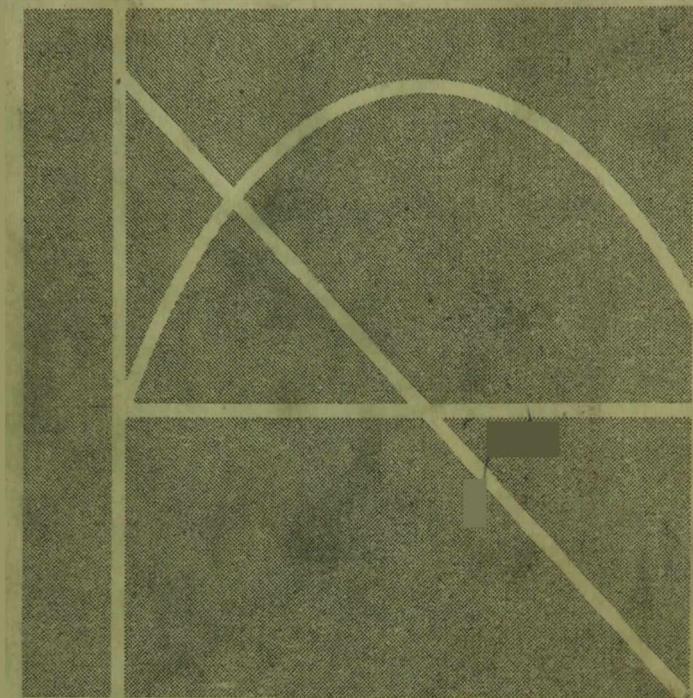


В.С. ВОЛЬКЕНШТЕЙН



ЖАЛПЫ ФИЗИКА
курсының есептер
ЖИНАҒЫ

В. С. ВОЛЬКЕНШТЕЙН

ЖАЛПЫ ФИЗИКА
КУРСЫНЫҢ ЕСЕПТЕР
ЖИНАҒЫ

ОРИС ТІЛІНДЕГІ ЖЕТИНШІ БАСЫЛЫМЫНАН
АУДАРЫЛДЫ

*РСФСР Жоғары және арнаулы орта білім министрлігі
жоғары техникалық оку орындарына арналған оқу
күралы ретінде макұлдаған*

В $\frac{0646-66}{M\ 404(07)-74}$ 180-73

© перевод на казахский язык «Мектеп», 1974.

Аударған — С. Дүйсенғалиев

ОРЫС ТІЛІНДЕГІ ҰШІНШІ БАСЫЛЫМЫНА АРНАЛҒАН АВТОРДЫҢ АЛҒЫ СӨЗІ

Осы басылымында «Жалпы физика курсының есептер жинағы» толығынан қайта жөндөлді және толықтырылды. Бұл, біріншіден, жоғары техникалық оқу орындарына физика бойынша жаңадан кеңейтілген программаны енгізумен, екіншіден, ГОСТ 9867-61-дін «Бірліктердің халықаралық системасын» бекітуімен байланысты болған жэй.

ГОСТ 9867-61 Бірліктердің халықаралық системасын ғылымның, техниканың және халық шаруашылығының барлық салаларында, сондай-ақ сабак оқытқанда артықшылығы бар система ретінде белгілейді. Осымен бірге ГОСТ бойынша СГС системасын пайдалануға да рұқсат етіледі. Алайда бұл басылымда есептердің шығарылуы әдеттегідей Бірліктердің халықаралық системасында жүргізіледі. Басқа системалардың бірліктерінен, сондай-ақ системадан тыс бірліктерден Бірліктердің халықаралық системасына көшу үшін тиісті табликалар берілген.

Бірінші басылымындағыдай әрбір параграфқа негізгі заңдар мен формулалар көрсетілген қысқаша кірісне жазылған. Осының негізінде сол параграфтың есептері шығарылады. Барлық есептердің жауабы, ал кейбір киын есептердің шешулері де бар. Жинақтың соңында анықтамалық мәліметтер берілген.

ОРЫС ТІЛІНДЕГІ БЕСІНШІ БАСЫЛЫМЫНА АРНАЛҒАН АВТОРДЫҢ АЛҒЫ СӨЗІ

«Жалпы физика курсының есептер жинағы» бесінші басылымында жаңадан редакцияланған. Кейбір есептер басқа есептермен ауыстырылған. Оқушыларды анықтамалық әдебиеттерді пайдалануға дағдыландыру үшін кейбір сан мәндер есептің шартынан алғыншыл, анықтамалық табликаларға көшірілді.

VI тараудағы материалдар және ГОСТ 8848-63-ке сәйкестендірілді. Алдыңғы басылымындағы кемшіліктер мен жіберілген қателерді көрсеткен барлық жолдастарға алғыс айтамын.

КІРІСПЕ

§ 1. Бірліктердің халықаралық системасы

Әр түрлі физикалық шамалар бір-бірімен, осы шамалардың өз ара тәуелділігін көрсететін теңдеулермен байланысады. Мысалы, массасы m дененің алатын a үдеуінің осы денеге әсер ететін F күшпен байланысы тәмендегі теңдеумен көрсетіледі

$$F = kma, \quad (1)$$

мұндағы k — сандық коэффициент, оның сан мәні F , m және a шамаларымен өлшенген бірліктердің таңдалуға байланысты. Егер массаның және үдеудің бірліктері бізге белгілі болса, онда күштің бірлігін (1) теңдеудегі k коэффициенті бірге тең болатындай етіп таңдалуға алушымызға болады, яғни бұл теңдеудің түрі мынадай болады:

$$F = m \cdot a.$$

Ол үшін біз күш бірлігіне массаның бірлігіне бірлік үдеу беретін күшті алуға тиіспіз.

Жаңа енгізілетін кез келген шамаларды осылай жасай отырып, біз осы шаманы анықтайтын, оның бірлігін өлшейтін формуланы белгілеуге пайдаланамыз, сөйтіп туынды бірліктің системасын құрамыз.

Әр түрлі бірлік системаларының бір-бірінен айырмашылығы, олардың қайсысының негізгі бірлік ретінде алынуына байланысты болады.

Біз осы «Есептер жинағында»ғылымның, техниканың халық шаруашылығының барлық салаларында, сондай-ақ сабак беруде ерекше мәні бар система ретінде ГОСТ 9867-61 бекіткен Бірліктердің халықаралық системасын пайдаланатын боламыз. Бұл система *SI* символымен немесе *System International* деген сөздің орысша аудармасының бас әріптері (СИ) бойынша белгіленеді.

Халықаралық система өлшеудің әр түрлі салаларына арналған бірнеше жеке бірліктер системасына бөлінеді (1-таблица).

1 - т а б ли ц а

Бірліктердің халықаралық системасы ГОСТ 9867-61					
Механикалық бірліктер системасы ГОСТ 7664—61	Жылулық бірліктер системасы ГОСТ 8550—61	Электрлік және магниттік бірліктер системасы ГОСТ 8033—56	Акустикалық бірліктер системасы ГОСТ 8849—58	Жарық бірліктер системасы ГОСТ 7932—56	Радиоактивтік және иондаушы сәуле шығару бірліктер системасы ГОСТ 8848—63

СИ системасындағы негізгі механикалық бірліктер метр (*m*), килограмм-масса (*kg*) және секунд (*сек*) болып табылады; осыларға қосымша өлшеудің әр түрлі облыстары үшін тәмендегідей негізгі бірліктер берілген: жылулық өлшеулер үшін — Кельвин градусы, электрлік өлшеулер үшін — ампер, ал жарық өлшеу үшін — шам.

Халықаралық системаның негізгі бірліктері 2-таблицада келтірілген.

2 - т а б ли ц а

Шамалардың аттары	Өлшеу бірліктері	Қысқаша белгілер
Ұзындық	метр	<i>m</i>
Масса	килограмм	<i>kg</i>
Уақыт	секунд	<i>сек</i>
Электр тогының күші	амиер	<i>a</i>
Термодинамикалық темпера-		
тура		
Жарық күші	Кельвин градусы свеча (шам)	$^{\circ}\text{K}$ <i>св</i>

Бірліктердің халықаралық системасы: жазық бұрыш үшін және денелік бұрыш үшін екі қосымша бірлікті қамтиды (2а-таблица).

2 а - т а б ли ц а

Шамалардың аттары	Өлшеу бірліктері	Қысқаша белгілер
Жазық бұрыш	радиан	рад
Денелік бұрыш	стерадиан	стер

3-таблицада СИ бірліктерінің — еселік және үлестік бірліктерін жасауға арналған қосымшалар келтірілген (ГОСТ 7663-55 қараңыздар).

3 - т а б ли ц а

Қосымшалар	Сан мәндері	Қысқаша белгілер	Қосымшалар	Сан мәндері	Қысқаша белгілер
Атто	10^{-18}	а	Деци	10^{-1}	д
Фемто	10^{-15}	ф	Дека	10^1	да
Пико	10^{-12}	п	Гекто	10^2	г
Нано	10^{-9}	н	Кило	10^3	к
Микро	10^{-6}	мк	Кега	10^6	М
Милли	10^{-3}	м	Гига	10^9	Г
Санти	10^{-2}	с	Тера	10^{12}	Т

3-таблицада келтірілген қосымшаларды, тек жай атауларға ғана қосып жазуға болады (метр, грамм т. б.). Мысалы, «килограмм» сияқты атауларға қосымшаны қосуға болмайды, себебі оның өзінде «кило» деген қосымшасы бар. Осы айтылғанға байланысты, мысалы, $m = 10^9 \text{ кг} = 10^{12} \text{ г}$ массаның бірлігін «тераграмма» (Tg) деп атау керек болады; ал кей уақытта осы масса үшін қолданылатын «мегатонна» деген атау дұрыс емес. Ұзындықтың бірлігі $l = 10^{-6} \text{ м}$ -ді «микрон» деп атау ұйғарылған. Ұзындықтың бұл бірлігін «микрометр» (мкм) деп атаған дұрыс болады.

СИ системасының туынды бірліктері, жоғарыда көр-

сетілгендей, негізгі бірліктерден жасалады. Туынды бірліктердің негізгі бірлікке қалай тәуелді болатындығын көрсету үшін өлшемділік формулалары қолданылады.

Егер негізгі шамалар үшін өлшемділіктердің шартты белгілерін: ұзындықты — l , массаны — M , уақытты — T , ток күшін — I , температуралынын — θ және жарық күшін — J деп алсақ, онда СИ системасындағы қандай да бір x шамасының өлшемділік формуласын былай жазуға болады:

$$[x] = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\rho J^\mu$$

x шамасының өлшемділігін табу үшін $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \rho$ және μ көрсеткіштердің сан мәндерін анықтау керек болады. Бұл көрсеткіштер оң немесе теріс, бүтін немесе бөлшек болулаты мүмкін.

1-мысал. Жұмыстың өлшемділігін табу керек. $A = F \cdot l$ қатынасынан $[A] = L^2 M T^{-2}$ екенін табамыз.

2-мысал. Меншікті жылу сыйымдылығының өлшемділігін табу керек. $c = \frac{Q}{m \Delta t}$ және $Q = [A]$ болғандықтан, $[c] = L^2 T^{-2} \theta^{-1}$ екенін табамыз.

Кез келген физикалық шаманың СИ системасындағы өлшемділігін біле отырып, оның осы системадағы бірліктерінің өлшемділігін табу қын емес. Мысалы, жұмыс бірлігінің өлшемділігі m^2 кг $сек^{-2}$ -қа тең, меншікті жылу сыйымдылығының өлшемділігі $m^2 сек^{-2} град^{-1}$ -қа тең болады т. с. с.

СИ системасының туынды бірліктерінің табликалары «Есептер жинағының» тиісті бөлімдерінде берілген: механикалық шамалардың бірліктері — I тарауда, жылулық шамалардың бірліктері — II тарауда, электрлік және магниттік шамалардың бірліктері — III тарауда т. с. с. берілген. Осы айтылған тарауларда СИ бірліктері мен басқа системаның және системадан тыс бірліктерінің арасындағы байланыстарды көрсететін табликалар берілген.

§ 2. Есептерді шығаруға арналған методикалық нұсқаулар

Есептерді шығарғанда, ең алдымен, берілген есептің негізінде қандай физикалық заңдылықтардың жатқанын анықтау керек. Содан кейін осы заңдылықтарды көрсетіп отырған формуладан әріп түріндегі есептің шешуін табу

керек. Осыдан кейін бірдей бірліктер системасында берілген сан мәндерді әріптердің орына қоюға болады. Халықаралық системадағы бірліктермен бірге практикада және әдебиеттерде басқа системалардың бірліктері, сондай-ақ системадан тыс бірліктер тараған. Сондыктан есептің шартындағы сан мәндер өр уақытта СИ системасындағы бірліктермен беріле бермейді. СИ бірліктері мен системадан тыс және басқа системалардың бірліктерінің арасындағы байланыс әрбір тараудың алдында берілген таблицаларда көрсетілген. Есепті СИ системасында шығару үшін есептің шартында берілген, сондай-ақ анықтамалық таблицадан алыған мәліметтердің барлығы да СИ бірлігіне келтірілуі керек. Соңда есептің жауабы да осы системаның бірлігімен шығады.

Кей уақытта есептің шартындағы барлық берілгендерді бір система көрсетудің қажеттігі болмайды. Мысалы, егер формулада кез келген бір шама бөлшектің алымында да және бөлімінде де көбейтінді болып келсе, онда бұл шаманы қандай бірлікте көрсетсе де бәрі бір, тек қана бірліктер бірдей болса болғаны (14-беттегі 2-есепті қарандыздар).

Есептің сан мәндік жауабын алғанда оның ең соңғы нәтижесінің дәлдік дәрежесіне көзіл аудару керек. Жауптың дәлдігі бастанқы шамалардың мәнінің дәлдігінен аспау керек. Есептердің көшілігін логарифмдік сызығш дәлдігімен шығару жеткілікті. Кейбір жағдайда логарифмдердің төрт таңбалы таблицасын пайдаланған жөн.

Әріп белгілерінің орына сан қойылышымен сан мәндік жауптың атауларын жазу керек.

График сызу керек болатын есептерде масштаб пеп координата басын таңдап алу керек болады. Графикте міндетті түрде масштабты көрсету керек. Кейбір осы сияқты есептердің жауабында графиктерде масштабын көрсетпей береді, яғни берілген тәуелділіктің тек қана сапалық сипаттамасыға келтіріледі.

ЕСЕПТЕР

I ТАРАУ

МЕХАНИКАНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ НЕГІЗІ

МЕХАНИКАЛЫҚ БІРЛІКТЕР

Бірліктердің халықаралық системасының құрамды бөлігі механикалық шамаларды өлшеуге арналған МКС системасы (ГОСТ 7664-61) болып табылады. МКС системасының негізгі бірліктері — метр (*m*), килограмм (*kg*) және секунд (*сек*).

Жоғарыда айтылғандай, бұл системаның туынды бірліктері физикалық шамалардың өз ара байланысы негізінде негізгі бірліктерден құрастырылады. Мысалы, жылдамдық бірлігі мына қатынастан анықталады:

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t},$$

ұзындықтың бірлігі метр, ал уақыттың бірлігі секунд болғандықтан, МКС системасындағы жылдамдық бірлігі 1 м/сек болады. Олай болса, үдеудің бірлігі 1 м/сек^2 болады.

Күштің бірлігін белгілейік. Ньютоның екінші заңы бойынша

$$F = ma.$$

Массаның бірлігіне 1 kg , ал үдеудің бірлігіне 1 м/сек^2 алынады, ендеше МКС системадағы күш бірлігіне массасы 1 kg дене осы күштің әсерінен 1 м/сек^2 үдеу алтын күшті алуымыз керек. Күштің осындай бірлігі ньютон (*n*) деп аталады.

$$1 \text{ n} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ м/сек}^2.$$

Депенің салмағы және массасының арасындағы байланысқа тоқталайық. Дененің салмағы *P* деп дененің Жерге тартылатын күшін айтады, яғни ол денеге $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ үдеу беретін күш; сөйтіп,

$$P = mg.$$

Дененің салмағын МКС системасында, қандайда болмасын басқа күштер сияқты, ньютонмен өлшеу керек. Кейде дененің салмағын килограммен де өлшейді, алайда салмақтың бірлігі (килограмм) МКС системасының бірлігі емес екендігін еске берік сақтау керек. Бір-бірінен мүлдем өзгеше екі физикалық шамалардың — масса мен салмақтың бірліктерін шатастырмас үшін біз бұларды әр түрлі қысқаша белгілермен белгілейміз: килограммен алған массаның бірлігін $kг$ деп, ал 1 килограммен алған салмақтың (күштің) бірлігін $кГ$ деп белгілейміз. Килограмм салмақ пен ньютонның арасындағы қатынасты табайық. 1 $кГ$ салмақ деп массасы 1 $кг$ -ға тең болатын дененің салмағын айтады, яғни

$$1 \text{ кГ} = 1 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/сек}^2.$$

Бізге мәлім

$$1 \text{ н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/сек}^2.$$

Осыдан мынадай болып шығатынын көреміз:

$$1 \text{ кГ} = 9,81 \text{ н}.$$

Салмақ килограммының анықтамасынан килограмм салмақпен ($кГ$) көрсетілген дene салмағының сан мәні килограмм массамен ($кг$) көрсетілген осы дененің массасының сан мәніне тең екендігі шығады. Мысалы, егер дeneнің массасы 2 $кг$ -ға тең болса, онда оның салмағы 2 $кГ$ -ға тең болады; килограммен алған дeneнің салмағын кейіннен ньютонға айналдыру керек болады.

Мысалы. Дененің массасы 4 $кг$ -ға тең. $кГ$ -мен және $н$ -мен алған дeneнің салмағын табыңыздар. Жауабы: $P=4 \text{ кГ}$ (МКС системасында емес) және $P=4 \cdot 9,81 \text{ н}$ (МКС системасында).

Жұмыстың бірлігі төмендегі қатынас бойынша анықталады:

$$A=F \cdot l.$$

Жұмыстың бірлігіне 1 $м$ жолдағы 1 $н$ күштің атқаратын жұмысын алу керек болатыны анық. Жұмыстың бұл бірлігін джоуль ($дж$) деп атайды:

$$1 \text{ дж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м}.$$

4 - т а б л и ц а

Шамалар және оның белгілері	Бірліктерді анықтауға арналған тәндеулер	Өлшеу бірліктері	Бірліктің қысқаша белгілері	Шамалардың өлшемдері
Негізгі бірліктер				
Ұзындық l	—	метр	m	L
Масса m	—	килограмм	kg	M
Уақыт t	—	секунд	сек	T
Тұынды бірліктер				
Аудан S	$S = l^2$	квадрат метр	m^2	L^2
Көлем V	$V = l^3$	куб метр	m^3	L^3
Жиілік v	$v = \frac{1}{T}$	герц	гц	T^{-1}
Бұрыштық жылдамдық ω	$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$	радиан секундқа	рад/сек	T^{-1}
Бұрыштық үдеу ϵ	$\epsilon = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	радиан квадрат секундқа	рад/сек ²	T^{-2}
Сызықтық жылдамдық v	$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$	метр секундқа	$m/\text{сек}$	LT^{-1}
Сызықтық үдеу a	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	метр квадрат секундқа	$m/\text{сек}^2$	LT^{-2}
Тығыздық ρ	$\rho = \frac{m}{V}$	килограмм куб метрге	kg/m^3	$L^{-3}M$
Күш F ; салсамақ P	$F = ma$	Ньютон	н	LMT^{-2}
Меншікті салмақ γ	$\gamma = \frac{P}{V}$	Ньютон куб метрге	n/m^3	$L^{-2}MT^{-2}$
Қысым p	$p = \frac{F}{S}$	Ньютон квадрат метрге	n/m^2	$L^{-1}MT^{-2}$
Козғалыс мөлшері L	$L = m \Delta v = F \Delta t$	Килограмм-метр секундқа	$kg \cdot m/\text{сек}$	LMT^{-1}
Инерция моменті J	$J = ml^2$	килограмм-квадрат метрге	$kg \cdot m^2$	L^2M
Жұмыс және энергия A	$A = Fl$	Джоуль	дж	L^2MT^{-2}
Куат N	$N = \frac{\Delta A}{\Delta t}$	ватт	wt	L^2MT^{-3}
Динамикалық тұтқырлық η	$\eta = \frac{F}{S} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta v}$	ньютон-секунд квадрат метрге	$n \cdot \text{сек}/m^2$	$L^{-1}MT^{-1}$
Кинематикалық тұтқырлық ν	$\nu = \frac{\eta}{\rho}$	квадрат метр секундқа	$m^3/\text{сек}$	L^2T^{-1}

5 - т а б ли ц а

Шамасы	Өлшеу бірліктері және оның СИ бірліктерімен байланысы
Ұзындық	1 сантиметр (<i>см</i>) = 10^{-2} м 1 микрометр (микрон); 1 <i>мкм</i> = 10^{-6} м
Масса	1 ангстрем (<i>Å</i>) = 10^{-10} м 1 грамм (<i>г</i>) = 10^{-3} кг 1 тонна (<i>т</i>) = 10^3 кг 1 центнер (<i>ц</i>) = 10^2 кг 1 массаның атомдық бірлігі (1 м. а. б.) = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Жазық бұрыш	1 градус ($^\circ$) = $\frac{\pi}{180}$ радиан 1 минут ($'$) = $\frac{\pi}{180} \cdot 10^{-2}$ радиан 1 секунд ($''$) = $\frac{\pi}{648} \cdot 10^{-3}$ радиан
Аудан	1 айналым (<i>айн</i>) = 2π радиан 1 <i>ар</i> = 100 м ²
Көлем	1 гектар (<i>га</i>) = 10^4 м ²
Күш	1 литр (<i>л</i>) = $1,000028 \cdot 10^{-3}$ м ³ 1 дина (<i>дин</i>) = 10^{-5} н 1 килограмм-күш (<i>кГ</i>) = 9,81 н 1 тонна-күш (<i>T</i>) = $9,81 \cdot 10^3$ н
Кысым	1 <i>дин/см²</i> = 0,1 н/м ² 1 <i>кГ/м²</i> = 9,81 н/м ² 1 миллиметр сынап бағанасы (<i>мм</i> сын. бағ.) = = 133,0 н/м ² 1 миллиметр су бағанасы (<i>мм</i> су. бағ.) = 9,81 н/м ² 1 техникалық атмосфера (<i>атм</i>) = 1 <i>кГ/см²</i> = 0,981 · 10^5 н/м ² 1 физикалық атмосфера (<i>атм</i>) = $1,013 \cdot 10^5$ н/м ² («физикалық атмосфераның» системадан тыс бірлігі ГОСТ 7664-61-де жоқ)
Жұмыс, энергия, жылу мөлшері	1 эрг = 10^{-7} дж 1 <i>кГм</i> = 9,81 дж 1 ватт-сағат (<i>вт · сағ</i>) = $3,6 \cdot 10^3$ дж 1 электрон-вольт (1 эв) = $1,6 \cdot 10^{-19}$ дж 1 калория (<i>кал</i>) = 4,19 дж 1 килокалория (1 <i>ккал</i>) = $4,19 \cdot 10^3$ дж 1 физикалық литр-атмосфера (<i>л · атм</i>) = = $1,01 \cdot 10^2$ дж
Куат	1 техникалық литр-атмосфера (<i>л. атм</i>) = 98,1 дж 1 эрг/сек = 10^{-7} вт 1 килограмм-күш метр секундқа (<i>кГм/сек</i>) = = 9,81 вт 1 ат күші (а. к.) = 75 <i>кГм/сек</i> = 736 вт

Жалғасы

Шамасы	Өлшеу бірліктері және оның СИ бірліктерімен байланысы
Динамикалық тұтқырлық Кинематикалық тұтқырлық	1 пуаз (<i>нз</i>) = 0,1 <i>н · сек</i> / <i>м²</i> = 0,1 <i>кг/m · сек</i> 1 стокс (<i>ст</i>) = 10 ⁻⁴ <i>м²/сек</i>

Қуат мына формуламен анықталады:

$$N = \frac{A}{t}$$

Олай болса, МКС системасындағы қуаттың бірлігіне 1 *сек* ішінде 1 *дж* жұмыс істейтін механизмнің қуатын алу керек. Қуаттың бүл бірлігі *вatt* (*вт*) деп аталады.

Осы тәсілмен МКС системасындағы кез келген физикалық шаманың туынды бірлігін табуға болады.

4-таблица, ГОСТ 7664-61-ге сәйкес МКС системасында механикалық шамаларды өлшеттін негізгі және өте маңызды туынды бірліктер берілген.

5-таблицада Халықаралық системаның кейбір механикалық бірліктері және ГОСТ 7664-61-мен рұқсат етілген басқа системаларының бірліктері мен системадан тыс бірліктердің арасындағы байланысы берілген.

Есеп шыгарудың мысалдары

1-есеп. Мұздың бетімен 2,44 *м/сек* жылдамдықпен сырғанап келе жатқан салмағы 1,05 *кГ* тас үйкеліс күшінің әсерінен 10 *сек*-тан кейін тоқтайды. Үйкеліс күшін тұрақты деп алып, оның шамасын табу керек.

Шешуі. Ньютоның екінші заңы бойынша

$$F\Delta t = mv_2 - mv_1,$$

мұндағы *F* — үйкеліс күші. Оның әсерінен массасы *m* деңе Δt уақыт ішінде өзінің жылдамдығын *v*₁-ден *v*₂-ге өзгертеді. Біздің қарастырып отырған жағдаймызда *v*₂=0, онда

$$F = - \frac{mv_1}{\Delta t}$$

«Минус» таңбасы F үйкеліс күшінің бағыты v_1 жылдамдық бағытына қарама-қарсы екендігін көрсетеді.

МКС системасында $m=1,05 \text{ кг}$, $v_1=2,44 \text{ м/сек}$ және $\Delta t=10 \text{ сек}$. Онда

$$F = -\frac{1,05}{10} \frac{2,44}{\Delta t} \text{ н} = -0,255 \text{ н}.$$

Есептің шартындағы алғашқы берілгендері үшінші мәнді цифrlардың нақтылығымен алынғандықтан, есептің жауабын да осындай нақтылықпен табу керек, яғни есептеп шыгару үшін көдімгі логарифмдік сыйғышты пайдалануға болады.

5-таблицаны пайдалана отырып, шыққан жауапты басқа бірліктер арқылы көрсетуімізге болады:

$$|F|=0,255 \text{ н}=2956 \cdot 10^4 \text{ дин}=0,0261 \text{ кГ}$$

2-есеп. Адам мен арба бір-біріне қарама-қарсы қозғалады дейік. Адамның салмағы 64 кГ , ал арбаның салмағы 32 кГ . Адамның қозғалу жылдамдығы $5,4 \text{ км/сағ}$, ал арбаның қозғалу жылдамдығы $1,8 \text{ км/сағ}$. Адам арбаның үстіне секіріп шыққанда арба тоқтап қалады. Арбаның адамды қосып есептегендегі жылдамдығын табу керек.

Шешуі. Қозғалыс мөлшерінің сақталу заңы бойынша

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v, \quad (1)$$

мұндағы m_1 — адамның массасы, v_1 — оның арбаға секіріп шыққанда дейінгі жылдамдығы, m_2 — арбаның массасы, v_2 — оның адам секіріп шыққанда дейінгі жылдамдығы, v — адамның арбаға секіріп шыққаннан кейінгі адам мен арбаның екеуінің жалпы жылдамдығы. (1) формуладан мынаны табамыз:

$$v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

(2) формуланың біртекті болуының салдарынан m_1 және m_2 массаларды қандай бірлікке қойсақ та бәрібір екенін еске ұстағанымыз жөн; тек қана бұл бірліктердің бірдей болғаны қажет. Оған қоса (2) формуладан массалың атаулары қысқартылып қалатындықтан, v жылдамдықтың атауы v_1 және v_2 жылдамдықтарының атауындаі болатынын көреміз. Сондықтан бұл жағдайда барлық

берілгендерді МКС системасының бірліктеріне ауыстырудың қажеті жоқ.

Адам мен арбаның алғашқы жылдамдықтарының бағыты қарама-қарсы болды. Сондықтан олардың жылдамдықтарының таңбасы да әр түрлі болады. Адамның жылдамдығының бағытын оң деп есептеп, $v_1 = 5,4 \text{ км/сағ}$ және $v_2 = -1,8 \text{ км/сағ}$ екенін табамыз. Оған қоса $m_1 = 64 \text{ кг}$ және $m_2 = 32 \text{ кг}$. Осы берілген сан мәндерді (2) формулаға қойып, мынаны аламыз:

$$v = \frac{64 - 5,4 - 32 - 1,8}{64 + 32} \text{ км/сағ} = 3,0 \text{ км/сағ}.$$

Жылдамдық $v > 0$. Сонымен үстіне адам секіріп шыққаннан кейінгі арбаның жылдамдығы адамның жүгірген жағына қарай бағытталады.

3-есеп. Терендігі 20 м құдықтан су тартып алу үшін моторының қуаты 5 ат құшіне тең пасос қойылған. Насстың 7 сағ жұмысы ішінде құдықтан көтерілген судың көлемі $3,8 \cdot 10^5 \text{ л}$ -ге тең болады деп алып, мотордың пайдалы әсер коэффициентін табу керек.

Шешуі. N мотор қуатының t уақыт ішінде істеген A жұмысымен байланысы төмендегі қатынаспен өрнектелді:

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

мұндағы η — мотордың п. ә. коэффициенті. Массасы m суды h биіктікке көтеруге жұмсалған жұмыс мынаған тең:

$$A = mgh. \quad (2)$$

Осы уақыттағы су массасының m алатын көлемі

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad (3)$$

мұндағы ρ — судың тығыздығы. (2) және (3) теңдеулерді (1)-ге қойып, алатынымыз

$$N = \frac{V\rho gh}{t\eta},$$

бұдан

$$\eta = \frac{V\rho gh}{Nt}. \quad (4)$$

5-таблицаны пайдаланып есептің берілгендерін МКС системасына аударамыз. Ол үшін арифметикалық есептеулерді жеке шамаларды көшіргенде емес, соңғы алынған формулаға қойып шығарған дұрыс болады. Біздің қарастырып отырған жағдаймызыда $V=3,8 \cdot 10^5 \text{ л} = 3,8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $\rho=1 \text{ г/см}^3 = \frac{10^{-3}}{10^{-6}} \text{ кг/м}^3$, $N=5 \text{ а. к.} = 5 \cdot 736 \text{ вт}$, $t=7 \cdot 3600 \text{ сек}$, $g=9,81 \text{ м/сек}$ және $h=20 \text{ м}$. (4) формулага осы берілгендерді қойып, ең соңында алатынымыз

$$\eta = \frac{3,8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 20}{10^{-6} \cdot 5 \cdot 736 \cdot 7 \cdot 3600} = 0,8 = 80\%$$

§ 1. Қинематика

Жалпы жағдайда тұзу сыйықты қозғалыстың жылдамдығы

$$v = \frac{ds}{dt},$$

үдеуі

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

Тұзу сыйықты бір қалыпты қозғалыс болған жағдайда

$$v = \frac{t}{s} \text{ const}$$

және

$$a=0.$$

Тұзу сыйықты бір қалыпты айнымалы қозғалыс кезінде

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

$$v = v_0 + at,$$

$$a = \text{const.}$$

Бұл теңдеулерде үдеу a бір қалыпты үдемелі қозғалыс кезінде оң болады да, ал бір қалыпты баяу қозғалыс кезінде теріс болады.

Қисық сзықты қозғалыс кезінде толық үдеу

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2},$$

мұндағы a_t — тангенциаль үдеу, ал a_n — нормаль (центр-ге тартқыш) үдеу, сондықтан

$$a_t = \frac{dv}{dt} \quad \text{және} \quad a_n = \frac{v^2}{R},$$

мұндағы v — қозғалыстың жылдамдығы, ал R — берілген нүктедегі траекторияның қисықтық радиусы.

Айналмалы қозғалыста жалпы жағдайында бұрыштық жылдамдық

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

ал бұрыштық үдеу

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

Бір қалыпты айнымалы қозғалыс кезінде бұрыштық жылдамдық

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu,$$

мұндағы T — айналу периоды, ν — айналу жиілігі, яғни бірлік уақыт ішіндегі айналым саны.

Бұрыштық жылдамдықтың ω сзықтық жылдамдықпен v өз ара байланысы мына қатынаспен анықталады:

$$v = \omega R.$$

Тангенциаль және нормаль үдеулер айналмалы қозғалыс кезінде мына түрде көрсетілуі мүмкін:

$$a_t = \epsilon R,$$

$$a_n = \omega^2 R.$$

6-таблицада ілгерілемелі қозғалыс теңдеуінің айналмалы қозғалыс теңдеуімен салыстырmasы берілген.

1.1. Автомобиль өзінің қозғалыс уақытының бірінші бөлігін **80 км/сағ** жылдамдықпен жүрді, ал уақытының екінші бөлігін — **40 км/сағ** жылдамдықпен жүрді. Автомобиль қозғалысының орташа жылдамдығы қандай?

6 - т а б ли ц а

Ілгерілемелі қозғалыс	Айналмалы қозғалыс
Б ір қалыпты	
$s = vt$	$\varphi = \omega t$
$v = \text{const}$	$\omega = \text{const}$
$a = 0$	$\varepsilon = 0$
Б ір қалыпты айнымалы	
$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$	$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$
$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$
$a = \text{const}$	$\varepsilon = \text{const}$
Б ір қалыпсыз қозғалыс	
$s = f(t)$	$\varphi = f(t)$
$v = \frac{ds}{dt}$	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

1.2. Автомобиль өзінің жүрген жолының бірінші жартысын 80 км/сағ жылдамдықпен, ал екінші жартысын 40 км/сағ жылдамдықпен жүрді. Автомобиль қозғалысының орташа жылдамдығы қандай?

1.3. Өзен ағысымен A пунктінен B пунктіне келе жатқан пароходтың жылдамдығы $v_1 = 10 \text{ км/сағ}$, ал кейін қарай қайтқандағы жылдамдығы $v_2 = 16 \text{ км/сағ}$. Мыналарды: 1) пароходтың орташа жылдамдығын, 2) өзен ағысының жылдамдығын табу керек.

1.4. Өзеннің жағасымен салыстырғанда: 1) су ағысымен келе жатқандағы қайықтың, 2) ағысқа қарсы келе жатқан қайықтың, 3) өзен ағысына $\alpha = 90^\circ$ бұрыш жасап келе жатқан қайықтың жылдамдықтарын табу керек. Өзен ағысының жылдамдығы $v_1 = 1 \text{ м/сек}$, сумен салыстырғандағы қайықтың жылдамдығы $v_2 = 2 \text{ м/сек}$.

1.5. Ауамен салыстырғанда самолет $v_1 = 800 \text{ км/сағ}$ жылдамдықпен ұшады. Жел батыстан шығысқа қарай $v_2 = 15 \text{ м/сағ}$ жылдамдықпен соғады. Жермен салыстыр-

ғанда самолет қаңдай жылдамдықпен қозгалады және самолет: 1) оңтүстікке қарай, 2) солтүстікке қарай, 3) батысқа қарай және 4) шығысқа қарай ауысу үшін меридианды бағытты қандай бұрышта ұстап отыру керек

1.6. Самолет *A* пунктінен шығысқа қарай 300 *км* қашықтықта орналасқан *B* пунктіне ұшып келеді. Егер: 1) жел жоқ болса, 2) жел оңтүстіктен солтүстікке қарай соғып тұрса және 3) жел батыстан шығысқа қарай соғып тұрса, онда ұшу уақытының ұзақтығы қалай болады? Желдің жылдамдығы $v_1 = 20 \text{ м/сек}$, ауамен салыстырғандай ~~желдің~~ самолеттің жылдамдығы $v_2 = 600 \text{ км/сағ}$.

1.7. Қайық 7,2 *км/сағ* жылдамдықпен өзен жағасына перпендикуляр бағытта қозгалып келе жатыр. Өзен ағысы оны төмен қарай 150 *м* жерге алып кетеді. Мыналарды: 1) өзен ағысының жылдамдығын, 2) қайықтың өзеннен өтіп шығуға кеткен уақытын табу керек. Өзеннің ені 0,5 *км*-ге тең.

1.8. Вертикаль жоғары лақтырылған дene қайтадан жерге 3 *сек*-тан кейін түседі. 1) дeneің бастапқы жылдамдығы қандай? 2) дene қандай биіктікке көтерілді? Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.9. Тас жоғары қарай 10 *м* биіктікке лақтырылды. 1) Тас жерге қанша уақыттан кейін қайтып түседі? 2) Егерде тастың бастапқы жылдамдығын екі есе өсірсек, онда тас қандай биіктікке көтеріледі? Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.10. 300 *м* биіктікте тұрған аэростаттан тас құлап түсті. Мыналарды: 1) аэростат 5 *м/сек* жылдамдықпен көтеріледі, 2) аэростат 5 *м/сек* жылдамдықпен төмен түседі, 3) аэростат қозғалмайды деп алып, тастың жерге қанша уақыттан кейін жететінін табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.11. 9,8 *м/сек* бастапқы жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылған дene үшін h биіктік пен v жылдамдығының t уақытқа тәуелділігінің графигін сзызу керек. Графикті 0-ден 2 *сек*-қа дейінгі уақыт интервалы үшін, яғни әрбір 0,2 *сек* сайын $0 \leq t \leq 2 \text{ сек}$ үшін құру керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.12. Бастапқы жылдамдығы нольге тең дene $h = 19,6 \text{ м}$ биіктікten вертикаль төмен түседі. Дене: 1) өзінің қозға-

2^*

лысының бірінші 0,1 секундында, 2) өзінің қозғалысының соңғы 0,1 секундында қанша жол жүреді? Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.13. Бастапқы жылдамдығы нольге тең дене $h = 19,6 \text{ м}$ биіктікten вертикаль тәмен түседі. Дене: 1) өзінің жолының бірінші 1 метрін және 2) өзінің жолының ақырғы 1 метрін қанша уақытта жүріп өтеді? Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.14. Еркін түсіп келе жатқан дене өзінің тәмен түсүінің соңғы секундында барлық жолының жартысынан өтеді. Мыналарды: 1) дененің қандай h биіктікten тәмен түсетінін, 2) түсу уақытының қаншага созылатындығын табу керек.

1.15. А денесі v_1 бастапқы жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылған, $v_2=0$ бастапқы жылдамдықпен В денесі h биіктікten тәмен түседі. Денелер алғашында бірдей қозғалды деп алыш, А және В денелердің x ара қашықтығының t уақытқа байланысын табу керек.

1.16. Метрополитеннің екі станциясының ара қашықтығы $1,5 \text{ км}$. Осы ара қашықтықтың бірінші жартысында поезд бір қалыпты ұдемелі қозғалыспен, ал екіншісінде — бір қалыпты баяу қозғалыспен өтеді. Поездың ең жоғары жылдамдығы 50 км/сағ Мыналарды: 1) сан мәні баяулауга тең деп алышған ұдеудің шамасын, 2) поездың бір станциядан екіншісіне дейін жүргүре кеткен уақытын табу керек.

1.17. Поезд 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалады. Егер будың берілуін тоқтатсақ, онда поезд бір қалыпты баяу қозғала отырып, 20 сек откеншеге кейін тоқтайды. Мыналарды: 1) поездың теріс ұдеуін, 2) аялдамаға дейін бұлың берілуін қандай қашықтықта тоқтату керектігін табу керек.

1.18. Бір қалыпты баяу қозгалып келе жатқан поезді тежегенде оның жылдамдығы 1 мин ішінде 40 км/сағ -тан 28 км/сағ -қа дейін кемиді. Мыналарды: 1) поездың теріс ұдеуін, 2) тежеу кезіндегі жүрілген ара қашықтықты табу керек.

1.19. Вагон теріс ұдеумен — $0,5 \text{ м/сек}^2$ бір қалыпты баяу қозғалады. Вагонның бастапқы жылдамдығы 54 км/сағ . Вагон өзінің қозғалған жерінен бастап қанша уақыттан кейін және қандай қашықтықта тоқтайды?

1.20. *A* денесі v'_0 бастапқы жылдамдықпен қозғала бастайды да тұрақты a_1 үдеумен қозғалады. *A* денесімен бірге бір уақытта *B* денесі де бастапқы v''_0 жылдамдықпен қозғала бастайды да тұрақты a_2 теріс үдеумен қозғалып отырады. Қозғалыстың басынан қанша уақыт өткеннен кейін осы екі денесің жылдамдығы бірдей болады?

1.21. *A* денесі $v'_0 = 2 \text{ м/сек}$ бастапқы жылдамдықпен қозғала бастап, тұрақты a үдеумен қозғалады. *A* денесінің қозғала бастаганынан $\Delta t = 10 \text{ сек}$ уақыттан кейін осы нүктедеи $v''_0 = 12 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен *B* денесі де қозғала бастайды, әрі сол a үдеумен қозғалады. *B* денесі *A* денесін қызып жететіндегі a үдеуінің ең үлкен шамасы қандай болу керек?

1.22. Дененің жүрген s жолының t уақытқа тәуелділігі теңдеу $s = At - Bt^2 + Ct^3$ арқылы берілген. Мұндағы $A = 2 \text{ м/сек}$, $B = 3 \text{ м/сек}^2$ және $C = 4 \text{ м/сек}^3$ Мыналарды: 1) v жылдамдық пен a үдеудің t уақытқа тәуелділігін, 2) дененің жүріп өткен жолын, қашықтығын және қозғалыс басынан 2 сек уақыт өткеннен кейінгі дененің жылдамдығы мен үдеуін табу керек. 0.5 сек өткеннен кейінгі, $0 \leq t \leq 3$ интервалдағы жолдың, жылдамдықтың және үдеудің графиктерін кұрыныздар.

1.23. Дененің жүрген s жолының t уақытқа тәуелділігі теңдеу $s = A - Bt + Ct^2$ арқылы берілген, мұндағы $A = 6 \text{ м}$, $B = 3 \text{ м/сек}$ және $C = 2 \text{ м/сек}^2$. Дененің 1 сек -тан 4 сек -қа дейінгі уақыт интервалындағы орташа жылдамдығы мен үдеуін табу керек. 1 сек өткеннен кейін $0 \leq t \leq 5$ үшін жолдың, жылдамдықтың және үдеудің графиктерін сзызу керек.

1.24. Дененің жүрген s жолының t уақытқа тәуелділігі теңдеу $s = A + Bt + Ct^2$ арқылы берілген, мұндағы $A = 3 \text{ м}$, $B = 2 \text{ м/сек}$ және $C = 1 \text{ м/сек}^2$. Дененің қозғалысының бірінші, екінші және үшінші секундтарындағы орташа жылдамдығы мен үдеуін табу керек.

1.25. Дененің жүрген s жолының t уақытқа тәуелділігі теңдеу $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ арқылы беріледі, мұндағы $C = 0,14 \text{ м/сек}^2$ және $D = 0,01 \text{ м/сек}^3$. 1) қозғалыс басталғаннан кейін қанша уақыттан соң дененің үдеуі 1 м/сек^2 -ке тең болады? 2) осы уақыттағы дененің орташа үдеуі неге тең болады?

1.26. Биіктігі $H = 25 \text{ м}$ мұнарадан горизонталь бағыт-

та 15 м/сек жылдамдықпен тас лақтырылған. Мыналарды:

- 1) тастың қаша уақыт қозғалыста болатындығын,
- 2) тастың жерге мұнараның табандын алғандағы қандайлық қашықтықта s_x түскендігін, 3) жерге ол қандай v жылдамдықпен түсетіндігін, 4) тастың траекториясы мен оның тұсу нүктесіндегі горизонттың қандай φ бұрыш жа-сайтынын табу керек. Ауапың кедергісі есепке алынбайды.

1.27. Горизонталь бағытпен лақтырылған дene жерге $0,5 \text{ сек}$ -тан кейін лақтырылған жердең 5 м қашықтыққа түсті. 1) тасты қандай h биіктікten лақтырған? 2) қандай v_0 бастапқы жылдамдықпен лақтырылған? 3) ол қандай v жылдамдықпен жерге түскен? 4) тастың траекториясы мен жерге тұсу нүктесіндегі горизонт қандай φ бұрышын құрады? Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.28. Горизонталь лақтырылған доп лақтырған жерден 5 м қашықтықта тұрган қабырғаға барып соғылады. Доптың қабырғаға соғылған жерінің биіктігі оны лақтырған жерінің биіктігінен 1 м төмен. 1) доп қандай v_0 жылдамдықпен лақтырылған? 2) доп қабырғаның бетіне қандай бұрышпен жеткен? Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.29. Тас горизонталь бағытпен лақтырылған. Бастапқы қозғалысынан кейін $0,5 \text{ сек}$ уақыт өткеннен соң тастың жылдамдығының сан мәні оның бастапқы жылдамдығынан $1,5$ есе өсті. Тастың бастапқы жылдамдығын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.30. Горизонталь бағытпен лақтырылған тастың жылдамдығы $v_x = 15 \text{ м/сек}$. Тастың бастапқы қозғалысынан 1 сек -тан кейінгі нормаль және тангенциаль үдеулерді табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.31. Тас 10 м/сек жылдамдықпен горизонталь бағытта лақтырылған. Бастапқы қозғалысынан кейін 3 сек уақыттан соң, тас траекториясының қисықтық радиусын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.32. Допты $\alpha = 40^\circ$ бұрыш жасай $v_0 = 10 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен горизонталь бағытпен лақтырған. Мыналарды: 1) доптың қандай s_y биіктікке көтерілгенін, 2) доптың лақтырған жерінен жер бетіне түскендегі s_x қашықтығын, 3) оның қаша уақыт қозғалыста болатындығын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.33. Ленинградта болған спорт жарысында спортсмен ядроны $16 \text{ м } 20 \text{ см}$ қашықтыққа лақтырды. Осындай ядро Ташкентте (сондай шартпен) қаншалықты қашықтыққа ұшар еді? (Бастапқы жылдамдықтары да және ұшу бағытының горизонтқа жасайтын бүрыши да бірдей болғанда) Ленинградтагы ауырлық күшінің үдеуі $981,9 \text{ см/сек}^2$ -қа тең, ал Ташкентте $980,1 \text{ см/сек}^2$

1.34. Дене v_0 жылдамдықпен горизонтқа бүрыш жасай лақтырылды. Ұшу ұзақтығы $t=2,2 \text{ сек}$. Осы дененің ең үлкен көтерілу биіктігін табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.35. Горизонтқа $\alpha=45^\circ$ бүрыш жасай $v_0=12 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен лақтырылған тас, лақтырған орыннан s қашықтықта жерге түсті. Тасты сол v_0 бастапқы жылдамдықта сол орынға түсіру үшін горизонталь бағытта қандай h биіктікten лақтыру керек?

1.36. Дене $v_0=14,7 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен горизонтқа $\alpha=30^\circ$ бүрыш жасай лақтырылған. Дененің қозғалғаннан кейінгі $t=1,25 \text{ сек}$ уақыттан соңғы нормаль және тангенциаль үдеулерін табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.37. Дене $v_0=10 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен горизонтқа $\alpha=30^\circ$ бүрыш жасай лақтырылған. Дененің бастапқы қозғалысынан 1 сек уақыт өткеннен кейінгі траекториясының қисықтық радиусын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.38. Дене v_0 жылдамдықпен горизонтқа α бүрыш жасай лақтырылған. Дененің ең үлкен көтерілу биіктігін $h=3 \text{ м}$ және траекторияның ең жоғары нүктесінде дене траекториясының қисықтық радиусын $R=3 \text{ м}$ деп алғап, v_0 және α шамаларын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.39. Биіктігі $H=25 \text{ м}$ мұнарадан, $v_0=15 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен горизонтқа $\alpha=30^\circ$ бүрыш жасай тас лақтырылады. Мыналарды: 1) тастың қаншама уақыт қозғалыста болатындығын, 2) тастың, мұнараның табанынан жерге дейінгі қашықтығын, 3) жерге ол қандай жылдамдықпен түсетіндігін, 4) тастың траекториясы мен горизонттың қандай ф бүрыш жасайтындығын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.40. Бала горизонтқа $\alpha = 45^\circ$ бұрыш жасай $v_0 = 10 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен допты лақтырады. Доп баладан $s = 3 \text{ м}$ қашықтықта түрған қабырғаға барып соғылады. 1) Доптың қабырғаға қай уақытта соғылатынын анықтау керек (доп жоғары көтерілгенінде ме немесе төмен түскенде ме); 2) доптың қабырғаға қандай h биіктікten соғылатынын табу керек (доптың лақтырылған биіктігінен есептеген); 3) доптың соғылған моментіндегі жылдамдығын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.41. Мыналардың: 1) Жердің тәуліктік айналуының, 2) сагаттың сағаттық стрелкасының, 3) сағаттың минуттық стрелкасының, 4) айналу периоды $T = 88 \text{ мин}$ дөңгелек орбитамен айналатын Жердің жасанды спутнигінің бұрыштық жылдамдықтарын табу керек, 5) осы жасанды спутниктің орбитасы Жердің бетінен 200 км қашықтықта орналасқан деп алып, оның сызықтық жылдамдығын табу керек.

1.42. Ленинград ендігіндегі (60°) жер бетінің бір нүктесінің айналысының сызықтық жылдамдығын табу керек.

1.43. Самолетте отырған жолаушыларға Күн аспанда бір орныда қозғалмай түрған сияқты болып көріну үшін, экватордың үстінде шығыстан батысқа қарай ұшып бара жатқан самолеттің жылдамдығы қандай болу керек?

1.44. Бір-бірінен $l = 0,5 \text{ м}$ қашықтықта орналасқан екі дискісі бар ось $v = 1600 \text{ айн/мин}$ жиілікке сәйкес келетін бұрыштық жылдамдықпен айналады. Ось бойымен ұшып келе жатқан оқ екі дискіні де тесіп отеді; осыдан екінші дискідегі оқтан пайда болған тесік, бірінші дискідегі тесікке қарағанда, $\varphi = 12^\circ$ бұрышқа ығысқан. Оқтың жылдамдығын табу керек.

1.45. Дөңгелектің шенберінде жатқан нүктенің сызықтық жылдамдығы v_1 дөңгелектің осіне 5 см жақын жатқан нүктенің v_2 сызықтық жылдамдығынан $2,5$ есе артық болады деп алып, айналып түрған дөңгелектің радиусын табыңыздар.

1.46. Бір қалыпты үдемелі қозғалған дөңгелек айнала бастағаннан $N = 10 \text{ айн-нан}$ кейіп $\omega = 20 \text{ рад/сек}$ бұрыштық жылдамдыққа жетті. Дөңгелектің бұрыштық үдеуін табу керек.

1.47. Маховик дөңгелегі бастапқы айналудан $t=1$ мин уақыт өткеннен соң $v=720$ айн/мин-қа сәйкес келетін жылдамдыққа жетеді. Осы минуттың ішіндегі дөңгелектің бұрыштық үдеуін және дөңгелектің айналым санын табу керек. Қозғалысты бір қалыпты үдемелі деп аламыз.

1.48. Бір қалыпты баяу айналып тұрған дөңгелек тәжеуден кейін 1 мин уақыт ішінде өзінің жылдамдығын 300 айн/мин-тан 180 айн/мин-қа дейін кемітеді. Дөңгелектің бұрыштық жылдамдығын және осы уақыттың ішінде жасаған айналым санын табу керек.

1.49. Желдеткіш жиілігі 900 айн/мин-қа сәйкес келетін жылдамдықпен айналады. Ажыратып тастағаннан кейін желдеткіш бір қалыпты баяу айналады да тоқтағанға дейін 75 айн жасайды. Желдеткішті ажыратқан моменттен бастап толық тоқтағанға дейін қанша уақыт өтті?

1.50. Білік, 180 айн/мин жиілікке сәйкес келетін, тұрақты жылдамдықпен айналады. Бірнеше моменттен кейін білік тежеледі де сандық мәні З рад/сек²-қа тең бұрыштық үдеумен бір қалыпты баяу айналатын болады. 1) Білік қанша уақыттан кейін тоқтайды? 2) Ол тоқтағанға дейін қанша айналым жасайды?

1.51. Нұкте радиусы $R=20$ см шеңбердің бойымен $a_t=5$ м/сек² тұрақты тангенциаль үдеумен қозғалады. Қозғалыс басынаң қанша уақыттан кейін нұктенің нормаль үдеуі a_n : 1) тангенциаль үдеуге тең болады, 2) тангенциаль үдеуден екі есе үлкен болады?

1.52. Нұкте радиусы $R=10$ см шеңбердің бойымен a_t тұрақты тангенциаль үдеумен қозғалады. Қозғалыс басталғаннан кейін бесінші айналымның аяғында нұктенің сызықтық жылдамдығы $v=79,2$ см/сек-қа жеткендігі белгілі болса, онда оның тангенциаль үдеуі a_t қандай болады?

1.53. Нұкте, радиусы $R=10$ см шеңбердің бойымен a_t тұрақты тангенциаль үдеумен қозғалады. Егер қозғалыс басталғаннан кейін бесінші айналымның аяғында нұктенің сызықтық жылдамдығы $v=10$ см/сек болса, онда нұктенің қозғалыс басталғаннан кейінгі $t=20$ сек уақыттан соң нормаль үдеуі a_n қандай болады?

1.54. Бірінші жуықтауда сутегі атомындағы электрон дөңгелек орбитаның бойымен тұрақты v жылдамдықпен

қозғалады деп алуға болады. Ядроның айналасындағы электронның айналуының бұрыштық жылдамдығы мен оның нормаль үдеуін табу керек. Орбитаның радиусын $r=0,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ және бұл орбитадағы электронның жылдамдығын $v=2,2 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$ деп аламыз.

1.55. Радиусы $R=10 \text{ см}$ айналып тұрған дөңгелек $\varepsilon=3,14 \text{ рад/сек}^2$ тұрақты бұрыштық үдеумен айналады. Қозғалыс басталғаннан кейінгі бірінші секундтың аяғында дөңгелектің шеңберіндегі нүкте үшін: 1) бұрыштық жылдамдықты, 2) сызықтық жылдамдықты, 3) тангенциаль үдеуді, 4) нормаль үдеуді, 5) толық үдеуді және 6) толық үдеудің дөңгелектің радиусымен жасайтын бұрышын табу керек.

1.56. Нүкте радиусы $R=2 \text{ см}$ шеңбердің бойымен қозғалады. Жолдың уақытқа тәуелділігі $x=Ct^3$ теңдеуімен берілген, мұндағы $C=0,1 \text{ см/сек}^3$. Нүктенің сызықтық жылдамдығы $v=0,3 \text{ м/сек}$ болған моменттегі нүктенің нормаль және тангенциаль үдеулерін табу керек.

1.57. Нүкте шеңбер бойымен жолдың уақытқа тәуелділігі $s=A+Bt+Ct^2$ теңдеуімен берілетіндегі қозғалады. Мұндағы $B=-2 \text{ м/сек}$ және $C=1 \text{ м/сек}^2$. Нүктенің нормаль үдеуі $t'=2 \text{ сек}$ болғанда $a_n^1=0,5 \text{ м/сек}^2$ -қа тең болатынын белгілі деп нүктенің сызықтық жылдамдығын, оның қозғалыс басынан кейінгі $t=3 \text{ сек}$ өткеннен соң тангенциаль, нормаль және толық үдеулерін табу керек.

1.58. Бір қалыпты үдемелі қозғалыс басталғаннан кейінгі 2 сек уақыттан соң, дөңгелектің шеңберінде жатқан нүктенің толық үдеуінің векторы, осы нүктенің сызықтық жылдамдығының бағытымен 60° бұрыш жасайды деп алып, дөңгелектің бұрыштық үдеуін табыңыздар.

1.59. Дөңгелек тұрақты $\varepsilon=2 \text{ рад/сек}^2$ бұрыштық үдеуімен айналады. Қозғалыс басталғаннан $t=0,5 \text{ сек}$ -тан кейін дөңгелектің толық үдеуі $a=13,6 \text{ см/сек}^2$ -қа тең болды. Дөңгелектің радиусын табу керек.

1.60. Радиусы $R=0,1 \text{ м}$ дөңгелек радиусының бұрылу бұрышының уақытқа тәуелділігі $\varphi=A+Bt+Ct^3$ теңдеуімен өрнектелетіндегі айналады. Мұндағы $B=2 \text{ рад/сек}$ және $C=1 \text{ рад/сек}^3$. Дөңгелектің шеңберінде жатқан нүктелер үшін қозғалыс басталғаннан кейін 2 сек уақыттан соң төмендегідей шамаларды табу керек: 1) бұрыштық жылдамдықты, 2) сызықтық жылдамдықты, 3) бұрыштық

ұдеуді, 4) тангенциаль ұдеуді, 5) нормаль ұдеуді табу керек.

1.61. Радиусы $R=5 \text{ м}$ дөңгелек, дөңгелек радиусының бұрылу бұрышының уақытқа тәуелділігі $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ теңдеуімен берілетіндегі айналады. Мұндағы $D=1 \text{ рад/сек}^3$. Дөңгелектің шеңберінде жатқан нүктесінде козгалыстың әрбір секундтагы тангенциаль ұдеуінің Δa , өзгерісін табу керек.

1.62. Радиусы $R=10 \text{ см}$ дөңгелек, дөңгелектің шеңберінде жатқан нүктенің сыйықтық жылдамдығының қозгалыс уақытына тәуелділігі $v=At+Bt^2$ теңдеуімен өрнектелетіндегі айналады, мұндағы $A=3 \text{ см/сек}^2$ және $B=1 \text{ см/сек}^3$. Толық ұдеу векторының қозғалыс басталғаннан 5 сек уақыттаң кейінгі және $t=0, 1, 2, 3, 4$ уақыт моменттеріндегі дөңгелектің радиусымен жасайтын бұрышын табу керек.

1.63. Дөңгелек, радиусының бұрылу бұрышының уақытқа тәуелділігі $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ теңдеуімен өрнектелетіндегі айналады. Мұндағы $B=1 \text{ рад/сек}$, $C=1 \text{ рад/сек}^2$ және $D=1 \text{ рад/сек}^3$. Қозгалыстың екінші секундының аяғында дөңгелектің шеңберінде жатқан нүктенің нормаль ұдеуі $a_n = 3.46 \cdot 10^2 \text{ м/сек}^2$ -қа тең деп алсақ, дөңгелектің радиусы кандай болады?

1.64. Айналып тұрған дөңгелектің шеңберінде жатқан нүктенің нормаль ұдеуі, осы нүктенің толық ұдеуінің векторы оның сыйықтық жылдамдығымен 30° бұрыш жасайтын моменті үшін тангенциаль ұдеуінен қанша есе үлкен болатындығын табу керек.

§ 2. Динамика

Динамиканың негізгі заңы (Ньютоның екінші заңы) мына теңдеумен өрнектеледі:

$$F dt = d(mv).$$

Егер масса тұрақты болса, онда

$$F = m \frac{dv}{dt} = ma,$$

мұндағы $a — F$ күштің әсерінен массасы m деңгендегі алатын ұдеуі.

F күштің s орын ауыстырғандағы жұмысы мынадай формуламен өрнектелуі мүмкін:

$$A = \int_s F_s dS,$$

мұндагы F_s — жол багытындағы күштің проекциясы, ds — жол участкесінің шамасы. Интегралдау s жолына тұтас таралуға тиіс. Кей жағдайда орын ауыстыруға тұрақты бұрыш жасай әсер ететіп тұрақты күшке мынапы аламыз:

$$A = Fs \cos \alpha,$$

мұндагы α — F күш пен s жүрген жол арасындағы бұрыш.

Қуат тәмендегі формула мен анықталады:

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

Тұрақты қуат жағдайында

$$N = \frac{A}{t},$$

мұндағы A — t уақыт ішіндегі істелінетін жұмыс.

Сондай-ак қуатты да мынадай формула мен анықтауға болады:

$$N = Fv \cos \alpha,$$

яғни қуат қозғалыс жылдамдығының қозғалыс бағытындағы күш проекциясының көбейтіндісімен анықталады.

v жылдамдықпен қозғалатын, массасы m дененің кинетикалық энергиясы мынаған тең:

$$W_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Әсер етуші күштің сипатына қарай, потенциалық энергияның формуласы әр түрлі болады.

Изоляцияланған системада оған енетін барлық денелердің қозғалыс мөлшері тұрақты болып қалады, яғни

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 + \dots + m_n v_n = \text{const}.$$

Массалары m_1 және m_2 екі дененің серпімсіз центрлік соғылысқан кезде осы денелердің соғылысқаннац кейінгі

қозгалысының жалпы жылдамдығын төмендегі формула мен табуға болады:

$$u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2},$$

мұндагы v_1 — соғылғанға дейінгі бірінші дененің жылдамдығы, ал v_2 — соғылғанға дейінгі екінші дененің жылдамдығы.

Денслер серпімді центрлік соғылысқан кезде әр түрлі жылдамдықпен қозгалатын болады. Соғылысқаннан кейінгі бірінші дененің жылдамдығы

$$u_1 = \frac{(m_1 + m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2},$$

соғылысқаннан кейінгі екінші дененің жылдамдығы

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

Қисық сзықты қозғалыста материялық нүктеге әсер ететін күшті екі құраушы күшке жіктеуге болады: тангенциаль және нормаль күштерге.

Нормаль құраушы

$$F_n = \frac{mv^2}{R}$$

центрге тартқыш күш болады. Мұнда v — массасы m деңенің қозғалысының сзықтық жылдамдығы, R — берілген нүктедегі траекторияның қисықтық радиусы.

Серпімді деформация x тузызатын күш деформацияның шамасына пропорционал, яғни

$$F = kx,$$

мұндагы k — бірге тең деформация тузызатын, сан жағынан күшке тең коэффициент (деформация коэффициенті).

Серпімді күштің потенциал энергиясы

$$W_n = \frac{kx^2}{2}.$$

Екі материялық нүкте (яғни өлшемдері олардың өзара қашықтықтарына қарағанда кішкене болып келетін денелер) бір-біріне мынадай күшпен тартылады:

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

мұндағы γ тартылыс тұрақтысы пемесе гравитациялық тұрақты, бұл тең $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{сек}^2$, m_1 және m_2 — өз ара әсер ететін материалық нүктелердің массасы; R — олардың ара қашықтығы. Бұл заңды біртекті шарларға да қолдануға болады. Сонда R — олардың центрлерінің ара қашықтығы болады.

Тартылыс күшінің потенциалық энергиясы

$$W_n = -\gamma \frac{m_1 m_2}{R}.$$

«Минус» таңбасы $R = \infty$ болғандагы өз ара әсер етуші екі депелердің потенциалық энергиясының нолге тең болатындығын көрсетеді, ал бұл депелер бір-біріне жақындағанда потенциал энергия кеміді.

Кеплердің үшінші заңы мына түрде болады:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3},$$

мұндағы T_1 және T_2 — планеталардың айналып шығу периоды, R_1 және R_2 — олардың орбиталарының үлкен жарты осьтері. Дәңгелек орбита жағдайында үлкен жарты осьтің ролін орбита радиусы атқарады.

2.1. Бір қалыпты төмен түсіп келе жатқап аэростат, сол жылдамдығымен қайтадан бір қалыпты жогары көтерілуі үшін оның үстінен лақтырылып тасталатын балластың салмағы қандай болу керек? Аэростаттың балластымен бірге алғандагы салмағы 1600 kG , аэростаттың көтергіш күші 1200 kG . Аэростат көтерілгенде жоғе төмен түскенде оған жасайдын ауапың кедергі күшін бірдей деп аламыз.

2.2. Жіпке салмағы $P = 1 \text{ kG}$ жүк ілінген. Жіпті жүкпен бірге: 1) $5 \text{ м}/\text{сек}^2$ үдеумен көтеріледі, 2) сол $a = 5 \text{ м}/\text{сек}^2$ үдеумен төмен түседі деп алым, жүктің керілуін табу керек.

2.3. Белгілі бір диаметрлі болат сым 4400 n -га дейінгі жүкті көтере алады. Осы сымға ілінген 3900 n жүкті, ол үзілмейтіндей етіп, қандай сә үлкен үдеумен көтеруге болады?

2.4. Адамдарымен бірге алынған лифтінің салмағы 800 kG . Лифтінің ұстап тұрған тростың кернеуін: 1) 1200 kG

және 2) 600 kG -га тең деп алып, лифтінің қандай үдеумен және қай бағытта қозғалатының табу керек.

2.5. Жіпке гир ілінген. Егер осы гирді $a_1 = 2 \text{ м/сек}^2$ үдеумен көтеретін болсақ, онда жіптің керілуі T жіптің ұзілетін керілуінен екі есе кем болады. Гирді көтергендеге жіп үзіліп кету үшін, оны қандай a_2 үдеумен көтеру керек?

2.6. Салмағы 10^4 н автомобиль тежегенинен кейін 5 сек уақыт ішінде бір қалыпты баяу қозғалып, 25 м жол жүріп барып тоқтайды. Мыншаларды: 1) автомобильдің бастапқы жылдамдығын, 2) тежеу күшін табу керек.

2.7. Массасы 500 т поезд тежелгенде бір қалыпты баяу қозғалады. Осы уақытта, оның жылдамдығы 1 мин ішінде 40 км/сағ -тан 28 км/сағ -қа дейін кемиді. Тежеу күшін табу керек.

2.8. Салмағы $1,96 \cdot 10^5 \text{ н}$ вагон 54 км/сағ бастапқы жылдамдықпен қозғалады. Вагонның тоқтатын уақыттарын: 1) 1 мин 40 сек, 2) 10 сек және 3) 1 сек деп алып, оған әсер ететін орташа күшті табу керек.

2.9. Рельстің үстінде тұрған вагонға, ол $t = 30 \text{ сек}$ уақыттың ішінде бір қалыпты үдемелі қозғалып $s = 11 \text{ м}$ жол жүретіндей, қандай күшпен әсер етуге болады? Вагонның салмағы $P = 16 \text{ т}$. Қозғалған уақытта вагонға, вагонның салмағының $0,05$ -не тең үйкеліс күші әсер етеді.

2.10. Салмағы $4,9 \cdot 10^6 \text{ н}$ поезд паровоздың тарту күші тоқтағанинан кейін $9,8 \cdot 10^4 \text{ н-га}$ тең үйкеліс күшінің әсерімен 1 мин өткеннен кейін барып тоқтайды. Поезд қандай жылдамдықпен жүрді?

2.11. Массасы 20 т вагон, сандық мәні $0,3 \text{ м/сек}^2$ -қа тең тұрақты теріс үдеумен қозғалады. Вагонның бастапқы жылдамдығы 54 км/сағ -қа тең. 1) вагонға қандай тежеуші күш әсер етеді? 2) вагон қаша уақыттан кейін тоқтайды? 3) вагон аялдамаға дейін қаша жол жүреді?

2.12. Массасы $0,5 \text{ кг}$ дене тұзу сызықты қозғалады, оның s жүрген жолының t уақытқа тәуелділігі $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$ теңдеумен көрсетіледі, мұндағы $C = 5 \text{ м/сек}^2$ және $D = 1 \text{ м/сек}^2$. Қозғалыс уақытының бірінші секундының соңында денеге әсер ететін күштің шамасын табу керек.

2.13. Дене $F = 1 \text{ кG}$ тұрақты күштің әсерімен, тұзу сызықты қозғалады. Сонымен қатар дененің жүріп өткен s

қашықтыгының t уақытқа тәуелділігі $s = A - Bt + Ct^2$ теңдеумен көрсетілетіндей. Тұрақтылықты $C = 1 \text{ м/сек}^2$ деп алып, дененің массасын табу керек.

2.14. Массасы $m = 0,5 \text{ кг}$ депе, s жүрген жолының t уақытқа тәуелділігі $s = A \sin \omega t$ теңдеумен өрнектелетіндей қозғалады, мұндағы $A = 5 \text{ см}$ және $\omega = \pi \text{ рад/сек}$. Қозғалыс басталғаннан кейінгі $t = 1/6 \text{ сек}$ уақыттан соң денеге әсер ететін F күшті табу керек.

2.15. Үйдістың қабырғасына қалыпты қозғалған, массасы $m = 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ молекула $v = 600 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен үйдістың қабырғасына соғылады да, одан өзінің жылдамдығын жоғалтпастан серпімді түрде кейін ыршиды. Соғылу уақытында қабырғаның алған күш импульсын табу керек.

2.16. Массасы $m = 4,65 \cdot 10^{-28} \text{ кг}$, $v = 600 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен қозғалған молекула үйдістың қабырғасына түсірілген нормальға 60° бұрыш жасап соғылады да, осындағы бұрышпен жылдамдығын жоғалтпастан кейін серпіледі. Соғылған уақыттағы қабырғаның алған күш импульсын табу керек.

2.17. Шамалы биіктікten вертикаль төмен түскен салмағы $0,1 \text{ кГ}$ шарик көлбену жазықтықтың бетіне соғылады да жылдамдығын жоғалтпастан серпімді түрде кейін сепіреді. Жазықтықтың горизонтпен жасайтын көлбену бұрышы 30° -қа тең. Соғылу уақытында пайды болған күш импульсы $1,73 \text{ н сек-қа}$ тең. Шарнұтқың жазықтыққа соғылған моментінен оның траекториясының ең жоғарғы нүктесінде болатын моментіне дейін қаша уақыт өтеді?

2.18. Қөлденең қимасы $S = 6 \text{ см}^2$ сорғалап аққан су нормальға 60° бұрыш жасай қабырға соғылады да жылдамдығын жоғалтпастан қайтадаң серпіліп кетеді. Сорғалап аққан су ағынының жылдамдығын $v = 12 \text{ м/сек}$ деп алып, қабырғаға әсер ететін күшті табу керек.

2.19. Трамвай тұрған орнынан жылжып $a = 0,5 \text{ м/сек}^2$ тұрақты үдеумен қозғалады. Қозғалыс басталғаннан $t = 12 \text{ сек}$ уақыт өткениен кейін трамвайдың моторын тоқтатып тастайды, содан кейін ол аялдамаға дейін бір қалыпты баяу қозғалады. Трамвайдың қозғалысының барлық жолындағы үйкеліс коэффициенті $k = 0,01$ болады. Мыналарды: 1) трамвайдың ең үлкен жылдамдығын, 2) қозғалыстың жалпы ұзақтығын, 3) трамвайдың бір

қалыпты баяу қозғалысындағы теріс үдеуді, 4) трамвайдың жалпы жүрген жолын табу керек.

2.20. Автомобиљдің салмағы $9,8 \cdot 10^3 \text{ н}$. Автомобиль қозғалғанда оған, өз салмағының $0,1$ бөлігіне тең үйкеліс күші әсер етеді. Автомобиљ: 1) бір қалыпты, 2) 2 м/сек^2 -қа тең үдеумен қозғалу үшін автомобиль моторының өндіретін тарту күші неге тең болу керек?

2.21. Горизонталь бағытпен $a = 2,44 \text{ м/сек}^2$ тұрақты үдеумен қозғалған автомобильдің бағындағы бензиннің беті горизонтпен қандай a бұрыш жасайды?

2.22. Трамвай вагонының төбесіне жіпке байланған шар ілінген. Вагонды тежегенде оның жылдамдығы $\Delta t = 3 \text{ сек}$ уақыт ішінде $v = 18 \text{ км/саf}$ -тан $v_2 = 6 \text{ км/саf}$ -қа дейін бір қалыпты өзгереді. Сонда шар ілінген жіп қандай a бұрышқа ауытқиды?

2.23. Темір жол вагонын тежегенде $\Delta t = 3,3 \text{ сек}$ уақыт ішінде оның жылдамдығы бір қалыпты $v_1 = 47,5 \text{ км/саf}$ -тан $v_2 = 30 \text{ км/саf}$ -қа дейін өзгереді. Чемодан мен полканың арасындағы үйкеліс коэффициентінің қандай шекті мәнінде тежеу берген уақытта чемодан полканың үстінен сырғанайтын болады?

2.24. Столдың үстіндегі арқаның бір бөлігі столдан түсіп жатыр. Оның столдан түсіп жатқан бөлігі барлық ұзындығының 25 процентіне жеткенде ол столдан сырғанап түсе бастайды. Арқаның столмен жасайтын үйкеліс коэффициенті неге тең?

2.25. Автомобиљдің салмағы 1 т . Қозғалыс уақытында автомобильге оның салмағының $0,1$ -не тең үйкеліс күші әсер етеді. Автомобиљ тұрақты жылдамдықпен қозғалады деп алып, мына жағдайлардағы: 1) әрбір 25 м жол ұзындығына $1 \text{ м}-\text{ге}$ тең көлбеумен тауға шыққандағы, 2) таудан сол көлбеумен төмен түскендегі автомобиль моторының өндіретін тарту күшін табу керек.

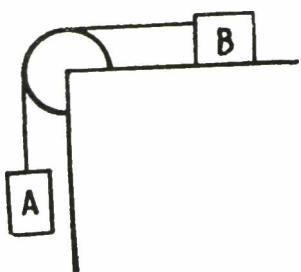
2.26. Тауға қарай 1 м/сек^2 үдеумен қозғалып келе жатқан автомобиль моторының тарту күшін табу керек. Әрбір 25 м жолға таудың көлбеулігі $1 \text{ м}-\text{ге}$ тең. Автомобиљдің салмағы $9,8 \cdot 10^3 \text{ н}$. Үйкеліс коэффициенті $0,1$ -ге тең.

2.27. Дене горизонтпен 4° бұрыш жасайтын көлбеу жазықтықтың үстінде жатыр. 1) Үйкеліс коэффициентінің

қандай шекті мәнінде дene көлбеу жазықтықтың үстімен сырғанай бастайды? 2) Егер үйкеліс коэффициенті 0,03-ке тең десек, дene көлбеу жазықтықта қандай үдеумен сырғанайды? 3) Осы айтылған шарттарда дene 100 м жол жүру үшін қанша уақыт керек? 4) Осы 100 м жолдың аяғында дenenің жылдамдығы қандай болады?

2.28. Горизонтпен $\alpha=45^\circ$ бұрыш жасаған көлбеу жазықтық бетімен дene сырғанады. Денениң $s=36,4$ м жол жүргеннен кейінгі жылдамдығы $v=2$ м/сек-қа жетеді. Денениң көлбеу жазықтықпен жасайтын үйкеліс коэффициенті неге тең?

2.29. Горизонтпен 45° бұрыш жасаған көлбеу жазықтық бетімен дene сырғанайды. Денениң s жүрген жолының t уақытқа тәуелділігі $s=Ct^2$ тендеумен көрсетіледі, мұндағы $C=1,73$ м/сек 2 . Денениң көлбеумен жасайтын үйкеліс коэффициентін табу керек.



1-сурет

2.30. Салмақтары $P_1=2$ кГ және $P_2=1$ кГ екі гир өз ара жіппен жалғастырылып салмақсыз блоктан асырылып тасталынған. Мыналарды: 1) гирлердің қозғалатын үдеулерін, 2) жіптің керілуін табу керек. Блоктағы үйкелісті ескермейміз.

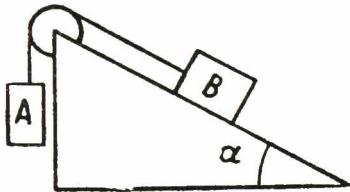
2.31. Салмақсыз блок столдың шетіне бекітілген (1-сурет). Салмақтары бірдей, $P_1=P_2=1$ кГ, А және В гирлері өз ара жіппен жалғастырылып блоктан асырылып тасталған. В гирінің столмен жасайтын үйкеліс коэффициенті $k=0,1$ -ге тең. Мыналарды: 1) гирлердің қандай үдеумен қозғалатынын, 2) жіптің керілуін табу керек. Блоктағы үйкелісті ескермейміз.

2.32. Салмақсыз блок горизонтпен $\alpha=30^\circ$ бұрыш жасайтын көлбеу жазықтықтың төбесіне бекітілген (2-сурет). Салмақтары бірдей, $P_1=P_2=1$ кГ, А және В гирлері өз ара жіппен жалғастырылып блоктан асырылып тасталынған. Мыналарды: 1) гирлердің қандай үдеумен қозғалатынын, 2) жіптің керілуін табу керек. Блоктағы, сондай-ақ В гирінің көлбеу жазықтықпен жасайтын үйкелісін ескермейміз.

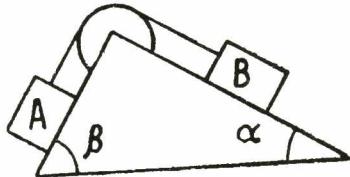
2.33. В гирдің көлбеу жазықтықпен жасайтын үйкеліс

коэффициентін $k=0,1$ деп алып, алдыңғы есепті шығарыңыздар. Блоктағы үйкеліс есепке алынбайды.

2.34. Салмақсыз блок, горизонтпен $\alpha=30^\circ$ және $\beta=45^\circ$ бұрыш жасайтын екі көлбеу жазықтықтың төбесіне бекі-



2-сурет



3-сурет

тілгеи (3-сурет). Салмақтары бірдей, $P_1=P_2=1 \text{ кГ}$, A және B гирлері өз ара жіппен жалғастырылып блоктан асырылып тасталынған. Мыналарды: 1) гирлердің қандай үдеумен қозғалатындығын, 2) жіптің керілуін табу керек. A және B гирлердің көлбеу жазықтықпен жасайтын үйкелісін, сондай-ақ блоктағы үйкеліс есепке алынбайды.

2.35. A және B гирлердің көлбеу жазықтықпен жасайтын үйкеліс коэффициенттерін $k_1=k_2=0,1$ -ге тең деп алып, алдыңғы есепті шығарыңыздар. Блоктағы үйкелісті ескермейміз. Осы есептің шешуін табатын формуладан 2.30.—2.34 есептердің шешуінің жеке жағдайын алуға болатындығын көрсетіңдер.

2.36. Салмағы $P=2 \text{ кГ}$ жүкті тұрақты құшпен вертикаль жоғары $h=1 \text{ м}$ биіктікке көтергенде $A=8 \text{ кГм}$ жұмыс істелінді. Жүкті қандай үдеумен көтерген?

2.37. Самолет жоғары көтеріліп $h=5 \text{ км}$ биіктікте жылдамдығы $v=360 \text{ км/сағ}$ -қа жетеді. Самолеттің көтерілгендегі ауырлық құшіне қарсы істелінетін жұмыс самолеттің жылдамдығын өсіруге кететін жұмыстан қанша есе үлкен болады?

2.38. Массасы 2 кг қозғалыстағы деңсінің: 1) жылдамдығын 2 м/сек -тан 5 м/сек -қа дейін өсіру үшін, 2) бастапқы жылдамдығы 8 м/сек болғанда тоқтап қалу үшін, қандай жұмыс істеу керек болады?

2.39. $v_1=1 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен ұшып келе жатқан допты ракеткамен соққанда, ол қарама-қарсы бағытқа
3*

$v_2 = 20 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен лақтырылып тасталады. Осы уақыттағы кинетикалық энергияның өзгерісін $\Delta W = 8,75 \text{ дж-ға}$ тең деп алып, доптың қозгалыс мөлшерінің өзгерісін табу керек.

2.40. Мұздың бетімен $v = 2 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен лақтырылған тас толық тоқтағанына дейін $s = 20,4 \text{ м}$ жол жүреді. Тастың мұзбен жасайтын (тұрақты деп алғандағы) үйкеліс коэффициентін табу керек.

2.41. Бір қалыпты баяу қозгалып келе жатқан салмағы 20 т вагон 6000 н үйкеліс күшінің әсерінен бірнеше уақыттан кейін тоқтайты. Вагонның бастапқы жылдамдығы 54 км/сағ-қа тең. Мыналарды: 1) үйкеліс күшінің жұмысын, 2) аялдамаға дейінгі вагонның жүрген жолын табу керек.

2.42. Автомобильдің шофері жолдағы кедергіге 25 м қалғанда тежеу берді. Автомобильдің тежеу колодкасындағы үйкеліс күші тұрақты және 3840 н-ға тең. Автомобильдің салмағы 1 т . Қозғалыстың қандай шекті жылдамдығында автомобиль кедергіге жетпей тоқтайтын болады? Дөңгелектің жолмен жасайтын үйкелісін ескермейміз.

2.43. Трамвай $a = 49,0 \text{ см/сек}^2$ үдеумен қозгалады. Мотордың қуатының 50 проценті үйкеліс күшін жеңуге, ал 50 проценті қозгалыс жылдамдығын өсіруге кетеді деп алып, оның үйкеліс коэффициентін табу керек.

2.44. Дененің 10 м жолдағы қозғалысының жылдамдығын $2 \text{ м/сек-тан} 6 \text{ м/сек-қа}$ дейін өсіру үшін қандай жұмыс істеу керек? Жолдың барлық ұзындығында да $0,2 \text{ кГ-ға}$ тең тұрақты үйкеліс күші әсер етеді. Дененің массасы 1 кг-ға тең.

2.45. Автомобильдің салмағы $9,81 \times 10^3 \text{ н}$. Қозгалыс кезінде автомобильге оның салмағының $0,1$ -не тең тұрақты үйкеліс күші әсер етеді. $0,5 \text{ км}$ жолда автомобильдің қозғалу жылдамдығын $10 \text{ км/сағ-тан} 40 \text{ км/сағ-қа}$ дейін өсіру үшін, оның двигателі қаншалықты мөлшерде бензин шығындайды? Двигательдің пайдалы әсер коэффициенті 20 процентке тең, бензиннің жылу шығаратын қабілеті $4,6 \times 10^7 \text{ дж/кг}$.

2.46. Егер двигательдің орташа қуаты 15 а күші болғанда оның қозғалысының орташа жылдамдығы 30 км/сағ болса, 100 км жолда автомобиль двигателінің

жұмсаған бензинің мөлшері қанша болады? Двигательдің п. э. коэффициенті 22 %. Қажетті мәліметтерді алдыңғы есептің шартынан алыңыздар.

2.47. Қозғалыс жылдамдығы 40 км/сағ болғанда, автомобиль двигателі жолдың әрбір 100 километріне 13,5 л бензин жұмсайды. Осы жағдайда двигательдің өндіретін қуатын $16,3 \text{ а. күшіне}$ тең деп алып, автомобильдің двигательінің п. э. коэффициентін табу керек. Бензиннің тығыздығы $0,8 \text{ г/см}^3$. Қалған мәліметтерді 2.45 есептің шартынан алыңыздар.

2.48. Бастапқы жылдамдығы $9,8 \text{ м/сек}$ вертикаль жоғары лақтырылған массасы 1 кг тастың кинетикалық, потенциалық және толық энергияларының уақытка тәуелділігінің графигін құрыңыздар, уақыт аралығы әрбір $2 \text{ сек-тан кейін} 0 \leq t \leq 2 \text{ сек}$. 1.11 есептің шешуінің нәтижесін пайдаланыңыздар.

2.49. Алдыңғы есептің шарттарын пайдалана отырып, тастың кинетикалық, потенциалық және толық энергиясының қашықтыққа тәуелділігінің графигін құрыңыздар.

2.50. Салмағы 2 кГ тас шамалы биіктікten құлады. Құлау уақыты $1,43 \text{ сек-қа}$ созылды. Жолдың орта нүктесіндегі тастың кинетикалық және потенциалық энергиясын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

2.51. Биіктігі $H=25 \text{ м}$ мұнарадан 15 м/сек жылдамдықпен горизонталь бағытта тас лақтырылған. Қозғалыс басталғаннан 1 сек өткеннен кейінгі тастың кинетикалық және потенциалық энергиясын табу керек. Тастың массасы $m=0,2 \text{ кг}$. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

2.52. Тас $v_0=15 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен горизонтқа $\alpha=60^\circ$ бұрыш жасай лақтырылған. Тастың: 1) қозғалыс басталғаннан бір секунд өткеннен кейінгі, 2) траекторияның ең жоғарғы нүктесіндегі кинетикалық, потенциалық және толық энергиясын табу керек. Тастың массасы $m=0,2 \text{ кг}$. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

2.53. Ядроны горизонтпен $\alpha=30^\circ$ бұрыш жасай лақтыруға жұмсалған жұмыс $A=216 \text{ дж}$. Лақтырган орнынан есептегендеге ядро жерге қандай қашықтықта және қанша уақыт өткеннен кейін түседі? Ядроның салмағы $P=2 \text{ кГ}$. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

2.54. Массасы 10 г материалың нүкте радиусы $6,4 \text{ см}$ шенбердің бойымен тұрақты тангенциаль үдеумен қозға-

лады. Қозғалыс басталғаннан кейінгі екінші рет айналуының аяғында материалық нүктенің кинетикалық энергиясы $8 \cdot 10^{-4}$ дж-ға тең болады деп алғып, тангенциаль үдеудің шамасын табу керек.

2.55. Биіктігі 1 м, көлбеу ұзындығы 10 м көлбеу жазықтықтан массасы 1 кг дене төмен қарай сырғанап туғеді. Мыналарды: 1) жазықтықтың табанындағы дененің кинетикалық энергиясын, 2) жазықтықтың табанындағы дененің жылдамдығын, 3) дененің тоқтағанға дейінгі жолдың горизонталь бөлігіндегі жүретін қашықтығын табу керек. Барлық жолдың бойындағы үйкеліс коэффициентін тұрақты және 0,05-ке тең деп аламыз.

2.56. Дене ең алдымен горизонтпен $\alpha = 8^\circ$ бұрыш жасайтын көлбеу жазықтық бетімен сырғанап, содан кейін горизонталь бетпен сырғанайды. Дененің горизонталь бетпен сырғанағандағы қашықтығы көлбеу жазықтықтың бетіндегімен бірдей деп алғып, үйкеліс коэффициентінің шеге тең екендігін табыңыздар.

2.57. Массасы 3 кг-ға тең дене, биіктігі 0,5 м, ал көлбеу ұзындығы 1 м көлбеу жазықтығының бетімен сырғанайды. Дене көлбеу жазықтықтың табанына 2,45 м/сек жылдамдықпен жетеді. Мыналарды: 1) дененің жазықтықпен жасайтын үйкеліс коэффициентін, 2) үйкеліс уақытындағы бөлініп шығатын жылу мөлшерін табу керек. Дененің бастапқы жылдамдығы нольге тең.

2.58. Массасы 2 т автомобиль тауға қарай жүріп барады. Таудың еңістігі жолдың әрбір 100 метріне 4 метрден келеді. Үйкеліс коэффициенті 8 процентке тең. Мыналарды: 1) автомобильдің двигателінің 3 км жолда істеген жұмысын, 2) осы жолды ол 4 минутта жүреді деп алғандағы двигательдің қуатын табу керек.

2.59. Автомобиль 36 км/сағ тұрақты жылдамдықпен: 1) горизонталь жолмен жүреді, 2) жолдың әрбір 100 метріне еңістік 5 м болатын тауға қарай жүреді, 3) сол еңістікпен таудан төмен түседі деп алғып, автомобиль двигателінің қандай қуат өндіретінін табу керек. Үйкеліс коэффициенті 0,07-ге тең.

