысуын анықтаңыз.

Берілгені:

$$n = 1,5$$

$$d = 5\text{см} = 0,05\text{м}$$

$$i = 30^\circ$$

$$x = ?$$

Шешуі: Сәуленің бүйірлік x ығысуы

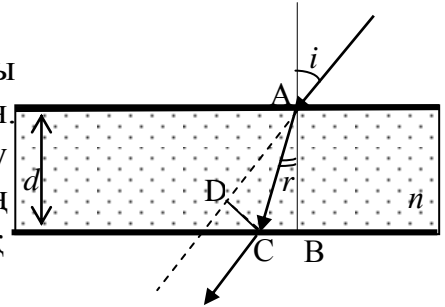
8.1 суретте DC кесіндісімен көрсетілген.

Оны анықтау үшін жарықтың сыну

заңын және жарық сәулелерінің

жүріп өткен жолының геометриялық

сызбаларын қолданамыз (8.1 сурет).



8.1-сурет

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = n,$$

осыдан:

$$\sin r = \frac{\sin i}{n}. \quad (8.1)$$

$\triangle ADC$ үшбұрышынан ізделініп отырған бүйірлік x ығысуы мынаған тең:

$$\begin{aligned} x &= AC \sin(i - r) = \frac{d}{\cos r} \sin(i - r) = \frac{d(\sin i \cdot \cos r - \sin r \cdot \cos i)}{\cos r} = \\ &= d \sin i \left(1 - \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \right) \end{aligned} \quad (8.2)$$

(1.2) формуласына сандық мәндерді қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$x = 0,05 \sin 30^\circ = \left(1 - \frac{\cos 30}{\sqrt{2,25 - \sin^2 30}} \right) = 9,69 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 9,69 \text{ мм}$$

Жауабы: 9,69 мм.

8.2.2 **2 есеп.** Нәрседен ойыс сфералық айнаға дейінгі a_1 ара қашықтық екі қисықтық радиусына тең. Нәрсе кескінінің орнын анықтап, осы кескінді салып көрсетіңіз.

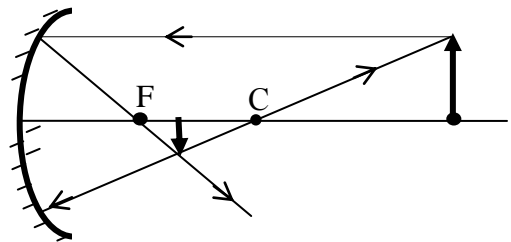
Берілгені:

$$a_1 = 2R$$

$$a_2 = ?$$

Решение: Ойыс сфералық айнаның формуласын жазайық:

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R} = \frac{1}{F}, \quad (8.3)$$



8.2 сурет

Есептің шарты бойынша $a_1 = 2R$, сондықтан (8.3) формуласы мына түрге ие болады:

$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R}, \quad \frac{1}{a_2} = \frac{1}{R} \left(2 - \frac{1}{2} \right) = \frac{3}{2R}, \quad a_2 = \frac{2}{3}R.$$

Жауабы: $a_2 = \frac{2}{3}R$.

8.2.3 3 есеп. Шынының ішіндегі ауа қабатының пішіні жазық - дөңес линза тәріздес. Осы линзаның фокус аралығын табыңыздар. Ауа қабатының пішінімен дәл келетін ауада орналасқан шыны линзаның фокус аралығы F_0 тең екені белгілі.

Шешуі: Линзаның формуласын жазайық:

$$\frac{1}{F} = \left(\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{орта}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (8.4)$$

(8.4) формуласына сәйкес жазық-дөңес линза ($R_1 = \infty$, $R_2 = R$), линза орналасқан ортаның сыну көрсеткіші және линзаның материалының сыну көрсеткішінің қайсысының үлкен екеніне байланысты жинағыш және шашыратқыш бола алады. Бірінші жағдайда, яғни шыныда ($n_{\text{лин}} = 1$, $n_{\text{орта}} = n$) орналасқан ауадан жасалған линзаның оптикалық күші:

$$\frac{1}{F_1} = \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \frac{1}{R}. \quad (8.5)$$

Екінші жағдайда, шыны линза ауада орналасқан ($n_{\text{лин}} = n$, $n_{\text{орта}} = 1$),

$$\frac{1}{F_0} = (n - 1) \frac{1}{R}. \quad (8.6)$$

(8.5) және (8.6) теңдеулерінен мынаны табамыз:

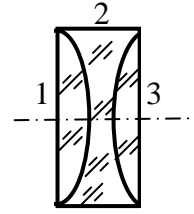
$$F_1 = -nF_0.$$

Жауабы: $F_1 = -nF_0$.

8.2.4 **4 есеп.** Жазық параллель шыны пластинкадан үш линза жасалған (1.4- сурет). Қабаттасқан 1 және 2 линзаларының фокус арлығы $-F'$, ал 2 және 3 линзаларының фокус арлығы $-F''$. Әр линзаның фокус арлығын анықтаңыздар.

Шешуі: Суретте көрсетілгендей, бірінші және үшінші линзалар жазық –дөңес, олардың оптикалық күштері $1/F_1$ және $1/F_3$, екінші линза қос ойыс, оның оптикалық күші $-1/F_2$.

Үш линза бір-бірімен қабаттасып тұрғандықтан, олар жазық параллель пластинканы құрайды, да жүйенің оптикалық күштері нөлге тең ($R_1=\infty$ және $R_2=\infty$). Екінші жағынан жүйенің оптикалық күші жүйеге кіретін линзалардың оптикалық күштерінің қосындысына тең. Сондықтан:



8.4- сурет

$$\frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_2} + \frac{1}{F_3} = 0 \quad (8.7)$$

Есептің шарты бойынша:

$$\frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_2} = -\frac{1}{F'} \quad (8.8)$$

және

$$-\frac{1}{F_2} + \frac{1}{F_3} = -\frac{1}{F''}. \quad (8.9)$$

(8.7) - (8.9) теңдеулерін біріктіріп шеше отырып, мынаны табамыз:

$$F_1 = F''; \quad F_2 = \frac{F' \cdot F''}{F' + F''}; \quad F_3 = F'.$$

Жауабы: $F_1 = F''; \quad F_2 = \frac{F' \cdot F''}{F' + F''}; \quad F_3 = F'.$

8.2.5 **5 есеп.** Жарық күші 1000 кд тең электр шамының спиральді диаметрі 20 см күңгірт сфералық колбамен жабылған. Табу керек: 1) осы жарық көзінен шыққан жарық ағынын, 2) осы жарық көзінің жарқырауы мен жарықтылығын, 3) жарық көзі шығарған жарық ағынының 10% түскен ауданы $0,25 \text{ м}^2$ экранның жарықтанылуын, жарқырауы мен жарықтылығын. Жарықтың экран бетінен шағылу коэффициенті $\rho = 0,8$. Экранның беті жарықты Ламберт заңы бойынша шашыратады деп есептеңіз.

Берілгені:

$$I = 1000 \text{ кД}$$

$$d = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$k = 10\%$$

$$\rho = 0,8$$

$$S_1 = 0,25 \text{ м}^2$$

$$\Phi - ? \quad R_1 - ? \quad B_1 - ?$$

$$E - ? \quad R_2 - ? \quad B_2 - ?$$

Шешуі: 1) Электр шамының спиралы күңгірт сфералық колбамен жабылғандықтан жарық көзін изотропты деп есептейміз. Ол үшін толық жарық ағыны мен жарық күші мына қатынас арқылы байланысқан :

$$\Phi = 4 \pi I$$

Сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\Phi = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^3 = 1,26 \cdot 10^4 \text{ лм}$$

2) Жарық көзінің жарқырауының анықтамасы бойынша:

$$R = \Phi / S. \quad (8.10)$$

$\Phi = 4 \pi I$ және $S = 4\pi r^2 = \pi d^2$ екенін ескеріп, және ол өрнектерді (8.10) формуласына қоямыз:

$$R = 4 \pi I / \pi d^2 = 4I / d^2$$

Есептің шартында берілген сандық мәндерді орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$R = 4 \cdot 10^3 / (0,2)^2 = 10^5 \text{ лм/м}^2.$$

Жарық көзінің жарықтылығы анықтамасы бойынша мына формуламен өрнектеледі:

$$B = \frac{dI}{dS \cos \theta},$$

Жарық көзі изотропты болғандықтан, бұл өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$B = \frac{I}{S \cos \theta} = \frac{I}{\Delta S'}, \quad (8.11)$$

мұндағы $\Delta S'$ - жарқырап тұрған беттің көрінетін ауданы, $\Delta S' = \pi r^2$, r - колбаның радиусы. Сонда (8.11) формуласы мына түрге келеді:

$$B = I / \pi r^2.$$

Сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$B = 10^3 / (3,14 \cdot 0,1^2) = 3,18 \cdot 10^4 \text{ кД/м}^2.$$

3) Есептің шарты бойынша экранға барлық жарық ағынының 10% ғана түседі, сондықтан $\Phi_1 = 0,1\Phi = 1,26 \cdot 10^3$ лм. Сонда анықтамасы бойынша экранның жарықтанылуы мынаған тең:

$$E_1 = \Phi_1 / S_1$$

$$E_1 = 1,26 \cdot 10^3 / 0,25 \approx 5 \cdot 10^3 \text{ лк}$$

Экран, оған түскен жарық сәулелерінің шағылу есебінен жарқырайтындықтан, экранның жарқырауы мына формула бойынша анықталады:

$$R_1 = \frac{\rho\Phi_1}{S_1} = \rho E_1$$

$$R_1 = 0,85 \cdot 10^3 = 4 \cdot 10^3 \text{ лм/м}^2.$$

Экранның жарықтылығын, жарқырау мен жарықтылықты байланыстыратын формула арқылы анықтаймыз:

$$B_1 = R_1 / \pi$$

$$B_1 = 4 \cdot 10^3 / 3,14 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ кд/м}^2.$$

Жауабы: $\Phi = 1,26 \cdot 10^4$ лм; $R = 10^5$ лм/м²; $B = 3,18 \cdot 10^4$ кд/м²; $E_1 = 5 \cdot 10^3$ лк;
 $R_1 = 4 \cdot 10^3$ лм/м²; $B_1 = 1,3 \cdot 10^3$ кд/м².

9 ТОЛҚЫНДЫҚ ОПТИКА

9.1 Негізгі заңдар мен формулалар

9.1.1 Жарықтың электр өтімділігі ε (магнит өтімділігі $\mu \approx 1$) және сыну көрсеткіші n ортадағы жылдамдығы

$$v = c/n \quad \text{и} \quad v = c/\sqrt{\varepsilon}$$

9.1.2 Ортадағы жарық толқынының ұзындығы

$$\lambda = vT, \quad \lambda = v/\nu, \quad \lambda = cT/n = \lambda_0/n$$

9.1.3 Жарық толқынының оптикалық жолының ұзындығы

$$L = t n$$

9.1.4 Оптикалық жолдар айырмасы

$$\Delta = l_2 n_2 - l_1 n_1$$

9.1.5 Интерференциялық

а) максимум шарты

$$\Delta = \pm m\lambda, \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

б) минимум шарты

$$\Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2} \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

9.1.6 Жұқа қабықшадағы оптикалық жолдар айырмасы

а) өткен жарықтағы

$$\Delta = 2 d \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$

б) шағылған жарықтағы

$$\Delta = 2 d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

9.1.7 Юнг тәжірибесіндегі интерференциялық максимумдар мен минимумдар координаталары

$$x_{\max} = \pm \frac{L}{d} m \lambda; \quad x_{\min} = \pm \frac{L}{d} (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

9.1.8 Өткен жарықтағы Ньютонның жарық және күңгірт сақиналарының радиустары (немесе шағылған жарықтағы - күңгірт және жарық)

$$r_m = \sqrt{\frac{R}{n} m \lambda} \quad \text{және} \quad r_m = \sqrt{(2m-1) \frac{\lambda R}{2 n}}, \quad (m=1,2,3,\dots)$$

n -линза мен пластинка арасындағы ортаның сыну көрсеткіші.

9.1.9 Френельдің m -ші зонасының радиусы:

а) сфералық толқын фронты үшін

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda}$$

б) жазық толқын фронты үшін

$$r_m = \sqrt{b m \lambda}, \quad (m=1,2,3,\dots)$$

9.1.10 Бір саңылауға жарық қалыпты түскен кездегі дифракциялық

а) максимум шарты

$$a \sin \varphi = (2m+1) \frac{\lambda}{2},$$

б) минимум шарты

$$a \sin \varphi = m \lambda, \quad (m=1,2,3,\dots)$$

9.1.11 Дифракциялық торға жарық қалыпты түскен кездегі дифракциялық

а) максимум шарты

$$d \sin \varphi = m \lambda$$

б) минимум шарты

$$d \sin \varphi = (2m+1) \frac{\lambda}{2}, \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

9.1.12 Вульф – Брэг формуласы

$$2 d \sin \theta = m\lambda, \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

9.1.13 Дифракциялық тодың ажыратқыштық қабілеті

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$$

9.1.14 Жарықтың поляризациялану дәрежесі

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} \pm I_{\min}}$$

9.1.15 Малюс заңы

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

9.1.16 Брюстер заңы

$$\operatorname{tg} i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

9.1.17 Поляризациялану жазықтығын айналдыру бұрышы

а) концентрациясы C ерітінділерде

$$\varphi = [\alpha] C l$$

б) кристалдарда

$$\varphi = \alpha l$$

9.2 Есеп шығру үлгісі

9.2.1 **1 есеп.** Юнг тәжірибесінде саңылаулар мен экранның L ара қашықтығы 1 м тең. Егер ұзындығы $l=1$ см бөлікке $N=10$ күңгірт интерференциялық жолақ сиятын болса, онда саңылаулар арақашықтығы қандай? Толқын ұзындығы $\lambda=0,1$ мкм тең.

Берілгені:

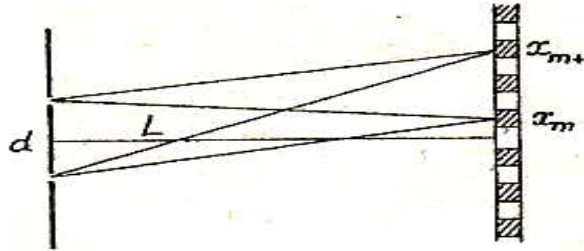
$$L=1 \text{ м}$$

$$l=1 \text{ см}=0,01 \text{ м}$$

$$N=10$$

$$\lambda = 0,1 \text{ мкм} = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$d - ?$$



9.1-сурет

Шешуі: Монохромат жарықтың Юнг саңылауларынан өту нәтижесінде, экранда кезектесіп орналасқан жарық және күңгірт жолақтардан тұратын интерференциялық картина байқалады. m -ші минимумның координатасы мына шарт бойынша анықталады:

$$x_m = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L}{d}, \quad m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Есептің шарты бойынша экранда $l = 10$ см қашықтықта $N=10$ күңгірт жолақ байқалады, сондықтан,

$$x_{m+10} - x_m = l,$$

яғни

$$\left[2((m+10)+1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L}{d} \right] - (2m+1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L}{d} = l$$

$$10\lambda \frac{L}{d} = l; \quad d = 10\lambda \frac{L}{l}$$

$$d = 10 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{0,01} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,7 \text{ мм}.$$

Жауабы: $d=0,7$ мм.

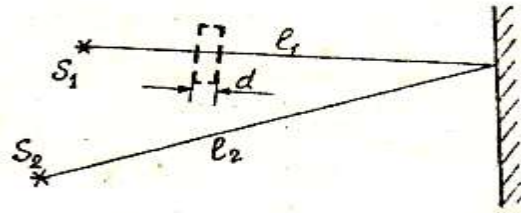
9.2.2 **2 есеп.** Екі S_1 және S_2 когерент жарық көздерінен ($\lambda = 0,8$ мкм) шыққан сәулелер экранға түседі. Экранда интерференциялық сурет байқалады. Сәулелердің бірінің жолына сабын көпіршігінің қабықшасын ($n=1,33$) орналастырған кезде, интерференциялық сурет қарама-қарсыға өзгерді. Қабықшаның қандай ең аз d_{\min} қалыңдығында бұл мүмкін болады?

Берілгені:

$$\lambda = 0,8 \text{ мкм} = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$n = 1,33$$

$$d_{\min} - ?$$



9.2- сурет

Шешуі: Интерференциялық суреттің қарама-қарсыға өзгеруі, ол экранның интерференциялық максимумдар байқалатын бөлігінде интерференциялық минимумдар байқала бастайды дегенді білдіреді. Интерференциялық суреттің осылай ығысуы, оптикалық жолдар айырмасының, жарты толқын ұзындығының тақ санына өзгерісі кезінде ғана мүмкін болады, яғни

$$\Delta_2 - \Delta_1 = (2m+1) \frac{\lambda}{2}, \quad (9.1)$$

мұндағы Δ_1 – сәулелердің қабықша орналаспаған кездегі оптикалық жолдар айырмасы; Δ_2 – сол сәулелердің қабықшаны орналастырған кездегі оптикалық жолдар айырмасы; $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Қабықшаның ең аз d_{\min} қалыңдығына $m=0$ сәйкес келеді. Осыдан (9.1) формуласы мына түрге келеді

$$\Delta_2 - \Delta_1 = \frac{\lambda}{2} \quad (9.2)$$

Δ_2 және Δ_1 оптикалық жолдар айырмасының өрнектерін жазайық. 9.2 - сурет бойынша:

$$\Delta_1 = l_1 - l_2,$$

$$\Delta_2 = [(l_1 - d_{\min}) + n d_{\min}] - l_2 = (l_1 - l_2) + d_{\min} (n - 1).$$

Δ_2 және Δ_1 өрнектерін (9.2) формуласына қоямыз:

$$(l_1 - l_2) + d_{\min} (n - 1) - (l_1 - l_2) = \frac{\lambda}{2},$$

немесе

$$d_{\min} (n - 1) = \frac{\lambda}{2}.$$

Осыдан мынаны табамыз

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{2(n-1)}. \quad (9.3)$$

(9.3) формуласына сандық мәндерін қойып, мынаны табамыз

$$d_{\min} = \frac{0,8 \cdot 10^{-6}}{2(1,33-1)} = 1,21 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 1,21 \text{ мкм}.$$

Жауабы: $d_{\min} = 1,21$ мкм.

9.2.3 3 есеп. Линза бетінен жарықтың шағылуын болдырмас үшін, оның беті сыну көрсеткіші $n=1,25$, яғни шынының n сыну көрсеткішімен салыстырғанда кем болатын жұқа қабықшашамен қапталған. Егер сәулеленің түсу бұрышы 60° болса, онда қабықшаның қандай ең аз қалыңдығында толқын ұзындығы $0,72$ мкм жарықтың шағылуы байқалмайды?

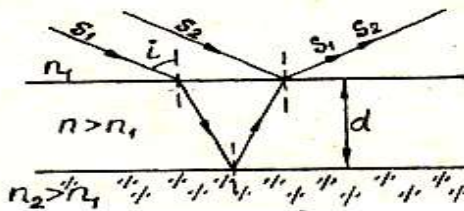
Берілгені:

$$\lambda = 0,72 \text{ мкм} = 0,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$n = 1,25$$

$$i = 60^\circ$$

$$d_{\min} - ?$$



9.3- сурет

Шешуі: Қабықшаның үстіңгі және төменгі беттерінен шағылған сәулелердің оптикалық жолдар айырмасы:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i}, \quad (9.4)$$

мұндағы d – қабықшаның қалыңдығы, n – қабықшаның сыну көрсеткіші, i – сәулелердің түсу бұрышы. (9.4) өрнегінде S_1 және S_2 сәулелерінің оптикалық тығыз ортадан, яғни I и II екі ортаның шекараларында шағылатыны ескерілген. Сондықтан “жарты толқын ұзындығын жоғалту” екі жағдайда да бірін-бірі толықтырады. Интерференциялық минимум шарты:

$$\Delta = \pm (2m+1)\frac{\lambda}{2}, \quad (m=0,1,2,3,\dots) \quad (9.5)$$

мұндағы λ - толқын ұзындығы, m - интерференциялық минимумның реті. (9.4) және (9.5) теңестіріп, мынаны табамыз:

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = (2m+1)\frac{\lambda}{2}.$$

$m = m_{\min} = 0$ болғанда $d = d_{\min}$, сондықтан

$$2d_{\min} \sqrt{n^2 - \sin^2 i} = \frac{\lambda}{2}$$

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}.$$

$$d_{\min} = \frac{0,72 \cdot 10^6}{4\sqrt{1,25^2 - \sin^2 60}} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,2 \text{ мкм}.$$

Жауабы: $d_{\min} = 0,2 \text{ мкм}$.

9.2.4 4 есеп. Дифракциялық торға монохромат жарық тік түседі. Тордың периоды $d=2$ мкм. Дифракциялық тодың қызыл ($\lambda_1=0,7$ мкм) және күлгін ($\lambda_2=0,41$ мкм) жарық жағдайында беретін дифракциялық максимумның ең үлкен ретін анықтаңыздар.

Берілгені:

$$d=2 \text{ мкм}$$

$$\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм}$$

$$\lambda_2 = 0,41 \text{ мкм}$$

$$m_{1 \max} - ? \quad m_{2 \max} - ?$$

Шешуі: Дифракциялық тордың бас максимумдарын анықтайтын формуладан, дифракциялық максимумның m ретін табамыз:

$$m = d \sin \varphi / \lambda \quad (9.6)$$

мұндағы d – тордың периоды; φ - дифракция бұрышы; λ - монохромат жарықтың толқын ұзындығы. $\sin \varphi$ бұрышы 1 ден үлкен болмағандықтан, m саны да d/λ -дан үлкен бола алмайды, яғни

$$m \leq \frac{d}{\lambda} \quad (9.7)$$

Есептің шартында берілген мәндерді (9.7) формуласына қойып, қызыл және күлгін сәулелер үшін мынаны табамыз:

$$m_1 \leq \frac{2}{0,7} = 2,86;$$

$$m_2 \leq \frac{2}{0,41} = 4,88.$$

Егер максимумдар реті бүтін сан болу керек екенін ескерсек, онда қызыл жарық үшін $m_{1 \max} = 2$ және күлгін жарық үшін $m_{2 \max} = 4$.

Жауабы: $m_{1 \max} = 2$; $m_{2 \max} = 4$.

9.2.5 **5 есеп.** Дифракциялық тордың екінші реттік спектрінде натрийдің толқын ұзындықтары $\lambda_1=589\text{нм}$ және $\lambda_2=589,6\text{нм}$ тең бір-бірінен бөлек екі сары сызықтарын көру үшін, тордағы N_{\min} ең аз штрихтар саны нешеге тең болуы қажет? Тордың тұрақтысы $d=5\text{мкм}$ болса, онда тордың l ұзындығы қандай?

Берілгені:

$$d=5\text{мкм} = 5 \cdot 10^{-6}\text{м}$$

$$m=2$$

$$\lambda_1 = 589,0 \text{ нм} = 589 \cdot 10^{-9}\text{м}$$

$$\lambda_2 = 589,6\text{нм} = 589,6 \cdot 10^{-9}\text{м}$$

$$l - ? \quad N_{\min} - ?$$

Шешуі: Дифракциялық тордың ажыратқыштық қабілеті мына формула бойынша анықталады:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN, \quad (9.8)$$

мұндағы N – тордағы саңылаулардың жалпы саны, m – спектрдің реті, λ және $\lambda + \Delta\lambda$ – бір-біріне жақын орналасқан екі спектрлік сызықтардың толқын ұзындығы.

(7.8) формуласынан тордағы саңылаулар санын табамыз:

$$N = \frac{\lambda}{m\Delta\lambda}$$

Саңылаулар санымен салыстырғанда штрихтар (күңгірт аралықтар) саны 1-ге артық. Осыдан

$$N_{\min} = N + 1 = \frac{\lambda}{m\Delta\lambda} + 1$$

$$N_{\min} = \frac{0,589 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-9}} + 1 = 492$$

l тордың ұзындығы d тор тұрақтысының N саңылаулар санына көбейтіндісіне тең:

$$l = d \cdot N$$

$$l = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 491 \approx 2,46 \cdot 10^{-3}\text{м} = 2,46 \text{ мм}$$

Жауабы: $N_{\min} = 492$, $l = 2,46 \text{ мм}$.

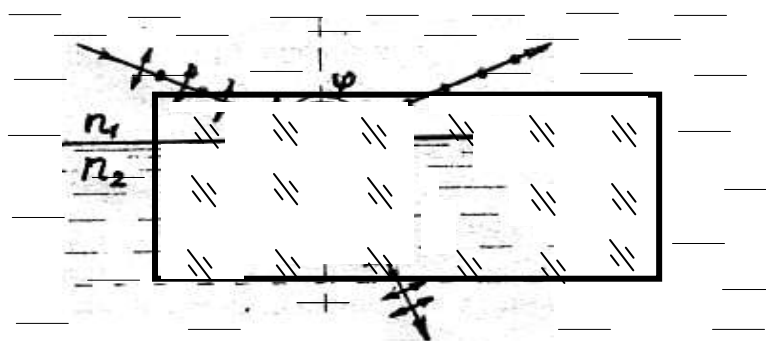
9.2.6 **6 есеп.** Табиғи жарықтың сәулесі сұйыққа батырылған шыны пластинканың тегістелген бетіне түседі. Пластинадан шағылған сәуле түскен сәулемен $\varphi = 97^\circ$ бұрыш жасайды (7.4-сурет). Егер шағылған бұрыш толық поляризацияланатын болса, онда сұйықтың n_1 сыну көрсеткішін анықтаңыздар.

Берілгені:

$$\varphi = 97^\circ$$

$$n_2 = 1,5$$

$$n_1 = ?$$



9.4- сурет

Шешуі: Брюстер заңы бойынша диэлектриктен шағылған жарық сәулесі толық поляризациялану үшін, түсу бұрышының тангенсі салыстырмалы сыну көрсеткішіне тең болуы қажет:

$$\operatorname{tg} i_1 = n_{2,1},$$

мұндағы $n_{2,1}$ – екінші ортаның (шыны) бірінші ортаға (сұйық) қатысты сыну көрсеткіші. Салыстырмалы сыну көрсеткіші абсолют сыну көрсеткіштерінің қатынасына тең. Сондықтан,

$$\operatorname{tg} i_1 = \frac{n_2}{n_1}.$$

Түсу бұрышы шағылу бұрышына тең болғандықтан $i_1 = \varphi / 2$, сондықтан,

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{n_2}{n_1},$$

осыдан

$$n_1 = \frac{n_2}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}.$$

Сандық мәндерді орындарына қойып, мынаны табамыз

$$n_1 = \frac{n_2}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} = \frac{1,5}{\operatorname{tg} \frac{97^\circ}{2}} = 1,33.$$

Жауабы: $n_1 = 1,33$.

9.2.7 **7 есеп.** Екі поляризатордың бас жазықтықтарының арасындағы бұрыш $\alpha=60^\circ$ құрайды. Табиғи жарықтың бірінші және екінші поляризаторлардан өткен кездегі $J_{табиғи}$ интенсивтігі неше есеге кемитінін анықтаңыздар. Әр поляризатордағы жарықтың жұтылу коэффициенті $k=0,05$. Шағылу кезіндегі шығын ескерілмейді.

<p><i>Берілгені:</i> $\alpha=60^\circ$ $k=0,05$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Табиғи жарықты, интенсивтігі бірдей және өзара перпендикуляр жазықтықтарда поляризацияланатын когерентті емес екі жарықтың беттесуінің нәтижесі ретінде көруге болады. Идеал поляризатор, ол бас жазықтығына параллель тербелістерді өткізіп, оған перпендикуляр тербелістерді толығымен өткізбейді.</p>
<p>$\frac{J_{таб}}{J_0} - ?$ $\frac{J_{таб}}{J_1} - ?$</p>	

Бірінші поляризатор арқылы өткен жарықтың интенсивтігін J_0 , ал екіншісі арқылы өткен жарықтың интенсивтігін J_1 деп белгілейік.

Жұтылу кезіндегі шығынды ескеретін болсақ, онда бірінші поляризатордан өткен жарықтың интенсивтігі

$$J_0 = 0,5 J_{таб} (1 - k). \quad (9.9)$$

Осыдан жарықтың интенсивтігі бірінші поляризатордан өткен кезде неше есе кемитінін көреміз

$$\frac{J_{таб}}{J_0} = \frac{2}{1 - k} \text{ есе.}$$

$$\frac{J_{таб}}{J_0} = \frac{2}{1 - 0,05} = 2,1.$$

Бірінші поляризатордан шыққан поляризацияланған жарық екінші поляризаторға түседі. Ал есептің шарты бойынша екінші поляризатордың бас жазықтығы мен поляризацияланған жарық тербелістерінің бағыты арасындағы бұрыш $\alpha=60^\circ$ құрайды. Егер жұтылу ескерілмесе, онда екінші поляризатор арқылы өткен жарықтың интенсивтігі Малюс заңы бойынша анықталады:

$$J_1 = J_0 \cos^2 \alpha$$

Екінші поляризатордағы жұтылуды ескеретін болсақ, онда

$$J_1 = J_0 (1 - k) \cos^2 \alpha.$$

J_1 орнына (9.9) өрнегін қоятын болсақ, онда

$$J_1 = 0,5 J_{таб} (1 - k)^2 \cos^2 \alpha.$$

Екі поляризатор арқылы өткен жарықтың интенсивтігі неше есе кемитінін табамыз:

$$\frac{J_{маб}}{J_1} = \frac{2}{(1-k)^2 \cos^2 \alpha}. \quad (9.10)$$

(9.10) формуласына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\frac{J_{маб}}{J_1} = \frac{2}{(1-0,05)^2 \cos^2 60^0} = 8,86.$$

Жауабы: $\frac{J_{маб}}{J_0} = 2,1;$ $\frac{J_{маб}}{J_1} = 8,86.$

9.2.8 **8 есеп.** Қант ерітіндісінің C массалық концентрациясын анықтаңыздар. Осындай ерітіндісі бар ұзындығы $l = 20$ см түтікше арқылы жарық өткен кезде жарықтың поляризация жазықтығы $\varphi = 10^0$ бұрышқа айналады. Қанттың $[\alpha]$ меншікті айналуы $1,17 \cdot 10^{-2}$ рад·м²/кг тең.

Берілгені:

$$l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$\varphi = 10^0 = 0,175 \text{ рад}$$

$$[\alpha] = 1,17 \cdot 10^{-2} \text{ рад·м}^2/\text{кг}$$

C - ?

Шешуі: Қант ерітіндісі оптикалық актив орта болып табылады. Оптикалық актив ерітінділерлермен поляризацияланған жарықтың поляризация жазықтығын айналдыру бұрышы мына формула бойынша анықталады:

$$\varphi = [\alpha] C l \quad (9.11)$$

(9.11) формуласынан ізделініп отырған шаманың формуласын табамыз:

$$C = \varphi / [\alpha] l \quad (9.12)$$

(9.12) формуласына сәйкес C массалық концентрациясының өлшем бірлігін тексереміз:

$$[C] = \text{рад} \cdot \text{кг} / (\text{рад} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}) = \text{кг} / \text{м}^3$$

(9.12) формуласына сандық мәндерді қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$C = \frac{0,175}{1,17 \cdot 10^{-2} \cdot 0,2} = 74,8 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Жауабы: $C = 74,8 \text{ кг} / \text{м}^3.$

10. КВАНТТЫҚ ОПТИКА

10.1 Негізгі заңдар мен формулалар

10.1.1 Фотон энергиясы

$$\varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = m c^2$$

10.1.2 Фотонның импульсі

$$p_{\phi} = m_{\phi} c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

10.1.3 Фотонның массасы

$$m_{\phi} = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

10.1.4 Энергетикалық ағын

$$\Phi = \frac{dW}{dt}$$

10.1.5 Энергетикалық жарқырау (сәуле шығарғыштық)

$$R_{\phi} = \frac{d\Phi}{dS}$$

10.1.6 Энергетикалық жарқыраудың спектрлік тығыздығы (сәуле шығарғыштық қабілеті)

$$r_{\lambda T} = \frac{dR_{\phi}}{d\lambda} \quad \text{немесе} \quad r_{\nu T} = \frac{dR_{\phi}}{d\nu}$$

10.1.7 Стефан – Больцман заңы

$$R_{\phi} = \sigma T^4,$$

мұндағы $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$ - Стефан-Больцман тұрақтысы

10.1.8 Сұр дененің энергетикалық жарқыруы

$$R_{\phi} = a_T \sigma T^4$$

мұндағы a_T - сұр дененің сәуле жұтқыштық қабілеті

10.1.9 Виннің ығысу заңы (Виннің бірінші заңы)

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

мұндағы $b=2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$

10.1.10 Виннің екінші заңы

$$(r_{\lambda T})_{\max} = cT^5,$$

мұндағы $c = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5)$

10.1.11 Фотозэффект үшін Эйнштейн теңдеуі:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + W_{\text{к max}}$$

а) фотозэлектронның $v \ll c$ жылдамдығы үшін

$$W_{\text{к max}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

б) фотозэлектронның $v \sim c$ жылдамдығы үшін

$$W_{\text{к max}} = (m - m_0)c^2 = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right)$$

10.1.12 Фотозэлектрондарың максимал кинетикалық энергиясы мен U_m тежеуші кернеу арасындағы байланыс

$$\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = eU_m$$

10.1.13 Фотозэффектінің “қызыл шекрасы”

$$h\nu_0 = A_{\text{шығ}}$$

10.1.14 Комптондық шашырау кезінде рентген сәулесінің толқын ұзындығының өзгеруі

$$\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

10.1.15 Комптондық толқын ұзындығы

$$\lambda_{\text{к}} = \Lambda = \frac{h}{m_0 c}$$

10.1.16 Жарықтың қысымы

$$p = E_e(1 + \rho)/c \quad \text{немесе} \quad \rho = w(1 + \rho)$$

10.2 Есеп шығару үлгісі

10.2.1 **1 есеп.** Күннің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының максимал мәні $\lambda_m = 500 \text{ нм}$ толқын ұзындығына сәйкес келеді. Күнді абсолют қара дене деп санап: 1) Күннің R_3 энергетикалық жарқырауын; 2) Күн шығаратын Φ энергия ағынын; 3) 1 с ішінде Күн шығаратын электромагниттік толқындар массасын.

<p><i>Берілгені:</i> $\lambda_m = 500 \text{ нм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ $t = 1 \text{ с}$ $R_3 = ?$ $\Phi = ?$ $m = ?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> 1) Абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауы Стефан-Больцман формуласы бойынша анықталады:</p> $R_3 = \sigma T^4 \quad (10.1)$
--	--

Дененің жарық шығаратын бетінің температурасы Виннің бірінші заңы бойынша анықталады

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

сондықтан,

$$T = \frac{b}{\lambda_m}.$$

Осы жердегі температураны (10.1) формуласына қойып, мынаны табамыз:

$$R_3 = \sigma \left(\frac{b}{\lambda_m} \right)^4. \quad (10.2)$$

(10.2) формуласындағы өлшем бірліктерді тексереміз :

$$[R_3] = \frac{Bm}{m^2 \cdot K^4} \cdot m^4 \cdot K^4 \cdot m^{-4} = \frac{Bm}{m^2}.$$

R -дің өлшем бірлігі дұрыс, сондықтан (10.2) формуласы да дұрыс табылған. ХБ жүйесіндегі сандық мәндерін қоямыз, σ және b мәндері 1-кестеде көрсетілген:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Bm}{m^2 \cdot K^4}; \quad b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}; \quad \lambda_m = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

$$R_9 = 5,67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-7}} \right)^4 = 64 \cdot 10^6 \frac{Вт}{м^2} = 64 \text{ МВт/м}^2.$$

2) Күн шығаратын сәулелер энергиясының Φ ағыны, Күннің сәуле шығарғыштығының оның S бетінің ауданына көбейтіндісіне тең:

$$\Phi = R_9 \cdot S \quad \text{немесе} \quad \Phi = R_9 \cdot 4\pi r^2,$$

мұндағы r – Күннің радиусы. Анықтама кесте бойынша (20 -кесте) $r = 6,95 \cdot 10^8$ м

$$[\Phi] = \frac{Вт}{м^2} \cdot м^2 = Вт.$$

$$\Phi = 64 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (6,95 \cdot 10^8)^2 = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ Вт}.$$

3) 1 с ішінде Күн шығаратын электромагниттік толқындардың массасын, энергия мен массаның пропорционалдық заңын қолдана отырып табамыз

$$E = m \cdot c^2.$$

t уақыт ішінде шығатын электромагниттік толқындардың энергиясы уақыт пен энергия ағынының көбейтіндісіне тең болғандықтан

$$E = \Phi \cdot t,$$

осыдан

$$\Phi \cdot t = m \cdot c^2,$$

сондықтан,

$$m = \frac{\Phi \cdot t}{c^2}.$$

Өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[m] = \frac{Вт \cdot с}{м^2 / с^2} = \frac{Вт \cdot с^3}{м^2} = \frac{кг \cdot м^2 \cdot с^3}{с^3 \cdot м^2} = кг.$$

Есептеулер жүргіземіз:

$$m = \frac{3,9 \cdot 10^{26} \cdot 1}{(3 \cdot 10^8)^2} = 4 \cdot 10^9 \text{ кг} = 4 \text{ Тг}.$$

Жауабы: $R_9 = 64 \text{ МВт/м}^2$; $\Phi = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$; $m = 4 \text{ Тг}$.

10.2.2 **2 есеп.** Абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының максимал мәніне сәйкес келетін λ_m толқын ұзындығы 0,58 мкм тең. λ_m жақын $\Delta\lambda = 1$ нм толқын ұзындығына есептелген $(r_{\lambda T})_{max}$ энергетикалық жарқыраудың спектрлік тығыздығының максимал мәнін анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $\lambda_m = 0,58 \text{ мкм} = 0,58 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ $\Delta\lambda = 1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ $(r_{\lambda T})_{max} - ?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Энергетикалық жарқыраудың (сәуле шығарғыштық) спектрлік тығыздығының максимал мәні Виннің екінші заңы бойынша анықталады:</p> $(r_{\lambda T})_{max} = cT^5, \quad (10.3)$
---	---

мұндағы c - Виннің екінші заңындағы тұрақты, T – абсолют температура. Температураны Виннің бірінші заңы арқылы анықтаймыз:

$$\lambda_m = \frac{b}{T} \quad \text{және} \quad T = \frac{b}{\lambda_m}.$$

Температураны (10.3) формуласына қоямыз:

$$(r_{\lambda T})_{max} = c \cdot \left(\frac{b}{\lambda_m}\right)^5 \quad (10.4)$$

$$[(r_{\lambda T})_{max}] = \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{нм} \cdot \text{К}^5} \cdot \frac{\text{м}^5 \cdot \text{К}^5}{\text{м}^5} = \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{нм}}$$

Анықтама кестеде (1-кестені қара) c мәні ХБ жүйесінде берілген, ондағы толқын ұзындығының бірлік интервалы $\Delta\lambda = 1$ м тең. Есептің шарты бойынша бізге $\Delta\lambda = 1$ нм толқын ұзындығына есептелген $(r_{\lambda T})_{max}$ табу керек. Сондықтан ХБ жүйесіндегі c мәнін берілген толқын ұзындығына сәйкес қайта есептейміз:

$$c = 1,3 \cdot 10^{-5} \frac{Bm}{\text{м}^3 \cdot \text{К}^5} = 1,3 \cdot 10^{-5} \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{м} \cdot \text{К}^5} = 1,3 \cdot 10^{-14} \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{нм} \cdot \text{К}^5}$$

(10.4) формуласы бойынша есептеулер жүргіземіз:

$$(r_{\lambda T})_{max} = 1,3 \cdot 10^{-14} \cdot \left(\frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{0,58 \cdot 10^{-6}}\right)^5 = 40,6 \cdot 10^3 \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{нм}} = 40,6 \frac{\kappa Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{нм}}.$$

Жауабы: $(r_{\lambda T})_{max} = 40,6 \frac{\kappa Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{нм}}.$

10.2.3 **3 есеп.** Күмістің бетінен ұшып шыққан фотоэлектрондардың v_{\max} максимал жылдамдығын анықтаңыздар: 1) толқын ұзындығы $\lambda_1=0,155$ мкм ультракүлгін жарықпен сәулелендіргенде; 2) толқын ұзындығы $\lambda_2=1$ пм γ - жарықпен сәулелендіргенде.