2.60. Салмағы 1 т автомобиль таудан түсіп келеді, моторын тоқтатқан кездегі 54 км/сағ тұрақты жылдамдықпен жолдың әрбір 100 метріне келетін еңістік 4 м-ге

тәң. Осы жылдамдықпен еңстігі осындай тауға қарай жүру үшін автомобильдің двигателінің қуаты қандай болу керек?

2.61. Рельстердің үстінде салмағы $P=10\text{ т}$ платформа тұр. Платформаның үстіне рельс бойының бағытымен атылатын салмағы $P_2=5\text{ т}$ зеңбірек орнатылған. Снарядтың салмағы $P_3=100\text{ кГ}$, оның зеңбірекке қарағандағы бастапқы жылдамдығы $v_0=500\text{ м/сек.}$ v_x жылдамдығының анықтау керек, егер: 1) платформа қозғалмай тұрса, 2) платформа 18 км/сағ жылдамдықпен қозғалса және ату оның қозғалу бағытына қарай болса, 3) платформа $v_1=18\text{ км/сағ}$ жылдамдықпен қозғалса және ату оның қозғалысына қарама-қарсы бағытта болса, онда зеңбіректі атқаннан кейінгі алғашқы моменттегі платформаның v_x жылдамдығы қандай болады?

2.62. Массасы 5 кг мылтықтан, 600 м/сек жылдамдықпен массасы $5 \cdot 10^{-3}\text{ кг}$ үшіп шығады. Мылтықтың серпілу (тебу) жылдамдығын табу керек.

2.63. Салмағы 60 кГ адам 8 км/сағ жылдамдықпен жүгіріп келе жатып, салмағы 80 кГ $2,9\text{ км/сағ}$ жылдамдықпен қозғалып келе жатқан арбаны қып жетіп, үстінен секіріп шықты. 1) арба қандай жылдамдықпен қозғала алады? 2) адам арбаның қозғалыс бағытына қарсы бағытта жүгірсе, онда ол қандай жылдамдықпен қозғалар еді?

2.64. Теміржол бойымен горизонталь бағытпен 500 м/сек жылдамдықпен үшіп келе жатқан салмағы 980 н снаряд, құм тиелген салмағы 10 т вагонға тиеді де сонда қалып қояды. Егер: 1) вагон қозғалмай бір орында тұр десек, 2) вагон снарядтың үшқан бағытына қарай 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалады десек, 3) вагон снарядтың үшқан бағытына қарама-қарсы бағытта 36 км/сағ жылдамдықпен қозғалады десек, вагон қандай жылдамдық алар еді?

2.65. Гранат 10 м/сек жылдамдықпен үшіп келе жатып екі осколкаға жарылды. Салмағы тұтас гранаттың салмағының 60 процентіне тең үлкен бөлігі, өзінің бұрынғы бағытымен, бірақ 25 м/сек -қа тең артық жылдамдықпен қозғала береді. Гранаттың кішкене бөлігінің жылдамдығын табу керек.

2.66. Горизонталь бағытта 1 м/сек жылдамдықпен қозғалып келе жатқан салмағы 1 кГ дene, салмағы $0,5 \text{ кГ}$ екінші бір денені қуып жетіп, онымен серпімсіз соғылысады. Егер: 1) екінші дene қозғалыссыз тұрса, 2) екінші дene $0,5 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен бірінші дененің қозғалған бағытымен қозғалса, 3) екінші дene $0,5 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен бірінші дененің қозғалған бағытына қарама-қарсы бағытта қозғалса, онда дene қандай жылдамдық алар еді?

2.67. Салмағы 70 кГ коңыки тебуші коңыкимен мұздың үстінде тұрып, салмағы 3 кГ тасты 8 м/сек жылдамдықпен горизонталь бағытта лақтырады. Егер коңыкидің мұзбен жасайтын үйкеліс коэффициенті $0,02$ -ге тең болса, коңыки тебуші қанша жерге дейін сырғанап барады.

2.68. Қозғалмай тұрған арбаның үстіндегі адам, ілгері қарай горизонталь бағытта массасы 2 кг тасты лақтырады. Арба кейін жылжиды да, тасты лақтырғаннан кейінгі бірінші моментте оның жылдамдығы $0,1 \text{ м/сек-ке}$ тең болады. Адам мен арбаның салмағы 100 кГ-ға тең. Лақтырылған тастың қозғалысы басталғаннан кейін $0,5 \text{ ссек}$ уақыттан соғы кинетикалық энергиясын табу керек. Тастың ұшқан уақытындағы ауаның кедергісін ескермейміз.

2.69. Салмағы $P_1=2 \text{ кГ}$ дene салмағы $P_2=1,5 \text{ кГ}$ екінші дeneге қарсы қозғалады да онымен серпімсіз соғылады. Соғылысудың алдындағы денелердің жылдамдықтары сәйкес $v_1=1 \text{ м/сек}$ және $v_2=2 \text{ м/сек-ке}$ тең болады. Үйкеліс коэффициентін $k=0,05$ -ке тең десек, соғылысканнан кейін денелер қанша уақыт қозғалар еді?

2.70. Автомат минутына 600 оқ шығарады . Әрбір оқтың массасы 4 г , ал оның бастапқы жылдамдығы 500 м/сек . Атқандағы орташа серпу (тебу) күшін табу керек.

2.71. Салмағы $P_1=10 \text{ т}$ платформа рельстің үстінде тұр. Платформаның үстінде салмағы $P_2=5 \text{ т}$ зеңбірек орнатылған, одан рельс бойының бағытымен оқ атылады. Снарядтың салмағы $P_3=100 \text{ кГ}$, оның зеңбірекпен салыстырғандағы бастапқы жылдамдығы $v_0=500 \text{ м/сек}$. Егер: 1) платформа қозғалмай орнында тұрса, 2) платформа $v_1=18 \text{ км/сағ}$ жылдамдықпен қозғалып, зеңбірек

оның қозғалу бағытына қарай атылса, 3) платформа $v_1 = 18 \text{ км/сағ}$ жылдамдықпен қозғалып және зеңбірек оның қозғалу бағытына қарама-қарсы бағытта атылса, онда зеңбіректі атқан уақытта платформа қанша жерге дейін шегінер еді? Платформаның рельспен жасайтын коэффициенті 0,002-ге тең.

2.72. Массасы $5 \cdot 10^3 \text{ кг}$ зеңбіректен, салмағы 100 кГ-ға тең снаряд ұшып шығады. Зеңбіректен ұшып шыққандағы снарядтың кинетикалық энергиясы $7,5 \cdot 10^6 \text{ дж-ға}$ тең. Кейін табу әсерінен зеңбіректің алатын кинетикалық энергиясы қандай?

2.73. Салмағы 2 кГ деңе 3 м/сек жылдамдықпен қозғалып келе жатып, салмағы 3 кГ , 1 м/сек жылдамдықпен қозғалған екінші деңені қып жетеді. 1) Соғылу серпімсіз болды, 2) соғылу серпімді болды деп алып, соғылысқаннан кейінгі деңелердің жылдамдығын табу керек. Деңелер бір түзудің бойымен қозғалады. Соққы — центрлік.

2.74. Серпімді соққы болғанда бірінші деңе соғылысқаннан кейін орнында тоқтап қалу үшін алдыңғы есепте берілген деңелердің массалары өзара қандай қатынаста болу керек?

2.75. Салмағы 3 кГ деңе 4 м/сек жылдамдықпен қозғалады да, салмағы сондай қозғалмайтын деңемен соғылысады. Соққыны центрлік және серпімсіз деп алып, соғылысқан уақыттағы бөлініп шығатын жылу мөлшерін табу керек.

2.76. Массасы 5 кг деңе массасы $2,5 \text{ кг}$ қозғалмайтын деңемен соғылысады да, соғылысқаннан кейін 5 дж кинетикалық энергиямен қозғала бастайды. Соққыны центрлік және серпімді деп алып, бірінші деңенің соғылысқанға дейінгі және соғылысқаннан кейінгі кинетикалық энергиясын табу керек.

2.77. Салмағы 49 н деңе салмағы $2,5 \text{ кГ}$ қозғалмайтын деңемен соқтығысады. Осы екі деңе системасының соғылысқаннан кейінгі кинетикалық энергиясы 5 дж-ға тең болады. Соққыны центрлік және серпімсіз деп алып, бірінші деңенің соғылысқанға дейінгі кинетикалық энергиясын табу керек.

2.78. Бір-біріне қарама-қарсы қозғалып келе жатқан екі деңе серпімсіз соғылысады. Соғылысқанға дейінгі

бірінші дененің жылдамдығы $v_1=2 \text{ м/сек}$, ал екінші дененің жылдамдығы $v_2=4 \text{ м/сек}$. Соғылысқаннан кейінгі денелердің жалпы жылдамдығы v_1 жылдамдықтың бағытмен бірдей болады да, $v=1 \text{ м/сек}$ -қа тең болады. Бірінші дененің кинетикалық энергиясы екінші дененің кинетикалық энергиясынан неше есе артық болғаны?

2.79. Ұзындықтары бірдей параллель жіпке ілінген екі шар бір-біріне тиіп тұрады. Бірінші шардың массасы $0,2 \text{ кг}$, ал екіншісінің массасы 100 г . Бірінші шарды салмақ центрі $4,5 \text{ см}$ биікке жоғары көтерілетіндегі етіп ауытқытады да қайтадан босатып жібереді. Егер: 1) соққы серпімді болса, 2) соққы серпімсіз болса, онда шарлар бір-бірімен соғылысқаннан кейін қандай биіктікке көтерілдер еді?

2.80. Горизонталь бағытта ұшып келе жатқан оқ өте жеңіл, әрі қатты стерженьге ілінген шарға тиеді де, соның ішінде қалып қояды. Оқтың массасы шардың массасынан 1000 есе кем. Стерженьнің ілінген нүктесінен шар центріне дейінгі аралық 1 м -ге тең. Шар мен стержень оқтың соққысынан 10° бұрышқа бұрылды деп алып, оқтың жылдамдығын табу керек.

2.81. Горизонталь бағытта ұшып келе жатқан оқ өте жеңіл, әрі қатты стерженьге ілінген шарға тиеді де, соның ішінде қалып қояды. Оқтың массасы $m_1=5 \text{ г}$, шардың массасы $m_2=0,5 \text{ кг}$. Оқтың жылдамдығы $v_1=500 \text{ м/сек}$. Стерженьнің қандай шекті ұзындығында (стерженьнің іліну нүктесінен шардың центріне дейінгі қашықтық) шар оқтың соққысынан шенбердің ең жоғары нүктесіне дейін көтеріледі?

2.82. Салмағы $0,5 \text{ кГ}$ ағаш балғамен қозғалмайтын қабырғаны соғады. Соғу моментінде балғаның жылдамдығы 1 м/сек -ке тән. Соққы уақытындағы қалпына келтіру коэффициентін $0,5$ -ке тең деп алып, соққы уақытындағы бөлініп шығатын жылу мөлшерін табу керек. Дене материалының қалпына келтіру коэффициенті деп дененің соққыдан кейінгі жылдамдығы шамасының оның соққыға дейінгі шамасына қатынасын айтады.

2.83. Алдыңғы есептің шартымен соққы уақытындағы қабырғага эсер ететіп күш импульсын табу керек.

2.84. Ағаш шарик 2 м биіктікten бастапқы жылдамдықсыз вертикаль төмен құлайды. Шариктің еденге со-

ұылған уақытындағы қалпына келтіру коэффициентін 0,5-ке тең деп аламыз. Мыналарды: 1) еденге соғылғаннан кейінгі шардың жоғары көтерілген биектігін, 2) осы соққы уақытындағы бөлініп шығатын жылу мөлшерін табу керек. Шариктің массасы 100 г.

2.85. Пластмассадан жасалынған шарик 1 м биектікten құлағанда еденге соғылып, бірнеше рет секіріп кейін қайтады. Егер шариктің құлаған моментінен бастап, екінші рет еденге соғылғанына дейін 1,3 сек уақыт өткен болса, онда оның еденге соғылғандағы қалпына келтіру коэффициенті неге тең болады?

2.86. Болат тақтаның үстіне 1 м биектікten құлап түсқен болат шарик, оның үстінен $v_2 = 0,75 v_1$ жылдамдықпен қайта секіріп кетеді, мұндағы v_1 — оның тақтаға ұшып жеткес жылдамдығы. 1) Ол қандай биектікке көтеріледі? 2) Шариктің қозғалыс басынан тақтаның бетіне екінші рет түскеніне дейін қаша уақыт өтеді?

2.87. Металл шарик $h_1 = 1$ м биектікten болат плитаның бетіне түсіп, одан соғылғаниән кейін қайтадан секіріп $h_2 = 81$ см биектікке көтеріледі. Шарик затын қалпына келтіру коэффициентін табу керек.

2.88. Массасы $m = 20$ г болат шарик $h_1 = 1$ м биектікten болат плитаның бетіне түсіп, одан кері секіріп $h_2 = 81$ см биектікке көтеріледі. Мыналарды: 1) соғылысу уақытындағы плитаның алған күш импульсын, 2) соғылысу уақытындағы бөлініп шыққан жылу мөлшерін табу керек.

2.89. Массасы m_1 қозғалып келе жатқан дене массасы m_2 қозғалмайтын денеге келіп соғылады. Соғылысуды серпімсіз және центрлік деп алып, соғылысу уақытында бастапқы кинетикалық энергияның қандай бөлігі жылуға айналатынын табу керек. Алдымен есепті жалпы түрде шешіп, содан кейін төмендегідей жағдайларды қарастырыңыздар: 1) $m_1 = m_2$, 2) $m_1 = 9m_2$.

2.90. Массасы m_1 қозғалып келе жатқан дене, массасы m_2 қозғалмайтын денеге келіп соғылады. Соғылуды серпімді және центрлік деп алып, соғылысу уақытында бірінші дене өзінің бастапқы кинетикалық энергиясының қандай болігін екінші денеге беретіндігін табу керек. Алдымен есепті жалпы түрде шешіп, содан кейін төмендегі жағдайларды қарастырыңыздар: 1) $m_1 = m_2$, 2) $m_1 = 9m_2$.

2.91. Массасы m_1 қозғалып келе жатқан дene массасы m_2 қозғалмайтын денеге келіп соғылады. 1) Центрлік серпімді соғылысу уақытында бірінші дененің жылдамдығы 1,5 есе кему үшін массалардың $\frac{m_1}{m_2}$ қатышасы неге тең болу керек? 2) Егер бірінші дененің бастапқы W_1 кинетикалық энергиясы 1 kдж -ге тең болса, онда екінші дene қандай W_2 кинетикалық энергиямен қозғала бастайды?

2.92. Нейтрон (массасы m_0) көміртегі атомының қозғалмайтын ядросына келіп соғылады ($m=12 m_0$). Соғылысуды центрлік және серпімді деп алғып, соғылысу уақытында нейтронның кинетикалық энергиясының пеше есе кемитіндігін табу керек.

2.93. Нейтрон (массасы m_0) қозғалмайтын: 1) көміртегі атомының ($m=12 m_0$), 2) уран атомының ($m=235 m_0$) ядросына келіп соғылады. Соғылысуды центрлік және серпімді деп алғып, соғылысу уақытында нейтрон өзінің жылдамдығының қандай бөлігін жоғалтатынын табу керек.

2.94. Жердің өз осінен айналу салдарынан экватордағы дененің салмағы өз салмағының қандай бөлігіне кемиді?

2.95. Экватордағы дененің салмағы болмау үшін Жер бетіндегі тәуліктің ұзақтығы қандай болу керек?

2.96. Массасы 5 t трамвай вагоны радиусы 128 m бұрылышпен жүріп келеді. Қозғалыс жылдамдығы 9 км/сағ болғанда дөңгелектің рельске түсіретін бүйірлік қысым күшін табу керек.

2.97. Ұзындығы 60 cm жіпке байланған сұы бар шелек вертикаль жазықтықта бір қалыпты айналады. Мыналарды: 1) шелек ең жоғары нүктеге жеткен уақытта оның ішіндегі су төгілмейтін ең кіші айналу жылдамдығын, 2) осы жылдамдықтардағы шеңбердің ең жоғарғы және ең төменгі нүктелеріндегі жіптің керілуін табу керек. Шелектің сумен бірге есептегендегі массасы 2 кг-ға тең.

2.98. Ұзындығы $l=50$ cm жіпке байлаған тас вертикаль жазықтықта бір қалыпты айналады. Жіпке тастың он еселеңген салмағына тең жүк тиегенде үзіледі деп алғып, секундтың қандай айналым санында жіптің үзілестіндігін табу керек.

2.99. Жіпке байлаған тас вертикаль жазықтықта бір қалыпты айналады. Жіптің максимал және минимал керілудерінің айырымы $1 \text{ кГ}\cdot\text{м}$ деңгэе деп, тастың массасын табу керек.

2.100. Ұзындығы 30 см жіпке ілінген кішкене гир горизонталь жазықтықта радиусы 15 см -ге деңгэе шеңбер сыйады. Гирдің айналу жылдамдығы бір минуттағы қандай айналым санына сәйкес келеді?

2.101. Ұзындығы 25 см жіпке байланған, массасы 50 г кішкентай гир горизонталь жазықтықта шеңбер сыйады. Гирдің айналу жылдамдығы 2 айн/сек-қа сәйкес келеді. Жіптің керілуін табу керек.

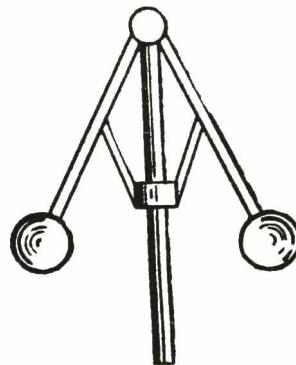
2.102. Вертикаль осьті айналған дискі 30 айн/мин жасайды. Дискінің үстінде айналу осьтен 20 см қашықтықта дene қойылған. Дене дискінің үстімен сырғанап түсіп қалмау үшін дene мен дискінің арасындағы үйкеліс коэффициенті қандай болу керек?

2.103. 900 км/сек жылдамдықпен ұшқан самолет «өлі тұзақ» жасайды. Ұшқышты отырған орындығына қысатын ең үлкен күш: 1) ұшқыштың бес есе салмағына, 2) ұшқыштың он есе салмағына тән болу үшін «өлі тұзактың» радиусы қандай болу керек?

2.104. 72 км/сағ жылдамдықпен горизонталь жолмен жүріп келе жатқан мотоциклист қисықтық радиусы 100 м болатын жолмен бұрылады. Бұрылған уақытта құлап кетпеу үшін мотоциклист қашама қысаю керек?

2.105. Трамвай вагонның төбесінде жіпке байлаған шар ілінген. Радиусы $36,4 \text{ м}$ бұрылыспен жүріп келе жатқан вагонның жылдамдығы 9 км/сағ . Осы уақыттағы шар байланған жіптің бұрылу бұрышы қандай болады?

2.106. Центрден тепкіш регулятор (4-сурет) стерженьдерінің ұзындығы $12,5 \text{ см}$ -ге деңгэе. Егер стерженьге кигізген жүктегер айналғанда вертикальдан: 1) 60° , 2) 30° бұрышқа ауытқыған болса, онда центрден тепкіш регулятор бір секундта қаша айналым жасар еді?



4-сурет.

2.107. Жолдың бұрылыс қисықтығының 100 м радиусында шоссе виражы еңістікпен 10° бұрыш жасайды. Вираж қандай жылдамдыққа есептелген?

2.108. Жіпке ілінулі түрған салмағы 1 кГ жүк 30° бұрышқа ауытқиды. Жүктің тепе-тендік қалыптан өткен моментіндегі жіптің керілуін табу керек.

2.109. Бала «алып адымда» («гигантский шаг») 16 айн/мин жасай айналады. Арқаның ұзындығы 5 м-ге тең. «Алып адым» арқандары мен вертикаль арасындағы бұрыш қандай? 2) Егер баланың салмағы 45 кГ-ға тең десек, онда арқаның керілуі қандай болады? 3) Баланың сызықтық айналу жылдамдығы қандай?

2.110. Ұзындығы $m=0,5\text{ м}$ салмақсыз стерженьге ілінген массасы $l=1\text{ кг}$ жүк вертикаль жазықтықта тербеледі. 1) Стерженьнің вертикальдан қандай a бұрышқа бұрылғанда жүктің алатын ең тәменгі қалпында оның кинетикалық энергиясы $W = 2,45\text{ дж-ға}$ тең болады? 2) Осы бұрылу бұршындағы стерженьнің орталық қалыптағы керілуі оның шеткі қалпындағы керілуінен неше есе артық болады?

2.111. Салмақсыз стерженьге P жүк ілінгел. Жүкті 90° бұрышқа бұрып, қайтадан босатып жібереді. Тепе-тендік қалыптан өткен уақыттағы стерженьнің керілуін табу керек.

2.112. Белгілі бір радиусты болат сым 300 кГ-ға дейінгі жүкті көтеруге шыдайды. Осындағы сымға ілінген жүктің массасы 150 кг . Жүк тепе-тендік қалыптан өткен уақытта жүк ілінгендегі сым үзіліп кетпес үшін, оны қандай ең үлкен бұрышқа бұру керек?

2.113. Ұзындығы $l=50\text{ см}$ жіпке байланған, салмағы $0,5\text{ кГ}$ тас вертикаль жазықтықта бір қалыпты айналады. Шеңбердің ең тәменгі нүктесіндегі жіптің керілуі $T=44\text{ н-ға}$ тең. Егер тасты жылдамдығы вертикаль жоғары бағытталған моментте үзіледі десек, онда ол қандай биіктікке көтерілетін болады?

2.114. Радиусы $R=20,0\text{ м}$ горизонталь жазықтықта жатқан труба арқылы су ағады. Центрден тепкіш күштің әсерінен пайда болған судың бүйірлік қысымын табу керек. Трубаның диаметрі $d=20\text{ см}$. Трубаның көлденең қимасынан бір сағат уақыт ішінде $M=300\text{ т}$ су ағып өтеді.

2.115. Ені 0,5 м, кисықтық радиусы 10 м, горизонталь жазықтықта жатқан канал арқылы су ағады. Судың ағынының жылдамдығы 5 м/сек. Центрден тепкіш күштің әсерінен пайда болатын судың бүйірлік қысымын табу керек.

2.116. Егер күш деформацияға пропорционал болып және 29,4 н күштің әсерінен серіппе 1 см-ге қысылады десек, онда серіппені 20 см-ге қысу үшін қандай жұмыс жасау керек болады?

2.117. Рессордың, оның ортасына қойылған жүктің әсерінен болатын ең үлкен майысу шамасын табу керек. Сол жүктің әсерінен болатын рессордың статикалық майысы $x_0 = 2 \text{ см}$. Егер сол жүк рессордың ортасына $h = 1 \text{ м}$ биіктікten бастапқы жылдамдықсыз түсетін болса, онда оның ең үлкен бастапқы майысын қандай болады?

2.118. Акробат торға $H_1 = 8 \text{ м}$ биіктікten секіріп түседі. Акробат секірген кезде еденге соғылмау үшін, торды еденинің үстінен қандай шекті биіктікten h_1 керіп қою керек болады? Ал егер акробат торға $H_2 = 1 \text{ м}$ биіктікten секіріп түсетін болса, онда тордың керілуінің биіктігі $h_2 = 0,5 \text{ м}$ болатыны белгілі.

2.119. Таразының табағына жүк салынған. Егер таразы табақтарының шайқалуы тоқталғаннан кейін стрелка 5 бөлікті көрсететін болса, сінде жүкті алғаш салған кездегі серпілуде таразының стрелкасы қандай бөлікті көрсетеді?

2.120. Таразының табағына 10 см биіктікten салмағы 1 кГ жүк құлап түседі. Жүктің табаққа соғылған моментіндегі таразының көрсетуі қандай болады? Осы жүктің әсерінен таразы тынышталғаннан кейін оның табағы 0,5 см төмен түсетіні белгілі.

2.121. Егер қабырғаға соққы түскенде әрбір буфер 10 см қысылатын болса, онда массасы 20 т вагон қандай жылдамдықпен қозғалатын болады? Әрбір буфердің пружинасы 1 т күштің әсерінен 1 см-ге қысылатындығы белгілі.

2.122. Бала рогатканы атарда, оның резенке жібінің ұзындығы 10 см-ден артық болатында етіп тартып созды. Массасы 20 г тас қандай жылдамдықпен үшты. Резенке жіпті 1 см-ге тартып үзарту үшін 1 кГ күш керек болды. Тас үшқан кезде ауаның кедергісі ескерілмейді.

2.123. Вертикаль ілінген серіппенің төменгі ұшына, бір ұшына жүк бекітілген екінші бір серіппе жалғастырылған. Серіппелердің деформация коэффициенттері сәйкес k_1 және k_2 -ге тең. Жүктің салмағына қарағанда серіппелердің салмағы жоқтың қасында деп есептеп, осы серіппелердің потенциалық энергияларының өз ара қатынасын табу керек.

2.124. Ұзындықтары бірдей екі параллель серіппеге салмақтарын ескермеуге болатында стержень ілінген. Серіппелердің деформация коэффициенттері сәйкес $k_1=2 \text{ кГ/см}$ және $k_2=3 \text{ кГ/см}$ -ге тең. Стерженьнің ұзындығы серіппелердің $L=10 \text{ см}$ араларының қашықтығына тең. Стержень горизонталь қалпын сақтап қалу үшін жүкті стерженьнің қай жеріне ілу керек?

2.125. Горизонталь бағытта кейбір жылдамдықпен ұшып келе жатқан массасы $m=0,1 \text{ кг}$ резенке доп қозғалмайтын вертикаль қабырғаға келіп соғылады. $\Delta t=0,01 \text{ сек}$ уақыт ішінде доп $\Delta x=1,37 \text{ см}$ -ге қысылады; доптың алғашқы формасына қайтадан келу үшін де осындай Δt уақыт кетеді. Доптың қабырғаға соғылған уақытындағы қабырғаға әсер ететін орташа күшті табу керек.

2.126. Ұзындығы l_0 резенке жіпке байланған салмағы $P=4,9 \text{ н}$ гир горизонталь жазықтықта шеңбер сымады. Гирдің айналу жылдамдығы $v=2 \text{ айн/сек}$ жиілікке сәйкес келеді. Резенке жіптің вертикаль бағыттан ауытқу бұрышы $\alpha=30^\circ$ -қа тең. Созылмаған резенке жіптің ұзындығын l_0 табу керек. Жіпті $x_1=1 \text{ см}$ -ге созу үшін $F_1=6,0 \text{ н}$ күш керек болады.

2.127. Ұзындығы $l_0=9,5 \text{ см}$ резенке жіпке байланған салмағы $P=0,5 \text{ кГ}$ жүкті $\alpha=90^\circ$ бұрышқа бұрып, содан кейін босатып жібереді. Жүктің тепе-тендік қалыптан өткен моменттегі резенке жіптің ұзындығын табу керек. Резенке жіптің деформация коэффициенті $k=1 \text{ кГ/см}$ -ге тең.

2.128. Радиусы $R=10 \text{ см}$ доп, оның центрі судың бетінен $H=9 \text{ см}$ жоғары шығып тұратында, суда жүзіп жүреді. Допты судың ішіне диаметриялық жазықтықка дейін батыру үшін қандай жұмыс істеледі?

2.129. Радиусы $R=6 \text{ см}$ шар сыртқы күштің әсерімен, оның жоғарғы нүктесі судың бетіне тиіп тұратында, судың астында ұсталып тұр. Шар затының тығыздығы

$\rho = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$ Егер шарды босатып, оған өз еркімен жүзуге мүмкіншілік берсек, онда ығыстыруыш күштің істейтін жұмысы қандай болады?

2.130. Суда жүзіп жүрген шардың диаметрі $D = 30 \text{ см}$. Шарды одан әрі $h = 5 \text{ см}$ тереңдікке батыру үшін қандай жұмыс істеу керек? Шар материалының тығыздығы $\rho = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

2.131. Суда жүзіп жүрген мұздың көлденең қимасының ауданы $S = 1 \text{ м}^2$ және биіктігі $H = 0,4 \text{ м}$. Мұзды суға түгелімен батыру үшін қандай жұмыс істеу керек?

2.132. Бір-бірінен $r = 10^{-10} \text{ м}$ қашықтықта тұрған екі протонның тартылу күшін табу керек. Протонның массасы $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Протондарды нүктелік масса деп есептеу керек.

2.133. Бір-біріне тиіп тұрған екі мыс шариктердің диаметрлері $d_1 = 4 \text{ см}$ және $d_2 = 6 \text{ см}$. Осы системаның гравитациялық потенциалық энергиясын табу керек.

2.134. Жер шарының радиусын R , орташа тығыздығын ρ және Жер бетіне жақын жердегі ауырлық күшінің үдеуін g деп алып, тартылыс тұрақтысын есептеп шығару керек (қосымшадағы таблицаны қараңыздар).

2.135. Жердің бетіне жақын жердегі ауырлық күшінің үдеуін $g = 9,80 \text{ м}/\text{сек}^2$ деп алып және III қосымшадағы белгілілерді пайдаланып, Күн системасы планеталарының орташа тығыздығының таблицасын құру керек.

2.136. Космостық ракета Айға ұшып бара жатыр. Аймен Жердің центрін қосатын тұзудің қай нүктесінде ракета бірдей күшпен Айға және Жерге тартылады.

2.137. Айдың бетіндегі ауырлық күштің үдеуін Жердің бетіндегі ауырлық күштің үдеуімен салыстыру керек.

2.138. Математикалық маятниктің тербеліс периоды оны Жердің бетінен Айдың бетіне көшірген уақытта қалай өзгереді?

Нұсқау. Математикалық маятниктің тербелу периодының формуласы 12-параграфта көрсетілген.

2.139. Бірінші космостық жылдамдықтың, яғни бағыты Жер бетіне горизонталь болып келген денеге әсер еткенде дене Жердің маңында оның серігі сияқты дөңгелек орбитамен айнала алатын жылдамдықтың сан мәнін табу керек.

2.140. Екінші космостық жылдамдықтың, яғни жер бетіндегі деңгелек деп алып және $\pi = 3,14$ үдеуін $g=980 \text{ см/сек}^2$ деп алғанда қосымшадағы таблицаның мәліметтерін пайдалана отырып, Күн системасындағы планеталардың бетіндегі бірінші және екінші космостық жылдамдықтардың (км/сек есебімен) мәндерінің таблицасын құру керек.

2.141. Жер бетіндегі ауырлық күштің үдеуін $g=980 \text{ см/сек}^2$ деп алғанда қосымшадағы таблицаның мәліметтерін пайдалана отырып, Күн системасындағы планеталардың бетіндегі бірінші және екінші космостық жылдамдықтардың (км/сек есебімен) мәндерінің таблицасын құру керек.

2.142. Жердің орбитасын дөңгелек деп алғанда, оның орбита бойымен қозғалғандағы сызықтық жылдамдығын табу керек.

2.143. Дөңгелек орбитамен қозғалған Жердің жасанды спутнигінің: 1) Жер бетінде жақын жердегі (ауаның кедергісін ескермейміз), 2) $h_1=200 \text{ км}$ және $h_2=7000 \text{ км}$ биіктіктерде v сызықтық жылдамдығы қандай болады? Осы берілгендер бойынша Жердің жасанды спутнигінің айналу периодын T табу керек.

2.144. 1) Центрлік дененің бетінде айналып жүрген жасанды спутниктің айналып шығу периодының, осы деңгелек орбита тұрақтығына қандай тәуелділікте болатындығын табу керек. 2) 2.135. есепті шығарғанда алғынған нәтижелерді пайдаланып, Күн системасындағы планеталарды дөңгелек орбитамен айналатын жасанды спутниктердің айналып шығу периодтарының таблицасын құру керек.

2.145. Жер бетінен 200 км биіктікте дөңгелек орбитамен айналып жүрген Жердің жасанды спутнигінің центрге тартқыш үдеуін табу керек.

2.146. Марс планетасының Фобос және Деймос деп атап ататын екі серігі бар. Біріншісінің Марстың центрінен қашықтығы $R_1=9500 \text{ км}$, ал екіншісінің — $R_2=24\,000 \text{ км}$. Осы жасанды спутниктердің Марсты айналып шығу периодын табу керек.

2.147. Жердің жасанды спутнигі экватор жазықтығындағы дөңгелек орбитамен батыстан шығысқа қарай айналады. Жердің бетінде бақылап тұрған адамға қозғалмайтын болып көріну үшін, осы жасанды спутник Жерден қандай қашықтықта тұру керек?

2.148. Айдың жасанды спутнигі Ай бетінен 20 км қашықтықта дөңгелек орбитаның бойымен қозғалады. Осы жасанды спутниктің сыйықтық жылдамдығын және оның Айды айналып шығу периодын табу керек.

2.149. Айға деген бірінші және екінші космостық жылдамдықтың саң мәнін табу керек (2.139 және 2.140 есептердің шығарылу шартын қараңыздар).

2.150. Ауырлық күш үдеуінің Жер бетінен алғандағы биіктікке тәуелділігін табу керек. Жер бетінен қандай биіктікте ауырлық күштің үдеуі Жер бетіндегі ауырлық күш үдеуінің 25 процентін құрады?

2.151. Жер бетінен қандай қашықтықта ауырлық күштің үдеуі 1 м/сек-ке тең болады?

2.152. Дөңгелек орбита бойымен қозғалған Жердің жасанды спутнигінің кинетикалық энергиясы оның гравитациялық потенциалық энергиясынан қанша есе артық болады?

2.153. Денені h тереңдікке түсіргендегі ауырлық күш үдеуінің өзгерісін табу керек. Қандай тереңдікте ауырлық күш үдеуі Жер бетіндегі ауырлық күш үдеуінің 25 процентін құрады? Жердің тығыздығын тұрақты деп есептейміз.

Нұсқау. Жер бетінен h тереңдікте жатқан дене өзінің үстіндегі h қалындықтағы шар қабатының ешқандай тарту өсерін сезбейтіндігін ескеру керек. Өйткені қабаттардың жекеленген бөліктерінің тартылышы өз ара компенсацияланады.

2.154. Егер маятниктің тербелу периоды таудың төбесі және шахтаның түбінде бірдей болса, онда таудың биіктігі мен шахтаның h тереңдігінің арасындағы қатынас қандай болады?

Нұсқау. Маятниктің тербелу периодының формуласы 12-параграфта берілген.

2.155. Советтік жасанды планетаның эллипстік үлкен жарты осінің Жер орбитасының жарты осінен 24 миллион километрге артық екендігін біле отырып, оның Күнді айналып шығу периодын табу керек.

2.156. Советтік жасанды планетаның орбитасы дөңгелек орбитаға шамалас. Планетаның орбитасын дөңгелек деп есептеп, оның қозғалысының сыйықтық жылдамдығын және оның Күнді айналып шығу периодын табу керек.

Күннің диаметрін және оның тығыздығын белгілі деп аламыз. Планетаның Күннен орташа қашықтығы $R = 1,71 \cdot 10^8 \text{ км}$.

2.157. Дүние жүзіндегі Жердің бірінші жасанды спутнигінің орбитасының ұлкен осі Жердің екінші жасанды спутнигі орбитасының ұлкен осінен 800 км кіші. Бірінші жасанды спутниктің қозғала бастағандағы Жердің айналып шығу периоды $96,2 \text{ мин-қа}$ тең болды. Мыналарды: 1) Жердің екінші жасанды спутнигінің орбитасының ұлкен осінің шамасын, 2) оның Жердің айналып шығу периодын табу керек.

2.158. Космостық корабль-спутник «Восток 2»-нің Жердің бетінен минимал қашықтауы 183 км , ал максимал қашықтауы 244 км болды. Космостық корабльдің Жердің айналып шығу периодын табу керек.

2.159. Радиусы r -ға тең жіңішке сымнан жасалған сақина берілген. Сақина осінің үстінде оның центрінен L қашықтықта жатқан массасы m материалың нүктені, осы сақинаның қандай күшпен өзіне тартатындығын табу керек. Сақинаның радиусы R , сым затының тығыздығы ρ -ға тең.

2.160. Радиусы 1 мм -ге тең жіңішке мыс сақина берілген. Сақинаның радиусы 20 см -ге тең. 1) осы сақинаның F күшпен сақина осінің үстінде, оның центрінен $0, 5, 10, 15, 20$ және 50 см қашықтықта жатқан массасы 2 г материалың нүктені өзіне қалай тартатынын табу керек. F мәнінің табликасын құрып, $F = f(L)$ тәуелділігінің графигін сыйзу керек. 2) сақинаның қандай қашықтығында сақина мен материалың нүктенің арасындағы өзара әсер етуші күш максимал болады? 3) сақина мен материалың нүктенің арасындағы өзара әсер етуші максимал күштің сан мәнін табу керек.

2.161. Сымнан жасалынған сақина мен оның осінің үстінде жатқан материалың нүктенің өзара әсер күшінің F максимал мәні, нүкте сақинаның центрінен L_{max} қашықтықта жатқанда болады. Сақина мен сақинаның центрінен $L = 0,5L_{max}$ қашықтықта жатқан материалың нүктелердің өзара әсер күші максимал күштен қашша есекем болады?

§ 3. Қатты денелердің айналмалы қозғалысы

Қандай болмасын, айналу осімен салыстырғандағы F күштің M моменті төмендегі формуламен анықталады:

$$M = Fl,$$

мұндағы l — айналу осінен бойымен күш әсер ететін түзуге дейінгі қашықтық.

Материялық нүктенің қандай болмасын айналу осіне қатысты инерция моменті деп мына шаманы айтамыз:

$$J = mr^2,$$

мұндағы m — материялық нүктенің массасы, ал r — нүктенің осынан қашықтығы.

Қатты дененің оның айналу осі арқылы алынған инерция моменті

$$J = \int r^2 dm,$$

мұнда интегралдауды дененің барлық көлемі арқылы жүргізу керек. Интегралдау жүргізе отырып мынадай формулалар алуға болады:

1) өзінің осі арқылы алынған тұтас біртекті цилиндрдің (дискінің) инерция моменті

$$J = \frac{1}{2} mR^2,$$

мұндағы R — цилиндрдің радиусы, ал m — оның массасы.

2) цилиндр осіне қатысты ішкі радиусы R_1 және сыртқы радиусы R_2 қыс цилиндрдің (құрсаудың) инерция моменті

$$J = m \frac{R_1^2 + R_2^2}{2},$$

жұқа қабырғалы қыс цилиндрдің $R_1=R_2=R$ және

$$J \cong mR^2;$$

3) шардың центрінен өтетін осынан қатысты радиусы біртекті шардың инерция моменті

$$J = \frac{2}{5} mR^2;$$

4) стерженьнің ортасынан өткен оське қатысты біртекті стерженьнің инерция моменті оның l ұзындығына перпендикуляр

$$J = \frac{1}{12} ml^2.$$

Егер қандай болмасын дененің ауырлық центрінен әтетін оське қатысты инерция моменті J_0 белгілі болса, онда бірінші оське параллель болатын кез келген ось арқылы алынған инерция моментін Штейнердің формуласымен табуға болады:

$$J = J_0 + md^2,$$

мұндағы m — дененің массасы, ал d — ауырлық центрінен айналу осіне дейінгі қашықтық.

Айналмалы қозғалыс динамикасының негізгі заңы тәмендегі теңдеумен көрсетіледі:

$$Md\tau = d(J\omega),$$

мұндағы M — инерция моменті J -ге тәң денеге түсірілген күш моменті; ω — дененің айналысының бұрыштық жылдамдығы. Егер $J = \text{const}$ болса, онда

$$M = J \frac{d\omega}{dt} = J\epsilon,$$

мұндағы ϵ — айналыс моментінің M әсерінен дененің алатын бұрыштық үдеуі.

Айналатын дененің кинетикалық инерциясы

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2},$$

мұндағы J — дененің инерция моменті, ал ω — оның бұрыштық жылдамдығы

Айналмалы қозғалыс динамикасы теңдеуінің ілгерілемелі қозғалыстың теңдеуімен салыстырмасы 7-таблицада берілген.

Физикалық маятниктің кіші тербелістерінің периоды

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mdg}},$$

мұндағы J — маятниктің осіне қатысты инерция моменті, m — маятниктің массасы, d — айналу осінен ауырлық

7 - т а б ли ц а

Ілгерілемелі қозғалыс	Айналмалы қозғалыс
Ньютоның екінші заңы	Айналмалы қозғалыс
$F\Delta t = mv_2 - mv_1$ немесе $F = ma$	$M\Delta t = J\omega_2 - J\omega_1$ немесе $M = J\epsilon$
Қозғалыс мөлшерінің сақталу заңы	Қозғалыс мөлшері моментінің сақталу заңы
$\Sigma mv = \text{const}$	$\Sigma J\omega = \text{const}$
Жұмыс және кинетикалық энергия	Жұмыс және кинетикалық энергия
$A = FS = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$	$A = M\Phi = \frac{J\omega_2^2}{2} - \frac{J\omega_1^2}{2}$

центрге дейінгі қашықтық, g — ауырлық күшінің үдеуі.

3.1. Айналу осіне қатысты Жер шарының инерция моменті мен қозғалыс мөлшерінің моментін табу керек.

3.2. Салмағы шардың салмағына қарағанда анағұрлым кіші жұқа стерженьнің ұшына радиустары $r_1 = r_2 = 5 \text{ см}$ еki шар ілінген. Шар центрлерінің араларының қашықтығы $R = 0,5 \text{ м}$. Шардың әрқайсысының массасы $m = 1 \text{ кг}$. Мыналарды: 1) осы системаның стерженьнің ортасынан оның ұзындығына перпендикуляр бағытта өтетін оське қатысты J_1 инерция моментін, 2) шарларды массалары центрлерінде шоғырланған материалың нүктесінде есептей отырып, осынан салыстырғандағы осы системаның J_2 инерция моментін, 3) осы системаның инерция моментін есептегендегі J_1 шамасын осы системаның J_2 инерция моментінің шамасына алмастырғаннан жіберетін салыстырмалы қатені $\delta = \frac{J_1 - J_2}{J_2}$ табу керек.

3.3. Радиусы $R = 0,2 \text{ м}$ біртекті дискінің құрсауына $F = 98,1 \text{ н}$ тұрақты жанама күш түсірілген. Дискі айналған уақытта оған үйкеліс күшінің моменті $M_{\text{үйк}} = 0,5 \text{ кГм}$ әсер етеді. Дискі $\epsilon = 100 \text{ рад/сек}^2$ тұрақты бұрыштық жыл-

дамдықпен айналады деп есептеп, дискінің P салмағын табу керек.

3.4. Ұзындығы 1 м және салмағы $0,5 \text{ кГ}$ біртекті стержень вертикаль жазықтықта стерженің ортасынан өтетін горизонталь осьті айналады. Егер айналдыруши момент $9,81 \cdot 10^{-2} \text{ н} \cdot \text{м}$ -ге тең болса, стержень қандай бұрыштық жылдамдықпен айналар еді?

3.5. Радиусы $R=0,2 \text{ м}$ және салмағы $P=5 \text{ кГ}$ біртекті дискі, оның центрінен өтетін осьті айналады. Дискінің айналуының бұрыштық жылдамдығының уақытқа тәуелділігі $\omega = A + Bt$ тәндеумен берілген, мұндағы $B = \text{рад/сек}^2$. Дискінің құрсауына түсірілген жанама күштің шамасын табу керек. Үйкеліс есепке алынбайды.

3.6. Инерция моменті $J=63,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ -ге тең маховик $\omega = 31,4 \text{ рад/сек}$ тұрақты бұрыштық жылдамдықпен айналады. Маховикті $t=20 \text{ сек}$ ішінде тоқтататын M тежеуіш моментті табу керек.

3.7. Радиусы $0,5 \text{ м}$ және массасы $m=50 \text{ кг}$, дискі формалы дөңгелектің құрсауына 10 кГ тең жанама күш түсірілген. Мыналарды: 1) дөңгелектің бұрыштық жылдамдығын, 2) күш әсер ете бастағанынан қанша уақыттан кейін дөңгелектің жылдамдығы 100 айн/сек болатындығын табу керек.

3.8. Радиусы $R=0,2 \text{ м}$ және массасы $m=10 \text{ кг}$ маховик жетек белдік арқылы моторға қосылған. Сырғанаусыз жүріп тұрған қайыстың керілуі тұрақты болғандықтан $T=14,7 \text{ н-ға}$ тең. Қозғалыс басынан $\Delta t=10 \text{ сек}$ уақыт өткеннен кейін маховик секундына қанша айналым жасайды. Маховикті біртекті дискі деп аламыз. Үйкеліс есепке алынбайды.

3.9. Инерция моменті $245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ маховик дөңгелегі 20 айн/сек жасай отырып айналады. Дөңгелекке айналдыруши момент әсері тоқтағаннан кейін бір минут өткесін ол тоқтап қалады. Мыналарды: 1) үйкеліс күшінің моментін, 2) күштің әсері тоқтатылғаннан кейінгі дөңгелектің тұрып қалғанына дейінгі жасаған айналым санын табу керек.

3.10. Салмақтары $P_1=2 \text{ кГ}$ және $P_2=1 \text{ кГ}$ екі гир бірімен жіп арқылы жалғастырылып, салмағы $P=1 \text{ кГ}$ блоктан асырылып тасталынған. Мыналарды: 1) гирлердің қозғалуындағы үдеуді a , 2) гирлер ілінген жіптің T_1

және T_2 керілулерін табу керек. Блокты біртекті дискі деп аламыз. Үйкеліс есепке алынбайды.

3.11. Массасы $M=9 \text{ кг}$ барабанға оралған жіптің ұшына, массасы $m=2 \text{ кг}$ жүк байланған. Барабанды біртекті цилиндр деп аламыз. Үйкеліс есепке алынбайды.

3.12. Радиусы $R=0,5 \text{ м}$ барабанға, ұшында салмағы $P_1=10 \text{ кН}$ жүгі бар жіп оралған. Егер жүктің төмен тұсу үдеуі $a=2,04 \text{ м/сек}^2$ болса, онда барабанның инерция моменті қандай болады?

3.13. Инерция моменті $J=0,1 \text{ кг м}^2$, радиусы $R=20 \text{ см}$ барабанға бір ұшына салмағы $P_1=0,5 \text{ кН}$ жүк байланған жіп оралған. Барабанның айнала бастағанына дейін P_1 жүктің еденнің ұстінен жоғары түрған биіктігі $h_1=1 \text{ м}$ -ге тең. Мыналарды: 1) жүктің еденге қанша уақыттан кейін түсетіндігін, 2) еденге соғылған моментіндегі жүктің кинетикалық энергиясын, 3) жіптің керілуін табу керек. Үйкеліс есепке алынбайды.

3.14. Салмақтары әр түрлі екі гир бір-бірімен жіп арқылы жалғастырып, инерция моменті $J=50 \text{ кг м}^2$ және радиусы $R=20 \text{ см}$ блоктың ұстінен асырылып тасталынған. Блок үйкеліспен айналады және оның үйкеліс күшінің моменті $M_{\text{үй}}=98,1 \text{ н м}$. Блок тұрақты бұрыштық үдеумен $\varepsilon=2,36 \text{ рад/сек}^2$ айналады деп, блоктың екі жағындағы жіптің керулерінің айырымын T_1-T_2 табу керек.

3.15. Салмағы $P=1 \text{ кН}$ блок столдың шетіне бекітілген (2.31 есепті және 1-суретті қараңыздар). Салмақтары бірдей $P_1=P_2=1 \text{ кН}$ А және В гирлері өз ара жіппен біріктіріліп блоктан лақтырылып тасталынған. В гирдің столмен жасайтын үйкеліс коэффициенті $k=0,1$. Блокты біртекті дискі деп есептейміз. Блоктағы үйкелісті ескермейміз. Мыналарды: 1) гирлердің қозғалысының үдеуін, 2) жіптердің T_1 және T_2 керілулерін табу керек.

3.16. Горизонталь жазықтықтың бетімен сырғанамай дөңгелеп келе жатқан салмағы 2 кН дискінің жылдамдығы 4 м/сек . Дискінің кинетикалық энергиясын табу керек.

3.17. Горизонталь жазықтықтың бетімен сырғанаусызы дөңгелеп келе жатқан шар 4 айн/сек жасайды. Шардың массасы $0,25 \text{ кг}$. Дөңгелеп келе жатқан шардың кинетикалық энергиясын табу керек.

3.18. Бірдей P салмақты құрсау мен дискі сырғанаусызы бірдей v сызықтық жылдамдықпен дөңгелейді. Құр-

саудың кинетикалық энергиясы $W_1 = 4 \text{ кГм}$. Дискінің W_2 кинетикалық энергиясын табу керек.

3.19. Сырғанаусыз дөңгелеп келе жатқан массасы $m=1 \text{ кг}$ шар қабырғаға соғылады да одан кері қарай қайта дөңгелейді. Шардың қабырғаға соғылғанға дейінгі жылдамдығы $v_1=10 \text{ см/сек}$, ал соғылғаннан кейінгі жылдамдығы $v_2=8 \text{ см/сек}$. Соғылысу уақытында бөлініп шыққан Q жылу мөлшерін табу керек.

3.20. Шардың айналысын ескермей дөңгелеп келе жатқандағы кинетикалық энергиясын есептеп, жіберілетін салыстырмалы қатені табу керек.

3.21. Салмағы 1 кГ , диаметрі 60 см дискі өзінің жазықтығына перпендикуляр болып келген осьті айналғанда 20 айн/сек жасайды. Дискіні тоқтату үшін қандай жұмыс істей керек?

3.22. Тұрақты жылдамдықпен 5 айн/сек-қа сәйкес айналатын біліктің кинетикалық энергиясы 60 дж-ға тең. Осы біліктің қозғалыс мөлшерінің моментін табу керек.

3.23. Велосипедшінің $v=9 \text{ км/сағ}$ жылдамдықпен келе жатқан кинетикалық энергиясын табу керек. Велосипедшінің велосипедпен бірге алғандағы салмағы $P=78 \text{ кГ}$ Осының ішінде велосипедтің дөңгелегінің салмағына $P_1=3 \text{ кГ}$ келеді. Велосипедтің дөңгелегін обруч деп аламыз.

3.24. Горизонталь жолдың бойымен бала 7.2 км/сағ жылдамдықпен обрұты дөңгелентіп келеді. Обруч өзінің кинетикалық энергиясының есебінен төбешікпен жоғары қарай қанша жерге дейін дөңгелер еді? Төбешіктің еңкіштігі әрбір 100 м жолға 10 м-ге тең.

3.25. Радиусы $R=3 \text{ м}$ «өлі тұзақ» формалы жолмен инерциясы бойынша (үйкеліссіз) жүріп өту үшін және тұзақтың ең жоғарғы нүктесінде жолдан шығып кетпеу үшін, велосипедші қандай ең кіші H биігінен тұсу керек? Велосипедпен бірге велосипедшінің массасы $m=75 \text{ кг}$. Осыдан велосипедтің дөңгелегінің массасының үлесіне $m_1=3 \text{ кг}$ тиеді. Велосипедтің дөңгелегін обруч деп аламыз.

3.26. Радиусы $R=10 \text{ см}$ мыс шар өзінің центрінен өтетін осьті $v=2 \text{ айн/сек}$ сәйкес келетін жылдамдықпен айналады. Шардың айналуының бұрыштық жылдамдығын екі есе өсіру үшін, істелінетін жұмыс қандай болу керек?

3.27. Қөлбеу жазықтықтың бетімен сырғанамай дөңгелеп түсіп келе жатқан 1) шардың, 2) дискінің және 3) обручтың ауырлық центрлерінің қозғалысының сзызықтық үдеуін табу керек. Жазықтықтың көлбеулігі 30° -қа тең, барлық денелердің де бастапқы жылдамдығы нольге тең. 4) Табылған үдеулерді осы көлбеу жазықтықтан үйкеліс жоқ деп алғандағы деңгелептің сырғанап түскен үдеуін салыстыру керек.

3.28. Қөлбеу жазықтықтың бетімен сырғанамай дөңгелеп түсіп келе жатқан 1) шардың, 2) дискінің және 3) обручтың ауырлық центрлері қозғалысының сзызықтық үдеуін табу керек. Қөлбеу жазықтықтың биіктігі $h=0,5\text{ м}$, ал барлық денелердің бастапқы жылдамдықтары нольге тең, 4) үйкеліс жоқ деп алып, табылған үдеулерді, осы көлбеу жазықтықтан деңгелептің сырғанап түскен үдеуін салыстыру керек.

3.29. Қалайы (тұтас) және қорғасын (іші бос) екі цилиндр берілген. Олардың радиустары да ($R=6\text{ см}$) және салмақтары да ($P=0,5\text{ кГ}$) бірдей. Цилиндрлердің беттері де бірдей болылған. 1) Қөлбеу жазықтықтың табанынан цилиндрлердің ілгерілемелі жылдамдықтарын бақылай отырып, оларды бір-бірінен қалай ажыратуға болады? 2) Осы цилиндрдердің инерция моментін табу керек. 3) Әрбір цилиндр қанша уақытта қөлбеу жазықтықтан сырғанамай дөңгелеп түседі? Қөлбеу жазықтықтың биіктігі $h=0,5\text{ м}$, ал қөлбеу жазықтықтың бұрышы $\alpha=30^\circ$ Әрбір цилиндрдердің бастапқы жылдамдығы нольге тең.

3.30. Дөңгелек тежеу кезінде бір қалыпты баяу айналып тұрып, 1 мин уақыт өткеннен кейін өзінің айналу жылдамдығын 300 айн/сек-тан 180 айн/сек-қа дейін кемітті. Дөңгелектің инерция моменті $2\text{ кг}\cdot\text{м}^2$ -ге тең. Мыналарды: 1) дөңгелектің бұрыштық үдеуін, 2) тежеуші моментін, 3) тежеу жұмысын, 4) осы бір минуттың ішіндегі дөңгелектің жасайтын айналым санын табу керек.

3.31. Желдеткіш 900 айн/мин-қа сәйкес келетін жылдамдықпен айналады. Токтан ажыратқаннан кейін ол бір қалыпты баяу айнала отырып, әбден тоқтағанға дейін 75 айн жасайды. Тежеуші күштің жұмысы 44,4 дж-ға тең. Мыналарды: 1) желдеткіштің инерция моментін, 2) тежеуші күштің моментін табу керек.

3.32. Инерция моменті $J=245 \text{ кг } m^2$, маховик дөңгелегі (басқаруышы ауыр дөңгелек) 20 $\text{айн}/\text{сек}$ жасай айналады. Дөңгелекке күштің айналыс моментінің әсері тоқтатылғаннан кейін, ол 100 айн жасайды да тоқтайды. Мыналарды: 1) үйкеліс күш моментін, 2) күштің айналдыруышы моментінің әсері тоқтаған моменттен дөңгелектің әбден тоқтағанға дейінгі уақытын табу керек.

3.33. Маховик дөңгелекпен бір оське қондырылған шкивтің құрсауына 1 кГ жүк ілінген жіп оралған. Дөңгелек пен шкивтің жылдамдығы $60 \text{ айн}/\text{мин}$ -қа сәйкес келу үшін жүктің тәмен түскендегі жүрген жолы қандай болу керек? Дөңгелектің шкивпен бірге алғандағы инерция моменті $0,42 \text{ кг } m^2$ -ге тең. Шкивтің радиусы 10 см .

3.34. Маховик дөңгелегі $\epsilon=0,5 \text{ рад}/\text{сек}^2$ тұрақты бұрыштық үдеумен айнала бастады да қозғалыс басталғаннан $t_1=15 \text{ сек}$ уақыт өткеннен кейін $L=73,5 \text{ кг } m^2$ сек-қа тең қозғалыс мөлшерінің моментін алтын болады. Козғлыс басталғаннан $t_2=20 \text{ сек}$ өткеннен кейінгі дөңгелектің кинетикалық энергияны табу керек.

3.35. Маховик $v=10 \text{ айн}/\text{сек}$ -қа сәйкес тұрақты жылдамдықпен айналады; оның кинетикалық энергиясы $W_k=800 \text{ кДж}$; Осы маховикке түсірілген күштің айналдыруышы моменті $M=50 \text{ н} \cdot \text{м}$ қанша уақыттан кейін маховиктің бұрыштық жылдамдығын екі есе өсіреді?

3.36. Массасы $m=5 \text{ кг}$ дискінің құрсауына $F=2 \text{ кГ}$ тұрақты жанама күш түсірілген. Күштің әсер етуінің баянан $\Delta t=5 \text{ сек}$ өткеннен кейінгі дискінің кинетикалық энергиясы қандай болатындығын табу керек?

3.37. Өзінің жоғарғы ұшынан өтетін горизонталь оське ілінген біртекті стержень берілген. Осы стерженьнің тәменгі ұшы тепе-тендік қалыптан өткен уақытта оның жылдамдығы $5 \text{ м}/\text{сек}$ болу үшін стерженьді қандай бұрышқа бұрыу керек? Стерженьнің ұзындығы 1 м -ге тең.

3.38. Ұзындығы 85 см біртекті стержень, стерженьнің жоғарғы ұшынан өтетін горизонталь оське ілінген. Стержень осьті толық айналып шығу үшін, оның тәменгі ұшының ең кіші жылдамдығы қандай болу керек?

3.39. Столдың үстіне вертикаль койылған қарындаш оның бетіне құлап түседі. Құлап түсуінің аяғындағы: 1) қарындаштың ортасының, 2) жоғарғы ұшының сызық-

тық және бұрыштық жылдамдықтары қандай болады? Қарындаштың ұзындығы 15 см.

3.40. Массасы 100 кг горизонталь платформа өзінің центрінен өтетін осьті 10 айн/мин жасап айналады. Егер адам (салмағы 60 кГ) платформаның шетінен оның центріне қарай өтетін болса, платформаның айналу жылдамдығы қандай болады? Платформаны дөңгелек біртекті дискі деп, ал адамды нүктелік масса деп қарастырамыз.

3.41. Алдыңғы есептің шарты бойынша, платформаның шетінен центріне қарай өту үшін адамның қандай жұмыс істейтінін табу керек. Платформаның радиусы 1,5 м-ге тең.

3.42. Салмағы 80 кГ және радиусы 1 м горизонталь платформа 20 айн/мин-қа сәйкес келетін бұрыштық жылдамдықпен айналады. Екі қолын екі жаққа созып гир ұстаған адам платформаның центрінде тұр. Егер платформаның центрінде тұрған адам қолдарын төмен түсіріп, өзінің инерция моментін 2,94 кг · м²-ден 0,98 кг · м²-ге дейін кемітсе, онда платформаның бір минутта жасайтын айналым саны қанша болады? Платформаны дөңгелек біртекті дискі деп аламыз.

3.43. Алдыңғы есептің шарты бойынша платформаның, адаммен бірге алғандағы, кинетикалық энергиясының қанша есе өскенін табу керек?

3.44. Массасы 100 кг қозғалмайтын платформаның үстінде тұрған адамның салмағы 60 кГ Егер адам платформаның үстінде радиусы 5 м шеңбердің бойымен ости айнала қозғалады десек, онда платформа бір минутта қанша айналым жасаған болар еді? Платформамен салыстырғандағы адамның қозғалуының жылдамдығы 4 км/сағ-қа тең. Платформаның радиусы 10 м. Платформаны біртекті дискі деп, ал адамды нүктелік масса деп қарастырамыз.

3.45. Біртекті стержень өзінің жоғарғы ұшынан өтетін горизонталь осьтің маңындағы вертикаль жазықтықта кішкене тербеліс жасайды. Стерженьнің ұзындығы $l=0,5$ м. Стерженьнің тербелу периодын табу керек.

3.46. Алдыңғы есептің шарты бойынша, айналу осі стерженьнің жоғарғы ұшынан 10 см қашықтықта жатқан нүктеден өтеді деп алып, стерженьнің тербелу периодын табу керек.

3.47. Вертикаль қалыптағы стерженьнің ұштарына екі жүк бекітілген. Бұл нүктелердің ауырлық центрлері стерженьнің ортасынан $d=5 \text{ см}$ төмен орналасқан. Стерженьнің ортасынан өтетін горизонталь осьтің маңындағы жүктермен жасаған стерженьнің кішкене тербелісінің периодын $T=2 \text{ сек}$ деп алып, стерженьнің ұзындығын табу керек. Жүктердің салмағына қарағанда стерженьнің салмағын ескермеуге болады деп есептейміз.

3.48. Қабырғаға қағылған шегеге ілінген диаметрі $56,5 \text{ см}$ обруч, қабырғаға параллель жазықтықта кішкене тербеліс жасайды. Осы тербелістердің периодын табу керек.

3.49. Біртекті шариктің кішкене тербелісінің периодын анықтағанда оны математикалық маятник деп қарастыру үшін, диаметрі $D=4 \text{ см}$ осы шарик ілінген жіптің ең кіші ұзындығы L қандай болу керек? Осылай деп ұйғарғандағы жіберетін қате 1% -тен аспау керек.

3.50. Біртекті шарик, ұзындығы осы шариктің радиусына тең жіпке ілінген. Осы маятниктің кішкене тербелісінің периоды, іліну нүктесінен ауырлық центріне дейінгі ара қашықтығы осындай математикалық маятниктің кіші тербелісінің периодынан неше есе үлкен болатынын табу керек?

§ 4. Газдар мен сұйықтардың механикасы

Сығылмайтын идеал сұйықтың қалыптасқан қозғалысы үшін Бернулли теңдеуі алынады.

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h = \text{const.}$$

Мұндағы ρ — сұйықтың тығыздығы, v — трубаның берілген қимасындағы сұйық қозғалысының жылдамдығы, h — трубаның берілген қимасының кейбір деңгейден алынған биіктігі және p — қысым. Бернуллидің теңдеуінен, кішкентай тесіктен сұйықтың ағып шығу жылдамдығы $v = \sqrt{2gh}$, мұндағы h — тесіктен жоғары қарай алынған сұйықтың бетіне дейінгі биіктік. Қандайда болмасын трубаның көлденең қимасынан бірдей көлемдегі сұйық өтетін болғандықтан, $S_1v_1 = S_2v_2$ болады, мұндағы

v_1 және v_2 — көлденең қималарының ауданы S_1 және S_2 трубаның екі қимасынан өтетін сұйықтардың жылдамдығы.

Тұтқыр сұйықта (немесе газда) құлайтын шарикке жасалатын кедергі күш Стокс формуласымен анықталады:

$$F = 6\pi\eta rv,$$

мұндағы η — сұйықтың немесе газдың ішкі кедергісінің коэффициенті (динамикалық тұтқырлық), r — шариктің радиусы, v — оның жылдамдығы. Стокстың заңы тек қана ламинарлық қозғалыс үшін берілген. Ламинарлық қозғалыс кезінде t уақыт ішінде радиусы r және ұзындығы l капилляр тұтік арқылы ағып өтетін сұйықтың (газдың) көлемі Пуазейль формуласымен анықталады

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta p}{8 l \eta},$$

мұндағы η — сұйықтың (газдың) динамикалық тұтқырлығы, Δp — тұтік ұштарындағы қысымдардың айрымы.

Сұйық (газ) қозғалысының сипаты Рейнольдстің өлшемсіз саны арқылы анықталады

$$Re = \frac{D v \rho}{\eta} = \frac{D v}{\nu},$$

мұндағы D — сұйықтықпен (газбен) агатын дененің сызықтық мөлшерін сипаттайтын шама, v — сұйықтың ағу жылдамдығы, ρ — тығыздық, η — динамикалық тұтқырлық. Қатынас $\nu = \eta / \rho$ кинематикалық тұтқырлық деп аталады.

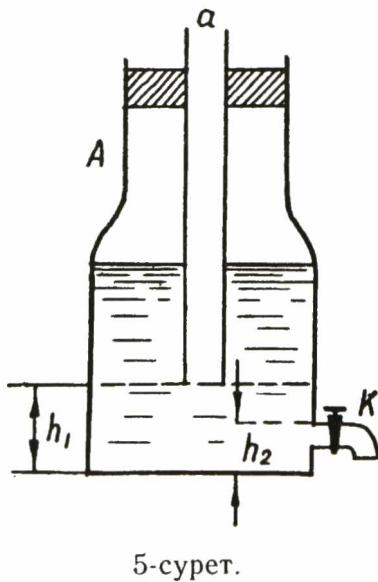
Ламинарлық қозғалыстан турбулентті қозғалысқа ауысады анықтайтын Рейнольдс санының кризистік мәні әр түрлі формалы денелерде түрліше болады.

4.1. Трубаның көлденең қимасынан жарты сағат ішінде $0,51 \text{ кг}$ көмір қышқыл газы ағып өтеді деп, осы газдың трубадан ағу жылдамдығын табу керек. Газдың тығыздығын $7,5 \text{ кг}/\text{м}^3$ деп аламыз. Трубаның диаметрі $2 \text{ см}-ге$ тең*

* 4.1—4.9 есептердегі сұйықтарды (газдарды) қысылмайтын идеал сұйықтар деп есептеу керек.

4.2. Цилиндр формалы ыдыстың түбінде, диаметрі $d=1 \text{ см}$ дөңгелек тесік бар. Үйдістың диаметрі $D=0,5$. Үйдістың ішіндегі су деңгейінің төмендеу жылдамдығының осы деңгейдің h биіктігіне тәуелділігін табу керек. Биіктік $h=0,2 \text{ м}$ деп, осы жылдамдықтың сан мәнін табу керек.

4.3. Стол үстінде түрған ішінде суы бар ыдыстың буйір бетіндегі кішкене тесік ыдыстың түбінен h_1 қашықтықта, ал судың деңгейінен h_2 қашықтықта орналасқан. Үйдістың ішіндегі судың деңгейі тұракты. Тесіктен шашып ақсан су (горизонталь бойында) столдың үстінен қандай қашықтыққа түседі? Есепті мынадай жағдайлар үшін: 1) $h_1=25 \text{ см}$ және $h_2=16 \text{ см}$, 2) $h_1=16 \text{ см}$ және $h_2=25 \text{ см}$ шешініздер.



4.4. Су толтырылған A ыдыс (Mariottt ыдысы), оның мойнына жабыстырылған шыны тұтік арқылы атмосферамен қатысты жасалған (5-сурет). K краны ыдыстың түбінен $h_2=2 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан. Тұтіктің төменгі ұшы мен ыдыс түбінің араларының қашықтығын: 1) $h_1=2 \text{ см}$, 2) $h_1=7,5 \text{ см}$ және 3) $h_1=10 \text{ см}$ деп алып, судың K кранынан ағып шығу жылдамдығын табу керек.

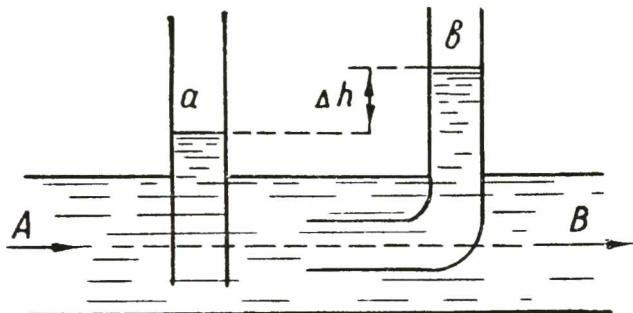
4.5. Биіктігі $h=1 \text{ м}$ цилиндр бак ернеуіне дейін сумен толтырылған: 1) Бактың түбіне жақын жатқан тесіктен су қанша уақытта түгел ағып шығады? Тесіктің

көлденең қимасының ауданы, бактың көлденең қимасының ауданынан 400 есе кіші. 2) Бактағы судың деңгейі үнемі $h=1 \text{ л}$ биіктікте ұстап түрғандағы судың тесіктен ағып шығуына кететін уақытын жоғарыдағы табылған уақытпен салыстырыңыздар.

4.6. Үйдісқа су құйылып тұр, ал 1 сек ішінде құйылған судың мөлшері $0,2 \text{ л}$. Үйдістың ішіндегі суды $h=8,3 \text{ см}$ -ге тең тұракты деңгейге тұру үшін ыдыстың түбіндегі тесіктің диаметрі d қандай болу керек?

4.7. Бояуыш пульттің ішінен ағып шығатын сұйық бояудың жылдамдығы 25 м/сек -қа тең болса, онда бояуыш пульттегі компрессордың жасайтын қысымы қандай болады? Бояудың тығыздығы $0,8 \text{ г/см}^3$ -ге тең.

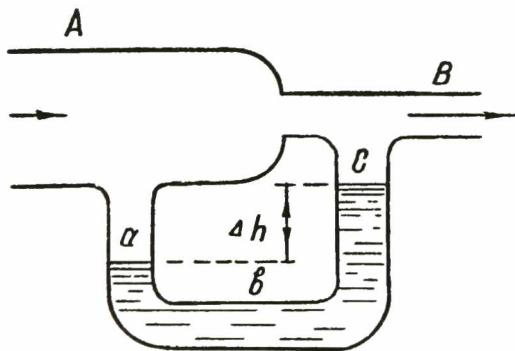
4.8. Сұйық горизонталь AB (6-сурет) трубасы арқылы агады. Осы сұйықтың a және b трубалардағы деңгейлері



6-сурет.

нің айырымы 10 см -ге тең. a және b трубаларының диаметрлері бірдей. AB трубадағы сұйықтың ағатын жылдамдығын табу керек.

4.9. AB трубасы арқылы ауа үрленіп тұр (7-сурет). Эрбір минут сайын AB трубасы арқылы 15 л ауа өтеді.



7-сурет.

AB трубаның жуан бөлігінің көлденең қимасы 2 см^2 -ге тең, ал оның жіңішке бөлігінің және abc трубасының көлденең қимасы $0,5 \text{ см}^2$ -ге тең. abc трубасына құйылған судың деңгейлерінің айырымын Δh табу керек. Ауаның тығыздығы $1,32 \text{ км}/\text{м}^3$ -ге тең деп аламыз.

4.10. Тығыздығы шарик материалының тығыздығынан 4 есе артық сүйік ішіндегі шарик тұрақты жылдамдықпен қалқып шығады. Қалқып шығатын шарикке әсер ететін үйкеліс күші осы шариктің салмағынан неше есе үлкен болады?

4.11. Егер ауаның динамикалық тұтқырлығы $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ г/см сек}$ -қа тең болса, онда диаметрі $d=0,3 \text{ мм}$ жаңбыр тамшысы ең үлкен жылдамдыққа қалай жететін болады?

4.12. Диаметрі 1 мм болат шарик кастор майы толтырылған үлкен ыдыстың ішіне $0,185 \text{ см/сек}$ тұрақты жылдамдықпен түседі. Кастор майының динамикалық тұтқырлығын табу керек.

4.13. Диаметрлері 3 мм және 1 мм қорғасын пытыраларды араластырып, терендігі 1 м глицерин құйылған бакқа тастайды. Диаметрлері үлкен пытыраларға қарандың диаметрі кіші пытыралардың ыдыс түбіне қанша уақыт кейін түсетінін табу керек? Тәжірибе температурасы кезіндегі динамикалық тұтқырлық $14,7 \text{ г/см - сек}$.

4.14. Кастор майы толтырылған ыдыс ішінде радиусы 5 мм тығын шарик қалқып жүр. Егер шарик $3,5 \text{ м/сек}$ тұрақты жылдамдықпен қалқытын болса, онда тәжірибе жағдайында кастор майының динамикалық және кинематикалық тұтқырлығы неге тең болады?

4.15. Радиусы $R=2 \text{ см}$ цилиндр формалы ыдыстың бүйір бетіне ішкі радиусы $r=1 \text{ мм}$, ұзындығы $l=2 \text{ см}$ горизонталь капилляр қойылған. Осы ыдыска динамикалық тұтқырлығы $\eta=12 \text{ г/см сек}$ -қа тең кастор майы құйылған. Цилиндр формалы ыдыстағы кастор майының деңгейінің төмендеу v жылдамдығының осы деңгейдің капиллярдан жоғары жатқан H биіктікке тәуелділігін табу керек. $H=26 \text{ см}$ болғандағы осы жылдамдықтың сан мәнін табу керек.

4.16. Үйдің бүйір бетіне ішкі радиусы $r=1 \text{ мм}$ және ұзындығы $l=1,5 \text{ см}$ горизонталь капилляр қондырылған. Үйдің тәжірибе жағдайында динамикалық тұтқырлығы $\eta=1,0 \text{ н сек}/\text{м}^2$ глицерин қойылған. Үйдістағы глицеринің деңгейі капиллярдан $h=0,18 \text{ м}$ биіктікте өзгеріссіз сақталып тұрады. Капилляр арқылы 5 см^3 глицерин ағып шығу үшін қанша уақыт керек болады?

4.17. Столдың үстінде тұрған ыдыстың бүйір бетіне оның тұбінен $h_1=5 \text{ см}$ биіктікте горизонталь етіп қапилляр қондырылған. Қапиллярдың ішкі радиусы $r=1 \text{ мм}$, ал ұзындығы $l=1 \text{ см}$. Үйдісқа құйылған машина майының тығыздығы $\rho=900 \text{ кг}/\text{м}^3$, ал динамикалық тұтқырлығы $\eta=0,5 \text{ н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$. Үйдістағы майдың деңгейі қапиллярдан жоғары $h_2=50 \text{ см}$ биіктікте өзгеріссіз сақталып тұрады. Шапшып шыққан май столдың үстінде қапиллярдың ұшынан (горизонталь бағытпен) қандай қашықтықта түседі?

4.18. Тығыздығы $\rho=900 \text{ кг}/\text{м}^3$, динамикалық тұтқырлығы $\eta=0,8 \text{ н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$ трансформатор майымен толтырылған кең ыдыстың ішіне болат шаригі түседі. Стоктың заңы $Re \leqslant 0,5$ болғанда (егер Re -ні есептеп тапқанда D шаманың орнына шариктің диаметрін алатын болсақ) орындалады деп алып, шариктің диаметрінің шекті мәнін табу керек.

4.19. Цилиндр формалы трубадағы сұйықтың (немесе газдың) ламинарлық қозғалысы, $Re \leqslant 3000$ болғанда сақталады деп алып (егер Re есептегендегі D шаманың орнына шариктің диаметрін алу керек болса), 4.1, есептің шартының ламинарлық қозғалысқа сәйкес келетіндігін көрсету керек. Газдың кинематикалық тұтқырлығының $v=1,33 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$ -қа тең деп есептейміз.

4.20. Су труба арқылы ағады. Трубаның көлденең қимасынан 1 сек уақыт ішінде 200 см^3 су ағып өтеді. Тәжірибе жүргізген уақыттағы судың динамикалық тұтқырлығы $0,001 \text{ н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$ -ге тең. Трубаның диаметрінің қандай шекті мәнінде, судың қозғалысы ламинарлық болып қалады? (Алдыңғы есептің шартын қараңыздар).

**И ТАРАУ
МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИҚА ЖӘНЕ
ТЕРМОДИНАМИКА**

ЖЫЛУ БІРЛІКТЕРІ

Бірліктердің Халықаралық системасының құрам бөлігі жылу шамаларын өлшеуге арнаған МКСГ система-сы (ГОСТ 8550-61) болып табылады. 8-ші таблицада ГОСТ-ға сәйкес, осы системада жылу шамаларын өлшеу үшін берілген негізгі және өте маңызды туынды бірліктер келтірілген.

ГОСТ 8550-61 бойынша сондай-ақ калорияға негізделінген, системадан тыс бірліктердің жылу шамасын өлшеуге рұқсат етіледі (9-таблица).

Мольдық шамалардың бірліктері, 8 және 9-таблицада көрсетілген, меншікті бірліктерден грамды грамм-мольмен (*моль*) және килограмды киломольмен (*кмоль*) алмастыру жолымен жасалады, мұндағы киломоль — масасы килограммен алынған молекулалық салмаққа тең болатын заттың мөлшері.

Есеп шығарудың мысалдары

1-есеп. Қөлемі 20 л ыдыстың ішінде 27°C температурадағы 4 г сутегі бар. Сутегінің қысымын табу керек.

Шешуі. Идеал газдар газдың *V* қөлемін, оның *P* қысымын *T* абсолют температурасын және *M* массасын байланыстыратын Менделеев — Клапейрон теңдеуіне бағынады.

$$pV = \frac{M}{\mu} RT \quad (1)$$

(1) теңдеудегі *R* — СИ бірлігіндегі $8,31 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град-қа}$ тең газ тұрақтысы; μ — бір киломольдің массасы, M/μ — киломольдің саны.

8 - т а б ли ц а

Шамалар және оның белгілері	Бірліктерді анықтауға арналған тендеулер	Өлшеу бірлігі	Бірліктердің қысқаша белгілері	Шамалардың өлшемділігі
Н е г і з г і б і р л і к т е р				
Ұзындық l	—	метр	m	L
Масса m	—	килограмм	kg	M
Уақыт t	—	секунд	sek	T
Температура T	—	градус	$grad$	Θ
Т у ы н д ы б і р л і к т е р				
Жылу мөлшері	$Q = A = W$	дюоуль	$дж$	LMT^2
Системаның жылу сыйымдылығы	$C = \frac{Q}{\Delta t}$	дюоуль градусқа бөлінген	$дж/grad$	$L^2 MT^{-2} \theta^{-1}$
Системаның энтропиясы	$S = \frac{\Delta Q}{T}$	дюоуль градусқа бөлінген	$дж/grad$	$L^2 MT^{-2} \theta^{-1}$
Меншікті жылу сыйымдылығы	$c = \frac{Q}{m \Delta T}$	дюоуль килограмм-градусқа бөлінген	$дж/kg \cdot grad$	$L^2 T^{-2} \theta^{-1}$
Меншікті энтропия	$s = \frac{S}{m}$	—, —, —	$дж/kg \cdot grad$	$L^2 T^{-2} \theta^{-1}$
Фазалық түрленуінің меншікті жылуы	$q = \frac{Q}{m}$	дюоуль килограммға бөлінген	$дж/kg$	$L^2 T^{-2}$
Температуралық градиент	$grad T = \frac{\Delta T}{\Delta l}$	градус метрге бөлінген	$grad/m$	$L^{-1} \theta$
Жылулық қуат жылулық ағын Сәүле шығарудың беттік тығыздығы, жылу ағынының тығыздығы	$\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	вatt	$вт$	$L^2 MT^{-3}$
Жылу өткізгіштік коэффициенті	$q = \frac{\Phi}{S}$	вatt квадрат метрге бөлінген	$вт/m^2$	MT^{-3}
	$\lambda = \frac{Q}{\Delta t S \frac{\Delta T}{\Delta l}}$	вatt метр-градусқа бөлінген	$вт/m \cdot grad$	$LMT^{-3} \theta^{-1}$

Шамалар және оның белгілері	Бірліктердің анықтаға арналған теңдеу	Өлшеу бірлігі	Бірліктердің қысқаша белгілері	Шамалардың өлшемділігі
Температура өткізгіштіктің коэффициенті	$a = \frac{\lambda}{c\rho}$	квадрат метр се- кундқа бөлінген	$m^2/\text{сек}$	$L^2 T^{-1}$
Жылу ауыстырудың, жылу берудің коэффициенті	$a = \frac{\Phi}{S \Delta T}$	ватт квадрат метр-градус-ка бөлінген	$W/m^2 \cdot \text{град}$	$MT^{-3} \theta^{-1}$

9 - т а б л и ц а

Шама	Өлшеу бірлігі және оның СИ бірліктерімен байланысы
Жылу мөлшері	1 калория (кал) = 4,19 дж 1 килокалория (ккал) = $4,19 \cdot 10^3$ дж 1 кал/град = 4,19 дж/град 1 ккал/град = $4,19 \cdot 10^3$ дж/град
Системаның жылу сыйымдылығы және системаның энтропиясы	1 кал/г · град = $4,19 \cdot 10^3$ дж/кг · град 1 ккал/кг · град = $4,19 \cdot 10^3$ дж/кг · град
Меншікті жылу сыйымдылығы және меншікті энтропия	1 кал/г · град = $4,19 \cdot 10^3$ дж/кг · град 1 ккал/кг · град = $4,19 \cdot 10^3$ дж/кг · град
Фазалық түрленуінің меншікті жылуы	1 кал/г = $4,19 \cdot 10^3$ дж/кг 1 ккал/кг = $4,19 \cdot 10^3$ дж/кг
Жылу ағыны	1 кал/сек = 4,19 вт 1 ккал/сағ = 1,163 вт
Жылу ағынының тырыздығы	1 кал/см ² · сек = $4,19 \cdot 10^4$ вт/м ² 1 ккал/м ² · сағ = 1,163 вт/м ²
Жылу өткізгіштік коэффициенті	1 кал/см · сек · град = $4,19 \cdot 10^2$ вт/м · град 1 ккал/м · сағ · сағ = 1,163 вт/м · град

(1) теңдеуден мынаны аламыз:

$$p = \frac{MRT}{\mu V}. \quad (2)$$

Бізде $M=4 \cdot 10^{-3}$ кг, $\mu=2$ кг/кмоль, $T=27^\circ\text{C}=300^\circ\text{K}$, $V=20$ л = $2 \cdot 10^{-2}$ м³. Осы берілгендерді (2)-ге қойып, табатынымыз $p = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \frac{\text{n}}{\text{м}^2} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$.

5-таблицаны пайдаланып шыққан жауапты басқа бірліктермен көрсетуімізге болады:

$$\begin{aligned} p &= 2,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 = 1880 \text{ мм сын. бағ.} \\ &= 2,55 \text{ кГ/см}^2 = 2,46 \text{ атм.} \end{aligned}$$

2-есеп. Тұрақты көлемдегі көп атомды газдың меншікті жылу сыйымдылығын табу керек. Бұл газдың қалыпты жағдайдағы тығыздығын $7,95 \cdot 10^{-4}$ г/см³-ге тең деп аламыз.

Шешуі. Қөлем тұрақты болғандағы меншікті жылу сыйымдылығы тәмендегі формуламен анықталады:

$$c_V = \frac{Ri}{2\mu}, \quad (1)$$

мұндағы R — газ тұрактысы, i — көп атомды газ молекуласының еркіндік дәрежесінің саны және μ — бір киломоль газдың массасы. Газдың тығыздығына деген формуланы Менделеев — Клапейрон теңдеуінен шығарып алу қын емес

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{p\mu}{RT}. \quad (2)$$

(1) және (2) мынаны аламыз:

$$c_V = \frac{Ri}{2} \frac{p}{\rho RT} = \frac{pi}{2\rho T}. \quad (3)$$

Газ қалыпты жағдайда түрғандықтан, $p=1$ атм = $= 1,013 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$; $T=0^\circ\text{C}=273^\circ\text{K}$ болады. Көп атомды газдар үшін $i=6$. Бұдан басқа есептің шарты бойынша

$\rho = 7,95 \times 10^{-4} \text{ г/см}^3 = 0,795 \text{ кг/м}^3$. Осы берілгендерді (3) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $c_V = 1400 \text{ дж/кг} \cdot \text{град}$.

9-таблицаны пайдаланып, табылған нәтижелерді $\text{кал/г} \cdot \text{град}$ есебімен көрсетуге болады

$$\begin{aligned} c_V = 1400 \text{ дж/кг} \text{ град} &= \frac{1400}{4,19 \cdot 10^3} \text{ кал/г} \cdot \text{град} = \\ &= 0,334 \text{ кал/г} \cdot \text{град}. \end{aligned}$$

§ 5. Молекула-кинетикалық теорияның және термодинамиканың физикалық негіздері

Идеал газдар Менделеев — Клапейрон күйінің теңдеуіне бағынады:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

мұндағы p — газдың қысымы, V — оның көлемі, T — абсолют температура, M — газдың массасы, μ — бір киломоль газдың массасы, R — газ тұрақтысы; $\frac{M}{\mu}$ қатынасы киломольдің санын береді.

СИ бірлігінде газ тұрақтысының сан мәні $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град-қа}$ тең болады.

Дальтонның заңы бойынша газдар қоспасының қысымы оның парциаль қысымының қосындысына тең болады, яғни осы берілген температурада барлық көлемді жеке өзі толтыратындай әрбір жеке газдарда болатын қысым.

Газдардың кинетикалық теориясының негізгі теңдеуінің түрі төмендегідей:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{W}_0 = \frac{2}{3} n \frac{m \bar{v}^2}{2},$$

мұндағы n — бірлік көлемдегі молекуланың саны, \bar{W}_0 — бір молекуланың ілгерілемелі қозғалысының кинетикалық энергиясы, m — молекуланың массасы және $\sqrt{\bar{v}^2}$ — молекуланың орташа квадраттық жылдамдығы.

Бұл шамалар мынадай формулалармен анықталынады.

Бірлік көлемдегі молекуланың саны

$$n = \frac{P}{kT},$$

мұндағы $k = \frac{R}{N_0}$ — Больцман тұрақтысы, N_0 — Авогадро саны. $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль град}$ және $N_0 = 6,02 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$ болғандықтан, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ дж/град} = 1,38 \cdot 10^{-16} \text{ эрг/град}$ болады.

Молекуланың ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы

$$\overline{W}_0 = \frac{3}{2} kT$$

Молекуланың орташа квадраттық жылдамдығы

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}},$$

сонымен бірге $m = \frac{\mu}{N_0}$.

Молекулалардың жылулық қозғалысының әнергиясы (газдың ішкі энергиясы)

$$W = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT,$$

мұндағы i — молекуланың еркіндік дәрежесінің саны.

Молекулалық жылу сыйымдылығы C -пен меншікті жылу сыйымдылығы c -нің арасындағы байланыс олардың анықтамасынан шығады

$$C = \mu c.$$

Көлем тұрақты болғанда газдың молекулалық жылу сыйымдылығы

$$C_v = \frac{i}{2} R,$$

қысым тұрақты болғанда

$$C_p = C_v + R.$$

Осыдан молекулалық жылу сыйымдылығы түгелдей газ

молекуласының еркіндік дәрежесінің санымен анықталады. Бір атомды газ үшін $i=3$, және

$$C_V = 12,5 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град} \approx 3 \text{ кал/моль} \cdot \text{град},$$

$$C_p = 20,8 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град} \approx 5 \text{ кал/моль} \cdot \text{град}.$$

Екі атомды газ үшін $i=5$ және

$$C_V = 20,8 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град} \approx 5 \text{ кал/моль} \cdot \text{град},$$

$$C_p = 29,1 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град} \approx 7 \text{ кал/моль} \cdot \text{град}.$$

Көп атомды газ үшін $i=6$ және

$$C_V = 24,9 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град} \approx 6 \text{ кал/моль} \cdot \text{град},$$

$$C_p = 33,2 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град} \approx 8 \text{ кал/моль} \cdot \text{град}.$$

Молекулалардың жылдамдықтарына қарай бөліну заңы (Максвелл заңы), салыстырмалы жылдамдықтары и мен $i+\Delta i$ интервалында жатқан ΔN молекулалардың санын табуға мүмкіндік береді:

$$\Delta N = \frac{4}{V\pi} Ne^{-u^2} u^2 \Delta u.$$

Мұндағы $u = \frac{v}{v_{\text{ык}}}$ — салыстырмалы жылдамдық, v — бе-рілген жылдамдық және $v_{\text{ык}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$ — молекулалардың анағұрлым ықтимал болатын жылдамдығы, Δu — жыл-

10-таблица

u	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$
0	0	0,9	0,81	1,8	0,29
0,1	0,02	1,0	0,83	1,9	0,22
0,2	0,09	1,1	0,82	2,0	0,16
0,3	0,18	1,2	0,78	2,1	0,12
0,4	0,31	1,3	0,71	2,2	0,09
0,5	0,44	1,4	0,63	2,3	0,06
0,6	0,57	1,5	0,54	2,4	0,04
0,7	0,68	1,6	0,46	2,5	0,03
0,8	0,76	1,7	0,36		

дамдық u -ға қарағанда салыстырмалы жылдамдық интервалының кіші шамасы.