<p><i>Берілгені:</i> $\lambda_1=0,155\text{мкм}=0,155\cdot 10^{-6}\text{ м}$ $\lambda_2=1\text{пм}=1\cdot 10^{-12}\text{ м}$ $v_{\max 1} -? v_{\max 2} -?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Фотоэлектрондардың максимал жылдамдығын фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуі арқылы анықтаймыз:</p> $\varepsilon = A_{\text{шығ}} + W_{\text{к max}}, \quad (10.5)$
--	--

мұндағы ε - металдың бетіне келіп түскен фотондардың энергиясы; $A_{\text{шығ}}$ – шығу жұмысы; $W_{\text{к max}}$ – фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясы.

Фотонның энергиясын екінші жағынан мына формула бойынша есептеуге болады

$$\varepsilon = h \frac{c}{\lambda}, \quad (10.6)$$

мұндағы h – Планк тұрақтысы; c – жарықтың вауумдегі жылдамдығы; λ - толқын ұзындығы.

Электронның кинетикалық энергиясы классикалық формуласы бойынша былай өрнектеледі

$$W_{\text{к}} = \frac{m_0 v^2}{2}, \quad (10.7)$$

немесе релятивистік формуласы бойынша

$$W_{\text{к}} = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (10.8)$$

ол электронға қандай жылдамдық берілгеніне байланысты. Фотоэлектронның жылдамдығы фотоэффект тудыратын фотонның энергиясына тәуелді: егер фотонның ε энергиясы электронның тыныштықтағы E_0 энергиясынан көп аз болса, онда (10.7) формуласын қолданамыз. Егер ε шамасы жағынан E_0 тең болса, онда (10.7) формуласы бойынша жүргізілген есептеулер қате болып шығады, сондықтан фотоэлектрондардың кинетикалық энергиясын (10.8) формуласы бойынша өрнектейміз.

1. Ультракүлгін сәулелер фотонның энергиясын мына формула бойынша анықтаймыз (10.6):

$$\varepsilon_1 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,55 \cdot 10^{-7}} \text{ Дж} = 1,28 \cdot 10^{-18} \text{ Дж},$$

немесе

$$\varepsilon_1 = \frac{1,28 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ эВ} = 8 \text{ эВ}.$$

Табылған фотон энергиясы (8эВ) электронның тыныштықтағы энергиясынан (0,51 МэВ) көп аз. Сондықтан берілген жағдай үшін (10.5) формуласындағы фотоэлектрондардың кинетикалық энергиясы классикалық (10.7) формуласы бойынша өрнектеледі:

$$\varepsilon_1 = A_{\text{шығ}} + \frac{m_0 v_{\text{max1}}^2}{2},$$

осыдан

$$v_{\text{max1}} = \sqrt{\frac{2(\varepsilon_1 - A_{\text{шығ}})}{m_0}}. \quad (10.9)$$

Өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[v_{\text{max1}}] = \sqrt{\frac{2[\varepsilon_1 - A]}{[m_0]}} = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2}{\text{кг}}} = \text{м/с}.$$

$A_{\text{шығ}}$ шығу жұмыс мен электронның тыныштықтағы m_0 массасының мәндерін 15 және 14 анықтама кестелерден аламыз: $A_{\text{шығ}} = 7,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 4,7 \text{ эВ}$; $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

(10.9) формуласына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз

$$v_{\text{max1}} = \sqrt{\frac{2(1,28 \cdot 10^{-18} - 0,75 \cdot 10^{-18})}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 1,08 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

2. γ - сәулелер фотонның энергиясын есептейміз:

$$\varepsilon_2 = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{10^{-12}} \text{ Дж} = 1,99 \cdot 10^{-13} \text{ Дж},$$

немесе

$$\varepsilon_2 = \frac{1,99 \cdot 10^{-13}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ эВ} = 1,24 \cdot 10^6 \text{ эВ} = 1,24 \text{ МэВ}.$$

Электрондардың шығу жұмысы ($A_{\text{шығ}} = 4,17 \text{ эВ}$) фотонның ($\varepsilon_2 = 1,24 \text{ МэВ}$) энергиясымен салыстырғанда өте аз болғандықтан, электронның максимал кинетикалық энергиясы фотонның энергиясына тең болады: $W_{\text{max}} = \varepsilon_2 = 1,24 \text{ МэВ}$).

Берілген жағдайда электронның кинетикалық энергиясы оның тынышықтағы энергиясынан көп болғандықтан, электронның жылдамдығын табу үшін кинетикалық энергияның релятивистік формуласын қолдану қажет.

$$W_{\kappa \max} = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right).$$

Түрлендірулер жүргізіп, мынаны табамыз

$$\beta = \frac{\sqrt{(2E_0 + W_{\kappa \max}) \cdot W_{\kappa \max}}}{E_0 + W_{\kappa \max}}.$$

$v = c \cdot \beta$ және $W_{\kappa \max} = \varepsilon_2$ екенін ескеріп, мынаны табамыз

$$v_{\max 2} = c \frac{\sqrt{(2E_0 + \varepsilon_2)\varepsilon_2}}{E_0 + \varepsilon_2}.$$

$$[v_{\max 2}] = \frac{m}{c} \cdot \frac{\sqrt{\text{Дж}^2}}{\text{Дж}} = \frac{m}{c}.$$

Физикалық шамалардың сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$v_{\max 2} = 3 \cdot 10^8 \frac{\sqrt{(2 \cdot 0,51 + 1,24) \cdot 1,24}}{0,51 + 1,24} \text{ м/с} = 2,85 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

Жауабы: $v_{\max 1} = 1,08 \cdot 10^6 \text{ м/с}$; $v_{\max 2} = 2,85 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

10.2.4 4 есеп. Комптон әсерінің нәтижесінде электронмен соқтығысқан фотон $\theta = 90^\circ$ бұрышпен шашыраған. Шашыраған фотонның энергиясы $\varepsilon_2 = 0,4 \text{ МэВ}$. Фотонның шашырағанға дейінгі ε_1 энергиясын анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $\theta = 90^\circ$ $\varepsilon_2 = 0,4 \text{ МэВ}$ $\varepsilon_1 - ?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Комптон формуласына сәйкес фотонның электроннан шашырау кезіндегі толқын ұзындығының өзгерісі</p> $\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0 \cdot c} \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (10.10)$
--	--

мұндағы h — Планк тұрақтысы; m_0 — электронның тыныштықтағы массасы; c — жарықтың вакуумдегі жылдамдығы.

$\varepsilon = h \frac{c}{\lambda}$ формуласын қолдана отырып $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ өрнегін фотонның сәйкес ε_1 және ε_2 энергиялары арқылы өрнектеп және (10.10) теңдеуінің оң жағындағы өрнектің алымы мен бөлімін c жарық жылдамдығына көбейтіп, мынаны табамыз:

$$\frac{hc}{\varepsilon_2} - \frac{hc}{\varepsilon_1} = 2 \frac{hc}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad \text{немесе} \quad \frac{1}{\varepsilon_2} - \frac{1}{\varepsilon_1} = \frac{2}{E_0} \sin^2 \frac{\theta}{2}, \quad (10.11)$$

мұндағы $E_0 = m_0 \cdot c^2$ - электроның тыныштықтағы энергиясы.

(10.11) формуласынан ε_1 энергиясын өрнектейміз:

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_2 E_0}{E_0 - 2\varepsilon_2 \sin^2 \frac{\theta}{2}} \quad (10.12)$$

$$[\varepsilon_1] = \frac{MэВ \cdot MэВ}{MэВ} = MэВ.$$

E_0 мәнін анықтама 14-кестеден алып және (10.12) формуласына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,4 \cdot 0,511}{0,511 - 2 \cdot 0,4 \cdot 0,5} = 1,85 \text{ МэВ.}$$

Жауабы: $\varepsilon_1 = 1,85 \text{ МэВ}$.

10.2.5 5 есеп. Толқын ұзындығы $\lambda = 663 \text{ нм}$ монохромат жарықтың шоғыры айналық жазық бетке қалыпты түскен. Энергия ағыны $\Phi = 0,6 \text{ Вт}$. Жарықтың бетке түсіретін F қысым күшін және $t = 5 \text{ с}$ уақыт ішінде осы бетке келіп түскен N фотондар санын анықтаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $\lambda = 663 \text{ нм}$ $\Phi = 0,6 \text{ Вт}$ $t = 5 \text{ с}$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Жарықтың бетке түсіретін қысым күші жарықтың p қысымы мен S бетінің ауданының көбейтіндісіне тең</p> $F = p \cdot S \quad (10.13)$
<p>$N - ?$ $F - ?$</p>	<p>Жарықтың қысымы тағы мына формула бойынша анықталады</p> $p = E_e (1 + \rho) / c \quad (10.14)$ <p>(10.14) өрнегін (10.13) формуласына қойып, мынаны табамыз:</p> $F = E_e \cdot S \cdot (\rho + 1) / c \quad (10.15)$

E_e жарықтанылуы мен S беті ауданының көбейтіндісі бетке түскен Φ энергия ағынына тең, сондықтан (10.15) өрнегін мына түрде жазуға болады:

$$F = \frac{\Phi}{c}(\rho + 1)$$

Өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[F] = \text{Вт} \cdot \text{с} / \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с} / \text{с} \cdot \text{м} = \text{Н}$$

Айналық бет үшін $\rho = 1$ екенін ескере отырып, және сандық мәндерді орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$F = 0,6 \cdot 2 / 3 \cdot 10^8 = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Н} = 4 \text{ нН.}$$

Жауабы: $F = 4 \text{ нН.}$

11 АТОМДЫҚ ФИЗИКА

11.1 Негізгі заңдар мен формулалар

11.1.1 Атомдағы электронның импульс моменті (Бордың бірінші постулаты)

$$m v r = n \hbar,$$

мұндағы $n = 1, 2, 3, \dots \infty$. –бас кванттық сан.

11.1.2 Сутегі атомының n -ші стационар орбитасының радиусы

$$r_n = a_1 n^2,$$

мұндағы a_1 – Бордың бірінші орбитасының радиусы.

11.1.3 Сутегі атомының иондалу энергиясы

$$E_i = R h c,$$

мұндағы $R = 1,10 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ – Ридберг тұрақтысы

11.1.4 Сутегі атомындағы электронның энергиясы

$$E_n = E_i / n^2$$

11.1.5 Атом шығаратын немесе жұтатын энергия (Бордың екінші постулаты)

$$\varepsilon = \hbar\omega = E_{n_2} - E_{n_1} \quad \text{немесе} \quad \varepsilon = E_i \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

11.1.6 Бас кванттық саны n_2 болатын бір стационарлық күйден, бас кванттық саны n болатын екінші стационарлық деңгейге ауысқан кездегі ядролық заряды Z болатын сутегі атомы немесе сутегі тәрізді иондармен жұтылатын немесе шығарылатын спектрлік сызықтарға арналған сериялық формулалар

$$\nu = Z^2 R c \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad \text{немесе} \quad \frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

11.1.7 Тұтас рентген спектрінің қысқа толқынды шекарасы

$$\lambda_{min} = hc / e U$$

11.1.8 Мозли заңы

а) жалпы түрі
$$\frac{1}{\lambda} = R (Z - b)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

б) K_α – сызықтары үшін

$$\frac{1}{\lambda_{K\alpha}} = \frac{3}{4} R (Z - b)^2$$

11.1.9 Рентген сәулелерінің K_α –сызықтарына сәйкес келетін фотонның энергиясы

$$\varepsilon_{K\alpha} = \frac{3}{4} E_i (Z - b)^2$$

11.2 Есеп шығару үлгісі

11.2.1 **1 есеп.** Li^{++} ионындағы электрон төртінші энергетикалық деңгейден екінші деңгейге ауысқан. Осы кезде шығарылған фотонның энергиясын анықтаңыз.

Берілгені:

$$Z = 3$$

$$n_2 = 4$$

$$n_1 = 2$$

Шешуі: Фотонның энергиясын анықтау үшін сутегі тәрізді иондарға арналған сериялық формулаларды қолданамыз:

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (11.1)$$

$$\varepsilon = ?$$

мұндағы:

λ – фотонның толқын ұзындығы;
 R – Ридберг тұрақтысы;
 Z – салыстырмалы өлшем бірліктегі ядро заряды;
 n_1 – электрон ауысып келген орбита номері;
 n_2 – электрон ауысып кеткен орбита номері.

Фотон энергиясы ε былай өрнектеледі

$$\varepsilon = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda}$$

(11.1) формуласының екі бөлігін hc көбейтетін болсақ

$$\varepsilon = RhcZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Rhc өрнегі сутегі атомының E_i иондалу энергиясы болғандықтан

$$\varepsilon = E_i Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

E_i мәнін анықтама 1- кестеден аламыз. $E_i = 13,6$ эВ

Сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\varepsilon = 13,6 \cdot 3^2 \left(\frac{1}{2_1^2} - \frac{1}{4_2^2} \right) = 22,95 \text{ эВ}$$

Жауабы: $\varepsilon = 22,95$ эВ

11.2.2 2 есеп. Сутегі атомы үшін Бор теориясын қолданып, ядроға жақын орбитаның радиусын (Бордың бірінші радиусы) және электронның осы орбита бойымен қандай жылдамдықпен қозғалатынын анықтаңыздар.

Берілгені:
 $n=1$
 $Z=1$
 $r_1?$ $v_1?$

Шешуі: Атомдағы электронға ядро тарапынан кулондық тартылу күші әсер етеді және ол центрге тартқыш күштің ролін атқарады:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad (11.3)$$

мұндағы m және e - электронның массасы мен заряды, Ze – ядро заряды, v және r – электронның орбита бойымен қозғалыс жылдамдығы және орбита радиусы, ε_0 – электр тұрақтысы.

(11.3) теңдеуін қанағаттандыратын көп орбиталар ішінен стационар орбиталарды таңдап аламыз. Ол үшін орбиталарды кванттау ережесін қолданамыз:

$$mvr = n\hbar, \quad (11.4)$$

мұндағы n – бас кванттық сан, ол Бор теориясында стационар орбитаның номеріне сәйкес келеді; $\hbar = h / 2\pi$ – келтірілген Планк тұрақтысы.

Есептің шарты бойынша $Z = 1$, $n = 1$, сондықтан (11.3) және (11.4) теңдеулері мына түрге болады:

$$\begin{cases} \frac{mv_1^2}{r_1} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2}, \\ mv_1 r_1 = \hbar \end{cases} \quad (11.5)$$

(11.5) теңдеулер жүйесін шеше отырып, мынаны табамыз:

$$r_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0 \hbar^2}{me^2}, \quad (11.6)$$

$$v_1 = \frac{\hbar}{mr_1}. \quad (11.7)$$

r_1 және v_1 өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[r_1] = \frac{Кл^2 \cdot Дж^2 \cdot c^2}{Н \cdot м^2 \cdot кг \cdot Кл^2} = \frac{Н^2 м^2 c^2}{Н м^2 кг} = м,$$

$$[v_1] = \frac{Дж \cdot c}{кг \cdot м} = \frac{кг \cdot м^2 c}{с^2 кг \cdot м} = \frac{м}{с}.$$

r_1 және v_1 өлшем бірліктері дұрыс, сондықтан (11.6) және (11.7) формулалары да дұрыс табылған деп есептейміз. Сандық мәндерін орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$r_1 = \frac{(1,05 \cdot 10^{-34})^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} (1,6 \cdot 10^{-19})^2} = 52,8 \cdot 10^{-12} м = 52,8 нм$$

$$v_1 = \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 52,8 \cdot 10^{-12}} = 2,19 \cdot 10^6 м/с = 2,19 Мм/с$$

Жауабы: $r_1 = 52,8 нм$; $v_1 = 2,19 Мм/с$.

11.2.3 **3 есеп.** Вольфрамды жылдам электрондармен атқылау кезінде сәулененген рентген спектрлерінің K_α –сызықтарына сәйкес келетін фотонның $\varepsilon_{K\alpha}$ энергиясы мен $\lambda_{K\alpha}$ толқын ұзындығын анықтаңыздар.

Берілгені: *Шешуі:* Вольфрамды жылдам электрондармен атқылау кезінде $k=1$ спектрлері сызықтық болып келетін рентген сәулелері пайда болады. Жылдам электрондар атомдағы электрондық қабықшаның $n=2$ ішіне кіріп, электрондық қабаттарда орналасқан электрондарды $Z=74$ ығыстырып шығарады.

$\lambda_{K\alpha}$ -? Егер ядроға жақын орналасқан K – қабықшадағы екі электронның $\varepsilon_{K\alpha}$ -? біреуі атомның сыртқы жағына ығысып шығатын болса, онда оның босап қалған орнына жоғары жақта орналасқан (L, M, N) қабаттардағы электрондар ауысып келеді.

Осы кезде K – сериясының сызықтары пайда болады. Осы K_α -сериясының ең қарқынды (интенсивті) сызықтары электронның L -қабатынан ($n=2$) K –қабатына ($k=1$) өту кезінде пайда болады. Сондықтан, осы сызықтардың толқын ұзындығы Мозли заңы бойынша анықталады:

$$\frac{1}{\lambda_{K\alpha}} = R (Z - b)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{3}{4} R (Z - b)^2, \quad (11.8)$$

мұндағы $R = 1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ – Ридберг тұрақтысы, $Z = 74$ – вольфрамның атомдық номері, b - экрандау тұрақтысы (K -сериясы үшін $b=1$). (11.8) формуласынан мынаны табамыз:

$$\lambda_{K\alpha} = \frac{4}{3R(Z-1)^2}.$$

Сандық мәндерді қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\lambda_{K\alpha} = \frac{4}{3 \cdot 1,1 \cdot 10^7 (74-1)^2} = 2,28 \cdot 10^{-11} \text{ м} = 22,8 \text{ нм}$$

α -сериясына сәйкес келетін фотонның энергиясын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$\varepsilon_{K\alpha} = \frac{3}{4} E_i (Z - b)^2, \quad (11.9)$$

мұндағы E_i – сутегі атомының иондалу энергиясы, $E_i = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ (1-кестені қара). (11.9) формуласына сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\varepsilon_{K\alpha} = 0,75 \cdot 2,18 \cdot 10^{-18} (74 - 1)^2 = 8,713 \cdot 10^{-15} \text{ Дж} = 54,5 \text{ кэВ}$$

Жауабы: $\lambda_{K\alpha} = 22,8 \text{ пм}$, $\varepsilon_{K\alpha} = 54,5 \text{ кэВ}$.

12 КВАНТТЫҚ МЕХАНИКА

12.1 Негізгі формулалар

12.1.1 де Бройль толқын ұзындығы

а) классикалық түрі ($v \ll c$)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad \text{немесе} \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2W_k m}}$$

б) релятивистік жағдайда ($v \sim c$)

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

12.1.2 Микробөлшектің энергиясы

$$E = mc^2 \quad \text{немесе} \quad E = h\nu = \hbar\omega$$

12.1.3 Микробөлшектің импульсі

$$p = mv \quad \text{немесе} \quad p = h/\lambda, \quad \text{немесе} \quad p = \hbar \cdot k = \hbar \cdot 2\pi / \lambda$$

12.1.4 Микробөлшектің энергиясы және импульсі арасындағы байланыс

а) классикалық түрі ($v \ll c$)

$$p = \sqrt{2m_0 W_k}$$

б) релятивистік жағдайда ($v \sim c$)

$$p = \frac{\sqrt{(2m_0 c^2 + W_k) W_k}}{c},$$

12.1.5 Анықталмағандық қатынастары

а) координата мен бөлшек импульсі үшін

$$\begin{cases} \Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar \\ \Delta y \cdot \Delta p_y \geq \hbar \\ \Delta z \cdot \Delta p_z \geq \hbar \end{cases}$$

б) энергия мен қуат үшін

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$$

12.1.6 Шредингер теңдеуінің жалпы түрі

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + U(x, y, z) \Psi$$

12.1.7 Стационар күйлер үшін Шредингер теңдеуі

$$\Delta \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

12.1.8 Микробөлшектің элементтің dV көлемінен табылу ықтималдылығының тығыздығы

$$dw = \frac{dW}{dV} = |\psi(x, y, z)|^2$$

12.1.9 Толқындық функцияны нормалау шарты

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi|^2 dV = 1$$

12.2 Есеп шығару үлгісі

12.2.1 **1 есеп.** Бастапқы жылдамдығы нөлге тең электрон U үдетуші потенциалдар айырмасын жүріп өткен. Егер потенциалдар айырмасы: 1) $U = 51\text{В}$; 2) $U = 510\text{ кВ}$ болса, электрон үшін де Бройль толқынының ұзындығын анықтаңыздар.

Берілгені:

$$v_0 = 0$$

$$1) U = 51\text{В}$$

$$2) U = 510\text{ кВ}$$

Шешуі: Микробөлшек үшін де –Бройль толқынының ұзындығы оның импульсіне тәуелді және мына формула бойынша анықталады:

$$\lambda = \frac{h}{p}, \quad (12.1)$$

$$\lambda_1 - ? \quad \lambda_2 - ?$$

мұндағы h – Планк тұрақтысы.

Бөлшектің импульсін оның W_k кинетикалық энергиясы арқылы анықтауға болады. Релятивистік емес (бөлшектің кинетикалық энергиясы, оның тыныштықтағы энергиясынан көп кіші) және релятивистік (бөлшектің кинетикалық энергиясы оның тыныштықтағы энергиясына жуық) жағдайлар үшін импульс пен кинетикалық энергия арасындағы байланыс әртүрлі.

Релятивистік емес жағдайда

$$p = \sqrt{2m_0W_k} \quad (12.2)$$

мұндағы: m_0 – бөлшектің тыныштықтағы массасы
Релятивистік жағдайда

$$p = \frac{\sqrt{(2E_0 + W_k)W_k}}{c} \quad (12.3)$$

мұндағы $E_0 = m_0 c^2$ – бөлшектің тыныштықтағы энергиясы.

(12.2) және (12.3) теңдіктерін ескеретін болсақ, онда (12.1) формула былай жазылады

релятивистік емес жағдайда

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0W_k}} \quad (12.4)$$

релятивистік жағдайда

$$\lambda = \frac{h}{\frac{1}{c}\sqrt{(2E_0 + W_k)W_k}} \quad (12.5)$$

Есептің шартында берілген $U=51\text{В}$ және $U=510\text{ кВ}$ потенциалдар айырмасынан жүріп өткен электронның кинетикалық энергияларын оның тыныштықтағы энергиясымен салыстырып, және оның нәтижесіне байланысты (12.4) және (12.5) формулаларының қайсысын де Бройль толқынының ұзындығын есептеуге қолдану керектігін шешеміз.

U үдетуші потенциалдар айырмасын жүріп өткен электронның кинетикалық энергиясы

$$W_k = eU$$

Бірінші жағдайда $W_{k1} = eU_1 = 51\text{эВ} = 0,51 \cdot 10^{-4}\text{ МэВ}$, бұл электронның тыныштықтағы энергиясы $E_0 = m_0 c^2 = 0,51\text{ МэВ}$ -ан көп кіші. Сондықтан бұл жағдайда (12.4) формуланы қолдануға болады. Есептеулерді жеңілдету үшін $W_{k1} = 10^{-4} m_0 c^2$ деп аламыз. Осы өрнекті (12.4) формулаға қойып, оны мына түрде жазамыз

$$\lambda_1 = \frac{h}{\sqrt{2m_0 \cdot 10^{-4} \cdot m_0 c^2}} = \frac{10^2}{\sqrt{2}} \frac{h}{m_0 c} \quad (12.6)$$

Өлшем бірліктерін тексереміз:

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

(12.6) формуласына сандық мәндерін қойып және 1-кестені пайдаланып есептеулер жүргізіміз:

$$\lambda_1 = \frac{10^2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8}} \text{ м} = 0,172 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 172 \text{ пм.}$$

Екінші жағдайда кинетикалық энергия $W_{k2} = eU_2 = 510 \text{ кэВ} = 0,51 \text{ МэВ}$, яғни электронның тыныштықтағы энергиясына тең. Бұл жағдайда (12.5) релятивистік формуланы қолдану қажет. $W_{k2} = 0,51 \text{ МэВ} = m_0 c^2$ ескере отырып (12.5) формуласы бойынша мынаны табамыз:

$$\lambda_2 = \frac{h}{\sqrt{(2m_0c^2 + m_0c^2) \frac{m_0c^2}{c^2}}} = \frac{h}{\sqrt{3}m_0c}$$

Сандық мәндерін қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$\lambda_2 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{3} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} \text{ м} = 1,40 \text{ пм.}$$

Жауабы: $\lambda_1 = 172 \text{ пм}$, $\lambda_2 = 1,40 \text{ пм}$

12.2.2 2 есеп. Сутегі атомындағы электронның W_k кинетикалық энергиясы 10 эВ шамасында. Анықталмағандық қатынастарын қолдана отырып, атомның ең кіші сызықтық өлшемдерін бағалаңыздар.

<p><i>Берілгені:</i> $W_k = 10 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$</p> <hr/> <p>$\ell_{\min} - ?$</p>	<p><i>Шешуі:</i> Координата мен импульс үшін анықталмағандық қатынастары мына түрге ие:</p> $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar, \quad (12.7)$ <p>мұндағы: Δx – бөлшек координатасының анықталмағандығы Δp – бөлшек импульсінің анықталмағандығы \hbar – келтірілген Планк тұрақтысы.</p>
--	---

Анықталмағандық қатынастары көрсеткендей, бөлшектің кеңістіктегі орны неғұрлым дәлірек анықталса, соғұрлым оның импульсінің анықталмағандығы жоғары болады. Егер атомның сызықтық өлшемін ℓ деп алсақ, онда атомдағы электрон координатасының анықталмағандығы мынаған тең болады:

$$\Delta x = \frac{\ell}{2} \quad (12.8)$$

Осыдан (12.7) анықталмағандық қатынасын былай жазамыз

$$\frac{\ell}{2} \Delta p \geq \hbar, \quad \text{бұдан} \quad \ell \geq \frac{2\hbar}{\Delta p} \quad (12.9)$$

Физикалық жағынан қарастыратын болсақ, онда Δp – импульстің анықталмағандығы p -импульстің өз шамасынан артпауы тиіс, яғни $\Delta p \leq p$. (12.9) өрнегіне сәйкес Δp ең үлкен мәніне жететін болса, онда ℓ ең кіші мәніне жетеді, яғни $\Delta p = p$. Сондықтан

$$l_{\min} = 2\hbar / p$$

p импульс пен W_k кинетикалық энергия арасындағы байланыс бойынша:

$$p = \sqrt{2mW_k},$$

Осыдан

$$l_{\min} = \frac{2\hbar}{\sqrt{2mW_k}} \quad (12.10)$$

(12.10) формуласындағы физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексереміз:

$$l_{\min} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\sqrt{\text{кг} \cdot \text{Дж}}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \text{с}}{\sqrt{\text{кг}} \cdot \sqrt{\text{кг}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \text{м}$$

Сандық мәндерді орындарына қойып, есептеулер жүргіземіз:

$$l_{\min} = \frac{2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-18}}} = 1,24 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 124 \text{ пм}$$

Жауабы: $l_{\min} = 124 \text{ пм}$

13 ЯДРОЛЫҚ ФИЗИКА

13.1 Негізгі формулалар

13.1 Ядроның массалық саны (ядродағы нуклондар саны)

$$A = Z + N,$$

мұндағы Z – протондар саны (зарядтық сан), N – нейтрондар саны

13.2 Радиоактивтіліктің ыдырау заңы

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

13.3 Δt уақыт ішінде ыдыраған ΔN ядролар саны

а) $\Delta t \geq T_{1/2}$

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

б) $\Delta t \ll T_{1/2}$

$$\Delta N = N \lambda \Delta t$$

13.4 Жартылай ыдырау периоды $T_{1/2}$ мен радиоактивтіліктің ыдырау тұрақтысы λ арасындағы байланыс

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

13.5 Радиоактивті ядроның орташа өмір сүру τ уақыты, яғни ыдырамай қалған ядролардың саны e есеге азаятын уақыт

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

13.6 Массасы m және мольдік массасы M болатын радиоактивті изотоптағы N атомдар саны

$$N = \frac{m N_a}{M},$$

мұндағы N_a – Авогадро саны

13.7 Бастапқы уақыт мезетіндегі активтілігі A_0 болатын радиоактивті изотоптың A активтілігі

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad \text{немесе} \quad A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

13.8 Изотоптың меншікті активтілігі

$$a = A / m$$

13.9 Зарядтық саны Z және массалық саны A болатын ядроның массалар ақауы

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_{\text{я}} \quad \text{немесе} \quad \Delta m = Z m_H + (A - Z) m_n - m_a$$

13.10 Ядроның байланыс энергиясы

$$\Delta E = c^2 \Delta m,$$

мұндағы c – вакуумдегі жарық жылдамдығы

13.11 Егер ядроның массалар ақауы Δm – м.а.б. байланыс энергиясы $\Delta E_{\text{бай}}$ –МэВ, $c^2 = 931$ МэВ/ м.а.б өрнектелсе, онда

$$\Delta E = 931 \Delta m.$$

13.2 Есеп шығару үлгісі

13.2.1 **1 есеп.** Литий ${}^7_3\text{Li}$ ядросының Δm массасының ақауын және ΔE_0 меншікті байланыс энергиясын есептеңіздер.

Шешуі: Ядроның массасы, қашанда ядроны құрайтын бос протондар мен нейтрондар массаларының қосындысынан аз. Ядроның массалар ақауы Δm , ол бос нуклондар (протондар мен нейтрондар) массаларының қосындысы мен ядро массасының арасындағы айырмаға тең, яғни

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) m_n - m_{\text{я}} \quad (13.1)$$

мұндағы: Z – атомның номері (ядродағы протондар саны)
 A – массалық сан (ядроны құрап тұрған нуклондар саны)
 $m_p, m_n, m_{\text{я}}$ – сәйкес протон, нейтрон және ядроның массалары.

Анықтама кестелерде ядроның емес, нейтрал атомдардың массалары беріледі, сондықтан (13.1) формуласын, оған m_a нейтрал атомының массасы кіретіндей етіп түрлендіреміз. Нейтрал атомның массасы, атомның электрондық қабықшасын құрап тұрған электрондар мен ядроның массаларының қосындысына тең

$$m_a = m_{\text{я}} + Zm_e$$

бұдан
$$m_{\text{я}} = m_a - Zm_e \quad (13.2)$$

(13.1) теңдіктегі ядро массасын (13.2) формуласы арқылы өрнектеп, мынаны табамыз

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_a + Zm_e$$

немесе

$$\Delta m = Z(m_p + m_e) + (A - Z)m_n - m_a$$

мұндағы:

$$m_p + m_e = m_{\text{H}}, \quad m_{\text{H}} - \text{сутегі атомының массасы}$$

осыдан

$$\Delta m = Zm_{\text{H}} + (A - Z)m_n - m_a \quad (13.3)$$

(13.3) өрнегіне массалардың сандық мәндерін қойып, мынаны табамыз.

$$\Delta m = [3 \cdot 1,00783 + (7-3) \cdot 1,00867 - 7,01601] \text{ м.а.б} = 0,04216 \text{ м.а.б}$$

Масса мен энергияның пропорционалдық заңына сәйкес

$$\Delta E = c^2 \Delta m \quad (13.4)$$

мұндағы: c – вакуумдегі жарық жылдамдығы

Пропорционалдық коэффициенті c^2 былай жазылады:

$$c^2 = \frac{\Delta E}{\Delta m} = 9 \cdot 10^{16} \text{ Дж/кг} \quad \text{немесе} \quad c^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 .$$

Егер байланыс энергиясын, жүйелік емес өлшем бірліктері арқылы есептесек, онда $c^2 = 931 \text{ МэВ/ м.а.б}$

Осыны ескере отырып (13.4) формуласы мына түрге ие болады

$$\Delta E = 931\Delta m \text{ (МэВ)} \quad (13.5)$$

Ядродағы нуклондардың меншікті байланыс энергиясы деп, бір нуклонға келетін ядроның байланыс энергиясын айтамыз, яғни

$$\Delta E_0 = \frac{\Delta E}{A}.$$

Осыдан (13.5) формулаға сәйкес:

$$\Delta E_0 = \frac{931\Delta m}{A} \text{ (МэВ)} \quad (13.6)$$

Масса ақауының табылған $\Delta m = 0,04216 \text{ м.а.б}$ мәнін, ${}^7_3\text{Li}$ үшін $A=7$ массалық санын орынына қойып есептеулер жүргіземіз:

$$\Delta E_0 = \frac{931 \cdot 0,04216}{7} = 4,7 \text{ МэВ}$$

Жауабы: $\Delta m = 0,04216 \text{ м.а.б}$, $\Delta E_0 = 4,7 \text{ МэВ}$

13.2.2 2 есеп. Массасы $m=0,2 \text{ мкг}$ радиоактивті ${}^{27}_{12}\text{Mg}$ магний препаратының бастапқы A_0 активтілігі мен $t=6\text{сағ}$ уақыт өткеннен кейінгі A активтілігін анықтаңыздар. Магнийдің жартылай ыдырау $T_{1/2}$ периоды 10 мин.

Берілгені:

${}^{27}_{12}\text{Mg}$

$m=0,2 \text{ мкг} = 0,2 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$

$t = 6\text{сағ} = 2,16 \cdot 10^3 \text{ с}$

$T_{1/2} = 10\text{мин} = 600\text{с}$

$A_0 - ? \quad A - ?$

Шешуі: Изотоптың A активтілігі радиоактивтіліктің ыдырау жылдамдығын сипаттайды және ол dt уақыт аралығында ыдыраған dN ядролар санының осы уақыт аралығына қатынасы арқылы анықталады:

$$A = - \frac{dN}{dt} \quad (13.7)$$

«-» таңбасы радиоактивті ядролардың N саны уақыт өте келе кемуі бастайтынын көрсетеді.

$\frac{dN}{dt}$ - өрнегін табу үшін радиоактивтіліктің ыдырау заңын қолданамыз:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (13.8)$$

мұндағы N – изотоптағы t уақыт мезетіндегі радиоактивті ядролар саны; N_0 – бастапқы уақыт ($t=0$) мезетіндегі радиоактивті ядролар саны; λ - радиоактивтіліктің ыдырау тұрақтысы.

(13.8) өрнегінен уақыт бойынша туынды алатын болсақ:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}, \quad (13.9)$$

(13.7) және (13.9) формулаларынан $\frac{dN}{dt}$ өрнегін алып тастап, препараттың t уақыт мезетіндегі активтілігін табамыз:

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad (13.10)$$

Препараттың $t=0$ уақыт мезетіндегі A_0 бастапқы активтілігі;

$$A_0 = \lambda N_0 \quad (13.11)$$

Жартылай ыдырау периоды $T_{1/2}$ мен радиоактивтіліктің ыдырау тұрақтысы λ арасындағы байланыс мына формула бойынша анықталады

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}. \quad (13.12)$$

Изотоптағы радиоактивтік ядролардың N_0 саны N_A Авогадро тұрақтысын ν зат мөлшеріне көбейткенге тең:

$$N_0 = \nu N_A = \frac{m}{\mu} N_A, \quad (13.13)$$

мұндағы m - изотоптың массасы; μ -мольдік масса.

(13.12) және (13.13) өрнектерін ескеретін болсақ, онда (13.10) және (13.11) формулалары мына түрге келеді

$$A_0 = \frac{m}{\mu} \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N_A \quad (13.14)$$

$$A = \frac{m}{\mu} \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N_A e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} \quad (13.15)$$

Физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[A] = [A_0] = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}}{\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}} = \text{с}^{-1} = \text{Бк}$$

$\mu = 27 \cdot 10^{-3}$ кг/моль екенін ескеріп, есептеулер жүргіземіз

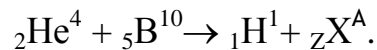
$$A_0 = \frac{0,2 \cdot 10^{-9}}{27 \cdot 10^{-3}} \frac{0,693}{600} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ Бк} = 5,13 \cdot 10^{12} \text{ Бк} = 5,13 \text{ ТБк.}$$

$$A = \frac{0,2 \cdot 10^{-9}}{27 \cdot 10^{-3}} \frac{0,693}{600} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot e^{-\frac{0,693}{600} \cdot 2,16 \cdot 10^4} \text{ Бк} = 81,3 \text{ Бк}$$

Жауабы: $A_0 = 5,13 \text{ ТБк}$, $A = 81,3 \text{ Бк}$

13.2.3 3 есеп. α -бөлшек пен бор ${}^{10}_5\text{B}$ ядросының соқтығысу кезінде ядролық реакция пайда болып және оның нәтижесінде екі жаңа ядро түзіледі. Осы ядролардың бірі ${}^1_1\text{H}$ сутегі атомының ядросы. Екінші ядроның реттік номері мен массалық санын анықтаңыздар. Ядролық реакцияның өрнегін жазып, оның энергетикалық әсерін анықтаңыздар.

Шешуі: Белгісіз ядроны ${}_Z\text{X}^A$ символымен белгілейміз. α - бөлшектер ${}_2\text{He}^4$ гелийдің ядросы болып табылғандықтан, реакция өрнегі мына түрге ие болады



Нуклондар санының сақталу заңын қолданып, мына теңдеуді аламыз

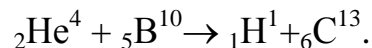
$$4 + 10 = 1 + A,$$

осыдан $A = 13$.

Зарядтың сақталу заңын қолданып, мына теңдеуді аламыз

$$2 + 5 = 1 + Z,$$

осыдан $Z = 6$. Сондықтан белгісіз ядро ${}_6\text{C}^{13}$ көміртегі изотопы атомының ядросы болып табылады. Енді ядролық реакцияның соңғы түрін жазамыз:



Ядролық реакцияның Q энергетикалық әсері мына формула бойынша анықталды

$$Q = 931 [(m_{\text{He}} + m_{\text{B}}) - (m_{\text{H}} + m_{\text{C}})] \quad (13.16)$$

Мұндағы бірінші дөңгелек жақша ішінде есептің шартында берілген ядролардың массалары, екінші жақша ішінде реакция нәтижесінде пайда болған ядролардың массалары көрсетілген. Осы формула бойынша есептеулер жүргізу кезінде ядролар массасын нейтрал атомдар массасымен алмастырады. Осындай алмастыру жасау мүмкіндігі келесі тұжырымдамалардан туындайды.

Нейтрал атомның электрондық қабықшасындағы электрондар саны оның Z зарядтық санына тең. Берілген ядролардың зарядтық сандарының қосындысы реакция нәтижесінде пайда болған ядролардың зарядтық сандарының қосындысына тең. Сондықтан көміртегі мен сутегі ядроларының электрондық қабықшаларында қанша электрон бар болса, гелий мен бор ядроларының электрондық қабықшаларында сонша электрон бар.

Осыдан, гелий мен бор атомдары массаларының қосындысынан сутегі мен көміртегінің нейтрал атомдарының массаларының қосындысын алып тастағанда электрондар массасы шығады да, ядролар массасын алғандай нәтижеге ие боламыз. (13.16) формуласындағы физикалық шамалардың өлшем бірліктерін тексереміз:

$$[Q] = \frac{MэВ}{(м.а.б.)} (м.а.б.) = МэВ.$$

Есептеу формуласына анықтама 18- кестеден алынған атомдар массасын қойып, мынаны аламыз

$$Q = 931 [(4,00260 + 10,01294) - (1,00783 + 13,00335)] МэВ = 4,06 МэВ.$$

Жауабы: $Z=6$; $A=13$; $Q = 4,06 МэВ$.

**14 Ф И З И К А П БӨЛІМІ БОЙЫНША ӨЗ БЕТІМЕН ЖҰМЫС
ІСТЕУГЕ АРНАЛҒАН ТЕСТІК ТАПСЫРМАЛАР**

14.1 Геометриялық оптика мен фотометрия элементтері

14.1.1 Жарық сәулесі екі ортаны бөліп тұрған жазық шекараға 60° бұрышпен түсіп, 30° бұрышпен сынған. Екінші орта сыну көрсеткішінің бірінші орта сыну көрсеткішіне қатынасты неге тең?