Молекулалардың жылдамдықтарына қарай бөліну заңына есеп шығарғанда әр түрлі u -ға $\frac{\Delta N}{N \Delta u}$ мәндері берілген 10-таблицаны пайдаланған ыңғайлыш.

Молекулалардың орташа арифметикалық жылдамдығы

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$$

Қөптеген жағдайларда u жылдамдықтың берілген мәнінен жылдамдықтары асып түсетін N_x молекулалардың санын білу өте қажет болады. 11-таблицада $\frac{N_x}{N} = F(u)$ мәні берілген, мұндағы N — молекулалардың жалпы саны.

11-таблица

u	$\frac{N_x}{N}$	u	$\frac{N_x}{N}$
0	1,000	0,8	0,734
0,2	0,994	1,0	0,572
0,4	0,957	1,25	0,374
0,5	0,918	1,5	0,213
0,6	0,868	2,0	0,046
0,7	0,806	2,5	0,0057

Барометрлік формула, ауырлық күшінің өрісіндегі газ қысымының кемуінің заңын береді

$$p_h = p_0 e^{-\frac{\mu g h}{RT}}$$

мұндағы p_h — h биіктіктеңі газдың қысымы, p_0 — $h=0$ биіктіктеңі қысым, g — ауырлық күшінің үдеуі. Бұл формула жуықталынған формула, себебі биіктіктердің айрымының үлкен мәніне T температураны бірдей деп есептеуге болмайды.

Газ молекуласының еркін жолының орташа ұзындығы

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{z} = \frac{1}{\sqrt{\frac{2}{\pi} \frac{m^2 n}{e^2}}}$$

мұндағы \bar{v} — арифметикалық орташа жылдамдық, \bar{z} — әрбір молекуланың бірлік уақыт ішіндегі басқа молекулалармен соғылуының орташа саны, σ — молекулаларның эфектілік диаметрі және n — бірлік көлемдегі молекулалардың саны. Бірлік көлемдегі барлық молекулалардың бірлік уақыт ішіндегі соғылу саны

$$Z = \frac{1}{2} \bar{z} n.$$

Диффузия кезінде Δt уақыт ішінде көшірілген M масса төмендегі теңдеумен анықталады:

$$M = - D \frac{\Delta \rho}{\Delta x} \Delta S \Delta t,$$

мұндағы $\frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ — ауданға перпендикуляр бағыттағы тығыздық градиенті, ал D — диффузия коэффициенті. Ол мынаған тең:

$$D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda}.$$

мұндағы \bar{v} — орташа жылдамдық, $\bar{\lambda}$ — молекуланың еркін жүрісінің орташа ұзындығы.

Δt уақыт ішінде газ арқылы көшірілген қозғалыс мөлшері газдағы F ішкі үйкеліс күшін анықтайды

$$F = - \eta \frac{\Delta v}{\Delta x} \Delta S.$$

мұндағы $\frac{\Delta v}{\Delta x} = \Delta S$ ауданға перпендикуляр бағыттағы газ ағынының жылдамдық градиенті, ал η — ішкі үйкеліс коэффициенті (динамикалық тұтқырлық)

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

Δt уақыт ішінде жылу өткізгіштіктің нәтижесінде көшірілген жылу мөлшері мынаған тең:

$$Q = - K \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta S \Delta t,$$

мұндағы $\frac{\Delta T}{\Delta x} = \Delta S$ ауданға перпендикуляр бағыттағы тем-

ператураның градиенті, K — жылу өткізгіштік коэффициенті

$$K = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} c_V \rho.$$

Термодинамиканың бірінші бастамасын тәмендегі түрде жазуға болады,

$$dQ = dW + dA,$$

мұндағы dQ — газдың алған жылу мөлшері; dW — газдың ішкі энергиясының өзгерісі және $dA = pdV$ — көлемін өзгерту кезде газдың істейтін жұмысы. Газдың ішкі энергиясының өзгерісі

$$dW = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R dT,$$

мұндағы dT — температураның өзгерісі. Газдың, көлемі өзгермегендегі, толық жұмысы

$$A = \int_{V_1}^{V_2} pdV$$

Газ көлеміндегі изотермалық өзгерісі кезіндегі істелінетін жұмыс

$$A = RT \frac{M}{\mu} \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Адиабаталық процесс кезінде газдың қысымы мен оның көлемі арасындағы байланыс Пуассон теңдеуі арқылы көрсетіледі

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

яғни

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\kappa,$$

мұндағы

$$\kappa = \frac{C_p}{C_v}.$$

Пуассонның тендеуін мынандай түрде де жазуға болады:

$$TV^{x-1} = \text{const},$$

Яғни

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{x-1},$$

немесе

$$Tp^{\frac{1-x}{x}} = \text{const},$$

Яғни

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{x-1}{x}} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1-x}{x}}$$

Газдың көлемі адиабаталы өзгергенде істелетін жұмысты тәмендегі формуламен табуға болады:

$$\begin{aligned} A &= \frac{RT_1}{x-1} \frac{M}{\mu} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{x-1} \right] = \\ &= \frac{RT_1}{x-1} \frac{M}{\mu} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{p_1 V_1 (T_1 - T_2)}{(x-1) T_1}, \end{aligned}$$

мұндағы p_1 және V_1 — температурасы T_1 болғанда газдың қысымы мен көлемі.

Политропиялық процесс тендеуінің түрі тәмендегідей болады:

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

немесе

$$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n,$$

мұндағы n — политропа көрсеткіші ($1 < n < \infty$).

Жылу машинасының пайдалы әсер коэффициенті

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

мұндағы Q_1 — жұмысшы денеге берілген жылу, ал

Q_2 — сұытқышқа берілген жылу. Карноның идеал циклі үшін

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

мұндағы T_1 — қыздырғыштың температурасы, T_2 — сұытқыштың температурасы.

B мен *A* екі күйдің энтропияларының айырымы $S_B - S_A$ төмендегі формуламен анықталады:

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}.$$

5.1. 2 *атм* қысымда 820 *см³* көлемді алып тұрған 2 г азоттың температурасы қандай болады?

5.2. Қысымы 750 *мм* сын. бағ. және температурасы 20°C болғанда 10 г оттегі қандай көлемді алады?

5.3. Қысымы $8,1 \cdot 10^6 \text{ н/m}^2$ және температурасы 17°C болғанда сыйымдылығы 12 л баллон азотпен толтырылған. Баллондағы азоттың мөлшері қаншалық?

5.4. 7°C температурада тығыз тығындалған бөтелке ішіндегі ауаның қысымы 1 *атм*-ға тең болатын. Бөтелкені қыздырған уақытта пробка атылып шықты. Бөтелкенің ішіндегі ауаның қысымы 1,3 *атм*-ға тең болғанда пробка атылып шықты деп алып, бөтелкені қандай температураға дейін қыздырғанымызды табу керек.

5.5. Егер баллонның қабырғасы 20°C температурада 160 *кГ/см²* қысымды көтере алады десек, онда ішіне 6,4 кг оттегі сиятын осы баллонның ең кіші көлемі қаншалық болуға тиіс?

5.6. 10^7 н/m^2 қысымда баллонның ішіндегі газ 10 кг болды. Егер баллондағы ақырғы қысым $2,5 \cdot 10^6 \text{ н/m}^2$ -ге тең болса, онда баллоннан қаншама газ мөлшерінің алғанын табу керек. Газдың температурасын тұрақты деп есептейміз.

5.7. 27°C температурадағы және 760 *мм* сын. бағ. қысымдағы 25 л көлемді алып тұрған күкіртті газдың (SO_2) массасын табу керек.

5.8. Биіктігі 5 *м*, еденінің ауданы 200 *м²* аудиторияны толтыратын ауаның массасын табу керек. Ауаның қысымы 750 *мм* сын. бағ., бөлме температурасы 17°C (бір

киломоль ауаның массасы 29 кг/кмоль-ге тең деп аламыз).

5.9. Қысты күні (7°C) бөлме ішін толтыратын ауаның салмағы, жазды күнгі (37°C) салмағынан неше есе артық? Қысымдары бірдей.

5.10. 0,5 г сутегінің: 1) 0°C, 2) 100°C температуралардағы изотермаларын сұзу керек.

5.11. 15,5 г оттегінің: 1) 29°C және 2) 180°C температуралардағы изотермаларын сұзу керек.

5.12. 17°C температурадағы және 720 мм сын. бағ. қысымдағы көлемі 10 м³ баллондағы киломоль газдың мөлшері қандай болады?

5.13. Жабық ыдыстың ішіндегі көлемі 4 л, 20°C температурадағы 5 г азот 40°C температураға дейін қыздырылады. Газдың қыздырғанға дейінгі және қыздырғаннан кейінгі қысымын табу керек.

5.14. Екі ұшы дәнекерленген, ішіндегі ауасы сорылып алынған горизонталь капиллярдың ортасында ұзындығы $l=20$ см сынап бағанасы орналасқан. Егер капиллярды вертикаль етіп қойсақ, онда оның ішіндегі сынап бағанасы $\Delta l=10$ см қашықтыққа ауысады. Капиллярдың ішіндегі ауа қандай қысымға дейін сорылып алынған. Капиллярдың ұзындығы $L=1$ м.

5.15. «Бір тонна қорғасын ауыр ма немесе бір тонна пробка ауыр ма?» деген көпшілікке белгілі әзіл сұрақ бар. Ауадағы салмағы 1 т болатын пробканың нақтылы салмағы ауадағы салмағы 1 т болатын қорғасынның нақтылы салмағынан қаншама үлкен болатынын есептешілдіру керек. Ауаның температурасы 17°C, қысымы 760 мм сын. бағ.-на тең.

5.16. Сутегі толтырылған, диаметрі 25 см, балалардың ауа шаригінің қорыту күші нольге тең бола алатындей, яғни ол өзінің алғашқы ілінген қалпында қала алатындей, оның сыртқы қабығының салмағы қандай болу керек? Ауа мен сутегі қалыпты жағдайда түр деп аламыз. Шариктің ішкі қысымы оның сыртқы қысымына тең.

5.17. 50°C температурада қаныққан су буының серпімділігі 92,5 мм сын. бағ.-на тең. Осы уақыттағы су буының тығыздығы неге тең?

5.18. Температурасы 15°C және қысымы 730 мм сын. бағ.-ғы сутегінің тығыздығын табу керек.

5.19. 10°C температурадағы және $2 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ қысымдағы кейір газдың тығыздығы $0,34 \text{ кг/м}^3$ -ге тең. Осы газдың бір киломолінің массасы неге тең?

5.20. Егер қазіргі лабораторлық тәсілмен ($p = 10^{-11} \text{ мм сын. бағ.}$) ыдыстың ішіндегі ауа ең жоғарғы сиретілуге дейін сорып алынды десек, онда осы ыдыстың ішіндегі ауаның тығыздығы неге тең болады? Ауаның температурасы 15°C-ге тең.

5.21. 7°C температурада 12 г газдың алатын көлемі $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Тұрақты қысымда газды қыздырғаннан кейін оның тығыздығы $6 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$ -ге тең болады. Газды қандай температураға дейін қыздырған?

5.22. 10°C температурада 3 atm қысымда 10 г оттегі тұр. Тұрақты қысымда қыздырудың салдарынан ұлғаюдан кейін оттегі 10 л көлем алады. Мыналарды: 1) ұлғайғанға дейінгі газдың көлемін, 2) ұлғайғаннан кейінгі газдың температурасын, 3) ұлғайғанға дейінгі газдың тығыздығын, 4) ұлғайғаннан кейінгі газдың тығыздығын табу керек.

5.23. Дәнекерленген ыдыста көлемі ыдыс көлемінің жартысына тең су бар. 400°C температурада, осы температурада су түгелімен буға айналатындығын біле отырып, су буының қысымы мен тығыздығын табу керек.

5.24. Оттегі тығыздығының: 1) $T = \text{const} = 390^\circ\text{K}$ ($0 \leqslant p \leqslant 4 \text{ at}$, әрбір $0,5 \text{ at}$ кейінгі) температурада қысымға тәуелділігінің, ал 2) $p = \text{const} = 4 \text{ at}$ ($200^\circ\text{K} \leqslant T \leqslant 300^\circ\text{K}$ әрбір 20° кейінгі) қысымда температураға тәуелділігінің графиктерін сыйзу керек.

5.25. Сыйымдылығы 1 м^3 жабық ыдыстың ішінде $0,9 \text{ кг}$ су және $1,6 \text{ кг}$ оттегі бар. 500°C температурадағы ыдыстың, осы температурада судың түгелдей буға айналатыннын біле тұрып, қысымын табу керек.

5.26. Сыйымдылығы $V_1 = 3 \text{ л}$ А ыдыстың ішінде қысымы $p'_0 = 2 \text{ at}$ газ бар. Сыйымдылығы $V_2 = 4 \text{ л}$ В ыдыстың ішінде қысымы $p''_0 = 1 \text{ at}$ сондай газ бар. Екі ыдыстың ішіндегі температура бірдей. Егер А және В ыдыстарды тұтік арқылы жалғастырсақ, онда газға түсетін қысым қандай болады?

5.27. Көлемі $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ыдысты 6 г көмір қышқылды газымен және 5 г азоттың шала тотығымен толтырған.

127°C температурадағы ыдыстың ішіндегі жалпы қысым қандай?

5.28. 10°C температурада және 10^6 н/м^2 қысымдағы ыдыстың ішінде 14 г азот пен 9 г сутегі орналасқан. Мыналарды: 1) қоспаның бір молінің массасын, 2) ыдыстың көлемін табу керек.

5.29. Ауамен толтырылған жабық ыдыстың ішіне диэтильді эфир ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) енгізіледі. Ауа қалыпты жағдайда тұр. Осыдан кейін барлық эфир түгелімен буга айналып ыдыстағы қысым 1050 мм сын. бағ.-на тең болады. Ыдыстың ішіне эфирдің қашалықты мөлшері енгізілген? Ыдыстың көлемі $V=2 \text{ л}$.

5.30. Сыйымдылығы 0,5 л ыдыстың ішінде 1 г бу тәрізді йод бар. 1000°C температурада ыдыстағы қысым 700 мм сын. бағ.-на тең болып шықты. Осы жағдайдағы J_2 йод молекуласының J атомдарға диссоциациялану дәрежесін табу керек. Бір киломоль J_2 -нің массасы 254 кг/кмоль-ға тең.

5.31. Ыдыстың ішінде көмір қышқыл газы бар. Қейбір температурада көмір қышқыл газы молекулаларының оттегіне және көміртегі тотығына диссоциациялану дәрежесі 25 процентке тең болады. Осы жағдайда ыдыстың ішіндегі қысым, көмір қышқыл газы молекулаларының диссоциаланбаған уақыттағы қысымынан неше есе үлкен болатынын табу керек?

5.32. Ауаның құрамында оттегі 23,6 сал. % және азот 76,4 сал. % деп есептеп, 750 мм сын. бағ. қысымдағы және 13°C температурадағы ауаның тығыздығын табу керек. Осы жағдайдағы оттегі мен азоттың порциаль қысымын табу керек.

5.33. Ыдыстың ішінде 10 г көмір қышқыл газымен 15 г азоттың қоспасы бар. Осы қоспаның 27°C температурадағы және $1,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ қысымдағы тығыздығын табу керек.

5.34. Мыналарды: 1) сутегі, 2) гелий атомдарының массасын табу керек.

5.35. 600 м/сек жылдамдықпен ұшып келе жатқан азот молекуласы ыдыстың қабырғасына қалыпты соғылады да, одан жылдамдығын жоғалтпастан секіріп қайта кете-ді. Соғылысқан уақыт ішіндегі ыдыс қабырғасының алған күш импульсын табу керек.

5.36. 500 м/сек жылдамдықпен ұшып келе жатқан аргонның молекуласы ыдыстың қабырғасына серпімді сорылады. Молекуланың жылдамдығының бағыты мен ыдыстың қабырғасына түсірілген нормаль 60° бұрыш жасайды. Соғылған уақыт ішіндегі ыдыстың қабырғасының алған күш импульсын табу керек.

5.37. Ұшып келе жатқан азоттың молекуласының жылдамдығы 430 м/сек. Осы молекуланың қозғалыс мөлшерін табу керек.

5.38. 1 г су буының ішіндегі молекуланың саны қанша?

5.39. Сыйымдылығы 4 л ыдыс ішінде 1 г сутегі бар. Осы ыдыстың 1 см³ көлемінде қанша молекула болады?

5.40. 17°C температурада және 750 мм сын. бағ. қысымда көлемі 80 м³ бөлме ішінде молекуланың саны қанша болады?

5.41. Егер қазіргі лабораториялық тәсілмен ыдыс ішіндегі ауаны ең жоғарғы сиретілуге дейін сорып алса ($p=10^{-11}$ мм сын. бағ.), 10°C температурада ыдыстың 1 см³-де қанша молекула болады?

5.42. Шыны ыдыстың ішінде жақсы вакуум алу үшін, ондағы ауаны айдан шығару кезінде адсорбцияланған газды жоғалту мақсатында, ыдыстың қабырғасын қыздыру керек болады. Адсорбцияланған молекулалар қабырғадан ыдыс ішіне түседі деп алып, радиусы $r = 10$ см сфералық ыдыстың ішіндегі қысымның қаншалық өсетіндігін есептеу керек. Молекуланың көлденең кимасы 10^{-15} см²-ге тең, ал қабат мономолекулярлы. Температура $t = 300^\circ\text{C}$.

5.43. Егер су тәрізді йодтың диссоциациялану дәрежесі 5 % десек, онда 1 г бу тәрізді йодтың ішінде бөлшектің саны қанша болады? Бір киломоль I_2 йодтың массасы 254 кг/молъ-ға тең.

5.44. Жартылай диссоциаланған 16 г оттегінде бөлшектің қаншалықты мөлшері бар?

5.45. Үйдістың ішінде 10^{-10} кмоль оттегі мен 10^{-6} г азот бар. Қоспаның температурасы 100°C -ге тең. Сонымен бірге ыдыстағы қысым 10^{-3} мм сын. бағ.-на тең. Мыналарды: 1) ыдыстың көлемін, 2) оттегі мен азоттың парциаль қысымдарын, 3) осы ыдыстың 1 см³ көлеміндегі молекуланың санын табу керек.

5.46. Бір киломоль массасы $\mu = 29$ кг/кмоль-ге тең ауаны біртекті газ деп есептеп, 17°C температурада ауа моле-

куласының орташа квадраттық жылдамдығын табу керек.

5.47. Гелий мен азот молекуласының орташа квадраттық жылдамдықтарының бірдей температурадағы қатынасын табу керек.

5.48. Атом бомбасы жарылған моментте пайда болатын температура шамамен 10^7 градусқа тең болады. Осындаі температурада барлық молекулалар түгелімен атомға диссоциаланды, ал атомдар ионданады деп есептеп, сутегі ионының орташа квадраттық жылдамдығын табу керек.

5.49. Сутегінің қысымын 200 mm сын. бағ.-на, ал берілген жағдайда молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын 2400 m/sec -қа тең деп алып, 1 cm^3 -дегі сутегі молекуласының санын табу керек.

5.50. Кейбір газдың тығыздығы $6 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ -ге, ал осы газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 500 m/sec -қа тең. Газдың ыдыстың қабырғасына түсіретін қысымын табу керек.

5.51. Ауада өлшенген тозацның орташа квадраттық жылдамдығы ауа молекуласының орташа квадраттық жылдамдығынан неше есе кіші болады? Тозацның массасы 10^{-8} g -ға тең. Ауаны біртекті газ деп, ал оның бір киломолінің массасын 29 kg/kмоль -ға тең деп аламыз.

5.52. 20°C температурадағы сутегі молекуласының қозғалыс мөлшерін табу керек. Молекуланың жылдамдығын орташа квадраттық жылдамдыққа тең деп аламыз.

5.53. Қөлемі 2 л ыдыстың ішінде 680 mm сын. бағ. қысымдағы 10 g оттегі орналасқан. Мыналарды: 1) газдың молекуласының орташа квадраттық жылдамдығын, 2) ыдыстың ішіндегі молекуланың санын, 3) газдың тығыздығын табу керек.

5.54. Диаметрі $D=1 \text{ mm}$ гуммигуттың бөлшегі броундық қозғалысқа қатысады. Гуммигуттың тығыздығы $\rho=1 \text{ g/cm}^3$. $t=0^\circ\text{C}$ температурадағы гуммигут бөлшегінің орташа квадраттық жылдамдығын табу керек.

5.55. Кейбір газ молекуласының орташа квадраттық жылдамдығы 450 m/sec -қа тең. Газдың қысымы $5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ -ге тең. Осы жағдайдағы газдың тығыздығын табу керек.

5.56. 1) 750 mm сын. бағ. қысымдағы тығыздығы $8,2 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ -ге тең газ молекуласының орташа квад-

раттық жылдамдығын табу керек. 2) Егер газдың тығыздығы 17°C температура үшін берілген болса, онда осы газдың бір киломолінің массасы неге тең болады?

5.57. Кейбір газдың қалыпты жағдайдағы молекулалының орташа квадраттық жылдамдығы 461 м/сек-қа тең. Осы газдың 1 грамында қанша молекула болады?

5.58. 10°C температурада 20 г оттегінің жылулық қозғалысының энергиясы неге тең болады? Осы энергияның қандай бөлігі ілгерілемелі қозғалыстың үлесіне, ал қандай бөлігі айналмалы қозғалыстың үлесіне тиеді.

5.59. 15°C температурада 1 г ауаның ішіндегі молекулалардың жылулық қозғалысының кинетикалық энергиясын табу керек. Ауаны бір киломолінің массасы 29 кг/кмоль-ға тең болатын біртекті газ деп есептейміз.

5.60. 7°C температурадағы 1 кг азоттың ішіндегі молекулалардың айналмалы қозғалысының энергиясы неге тең?

5.61. Қөлемі 2 л ыдыстың ішінде $1,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ қысымда тұрған екі атомды газдың жылулық қозғалысының энергиясы неге тең болады?

5.62. Қөлемі $0,02 \text{ м}^3$ баллонның ішіндегі азот молекулалының ілгерілемелі қозғалысының кинетикалық энергиясы $5 \cdot 10^3 \text{ дж-ға}$ тең, ал оның молекулалысының орташа квадраттық жылдамдығы $2 \cdot 10^3 \text{ м/сек-қа}$ тең. Мыналарды: 1) баллондағы азоттың мөлшерін, 2) азоттың үстіне түсірілген қысымды табу керек.

5.63. Гелий атомдары жердің тарту күшін жеңіп, оның атмосферасынан мүлдем шығып кету үшін қандай температурада гелий атомдарының жылулық қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы жеткілікті болады? Осыған үқсас есепті Ай үшін де шығарыңыздар.

5.64. $p=8 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$ қысымда тұрған 1 кг екі атомды газдың тығыздығы $\rho=4 \text{ кг/м}^3$. Осы жағдайдағы газдың молекулалысының жылулық қозғалысының энергиясын табу керек.

5.65. $p=40 \text{ мм сын. бағ.}$ қысымдағы және $t=27^{\circ}\text{C}$ температурадағы екі атомды газ молекулалысының қанша саны $V=10 \text{ см}^3$ көлемді алып тұрады? Осы молекулалардың жылулық қозғалысының энергиясы қандай?

5.66. Оттегінің: 1) $V=\text{const}$ және 2) $p=\text{const}$ болғандағы меншікті жылу сыйымдылығын табу керек.

5.67. Тұрақты қысымда мына газдардың: 1) хлорлы сутегінің, 2) неонның, 3) азот қышқылының, 4) көміртегі қышқылының және 5) сынап буларының меншікті жылу сыйымдылығын табу керек.

5.68. Оттегі үшін тұрақты қысымдағы меншікті жылу сыйымдылығының тұрақты көлемдегі меншікті жылу сыйымдылыққа қатынасын табу керек.

5.69. Тұрақты қысымдағы кейбір екі атомды газдың меншікті жылу сыйымдылығы 3,5 кал/г · град-қа тең. Осы газдың бір киломолінің массасы неге тең болады?

5.70. Кейбір екі атомды газдардың қалыпты жағдайдағы тығыздығы $1,43 \text{ кг}/\text{м}^3$ деп алып, оның меншікті жылу сыйымдылықтарының c_V және c_p неге тең болатындығын табу керек?

5.71. Кейбір газдың бір киломолінің массасы $\mu = 30 \text{ кг}/\text{кмоль-фа}$, ал олардың қатынасы $\frac{c_p}{c_V} = 1,4$ -ке тең болса, осы газдың меншікті жылу сыйымдылықтары c_V және c_p неге тең болады?

5.72. Құркіреуік газдың жылу сыйымдылығы, жану уақытында пайдада болған су буларының жылу сыйымдылығынан қанша есе үлкен болады? Есепті мынадай: 1) $V=\text{const}$ және 2) $p=\text{const}$ болғандағы шарттар үшін шығарыңыздар.

5.73. Егер оттегінің тұрақты қысымдағы меншікті жылу сыйымдылығы 1050 дж/кг · град-қа тең болса, оның диссоциациялану дәрежесі неге тең болады?

5.74. Бу тәрізді йодтың диссоциациялану дәрежесін 50 процентке тең деп, оның меншікті жылу сыйымдылығын c_V және c_p табу керек. Йодтың бір киломолінің массасы $254 \text{ кг}/\text{кмоль-фа}$ тең.

5.75. Азот үшін $\frac{c_p}{c_V}$ қатынасын 1,47-ге тең деп алып, оның диссоциациялану дәрежесінің неге тең болатындығын табу керек.

5.76. 3 кмоль аргоннан және 2 кмоль азоттан тұратын газ қоспасының, қысым тұрақты болғандағы, меншікті жылу сыйымдылығын табу керек.

5.77. 8 г гелийден және 16 г оттегінен тұратын газ қоспасы үшін берілген $\frac{c_p}{c_v}$ қатынасын табу керек.

5.78. Оттегінің бір киломолінен және аргонның бірнеше киломолінен тұратын газ қоспасының көлемі тұрақты болғандағы меншікті жылу сыйымдылығы 430 дж/кг·град-қа тең. Газ қоспасында аргонның мөлшері қанша?

5.79. 10°C температурадағы 10 г оттегі $3 \times 10^5 \text{ н}/\text{м}^2$ қысымда тұр. Тұрақты қысымда қыздырғаннан кейін газдың көлемі 10 л болып қалды. Мыналарды: 1) газдың алған жылу мөлшерін, 2) қыздырғанға дейінгі және қыздырғаннан кейінгі газ молекуласының жылулық қозғалысының энергиясын табу керек.

5.80. 10°C температурада көлемі 2 л жабық ыдыстың ішінде 12 г азот бар. Қыздырғаннан кейінгі ыдыстың ішіндегі қысым $10^4 \text{ мм сын. бағ.-на}$ тең болды. Қыздырған уақытта газға берілген жылу мөлшерінің қандай болғанын табу керек.

5.81. 2 л азотқа $10^5 \text{ н}/\text{м}^2$ қысым түсіп тұр. 1) $p = \text{const}$ болғанда көлемді екі есе өсіру үшін, 2) $V = \text{const}$ болғанда қысымды екі есе өсіру үшін азотқа қандай жылу мөлшерін беру керек?

5.82. 27°C температурада және $10^5 \text{ н}/\text{м}^2$ қысымда тұрған жабық ыдыстың ішінде 14 г азот бар. Қыздырғаннан кейін ыдыстың ішіндегі қысым 5 есе өсті. Мыналарды: 1) газдың қандай температураға дейін қыздырылғанын, 2) ыдыстың көлемін, 3) газға берілген жылу мөлшерін табу керек.

5.83. 12 г оттегіне, қысым тұрақты болған уақытта оны 50°-қа дейін қыздыру үшін, қаншама жылу мөлшерін беру керек?

5.84. 40 г оттегін 16°C-ден 40°C-ға дейін қыздыру үшін 150 ккал жұмсалды. Газ қандай жағдайда қыздырылды? (Тұрақты көлемде ме немесе тұрақты қысымда ма?)

5.85. Қөлемі 10 л жабық ыдыстың ішінде $10^5 \text{ н}/\text{м}^2$ қысымда ауа бар. Ыдыстың ішіндегі қысымды 5 есе өсіру үшін ауаға қаншалықты жылу мөлшерін беру керек?

5.86. 1) 0,053 ккал жылу мөлшерімен қаншалықты мөлшердегі көмір қышқыл газын 20°C-ден 100°C-ге дейін қыздыруға болады? 2) Осы уақытта бір молекуланың

кинетикалық энергиясының өзгерісі қандай болады? Қыздырған уақытта газ $p = \text{const}$ болған жағдайда үлғаяды.

5.87. Қөлемі $V = 2 \text{ л}$ жабық ыдыстың ішінде тығыздығы $\rho = 1,4 \text{ кг}/\text{м}^3$ азот бар. Осы жағдайда азотты $\Delta t = 100^\circ$ -қа қыздыру үшін оған қашшама Q жылу мөлшері беріледі?

5.88. Қөлемі 3 л жабық ыдыстың ішінде 27°C температурада және 3 ат қысымда азот бар. Қыздырғаннан кейін ыдыстың ішіндегі қысым 25 ат -қа дейін өсті. Мыналарды: 1) қыздырғаннан кейінгі азоттың температурасын, 2) азотқа берілген жылудың мөлшерін табу керек.

5.89. Кейбір газдың мөлшерін тұрақты қысымда 50° -қа дейін қыздыру үшін 160 кал жылу жұмсау керек. Егер осы газдың мөлшерін тұрақты қөлемде 100° -қа суытсақ, онда 240 кал жылу бөлініп шығады. Осы газ молекуласының еркіндік дәрежесінің саны қандай болады?

5.90. 7°C температурада жабық ыдыстың ішінде 10 г азот бар. 1) Азот молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын екі есе өсіру үшін оған қандай мөлшерде жылу беру керек? 2) Осы уақыттағы газдың температурасы қанша есе өзгереді? 3) Осы уақыттағы ыдыстың қабырғасына түсетін қысым қанша есе өзгереді?

5.91. Қөлемі 2 л жабық ыдыстың ішінде 20°C температурада және $10^5 \text{ Н}/\text{м}^2$ қысымда гелий бар. 1) Гелийдің температурасын 100° -қа көтеру үшін оған қанша жылу мөлшерін беру керек? 2) Оның молекуласының жаңа температурадағы орташа квадраттық жылдамдығы қандай болады? 3) Орнықкан қысым қандай? 4) Гелийдің тығыздығы қандай болады? 5) Оның молекуласының жылулық қозғалысының энергиясы қандай?

5.92. Қалыпты жағдайдағы қөлемі 2 л жабық ыдыстың ішінде t грамм азот және t грамм аргон бар. Осы газ қоспасын 100° -қа қыздыру үшін қандай жылу мөлшерін беру керек?

5.93. Қысымы 300 мм сын. бағ болғанда тығыздығы $0,3 \text{ г}/\text{л}-\text{ге}$ тең газ молекуласының орташа арифметикалық, орташа квадраттық және ең ықтимал жылдамдықтарын табу керек.

5.94. Азот молекуласының орташа квадраттық жылдамдығы қандай температурада оның неғұрлым ықтимал жылдамдығынан 50 м/сек-ка артық болады?

5.95. Оттегі молекулаларының қандай бөлігі 0°C температурада 100 м/сек-тан 110 м/сек-қа дейінгі жылдамдықта болады?

5.96. Азот молекулаларының қандай бөлігі 150°C температурада 300 м/сек-тан 325 м/сек-қа дейінгі жылдамдықтарға ие болады?

5.97. Сутегі молекулаларының қандай бөлігі 0°C температурада 2000 м/сек-тан 2100 м/сек-қа дейінгі жылдамдықтарға ие болады?

5.98. Жылдамдықтары $\sqrt{\overline{v^2}}$ -тан $\sqrt{\overline{v^2} + \Delta v}$ дейінгі интервалда жатқан ΔN_1 молекуланың саны, жылдамдықтары v_b -дан $v_b + \Delta v$ -ға дейінгі интервалда жатқан ΔN_2 молекуланың санынан неше есе кем болады?

5.99. T температурада тұрған азот молекулаларының қандай бөлігі $v_b + \Delta v$ интервалда жатқан жылдамдыққа ие болады, мұндағы $\Delta v = 20$ м/сек? Есепті: 1) $T = 400^\circ\text{K}$ және 2) $T = 900^\circ\text{K}$ мәндері үшін шығару керек.

5.100. $T = 150^\circ\text{C}$ температурадағы азот молекулаларының қандай бөлігі $v_1 = 300$ м/сек-тан $v_2 = 800$ м/сек-қа дейінгі интервалда жатқан жылдамдыққа ие болады?

5.101. Молекулалардың жалпы N санының қандай бөлігінің жылдамдығы: 1) ең ықтимал жылдамдықтан үлкен, 2) ең ықтимал жылдамдықтан кіші болады?

5.102. Баллон ішінде 2,5 г оттегі бар. Жылдамдығы орташа квадраттық жылдамдықтан артық болатын оттегі молекуласының санын табу керек.

5.103. Ыдыстың ішінде 1600°K температурадағы 8 г оттегі бар. Оттегі молекулаларының қай санының ілгерілемелі қозғалысының кинетикалық энергиясы $W_0 = 6,65 \cdot 10^{-20}$ дж мәнінен артық болады?

5.104. Зарядталған бөлшектердің энергиясын, көбінесе, электрон-вольтпен өлшайді. 1 электрон-вольт (1 эв) — потенциал айрымы 1 в-ке тең электр өрісінен өткендегі электронның алатын энергиясы. $1 \text{ эв} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ дж болатындығын дәлелдей көрсетуге болады (12-беттегі, 5-таблицаны қараңыздар). Мыналарды: 1) молекуланың ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы қандай температурада 1 эв-ке тең болатынын, 2) қандай температурада барлық молекулалардың 50 проценті 1 эв

энергиядан артық ілгерілемелі қозғалыстың кинетикалық энергиясына ие болатынын табу керек.

5.105. Қалий атомдарын ионизациялауға кететін жұмыс 10^5 $\text{ккал}/\text{кг-атомға}$ тең. Газдың қандай температурасында барлық молекулалардың 10 проценті, қалийдің бір атомын ионизациялауға қажетті энергиядан артық болатын ілгерілемелі қозғалыстың кинетикалық энергиясына ие болады?

5.106. Советтің биіктік космос станциясы Арменияда теңіз деңгейінен 3250 m биіктікте Алагез тауына орналасқан. Осы биіктікте ауаның қысымын табу керек. Ауаның температурасын түрақты және 5°C -ге тең деп аламыз. Ауаның бір киломолінің массасын $29 \text{ кг}/\text{кмоль}$ -ге тең деп алу керек. Теңіз деңгейіндегі ауаның қысымы $760 \text{ мм сын. бағ.-на}$ тең.

5.107. Қандай биіктікте ауаның қысымы теңіз деңгейіндегі қысымның 75 процентін құрады? Температуралы түрақты және 0°C -ге тең деп есептейміз.

5.108. Жолаушылар самолеті 8300 m биіктікте ұшып келеді. Жолаушылардың бәрін оттегі маскасымен жабдықтамау үшін кабиналарға компрессор арқылы 2700 m биіктікке сәйкес келетін түрақты қысым беріліп тұрады. Кабиналардың ішіндегі және сыртындағы қысымдардың айырымын табу керек. Самолеттің сыртындағы ауаның орташа температурасын 0°C -ге тең деп аламыз.

5.109. Алдыңғы есептен сыртқы кеңістіктегі температуралы — 20°C , ал кабинаның ішіндегі температуралы $+20^\circ\text{C}$ -ге тең деп алғып, кабинадағы ауаның тығыздығы оның сыртындағы ауаның тығыздығынан неше есе үлкен екендігін табу керек.

5.110. 1 m^3 ауаның: 1) жердің бетіндегі, 2) жердің бетінен 4 км биіктікте салмағы қанша? Ауаның температурасын түрақты және 0°C тең деп аламыз. Жердің бетіндегі ауаның қысымы $10^5 \text{ Н}/\text{м}^2$ -ге тең.

5.111. Қандай биіктікте газдың тығыздығы оның теңіз бетіндегі тығыздығының 50 процентін құрады? Температуралы түрақты және 0°C тең деп есептейміз. Есепті 1) ауа және 2) сутегі үшін шығару керек.

5.112. Перрен, биіктіктің өзгеруіне қарай гуммигуттың өлшенген бөлшегінің концентрациясының өзгеретіндігін

микроскоп арқылы бақылай отырып және барометрлік формуланы пайдаланып, тәжірибе жүзінде Авогадро санының мәнін тапты. Өзінің жасаған тәжірибелерінің біреуінде Перрен екі қабаттың аралық қашықтығы 100 мкм болғанда гуммигуттың өлшенген бөлшектерінің бірінші қабаттағы саны, екінші қабаттағыдан екі есе артық болатындығын тапқан. Гуммигуттың температурасы 20°C . Диаметрі $0,3 \cdot 10^{-4} \text{ см-ге}$ тең гуммигуттың бөлшектері, бөлшектің тығыздығынан тығыздығы $0,2 \text{ г}/\text{см}^3$ кем сұйықтың ішінде өлшенген. Осы берілгендегі арқылы Авогадро санының мәнін табу керек.

5.113. 100°C температурадағы және $0,1 \text{ мм}$ сын. бағ. қысымдағы көмір қышқыл газы молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығын анықтау керек. Көмір қышқыл газы молекуласының диаметрін $3,2 \cdot 10^{-8} \text{ см-ге}$ тең деп аламыз.

5.114. Жердің үшінші советтік жасанды спутнигінде орнатылған иондаушы манометрдің көмегімен Жердің бетінен 300 км биіктікегі атмосфераның 1 см^3 -де миллиардқа жуық газ бөлшегі болатындығы анықталған. Осы биіктікегі газ бөлшектерінің еркін жолының орташа ұзындығын табу керек. Бөлшектің диаметрін $2 \cdot 10^{-10} \text{ м-ге}$ тең деп аламыз.

5.115. Қалыпты жағдайдағы ауа молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығын табу керек. Ауа молекуласының диаметрін шартты түрде $3 \cdot 10^{-8} \text{ см-ге}$ тең деп аламыз.

5.116. 100°C температурада көмір қышқыл газы молекулаларының 1 сек ішіндегі жасайтын орташа соқтығысу санын табу керек. Бұл жағдайдағы еркін жолының орташа ұзындығы $8,7 \cdot 10^{-2} \text{ см-ге}$ тең.

5.117. $t=27^\circ\text{C}$ температурадағы және $p=400 \text{ мм}$ сын. бағ. қысымдағы азот молекулаларының 1 сек ішіндегі орташа соқтығысу санын табу керек.

5.118. Қалыпты жағдайда көлемі $0,5 \text{ л}$ ыдыстың ішінде оттегі бар. Осы көлемде оттегі молекулаларының 1 сек ішіндегі өз соқтығысуының жалпы санын табу керек.

5.119. Егер газдың көлемін адиабаталы етіп 2 есе өсірсек, онда екі атомды газ молекулаларының 1 сек ішіндегі соқтығысуының саны неше есе кемитін болады?

5.120. 17°C температурадағы және 10^4 н/m^2 қысымдағы азот молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығын табу керек.

5.121. Гелийдің тығыздығы $\rho = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/m}^3$ болған жағдайда оның атомдарының еркін жолының орташа ұзындығын табу керек.

5.122. $\rho = 10^{-3} \text{ мм сын. бағ.}$ қысымдағы және $t = 50^{\circ}\text{C}$ температурадағы сутегі молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығы неге тең болады?

5.123. 0°C температурадағы және кейбір қысымда оттегі молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығы $9,5 \cdot 10^{-8} \text{ м-ге}$ тең. Егер ыдыс ішіндегі ауаны бастапқы қысымның $0,01$ бөлігіне дейін сиретсесе, онда оттегі молекулаларының 1 сек ішіндегі соқтығысуының орташа саны неге тең болады? Температура тұрақты болып қалады.

5.124. Газдың молекулаларының кейбір жағдайдағы еркін жолының орташа ұзындығы $1,6 \cdot 10^{-7} \text{ м-ге}$ тең, ал оның молекулаларының арифметикалық орташа жылдамдығы $1,95 \text{ км/сек-қа}$ тең. Егер сол температурадағы газдың қысымын $1,27$ есе кішірейтетін болсақ, онда осы газдың 1 сек ішіндегі орташа соқтығысуы неге тең болады?

5.125. Қөлемі 100 см^3 колбаның ішінде $0,5 \text{ г}$ азот бар. Осы жағдайдағы азот молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығын табу керек.

5.126. Ыдыстың ішінде тығыздығы $\rho = 1,7 \text{ кг/m}^3$ көмір қышқыл газы бар. Осы жағдайдағы оның молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығы $\lambda = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ см-ге}$ тең. Көмір қышқыл газ молекуласының диаметрін σ табу керек.

5.127. 10°C температурадағы және 1 мм сын. бағ. қысымдағы азот молекуласының бірінен кейін бірі болатын екі соқтығысу аралығына кеткен орташа уақытын табу керек.

5.128. Ишінде ауасы бар ыдыс $10^{-6} \text{ мм сын. бағ.-на}$ тең қысымға дейін сиретілген. Осы уақыттағы ыдыстың ішіндегі ауаның тығыздығы, ыдыстың 1 см^3 көлеміндегі молекулалардың саны және молекуланың еркін жолының орташа ұзындығы неге тең болады? Ауаның молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-8} \text{ см-ге}$ тең деп, ал бір киломольдің массасын $\mu = 29 \text{ кг/кмоль}$ деп аламыз. Ауаның температурасы 17°C тең.

5.129. Молекулалар бір-бірімен соқтықпас үшін диаметрі 15 см -тең 1 см^3 сфералық ыдыстағы газ молекуласының шекті саны қандай болу керек? Газ молекуласының диаметрі $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ -ге тең.

5.130. Молекулалары бір-бірімен соқтығыспас үшін, диаметрлері: 1) 1 см , 2) 10 см және 3) 100 см болатын сфералық ыдыстың ішінде қандай қысым жасау керек? Газ молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ -ге тең, ал газ температурасын 0°C -ге тең деп аламыз.

5.131. Разрядтық тұтіктің катоды мен анодының ара қашықтығы 15 см -ге тең. Электрондар анодқа қарай жүрген жолында ауаның молекулаларымен соқтығып қалмау үшін разрядты тұтіктің ішіндегі қысым қандай болу керек? Температура 27°C -ге тең. Ауаның молекуласының диаметрі $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ -ге тең деп аламыз. Газ ішіндегі электрондардың еркін жолының орташа ұзындығы, газдың өз молекуласының еркін жолының орташа ұзындығынан, шамамен алғанда, 5,7 есе үлкен.

5.132. Қөлемі 1 л сфералық колбада азот бар. Азоттың қандай тығыздығында азот молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығы ыдыстың мөлшерінен үлкен болады?

5.133. Кейбір газ молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығы $5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ -ге, ал оның орташа квадраттық жылдамдығын 500 м/сек -қа тең деп алғып, берілген жағдайда осы газ молекулаларының 1 сек ішіндегі орташа соқтығу санының қанша болатынын табу керек.

5.134. Қалыпты жағдайдағы сутегінің диффузиялық коэффициентін табу керек. Молекуланың еркін жолының орташа ұзындығын $1,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ -ге тең деп аламыз.

5.135. Қалыптағы жағдайдағы гелийдің диффузиялық коэффициентін табу керек.

5.136. Қысым тұрақты $p = \text{const} = 1 \text{ atm}$ сутегінің диффузиялық коэффициентінің әрбір 100° -тан соң $100^\circ\text{K} \leq T \leq 600^\circ\text{K}$ интервалда температураға тәуелділігінің графигін құру керек.

5.137. Диффузияның салдарынан, 100 см^2 ауданнан 10 сек ішінде өтетін азоттың мөлшерін табу керек. Ауданға перпендикуляр бағыттағы тығыздықтың градиенті $1,26 \text{ кг}/\text{м}^4$ -ке тең. Азоттың температурасы 27°C ; ал азот

молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығы 10^{-5} см -ге тең.

5.138. *A* және *B* екі ыдыс диаметрі $d = 1 \text{ см}$ және ұзындығы $l = 1,5 \text{ см}$ тұтік арқылы жалғастырған. Тұтік кранмен жабдықталған. Кран жабық түрғанда *A* ыдыстың ішіндегі ауаның қысымы p_1 -ге тең; *B* ыдыстың ішіндегі ауа $p_2 \ll p_1$ қысымға дейін сиретілген. Кранды ашқаннан кейін бірінші секундта *A* ыдыстан *B* ыдыстың ішіне диффузияланатын ауаның мөлшерін табу керек. Екі ыдыстың ішіндегі температураны 17°C -ге тең, ал ауа молекуласының диаметрі $\sigma = 3 \text{ \AA}$.

5.139. 0°C температурадағы және 760 мм сын. бағ. қысымдағы гелий молекулаларының еркін жолының орташа ұзындығын табу керек. Осы жағдайдағы оның ішкі үйкелісінің коэффициенті (динамикалық тұтқырлығы $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ г/см сек-қа}$ тең).

5.140. Қалыпты жағдайдағы азоттық ішкі үйкелісінің коэффициентін табу керек. Осы уақыттағы оның диффузия коэффициенті $0,142 \text{ см}^2/\text{сек-қа}$ тең.

5.141. 0°C температурадағы оттегі үшін ішкі үйкеліс коэффициентін $\eta = 18,8 \cdot 10^{-6} \text{ н сек}/\text{м}^2$ -ге тең деп алып, оның молекуласының диаметрін табу керек.

5.142. $100^\circ\text{-тан кейінгі } 100^\circ\text{K} \leq T \leq 600^\circ\text{K}$ интервалда азоттың ішкі үйкеліс коэффициентінің температураға тәуелділігінің графигін құру керек.

5.143. 760 мм сын. бағ. қысымдағы және 10°C температурадағы ауаның диффузия коэффициенті мен ішкі үйкеліс коэффициентін табу керек. Ауаның молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ -ге тең деп аламыз.

5.144. Оттегінің ішкі үйкелісінің коэффициенті азоттың ішкі үйкелісінің коэффициентінен неше есе үлкен болатынын табу керек. Газдардың температурасы бірдей.

5.145. Кей жағдайда сутегінің диффузиясының және ішкі үйкелісінің коэффициенттері $D = 1,42 \text{ см}^2/\text{сек-қа}$, $\eta = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ н сек}/\text{м}^2$ -ге сәйкес болады. Осы жағдайдағы 1 м^3 ішіндегі сутегі молекулаларының санын табу керек.

5.146. Оттегінің диффузиясының және ішкі үйкелісінің коэффициенттері $1,22 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{сек}$ және $\eta = 1,95 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/\text{м сек-қа}$ сәйкес болады. Осы жағдайдағы: 1) оттегінің тығыздығын, 2) оның молекулалярының еркін жолының

орташа ұзындығын, 3) оның молекулаларының арифметикалық орташа жылдамдығын табу керек.

5.147. Диаметрі $0,3 \text{ мм}$ жаңбыр тамшысының жылдамдығы қандай үлкен мәніне жетуі мүмкін? Ауаның молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ -ге тең деп аламыз: ауаның температурасы — 0°C . Жаңбырдың тамшысы үшін де Стокстың заңы дұрыс болады деп есептейміз.

5.148. Самолет 360 км/сағ жылдамдықпен ұшып келеді. Тұтқырлықтың салдарынан самолет қанатындағы іле-се жүретін ауаның қабаты 4 см -ге тең. Қанат бетінің әрбір квадрат метріне әсер ететін жанама күшті табу керек. Ауа молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ -ге тең деп аламыз. Ауаның температурасы 0°C .

5.149. Екі коаксиалды цилиндрдің арасындағы кеңістік газбен толтырылған. Цилиндрлердің радиустары сәйкес $r=5 \text{ см}$ және $R=5,2 \text{ см}$ -ге тең болады. Ішкі цилиндрдің биіктігі $h=25 \text{ см}$ -ге тең. Сыртқы цилиндр $v=360 \text{ айн/мин}$ -қа сәйкес келетін жылдамдықпен айналады. Ішкі цилиндр қозғалмай қалу үшін оған $F=1,38 \cdot 10^{-3} \text{ н}$ жанама күш түсіру керек. Бірінші жуықтаудағы жағдайды жазық деп қарап, осы тәжірибеде табылған деректер бойынша цилиндрлердің арасындағы газдың тұтқырлық коэффициентін табу керек.

5.150. Сутегінің жылу өткізгіштік коэффициентін табу керек. Берілген жағдайда сутегі үшін ішкі үйкеліс коэффициентін $8,6 \cdot 10^{-6} \text{ н сек}/\text{м}^2$ -қа тең деп аламыз.

5.151. 10°C температурадағы және $10^5 \text{ н}/\text{см}^2$ қысымдағы ауаның жылу өткізгіштік коэффициентін табу керек. Ауа молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ -ге тең деп аламыз.

5.152. Сутегінің жылу өткізгіштік коэффициентінің әрбір 100° -тан кейінгі $100^\circ\text{K} \leqslant T \leqslant 600^\circ\text{K}$ интервалда температураға тәуелділігінің графигін салу керек.

5.153. Қөлемі $V=2 \text{ л}$ ыдыстың ішінде екі атомды газдың $N=4 \cdot 10^{22}$ молекулалары орналасқан. Газдың жылу өткізгіштік коэффициенті $K=0,014 \text{ вт}/\text{м град-қа}$ тең. Осы жағдайдағы газдың диффузиясының коэффициентін табу керек.

5.154. Қемір қышқылды газ және азот бірдей температура мен қысымда тұр. Осы газдар үшін мыналарды: 1) диффузия коэффициенттерінің 2) ішкі үйкеліс коэффи-

циенттерінің және 3) жылу өткізгіштік коэффициенттерінің қатынастарын табу керек. Осы газдардың молекулаларының диаметрлерін бірдей деп есептейміз.

5.155. Дьюар ыдысының қабырғалары арасының қашықтығы 8 мм -ге тең. Дьюар ыдысының қабырғалары арасындағы ауаны сорып алғанда, оның жылу өткізгіштігі, қандай қысымда кеми бастайды? Ауаның температурасы 17°C -ге тең, ал оның молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-7} \text{ мм}$ -ге тең деп аламыз.

5.156. Сыртқы радиусы $r_2 = 10 \text{ см}$, ішкі радиусы $r_1 = 9 \text{ см}$ және биіктігі $h = 20 \text{ см}$ цилиндрлік термос мұзбен толтырылған. Мұздың температурасы 0°C , ал сыртқы ауаның температурасы 20°C . 1) Термостың қабырғаларының арасындағы ауаның қандай шекті қысымында жылу өткізгіштік коэффициенті әлі де болса сол қысымға тәуелді болады? Ауаның молекуласының диаметрін $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ -ге тең деп аламыз, ал термостың қабырғаларының арасындағы ауаның температурасын кеңістікті қоршап тұрған мұздың орташа арифметикалық температурасына тең болады деп есептейміз. 2) Термостың қабырғаларының арасындағы ауа: а) 760 мм сын. бағ. және б) $10^{-4} \text{ мм сын. бағ.}$ ($\mu = 29 \text{ кг/молъ}$) қысымдарда тұрған уақыттағы жылу өткізгіштігінің коэффициентін табу керек. 3) Орташа радиусы $9,5 \text{ см}$ -ге тең термостың бүйір бетінен жылу өткізгіштіктің есебінен 1 мин ішіндегі өтетін жылудың мөлшері қандай? Есепті: а) 760 мм сын. бағ. және б) $10^{-4} \text{ мм сын. бағ.}$ қысымдар үшін шешу керек.

5.157. Терезе рамаларының арасында тұрған ауаның жылу өткізгіштік есебінен терезеден сағат сайын қанша жылу шығарылып отырады? Эрбір раманың ауданы 4 м^2 , рамалардың ара қашықтығы 30 см . Үйдің ғшиндеңі температура 18°C , үйдің сыртындағы кеңістіктің температурасы -20°C . Ауаның молекуласының диаметрі $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ -ге тең деп, рамалардың арасындағы ауаның температурасы үй мен сыртқы кеңістіктің орташа арифметикалық температурасына тең деп аламыз. Қысым $760 \text{ мм сын. бағ.-на тең.}$

5.158. Бір-бірінен 1 мм қашықтықта тұрған екі пластиналарының арасында ауа бар. Пластиналардың арасын ұстап тұрған температура айырмасы $\Delta T = 1^\circ$. Эрбір пластина-

ның ауданы $S = 100 \text{ см}^2$ -ге тең. Жылу өткізгіштіктің есебінен бір пластинадан екінші пластинаға 10 мин ішінде қанша жылу мөлшері беріледі? Ауа қалыпты жағдайда тұр деп есептеу керек. Ауаның молекуласының диаметрі $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ -ге тең деп аламыз.

5.159. 10°C температурадағы 10 г оттегіне $3 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$ қысым түсіп тұр. Тұрақты қысымда қыздырғаннан кейінгі газдың алған көлемі 10 л болды. Мыналарды: 1) газдың алған жылу мөлшерін, 2) газдың ішкі энергиясының өзгерісін, 3) газдың ұлғайған уақыттағы істеген жұмысын табу керек.

5.160. 27°C температурадағы $6,5 \text{ г}$ сутегі $p = \text{const}$ болғанда сырттан алынған жылудың есебінен екі есе ұлғаяды. Мыналарды: 1) ұлғаю жұмысын, 2) газдың ішкі энергиясының өзгеруін, 3) газға берілген жылу мөлшерін табу керек.

5.161. Жабық ыдыстың ішінде 20 г азот және 32 г оттегі бар. Газдың осы қоспасын 28°-ка сұытқандағы оның ішкі энергиясының өзгерісін табу керек.

5.162. 2 кмоль көмір қышқыл газы тұрақты қысымда 50°-қа қыздырылады. Мыналарды: 1) оның ішкі энергиясының өзгерісін, 2) ұлғаю жұмысын, 3) газға берілген жылу мөлшерін табу керек.

5.163. Екі атомды газға 500 кал жылу берілген. Соның арқасында тұрақты қысымда газ ұлғаяды. Газдың ұлғаю жұмысын табу керек.

5.164. Екі атомды газдың изобаралық ұлғаю уақытында 16 кГм жұмыс істелінеді. Газға қанша жылу мөлшері берілген?

5.165. 17°C температурада $2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ қысымда 5 л көлемді алып тұрған газ қыздырылды және изобаралық ұлғайды. Осы уақыттағы газдың ұлғаю жұмысы 20 кГм -ге тең болды. Газды қаншалықты қыздырған?

5.166. 7 г көмір қышқылды газ еркін ұлғаю жағдайында 10°-қа қыздырылған. Газдың ұлғаю жұмысын және оның ішкі энергиясының өзгерісін табу керек.

5.167. Қөп атомды газдың 1 кмолін еркін ұлғаю жағдайында 100°-қа қыздырған. Мыналарды: 1) газға берілген жылу мөлшерін, 2) оның ішкі энергиясының өзгерісін, 3) ұлғаю жұмысын табу керек.

5.168. Ыдыстың ішіндегі поршеньнің астында 1 г азот бар. 1) Азотты 10° -қа қыздыру үшін қаншалық жылу мөлшерін жұмсау керек? 2) Осы уақытта поршень қаншалық көтеріледі? Поршеньнің салмағы 1 kG , оның көлденең қимасының ауданы 10 см^2 . Поршеньнің үстіндегі қысым 1 ат-ға тең.

5.169. Поршень астындағы ыдыста күркіреуік газ бар. Осы уақытта газдың ішкі энергиясы 80,2 кал-ға өзгерді, поршень 20 см-ге жоғары көтерілді деп алғып, күркіреуік газдың жарылған уақытындағы бөлініп шыққан газдың мөлшерін табу керек. Поршеньнің салмағы 2 kG , ал оның көлденең қимасының ауданы 10 см^2 -ге тең. Поршень үстіндегі ауа қалыпты жағдайда тұр.

5.170. -23°C температурадағы 10,5 г азот $p_1=2,5 \text{ ат}$ қысымнан $p_2=1 \text{ ат}$ қысымға дейін изотермалық ұлғаяды. Ұлғаю кезіндегі газдың жасаған жұмысын табу керек.

5.171. 17°C температурадағы 10 г азоттың изотермалық ұлғауы кезінде 860 дж-ға тең жұмыс істелінген. Ұлғаю уақытында азоттың қысымы неше есе өзгерді?

5.172. 10 г кейбір газдың V_1 көлемінен $V_2=2V_1$ көлемге дейін изотермалық ұлғаю жұмысы 575 дж-ға тең. Осы температурадағы газ молекуласының орташа квадраттық жылдамдығын табу керек.

5.173. Қалыпты жағдайда тұрған 1 л гелий сырттан алынған жылудың есебінен 2 л көлемге дейін изотермалық ұлғаяды. Мыналарды: 1) ұлғаю уақытындағы газдың істеген жұмысын, 2) газға берілген жылудың мөлшерін табу керек.

5.174. 2 м^3 газдың изотермалық ұлғаю уақытындағы қысымы $p_1=5 \text{ ат-дан}$, $p_2=4 \text{ ат-ға}$ дейін өзгереді. Осы уақыттағы істелінген жұмысты табу керек.

5.175. 0°C температурада тұрған ауа V_1 көлемінен $V_2=2V_1$ көлемге дейін адиабаталық ұлғайса, онда ауа қандай температураға дейіп суытылады?

5.176. 7,5 л оттегі 1 л көлемге дейін адиабаталық суыллады, сонымен бірге суылудың аяғындағы қысым $1,6 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ -ге қалыптасты. Суылуға дейін газ қандай қысымда болады?

5.177. Іштен жанатып двигатель цилиндріндегі ауа адиабаталық суыллады да, оның осы уақыттағы қысымы $p_1=1 \text{ ат-дан}$ $p_2=35 \text{ ат-ға}$ дейін өзгереді. Ауаның бас-

тапқы температурасы 40°C -ге тең. Сығылудың соңындағы ауаның температурасын табу керек.

5.178. Газ адиабаталық ұлғайғанда оның көлемі екі есе өседі, ал температура (абсолюттік) 1,32 есе төмендейді. Осы газ молекуласының еркіндік дәрежесінің саны қаншá болады?

5.179. 27°C температурада түрған және $2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ қысымдағы екі атомды газ V_1 көлемнен $V_2=0,5 V_1$ көлемге дейін адиабаталық сығылады. Сығылудан кейінгі газдың температурасын және қысымын табу керек.

5.180. Поршень астындағы ыдыста қалыпты жағдайда 10^{-4} м^3 көлемді алып түрған күркіреуік газ бар. Газды жылдам сыйқан уақытта, ол от алады. Сығу жұмысын $4,73 \text{ кДж-ға}$ тең деп, күркіреуік газдың от алу температурасын табу керек.

5.181. Поршень астындағы ыдыс ішінде қалыпты жағдайда түрған газ бар. Үйдистың түбі мен поршеньнің түбінің араларының қашықтығы $25 \text{ см}-ге$ тең. Поршеньнің үстіне 20 кН жүк қойған кезде поршень $13,4 \text{ см}$ төмен түседі. Сығылуды адиабаталық деп есептеп, осы газ үшін c_p/c_V қатынасты табу керек. Поршеньнің көлденең қимасының ауданы 10 см^2 -ге тең; поршеньнің салмағын есепке алмаймыз.

5.182. $p_1=0,5 \text{ ат}$ қысымда екі атомды газ $V_1=0,5 \text{ л}$ көлемді алып тұр. Газ кейбір V_2 көлемге дейін және p_2 қысымға дейін адиабаталық сығылады да, содан кейін V_2 тұрақты көлемде бастапқы температураға дейін сүиды. Осыдан оның қысымы $p_0=1 \text{ ат-ға}$ тең болады. 1) Осы процестің графигін сызу керек. 2) V_2 көлем мен p_2 қысымды табу керек.

5.183. Газ, оның қысымы $2 \text{ ат-дан } 1 \text{ ат-ға}$ дейін төмендейтіндей, адиабаталы ұлғаяды. Содан кейін ол тұрақты көлемде бастапқы температураға дейін қызады, осыдан оның қысымы $1,22 \text{ ат-қа}$ дейін жоғарылады. 1) Осы газ үшін c_p/c_V қатынасын анықтау керек. 2) Осы процестің графигін сызу керек.

5.184. Қалыпты жағдайда түрған 1 кмоль азот V_1 көлемнен $V_2=5 V_1$ көлемге дейін адиабаталы ұлғаяды. Мынналарды: 1) газдың ішкі энергиясының өзгерісін, 2) ұлғаю уақытындағы істелген жұмысты табу керек.

5.185. $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ ауаны $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ көлемге дейін сұғу керек. Оны қалай сұғу ыңғайлы: адиабаталы ма немесе изотермалы ма?

5.186. Екі атомды газдың бір киломолін адиабаталы сұғу кезінде 146 дж жұмыс жасалынды. Сұғу кезінде газдың температурасы қаншаға есті?

5.187 Газдың көлемін адиабаталы сұғу арқылы екі есе өсіргендегі екі атомды газ молекуласының орташа квадраттық жылдамдығы неше есе кемиді?

5.188. Қалыпты жағдайда түрган 10 г оттегі $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ көлемге дейін сұғылады. Оттегінің сұғылғаннан кейінгі: а) оттегі изотермалық сұғылады, 2) оттегі адиабаталы сұғылады деп есептеп, оның қысымы мен температурасын табу керек. Қорсетілген әрбір жағдай үшін сұғылу жұмысын табу керек.

5.189. 40°C температурада және 750 мм сын. бағ. қысымда түрган 28 г азот 13 л көлемге дейін сұғылады. Азоттың сұғылудаң кейінгі: 1) азот изотермалы, 2) азот адиабаталы сұғылады деп алып, оның температурасы мен қысымының қандай болатындығын табу керек. Қорсетілген әрбір жағдайдағы сұғу үшін істелінген жұмысты табыңыздар.

5.190. Егер екі атомды газдың қысымы екі есе төмендейтін болса, онда оның молекулаларының еркін жолының ұзындығы неше есе артады? Газды: 1) изотермалы ұлғаяды, 2) адиабаталы ұлғаяды деп алғандағы жағдайларды қарастырыңыздар.

5.191. Біреуі бір атомды, екіншісі екі атомды әр түрлі екі газ бірдей температурада бірдей көлем алып түр. Газдарды көлемі екі есе кемитіндей адиабаталы сұғады. Газдың қайсысының көбірек қызатынын және бірінен-бірі неше есе көбірек қызатынын анықтау керек?

5.192. 30°C температурада және $1,5 \text{ atm}$ қысымда түрган 1 кг ауа адиабаталы ұлғаяды да, осы уақытта қысымы 1 atm -ға дейін төмендейді. Мыналарды: 1) ұлғаюдың дәрежесін, 2) соңғы температуралы, 3) ұлғаюдағы газдың жасаған жұмысын табу керек.

5.193. 1 кмоль оттегі қалыпты жағдайда түр, ал сонан кейін оның көлемі $V=5 V_0$ -ге дейін өседі. 1) ұлғаюды изотермалы, 2) ұлғаюды адиабаталы болып өтеді деп алып,

$p=f(V)$ тәуелділіктің графигін күру керек. p мәнін: V_0 , $2V_0$, $3V_0$ және $5V_0$ көлемдер үшін табу керек.

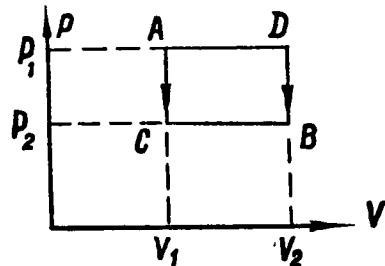
5.194. $t_1=27^\circ\text{C}$ температурадағы және $p_1=8,2 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2$ қысымдағы оттегінің кейбір мөлшері $V_1=3 \text{ л}$ көлемді алғып тұрады (8-сурет). Газдың екінші күйіндегі параметрлері $V_2=4,5 \text{ л}$ және $p=6 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. Мыналарды: газдың алған жылу мөлшерін; үлғаю уақытындағы газдың істелінген жұмысты; газдың ішкі энергиясының өзгерісін табу керек. Есепті шығарғанда газдың бірінші күйінен екінші күйіне аудысуы: 1) ABC және 2) ADB жағдайында өтеді деп аламыз.

5.195. Карноның циклі бойынша жұмыс істейтін идеал жылу машинасы, әрбір цикл ішінде жылытқыштан 600 кал алады. Жылытқыштың температурасы 400°K , ал сұытқыштың температурасы 300°K . Машинаның бір циклдегі істейтін жұмысын және осы бір циклдегі сұытқышқа беретін жылу мөлшерін табу керек.

5.196. Идеал жылу машинасы Карноның циклі бойынша жұмыс істейді. Бір цикл ішінде 300 kГм -ға тең жұмыс істелінді, сұытқышқа 3,2 кал жылу берілді деп алғып, циклдің п. э. коэффициентін анықтау керек.

5.197. Карноның циклі бойынша жұмыс істейтін идеал жылу машинасы бір циклдің ішінде $7,35 \cdot 10^4 \text{ дж}$ жұмыс істейді. Жылытқыштың температурасы 100°C , ал сұытқыштың температурасы 0°C . Мыналарды: 1) машинаның п. э. коэффициентін, 2) бір циклдің ішінде машинаның жылытқыштан алатын жылу мөлшерін, 3) бір циклдің ішінде сұытқышқа берілетін жылу мөлшерін табу керек.

5.198. Идеал жылу машинасы Карноның циклі бойынша жұмыс істейді. Осы уақыттағы жылытқыштан алатын жылудың 80% сұытқышқа беріледі. Жылытқыштан алатын жылудың мөлшері 1,5 кал -ға тең. Мыналарды: 1) циклдің п. э. коэффициентін, 2) толық цикл уақытындағы істелінетін жұмысты табу керек.



8-сурет.

5.199. Идеал жылу машинасы Карноның циклі бойынша бастапқы қысымы 7 атм, ал температурасы 127°C қызыдырылған ауамен жұмыс істейді. Ауаның бастапқы көлемі $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ -ге тең. Бірінші изотермалық үлғаюдан кейін ауаның алған көлемі 5 л; адиабаталық үлғаюдан кейінгі көлемі 8 л болды. Мыналарды: 1) изотерма мен адиабатының қызылышқан жерінің координаталарын, 2) циклдің әрбір бөлігіндегі істелінген жұмысты, 3) барлық циклдегі істелінген толық жұмысты, 4) циклдің п. э. коэффициентін, 5) бір циклдегі жылытқыштан алынған жылу мөлшерін, 6) бір циклдегі сұытқышқа берілген жылу мөлшерін табу керек.

5.200. Идеал газдың бір киломолі, екі изохор және екі изобардан тұратын цикл жасайды. Сонымен бірге газдың көлемі $V_1=25 \text{ м}^3$ -ден $V_2=50 \text{ м}^3$ -ге дейін, ал қысым $p=1 \text{ атм}$ -дан $p=2 \text{ атм}$ -ға дейін өзгереді. Егер изотермалық үлғаюда көлем екі есе өсті десек, Карноның цикліндегі изотермалар қарастырып отырған циклдің ең үлкен және ең кіші температураына сәйкес келеді осындағы жасалынған циклдің істейтін жұмысы Карноның цикліндегі істелінген жұмыстан неше есе кем болады?

5.201. Карноның кері циклі бойынша жұмыс істейтін идеал сұытқыш машина бір циклдің ішінде $3,7 \cdot 10^4 \text{ дж}$ -ға тең жұмыс істейді. Осы жағдайда ол жылуды температурасы -10°C денеден алады да жылудың температурасы 17°C денеге береді. Мыналарды: 1) циклдің п. э. коэффициентін; 2) бір циклдің ішінде сұық денеден алған жылудың мөлшерін; 3) бір циклдің ішіндегі ыстық денеге берілген жылудың мөлшерін табу керек.

5.202. Идеал сұытқыш машина, Карноның қайтымды циклі бойынша жылу насосы сияқты жұмыс істейді. Осы жағдайда ол жылуды температурасы 2°C судан алады да оны 27°C температураға ауаға береді. Мыналарды: 1) η_1 коэффициентін — белгілі бір уақыттағы ауаға берілген жылу мөлшерінің, осы уақыт ішіндегі судан алынған жылу мөлшеріне қатынасын, 2) η_2 коэффициентін — белгілі бір уақыт ішіндегі судан алынған жылу мөлшерінің, осы уақыт ішіндегі машинаның жұмыс істеу-ге шыгарған энергиясына қатынасын (η_2 коэффициенті машинаның сұытқыш коэффициенті деп аталады); 3) η_3 коэффициентін — белгілі бір уақыт ішінде машинаның

жұмыс істеуіне шығарылған энергияның сол уақыт ішіндеңі ауаға берілген жылу мөлшеріне қатынасын (η_3 коэффициенті циклдің п. э. коэффициенті деп аталады) табу керек. η_1 , η_2 және η_3 коэффициенттер арасындағы қатынасты табу керек.

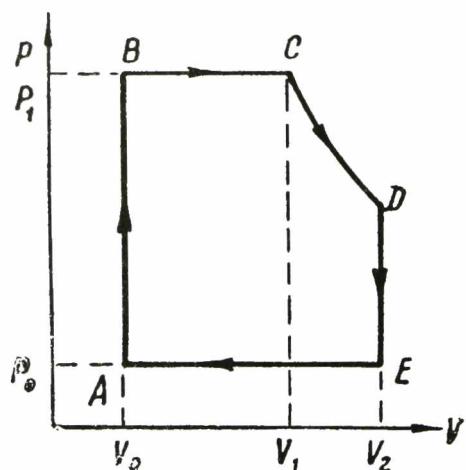
5.203. Карноның кері циклі бойынша жұмыс істейтін идеал сүйтқыш машина, жылуды 0°C температурадағы ішінде сұы бар тоқазытқыштан 100°C температурадағы сұы бар су қайнатқышқа береді. Су қайнатқыштың ішіндеңі 1 кг суды буға айналдыру үшін тоқазытқыштың ішінде қанша су мөлшерін қатыру керек болады?

5.204. Бөлме Карноның қайтымды циклі бойынша жұмыс істейтін сүйтқыш машинамен жылтылады. Бөлменің пешке ағаш жағып алған жылу мөлшері Q_0 сондай отын мөлшерін пайдаланып жылу машинасы арқылы жұмыс істейтін сүйтқыш машинадан алған Q_1 жылу мөлшерінен неше есе кем болады? Бұл жылу двигателі $T_1=100^{\circ}\text{C}$ және $T_2=0^{\circ}\text{C}$ температуралардың арасында жұмыс істейді. Бөлмені $T'_1=16^{\circ}\text{C}$ температурада ұстап тұру керек. Коршаған ауаның температуrasesы $T'_2=10^{\circ}\text{C}$.

5.205. Идеал бу машинасының жұмыс циклі 9-суретте көрсетілген: а) пар қазаннан цилиндрге кіре бастағанда оның ішіндегі қысым V_0 тұрақты көлемде p_0 -ден p_1 -ге дейін өседі (*AB* тармағы); б) бу одан әрі цилиндрге кіргенде p_1 тұрақты қысымда поршень солдан онға қарай қозғалды (*BC* тармағы); в) поршень одан әрі онға қарай қозғалғанда, пардың қазаннан цилиндрге кіруі тоқталады да пардың адиабаталық ұлғаюы пайда болады (*CD* тармағы); г) поршеньнің он жақтағы ең шеткі жағдайында пар цилиндрден шығып тоқазытқышқа кіреді де қысым V_2 тұрақты көлемде p_0 қысымға дейін төмендейді (*DE* тармағы); д) поршень өзінің кейін қарай қозғалысында қалған парды p_0 тұрақты қысымда цилиндрден итеріп шығарады, осы жағдайда көлемі V_2 -ден V_0 -ге дейін кемиді (*EA* тармағы). $V_0=0,5 \text{ л}$, $V_1=1,5 \text{ л}$, $V_2=3,0 \text{ л}$, $p_0=1 \text{ ат}$, $p_1=12 \text{ ат}$, адиабата көрсеткішін 1,33-ке тең деп алып, осы машинаның әрбір циклдегі істейтін жұмысын табу керек.

5.206. Қуаты 14,7 квт бу машинасы, 1 сар ішіндегі істеген жұмысында жылу шығарғыштың қабілеті $3,3 \cdot 10^7 \text{ дж/кг-ға}$ тең $8,1 \text{ кг}$ көмір пайдаланады. Қазанның

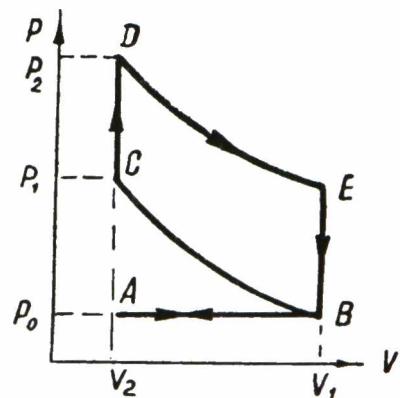
температурасы 200°C , ал тоқазытқыштың температурасы 58°C . Машинаның фактыға негізделген η_1 п. ә. коэффициентін тауып және оны сол температуралардың аралығында Карноның циклі бойынша жұмыс істейтін идеал жылу машинасының п. ә. коэффициентімен салыстыру керек.



9-сурет.

зандағы будың қысымы 16 ат , тоқазытқыштағы будың қысымы 1 ат . Адиабата көрсеткішін $1,3$ -ке тең деп алғып, машинаның 1 мин ішінде қанша цикл жасайтынын табу керек.

5.208. Қарбюраторлы және газды төрт тактілі іштен жанатын двигательдің циклі 10-суретте көрсетілген: а) поршеньнің бірінші жүрісінде цилиндрдің ішіне жанар май сорылады (карбюраторларлы двигателидерде жанар май қоспасы, карбюраторлардың ішінде дайындалатын, бензин буының аудамен араласқан қоспасы; газды двигательдердегі жұмысшы қоспа газ — ауа газ-генераторлық құрылыштан келеді), бұл жағдайда $p_0 = \text{const}$ болады және көлем V_2 -ден V_1 -ге дейін өседі (AB тармағы — сорылу); б) поршеньнің екінші жүрісінде (BC тармағы — сығылу) жанар май V_1 -ден



10-сурет.

V_2 -ге дейін адиабаталық сыйылады, осы уақытта температура T_0 -ден T_1 -ге дейін жоғарылайды, ал қысым p_0 -ден p_1 -ге дейін артады; в) одан әрі жанар майдың үшқынынан от алуы болады, осы уақытта тұрақты көлемде қысым p_1 -ден p_2 -ге дейін артады (CD тармағы), температура T_2 мәніне дейін өседі; г) поршеньнің үшінші жүрісінде жанар майдың V_2 -ден V_1 -ге дейінгі адиабаталық ұлғаюы болады да (жұмыс жүрісі — DE тармақ), температура T_3 -ке дейін төмендейді; д) поршеньнің ең шеткі қалпында (E нүктеде) сыртқа шығаратын клапан ашылады да, тұрақты көлемде қысым p_0 -ге дейін төмендейді (EB тармақ); е) поршеньнің төртінші жүрісі — изобаралық сыйылу (BA тармақ — итеріп шығаруши — жұмыс істеген газды итеріп шығару). Сыйылу коэффициентін $\frac{V_1}{V_2} = 5$ және адиабатаның көрсеткішін 1,33-ке тең деп алып, циклдің п. ә. коэффициентін табу керек.

5.209. Карбюраторлы іштен жанатын двигатель цилиндріндегі газ $V_2 = \frac{1}{6} V_1$ дейін политропиялы сыйылады (сыйылу коэффициенті 6-ға тең). Бастапқы қысым $9 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ -ге, ал бастапқы температура 127°C -ге тең деп алып, сыйылудан кейінгі, цилиндрдегі газдың қысымы мен температурасын табу керек. Политропия көрсеткіші 1,3-ке тең.

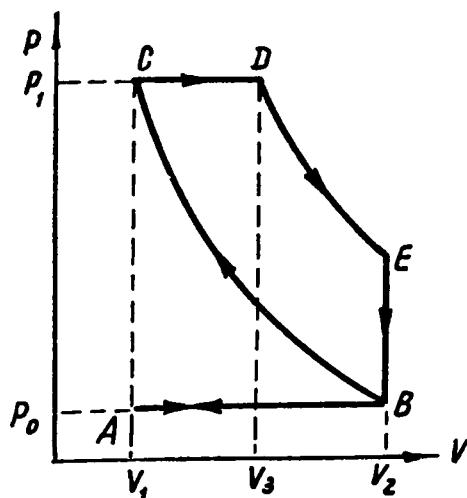
5.210. Карбюраторлы іштен жанатын двигатель цилиндрінде газ политропиялы сыйылады. Сыйылғаннан кейінгі температурасы 427°C -ге тең болады. Газдың бастапқы температурасы 140°C . Сыйылу коэффициенті 5,8. Политропа көрсеткіші неге тең болады?

5.211. Карбюраторлы іштен жанатын двигатель цилиндрінің диаметрі 10 см, поршеньнің жүрісі 11 см. 1) Газдың бастапқы қысымы 1 ат, газдың бастапқы температурасы 127°C және сыйылудан кейінгі камерадағы ақырғы қысым 10 ат десек, онда сыйылу жүргізілетін камераның көлемі қандай болады? 2) Сыйылудан кейінгі камерадағы температура қандай? 3) Сыйылу уақытындағы істелінген жұмысты табу керек. Политропия көрсеткіші 1,3-ке тең.

5.212. Политропа көрсеткішін 1,3-ке тең деп және сырғылу дәрежелерін: 1) $\frac{V_1}{V_2} = 4$, 2) $\frac{V_1}{V_2} = 6$, 3) $\frac{V_1}{V_2} = 8$ тең деп, карбюраторлы іштен жанатын двигательдің п. э. коэффициентін табу керек.

5.213. «Победа» автомобилінің карбюратор двигательі 1 а. к./сағ-қа ең аз дегенде 265 г бензин жұмсайды. Үйкеліске, жылу өткізгіштікке және тағы басқа да кетестін шығындарды табу керек. Сығылу коэффициенті 6,2; бензиннің жылу шығарғыштық қабілеті $4,6 \cdot 10^7$ дж/кг. Политропа көрсеткішін 1,2-ге тең деп аламыз.

5.214. Дизельдің төрт тактілі двигателінің циклі 11-суретте көрсетілген: а) AB тармағы — цилиндрдің ішінде ауа сорылып кіргізіледі ($p_0 = 1$ ат); б) BC тармағы — p_1 қысымға дейін ауа адиабаталы сығылады; в) сығылу тактісінің аяғында цилиндрдің ішіне сүйық отын бүркіледі, ол ыстық ауада тұтанып жанады да, осы уақытта поршень алдымен изобаралы, (CD тармағы), содан кейін адиабаталы болып (DE тармағы) онға қарай қозғалады; г) адиабаталық ұлағаудың соңында ауа шығарғыш клапан ашылады



да қысым p_0 -ге дейін кемиді (EB тармағы); д) поршень сол жаққа қарай қозғалғанда қоспа цилиндрдің ішінен сыртқа шығарылады (VA тармағы). Дизельдің двигателінің п. э. коэффициентін табу керек.

5.215. Дизельдің іштен жанатын двигателінің 16-ға тең болатын адиабаталық сырғылу дәрежесі бар, ал адиабаталық ұлағаю дәрежесі 6,4-ке тең. Егер двигательдің қуаты 50 ат күши, политропа көрсеткіші 1,3 және бензиннің жылу шығарғыштық қабілеті $4,6 \cdot 10^7$ дж/кг болса, онда двигательдің бір сағатта тұтынатын мұнайының ең аз дегендегі мөлшері қандай болады?

5.216. -20°C температурада тұрған 10 г мұзды 100°C температурада буға айналдырылғандағы энтропияның өзгерісін табу керек.

5.217. 0°C -дегі 1 г суды 100°C -дегі буға айналдырылғандағы энтропияның өсуін табу керек.

5.218. 0°C тұрған 1 кг мұзды еріткендегі энтропияның өзгерісін табу керек.

5.219. Балқу температурасында тұрған 640 г балқыған қорғасынды 0°C тұрған мұздың үстіне құяды. Осы процестегі энтропияның өзгерісін табу керек.

5.220. 8 г оттегінің 80°C температурадағы 10 л көлемнен, 300°C температурадағы 40 л көлемге ауыскандығы энтропияның өзгерісін табу керек.

5.221. 6 г сутегінің $1,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ қысымдағы 20 л көлемнен $1 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ қысымдағы 60 л көлемге ауыскандығы энтропияның өзгерісін табу керек.

5.222. $6,6 \text{ г}$ сутегінің көлемі екі еселенгенге дейін изобаралы үлғаяды. Осы уақыттағы энтропияның өзгерісін табу керек.

5.223. 8 г гелийдің $V_1 = 10 \text{ л}$ көлемнен $V_2 = 25 \text{ л}$ көлемге дейін изобаралы үлғайғандығы энтропияның өзгерісін табу керек.

5.224. 6 г оттегінің қысымы 10^5 Н/м^2 -ден $0,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ -ге дейін изотермалы үлғайғандығы энтропияның өзгерісін табу керек.

5.225. $10,5 \text{ г}$ азот $V_1 = 2 \text{ л}$ көлемнен $V_2 = 5 \text{ л}$ көлемге дейін изотермалы үлғаяды. Осы процестегі энтропияның өсуін табу керек.

5.226. 10 г оттегі $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$ -ден $t_2 = 150^{\circ}\text{C}$ -ге дейін қыздырылады. Қыздыруды: 1) изохоралы және 2) изобаралы өтеді деп алып, энтропияның өзгерісін табу керек.

5.227. Екі атомды газдың 1 киломолін қыздырында, оның абсолют температурасы $1,5$ есе артады. Қыздыруды: 1) изохоралы және 2) изобаралы өтеді деп алып, энтропияның өзгерісін табу керек.

5.228. 22 г азотты қыздырудың нәтижесінде оның абсолют температурасы $1,2$ есе өсіп, ал энтропиясы $4,19 \text{ дж/град-қа}$ артты. Қыздыру қандай жағдайда өткізілді (тұрақты көлемде ме немесе тұрақты қысымда ма)?

5.229. $5 \cdot 194$ -есептің шартын пайдалапып газдың A күйден B күйге ауыскандығы энтропияның өзгерісін табу

керек. Ауысады ACB және ADB жолдарымен өтті деп есептейміз (8-суретті караңыздар).

2.230. 0°C температурада және 2 кГ/см^2 қысымда тұрған бір куб. метр ауа, V_1 көлемнен $V_2 = 2V_1$ көлемге дейін изотермалы үлғаяды. Осы процестегі энтропияның өзгерісін табу керек.

2.231. Карноның цикліндегі екі адиабатаның арасындағы участкедегі энтропияның өзгерісі 1 ккал/град-қа тең. Екі изотерманың арасындағы температураларың айырымы 100° -қа тең. Осы циклде жылу мөлшерінің қаншасы жұмысқа айналады?

§ 6. Нақты газдар

Бір киломоль үшін берілген нақты газ күйінің теңдеуі (Ван-дер-Ваальс теңдеуі) тәмендегідей:

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT,$$

мұндағы V_0 — бір киломоль газдың көлемі, a және b — тұрақты, әр түрлі газдар үшін әрқылы болады, p — қысым, T — абсолют температура және R — газ тұрақтысы.

Ван-дер-Ваальстың газдың кез келген M массасына қатысты теңдеуінің түрі тәмендегіше:

$$\left(p + \frac{M^2}{\mu^2} \frac{q}{V^2}\right) \left(V - \frac{M}{\mu} b\right) = \frac{M}{\mu} RT,$$

мұндағы V — барлық газдың көлемі, μ — бір киломольдің массасы.

Бұл теңдеудегі $\frac{M^2 a}{\mu^2 V^2} = p_i$ — молекулалардың өз ара күшімен қамтамасыз етілген қысым, және $\frac{M}{\mu} b = V_i$ — молекулалардың меншікті көлемімен байланысты болатын көлем.

Берілген газдың a және b тұрақтылары, оның T_k кризистік температурасымен, p_k кризистік қысымымен және V_{kk} кризистік көлемімен мынадай қатынастар арқылы байланысады:

$$V_{kk} = 3b, \quad p_k = \frac{a}{27b^2}, \quad T_k = \frac{8a}{27bR}$$

Бұл теңдеуді a және b тұрақтыларға қатысты шешуге болады:

$$a = \frac{27T_k^2 R^2}{64p_k}, \quad b = \frac{T_k R}{8p_k}.$$

Егер келтірлген шамаларды енгізсек,

$$\tau = \frac{T}{T_k}, \quad \pi = \frac{p}{p_k}, \quad \omega = \frac{V_0}{V k_k},$$

онда Ван-дер-Ваальстың теңдеулерінің түрі мынадай болады (бір киломоль үшін):

$$\left(\pi + \frac{3}{\omega^2}\right)(3\omega - 1) = 8\tau.$$

6.1. Ван-дер-Ваальстың теңдеуіне енетін a және b тұрақтыларының СИ бірліктеріндегі атауларын табу керек.

6.2. Қейбір газдар үшін T_k және p_k кризистік шамалар жайындағы мәліметтерді пайдаланып (V таблицаны қараңыздар), олар үшін Ван-дер-Ваальстың теңдеуіне енетін a және b тұрақтыларды табу керек.

6.3. 2 атм қысымдағы 820 см^3 көлемді алып тұрған 2 г азоттың температурасы қандай болады? Газды:

1) идеал деп және 2) нақты деп қарастыру керек.

6.4. 28 атм қысымдағы, 90 см^3 көлемді алып тұрған 3,5 г оттегінің температурасы қандай? Газдарды: 1) идеал және 2) нақты газ деп қарастырыңыздар.

6.5. 10^8 н/м^2 қысымда 10 г гелийдің алып тұрған көлемі 100 см^3 . Газдарды: 1) идеал газ деп және 2) нақты газ деп қарастырып, олардың температурасын табу керек.