A) $\sqrt{3}$; B) $\sqrt{2}$; C) $\frac{\sqrt{3}}{2}$; D) $\frac{\sqrt{2}}{2}$; E) $\frac{\sqrt{3}}{3}$.

14.1.2 Жарық сәулесі ауа-шыны шекарасына 60° бұрыш жасай түскен. Егер шынының сыну көрсеткіші $\sqrt{3}$ тең болса, онда сыну бұрышы неге тең болады?

A) 10° ; B) 20° ; C) 30° ; D) 45° ; E) 60° .

14.1.3 Жарық сәулесі шыныдан вакуумге өткен. Шекті бұрышы 30° тең. Шыныдағы жарық жылдамдығын анықтаңыздар.

A) $0,5 \cdot 10^8$ м/с; B) $0,8 \cdot 10^8$ м/с; C) $1,0 \cdot 10^8$ м/с; D) $1,5 \cdot 10^8$ м/с;
E) $2,5 \cdot 10^8$ м/с.

14.1.4 Жарықтың белгісіз ортадан ауаға өту кезіндегі толық шағылудың шекті бұрышы 30° тең. Осы ортаның сыну көрсеткішін анықтаңыздар.

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

14.1.5 Ортаның сыну көрсеткіші 2 тең. Осы ортадағы жарық жылдамдығы неге тең?

A) $3 \cdot 10^8$ м/с; B) $2 \cdot 10^8$ м/с; C) $2,5 \cdot 10^8$ м/с; D) $1 \cdot 10^8$ м/с; E) $1,5 \cdot 10^8$ м/с.

14.1.6 Ортаның сыну көрсеткішін анықтайтын өрнекті көрсетіңіз:

A) $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$; B) $n = \frac{c}{v}$; C) $\frac{\sin i}{\cos r} = \frac{n_2}{n_1}$; D) $D = \frac{1}{f}$; E) $\text{tg} i_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1}$.

14.1.7 Ортаның сыну көрсеткішін анықтаңыз. Жарық осы ортада $0,015$ мкс уақыт аралығында 3 м жол жүрген.

A) 1; B) 1,2; C) 1,5; D) 2,1; E) 1,8.

14.1.8 Заттың сыну көрсеткіші 2 тең. Осы заттағы жарық жылдамдығы неге тең?

A) $1,5 \cdot 10^8$ м/с; B) $1,4 \cdot 10^8$ м/с; C) $1,6 \cdot 10^8$ м/с; D) $1,8 \cdot 10^8$ м/с; E) $1,2 \cdot 10^8$ м/с.

14.1.9 Ортаның сыну көрсеткіші неге тәуелді?

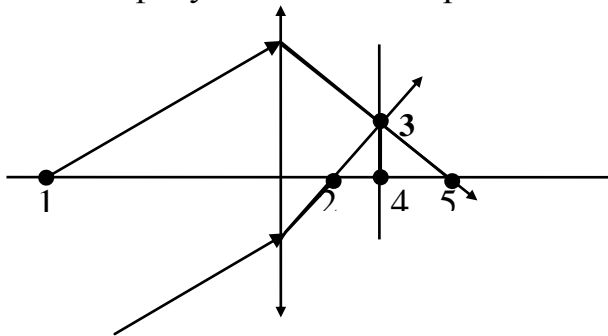
- A) жарық интенсивтілігіне; B) жарық тербелістерінің амплитудасына;
C) ортадағы жарық жылдамдығына; D) жарық толқынының ұзындығына;
E) сәуленің екі орта жазықтығына түсу бұрышына.

14.1.10 Жарық екі орта шекарасына түскен кезде келесі заң орындалады:

- A) сыну бұрышы әрқашан түсу бұрышынан үлкен;
B) сыну бұрышы әрқашан түсу бұрышынан кіші;
C) сыну бұрышы түсу бұрышына тең;
D) сыну бұрышы мен түсу бұрышының қосындысы әрқашан 90° құрайды;
E) егер жарық сәулесі оптикалық тығыздығы аз ортадан оптикалық тығыздығы көп ортаға таралатын болса, онда сыну бұрышы түсу бұрышынан кіші болады.

14.1.11 Жинағыш линзаға суретте көрсетілгендей параллель сәулелер шоғыры келіп түскен. Линзаның фокусы қайсы номермен белгіленген?

- A) 1;
B) 2;
C) 3;
D) 4;
E) 5.



14.1.12 Фокус аралығы 20 см тең жинағыш линзаның оптикалық күшінің абсолют мәні неге тең?

- A) 20дптр; B) 5 дптр; C) 0,05 дптр; D) 0,2 дптр; E) 2 дптр.

14.1.13 Жинағыш линзаның көмегімен жанып тұрған нүктенің кескінін линзадан $f = 1$ м қашықтықта алған. Егер жанып тұрған нүктеден линзаға дейінгі қашықтық $d = 0,5$ м тең болса, онда линзаның фокус арлығы:

- A) 1,5 м; B) 2 м; C) 0,33 м; D) 3 м; E) 0,5 м.

14.1.14 Қайсы тұжырымдама дұрыс:

- A) жинағыш линза әрқашан шын кескін береді;
B) шашыратқыш линза шын кескін бере алады;
C) линзаның фокус аралығы өзі орналасқан ортаға тәуелді емес;
D) линзаның фокус аралығы өзі жасалған материалға тәуелді емес;
E) линзаның фокус аралығы оның бетінің қисықтығына тәуелді.

14.1.15 Беттерінің қисықтық радиустары төменде келтірілген бес линза берілген:

1. $R_1 = +15\text{м}$, $R_2 = -8\text{м}$; 2. $R_1 = +15\text{м}$, $R_2 = +15\text{м}$; 3. $R_1 = \infty$, $R_2 = -8\text{м}$; 4. $R_1 = +5\text{м}$, $R_2 = \infty$; 5. $R_1 = -10\text{м}$, $R_2 = -8\text{м}$.

Осы линзалардың қайсысы жазық-ойыс болып келеді?

A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.

14.1.16 Шашыратқыш линзадан нәрсеге дейінгі қашықтық 50 см, ал оның оптикалық кескініне дейінгі қашықтық 20 см тең. Линзаның оптикалық күші:

A) 3 дптр; B) - 3 дптр; C) 0,07 дптр; D) - 0,07 дптр; E) 0,33 дптр.

14.1.17 Жинағыш линзадан 2,5 см қашықтықта биіктігі 2 см нәрсе орналасқан. Экрандағы кескіннің биіктігі 8 см тең болса, онда линзаның сызықтық үлкейтуі мен оптикалық күші:

A) 4 және 50 дптр; B) 4 және 10 дптр; C) 0,25 және 2 дптр;
B) D) 1,25 және 16 дптр; E) 4 және 0,5 дптр.

14.1.18 Фокус аралығы 28,6 см және 23,8 см болатын екі жұқа линза біріктірілген. Линзалар жүйесінің оптикалық күші:

A) 0,07 дптр; B) - 0,007 дптр; C) 7,7 дптр; D) - 0,7 дптр; E) -14,7 дптр.

14.1.19 Жазық -дөңес линзаның оптикалық күші 4 дптр, линза материалының сыну көрсеткіші 1,6. Линзаның дөңес бетінің қисықтық радиусы:

A) 2,5 м; B) 0,4 м; C) 15 см; D) 0,04 м; E) 15 м.

14.1.20 Беттерінің қисықтығы бірдей қос дөңес жұқа линза сыну көрсеткіші 1,65 тең шыныдан жасалған. Сыну көрсеткіші 1,5 тең сұйықтыққа батырылған линзаның оптикалық күші 4 дптр тең болған. Линза беттерінің қисықтық радиусы:

A) 0,4 м; B) 0,05 м; C) 0,36 м; D) 0,64 м; E) 8 м.

14.1.21 Кандела (кд) ненің өлшем бірлігі болып табылады?

A) жарықтанылу; B) жарқырау; C) жарықтылық; D) жарық күші;
E) жарықтың ағыны.

14.1.22 Бірлік денелік бұрышта таралатын жарық ағынына тең физикалық шама қалай аталады:

A) жарықтанылу; B) жарқырау; C) жарықтылық; D) жарық күші;
E) жарықтың ағыны.

14.1.23 Дұрыс емес тұжырымдаманы көрсетіңіз: жарықтанылу-

A) бетке түсетін жарық сәулелерінің түсу бұрышына тәуелді;
B) жарық көзінің жарық күшіне пропорционал;
C) жарық көзінен жарықтанылатын бетке дейінгі ара қашықтыққа кері пропорционал;
D) бірлік бетке келетін жарық ағынымен анықталады;
E) ХБ жүйесінде люкспен өрнектеледі.

14.1.24 Дұрыс емес тұжырымдаманы көрсетіңіз:

- A) жарық сәулесін қабылдағыштар сезімталдығы әр-түрлі толқын ұзындықтары үшін бірдей емес;
- B) жарық ағынының өлшем бірлігі – люмен;
- C) жарқырау бірлік бетке түсетін жарық ағынына тең;
- D) жарқыраудың өлшем бірлігі люмен бөлінген метрдің квадраты ($\text{лм}/\text{м}^2$) болып табылады;
- E) жарықталынудың өлшем бірлігі люмен бөлінген метрдің квадраты ($\text{лм}/\text{м}^2$) болып табылады.

14.1.25 Бірқалыпты жарқырап тұрған радиусы 10см шар түріндегі жарық шамының жарық күші 100 кд тең. Жарық шамы шығарған толық жарық ағыны:

- A) 1,26 клм; B) 0,23 клм; C) 0,115 клм; D) 10 клм; E) 20 клм.

14.1.26 Бірқалыпты жарқырап тұрған радиусы 10см шар түріндегі жарық шамының жарық күші 100 кд тең. Жарық шамының жарқырауы:

- A) $1,26 \text{ клм}/\text{м}^2$; B) $0,23 \text{ клм}/\text{м}^2$; C) $0,115 \text{ клм}/\text{м}^2$; D) $10 \text{ клм}/\text{м}^2$;
- E) $20 \text{ клм}/\text{м}^2$.

14.1.27 Жарық күші 500 кд тең нүктелік жарық көзі 10 м қашықтықта 2,5 лк тең жарықтанылу тудырады. Сәулелердің жарықтанылатын бетке түсу бұрышы:

- A) 90^0 ; B) 60^0 ; C) 45^0 ; D) 30^0 ; E) 0^0 .

14.1.28 Диаметрі 6 м дөңгелек ауданшаның центрінен 4м биіктікте жарық күші 200 кд тең шам ілінген. Ауданшаның шеткі нүктелеріндегі жарықтанылу:

- A) 37 лк; B) 0,23 лк; C) 6,4 лк; D) 5,12 лк; E) 6 лк.

14.1.29 Өлшемі 10×25 см ақ қағаз бетіне қалыпты $\Phi=50$ лм жарық ағыны келіп түскен. Егер қағаз бетінің шашырату коэффициенті $\rho=0,7$ тең болса, онда оның жарқырауы:

- A) $2,86 \text{ клм}/\text{м}^2$; B) $0,014 \text{ клм}/\text{м}^2$; C) $0,875 \text{ клм}/\text{м}^2$; D) $140 \text{ клм}/\text{м}^2$; E) $1,4 \text{ клк}/\text{м}^2$.

14.1.30 Ақ қағаз бетіне жарық ағыны түсіп, одан шағылған кездегі беттің жарқырауы $1,4 \text{ клк}/\text{м}^2$ тең. Қағаз бетінің жарықтылығы:

- A) $446 \text{ кд}/\text{м}^2$; B) $4,4 \text{ ккд}/\text{м}^2$; C) $223 \text{ кд}/\text{м}^2$; D) $8,8 \text{ ккд}/\text{м}^2$; E) $121 \text{ ккд}/\text{м}^2$.

14.2 Толқындық оптика

14.2.1 Интерференцияланатын екі монохромат жарық толқынының Δ жолдар айырмасы $1,4\lambda$. Олардың фазалар айырмасы:

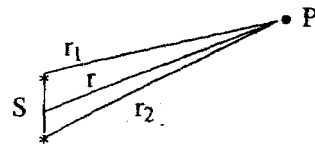
- A) $1,6 \pi$; B) $2,4 \pi$; C) $1,6 \pi$; D) $2,8 \pi$; E) $1,4 \pi$.

- 14.2.2 Заттың сынуы көрсеткіші 1,5 тең. Осы заттағы жарық жылдамдығын табыңыз: ($c=3 \cdot 10^8$ м/с)
- A) $1,6 \cdot 10^8$ м/с; B) $2,4 \cdot 10^8$ м/с; C) $2 \cdot 10^8$ м/с; D) $1,4 \cdot 10^8$ м/с; E) $1,6 \cdot 10^8$ м/с.
- 14.2.3 Жарық тербелістерінің жиілігі $3 \cdot 10^{14}$ Гц тең. Осы сәулеленудің сыну көрсеткіші 2,42 тең алмаздағы толқын ұзындығын анықтаңыз.
- A) 0,413 мкм; B) 0,746 мкм; C) 0,644 мкм; D) 0,564 мкм; E) 0,524 мкм.
- 14.2.4 Мөлдір диэлектриктегі жарық жылдамдығы 200 Мм/с құрайды. Бұл заттың салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі:
- A) 6,75; B) 2,25; C) 1,5; D) 0,75; E) 4.
- 14.2.5 Жарық сыну көрсеткіші n ортадан сыну көрсеткіші $2n$ ортаға өтеді. Сол кездегі жарық толқынының ұзындығы:
- A) 2 есе кемиді; B) 2 есе артады; C) $\sqrt{2}$ есе кемиді;
D) $\sqrt{2}$ есе артады; E) өзгермейді.
- 14.2.6 Дұрыс емес тұжырымды көрсетіңіз:
- A) жарық толқыны көлденең болып келеді;
B) жарық толқыны қума болып келеді;
C) жарық – электромагниттік толқын;
D) жарық толқынында E , H және v векторлары оң бұрғылы векторлардың үштігін құрайды;
E) жарық жылдамдығы таралатын ортаға тәуелді.
- 14.2.7 Интерференцияның анықтамасын көрсетіңіз.
- A) Когерентті екі толқын бір-бірімен бетескен кезде кеңістіктің әртүрлі нүктелеріндегі жарықтың күшеюі немесе әлсіреуі;
B) Жарық толқынының бөгеттерді айналып өтуі;
C) Сыну көрсеткішінің тербеліс жиілігіне тәуелділігі;
D) Электрлік вектордың тербелісінің анықталған бағытының жарық сәулесінен шығуы;
E) Келтірілген жауаптар ішінде дұрыс жауап жоқ.
- 14.2.8 Жарық толқындары когерентті деп аталады, егер...
- A) олардың фазалар айырмасы тұрақты және толқын ұзындықтары бірдей болса;
B) олардың амплитудасы тұрақты және әртүрлі фазаларға ие болса;
C) олардың толқын ұзындықтары бір рет жолдар айырмасының бүтін санына сәйкес келсе;
D) олардың интенсивтілігі бірдей болса;
E) келтірілген жауаптар ішінде дұрыс жауап жоқ.
- 14.2.9 Қандай шарт орындалғанда толқын ұзындықтары әртүрлі екі жарық шоғының интерференциясы байқалады?
- A) тербеліс амплитудасы бірдей болғанда;

- В) тербелістің бастапқы фазасы бірдей болғанда;
 С) тербеліс амплитудасы мен тербелістің бастапқы фазасы бірдей болғанда;
 D) тербеліс амплитудасы әртүрлі болғанда;
 E) ешқандай жағдайда байқалмайды.

14.2.10 Екі S жарық көзінен шыққан сәулелердің геометриялық жолдар айырмасы немен анықталады:

- A) S жарық көздерінің ара қашықтығымен;
 B) S жарық көзінен P бақылау нүктесіне дейінгі ара қашықтығымен;
 C) S жарық көзінің мөлшерімен;
 D) S көздерінен P бақылау нүктесіне дейінгі ара қашықтықтардың $|(r_2 - r_1)|$ айырмасымен;
 E) ара қашықтықтар $|(r_2 - r_1)|$ айырмасы мен ортаның сыну көрсеткішінің көбейтіндісімен.



14.2.11 Сыну көрсеткіші 1,5 және қалыңдығы 2мм шыны пластинкадан жарық өтеді. Жарықтың оптикалық жолдар айырмасы геометриялық жолдар айырмасынан қаншаға артық?

- A) 2мм; B) 1мм; C) 0,25мм; D) 0,15мм; E) 0,1мм.

14.2.12 Төменде көрсетілген құбылыстардың қайсысы жарықтың интерференциясымен анықталады: 1-сабынды және майлы пленкалардың кемпірқосақ түске боялуы; 2- Ньютон сақиналары; 3- кішкене мөлдір емес дискіден пайда болған көлеңке ортасында жарық дақтың пайда болуы; 4-жарық сәулелерінің геометриялық көлеңке облысына ауытқуы:

- A) 1 және 2; B) 1, 2, 3, 4; C) 3 және 4; D) тек 4; E) тек 2.

14.2.13 Ауада таралатын жарық толқынының жолына қалыңдығы 1мм шыны пластинканы қойылған. Шынының сыну көрсеткіші 1,5 тең. Егер толқын пластинкаға қалыпты түссе, жолдың оптикалық ұзындығы қаншаға өзгереді?

- A) 1,2 мм; B) 1,7 мм; C) 0,5 мм; D) 0,8 мм; E) 0,6 мм.

14.2.14 Берілген нүктеге екі когерентті жарық көздерінен келген толқындардың фазалары қарама-қарсы. Егер әр толқындағы тербеліс амплитудасы a -ға тең болса, онда осы нүктедегі қорытқы тербелістің A амплитудасы:

- A) $A = 0$. B) $A = a$. C) $a < A < 2a$. D) $A = 2a$. E) $A = a/2$.

14.2.15 Бастапқы фазасы бірдей екі когерентті толқынның берілген нүктеге дейінгі жолдар айырмасы толқын ұзындығының бүтін санына тең. Егер әр толқындағы тербеліс амплитудасы a -ға тең болса, онда осы нүктедегі қорытқы тербелістің A амплитудасы:

- A) $A = 0$. B) $A = a$. C) $a < A < 2a$. D) $A = 2a$. E) $A = a/2$.

- 14.2.16 Юнг тәжірибесінде саңылаулар толқын ұзындығы $6 \cdot 10^{-5}$ см монохромат жарықпен жарықталған. Саңылаулардың ара қашықтығы 1 мм және саңылаудан экранға дейінгі қашықтық 3 м. Бірінші жарық жолақтың орнын анықтаңыз.
 А) 1,3 мм; В) 0,8 мм; С) 1,6 мм; D) 1,8 мм; E) 2,4 мм.
- 14.2.17 Толқын ұзындығы 0,5 мкм екі когерентті жарық көздері бір-бірінен 2 мм қашықтықта орналасқан. Саңылаудан 2 м қашықтықта экран орналасқан. Экрандағы интерференциялық жолақтың ені:
 А) 0,8 мм; В) 0,9 мм; С) 0,5 мм; D) 0,3 мм; E) 1,3 мм.
- 14.2.18 Ньютон сақиналарын бақылауға арналған қондырғы қалыпты түсетін монохромат жарықпен жарықталған. Линзаның қисықтық радиусы 8,6 м тең. Шағылған жарықтағы төртінші күңгірт сақинаның радиусы 4,5 мм тең. Жарық қондырғысына түскен жарық толқынының ұзындығы:
 А) 589 нм; В) 672 нм; С) 336 нм; D) 720 нм; E) 560 нм.
- 14.2.19 Ньютон сақиналарын алуға арналған қондырғы толқын ұзындығы 640 нм болатын қызыл жарықпен жарықталған. Линзаның қисықтық радиусы 8 м тең. Өткен жарықтағы екінші жарық сақинаның радиусы:
 А) 2,77 мм; В) 3,2 мм; С) 32 мм; D) 6,4 мм; E) 1,6 мм.
- 14.2.20 Шыныдан шағылу кезінде жарық шығынын азайту үшін объективтің ($n_2=1,7$) беті жұқа мөлдір жұқа қабықшамен ($n=1,3$) қапталған. Толқын ұзындығы $\lambda = 0,56$ мкм тең шағылған сәуленің максимал әлсіреуі қабықшаның қандай ең жұқа қалыңдығы кезінде байқалады? Сәулелер бетке қалыпты түскен деп есептеңіз.
 А) 0,84 мкм; В) 0,96 мкм; С) 0,108 мкм; D) 0,126 мкм; E) 0,142 мкм.
- 14.2.21 Гюйгенс-Френель принципінің негізгі тұжырымдамасы:
 А) толқын фронты шарлы сегменттер мен жолақтарға бөлінген;
 В) жарық мөлдір емес бөгеттерді айналып өтеді;
 С) жарық толқындары қабаттасу кезінде бір-бірін күшейтеді немесе әлсіретеді;
 D) жарық көзін жинағыш линзаның фокусында орнықтырады;
 E) жарық толқыны фронтының әрбір нүктесі алдыға қарай тарала отырып бір-бірімен интерференцияланатын екінші реттік толқын көзі болып табылады.
- 14.2.22 Дұрыс тұжырымды көрсетіңіз:
 А) Френельдің бірінші зонасы тудырған амплитуда Френельдің шексіз зоналарының қорытқы амплитудасына тең;
 В) Френельдің шексіз зоналарының қорытқы амплитудасы Френельдің бірінші зонасы тудырған амплитуданың жартысына тең;

- С) Егер Френельдің алғашқы екі зонасы ашық болса, онда бақылау нүктесінде жарық дақ пайда болады;
- Д) Егер экран Френельдің тек бірінші зонасын жабатын болса, онда бақылау нүктесінде күңгірт дақ пайда болады;
- Е) Егер экран Френельдің алғашқы екі зонасын жабатын болса, онда бақылау нүктесінде күңгірт дақ пайда болады.

14.2.23 Дұрыс тұжырымды көрсетіңіз:

- А) Френельдің бірінші зонасын жабатын дөңгелек дисктегі Френель дифракциясы кезінде P бақылау нүктесінде жарық дақ байқалады;
- В) Френельдің алғашқы екі зонасын жабатын дөңгелек дисктегі Френель дифракциясы кезінде P бақылау нүктесінде күңгірт дақ байқалады;
- С) Егер Френельдің тек алғашқы екі зонасы ашық болса, онда P бақылау нүктесінде жарық дақ пайда болады;
- Д) Френельдің алғашқы үш зонасын жабатын дөңгелек дисктегі Френель дифракциясы кезінде P бақылау нүктесінде күңгірт дақ байқалады;
- Е) Френельдің алғашқы бес зонасын жабатын дөңгелек дисктегі Френель дифракциясы кезінде P бақылау нүктесінде күңгірт дақ байқалады.

14.2.24 Егер бақылау нүктесі толқын фронтынан 1 м қашықтықта орналасқан болса, онда жазық толқын фронты үшін Френельдің бесінші зонасының радиусын анықтаңыз. Толқын ұзындығы 0,5 мкм тең.

- А) 1,22 мм; В) 1,58 мм; С) 1,83 мм; Д) 1,76 мм; Е) 1,18 мм.

14.2.25 Толқын ұзындығы 0,6 мкм жарық ені 0,1 мм саңылауға қалыпты түскен.

Екінші максимумға сәйкес бұрыштың синусы:

- А) 0,032; В) 0,015; С) 0,062; Д) 0,112; Е) 0,082.

14.2.26 Толқын ұзындығы λ монохромат жарықтың параллель шоғы ені b саңылауға қалыпты түседі. Жарықтың үшінші дифракциялық минимумы қандай бұрышпен анықталатын болады?

- А) 30° ; В) 28° ; С) 33° ; Д) 45° ; Е) 60° .

14.2.27 Дифракциялық спектрдің реті – ол :

- А) орталық максимумның оң және сол жағындағы спектрдің реттік нөмірі;
- В) дифракциялық тордың бір миллиметріндегі сызықтар саны;
- С) спектрдің түстерінің саны;
- Д) солдан оңға қарай санаған кездегі спектрдің реттік нөмірі;
- Е) дифракциялық спектрдегі түстердің орналасу тәртібі.

14.2.28 Дифракциялық тордың тұрақтысы оған түсетін жарықтың толқын ұзындығынан үш есе көп. Осы тордың максимал жарықталуының толық саны нешеге тең болады?

- А) 4; В) 6; С) 7; Д) 3; Е) 5.

- 14.2.29 Егер бақылау кезінде монохромат жарықтағы ($\lambda=0,6$ мкм) бесінші реттік максимум $\varphi = 18^\circ$ бұрышқа ауытқыған болса, онда дифракциялық тордың әрбір миллиметріне қанша штрих сәйкес келеді? ($\sin 18^\circ=0,3090$; $\cos 18^\circ=0,9510$)
 A) 780; B) 860; C) 103; D) 120; E) 134.
- 5.2.30 Дифракциялық тордың әрбір миллиметрінде $n=200$ штрих бар. Осы торға монохромат жарық ($\lambda =0,6$ мкм) қалыпты түскен. Осы тор нешінші реттік максимум береді?
 A) 4; B) 3; C) 8; D) 6; E) 5.
- 14.2.31 Ұзындығы 5 мм және периоды $d=4$ мкм тең дифракциялық тордың алтыншы реттік спектріндегі кадмийдің қызыл сызығы үшін ($\lambda=644$ нм) ажыратқыштық қабілеті нешеге тең?
 A) 2400; B) 7500; C) 4800; D) 5300; E) 8500.
- 14.2.32 Бірінші реттік спектрдегі калийдің екі спектрлік сызығын ажырату үшін ($\lambda_1=578$ нм және $\lambda_2 = 580$ нм) қолданатын дифракциялық тор қандай ең аз ажыратқыш күшке ие болу қажет?
 A) 120; B) 80; C) 360; D) 289; E) 420.
- 14.2.33 Жарықтың поляризациясы – бұл:
 A) табиғи жарықтан бір бағыттағы тербелістердің шығу құбылысы;
 B) жарықтың реттелген бағыт бойымен таралу құбылысы;
 C) табиғи жарықтан бір бағыттағы таралудың бөлініп шығу құбылысы;
 D) E и H векторлары тербелістерінің бөліну құбылысы;
 E) жарықтың жиілік бойынша жіктелуі құбылысы.
- 14.2.34 Брюстер шарты орындалған кезде екі орта шекарасына түсетін жарық сәулесінің сыну бұрышы 40° . Сәуленің түсу бұрышы:
 A) 50° ; B) 30° ; C) 40° ; D) 45° ; E) 55° .
- 14.2.35 Жұтылу жоқ кезде поляризацияланған жарықтың интенсивтілігі поляризаторға түскен табиғи жарықтың интенсивтілігінен неше есе аз?
 A) 4 есе; B) 3 есе; C) 2 есе; D) 0,5 есе; E) 0,25 есе.
- 14.2.36 Анализатордан өткен поляризацияланған жарықтың интенсивтілігі 4 есе азайған. Поляризациялану жазықтықтарының арасындағы бұрыш:
 A) 20° ; B) 30° ; C) 45° ; D) 60° ; E) 70° .
- 14.2.37 Поляризатор мен анализатордың поляризациялану жазықтықтарының арасындағы бұрыш 45° . Осындай жүйе арқылы өтетін табиғи жарықтың интенсивтілігі неше есеге әлсірейді?
 A) 2 есеге; B) 4 есеге; C) 6 есеге; D) 8 есеге; E) 10 есеге.

- 14.2.38 Кварцті пластинка ұзындығы белгілі монохромат жарықтың поляризациялану жазықтығын $\varphi = \pi$ рад бұрышқа айналдырған. Егер берілген толқын ұзындығы үшін кварцтегі меншікті айналдыру $\alpha = 0,52$ рад/мм екенін ескеретін болсақ, онда пластинканың қалыңдығы:
 А) 1,63 мм; В) 3,16 мм; С) 2,1 мм; D) 6,04 мм; E) 12,1 мм.
- 14.2.39 Поляризацияланған жарық қант ерітіндісі толтырылған ұзындығы 20 см түтікшеден өткен кезде, жарықтың поляризациялану жазықтығы 0,175 рад бұрышқа айналған. Егер қанттың меншікті айналдыруы $\alpha = 1,17 \cdot 10^{-2}$ радм²/кг болса, онда осы қант ерітіндісінің массалық концентрациясы қанша?
 А) $4,1 \cdot 10^{-4}$ кг/м³; В) 0,01 кг/м³; С) 2,99 кг/м³; D) $2,442 \cdot 10^3$ кг/м³; E) 74,8 кг/м³.
- 14.2.40 Жұтылу жоқ кезде поляризацияланған жарықтың интенсивтілігі поляризаторға түскен табиғи жарықтың интенсивтілігінен неше есе аз?
 А) 4 есе; В) 3 есе; С) 2 есе; D) 0,5 есе; E) 0,25 есе.

14.3 Кванттық оптика

- 14.3.1 Температурасы 1200 К-ге тең балқыту пешінің бақылау терезесінің ауданы 8 см². Оның 1 мин ішінде шығаратын энергиясын анықтаңыз: ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К⁴)
 А) 2,21 кДж; В) 3,17 кДж; С) 5,64 кДж; D) 7,82 кДж; E) 4,11 кДж.
- 14.3.2 Қара дененің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының максимал мәніне $\lambda_m = 145$ мкм-ге тең толқын ұзындығы сәйкес келеді. Энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының максимал мәні: ($c = 1,3 \cdot 10^{-5}$ Вт/м³К⁵, $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К)
 А) 26,2 Вт/м³; В) 20,8 Вт/м³; С) 52 Вт/м³; D) 24 Вт/м³; E) 41,6 Вт/м³.
- 14.3.3 Температурасы 427⁰С-ге тең болатын қара дененің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының максимал мәніне сәйкес келетін λ_m толқын ұзындығы: ($b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К).
 А) 2,85 мкм; В) 3,71 мкм; С) 6,93 мкм; D) 5,72 мкм; E) 4,14 мкм.
- 14.3.4 Радиусы 5 см шардың сәуле шығару қуаты 1 кВт. Егер шарды $A = 0,4$ тең сұр дене деп санасақ, онда оның температурасы: ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К⁴)
 А) 897 К; В) 1089 К; С) 1392 К; D) 1275 К; E) 1462 К.
- 14.3.5 Қара дененің T температурасы 2000 К-ге тең. Энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының максимал мәніне сәйкес келетін толқын ұзындығы: ($b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К).
 А) 0,44 мкм; В) 2,12 мкм; С) 3,16 мкм; D) 1,45 мкм; E) 0,86 мкм.

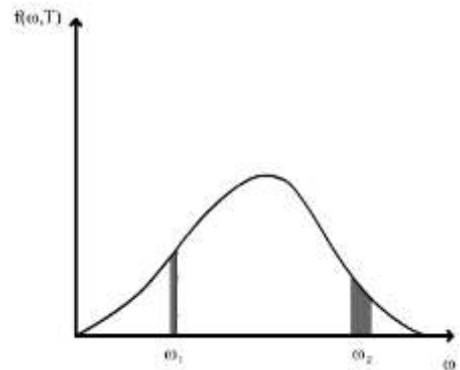
14.3.6 Қара дененің энергетикалық жарқырауы 10 кВт/м^2 -ге тең. Температурасын анықтаңыз: ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$).
 А) 648 К; В) 736 К; С) 544 К; D) 367 К; E) 1000 К.

14.3.7 Балқыту пешінің бақылау терезесінен шыққан энергияның ағыны 34 Вт. Егер саңылаудың ауданы $S = 6 \text{ см}^2$ болса, онда пештің температурасы: ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$)
 А) 1000К; В) 100 К; С) 1961 К; D) 866 К; E) 636 К.

14.3.8 Сәуле жұтқыштық қабілеті нөлге тең физикалық дене:
 А) сұр; В) абсолют қара; С) ақ; D) қызыл; E) идеалды айналық.

14.3.9 Абсолют қара дененің T температурасын 2 есе арттырсақ, онда оның сәуле шығару қуаты қалай өзгереді?
 А) 16 есе артады; В) 8 есе артады; С) 4 есе артады;
 D) 2 есе артады; E) өзгермейді;

14.3.10 Кирхгофтың универсалды функциясы салынған графикте аудандары өзара тең екі бөліктер берілген. Берілген бөліктердің сәуле шығарғыштық қабілеті $r_{\omega, T}$ мен энергетикалық жарқырауы $\Delta R_{\omega, T}$ қандай қатынаста орналасқан?
 А) $r_1 > r_2$; $\Delta R_1 = \Delta R_2$. В) $r_1 > r_2$; $\Delta R_1 > \Delta R_2$.
 С) $r_1 = r_2$; $\Delta R_1 = \Delta R_2$. D) $r_1 < r_2$; $\Delta R_1 < \Delta R_2$.
 E) $r_1 < r_2$; $\Delta R_1 > \Delta R_2$.



14.3.11 Энергетикалық жарқыраудың спектрлік тығыздығы дегеніміз:
 А) Бірлік уақыт ішінде бірлік ауданнан шыққан энергия;
 В) Жиіліктің барлық диапазонында бірлік ауданнан шығатын сәуленің қуаты;
 С) Берілген диапазонға жақын, жиіліктің бірлік диапазонында бірлік уақыт ішінде бірлік ауданнан шығатын энергия;
 D) Жиіліктің барлық диапазонында бірлік уақыт ішінде шығатын сәуленің қуаты;
 E) Берілген диапазонға жақын, жиіліктің бірлік диапазонында бірлік ауданнан шығатын энергия.

14.3.12 Қате тұжырымды көрсетіңіз:
 А) дененің энергетикалық жарқырауы дегеніміз жиіліктің барлық интервалында дене бетінің бірлік ауданынан шығатын сәуленің қуаты;
 В) дене қандай толқын ұзындығын көбірек шығаратын болса, сондай толқын ұзындығын көбірек жұтатын болады;
 С) қара денелерге максимал сәуле жұтқыштық қабілеті мен минимал

сәуле шығарғыштық қабілеті тән;

D) сұр денелерің сәуле жұтқыштық коэффициенті барлық толқын ұзындықтары үшін бірдей;

E) геометриялық оптика заңы бойынша айналық денелер өзіне түскен сәулелерді толығымен шағылдырады;

14.3.13 Төменде берілген тұжырымдама жылулық сәуле шығару заңдарының қайсы заңына жатады: Дененің сәуле шығарғыштық қабілетінің сәуле жұтқыштық қабілетіне қатынасы барлық денелер үшін бірдей және тек сәуле шығару жиілігі мен дене температурасының функциясы болып табылады.

A) Стефана-Больцман заңы; B) Кирхгоф заңы;

C) Виннің ығысу заңы; D) Столетов заңы; E) Планк гипотезасы.

14.3.14 Толқын ұзындығы 25 пм тең рентген сәулелерлері фотонының массасы:

($h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с):

A) $0,138 \cdot 10^{-26}$ кг; B) $8,83 \cdot 10^{-32}$ кг; C) $5,41 \cdot 10^{-22}$ кг;

D) $1,62 \cdot 10^{-32}$ кг; E) $0,26 \cdot 10^{-30}$ кг.

14.3.15 Электронның импульсі толқын ұзындығы 520 нм фотонның импульсіне тең. Электронның жылдамдығы:

A) 1200 м/с; B) 1800 м/с; C) 2300 м/с; D) 1400 м/с; E) 2100 м/с.

14.3.16 Толқын ұзындығы 0,5 мкм тең көрінетін жарық фотонының энергиясы:

($h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с);

A) $1,64 \cdot 10^{-19}$ Дж; B) $2,89 \cdot 10^{-19}$ Дж; C) $4,12 \cdot 10^{-19}$ Дж;

D) $4,44 \cdot 10^{-19}$ Дж; E) $3,97 \cdot 10^{-19}$ Дж.

14.3.17 Жиілігі $1,6 \cdot 10^{15}$ Гц- ке тең болатын фотонның энергиясы:

($h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с);

A) 6,62 эВ; B) 3,31 эВ; C) 1,6 эВ; D) 0,843 эВ; E) 0,662 эВ.

14.3.18 Сәуле шығару квантының 100 МГц жиілігіне сәйкес келетін толқын ұзындығы: ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

A) 10м; B) 8м; C) 5м; D) 3м; E) 1 м.

14.3.19 Импульсі $p=1,6 \cdot 10^{-27}$ Н·с фотонның энергиясы: ($c=3 \cdot 10^8$ м/с; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)

A) 10 эВ; B) 5 эВ; C) 3 эВ; D) 1,6 эВ; E) 1 эВ.

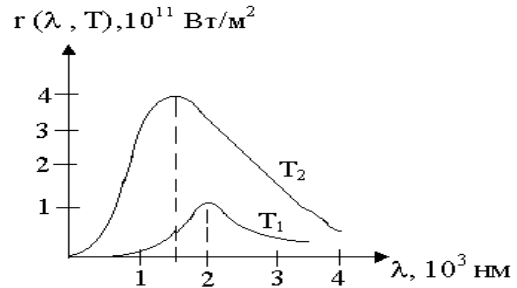
14.3.20 Толқын ұзындығы 1,24 нм фотонның энергиясы:

($h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

A) $2,1 \cdot 10^{-16}$ Дж; B) $3,6 \cdot 10^{-16}$ Дж; C) $5,8 \cdot 10^{-16}$ Дж;

D) $2,7 \cdot 10^{-16}$ Дж; E) $1,6 \cdot 10^{-16}$ Дж.

14.3.21 Суретте абсолют қара дененің $r(\lambda, T)$ сәуле шығарғыштық қабілетінің екі әртүрлі температурадағы λ толқын ұзындығына тәуелділік графигі көрсетілген. Бұл графиктен T_1/T_2 температураларының қатынасын табыңыз:



- A) 1,23; B) 1,33; C) 3,0;
D) 0,5; E) 0,75.

14.3.22 Берілген тұжырымдамалардың ішінен қайсысы сыртқы фотоэффект заңына сәйкес екенін табыңыз:

1. қанығу фототогы жарық ағынына пропорционал;
2. қанығу фототогы фотон энергиясына пропорционал;
3. фотоэлектрондардың максимал жылдамдығы жарық жиілігімен анықталады;
4. фотоэлектрондардың максимал жылдамдығы жарықтың интенсивтілігімен анықталады;
5. фотоэффектінің қызыл шекарасы жарықтың максимал жиілігімен анықталады.

- A) 1, 2; B) 2, 3; C) 1, 3; D) 3, 5; E) 4, 5.

14.3.23 Басқа денелерден оқшауланған зарядталмаған пластинкаға ультракүлгін жарық түсірілген. Фотоэффект нәтижесінде осы пластинка қандай заряд алады?

- A) оң; B) теріс; C) заряд таңбасы әр түрлі болуы мүмкін;
D) пластина зарядталмайды; E) берілген жауаптар ішінде дұрысы жоқ

14.3.24 Жарық әсерінен заттардан электрондардың ұшып шығу құбылысы дегеніміз:

- A) сыртқы фотоэффект; B) флуоресценция; C) ішкі фотоэффект;
D) электрондық эмиссия; E) автоэлектрондық эмиссия;

14.3.25 Фотоэлементке түсірілген жарықтың жиілігі екі есе кеміген. Фотоэлемент материалынан электронның шығу жұмысын елемеу үшін, тежеуші кернеуді неше есе өзгерту қажет?

- A) 2 есе арттыру; B) 2 есе азайту; C) $\sqrt{2}$ есе арттыру;
D) 4 есе арттыру; E) 3 есе арттыру керек;

14.3.26 Натрий үшін фотоэффектінің қызыл шекарасы 500 нм-ге тең. Натрийден электронның шығу жұмысын анықтаңыз? ($h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл):

- A) 5,62 эВ; B) 3,64 эВ; C) 2,85 эВ; D) 4,82 эВ; E) 2,49 эВ.