6.6. 1 кмоль көмір қышқыл газ 100°C температурада тұр. Газдарды: 1) нақты газ және 2) идеал газ деп алып, олардың қысымын табу керек. Есепті: а) $V_1=1 \text{ м}^3$ және б) $V_2=0,05 \text{ м}^3$ көлемдер үшін шығару керек.

6.7. Көлемі $V=0,5 \text{ м}^3$ жабық ыдыста $3 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ қысымдағы 0,6 кмоль көмір қышқыл газы бар. Ван-дер-Ваальстың теңдеуін пайдаланып, газдың қысымын екі есе өсіру үшін, оның температурасын неше есе өсіру керек екендігін табу керек.

6.8. 1 кмоль оттегі $t=27^\circ\text{C}$ температурада және $p=10^7 \text{ н/м}^2$ қысымда тұр. Берілген жағдайда оттегі өзін

нақты газ сияқты ұстайды деп есептеп газдың көлемін табу керек.

6.9. $t=27^{\circ}\text{C}$ температурада және $p=5 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ қысымда 1 кмоль азот тұр. Берілген жағдайда азот өзін нақты газ сияқты ұстайды деп есептеп газдың көлемін табу керек.

6.10. Оттегі үшін T_k және p_k кризистік шамалары белгілі деп алып, оның молекулаларының эффективті диаметрін табу керек.

6.11. Азот молекулаларының эффективті диаметрін екі түрлі тәсілмен: 1) қалыпты жағдайдағы молекуланың еркін жолының орташа ұзындығының $\bar{\lambda}=9,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ берілген мәні бойынша, 2) Ван-дер-Ваальстың теңдеуіндегі b тұрақтысының белгілі шамасы бойынша табу керек.

6.12. Қалыпты жағдайдағы көмір қышқыл газының еркін жолының орташа ұзындығын табу керек. Көмір қышқыл газ үшін кризистік температуралы T_k және қысымды p_k белгілі деп есептеп, молекуланың эффективті диаметрін есептеп шығару керек.

6.13. $t=17^{\circ}\text{C}$ температурадағы және $p=1,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ қысымдағы гелийдің диффузия коэффициентін табу керек. Гелий үшін T_k және p_k белгілі деп есептеп, гелий атомының эффективті диаметрін есептеп шығару керек.

6.14. 0°C температурадағы бір киломоль көмір қышқыл газ үшін $p=f(V)$ изотермасын құрыңыздар. Газды: 1) идеал газ және 2) нақты газ деп қарастырыңыздар. Нақты газ үшін $\text{м}^3/\text{кмоль}$ -мен берілген V -ның мәндерін төмендегіге тен деп алыңыздар: 0,07; 0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 және 0,40, ал идеал газ үшін $0,2 \leq V \leq 0,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ интервалында.

6.15. Қалыпты жағдайдағы молекулалардың өз ара әсер күштеріне сәйкес келген бір киломоль газдың ішіндегі қысымды табу керек. Осы газдың кризистік температурасы және кризистік қысымы сәйкес $T_k = 417^{\circ}\text{K}$ -ге және $p_k = 76 \text{ atm}$ -ға тен болады.

6.16. Сутегі үшін молекулалардың өз ара әсер күші өте азғантай болып келеді; бұл жағдайда көбінесе маңызды роль атқаратын молекуланың меншікті өлшемдері. 1) Осындай жартылай идеал газ күйінің теңдеуін жазу керек. 2) Молекулалардың меншікті өлшемін ескерусіз

қалдырын, $t=0^{\circ}\text{C}$ температурадағы және $p=2,8 \cdot 10^7 \text{ н/m}^2$ қысымдағы кейбір көлемде түрған сутегі молекуласы киломолінің санын тапқанда қандай қате жібергенімізді табу керек.

6.17. 27°C температурадағы $0,25 \text{ кг}$ азот түрған ыдыстың көлемі 10 л. 1) газ қысымының қандай бөлігі молекулалардың өз ара әсер күштеріне сәйкес қысымды құрады? 2) ыдыстың көлемінің қандай бөлігі молекуланың меншікті көлемін құрады?

6.18. Кейбір газдың $0,5 \text{ кмолі}$ $V_1=1 \text{ м}^3$ көлемді алып тұрады. Газды $V_2=1,2 \text{ м}^3$ көлемге дейін ұлғайтқан уақыттарда молекулалардың өз ара әсер күшіне қарсы $A=580 \text{ кН/м}^2$ -ге тең жұмыс істелді. Осы газ үшін Ван-дер-Ваальстың теңдеуіндегі a тұрақтысын табу керек.

6.19. 20 кг азот бостықта $V_1=1 \text{ м}^3$ -ден $V_2=2 \text{ м}^3$ -ге дейін адиабаталы ұлғаяды. Ван-дер-Ваальстың теңдеуіне енетін a тұрақтысын азот үшін белгілі деп алғып, осы ұлғаудағы температураның төмендеуін табу керек (6.2 есептің жауабын қараңыздар).

6.20. Үш атомды газдың $0,5 \text{ кмолі}$ бостыққа қарай $V_1=0,5 \text{ м}^3$ -ден $V_2=3 \text{ м}^3$ -ге дейін адиабаталы ұлғаяды. Осы уақыттағы газдың температурасы $12,2^{\circ}\text{C}$ -қа төмендейді. Осы белгілерге сүйеніп Ван-дер-Ваальстың теңдеуіндегі a тұрақтысын табу керек.

6.21. 1) Мына температураларда: а) 31°C және б) 50°C көмір қышқыл газын сұйық көмір қышқылына айналдыру үшін қандай қысым жұмсау керек болады? 2) 1 кг сұйық көмір қышқылының алатын ең үлкен көлемі қандай? 3) Сұйық көмір қышқылының қаныққан буларының ең үлкен серпімділігі қандай?

6.22. Ван-дер-Ваальстың теңдеуіндегі b тұрақтысын белгілі деп алғып, кризистік күйдегі су буларының тығыздығын табу керек (6.2 есептің жауабын қараңыздар).

6.23. Гелий үшін T_k және p_k кризистік шамалардың мәнін белгілі деп алғып, кризистік күйдегі гелийдің тығыздығын табу керек.

6.24. 920 atm қысымда 1 кмоль оттегі $0,056 \text{ м}^3$ көлемді алады. Қелтірінді шамалармен алынған Ван-дер-Ваальстың теңдеуін пайдаланып газдың температурасын табу керек.

6.25. $t=-200^{\circ}\text{C}$ температурада 1 кмоль гелий $V=0,237 \text{ м}^3$ көлемді алады. Қелтірінді шамалармен алын-

ған Ван-дер-Ваальс теңдеуін пайдаланып газдың қысымын табу керек.

6.26. Газдың көлемі мен қысымы, осы шамалардың кризистік мәнінен екі есе үлкен болатындығын белгілі деп, газдың қысымы оның кризистік қысымынан неше есе үлкен болатындығын табу керек.

§ 7. Қаныққан булар және сұйықтар

Абсолют ылғалдық деп, аудағы су буларының парциаль қысымын айтады. Салыстырмалы ылғалдық ω деп абсолют ылғалдықтың, берілген температурада, кеңістікті қанықтырушы су буының парциаль қысымына қатынасын айтады.

Меншікті булану жылуы (кебу) r деп, температура тұрақты болғанда, сұйықтың бірлік массасын буға айналдыру үшін қажет болатын жылу мөлшерін айтады.

Кебудің молекулалық жылуы r_0 мынаған тен:

$$r_0 = \mu r.$$

мұндағы μ — бір киломольдің массасы.

Қаныққан бу қысымының p_k температураға тәуелділігі Клаузиус — Клапейрон теңдеуімен көрсетілген

$$\frac{dp_k}{dT} = \frac{r_0}{T(V_b - V_c)},$$

мұндағы V_b — будың бір киломолінің көлемі, V_c — сұйықтың бір киломолінің көлемі.

Қыздыру уақытындағы сұйық көлемінің салыстырмалы өзгерісі мынадай формуламен анықталады:

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta t,$$

мұндағы β — сығылу коэффициенті.

Қысым өзгерген кездегі сұйық көлемінің салыстырмалы өзгерісі

$$\frac{\Delta V}{V} = -k \Delta p,$$

мұндағы k — сығылу коэффициенті.

Беттік керілудің коэффициенті α сан мәні жағынан сұйықтың беттік пленкасының шеттік бірлік ұзындығына түсірген күшіне тең болады, яғни

$$\alpha = \frac{F}{l}.$$

Пленканың ауданын ΔS -ке өзгерктенде, төмендегі жұмыс істелінеді:

$$\Delta A = \alpha \Delta S.$$

Сұйық бетінің қисықтығының әсерінен болған қосымша қысым Лаплас формуласымен анықталынады

$$\Delta p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

мұндағы R_1 және R_2 — сұйықтың бетінің өз ара перпендикуляр екі қимасының қисықтық радиустары. Егер қисықтық центр сұйықтың ішінде жатса (дөңес мениск), радиусын оң деп есептейді, ал егер қисықтық центр сұйықтан тысқары жатса (ойыс мениск) — теріс деп есептейді.

Капилляр тұтіктегі сұйықтың көтерілу биіктігі мынадай:

$$h = \frac{2\alpha \cos \theta}{r\rho g},$$

мұндағы r — тұтіктің радиусы, ρ — сұйықтың тығыздығы және θ — жиектік бұрыш. Толық жұғу болғанда $\theta=0$, жүқпайтын болғанда $\theta=\pi$.

Сұйықтың жазық бетіндегі p_0 қысымымен салыстырғанда, сұйықтың ойыс бетіндегі қаныққан будың p_1 қысымы кіші болады, ал сұйықтың дөңес бетіндегі — үлкен болады. Қосымша қысым мынаған тең:

$$\Delta p = p_1 - p_0 = \pm \frac{2\alpha p_0}{\rho R},$$

мұндағы ρ — сұйықтың тығыздығы, p_0 — сұйықтың қаныққан буларының тығыздығы және R — сұйық бетінің қисықтық радиусы.

Ерітіндінің ρ осмостық қысымының T абсолют температурасымен байланысы Вант-Гофф формуласымен берілген

$$p = CRT$$

Мұнда R — газ тұрақтысы, ал $C = \frac{M}{\mu V}$ — ерітіндінің бірлік көлеміндегі ерітілген заттың киломолінің саны (ерітіндінің молярлық концентрациясы).

Заттың молекулалары диссоциацияланбаған ерітінділер үшін

$$C = \frac{M}{\mu V} = \frac{N}{N_0};$$

мұндағы N_0 — Авогадро саны, ал N — бірлік көлемдегі ерітілген заттың молекулалар саны.

Диссоциация болған уақытта бірлік көлемдегі бөлшектердің саны көп болады, бұл осмостық қысымды арттырады.

Ерітіндінің үстінде қаныққан будың қысымы таза еріткіштің үстіндегі қарағанда аз болады. Ерітіндінің мейлінше аз концентрациясында ерітіндінің үстіндегі қаныққан будың қысымының салыстырмалы кемуі Рауль заңымен анықталады

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{z'}{z + z'},$$

мұндағы p_0 — таза еріткіштің үстіндегі қаныққан будың қысымы, p — ерітіндінің үстіндегі қаныққан будың қысымы, z' — ерітілген заттың киломолінің саны, ал z — сүйықтың киломолінің саны. Сүйықтардың тұтқырлық құбылышына жататын есептер I тараудың 4-параграфына енгізілген.

7.1. VI таблицада әр түрлі температурадағы кеңістікті қанықтыратын су буының серпімділігі берілген. Осы берілгендер арқылы әр түрлі температурада су буымен қанықтырылған ауаның 1 m^3 көлеміндегі су буының мөлшерін көрсететін таблицаны қалай құруға болады? Мысал есебінде 50°C температурадағы ауаның 1 m^3 көлеміндегі қаныққан су буының мөлшерін есептеп шыгарыңыздар.

7.2. 50°C температурадағы қаныққан су буының тығыздығын табу керек.

7.3. 10°C температурадағы қаныққан су буының тығыздығы судың тығыздығынан неше есе кем болады?

7.4. 200°C температурадағы қаныққан су буының тығыздығы 100°C температурадағы қаныққан су буының тығыздығынан неше есе үлкен болады?

7.5. Жаз күні 30°C температурадағы және 75% салыстырмалы ылғалдықтағы ауаның 1 m^3 көлеміндегі су буының салмағы қандай?

7.6. 20°C температурадағы $V=1 \text{ m}^3$ түйік көлемдегі ауаның салыстырмалы ылғалдығы 60 процентке тең. Су буы қанығу үшін, осы көлемдегі судың қаншасы тағы да буға айналуға тиісті?

7.7. Бөлменің температурасы 18°C , салыстырмалы ылғалдығы 50%. Металл шайнекке сұық су құйылған. Шайнек терлеуін тоқтататын уақыттағы судың температурасы қандай?

7.8. 30°C температурада 1 cm^3 қаныққан су буындағы молекуланың санын табу керек.

7.9. 50°C температурада $0,5 \text{ g}$ су буы 10 l көлемді алады. 1) Осы уақыттағы салыстырмалы ылғалдығы қандай? 2) Егер көлемді изотермиялық етіп екі есе кемітсек, конденсацияланатын будың мөлшері қандай болады?

7.10. Вильсон камерасында көлемі 1 l су буымен қаныққан ауа бар. Камераның бастапқы температурасы 20°C . Поршень жылжыған уақытта камераның көлемі $1,25$ есе үлкейеді. Үлғаю адиабаталық түрде өтеді, сонымен бірге $\chi = c_p / c_v$, оны $1,4$ -ке тең деп аламыз. Мыналарды: 1) үлғайғанға дейінгі су буының қысымын; 2) үлғайғанға дейінгі камерадағы су буының мөлшерін; 3) үлғайғанға дейінгі су буының тығыздығын; 4) үлғайғаннан кейінгі будың температурасын (бұдың конденсациясының салдарынан, жылудың бөлініп шығуына байланысты температурасының өзгеруін ескермейміз); 5) суға конденсацияланған су буының мөлшерін; 6) конденсациядан кейінгі су буының тығыздығын; 7) аса қанығудың дәрежесін, яғни үлғайғаннан кейінгі су буының тығыздығының (бірақ конденсацияға дейінгі), конденсациядан кейінгі орныққан температурадағы кеңістікті қанықтырып тұрған су буының тығыздығына қатынасын табу керек.

7.11. Қалыпты жағдайдағы су және бу күйіндегі судың меншікті көлемін табу керек.

7.12. Термодинамиканың бірінші заңын пайдаланып және VI таблицалардағы белгілер бойынша 200°C температурадағы судың меншікті булану жылуын табу керек. Су үшін кризистік температура $T=647^{\circ}\text{K}$ -ге тең, ал

кризистік қысым $p_k=217$ атм-ға тең. Тауып алған нәтижесінң дұрыстырыны VII таблицадағы берілгендер арқылы тексеріндер.

7.13. 100°C температурадағы судың мешікті булану жылуының қандай бөлігі системасың ішкі энергиясын өсіруге кетеді?

7.14. 77°C температурада тұрган бензолдың (C_6H_6) мешікті булану жылуы 95 кал/г-ға тең. Осы температурада 20 г бензолдың буға айналғандағы ішкі энергиясының өзгерісі неге тең болады?

7.15. Клапейрон — Клаузиус теңдеуін және VI таблицадағы анықтамаларды пайдаланып, 5°C температурадағы судың мешікті булану жылуын табу керек. VII таблицадағы анықтамалар арқылы тауып алған нәтижесінң дұрыстырыны тексеру керек.

7.16. $t_1=100^{\circ}\text{C}$ және $t_2=120^{\circ}\text{C}$ температуралардағы қаныққан сынап буының серпімділігі сәйкес $p_1=0,28$ мм сын. бағ. және $p_2=0,76$ мм сын. бағ.-на тең. Көрсетілген температуралардың интервалындағы сынаптың мешікті булану жылуының орташа мәнін табу керек.

7.17. $p=1$ атм-да бензолдың (C_6H_6) қайнау температуrasesи $80,2^{\circ}\text{C}$ -ге тең. Берілген температура интервалындағы оның мешікті булану жылуының орташа мәнін $4 \cdot 10^5$ дж/кг-ға тең деп алып, бензолдың $75,6^{\circ}\text{C}$ температурадағы қаныққан буының қысымын табу керек.

7.18. 40°C температурадағы этил спиртінің (C_2H_5OH) қаныққан буының қысымы 133 мм сын. бағ.-на тең, ал 38°C температурадағы қысымы 509 мм сын. бағ.-на тең. 50°C температурада тұрган 1 г этил спиртінің буға айналғандағы энтропиясының өзгерісін табу керек.

7.19. 50°C температурада тұрган кейбір сүйықтың 1 кмольінің буға айналғандағы энтропиясының өзгерісі 133 дж/кг-ға тең. Осы сүйықтың 50°C температурадағы қаныққан буының серпімділігі 92,5 мм сын. бағ.-на тең. Осы сүйықтың температурасын 50°C -ден 51°C -ге дейін өзгерктендері қаныққан будың қысымының өзгерісі қандай болады?

7.20. Егер насостың су қабығының температурасын 15°C -ге тең болса, сынап ұясынсыз жұмыс істейтін сынап-диффузионды насос арқылы қандай шекті қысымға дейін ыдыстан ауаны айдалап шығаруға болады. 0°C температу-

радағы қаныққан сынап буының серпімділігі $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$ сын. бағ.-на, ал температураның интервалындағы сынаптың меншікті булау жылуын $75,6 \text{ кал/г-ға}$ тең деп алу керек.

7.21. 0°C температурадағы сынаптың тығыздығын $13,6 \text{ г/cm}^3$ -ге тең екендігін біле отырып, оның 300°C температурадағы тығыздығын табу керек. Сынаптың көлемдік ұлғаю коэффициентін тұрақты деп есептеп және оның берілген температурасының интервалындағы орташа мәнін $1,85 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп аламыз.

7.22. 100°C температурадағы сынаптың тығыздығы $13,4 \text{ г/cm}^3$ -ге тең. Сынаптың тығыздығы қандай температурада $13,1 \text{ г/cm}^3$ -ге тең болады? Сынаптың көлемдік ұлғаю коэффициентін $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп аламыз.

7.23. Судың сығылу коэффициентінің орташа мәнін $4,8 \cdot 10^{-5}$ -қа тең деп алып, теңіз суының 5 км терендеңдігіндегі тығыздығын табу керек (егер бетіндегі тығыздығы 1030 кг/m^3 -ге тең болса). Теңіз суының гидростатикалық қысымын есептегендеге оның тығыздығын шамамен судың бетіндегі тығыздыққа тең деп есептеу керек.

7.24. 0°C температурадағы және атмосфералық қысымдагы бензол үшін сығылу коэффициенті $9 \cdot 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$ -га тең, ал көлемдік ұлғаю коэффициенті $1,24 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ 1°-қа қыздырғанда бензолдың көлемі өзгермеу үшін сырттан түсірілетін қысым қандай болу керек?

7.25. Сынаптың көлемдік ұлғаю коэффициенті $\beta = 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ -қа тең. Сынапты 1°-қа қыздырғанда, оның көлемі өзгермей қалу үшін сыртқы қысымды 47 atm -ға арттыру қажет деп алып, оған деген сығылу коэффициентін табу керек.

7.26. Екі бірдей шыны қатынас тұтіктің сол иінін 0°C температурада ұстап, ал оң иінін 100°C температурага дейін қыздырған кезде, олардың ішіндегі сынаптың деңгейлерінің айырмашылығын табу керек. Сол иінінің биіктігі 90 см . Сынаптың көлемдік ұлғаю коэффициентін $1,82 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп алу керек. Шынының ұлғаюын ескермейміз.

7.27. Биіктігі $L = 10 \text{ см}$ шыны ыдыстың ішіне сынап құйылған. $t = 20^{\circ}\text{C}$ температурада сынаптың деңгейі ыдыстың жоғарғы шетінен $h = 1 \text{ мм}$ төмен орналасқан. Сынап ыдыстан асып төгіліп кетпес үшін оны қанша

қыздыру керек? Сынаптың көлемдік ұлғаю коэффициентін $\beta = 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп алу керек. Шынының ұлғаюын ескермейміз.

7.28. Сынап толтырыла құйылған шыны ыдыстың 0°C температурадағы салмағы 1 кГ болады. Бос ыдыстың салмағы $0,1 \text{ кГ}$ -га тең. Шынының ұлғаюын елемей 100°C температурада ыдыстың ішіне сыйып тұратында сынаптың мөлшерін табу керек. Сынаптың көлемдік ұлғаю коэффициентін $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп аламыз.

7.29. Алдыңғы есепті шынының ұлғаюын ескере отырып шығару керек. Шынының көлемдік ұлғаю коэффициентін $3 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп аламыз.

7.30. Шыны ыдысқа 0°C температурада сүйық май толтыра құйылған. Ідысты маймен бірге 100°C дейін қыздырғанда, оған құйылған майдың 6 проценті ыдыстан асып төгілді. Шынының көлемдік ұлғаюын $\beta = 3 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп алдып, майдың көлемдік β_x ұлғаю коэффициентін табу керек.

7.31. Егер шынының ұлғаюын ескермесек, алдыңғы есептің шарты бойынша майдың көлемдік ұлғаюын тапқанда қандай салыстырмалы кате жібереміз?

7.32. Бөлме температурасы 37°C , ал атмосфералық қысымы $760 \text{ мм сын. бағ.-на тең}$. Осы бөлмеде тұрған сынап барометрінің көрсететін қысымы (мм сын. бағ.) қандай болады? Сынаптың ұлғаюына қарағандағы шынының ұлғаюын аз деп есептейміз. Сынаптың көлемдік ұлғаю коэффициентін $1,82 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$ -қа тең деп аламыз.

7.33. 1) Биіктігі $h = 10 \text{ мм}$, ішкі диаметрі $d_1 = 50 \text{ мм}$, ал сыртқы диаметрі $d_2 = 52 \text{ мм}-ге$ тең горизонталь орнапласқан қалайы сақинаны судың бетінен жұлып алу үшін қандай күш жұмсау керек? 2) Табылған күштің қандай бөлігін беттік керілу күшін құрайды.

7.34. Ишкі диаметрі 25 мм , ал сыртқы диаметрі $26 \text{ мм}-ге$ тең сақина деформациялық коэффициенті 10^{-4} кГ/мм пружинаға ілінген. Әрі ол судың бетінен тиіп тұрады. Судың бетін тәмен тұсірген кезде пружина $5,3 \text{ мм}$ созылған, сақина судың бетінен бөлінеді. Сүйықтың беттік керілу коэффициентін табу керек.

7.35. Жылжымалы KL көпірі бар $ABCD$ (12-сурет) рамкасы сабының жұка қабыршығымен керілген. KL мыс көпірі тепе-тендікте тұру үшін оның диаметрі

қандай болу керек? 2) Көпірді 1 см-ге жылжытқанда $4,5 \cdot 10^{-5}$ дж-ға тең изотермалы жұмыс істелетіні белгілі деп алып, l көпірдің ұзындығының неге тең болатынын табу керек. Сабынды су үшін $a=0,045$ н/м-ге тен.

7.36. Ішкі диаметрі 2 мм вертикаль орналасқан трубка арқылы ыдыстан шыққан спирт тамшылап ағып тұр. Эрбір тамшы бірінен-бірі 1 сек кейін үзіліп тусяп отырады деп есептеп, 10 г спирт қанша уақыттың ішінде ағып шығатынын табу керек. Үзіліп түсетін моментіндегі тамшы мойнының диаметрін трубканың ішкі диаметріне тең деп аламыз.

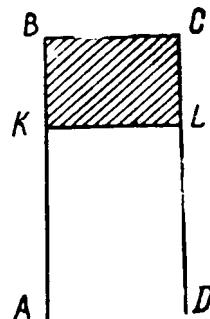
7.37. Ішкі диаметрі $d=3$ мм вертикаль орналасқан тұтік арқылы ыдыстан су тамшылап ағып тұр. $t_1=100^{\circ}\text{C}$ -ден $t_2=20^{\circ}\text{C}$ -ге дейін сұыған уақытында әрбір тамшының салмағы $\Delta P=13,5 \cdot 10^{-6}$ кГ-ға өзгереді. Судың 20°C температурадағы беттік керілу коэффициентін біле отырып, судың 100°C температурадағы беттік керілу коэффициентін табу керек. Үзіліп түсетін моменттегі тамшы мойнының диаметрін трубканың ішкі диаметріне тең деп аламыз.

7.38. Диаметрі 1 мм вертикаль ілінген қорғасыннан жасалған тұтікшенің төменгі ұшын балқытқанда 20 тамшы қорғасын пайда болды. Сымның ұзындығы қаншаға қысқарды? Сүйық қорғасынның беттік керілу коэффициенті 0,47 н/м-ге тең. Тамшы мойнының үзіліп түсетін моменттегі диаметрі тұтікшенің ішкі диаметріне тең деп аламыз.

7.39. Ішкі радиусы $r=1$ мм-ге тең вертикаль тұтіктен су тамшылап тұр. Тамшының үзіліп түсетін моментіндегі радиусын табу керек. Тамшыны сфера тәрізді деп аламыз. Тамшы мойнының үзіліп түсетін моменттегі диаметрін тұтіктің ішкі диаметріне тең деп аламыз.

7.40. Эрқайсысының радиусы 1 мм екі сынап тамшысының қосылуынан пайда болған тамшы қаншалықты қызатын болады?

7.41. Радиусы 3 мм сфера сияқты сынап тамшысын бірдей екі тамшыға бөлу үшін беттік керілу күшіне қарсы қандай жұмыс істеу керек?



12-сурет.

7.42. Радиусы 1 см сабын көпіршігінің көлемін екі есе өсіру үшін, беттік керілу құшіне қарсы қандай жұмыс істеу керек? Сабын ерітіндісінің беттік керілу коэффициентін $43 \cdot 10^{-3}$ н/м-ге тең деп аламыз.

7.43. Диаметрі 4 см, сабын ($\alpha=0,043$ н/м) көпіршігін үрлеп шығару үшін, беттік керілу құшіне қарсы қандай жұмыс істеу керек?

7.44. Су бетінің астында $h=20$ см тереңдікте түрған диаметрі $d=0,01$ мм ауа көпіршігінің ішіндегі ауаның қысымын (мм сын. бағ. есебімен) анықтау керек. Сыртқы қысым 765 мм сын. бағ.-на тең.

7.45. Сабын көпіршігінің ішіндегі ауаның қысымы атмосфералық қысымға қарағанда 1 мм сын. бағ. артық. Қөпіршіктің диаметрі неге тең болады? Сабын ерітіндісінің беттік керілу коэффициентін 0,043 н/м-ге тең деп аламыз.

7.46. Ауа көпіршігінің су астында қандай тереңдікте жатқанын табу керек, ондағы ауаның тығыздығын 2 кг/м³-ке тең деп аламыз. Қөпіршіктің диаметрі 0,015 мм, температурасы 20°C, ал атмосфералық қысым 760 мм сын. бағ.-на тең.

7.47. Судың астында 5 м тереңдікте жатқан көпіршіктің ішіндегі ауаның қысымы, атмосфералық қысымдағы ауаның тығыздығынан (сол температурадағы) неше есе артық болады? Қөпіршіктің радиусы $5 \cdot 10^{-4}$ мм-ге тең.

7.48. Сынабы бар ыдысқа ішкі диаметрі $d=3$ мм ашық капилляр түсірілген. Ыдыс ішіндегі және капиллярдың ішіндегі сынап деңгейлерінің айырмасы $h=3,7$ мм-ге тең. Капиллярдағы сынап менискісінің қисықтық радиусы неге тең?

7.49. Ішінде суы бар ыдысқа ішкі диаметрі $d=1$ мм ашық капилляр түсірілген. Ыдыс пен капиллярдың ішіндегі судың деңгейлерінің айырмасы $h=2,8$ см-ге тең. 1) Капиллярдың ішіндегі менискінің қисықтық радиусы неге тең? 2) Егер толық жұғады деп есептесек, онда ыдыстағы және капиллярдағы су деңгейлерінің айырмасы қандай болар еді?

7.50. Ішкі диаметрі $d=1$ мм-ге тең капиллярдың ішіндегі бензол қандай биіктікке көтеріледі? Толық жұғады деп есептейміз.

7.51. Толық жұғу болғанда капиллярдың ішіндегі су 2 см-ге көтерілу үшін капиллярдың ішкі диаметрі қандай болу керек? Есепті капилляр мынадай екі жағдайда: 1) Жердің үстінде тұр деп және 2) Айдың бетінде тұр деп шығару керек.

7.52. Диаметрлері $d_1 = 1 \text{ mm}$ және $d_2 = 2 \text{ mm}$ өз ара қатынасқан екі капиллярдың ішіндегі сынап деңгейлерінің ұсақ тесігінің диаметрінің үлкендерінің қандай болу керек? Есептейміз.

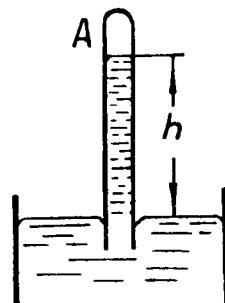
7.53. Май шамның түбінен оның оттығына дейін (біектігі $h = 10 \text{ cm}$) керосин көтерілу үшін оның пілтесінің ұсақ тесігінің диаметрінің үлкендерінің қандай болу керек? Пілтенің ұсақ тесігін цилиндр сияқты тұтік деп және толық жұғады деп есептейміз.

7.54. Ішкі диаметрі 2 mm капилляр сұйықтың ішіне батырылған. Капиллярдың ішімен көтерілген сұйықтың салмағы $9 \cdot 10^{-5} \text{ kG}$ -та деп алғып, сұйықтың беттік көрілу коэффициентін табу керек.

7.55. Суы бар ыдыстың ішінде вертикаль етіп түсірілген капилляр тұтікшенің ішкі радиусы $r = 0,16 \text{ mm}$, кең ыдыстың және капиллярдың ішіндегі судың деңгейі бірдей болу үшін, сұйықтың үстіндегі түрған капиллярдың ішіндегі ауаның қысымы қандай болу керек? Сыртқы қысым $p_0 = 760 \text{ mm}$ сын. бағ.-на тән. Сұйықты толық жұғады деп есептейміз.

7.56. Суы бар ыдыстың ішіне вертикаль етіп капилляр тұтік түсірілген. Тұтіктің жоғарғы жағы дәнекерленген. Тұтіктің ішіндегі және кең ыдыстың ішіндегі судың деңгейі бірдей болу үшін тұтіктің ұзындығының 1,5 проценттей бөлігін судың ішіне батыруға тұра келеді. Тұтіктің ішкі радиусы неге тән? Сыртқы қысым 750 mm сын. бағ.-на тән. Сұйықты толық жұғады деп аламыз.

7.57. Сынаппен толтырылған барометрлік A тұтікшенің ішкі d диаметри: а) 5 mm, б) 1,5 см-ге тән. Атмосфералық қысымды тікелей сынап бағанасының биектігі бойынша табуға бола ма? Жоғарыдағы берілген әрбір жағдай үшін атмосфералық қысымды $p_0 = 758 \text{ mm}$ сын. бағ.-на тән деп алғып,



13-сурет.

сынап бағанасының биіктігін табу керек. Сұйықты толық жүқпайды деп есептейміз.

7.58. Барометрлік тұтіктің ішкі диаметрі $0,75 \text{ см}$ -ге тең. Атмосфералық қысымды сынап бағанасының биіктігі бойынша өлшей отырып қандай түзету енгізу керек. Сұйықты толық жүқпайды деп есептейміз.

7.59. Барометрлік тұтіктің ішкі диаметрін: 1) 5 мм және 2) 10 мм -ге тең деп алып, сынап бағанасының биіктігі бойынша атмосфералық қысымды 760 мм сын. бағ.-на деп есептегендегі біздің жасайтын салыстырмалы қатеміз қандай болады?

7.60. Судың бетіне майлантан (су толық жүқпайтын жағдайда) болат ине тасталынған. Иненің әлі де батып кетпей судың бетінде тұруы үшін, оның ең үлкен диаметрі қандай болу керек?

7.61. Диаметрі 1 мм майлантан (су толық жүқпаған жағдайда) платина сымы судың бетінде жүзіп жүре ала ма?

7.62. Ішінде сынабы бар ыдыстың түбінде тесік бар. Сынап бағанасының биіктігі 3 см -ге тең болғанда сынап ыдыстан ағып кетпеу үшін, тесіктің ең үлкен диаметрі қандай болу керек?

7.63. Ауданы $S=30 \text{ см}^2$ шыны ыдыстың түбінде диаметрі $d=0,5 \text{ мм}$ -ге тең тесік бар. Үйдісқа сынап құйылған. Үйдістың ішіндегі қалатын сынаптың мөлшері қанша?

7.64. Судың бетімен су инелігі деп аталатын насеком жүгіріп жүреді. Инеліктің алты табанының әрқайсысының астында радиусы $0,1 \text{ мм}$ жарты сфера тәрізді шұңқыр пайда болады деп алып, су инелігінің салмағын табу керек.

7.65. Өлшемдері $9 \times 12 \text{ см}$ суланған екі фотопластинканы бір-бірінен (ығыстырмай) ажыратып алу үшін қандай күш жұмсау керек? Пластинкалардың арасындағы су қабатының қалындығы $0,05 \text{ мм}$ -ге тең. Толық жүғу деп аламыз.

7.66. Бір-бірінен $0,25 \text{ мм}$ қашықтықта түрған вертикаль бағыттағы параллель-жазық екі шыны пластинканың арасына су құйылған. Пластинканың арасындағы сұйықтың көтерілу биіктігі $3,1 \text{ см}$ -ге ($a=30 \text{ дин/см}$) тең деп алып, сұйықтың тығыздығын табу керек. Толық жүқпайды деп аламыз.

7.67. Горизонталь орналасқан параллель-жазық екі шыны пластинканың арасына 5 г сынап орналасқан. Жоғары пластинканың үстіне 5 кГ жүк койғанда, пластинкалардың ара қашықтығы 0,087 мм-ге тең болды. Жұктің салмағымен салыстырғанда, пластинканың салмағын есепке алмай, сынаптың беттік керілу коэффициентін табу керек. Толық жұқпайды деп есептейміз.

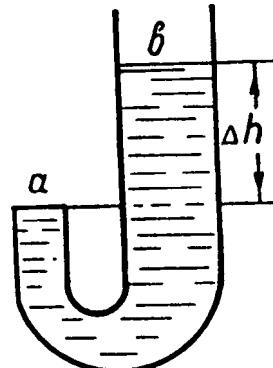
7.68. Ашық капиллярдың ішінде су тамшысы бар. Капиллярдың вертикаль қалыптағы жағдайында тамшы ұзындықтары: 1) 2 см, 2) 4 см және 3) 2,98 см-ге тең су бағанасын жасайды. Капиллярдың ішкі диаметрі 1 мм-ге тең. Жоғарыда көрсетілген әрбір ұзындықтар үшін жоғары және тәменгі менискілердің қисықтық радиусын табу керек. Толық жұғу деп есептейміз.

7.69. Ішкі диаметрі $d=2$ мм-ге тең горизонталь капиллярдың ішіне суды сорып кіргізгенде, ол су бағанасының ұзындығы $h=10$ см болды. Егер капиллярды вертикаль қалыпта орналастырсақ, онда қаншама су ағып шығады? Толық жұғу деп аламыз.

Нұсқау. Капиллярдың ішінде қалған су бағанасының шекті ұзындығы, капиллярдың радиусына тең болатын тәменгі менискінің қисықтық радиусына сәйкес болу керектігін ескеру керек (алдыңғы есептің шешуін қарандыздар).

7.70. Ішкі радиусы $r=0,6$ мм-ге тең ашық вертикаль қалыптағы капиллярдың ішінде спирт бағанасы бар. Осы спирт бағанасының тәменгі менискісі капиллярдың тәменгі ұшынан түсіп тұрады. Тәменгі менискінің қисықтық радиусы: 1) $3r$, 2) $2r$ және 3) r -ге тең болатын спирт бағанасының h биіктігін табу керек. Толық жұғу деп аламыз.

7.71. 14-суретте көрсетілген тұтіктің екі ұшы ашық болып келген де керосинмен толтырылған. Тұтікшениң ішкі радиустары a және b сәйкес $r_1=0,5$ мм және $r_2=0,9$ мм-ге тең. Тұтіктің ішіндегі керосин деңгейінің қандай Δh айырымында, оның a ұшындағы менискісі: 1) ойыс, қисықтық радиусы $R_x=r_1$,



14-сурет.

2) жазық, 3) дөнес, қисықтық радиусы $R_x = r_2$, 4) дөнес және r -ге тең болады. Толық жұғу деп есептейміз.

7.72. Суы бар кең ыдыстың ішіне, жоғарғы ұшы ыдыстағы судың деңгейінен $h=2 \text{ см}$ биіктікке тұратындағы етіп капилляр батырылған. Капиллярдың ішкі радиусы $r=0,5 \text{ см}$ -ге тең. Капиллярдағы менискінің қисықтық радиусын R табу керек. Толық жұғу деп есептейміз.

7.73. Ареометр, оның қабырғасына толық жұғылатын судың ішінде жүзеді. Ареометрдің вертикаль цилиндр тұтігінің диаметрі $d=9 \text{ мм}$ -ге тең. Егер судың бетіне спирттің бірнеше тамшысын құйсак, онда ареометрдің судың ішіне бату тереңдігі қаншаға өзгереді?

7.74. Ареометр, тығыздығы $\rho=800 \text{ кг}/\text{м}^3$ және беттік керілу коэффициенті $\alpha=30 \text{ дин}/\text{см}$ сүйықтың ішінде жүзеді. Сүйық ареометрдің қабырғасына толық жұғады. Ареометрдің вертикаль бағыттағы цилиндр тұтігінің диаметрі $d=9 \text{ мм}$ -ге тең. Егер, ареометрді майлаудың салдарынан, осы сүйық толық жұқпайтын жағдайға айналды десек, ареометрдің суға бату тереңдігі қаншаға өзгереді?

7.75. 10 г қантты ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 0,5 л суға еріткен уақытта ерітіндінің осмостық қысымы $1,52 \cdot 10^5 \text{ н}/\text{м}^2$ -ге тең болады. Ерітінді қандай температурада болады? Қанттың молекулаларының диссоциациясы болған жок.

7.76. 87°C температурада тұрған ерітіндінің осмостық қысымы $1,65 \cdot 10^5 \text{ н}/\text{м}^2$ -ге тең. Осы ерітіндідегі еріген заттың бір молекуласына судың қанша молекуласы тұра келеді? Диссоциация болған жок.

7.77. 0,5 л суға 2 г ас тұзы ерітілген. Қесек тұздың молекулаларының диссоциациясының дәрежесі 75 процентке тең. 17°C температурадағы ерітіндінің осмостық қысымын табу керек.

7.78. Суға еріткендегі ас тұзы молекулаларының диссоциация дәрежесі 40 процентке тең. Бұл жағдайда 27°C температурада тұрған ерітіндінің осмостық қысымы $1,21 \text{ кГ}/\text{см}^2$ -ге тең. 1 л суда ерітілген ас тұзының мөлшері қандай?

7.79. 18°C температурада 1 л суға 2,5 г ас тұзы ерітілген. Ерітіндінің осмостық қысымы $1,6 \cdot 10^5 \text{ н}/\text{м}^2$ -ге тең. 1) Осы жағдайдағы ас тұзы молекулаларының диссоциа-

циялану дөрсжесі қнадай? 2) 1 см³ ерітіндінің ішінде еріген заттың қанша бөлшегі болады?

7.80. 40 г қант ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 0,5 л суға ерітілген. Ерітіндінің температуrasesы 50°C-ге тең. Ерітіндінің үстіндегі қаныққан су буның қысымы қандай болады?

7.81. 30°C температурадағы ерітіндінің үстіндегі қаныққан будың серпімділігі 31,5 мм сын. бағ.-на тең. Осы ерітіндінің үстіндегі қаныққан будың серпімділігін 60°C температура үшін табу керек.

7.82. Ерітіндінің үстіндегі қаныққан будың серпімділігі, таза судың қаныққан буның серпімділігінен 1,02 есе кіші. Ерітілген заттың бір молекуласына су молекулаларының қаншасы тұра келеді?

7.83. Өздігінен ұшып кетпейтін 10 г зат 1 л суда ерітілген. Ерітіндінің температуrasesы 90°C-ге тең, ал ерітіндінің үстіндегі қаныққан бу 515,9 мм сын. бағ. қысымында. Ерітілген заттың бір киломолінің массасын табу керсі.

7.84. Бір киломольдегі $\mu = 60 \text{ кг/кмоль}$ массасы бар өздігінен ұшып кетпейтін зат суда ерітілген. Ерітіндінің температуrasesы 80°C, ал ерітіндінің үстіндегі қаныққан будың қысымы 353 мм сын. бағ. Ерітіндінің осмостық қысымын табу керек.

§ 8. Қатты денелер

Қысым dp өзгергендегі dT балқу температурасының өзгерісі Клаузиус — Клапейрон теңдеуі арқылы беріледі

$$dT = T \frac{V_c - V_k}{q_0} dp,$$

мұндағы q_0 — балқудың молекулалық жылуы, V_c — сұйықтың бір киломолінің көлемі, V_k — қатты дененің бір киломолінің көлемі, T — балқу температуrasesы.

Температура аса төмендемеген кезде қатты денелер үшін Дюлонға және Пти заңы тұра келеді. Бұл заң бойынша барлық химиялық жабайы қатты денелердің атомдық жылу сыйымдылығы шамамен алғанда $3R = 25 \cdot 10^3 \text{ дж/кг-атом} \cdot \text{град-қа}$ тең.

Жылу өткізгіштіктің салдарынан Δt уақыттың ішінде ауысатын жылудың мөлшері мынадай формуламен анықталынады:

$$Q = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta S \Delta t,$$

мұндағы $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ — ΔS ауданға перпендикуляр болып бағытталған температура градиенті. λ — жылу өткізгіштік коэффициенті.

Температуралық жоғарылатқанда қатты денелердің ұзындығы бірінші жуықтықта температурамен бірге сзықтық үлғаяды, яғни

$$l_t = l_0(1 + \alpha t),$$

мұндағы l_t — t температурадағы дененің ұзындығы, l_0 — оның 0°C температурадағы ұзындығы, ал α — жылулық сзықтық үлғаю коэффициенті.

Изотропты қатты денелер үшін $\alpha = \frac{1}{3} b$ болады, мұндағы b — жылулық көлемдік үлғаю коэффициенті.

Стреженьді бойлық созу (бір бетті сыйылу) деформациясы жағдайында стреженьнің ұзындығының салыстырмалы өзгерісі Гук заңы бойынша мынадай болады,

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha p_k = \frac{1}{E} p_k,$$

мұндағы p_k — меншікті күш, яғни $p_k = \frac{F}{S}$ болады, мұндағы F — созу (сығу) күші, S — көлденең қиманың ауданы, ал α — серпімділік коэффициенті. $E = \frac{1}{\alpha}$ шаманы серпімділік модулі (Юнга модулі) деп атайды.

Бойлық созылу кезінде стреженьнің қалындығының салыстырмалы өзгерісі

$$\frac{\Delta d}{d} = \beta p_k,$$

мұндагы β — көлденең сыйылу коэффициенті. Мына шаманы

$$\sigma = \frac{\beta}{\alpha}$$

Пуассонның коэффициенті деп атайды.

Стерженьді (сымды) белгілі бір бұрышқа бұру үшін міндетті түрде қос күш моментін түсіру керек:

$$M = \frac{\pi N r^4 \varphi}{2l},$$

мұндағы l — сымның ұзындығы, r — оның радиусы, ал N — сым материалының ығысу модулі.

8.1. 1 кмоль мұзды еріткендегі энтропияның өзгерісі $22,2 \text{ кДж/град-қа} \text{ тем}$. Сыртқы қысымды $1 \cdot 10^5 \text{ Н/m}^2$ -ге өзгерген кезде мұздың балқу температурасының қаншаға өзгеретінін табу керек.

8.2. 10^5 Н/m^2 қысымдағы қалайының балқу температурасы $231,9^\circ\text{C}$ -ге тем, ал 10^7 Н/m^2 қысымда оның балқу температурасы $232,2^\circ\text{C}$ -ге тем болды. Сүйық күйдегі қалайының тығыздығы $7,0 \text{ г/cm}^3$. 1 кмоль қалайыны балқытқандағы энтропияның өсуін табу керек.

8.3. Қысымды 1 кГ/cm^2 -ге өзгерткенде, темірдің балқу температурасы $0,012^\circ$ -қа өзгереді. Балқыған кезде бір киломоль темірдің көлемінің қаншама өзгеретіндігін табу керек.

8.4. Дюлонга мен Птидің заңын пайдаланып: 1) мыстың, 2) темірдің, 3) алюминийдің меншікті жылу сыйымдылығын табу керек.

8.5. Дюлонга мен Птидің заңын пайдаланып, ауырлығы $0,025 \text{ кГ}$ металл шариктің қандай материалдан жасалғандығын табу керек. Осы шарикті 10°C -ден 30°C -ге дейін қыздыру үшін 117 Дж жылу жұмсалынған.

8.6. Дюлонга мен Птидің заңын пайдаланып алюминийдің меншікті жылу сыйымдылығы платинаның жылу сыйымдылығына қарағанда неше есе үлкен болатындығын табу керек.

8.7. 400 м/сек жылдамдықпен ұшып келе жатқан қорғасын оқ қабырғаға соғылады да, оның ішіне кіріп кетеңі. Оқтың кинетикалық энергиясының 10 процентін оның өзін қыздыруға кетеді деп, оқтың қанша градусқа қызғанын табу керек. Қорғасынның меншікті жылу сыйымдылығын Дюлонга мен Птидің заңы бойынша табу керек.

8.8. Мыстан (қалындығы $d_1=9 \text{ мм}$) және темірден (қалындығы $d_2=3 \text{ мм}$) жасалынған пластинкалар біріктіріліп салынған. Мыс пластинканың сыртқы бетін $t_1=50^\circ\text{C}$ температурада тұрақты ұстап, ал темір пластин-

каның сыртқы бетін $t_2 = 0^\circ\text{C}$ температурада ұстап тұрып олардың бір-біріне тиіскен беттерінің температурасын t_x табу керек. Пластиналардың беттерінің ауданы олардың қалындығымен салыстырғанда анағұрлым үлкен.

8.9. Үйдің қабырғасының сыртқы бетінің температурасы $t_1 = -20^\circ\text{C}$, ал ішкі бетінің температурасы $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Қабырғаның қалындығы 40 см. Қабырғаның әрбір 1 м² бетінен бір сағаттың ішінде 110 ккал жылу өтеді деп алып, оның жылу өткізгіштік коэффициентін табу керек.

8.10. Еденінің ауданы 4×5 м, биіктігі 3 м, қабырғасы төрт кірпіштен қаланған бөлме бір минут ішінде қанша жылу мөлшерін жоғалтады? Бөлменің ішіндегі температура $t_1 = 15^\circ\text{C}$, сырттағы температура $t_2 = -20^\circ\text{C}$. Кірпіштің жылу өткізгіштік коэффициенті 0,002 кал/град·см·сек, қабырғаның қалындығы 50 см. Бөлменің едені мен төбесі арқылы кететін жылу шығынын ескермейміз.

8.11. Темір стерженьнің бір ұшы 100°C температурада ұсталып тұрады да, екінші ұшы мұзға тіреледі. Стерженьнің ұзындығы 14 см, көлденең қимасының ауданы 2 см². Стерженьді жылу жоғалтпайтындағы етіп изоляциялағаны сондайлық, оның қабырғасы арқылы шыққан жылуды ескермесе де болады. Мыналарды: 1) стерженьнің бойымен өткен жылудың жылдамдығын, 2) 40 мин ішінде еритін мұздың мөлшерін табу керек.

8.12. Егер мыс стерженьнің ұштарындағы температуралар айырмасы 15°C болса, онда көлденең қимасының ауданы 10 см², ұзындығы 50 см, стержень арқылы 1 сек ішінде қанша жылудың мөлшері өтеді? Жылу шығындарын ескермейміз.

8.13. Плитаның ұстінде диаметрі 15 см ішіне су толтырылған алюминий кастрюль тұр. Су қайнаған уақытта әрбір минут сайын 300 г су буы пайдада болып отырады. Кастрюльдің түбінің сыртқы бетінің температурасын табу керек. Кастрюльдің түбінің қалындығы 2 мм-ге тең. Жылу шығындарын ескермейміз.

8.14. Радиусы 9 см металл цилиндр ыдыс 0°C температурада мұзбен толтырылған. Үйдіс жылу өткізбейтіндей етіп қалындығы 1 см пробкамен жабылған. Егер сырттағы ауаның температурасы 25°C -ге тең болса, онда ыдыстың ішіндегі мұз қанша уақыттан кейін түгелімен

сриді? Жылудың ауысуы тек қана радиусы 9,5 см-ге тең ыдыстың бүйір беті арқылы өтеді деп есептейміз.

8.15. Қөлденең қимасының ауданы $S=10 \text{ см}^2$ болат стерженьді $t_1=0^\circ\text{C}$ -ден $t_2=30^\circ\text{C}$ -ге дейін қыздырғанда ұлғауына мүмкіндік бермеу үшін, оның ұштарына түсірілетін күштер қандай болу керек?

8.16. Радиусы 1 мм болат сымға жүк ілінген. Осы жүктің әсерінен сым, оны 20°C қыздырғандағыдан қосымша ұзындық алады. Жүктің шамасын табу керек?

8.17. 150°C температурадағы мыс сымы ыстық күйінде қозғалмайтын берік екі қабырғаның арасына керіп қоюылған. Сым суи келе, қандай температурада үзіліп кетеді? Гүктүң заңын сым үзіліп кеткенге дейін қолдануға болады деп есептейміз.

8.18. Кейбір металды 0-ден 500°C -ге дейін қыздырғанда, оның тығыздығы 1,027 есе кемиді. Осы металл үшін жылулық сыйықтық ұлғаю коэффициентін табу керек. Оны берілген температура интервалында тұрақты деп аламыз.

8.19. Қез келген температурада болат стерженьнің ұзындығы мыс стерженьнің ұзындығынан 5 см ұзын болу үшін осы болат және мыс стерженьдерінің 0°C -де ұзындықтары қандай болу керек?

8.20. Салмағы 1 кГ 0°C температурадағы мыс собықты (болванканы) қыздыру үшін 33 ккал жылу жұмсалынды. Осы уақытта оның көлемі неше есе үлкейеді? Мыстың жылу сыйымдылығын Дюлонға және Пти заңы бойынша табындар.

8.21. Қөлденең қимасы $1,5 \text{ mm}^2$ -ге тең мыс сымын созғанда қалдық деформацияның басталуы 4,5 кГ күш түсіргенде байқалды. Сым материалының серпімділігінің шегі қандай болады?

8.22. 1 Т күш түскенде үзіліп кетпей тәтеп беретін болат тростың шекті диаметрі қандай болу керек?

8.23. Вертикаль қалпында ілгенде өзінің меншікті салмағының әсерінен үзіліп кететін мыс сымының ұзындығын табу керек?

8.24. Осының алдындағы есепті қорғасын сым үшін шешініздер.

8.25. Теңіздің терендігін өлшеу үшін пароходтан болат арқанмен (трос) гир түсірілген. Арқаның салмағына қарағанда гирдің салмағын есепке алмай, осы тәсілмен ең терендікті қалай өлшеуге болатындығын табу керек. Теңіз суының тығыздығын $1 \text{ г}/\text{см}^3$ -ге тең деп аламыз.

8.26. Үйдің шатырынан ұзындығы 40 м , ал диаметрі 2 мм болат сым түсірілген. 1) Осы сым үзілмес үшін оған салмағы қандай жүк ілу керек? 2) Егер осы сымға салмағы 70 кГ адам асылып тұрса, онда сым қаншаға ұзарады? 3) Адам сымды босатып жіберген уақытта калдық деформация байқала ма? Болаттың серпімділік шегін $2,94 \cdot 10^8 \text{ н}/\text{м}^2$ -ге тең деп аламыз.

8.27. Радиусы 1 мм болат сымға 981 н жүк ілінген. Осы тепе-тендік қалыптан өткен уақытта үзіліп кетпеу үшін сымды жүгімен бірге қандай ең үлкен бұрышқа бұру керек?

8.28. Ұзындығы 50 см , диаметрі 1 мм темір сымға салмағы 1 кГ гир ілінген. Осы жүгі бар сымды вертикаль жазықтықта бір қалыпты айналдырғанда ол үзіліп кетпеу үшін бір секунд ішіндегі ең көп айналым саны қандай болу керек?

8.29. Ұзындығы 1 м біртекті мыс стержень, оның бір ұшынан өтетін вертикаль осьтің төңірегінде бір қалыпта айналады. Қандай айналу жылдамдығында стержень үзіліп кетеді?

8.30. Біртекті стержень оның ортасынан өтетін вертикаль осьтің төңірегінде бір қалыпта айналады. Стержень-нің ұшының сызықтық жылдамдығы $380 \text{ м}/\text{сек}\cdot\text{қа}$ жеткенде стержень үзіліп кетеді. Стержень материалының беріктік шегін табу керек. Стержень материалының тығыздығы $7900 \text{ кН}/\text{м}^3$ -ге тең.

8.31. Ұзындығы 1 м , ал радиусы 1 мм болат сымға 100 кГ жүк ілінген. Сымды созуда істелетін жұмыс неге тең?

8.32. Ұзындығы 42 см , ал радиусы 3 мм резенке шнурдан рогатка жасалынған. Бала рогаткамен атканда оның резенке шнуры $20 \text{ см}-\text{ге}$ созылады. Рогатқадан атылған салмағы $0,02 \text{ кГ}\cdot\text{ға}$ тең тас $20 \text{ см}/\text{сек}$ жылдамдықпен

ұшады деп алып, осы резенке үшін Юнга модулінің неге тең болатынын табу керек. Шнурды созғандағы оның қимасының өзгерісін есепке алмаймыз.

8.33. Ұзындығы 50 см, ішкі диаметрі 1 см резенке шланг берілген. Шлангты ұзындығы бұрынғы ұзындығынан 10 см артық болатында созған. Резенке үшін Пуассон коэффициентін 0,5-ге тең деп, созылғандағы шлангтың ішкі диаметрін табу керек.

8.34. 15-суреттегі AB — темір сым, ал CD — ұзындығы және көлденең қимасы AB -ға тең мыс сым, BD — ұзындығы 80 см стержень. Стерженьге $P=2 \text{ кГ}$ жүк ілінген. Стержень горизонталь қалыпта қалу үшін жүкті B нүктесінен қандай x қашықтықта ілу керек?

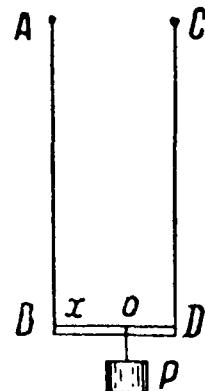
8.35. Ұзындығы 10 см, ал радиусы 0,1 мм сымды 10' бұрышқа бұрау үшін керек болатын қос күштің моментін табу керек. Сымның материалының ығыстыру модулі $5 \times 10^3 \text{ кГ/мм}^2$ -ге тең.

8.36. Гальванометрдің айнасы ұзындығы $L=10 \text{ см}$, ал диаметрі 0,01 мм сымға ілінген. Айнадан $D=1 \text{ м}$ қашықтықта түрған жарық ебелегінің (зайчик) шкала бойымен $l=1 \text{ мм}$ аудиосуына сәйкес келетін бұрау моментін табу керек. Сымның материалының ығыстыру модулі $4 \times 10^{11} \text{ дин}/\text{см}^2$ -ге тең.

8.37. 10' бұрышқа бұралған, ұзындығы 5 см, диаметрі $4 \cdot 10^{-3} \text{ см}$ сымның потенциал энергиясын табу керек. Сымның материалының ығыстыру модулі $5,9 \times 10^{11} \text{ дин}/\text{см}^2$ -ге тең.

8.38. Гальванометрдің орамы арқылы электр тогы өткенде, оның кішкене айна бекітілген рамкасына $2 \times 10^{-6} \text{ дин. см}$ -ге тең бұрау моменті әсер етеді. Сонда рамка кішкене ф бұрышқа бұрылады. Осы бұрауға кететін жұмыс $8,7 \times 10^{-16} \text{ дж}$ -ға тең. Гальванометрден 1 м қашықтықта түрған жарық ебелегі шкала бойымен қандай қашықтыққа аудисады?

8.39. Сымды созған кезде оның көлемі өзгермейтін



15-сурет.

жағдайдағы Пуассонның коэффициентінің мәнін табу керек.

8.40. Цилиндр мыс стерженьді $p = 1000 \text{ кГ}/\text{см}^2$ қысыммен сыйқан кездегі тығыздығының салыстырмалы өзгерісін табу керек. Мыс үшін Пуассон коэффициентін $\sigma = 0,34$ деп аламыз.

8.41. Ұзындығы 5 м темір сымы вертикаль ілінген. Егер сымға салмағы 10 кГ гир байланса, онда оның көлемі қаншаға өзгереді? Темір үшін Пуассонның коэффициенті 0,3-ке тең деп аламыз.

III ТАРАУ

ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

ЭЛЕКТРЛІК ЖӘНЕ МАГНИТТІК БІРЛІКТЕР

Бірліктердің халықаралық системасының (СИ) құрамына енетін электрлік және магниттік шамаларды өлшеудеге арналған (ГОСТ 8033-56) — МКСА системасы.

Бұл системаның негізгі бірліктеріне метр (*m*), килограмм (*kg*), секунд (*sek*) және ампер (*a*) алынады. МКСА системасының туынды бірліктері физикалық шамалардың арасындағы байланысты белгілейтін заңдардың негізінде жасалады. Мысалы, электр мөлшерінің бірлігі кулон (*k*), $q=It$ тендеуінен ток күші $1\ a$, яғни $1\ k = 1\ a \cdot 1\ sek$ болғанда $1\ sek$ ішінде сымның көлденең қимасынан өтетін электр мөлшері түрінде анықталады. Потенциал айрымының бірлігін — вольт (*v*) — $P=U/I$ тендеуінен тауып, анықтауға болады. Осыдан $1\ v = \frac{1\ v \cdot m}{1\ a}$. Мұндағы *P* — токтың қуаты. Осындай жолмен МКСА системасындағы басқа да туынды шамалардың бірліктерін тауып алудымызға болады (12-таблицаны қараңыздар).

МКСА бірліктер системасын қолдану формулаларды рационализациялауға байланысты болады. Электрлік және магниттік құбылыстардың теориясына қатысты көптеген тендеулерге 4π сан көбейткіші енгізілген (мысалы, Гаусс теоремасы, жазық конденсатордың сыйымдылығы, соленоидтың ішіндегі магнит өрісінің кернеулігі т. б.). Тендеулерді рационализациялаудың мақсаты, осы көбейткішті электротехникада және радиотехникада анағұрлым жиі қолданылатын формулалардан шығарып тастау. Алайда 4π көбейткіші басқада сирек пайдаланатын, оның бұл формулаларда болуы кейбір геометриялық ойлармен түсіндірілуі мүмкін болатын формулаларға енеді. ГОСТ бойынша Халықаралық системасының электр және магнит бірліктері электромагнит өрісі тен-

12-таблица

Шама және оның белгілері	Бірліктеді анықтауға ариалған тәндеулөр	Өлшеу бірлігі	Бірліктердің кыскаша белгілері	Шэмсалардың өлшемділігі
Негізгі бірліктер				
Ұзындық l	—	метр	m	L
Масса m	—	килограмм	kg	M
Уақыт t	—	секунд	сек	T
Электр тогызының күші I	—	ампер	a	I
Тұынды бірліктер				
Электр мөлшері	$q=It$	кулон немесе ампер-секунд	$k(a \cdot \text{сек})$	TI
Электр ығысуының ағыны (электр индукциясының ағыны)	$\psi=N_D = \sum q$	кулон	k	TI
Электр зарядының сыйықтық тығыздығы	$\tau=\frac{q}{l}$	кулон бөлінген метр	k/m	$L^{-1}TI$
Электр зарядының беттік тығыздығы	$\sigma=\frac{q}{S}$	кулон бөлінген квадрат метр	k/m^2	$L^{-2}TI$
Электрлік ығысу (электр индукциясы)	$D=\sigma$	кулон бөлінген квадрат метр	k/m^2	$L^{-2}TI$
Электр зарядының көлемдік тығыздығы	$\delta=\frac{q}{V}$	кулон бөлінген куб метр	k/m^3	$L^{-3}TI$
Потенциал айрымы; электр қозғауыш күш	$\Delta U = \frac{A}{q}$	вольт	v	$L^2 MT^{-3} I^{-1}$
Электр өрісінің кернеуділігі	$E=\frac{U}{l}$	вольт бөлінген метр	v/m	$LMT^{-3}I^{-1}$
Электр кедергісі	$R=\frac{U}{I}$	ом	ohm	$L^2 MT^{-3} I^{-2}$
Меншікті электр кедергісі	$\rho=\frac{RS}{l}$	ом-метр	$ohm \cdot m$	$L^3 MT^{-3} I^{-2}$

Жалғасы

Шама және оның белгілері	Бірліктерді анықтауға] арналған тендеулер	Өлшеу бірлігі	Бірліктердің қысқаша белгілері	Шамалардың өлшемділігі
Электр сыйымдылығы Токтың тығыздығы	$C = \frac{q}{U}$ $J = \frac{I}{S}$	фарада ампер бөлінген квадрат метр	ϕ a/m^2	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$ $L^{-2} I$
Магнит индукциясының ағыны Магнит индукциясы	$ d\Phi = Edt$ $B = \frac{\Phi}{S}$	вебер тесла (вебер бөлінген квадрат метрге)	$8б$ ml	$L^2 M T^{-2} I^{-1}$ $MT^{-2} I^{-1}$
Индуктивтік Магнит өрісінің кернеуділігі	$ L = \frac{E}{dI/dt}$ $H = \frac{I}{2\pi r}$	генри ампер метрге	gn a/m	$L^2 M T^{-2} I^{-2}$ $L^{-1} I$
Тогы бар контурдың моменті (стрелкасы)	$p = IS$	ампер-квадрат метр	$a \cdot m^2$	$L^2 I$

деуінің рационализацияланған формасы үшін пайдаланады. Осыған сәйкес III тараудың кіріспесіндегі теңдеулер рационализацияланған түрде берілген.

Сондай-ақ ГОСТ 8033-56 МКСА системасынан басқа электрлік және магниттік өлшеулер үшін СГС системасын (Гаусс системасы) қолдануға рұқсат етеді. Сондықтан, есептің шартында берілетін сан мәндері әр уақытта да МКСА системасында берілмейу мүмкін. Бірақ, бір тұтас системаны пайдалануға байланысты болатын артықшылықтарды ескере отырып, біздер ілгерідегі тараудағы сияқты есептерді тек қана МКСА системасында шығаратын боламыз. Ол үшін есептің шартында берілген сан мәндерді МКСА системасының бірліктеріне ауыстыру керек болады. 13-таблицада, ГОСТ 8033-56 сәйкес, СГС

және МҚСА системасындағы кейбір бірліктердің арасындағы өзара қатынастары келтірілген.

СГС системасындағы көпшілік бірліктердің атаулары болмағандықтан, қайсы бір физикалық шамалардың бірліктерін сәйкес индекстері бар символымен белгілейтін боламыз. Мысалы, ток құшінің бірлігін — СГС₁, символымен, ал сыйымдылық бірлігін — СГС_c символымен белгілейміз т. б.

13-таблицада келтірілген қатынастар рационализацияланбаған тендеулер формасы үшін берілген СГС системасындағы бірліктер мен рационализацияланған электромагнит өрісінің тендеулерінің формасы үшін берілген МҚСА системасындағы бірліктерге арналған. Тендеулердің рационализацияланбаған және рационализацияланған түрлерінің арасындағы байланысты қосымшадан қаралыздар.

Ортаның салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштігін енгіземіз $\epsilon = \frac{\epsilon'}{\epsilon_0}$, мұндағы ϵ' — ортаның абсолют диэлектрлік өткізгіштігі, оның сандық мәні ортаның қасиеті мен бірліктер системасын таңдап алуға байланысты болады; ϵ_0 — вакуумның диэлектрлік өткізгіштігі. ϵ_0 шамасы электр тұрақтысы деп аталады, оның сандық мәні тек қана өлшеу бірліктерінің системасын таңдап алуға байланысты болады. Ендеше, барлық тендеулердегі ϵ орнына, оның сандық мәнімен тең келетін $\epsilon_0\epsilon$ шаманы алуымызға болады, мұндағы ϵ_0 — электр тұрақтысы, ал ϵ — вакууммен салыстырғандағы ортаның диэлектрлік өткізгіштігінің мәнін, яғни диэлектрлік өткізгіштің әдеттегі таблицалық мәнін көрсетеді. СГС системасында

$$\epsilon_0 = 1 \text{ және } \epsilon' = \epsilon,$$

МҚСА системасында

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi c^2} \cdot 10^7 \text{ ф/м} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м} \quad (c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек})$$

Осыған үқсас, ортаның μ' абсолют магнит өткізгіштігінің орнына, оның сандық мәніне тең келетін $\mu_0\mu$ шаманы аламыз, мұндағы μ_0 — магнит тұрақтысы, ал μ — вакууммен салыстырғандағы ортаның магнит өткізгіштігі-

13 - т а б л и ц а

Шама	Өлшемдер бірлігі және оның СИ бірліктерімен байланысы
Ток күші	$1 \text{ СГС}_I = \frac{10}{c} a = \frac{1}{3} \cdot 10^{-9} a$
Электр мөлшері	$1 \text{ СГС}_q = \frac{10}{c} \kappa = \frac{1}{3} \cdot 10^{-9} \kappa$
Электр ығысудың ағыны (электрлік индукцияның ағыны)	$1 \text{ СГС}_\psi = \frac{10}{4nc} \kappa = \frac{1}{4n \cdot 3} \cdot 10^{-9} \kappa$
Электрлік ығысу индукциясы	$1 \text{ СГС}_D = \frac{10^5}{4nc} \kappa/m^2 = \frac{1}{4n \cdot 3} \cdot 10^{-5} \kappa/m^2$
Электр зарядының беттік тығыздығы	$1 \text{ СГС}_\sigma = \frac{10^5}{c} \kappa/m^2 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \kappa/m^2$
Потенциал айырмасы	$1 \text{ СГС}_U = c \cdot 10^{-8} \varepsilon = 3 \cdot 10^2 \varepsilon$
Электр өрісінің кернеулігі	$1 \text{ СГС}_E = c \cdot 10^{-6} \varepsilon/m = 3 \cdot 10^4 \varepsilon/m$
Электр кедергісі	$1 \text{ СГС}_R = c^2 \cdot 10^{-9} \Omega m = 9 \cdot 10^{11} \Omega m$
Меншікті электр кедергісі	$1 \text{ СГС}_\rho = c^2 \cdot 10^{-11} \Omega \cdot m = 9 \cdot 10^9 \Omega \cdot m$
Электр сыйымдылығы	$1 \text{ СГС}_C = \frac{1}{c^2} \cdot 10^9 \phi = \frac{1}{9} \cdot 10^{-11} \phi$
Токтың тығыздығы	$1 \text{ СГС}_j = \frac{10}{c} a/m^2 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} a/m^2$
Магниттік индукция ағыны	$1 \text{ СГС}_\Phi = 1 \text{ максвелл (мкс)} = 10^{-8} \varepsilon b$

Жалғасы

Шама	Өлшемдер бірлігі және онын СИ бірліктерімен байланысы
Магниттік индукция	$1 \text{ СГСв} = 1 \text{ гаусс} (gc) = 10^{-4} \text{ Тл}$
Индуктивтік	$1 \text{ СГС}_L = c^2 \cdot 10^{-9} \text{ ГН} = 9 \cdot 10^{11} \text{ ГН}^*$
Магнит өрісінің кернеулігі	$1 \text{ СГС}_H = 1 \text{ эрстед} (\varrho) = \frac{1}{4\pi} \cdot 10^3 \text{ а/м}$

Ескертү. Осы таблицада бостықтағы жарық жылдамдығының сандық мәні бір секундтағы сантиметрмен берілген, яғни $c=3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$.

* Индуктивтіктің бірлігін анықтайтын тендеу ретінде $\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$ тендеуді немесе $\Phi = LI$ тендеуді алуымызға болады. (СГС системасында $\Phi = \frac{1}{c} LI$). Бірінші тендеуден мынаны аламыз $|L| = \frac{\mathcal{E} dt}{dI}$. Ендеше,

$$1 \text{ ГН} = \frac{1 \text{ в} \cdot 1 \text{ сек}}{1 \text{ а}} = \frac{\left[\frac{1}{c} \cdot 10^8 \text{ СГС}_U \right] \cdot 1 \text{ сек}}{\frac{c}{10} \text{ СГС}_I} = \frac{1}{c^2} \cdot 10^9 \text{ СГС}_L.$$

осыдан $1 \text{ СГС}_L = c^2 \cdot 10^{-9} \text{ ГН}$ шығады. Бұл қатынас ГОСТ 8033-56-ға сәйкес 13-таблицаға енгізілген. Егер екінші тендеуді алатын болсақ, онда $L = \frac{c\Phi}{I}$, ендеше

$$1 \text{ ГН} = \frac{c \cdot 1 \text{ вб}}{1 \text{ а}} = \frac{c (10^8 \text{ СГС}_\Phi)}{\frac{c}{10} \text{ СГС}_I} = 10^9 \text{ СГС}_L,$$

осыдан $1 \text{ СГС}_L = 10^{-9} \text{ ГН}$ шығады. Бұл қатынас физиканың барлық оқулыктарында келтірілген деуге болады. Бұл ГОСТ кейде соңғы қатынастың пайдасына өзгеруі мүмкін. Берілген есептер жиһағында біз СГС_L бірліктерімен пайдаланбай, тек қана индуктивтікті СИ бірліктерімен — гепримен өрнектейтін боламыз.

нің мәні, яғни магнит өткізгіштігінің әдеттегі табицалық мәні. СГС системасында

$$\mu_0 = 1 \text{ және } \mu' = \mu.$$

Ал МКСА системасында

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м.}$$

Есеп шыгарудың мысалдары

1-есеп. Шарикті $\mu = 4 \text{ СГС}_U$ потенциалға дейін зарядтағанда, оның бетіндегі зарядтың беттік тығыздығы мынаған тең болады деп алып

$$\sigma = 0,138 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2},$$

ауда түрған шариктің радиусын табу керек.

Шешүі. Шардың заряды q , оның сыйымдылығы C және оның потенциалы U , төмендегі қатынас арқылы байланысады:

$$C = \frac{q}{U}. \quad (1)$$

Мұндағы

$$q = \sigma 4\pi r^2. \quad (2)$$

Бұдан басқа шардың сыйымдылығы мынаған тең:

$$C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon r \quad (3)$$

(1), (2) және (3) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$r = \frac{\epsilon_0 \epsilon U}{\sigma}. \quad (4)$$

Бізде $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м}$, $\epsilon = 1$, $U = 4 \text{ СГС}_U = 12 \cdot 10^2 \text{ в}$, $\sigma = 0,138 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2} = \frac{0,138}{3} \cdot 10^{-5} \text{ к/м}^2$. Осы берілгендерді (4)-ке қойып табатынымыз

$$r = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 12 \cdot 10^2 \cdot 3}{0,138 \cdot 10^{-5}} \text{ м} = 23 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,3 \text{ см},$$

2-есеп. Қазық конденсатордағы электр индукциясы (электрлік ығысу) 10^{-5} к/м^2 -ге тең. Осы конденсатордың

пластинкаларындағы зарядтың беттік тығыздығы неге тең?

Шешуі. Бізге берілген $D = \epsilon_0 \epsilon E$, бірақ $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$, олай болса

$$D = \epsilon_0 \epsilon \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = \sigma, \quad (1)$$

яғни электр өрісінің индукциясының сан мәні конденсатордың пластинкаларындағы зарядтың беттік тығыздығына тең болады. Бізде $D = 10^{-5} \text{ к/м}^2$, олай болса $\sigma = 10^{-5} \text{ к/м}^2$ тең болады. Енді, D мен σ мәндерін СГС системасының бірліктеріне көшірейік. 13-таблица бойынша,

$$1 \text{ СГС}_D = \frac{10^5}{4\pi c} \text{ к/м}^2, \text{ немесе } 1 \text{ к/м}^2 = \frac{4\pi c}{10^5} \text{ СГС}_D. \quad (2)$$

Онда

$$D = 10^{-5} \text{ к/м}^2 = 10^{-5} \frac{4\pi c}{10^5} \text{ СГС}_D = 37,7 \text{ СГС}_D. \quad (3)$$

Осының үстіне $\sigma = 10^{-5} \text{ к/м}^2$. 13-таблицаға сәйкес I $\kappa = \frac{c}{10} \text{ СГС}_q$. Бұдан басқа, 1 $m = 10^2 \text{ см}$, ендеше

$$1 \text{ к/м}^2 = \frac{c}{10} \frac{\text{СГС}_q}{10^4 \text{ см}^2} = 3 \cdot 10^5 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2} \quad (4)$$

және

$$\sigma = 10^{-5} \text{ к/м}^2 = 10^{-5} 3 \cdot 10^5 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2} = 3 \frac{\text{СГС}_q}{\text{см}^2}. \quad (5)$$

Сонымен, D және σ шамалары сан жағынан тек қана рационализацияланған МКСА системасында тең болады. Рационализацияланбаған СГС системасында олардың сан мәндері бір-біріне сәйкес келмейді. Сондықтан бірліктерді «кулонды квадрат метрге бөлгендегі» СГС системасына айналдырғанда, міндетті түрде осы атаулардың қандай шамалардың жаңында түрғанын ескерген жөн, өйткені, (2) және (4) тендеулер бойынша

$$1 \text{ к/м}^2 = 1 \text{ МКСА}_D = \frac{4\pi c}{10^5} \text{ СГС}_D$$

және

$$1 \text{ } \kappa/m^2 = 1 \text{ MKCA}_\sigma = 3 \cdot 10^5 \text{ CGC}_q/cm^2.$$

3-есеп. Өзекіз ұзын катушканың ұзына бойындағы обмотка арқылы $I=4a$ тоқ жібергенде, осы катушка арқылы өтетін магниттік индукция ағыны $\Phi=250 \text{ mкс}$ -қа тең болды. Катушканың көлденең қимасының ауданы $S=5 \text{ cm}^2$. Осы катушканың бірлік ұзындығына келетін орам саны қанша?

Шешуі. Соленоид арқылы өтетін магниттік индукция ағыны мына формуламен анықталады $\Phi=\mu_0\mu InS$. Осыдан

$$n = \frac{\Phi}{\mu_0\mu/S}. \quad (1)$$

Бізде $\Phi=250 \text{ mкс}=250 \cdot 10^{-8} \text{ вб}$, $\mu_0=12,57 \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$, $\mu=1$, $I=4a$, $S=5 \text{ cm}^2=5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Осы берілгендерді (1) теңдеуге қойып аламыз

$$n = \frac{250 \cdot 10^{-8}}{12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} \frac{1}{m} = 1000 \text{ м}^{-1}.$$

4-есеп. Жазық конденсатор аккумулятордың батареясынан $U=80 \text{ в}$ потенциал айырмасына дейін периодты түрде зарядталады да, соленоид (өзекіз) арқылы разрядталады. Конденсаторды бір секунд сайын 100 рет ауыстырып-қосып отырады. Конденсатордың пластинкаларының ауданы $S=100 \text{ cm}^2$, пластинкалардың араларының қашықтығы $d=4,7 \text{ мм}-ге$ тең. Пластинканың арасындағы кеңістік парафинмен ($\epsilon=2,1$) толтырылған. Ұзындығы $l=25 \text{ см}$ соленоидтың орамының саны $N=250$. Соленоидтағы магнит индукциясының орташа мәнін табу керек.

Шешуі. Конденсаторды разрядтаған сайын соленоид арқылы $q=CU$ электр мәлшері өтеді, мұндағы C — конденсатордың сыйымдылығы, ол $C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$. Соленоид арқылы өтетін орташа ток күші $I=q \cdot n$, мұндағы n — секунд сайын болатын разрядтың саны. Соленоидтың ішіндегі магнит өрісінің кернеулігі $H=I \frac{N}{l}$. Соленоидтағы магнит

индукциясы $B = \mu_0 \mu \epsilon_0 \epsilon S UnN / ld$. Барлық осы теңдеулердің соңында алатынымыз

$$B = \frac{\mu_0 \mu \epsilon_0 \epsilon S UnN}{ld}. \quad (1)$$

Бізде $\mu_0 = 12,57 \cdot 10^{-7}$ гн/м, $\mu = 1$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м, $\epsilon = 2,1$, $S = 100 \text{ см}^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $U = 80 \text{ в}$, $n = 100 \frac{1}{\text{сек}}$, $N = 250$, $l = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$ және $d = 4,7 \text{ мм} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Осы берілгендерді (1)-ге қойып, мынаны аламыз:

$$B = \frac{12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,1 \cdot 10^{-2} \cdot 80 \cdot 10^2 \cdot 250}{0,25 \cdot 4,7 \cdot 10^{-3}} \text{ м.а.} = 3,97 \cdot 10^{-10} \text{ м.а.}$$

13-таблицаны пайдаланып, есептің жауабын Гаусс арқылы беруге болады

$$B = 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ гс.}$$

§ 9. Электростатика

Кулон заңы бойынша, өлшемдері олардың өз ара қашықтықтарымен салыстырғанда шағын болып келетін, зарядталған екі дененің арасындағы әсер етуші күш төмендегі формуламен анықталады:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2},$$

мұндағы q_1 және q_2 — денелердің электр заряды, r — олардың өз ара қашықтықтары, ϵ — ортаның салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштігі және ϵ_0 — МКСА системасындағы $8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м-ге тең электр тұрақтысы. Электр өрісінің кернеулігі мынадай формуламен анықталады:

$$E = \frac{F}{q},$$

мұндағы F — q зарядқа әсер ететін күш.

Нүктелік заряд өрісінің кернеулігі мынаған тең:

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

Бірнеше зарядтан пайда болатын (мысалы, дипольдің

өрісі) электр өрісінің кернеулігін өрістерді геометриялық косу ережесі бойынша табады.

Гаусстың теоремасы бойынша кез келген түйік бет арқылы өтетін кернеуліктің ағыны төмендегідей:

$$N_E = \frac{\sum q}{\epsilon_0 \epsilon},$$

мұндағы $\sum q$ — осы беттің ішінде түрған зарядтардың алгебралық қосындысы. Осыған сәйкес кез келген түйік бет арқылы өтетін электр индукциясының ағыны мынаған тең:

$$N_D = \sum q.$$

Гаусстың теоремасы бойынша әр түрлі зарядталған денелерден пайда болған электр өрісінің кернеулігін табуға болады.

Зарядталған шекіз ұзын жіптің жасаған өрісінің кернеулігі

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

мұндағы τ — жіптің бойындағы зарядтың сызықтық тығыздығы, ал a — жіп пен зарядтың арасындағы қашықтық. Егер жіптің ұзындығы шекті десек, онда нүктеден a қашықтықта түрған жіптің ортасынан түсірілген перпендикулярдың үстінде нүктедегі өріс кернеулігі мынаған тең:

$$E = \frac{\tau \sin \theta}{2\pi\epsilon_0 \epsilon a},$$

мұндағы θ — жіптің ұшына қарай жүргізген нормаль мен қарастырып отырған нүктеден жіпке түсірілген радиус-вектордың арасындағы бұрыш.

Зарядталған шекіз созылған жазықтықтың жасайтын өрісінің кернеулігі мынаған тең:

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

мұндағы σ — жазықтықтағы зарядтың беттік тығыздығы.

Егер жазықтықты радиусы R диск деп қарастырсақ, онда нүктеден a қашықтықта түрған дискінің центрінен

түсірілген перпендикулярда жатқан нүктедегі өрістің кернеулігі мынаған тең:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left(1 - \frac{a}{\sqrt{R^2 + a^2}} \right).$$

Әр атты зарядталған паралель шексіз жазықтықтардан жазық конденсатордың өрісі (жасаған пайда болған кернеулігі)

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

Зарядталған шардың жасаған өрісінің кернеулігі

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

мұндағы q — радиусы R шардың заряды; r — шардың центрінен бастап есептелген қашықтық және $r > R$.

Өрістің D электр индукциясы мына қатынаспен анықталынады:

$$D = \epsilon_0\epsilon E = \sigma.$$

Электр өрісінің екі нүктесінің арасындағы потенциал айырмасы бірлік зарядты бір нүктеден екінші нүктеге көшіру үшін істелінетін жұмыспен анықталады

$$U_1 - U_2 = \frac{A}{q}.$$

Нүктелік зарядтың өрісі потенциалы

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

мұндағы r — зарядтан бастап есептелген қашықтық.

Электр өрісінің кернеулігі мен потенциал мына қатыспен байланысты:

$$E = -\frac{dU}{dr}.$$

Біртекті өріс болған жағдайда — жазық конденсатордың өрісі

$$E = \frac{U}{d},$$

мұнда U — конденсатордың пластиналарының арасындағы потенциал айырмасы, ал d — олардың ара қашықтығы.

Оңашаланған өткізгіштің потенциалы мен оның заряды арасындағы қатынас мынадай:

$$q = CU,$$

мұндағы C — өткізгіш сыйымдылығы.

Жазық конденсатордың сыйымдылығы

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d},$$

мұнда S — конденсатордың әрбір пластинасының ауданы.

Сфералық конденсатордың сыйымдылығы

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0 \epsilon r R}{R - r},$$

мұндағы r — ішкі сфераның радиусы, ал R — сыртқы сфераның радиусы. $R = \infty$ болған жағдайда,

$$C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon r$$

оңашаланған шардың сыйымдылығын көрсетеді.

Цилиндрлік конденсатордың сыйымдылығы

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 \epsilon L}{\ln \frac{R}{r}},$$

мұндағы L — коаксиалды цилиндрлердің биіктігі, r мен R — соған сәйкес ішкі және сыртқы цилиндрлердің сәйкес радиустары.

Конденсаторлардың системасының сыйымдылығы: параллель қосылған конденсаторларда

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots,$$

тізбектеп қосылғап конденсаторларда

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} +$$

Оңашаланып зарядталған өткізгіштіктің энергиясын төмендегі үш формууланың біреуі арқылы тауып алуға болады:

$$W = \frac{1}{2} qU, \quad W = \frac{1}{2} CU^2, \quad W = \frac{q^2}{2C};$$

жазық конденсатор болған жағдайда

$$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S d}{2} = \frac{\sigma^2 S d}{2\epsilon_0 \epsilon},$$

мұндағы S — әрбір пластинаның ауданы, σ — пластиналардағы зарядтың беттік тығыздығы. U — пластиналардың арасындағы потенциал айырмасы.

Мына шаманы

$$W_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}$$

электр өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы деп атайды.

Жазық конденсатор пластиналарының өз ара тартылу күші

$$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon}.$$

9.1. Сутегі атомының ядросы мен электронның арасындағы тартылу күшін табу керек. Сутегі атомының радиусы $0,5 \cdot 10^{-8}$ см-ге тең, ал ядроның заряды шамасы жағынан электронның зарядына тең болады да таңбасы жағынан қарама-қарсы болады.

9.2. Ауада бір-бірінен 20 см қашықтықта тұрған екі нүктелік заряд кейбір күшпен өз ара әсер етіледі. Сол өз ара әсер күші сақталу үшін, осы зарядтарды майдың ішінде бір-бірінен қандай қашықтықта орналастыру керек?

9.3. Екі нүктелік зарядтардың өз ара әсер күшінің, әрбір 2 см-ден кейінгі $2 \leq r \leq 10$ см интервалындағы ара қашықтығына тәуелділігінің графигін салу керек. Зарядтар сәйкес $2 \cdot 10^{-8}$ к және $3 \cdot 10^{-8}$ к-ға тең.

9.4. Екі протондардың арасындағы ньютондық тартылу күші, олардың кулондық тебу күшінен ише есе аз болады? Протонның зарядының сан мәнін электрон зарядына тең болады.

9.5. Натрий атомының ядросы мен оны атқылайтын протонның арасындағы электростатикалық тебілу күшін есептеп шығару керек. Протон натрий атомының ядронына $6 \cdot 10^{-12}$ см қашықтыққа жақындағы деп есептейміз. Натрий ядросының заряды, протонның зарядына 11 есе

ұлken. Натрий атомының электрондық қабығына тигізетін әсерін ескермейміз.

9.6. Әрқайсының салмағы $0,2 \text{ кГ}$ екі бірдей зарядталған металдан істелген шарик бір-бірінен біршама қашықтықта орналасқан. Осы қашықтықта олардың электростатикалық энергиясы олардың өз ара гравитациялық энергиясынан миллион есе көп деп алып, шариктердің зарядын табу керек.

9.7. Заряды q , ал массасы m екі бөлшектің электростатикалық өз ара әсерінің энергиясы олардың гравитациялық өз ара әсерінің энергиясынан неше есе ұлken болады? Есепті: 1) электрондар және 2) протондар үшін шешу керек.

9.8. Екі нүктелік зарядтың потенциалың электростатикалық энергиясының олардың әрбір 2 см -ден кейінгі $2 \leq r \leq 10 \text{ см}$ интервалдағы ара қашықтығына тәуелділігінің графигін салу керек. Зарядтар $q_1 = 10^{-9} \text{ к}$ және $q_2 = -3 \times 10^{-9} \text{ к}$ -ға тең; $\epsilon = 1$. Графикті: 1) біртекті зарядтар, 2) әр текті зарядтар жағдайында салу керек.

9.9 $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ к}$ және $q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ к}$ нүктелік зарядтардың ортасында жатқан нүктедегі электр өрісінің кернеулігін табу керек. Зарядтардың араларының қашықтығы $r = 10 \text{ см}$ -ге тең; $\epsilon = 1$.

9.10. Әрбір тәбесінде 7 СГС_q зарядтаң жатқан квадраттың центрінде теріс заряд тұр. Әрбір зарядқа әсер етуші қорытқы күшті нольге тең деп алып, осы зарядтың шамасын табу керек.

9.11. Дұрыс алтыбұрыштың тәбелерінде үш оң және үш теріс зарядтар орналасқан. Осы зарядтардың орналасуының түрліше комбинациясындағы алтыбұрыштың центріндегі электр өрісінің кернеулігін табу керек. Әрбір зарядтың шамасы $q = 4,5 \text{ СГС}_q$. Алтыбұрыштың қабырғасы 3 см -ге тең.

9.12. Алдыңғы есепті, алтыбұрыштың тәбелеріндегі барлық алты зарядты да оң деп алған жағдайда шығарыңыздар.