- 14.3.27 Металл бетінен толқын ұзындығы 200 нм жарық әсерінен ұшып шыққан фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясын табыңыз: ($A_{\text{шығ}}=4,97\text{эВ}$, $h=6,62\cdot 10^{-34}$ Дж·с, $e=1,6\cdot 10^{-19}$ Кл.)
 A) 1,24эВ; B) 6.21эВ; C) 4,97эВ; D) 11,18эВ; E) 5,59эВ.
- 14.3.28 Мырыш пластинкаға толқын ұзындығы 220 нм монохромат жарық түсірілген. Фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясын табыңыз: ($A_{\text{шығ}} = 6,4\cdot 10^{-19}$ Дж, $m_e= 9,1\cdot 10^{-31}$ кг)
 A) $2,63\cdot 10^{-19}$ Дж; B) $11,6\cdot 10^{-19}$ Дж; C) $1,11\cdot 10^{-19}$ Дж;
 D) $4,3\cdot 10^{-19}$ Дж; E) $4,8\cdot 10^{-19}$ Дж.
- 14.3.29 Литийдің бетіне толқын ұзындығы 310 нм монохромат жарық түсірілген. Электрондардың эмиссиясы тежеуші потенциалдар айырмасы 1,7 В болған кезде тоқтайды. A шығу жұмысы: ($h=6,62\cdot 10^{-34}$ Дж·с, $1\text{эВ}=1,6\cdot 10^{-19}$ Дж)
 A) 1,6 эВ; B) 2,3 эВ; C) 3,2 эВ; D) 1,2 эВ; E) 2,7 эВ.
- 14.3.30 Цезийді жиілігі $0,75\cdot 10^{15}$ Гц жарықпен сәлелендіру кезінде фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясы $1,93\cdot 10^{-19}$ Дж-ге тең болған. Цезий үшін электрондардың шығу жұмысы: ($h=6,62\cdot 10^{-34}$ Дж·с, $e=1,6\cdot 10^{-19}$ Кл):
 A) 3,1 эВ; B) 1,9 эВ; C) 6,9 эВ; D) 4,97 эВ; E) 2,1 эВ.
- 14.3.31 Катод бетіне түсетін және фотоэффект құбылысын тудыратын жарықтың толқын ұзындығы екі есеге кемісе, онда тежеуші потенциалдар айырмасының мәні (катод материалынан электрондардың шығу жұмысы ескерілмейді):
 A) 2 есе артады; B) $\sqrt{2}$ есе артады; C) өзгермейді;
 D) $\sqrt{2}$ есе кемиді; E) 2 есе кемиді;
- 14.3.32 Сыртқы фотоэффект заңына сәйкес келмейтін тұжырымды тап:
 A) фотоэлектрондардың жылдамдығы тек олардың шығу жұмысы арқылы анықталады;
 B) қанығу фототогы жарық ағынына пропорционалды;
 C) фотоэлектрондардың максимал жылдамдығы жарық жиілігімен анықталады;
 D) фотоэлектрондардың жылдамдығы жарықтың интенсивтілігіне тәуелсіз;
 E) фотоэффектің қызыл шекарасы электронның шығу жұмысымен анықталады.
- 14.3.33 Фотоэффектің қызыл шекарасы 600 нм тең металдан электрондардың шығу жұмысы: ($h = 6,62\cdot 10^{-34}$ Дж·с, $e = 1,6\cdot 10^{-19}$ Кл)
 A) 10 эВ; B) 8 эВ; C) 6 эВ; D) 4 эВ; E) 2 эВ.

14.3.34 Сыртқы фотоэффектінің ерекшелігі:

- A) ультракүлгін сәуле шығару; B) қызыл шекараның болуы;
 C) абсолют қара дене болуы; D) абсолют қатты дене болуы;
 E) қызыл жарықтың ығысуының болуы;

14.3.35 Фотонның еркін электронмен соқтығысуы нәтижесінде оның толқын ұзындығы 3,62 пм-ге өзгерген. Фотонның шашырау бұрышының косинусы: ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $\lambda_k = 2,43$ пм, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

- A) -0,486; B) 0,628; C) -0,533; D) 0,862; E) 0,314.

14.3.36 Еркін протондардан комптондық шашырау нәтижесінде толқын ұзындығының максимал өзгерісі: ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг)

- A) $5,68 \cdot 10^{-15}$ м; B) $2,42 \cdot 10^{-15}$ м; C) $11,36 \cdot 10^{-15}$ м; D) $2,42 \cdot 10^{-15}$ м;
 E) $2,64 \cdot 10^{-15}$ м.

14.3.37 Еркін электрондардан комптондық шашырау нәтижесінде толқын ұзындығының максимал өзгерісі: ($\lambda_k = 2,43$ пм)

- A) 0 пм; B) 2,43 пм; C) 4,86 пм; D) 2,42 пм; E) 2,64 пм.

14.3.38 Еркін электрондардан комптондық шашырау нәтижесінде толқын ұзындығының минимал өзгерісі ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $\lambda_k = 2,43$ пм, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

- A) 2,43 пм; B) 0 м; C) 9,1 пм; D) 3,18 пм; E) 1,86.

14.3.39 Комптондық шашырау кезінде максимал толқын ұзындығына сәйкес келетін шашырау бұрышы:

- A) $\pi/5$; B) $\pi/3$; C) π ; D) $\pi/4$; E) $\pi/2$.

14.3.40 Дұрыс тұжырымды табыңыз. Комптон эффектісінің байқалу шарты:

- A) заттағы еркін электрондардан жылдам электрондардың серпімді шашырауында;
 B) заттағы еркін электрондардан қысқа толқынды электромагниттік сәулелердің серпімді шашырауында;
 C) заттағы еркін электрондардан жылдам электрондардың серпімсіз шашырауында;
 D) заттағы еркін электрондардан қысқа толқынды электромагниттік сәулелердің серпімсіз шашырауында;
 E) металл бетін жарықпен жарықтандыруда.

14.4 Атомдық физика

14.4.1 Атомдағы электрон орбитасын кванттау шарты келесі түрдегідей болады:

A) $mv = n\hbar$; B) $mvr = n\hbar$; C) $mv = \hbar$; D) $mvr = \hbar/n$; E) $\frac{mv^2}{2} = n\hbar$.

(m , v , r - масса, электрон орбитасының жылдамдығы мен радиусы, n - орбита нөмірі, \hbar -келтірілген Планк тұрақтысы)

14.4.2 Екі әр түрлі стационарлық күйлер арасынан өткен кездегі атомның энергияны шығару және жұту қабілеті төмендегі тұжырымдамалардың қайсысында дұрыс сипатталады?

A) Кез келген энергиясы бар фотондарды жұта алады, энергияның қандай да бір бөлігі бар фотондарды шығара алады;

B) Энергияның қандай да бір бөлігі бар фотондарды жұта алады, кез келген энергиясы бар фотондарды шығара алады;

C) Энергияның қандай да бір бөлігі бар фотондарды жұтады және шығарады, шығарылатын және жұтылатын жарық фотондарының энергиялары әр түрлі;

D) Энергияның қандай да бір бөлігі бар фотондарды жұтады және шығарады, шығарылатын және жұтылатын жарық фотондарының энергиялары бірдей;

E) Келтірілген жауаптардың ішінде дұрысы жоқ.

14.4.3 Атомдағы электронның энергиясы E_1 стационарлық күйден энергиясы E_2 стационарлық күйге өткен кездегі атомның шығаратын немесе жұтатын жиілігі келесі формуламен анықталады:

A) $\nu = \frac{|E_2 - E_1|}{h}$; B) $\nu = \frac{h}{|E_2 - E_1|}$; C) $\nu = h \cdot |E_2 - E_1|$;

D) $\nu = \frac{|E_2 - E_1|}{\hbar}$; E) $\nu = \frac{\hbar}{|E_2 - E_1|}$.

14.4.4 Атомдағы электрон n деңгейден m деңгейге өткенде шығарылатын квант жиілігі неге тең:

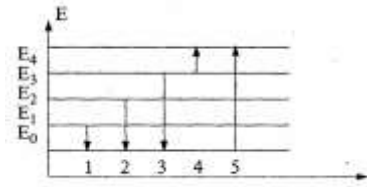
A) $\nu = R\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$; B) $\nu = R(n - m)$; C) $\nu = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$;

D) $\nu = R(n^2 - m^2)$; E) $\nu = R\frac{nm}{m - n}$.

(R –Ридберг тұрақтысы)

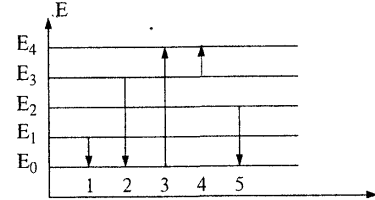
14.4.5 Суретте атомның энергетикалық деңгейлерінің диаграммасы келтірілген. Қайсы ауысу кезінде толқын ұзындығы ең қысқа фотон жұтылады?

- A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.



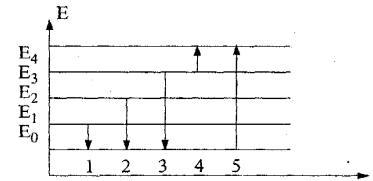
14.4.6 Суретте атомның энергетикалық деңгейлерінің диаграммасы келтірілген. Қайсы ауысу кезінде жиілігі ең аз фотон жұтылады?

- A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.



14.4.7 Суретте атомның энергетикалық деңгейлерінің диаграммасы келтірілген. Қайсы ауысу кезінде жиілігі ең аз фотон шығарылады?

- A) 1; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.



14.4.8 Сутегі атомының иондалу энергиясы $E_i=13,6$ эВ. Электронның үшінші энергетикалық деңгейден бірінші энергетикалық деңгейге өткенде атомның шығаратын фотон энергиясы неге тең :

- A) 9,1 эВ; B) 12,1 эВ; C) 1,21 эВ; D) 4,53 эВ; E) 40,8 эВ. 10

14.4.9 Сутегі атомы шығарған спектрдің ультракүлгін бөлігінде қайсы серия орналасқан?

- A) Пфунд; B) Брэкет; C) Пашен; D) Бальмер; E) Лайман.

14.4.10 Ультракүлгін аймақтағы (Лайман сериясы) фотонның ең аз энергиясы неге тең: (Ридберг тұрақтысы $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{c}^{-1}$).

- A) $12,3 \cdot 10^{-19}$ Дж; B) $11,6 \cdot 10^{-19}$ Дж; C) $16,3 \cdot 10^{-19}$ Дж; D) $14,6 \cdot 10^{-19}$ Дж; E) $6,8 \cdot 10^{-19}$ Дж.

14.4.11 Лайман сериясындағы фотонның ең аз энергиясы:

- A) 10,2 эВ; B) 16,3 эВ; C) 13,6 эВ; D) 8,13 эВ; E) 4,32 эВ.

14.4.12 Сутегі атомының екінші орбитасындағы электронның айналу жиілігі неге тең?

- A) $4,16 \cdot 10^{14} \text{c}^{-1}$; B) $0,2 \cdot 10^{14} \text{c}^{-1}$; C) $1,8 \cdot 10^{14} \text{c}^{-1}$; D) $4,6 \cdot 10^{14} \text{c}^{-1}$; E) $8,2 \cdot 10^{14} \text{c}^{-1}$.

14.4.13 Сутегі атомының бірінші орбитасында орналасқан электронның кинетикалық энергиясы:

- A) 27,2 эВ; B) 16,3 эВ; C) 13,6 эВ; D) 8,13 эВ; E) 4,32 эВ.

14.4.14 Пашен сериясындағы ең қысқа толқын ұзындығы:

- A) 360 нм; B) 240 нм; C) 185 нм; D) 818 нм; E) 912 нм.

14.4.15 Сутегі атомының иондалу потенциалы:

- A) 14,2 В; B) 2,6 В; C) 5,2 В; D) 10,2 В; E) 13,6 В;

14.4.16 Сутегі атомы спектрінің көрінетін бөлігінде қайсы серия орналасқан?

- A) Пфунд; B) Брәкет; C) Пашен; D) Бальмер; E) Лайман.

14.4.17 Сутегі атомы алтыншы қозған күйде орналасқан. Қайсы энергетикалық деңгейге өткенде көрінетін жарық шығарылады?

- A) бірінші; B) екінші; C) үшінші; D) төртінші; E) бесінші.

14.4.18 Сутегінің қозбаған атомындағы электрон орбитасының ең кіші радиусы $r_1 = 52,8$ пм. Сутегі атомындағы электронның үшінші орбитасының радиусы:

- A) 154,8 нм; B) 158,4 нм; C) 316,8 нм; D) 475,2 пм; E) 264 пм.

14.4.19 Қайсы ауысу кезінде сутегі атомы ультракүлгін сәулелерді шығарады?

- A) $E_4 \rightarrow E_1$; B) $E_5 \rightarrow E_3$; C) $E_3 \rightarrow E_2$; D) $E_4 \rightarrow E_3$; E) $E_6 \rightarrow E_2$.

14.4.20 Энергиясы $n = 3$ бас кванттық санмен анықталатын атомдағы электрон күйінің саны неге тең:

- A) 2; B) 3; C) 6; D) 8; E) 18.

14.5 Кванттық механика

14.5.1 1кВ потенциалдар айырмасымен үдетілген зарядталған бөлшектің де Бройль толқын ұзындығы $\lambda = 1,282$ пм. Бөлшектің заряды $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Массасы неге тең? ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

- A) $0,621 \cdot 10^{-27}$ кг; B) $0,656 \cdot 10^{-27}$ кг; C) $0,156 \cdot 10^{-27}$ кг;
D) $0,833 \cdot 10^{-27}$ кг; E) $1,672 \cdot 10^{-27}$ кг.

14.5.2 Импульсі $9,1 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с болатын электронның де Бройль толқын ұзындығы неге тең?

- A) $6,02 \cdot 10^{-58}$ м; B) $1,37 \cdot 10^9$ м; C) 0,727 нм; D) 0,115 нм;
E) келтірілген жауаптардың ішінде дұрысы жоқ.

14.5.3 Жылдамдығы $2,5 \cdot 10^3$ м/с болатын нейтронның ($m = 1,675 \cdot 10^{-27}$ кг) толқын ұзындығы неге тең? ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

- A) 46 пм; B) 172 пм; C) 216 пм; D) 244 пм; E) 158 пм.

14.5.4 Микробөлшектің жылдамдығы 2 есеге кемісе, оның де Бройль толқын ұзындығы қалай өзгереді?

- A) 2 есе артады; B) 2 есе кемиді;
C) 4 есе артады; D) 4 есе кемиді; E) Өзгермейді.

14.5.5 Микробөлшектің импульсі 4 есе артса, оның де Бройль толқын ұзындығы:

- A) 4 есе артады; B) 4 есе кемиді;
C) 2 есе артады; D) 2 есе кемиді; E) Өзгермейді.

14.5.6 Протонның жылдамдығы 2 Мм/с. Протонның толқындық қасиетін сипаттайтын де Бройль толқын ұзындығы неге тең? ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

- A) 0,364 пм; B) 0,107 пм; C) 0,198 пм; D) 0,727 пм; E) 0,091 пм.

14. 5.7 Электронның кинетикалық энергиясы 1 кэВ. Осы электронның де Бройль толқын ұзындығы неге тең? (электронның массасы $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

- A) 14,8 пм; B) 18,3 пм; C) 42,7 пм; D) 30,2 пм; E) 38,8 пм.

14.5.8 $\lambda = h / (mv)$ қатынасы қалай аталады?

- A) Шредингер теңдеуі; B) Эйнштейн формуласы;
C) Гейзенбергтің анықталмағандық қатынастары;
D) де Бройль формуласы; E) Планк формуласы.

14.5.9 Микробөлшектің толқындық қасиеттеріне төменде келтірілген шамалардың қайсысы жатпайды: 1-импульс, 2-энергия, 3-траектория, 4-масса?

- A) 1 және 4; B) 2 және 4; C) 3; D) 1 және 3; E) 2.

14.5.10 Микробөлшектің координатасында анықталмағандық артса:

- A) энергияның анықталмағандығы өседі;
B) энергия мен импульстің анықталмағандығы бұрынғы қалпында қалады;
C) импульстің анықталмағандығы кемиді;
D) импульстің анықталмағандығы өседі;
E) энергияның анықталмағандығы бұрынғы қалпында қалады.

14.5.11 $\Delta E \cdot \Delta t \approx h$ қатынасы қалай аталады?

- A) Шредингер теңдеуі; B) Эйнштейн формуласы;
C) Гейзенбергтің анықталмағандық қатынастары ;
D) де Бройль формуласы; E) Планк формуласы.

14.5.12 Протонның орны $\Delta x = 1 \cdot 10^{-8}$ м қателігімен анықталған. Минималды кванттық – механикалық анықталмағандық ΔV_x , протонның жылдамдығы: ($\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг)

- A) 0,63 м/с; B) $6,3 \cdot 10^{-15}$ м/с; C) 6,3 м/с; D) 16 м/с; E) $16 \cdot 10^{15}$ м/с.

14.5.13 Негізгі күйдегі сутегі атомының энергетикалық деңгейінің ені неге тең? ($\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

- A) $1,05 \cdot 10^{-42}$ Дж; B) 0 Дж; C) $1,05 \cdot 10^{-26}$ Дж; D) $0,95 \cdot 10^{26}$ Дж; E) $2,1 \cdot 10^{-26}$ Дж.

14.5.14 Қозған күйдегі сутегі атомының энергетикалық деңгейінің ені неге тең? (Қозған күйдегі атомның өмір сүру уақыты 10^{-8} с, $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с)

- A) 0 Дж; B) $1,05 \cdot 10^{-42}$ Дж; C) $0,95 \cdot 10^{26}$ Дж; D) $1,05 \cdot 10^{-26}$ Дж; E) $2,1 \cdot 10^{-26}$ Дж.

14.5.15 Бір рет иондалған гелий атомының энергетикалық деңгейінің ені неге тең?

- A) 0 Дж; B) $1,05 \cdot 10^{-42}$ Дж; C) $1,05 \cdot 10^{-26}$ Дж; D) $0,95 \cdot 10^{26}$ Дж; E) $2,1 \cdot 10^{-26}$ Дж.

14.5.16 Толқындық функцияға сәйкес келмейтін қасиетті көрсет:

- A) аяқталғандық; B) біртектілік; C) кванттылық;
D) үзіліссіздік; E) туындының толқындық функциядан үзіліссіздігі.

14.5.17 $\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar$ өрнегі қалай аталады?

- A) бөлшектің X осі бойымен қозғалысына арналған Шредингер теңдеуі;
B) де Бройль формуласы; C) Бордың стационар орбиталарының шарты;
D) Планк формуласы; E) Гейзенбергінің анықталмағандық қатынастары.

14.5.18 $\Psi = \Psi_0 e^{-i(Et - pr) / \hbar}$ формуласы нені білдіреді? (E мен p - микробөлшектің энергиясы мен импульсі, \hbar - келтірілген Планк тұрақтысы, i - жорамал сан)

- A) де Бройль формуласы; B) толық түрдегі Шредингер теңдеуі;
C) де Бройль толқынының таралуын сипаттайтын функция;
D) Гейзенберг қатынасы; E) Ферми-Дирак функциясы.

14.5.19 Толқындық функция арқылы анықтауға болады:

- A) микробөлшектің қозғалыс траекториясын;
B) микробөлшектің энергиясын;
C) микробөлшектің координатасы мен импульсін;
D) микробөлшектің массасы мен импульсін;
E) кеңістіктің кейбір облыстарында микробөлшектің табылу ықтималдылығын.

14.5.20 Дұрыс жауапты таңдаңыз:

- A) $\psi(x, y, z, t)$ толқындық функциясы элементтің dV көлемінде бөлшектің табылу ықтималдығын анықтайды;
B) толқындық функция модулінің квадраты элементтің dV көлемінде t уақыт мезетіндегі бөлшектің табылу ықтималдығының тығыздығын анықтайды;

C) стационар күйдегі Шредингердің теңдеуі мынадай: $\psi = \psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$;

D) Бордың жиіліктер ережесі: $mvr = n\hbar$;

Е) берілген жауаптардың ішінде дұрысы жоқ .

14.5.21 Дұрыс жауапты таңдаңыз:

- А) $\psi(x,y,z,t)$ толқындық функциясы элементтің dV көлемінде бөлшектің табылу ықтималдығын анықтайды;
- В) толқындық функция модулінің квадраты микробөлшектің қозғалыс траекториясын анықтайды;
- С) стационар күйлер үшін Шредингердің теңдеуі мынадай:

$$\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\psi = 0;$$

Д) Шредингер теңдеуінің жалпы түрі: $\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi - E(x,y,z,t)\psi = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}$;

Е) микробөлшектің күйі координата мен импульс арқылы анықталады.

14.5.22 Фермиондар дегеніміз:

- А) бүтін санды спинді микробөлшектер;
- В) жартылай бүтін спинді микробөлшектер;
- С) Ферми деңгейінде орналасқан электрондар;
- Д) кванттық заңға бағынатын барлық бөлшектер;
- Е) бөлшектердің пайда болған жүйесі.

14.5.23 Бозондар дегеніміз:

- А) бүтін санды спинді микробөлшектер;
- В) жартылай бүтін спинді микробөлшектер;
- С) Ферми деңгейінде орналасқан электрондар;
- Д) кванттық заңға бағынатын барлық бөлшектер;
- Е) бөлшектердің пайда болған жүйесі.

14.5.24 Дұрыс емес тұжырымды көрсетіңіз:

- А) фазалық кеңістіктегі элементар ұяшықтар көлемі \hbar^3 -қа тең;
- В) фазалық кеңістіктің 1 ұяшығында 1 ғана фермион орналаса алады;
- С) фазалық кеңістіктің 1 ұяшығында 1 ғана бозон орналаса алады;
- Д) Ферми-Дирактың статистикасы Паули принципіне негізделген;
- Е) диэлектриктердің валенттік зонасы мен өткізгіштік зонасы тыйым салынған кең зонамен бөлінген.

14.5.25 Берілген тұжырымдардың қайсысы Паули принципіне сәйкес келеді:

- А) электрондардың энергетикалық спектрі кванттық-механикалық жүйеде дискретті;
- В) кванттық-механикалық жүйеде кванттық сандар жинағы бірдей күйде орналасқан 2 немесе одан да көп электрондардың болуы мүмкін емес;
- С) кванттық-механикалық жүйеде спиндері бірдей 2 немесе одан да көп электрондардың болуы мүмкін емес;

Д) кванттық механикада микробөлшектің күйі ψ толқындық функциясы арқылы беріледі;

Е) кванттық механикадағы микробөлшектің күйі бір уақытта координата мен импульстің толық мағынасымен сипатталмайды.

14.5.26 Дұрыс емес тұжырым:

А) фермиондар дегеніміз жартылай бүтін спинді бөлшектер;

В) бозондар бүтін санды спиндерге ие;

С) фермиондар Паули принципіне бағынады;

Д) фермиондар Ферми-Дирак статистикасына бағынады;

Е) фазалық кеңістіктің әрбір ұяшығында тек 1 ғана бозон орналаса алады.

14.5.27 $T=0$ К болғанда рұқсат етілген шекараның тек бір бөлігі ғана электрондармен қамтылса, онда қатты дене:

А) диэлектрик; В) өткізгіш; С) жартылай өткізгіш;

Д) диэлектрик немесе жартылай өткізгіш;

Е) өткізгіш немесе жартылай өткізгіш.

14.5.28 Егер тыйым салу шекарасымен шектелген кристалдың энергетикалық деңгейінің валентті шекарасы толығымен толса, онда кристалл:

А) диэлектрик; В) жартылай өткізгіш;

С) металл; Д) диэлектрик немесе жартылай өткізгіш;

Е) металл немесе жартылай өткізгіш.

14.5.29 4-валентті германий p -типті жартылай өткізгіш болу үшін оған қандай қоспа енгіземіз?

А) кремний (4 топ); В) индий (3 топ); С) мышьяк (5 топ);

Д) фосфор (5 топ); Е) қалайы (4 топ).

14.5.30 4-валентті германий n -типті жартылай өткізгіш болу үшін оған қандай қоспа енгіземіз?

А) Р (5 топ); В) В (3 топ); С) In (3 топ); Д) Si (4 топ); Е) Ве (2 топ).

14.6 Ядролық физика

14.6.1 Егер атом ядросында 7 протон және 8 нейтрон бар болса, онда нейтрал атомның электрондық қабықшасындағы электрондар саны:

А) 1; В) 7; С) 8; Д) 15; Е) 5.

14.6.2 $^{17}_8\text{O}$ оттегі изотобының ядросындағы Z протондар мен N нейтрондар саны:

А) $Z=8, N=15$; В) $Z=8, N=9$; С) $Z=17, N=8$; Д) $Z=8, N=8$; Е) $Z=8, N=7$.

14.6.3 Төменде келтірілген микробөлшектердің қайсылары нуклондар болып табылады:

- A) электрондар;
- B) электрондар және протондар;
- C) электрондар және нейтрондар;
- D) электрондар, протондар және нейтрондар;
- E) протондар және нейтрондар.

14.6.4 ${}_{52}^{128}\text{Te}$ ядросындағы нейтрондар саны протондар санынан қаншаға артық?

- A) 76; B) 44; C) 24; D) 38; E) 22.

14.6.5 $\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{\text{я}}$ қатынасы нені сипаттайды:

- A) ядродағы протондар массасын; B) ядродағы нейтрондар массасын;
- C) ядродағы нуклондар массасын; D) ядро массасын;
- E) ядроның массалар ақауын.

14.6.6 Ядроның массалар ақауы дегеніміз:

- A) Ядроға кіретін нейтрондар мен протондар массаларының қосындысынан атом массасын шегеру;
- B) Ядро массасын анықтаудағы қателік;
- C) Ядроға кіретін нуклондар массаларының қосындысынан ядро массасын шегеру;
- D) Ядро массасынан ядро құрамына кіретін нуклондар массаларының қосындысын шегеру;
- E) Ядро массасына бөгде бөлшектердің енуі.

14.6.7 Атом ядросының байланыс энергиясы дегеніміз:

- A) Ядродағы барлық нуклондардың энергиясы;
- B) Протондар мен нейтрондардың энергияларының айырмашылығы;
- C) Толық ядроның энергиясы;
- D) Нуклондар энергиясы мен ядро энергиясының арасындағы айырмашылық;
- E) Нуклондар энергиясы мен ядро энергиясының қосындысы.

14.6.8 $[Zm_p + (A-Z)m_n - m_{\text{я}}] c^2 / A$ қатынасы қалай аталады:

- A) Атом ядросын активтеу энергиясы;
- B) Ядроның тыныштықтағы энергиясы;
- C) Ядроның байланыс энергиясы;
- D) Меншікті байланыс энергиясы;
- E) Толық ядроны бұзу энергиясы.

- 14.6.9 Ядроның массалар ақауы 10^{-28} кг тең. Ядроның байланыс энергиясын тап:
 А) $9 \cdot 10^{-12}$ Дж; В) $4,5 \cdot 10^{-12}$ Дж; С) $1,8 \cdot 10^{-12}$ Дж; D) $3 \cdot 10^{-12}$ Дж; E) $9 \cdot 10^{-11}$ Дж.
- 14.6.10 ${}^7_3\text{Li}$ литий ядросының Δm массалар ақауы 0,04216 м.а.б. Осы ядроның меншікті байланыс энергиясы:
 А) 32,9 МэВ; В) 14,1 МэВ; С) 5,6 МэВ; D) $3,79 \cdot 10^{15}$ МэВ; E) 3,29 МэВ.
- 14.6.11 ${}^2_1\text{H}$ дейтерий ядросының ΔE байланыс энергиясы 2,22 МэВ. Оның массалар ақауы:
 А) 0,00238 м.а.б.; В) 0,00119 м.а.б.; С) 0,00079 м.а.б.; D) 2066,8 м.а.б.; E) 0,00247 м.а.б.
- 14.6.12 Жартылай ыдырау периоды дегеніміз:
 А) ядролардың өмір сүру уақыты;
 В) ядролардың максимал өмір сүру уақытының жартысы;
 С) жарты ядроның ыдырау уақыты;
 D) ядролардың орташа өмір сүру уақыты;
 E) ыдырау тұрақтысына пропорционал ұзындық.
- 14.6.13 ${}^{131}_{53}\text{I}$ йодтың радиоактивті препаратының жартылай ыдырау периоды $T=8$ тәулік. Массасы $m=0,5$ мкг препаратта 1мин ішінде ыдыраған ΔN атомдар саны:
 А) $1,38 \cdot 10^{14}$; В) $1,38 \cdot 10^{11}$; С) $8,28 \cdot 10^{12}$; D) $1,99 \cdot 10^{14}$; E) $1,99 \cdot 10^{20}$.
- 14.6.14 Массасы $m=0,1$ мкг тең ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ стронций изотопының активтілігі $54,39 \cdot 10^4$ Бк. Оның меншікті активтілігін тап:
 А) 0,6 Бк; В) $54,39 \cdot 10^{14}$ Бк/кг; С) $54,39 \cdot 10^{11}$ Бк/кг; D) $1,43 \cdot 10^4$ Бк/кг; E) $0,6 \cdot 10^3$ Бк/кг.
- 14.6.15 α - бөлшегі мен ${}^{10}_5\text{B}$ бор ядросының соқтығысуы кезінде ${}^{10}_5\text{B}$ (α , ${}^1_1\text{H}$) X ядролық реакциясы пайда болды. Ядролық реакцияның X белгісіз өнімін тап:
 А) ${}^{10}_3\text{Li}$; В) ${}^{11}_8\text{O}$; С) ${}^{13}_6\text{C}$; D) ${}^{10}_5\text{B}$; E) ${}^{26}_{13}\text{Al}$.
- 14.6.16 ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + X$ ядролық реакциясының нәтижесінде пайда болған X белгісіз бөлшекті тап
 А) электрон; В) позитрон; С) нейтрон; D) нейтрино; E) α – бөлшегі.
- 14.6.17 Төменде келтірілгендердің қайсысында иондалу қабілеті басым болып келеді:
 А) ${}^4_2\text{He}$ ядросында; В) нейтрондарда; С) позитрондарда;
 D) γ – квантында; E) электрондарда.

14.6.18 Альфа ыдырау дегеніміз- ол ол қайсы сәуле ағынын шығара отырып, бір элементтер ядроларының келесі элементтер ядроларына радиоактивті түрленуі:

- А) қатты электромагниттік сәуле шығару; В) электрондарды;
С) позитрондарды; D) гелий атомдарын; Е) гелий ядроларын.

14.6.19 β – сәулелену дегеніміз:

- А) электрондардың немесе гелий ядроларының ағыны;
В) позитрондардың немесе гелий ядроларының ағыны;
С) электрондардың немесе позитрондардың ағыны;
D) электрондардың немесе нейтрондардың ағыны;
Е) нейтрондардың немесе гелий ядроларының ағыны.

14.6.20 Ядролық күштерге тән емес қасиетті көрсет:

- А) қысқа әсерлік; В) зарядтық тәуелсіздік;
С) спиндардың бағытынан тәуелсіз болу;
D) орталықтандырылмаған мінез; Е) қанығу қасиеті.

15 ҰСЫНЫЛАТЫН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

15.1 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.

15.2 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.

7 және 14 бөлімдерінде ШҚМТУ-нің “Техникалық физика” кафедрасы оқытушыларының бірігіп жасаған тестік тапсырмалары қолданылған.

ТЕСТІК ЕСЕПТЕРДІҢ ЖАУАПТАРЫ

7.1.17	D	7.2.44	B	7.3.50	B	7.4.38	A	7.6.30	B	7.7.40	A
7.1.18	B	7.2.45	C	7.3.51	C	7.5.1	C	7.6.33	D	7.7.41	A
7.1.19	E	7.2.47	A	7.3.52	B	7.5.2	B	7.6.34	A	7.7.42	C
7.1.20	C	7.2.48	B	7.3.59	C	7.5.4	B	7.6.36	D	7.7.43	C
7.1.21	B	7.2.53	C	7.3.60	D	7.5.5	D	7.6.37	D	7.7.44	C
7.1.22	B	7.2.55	A	7.3.61	E	7.5.6	D	7.6.38	D	7.7.45	A
7.1.23	B	7.2.56	A	7.3.62	A	7.5.7	A	7.6.39	D	7.7.46	E
7.1.24	D	7.2.57	B	7.3.65	D	7.5.8	E	7.6.40	B	7.7.48	A
7.1.25	A	7.2.58	C	7.3.66	B	7.5.9	A	7.6.41	A	7.7.49	C
7.1.26	B	7.2.62	A	7.3.68	B	7.5.10	C	7.6.42	C	14.1.1	A
7.1.27	A	7.2.63	A	7.3.69	A	7.5.11	C	7.6.44	D	14.1.2	C
7.1.28	A	7.2.64	D	7.3.70	D	7.5.13	E	7.6.45	C	14.1.3	D
7.1.29	A	7.2.66	A	7.3.72	A	7.5.14	C	7.6.46	A	14.1.4	A
7.1.30	A	7.2.67	C	7.3.73	D	7.5.16	B	7.6.47	B	14.1.5	E
7.2.1	C	7.2.68	B	7.3.74	B	7.5.17	D	7.6.49	C	14.1.7	C
7.2.2	B	7.2.69	E	7.3.75	E	7.5.19	B	7.7.1	B	14.1.8	A
7.2.3	B	7.2.70	C	7.3.77	D	7.5.20	D	7.7.3	C	14.1.12	B
7.2.4	B	7.2.72	C	7.3.79	A	7.5.22	E	7.7.5	C	14.1.13	C
7.2.5	C	7.2.73	D	7.3.86	C	7.5.23	E	7.7.6	B	14.1.16	B
7.2.6	B	7.2.74	E	7.3.87	B	7.5.24	C	7.7.7	A	14.1.17	A
7.2.7	E	7.2.75	B	7.3.88	B	7.5.27	A	7.7.9	A	14.1.18	D
7.2.8	C	7.3.8	A	7.3.89	D	7.5.31	A	7.7.10	B	14.1.19	C
7.2.9	D	7.3.9	A	7.4.2	E	7.5.32	A	7.7.11	B	14.1.20	B
7.2.10	B	7.3.10	B	7.4.4	B	7.5.33	B	7.7.13	B	14.1.25	A
7.2.11	C	7.3.11	E	7.4.6	E	7.5.35	A	7.7.14	D	14.1.26	D
7.2.12	B	7.3.16	C	7.4.7	A	7.5.37	E	7.7.15	E	14.1.27	B
7.2.13	D	7.3.17	C	7.4.9	C	7.5.39	C	7.7.19	E	14.1.28	C
7.2.15	A	7.3.19	C	7.4.10	D	7.6.9	B	7.7.20	D	14.1.29	E
7.2.18	A	7.3.21	A	7.4.11	D	7.6.10	E	7.7.21	B	14.1.30	A
7.2.20	A	7.3.24	E	7.4.16	A	7.6.11	A	7.7.22	C	14.2.1	D
7.2.21	C	7.3.25	E	7.4.22	A	7.6.14	C	7.7.23	D	14.2.2	C
7.2.23	A	7.3.28	E	7.4.23	D	7.6.15	D	7.7.24	B	14.2.3	A
7.2.24	D	7.3.29	B	7.4.24	B	7.6.18	B	7.7.25	C	14.2.4	B
7.2.25	B	7.3.30	B	7.4.25	B	7.6.19	B	7.7.28	D	14.2.11	B
7.2.26	E	7.3.34	A	7.4.26	A	7.6.20	A	7.7.29	A	14.2.13	C
7.2.27	B	7.3.35	D	7.4.28	B	7.6.22	C	7.7.30	B	14.2.16	D
7.2.28	C	7.3.39	C	7.4.30	D	7.6.24	C	7.7.32	D	14.2.17	C
7.2.30	D	7.3.40	B	7.4.31	B	7.6.25	E	7.7.33	C	14.2.18	A
7.2.36	D	7.3.41	B	7.4.32	B	7.6.26	B	7.7.34	A	14.2.19	B
7.2.42	E	7.3.48	A	7.4.33	B	7.6.27	B	7.7.38	C	14.2.20	C
7.2.43	E	7.3.49	B	7.4.34	C	7.6.28	E	7.7.39	A	14.2.24	B

14.2.25	B	14.2.38	D	14.3.15	D	14.3.29	B	14.4.12	E	14.5.12	C
14.2.26	A	14.2.39	E	14.3.16	E	14.3.30	B	14.4.13	C	14.5.14	D
14.2.28	C	14.3.1	C	14.3.17	A	14.3.31	A	14.4.14	D	14.6.9	A
14.2.29	C	14.3.2	E	14.3.18	D	14.3.33	E	14.4.15	E	14.6.10	C
14.2.30	C	14.3.3	E	14.3.19	C	14.3.35	A	14.4.18	D	14.6.11	A
14.2.31	B	14.3.4	B	14.3.20	E	14.3.36	E	14.5.1	D	14.6.13	B
14.2.32	D	14.3.5	D	14.3.21	E	14.3.37	C	14.5.2	C	14.6.14	B
14.2.34	A	14.3.6	A	14.3.26	E	14.4.8	B	14.5.3	E	14.6.15	C
14.2.36	D	14.3.7	A	14.3.27	A	14.4.10	C	14.5.6	C	14.6.16	C
14.2.37	B	14.3.14	B	14.3.28	A	14.4.11	A	14.5.7	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 $\frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$
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	$1 м. а. б$	1,660·10 ⁻²⁷ кг
Бор радиусы	a_0	0,529·10 ⁻¹⁰ м
Болат үшін Юнг модулі	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. Бұға айналуының меншікті жылуы

Заттар	Бұға 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. Сыну көрсеткіші

Заттар	Көрсеткіші	Заттар	Көрсеткіші
Алмаз	2,42	Глицерин	1,47
Су	1,33	Шыны	1,50

14-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

15-кесте. Электрондардың металдан шығу жұмысы

Металл	Дж	эВ
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3
Күміс	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Мырыш	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0

16-кесте. Кейбір элементтердің А салыстырмалы атомдық массасы (атомдық салмағы) мен Z реттік номері

Элемент	Химиялық символы	A	Z
Азот	N	14	7
Алюминий	Al	27	13
Сутегі	H	1	1
Вольфрам	W	184	74
Гелий	He	4	2
Темір	Fe	56	26
Алтын	Au	197	79
Калий	K	39	19
Кальций	Ca	40	20
Оттегі	O	16	8
Магний	Mg	24	12
Марганец	Mn	55	25
Мыс	Cu	64	29
Молибден	Mo	96	42
Натрий	Na	23	11
Никель	Ni	59	28
Платина	Pt	195	78
Күкірт	S	32	16
Күміс	Ag	108	47
Уран	U	238	92
Көміртегі	C	12	6
Хлор	Cl	35	17

17- кесте. Радиоактивті изотоптардың жартылай ыдырау периоды

Изотоп	Символ	Жартылай ыдырау периоды
Магний	${}_{12}\text{Mg}^{27}$	10 мин
Фосфор	${}_{15}\text{P}^{32}$	14,3 тәулік
Кобальт	${}_{27}\text{Co}^{60}$	5,3 жыл
Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	27 жыл
Йод	${}_{53}\text{I}^{131}$	8 тәулік
Актиний	${}_{89}\text{Ac}^{225}$	10 тәулік
Торий	${}_{90}\text{Th}^{229}$	$7 \cdot 10^3$ жыл
Уран	${}_{92}\text{U}^{238}$	$4,5 \cdot 10^9$ жыл
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{219}$	10^{-3} сек
	${}_{88}\text{Ra}^{226}$	$1,62 \cdot 10^3$ жыл

18-кесте. Кейбір атомдар мен нейтронның массасы

Изотоп	Символ	Масса (м.а.б.)
Нейтрон	${}_0n^1$	1,00867
Сутегі	${}_1H^1$	1,00783
	${}_1H^2$	2,01410
	${}_1H^3$	3,01605
Гелий	${}_2He^3$	3,01603
	${}_2He^4$	4,00260
Литий	${}_3Li^6$	6,01513
	${}_3Li^7$	7,01601
Бериллий	${}_4Be^7$	7,01693
	${}_4Be^9$	9,01219
Бор	${}_5B^{10}$	10,01294
	${}_5B^{11}$	11,00930
Көміртегі	${}_6C^{12}$	12,00000
	${}_6C^{13}$	13,00335
	${}_6C^{14}$	14,00324
Азот	${}_7N^{14}$	14,00307
Оттегі	${}_8O^{16}$	15,99491
	${}_8O^{17}$	16,99913
Магний	${}_{12}Mg^{23}$	22,99414

19-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	$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

20-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	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

21-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}	сантис	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	милли	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}