9.13. Екі нүктелік $q_1 = 22,5 \text{ СГС}_q$ және $q_2 = -44,0 \text{ СГС}_q$ зарядтардың араларының қашықтығы 5 см -ге тең. Оң зарядтаң 3 см қашықтықта, ал теріс зарядтаң 4 см қашықтықта жатқан нүктедегі электр өрісінің кернеулігін табу керек.

9.14. Радиустары мен салмагы бірдей екі шарик олардың беттері бір-біріне тиісп тұратындаған етіп жіпке ілінген. Шариктерге $q_0 = 4 \cdot 10^{-7}$ к заряд бергеннен кейін, олар бірін-бірі табеді де 60° бұрышқа алшақтап кетеді. Шариктерді ілген нүктеден оның центрге дейінгі ара қашықтығын 20 см-ге тең деп алғып, шариктердің салмагын табу керек.

9.15. Радиустары және салмагы бірдей екі шариктің беттері бір-біріне тиіп тұратындаған етіп екі жіпке ілген. Жіптердің керілуі $0,098$ н-га тең болу үшін шариктерге қандай заряд беру керек? Шариктің ілу нүктесінен оның центріне дейінгі ара қашықтық 10 см-ге тең. Эрбір шариктің салмагы $5 \cdot 10^{-3}$ кГ-ға тең.

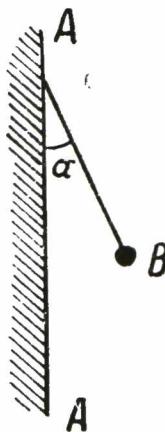
9.16. Шариктердің көрсөнгө батырғанда, олардың ілінген жіптерінің алшақтау бұрышын 54° -қа тең деп алғып, 9.14, есептегі шариктердің материалының тығыздығын табу керек.

9.17. Ұзындықтары бірдей жіпке ілінген, радиустары мен салмақтары бірдей, екі зарядталған шариктің тығыздығы ρ_1 , ал диэлектрлік өнімділігі ϵ сүйық диэлектриктің ішіне батырылады. Шарик ілінген жіптердің ауадағы және диэлектриктең алшақтау бұрышы бірдей болу үшін шариктің материалының тығыздығы ρ қандай болу керек?

9.18. 16-суреттегі, AA — зарядының беттік тығыздығы 4×10^{-9} к/см² зарядталған шекіз жазықтық, ал B — массасы 1 г және заряды 3 СГС_q біртекті зарядталған шарик. Шарик ілініп тұрган жіптің AA жазықтығымен жасайтын бұрышы қандай?

9.19. 16-суреттегі AA — зарядталған шекіз жазықтық, ал B — салмагы $P = 4 \cdot 10^{-5}$ кГ заряды $q = 6,67 \cdot 10^{-10}$ к біртекті зарядталған шарик. Шарик ілінулі тұрган жіптің керілуі $F = 4,9 \cdot 10^{-4}$ н-га тең. AA жазықтықтагы зарядтың беттік тығыздығын табу керек.

9.20. Заряд: 1) зарядының сызықтық тығыздығы $2 \cdot 10^{-9}$ к/см болатын зарядталған жіптен 2 см қашықтықта, 2) зарядының беттік тығыздығы $2 \cdot 10^{-9}$ к/см² зарядталған жазықтықтың өрісінде, 3) радиусы 2 см және зарядының беттік тығыздығы $2 \cdot 10^{-9}$ к/см² зарядталған



16-сурет.

шар бетінен 2 см қашықтықта орын ауыстырады деп алып, 2 СГС_q зарядына әсер ететін күшті табу керек.

9.21. Өрісті: 1) 100 СГС_q нүктелік зарядташ, 2) зарядының салықтық тығыздығы $1,67 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}$ шексіз ұзын зарядталған жінтең, 3) зарядының беттік тығыздығы $2,5 \cdot 10^{-9} \text{ к/см}^2$ шексіз созылған зарядталған жіптен жасалған деп алып, әрбір $1 \text{ см}-\text{дең} \text{ кейінгі } 1 \text{--} r \text{--} 5 \text{ см}$ интервалдагы, электр өрісінің кернеулігінің ара қашықтыққа тәуелді екендігін көрсететін қисықтарды бір графикке сыйзу керек.

9.22. Бір валситті ионшаш $2 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ қашықтықтағы электр өрісінің керисулігін табу керек. Нон зарядын нүктелік заряд деп қарастырамыз.

9.23. Зарядталған шексіз жазықтықтың электр өрісі осы өрісте тұрған зарядталған шексіз ұзын жіптің әрбір метріне қандай күшпен әсер етеді? Жіптегі зарядтың салықтық тығыздығы $3 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}$ және жазықтықтың үстіндегі зарядтың беттік тығыздығы $2 \times 10^{-9} \text{ к/см}^2$.

9.24. Бір-бірінен 2 см қашықтықта тұрған, зарядтарының салықтық тығыздығы $3 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}$, зарядталған екі шексіз ұзын жіп бір-бірінен қандай күшпен (бірлік ұзындыққа келетін) тебіледі? Осы жіпті бір-бірінен $1 \text{ см}-\text{ге}$ ығыстыру үшін қандай жұмыс (бірлік ұзындыққа келетін) істей керек болады?

9.25. Аттас зарядталған екі ұзын жіп бір-бірінен $a=10 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан. Жіптердегі зарядтардың салықтық тығыздығы $\tau_1=\tau_2=10^{-7} \text{ к/см}$. Әрбір жіптен 10 см қашықтықта тұрған нүктедегі қорытқы электр өрісінің кернеулігінің бағыты мен шамасын табу керек.

9.26. Зарядтарының беттік тығыздығы бірдей, $3 \cdot 10^{-8} \text{ к/см}^2$ болатын аттас зарядталған екі шексіз созылған жазықтық бір-бірінен (бірлік ауданға келетін) қандай күшпен тебіледі.

9.27. Диаметрі 1 см мысташ жасалған шар майдандағы бағырылған. Майдың тығыздығы $\rho=800 \text{ кг/м}^3$. Егер біртекес электр өрісінде шар майдың ішінде өлшеңген болса, онда шар заряды неге тең болады? Электр өрісі вертикаль бойымен жогары бағытталған, ал оның кернеулігі $E=36\,000 \text{ в/см}$.

9.28. Горизонталь орналасқан жазық конденсатордагы зарядталған синаптың тамшысы электр өрісінің кер-

неулігі $E = 600 \text{ в/см}$ болғанда тепе-тендік қалыпта тұр. Ал тамшысының заряды $2,4 \cdot 10^{-9} \text{ СГС}_q$ -ға тең. Тамшының радиусын табу керек.

9.29. Шектеулі ұзындықта зарядталған жіптен жасалған электр өрісі шекті жағдайда: 1) шексіз созылған жіптің, 2) нүктелік зарядтың жасайтын электр өрісіне ауысатындығын көрсету керек.

9.30. Зарядталған жіптің ұзындығы $25 \text{ см}-ге$ тең. Жіптен (жіптің ортасына түсірілген перпендикуляр үстінде жатқан нүкте үшін) қандай шекті қашықтықтағы электр өрісін, шексіз зарядталған жіптің өрісі деп қарастыруға болады? Осылай деп ұйғарған уақыттагы жіберілетін қате 5 проценттен аспау керек.

Нұсқау. Жіберілетін қате $\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2}$, мұндағы E_2 — шексіз ұзын жіптің электр өрісінің кернеулігі, ал E_1 — ұзындығы шекті болып келген жіптің жасайтын өрісінің кернеулігі.

9.31. Ұзындығы шексіз зарядталған жіптен 5 см қашықтықта тұрған A нүктесіндегі электр өрісінің кернеулігі $1500 \text{ в/см}-ге$ тең. 1) Егер A нүктесі жіптің ортасына түсірілген перпендикулярдың үстінде жататын болса, онда жіптің қандай шекті ұзындығында кернеуліктің табылған мәнінің нақтылығы 2 процентке дейін жететін болады? 2) Егер жіптің ұзындығы 20 см болса, онда A нүктесіндегі электр өрісінің кернеулігі неге тең болады? Жіптегі зарядтың сызықтық тығыздығын ұзындығы шексіз жіптегі зарядтың сызықтық тығыздығына тең деп аламыз. 3) Жіптің үстіндегі зарядтың сызықтық тығыздығын табу керек.

9.32. Радиусы $R = 10 \text{ см}$ сымнан жасалған сақина теріс зарядталынған және $q = -5 \cdot 10^{-9} \text{ к}$ зарядты алып жүреді. 1) Сақинаның центрінен $0, 5, 8, 10$ және 15-ке тең қашықтықтарда, сақинаның осінің үстінде жататын нүктелердегі электр өрісінің кернеулігін табыңдар. $E = f(L)$ графигін сызыңыздар. 2) Сақинаның центрінен қандай L қашықтықта электр өрісінің кернеулігі ең үлкен мәнде болады?

9.33. Зарядталған сақинаның осіндегі электр өрісінің кернеулігі сақинаның центрінен $L = L_{\max}$ қашықтықтағы ең үлкен мәнде болады. Сақинаның центрінен $L = 0,5 L_x$

қашықтықта жатқан нүктедегі электр өрісінің кернеулігі максимал кернеулікten неше есе кіші болады?

9.34. Зарядталған дискінің жасайтын электр өрісі, өзінің шекті жағдайында 1) шексіз созылған жазықтыққа және 2) пүктелік зарядтың жасайтын өрісіне ауысатындығын дәлелдеп көрсете керек.

9.35. Зарядталған дискінің диаметрі 25 см-ге тең. Дискінің центріне түсірілген нормаль бойымен дискіден қандай шекті қашықтықта электр өрісін шексіз созылған жазықтықтың өрісі деп қарастыруға болады? Осылай деп үйірғандағы жіберілетін қате 5 проценттен аспау керек.

Нұсқау. Жіберілетін қате $\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2}$, мұндағы E_1 — дискінің жасайтын өрісінің кернеулігі, E_2 — шексіз жазықтықтың жасайтын өріс кернеулігі.

9.36. Зарядталған дискіден (оның центріне түсірілген нормаль бойымен) $a=5$ см қашықтықта тұрған A пүктедегі электр өрісінің кернеулігін табу керек. 1) A нүктедегі өрістің шексіз созылған жазықтықтың өрісінен айырмашылығы 2 проценттен аспау үшін дискінің радиусын шекті мәні қандай болуы мүмкін? 2) Егер дискінің R радиусы a қашықтықтан 10 есе үлкен болса, онда A нүктедегі өрістің кернеулігі қандай болады? 3) Осы нүктедегі тауып алынған кернеулік шексіз созылған жазықтықтың кернеулігінен неше есе кіші болады?

9.37. Эр аттас зарядпен зарядталынған параллель екі дискі зарядтарының беттік тығыздықтары бірдей және олар бір-бірінен $h=1$ см қашықтықта орналасқан. 1) Дискілердің центрлерінің арасындағы өрістің жазық конденсатордың өрісінен айырмашылығы 5 проценттен аспау үшін, дискілердің R радиустарының шекті мәні қандай болуы мүмкін? 2) $\frac{R}{h} = 10$ болғанда осы айтылған нүктелер үшін берілген өрісті жазық конденсатордың өрісіне тең деп алсақ, біз қандай қате жібереміз?

9.38. 10^{-9} к оң зарядпен зарядталынған, массасы 40 мг шарик 10 см/сек жылдамдықпен қозғалады. Шариктің 4 СГС_q-ге тең пүктелік оң зарядқа қандай қашықтыққа дейін жақындаі алатындығын табу керек.

9.39. Егер бір-біріне қарама-қарсы қозгалып келе жатқан екі электронның салыстырмалы жылдамдығы 10^8 см/сек-ка тең болса, онда олар қандай қашықтыққа жақындей алар еді?

9.40. Протон (сүтегі атомының ядросы) $7,7 \cdot 10^8 \text{ см/сек}$ жылдамдықпен қозғалады. Осы протоның алюминий атомының ядросына жақындей алғыш ең кіші қашықтығы қандай? Алюминий атом ядроларының заряды $q = Ze_0$, мұндағы Z — Менделеев таблиғасындағы атомының реттік саны, ал e_0 — сан мәні электронның зарядына тең протоның заряды. Протоның массасын сүтегі атомының массасына тең деп есептейміз. Протонды және алюминий атомының ядросын нүктелік зарядтар деп есептейміз. Алюминий атомының электрондық қабығының әсерін ескермейміз.

9.41. Натрийдің қозғалмайтын ядросын α -бөлшектеппен атқылағанда, олардың арасындағы тебу күші 14 кГ-га жетті. α -бөлшектің натрийдің атом ядросына жақындаған ең кіші қашықтығы қандай? α -бөлшектің жылдамдығы қандай? Натрий атомының электрондық қабығының әсерін ескермейміз.

9.42. Зарядтары $q_1 = 20 \text{ СГС}_q$ және $q_2 = 40 \text{ СГС}_q$ екі шарик бір-бірінен $r_1 = 40 \text{ см}$ қашықтықта тұрады. Оларды $r_2 = 25 \text{ см}$ қашықтыққа дейін бір-біріне жақындашу үшін қандай жұмыс істелу керек?

9.43. Радиусы 1 см , $4 \times 10^{-8} \text{ к}$ заряды бар шар майдың ішіне орналастырылған. Шардың бетінен 1, 2, 3, 4 және 5 см-ге тең болатын x қашықтықта тұрған өрістің нүктелері үшін берілген $U = f(x)$ тәуелділіктің графигін сзызу керек.

9.44. Радиусы 1 см зарядталған шардың центрінен 10 см қашықтықта тұрған өріс нүктесінің потенциалын табу керек. Есепті мынадай шарттар бойынша: 1) шардың үстіндегі зарядтың беттік тығыздығы 10^{-11} к/см^2 -ге тең деп, 2) шардың потенциалын 300 в-ке тең деп шығару керек.

9.45. $2 \cdot 10^{-8} \text{ к}$ нүктелік зарядты шексіздікten радиусы 1 см , зарядының беттік тығыздығы $\sigma = 10^{-9} \text{ к/см}^2$ шардың бетінен 1 см қашықтықта тұрған нүктеге дейін алып келу үшін қандай жұмыс істелінеді?

9.46. Массасы 1 г, ал заряды 10^{-8} к кішкене шар потенциалы 600 в-ке тең A нүктесінен потенциалы нольге тең B нүктесіне ауысады. Егер шардың B нүктесіндегі жылдамдығы 20 см/сек-қа тең болса, онда оның A нүктесіндегі жылдамдығы неге тең болады?

9.47. Сан мәні 1, 5, 10, 100, 1000 в-қа тең болған U потенциал айырмасынан өткен электронның v жылдамдығын табу керек.

9.48. Радиоактивтік ыдырау кезінде полоний атомының ядросынан $1,6 \cdot 10^9$ см/сек жылдамдықпен α -бөлшегі ұшып шыгады. Осы α -бөлшектің кинетикалық энергиясын және тыныштықта тұрған α -бөлшекті осындай жылдамдыққа дейін жеткізетін өрістің потенциал айырымын табу керек?

9.49. Шексіз ұзын зарядталған жілтеш $r_1=4$ см қашықтықта $q=2 \text{ СГС}_q$ нүктелік заряд орналасқан. Өріс әсерінен заряд $r_2=2$ см қашықтыққа дейін орнын ауыстырады. Осы уақыттағы істелінген жұмыс $A=50$ эрг. Жіл зарядының сызықтық тығыздығын табу керек.

9.50. Оц зарядталған шексіз ұзын жілтеш әлектр өрісі жасалған. Осы өрістің әсерінен жілтеш $x_1=1$ см қашықтықтагы нүктеден, $x_2=4$ см қашықтықтагы нүктеге дейін қозғалған α -бөлшек өзінің жылдамдығын $2 \cdot 10^5$ -ден $3 \cdot 10^6$ м/сек-қа дейін өзгертерді. Жілтегі зарядтың сызықтық жылдамдығын табу керек.

9.51. Зарядының сызықтық тығыздығы $2 \cdot 10^{-9}$ к/см оц зарядталған шексіз ұзын жіл әлектр өрісін жасайды. Осы өрістің әсерінен жілкө 1 см қашықтықтан жілтеш 0,5 см қашықтыққа дейін жақындаған электрон қандай жылдамдық алады?

9.52. Зарядталған шексіз созылған жазықтың жаңында тұрған $q=2 \text{ СГС}_q$ нүктелік заряд өрістің әсерінен күш сызығының бойымен 2 см жерге орнын ауыстырады. Осы уақытта $A=50$ эрг жұмыс істелінеді. Жазықтың үстіндегі зарядтың беттік тығыздығын табу керек.

9.53. Жазық конденсатордың пластиналарының арасындағы потенциал айырмасы 90 в-қа тең. Эрбір пластинаның ауданы 60 см^2 және заряды 10^{-9} к. Пластиналардың бір-бірінен ара қашықтықтары қандай?

9.54. Жазық конденсаторды сезгіш микротаразы орнына пайдалануға болады. Пластиналарының ара

қашықтығы $d=3,84 \text{ mm}$ горизонталь орналасқан жазық конденсатордың ішінде заряды $q=1,44 \cdot 10^{-9} \text{ СГС}_q$ -ға тең зарядталған бөлшек бар. Бөлшек тепе-тендік жағдайда болу үшін конденсатор пластиналарының арасына $U=40 \text{ в}$ потенциал беруге болады. Бөлшектің массасын табу керек.

9.55. Пластиналарының ара қашықтығы $d=1 \text{ см}$ горизонталь орналасқан жазық конденсатордың ішіндегі массасы $m=5 \cdot 10^{-11} \text{ г}$ зарядталған тамшы бар. Электр өрісі жоқ кезде, ауаның кедергі жасау салдарынан тамшы біршама тұрақты жылдамдықпен тамады. Егер конденсатордың пластиналарына $v=600 \text{ в}$ потенциал айырмасын түсірсек, онда тамшының тамуы екі есе баяулайды. Тамшының зарядын табу керек.

9.56. Вертикаль бағытпен орналасқан екі пластиналардың арасында осылардан бірдей қашықтықта тұрған тозаң ұшып түседі. Ауаның кедергісінің салдарынан тоzaңның ұшқандағы жылдамдығы тұрақты болады да жылдамдығы $v=2 \text{ см/сек-қа}$ тең болды. Пластиналарға $U=3000 \text{ в}$ потенциал айырмасын бергеннен кейін, тозаң пластиналардың біреуіне қанша уақыттан кейін жетеді? Пластинаға келіп түскенге дейінгі тозаңның вертикаль бойымен жүрген жолы l қандай болады? Пластиналардың ара қашықтығы $d=2 \text{ см}$, тозаңның (ұнтақтың) массасы $m=2 \cdot 10^{-9} \text{ г}$, оның заряды $q=6,5 \cdot 10^{-17} \text{ к}$.

9.57. Алдындағы есепті үйкеліс күші (вакуумдық конденсатор) жоқ деп шығару керек.

9.58. Пластиналарының ара қашықтығы $d=1 \text{ см}$ горизонталь орналасқан жазық конденсатордың ішінде зарядталған май тамшысы орналасқан. Электр өрісі жоқ кезде тамшы $v_1=0,011 \text{ см/сек}$ тұрақты жылдамдықпен тамады. Егер пластинаға $U=150 \text{ в}$ потенциал айырмасын түсірсек, онда тамшы $0,043 \text{ см сек}$ жылдамдықпен тамады. Тамшының радиусын және оның зарядын табу керек. Ауаның тұтқырлық коэффициенті $\eta=1,82 \cdot 10^{-5} \text{ н сек}/\text{м}^2$; майдың тығыздығы ішінде тамшы тамған газдың тығыздығынан $\Delta\rho=900 \text{ к/м}^3$ шамаға үлкен болады.

9.59. Бір-бірінен 1 см қашықтықта тұрған вертикаль орналасқан екі пластинаның арасындағы жіпке массасы $0,1 \text{ г-ға}$ тең зарядталған бузина шарынің ілінгесін. Плас-

тиналарға 1000 в потенциал айырмасы берілгеннен кейін шарикпен бірге жіп 10° бұрышқа бұрылады. Шариктің зарядын табу керек.

9.60. Горизонталь жазық конденсатордың өрісінде $2,22 \cdot 10^{-10}$ к заряды бар сабын көпіршігі тепе-теңдік күйде тұр. Көпіршіктің массасы 0,01 г, ал пластинадардың араларының қашықтығы 5 см-ге тең деп алып, конденсатордың пластинадарының арасындағы потенциал айырмасын табу керек.

9.61. Жазық конденсатордың пластинадарының ара қашықтығы 4 см. Протон оң пластинадан қозғала бастағанда электрон теріс пластинадан қозғала бастайды. Олардың оң пластинадан қандай қашықтықта бір-бірімен кездесетінін табу керек?

9.62. Жазық конденсатор пластинадарының ара қашықтығы 1 см-ге тең. Пластинадардың біреуінен протон мен α-бөлшек бір уақытта қозғала бастайды. Протон бір пластинадан екінші пластинага дейінгі барлық жолды белгілі бір уақыт ішінде жүрді десек, осы уақыттың ішіндегі α-бөлшектің жүретін жолы қандай болады?

9.63. Электрон жазық конденсатордың ішінде бір пластинадан екінші пластинага дейін жол жүргенде оның жылдамдығы 10^8 см/сек болды. Пластинадардың ара қашықтығы 5,3 мм. Мыналарды: 1) пластинадардың арасындағы потенциал айырымын, 2) конденсатордың ішіндегі электр өрісінің кернеулігін, 3) пластинадардағы зарядтың беттік тығыздығын табу керек.

9.64. Бір-бірінен 2 см қашықтықта түрған екі параллель пластинадар электр өрісін жасайды; олардың араларындағы потенциал айырмасы 120 в. Өрістің әсерінен, күш сзығының бойымен 3 мм жол жүрген электронның алатын жылдамдығы қандай?

9.65. Біртекті электр өрісіндегі электронның алғаш үдеуі 10^{14} см/сек²-қа тең. Мыналарды: 1) электр өрісінің кернеулігін, 2) бастапқы жылдамдығын польге тең деп алып, электрон өзінің қозғалысының 10^{-6} сек ішіндегі алатын жылдамдығын, 3) осы уақыт ішіндегі электр өрісінің күшінің істейтін жұмысын, 4) осымен бірге электронның өтетін потенциал айырымын табу керек.

9.66. Электрон жазық конденсатордың бір пластинанан екінші пластинасына дейін ұшып жетеді. Пласти-

налардың арасындағы потенциал айырмасы 3 кв-қа тең; ара қашықтығы 5 мм. Мыналарды: 1) электронға әсер ететін күшті, 2) электронның үдеуін, 3) электронның екінші пластинага жеткендегі жылдамдығын, 4) конденсатордың пластиналарындағы зарядтың беттік тығыздығын табу керек.

9.67. Электрон белгілі бір v_0 бастапқы жылдамдықпен жазық параллель пластиналары одан бірдей қашықтықта тұрған жазық конденсатордың ішіне үшып кіреді. Конденсатордың пластиналарына $U=300$ в потенциал айырмасы берілген. Пластиналарының араларының қашықтығы $d=2$ см, ал конденсатордың ұзындығы $l=10$ см. Электрон конденсатордан үшпау үшін, оның v_0 бастапқы жылдамдығының шекті мәні қандай болу керек? Осы есепті а-бөлшек үшін де шығару керек.

9.68. Электрон параллель пластиналары одан бірдей қашықтықта тұрған жазық горизонталь конденсатордың ішіне үшып кіреді. Пластиналардың араларының қашықтығы $d=4$ см, конденсатордың ішіндегі электр өрісінің кернеулігі $E=1$ в/см. 1) Электрон конденсатордың ішіне үшып кіргениен кейін пластиналардың біреуінің үстіне қанша уақыттан кейін түсетін болады? 2) Егер электронның ұшы 60 в потенциал айырмасымен үдетілді десек, онда ол пластинаның үстіне конденсатордың басынан қандай қашықтықта түседі?

9.69. Горизонталь орналасқан жазық конденсатордың ішіне пластиналарға параллель бағытта $9 \cdot 10^6$ м/сек жылдамдықпен электрон үшып кіреді. Электронның конденсатордағы қозғала бастағанынан 10^{-8} сек уақыт өткеннен кейінгі нормаль және тангенциаль толық үдеулерін табу керек. Пластиналардың арасындағы потенциал айырмасы 100 в-қа тең, ал пластиналардың ара қашықтығы 1 см.

9.70. Бірдей жылдамдықпен қозғалған протон мен а-бөлшегі жазық конденсаторға пластиналарына параллель бағытпен үшып кіреді. Конденсатор өрісінің әсерінен болатын протонның бүрылуы а-бөлшектің бүрылудын неше есе үлкен болады?

9.71. Бірдей потенциал айырмасымен үдетілген протон мен а-бөлшегі жазық конденсаторға пластиналарына параллель бағытпен үшып кіреді. Конденсатор өрісінің

әсерінен болатын протонның бұрылуы а-бөлшектің бұрылуынан неше есе үлкен болады?

9.72. Горизонталь орналасқан жазық конденсатордың пластиналарына параллель бағытта $v_x = 10^7 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен электрон ұшып кіреді. Конденсатордағы өрістің кернеулігі $E = 100 \text{ в/см}$, конденсатордың ұзындығы $l = 5 \text{ см}$. Конденсатордан ұшып шыққандағы электронның жылдамдығының бағыты мен сан мәнін табу керек.

9.73. $U = 300 \text{ в}$ потенциал айырмасы үдетілген электрондар шоғы, зарядталмаған жазық конденсатор арқылы оның пластиналарына параллель бағытпен өткенде конденсатордың шетінен $l_1 = 12 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан флуоресценциялаушы экранда жарқырауық дақ береді. Конденсаторды зарядтаған уақытта экрандағы дақ $y = 3 \text{ см}$ жерге ығысады. Конденсатордың пластиналарына түсірілген U_1 потенциал айырмасын табу керек. Конденсатордың ұзындығы $l = 6 \text{ см}$, ал оның пластиналарының ара қашықтығы $d = 1,4 \text{ см}$.

9.74. Жазық горизонталь конденсатордың ішінде оның пластиналарына параллель бағытта электрон $3,6 \cdot 10^4 \text{ км/сек}$ жылдамдықпен қозғалады. Конденсатордың ішіндегі өрістің кернеулігі 37 в/см . Конденсатор пластиналарының ұзындығы 20 см . Өзінің конденсатордың ішінде қозғалуына кеткен уақытында электрон электр өрісінің әсерінен вертикаль бағытта қаншаға ығысады?

9.75. Протон жазық горизонталь конденсатордың ішінде оның пластиналарына параллель бағытта $1,2 \cdot 10^5 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен ұшып келеді. Конденсатордың ішіндегі өрістің кернеулігі 30 в/сек ; конденсатор пластиналарының ұзындығы 10 см . Протонның конденсатордан ұшып шыққандағы жылдамдығы, оның бастапқы жылдамдығынан неше есе үлкен болады?

9.76. Бір-бірінен 5 мм қашықтықта түрған жазық конденсатор пластиналарының арасына 150 в потенциал айырмасы түсірілген. Пластиналарының біреуіне қалыңдығы 3 мм фарфордан жасалған жазық параллель пластина жанастыра орналастырылған. Ауа мен фарфордағы электр өрісінің кернеулігін табу керек.

9.77. Жер шарының сыйымдылығын табу керек. Жер шарының радиусын $6400 \text{ км}-\text{ге}$ тең деп аламыз. Егер жер

шарына 1 κ -ға тең электр мөлшерін берсек, оның потенциалы қаншаға өзгереді?

9.78. Радиусы 2 см шарик 2000 в потенциалға дейін теріс зарядталған. Зарядталған уақытта шарикке берілген зарядты құрастыратын барлық электроиддардың масасын табу керек.

9.79. Әрқайсының радиусы 1 мм және заряды $10^{-10} \kappa$, зарядталған сегіз су тамшыларының әрқайсының бір су тамшысына бірігеді. Осы үлкен тамшының потенциалын табу керек.

9.80. Радиустары $R=1 \text{ см}$ және салмақтары $P=4 \cdot 10^{-5} \text{ кГ}$ бірдей екі шарик, олардың беттері бір-біріне тиіп тұратындағы етіп ұзындықтары бірдей жіпке ілінген. Шариктерді зарядтаған уақытта, оларды іліп қойған жіптер бір-бірінен бұрыш жасай ажырады. Сонда жіптердің көрілу күші $F=4,9 \cdot 10^{-4} \text{ н-ға}$ тең болады. Жіпті ілген нүктеден әрбір шариктің центріне дейінгі қашықтықты $l=10 \text{ см}-ге$ тең деп алым, зарядталған шариктердің потенциалын табу керек.

9.81. 792 в потенциалға дейін зарядталған шариктің зарядының беттік тығыздығы $3,33 \cdot 10^{-7} \text{ к/м}^2$ -ге тең. Шариктің радиусы неге тең?

9.82. Қалыпты қысым кезінде аудагы разряд электр өрісінің кернеулігі $E_0=30 \text{ кв/см}$ -ге тең болғанда басталады деп алым: 1) шардың R радиусы мен оның аудада зарядтауға болатын U максимал потенциалы арасындағы қатысты; 2) диаметрі 1 м-ге тең шардың ең үлкен потенциалын табу керек.

9.83. Радиустары $R=1 \text{ см}$ және салмақтары $P=0,15 \text{ кГ}$ бір-бірінен кейбір r_1 қашықтықта тұрған екі шарик $U=3 \text{ кв}$ бірдей потенциалға дейін зарядталған. Сонымен бірге олардың өз ара гравитациялық энергиясы 10^{-11} дж-ға тең. Шариктер араларының қашықтығы r_2 -ге тең болғанға дейін бір-біріне жақындаї береді. Шариктерді жақындастуға қажет жұмыс $2 \cdot 10^{-6} \text{ дж}$. Шариктерді жақындастырғаннан кейінгі олардың электростатикалық энергиясын табу керек.

9.84. Жазық ауа конденсатордың әрбір пластиналарының ауданы 1 м^2 , пластиналардың ара қашықтығы 1,5 мм . Осы конденсатордың сыйымдылығын табу керек.

9.85. Алдыңғы есептегі конденсатор 300 в потенциалға дейін зарядталынған. Оның пластиналарындағы зарядтың беттік тығыздығын табу керек.

9.86. Сыйымдылығы $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$ конденсатор жасап шығару керек. Ол үшін қалындығы $0,05 \text{ мм}$ парафинделген қағаздың үстінен конденсатордың екі жағына да станиоль дөңгелек жабыстырылады. Осы станиоль дөңгелектің диаметрі қандай болу керек?

9.87. Жазық ауа конденсатор пластиналарының ауданы 100 см^2 , ал олардың ара қашықтығы 5 мм . Пластиналарға 300 в потенциал айырмасы түсірілген. Конденсаторды кернеу көзінен ажыратқаннан кейін, пластиналардың арасындағы кеңістік эбонитпен толтырылады. 1) Пластиналардың арасын толтырғаннан кейінгі потенциал айырмасы қандай болады? 2) Пластиналардың арасын толтырғанға дейінгі және толтырғаннан кейінгі конденсатордың сыйымдылығы қандай? 3) Пластиналардың арасын толтырғанға дейінгі және толтырғаннан кейінгі пластиналардағы зарядтың беттік тығыздығы қандай?

9.88. Осының алдындағы есепті пластиналардың арасындағы кеңістік изолятормен толтырылған және кернеу көзі қосылып тұрған жағдай үшін шығару керек.

9.89. Жазық конденсатордың бірі-бірінен $d=1 \text{ см}$ қашықтықта тұрған пластиналарының арасына $U=300 \text{ в}$ потенциал айырмасы түсірілген. Пластиналардың арасындағы кеңістікке қалындығы $d_1=0,5 \text{ см}$ шыны жазық параллель пластинка және қалындығы $d_2=0,5 \text{ см}$ парафинің жазық параллель пластинкасы орналастырылған. Мыналарды: 1) әрбір қабаттағы электр өрісінің кернеулігін, 2) әрбір қабаттағы потенциалдың кемуін, 3) пластиналардың ауданы $S=100 \text{ см}^2$ болғандағы конденсатордың сыйымдылығын, 4) пластиналардағы зарядтың беттік тығыздығын табу керек.

9.90. Жазық конденсатордың бір-бірінен 1 см қашықтықта тұрған пластиналарының арасына 100 в потенциал айырмасы түсірілген. Пластиналардың біреуіне қалындығы $9,5 \text{ мм}$ кристалдық бромды таллиден ($\epsilon=173$) жасалған жазық параллель пластиника жабыстырылған. Конденсаторды кернеу көзінен ажыратқаннан кейін кристалл пластинканы шығарып алады. Осыдан кейін

конденсатордың пластиналарының арасындағы потенциал айрымы қандай болады?

9.91. Коаксиальды электр кабелі центрлік талшықтан және оған қарағанда араларында изоляциясы бар концентрлі болып келген цилиндр тәрізді қабықтан тұрады. Талшық радиусын $1,3 \text{ см}$, қабық радиусын $3,0 \text{ см}$, ал изоляцияның диэлектрлік өткізгіштігін $3,2$ деп алып, осындай кабельдің (метрге бөлінген микрофарадамен) бірлік ұзындығының сыйымдылығын табу керек.

9.92. Коаксиальды кабельдің центрлік талшығының радиусы $1,5 \text{ см}$, ал қабығының радиусы $3,5 \text{ см}$. Центрлік талшық пен қабықтың аралығына 2300 в потенциал айрмасы берілген. Кабель осінен 2 см қашықтықтағы электр өрісінің кернеулігін есептеп табыңыздар.

9.93. Ая цилиндр конденсаторының ішкі цилиндрінің радиусы $r = 1,5 \text{ см}$, сыртқы цилиндрінің радиусы $R = 3,5 \text{ см}$. Цилиндрлердің арасына берілген потенциал айрмасы $U = 2300 \text{ в}$. Осы конденсатор өрісінің әсерінен, цилиндрдің осінен алғанда, электронның $l_1 = 2,5 \text{ см}$ қашықтықтан $l_2 = 2 \text{ см}$ қашықтыққа дейін қозғалғандағы алатын жылдамдығы қандай?

9.94. Цилиндр конденсаторы, радиусы $r = 3 \text{ мм}$ ішкі цилиндрден, изолятордың екі қабатынан және радиусы $R = 1 \text{ см}$ сыртқы цилиндрден тұрады. Қалыңдығы $d_1 = 3 \text{ мм}$ изолятордың бірінші қабаты ішкі цилиндрге жанасып орналасқан. Осы қабаттардағы потенциалдың төмендеуін табу керек.

9.95. Фотоэлектрлік құбылысты зерттеген уақытта диаметрі $1,5 \text{ см}$ металл шариктен — центрлік катодтан және ішкі бетін күмістеген сфералық колбадан — анодтан тұратын сфералық конденсатор пайдаланылады. Колбадан ая сорылып алынады. Осындай конденсатордың сыйымдылығын табу керек.

9.96. Егер радиусы 3 см шарға: 1) 10^{-9} к заряд берілді десек және 2) оны бірінші шармен концентрлі етіп радиусы 4 см жермен қосылған екінші бір шармен қоршалған десек, онда оның потенциалы неге тең болады?

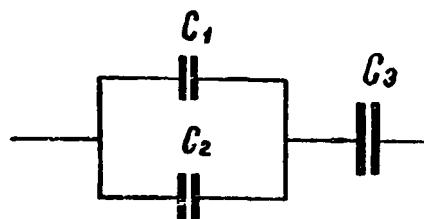
9.97. Радиустары $R_1 = 10 \text{ см}$ және $R_2 = 10,5 \text{ см}$ концентрлі екі сферадан тұратын сфералық конденсатордың сыйымдылығын табу керек. Сфералардың арасындағы кеңістік маймен толтырылған. Осындай сыйымдылықты

алу үшін майдың ішіне қойылған шардың радиусы қандай болу керек?

9.98. Ая сфералық конденсатордың ішкі шарының радиусы $R_1 = 1 \text{ см}$, ал сыртқы шарының радиусы $R_2 = 4 \text{ см}$. Шардың араларына потенциал айырмасы $U = 3000 \text{ в}$ түсірілген. Шардың центрінен $x = 3 \text{ см}$ қашықтықтағы электр өрісінің кернеулігін табу керек.

9.99. Ая сфералық конденсатордың ішкі шарының радиусы $R_1 = 1 \text{ см}$, ал сыртқы шарының радиусы $R_2 = 4 \text{ см}$. Шардың араларына берілген потенциал айырмасы $U = 3000 \text{ в}$. $r_1 = 3 \text{ см}$ қашықтықтан $r_2 = 2 \text{ см}$ қашықтықта шардың центріне жақындаған электронның алатын жылдамдығы қандай?

9.100. Конденсаторлар системаларының сыйымдылығын табу керек (17-сурет). Конденсаторлардың әрқайсысының сыйымдылығы $0,5 \text{ мкФ-ға}$ тең.



17-сурет.

9.101. Екі конденсатордың өзара сыйымдылықтары электрометрдің көмегімен салыстырылды. Ол үшін оларды $U_1 = 300 \text{ в}$ және $U_2 = 100 \text{ в}$ әр түрлі потенциалдарға дейін зарядтайтында екі конденсаторды да паралель жалғастырады. Осы

уақыттагы электрометрмен өлшемгендеген конденсатордың қабаттарының арасындағы потенциал айырмасы $U = 250 \text{ в}$ -қа тең болып шықты. Сыйымдылықтардың $\frac{C_1}{C_2}$ қатынасын табу керек.



18-сурет.

9.102. A және B (18-сурет) нүктелерінің арасындағы потенциал айрымы $0,02 \text{ СГС}_U$ -ға тең. Бірінші конденсатордың сыйымдылығы 2 мкФ , ал екіншісінің сыйымдылығы 4 мкФ . Эрбір конденсатордың қабатындағы заряд пен потенциал айырмасын табу керек.

9.103. Егер екі конденсатордың бірінің сыйымдылығы тұрақты және $3,33 \cdot 10^{-9} \text{ ф-ға}$ тең деп, ал екіншісінің сыйымдылығын 20 СГС_C -тан 500 СГС_C -ға дейін өзгеретін

болса, онда екі конденсатордан тұратын системаның сыйымдылығы қандай шекте өзгереді?

9.104. Егер екі конденсатордың әрқайсысының сыйымдылығы 10-нан 450 нФ -ға дейін өзгере алатын болса, онда сыйымдылықтары айнымалы екі конденсатордан тұратын системаның сыйымдылығы қандай шекте өзгереді?

9.105. Сыйымдылығы 20 мКФ конденсатор 100 в потенциалға дейін зарядталған. Осы конденсатордың энергиясын табу керек.

9.106. Радиусы 1 м шар $30\,000 \text{ в}$ потенциалға дейін зарядталған. Зарядталған шардың энергиясын табу керек.

9.107. Керосинге батырылған шардың потенциалы 4500 в , ал зарядтың беттік тығыздығы $3,4 \text{ СГС}_q/\text{см}^2$. Шардың: 1) радиусын, 2) зарядын, 3) сыйымдылығын және 4) энергиясын табу керек.

9.108. Радиусы 10 см , 3000 в потенциалға дейін зарядталған A шары кернеу көзін ажыратқаннан кейін сыммен (сыйымдылығын ескермеуге болатын), алғашында қашықта тұрған зарядталмаған B шарымен, содан кейін B шарынан ажыратып қашықта тұрған зарядталмаған C шарымен жалғастырылады. C және B шарының радиусы $10 \text{ см}-ге$ тең. Мыналарды: 1) A шардың алғашқыдағы энергиясын, 2) жалғастырғаннан кейінгі A және B шарының энергиясын және жалғастырғандағы разрядталу жұмысын, 3) жалғастырғаннан кейінгі A және C шарының энергиясын және жалғастыру уақытындағы разрядталу жұмысын табу керек.

9.109. Сыйымдылығын ескермеуге болатын сым арқылы жалғастырылған екі металл шардың біреуінің заряды 10^{-8} к , ал радиусы 3 см , екіншісінің радиусы 2 см , ал потенциалы 9000 в . Мыналарды: 1) разрядталуға дейінгі бірінші шардың потенциалын, 2) разрядталуға дейінгі екінші шардың зарядын, 3) разрядталуға дейінгі эрбір шардың энергиясын, 4) разрядталғаннан кейінгі бірінші шардың заряды мен потенциалын, 5) разрядталғаннан кейінгі екінші шардың заряды мен потенциалын, 6) сым арқылы жалғастырылған шарлардың энергиясын, 7) разрядталу жұмысын табу керек.

9.110. Радиусы 2 см зарядталған A шарын радиусы 3 см зарядталмаған B шарына әкеліп тиістіреді. Шарлар-

ды бір-бірінен ажыратқаннан кейін B шарының энергиясы $0,4 \text{ дж}$ -га тең болып шықты. Шарларды бір-біріне тиістіргенге дейін A шарында қандай заряд болды?

9.111. Ауданы 100 см^2 -ге тең жазық конденсатордың пластиналары бір-біріне $3 \cdot 10^{-3} \text{ кГ}$ күшпен тартылады. Пластинадардың арасындағы кеңістік слюдамен толтырылған. Мыналарды: 1) пластинадарда тұрған зарядтарды, 2) пластинадардың арасындағы өрістің кернеулігін, 3) өрістің бірлік көлеміндегі энергияны табу керек.

9.112. Жазық конденсатордың пластинадарының арасына жұқа слюда пластинкасы қойылған. Электр өрісінің кернеулігі 10 кв/см болғандағы осы пластинканың алатын қысымы қандай?

9.113. Абсолют электрометр тәмемлікке пластинасы қозгалмайтын, ал жогарғы пластинасы таразының күйентесіне ілінген жазық конденсатор түрінде болады. Конденсатор зарядталмаган уақытта, оның пластинадарының ара қашықтығы $d = 1 \text{ см}$. Егер сол $d = 1 \text{ см}$ ара қашықтықты сактау үшін таразының басқа табақшасына $P = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ кГ}$ жүк салу қажет болса, пластинадардың араларына қандай потенциал айырмасын түсіру керек? Пластинадардың ауданы $S = 50 \text{ см}^2$

9.114. Ауданы 100 см^2 жазық конденсатордың пластинадарының әрқайсысының арасындағы потенциал айырмасы 280 в . Пластинадардағы зарядтың беттік тығыздығы $4,95 \cdot 10^{-11} \text{ к/см}^2$. Мыналарды: 1) конденсатордың ішіндегі өрістің кернеулігін, 2) пластинадардың ара қашықтығын, 3) конденсатордың бір пластинадан екінші пластинадан деңгегі жолында электронның алатын жылдамдығын, 4) конденсатордың энергиясын, 5) конденсатордың сыйымдылығын, 6) конденсатордың пластинадарының тартылу күшін табу керек.

9.115. Жазық ауа конденсаторының пластинадарының ауданы 100 см^2 , ал олардың ара қашықтығы 5 мм . Разряд кезінде конденсатордан $4,19 \cdot 10^{-3} \text{ дж}$ жылу бөлініп шықты дең, алайп, конденсатор пластинадарына қандай потенциал айырмасы түсірілгенін табу керек.

9.116. Пластинадардың ара қашықтығы 2 см жазық ауа конденсаторы 300 в потенциалға дейін зарядталған.

Егер кернеу көзін айырып тастамай тұрып пластиналарды бір-бірінен 5 см-ге дейін жылжытатын болсак, онда конденсатор орісінің кернеулігі қандай болады? Пластиналарды алыстатқанга дейінгі және алыстатқаннан кейінгі конденсатордың энергиясын есептеп шыгару керек. Пластиналардың ауданы 100 cm^2

9.117. Алдыңғы есепті алдымен кернеу көзін айырып тасталынады, содан кейін конденсатордың пластиналары жылжытылатын шартта шыгару керек.

9.118. Пластиналарының ауданы 100 cm^2 және олардың араларының қашықтығы 1 мм жазық ауа конденсаторы 100 в-қа дейін зарядталынған. Содан кейін пластиналары бір-бірінен 25 см-ге дейін алыстатылады. Пластиналарды жылжытудың алдында кернеу көзін: 1) айырып тасталыпды және 2) айырып тасталыпбайды дең алдып, пластиналарды жылжытқанга дейінгі және жылжытқаннан кейінгі конденсатордың энергиясын табу керек.

9.119. Жазық конденсатор диэлектрикпен толтырылып және оның пластиналарына бір шама потенциал айырмасы беріледі. Осы уақыттағы оның энергиясы $2 \cdot 10^{-5}$ дж-га тең болады. Конденсаторды кернеу көзінен айырып тастагаппап кейін диэлектрикті конденсатордан шыгарып алады. Диэлектрикті конденсатордан шыгарып алу үшін электр өрісінің күшіне қарсы істелінетін жұмыс $7 \cdot 10^{-5}$ дж-га тең болды. Диэлектрикпің диэлектрик өткізгіштігін табу керек.

9.120. Пластиналарының ара қашықтықтығы 5 мм-ге тең жазық ауа конденсаторы 6 кв потенциалга дейін зарядталынған. Конденсатор пластиналарының ауданы $12,5 \text{ cm}^2$ -ге тең. Конденсатор пластиналары бір-бірінен 1 см қашықтыққа дейін екі тәсілмен: 1) конденсатор кернеу көзімен жалғастырылған күйінде қалатын және 2) пластиналарды жылжытар алдында конденсатор кернеу көзінен айырып тасталынатын жағдайда жылжытады. Осы айтылған өрбір жағдайдагы: а) конденсатор сыйымдылығының өзгерісін; б) электродтардың ауданы арқылы өтетін кернеулік ағынының өзгерісін және в) электр өрісінің энергиясының көлемдік тұғыздығының өзгерісін табу керек.

9.121. Мына нүктелердегі: 1) радиусы 1 см зарядталған шардың бетінен 2 см қашықтықтағы, 2) шексіз соылған зарядталған жазықтықта жақын жерде, 3) шексіз ұзын зарядталған жіптен 2 см қашықтықтагы электр өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығын табу керек. Шар мен жазықтың үстіндегі зарядтың беттік тығыздығы $1,67 \cdot 10^{-5} \text{ к/m}^2$ -ге тең, ал жіптен үстіндегі зарядтың сыйықтық тығыздығы $1,67 \cdot 10^{-5} \text{ к/m}^2$ -ге тең. Жоғарыдағы айтылған үш жағдай үшін де ортандық диэлектрлік өткізгіштігін 2-ге тең деп аламыз.

9.122. Ара қашықтығы $d=3 \text{ см}$ жазық конденсатордың пластиналарына $U=1000 \text{ в}$ потенциал айырмасы берілген. Пластиналардың арасындағы кеңістік диэлектрикпен ($\epsilon=7$) толтырылған. Мыналарды: а) байланыстырылған (поляризацияланған) зарядтардың беттік тығыздығын және б) конденсаторды диэлектрикпен толтырған уақыттағы пластиналардагы зарядтың беттік тығыздығының қашшага өзгеретіндігін табу керек. Есепті мыша: 1) конденсаторды диэлектрикпен толтыру потенциал айырмасы кернеу көзіне қосылып тұрғанда өтеді; 2) конденсаторды диэлектрикпен толтыру конденсаторды кернеу көзінен айырып тастағанда өтеді деген екі жағдай үшін шығару керек.

9.123. Жазық конденсатор пластиналардың арасындағы кеңістік электрлеу коэффициенті (диэлектрлік алғырылғы) 0,08-ге тең диэлектрикпен толтырылған. Конденсатордың пластиналарына 4 кв потенциал айырмасы берілген. Пластиналардагы және диэлектриктегі зарядтың беттік тығыздығын табу керек. Пластиналардың арасындағы қашықтығы 5 мм-ге тең.

9.124. Жазық конденсатор пластиналардың арасындағы кеңістік шынымен толтырылған. Пластиналардың ара қашықтығы 4 мм-ге тең. Пластиналарга берілген кернеу 1200 в. Мыналарды: 1) шынының ішіндегі өрісті, 2) конденсатордың пластиналарындағы зарядтың беттік тығыздығын, 3) шынының үстіндегі байланысқан зарядтың беттік тығыздығын және 4) шынының электрлеу коэффициентін табу керек.

9.125. Жазық конденсатордың пластиналардың арасындағы кеңістік маймен толтырылған. Пластиналардың

ара қашықтығы 1 см-ге тең. Майдың үстіндегі байланысқан (поляризацияланған) зарядтардың беттік тығыздығы $6,2 \cdot 10^{-10} \text{ к/см}^2$ -ге тең болу үшін осы конденсатордың пластиналарына қандай потенциал айырмасын беру керек?

9.126. Жазық конденсатордың пластиналарының арасына шыны пластина қысымын қойылған. Конденсатордың пластиналарының ауданы 100 см^2 . Конденсатордың пластиналары бір-біріне $4,9 \cdot 10^{-3} \text{ н}$ -ге тең күшпен тартылады. Шыны беттіндегі байланысқан зарядтардың беттік тығыздығын табу керек.

9.127. Жазық конденсатордың пластиналарының арасына парафин қойылған. Пластиналарды кернеу көзінен қосқанда парафинге түсірген пластиналардың қысымы 5 н/м^2 -ге тең болды. Мыналарды: 1) электр өрісінен кернеулігі мен парафиндегі электр индукциясын, 2) парафин үстіндегі байланысқан зарядтардың беттік тығыздығын, 3) конденсатор пластиналарының үстіндегі зарядтардың беттік тығыздығын, 4) парафин ішіндегі электр өрісінен энергиясының көлемдік тығыздығын және 5) парафиннің электрлеу коэффициентін табу керек.

9.128. Бір-бірінен 2 мм қашықтықта тұрган жазық конденсатордың пластиналарының арасына пластиналардың арасындағы кеңістікті түгелдей алғып тұратын диэлектрик қойылған. Пластиналарға 600 в потенциал айырмасы берілген. Егер кернеудің көзін айырып тастап, конденсатордан диэлектрикті шығарып алсақ, онда конденсатордың пластиналарындағы потенциал айырмасы 1800 в -ка дейін өседі. Мыналарды: 1) диэлектриктің үстіндегі байланысқан зарядтың беттік тығыздығын, 2) диэлектриктің электрлеу коэффициентін табу керек.

9.129. Жазық конденсатордың пластиналарының арасындағы көлемі 20 см^3 кеңістікті диэлектрикпен ($\epsilon=5$) толтырған. Конденсатордың пластиналары кернеу көзінен қосылған. Сонымен бірге диэлектриктің үстіндегі байланысқан зарядтардың беттік тығыздығы $8,35 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2$ -ге тең. Диэлектрикті конденсатордан шығарып алу үшін, электр өрісінен күшінен қарсы қандай жұмыс істелу керек? Есепті: 1) диэлектрикті бөліп тастау керису көзі қосы-

лып түрғанда жұргізді, 2) диэлектрикті алып тастау кернеу көзін бөліп тастағаннан кейін жұргізді деген екі жағдай үшін шығару керек.

§ 10. Электр тогы

Ток күші I сан мәні жағынан уақыт бірлігі ішінде өткізгіштің көлденең қимасынан өтетін электр мөлшеріне тең болады,

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

Егер $I = \text{const}$ болса, онда

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

Электр тогының тығыздығы

$$j = \frac{I}{S},$$

мұндағы S — өткізгіштің көлденең қимасының ауданы.

Біртекті өткізгіштің участкесінен (бөлігінен) өтетін токтың күші Ом заңына бағынады:

$$I = \frac{U}{R},$$

мұндағы U — участкенің ұштарындағы потенциал айырмасы, ал R — осы участкенің кедергісі.

Өткізгіштің кедергісі

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{\rho l}{\sigma S},$$

мұндағы ρ — меншікті кедергі, σ — меншікті өткізгіштік немесе электр өткізгіштік, l — ұзындық және S — өткізгіштің көлденең қимасының ауданы.

Металдардың меншікті кедергісінің температураға байланысы төмендегідей болады:

$$\rho_t = \rho_0(1+at),$$

мұндагы ρ_0 — 0°C температурадагы мешікті кедергі, a — кедергінің температуралық коэффициенті.

Тізбектің участесіндегі электр тогышың жұмысы мынадай формуламен анықталады:

$$A = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t.$$

Түйікталған тізбек үшін Ом заңының түрі мынадай:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}.$$

мұндагы \mathcal{E} — генератордың э. қ. күші, R — сыртқы кедергі, ал r — ішкі кедергі (генератордың кедергісі).

Тізбекте бөлішіп шығатын толық қуат

$$P = \mathcal{E}I.$$

Тармақталған тізбектер үшін Кирхгофтың екі заңы бар: Кирхгофтың бірінші заңы: «Түйіндес жинақталатын ток күштерінің алгебралық қосындысы нольге тең»:

$$\sum I = 0.$$

Кирхгофтың екінші заңы: «Кез келген түйік контурда тізбектің тиісті участеклеріндегі потенциалдық төмендеуінің алгебралық қосындысы осы контурда ұшырайтын э. қ. күштерінің алгебралық қосындысына тең»:

$$\sum IR = \sum \mathcal{E}$$

Кирхгофтың заңдарын қолданғанда мынадай ережелерді басшылықта алу керек: схемаларда сәйкес кедергілердегі токтың бағыттары өзіміздің қалауымызша стрелка арқылы көрсетіледі. Контуры қалауымызша алғаш бағытпен айналғанда, айналу бағытымен бағыты бірдей болып келген токты оц деп, ал айналу бағытыша бағыты қарама-қарсы болып келген токты теріс деп есептейміз.

Оц э. қ. күшіне айналу бағытында потенциалды өсіретін э. қ. күшті аламыз, яғни егер ток генератордың

ішінде айналғанда минустен плюске қарай жүретін болса, онда э. к. құш оң болады. Құрастырып алынған тендеулерді шешудің нәтижесінде анықталатын шамалар теріс болып шығуы мүмкін. Егер токтар анықталатын болса, онда оның теріс мәні берілген тізбектің бөлігіндегі токтың нақтылы бағытын көрсететіп стрелкаға қарсы бағытты көрсетеді. Егер кедергіні анықталыпған десек, онда оның теріс мәні дұрыс нәтижені көрсетпейді (себебі, омдық кедергі әр уақытта да оң болады). Олай болғанда, осы берілген кедергідегі токтың бағытын өзгертіп есепті осы шарт бойынша шығару керек.

Электр тогы үшін Фарадейдің екі заңы бар.

Фарадейдің бірінші заңы бойынша, электролиз уақытындағы бөлініп шығатын заттың массасы M , мынаған тен болады:

$$M = KIt = Kq,$$

мұндағы q — электролит арқылы өтетін электр мөлшері, K — электрохимиялық эквивалент.

Фарадейдің екінші заңы бойынша электрохимиялық эквивалент химиялық эквивалентке пропорционал болады, яғни

$$K = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z},$$

мұндағы A — бір кг-атомның массасы, Z — валенттілік, $\frac{A}{Z}$ — кг-эквиваленттің массасы, F — сан мәні $9,65 \cdot 10^7$ к/кг-экв-ке тең Фарадейдің саны.

Электролиттің меншікті электр өткізгіштігі, мынадай формуламен анықталады:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \alpha CZF (u_+ + u_-),$$

мұндағы α — диссоциация дәрежесі, C — концентрациясы, яғни бірлік көлемнің ішіндегі кг-мольдің саны, Z — валенттілік, F — Фарадей саны, u_+ және u_- — иондардың қозгалыштығы. Осымен бірге $\alpha = \frac{n_d}{n}$ — бірлік көлемнің ішіндегі диссоциацияланған молекулалар санының осы көлемнің ішінде срітілген заттың барлық молекулалар

санына қатынасын көрсетеді. Шама $\eta = CZ$ — эквиваленттік концентрация деп атайды. Олай болса $\Lambda = \frac{\sigma}{\eta}$ эквиваленттік электр өткізгіштігін көрсетеді.

Газ ішінде ағатын нефұрлым аз тығыздықты ток үшін Ом заңының түрі мынадай

$$j = qn(u_+ + u_-)E = \sigma E,$$

мұндағы E — өрістің кернеулігі, σ — газдың меншікті өткізгіштігі, q — ионның заряды, u_+ және u_- — иондардың қозғалыштығы және n — газдың бірлік көлемінің ішіндегі әр таңбалы (қос иондар саны) иондардың саны. Осымен бірге $n = \sqrt{\frac{N}{\gamma}}$, мұндағы N — уақыт бірге тен болғандағы бірлік көлемінің ішінде иондаушы агентпен жасалатын иондар қосағының (жұбының) саны, γ — молибдация коэффициенті.

Газдың ішінде токтың қанығуы орнаған уақыттағы, осы токтың тығыздығы мынадай формуламен анықталады:

$$j_k = Nqd,$$

мұндағы d — электродтардың ара қашықтығы.

Электрон металдан сыртқа босап шығуы үшін, оның мынадай кинетикалық энергиясы болу керек

$$\frac{mv^2}{2} \geq A,$$

мұндағы A — берілген металдан электронның шығу жұмысы.

Термоэлектрондық эмиссия (меншікті эмиссия) уақыттындағы қанығу тогының тығыздығы мынадай формуламен анықталады:

$$j_k = BT^2e^{-\frac{A}{kT}},$$

мұндағы T — катодтың абсолют температурасы, A — шығу жұмысы, k — Больцман тұрақтысы және B — әр түрлі металдар үшін түрліше болатын кейбір тұрақты (эмиссия тұрақтысы).

10.1. Өткізгіштің ішіндегі I ток күші t уақытқа қарай $I=4+2t$ теңдеу бойынша өзгереді, мұндағы I — ампермен көрсетіледі, ал t — секундлен. 1) $t_1=2$ сек-тан $t_2=6$ сек-қа дейінгі уақыт ішінде өткізгіштің көлденең қимасы арқылы өтетін электр мөлшері қандай болады? 2) Өткізгіштің осы көлденең қимасынан, осындау уақытың ішінде, осындау ток мөлшері өту үшін тұрақты токтың күші қандай болу керек?

10.2. Лампылы реостат параллель қосылған бес электр лампысынан тұрады. Реостаттың кедергілерін: 1) кішкене лампылардың барлығыда жанып тұрган, 2) бұрап тастаған: а) біреуін, б) екеуін, в) үшеуін, г) төртеуін жағдайларда табу керек. Кішкене лампылардың әрқайсысының кедергісі 350 омға тең.

10.3. Кедергісі 40 омға тең пеш алу үшін, радиусы $2,5\text{ см}$ фарфор цилиндрге оралған, диаметрі 1 мм никром сымының қанша орамын орау керек болады?

10.4. Мыс сымнан жасалған катушканың кедергісі $R=10,8\text{ ом}$. Мыс сымның салмағы $P=3,41\text{ кГ-ға}$ тең. Катушкага неше метр сым оралған және ол сымның диаметрі d қандай?

10.5. Диаметрі 1 см темір стерженьнің салмағы 1 кГ деп алып, оның кедергісін табу керек.

10.6. Біреуі мыстан, ал екіншісі алюминийден жасалған екі цилиндрлік өткізгіштердің ұзындықтары да және кедергілері де бірдей. Мыс сымы алюминий сымына қарағанда неше есе ауыр келеді?

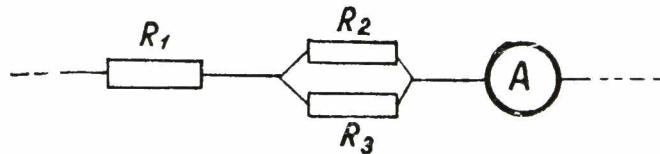
10.7. 20°C -де электр лампысының вольфрамнан жасалған қылсымының кедергісі $35,8\text{ омға}$ тең. Лампыны кернеуі 120 в электр желісіне қосқанда оның қылсымынан $0,33\text{ а}$ ток өтеді десек, лампының қылсымының температурасы қандай болады? Вольфрамның кедергісінің температуралық коэффициенті $4,6 \cdot 10^{-3}\text{ град}^{-1}$ -қа тең.

10.8. Темір сымнан жасалған реостат, миллиамперметр және токтың генераторы бір-бірімен тізбектеп жалғастырылған. 0°C -де реостаттың кедергісі 120 омға тең, миллиамперметрдің кедергісі 20 ом . Миллиамперметрдің көрсетуі 20 ма . Егер реостат 50°-қа қыздырылса, онда миллиамперметрдің көрсетуі қандай болады? Темірдің кедергісінің температуралық коэффициенті $6 \cdot 10^{-3}\text{ град}^{-1}$. Генератордың кедергісін есепке алмаймыз.

10.9. 14°C температурадағы мыс сымнаи жасалған катушка орамының кедергісі 10 ом болады. Ток жібергеннен кейінгі орамының кедергісі $12,2 \text{ омға}$ тең болады. Орам қандай температураға дейіп қыздырылды? Мыстың кедергісінің температуралық коэффициенті $4,15 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ -қа тең.

10.10. Ұзындығы 500 м , ал диаметрі 2 мм мыс сымнаи 2 а-га тең ток күші өтеді деп, ондағы потенциалдың кемуін табу керек.

10.11. Амперметрдің көрсетуі 3 а , $R_1=4 \text{ ом}$, $R_2=2 \text{ ом}$ және $R_3=4 \text{ ом}$ деп алып, R_1 , R_2 және R_3 кедергілердегі



19-сурет.

потенциалдың кемуін анықтау керек. R_2 және R_3 кедергілердегі I_2 және I_3 ток күштерін табу керек.

10.12. Э. қ. күші $1,1 \text{ в-қа}$, ал ішкі кедергісі 1 омға тең элемент 9 омдық сыртқы кедергімен тұйықталған. Мыналарды: 1) тізбектегі ток күшін, 2) сыртқы тізбектегі потенциалдың кемуін, 3) элементтің ішіндегі потенциалдың кемуін, 4) элементтің қандай п. ә. коэффициентпен жұмыс істейтіндігін табу керек.

10.13. Алдыңғы есептегі тізбек үшін сыртқы тізбектегі потенциал кемуінің сыртқы кедергіге байланыстырылғының графигін құру керек. Сыртқы кедергіні әрбір 2 омнан кейінгі $0 \leq R \leq 10 \text{ ом}$ шектікте алу керек.

10.14. Э. қ. күші 2 в элементтің ішкі кедергісі $0,5 \text{ ом}$ болады. Тізбектегі ток $0,25 \text{ а}$ болғандагы элементтің ішіндегі потенциалдың кемуін анықтау керек. Осы шарттар бойынша тізбектің ішкі кедергісін табу керек.

10.15. Элементтің электр қозғауышы күші $1,6 \text{ в-қа}$ тең, ал оның кедергісі $0,5 \text{ ом}$. Ток күші $2,4 \text{ а}$ болғандагы элементтің п. ә. коэффициенті неге тең?

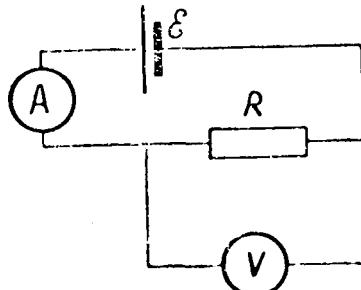
10.16. Элементтің электр қозгауышы күші 6 в-қа тең. Сыртқы кедергі 1,1 ом болғанда тізбектегі ток 3 а-ге тең болады. Элементтің ішіндегі потенциалдың кемуін және оның кедергісін табу керек.

10.17. Егер элементтің кедергісі ішкі кедергіден n есе кіші болатын болса, онда элементтің ұштарындағы потенциал айырмасы элементтің э. қ. күшінің қандай үлесіне тең болады? Есепті: 1) $n=0,1$, 2) $n=1$, 3) $n=10$ үшін шыгару керек.

10.18. Элемент, реостат және амперметр тізбектеп қосылған. Элементтің э. қ. күші 2 в, ал ішкі кедергісі 0,4 ом. Амперметр 1 а ток күшін көрсетеді. Элемент қандай п. Ә. коэффициентімен жұмыс істейді?

10.19. Э. қ. күштері 2 в, ал ішкі кедергілері 0,3 ом бірдей сікі элемент берілген. Егер: 1) сыртқы кедергілерді 0,2 омға және 2) 16 омға тең деп алған болсақ, онда күші үлкен ток алу үшін, осы элементтерді қалай қосу керек (тізбектеп пе немесе параллель ме)? Осы жағдайлардың әрқайсындағы токтың күшін есептеп шыгару керек.

10.20. Вольтметрдің кедергісін шексіз үлкен деп есептеп, схемадағы (20-сурет) амперметр мен вольтметрдің көрсетулері бойынша реостаттың R кедергісін анықтайты. Вольтметрдің кедергісі шын мәнінде R_V -ге тең болады деп тауып, алған кедергінің салыстырмалы қатесін табу керек. Есепті $R_V = 1000$ ом және R -дің: 1) 10 ом, 2) 100 ом, 3) 1000 ом-ға тең болатын мәндері үшін шыгару керек.

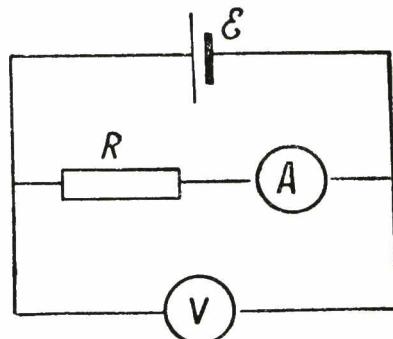


20-сурет.

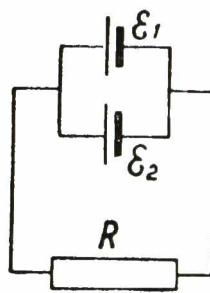
10.21. Амперметрдің кедергісін шексіз кішкене деп есептеп, 21-суреттегі схемада амперметр мен вольтметрдің көрсетулері бойынша реостаттың R кедергісін анықтайты. Амперметрдің кедергісі шыныңда R_A -ға тең болады деп алғып, алған кедергінің салыстырмалы қатесін табу керек. Есепті $R_A = 0,2$ ом және R -дің: 1) 1 ом,

2) 10 ом, 3) 100 омға тең болатын мәндөрі үшін шығару керек.

10.22. 22-суреттегі схемада $R = 1,4$ омға тең, ал \mathcal{E}_1 және \mathcal{E}_2 — э. қ. күштері бірдей және 2 в-қа тең екі элемент берілген. Осы элементтердің ішкі кедергілері сәйкес



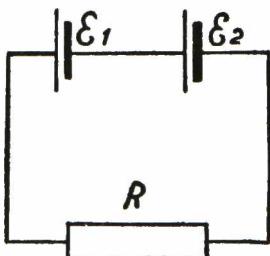
21-сурет.



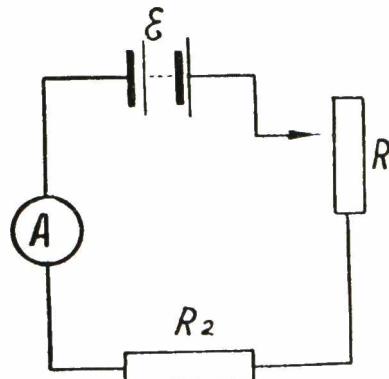
22-сурет.

$r_1 = 10$ ом және $r_2 = 1,5$ омға тең. Осы элементтердің әрқайсысындағы және барлық тізбектегі ток күшін табу керек.

10.23. 23-суреттегі схемада кедергі $R = 0,5$ омға тең, \mathcal{E}_1 және \mathcal{E}_2 — э. қ. күштері бірдей және 2 в-қа тең екі



23-сурет.



24-сурет.

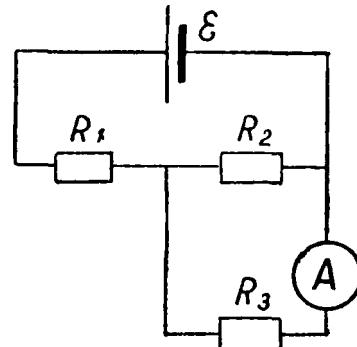
элемент. Осы элементтердің ішкі кедергілері сәйкес $r_1 = 1$ ом және $r_2 = 1,5$ омға тең. Әрбір элементтің қысқыштарындағы потенциал айырмасын табу керек.

10.24. 24-суреттегі схемада \mathcal{E} — э. қ. күші 20 в-қа тең батарея, R_1 және R_2 — реостаттар. R_1 реостатты тізбектен шығарып тастағанда амперметр 8 а-ге тең ток күшін көрсетеді; реостатты тізбекке енгізген уақытта амперметр 5 а-ді көрсетеді. Реостатты тізбекке толық қосқандағы реостаттардың кедергілерін және олардағы потенциалдың кемуін табу керек. Амперметр мен вольтметрдің кедергілерін есепке алмаймыз.

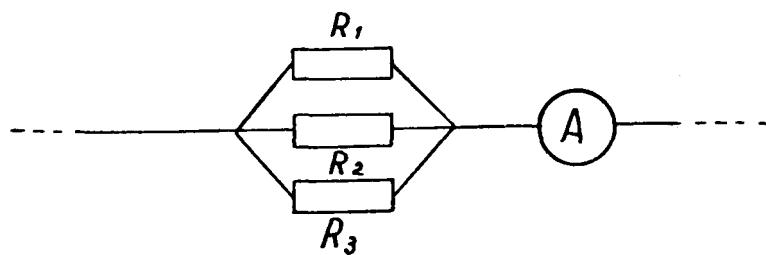
10.25. Элемент, амперметр және кейбір кедергілер тізбектеп жалғанған. Кедергі ұзындығы 100 м-ге, ал көлденең қимасы 2 mm^2 -ге тең мыс сымнан жасалған; Амперметрдің кедергісі 0,05 ом, ал амперметрдің көрсетуі 1,43 а. Егер, ұзындығы 57,3 м, ал көлденең қимасы 1 mm^2 алюминий сымнан жасалған кедергіні алсақ, онда амперметрдің көрсетуі 1 а болады. Элементтің э. қ. күшін және оның ішкі кедергісін табу керек.

10.26. 25-суреттегі схемада амперметрдің көрсеткен ток күшін анықтау керек. Түйық тізбектегі элементтің қысқыштарындағы кернеу 2,1 в-қа тең; ал $R_1=5 \text{ ом}$, $R_2=6 \text{ ом}$ және $R_3=3 \text{ ом}$. Амперметрдің кедергісі есепке алынбайды.

10.27. 26-суреттегі схемада $R_2=20 \text{ ом}$, $R_3=15 \text{ ом}$, ал



25-сурет.

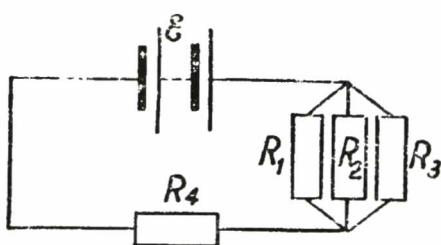


26-сурет.

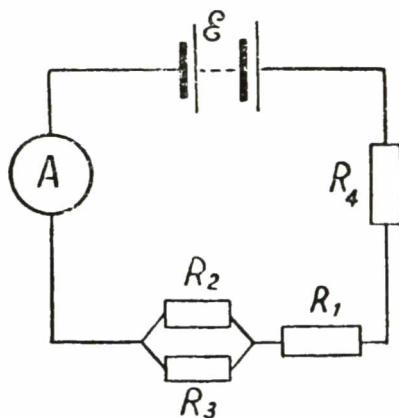
кедергі арқылы өтетін ток күші 0,3 а-ге тең. Амперметрдің көрсетуі 0,8 а. R_1 кедергіні табу керек.

10.28. 27-суреттегі схемада \mathcal{E} — э. қ. күші 100 в-қа тең батарея, $R_1=R_2=40$ ом, $R_3=80$ ом және $R_4=34$ омға тең. Мыналарды: 1) R_2 кедергі арқылы өтетін ток күшін, 2) осы кедергідегі потенциалдың кемуін табу керек. Батареяның кедергісі есепке алынбайды.

10.29. 28-суреттегі схема-

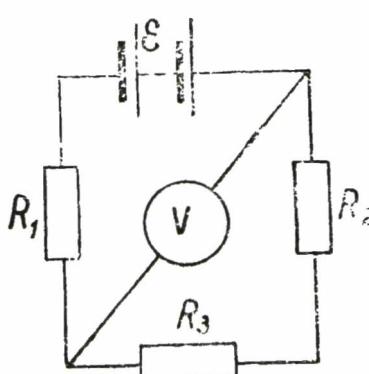


27-сурет.



28-сурет.

да \mathcal{E} — э. қ. күші 120 в-қа тең батарея, $R_3=20$ ом, $R_4=25$ ом және R_1 кедергідегі потенциалдың кемуі 40 в-қа тең. Амперметрдің көрсетуі 2 а-ға тең. R_2 кедергіні табу керек. Батарея мен амперметрдің кедергісі есепке алынбайды.

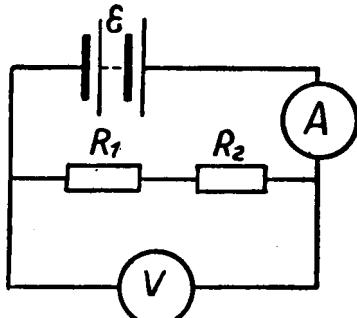


29-сурет.

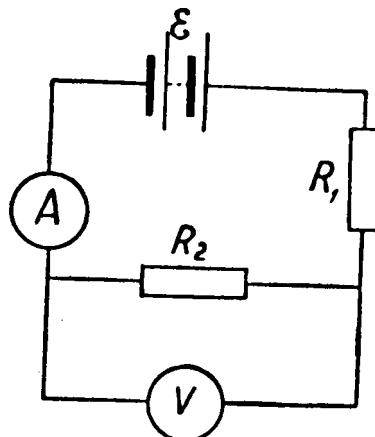
10.30. 1) Егер $\mathcal{E}=10$ в, $r=1$ ом және пайдалы әсер коэффициенті 0,8 болса, онда 28-суреттегі схемада амперметр қандай ток күшін көрсетеді? 2) Егер R_1 кедергідегі потенциалдың кемуі 4 в-қа, ал R_4 кедергідегі потенциалдың кемуі 2 в-қа тең болды десек, R_2 кедергідегі потенциалдың кемуі неге тең болады?

10.31. 29-суреттегі схемада \mathcal{E} — э. қ. күші 100 в-қа тең батарея, $R_1=100$ ом, $R_2=200$ ом және $R_3=300$ ом. Егер вольтметрдің кедергісі 200 омға тең десек, онда оның көрсететін көрнеудің қандай болады? Батареяның кедергісі есепке алынбайды.

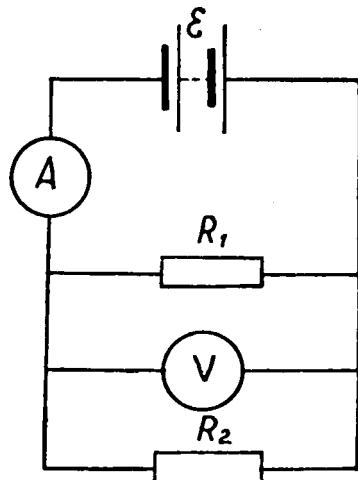
10.32. 29-суреттегі схемада $R_1=R_2=R_3=200 \text{ ом}$. Вольтметрдің көрсетуі 100 в ; вольтметрдің кедергісі $R_V = 1000 \text{ ом}$. Батареяның э. қ. күшін табу керек. Батареяның кедергісі есепке алынбайды.



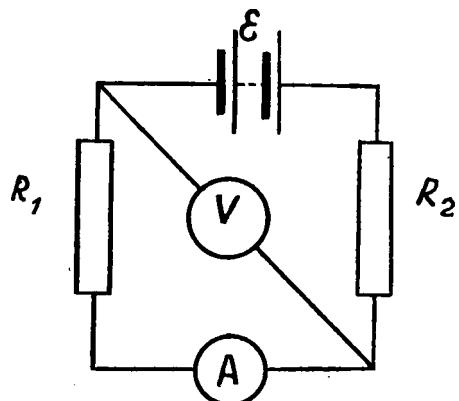
30-сурет.



31-сурет.



32-сурет.



33-сурет.

10.33. 30—33-суреттердегі схемадан амперметр мен вольтметрдің көрсетулерін табу керек. Вольтметрдің кедергісі 1000 ом , батареяның э. қ. күші 110 в , $R_1=400 \text{ ом}$, $R_2=600 \text{ ом}$. Амперметр мен батареяның кедергісі есепке алынбайды.

10.34. Кедергісі $0,16 \text{ ом}$ амперметр $0,04 \text{ ом}$ кедергімен шунтталған. Амперметрдің көрсетуі 8 а . Магистральдағы тоқ құші неге тең?

10.35. $10 \text{ а}-\text{ге}$ дейінгі токты өлшеу үшін, шкаласы 100 бөлікке бөлінген, кедергісі $0,18 \text{ ом}$, амперметр арналған. 1) Осы амперметрмен $100 \text{ а}-\text{ге}$ дейінгі ток құшін өлшеу үшін қандай кедергі алу керек және оны амперметрмен қалай жалғастырамыз? 2) Осы жағдайда амперметрдің шкаласының бөліну бағасы қалай өзгеретін болады?

10.36. $30 \text{ в}-\text{қа}$ дейінгі потенциал айырмасын өлшеуге шкаласы 150 бөлікке бөлінген, кедергісі 2000 ом вольтметр арналған. 1) Осы вольтметрмен $75 \text{ в}-\text{қа}$ дейінгі потенциал айырмасын өлшеу үшін қандай кедергі алу керек және оны вольтметрге қалай жалғастырамыз? 2) Осыған қарай вольтметрдің шкаласының бөліну бағасы қалай өзгеретін болады?

10.37. Шкаласы 0 -ден $15 \text{ ма}-\text{ге}$ дейінгі миллиамперметрдің 5 омға тең кедергісі бар. 1) 0 -ден, $0,15 \text{ а}-\text{ге}$ дейінгі ток құшін және 2) 0 -ден $150 \text{ в}-\text{ке}$ дейінгі потенциал айырмасын өлшеу үшін кедергімен комбинацияландырылған (және қайсысымен) приборды қалай жалғастыру керек?

10.38. Қуаты 40 вт 120 -вольттік лампочка берілген. Электр желісінің кернеуі 220 в болғанда лампы қалыпты қызу үшін лампымен тізбектеп қандай қосымша кедергі жалғастыру керек? Осындай кедергіні алу үшін диаметрі $0,3 \text{ мм}$ никром сымының неше метрін алу керек?

10.39. Қуаттары сәйкес 40 , 40 және $80 \text{ вт}-\text{қа}$ тең, әр-қайсысы 110 в кернеуге есептелінген үш электр лампы берілген. Электр желісіндегі кернеу 220 в болған кезде лампының қызуы біркелкі болу үшін осы үш лампыны қалай жалғастыру керек? Лампылардың қызуы дұрыс болған уақыттағы олардан өтетін ток құшін табу керек.

10.40. Генератордан 100 м жерде тұрған лабораторияда 10 а ток тұтынатын электр қыздыру приборы электр желісіне қосылған. Осы лабораторияда жанып тұрған электр лампыларының қысқыштарындағы кернеу қаншаға кемиді? Жалғастыруши мыс сымының қимасы 5 мм^2 -ге тең.

10.41. Э. қ. күші 500 в-қа тең батареядан 2,5 км қашықтыққа энергия беру керек. Пайдаланатын қуат 100 квт-қа тең. Жалғастыруыш мыс сымның диаметрін 1,5 см-ге тең деп электр желісіндегі болатын қуаттың ең аз шығынын табу керек.

10.42. Э. қ. күші 110 в-қа тең генератордан 2,5 км қашықтыққа энергия беру керек. Пайдаланатын қуат 10 квт-қа тең. Электр желісіндегі қуаттың шығыны 1 проценттен аспау керек деп алып, жалғастыруыш сымдардың ең кішкене қимасын табу керек.

10.43. Тізбекке ұзындықтары мен диаметрлері бірдей мыс және болат сымдары тізбектеліп жалғастырылған. Мыналарды: 1) осы сымдардағы бөлініп шығатын жылу мөлшерінің өз ара қатынасын, 2) осы сымдардағы кернеудің кемулерінің өз ара қатынасын табу керек.

10.44. Алдыңғы есепті сымдарды параллель етіп жалғастырған жағдайға шығару керек.

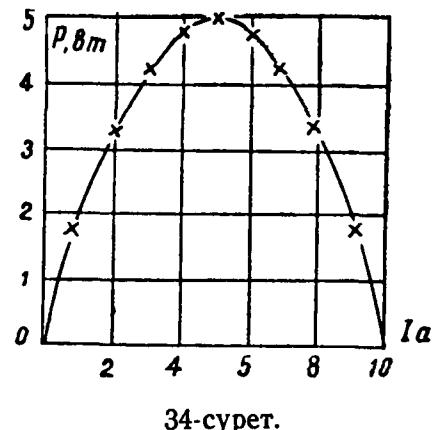
10.45. Э. қ. күші 6 в-ке тең элементтің беретін максимал тогының күші 3 а-ге тең. Сыртқы кедергіде бір минут ішінде бөлініп шығатын ең көп жылу мөлшерін табу керек.

10.46. Мыналарды: 1) жалпы қуатты, 2) пайдалы қуатты және 3) сыртқы кедергі 23 ом, батареяның кедергісі 1 ом болса, э. қ. күші 240 в-қа тең болатын батареяның п. ә. коэффициентін табу керек.

10.47. Сыртқы тізбекте бөлініп шығатын қуат сыртқы кедергілердің $R_1 = 5 \text{ ом}$ және $R_2 = 0,2 \text{ ом}^{-1}$ тең болатын екі мәнінде де бірдей болады деп алып, генератордың ішкі кедергісін табу керек. Осы айтылған жағдайдың әрқайсысындағы генератордың п. ә. коэффициентін табу керек.

10.48. 34-суретте пайдалы қуаттың тізбектегі ток күшіне тәуелділігі көрсетілген. Осы қисықтағы берілген нүктелер бойынша мыналарды: 1) элементтің ішкі кедергісін,

12*



34-сурет.

2) элементтің э. қ. күшін табу керек, 3) осы элементтің п. э. коэффициентінің және сыртқы тізбектегі потенциал кемуінің тізбектегі ток күшіне тәуелділігінің графигін құру керек.

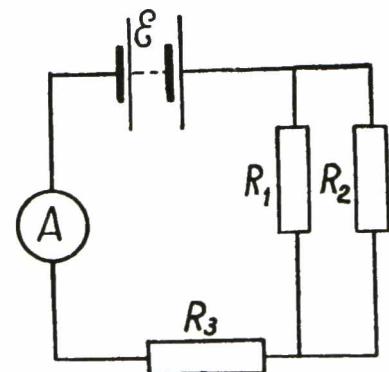
10.49. 34-суреттегі берілген қисық бойынша тізбектің сыртқы кедергісіне мына шамалардың: 1) осы элементтің п. э. коэффициентінің, 2) P_1 толық қуаттың, 3) P_2 пайдалы қуаттың тәуелділігінің графигін құру керек. Қисықты, сыртқы кедергінің 0-ге, r -ге, $2r$ -ге, $3r$ -ге, $4r$ -ге және $5r$ -ге тең болатын мәндері үшін құру керек, мұндағы r — элементтің ішкі кедергісі.

10.50. Элементті ең алдымен $R_1=2 \text{ ом}$ сыртқы кедергіге, содан кейін $R_2=0,5 \text{ ом}$ сыртқы кедергіге түйіктайды. Осы жағдайлардың әрқайсысындағы сыртқы тізбекте бөлініп шығатын қуатты бірдей деп және $2,54 \text{ вт-қа}$ тең болады деп алып, элементтің э. қ. күшін және оның ішкі кедергісін табу керек.

10.51. Ишкі кедергісі $0,5 \text{ ом}$, ал э. қ. күші 2 в-қа тең элемент R сыртқы кедергіге түйікталған. Мынадай шамалардың: 1) тізбектегі ток күшінің, 2) сыртқы тізбектің үштарындағы потенциал айырмасының, 3) сыртқы тізбекте бөлініп шығатын қуаттың және 4) толық қуаттың

кедергіге тәуелділігінің графигін құру керек. R кедергінің мәндерін әрбір $0,5 \text{ ом}$ сайын $0 \leq R \leq 4 \text{ ом}$ шекте алу керек.

10.52. Ишкі кедергісі r , ал э. қ. күші \mathcal{E} элемент сыртқы R кедергіге түйікталған. Сыртқы тізбектегі ең үлкен қуат 9 вт-қа тең. Осы уақыттағы тізбектен өтетін ток күші 3 а-ге тең. \mathcal{E} және r шамаларды табу керек.



35-сурет.

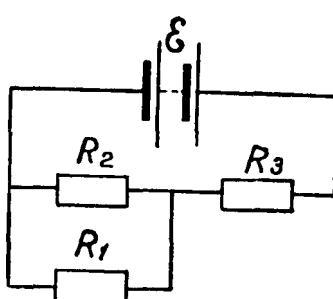
10.53. 35-суреттің схемасындағы \mathcal{E} — э. қ. күші 120 в-қа тең батарея, $R_3=30 \text{ ом}$, $R_2=60 \text{ ом}$. Амперметрдің көрсетуі 2 а . R_1 кедергіде бөлініп шығатын қуатты табу керек. Батарея мен амперметрдің кедергісі есепке алынбайды.

10.54. 35-суреттегі схемадан амперметрдің көрсетуін

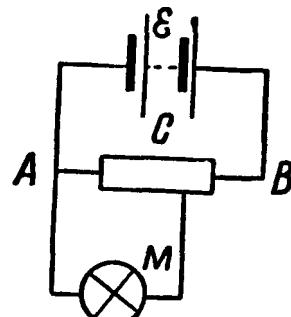
табу керек. Батареяның э. қ. күші 100 в, ал оның ішкі кедергісі 20 омға тең. R_1 және R_2 кедергілер сәйкес 25 омға және 78 омға тең. Кедергі R_1 -де бөлініп шығатын қуат 16 вт-қа тең. Амперметрдің кедергісі есепке алынбайды.

10.55. 36-суреттегі схемада \mathcal{E} — э. қ. күші 120 в-қа тең батарея, $R_1=25$ ом, $R_2=R_3=100$ ом. Кедергі R_1 -де бөлініп шығатын қуатты табу керек. Батареяның кедергісі есепке алынбайды.

10.56. 36-суреттегі схемада кедергі $R_1=100$ ом, осы кедергіде бөлініп шығатын қуат $P=16$ вт-қа тең. Генератордың п. ә. коэффициенті 80 %. R_3 кедергідегі потенциалдың кемуі 40 в-қа тең деп, генератордың э. қ. күшін табу керек.



36-сурет.



37-сурет.

10.57. 37-суреттегі схемада \mathcal{E} — э. қ. күші 120 в-қа тең батарея; AB — кедергісі 120 омға тең потенциометр, ал M — электр лампысы. Лампының қыздырған уақытта оның кедергісі 30-дан 300 омға дейін өзгереді. Егер жылжымалы C контакт потенциометрдің ортасында тұр десек, онда осы уақытта лампының үштарындағы потенциал айырымы қаншаға өзгереді? Осы уақытта лампының тұтынатын қуатының өзгерісі қандай?

10.58. A және B нүктелерінің арасындағы потенциал айырымы 9 в-қа тең. Берілген екі өткізгіштердің кедергілері сәйкес 5 және 3 омға тең. A мен B нүктелерінің арасындағы өткізгіштерді: 1) тізбектеп, 2) параллель жалғастырылған деп алып, әрбір өткізгіште 1 сек ішіндс болініп шығатын жылу мөлшерін табу керек.

10.59. Екі электр лампысын электр желісіне парал-

лель етіп жалғастырған. Бірінші лампының кедергісі 360 ом , ал екіншісінің кедергісі 240 ом . Лампылардың қайсысына қуат көп кетеді? Және неше есе?

10.60. Калориметрдің кедергісі $R_1 = 60 \text{ ом}$ болып келген спиралі бар. R_1 спиральді тізбекке 38-суретте көрсетілгендей етіп жалғастырған. Калориметрге құйылған 480 г су арқылы 5 мин ток жібергенде осы су қанша градусқа жылыштын болады? Осы уақыттағы амперметрдің

көрсетуі 6 а , ал кедергі $R_2 = 30 \text{ ом}$. Генератор мен амперметрдің кедергісі және жылу шығыны есепке алынбайды.

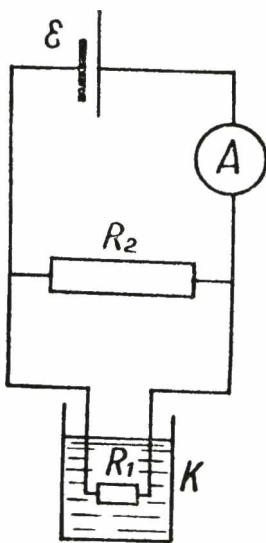
10.61. З ғвт-сағ электр энергиясын жұмсап қанша суды қайнатуға болады? Судың бастапқы температурасы 10°C -ге тең. Жылудың шығыны есепке алынбайды.

10.62. 1) Егер 1 л су 5 мин ішінде қайнайтын болса, онда электр шайнегінің қыздырышы қанша ватты қажет етеді? 2) Егер электр желісіндегі кернеу 120 в -ке тең болса, онда жылыштың кедергісі қандай болғаны? Судың бастапқы температурасы $13,5^\circ\text{C}$ -ге тең. Жылудың шығыны есепке алынбайды.

10.63. Қуаты $0,5 \text{ квт}$ электр плитканың үстінде 16°C температурадағы 1 л су құйылған шайнек тұр. Шайнектің ішіндегі су токпен жалғастырғаннан кейін 20 мин ішінде қайнады. Осы уақыттың ішіндегі шайнектің өзін жылыштуға және жылулық сәуле шығаруға т. т. басқа да шығындарға кеткен жылу мөлшері қандай болады?

10.64. Электр кастрюліндегі оралған сым бірдей екі секциядан (бөліктен) тұрады. Эрбір секцияның кедергісі 20 ом . Егер шайнектің: 1) бір секциясы қосылған, 2) екі секциясы да тізбектеп қосылған, 3) екі секциясы да параллель қосылған болса $2,2 \text{ л}$ су қанша уақыт ішінде қайнайды. Судың бастапқы температурасы 16°C , электр желісіндегі кернеу 110 в , ал жылыштың п. э. коэффициенті 85% .

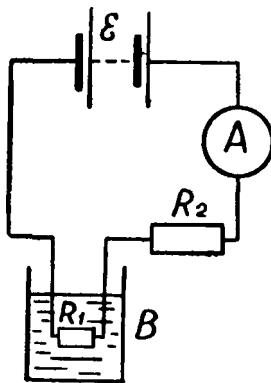
10.65. Электр шайнегінің екі обмоткасы бар. Оның



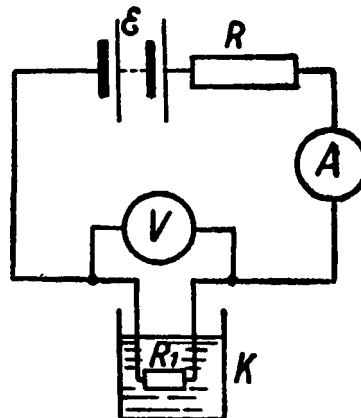
38-сурет.

бірін токқа қосқанда шайнектің ішіндегі су 15 минутта қайнайды, ал екіншісін қосқаннан 30 минутта қайнайды. Егер екі обмотканы да токқа 1) тізбектеп немесе 2) параллель етіп қоссақ, онда шайнектегі су қанша уақыттың ішінде қайнар еді?

10.66. 39-суреттегі схемада \mathcal{E} — э. қ. күші 120 в-қа тең батарея, $R_2 = 10 \text{ ом}$, ал B — электр шайнегі. Амперметрдің көрсетуі 2 а. Бастапқы температурасы 4°C -ге тең шайнектің ішіндегі 0,5 л су қанша уақыттың ішінде қайнайды? Батарея мен амперметрдің кедергісі есепке алынбайды. Шайнектің п. ә. коэффициенті 76%.



39-сурет.



40-сурет.

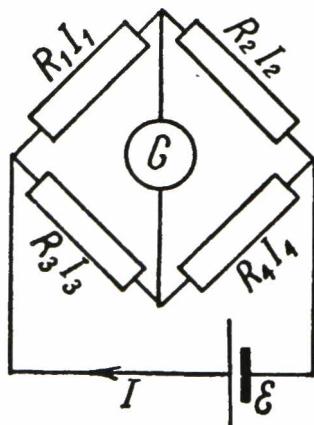
10.67. 40-суреттегі схемада \mathcal{E} — э. қ. күші 120 в-қа тең батарея, ал K — ішінде 500 г керосині бар калориметр. Амперметрдің көрсетуі 2 а, ал вольтметрдің көрсетуі 10,8 в. 1) Спиральдің кедергісі неге тең? 2) Егер R_1 спираль арқылы ток жібергенде 5 минуттан кейін керосин 5°C -ге жылдырылып болса, онда керосиннің меншікті жылу сыйымдылығы неге тең болғаны? Керосинді жылдыту үшін спиральдегі бөлініп шығатын жылудың 80 проценті жұмсалады деп есептейміз. 3) R реостаттың кедергісі неге тең? Батарея мен амперметрдің кедергісі есепке алынбайды. Вольтметрдің кедергісін шексіз үлкен деп аламыз.

10.68. 4,5 л суды 23°C температурадан қайнағанға дейін жылдыту үшін 0,5 квт·сағ электр энергиясы жұмсалады. Жылдықштың п. ә. коэффициенті неге тең?

10.69. Бөлмені жылыту үшін кернеуі 120 в -қа тең, электр желісіне қосылған электр пешін пайдаланады. Бөлменің бір тәуліктің ішінде жоғалтатын жылуы $20\,800 \text{ ккал-ға}$ тең. Бөлменің температурасын өзгертпей тұрақты ұстап тұрып мынаны: 1) пештің кедергісін; 2) осындай пештің орамы үшін диаметрі 1 мм никром сымының неше метрін алу керек болатындығын; 3) пештің қуатын табу керек.

10.70. Сыйымдылыры 1 л су термостатының температурасын, қуаты 26 вт жылытқыш арқылы тұрақты етіп ұстап тұрады; осы қуаттың 80 проценті тікелей суды жылытуға кетеді. Егер жылытқышты электр желісінен ажыратып тастасақ, онда термостаттың ішіндегі судың температурасы 10 мин ішінде қаншаға төмендейді?

10.71. Кернеу 120 в -қа тең болғанда $0,5 \text{ а}$ ток пайдаланатын екі электр лампысы күн сайын 6 сағаттан жанатын болса, онда бір ай (30 күн) электр энергиясын пайдалану үшін қанша ақша төлеу керек болады? Осымен бірге күн сайын 3 л су қайнатылады (судың бастапқы температурасы 10°C -ге тең). 1 квт-сағ энергияның бағасы 4 тынға тең деп аламыз. Қыздырығыштың п. э. коэффициентін 80 процентіне тең деп аламыз.



41-сурет.

Кернеу 120 в -қа тең болғанда $0,5 \text{ а}$ ток пайдаланатын екі электр лампысы күн сайын 6 сағаттан жанатын болса, онда бір ай (30 күн) электр энергиясын пайдалану үшін қанша ақша төлеу керек болады? Осымен бірге күн сайын 3 л су қайнатылады (судың бастапқы температурасы 10°C -ге тең). 1 квт-сағ энергияның бағасы 4 тынға тең деп аламыз. Қыздырығыштың п. э. коэффициентін 80 процентіне тең деп аламыз.

10.74. Қөлденең қимасының ауданы $S_1 = 3 \text{ мм}^2$ мыс сымынан тұратын тізбекке қөлденең қимасының ауданы

10.72. Обмоткасының кедергісі $16 \text{ ом} \cdot \text{фа}$ тең, температурасы 9°C , 600 см^3 суы бар электр шайнегін токтан ажырату ұмытылған. Шайнекті токқа қосқаннан кейін қанша уақыттан кейін өның ішіндегі су қайнап таусылатын болады? Электр желісіндегі кернеу 120 в -қа тең. Шайнектің п. э. коэффициенті 60% .

10.73. Сынапты диффузионды настың ішінде минут сайын 100 г сынап буға айналады. Егер қыздырығыш кернеуі 120 в электр желісіне қосылған болса, онда қыздырығыш насосының кедергісі неге тең болу керек? Сынаптың булану жылуын $2,96 \cdot 10^5 \text{ дж/кг-ға}$ тең деп аламыз.

$S_2 = 1 \text{ mm}^2$ қорғасын қорғағышты қосқан. Осы қорғағыштың тізбектің қысқа түйікталуы кезінде, провод температуралың қандай жоғарылауына арналғанын табу керек? Қысқа түйікталу кезіндегі барлық бөлініп шығатын жылу, бұл процестің лездік уақыттың ішінде болатындығының салдарынан түгелдей тізбекті қыздыруға кетеді. Қорғағыштың бастапқы температурасы 17°C -ге тең.

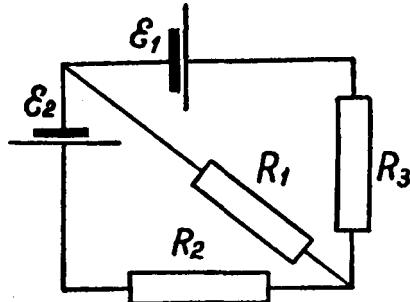
10.75. Мыс сымның бірлік көлемінде секунд сайын токтың тығыздығы 30 a/cm^2 -ге тең болғанда бөлініп шығатын жылу мөлшерін табу керек.

10.76. Гальванометрден өтетін ток күші нольге тең болатын жағдайда Уитсон көпірінің (41-сурет) әрбір тармағындағы ток күшін табу керек. Генератордың э. қ. күші 2 в-қа тең, $R_1 = 30 \text{ ом}$, $R_2 = 45 \text{ ом}$, ал $R_3 = 200 \text{ омға}$ тең. Генератордың кедергісі есепке алынбайды.

10.77. 42-суреттегі схемада \mathcal{E}_1 — э. қ. күші $2,1 \text{ в-қа}$ тең элемент, \mathcal{E}_2 — $1,9 \text{ в}$, $R_1 = 45 \text{ ом}$, $R_2 = 10 \text{ ом}$, ал $R_3 = 10 \text{ омға}$ тең. Тізбектің барлық участкесіндегі ток күшін табу керек. Элементтердің ішкі кедергілері есепке алынбайды.

10.78. Егер өз ара параллель жалғастырылған екі элементтің э. қ. күштері сәйкес $\mathcal{E}_1 = 1,4 \text{ в}$ және $\mathcal{E}_2 = 1,2 \text{ в-ке}$ тең болып, ал ішкі кедергілері $r_1 = 0,5 \text{ ом}$ және $r_2 = 0,4 \text{ омға}$ тең болса, онда олардың қысқыштарындағы пайда болатын потенциал айырмасы қандай болады?

10.79. 43-суреттегі схемада \mathcal{E}_1 және \mathcal{E}_2 — э. қ. күштері бірдей 2 в-қа тең екі элемент. Осы элементтердің ішкі кедергілері сәйкес $r_1 = 1 \text{ ом}$ және $r_2 = 2 \text{ омға}$ тең. Егер \mathcal{E}_1 арқылы өтетін ток күші $I_1 = 1 \text{ а}$ болса, онда сыртқы кедергі R неге тең болады? \mathcal{E}_2 арқылы өтетін I_R ток күшін табу керек. Кедергі R арқылы өтетін ток I_2 күшін табу керек.

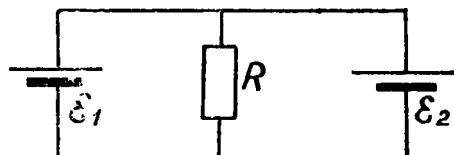


42-сурет.

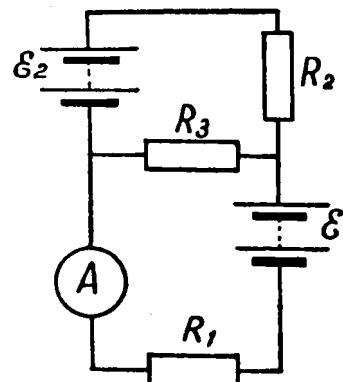
10.80. Алдыңғы есепті $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 4 \text{ в}$, $r_1 = r_2 = 0,5 \text{ ом}$ және $I_1 = 2 \text{ а}$ болады деп шығару керек.

10.81. 44-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1 = 110 \text{ в}$, $\mathcal{E}_2 = 220 \text{ в}$, $R_1 = R_2 = 100 \text{ ом}$, $R_3 = 500 \text{ ом}$. Амперметрдің көрсетуін анықтау керек. Батарея мен амперметрдің ішкі кедергілері есепке алынбайды.

10.82. 44-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ в}$, $\mathcal{E}_2 = 4 \text{ в}$, $R_1 = 0,5 \text{ ом}$ және R_2 кедергідегі потен-



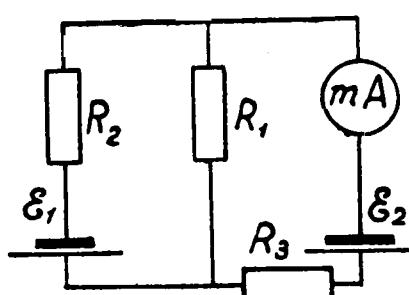
43-сурет.



44-сурет.

циалдың кемуі 1 в-қа тең. Амперметрдің көрсетуін табу керек. Элементтер мен амперметрдің ішкі кедергісі есепке алынбайды.

10.83. 44-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1 = 30 \text{ в}$, $\mathcal{E}_2 = 10 \text{ в}$, $R_2 = 20 \text{ ом}$, $R_3 = 10 \text{ ом}$. Амперметр арқылы өтетін ток 1 а. R_1 кедергіні табу керек. Батарея мен амперметрдің кедергілері есепке алынбайды.

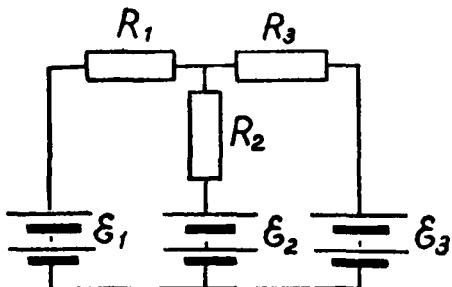


45-сурет.

10.84. Егер $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ в}$, $\mathcal{E}_2 = 1 \text{ в}$, $R_1 = 10^3 \text{ ом}$, $R_2 = 500 \text{ ом}$, $R_3 = 200 \text{ ом}$, ал амперметрдің кедергісі $R_A = 200 \text{ омфа}$ тең болса, онда 45-суреттегі схемада миллиамперметр mA қандай ток күшін көрсетеді? Элементтердің ішкі кедергісі есепке алынбайды.

10.85. Егер $\mathcal{E}_1 = 1 \text{ в}$, $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ в}$, $R_3 = 1500 \text{ ом}$, $R_A = 500 \text{ омфа}$ тең болып, ал R_2 кедергідегі потенциалдың кемуі 1 в-ке тең болса, онда 45-суреттегі схемада миллиамперметр mA қандай ток күшін көрсетеді? Элементтердің кедергісі есепке алынбайды.

10.86. 46-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1=2\text{ в}$, $\mathcal{E}_2=4\text{ в}$, $\mathcal{E}_3=6\text{ в}$, $R_1=4\text{ ом}$, $R_2=6\text{ ом}$ және $R_3=8\text{ омфа}$ тең. Тізбектің барлық участкесіндегі ток күшін табу керек. Элементтердің кедергілерін есепке алмаймыз.



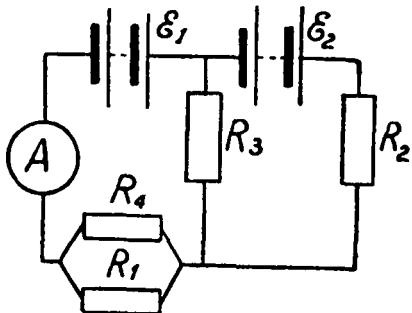
46-сурет.

10.87. 46-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1=\mathcal{E}_2=\mathcal{E}_3$, $R_1=20\text{ ом}$, $R_2=12\text{ ом}$, ал R_3 кедергідегі потенциалдың кемуі 6 в-ке тең. R_3 кедергіні табу керек. Элементтердің ішкі кедергілері есепке алынбайды.

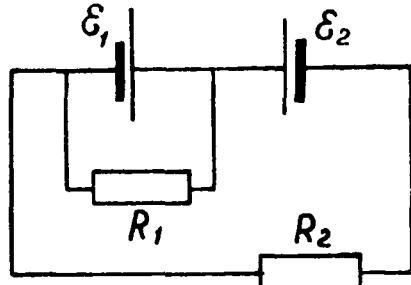
10.88. 46-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1=25\text{ в}$. R_1 кедергідегі 10 в-қа тең потенциалдың кемуі R_3 кедергідегі

потенциалдың кемуіне тең болып, ал R_2 кедергідегі потенциал кемуінен екі есе үлкен болады. \mathcal{E}_2 және \mathcal{E}_3 шамаларын табу керек. Батареяның кедергісі есепке алынбайды.

10.89. 47-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1=\mathcal{E}_2=100\text{ в}$, $R_1=20\text{ ом}$, $R_2=10\text{ ом}$, $R_3=40\text{ ом}$ және $R_4=30\text{ омфа}$ тең. Амперметрдің көрсетуін табу керек. Батарея мен амперметрдің кедергілері есепке алынбайды.



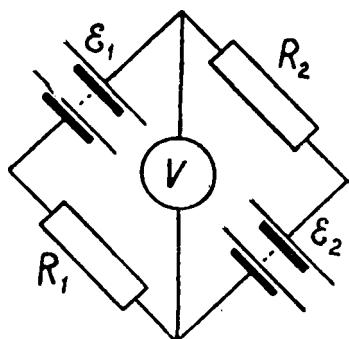
47-сурет.



48-сурет.

10.90. 47-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1=2\mathcal{E}_2$, $R_1=R_2=20\text{ ом}$, $R_2=15\text{ ом}$ және $R_4=30\text{ ом}$. Амперметрдің көрсетуі 1,5 а-ге тең. \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 шамаларын және сәйкес R_2 мен R_3 кедергілер арқылы өтетін I_1 мен I_2 ток күштерін табу керек. Батарея мен амперметрдің кедергілері есепке алынбайды.

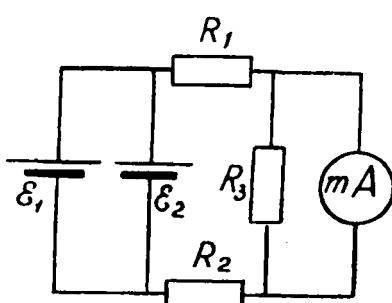
10.91. 48-суреттегі схемада \mathcal{E}_1 және \mathcal{E}_2 — э. қ. күштері бірдей 2 в-қа және кедергілері де бірдей 0,5 омға тең екі элемент берілген. Мыналарды: 1) $R_1=0,5$ ом, 2) $R_2=1,5$ ом кедергілер арқылы және 3) элемент \mathcal{E}_1 арқылы өтетін ток күшін табу керек.



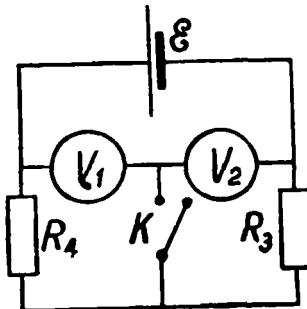
49-сурет.

10.92. 48-суреттегі схемада \mathcal{E}_1 және \mathcal{E}_2 — э. қ. күштері де және ішкі кедергілері де бірдей екі элемент берілген. Кедергі $R_2=1$ ом. \mathcal{E}_1 элементінің қысықштарындағы потенциалдың кемуі 2в-қа тең болады да, \mathcal{E}_2 қысықштарындағы потенциалдың кемуінен екі есе үлкен болады. R_2 кедергідегі потенциалдың кемуі \mathcal{E}_2 элементіндегі потенциалдың кемуіне тең. Элементтің э. қ. күші мен кедергісін табу керек.

10.93. 49-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1=\mathcal{E}_2=110$ в, $R_1=R_2=200$ ом, вольтметрдің кедергісі 1000 омға тең. Вольтметрдің көрсетуін табу керек. Батареялардың кедергісі есепке алынбайды.



50-сурет.



51-сурет.

10.94. 49-суреттегі схемада $\mathcal{E}_1=\mathcal{E}_2$, $R_1=R_2=100$ ом. Вольтметрдің кедергісі 150 омға тең, вольтметрінің көрсетуі 150 в. Батареялардың э. қ. күшін табу керек. Батареялардың кедергісі есепке алынбайды.

10.95. Егер $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ в}, r_1 = r_2 = 0,5 \text{ ом}, R_1 = R_2 = 2 \text{ ом}$ және $R_3 = 1 \text{ ом}$ болатын болса, 50-суреттегі схемада миллиамперметрдің mA көрсетуін табу керек. Миллиамперметрдің кедергісі 3 омға тең.

10.96. 51-суреттегі схемада кедергілері сәйкес $R_1 = 3000 \text{ ом}$ және $R_2 = 2000 \text{ омға}$ тең; $R_3 = 3000 \text{ ом}, R_4 = 2000 \text{ ом}$, ал $\mathcal{E} = 200 \text{ в-ке}$ тең; V_1 және V_2 екі вольтметр берілген. 1) Кілт K жабық түр және 2) кілт K ашық түр деп алынған жағдайлар үшін V_1 және V_2 вольтметрлердің көрсетулерін табу керек. Батареялардың кедергілері есепке алынбайды. Есепті Кирхгофтың заңын қолданып шығару керек.

10.97. Хлорлы мыстың (CuCl_2) судағы ерітіндісін электролиздеңде катодта $4,74 \text{ г}$ мыс қанша уақыттың ішінде бөлініп шығады? Ток күші 2 а-ге тең.

10.98. Мыстың күкірт қышқылды тұзының электролизінде жалпы ауданы 25 см^2 мыс пластинкасы катод есебінде алынады. Тығыздығы $0,02 \text{ а/см}^2$ -ге тең токты біраз уақыт жібергеннен кейін пластинканың массасы 99 мг-ға дейін өседі. Мыналарды: 1) қанша уақыт ток жіберілгендігін, 2) осыдан пластинка үстіндегі түзілген мыс қабатының қалындығының қандай болатындығын табу керек.

10.99. Мыстың күкірт қышқылды тұзының электролизі кезінде бір сағат ішінде $0,5 \text{ г}$ мыс бөлініп шығады. Эр электродтың ауданы 75 см^2 -ге тең. Токтың тығыздығын табу керек.

10.100. Сутегінің электрохимиялық эквивалентін табу керек.

10.101. AgNO_3 ерітіндісі бар электролиттік ваннаға тізбектеп жалғастырған амперметр $0,90 \text{ а}$ ток күшін көрсетеді. Токтың 5 мин өткенінде 316 мг күміс бөлініп шықса, онда амперметрдің көрсетуі дұрыс бола ма?

10.102. Ішінде AgNO_3 және CuSO_4 ерітінділері бар екі электролиттік ванна өз ара тізбектеп жалғастырылған. 180 мг күміс бөлініп шығатын уақыттың ішінде қанша мыс бөлініп шығады?

10.103. Балқытылған криолитте Al_2O_3 ерітіндісінің электролизімен алюминий шығарып алған кезде ерітіндіден $2 \cdot 10^4 \text{ а}$ ток өтті. Осы уақыттағы электродтардағы

потенциал айырмасы 5 в болды. 1) 10³ кг алюминийдің бөлініп шыққан кезіндегі уақытты табу керек. 2) Осы уақыттағы жұмсалатын электр энергиясының мөлшері қандай?

10.104. AgNO₃ ерітіндісінің электролизі кезінде 500 мг күміс бөлініп шығу үшін қанша электр энергиясын жұмсау керек? Электродтардағы потенциал айырмасы 4 в-қа тең.

10.105. Сутегі мен оттегінен судың түзілуу реакциясы жылу бөлініп шығуы арқылы өтеді



Электролиз арқылы судың жіктелуі болатын ең кіші потенциал айырмасын табу керек.

10.106. Азот қышқылының өте әлсіз ерітіндісінің эквиваленттік электр өткізгіштігін есептеп шығару керек.

10.107. Азот қышқылының ерітіндісі арқылы $I=2$ а ток жіберіледі. Эрбір таңбалы иондармен бір минут ішінде қанша электр мөлшері көшіріледі?

10.108. Қейбір концентрациядағы KCl ерітіндісінің эквиваленттік электр өткізгіштігі 122 см²/ом · г-экв-ке тең, осы концентрациядағы оның меншікті электр өткізгіштігі 0,00122 ом⁻¹ см⁻¹-ге тең, ал оның шексіз ерітілгендеңдегі эквиваленттік электр өткізгіштігі 130 см²/ом · г-экв-ке тең болады. Мыналарды: 1) осы концентрациядағы KCl-дың диссоциациялану дәрежесін, 2) ерітіндінің эквиваленттік концентрациясын, 3) K⁺ және Cl⁻ иондардың қозғалғыштығының қосындысын табу керек.

10.109. AgNO₃ барлық молекулаларының 81% иондарға диссоциацияланады деп алғандағы, ұзындығы 84 см және көлденең қимасының ауданы 5 мм² түтікті толтырып түрған AgNO₃ ерітіндісінің 0,1 N кедергісін табу керек.

10.110. Ұзындығы $l=2$ см және көлденең қимасының ауданы $S=7$ см² түтікті толтырып түрған KNO₃ ерітіндісінің 0,05 N кедергісін табу керек. Осы ерітіндінің эквиваленттік электр өткізгіштігін 1,1 · 10⁻³ м²/ом · кг-экв-ке тең деп аламыз.

10.111. Ұзындығы $l=3$ см және көлденең қимасының ауданы 10 см² түтік 1 м³ көлемінде 0,1 қмоль CuSO₄ ерітіндісімен толтырылған. Ерітіндінің кедергісі 38 омға

тең. Ертіндінің эквиваленттік электр өткізгіштігін табу керек.

10.112. Тұз қышқылының децинормальды ертіндісінің меншікті электр өткізгіштігі $0,035 \text{ om}^{-1} \text{ см}^{-1}$ -ге тең. Диссоциациялану дәрежесін табу керек.

10.113. Алдыңғы есептегі ертіндінің бірлік көлемінде түрған әр таңбадағы иондар санын табу керек.

10.114. Ішінде газ түрған ыдысқа рентген сәулесін түсіргендегі оның көлемінің әрбір миллиметрінде секунд сайын 10^{10} молекула ионданады. Рекомбинация болудың нәтижесінде ыдыстың ішінде тепе-тенділік орнайды да, 1 см^3 көлемнің ішінде әр таңбалы 10^8 ион пайда болады. Рекомбинация коэффициентін табу керек.

10.115. Разрядты тұтіктің электродтарына 5 в потенциал айырмасы берілген, электродтардың араларының қашықтығы 10 см -ге тең. Тұтіктің ішіндегі газ ионданады да, 1 м^3 көлемдегі қос иондардың саны 10^8 -не тең болады, ал $u_+ = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ және $u_- = 3 \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ болады. Мыналарды: 1) тұтіктің ішіндегі токтың тығыздығын, 2) толық токтың қандай бөлігінің оң иондармен көшірілетіндігін табу керек.

10.116. Иондау камерасының әрбір электродтарының ауданы 100 см^2 -ге тең, ал олардың ара қашықтығы $6,2 \text{ см}$ -ге тең. Ионизатордың 1 см^3 көлеміндегі секундті сайын жасалынатын әр таңбадағы иондар саны 10^9 -не тең деп алып, осындай камерадағы қанығу тогын табу керек. Иондарды бір валентті деп есептейміз.

10.117. Рекомбинация коэффициенті 10^{-6} -не тең болады деп, алдыңғы есептегі камераның 1 см^3 көлеміндегі қос иондардың мүмкін болатын ең үлкен санын табу керек.

10.118. Ұзындығы 84 см , ал көлденең қимасының ауданы 5 мм^2 тұтіктің кедергісін табу керек. Бұл тұтікті, оның 1 см^3 көлемінде тепе-тендікте 10^7 қос ион тұратындағы иондағай ауамен толтырылған деп аламыз. Иондар бір валентті. Иондардың қозғалыштығы $u_+ = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ және $u_- = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ -қа тең.

10.119. Егер 10.116, есептегі иондау камерасының электродтарына 20 в потенциал айырмасы берілді десек, онда оның электродтарының арасынан қандай ток өтеді? Иондардың қозғалыштығы $u_+ = u_- = 1 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$, ал ре-

комбинация коэффициенті $\alpha = 10^{-6}$. Табылған ток қанығу тогының қандай бөлігін береді?

10.120. Сутегі атомын иондау үшін керек болатын электронның ең кіші жылдамдығы қандай болу керек? Сутегі атомының иондану потенциалы 13,5 в-ке тең.

10.121. Сынап атомдарының қандай температурада иондануға жеткілікті болатын ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы болады? Сынап атомының иондану потенциалы 10,4 в-қа тең.

10.122. Гелий атомының иондану потенциалы 24,5 в-қа тең. Иондану жұмысын табу керек.

10.123. Металдан босап шығу үшін: 1) цезийдағы және 2) платинадағы еркін электрондардың ең кіші жылдамдығы қандай болу керек?

10.124. Егер, вольфрамның температурасын 100°К жоғарылатсақ, онда 2400°K температурада түрған вольфрамның меншікті термоэлектрондық эмиссиясы неше есе өзгереді?

10.125. Жұмыстық температурасы 1800°K болғандағы ториrlenген вольфрам катодының беретін меншікті эмиссиясы, сол температурада таза вольфрамның катодының беретін меншікті эмиссиясынан неше есе үлкен болады? Таза вольфрам үшін B эмиссия тұрақтысы $60 \text{ a/cm}^2 \text{ град}^2\text{-қа}$, ал ториrlenген вольфрам үшін $3 \text{ a/cm}^2 \cdot \text{град}^2\text{-қа}$ тең деп аламыз.

10.126. $T = 2500^{\circ}\text{K}$ температурадағы таза вольфрамның беретін меншікті эмиссиясын ториrlenген вольфрам қандай температурада береді? Керекті белгілерді алдыңғы есептің шартынан алу керек.

§ 11. Электромагнетизм

Био-Савар-Лапластың заңы бойынша бойымен ток I өтетін контурдың элементі dl кеңістіктің кейбір A нүктесінде кернеулігі dH магнит өрісін жасайды да, ол мынаған тең болады:

$$dH = \frac{I \sin \alpha \, dl}{4\pi r^2},$$

мұндағы $r - dl$ токтың элементінен A нүктесіне дейінгі қашықтық, a — радиус-вектор r мен dl ток элементінің арасындағы бұрыш. Био-Савар-Лапластың заңын әр түрлі контурға қолданып, мынаны табуға болады:

Дөңгелек токтың центріндегі магнит өрісінің кернеулігі

$$H = \frac{I}{2R},$$

мұндағы R — тогы бар дөңгелек контурдың радиусы.

Шексіз ұзын түзу сзықты өткізгіш жасаған магнит өрісінің кернеулігі

$$H = \frac{I}{2\pi a},$$

мұндағы a — кернеулігін іздел отырған нүктеден тогы бар өткізгішке дейінгі қашықтық.

Дөңгелек токтың осіндегі магнит өрісінің кернеулігі мынадай,

$$H = \frac{R^2 I}{2(R^2 + a^2)^{3/2}},$$

мұндағы R — тогы бар дөңгелек контурдың радиусы және a — кернеулігін іздел отырған нүктеден контурдың жазықтығына дейінгі қашықтық.

Тороид және шексіз ұзын соленоидтың ішіндегі магнит өрісінің кернеулігі

$$H = In,$$

мұндағы n — соленоидтың бірлік ұзындығына келетін орам саны (тороидтың).

Соленоидтың шектеулі ұзындығындағы магнит өрісінің кернеулігі

$$H = \frac{In}{2}(\cos \beta_1 - \cos \beta_2),$$

мұндағы β_1 және β_2 — қарастырып отырған нүктеден соленоидтың ұштарына жүргізілген радиус-вектор мен соленоид осінің арасындағы бұрыштар. Магнит индукциясы B мен магнит өрісінің кернеулігінің H арасындағы байланыс мынадай қатынаспен көрсетіледі:

$$B = \mu_0 \mu H,$$

мұндағы μ — ортаниң салыстырмалы магниттік өтімділігі, μ_0 — МКСА системасындағы магнит тұрақтысы, ол мынаған тен;

$$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м.}$$

Ферромагнитті денелер үшін $\mu = \varphi(H)$, олай болса $B = f(H)$ болады.

$B = f(H)$ тәуелділікті білу керек болатын есептерді шығарғанда міндettі түрде қосымшада көрсетілген графікті пайдалану керек.

Магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы

$$W_0 = \frac{HB}{2}$$

Контур арқылы өтетін магнит индукциясының ағыны мынадай болады:

$$\Phi = BS \cos \varphi,$$

мұндағы S — контурдың көлденең қимасының ауданы, φ — контурдың жазықтығына түсірілген нормаль мен магнит өрісінің бағыты арасындағы бұрыш. Тороид арқылы өтетін магнит индукциясының ағыны

$$\Phi = \frac{IN S \mu_0 \mu}{l},$$

мұндағы N — тороид орамының жалпы саны, l — оның ұзындығы, S — оның көлденең қимасының ауданы, μ — өзек материалының (затының) салыстырмалы магнит өтімділігі және μ_0 — магнит тұрақтысы.

Егер тороидтың аяқ саңылауы болса, онда

$$\Phi = \frac{IN}{\frac{l_1}{S \mu_0 \mu_1} + \frac{l_2}{S \mu_0 \mu_1}},$$

мұндағы l_1 — аяқ саңылауының ұзындығы, l_2 — темір өзектің ұзындығы, μ_2 — оның магнит өткізгіштігі және μ_1 — ауаның магнит өткізгіштігі.

Магнит өрісінде тұрған тогы бар өткізгіштің dl элементіне Ампер күші әсер етеді

$$dF = BI \sin \alpha dl,$$

мұндағы α — токтың бағыты мен магнит өрісінің арасындағы бұрыш.

Тогы бар түйікталған контурға, сондай-ақ магнит өрісіндегі магнит стрелкасына айналдыруыш моменті бар қос күш әсер етеді

$$M = pB \sin \alpha,$$

мұндағы p — тогы бар контурдың (немесе магнит стрелкасының) магнит моменті, ал α — магнит өрісінің бағыты мен контурдың жазықтығына түсірілген нормальдің (немесе стрелка осімен) арасындағы бұрыш.

Тогы бар контурдың магнит моменті

$$p = IS,$$

мұндағы S — контурдың ауданы, олай болса

$$M = BIS \sin \alpha.$$

I_1 және I_2 тогы бар параллель екі түзу сызықты өткізгіш өзара мынадай күшпен әсер етеді

$$F' = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi d},$$

мұндағы l — өткізгіштің ұзындығы, ал d — олардың ара-ларының қашықтығы.

Магнит өрісіндегі тогы бар өткізгіштің орын ауыстыруды үшін істелетін жұмыс

$$dA = Id\Phi,$$

мұндағы $d\Phi$ — өткізгіштің қозғалған уақыттағы кесіп өтетін магнит индукциясының ағыны.

Магнит өрісінде жылдамдықпен қозғалатын зарядталған бөлшектекке әсер ететін күш Лоренц формуласымен анықталады

$$F = qBv \sin \alpha,$$

мұндағы q — бөлшектің заряды, ал α — бөлшектің жылдамдығының бағыты мен магнит өрісінің арасындағы бұрыш.

Магнит өрісіне перпендикуляр етіп қойылған ток өткізетін пластинканың бойымен I ток өткенде көлденең потенциал айырмасы пайда болады

$$U = K \frac{IB}{a} = \frac{IB}{ne a},$$

мұндағы a — пластинканың қалындығы, B — магнит өрісінің индукциясы, ал $K = \frac{1}{ne}$ — токты тасуышының n концентрациясы мен олардың e зарядтарына кері болатын Холдың тұрақтысы.

K -ны және материалдың меншікті өткізгіштігін $\sigma = \frac{1}{\rho} = nei$ біле отырып, ток тасуыш i -дың қозғалғыштығын табуға болады.

Электромагниттік индукция құбылысын, контурды қоршап тұрган бет арқылы өтетін магнит индукциясының Φ ағынының әрбір өзгерісіндегі контурда пайда болатын индукцияның Э. қ. күші деп түсінеміз. Индукцияның Э. қ. күшінің \mathcal{E} шамасы мынадай теңдеумен анықталады:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Магнит индукциясының ағынын сол контурдағы ток күшінің өзгерісі арқылы өзгертуге болады (өздік индукция). Осы уақыттағы өздік индукцияның Э. қ. күші мынадай формуламен анықталады:

$$\mathcal{E} = - L \frac{di}{dt},$$

мұндағы L — контурдың индуктивтілігі (өздік индукция коэффициенті).

Соленоидтың индуктивтілігі

$$L = \mu_0 \mu n^2 l S,$$

мұндағы l — соленоидтың ұзындығы, S — оның көлденең қимасының ауданы, n — оның бірлік ұзындығына келетін орам саны.

Өздік индукция құбылысының салдарынан, Э. қ. күшін ажыратып тастаған уақытта тізбектегі ток күші мынадай заң бойынша азаяды:

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t},$$

ал э. к. күшін қосқанда ток күші мына заң бойынша көбейеді

$$I = I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right),$$

мұндағы R — тізбектің кедергісі.

Тогы бар контурдың магнит энергиясы

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

Осы сияқты индукция ағынының өзгерісі де көршілес контурдағы ток күшінің өзгерісімен артуы мүмкін (өз ара индукция құбылысы). Осы уақыттағы индукцияланатын э. к. күші

$$\mathcal{E} = -L_{12} \frac{dI}{dt},$$

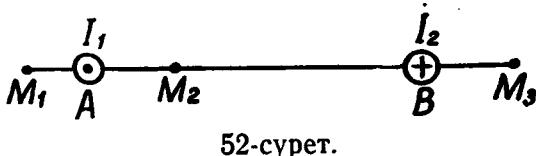
мұндағы L_{12} — контурлардың өз ара индуктивтігі.

Жалпы магнит ағынының қызып өтетін екі соленоидтың өз ара индуктивтігі мынаған тән:

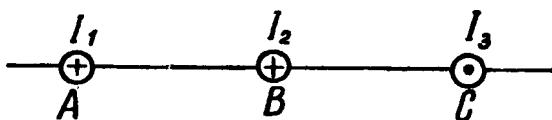
$$L_{12} = \mu_0 \mu n_1 n_2 S l,$$

мұндағы n_1 және n_2 — осы соленоидтардың бірлік ұзындығына келетін орам саны.

Откізгіште индукциялық ток пайда болғанда, оның көлденең қимасынан өтетін электр мөлшері мынаған тән:



52-сурет.



53-сурет.

$$dq = -\frac{1}{R} d\Phi.$$

11.1. Бойымен 5 a ток өтетін шексіз ұзын өткізгіштен 2 cm қашықтықта түрған нүктедегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек.

11.2. Бойымен 1 a ток өтетін, радиусы 1 cm дөңгелек сым орамының центріндегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек.

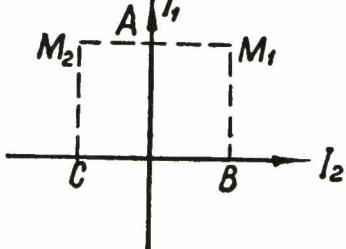
11.3. 52-суретте тогы бар шексіз ұзын түзу сызықты екі өткізгіштің қимасы көрсетілген. Өткізгіштердің араларының AB қашықтығы 10 см-ге тең, $I_1=20\text{ a}$, $I_2=30\text{ a}$. M_1 , M_2 және M_3 нүктелеріндегі I_1 және I_2 токтардан пайда болған магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Қашықтықтар мынаған тең: $M_1A=2\text{ cm}$, $M_2A=4\text{ cm}$ және $BM_3=3\text{ cm}$.

11.4. Алдыңғы есепті, токтар бір бағытқа қарай өтеді деп есептеп шығару керек.

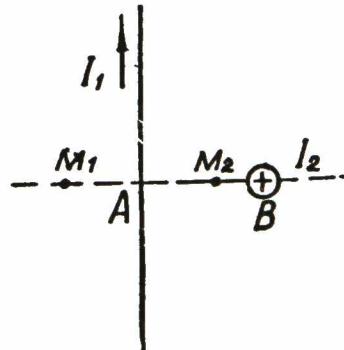
11.5. 53-суретте тогы бар шексіз ұзын түзу сызықты үш өткізгіштің қимасы көрсетілген. Қашықтықтар: $AB=BC=5\text{ cm}$; $I_1=I_2=I$ және $I_3=2I$. I_1 , I_2 және I_3 токтардан пайда болған магнит өрісінің кернеулігі нольге тең болатын AC түзуіндегі нүктені табу керек.

11.6. Алдыңғы есепті, үш токтың барлығы да бір бағытқа қарай өтеді деп есептеп шығару керек.

11.7. Түзу сызықты шексіз ұзын екі өткізгіш бір-біріне перпендикуляр болып орналасады да бір жазықтықта жатады (54-сурет). $I_1=2\text{ a}$ және $I_2=3\text{ a}$ -ға тең деп алып, M_1 және M_2 нүктелеріндегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Қашықтықтар: $M_1A=M_2A=1\text{ cm}$ -ге тең, $BM_1=CM_2=2\text{ cm}$ -ге тең.



54-сурет.



55-сурет.

11.8. Түзу сызықты шексіз ұзын екі өткізгіш бір-біріне перпендикуляр болып орналасып және өз ара перпендикуляр жазықтықта жатады (55-сурет) $I_1=2\text{ a}$ және $I_2=3\text{ a}$ -ге тең деп алып, M_1 және M_2 нүктелердегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Қашықтықтар: $M_1A=M_2A=1\text{ cm}$, ал $AB=2\text{ cm}$.

11.9. Тұзу сзықты ұзын екі өткізгіш бір-бірінен 10 см қашықтықта паралель болып орналасқан. Өткізгіш арқылы қарама-қарсы бағытта $I_1=I_2=5\text{ A}$ токтар өтеді. Эр өткізгіштен 10 см қашықтықта түрған нүктедегі магнит өрісі кернеулігінің шамасы мен бағытын табу керек.

11.10. Вертикаль орналасқан өткізгіш арқылы жоғарыдан төмен қарай $I=8\text{ A}$ ток өтеді. Осы өткізгіштен қандай r қашықтықта жердің магнит өрісі мен токтың өрістепі қосылғанынан пайда болған өрістің кернеулігі жоғары қарай вертикаль бағытталған болады? Жер өрісінің горизонталь құраушысы $H_1=0,2\text{ э}$.

11.11. Тогы бар тұзу сзықты AB өткізгіш кесіндісінің, осы кесіндінің ортасына түсірілген одан 5 см қашықтықтағы перпендикулярға орналасқан C нүктесінде жасайтын магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Өткізгіш арқылы өтетін ток 2 A -ға тең. AB өткізгіштің кесіндісі C нүктесінен 60° бұрыш арқылы көрінеді.

11.12. Алдыңғы есепті, өткізгіштегі ток 30 A -ге тең, ал өткізгіштің кесіндісі C нүктесінен 90° бұрыш арқылы көрінеді деген шарт бойынша шығару керек. C нүктесі өткізгіштен 6 см қашықтықта орналасқан.

11.13. Тогы бар тұзу сзықты өткізгіш кесіндісінің ұзындығы 30 см. Осы кесіндіден қандай шекті қашықтықта кесіндінің ортасына түсірілген перпендикулярда жатқан нүкте үшін магнит өрісін шексіз ұзын тұзу сзықты токтың өрісі деп қарастыруға болады? Осылай деп үйғарғанда болатын қате 50 проценттен аспау керек.

Нұсқау. Жіберілетін қате $\delta=\frac{H_2-H_1}{H_2}$, мұндағы H_1 — тогы бар өткізгіштің кесіндісінен болатын өріс, ал H_2 — шексіз ұзын тұзу сзықты токтан болатын өріс.

11.14. Тогы бар шексіз ұзын тұзу сзықты өткізгіштен 5 см қашықтықта түрған C нүктесіндегі магнит өрісінің кернеулігі 400 A/m -ге тең. 1) 2% нақтылыққа дейінгі кернеуліктің бұл мәні өткізгіштің қандай шекті ұзындығында дұрыс болады. 2) Егер тогы бар өткізгіштің ұзындығы 20 см болса, C нүктесіндегі магнит өрісінің кернеулігі неге тең болады? C нүктесі осы өткізгіштің ортасына түсірілген перпендикулярда орналасқан.

11.15. Тік бұрыш жасап майыстырылған ұзын өткізгіш арқылы 20 a -ге тең ток өтеді. Осы бұрыштың биссектрисасының үстінде және бұрыш төбесінен 10 см қашықтықта жатқан нүктедегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек.

11.16. Қолденен қимасы $S=1,0\text{ mm}^2$ мыстан жасалған сым сақинадан $I=20\text{ a}$ ток жүре отырып, сақинаның центрінде магнит өрісінің кернеулігін $H=2,24\text{ э}$ туғызады. Сақинаны жасап тұрған өткізгіштің ұштарындағы потенциал айырмасы қандай?

11.17. Дөңгелек контурдың осіндегі оның жазықтығынан 3 см қашықтықта жатқан магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Контурдың радиусы 4 см -ге тең, ал контурдағы ток күші 2 a -ге тең.

11.18. Радиусы 11 см дөңгелек орамның центріндегі магнит өрісінің кернеулігі $0,8\text{ э}$ -ке тең. Орам осіндегі, оның жазықтығынан 10 см қашықтықта жатқан магнит өрісінің кернеулігін табу керек.

11.19. Радиустары 4 см екі дөңгелек орам бір-бірінен $0,1\text{ м}$ қашықтықта тұрған параллель жазықтықтарға орналасқан. Орам бойымен $I=I_2=2\text{ a}$ -ге ток өтеді. Орамдардан бірдей қашықтықта тұрған нүктедегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Есепті: 1) орамдағы токтар бір бағытта жүреді, 2) токтар қарама-қарсы бағытта жүреді деген жағдайлар үшін шығару керек.

11.20. Радиустары 4 см екі дөңгелек орамның әрқайсының бір-бірінен 5 см қашықтықта тұрған параллель жазықтарға орналасқан. Ораммен $I_1=I_2=4\text{ a}$ ток өтеді. Осы орамдардың бірінің центріндегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Есепті: 1) орамдағы токтар бір бағытта жүреді, 2) токтар қарама-қарсы бағытта жүреді деген жағдайлар үшін шығару керек.

11.21. Диаметрі 10 см , 10 a ток күші өтетін дөңгелек орамның осі бойымен магнит өрісі кернеулігінің бөлінуін табу керек. Әрбір 2 см сайын $0 \leq x \leq 10\text{ см}$ интервалдағы x -тің мәндері үшін H мәндерінің табликасын жасап, масштабы түсірілген график сызу керек.

11.22. Екі дөңгелек орам өз ара перпендикуляр жазықтыққа, олардың орамдарының центрлері бір-біріне сәйкес келетіндей орналасқан. Әр орамның радиусы 2 см және олардан өтетін ток $I_1=I_2=5\text{ a}$ -ге тең. Осы орам-

дардың центріндегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек.

11.23. Ұзындығы 1 м сымнан квадрат рамка жасалған. Осы рамка арқылы күші 10 а ток өтеді. Рамканың центріндегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек.

11.24. Сымнан жасалған дөңгелек орамның ұштарындағы потенциал айырмасы и болғанда, оның центрінде магнит өрісі H жасалынады. Радиусы екі есе үлкен болып келген осындай сымнан жасалған орамның центріндегі магнит өрісінің кернеулігі жоғарыда алынған магнит өрісінің кернеулігіндей болу үшін берілген потенциал айырмасын қалай өзгерту керек болады?

11.25. Формасы дұрыс көпбұрыш болып келген сымнан жасалған рамканың бойымен ток күші $I=2$ а өтеді. Осы уақытта рамканың центрінде кернеулігі $H=33$ а/м магнит өрісі пайда болады. Рамканы жасалған сымның L ұзындығын табу керек.

11.26. Шексіз ұзын провод осы проводқа жанама дөңгелек тұзақ жасайды. Проводтың бойымен күші 5 а ток өтеді. Тұзақтың центріндегі магнит өрісінің кернеулігін 41 а/м-ге тең деп алып, тұзақтың радиусын табу керек.

11.27. Ұзындығы 30 см катушка 1000 орамнан тұрады. Катушка арқылы өтетін ток 2 а-ге тең болады деп алып, оның ішіндегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек. Катушканың диаметрін оның ұзындығына қарағанда өте кішкене деп есептейміз.

11.28. Катушканың обмоткасы диаметрі 0,8 мм сымнан жасалған. Орамдар бір-біріне тығыз тиіп тұрады. Катушканы мейлінше ұзын деп есептеп, ток күші 1 а болғанда катушканың ішіндегі магнит өрісінің кернеулігін табу керек.

11.29. Диаметрі 1 мм сымнан, ішіндегі магнит өрісінің кернеулігі 300 ә-ке тең болатында соленоид орау керек. Сым арқылы жіберуге болатын ең үлкен токтың күші 6 а-ге тең. Егер орамдар бір-біріне тығыз етіп оралатын болса, онда соленоидтың обмоткасы қанша қабаттан тұрады? Катушканың диаметрін, оның ұзындығымен салыстырганда, өте кішкене деп есептейміз.

11.30. Ұзындығы 20 см, ал диаметрі 5 см соленоидтың ішінде 12,6 ә-ке тең болатын магнит өрісінің кернеулігін алуымыз керек. Мыналарды: 1) осы соленоид үшін қа-

жет ампер-орам санын, 2) орам жасау үшін диаметрі 0,5 мм мыс сымы қолданылады деп алып, оның ұштарына берілетін потенциал айрымын табу керек. Соленоидтың өрісін біртекті деп есептейміз.

11.31. Катушканың центріндегі магнит өрісінің кернеулігін шексіз ұзын соленоидтың өріс кернеулігі үшін берілген формула арқылы тауып алуға болатын болса, катушканың ұзындығының оның диаметріне қатынасы неге тең болу керек? Осылай деп үйғарғандағы жіберген қате 5%-тен аспау керек.

Нұсқау. Жіберілетін қате $\delta = \frac{H_2 - H_1}{G_2}$, мұндағы H_2 — ұзындығы шексіз катушканың ішіндегі магнит өрісінің кернеулігі, ал H_1 — ұзындығы шектеулі катушканың ішіндегі магнит өрісінің кернеулігі.

11.32. Алдыңғы 11.30, есептегі соленоидты шексіз ұзын деп алып, соленоидтың центріндегі магнит өрісінің кернеулігін тапқанда қандай қате жібереміз?

11.33. Ұзындығы 3 см , ал диаметрі 2 см соленоид осінің бойымен магнит өрісі кернеулігінің бөлінуін табу керек. Соленоидпен өтетін токтың күші 2 $\text{а}-\text{ге}$ тең. Катушканың орам саны 100. Әрбір 0,5 см сайын $0 \leq x \leq 3 \text{ см}$ интервалдағы x -тің мәндері үшін алынған H мәндерінің таблицасын жасап, масштабы түсірілген график құру керек.

11.34. Сыйымдылығы $10^{-5} \Phi$ конденсатор э. қ. күші 100 в -ке тең батареядан периодты түрде зарядталып, содан кейін катушка арқылы разрядталып отырады. Катушканың формасы 32 орамнан тұратын диаметрі 20 см сақина тәрізді, онымен қоса сақинаның жазықтығы магнит меридианының жазықтығымен сәйкес келеді. Катушканың центріне орналасқан горизонталь магнит стрелкасы 45° бұрышқа бұрылады. Конденсаторды әр секунд сайын 100 рет аудыстырып-қосып отырады. Осы тәжірибедегі мәліметтерден Жердің магнит өрісі кернеулігінің горизонталь құраушысын табу керек.

11.35. Сыйымдылығы $10 \mu\Phi$ конденсатор 120 в потенциал айырмасын беретін батареядан периодты түрде зарядталып, содан кейін 200 орамнан тұратын ұзындығы 10 см соленоид арқылы разрядталып отырады. Соленоидтың ішіндегі магнит өрісі кернеулігінің орташа мәні

3,02 ә. Конденсатор секунд сайын неше рет ауыстырып-көсіліп тұрады? Соленоидтың диаметрін оның ұзындығымен салыстырғанда өте кішкене деп аламыз.

11.36. Кернеулігі 1000 в біртекті магнит өрісінде квадрат рамка орналасқан. Оның жазықтығы магнит өрісінің бағытымен 45° бұрыш жасайды. Рамканың қабырғасы 4 см. Рамкадан өтетін магнит ағынын анықтау керек.

11.37. Индукциясы 0,05 тл·ға тең магнит өрісінде ұзындығы 1 м стержень айналады. Стерженьнің бір ұшынан өтетін айналу осі магнит өрісінің күш сыйықтарына параллель болып келген. Стерженьнің әрбір айналымындағы қылп өтетін магнит индукциясының ағынын табу керек.

11.38. Ауданы 16 cm^2 -ге тең рамка біртекті магнит өрісінде 2 айн/сек жасай айналады. Айналу осі рамканың жазықтығында магнит өрісінің күш сыйықтарына перпендикуляр болып орналасқан. Магнит өрісінің кернеулігі $7,96 \cdot 10^4 \text{ A/m}$ -ге тең. Мыналарды: 1) рамкадан өтіп шығатын магнит ағынының, уақытқа тәуелділігін, 2) магнит ағынының ең үлкен мәнін табу керек.

11.39. Темірдің үлгісі орналасқан магнит өрісінің кернеулігі 10 э. Осы жағдайдағы темірдің магниттік өтімділігін табу керек.

11.40. Ұзындығы 30 см кішкене диаметрлі соленоидтың ішіндегі магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы $1,75 \text{ дж/m}^3$ -ге тең болу үшін қанша ампер-орам керек болады?

11.41. Құлданең қимасының ауданы 3 cm^2 , ал ұзындығы 120 см темір өзегі бар соленоидтың ішінде $42\,000 \text{ мкс}$ магнит ағынын жасау үшін қанша ампер-орам керек болады?

11.42. Тороидтың темір өзегінің ұзындығы $2,5 \text{ mm}$ -ге тең, ал ауа саңылауының ұзындығы — 1 см. Тороид обмоткасының орам саны 1000-ға тең. Ток күші 20 A болғанда ауа саңылауындағы магнит өрісінің индукциясы $1,6 \text{ тл·ға}$ тең болды. Осы жағдайдағы темір өзектің магниттік өтімділігін анықтау керек. (Темірдің осы берілген сортты үшін B мен H арасындағы байланыс белгісіз).

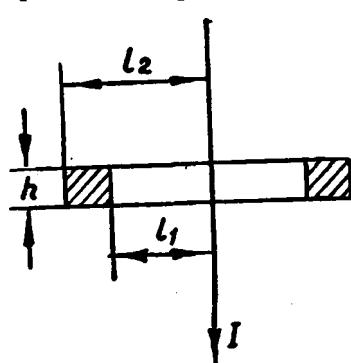
11.43. Тороидтың темір өзегінің ұзындығы 1 м-ге тең, ал ауа саңылауының ұзындығы — 1 см. Өзектің құлданең қимасының ауданы 25 cm^2 -ге тең. Осы жағдайдағы өзек

материалының магниттік өтімділігі 800-ге тең болатындығы белгілі деп алып, $1,4 \cdot 10^5 \text{ мкс}$ магнит ағынын жасау үшін қанша ампер-орам керек болатындығын табу керек? (Темірдің берілген осы сорты үшін B мен H арасындағы байланысы белгісіз).

11.44. Тороид обмоткасының ампер-орам саны 1500-ге тең деп алып, ұзындығы $20,9 \text{ см}$ тороидтың түйік темір өзегіндегі магнит индукциясын анықтау керек. Осы жағдайдағы өзек затының магниттік өтімділігін табу керек.

11.45. Тороидтың темір өзегінің ұзындығы $l_2 = 1 \text{ м}$, ал ауа саңылауының ұзындығы $l_1 = 3 \text{ мм}$. Тороидтың обмоткасындағы орам саны $N = 2000$. Тороидтың обмоткасындағы ток күші $I = I_a$ болғандағы ауа саңылауындағы магнит өрісінің H кернеулігін табу керек.

11.46. Тороидтың темір өзегінің ұзындығы $50 \text{ см}-ге$ тең, ал ауа саңылауының ұзындығы 2 мм . Тороидтың обмоткасындағы ампер-орамның саны 2000-ға тең. Егер сол берілген ампер-орам санында ауа саңылауының ұзындығын екі есе өсірсек, онда ауа саңылауындағы магнит өрісінің кернеулігі неше есе кемитін болады?



56-сурет.

Осы соленоидтың магниттік моментін табу керек. Соленоидтың ұзындығы $25 \text{ см}-ге$ тең.

11.49. Темір сақинаның центрінен оның жазықтығына перпендикуляр бағытта бойымен 25 а ток жүріп түрған түзу сзықты сым өтеді. Сақинаның қимасы өлшемдері $l_1 = 18 \text{ мм}$, $l_2 = 22 \text{ мм}$, ал $h = 5 \text{ мм}-ге$ тең төрт бұрышты болып келген (56-сурет). Сақина қимасының кез келген нүктесіндегі индукция шамамен алғанда бірдей және

11.47. Соленоидтың ішіне ұзындығы $25,1 \text{ см}$, ал диаметрі 2 см темір өзек орналасқан. Соленоидтың орам саны 200. Өзегі бар соленоид үшін әрбір $1 \text{ а сағын } 0 < I > 5 \text{ а}$ шектегі Φ магнит ағыны I ток күшіне тәуелділігінің графигін құру керек. Ордината осінің бойына $\Phi \cdot 10^4 \text{ вб}$ салу керек.

11.48. Соленоидтан (өзекіз) өтіп шығатын магнит индукциясының ағыны $5 \cdot 10^{-6} \text{ вб}-ге$ тең.

сақинаның орта сыйығындағы индукцияға тең болады деп есептеп, қимасынан өтіп шығатын Φ магнит ағынын табу керек.

11.50. Алдыңғы есептегі сақина қимасының әр түрлі нүктелеріндегі магнит өрісінің түрліше болатындығын есте ұстай отырып, сақина қимасының ауданынан өтіп шығатын магнит ағынын табу керек. μ мәнін тұрақты деп есептеп, оны сақинаның орта сыйығындағы H мәні үшін берілген $B=f(H)$ қисығының графигі бойынша табу керек.

11.51. Ұзындығы 50 см түйықталған темір өзектің 1000 орам обмоткасы бар. Обмотка арқылы күші 1 а-ге тең ток өтеді. Өзекті қашықтатқанда индукция бұрынғысындаі болып қалу үшін, обмотка арқылы қандай ток жіберу керек?

11.52. Ауа саңылауының ұзындығы 0,1 см болып келген ұзындығы 50,2 см темір өзек 20 орамды обмоткадан тұрады. Саңылауда 1,2 вб/м²-ге тең индукция алу үшін, осы обмоткадан қандай ток өту керек?

11.53. Орташа диаметрі 11,4 см темір сақинаның 200 орамнан тұратын обмоткасы бар, осы обмотка арқылы өтетін токтың күші 5 а-ге тең. 1) Сақинаға ені 1 мм тілік жасасақ, өзектегі индукция бұрынғысындаі болып қалу үшін обмотка арқылы қандай ток өту керек? 2) Осы жағдайдағы өзек материалының магниттік өтімділігін табу керек.

11.54. Полюс аралығындағы кеңістікте 1400 гс-қа тең магнит өрісінің индукциясын беретін электромагнит жасау керек. Темір өзектің ұзындығы 40 см, полюс аралығындағы кеңістіктің ұзындығы 1 см, өзектің диаметрі 5 см. Мыналарды: 1) бізге керекті магнит өрісін алу үшін электромагниттің обмоткасын қоректендіруге қандай э. қ. күшін алу керек болатынын (бізде бар мыс сымның көлденең қимасының ауданы 1 мм²-ге тең), 2) егер токтың мүмкін болатын шекті тығыздығы 3 а/мм²-ге тең болса, осы уақыттағы оралған сымның мейлінше аз қалындығын табу керек.

11.55. Электромагниттің полюстерінің арасында, индукциясы 1000 гс-қа тең, біртекті магнит өрісі жасалынады. Күш сыйықтарына перпендикуляр етіп қойылған

ұзындығы 70 см ұзын сымның бойымен күші 70 а-ге тең ток өтеді. Сымға әсер ететін күшті табу керек.

11.56. Тұзу сызықты параллель екі ұзын өткізгіш бір-бірінен 10 см қашықтықта орналасқан. Өткізгіш арқылы ток $I=20$ а және $I_2=30$ а, бір бағытта өтеді. Осы өткізгіштерді бір-бірінен 20 см қашықтықта алыстату үшін қандай жұмыс істеу керек болады (өткізгіштің бірлік ұзындығына)?

11.57. Тұзу сызықты параллель екі ұзын өткізгіш бір-бірінен біршама қашықтықта орналасқан. Өткізгіштен шамалары және бағыттары жағынан бірдей ток өтеді. Осы өткізгіштерді бір-бірінен екі есе қашықтықта алыстату үшін 5,5 әрг/см-ге тең жұмыс істеу керек деп алып, (өткізгіштің бірлік ұзындығынан келетін) әрбір өткізгіштен өтетін токтың күшін табу керек.

11.58. Ұзындығы 20 см сымнан: 1) квадрат және 2) дөңгелек формалы контур жасалынған. Индукциясы 1000 ғс-қа тең біртекті магнит өрісінде түрған әр контурға әсер ететін күштің айналдыруши моментін табу керек. Контурлардан өтетін токтың күші 2 а. Әр контурдың жазықтығы магнит өрісінің бағытымен 45° бұрыш жасайды.

11.59. Көлденең қимасының ауданы 1 mm^2 -ге тең алюминий сымы (проводы) магнит меридианына перпендикуляр горизонталь жазықтықта ілінген. Осы арқылы (батыстан шығысқа карај) күші 1,6 а-ге тең ток өтеді. 1) Сымға жердің магнит өрісі жағынан әсер ететін күш оның салмағының қандай үлесін құрады? 2) Осы күштің салдарынан 1 м сымның салмағы қашалықты кемиді? Жердің магнит өрісінің горизонталь құраушысы 0,2 ә-ке тең.

11.60. Ұзындығы 3 см, ал көлденеңі 2 см тік бұрышты каркасқа оралған 400 орам жіңішке сымнан түратын гальванометр катушкасы индукциясы 1000 ғс-қа тең магнит өрісіндегі жіпке ілінген. Катушка арқылы өтетін токтың күші 10^{-7} а. 1) Катушканың жазықтығы магнит өрісінің жазықтығына параллель, 2) катушканың жазықтығы магнит өрісі мен 60° бұрыш жасайды деп алыш, гальванометрдің катушкасына әсер ететін айналдыруши моментті табу керек.

11.61. Вертикаль орналасқан түзу сызықты ұзын сымнан 20 см қашықтықта диаметрі $0,1 \text{ мм}$, ұзындығы 10^2 см жіңішке жіпке магнит моменті $10^{-2} \text{ а} \cdot \text{м}^2$ -ге тең қысқа магнит стрелкасы ілінген. Стрелка сым мен жіп арқылы өтетін жазықтықта орналасқан. Егер сым арқылы күші 30 а-ге тең ток жіберілсе, онда стрелканың бұрылатын бұрыши қандай болады? Жіп материалының ығысу модулі 600 кг/мм^2 . Система Жердің магнит өрісінен экрандалған.

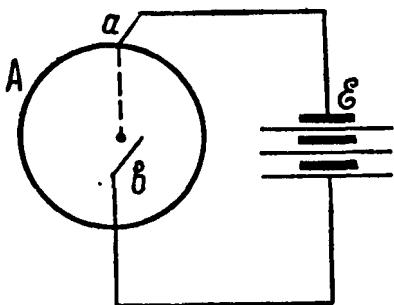
11.62. 600 орам сымнан тұратын гальванометрдің катушкасы кернеулігі $16 \cdot 10^4 \text{ а/м}$ магнит өрісінде диаметрі $0,1 \text{ мм}$, ұзындығы 10 см жіпке оның жазықтығы магнит өрісінің бағытына параллель келетіндегі ілінген. Катушка рамкасының ұзындығы $a = 2,2 \text{ см}$, ал көлденені $b = 1,9 \text{ см}$ -ге тең. Егер катушка $0,5^\circ$ бұрышқа бұрылатын болса, онда катушканың обмоткасынан қандай ток өтетін болады? Жіп материалының ығысу модулі 600 кГ/мм^2

11.63. Квадрат рамка, оның жазықтығына түсірілген нормаль мен магнит өрісінің күш сызықтары 90° бұрыш жасайтында етіп сымға ілінген. Рамканың қабырғасы 1 см -ге тең. Өрістің магнит индукциясы $1,37 \cdot 10^{-2} \text{ тл-фа}$ тең. Егер рамка арқылы күші $I = 1 \text{ а}$ ток жіберсек, онда ол 1° бұрышқа бұрылады. Сым материалының ығысу модулін табу керек. Сымның ұзындығы 10 см , ал жіптің радиусы $0,1 \text{ мм}$.

11.64. Дөңгелек контурды, оның жазықтығы өрістің күш сызықтарына перпендикуляр болатында етіп, біртекті магнит өрісінде орналастырылған. Магнит өрісінің кернеулігі 2000 э . Контурандан күші 2 а-ге тең ток өтеді. Контурдың радиусы 2 см . Контурды диаметрімен сәйкес келетін осьтің айналасында 90° -қа бұру үшін қандай жұмыс істеуге болады?

11.65. Индукциясы $0,5 \text{ вб/м}^2$ -ге тең біртекті магнит өрісінде ұзындығы 10 см өткізгіш бір қалыпты қозғалады. Өткізгіш арқылы өтетін токтың күші 2 а . Өткізгіш 20 см/сек жылдамдықпен қозғалады да оның бағыты магнит өрісінің бағытына перпендикуляр болып келеді. Мынналарды: 1) өткізгіштің 10 сек уақыт қозғалғандағы оның орын ауыстыруына жұмсалған жұмысты, 2) осы қозғалысқа шығарылған қуатты табу керек.

11.66. 57-суреттегі A — жазықтығы магнит өрісінің бағытына перпендикуляр болып келген радиусы $r=5 \text{ см}$ мыс дискісі. Магнит өрісінің индукциясы $B=0,2 \text{ тл}$. Дискінің радиусы a арқылы $I=5 \text{ а}$ ток өтеді (a және θ сырғымалы контактілер). Дискінің айналу жиілігі $v=3 \text{ айн/сек}$. Мыналарды: 1) осындай двигательдің куатын, 2) магнит өрісі чертежден бізге қарай бағытталған жағдайдағы дискінің айналу бағытын, 3) дискіге әсер ететін айналдыруыш моменті табу керек.



57-сурет.

тең магнит өрісінде, осы дискінің жазықтығы өрісінің күш сзықтарына перпендикуляр болатындай етіп орналас тырылған. Тізбекті a ара тұйықтағанда дискі айнала бастайды да, айналу басынан 30 сек өткеннен кейін оның жылдамдығы 5 айн/сек -ке жетеді. Тізбектегі ток күшін табу керек.

11.68. A дискінің бір минутта айналғандағы a радиусмен қылышатын магнит индукциясының ағынын табу керек (57-суреттің қараңыздар). Дискінің радиусы $r=10 \text{ см}$ -ге тең. Магнит өрісінің индукциясы $B=0,1 \text{ тл}$. Дискі $5,3 \text{ айн/сек}$ жасайды.

11.69. 1000 в потенциал айырмасымен үдетілген электрон, өзінің қозғалысына перпендикуляр бағытпен біртекті магнит өрісіне үшінші кіреді. Магнит өрісінің индукциясы $1,19 \cdot 10^{-3} \text{ тл}$ -ға тең. Мыналарды: 1) электронның траекториясының қисықтық радиусын, 2) оның шенбер бойымен айналу периодын, 3) электронның қозғалыс мөлшерінің моментін табу керек.

11.70. 300 в потенциал айырмасымен үдетілген электрон, одан 4 мм қашықтықта түрған түзу сзықты үзүн сымға параллель бағытта қозғалады. Егер өткізгіш арқылы 5 а ток өтетін болса, электронға қандай күш әсер етеді?

11.71. 1 Мв потенциал айырмасымен үдетілген a -бөлшектің (гелий атомының ядроны) ағыны, кернеулігі

15 000 ә біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді. Эрбір бөлшектің жылдамдығының бағыты магнит өрісінің бағытымен тік бұрыш жасайды. Эрбір бөлшекке әсер ететін күшті табу керек.

11.72. Электрон күш сзықтарына перпендикуляр бағытта біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді. Электроның жылдамдығы $v = 4 \cdot 10^7 \text{ м/сек}$. Магнит өрісінің индукциясы 10^{-3} тл-ға тең. Магнит өрісіндегі электронның тангенциаль және нормаль үдеулері неге тең болады?

11.73. Индукциясы 10^4 гс магнит өрісінде радиусы 60 см шеңбер дөгасының бойымен қозғалатын протонның кинетикалық энергиясын табу керек.

11.74. Бірдей жылдамдықпен қозғалған протон мен электрон біртекті магнит өрісіне келіп түседі. Протонның траекториясының R_1 қисықтық радиусы электронның траекториясының R_2 қисықтық радиусынан неше есе үлкен болады?

11.75. Бірдей потенциал айырмасымен ұдетілген протон мен электрон біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді. Протон траекториясының R_1 қисықтық радиусы электрон траекториясының R_2 қисықтық радиусынан неше есе үлкен болады?

11.76. Магнит өрісінде қойылған Вильсон камерасында алынған фотографиядағы электронның траекториясы радиусы 10 см шеңбердің дөгасы сияқты болып келген. Магнит өрісінің индукциясы 10^{-2} тл . Электрон-вольтпен берілген электронның энергиясын табу керек.

11.77. Магнит өрісінде шеңбер бойымен зарядталған бөлшек 10^6 м/сек жылдамдықпен қозғалады. Магнит өрісінің индукциясы 0,3 тл-ға тең. Шеңбердің радиусы 4 см. Бөлшектің энергиясын 12 кэв-ке тең деп алған, оның зарядын табу керек.

11.78. Протон мен а-бөлшегі біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді. Бөлшектің жылдамдығы өрістің күш сзықтарына перпендикуляр болып бағытталған. Протонның магнит өрісіндегі айналу периоды а-бөлшектің айналу периодынан неше есе үлкен болады?

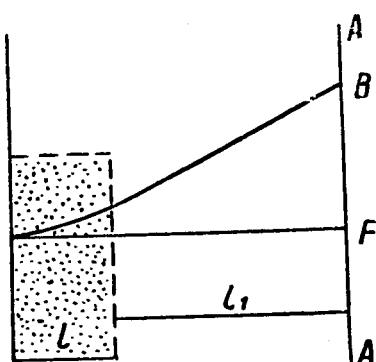
11.79. Кинетикалық энергиясы 500 эв-ке тең а-бөлшегі, оның қозғалысының жылдамдығына перпендикуляр бағытта келген біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді. Магнит өрісінің индукциясы 1000 гс. Мыналарды: 1) бөлшекке

әсер ететін күшті, 2) бөлшектің бойымен қозғалған шеңбердің радиусын, 3) бөлшектің айналу периодын табу керек.

11.80. Қозғалыс мөлшерінің моменті $1,33 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{сек}$ -ке тең α -бөлшегі, оның қозғалысының жылдамдығына перпендикуляр болып келген біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді. Магнит өрісінің индукциясы $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ тл-ға}$ тең. α -бөлшегінің кинетикалық энергиясын табу керек.

11.81. Атомдық салмақтары 39 және 41 калий изотоптарының бір зарядты иондары 300 в потенциал айырмасымен ұдетіледі; содан кейін олар өздерінің қозғалысының бағытына перпендикуляр болып келген магнит өрісіне келіп туседі. Магнит өрісінің индукциясы 800 гс. Осы иондардың траекторияларының қисықтық радиусын табу керек.

11.82. Зарядталған бөлшекті кернеулігі 2500 э біртекті магнит өрісіне $10^8 \text{ см}/\text{сек}$ жылдамдықпен ұшып кіріп,



58-сурет.

содан кейін радиусы 8,3 см шеңбер доғасының бойымен қозғалады деп есептеп, зарядталған бөлшек үшін q/m қатынасты табу керек. Бөлшектің қозғалыс жылдамдығының бағыты магнит өрісінің бағытына перпендикуляр болып келген. Электрон, протон және α -бөлшек үшін табылған мәнді q/m мәнімен салыстырыныздар.

11.83. $U=300 \text{ в}$ потенциал айырмасымен ұдетілген электрондар шоғы, чертежден бізге қарай бағытталған, біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді (58-сурет). Өрістің ені $l=2,5 \text{ см}$. Магнит өрісі болмаған уақытта электрондар шоғы магнит полюстерінің ұшынан $l_1=5 \text{ см}$ қашықтықта түрған флуоресциялаушы AA экранының F нүктесінде дақ береді. Магнит өрісін қосқан уақытта дақ B нүктесіне аудысады. Магнит өрісінің индукциясын $1,46 \cdot 10^{-5} \text{ вб}/\text{м}^2$ -ге тең деп алғып, электрондар шоғының $x=FB$ ығысуын табу керек.

11.84. Кернеулігі $H=8 \cdot 10^3 \text{ а/m}$ магнит өрісі мен кернеулігі $E=10 \text{ в/см}$ электр өрісі бір жаққа қарай бағытталған. Осындай электромагнит өрісіне электрон $v=10^5 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен ұшып кіреді. Электронның нормаль a_n тангенциаль a_t және толық a үдеулерін табу керек. Есепті мынадай шарттар үшін: 1) электронның жылдамдығы күш сзықтарына паралель деп және 2) электронның жылдамдығы өрістің күш сзықтарына перпендикуляр деп шығару керек.

11.85. Индукциясы $B=5 \text{ гс}$ магнит өрісі, кернеулігі $E=10 \text{ в/см}$ электр өрісіне перпендикуляр болып бағытталған. Қейбір жылдамдықпен ұшып келе жатқан электрондар шоғы өрістер орналасқан кеңістікке ұшып кіреді де, электрондардың жылдамдығы E және B векторлар жатқан жазықтыққа перпендикуляр болады. Мыналарды: 1) электрондар шоғына екі өрістің әсері бір уақытта тигенде олар ешқайда бұрылмайды деп, электрондардың жылдамдығын, 2) бір ғана магнит өрісін қосқан уақыттағы электрондардың траекториясының қисықтық радиусын табу керек.

11.86. $U=6 \text{ кв}$ потенциал айырмасымен ұдетілген электрон біртекті магнит өрісіне оның бағытына $\alpha=30^\circ$ бұрышпен ұшып кіреді де спираль бойымен қозғала бастайды. Магнит өрісінің индукциясы $B=1,3 \cdot 10^{-2} \text{ вб/м}^2$. Мыналарды: 1) спираль орамының радиусын және 2) спиральдің қадамын табу керек.

11.87. Протон біртекті магнит өрісінің бағытына $\alpha=30^\circ$ бұрыш жасаі ұшып кіреді де радиусы 1,5 см-ге тең спиральдің бойымен қозгалады. Магнит өрісінің индукциясы 10^3 гс-қа тең. Протонның кинетикалық энергиясын табу керек.

11.88. Электрон жазық горизонталь конденсатордың пластиналарына параллель бағытта $v_0=10^7 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен ұшып кіреді. Конденсатордың ұзындығы $l=5 \text{ см}$; конденсатордың электр өрісінің кернеулігі $E=100 \text{ в/см}$; электрон конденсатордан ұшып шыққанда күш сзықтары электр өрісінің күш сзықтарына перпендикуляр магнит өрісіне келіп түседі. Магнит өрісінің индукциясы $B=10^{-2} \text{ тл}$. Мыналарды: 1) магнит өрісіндегі электронның винт тәрізді траекториясының

радиусын, 2) электронның винт тәрізді траекториясының қадамын табу керек.

11.89. $U=3000 \text{ в}$ потенциал айырмасымен үдетілген электрон соленоидтың магнит өрісіне оның осіне $\alpha=30^\circ$ бұрыш жасап ұшып кіреді. Соленоидтың ампер-орам саны 5000-ға тең. Соленоидтың ұзындығы 25 см. Соленоидтың магнит өрісіндегі электронның винт тәрізді траекториясының қадамын табу керек.

11.90. Қалыңдығы $a=0,5 \text{ мм}$, ал биіктігі $b=10 \text{ мм}$ мыс пластинканың $S=ab$ қимасы арқылы $I=20 \text{ а}$ ток өтеді. Пластинканы токтың бағытына және b қырына перпендикуляр болып келген магнит өрісіне орналастырганда $U=3,1 \cdot 10^{-6} \text{ в}$ -ге тең көлденең потенциал айырымы пайда болады. Магнит өрісінің индукциясы $B=1 \text{ тл}$. Мыналарды: 1) мыстағы өткізгіштік электрондардың концентрациясын және 2) осы жағдайдағы олардың орташа жылдамдығын анықтау керек.

11.91. Алюминий пластинканың $S=ab$ қимасы арқылы (a — қалыңдығы, ал b — пластинканың биіктігі) $I=5 \text{ а}$ ток жіберіледі. Пластинканы магнит өрісінде токтың бағыты мен b қырына перпендикуляр етіп орналастырган. Магнит өрісінің индукциясын $B=0,5 \text{ тл}$ және пластинканың қалыңдығын $a=0,1 \text{ мм}$ дәп алып, осы уақыттагы пайда болатын көлденең потенциал айырмасын анықтау керек. Электрондардың өткізгіштік концентрациясын атомдардың концентрациясына тең деп аламыз.

11.92. Қалыңдығы $a=0,2 \text{ м}$ жартылай өткізгіш пластинкасын a -ның бойымен бағытталған магнит өрісіне орналастырады. Жартылай өткізгіштің меншікті кедергісі $\rho=10^{-5} \text{ ом м}$, ал магнит өрісінің индукциясы $B=1 \text{ тл}$. Пластинканың бойымен өріске перпендикуляр бағытта $I=0,1 \text{ а}$ ток жіберіледі. Осы уақытта $U=3,25 \cdot 10^{-3} \text{ в}$ көлденең потенциал айырмасы пайда болады. Жартылай өткізгіштегі токты тасушылардың қозғалыштығын анықтау керек.

11.93. Индукциясы $0,1 \text{ тл}$ біртекті магнит өрісінде ұзындығы 10 см өткізгіш қозғалады. Өткізгіштің қозғалу жылдамдығы 15 м/сек және ол магнит өрісіне перпендикуляр болып бағытталған. Өткізгіштегі индукцияланған ә. қ. к. неге тең?

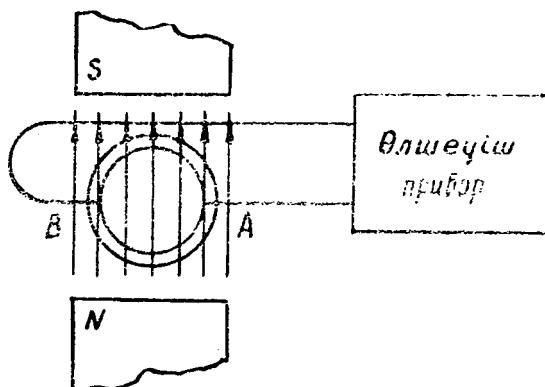
11.94. Орамы 500, диаметрі 10 см катушка магнит өрісінде тұр. Егер магнит өрісінде индукциясы 0,1 сек ішінде 0-ден 2 вб/м²-ге дейін өседі десек, осы катушка-дағы индукцияның ә. қ. күшінің орташа мәні неге тең болады?

11.95. Реактивті двигателі бар самолеттің жылдамдығы 950 км/сағ-қа тең. Жердің магнит өрісінде кернеулігінде вертикаль құраушысы 0,5 ә-ке тең, ал самолеттің қанаттарының құлашы 12,5 м деп алып, осындай самолеттің қанаттарының ұштарында пайды болатын индукцияның ә. қ. күпін табу керек.

11.96. Индукциясы 500 гс магнит өрісінде ұзындығын 1 м стержень 20 рад/сек тұракты бұрыштық жылдамдықпен айналады. Айналу осі стерженьнің ұштары арқылы өтеді де магнит өрісінде күш сзықтарына параллель болады. Стерженьнің ұштарында пайды болатын индукцияның ә. қ. күшін табу керек.

11.97. Сұйықтың шығының анықтайтын электромагниттік өлшеуіштің жұмыс істеу принципін түсіндіретін схема 59-суретте көрсетілген. Трубопровод ондағы ағып өтетін сұйықпен бірге магнит өрісіне орналастырылған. А және В электродтарда индукцияның ә. қ. күші пайды болады. Магнит өрісінде индукциясы 100 гс-ка тең деп, трубопровод арқылы ағып өтетін сұйықтың ағу жылдамдығын табу керек. Электродтардың ара қашықтығы (трубопроводтың ішкі диаметрі) 50 мм, ал осы уақытта пайды болатын ә. қ. к. 0,25 мв.

11.98. Ауданы 100 см² дөңгелек тәрізді сым орамы индукциясы 1 вб/м² біртекті магнит өрісінде тұр. Орамың жазықтығы магнит өрісінде бағытыша перпендикуляр болып келген. Өрісті 0,01 сек уақыт қосып тұрғанда орам-

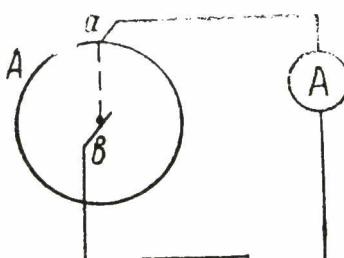


59-сурет.

да пайда болатын индукцияның э. қ. күшінің ортаса мәні неге тең болады?

11.99. Индукциясы 1000 $гс$ -қа тең біртекті магнит өрісінде 100 орам сымпаи тұратын катушка бір қалыпты айналады. Катушка 5 $айн/сек$ жасайды. Катушканың көлденең қимасының ауданы 100 см^2 . Айналу осі катушканың осі мен магнит өрісінің бағытына перпендикуляр болып келеді. Айналып тұрған катушкадагы индукцияның максималь э. қ. күшін табу керек.

11.100. Индукциясы 0.8 $тл$ біртекті магнит өрісінде рамка 15 $рад/сек$ бұрыштық жылдамдықпен бір қалыпты айналады. Рамканың ауданы 150 см^2 . Айналу осі рамканың жазықтығында жатады да магнит өрісінің күш сзықтарының бағытымен 30° бұрыш жасайды. Айналып тұрған рамкадагы индукцияның максималь э. қ. күшін табу керек.



60-сурет.

11.101. 60-суреттегі A — радиусы 5 см , жазықтығы магнит өрісінің бағытына перпендикуляр болып келген мыс дискісі. a және b — сырғымалы контактилер, ендеше abn тізбегі арқылы ток өте алады. Магнит өрісінің индукциясы 2000 Гс , диск 3 $айн/сек$ жасап айналады. Осындай генератордың э. қ. күшін табу керек. Магнит өрісі бізден чертежге қарай бағытталған, ал диск сағат тіліне қарай айналады деп алып, электр тогының бағытын көрсету керек.

11.102. Ұзындығы 1 м горизонталь стержень оның бір ұшы арқылы өтетін вертикаль осьтің төзірегінде айналады. Айналу осі индукциясы $5 \cdot 10^{-5} \text{ тл}$ -га тең магнит өрісінің күш сзықтарына параллель болып орналасқан. Стерженьнің бір секундта жасайтын қандай айналымында оның ұштарындағы потенциал айырмасы 1 мв -ке тең болады?

11.103. Ұзындығы 20 см , ал көлденең қимасының ауданы 30 см^2 -ге тең соленоидқа сым орамы кигізілген. Соленоидтың 320 орамынан 3 а ток өтеді. Соленоидтегі токты 0.001 сек бойы айырып тастагаңда соленоидқа

кігізілген орамда қандай орташа э. қ. күші индукцияланады?

11.104. Егер алдыңғы есепте қарастырылған соленоидтың ішінде темір өзек бар десек, онда орамда индукцияланған орташа э. қ. күші неге тең болады?

11.105. Ұзындығы 144 см, ал диаметрі 5 см соленоидқа сым орамы кігізілген. Соленоидтың обмоткасы 2000 орамнан тұрады және оның бойымен 2 а ток өтеді. Соленоидтың ішінде темір өзегі бар. Соленоидтты токтан 0,002 сек бойы алып тастағанда соленоидқа кігізілген орамда индукцияланатын орташа э. қ. күші қандай болады?

11.106. Индукциясы 0,1 тл-ға тең біртекті магнит өрісінде 200 орамнан тұратын катушка айналады. Катушканың айналу осі оның осіне және магнит өрісінің бағытына перпендикуляр болады. Катушканың айналу периоды 0,2 сек-қа тең, катушканың көлденең қимасының ауданы 4 см². Айналып тұрған катушкадағы индукцияның максималь э. қ. күшін табу керек.

11.107. 1) Орам саны 400 болатын катушканың 20 см ұзындығындағы индуктивтікті табу керек. Катушканың көлденең қимасының ауданы 9 см². 2) Ішіне темір өзегі енгізілген жағдайдағы осы катушканың индуктивтілігін табу керек. Темір өзек затының оның жұмыс істеген уақыттағы магниттік өтімділігі 400-ге тең.

11.108. Соленоидтың обмоткасы көлденең қимасы $S=1 \text{ mm}^2$ мыс сымының N орамынан тұрады. Соленоидтың ұзындығы $l=25 \text{ cm}$, ал оның кедегісі $R=0,2 \text{ om}$. Соленоидтың индуктивтілігін табу керек.

11.109. Ұзындығы 20 см, ал диаметрі 3 см катушканың 400 орамы бар. Катушка арқылы күші 2 а ток өтеді. Мыналарды: 1) катушканың индуктивтілігін, 2) оның көлденең қимасының ауданын тесіп өтетін магнит ағынын табу керек.

11.110. Индуктивтігі 0,001 гн бір қабат обмоткалы катушка қанша орам санынан тұрады? Катушканың диаметрі 4 см, ал сымның диаметрі 0,6 мм. Орамдар бір-біріне тығыздалып оралған.

11.111. Темір өзегі бар катушканың көлденең қимасының ауданы 20 см², орам саны 500-ге тең. Өзегі бар катушканың орамынан өткен токтың күші 2 а болғанда

индуктивтілігі $0,28 \text{ Гн}$ -ге тең болды. Осы жағдайдағы темір өзектің магниттік өтімділігін табу керек.

11.112. Ұзындығы 50 см , ал көлденең қимасының ауданы 2 см^2 соленоидтың индуктивтігі $2 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$. Соленоидтың ішіндегі магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы ток күшінің қандай мәнінде $10^{-3} \text{ Дж}/\text{м}^3$ -ге тең болады?

11.113. Егер ток күші $I=1 \text{ а}$ болғанда катушкадан өтіп шығатын магнит ағыны $\Phi=200 \text{ мкс}$ болса, индуктивтігі $L=0,001 \text{ Гн}$ катушканың орам саны қаша болады?

11.114. Темір өзегі бар соленоидтың көлденең қимасының ауданы 10 см^2 -ге тең. 1) Соленоидтың көлденең қимасының ауданынан өтіп шығатын магнит ағыны $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ вб}$ -ге тең болатын жағдайында өзек материалының магниттік өтімділігін табу керек. 2) Осы магнит ағыны соленоидтан өтетін ток күшінің қандай мәніне сәйкес болатындығын табу керек, осы жағдайдағы соленоидтың индуктивтілігін $0,44 \text{ Гн}$ -ге тең деп аламыз. Соленоидтың ұзындығы 1 м -ге тең.

11.115. Ұзындығы 50 см соленоидтың ішіне өзек үшін $B=f(H)$ тәуелділігі белгісіз темір сорты енгізілген. Соленоидтың бірлік ұзындығына қелетін орам саны 400 -ге тең, соленоидтың көлденең қимасының ауданы 10 см^2 . 1) Соленоидтың орамынан өтетін ток күші 5 а болған кездеңі өзектің магниттік өтімділігін табу керек. Осы қарастырып отырған жағдайда, өзегі бар соленоидтың көлденең қимасының ауданынан өтетін магнит ағыны $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ вб}$ -ге тең екендігі белгілі. 2) Осы есептің шартындағы берілгендер арқылы соленоидтың индуктивтілігін табу керек.

11.116. Темір өзегі бар соленоидтың ұзындығы 50 см , көлденең қимасының ауданы 10 см^2 және орамының саны 1000 . Соленоидтың обмоткасынан өтетін ток: 1) $I=0,1 \text{ а}$, 2) $I_2=0,2 \text{ а}$, 3) $I_3=2 \text{ а}$ деп алып, осы соленоидтың индуктивтілігін табу керек.

11.117. Екі катушка ортақ бір өзекке оралған. Бірінші катушканың индуктивтілігі $0,2 \text{ Гн}$, ал екіншісінікі — $0,8 \text{ Гн}$; екінші катушканың кедергісі 600 ом . Егер бірінші катушка арқылы өтетін $0,3 \text{ а}$ -ге тең токты $0,001 \text{ сек}$ уақыт-

қа үзіп таstadtық десек, онда екінші катушкадан өтетін ток қандай болады?

11.118. Индукциясы $0,1 \text{ мл-ға}$ тең магнит өрісінде мыс сымнаш жасалған квадрат рамка қойылған. Сымның көлденең қимасының ауданы 1 см^2 , рамканың ауданы 25 см^2 , рамканың жазықтығына түсірілген нормаль өрістің күш сзықтарының бойымен бағытталған. Магнит өрісі жоғалып кеткен уақытта рамканың контурынан қандай электр мөлшері өтеді?

11.119. Индукциясы 500 гс магнит өрісінде, 200 см орамнаш тұратын катушка орналасқан. Катушканың кедергісі 40 ом , оның көлденең қимасының ауданы 12 см^2 . Катушка оның осі магнит өрісінің бағытымен 60° бұрыш жасайтында орналасқан. Магнит өрісі жоғалып кеткен уақыттағы катушка арқылы өтетін электр мөлшері қандай болады?

11.120. Радиусы 2 см дәңгелек контур индукциясы $0,2 \text{ вб/м}^2$ біртекті магнит өрісінде орналастырылған. Контурдың жазықтығы магнит өрісіне перпендикуляр етіп қойылған және оның кедергісі 1 омға тең. Катушканы 90° бұрышқа бұрғандағы ол арқылы өтетін электр мөлшері қандай?

11.121. Ұзындығы 21 см , ал көлденең қимасының ауданы 10 см^2 соленоидқа 50 орамнаш тұратын катушка кигізілген. Катушка кедергісі 10^3 омға тең баллистикалық гальванометрмен жалғастырылған. 200 орамнан тұратын соленоидтың обмоткасымен күші 5 а ток өтеді. Соленоидтағы токты үзіп тастаған уақытта гальванометрдің стрелкасы шкала бойымен 30 -бөлікке ауытқып түсті деп алып, гальванометрдің баллистикалық тұрақтысын табу керек. Баллистикалық гальванометрдің кедергісіне қарағанда кішкене болатын катушканың кедергісі есепке алынбайды. Гальванометрдің баллистикалық тұрақтысы деп, стрелканы шкала бойымен бір бөлікке ауытқытатын сан жағынаң электр мөлшеріне тең шаманы айтады.

11.122. Магнит өрісінің индукциясын өлшеу үшін электромагниттің полюстерінің арасына 50 орамнан тұратын және баллистикалық гальванометрмен жалғастырылған катушканы орналастырған. Катушканың осі магнит өрісінің бағытына параллель болып орналасқан. Катушканың көлденең қимасының ауданы 2 см^2 -ге тең, ал

оның кедергісі гальванометрдің кедергісіне қарағанда есепке алынбайды. Гальванометрдің кедергісі $2 \cdot 10^3 \text{ ом}$, ал оның баллистикалық тұрақтысы $2 \cdot 10^{-8} \text{ к/бөл}$. Катушканы магнит өрісінен тез жұлып алғанда гальванометр стрелкасы шкаланың 50-ге тең болғанға ыттып түсетін болды. Магнит өрісінің индукциясы неге тең?

11.123. Магниттік өтімділіктің μ магнит өрісінің кернеулігіне H тәуелділігін ең алғаш А. Г Столетов, өзінің «Жұмсақ темірдің магниттелу функциясын зерттеу» (1872) деген жұмысында зерттеген болатын. Столетов зерттеу жүргізгендеге сыншалатын темірдің үлгісінс тороидтың формасын берген. Тороидқа оралған катушка бойымен ток I жібергенде темір магниттелген. Осы бірінші реттік катушкадағы токтың бағытын өзгертудің нәтижесінде баллистикалық гальванометрде α түсүн туғызады. Гальванометр осы тороидқа оралған екінші ретті катушка тізбегіне жалғастырылған.

А. Г Столетов жұмыс істеген тороидтың параметрлері мынадай: көлденең қимасының ауданы $S = 1,45 \text{ см}^2$, ұзындығы $l = 60 \text{ см}$, бірінші ретті катушканың орам саны $N_1 = 800$, екінші ретті катушканың орам саны $N_2 = 100$, гальванометрдің баллистикалық тұрақтысы $C = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ к/бөл}$ және екінші ретті тізбектің кедергісі 12 омга тең.

Столетов жасаған тәжірибелердің бірінің нәтижесі таблица жинастырылған:

$I \text{ а}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
α (шкаланың бөлігімен)	48,7	148	208	241	256

Осы мәліметтер бойынша таблица құрып, содан кейін А. Г Столетов жұмыс істеген темір үшін μ магниттік өтімділіктің магнит өрісінің кернеулігіне H тәуелділігінің графигін сыйзу керек.

11.124. Темірдің магниттік өтімділігін өлшеу үшін одан ұзындығы $l = 50 \text{ см}$ және көлденең қимасының ауданы $S = 4 \text{ см}^2$ тороид жасалды. Тороидтың бір обмоткасының орамы $N_1 = 500$, ол ток көзімен жалғастырыл-

ған, екіншісінің орам саны $N_2 = 1000$, ол гальванометрмен жалгастырылған. Бірінші ретті орамдағы токтың бағытын қарама-қарсы бағытқа ауыстырғанда, біз екінші ретті орамда индукцияланған ток алғатын боламыз. Бірінші ретті орамдағы 1 а ток күшінің бағытын ауыстырғанда, гальванометр арқылы 0,06 к электр мөлшері өтеді деп алып, темірдің магниттік өтімділігін табу керек. Екінші ретті орамның кедергісі 20 омға тең.

11.125. Ыстық күйіндегі кедергісі 10 омға тең электр лампысы дроссель арқылы он екі вольттік аккумулятормен жалгастырылады. Дроссельдің индуктивтігі 2 гн, кедергісі 1 ом. Егер лампы кернеу 6 в болғанда білісерлікке жарқырай бастаса, онда ол аккумуляторга қосылғашан кейін қанша уақыттан кейіп жанатын болады?

11.126. Ұзындығы 2 см, ал көлденең 2 см катушка берілген. Катушканың обмоткасы көлденең қимасының аудашы 1 mm^2 мыс сымының 200 орамынан тұрады. Катушка бір шама э. қ. күші бар тізбекке қосылған. Ауыстырып-қосқыш арқылы э. қ. күшін үзіп тастағанда катушка қысқа түйықталады. Э. қ. күшін үзіп тастағаннан кейін қанша уақытта тізбектегі токтың күші екі есе кемітіп болады?

11.127. Индуктивтігі 0,2-ге тең және кедергісі 1,64 ом катушка берілген. Э. қ. күшін үзіп тастан, катушканың қысқа түйықталуынан 0,05 сек уақыттан кейін катушкадағы токтың күші неше есе кемітіндігін табу керек?

11.128. Катушканың кедергісі $R = 10 \text{ ом}$, ал индуктивті $L = 0,144 \text{ гн}$. Катушканы ток көзіне қосқанда қанша уақыттан кейін оның ішінде пайда болатын токтың жарысына тең болатын ток орнайтын болады?

11.129. Контурдың кедергісі 2 ом, ал индуктивтігі 0,2 гн. Э. қ. күшін тізбекке қосқан моменттен бастап контурдан өтетін ток күшінің өсуі уақытқа тәуелді болатындығының графигін құру керек. Өсіп тұрған I ток күшінің ең ақырындағы I_0 ток күшіне қатынасын ордината осінің бойына саламыз. Графикті әрбір 0,1 сек сайын алынған $0 < t < 0,5$ интервал үшін құру керек.

11.130. Қимасы 1 mm^2 мыс сымын жасалған квадрат рамка магнит өрісіне қойылған. Магнит өрісінің индукциясы $B = B_0 \sin \omega t$ заңы бойынша өзгереді, мұндағы

$B_0=0,01 \text{ тл}$, $\omega=\frac{2\pi}{T}$. ал $T=0,02 \text{ сек}$. Рамканың ауданы 25 см^2 . Рамканың жазықтығы магнит өрісінің бағытына перпендикуляр болып келген. Мыналардың: 1) рамкада пайда болатын индукция \mathcal{E} . қ. күшінің, 2) рамка арқылы өтетін ток күшінің, 3) рамкадан өтіп шығатын магнит ағынының уақытқа тәуелді болатындығын және олардың ең үлкен мәндерін табу керек.

11.131. Индуктивтігі $0,021 \text{ Гн}$ -ге тең катушка арқылы, $I=I_0 \sin \omega t$ заңы бойынша уақытқа байланысты, ток өтеді. Мұндағы $I_0=5 \text{ а}$, $\omega=\frac{2\pi}{T}$ және $T=0,02 \text{ сек}$. Мыналардың: 1) катушкада пайда болатын индукция \mathcal{E} . қ. күшінің, 2) катушканың магнит өрісі энергиясының уақытқа тәуелділігін табу керек.

11.132. Екі катушканың өз ара индуктивтігі $0,005 \text{ Гн}$ -ге тең. Бірінші катушкадағы токтың күші $I=I_0 \sin \omega t$ заңы бойынша өзгереді, мұндағы $I_0=10 \text{ а}$, $\omega=\frac{2\pi}{T}$ және $T=0,02 \text{ сек}$. Мыналарды: 1) екінші катушкада индукцияланатын \mathcal{E} . қ. күштің уақытқа тәуелділігін, 2) осы \mathcal{E} . қ. күштің ең үлкен мәнін табу керек.

IV ТАРАУ
ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

АКУСТИКАЛЫҚ БІРЛІКТЕР

Акустикалық өлшеулер саласында МКС системасы СИ системасының құрамдық бөлігі болып саналады.

14-таблицада ГОСТ 8849-58-бен сәйкестендірілген осы системаның негізгі және кейбір түсіндірілген акустикалық бірліктері көрсетілген.

14 - т а б л и ц а

Шама және оның белгілері	Бірліктердің анықтау үшін берілген теңдеу	Өлшесу бірліктері	Қысқаша белгілері	Шамалардың өлшемділігі
Негізгі бірліктер				
Ұзындық <i>l</i>	— — —	метр	<i>m</i>	<i>L</i>
Масса <i>m</i>	— — —	килограмм	<i>kg</i>	<i>M</i>
Уақыт <i>t</i>	— — —	секунд	<i>сек</i>	<i>T</i>
Түсінды бірліктер				
Дыбыстық қысым <i>p</i>	$p = \frac{F}{S}$	ньютон квадрат метрге	n/m^2	$L^{-1}MT^{-2}$
Көлемдік жылдамдық	$v_{\text{көл}} = v \cdot S$	куб метр секундқа	$m^3/\text{сек}$	L^3T^{-1}
Дыбыстық интенсивтігі	$I = \frac{W}{St}$	ватт квадрат метрге	Wm^2	MT^{-3}
Дыбыстық энергияның тығыздығы	$w = \frac{W}{V}$	джауль куб метрге	$\text{джс}/m^3$	$L^{-1}MT^2$

15-таблицада СГС системасындағы кейбір акустикалық бірліктер мен оның СИ системасындағы бірліктерінің арасындағы байланысы көрсетілген.

15 - т а б ли ц а

Шама	Өлшеу бірліктері және оның СИ бірліктерімен байланысы
Дыбыс қысымы	$1 \text{ дин}/\text{см}^2 = 0,1 \text{ н}/\text{м}^2$
Көлемдік жылдамдық	$1 \text{ см}^3/\text{сек} = 10^{-6} \text{ м}^3/\text{сек}$
Дыбыс интенсивтігі	$1 \text{ эрг}/\text{см}^3 \cdot \text{сек} = 10^{-3} \text{ вт}/\text{м}^2$
Дыбыс энергиясының тығыздығы	$1 \text{ эрг}/\text{см}^3 = 0,1 \text{ дж}/\text{м}^3$

16-таблицада ГОСТ 8849-58 бойынша қолдануға болатын кейбір системадан тыс акустикалық бірліктер көрсетілген.

16 - т а б ли ц а

Шамалардың аттары	Өлшеу бірліктері	Бірліктердің қысқаша белгілері	Өлшем бірліктерінің анықтамасы
Дыбыс қысымының деңгейі	децибел	дб	Жиырма ондық логарифмің дыбыс қысымының деңгейі деп $2 \cdot 10^{-5} \text{ н}/\text{м}^2$ -ге тең польдік деңгей үшін қабылданған шартты қысым табалдырығына қатынасын айтады
Дыбыс каттылығының деңгейі	фон	фон	Дыбыстың қаттылық деңгейі осы дыбыс каттылығы бірдей 1 дб-га тең, жиілігі 10^3 гц дыбыс қысымының деңгейі

Есеп шыгарудың мысалдары

1-есеп. Материялық нүктенің гармониялық тербелісінің амплитудасы 5 см-ге тең. Материялық нүктенің массасы 10 г, ал тербелістің толық энергиясы $3,1 \cdot 10^{-5} \text{ дж}$. Осы нүктенің гармониялық тербеліс-

терінің тендеуін жазу керек (сандық коэффициенттер арқылы), тербелістің бастапқы фазасын 60° -қа тең деп аламыз.

Шешуі. Гармониялық тербелістердің жалпы тендеуінің түрі мынадай:

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right). \quad (1)$$

Осы тендеудегі $A = 5 \text{ см}$, $\varphi = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$. Тербелістің периоды T белгісіз, бірақ оны $W = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ дж}$ шарттан тауып алуға болады. Осыдан

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

Осы тендеудегі $A = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $m = 10^{-2} \text{ кг}$ және $W = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ дж}$. (2) Осы белгілілерді (2) тендеуге койып $T = 4 \text{ сек-қа}$ тең болатындығын тауып аламыз. Осыдан $\frac{2\pi t}{T} = \frac{2\pi t}{4} = \frac{\pi}{2} t$ болады да, (1) тендеу мынадай түрге айналады $x = 5 \sin \left(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ см}$, мұндағы $\left(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{3} \right)$ өлшемсіз шама болғандықтан, A -ны метрмен берілген формулага қоюдың қажеті жоқ; x атауы A амплитудаың атауына сәйкес келеді.

2-есеп. L_1 дыбыс қысымының деңгейі 40 дб-қа тең. Дыбыс қысымының амплитудасын және дыбыстың интенсивтігін табу керек. Дыбыстың естілу табалдырығын $I_0 = 10^{-12} \text{ вт}/\text{м}^2$ -ге тең деп аламыз.

Шешуі. Децибелмен берілген L_1 дыбыс қысымының деңгейі Δp дыбыс қысымының амплитудасымен мынадай қатынас арқылы байланысады

$$L_1 = 20 \lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0}, \quad (1)$$

мұндағы Δp_0 — дыбыс қаттылығының польдік деңгейіндегі дыбыс қысымының амплитудасы. МКС системасында $\Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ н}/\text{м}^2$. Есептің шарты бойынша $L_1 = 40 \text{ дб}$.

Ендеше (1) тендеуден мынаны аламыз $\lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0} = 2$, осыдан

$\frac{\Delta p}{\Delta p_0} = 10^2$, олай болса іздең отырған дыбыс қысымының амплитудасы $\Delta p = \Delta p_0 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10^5 \cdot 10^2 \cdot \text{n/m}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{n/m}^2$ болады.

L_2 фонмен берілген дыбыстың қаттылығының деңгейі дыбыстың интенсивтігімен мынадай қатынас арқылы байланысады:

$$L_2 = 10 \lg \frac{I}{I_0}. \quad (2)$$

Фонның анықтамасы бойынша $L_1 = 40$ дб болғанда, мынаны аламыз $L_2 = 40$ фон. Олай болса (2) теңдеуден $\lg \frac{I}{I_0} = 4$ немесе $\frac{I}{I_0} = 10^4$, ал іздең отырған дыбыстың интенсивтігі $I = I_0 \cdot 10^4 = 10^{-12} \cdot 10^4 \text{ вт/m}^2 = 10^{-8} \text{ вт/m}^2$ болады.

§ 12. Гармониялық тербелмелі қозгалыс және толқындар

Гармониялық тербелмелі қозгалыстың теңдеуінің түрі мынадай болады

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right) = A \sin (2\pi v t + \varphi) = A \sin (\omega t + \varphi),$$

мұндағы x — нүктенің тепе-теңдік қалыптан ығысуы, бұл әр түрлі уақыт кезеңінде түрліше болады, A — амплитуда, T — период, φ — бастапқы фаза, $v = \frac{1}{T}$ — тербеліс жиілігі, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — бұрыштық жиілік.

Тербеліс жасайтын нүктенің жылдамдығы мынаған тең:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi A}{T} \cos \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right),$$

ал үдеуі

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right).$$

Массасы m нүктенің әсерінен гармониялық тербеліс жасайтын күш мынаған тен:

$$F = ma = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} m \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} x = -kx,$$

мұндағы $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$, осыдан $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

Осындағы $T = F = -kx$ күштің әсерінен тербеліс жасайтын нүктенің тербеліс периоды, ал k — деформация коэффициенті, ол сан жағынан бірге тен ығысу туғызатын күшке тен болады.

Тербелген нүктенің кинетикалық энергиясы

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \cos^2\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right),$$

ал потенциалдық энергиясы

$$W_n = \frac{kx^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \sin^2\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right).$$

Толық энергия

$$W = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2}.$$

Гармониялық тербелмелі қозғалыстардың мысалы ретінде маятниктің кішкене тербелісін алуға болады. Математикалық маятниктің тербелісінің периоды

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

мұндағы l — маятниктің ұзындығы, ал g — ауырлық күшінің үдеуі.

Бір жаққа бағытталған периодтары бірдей екі гармониялық тербелістердің қосқанда периоды сол қосылатын тербелістердің периодындай гармониялық тербеліс ала-мыз, оның амплитудасы мынадай болады:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)},$$

ал оның бастапқы фазасы мына тендеу арқылы табылады:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2},$$

мұндағы A_1 мен A_2 — қосылған тербелістердің амплитудалары, ал φ_1 мен φ_2 — олардың бастапқы фазалары.

Периодтары бірдей өз ара-перпендикуляр екі тербелістерді қосқанда, одан шыққан қорытқы қозғалыс траекториясының теңдеуі мына түрде болады:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Массасы материялық нүктеге $F = -kx$ серпімді күштен басқа тағы да $F_{\text{үйк}} = -rv$ үйкеліс күші әсер етеді десек, онда мұндағы r — үйкеліс коэффициентін, ал v — тербелетін нүктенің жылдамдығын көрсетеді, ол уақытта нүктенің тербелісі өшетін тербеліс болады.

Өшетін тербелмелі қозғалыстың теңдеуі мына түрде:

$$x = A e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi),$$

мұндағы δ — өшу коэффициенті. Бұл жағдайда $\delta = \frac{r}{2m}$ және $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$, мұндағы ω_0 — мешікті тербелістің бұрыштық жиілігі. Шама $\kappa = \delta T$ тербеліс өшуінің логарифмдік декременті деп аталады.

Тербелісі

$$x_1 = A e^{-\delta t} \sin \omega_0 t$$

теңдеумен берілген массасы m материялық нүктеге периодты сыртқы күш $F = F_0 \sin \omega t$ әсер етеді десек, онда нүктенің тербелісі мәжбүр тербеліс болады да, оның теңдеуінің түрі мынадай болады:

$$x_2 = A \sin(\omega t + \varphi),$$

мұндағы

$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$$

және

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}.$$

Мәжбүр тербелістің жиілігі ω меншікті тेरбелістің жиілігімен ω_0 және тербелістің өшу коэффициентімен δ мынадай қатынаспен:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 + 2\delta^2}$$

байланысты болғанда резонанс пайда болады.

Ошпейтін тербеліс сәуле деп аталатын кейбір бағытының бойымен с жылдамдықпен тарагаш уақыттагы, осы сәулениң үстінде тербеліс көзінен l қашықтықта жатқан кез келген нүктенің ығысуы мынадай тәсідеумен көрсіледі:

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi l}{\lambda} \right),$$

мұндағы A — тербелетін нүктелердің амплитудасы, λ — толқынның ұзындығы. Сонымен бірге $\lambda = cT$. Сәулениң үстінде тербеліс көзінен l_1 және l_2 қашықтықтарда жатқан екі нүктенің фазалар айырмасы мынадай

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \frac{l_2 - l_1}{\lambda}.$$

Толқындардың интерференциясы кезіндегі амплитуданың максимумы төмендегі шарт орындалғанда болады

$$l_2 - l_1 = 2n \frac{\lambda}{2} \quad (n=0, 1, 2, \dots),$$

мұндағы $l_2 - l_1$ — сәулелер жолының айырмасы.

Амплитуданың минимумы мынадай шарт орындалғанда болады:

$$l_2 - l_1 = (2n+1) \frac{\lambda}{2} \quad (n=0, 1, 2, \dots).$$

12.1. 1 мин уақыт ішінде 150 тербеліс жасайдын және тербелістің бастапқы фазасы 45° , амплитудасы 5 см гармониялық тербелмелі қозғалыстың теңдеуін жазу керек. Осы қозғалыстың графигін құру керек.

12.2. Бастапқы фазасы нольге тең, периоды 4 сек, ал амплитудасы 0,1 м гармониялық тербелмелі қозғалыстың теңдеуін жазу керек.

12.3. Гармониялық тербелістің амплитудасы 50 мм, оның периоды 4 сек, ал бастапқы фазасы $\frac{\pi}{4}$. 1) Осы

тербелістің тендеуін жазу керек. 2) $t=0$ және $t=1,5$ сек болғанда тербелетін нүктенің тепе-тендік қалыптан қашалық ығысатындығын табу керек. 3) Осы қозғалыстың графигін құру керек.

12.4. Тербелістің бастапқы фазалары: 1) 0, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π , 4) $\frac{3}{2}\pi$, 5) 2π -ге тең болады деп алып, гармониялық тербелмелі қозғалыстың тендеуін жазу керек. Тербелістің амплитудасы 5 см, ал тербеліс периоды 8 сек. Осы барлық жағдайдағы тербелістің графигін құру керек.

12.5. Амплитудалары ($A_1=A_2=2$ см) және периодтары ($T_1=T_2=8$ сек) бірдей, ал фазаларының айырмасы: 1) $\frac{\pi}{4}$, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π , 4) 2π болатын екі гармониялық тербелістерді бір графикке құру керек.

12.6. Гармониялық тербеліс жасайтын нүкте тепе-тендік қалыптан қозғалыс басынаң қаша уақыт өткеннен кейін амплитуданың жартысына ығысатын болады. Тербеліс периоды 24 сек-қа, бастапқы фаза нольге тең.

12.7. Гармониялық тербелістің бастапқы фазасы нольге тең. Периодтың қандай үлесінен кейін нүктенің жылдамдығы оның максимал жылдамдығының жартысына тең болады?

12.8. $x=7 \sin 0,5 \pi t$ тендеу бойынша тербелмелі қозғалыс жасайтын нүкте, тепе-тендік қалыптан максимал ығысуға дейінгі жолды қозғалыс басынан қаша уақыт өткеннен кейін жүреді?

12.9. Гармониялық тербелістің амплитудасы 5 см, ал периоды 4 сек. Тербелетін нүктенің максимал жылдамдығы мен оның максимал үдеуін табу керек.

12.10. Нүктенің қозғалысы $x=2 \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right)$ см тендеуі түрінде берілген. Мыналарды: 1) тербелістің периодын, 2) нүктенің максимал жылдамдығын, 3) оның максимал үдеуін табу керек.

12.11. Нүктенің қозғалысы $x=\sin\frac{\pi}{6}t$ тендеу түрінде берілген. Нүкте өзінің максимал жылдамдығы мен максимал үдеуіші қандай уақыт моменттерінде жететіндігін табу керек.

12.12. Нұкте гармониялық тербеліс жасайды. Тербеліс периоды 2 сек, амплитудасы 50 мм, ал бастапқы фазасы нольге тең. Нұктенің тепе-тендік қалыптан алғынған ығысуы 25 мм-ге тең болған кездеңі жылдамдығын табу керек.

12.13. Нұктенің максимал үdsуі 49,3 см/сек², тербеліс периоды 2 сек болғандагы нұктенің алғашқы тепе-тендік қалпынан алғынған ығысуы 25 мм гармониялық тербелмелі қозғалыстың тендеуін жазу керек.

12.14. Гармониялық тербелістің бастапқы фазасы нольге тең. Нұктенің тепе-тендік қалыптан 2,4 см-ге тең ығысуы кезінде нұктенің жылдамдығы 3 см/сек, ал 2,8 см-ге тең ығысуы кезінде жылдамдығы 2 см/сек. Осы тербелістің амплитудасы мен периодын табу керек.

12.15. Массасы $m = 1,6 \cdot 10^{-2}$ кг материалдық нұктенің тербелісі тендеуінің түрі мынадай $x = 0,1 \sin\left(\frac{\pi}{8}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{м}$.

Нұктеге әсер ететін F күштің t уақытқа (бір периодтың шегінде) тәуелділігінің графигін құру керек. Күштің максимал мәнін табу керек.

12.16. Массасы 10 г материалдық нұкте $x = 5 \sin\left(\frac{\pi t}{5} + \frac{\pi}{4}\right) \text{ см}$ тендеу бойынша тербеледі. Нұктеге әсер ететін күш пен тербелетін нұктенің толық энергиясын табу керек.

12.17. Массасы 16 г материалдық нұктенің тербеліс тендеуі мынадай түрде: $x = 2 \sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{4}\right) \text{ см}$ берілген. Нұктенің кинетикалық, потенциалдық және толық энергияларының уақытқа (бір периодтың шегіндегі) тәуелділігінің графигін құру керек.

12.18. Мынадай уақыт моменттері үшін: 1) $t = \frac{T}{12}$ сек, 2) $t = \frac{T}{8}$ сек, 3) $t = \frac{T}{6}$ сек гармониялық тербеліс жасайдын нұктенің кинетикалық энергиясының оның потенциал энергиясына қатынасы неге тең болады? Тербелістің бастапқы фазасы нольге тең.

12.19. Нұктенің тепе-тендік қалпынан ығысуы мына

моменттер үшін: 1) $x = \frac{A}{4}$ 2) $x = \frac{A}{2}$, 3) $x = A$ болғанда гармониялық тербеліс жасайтын нүктенің кинетикалық энергиясының оның потенциал энергиясына қатынасы неге тең болады? Мұндағы A — тербеліс амплитудасы.

12.20. Гармониялық тербелмелі қозғалыс жасайтын десенің толық энергиясы $3 \cdot 10^{-5}$ дж-ға тең, ал деңеге әсер ететін максимал күш $1,5 \cdot 10^{-3}$ н-ға тең. Тербелістің периодын 2 сек-қа, ал бастапқы фазасын 60° -қа тең деп, осы десенің қозғалыс теңдеуін жазу керек.

12.21. Материялық нүктенің гармониялық тербелісінің амплитудасы $A = 2$ см, ал тербелістің толық энергиясы $W = 3 \cdot 10^{-7}$ дж. Тербелістегі нүктенің тепе-теңдік қалыптаң әсептегендегі қандай ығысуында оған әсер ететін күш $F = 2,25 \cdot 10^{-5}$ н болады?

12.22. Ұзындығы 2 м жіпке ілінген шарикті 4° бұрышка бұрып, оның тербелісін бақылайды. Тербелісті гармониялық өшпейтін деп әсептеп, шариктің тепе-теңдік қалыптаң өткендеңі жылдамдығын табу керек. Шариктің тепе-теңдік қалыптаң өткендеңі жылдамдығын механикадағы теңдеу арқылы тауып әсептің шешуін тексеріңдер.

12.23. Пружинаға 10 кГ жүк ілінген. 1 кГ күштің әсерінен пружина 1,5 см-ге созылатындығын біле отырып, осы жүктің вертикаль тербелісінің периодын анықтау керек.

12.24. Пружинаға жүк ілінген. Жүктің тербелісінің максимал кинетикалық энергиясы 1 дж-ға тең болады деп алып, пружина деформациясының коэффициентін табу керек. Тербелістің амплитудасы 5 см-ге тең.

12.25. Жүктер бірдей екі пружинаға ілінген. Егер пружиналарды бір-бірімен тізбектеп жалғастырудан параллель жалғастыруға ауыстырысақ, онда оларға ілінген жүктің вертикаль тербелісінің периоды қалай өзгереді?

12.26. Пружинаға іліп қойған мыс шарик вертикаль тербеліс жасайды. Егер осы пружинаға радиусы мыс шаригінің радиусына тең болатын алюминий шаригін ілсек, онда осы шариктің вертикаль тербелісінің периоды қалай өзгереді?

12.27. Үстіне гир салынған таразының табақшалары пружинаға ілінген. Осы уақытта вертикаль тербелістің

периоды 0,5 сек-қа тең болды. Таразының табақшаларына қосымша гир салынғаннан кейінгі оның вертикаль тербелісінің периоды 0,6 сек-қа тең болды. Осы қосымша гирдің әсерінен пружинаның қаншаға ұзарғанын табу керек?

12.28. Ұзындығы 40 см, ал радиусы 1 мм резеңке жілкесі салмағы 0,5 кГ гир ілінген. Осы резеңкенің Юнга модулі 0,3 кГ/мм²-ге тең деп алып, гирдің вертикаль тербелісінің периодын табу керек.

Нұсқау. Резеңкенің k деформация коэффициентінің резеңкенің E Юнга модулімен мынадай қатынас арқылы байланыста болатындығын ескеру керек $k = \frac{SE}{l}$, мұндағы S — резеңкенің көлденең қимасының ауданы, ал l — оның ұзындығы.

12.29. Сұйықтың ішінде жүзіп жүрген ареометрдің салмағы $P=0,2$ кГ Егер осы ареометрді сұйықтың ішіне шамалы батырып, содан кейін босатып жіберсек, онда ол $T=3,4$ сек периоден тербеліс жасай бастайтын болады. Тербелісті өшпейтін деп есептеп, осы тәжірибедегі мәліметтер бойынша ареометр жүзіп жүрген сұйықтың тығыздығын табу керек. Ареометрдің цилиндр тәрізді вертикаль тұтігінің диаметрі $d=1$ см-ге тең*

12.30. Бір жаққа қарай бағытталған периодтары бірдей 8 сек-қа тең және амплитудалары да бірдей 0,02 м екі гармониялық тербелмелі қозғалыстың қосқанды пайда болатын қозғалыстың тендеуін жазу керек. Осы тербелістердің арасындағы фаза айырмасы $\frac{\pi}{4}$ -ке тең. Тербелістің біреуінің бастапқы фазасы нольге тең.

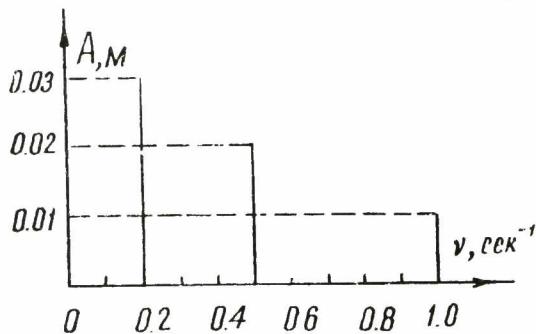
12.31. $x_1=0,02 \sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ м және $x_2=0,03 \sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ м тендеулермен берілген бір жаққа қарай бағытталған тербелістердің қосудан пайда болған гармониялық тербелістің амплитудасын және бастапқы фазасын табу керек.

12.32. Бір бағыттағы амплитудалары мен периодтары бірдей екі гармониялық тербелістің қосудың нәтижесінде

* Серпімді күштер мен математикалық және физикалық маятниктер үшін берілген есептерді 1-тараудың 2 және 3-параграфынан караңыздар.

периоды мен амплитудасы сондай қорытқы тербеліс шығады. Қосылатын тербелістердің фаза айырмасын табу керек.

12.33. 1) Тендеулері $x_1 = 4 \sin \pi t$ см және $x_2 = 3 \sin(\pi t + \frac{\pi}{2})$ см түрде берілген, бір жаққа қарай бағытталған, екі гармониялық тербелістерді қосудың нәтижесінде пайдада болған гармониялық тербелістің амплитудасын және бастапқы фазасын табу керек.



61-сурет.

2) Қорытқы тербелістің тендеуін жазу керек. 3) Амплитудаларды қосудың векторлық диаграммасын беру керек.

12.34. 61-суретте күрделі тербелістің спектрі берілген. 1) Осы суреттегі берілгендерді пайдаланып, күрделі тербелісті құрап тұрған тербелістердің тендеуін жазу керек. 2) Осы тербелістің графигін құру керек. (Осы тербелістердің арасындағы $t=0$ моменттегі фаза айырмасын нольге тең деп аламыз). 3) Күрделі қорытқы тербелістің графигін құру керек.

12.35. Екі гармониялық тербеліс $x_1 = 3 \sin 4 \pi t$ см және $x_2 = 6 \sin 10 \pi t$ см берілген. Осы тербелістердің графигін құру керек. Оларды график түрінде қосып, алғынған қорытқы тербелістің графикін құру керек. Тауып алғынған күрделі тербелістің спектрін сыйзу керек.

12.36. Тербеліс мынадай тендеу арқылы берілген (1)

$$x = A \sin 2 \pi v_1 t,$$

мұндағы A — уақытқа байланысты $A = A_0(1 + \cos 2 \pi v_2 t)$ заңы бойынша өзгереді. Осындағы $A_0 = \text{const}$ болады. Тербеліс (1) қандай гармониялық тербелістерден тұратынын табу керек. $A_0 = 4$ см, $v_1 = 2 \text{ сек}^{-1}$, $v_2 = 1 \text{ сек}^{-1}$ жағдайлары үшін құраушы және қорытқы тербелістердің графикін құру керек. Күрделі тербелістің спектрін сыйзу керек.

12.37. Жиіліктері бірдей $v_1=v_2=5 \text{ гц}$ және бастапқы фазалары бірдей $\phi_1=\phi_2=60^\circ$ екі өз ара-перпендикуляр тербелістерді қосудың нәтижесінде пайда болған қорытқы тербелістің тендеуін жазу керек. Тербелістердің біреуінің амплитудасы $A_1=0,1 \text{ м}$, ал екіншісінің амплитудасы $A_2=0,05 \text{ м}$ -ге тең.

12.38. Нұктеде периодтары да және бастапқы фазалары да бірдей екі тербелістерде қатысады. Тербелістің амплитудалары $A_1=3 \text{ см}$ және $A_2=4 \text{ см}$. 1) тербелістердің бірдей бағытта, 2) өз ара-перпендикуляр бағыттарда өтеді деп алдып, қорытқы тербелістің амплитудасын табу керек.

12.39. Нұктеде бір мезгілде өз ара-перпендикуляр екі тербелістерге $x=2 \sin \omega t \text{ м}$ және $y=2 \cos \omega t \text{ м}$ қатысады. Осы нүктенің қозғалысының траекториясын табу керек.

12.40. Нұктеде бір мезгілде өз ара-перпендикуляр екі тербелістерге $x=\cos \pi t$ және $y=\cos \frac{\pi t}{2}$ қатысады. Осы нүктенің қорытқы қозғалысының траекториясын табу керек.

12.41. Нұктеде бір мезгілде өз ара-перпендикуляр екі тербелістерге $x=\sin \pi t$ және $y=2 \sin \left(\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ қатысады. Нүктенің қозғалысының траекториясын табу керек және оны масштабын көрсете отырып сыйып шығару керек.

12.42. Нұктеде бір мезгілде өз ара-перпендикуляр екі тербелістерге $x=\sin \pi t$ және $y=4 \sin(\pi t + \pi)$ қатысады. Нүктенің қозғалысының траекториясын табу керек және оның масштабын көрсете отырып сыйып шығару керек.

12.43. Өшетін тербелістің периоды 4 сек, өшудің логарифмдік декременті 1,6, ал бастапқы фазасы нольге тең. Уақыт $t=\frac{T}{4}$ болғандығы нүктенің ығысуы 4,5 см-ге тең. Осы тербелмелі қозғалыстың екі периодтың шегіндеңі графигін құру керек.

12.44. Тендеуі $x=e^{-0,1t} \sin \frac{\pi}{4} t \text{ м}$ түрде берілген өшетін тербелістің графигін құру керек.

12.45. Өшетін тербелістің тендеуі $x=5e^{-0,25t} \sin \frac{\pi}{2} t \text{ м}$ түрде берілген. Уақыт моменттері: 0, T , $2T$, $3T$ және $4T$

болғанда тербеліп тұрған иүктенің жылдамдығын табу керек.

12.46. Математикалық маятниктің тербеліс өшүінің логарифмдік декременті 0,2-ге тең. Маятниктің бір толық тербелісінде тербеліс амплитудасының неше есеге қемітіндігін табу керек?

12.47. Егер 1 мин ішінде тербеліс амплитудасы екі ессе кеміді десек, онда математикалық маятниктің өшүінің логарифмдік декременті неге тең болады? Маятниктің ұзындығы 1 м-ге тең.

12.48. Ұзындығы 24,7 см математикалық маятник өшетін тербеліс жасайды. Маятниктің тербеліс энергиясы қашша уақыттан кейін 9,4 ессе кемітін болады? Есепті өшүдің логарифмдік декрементінің 1) $\kappa=0,01$ және 2) $\kappa=1$ мәндері үшін шешу керек.

12.49. Өшетін тербеліс жасайтын математикалық маятниктің өшүінің логарифмдік декременті 0,2-ге тең. Маятниктің бір толық тербелісінің ең шеткі қалпындағы оның толық үдеуі неше ессе кемиді?

12.50. Математикалық маятниктің өшетін тербелісінің амплитудасы 1 мин ішінде екі ессе кемиді. Оның 3 мін ішінде неше ессе кемітіндігін табу керек?

12.51. Тепе-теңдік қалыптан шығарылған ұзындығы 0,5 м математикалық маятник бірінші тербелгенінде 5 см-ге, ал екінші тербелгенінде (сол алғашқы жаққа қарай) 4 см-ге бұрылды. Релаксация уақытын, яғни тербеліс амплитудасының ішінде е ессе кемітін уақытты табу керек, мұндағы е — натураль логарифмнің негізі.

12.52. Вертикаль қалыпта тұрған пружинаға жүк ілінген. Осыдан пружина 9,8 см-ге ұзарады. Жүктің оны төмен қарай созып, содан кейін қайтадан орнына келуі жүкті тербеліс жасауға мәжбүр етеді. Тербеліс 10 сек ішінде тоқталу үшін (олардың амплитудасы бастапқы шамасынан 1 процентке дейін төмендеді деген үйгарымды шартты тұрде аламыз), 2) жүк тепе-теңдік қалпына периодты тұрде келуі үшін және өшүдің логарифмдік декременті 6-ға тең болу үшін өшу коэффициенті δ неге тең болу керек?

12.53. Массасы $m=10$ г деңс максимал мәні 7 см-ге тең амплитудамен өшетін тербеліс жасайды, бастапқы фазасы нольге тең және өшу коэффициенті $1,6 \text{ сек}^{-1}$ -ге

тең. Осы денеге периодты сыртқы күш әсер ете бастаган наң еріксіз тербеліс орнайды. Еріксіз тербелістің теңдеуі мына түрде болады: $x = 5 \sin(10\pi t - 0,75\pi)$ см болады. Мыналарды: 1) өздік тербеліс теңдеуін (сан коэффициенттерімен), 2) периодты сыртқы күштің теңдеуін (сан коэффициенттерімен) табу керек.

12.54. Вертикаль пружинаға ілінген салмағы 0,2 кГ гир өшу коэффициенті 0,75 сек^{-1} -ге тең өшетін тербеліс жасайды. Пружинаның деформация коэффициенті 0,5 кГ/см. Гирдің мәжбүр тербелісінің A амплитудасының периодты сыртқы күштің ω жиілігіне тәуелді болатындығын сзып көрсету керек. Сыртқы күштің ең үлкен мәні 0,98 н-ге тең деп аламыз. Графикті құруда мына жиіліктер үшін $\omega = 0$, $\omega = 0,5 \omega_0$, $\omega = 0,75 \omega_0$, $\omega = \omega_0$, $\omega = 1,5 \omega_0$ және $\omega = 2 \omega_0$ А амплитуданың мәнін табу керек, мұндағы ω_0 — іліп қойған гирдің өздік тербелісінің жиілігі.

12.55. Қара жолмен жүріп өткен трактор, өзінің социнда бір-бірінен 30 см қашықтықта қатар-қатар жатқан ойыс түрінде із қалдырыды. Осы жолмен 1 кГ күштің әсерінен әрқайсысы 2 см-ге майысатын бірдей екі рессоры бар арбаны бала сүйретіп өтеді. Осы арбаны бала жолмен сүйретіп алып жүргендеге арба дөңгелегінің ойыстарға түсіп соққылануына ол резопансқа келіп, өте қатты шайқала бастаған болса, онда арба қандай жылдамдықпен сүйретілген? Бала арбасының салмағы 10 кГ.

12.56. Периоды 10^{-14} сек-қа тең тербеліс толқынының ұзындығын табу керек. Тербелістің таралу жылдамдығы $3 \cdot 10^8$ м/сек-қа тең.

12.57. Жиілігі $v = 500$ гц және амплитудасы $A = 0,25$ м дыбыс тербелісі ауада тарайды. Толқынының ұзындығы $\lambda = 70$ см. Мыналарды: 1) тербелістің таралу жылдамдығын, 2) ауа бөлшегінің максимал жылдамдығын табу керек.

12.58. Өшпейтін тербелістің теңдеуі $x = 10 \sin 0,5 \pi t$ см түрде берілген. 1) Тербелістің таралу жылдамдығын 300 м/сек деп алып, толқынның теңдеуін табу керек. 2) Тербеліс көзінен 600 м қашықтықта тұрған нүктене үшін берілген тербелістің теңдеуін жазып және график арқылы көрсету керек. 3) Тербеліс басталғаннан 4 сек өткеннен кейінгі моменттегі толқын нүктесі үшін тербе-

ліс тендеуін жазып және график арқылы көрсету керек.

12.59. Өшпейтін тербелістің тендеуі $x=4 \sin 600 \pi t \text{ см}$ түрде берілген. Тербеліс басынан 0,01 сек өткеннен кейін тербеліс көзінен 75 см қашықтықта тұрған нүктенің тепе-тендік қалыптан ығысуын табу керек. Тербелістің таралу жылдамдығы 300 м/сек.

12.60. Өшпейтін тербелістің тендеуі $x=\sin 2,5 \pi t \text{ см}$ түрде берілген. Тербеліс басынан 0,01 сек өткеннен кейін момент үшін тербеліс көзінен 20 м қашықтықта тұрған нүктенің үдеуі мен жылдамдығын және тепе-тендік қалыптан ығысуын табу керек. Тербелістің таралу жылдамдығы 100 м/сек.

12.61. Тербеліс көзінен сәйкес 10 және 16 м қашықтықта тұрған екі нүктенің тербелістерінің фазалар айырмасы қандай болады? Тербеліс периодтары 0,04 сек, ал тербелістің таралу жылдамдығы 300 м/сек.

12.62. Сәуленің үстінде бір-бірінен 2 м қашықтықта жатқан екі нүктенің тербелісінің фазалар айырмасын табу керек. Толқынның ұзындығы 1 м-ге тең.

12.63. $t = \frac{T}{6}$ моменті үшін тербеліс көзінен $l = \frac{\lambda}{2}$ қашықтықта жатқан нүктенің тепе-тендік қалыптан алынған ығысуын табу керек. Тербелістің амплитудасы $A = 0,05 \text{ м}$.

12.64. Тербеліс көзінен 4 см қашықтықта жатқан нүктенің $t = \frac{T}{6}$ моменттегі тепе-тендік қалыптан ығысуы амплитуданың жартысына тең. Жүгірме толқынның ұзындығын табу керек.

12.65. Мына: 1) толқынның шағылысусы тығыздығы кішкене ортада өтеді және 2) толқынның шағылысусы тығыздығы үлкен ортада өтеді деген екі жағдай үшін тұрғын толқынның графигін сыйып және оның түйіні мен шоқтығының пайда болатын орын табу керек. Жүгірме толқынның ұзындығы 12 см-ге тең.

12.66. Тұрғын толқынның бірінші және төртінші шоктықтарының араларының қашықтығы 12 см-ге тең деп алып, тербеліс толқынның ұзындығын табу керек.

§ 13. Акустика

Акустикалық тербелістің кейбір ортада таралуының жылдамдығы мынадай формуламен анықталады:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

мұндағы E — ортадың Юнга модулі, ал ρ — ортадың тығыздығы.

Газдардың ішінде тербелістің таралуының жылдамдығы мынадай:

$$c = \sqrt{\frac{xRT}{\mu}},$$

мұндағы μ — газдың бір киломолінің массасы, T — газдың абсолюттік температурасы, R — газ тұрақтысы, $x = \frac{C_p}{C_v}$ болады (C_p — қысым тұрақты болғандағы газдың жылу сыйымдылығы, ал C_v — көлем тұрақты болғандағы газдың жылу сыйымдылығы).

Децибелмен берілген L_1 дыбыс қысымы деңгейіндегі дыбыс қысымының амплитудасымен байланысы мынадай қатынас арқылы беріледі:

$$L_1 = 20 \lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0},$$

мұндағы Δp_0 — дыбыс қаттылығының нольдік деңгейіндегі дыбыс қысымының амплитудасы. Фонмен берілген дыбыс қаттылығының деңгейі L_2 дыбыс интенсивтігімен мынадай қатынас арқылы байланысады:

$$L_2 = 10 \lg \frac{I}{I_0},$$

мұндағы I_0 — дыбыс қаттылығының нольдік деңгейі. Шартты түрде ол былай алынады:

$$I_0 = 10^{-12} \text{ вт}/\text{м}^2 \text{ және } \Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Н}/\text{м}^2.$$

Доплердің принципі бойынша бақылаушымен қабылданатын дыбыстың жиілігі мынадай формуламен анықталады:

$$v' = \frac{c + v}{c - u} v,$$

мұндағы v — дыбыс көзінің шығаратын дыбыстың жиілігі, u — дыбыс көзінің қозғалыс жылдамдығы, v — бақылауышының қозғалыс жылдамдығы және c — дыбыстың таралу жылдамдығы. Егер бақылаушы дыбыс көзіне қараған бағытпен қозғалады десек, онда жылдамдық $v > 0$ болады; ал дыбыс көзі бақылаушыға қарай қозғалса, онда $u < 0$ болады.

Сым ішектің негізгі тонының жиілігі, мынадай формуласен анықталады:

$$v = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho S}},$$

мұндағы l — сым ішектің ұзындығы, F — оның керілу күші, S — оның көлденең қимасының ауданы, ал ρ — орта затының (материалының) тығыздығы.

13.1. Жиілігі 435 гц негізгі тои ля-пің толқын ұзындығын табу керек. Дыбыстың жылдамдығын 340 м/сек-қа тең деп аламыз.

13.2. Адамның құлағы шамамен алғанда жиілігі 20-дан 20 000 гц-ке дейінгі дыбыстың қабылдай алады. Дыбыс тербелісінің естілу интервалы қаңдай толқындар ұзындығының арасында жататындығын табу керек? Аудады дыбыстың жылдамдығын 340 м/сек-ке тең деп аламыз.

13.3. Болат ішіндегі дыбыстың таралу жылдамдығын табу керек.

13.4. Мыс ішіндегі дыбыстың таралу жылдамдығын табу керек.

13.5. Керосиннің ішіндегі дыбыстың таралу жылдамдығы 1330 м/сек. Керосиннің сығылу коэффициентін табу керек.

13.6. Теңіздің тереңдігін әхолоттың көмегімен өлшейді. Дыбыстың пайда болып және оны қабылдаганға дейінгі уақыт аралығы 2,5 сек-қа тең болса, онда теңіздің тереңдігі қандай болғаны? Судың сығылу коэффициенті $4,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{n}$ және теңіз суының тығыздығы $1030 \text{ кг}/\text{m}^3$.

13.7. Мына температуралардағы: 1) -20°C , 2) 0°C , 3) $+20^\circ\text{C}$ дыбыстың ауада таралуының жылдамдығын табу керек.

13.8. Жазды күнгі дыбыстың ауада таралуының жылдамдығы (температура $+27^\circ\text{C}$) қысты күнгі дыбыстың

аудада таралуының жылдамдығынан (температура -33°C) неше есе үлкен болады?

13.9. Тәжірибе жағдайында екі атомды газ молекуласының орташа квадраттық жылдамдығы 461 м/сек-^2 -қа тең болғанын біле отырып, осы жағдайдағы дыбыстың таралу жылдамдығын табу керек.

13.10. 760 мм сын. бағ. қысымда екі атомды газдың тығыздығы $1,29 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ -ге тең болады деп алғып, осы газ арқылы дыбыстың таралу жылдамдығын табу керек.

13.11. Бір киломоль азот молекуласының ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы $3,4 \cdot 10^3 \text{ кДж-}^{\text{2}}$ тең екендігін біле отырып, осы шарттағы азот арқылы дыбыстың таралу жылдамдығын табу керек.

13.12. Атмосфераның жогарғы қабатының температурасын анықтау үшін термометрді пайдалануға болмайды, өйткені газ тығыздығының аздығынан термометр қоршап тұрған ортамен жылулық тепе-тендікке келе алмайды. Осы мақсатта белгілі бір биіктікте жарылатын гранат бар ракета жіберіледі. 21 км биіктікте жасалған жарылудан пайда болған дыбыс 19 км биіктікте жасалған жарылудан пайда болған дыбыстан $6,75 \text{ сек}$ кейін естілгендігі белгілі деп, жердің бетінен 20 км биіктікегі температураны табу керек.

13.13. Ауа — шыны шекарасындағы дыбыс толқынының сыну көрсеткіші неге тең болады? Шыны үшін Юнга модулі $6,9 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$ -ге тең, шынының тығыздығы $2,6 \text{ г/см}^3$, ал ауаның температурасы 20°C .

13.14. Ауа — шыны шекарасындағы дыбыс толқынының толық ішкі шағылышсының шекті бұрышын табу керек. Есепті шыгаруга керекті мәліметтерді алдыңғы есептеп алғып пайдалану керек.

13.15. Екі дыбыстың қаттылық деңгейі жағынан айырмашылықтары **1 фон**. Осы дыбыстардың интенсивтігінің қатысын табу керек.

13.16. Екі дыбыстың дыбыс қысымының деңгейі жағынан айырмашылықтары **1 дб**. Олардың дыбыс қысымдары амплитудаларының қатынасын табу керек.

13.17. Қаттылығы **70 фон** көшедегі шу, қаттылығы **40 фон** шу сияқты бөлмеге естіледі. Көшедегі және бөлмедегі дыбыстың интенсивтігінің қатынасын табу керек.

13.18. Дыбыстың интенсивтігі 1000 есе өсті. 1) Осы уақыттағы дыбыстың қысым деңгейі қанша децибелге өсті? 2) Дыбыс қысымының амплитудасы неше есе өсті?

13.19. Дыбыстың интенсивтігі $10^{-2} \text{ в}/\text{м}^2$ -ге тең. Мынадарды: 1) қаттылық деңгейін, 2) дыбыс қысымының амплитудасын табу керек.

13.20. Егер дыбыстың интенсивтігі: 1) 3000 есе және 2) 30 000 есе өсті десек, онда дыбыс қаттылығының деңгейі қанша фонға өсетін болады?

13.21. Граммофон пластинкасындағы ля (435 гц) тонына арналған дыбыс бороздаларының көршілес тістерінің ара қашықтығын мынадай шарттар үшін: 1) пластинкаға жазудың басындағы центрден алғандағы 12 см қашықтық үшін, 2) пластинкаға жазудың аяғындағы 4 см қашықтық үшін табу керек: Пластинканың айналу жылдамдығы 78 айн/мин.

13.22. Мына жиіліктер үшін $v=100 \text{ гц}$ және $v=2000 \text{ гц}$ жасалған граммофон пластинкасындағы дыбыс бороздаларының көршілес тістерінің ара қашықтығын табу керек. Пластинканың центрінен алынған орташа қашықтықты 10 см-ге тең деп есептейміз. Пластинканың айналу жылдамдығы 78 айн/мин.

13.23. Кундт тұтігінің ішінде түрғын толқын жасағанда ауа бағанасында 6 шоқтықтың пайда болғаны байқалды. Егер болат стержень бағананың: 1) ортасына, 2) ұшынан бекітілген десек, ауа бағанасының ұзындығы қандай болғаны? Стерженьнің ұзындығы 1 м. Болаттағы дыбыстың жылдамдығы 5250 м/сек және ауадағы дыбыстың жылдамдығы 343 м/сек-қа тең.

13.24. Кундт тұтігінің ішіндегі шыны стерженьді ортасынан бекіткенде ауа бағанасында 5 шоқтылықтың пайда болғаны байқалса, онда стерженьнің ұзындығы неге тең болғаны? Ауа бағанасының ұзындығы 0,25 м. Шыны үшін Юнга модулі $6,9 \cdot 10^{10} \text{ Н}/\text{м}^2$, ал шынының тығыздығы $2,5 \text{ г}/\text{см}^3$. Ауадағы дыбыстың жылдамдығын 340 м/сек-қа тең деп аламыз.

13.25. Шоқтардың араларын байқауға болатын ең кішкене қашықтық $l=4 \text{ мм}-ге$ тең болады десек, дыбыстың жылдамдығын анықтауға арналған Қупдттың әдісін қандай ең үлкен жиіліктер үшін қолдануға болады? Ауа-

дағы дыбыстың жылдамдығын 340 м/сек-қа тең деп аламыз?

13.26. Бір-біріне қарсы жүріп келе жатқан екі поездің жылдамдықтары 72 км/сағ және 54 км/сағ . Бірінші поездің ысқырығының жиілігі 600 гц . Мыналарды: 1) поездардың кездесуінің алдындағы және 2) поездардың кездесуінен кейінгі екінші поездағы жолаушының еститін дыбыс тербелісінің жиілігін табу керек. Дыбыстың жылдамдығын 340 м/сек-қа тең деп аламыз.

13.27. Поезд қозғалмай тұрған бақылаушының жанынаң өткен уақытта паровоздың гудогінің тон биіктігі кенет өзгеріп кетеді. Егер поезд 60 км/сағ жылдамдықпен қозғалған болса, онда тонның кенет өзгеруінің шамасы шын жиілігінің қаша процентін беретін болады?

13.28. Теңіздің жағасында тұрған бақылаушы пароход гудогінің дыбысын естиді. Бақылаушы мен пароход тыныштық жағдайда тұрған кезде бақылаушының қабылдаған дыбысы 420 гц жиілікке сәйкес келеді. Пароходтың бақылаушыға қарай бағытталған қозғалысында қабылданған дыбыстың жиілігі 430 гц -ке тең болды. Пароходтың бақылаушыдан бері қарай бағыттағы қозғалысындағы жиілік 415 г-ке тең. Тәжірибе жағдайындағы дыбыс жылдамдығы 338 м/сек-қа тең деп алғып, бірінші және екінші жағдайлардағы пароходтың жылдамдығын анықтау керек.

13.29. Мылтықтың оғы 200 м/сек жылдамдықпен ұшады. Жанынаң оқ ұшып өткен, қозғалмай тұрған бақылаушы үшін оқ ысқырығының тон биіктігі неше есе өзгеретініп табу керек. Дыбыстың жылдамдығын 333 м/сек-қа тең деп аламыз.

13.30. Екі поезд бірдей жылдамдықпен бір-біріне қарсы жүріп келе жатыр. Осылардың бірінің, екіншісіне естілетін, ысқырығының тон биіктігі $9/8$ есе өзгеру үшін олардың жылдамдығы қандай болу керек? Дыбыстың жылдамдығын 335 м/сек-қа тең деп аламыз.

13.31. Қабырғаға перпендикуляр бағытта $v=6,0 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен ұшып келе жатқан жарқанат жиілігі $v=4,5 \cdot 10^4 \text{ гц}$ ультра дыбыс шығарады. Жарқанат қандай екі жиіліктің дыбысын еститін болады? Дыбыстың жылдамдығын 340 м/сек-қа тең деп аламыз.

13.32. Радиусы 0,05 см болат шекті 100 кГ күшпен кергенде жиілігі 320 гц тон шыгару үшін оның ұзындығы қандай болу керек?

13.33. Ля потасын (жиілігі 435 гц) шыгару үшін ұзындығы 20 см, ал диаметрі 0,2 мм болат шекті қандай күшпен керу керек?

13.34. Болат үшін беріктік шегін біле отырып, ұзындығы 1 м шектің құлақ күйіне келтіруге болатын ең үлкен жиілігін табу керек.

13.35. 15 кГ күшпен керілген сым шек бір секундта камертонмен бірге 8 соғу береді. Осы сым шекті 16 кГ күшпен кергениен кейін ол камертонмен унисондагы құлақ күйіне келтіріледі. Камертонның тербеліс санын табу керек.

13.36. Алдыңғы есептегі камертон басқа камертонмен бірге 5 сек ішінде 10 соғу береді. Екінші камертонның тербеліс жиілігін табу керек.

13.37. $F = 6 \cdot 10^3$ н күшпен керілген сым шектің негізгі тонының жиілігін табу керек. Сым шектің ұзындығы $l = 0,8$ м, ал оның салмағы $P = 0,03$ кГ.

13.38. Мыналарды: 1) ашық трубаның және 2) жабық трубаның негізгі тондарының жиілігін табу керек.

13.39. Жабық труба, 130,5 гц жиілікке сәйкес келетін, негізгі до тонын шығарады. Егер трубаны ашып қойса, ол қандай негізгі тон шығаратын болады? Трубаның ұзындығы қандай? Аудағы дыбыстың жылдамдығын 340 м/сек-қа тең деп аламыз.

§ 14. Электромагниттік тербелістер және толқындар

Сыйымдылықтан C , индуктивтікten L , кедергіден R тұратын контурда электромагниттік тербелістің периоды T мынадай формуlamен анықталады:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}$$

Егер контурдың кедергісі соңшама кішкене болса

$$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 \ll \frac{1}{LC},$$

онда тербеліс периоды

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

Егер контурдың кедергісі R нольге тең болмаса, онда тербеліс өшетін тербеліс болады. Бұл жағдайда, егер уақытты конденсатордың астарындағы потенциал айырмасының ең үлкен болатын моментінен бастап есептейміз десек, онда конденсатордың астарындағы потенциал айырмасы мына заң бойынша өзгереді:

$$U = U_0 e^{-\kappa t} \cos \omega t.$$

Мұндагы $\delta = \frac{R}{2L}$ — өшу коэффициенті. $\kappa = \delta T$ шаманы өшудің логорифмдік декременті деп атайды.

Егер $\delta = 0$ болса, онда бұл өшпейтін тербеліс, оны былай жазуга болады:

$$U = U_0 \cos \omega t.$$

Егер уақытты конденсатордың астарындағы потенциал айырмасы нольге тең болатын моменттен бастап есептесек, онда ол төмендегі қатынас бойынша беріледі:

$$U = U_0 \sin \omega t. \quad Z_c = \frac{U_0}{R}$$

Ліпшымалы ток үшін Ом заны мына түрде жазылады:

$$I_{\text{эфф}} = \frac{U_{\text{эфф}}}{Z},$$

мұндагы $I_{\text{эфф}}$ және $U_{\text{эфф}}$ — ток күшінің және кернеудің эффективті мәндері, олардың I_0 және U_0 амплитудалық мәндермен байланысы мына қатынастар арқылы беріледі:

$$I_{\text{эфф}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \text{ және } U_{\text{эфф}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}},$$

ал Z — тізбектің толық кедергісі. Егер тізбектің актив кедергісі R , сыйымдылығы C және индуктивтігі L болып, олар өз ара тізбектей жалғастырылған болса, онда

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

Осымен бірге ток күші мен кедергінің арасындағы фаза ығысуы мынадай формуламен анықталады:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

R , C және L -ды әр түрлі әдіспен жалғастыру үшін фаза ығысуының φ және тізбектің толық кедергісінің Z формулалары 433-беттегі таблицада берілген.

Айнымалы токтың тізбегіндегі актив кедергіге R және индуктивтілікке L ие болатын катушка тізбектеп жалғастырылған R мен L -ге сәйкес келеді. Сейілуі бар конденсатор, яғни сыйымдылығы C және актив кедергісі R болып келген конденсатор паралель жалғастырылған R мен C -ға сәйкес келеді.

Айнымалы токтың қуаты

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

14.1. Тербелмелі контур сыйымдылығы 800 СГС конденсатордан және индуктивтігі 2×10^{-3} гн-ға тең катушкадан тұрады. Контур қандай толқын ұзындығына келтірілген? Контурдың кедергісі есепке алынбайды.

14.2. Тербелмелі контурдың индуктивтігі 2×10^{-3} гн-ге тең, ал сыйымдылығы 62-ден 480 СГС_c дейін өзгере алады десек, оны толқынның қандай диапазонына келтіруге болады? Контурдың кедергісі есепке алынбайды.

14.3. Сыйымдылығы 2 мкФ болғанда 1000 гц дыбыс жиілігін алу үшін тербелмелі контурға қандай индуктивтік қосу керек?

Контурдың кедергісі есепке алынбайды.

14.4. Индуктивтігі $L = 3 \times 10^{-5}$ гн катушка, көлденең қимасының ауданы $S = 100 \text{ см}^2$, ал пластикаларының арақашықтығы $d = 0,1 \text{ мм}$ жазық конденсатормен жалғастырылған. Контур ұзындығы 750 м толқынмен резонансқа түсетін болса, онда пластиналардың арасындағы кеңістікті толтырып тұрған ортаның диэлектрлік өтімділігі неге тең болады?

14.5. Тербелмелі контур, сыйымдылығы $0,025 \text{ мкФ}$ конденсатордан және индуктивтігі $1,015 \text{ гц}$ катушкадан тұрады. Тізбектің омдық кедергісін есепке алмаймыз. Конденсатор $2,5 \times 10^{-6} \text{ к}$ электр мөлшерімен зарядталған. 1) Осы

контур үшін конденсатордың астарларындағы потенциал айырмасының және уақытқа байланысты тізбектегі ток күшінің өзгерісін көрсететін тендеуді (сан коэффициенттерімен) жазу керек. 2) Конденсатордың астарларындағы потенциал айырмасының және $\frac{T}{8}$, $\frac{T}{4}$ және $\frac{T}{2}$ сек уақыт моменттеріндегі тізбектегі ток күшінің мәндерін табу керек. 3) Бір периодтың шегіндегі осы байланыстардың графиктерін құру керек.

14.6. Алдыңғы есептегі тербелмелі контур үшін: 1) уақытқа қарай, электр өрісі энергиясының, магнит өрісі энергиясының және толық энергияның өзгерісінің тендеуін (сан коэффициенттерімен) жазу керек; 2) $\frac{T}{8}$, $\frac{T}{4}$ және $\frac{T}{2}$ сек уақыт моменттеріндегі электр өрісі энергиясының, магнит өрісі энергиясының және толық энергияның мәндерін табу керек; 3) бір периодтың шегіндегі осы байланыстардың графиктерін құру керек.

14.7. Тербелмелі контурдағы конденсатордың астарларындағы потенциал айырмасының уақытқа қарай өзгеруінің тендеуі $U = 50 \cos 10^4 \pi t$ в түрінде берілген. Конденсатордың сыйымдылығы 10^{-7} ф-ға тең. Мыналарды: 1) тербелістің периодын, 2) контурдың индуктивтігін, 3) тізбектегі ток күшінің уақытқа қарай өзгеру заңын, 4) осы контурға сәйкес келетін толқын ұзындығын табу керек.

14.8. Тербелмелі контурдағы ток күшінің уақыттың өтуіне қарай өзгерісінің тендеуі $I = -0,02 \sin 400 \pi t$ а түрде берілген. Контурдың индуктивтігі 1 гн. Мыналарды: 1) тербелістің периодын, 2) контурдың сыйымдылығын, 3) конденсатордың астарларындағы максимал потенциал айырмасын, 4) магнит өрісінің максимал энергиясын, 5) электр өрісінің максимал энергиясын табу керек.

14.9. Тербелмелі контурдың магнит өрісінің энергиясының, оның $\frac{T}{8}$ сек уақыт моменті үшін, электр өрісінің энергиясына қатысы неге тең болады?

14.10. Тербелмелі контур сыйымдылығы 7 мкФ конденсатор мен индуктивтігі 0,28 гн және кедергісі 40 ом катушкадан тұрады. Конденсатор $5,6 \cdot 10^{-4}$ к электр мөл-

шерімен зарядталған. 1) Контурдың тербеліс периодын табу керек. 2) Тербелістің өшуінің логарифмдік декрементін табу керек. 3) Конденсатордың астарларындағы потенциал айырмасының уақытқа байланысты өзгеруінің тендеулерін жазу керек. 4) Потенциал айырмасының $\frac{T}{2}$, T , $\frac{3}{2}T$ және $2T$ сек уақыт моменттеріндегі мәндерін табу керек. 5) Екі периодтың шегіндегі графикті $U=f(t)$ құру керек.

14.11. Тербелмелі контур сыйымдылығы $0,2 \text{ мкФ}$ конденсатордан және индуктивтігі $5,07 \cdot 10^{-3} \text{ ГН}$ катушкадан тұрады. 1) Конденсатордың астарларындағы потенциал айырмасы өшудің логарифмдік декрементінің қандай мәнінде 10^{-3} сек уақыт ішінде үш есе кемиді? 2) Осы уақытта контурдың кедергісі неге тең болады?

14.12. Тербелмелі контур 10^{-2} ГН индуктивтікten, $0,405 \text{ мкФ}$ сыйымдылықтан және 2 ом кедергіден тұрады. Конденсатордың астарларындағы потенциал айырмасының бір период уақыт ішіндегі неше есе кемитіндігін табу керек.

14.13. Тербелмелі контур сыйымдылығы $C=2,22 \cdot 10^{-9} \text{ ф}$ конденсатордан және диаметрі $d=0,5 \text{ мм}$ мыс сым оралған катушкадан тұрады. Катушканың ұзындығы $l=20 \text{ см}$. Тербеліс өшуінің логарифмдік декрементін табу керек.

14.14. Тербелмелі контурдың $1,1 \times 10^{-9} \text{ ф}$ сыйымдылығы және $5 \cdot 10^{-3} \text{ ГН}$ индуктивтігі бар. Өшудің логарифмдік декременті 0,005-ке тең. Қанша уақыттан кейін, контур энергиясының 99 проценті өшудің салдарынан болатын шығынға кетеді?

14.15. Тербелмелі контур конденсатордан және көлдеңең қимасының ауданы $S=0,1 \text{ мм}^2$ мыс сымнан оралған ұзын катушкадан тұрады. Катушканың ұзындығы $l=40 \text{ см}$. Егер контур тербелісінің периодын жуықталған формуламен $T=2\pi\sqrt{LC}$ есептей отырып, біз $\epsilon=1$ процентке тең қате жіберген болсақ, онда конденсатордың сыйымдылығы C неге тең болады?

Нұсқау. Жіберетін қате $\epsilon=\frac{T_2-T_1}{T_2}$ болатындығын ескеру керек, мұндағы T_1 — жуық формула арқылы та-

былған тербеліс периоды, ал T_2 — дәл формула арқылы табылған тербеліс периоды.

14.16. Ұзындығы $l=50 \text{ см}$ және көлденең қимасының ауданы $S=10 \text{ см}^2$ катушка, жиілігі $v=50 \text{ гц}$ айнымалы ток тізбегіне қосылған. Катушканың орам саны $N=3000$. Кернеу мен токтың арасындағы фаза ығысуы 60° -қа тең деп, катушканың актив кедергісін табу керек.

14.17. Катушканың обмоткасы көлденең қимасының ауданы 1 мм^2 мыс сымының 500 орамынан тұрады. Катушканың ұзындығы 50 см және оның диаметрі 5 см . Осы катушканың толық кедергісі оның актив кедергісінен айнымалы токтың қашдай жиілігінде екі есе үлкен болады?

14.18. Сыйымдылықтары $C_1=0,2 \text{ мкФ}$ және $C_2=0,1 \text{ мкФ}$ екі конденсатор кернеуі 220 в , ал жиілігі 50 гц айнымалы токтың тізбегіне тізбектеп қосылған. Мыналарды: 1) тізбектегі ток күшін, 2) бірінші және екінші конденсаторлардағы потенциалдың кемуін табу керек.

14.19. Ұзындығы 25 см , ал радиусы 2 см катушканың обмоткасы көлденең қимасының ауданы 1 мм^2 1000 мыс сымының орамынан тұрады. Катушка жиілігі 50 гц айнымалы токтың тізбегіне қосылған. Актив кедергі мен индуктивтік кедергі катушканың толық кедергісінің қандай бөлігін құрайды?

14.20. Сыйымдылығы 20 мкФ конденсатор және актив кедергісі 150 омға тең реостат жиілігі 50 гц айнымалы токтың тізбегіне тізбектеп қосылған. 1) конденсаторда, 2) реостатта кернеудің кемуі осы тізбекке түсірілген кернеудің қандай бөлігін құрайды?

14.21. Тізбектеп жалғастырылған конденсатор мен электр лампысы кернеуі 440 в , ал жиілігі 50 гц айнымалы токтың тізбегіне қосылған. Лампы арқылы өтетін ток $0,5 \text{ а}$, ал лампыдағы потенциалдың кемуі 110 в-ке тең болу үшін конденсатордың сыйымдылығы қандай болу керек?

14.22. Актив кедергісі 10 ом және индуктивтігі L катушка, кернеуі 127 в , ал жиілігі 50 гц айнымалы токтың тізбегіне қосылған. Катушка 400 в қуат алады деп және кернеу мен токтың арасындағы фаза айырмасы 60° -қа тең деп, катушканың индуктивтігін табу керек.

14.23. Актив кедергіні R , сыйымдылықты C және индуктивтікті L әр түрлі тәсілде қосқанда тізбектің толық кедергісі Z және кернеу мен токтың арасындағы фазаның ығысуы $\operatorname{tg} \varphi$ үшін берілген формуланың таблиçasын құру керек. Мынадай жағдайларды қарастыру керек: 1) R мен C тізбектеп қосылған, 2) R мен C параллель етіп қосылған, 3) R мен L тізбектеп қосылған, 4) R мен L параллель етіп қосылған және 5) R , L және C тізбектеп қосылған.

14.24. Сыйымдылығы 1 мкФ конденсатор және актив кедергі 3000 ом реостат, жиілігі 50 Гц айнымалы токтың тізбегіне қосылған. Реостаттың индуктивтігі өте аз. Конденсатор мен реостатты: 1) тізбектеп, 2) параллель қосылған деп алып, тізбектің толық кедергісін табу керек.

14.25. Кернеуі 220 в , жиілігі 50 Гц айнымалы токтың тізбегіне сыйымдылық $35,4 \text{ мкФ}$, актив кедергі 100 ом және индуктивтік $0,7$ тізбектеп қосылған. Тізбектегі токтың күшін және сыйымдылықтағы, омдық кедергідегі және индуктивтіктегі кернеудің кемуін табу керек.

14.26. $L = 2,26 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$ индуктивтік және актив кедергі R жиілігі $v = 50 \text{ Гц}$ айнымалы токтың тізбегіне параллель етіп қосылған. Кернеу мен токтың арасындағы фазаның ығысуы 60° -қа тең деп, R шамасын табу керек.

14.27. Актив кедергісі R және индуктивтік L параллель жалғастырылады да кернеуі 127 в және жиілігі 50 Гц айнымалы токтың тізбегіне қосылады. Осы тізбектің пайдаланылған қуатын 404 вт , ал кернеу мен токтың арасындағы фазаның ығысуын 60° -қа тең деп алып, R кедергіні және L индуктивтікті табу.

14.28. Кернеуі 220 в айнымалы токтың тізбегіне параллель сыйымдылық C , актив кедергі R және индуктивтіктік L жалғанған. Омдық кедергідегі кернеудің кемуі U_R табу керек. Конденсатордағы кернеудің кемуі $U_C = 2U_R$ және индуктивтіктегі кернеудің кемуі $U_L = 3U_R$ болатындығы бізге белгілі.

V ТАРАУ ОПТИКА

ЖАРЫҚ БІРЛІКТЕРІ

17-таблицада ГОСТ 7932-56-ға сәйкес Бірліктердің халықаралық системасында берілген жарық өлшеулері үшін арналған негізгі және кейбір туынды бірліктері келтірілген.

17 - т а б л и ц а

Шама және оның белгілері	Бірліктердің анықтау үшін арналған теңдеулер	Өлшеу бірліктері	Бірліктердің қысқаша белгілері	Өлшемділік
Н е г і з г і б ірліктер				
Ұзындық l	—	метр	m	L
Уақыт t	—	секунд	сек	T
Жарық күші I	—	шам (свеча)	шам	I
Туынды бірліктер				
Жарық ағыны	$d\Phi = Id\omega$	люмен	lm	I
Жарық энергиясы	$dW = \Phi dt$	люмен-секунд	$lm \cdot sek$	T
Жарқырау	$R = \frac{d\Phi}{dS}$	люмен квадрат метрге бөлінген	lm/m^2	$L^{-2}I$
Жарықтық	$B = \frac{dl}{cos\theta \cdot dS}$	нит (шам) квадрат метрге бөлген	nm	$L^{-2}I$
Жарықталыну	$E = \frac{d\Phi}{dS}$	люкс	lk	$L^{-2}I$
Жарыктандыру мөлшері	$dH_3 = Edt$	люкс-секунд	$lk \cdot sek$	$L^{-2}TI$

Бұл системада жарық ағынының бірлігі етіп люмен (*лм*) — күші бір шамға тең нүктелік жарық көзінің бір стердиан депелік бұрыштаи шығаратын жарық ағыны алынады. Сонымен $1 \text{ лм} = 1 \text{ шам} \times 1 \text{ стер}$.

Жарықталыну люксен өлшенеді. Бір люкс деп бір люмен жарық ағынының бір квадрат метр ауданның бетіне бір қалыпты тарала жарықталынуын айтады. Сонымен $1 \text{ лк} = 1 \text{ лк}/\text{м}^2$ болады.

Жарық көзінің жарқырауы квадрат метрге бөлінген люменмен өлшенеді. $1 \text{ лм}/\text{м}^2 = 1 \text{ м}^2$ аудан шығаратын, 1 лм жарық ағынына сәйкес келетін жарқырауды айтады.

Жарықтың бірлігі үшін нит (*нт*) алынады. Бір нит деп ауданы бір квадрат метр бір шам жарық күшін қалыпты бағыттағанда одан бір қалыпты жарқыраған жазық беттің жарықтығын айтады. Сонымен $1 \text{ нт} = 1 \text{ шам}/\text{м}^2$ болады.

ЕСЕП ШЫҒАРУФА МЫСАЛДАР

1-есеп. Жарық күші 1000 *шам* электр лампысының спиралі диаметрі 20 см күнгірт сфералық колбаның ішінде орналасқан. Мыналарды: 1) осы жарық көзінің шығаратын жарық ағынын, 2) осы жарық көзінің жарқырауын және жарықтығын, 3) осы жарық көзінің шығаратын жарық ағынының 10 проценті беттің түсетін экранның жарықталынуын, жарықтығын және жарқырауын табу керек. Экраның ауданы $0,25 \text{ м}^2$ -ге тең. Экранның беті жарықты Ламберт заңы бойынша шашыратады деп есептейміз.

Шешуі. 1) Жарық көзінің барлық жакқа қарай шығаратын жарық ағынының Φ осы жарық көзінің I жарық күшімен байланысы мынадай қатынас арқылы көрсетіледі:

$$\Phi = 4\pi I.$$

Мұндағы $I = 10^3 \text{ шам}$ болады, ендеше $\Phi = 1,26 \cdot 10^4 \text{ лм}$.

2) Жарық көзінің жарқырауы

$$R = \frac{\Phi}{S} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2},$$

мұндагы r — сфералық колбаның радиусы. Берілген сан мәндерді қойып, мынаны табамыз:

$$R = \frac{1000}{(0,1)^2} = 10^5 \text{ лм/м}^2.$$

Жарық көзінің жарықтығы

$$B = \frac{I}{\Delta S},$$

мұндағы $\Delta S'$ — жарқырап түрған беттің көрінетін ауданы. Бізде $\Delta S' = \pi r^2$ болады, мұндагы r — колбаның радиусы, ендеше

$$B = \frac{I}{\pi r^2} = \frac{1000}{\pi (0,1)^2} = 3,18 \cdot 10^4 \text{ нт.}$$

3) Есептің шарты бойынша экранның үстіне түсетін жарық ағыны $\Phi_1 = 0,1 \Phi = 1,26 \cdot 10^3 \text{ лм}$ болады. Онда экранның жарықталынуы

$$E = \frac{\Phi_1}{S_1} = \frac{1,26 \cdot 10^3}{0,25} \text{ лм/м}^2 \cong 5 \cdot 10^3 \text{ лк.}$$

Экранның жарқырауы

$$R = \rho \frac{\Phi_1}{S_1} = \rho E = 0,8 \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ лм/м}^2 = 4 \cdot 10^3 \text{ лм/м}^2.$$

Экранның жарықтығы

$$B = \frac{R}{\pi} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ нт.}$$

2-есеп. Абсолют қара денені 1000°K түрақты температурада ұсталып түр. Дененің бетінің ауданы 250 см^2 -ка тең. Осы дененің сәуле шығару қуатын табу керек.

Шешүі. Стефан — Больцман заңы бойынша энергетикалық жарқырау, яғни абсолют қара дененің бірлік өлшем бетінің 1 сек ішінде шығаратын энергиясы, мынаған тең болады:

$$R_9 = \sigma T^4,$$

ал барлық шығаратын энергиясы

$$W = S \tau R_9 = S \tau \sigma T^4,$$

мұндагы S — абсолют қара дененің беті, τ — энергия шығару уақыты, σ — Стефан — Больцман түрақтысы, ал

T — Кельвин градусында берілген дененің температурасы. Энергия шығарудың қуаты

$$P = \frac{W}{\tau} = S\sigma T^4$$

Мұндағы $S = 250 \text{ см}^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ вт}/\text{м}^2 \text{ град}^4$, ал $T = 1000^\circ\text{К}$. Осы берілгендерді жоғарыдағы формулаға қойып, мышаны аламыз $P = 1,42 \cdot 10^3 \text{ вт} = 1,42 \text{ квт}$.

§ 15. Геометриялық оптика және фотометрия

Сфералық айна үшін оптикалық күшті мынадай формуламен анықтайды:

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

мұндағы a_1 мен a_2 — зат пен кескінің айнадан қашықтығы, R — айнаның қисықтық радиусы және F — оның фокус аралығы.

Сәуле бойымен айнадан бастап алған қашықтықты оң деп, ал сәулеге қарсы алынған қашықтықты теріс деп есептейді. Егер F метрмен берілсе, онда D диоптриямен беріледі.

Сәуленің бір ортадан екінші ортаға өту құбылысы болғанда жарықтың сыну заңы қолданылады

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n = \frac{v_1}{v_2},$$

мұндағы i — түсу бұрышы, r — сыну бұрышы, n — бірінші ортамен салыстырғандағы екінші ортаның сыну көрсеткіші, v_1 мен v_2 — бірінші және екінші орталардағы жарықтың таралу жылдамдықтары.

Біртекті ортаға қойған жұқа линза үшін берілген оптикалық күш D , мынадай формуламен анықталады:

$$-\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{F} = D,$$

мұндағы a_1 мен a_2 — заттың және кескіннің линзадан қашықтығы, n — линза материалының салыстырмалы сыну көрсеткіші, R_1 мен R_2 — линзалардың қисықтық радиусы.

Айналар үшін берілген таңбалар ережесі линзалар үшін де дұрыс болады. Бір-бірімен біріктірілген екі жұқа линзың оптикалық күші мынаған тең:

$$D = D_1 + D_2,$$

мұндағы D_1 мен D_2 — линзалардың оптикалық күші. Айналар мен линзалардағы көлденең ұлғаю мынадай формуласы анықталады:

$$k = \frac{y'}{y} = \frac{a_2}{a_1},$$

мұндағы y — заттың биіктігі, ал y' — кескіннің биіктігі.

Лупаның беретін ұлкеюі

$$k = \frac{L}{F},$$

мұндағы L — ең жақсы көруге болатын аралық, ал F — лупаның бас фокус аралығы.

Микроскоптың беретін ұлкеюі

$$k = LdD_1D_2,$$

мұндағы L — ең жақсы көруге болатын аралық, d — объектив пен окулярдың фокус араларының қашықтығы, D_1 мен D_2 — объектив пен окулярдың оптикалық күштері.

Телескоптың ұлкейтуі

$$k = \frac{F_1}{F_2},$$

мұндағы F_1 — объективтің фокус аралығы, F_2 — окулярдың фокус аралығы.

Жарық ағыны Φ берілген аудан арқылы бірлік уақыт ішінде жарық толқындарымен көшірілген энергия арқылы анықталады

$$\Phi = \frac{dW}{dt}.$$

Жарық күші I сан жагынан жарық ағынының бірлік деңелік бұрышқа сәйкес келетін шамасына тең болады:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}.$$

Жарықталыну E бірлік аудан арқылы өтетін жарық ағынының шамасымен сипатталады:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

Жарық күшіндегі нүктелік жарық көзі, өзінен r қашықтықта тұрган ауданының бетінде мынадай жарықталыну жасайды:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2},$$

мұндағы α — сәуленің тұсу бұрышы.

Жарқырау R сан жағынан жарық шығарып тұрган деңениң бірлік аудапы шыгаратын жарық ағынына тең болады,

$$R = \frac{d\Phi}{dS}.$$

Егер деңениң жарқырауына оның жарықтылығы себепші болатын болса, онда $R = \rho E$ болады, мұндағы ρ — шашырау (шағылу) коэффициенті.

Жарық шығарып тұрган беттің B жарықтығы деп, сан жағынан жарық шығарып тұрган беттің элементінен шыққан жарық күшіндегі бақылау бағытына перпендикуляр тұрган жазықтық осы элементтің проекциясының ауданына (яғни элементтің көрінетін бетіне) қатынасына тең шаманы айтады:

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

мұндағы θ — беттің элементіне түсірілген нормаль мен бақылау бағытының арасындағы бұрыш.

Егер деңе Ламберт заңы бойынша жарық шыгаратын болса, яғни егер жарықтық бағытқа тәуелді болмаса, онда жарқырау R меп жарықтық B мынадай қатынас арқылы байланысады:

$$R = \pi B.$$

15.1. Горизонталь бағытталған жарық сәулесі вертикаль айналың бетінде түседі. Айна вертикаль осьтің

маңында а бұрышқа айналады. Осы уақыттагы шағылған сәуленің бұрылатын бұрышы қандай болады?

15.2. Сфералық ойыс айнаның қисықтық радиусы 20 см-ге тең. Айнадан 30 см қашықтықта биіктігі 1 см нәрсе қойылған. Қескінің орны мен биіктігін табу керек. Чертежін салу керек.

15.3. Егер нәрсе айнадан 30 см қашықтықта орналасса, онда осы нәрсенің қисықтық радиусы 40 см сфералық дәңес айнадағы қескіні қандай қашықтықта орналасады? Егер нәрсенің шамасы 2 см болса, онда оның қескінің шамасы қандай болады? Миллиметрлік қағазға чертёжін сыйып, есептеулерді тексеру керек.

15.4. Сфералық дәңес айнаның қисықтық радиусы 60 см. Айнадан 10 см қашықтықта биіктігі 2 см нәрсе қойылған. Нәрсе қескінің орны мен биіктігін табу керек. Чертежін салу керек.

15.5. Қисықтық радиусы 40 см сфералық ойыс айнада, нәрсенің табиғи шамасының 0,5 бөлігіндегі қескін алу керек болды. Сол үшін нәрсені қай жерге қою керек және пайда болған қескінің орны қай жерде болады?

15.6. Сфералық ойыс айнадағы қескінің мөлшері, сол нәрсенің өзінің мөлшерінен екі есе үлкен. Нәрсе мен қескінің араларының қашықтығы 15 см. Мыналарды: 1) фокус аралығын және 2) айнаның оптикалық күшін анықтау керек.

15.7. Сфералық ойыс айнаның алдына, бас оптикалық осытің үстіне оған перпендикуляр етіп, айнаның төбесінен $\frac{4}{3} F$ қашықтықта жапып тұрған шырақ қойылған. Ойыс айнадағы шырақтың қескіні фокус аралығы $F_1 = 2F$ дәңес айнаға түседі. Айналардың ара қашықтығы $3F$ -ке тең және олардың осытері бір-біріне сәйкес келеді. Бірінші айнадағы шырақтың қескіні екінші айнаға қарағанда, жорымал нәрсенің ролін атқарады да екі айнаның арасында орналасқан шын қескінді береді. Осы қескінді салып және системаның жалпы сыйықтық ұлғаюын есептеп шыгару керек.

15.8. Қисықтық радиусы 16 м-ге тең сфералық рефлекторда пайда болатын Құннің қескіні қай жерде орналасады және оның мөлшері қандай болады?

15.9. Егер сфералық айнаның бетіне жалпақ жарық шоры түсетін болса (шоқтың кеңдігі α бұрышымен анықталады, 62-сурет), онда оптикалық оське параллель бағытпен жүріп айнаның шетіне түсетін сәуле, сол айнадан шағылысқаннан кейін оптикалық осьті фокуста қызып өтпей, фокустан кейбір AF қашықтықта қызып өтетін болады.

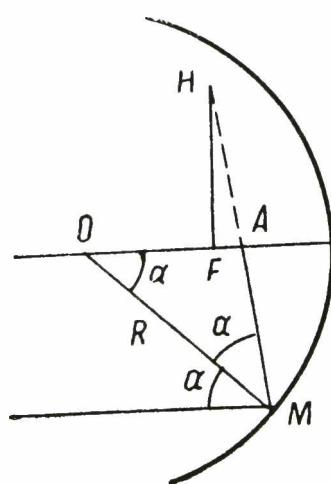
Қашықтық AF — бойлық сфералық аберрация делінеді, ал қашықтық FH — көлденең сфералық аберрация делінеді. Осы аберрациялардың шамаларын α шамасымен, сфералық айнаның радиусымен байланыстыратын формуланы қорытып шығару керек.

15.10. Тесігінің диаметрі 40 см, сфералық ойыс айнаның қисықтық радиусы 60 см. Бас оське параллель болып келген шеткі сәулелердің бойлық және көлденең сфералық аберрацияларын табу керек.

15.11. Фокус аралығы 20 см сфералық ойыс айна берілген. Бойлық сфералық аберрация фокус аралығының 2 проценттен артық емес бөлігін құру үшін, нәрсе оптикалық осьтен қандай ең ұлкен h қашықтықта орналасу керек?

15.12. Жарықтың сәулесі параллель жазық шыны пластинканың бетіне 30° бұрышпен түседі де, одан алғашқы сәулеге параллель болып шығады. Шынының сыну көрсеткіші 1,5. Егер сәулелердің ара қашықтығы 1,94 см-ге тең болса, пластинканың қалындығы d қандай болады?

15.13. Қалындығы 1 см параллель жазық шыны пластинкаға 60° бұрышпен жарық сәулесі түседі. Шынының сыну көрсеткіші 1,73. Жарықтың бір бөлігі шағылысады, ал бір бөлігі сынып, шынының ішіне өтеді, сонау кейін пластинканың ішкі бетінен шағылысып, екінші рет сынады да қайтадан бірінші шағылысқан сәулеге параллель болып ауаға шығады. Сәулелердің ара қашықтығыны анықтау керек.



62-сурет.

15.14. Жарықтың сәулесі сыну көрсеткіші n денеге i бұрышпен түседі. Шағылған сәуле сынған сәулеге перпендикуляр болу үшін i мен n өз ара қандай байланыста болу керек?

15.15. Шынының сыну көрсеткіші 1,52-ге тең. Мына орталардың: 1) шыны — ауа, 2) су — ауа, 3) шыны — су беттері үшін толық ішкі шағылудың шекті бұрышын табу керек.

15.16. Судың ішіне сұңгіген адам батып бара жатқан Күнді қай бағытта көретін болады?

15.17. Жарықтың сәулесі скрипидар арқылы өтіп ауаға шығады. Осы сәуле үшін толық ішкі шағылу $42^{\circ}23'$ болады. Скрипидардағы жарықтың таралу жылдамдығы не-ге тең?

15.18. Су толтырылған стаканның үстіне шыны пластина қойылған. Су мен шыныны бөліп түрған беттен толық ішкі шағылу болу үшін жарық сәулесі пластинканың бетіне қандай бұрышпен тұсу керек? Шынының сыну көрсеткіші 1,5.

15.19. Су толтырған ыдыстың түбіне 10 см биіктікке дейін нұктелік жарық көзін орналастырған. Судың бетінде жүзіп жүрген мөлдір емес дөңгелек пластинканы центрі осы жарық көзінің үстіне тұратындағы етіп орналастырған. Бірде-бір сәуле судың бетінен шығып кетпеу үшін осы пластинканың радиусы қандай болу керек?

15.20. Ақ жарықтың пластинкаға 45° -пен түскен уақытта әр түрлі толқын ұзындықтағы сәулелер үшін алынған сыну бұрыштары мынадай болады:

$\lambda, \text{ Å}$	7590	6870	5890	4860	3970
r	$24^{\circ}2'$	$23^{\circ}57'$	$23^{\circ}47'$	$23^{\circ}27'$	$22^{\circ}57'$

Пластинка затының сыну көрсеткішінің толық ұзындығына тәуелділігінің графигін құру керек.

15.21. Шынының кейбір сорттарының қызыл және күлгін сәулелері үшін берілген сыну көрсеткіші 1,51 және 1,53-ке сәйкес келеді. Осы сәулелердің шыны — ауа ше-

гіне тұскендеңі толық ішкі шағылуының шекті бұрыштарын табу керек.

15.22. Егер алдыңғы есептегі шыныны алатын болсақ, онда шыны — ауа етіп бөлетін бетке 41° бұрышпен ақ сәуле түсіргендеге не болады? (Осының алдындағы есепті шығарғандағы табылған нәтижелерді пайдалану керек).

15.23. Монохромат сәуле сындыру бұрышы 40° -ка тең призманың бүйір бетіне қалыпты түседі. Осы сәуле үшін призма материалының сыну көрсеткіші 1,5. Сәулениң призмадан шыққан уақыттағы алғашқы бағытынан бұрылуын табу керек.

15.24. Монохромат сәуле призманың бүйір бетіне қалыпты бағытпен түседі де одан шыққанда 25° -қа бұрылады. Осы сәуле үшін призма материалының сыну көрсеткіші 1,7. Призманың сындыру бұрышын табу керек.

15.25. Тең бүйірлі призманың сыну бұрышы 10° -қа тең. Монохромат сәуле призманың бүйір жағына 10° бұрышпен түседі. Призма материалының сыну көрсеткішін 1,6 деп алып, сәулениң алғашқы түсу бағытынан қандай бұрышқа бұрылатынын табу керек.

15.26. Кейбір монохромат сәуле үшін призма материалының сыну көрсеткіші 1,6-ға тең. Сәуле призмадан шыққанда толық ішкі шағылу болмау үшін, осы сәулениң призмаға ең үлкен түсу бұрышы қандай болу керек. Призманың сындыру бұрышы 45°

15.27. Жарық шоғы тең бүйірлі призманың жағымен сырғып түседі. Призманың қандай шекті сынду бұрышында сынған сәулелер екінші бүйір жағында толық ішкі шағылуға түседі. Осы сәулелер үшін призма материалының сыну көрсеткіші 1,6-ға тең.

15.28. Монохромат сәуле тік бұрышты тең бүйірлі призманың жағы арқылы кіреді. Призманың ішіне кіргеннен кейін сәуле гипотенузага сәйкес призманың жағынан толық ішкі шағылысыға түседі де, басқа катетке сәйкес келетін жағы арқылы шығып кетеді. Егер осы сәуле үшін призма материалының сыну көрсеткіші 1,5 болса, онда әлі де болса ішкі шағылу болу үшін, сәулениң призмаға түсуінің ең кіші бұрышы қандай болу керек?

15.29. Монохромат сәуле тең бүйірлі призманың бүйір бетіне түседі де сынғаннан кейінгі призманың ішімен оның табанына параллель өтеді. Призмадан шыққаннан

кейін ол өзінің алғашқы түзу бағытынан дұрышқа бұрылған болып шықты. Осы жағдайда призманың сындыру бұрышының γ , сәуленің бұрылу бұрышының δ және осы сәуле үшін сыну көрсеткішінің n араларындағы байланысты табу керек.

15.30. Тен бүйірлі призманың бүйір бетіне түсетін ақ жарық, қызыл сәуле призмадан оның екінші жағына перпендикуляр болып шығатындай бұрышпен түседі. Призманың сындыру бұрышын 45° -қа тен деп алғып, қызыл және күлгін сәулелердің өздерінің алғашқы түсү бағытынан қаншаға бұрылатынын табу керек. Қызыл және күлгін сәулелер үшін призма материалының сыну көрсеткіштері 1,37 және 1,42-ге сәйкес келеді.

15.31. Натрийдің сары сыйығы ($\lambda=5,89 \cdot 10^{-7} \text{ м}$) үшін бас фокус аралығы 16 см-ге тен, ал осы толқын ұзындықтары үшін кварцтың сыну көрсеткіші 1,504 және 1,458-ге сәйкес келеді деп алғып, сынап спектрінің ультра күлгін сыйығы ($\lambda=2,59 \cdot 10^{-7} \text{ м}$) үшін кварцтан жасалған линзаның бас фокус аралығын табу керек.

15.32. Мына линзалардың: 1) радиустары $R_1=15 \text{ см}$, ал $R_2=-25 \text{ см}$ қос-дөңес линзаның, 2) радиустары $R_1=15 \text{ см}$, ал $R_2=\infty$ жазық-дөңес линзаның, 3) радиустары $R_1=15 \text{ см}$, ал $R_2=25 \text{ см}$ ойыс-дөңес линзаның (оң мениск), 4) радиустары $R_1=-15 \text{ см}$, ал $R_2=25 \text{ см}$ қос-ойыс линзаның, 5) радиустары $R_1=\infty$, ал $R_2=-15 \text{ см}$ жазық-ойыс линзаның, 6) (теріс мениск) радиустары $R_1=25 \text{ см}$, ал $R_2=15 \text{ см}$ дөңес-ойыс линзаның фокус аралығын табу керек. Линзаның материалының сыну көрсеткіші $n=1,5$.

15.33. Сыну көрсеткіштері 1,5 және 1,7 екі шыныдан бірдей қос-дөңес екі линза жасалған. 1) Олардың фокус аралықтарының қатынасын табу керек. 2) Линзаларды сыну көрсеткіші 1,6 мөлдір сұйықтың ішіне батыратын болсақ, онда осы линзалардың әрқайсысының оптикалық оське параллель болып келген сәулелерге жасайтын эсері қандай болады?

15.34. Қос-дөңес линза бетінің қисықтық радиустары $R_1=R_2=50 \text{ см}$. Линза материалының сыну көрсеткіші $n=1,5$ -ке тен. Линзаның оптикалық күшін табу керек.

15.35. Оптикалық күші 10 диоптрияға тен қос-дөңес линзадан 15 см жерде оптикалық оське перпендикуляр 16*

етіп биіктігі 2 см-ге тең нәрсе қойылған. Пайда болған кескіннің орны мен биіктігін табу керек. Чертёжін құрызыздар.

15.36. Қисықтық радиустары бірдей және сыну қорсеткіштері $n=1,5$ қос-дөңес линзалардың бас фокустары қисықтық центрмен дәл келетіндігін дәлелдеу керек.

15.37. Фокус аралығы 16 см линза нәрсенің ашық кескінін ара қашықтығы 60 см болып келген екі жағдайда береді. Нәрседен экранга дейінгі қашықтықты табу керек.

15.38. Қисықтық радиустары бірдей 12 см болып келген сфералық беттермен шектелген қос-дөңес линза нәрседен экрандағы пайда болған кескін осы нәрсенің өзінен k есе үлкен болатындағы қашықтыққа қойылған. 1) $k=1$, 2) $k=20$, және 3) $k=0,2$ деп алып, нәрседен экранға дейінгі қашықтықтың қандай болатындығын анықтау керек. Линза материалының сыну қорсеткіші 1,5.

15.39. Осының алдындағы есепте линза судың ішіне батырылған болатын. Оның фокус аралығын табу керек.

15.40. Алдыңғы есепті, линза күкірт көміртегінің ішіне батырылған деп алып шығару керек.

15.41. Линзаның аудағы фокус аралығын 20 см-ге тең деп алып, оның суға батырылғандағы фокус аралығын табу керек. Линза жасалған шынының сыну қорсеткіші 1,6-ға тең.

15.42. Қисықтық радиусы 30 см және сыну қорсеткіші 1,5 жазық-дөңес линза нәрсенің кескінін 2-ге тең үлкейтіп береді. Нәрсенің және кескіннің линзадан қашықтығын табу керек. Чертёжін құрызыздар.

15.43. Қисықтық радиустары бірдей, $|R_1|=|R_2|=8$ см-ге тең флинтгластан жасалған қос-дөңес линзаның бойлық хромотикалық aberrациясын табу керек. Флинтгластың қызыл ($\lambda_1=7,6 \times 10^{-5}$ см) және күлгін ($\lambda_2=4,3 \times 10^{-5}$ см) сәулелер үшін сыну қорсеткіштері 1,5 және 1,8-ге сәйкес келеді.

15.44. Алдыңғы есептегі берілген линзаның алдында оптикалық осьтің бойымен 40 см жерде жарық шығарып тұрған нүкте орналасқан. Нүкте толқыш ұзындықтары: 1) $\lambda_1=7,6 \times 10^{-5}$ см және 2) $\lambda_2=4,3 \times 10^{-5}$ см-ге тең монохромат жарық шығарады деп алып, осы нүкте кескіннің пайда болатын орнын табу керек.

15.45. Қос-дөңес линзаның фокустық жазықтығында жазық айна орналасқан. Нәрсе линзаның алдына фокус және екі фокус аралығының арасына қойған. Нәрсенің кескінін құру керек.

15.46. 1) Ең жақсы көру қашықтағы 25 см -ге тең қалыпты көз үшін және 2) ең жақсы көру қашықтығы 15 см -ге тең жақыннан көргіш көз үшін берілген, фокус аралығы 2 см -ге тең лупаның беретін үлкейтуін табу керек.

15.47. Қалыпты көз үшін лупа $k=10$ үлкейту беру үшін, оны шектеп тұрған беттің қисықтық радиусы ($|R_1|=|R_2|$) неге тең болу керек? Лупа жасалынған шынының сыну көрсеткіші $n=1,5$.

15.48. Фокус аралығы 50 см көру трубасы шексіздікке қаратып орнатылған. Трубаның окулярын шамалы қашықтыққа жылжытқаннан кейін объективтен 50 м қашықтықта тұрған нәрсе анық көрінетін болады. Турагап қойған уақытта окуляр қандай қашықтыққа жылжытылған?

15.49. Микроскоптың фокус аралығы 2 мм объективтен және фокус аралығы 40 мм окулярдан тұрады. Объектив пен окулярдың фокустарының ара қашықтығы 18 см -ге тең. Микроскоптың беретін үлкейтуін табу керек.

15.50. Ауданы $2\times 2\text{ м}$ суретті одан $4,5\text{ м}$ қашықтықта тұрған фотоаппаратпен түсіріп алады. Осыдан шыққан кескінің өлшемі $5\times 5\text{ см}$. Аппарат объективінің фокус аралығы неге тең болады? Суреттен объективке дейінгі қашықтықты, фокус аралығына қарағанда, үлкен болады деп есептейміз.

15.51. Телескоп объективінің фокус аралығы 150 см , ал оқулярының фокус аралығы 10 см . Толық Айды құралсыз жәй көзбен қараған уақытта $31'$ бұрышпен көрінетін болса, онда осы телескопқа толық Ай қандай көру бұрышы арқылы көрінетін болады?

15.52. Диаметрі $D=9\text{ см}$, фокус аралығы $F=50\text{ см}$ қос-дөңес линзаның көмегімен күн кескіні экранға проекцияланады. 1) Егер Күннің бұрыштық диаметрі $32'$ -ка тең болса, Күн кескінінің шамасы қандай болады? 2) Күннің кескінімен жасалатын жарықталыну Күннің тікелей жасайтын жарықталынуынан неше есе үлкен болады?

15.53. 200 шамдық электр лампысынан шыққан жарық жұмыс істейтін жерге 45° бұрышпен түседі, лампының жарықталынуы 141 лк. Мыналарды: 1) лампының жұмыс істейтін орыннан қандай қашықтықта тұрғанын, 2) лампының жұмыс істейтін орыннан қандай биіктікте ілінгендігін табу керек.

15.54. Үйдің төбесіне ілінген лампының горизонталь бағытта 60 шамдық жарық күшін береді. Егер үйдің қарама-қарсы қабырғасында лампудан 2 м қашықтықта үлкен айна орналасқан десек, онда лампудан 2 м жердегі үйдің қабырғасына ауданы $0,5 \text{ m}^2$ вертикаль ілінген картинаға түсетін жарық ағыны қандай болады?

15.55. Үлкен чертеждің суретін ең алдымен түгелімен, содан кейін оның жеке бөліктерін (детальдарын) табиғи шамасында алып суретке түсіреді. Бөліктерді суретке түсіргенде экспозиция уақытын неше есе үлкейту керек болады?

15.56. Қөктемдегі күн мен түннің тенелетін күні, 21 марта Жердің солтүстігіндегі тұрған Күн тал түсте горизонтпен 10° бұрыш жасайды. Жердің бетінде күн сәулесіне вертикаль қойылған ауданың жарықталынуы горизонталь қойылған ауданың жарықталынуынан неше есе көп болады?

15.57. Қөктемгі және күзгі күн мен түннің тенелу уақытында Күн тал түсте экваторда зенитте тұрады. Осы уақыттағы экватордағы Жердің бетінің жарықталынуы Ленинградтағы Жердің бетінің жарықталынуынан неше есе көп болады? Ленинградтың ендігі 60°

15.58. Ауданы 25 m^2 квадрат бөлменің центріне лампы ілінген. Лампыны нүктелік жарық көзі деп алғып, бөлменің бұрыштарында ең үлкен жарықталыну болу үшін лампының еденнен қандай биіктікте тұру керектігін табу керек.

15.59. Диаметрі 2 m дөңгелек столдың центрінен жоғары жерге жарық күші 100 шам лампы ілінген. Лампыны нүктелік жарық көзі деп алғып, лампыны әрбір 10 см -ден кейін $0,5 \leq h \leq 0,9 \text{ m}$ интервалда біртіндеп көтергендеңі стол шеттерінің жарықталынуының өзгерісін есептеп шығару керек. Графикті $E=f(h)$ құру керек.

15.60. Диаметрі $1,2 \text{ m}$ дөңгелек столдың центрінде стол бетінен 40 см биіктікте стол электр лампесі (бір лам-

пылы) түр. Столдың центрінен жоғары оның бетінен 2 м биіктікте дәл сондай төрт лампыдан тұратын люстра ілінген. Стол шетінде жарықталынуы қай жағдайда үлкен (және неше есе) болады: стол үстінде қоятын лампы жанғанда ма немесе люстра жанғанда ма?

15.61. Затты суретке түсіргендеге одан 2 м қашықтыққа қойылған электр лампымен жарықталынады. Осы лампины заттан 3 м қашықтыққа алыстатсақ, экспозицияны неше есе үлкейтуге болады?

15.62. Қалыпты түсетін Құн сәулесінен болатын Жер бетінің жарықталынуын табу керек. Құннің жарықтылығы $1,27 \cdot 10^9\text{ нт-ка}$ тең.

15.63. Ішіне жарық күші 100 шамфа тең электр лампсының спиралін қойған күңгірт сфералық колбаның диаметрі: 1) 5 см және 2) 10 см . Осы екі жағдайдағы лампның жарқырауы мен жарықтылығын табу керек. Колбаның сыртқы қабығына кететін жарық шығыны есепке алынбайды.

15.64. Лампы орнындағы жарық шығаратын дененің қызметтің диаметрі 3 мм-ге тең қыздырылған шарик атқарады. Оның жарық күші 85 шамфа тең. Сфералық колбаны мөлдір шыныдан немесе күңгірт шыныдан жасалынды деп алып, осы лампның жарықтылығын табу керек.

15.65. Алдыңғы есепте лампның жарығы 5 м қашықтықтан түскен кезде оның беретін жарықталынуы қандай болар еді?

15.66. Өлшемі $20 \times 30\text{ см}$ бір парақ ақ қағаздың бетінен 12 лм жарық ағыны қалыпты түседі. Шашырау коэффициенті $\rho=0,75$ болады деп алып, берілген парақ қағаздың жарықталынуын, жарқырауын және жарықтылығын табу керек.

15.67. Алдыңғы есептегі парақ қағаздың жарықтылығы 10^4 нт-ке тең болу үшін, оның жарықталынуы қандай болу керек?

15.68. Өлшемі $10 \times 30\text{ см}$ парақ қағаз күші 100 шамдақ лампы жарығынан жарықталынады. Онда да оған лампның шығаратын барлық жарығының $0,5\%$ бөлігі ғана түседі. Осы парақ қағаздың жарықталынуын табу керек.

15.69. 100 шамдық электр лампысының минут сайын жан-жаққа тарататын жарық энергиясы 122 дж-ға тең. Мыналарды: 1) жарықтың механикалық эквивалентін, 2) лампының пайдаланатын қуатын 100 вт деп алғып, жарық бергіштіктің пайдалы әсер коэффициентін табу керек.

§ 16. Толқындық оптика

Тіркеуші прибордың қабылдайтын жарық жиілігінің жарық көзінің жіберетін жиілігімен байланысы Допплердің принципі бойынша мынадай қатынас арқылы беріледі:

$$v' = v \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}},$$

мұндағы v — жарық көзімен салыстырғандағы тіркеуші прибордың жылдамдығы, c — жарықтың таралу жылдамдығы. v мәнінің оң болуы жарық көзінің алыстауына сәйкес келеді. $v \ll c$ болғанда алдыңғы формууланы жуықтап, мынадай түрде көрсетуге болады:

$$v' \cong v \frac{1}{1 + \frac{v}{c}}.$$

Когерентті екі жарық көзіне паралель болып орналасқан, экрандағы интерференциялық жолақтардың арақашықтығы мынаған тең:

$$\Delta y = \frac{L}{d} \lambda,$$

мұндағы λ — жарық толқынының ұзындығы, L — бір-бірінен d қашықтықта түрған жарық көздерінің экранға дейінгі қашықтығы: осыдан $L \gg d$ болады.

Жазық-паралель пластинкалардағы (өткінші жарықтағы) жарықтың интерференциясының нәтижесі мына формулалармен анықталады:

жарықты күшейту

$$2hn \cos r = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots),$$

жарықты нашарлату

$$2hn \cos r = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots),$$

мұндағы h — пластинканың қалындығы, n — сиңу көрсеткіші, r — сиңу бұрышы, λ — жарық толқынының ұзындығы.

Шағылған жарықтағы жарықты күшейту және нашарлату шарттары өткінші жарықтағы шарттарға қарағанда керісінше болады.

Ньютоның жарық сақиналарының радиустары (өткінші жарықтағы) анықтайтын мына формуламен анықталады:

$$r_k = \sqrt{kR\lambda} \quad (k=0, 1, 2, \dots),$$

қараңғы сақиналардың радиусы

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\frac{\lambda}{2}} \quad (k=0, 1, 2, \dots),$$

мұндағы R — линзаның қисықтығының радиусы.

Шағылған жарықтағы жарық және қараңғы сақиналардың орналасуы олардың өткінші жарықтағы орналасуына керісінше болады.

Параллель сәулелердің шоғы қалыпты түсіп тұрған саңылаудан дифракция кезіндегі минимум жарықталынудың орны мынадай шарт бойынша анықталады,

$$a \sin \phi = \pm k\lambda \quad (k=0, 1, 2, \dots),$$

мұндағы a — саңылаудың ені, ϕ — дифракция бұрышы, ал λ түскен жарықтың толқын ұзындығы.

Дифракциялық решеткағы жарықтың максимумдары решеткаға түсірілетін нормальмен ϕ бұрыш жасайтын бағыт арқылы бақыланады да, осы болатын жағдайды мынадай қатынастар қанағаттандыратын болады (жарық решеткаға қалыпты түседі деген шарт бойынша):

$$d \sin \phi = \pm k\lambda \quad (k=0, 1, 2, \dots),$$

мұндағы d — решетка тұрақтысы, ϕ — дифракция бұрышы, λ — толқын ұзындығы, ал k — спектрдің орналасу реті.

Решетканың тұрақтысы немесе периоды мынадай: $d = \frac{1}{N_0}$, мұндағы N_0 — решетканың бірлік ұзындығына келетін решетка саңылауының саны.

Дифракциялық решетканың айырғыштық қабілеті мына формуламен анықталады:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN,$$

мұндағы N — решетка саңылауының жалпы саны, k — спектрдің орналасуының реті, λ және $\lambda + \Delta\lambda$ — әлі де болса решеткамен айыруға болатын бір-біріне жақын жатқан екі спектр сызығының толқындарының ұзындығы. Дифракциялық решетканың бұрыштық дисперсиясы деп, мынадай шаманы айтады:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda}.$$

Дифракциялық решетканың сызықтық дисперсиясы деп сан мәндері мынаган тең болатын, шаманы айтады

$$D_1 = FD,$$

мұндағы F — спектрді экранға проекциялайтын линзаның фокус аралығы. Диэлектрлік айнадан табиғи жарық шағылғанда Френельдің формуласы орын алады:

$$I_{\perp} = 5,0I_0 \left[\frac{\sin(i - r)}{\sin(i + r)} \right]^2,$$

және

$$I_{\parallel} = 0,5I_0 \left[\frac{\tg(i - r)}{\tg(i + r)} \right]^2,$$

мұндағы I_{\perp} — жарықтың тұсу сызығына перпендикуляр бағытта шағылған сәүледегі жарық тербелісінің интенсивтігі; I_{\parallel} — жарықтың тұсу сызығына параллель бағытта шағылған сәүледе болатын жарық тербелісінің интенсивтігі; I_0 — тұсіп тұрган табиғи жарықтың интенсивтігі; i — тұсу бұрышы және r — сыну бұрышы.

Егер $i + r = 90^\circ$ болса, $I_{\parallel} = 0$ болады. Бұл жағдайда диэлектрлік айнаның тұсу бұрышы i және сыну көрсеткіші n өз ара $\tg i = n$ қатынас арқылы байланысады (Брюстер заны).

Поляризатор мен анализатор арқылы өтетін жарықтың интенсивтігі мынаған тең болады (Малюстің заңы)

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

мұндағы φ — поляризатор мен анализатордың бас жазықтықтарының арасындағы бұрыш, I_0 — поляризатордан өткен жарықтың интенсивтігі.

16.1. Құн спектрінің суретін түсіргенде, Құннің сол жақ және оң жақ шеттерінен алғынған спектрлеріндегі сары спектр ($\lambda = 5890 \text{ \AA}$) сызығының $0,08 \text{ \AA}$ -ге ығысатындығы табылды. Құн дисқісінің айналуының сызықтық жылдамдығын табу керек.

16.2. Егер бақылауды α -бөлшектің шығатын бағыты арқылы жүргізген уақытта гелий сызығының ($\lambda = 4922 \text{ \AA}^{\circ}$) максимал допpler ығысуы 8 \AA° -ге тең болады десек, онда гелий разрядтаушы трубкасының электродтарының арасындағы потенциал айырмасы қандай болады?

16.3. Андromеда ϵ жұлдызын суретке түсіргенде титан сызығы ($\lambda = 4,954 \times 10^{-5} \text{ см}$) спектрдің күлгін шетіне қарай $1,7 \text{ \AA}^{\circ}$ ығысатындығы табылды. Жермен салыстырғанда жұлдыз қалай қозгалады?

16.4. Егер жасыл жарық фильтрін ($\lambda = 5 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) қызыл жарық фильтрімен ($\lambda = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) алмастырсақ, Юнга тәжірибесіндегі экранда пайда болатын көршілес интерференциялық жолақтардың ара қашықтығы неше есе үлкейтін болады?

16.5. Юнга тәжірибесінде тесік толқын ұзындығы $\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$ монохромат жарықпен жарықталынды, тесіктердің ара қашықтығы 1 mm , ал тесіктен экранға дейінгі қашықтық 3 m . Бірінші үш жарық жолақтарының орналасуын табу керек.

16.6. Френель айналарымен жасалған тәжірибеде жарық көзінің жорымал кескіндерінің аралары $0,5 \text{ mm}$ -ге тең болды, ал экранға дейінгі ара қашықтық 5 m -ге тең болды. Жасыл жарықтағы пайда болған интерференциялық жолақтардың бір-бірінен қашықтығы 5 mm . Жасыл жарықтың толқын ұзындығын табу керек.

16.7. Юнга тәжірибесінде интерференцияланған сәулелердің біреуінің жолына жұқа шыны пластинка қойылған, соның салдарынан орталық жарық жолақ бесінші жарық жолақ (центрлік жолақты есептемегендегі) түрған жерге ығысатын болады. Сәуле пластинкаға перпендикуляр бағытпен түседі. Пластинканың сыну көрсеткіші 1,5. Толқын ұзындығы $6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Пластинканың қалындығы қандай?

16.8. Юнга тәжірибесіндегі қалындығы 2 см пластинканы интерференцияланатын сәулелердің біреуінің жолына, сәулеге перпендикуляр етіп орналастырған. Осындағы біртектіліксізден жол айырмасы 1 мкм-ден аспау үшін, пластинканың әр жеріндегі сыну көрсеткішінің мәндерінің бір-бірінен айырмашылығы қандай болу керек?

16.9. Сабын қабыршағына ($n=1,33$) 45° бұрышпен ақ жарық түседі? Қабыршақтың қандай ең жұқа қалындығында, шағылған сәулелер сары түске ($\lambda=6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) боялатын болады?

16.10. Вертикаль орналасқан сабын қабыршағы сұйықтың төмен қарай ағуының нәтижесінде сына жасайды. Сынап доғасының ($\lambda=5461 \text{ Å}$) шағылған жарығындағы интерференциялық жолақтардың бақылай отырып, бес жолақтың ара қашықтығының 2 см-ге тең болатындығын табамыз. Сынаның секундпен берілген бұрышын табу керек. Жарық қабыршақтың бетіне перпендикуляр бағытпен түседі. Сабынды судың сыну көрсеткіші 1,33.

16.11. Вертикаль орналасқан сабын қабыршағы сына жасайды. Интерференцияны қызыл шыны ($\lambda=6,31 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) арқылы шағылған жарықта бақылайды. Осы жағдайдағы көршілес қызыл жолақтардың ара қашықтығы 3 мм-ге тең болады. Осыдан осы қабыршақ көк шыны ($\lambda=4 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) арқылы бақыланады. Көршілес көк жолақтардың ара қашықтығын табу керек. Өлшеу уақытындағы қабыршақтың формасы өзгермейді және жарық қалыпты түседі деп есептейміз.

16.12. Шыны сынаның үстіне жарық шоғы ($\lambda=5,82 \cdot 10^{-7} \text{ м}$) қалыпты түседі. Сынаның бұрышы $20''$ -ке тең. Сынаның бірлік ұзындығына күнгірт (қара) интерферен-

циялық жолақтардың қай саны келеді? Шынының сыну көрсеткші 1,5 тең.

16.13. Ньютон сақинасын алуға арналған қондырғы монохромат жарықпен жарықталынады. Бақылау шағылған жарықта жүргізіледі. Қөршілес екі қараңғы сақиналардың радиустары $4,0 \text{ mm}$ және $4,38 \text{ mm}$ -ге сәйкес келеді. Линзаның қисықтық радиусы $6,4 \text{ m}$ -ге тең. Сақинаның реттік номері мен түскен жарық толқынының ұзындығын табу керек.

16.14. Ньютон сақипалары қисықтық радиусы $8,6 \text{ m}$ -ге тең жазық шыны мен линзаның арасында пайда болады. Монохромат жарық қалыпты түседі. Жасалынған өлшеулер арқылы төртінші қараңғы сақипаның диаметрі (центрлік қараңғы сақипаны нольдік деп есептегендеге) 9 mm -ге тең болатындығы анықталынды. Түскен жарықтың толқын ұзындығын табу керек.

16.15. Ньютон сақинасын алу үшін берілген қондырғы қалыпты түскен ақ жарықпен жарықталындырылады. Мыналарды: 1) төртінші көк сақипаның радиусын ($\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$) және 2) үшінші қызыл сақираның радиусын ($\lambda_2 = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$) табу керек. Бақылау өткінші жарықта жүргізіледі. Линзаның қисықтық радиусы 5 m -ге тең.

16.16. Ньютонның бесінші және жиырма бесінші ақ сақиналарының ара қашықтығы 9 mm -ге тең. Линзаның қисықтық радиусы 15 m . Қондырғыға қалыпты түскен монохромат жарықтың толқын ұзындығын табу керек. Бақылау шағылған жарықта жүргізіледі.

16.17. Ньютонның екінші және жиырмасыншы қара сақиналарының ара қашықтығы $4,8 \text{ mm}$ -ге тең деп алып, оның үшінші және он алтыншы қара сақиналарының ара-ларының қашықтығын табу керек. Бақылау шағылған жарықта жүргізіледі.

16.18. Ньютонның сақиналарын алуға арналған қондырғы қалыпты түскен сынап доғасының жарығымен жарықталады. Бақылау өткінші жарықта жүргізіледі. Рет бойынша $\lambda_1 = 5791 \text{ \AA}$ сызыққа сәйкес келетін ақшыл сақина $\lambda_2 = 5770 \text{ \AA}$ сызыққа сәйкес келетін келесі сақина мен дәл келеді?

16.19. Ньютоның сақинасын бақылауга арналған қондырғыда линза мен шыны пластинканың арасындағы кеңістік сұйықпен толтырылған. Үшінші ашық сақинаның радиусы $3,65 \text{ mm}$ -ге тең болады деп алғып, сұйықтың сыну көрсеткішін анықтау керек. Бақылау өткінші жарықта жүргізіледі. Линзаның қисықтық радиусы 10 m . Жарық толқынының ұзындығы $5,89 \cdot 10^{-5} \text{ см}$ -ге тең.

16.20. Ньютоның сақинасын бақылауға арналған қондырғы толқын ұзындығы $0,6 \text{ мкм}$ қалыпты түсіп тұрған монохромат жарықпен жарықтандырылады. Шағылған жарықта көрінетін тәртінші қара сақина тұрған жердегі линза мен шыны пластинканың арасындағы ауа қабатының қалындығын табу керек.

16.21. Ньютоның сақинасын бақылауға арналған қондырғы шағылған жарықта қалыпты түсіп тұрған $\lambda=5 \cdot 10^3 \text{ Å}$ монохромат жарықпен жарықтандырылады. Линза мен шыны пластинканың арасындағы кеңістік сумен толтырылған. Үшінші ақ сақина көрінетін жердегі линза мен шыны пластинканың арасындағы су қабатының қалындығын табу керек.

16.22. Ньютоның сақинасын бақылауға арналған қондырғы шағылған жарықта қалыпты түсіп тұрған монохромат жарықпен жарықталынады. Линза мен шыны пластинканың арасындағы кеңістікті сұйықпен толтырғаннан кейін, қара сақинаның радиусы $1,25$ есе кемиді. Сұйықтың сыну көрсеткішін табу керек.

16.23. Майкельсонның интерферометрімен жасаған интерференциялық картинаны 500 жолаққа ығыстыруға арналған тәжірибесінде айнаны $0,161 \text{ mm}$ жерге ауыстыру керек болды. Түскен жарықтың толқын ұзындығын табу керек.

16.24. Аммиактың сыну көрсеткішін есептеу үшін Майкельсонның интерферометрінің індерінің біреуіне ұзындығы $l=14 \text{ см}$ ауасы сорылып алғылған тұтікті орналастырады. Тұтіктің ұштары жазық параллель шыны пластинкамен жабылған. Тұтікті аммиакпен толтырған уақытта, ұзындығы $\lambda=0,59 \text{ мкм}$ толқын ұшін алғылған интерференциялық картинаның 180 жолаққа ауысқаны байқалды. Аммиактың сыну көрсеткішін табу керек.

16.25. Жаменниң интерферометрінен шықкан сәулелердің біреуінің жолына (63-сурет) ұзындығы 10 см , ішіндегі ауасы сорылған түтік қойылған. Түтікті хлормен толтырған уақытта интерференциялық картина 131 жолаққа ауысады. Осы тәжірибедегі монохромат жарық толқынының ұзындығы $5,9 \cdot 10^{-5} \text{ см-ге}$ тең. Хлордың сыну көрсеткішін табу керек.

16.26. Қалындыры $d = 0,4 \text{ мкм}$ шыны пластинканың бетіне ақ жарық шоғы қалыпты түсіп тұр. Шынының сыну көрсеткіші $n = 1,5$. Көрінетін спектрдің шегінде жатқан ($4 \cdot 10^{-4}$ -ден $7 \cdot 10^{-4} \text{ мм-ге}$ дейін) толқын ұзындықтарының қандайы шағылған жарық шоғында күшайетін болады?

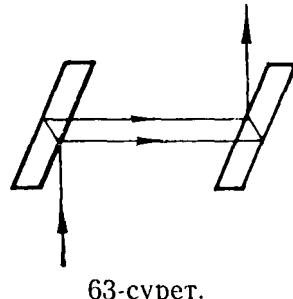
16.27. Шыны объективтің ($n_1 = 1,5$) бетіне, сыну көрсеткіші $n_2 = 1,2$ («жарқырау» пленкасы) жұқа пленка туғырлана. Осы пленканың қалындығының, қандай ең кіші мәнінде көрінетін спектрдің орта бөлігіндегі шағылған жарықтың максимал нашарлауы пайдада болады?

16.28. Монохромат жарық көзінен жарық ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$), дөңгелек тесігі бар диафрагма қалыпты түседі. Тесіктің диаметрі 6 мм . Диафрагманың кейінгі жағына одан 3 м қашықтықта экран қойылған. 1) диафрагманың тесігіне Френель зонасының қаншасы жиналады? 2) экрандағы дифракциялық картинаның центрі қандай болады: қара ма немесе ақ па?

16.29. Егер жарық көзінен толқындық бетке дейінгі қашықтық 1 м болса, ал толқындық бетінен бақылау жүргізетін нұктеге дейінгі қашықтық 1 м-ге тең және $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м-ге}$ тең деп алғып, Френельдің бірінші бес зонасының радиусын есептеп шығару керек.

16.30. Жазық толқын үшін Френельдің бірінші бес зонасының радиусын есептеп шығару керек. Толқындық беттен бақылау нұктесіне дейінгі қашықтық 1 м-ге тең. Толқынның ұзындығы $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

16.31. Дифракциялық картина нүктелік монохромат жарық ($\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) көзінен l қашықтықта байқалады. Жарық көзінен $0,5 l$ қашықтықта диаметрі 1 см



63-сурет.

күнгірт дәңгелек бөгет орналасқан. Егер бөгет тек қана Френельдің орталық зонасын жауып тұратын болса, онда l қашықтық неге тең болады?

16.32. Дифракциялық картина нүктелік монохромат жарық ($\lambda=5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$) көзінен 4 м қашықтықта байқалады. Экран мен жарық көзінің ортасына кішкене тесігі бар диафрагма қойылған. Тесіктің қандай радиусында экранда байқалатын дифракциялық сақинаның центрі қараңғы болып көрінеді?

16.33. Дәңгелек тесігі бар диафрагмаға монохромат жарықтың ($\lambda=6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$) параллель шоғы қалыпты түседі. Экранда дифракциялық картина байқалады. Диафрагма мен экранның қандай ара қашығында дифракциялық картинаның центрінде қараңғы жолақ байқалады? Тесіктің диаметрі $1,96 \text{ мм}$ -ге тең.

16.34. Ені 2 мкм саңылауға толқын ұзындығы $\lambda=5890 \text{ \AA}$ монохромат жарықтың параллель шоғы қалыпты түседі. Минимум жарық байқалатын бағыттағы бұрыштарды табу керек?

16.35. Ені $2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$ саңылауға толқын ұзындығы $\lambda=5 \cdot 10^{-5} \text{ см}$ монохромат жарықтың параллель шоғы қалыпты түседі. Саңылаудан $l=1 \text{ м}$ қашықтықта тұрған экрандағы саңылаудың кескінінің енін табу керек. Кескіннің ені есебінде бас максимум жарықталынудың екі жағынан орналасқан бірінші дифракциялық минимумдардың ара қашықтығын айтады.

16.36. Саңылауға толқын ұзындығы λ монохромат жарықтың параллель шоғы қалыпты түсіп тұр. Саңылаудың ені 6λ -ға тең. Жарықтың үшінші дифракциялық минимумы қандай бұрышпен байқалатын болады?

16.37. Егер екінші ретті спектрдегі қызыл сыйықты ($\lambda=7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$) байқау үшін көру трубасын коллиматордың осіне 30° бұрышпен орналастыратын болсақ, онда дифракциялық решетканың тұрақтысы неге тең болады? Осы решетканың 1 см ұзындығына штрих санының қаншасы келеді? Решеткаға жарық қалыпты түседі.

16.38. Егер синаптың көк сыйығы ($\lambda=5461 \text{ \AA}$) бірінші ретті спектрде $19^\circ 8'$ бұрыш арқылы көрінетін болса, онда дифракциялық решетканың 1 мм ұзындығындағы штрихтардың саны қанша болады?

16.39. Дифракциялық решеткаға жарық шоғы қалыпты түсіп тұр. Бірінші ретті спектрдегі натрий сывығы үшін табылған дифракция бұрышы $17^{\circ}8'$ -ке тең болды. Екінші ретті спектрдегі кейбір сывықтар 24°12'-ке тең болатын дифракция бұрышын береді. Осы сывықтың толқын ұзындығы мен решетканың 1 мм -не келетін штрихтардың санын табу керек.

16.40. Дифракциялық решеткаға разрядты трубкадан шыққан жарық шоғы қалыпты түседі. $\phi=41^{\circ}$ бағытта екі сывықтың максимумдары $\lambda_1=6563 \text{ \AA}$ және $\lambda_2=4102 \text{ \AA}$ дәл келу үшін дифракциялық решетканың тұрақтысы неге тең болу керек?

16.41. Дифракциялық решеткаға жарық шоғы қалыпты түседі. Гониометрді біршама ϕ бұрышқа бұрғанда көру өрісінде үшінші ретті спектрдегі $\lambda=4,4 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$ сывығы көрінетін болады. Осы ϕ бұрышы арқылы көрінетін спектрдің шегінде ($4 \cdot 10^{-4}$ нен $7 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$ -ге дейінгі) жатқан, толқын ұзындықтары сәйкес келетін, қандай да болмасын басқадай спектр сывықтары көрінер ме еді?

16.42. Гелиймен толтырылған разрядтық трубкадан шыққан жарық шоғы дифракциялық решеткаға қалыпты түсіп тұр. Екінші ретті спектрдегі гелийдің қызыл сывығы ($\lambda=6,7 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$) үшінші ретті спектрдің қай сывығына тұра түседі?

16.43. Гелиймен толтырылған разрядтық трубкадан шыққан жарық шоғы дифракциялық решеткаға қалыпты түсіп тұр. Алдымен көру трубасы бірінші ретті спектрдегі орталық жолақтың екі жағындағы күлгін сывыққа ($3,89 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$) қарай бағытталып қойылды. Нольдік бөліктен оң жаққа қарай лимбамен жүргізген есептеу сәйкес $27^{\circ}33'$ және $36^{\circ}27'$ болатын нәтижелерді берді. Осыдан кейін көру трубасы бірінші ретті спектрдегі орталық жолақтың екі жағындағы қызыл сывыққа қарай бағытталып қойылды. Нольдік бөліктен оң жаққа қарай лимбамен жүргізген есептеу сәйкес $23^{\circ}54'$ және $40^{\circ}6'$ болатын нәтижелерді берді. Гелий спектрінің қызыл сывығының толқын ұзындығын табу керек.

16.44. Дифракциялық решетканың тұрақтысын 2 мкм -ге тең деп алғып, натрийдің сары сывығындағы ($\lambda=5890 \text{ \AA}$) спектрдің ең ұлкен реттік нөмірін табу керек.

16.45. Монохромат жарықтың шоғы дифракциялық решеткаға қалыпты түсіп тұр. Үшінші ретті максимум нормаль бағытына $36^{\circ}48'$ бұрыш жасай бақылаңды. Түскен жарықтың толқын ұзындығымен берілген решетканың тұрақтысын табу керек.

16.46. Алдыңғы есептегі дифракциялық решетканың беретін максимумы қанша болады?

16.47. Дифракциялық решеткасы бар гониометрдің көру трубасы коллиматордың осімен 20° бұрыш жасай қойылған. Осылдан трубаның көру өрісінде гелий спектрінің қызыл сыйығы ($\lambda_1=6680 \text{ \AA}$) көрінеді. Егер осы бұрышпен анағұрлым жоғары ретті көк сыйықта ($\lambda_2=4470 \text{ \AA}$) көрінетін болса, онда дифракциялық решетканың тұрақтысы неге тең болады? Осы решетка арқылы байқауға болатын спектрдің ең үлкен реттілігі 5-ке тең. Решеткаға жарық қалыпты түседі.

16.48. Егер решетка калий спектрінің бірінші реттік сыйықтарын $\lambda_1=4044 \text{ \AA}$ және $\lambda_2=4047 \text{ \AA}$ шеше алады де-сек, онда осы решетканың дифракциялық тұрақтысы неге тең болады? Решетканың көлдененеңі 3 см-ге тең.

16.49. Бірінші реттегі натрийдің $\lambda_1=5890 \text{ \AA}$ және $\lambda_2=5896 \text{ \AA}$ қосағы шешілетін болу үшін, көлдененеңі 2,5 см дифракциялық решетканың тұрақтысы неге тең болу керек?

16.50. Көлдененеңі 2,5 см дифракциялық решетканың тұрақтысы 2 мкм-ге тең. Екінші ретті спектрдегі сары сәулелер ($\lambda=6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) облысында осы решетканың шешетін толқын ұзындықтарының айырмасы қандай?

16.51. Бірінші ретті спектрдегі $\lambda=5890 \text{ \AA}$ үшін берілген дифракциялық решетканың бұрыштық дисперсиясы анықтау керек. Решетканың тұрақтысы $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ см-ге}$ тең.

16.52. Бірінші ретті спектрдегі $\lambda=6680 \text{ \AA}$ үшін берілген дифракциялық решетканың бұрыштық дисперсиясы $2,02 \cdot 10^5 \text{ рад/м-ге}$ тең. Дифракциялық решетканың периодын табу керек.

16.53. Спектрді экранға проекциялайтын линзаның фокус аралығын 40 см-ге тең деп алып, алдыңғы есептегі

дифракциялық решетканың сзықтық дисперсиясын ($\text{мм}/\text{\AA}$ есебімен алғынған) табу керек.

16.54. Периоды $2 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ дифракциялық решетка арқылы бірінші ретті спектрде алғынған сынап доғасының экрандағы екі сзығыры ($\lambda_1 = 5770 \text{ \AA}$ және $\lambda_2 = 5791 \text{ \AA}$) бір-бірінен қандай қашықтықта орналасады? Спектрді экранға проекциялайтын линзаның фокус аралығы $0,6 \text{ м}$.

16.55. Жарық шоғы дифракциялық решеткаға қалыпты түсіп тұр. Үшінші ретті спектрдегі қызыл сзық ($\lambda = 6300 \text{ \AA}$) $\phi = 60^\circ$ бұрышпен көрінеді. 1) Осы бұрыш арқылы төртінші ретті спектрде спектрлік сзықтың қайсысы көрінеді? 2) Дифракциялық решетканың 1 мм ұзындығындағы штрихтардың саны қанша? 3) Осы решетканың үшінші ретті спектріндегі $\lambda = 6300 \text{ \AA}$ үшін, бұрыштық дисперсиясы неге тең?

16.56. Тұрақтысы $d = 5 \text{ мкм}$ дифракциялық решетканың үшінші ретті спектрдегі бұрыштық дисперсиясы $D = 6,3 \cdot 10^5 \text{ рад}/\text{м}$ қандай толқын ұзындықта болады?

16.57. Бірінші ретті спектрдегі калийдің 4044 \AA және 4047 \AA екі сзықтарының ара қашықтығы $0,1 \text{ мм}$ -ге тең болу үшін, дифракциялық решетка арқылы алғынған спектрді экранға проекциялайтын линзаның фокус ара-лығы қандай болу керек? Дифракциялық решетканың тұрақтысы 2 мкм -ге тең.

16.58. Жарықтың сыну көрсеткіші $1,57$ -ге тең. Шыныдан шағылған кездегі толық поляризация бұрышын анықтау керек.

16.59. Кейбір зат үшін берілген толық іштей шағылудың шекті бұрышы 45° -қа тең. Осы зат үшін толық поляризацияның бұрышы неге тең болады?

16.60. Қөлдің бетінен шағылған Құннің сәулесі ана-ғұрлым толық поляризациялану үшін, горизонтқа күн қандай бұрышпен тұру керек?

16.61. Жарық шыны бетінен шағылған кезде шағылған сәуле 30° -тық сыну бұрышында толығымен поляриза-циялану үшін, осы шынының сыну көрсеткіші неге тең болу керек?

16.62. Жарықтың сәулесі шыны ($n=1,5$) ыдысқа құйылған сүйкеттан өтеді де оның түбінен шағылады. Шағылған сәуле ыдыстың түбіне $42^{\circ}37'$ бұрыш жасап түскенде, ол толығымен поляризацияланатын болады. Мыналарды: 1) сүйкеттың сыну көрсеткішін, 2) толық іштей шағылу болу үшін, сүйкеттың ішімен өтетін жарықтың сәулесі ыдыстың түбіне қандай бұрышпен түсетіндігін табу керек.

16.63. Бостықтағы толқын ұзындығы 5890 \AA -ге тең жазық-поляризацияланған жарық шоғы исланд шпатынан жасалған пластинканың оптикалық осіне перпендикуляр бағытпен түседі. Қәдімгі және басқа сәулелер үшін берілген исланд шпатының сыну көрсеткіші сәйкес $n=1,66$ және $n=1,49$ -ға тең деп алып, қәдімгі және басқа сәулелердің кристалдағы толқын ұзындықтарын табу керек.

16.64. Егер поляризатор мен анализатордан өткен табиғи жарықтың интенсивтігі төрт есе кемиді десек, онда поляризатор мен анализатордың бас жазықтарының арасындағы бұрыш неге тең болады? Жарықтың жұтылуы есепке алынбайды.

16.65. Табиғи жарық, олардың бас жазықтарының арасындағы бұрыш α -ға тең болатындей, поляризатор мен анализатор арқылы өтеді. Анализаторда поляризатор сияқты түскен жарықтың 8 процентін жұтады және шағылтады. Анализатордан шыққан сәуленің интенсивтігі поляризаторға түскен табиғи жарықтың интенсивтігінің 9 процентіне тең болады. α — бұрышын табу керек.

16.66. Толық поляризация бұрышымен ($n=1,54$) шыныға түсетін табиғи жарықтың шағылу коэффициентін анықтау керек. Шыныға өткен сәулелердің поляризациялық дәрежесін табу керек. Жарықтың жұтылуы есепке алынбайды.

16.67. Табиғи жарықтың сәулесі жазық-параллель шыны пластинкаға ($n=1,54$) толық поляризация бұрышымен түсіп, пластинкадан түгелдей өтіп шығады. Пластинкадан өтіп шыққан сәулелердің поляризациялық дәрежесін табу керек.

16.68. Мыналарды: 1) табиғи жарықтың шыныға ($n=1,5$) 45° бұрышпен түскен кездегі шағылу коэффици-

енті мен шағылған сәуленің поляризациялық дәрежесін, 2) сынған сәулелердің поляризациялық дәрежесін анықтау керек.

§ 17. Салыстырмалылық теорияның элементтері

Кейбір есептеу системасымен салыстырғандағы жылдамдықпен қозғалған дененің l' ұзындығы осы системада қозғалмай тұрған дененің l_0 ұзындығымен төмендегідей қатынас арқылы байланысады:

$$l' = l_0 \sqrt{1 - \beta^2},$$

мұндағы $\beta = \frac{v}{c}$; c — жарықтың таралу жылдамдығы.

Бақылаушыға қатысты v жылдамдықпен қозғалатын системаның ішіндегі $\Delta\tau'$ уақыт аралығы, бақылаушы үшін қозғалмайтын системаның ішіндегі $\Delta\tau_0$ уақыт аралығымен төмендегідей қатынас арқылы байланысады:

$$\Delta\tau' = \frac{\Delta\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Массасы m дененің оның қозғалысының жылдамдығына тәуелділігі мынадай теңдеумен беріледі:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

Мұндағы m — осы дененің тыныштық массасы.

Дененің кинетикалық энергиясының жылдамдыққа тәуелділігі мынадай теңдеумен беріледі:

$$W_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right).$$

Системаның массасының Δm шамаға өзгерісі мынадай система энергиясының өзгеру шамасына сәйкес келеді:

$$\Delta W = c^2 \Delta m.$$

17.1. Қозғалыстың қандай салыстырмалы жылдамдығында, қозғалған дененің ұзындығының релятивистік қысқаруы 25 процентке тең болады.

17.2. Қозғалған дененің бойлық өлшемі екі есе кішірею үшін, оның жылдамдығы қандай болу керек?

17.3. Космостық сәулелердің мезондары Жердің бетіне әр түрлі жылдамдықпен келіп жетеді. Жылдамдығы жарық жылдамдығының 95 процентіне тең болатын мезонның өлшемінің релятивистік қыскаруын табу керек.

17.4. Егер, тұрақсыз бөлшек жарық жылдамдығының 99 процентінен тұратын жылдамдықпен қозғала бастаған болса, онда (қозғалмайтын бақылаушының сағаты бойынша) оның өмір сүруінің ұзақтығы неше есе ұлғаятын болады.

17.5. Космостық сәулелердің құрамына кіретін мезон, жарықтың жылдамдығының 95 процентін құрайтын жылдамдықпен қозғалады. Мезонның «меншікті уақытының» бір секундына жердегі бақылаушының сағаты бойынша алынған қандай уақыт аралығы сәйкес келеді?

17.6. а-бөлшектің нольге тең бастапқы жылдамдығын жарық жылдамдығының 0,9 бөлігіне тең болатын жылдамдыққа дейін үдеткенде оның массасы қаншага артады?

17.7. Мына жылдамдықтар үшін: 1) $v \ll c$; 2) $2 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$; 3) $2,2 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$; 4) $2,4 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$; 5) $2,6 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$; 6) $2,8 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$ электрон зарядының оның массасына қатынасын табу керек. Осы көрсетілген жылдамдықтар үшін t мен $\frac{e}{m}$ -шілдесін $\frac{v}{c}$ қатынасына тәуелділігінің таблицасын құру керек және графигін сызу керек.

17.8. Қандай жылдамдықта қозғалыстағы электронның массасы оның тыныштықтағы массасынан екі есе үлкен болады?

17.9. Бөлшек массасының салыстырмалы үлкеюі 5 проценттен артпас үшін, циклотронның ішіндегі бөлшекті қандай энергияға дейін үдетуге болады? Есепті: 1) электрондар, 2) протондар, 3) дейтондар үшін шешу керек.

17.10. Электронның жылдамдығы жарық жылдамдығының 95 процентін беру үшін ол қандай үдетуші потенциал айырмаларынан өту керек?

17.11. Протонның бойлық өлшемі екі есе кішірею үшін, ол қандай үдетуші потенциал айырмасынан өту керек?

17.12. Мезонның толық энергиясын тыныштықтағы энергиясынан 10 есе үлкен деп алғып, оның жылдамдығын табу керек.

17.13. Жарықтың кинетикалық энергиясы, оның тыныштықтағы энергиясына тең болу үшін, бөлшектің жылдамдығы жарық жылдамдығының қандай үлесіне тең болу керек?

17.14. Синхрофазатрон беретін протондар шоғының кинетикалық энергиясы 10 000 $M_{\text{эв}}$ -қа тең. Осы шоқтағы протондардың жылдамдығы жарық жылдамдығының қандай үлесіне тең болады?

17.15. Алдыңғы есептің шартындағы протон өлшемдерінде рішің релятивистік қысқаруы неге тең?

17.16. Циклотроннан ұшып шыққан электрондардың кинетикалық энергиясы 0,67 $M_{\text{эв}}$ -қа тең. Осы электрондардың жылдамдығы жарық жылдамдығының қандай үлесіне тең болады?

17.17. Электрондар мен протондар үшін олардың W_k кинетикалық энергиясының жылдамдыққа тәуелділігінің табликасын құру керек (жарық жылдамдығының үлесінде). Таблицаны β -ның мынадай мәндері үшін: 1) 0,1; 2) 0,5; 3) 0,6; 4) 0,7; 5) 0,8; 6) 0,9; 7) 0,95 және 8) 0,999 құру керек.

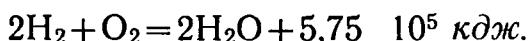
17.18. Қозғалыстағы электронның массасы оның тыныштықтағы массасынан екі есе үлкен. Осы электронның кинетикалық энергиясын табу керек.

17.19. Энергияның бір калорияға өзгеруі массаның қандай өзгерісіне сәйкес келеді?

17.20. Массаның бір атомдық бірлік өзгерісіне сәйкес келетін энергияның өзгерісін табу керек.

17.21. Массаның электронның тыныштық массасының шамасының өзгеруіне сәйкес келетін энергиясының өзгерісін табу керек.

17.22. Судың пайда болу реакциясын тәмендегідей алғып, бір киломоль суды шыгарып алғандағы массаның шығынын табу керек:



17.23. ${}_{92}^{235}\text{U}$ уран ядросы бөлінгенде шамамен 200 $M_{\text{эв}}$ -ке тең болатын энергия бөлініп шығады. Бір

киломоль уран бөлінгендегі болатын массаның өзгерісін табу керек.

17.24. Құннің минут сайын шығаратын энергиясы $6,5 \cdot 10^{21}$ квт·сағ-қа тең. Құннің энергия шығаруын тұрақты деп алып, Құннің массасы қанша уақытта екі есе кемітіндігін табу керек.

§ 18. Жылулық сәуле шығару

Абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауы, яғни абсолют қара дененің бірлік бетінен 1 сек ішінде шығаратын энергиясы Стефан — Больцман формуласымен анықталады

$$R_s = \sigma T^4,$$

мұндағы T — Кельвин градусымен берілген температура, ал σ — Стефан — Больцман тұрақтысы

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}^4.$$

Егер сәуле шығаруши дene абсолют қара дene болмаса, онда $R'_s = k\sigma T^4$, мұндағы коэффициент әр уақытта да бірден кем болады. Энергетикалық жарқырау k абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығымен r_λ мынадай қатынас бойынша байланысады:

$$R'_s = \int_0^\infty r_\lambda d\lambda.$$

Винниң ығысу заңы бойынша абсолют қара дененің абсолют температурасының осы дененің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығы максимал болатын толқын ұзындығына көбейтіндісі мынадай тұрақты шамаға тең болады, яғни

$$\lambda_m T = C_1 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м } \text{град.}$$

Абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының максимал спектрлік тығыздығы бесінші дәрежелі абсо-

лют температураға пропорционал болып өседі (Винның екінші заңы)

$$(r_\lambda)_{\max} = C_2 T^5,$$

мұндағы

$$C_2 = 1,29 \cdot 10^{-5} \text{ вт/м}^3 \text{ град}^5$$

18.1. Өлшемі $6,1 \text{ см}^2$ пештің тесігінен 1 сек ішінде $8,28 \text{ кал}$ жылу шығатыны бізге белгілі деп алып, пештің температурасын табу керек. Сәуле шығаруды абсолют қара дененің сәуле шығаруындаі болады деп есептейміз.

18.2. Күннің 1 мин ішіндегі шығаратын энергиясының мөлшері қандай болады? Күннің сәуле шығаруын қара дененің сәуле шығаруына жуық келеді деп аламыз. Күн бетінің температурасы 5800°K -ге тең деп аламыз.

18.3. Қатайып келе жатқан қорғасынның бір квадрат сантиметрінің 1 секундтағы шығаратын энергиясының мөлшері қандай болады? Осы температура үшін қорғасын беті мен абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауларының өз ара қатынасын $0,6$ -ға тең деп аламыз.

18.4. Абсолют қара дененің сәуле шығаруының қуаттылығы 34 квт-ға тең. Осы дененің бет ауданын $0,6 \text{ м}^2$ -ге тең деп алып, оның температурасын табу керек.

18.5. Ауданы 10 см^2 қыздырылған металдың бетінен бір минут ішінде $4 \cdot 10^4 \text{ дж}$ сәуле шығарылады. Беттің температурасы 2500°K -ге тең. Мыналарды: 1) осы беттің абсолют қара болғандағы сәуле шығаруының қандай болатындығын, 2) осы берілген температурадағы абсолют қара дene мен осы беттің энергетикалық жарқырауларының қатынасы қандай болатындығын табу керек.

18.6. Электр лампысындағы вольфрам спиралінің диаметрі $0,3 \text{ мм-ге}$ тең, спиральдің ұзындығы 5 см-ге тең. Электр лампысын кернеуі 127 в тізбекке қосқанда сол лампы арқылы күші $0,31 \text{ а-ге}$ тең ток өтетін болды. Лампының температурасын табу керек. Тепе-тендік орнағаннан кейін лампының қылсымында бөлініп шығатын жылу сәуле шығарудың нәтижесінде жоғалып отырады деп есептейміз. Осы температураға деген абсолют қара дene мен вольфрамның энергетикалық жарқырауларының өз ара қатынасын $0,31$ -ге тең деп аламыз.

18.7. 25-ватты электр лампочкасындағы вольфрам спиралінің температурасы 2450°K -ге тең. Осы берілген температурадағы вольфрам спиралінің энергетикалық жарқырауының абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауына қатынасы 0,3-ке тең болады. Спиральдің сәуле шығаратын бетінің шамасын табу керек.

18.8. Күн тұрақтысының шамасын, яғни Күннен Жер қандай қашықтықта болса, сондай қашықтықта Күн сәулелеріне перпендикуляр қойылған. 1 см^2 аудан арқылы Күннің минут сайын жіберетін сәулелік энергиясының мөлшерін табу керек. Сәулелік энергия түсіп тұрған ауданды, Күннің сәуле шығаруын абсолют қара дененің сәуле шығаруына жақын болады деп аламыз.

18.9. Күннің жіберетін сәулелік энергиясының 10 процентін атмосфера жұтып алады деп есептеп, ауданы $0,5 \text{ га}\cdot\text{га}$ тең Жердің горизонталь участесінің Күннен алатын қуатын табу керек. Күннің горизонттан биіктігі 30° -қа тең. Күннің сәуле шығаруын абсолют қара дененің сәуле шығаруына жақын болады деп аламыз.

18.10. Жер үшін күн тұрақтысының шамасын біле отырып (18.8 есепті қараңыздар), Марс үшін күн тұрақтысын табу керек.

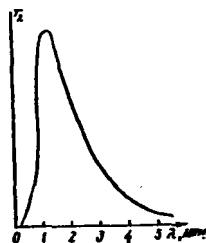
18.11. Абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының максимал спектрлік тығыздығы 4840 \AA толқын ұзындығына келеді деп алып, оның 1 см^2 бетінен 1 сек ішінде шығаратын энергия мөлшерінің қаншалықты екенин табу керек.

18.12. Абсолют қара дененің сәуле шығару қуаттылығы $10 \text{ квт}\cdot\text{га}$ тең. Дененің энергетикалық жарқырауының максимал спектрлік тығыздығына тиісті толқын ұзындығы $7 \cdot 10^{-5} \text{ см}$ -ге тең болатындығы бізге белгілі деп алып, оның сәуле шығаратын бетінің шамасын табу керек.

18.13. Егер жарық көзі ретінде: 1) электр лампысының спиралі ($T=3000^{\circ}\text{K}$), 2) Күннің беті ($T=6000^{\circ}\text{K}$) және 3) жарылған моментінде температурасы 10 млн. градусқа дейін жететін атом бомбасы алынса, онда энергетикалық жарқыраудың максимум спектрлік тығыздығына сәйкес келетін толқын ұзындығы спектрдің қандай

облысында жатады? Сәуле шығаруды абсолют қара дененің сәуле шығаруына жақын болады деп аламыз.

18.14. 64-суретте, кейбір температурадағы абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының бөліну қисықтығы берілген. Осы қисық қай температураға сәйкес келеді? 64-сурет арқылы осы температурадағы шығарылған энергияның қандай проценті көрінетін спектрдің үлесіне тиісті келетінін табу керек.



64-сурет.

18.15. Абсолют қара дененің қыздырған уақыттағы, энергетикалық жарқыраудың максимал спектрлік тығыздығына сәйкес келетін толқын ұзындығы 0,69-дан 0,5 мкм-ға дейін өзгерді. Осы кезде дененің энергетикалық жарқырауы неше есе өсті?

18.16. Температурасы адам денесінің температурасына, яғни $t=37^{\circ}\text{C}$ -ге тең абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының максимум спектрлік тығыздығы қандай толқын ұзындығына сәйкес келеді?

18.17. Абсолют қара денені 1000° -тан 3000°K -ге дейін қыздырған кезде температурасы өзгерді. 1) Осыдан оның энергетикалық жарқырауының өсуі неше есе өсті? 2) Осыдан энергетикалық жарқыраудың максимум спектрлік тығыздығы сәйкес келетін толқын ұзындығының өзгерісі қандай болады? 3) Оның энергетикалық жарқырауының максимум спектрлік тығыздығының өсуі неше есе болды?

18.18. Абсолют қара дене $T_1=2900^{\circ}\text{K}$ температурасында тұр. Осы дененің сууы нәтижесінде, оның энергетикалық жарқырауының максимум спектрлік тығыздығы сәйкес келетін толқын ұзындығы $\Delta\lambda=9 \text{ мкм-ға}$ өзгерді. Дене қандай T_2 температураға дейін суыды?

18.19. Дененің беті 1000°K температураға дейін қызырылды. Содан кейін осы беттің бір бөлігі 100° -қа қызырылады, ал екінші бөлігі 100° -қа сұтылады. Осы деңеңің бетінің энергетикалық жарқырауының өзгерісі неше есе болды?

18.20. Радиусы 2 см қарайтылған металл шариктің температурасын қоршаған ортаның температурасына 27° -қа жоғары етіп ұстап тұру үшін, оған қандай қуат беру керек? Қоршаған ортаның температурасы 20°C -ға тең. Жылудың шығыны тек қана сәуле шығарудың салдарынан болады деп есептейміз.

18.21. Қарайтылған шарик 27°C -дан 20°C температураға дейін сұтылады. Оның энергетикалық жарқырауының максимум спектрлік тығыздығына сәйкес келетін толқын ұзындығының өзгерісі қанша болады?

18.22. 1) Құннің массасы сәуле шығарудың салдарынан бір жылдың ішінде қаншама кемитіндігін табу керек.
2) Құннің сәуле шығаруын тұрақты деп алып, Құннің массасы қанша уақыттың ішінде екі есе кемитіндігін табу керек. Құн бетінің температурасын 5800°K -ға тең деп аламыз.

VI ТАРАУ
АТОМ ЖӘНЕ АТОМ ЯДРОСЫНЫҢ ФИЗИҚАСЫ

РАДИОАКТИВТІК ЖӘНЕ ИОНДАУШЫ СӘУЛЕ
ШЫҒАРУДЫҢ БІРЛІКТЕРІ

18-таблицада ГОСТ 8848-63-ке сәйкес алынған радиоактивтік және иондаушы сәуле шығару салаларындағы өлшеулерге арналған негізгі және кейбір туынды бірліктер келтірілген.

ГОСТ 8848-63 бойынша сондай-ақ 19-таблицада келтірілген системадан тыс бірліктерді де қолдануға болады.

Есеп шығаруға мысалдар

1-есеп. Қалыпты жағдайда түрған ауаға рентген сәулелері түсіріледі. Сәуле түсірудің дозасы бір рентгенге тең. Осы сәуле түсірудің нәтижесінде 1 см^3 ауданды пайдаланылған қос иондардың санын табу керек.

Шешуі. Рентген сәуле шығарудың D_9 экспозициялық дозасынан ауаның M массасында пайдаланылған иондар, мынадай зарядты көшіреді:

$$q = D_9 M. \quad (1)$$

Ауаның M массасы мен V көлемі мынадай қатынас арқылы байланысады:

$$M = V \frac{p\mu}{RT}, \quad (2)$$

Мұндағы p — ауаның қысымы, T — опың температурасы, μ — бір киломольдің массасы және R — газ тұрактысы.

Іздеп отырған қос иондардың саны мынаған тесі:

$$N = \frac{q}{e}, \quad (3)$$

18 - т а б л и ц а

Шама және оның белгілері	Бірліктердің табұға арналған тәндеу	Өлшеу бірліктері	Қысқаша белгілері	Шамалардың өлшемділігі
Н е г і з г і б ірліктер				
Ұзындық l	—	метр	m	L
Масса m	—	килограмм	kg	M
Уақыт t	—	секунд	sek	T
Ток күші I	—	ампер	a	I
Тұынды бірліктер				
Радиоактивті көздеңі изотоптың активтігі (n)	$n = \frac{dn}{dt}$	бір секундте-гі ыдырау	$ыдыр/сек$	T^{-1}
Сәуле шығарудың интенсивтігі (J)	$J = \frac{W}{st}$	Ватт бөлінген квадрат метрге	$вт/м^2$	MT^{-3}
Сәуле шығарудың жұтылынған дозасы $D_{ж}$	$D_{ж} = \frac{W}{m}$	Джоуль бөлінген кило-граммға	$дж/kg$	$L^2 T^{-2}$
Сәуле шығарудың жұтылынған дозасының құаты $P_{ж}$	$P_{ж} = \frac{D_{ж}}{t}$	Ватт бөлінген килограмға	$вт/kg$	$L^2 T^{-3}$
Рентген және гамма-сәуле шығарудың экспозициялық дозасы D_{ϑ}	$D_{\vartheta} = \frac{q}{m}$	кулон бөлінген кило-граммға	$к/kg$	$M^{-1} TI$
Рентген және гамма-сәуле шығарудың экспозициялық дозасының құаты	$P_{\vartheta} = \frac{D_{\vartheta}}{t}$	ампер бөлінген килограмға	a/kg	$M^{-1} I$

Ескерту. Сәуле шығарудың жұтылынған дозасын өлшеуге және рентген және гамма-сәуле шығарудың экспозициялық дозасын өлшеуге арналған бірліктердің анықтамасы.

Джоуль бөлінген килограмға деп, массасы 1 kg сәуле түсірілген затқа берілген иондаушы сәуле шығарудың кез келген түрінің 1 $дж$ энергиясымен өлшенетін сәуле шығарудың жұтылынған дозасын айтады.

Кулон бөлінген килограмға деп, рентген және гамма-сәуле шығарудың экспозициялық дозасын айтады және осы уақытта құрғақ атмосфералық ауаның 1 kg -на түйіндес корпускулярлық эмиссия ауада әрбір электрлік таңбадагы 1 C -ға тен зарядты таситын иондарды туғызады.

19 - т а б ли ц а

Шама	Өлшеу бірліктері және оның СИ бірліктерімен байланысы
Радиоактивтік көздердегі изотоптың активтігі	1 кюри = $3,7 \cdot 10^{10}$ ыдыр/сек
Сәуле шығарудың жұтылынған дозасы	1 рад = 10^{-2} дж/кг
Рентген және гамма-сәуле шығарудың экспозициялық дозасы	1 рентген (p) = $2,57976 \cdot 10^{-4}$ к/кг
Ескертү: рентген және гамма-сәуле шығару экспозициялық дозасының кулон бөлінген килограмға бірлігін, сондай-ақ системадан тыс бірлік рентгенді де, энергия квантты $5 \cdot 10^{-13}$ дж (шамамен 3 Мэв) аспайтын сәуле шығаруды өлшеуге қолдануға болады.	

мұндағы e — әрбір ионның заряды. (1), (2) және (3) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$N = \frac{D_9 V p \mu}{e R T}. \quad (4)$$

Есептің шарты бойынша $D_9 = 1 p = 2,58 \cdot 10^{-4}$ к/кг, $V = 1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$, $p = 760 \text{ мм} \text{ ба.} \approx 10^5 \text{ Н/м}^2$, $\mu = 29 \text{ кг/кмоль}$, $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль град}$, $T = 273^\circ\text{К}$ және $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ к.}$ Осы берілгендерді (4)-ке қойып, қос ион аламыз $N = 2,1 \cdot 10^9$.

2-есеп. Жасанды жолмен алғынған $^{20}\text{Ca}^{45}$ кальцийдің радиоактивтік изотопының жартылай ыдырау периоды 164 тәулікке тең болды. Осы препараттың 1 мкг активтігін табу керек.

Шешіү. ΔN радиоактивтік заттың Δt уақыт ішіндегі ыдырайтын атомдар мөлшері мынадай формуламен анықталады: $\Delta N = \frac{\ln 2}{T} N \Delta t$, мұндағы T — изотоптың жартылай ыдырауының периоды, N — берілген массадағы оның атомдарының саны. N атомдар саны препараттың M масасымен мынадай қатынас арқылы байланысады:

N_0 , мұндағы N_0 — Авогадро саны, ал A — бір кг-атомның массасы. Есептің шарты бойынша $T = 164 \cdot$

- $24 \cdot 3600$ сек. $M = 10^{-9}$ кг, $N_0 = 6,02 \cdot 10^{26}$ 1/кг-атом, $A = 45$ кг/кг-атом. Осы берілгендерімен алмастырып 1 секундтағы ыдырау санын аламыз $\frac{\Delta N}{\Delta t} = 6,53 \cdot 10^8$ ыдыр/сек = $= 1,77 \cdot 10^{-2}$ кюри = $17,7$ мкюри.

§ 19. Жарықтың кванттық жаратылышы және бөлшектердің толқындық қасиеттері

Жарық кванттының энергиясы (фотонның) мынадай формуламен анықталады:

$$\epsilon = h\nu,$$

мұндағы $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ дж · сек — Планк тұрақтысы, ал ν — тербеліс жиілігі.

Фотонның қозғалыс мөлшері

$$p_\Phi = \frac{h\nu}{c},$$

фотонның массасы

$$m = \frac{h\nu}{c^2},$$

мұндағы c — бостықтағы жарықтың жылдамдығы.

Сыртқы фотоэффекті туғызатын фотон энергиясы мен ұшып шығатын электрондардың максимал кинетикалық энергиясының арасындағы байланыс Эйнштейннің формуласы арқылы беріледі

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2},$$

мұндағы A — электронның металдан шығу жұмысы, m — электронның массасы. Егер $v=0$ болса, онда $h\nu_0=A$ болады, мұндағы v_0 — фотоэффектінің қызыл шегіне сәйкес келетін жиілік.

Жарық қысымының шамасы

$$p = \frac{E}{c}(1 + \rho),$$

мұндағы E — бірлік уақыт ішінде бірлік бетке түсетін энергияның мөлшері, ρ — жарықтың шағылу коэффициенті.

Комптондық шашырау кезінде рентген сәулелерінің толқын ұзындықтарының өзгерісі мынадай формуламен анықталады:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \varphi),$$

мұндағы φ — шашырау бұрышы, ал m — электронның массасы.

Элементар бөлшектерінің шоғы, осы бөлшектердің ауысу бағытымен тарайтын жазық толқындардың қасиетіне ие болады. Бөлшектер шоғына сәйкес келетін толқын ұзындығы λ Бройль қатынасымен анықталады

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m}},$$

мұндағы v — бөлшектің жылдамдығы, m — бөлшектің массасы, ал W_k — олардың кинетикалық энергиясы. Егер бөлшектің v жылдамдығы c жарық жылдамдығымен өлшемді болса, онда ілгерідегі формула мынадай түрге айналады:

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v} \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m_0 + \frac{W_k^2}{c^2}}},$$

мұндағы $\beta = v/c$, ал m — бөлшектің тыныштықтағы массасы.

- 19.1. 1)** Жарықтың қызыл сәулелерінің ($\lambda = 7 \cdot 10^{-5}$ см),
2) рентген сәулелерінің ($\lambda = 0,25$ Å) және **3)** гамма-сәулелерінің ($\lambda = 1,24 \cdot 10^{-2}$ Å) фотондарының массасын табу керек.

19.2. Фотонға сәйкес келетін толқын ұзындығын 0,016 Å-ге тең деп алғып, оның энергиясын, массасын және қозғалыс мөлшерін анықтау керек.

19.3. Сынап доғасының қуаты 125 вт-қа тең. Сәуле шығарудың толқын ұзындықтары: 1) 6123 Å, 2) 5791 Å, 3) 5461 Å, 4) 4047 Å, 5) 3655 Å және 6) 2537 Å болғанда секунд сайын шығарылатын жарық кванттың қанша болады? Осы сыйықтардың интенсивтігі сынап доғасының

интенсивтігінің мынадай бөлігіне сәйкес келеді: 1) 2%, 2) 4%, 3) 4%, 4) 2,9%, 5) 2,5% және 6) 4%. Қуаттың 80 процентін сәуле шығаруға кетеді деп есептейміз.

19.4. Электронның кинетикалық энергиясы толқын ұзындығы $\lambda=5200 \text{ \AA}$ фотонның энергиясына тең болу үшін, ол қандай жылдамдықпен қозғалуға тиіс?

19.5. Электронның қозғалыс мөлшері толқын ұзындығы $\lambda=5200 \text{ \AA}$ фотонның қозғалыс мөлшеріне тең болу үшін ол қандай жылдамдықпен қозғалуға тиіс?

19.6. Фотонның массасы электронның тыныштықтағы массасына тең болу үшін, оның энергиясы қандай болу керек?

19.7. Фотондардың монохромат шоғының $S=2 \text{ cm}^2$ аудан арқылы $t=0,5 \text{ мин}$ ішінде ауыстыратын қозғалыс мөлшері $p_{\phi}=3 \cdot 10^{-4} \text{ г} \cdot \text{см}/\text{сек-қа}$ тең. Осы фотондар шоғы үшін бірлік уақыт ішіндегі бірлік ауданға түсетін энергияны табу керек.

19.8. Екі атомдық газ молекуласының кинетикалық энергиясы қандай температурада толқын ұзындығы $\lambda=5,89 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$ фотонның энергиясына тең болады?

19.9. Жоғары энергия кезінде рентген және гамма-сәуле шығару дозаларын рентгенмен өлшеуге арналған шарттарды жүзеге асыру қын болғандықтан, ГОСТ 8848-63 кванттар энергиясынан 3 Мэв-қа дейінгі сәуле шығару үшін доза бірлігі ретінде рентгенді қолдануға жол береді. Рентген өлшеу бірлігін рентген сәуле шығарудың қандай шекті толқын ұзындығына дейін пайдалануға болатындығын табу керек.

19.10. Қозғалыс мөлшері 20°C температурадағы сутегі молекуласының қозғалыс мөлшеріне тең болатын фотонның массасын табу керек. Молекуланың жылдамдығының орташа квадрат жылдамдыққа тең болады деп есептейміз.

19.11. А. Г Столетовтың «Актино-электрлік зерттеу» (1888 ж.) деген еңбегінде тұнғыш рет фотоэффектінің негізгі зандары анықталынды. Оның тәжірибелерінен алынған нәтижелерінің бірінде мынадай анықтама берілген: «Разрядтаушы әсерлерге неғұрлым сынғыштық қасиеті бар, толқын ұзындықтары $295 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$ -ден кіші сәулелер

жатады». А. Г Столетовтың жұмыс істегендегі пайдаланған металдан электронның шығу жұмысын анықтау керек.

19.12. Литий, натрий, калий және цезий үшін фотоэффектінің қызыл шегін табу керек.

19.13. Кейбір металл үшін фотоэффектінің қызыл шегі 2750 \AA -ге тең. Фотоэффекті тұгызатып фотон энергиясының минимал шамасы неге тең?

19.14. Кейбір металл үшін фотоэффектінің қызыл шегі 2750 \AA -ге тең. Мыналарды: 1) электронның осы металдан шығу жұмысын, 2) толқын ұзындығы 1800 \AA жарықтың металдан жұлып шығаратын электрондарының максимал жылдамдығын, 3) осы электрондардың максимал кинетикалық энергиясын табу керек.

19.15. З v -та кері потенциалмен толығымен кідіртілеттін электрондарды металдың бетінен жұлып алатын жарықтың жиілігін табу керек. Осы металдың фотоэффектісі түсетін жарықтың жиілігі $6 \cdot 10^{14} \text{ сек}^{-1}$ болғанда басталады. Электронның осы металдан шығу жұмысын табу керек.

19.16. Калийге толқын ұзындығы 3300 \AA -ге тең жарық түсіргендегі фотоэлектрондар үшін кідіртуші потенциалдың шамасын табу керек.

19.17. Платинадан жасалған беттен фотоэффекті кезінде кідіруші потенциалдың шамасы 0,86-ке тең болды. Мыналарды: 1) сәулө түсіруге қолданылған толқынның ұзындығын, 2) әлі де болса фотоэффекті жасауды мүмкін толқынның максимал ұзындығын табу керек.

19.18. Энергиясы $\varepsilon = 4,9 \text{ эв}$ жарық кванты фотоэлектрондарды металдан $A = 4,5 \text{ эв}$ шығу жұмысымен жұлып шығарады. Эрбір электронның ұшып шыққан кезіндегі металдың бетіне берілетін максимал импульсты табу керек.

19.19. Жиілігі $2,2 \cdot 10^{15} \text{ сек}^{-1}$ жарықтың кейбір металдың бетінен жұлып алатын фотоэлектрондар толығымен 6,6 в потенциалмен, ал жиілігі $4,6 \cdot 10^{15} \text{ сек}^{-1}$ жарықпен жұлып алатын — 16,5 в потенциалмен кідіртіледі деп алып, Планк тұрақтысын табу керек.

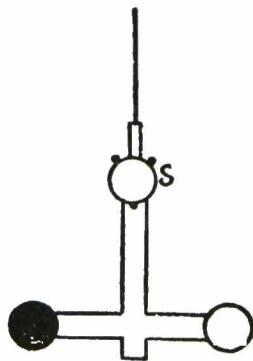
19.20. Вакуумдық фотоэлемент: центрлік катодтан — вольфрамнан жасалған шариктен — және анодтан —

ішкі беті күмістелінген колбадан тұрады. Электродтарың арасындағы сан мәні $U_0=0,6$ в-ке тең контактілік потенциал айырмасы, ұшып шығатын электрондардың жылдамдығын үдетеңді. Фотоэлемент толқын ұзындығы $\lambda=2,3 \cdot 10^{-7}$ м-ге тең жарықпен жарықталынады. 1) Фототок нольге дейін тұсу үшін электрондардың арасына қандай кідіртуші потенциал айырмасын беру керек? 2) Егер катод пен анодтың арасына сырттан потенциал айырмасы берілмесе, онда фотоэлектрондардың анодқа жеткендегі алатын жылдамдығы қандай болады?

19.21. Алдыңғы есептегі фотоэлементтің электродтарының арасына 1 в-ке тең кідіртуші потенциал айырмасы түсірілген. Катодқа түсетін жарықтың толқын ұзындығының қандай шекті мәнінде фотоэффекті құбылысы басталады?

19.22. 65-суретте П. Н. Лебедевтің жарық қысымын өлшеу үшін тәжірибе жүргізген приборының бір бөлігі

көрсетілген. Жіңішке жіпке ілінген, ұштарында платина фольгасынан жасаған екі жеңіл дөңгелек бар шыны крестовинаны ауасы сорып алғынған ыдысқа орналастырған. Дөңгелектің біреуін қарайтып бояп, ал екіншісін жалтыр күйінде қалдырыған. Дөңгелектің біреуіне жарық түсіре отырып және жіптің қандай бұрышқа бұрылғанын өлшей отырып (айна арқылы есептеу үшін S айнасы қолданылады) жарық қысымының шамасын табуға болады. Мыналарды: 1) жарық қысымының шамасын, 2) жалтырап түрған дөңгелекті жарықтандырындағы айнадан 1200 мм жерде түрған шкаланың бойындағы жарық ебелегінің бұрылуы 76 мм-ге тең болады деп алып, доға лампысынан 1 сек ішінде дөңгелектің 1 cm^2 бетіне түсетін энергиясын табу керек. Дөңгелектің диаметрі 5 мм. Дөңгелектің центрінен айналу осіне дейінгі ара қашықтық 9,2 мм. Жалтырайтын дөңгелектен жарықтың шығылу коэффициенті 0,5. Жіптің бұрылу моментінің k тұрақтысы ($M=k\alpha$) $2,2 \cdot 10^{-4}$ дн⁻¹ · см/rad·ға тең.



65-сурет.

мының шамасын, 2) жалтырап түрған дөңгелекті жарықтандырындағы айнадан 1200 мм жерде түрған шкаланың бойындағы жарық ебелегінің бұрылуы 76 мм-ге тең болады деп алып, доға лампысынан 1 сек ішінде дөңгелектің 1 cm^2 бетіне түсетін энергиясын табу керек. Дөңгелектің диаметрі 5 мм. Дөңгелектің центрінен айналу осіне дейінгі ара қашықтық 9,2 мм. Жалтырайтын дөңгелектен жарықтың шығылу коэффициенті 0,5. Жіптің бұрылу моментінің k тұрақтысы ($M=k\alpha$) $2,2 \cdot 10^{-4}$ дн⁻¹ · см/rad·ға тең.

19.23. П. Н. Лебедевтің жасаған тәжірибелерінің бірінде қарайтылған дөңгелекке жарық түскенде ($\rho=0$) жіптің бұрылу бұрышы $10'$ -ке тең болды. Мыналарды: 1) жарық қысымының шамасын, 2) түскен жарықтың қуатын табу керек. Прибордың берілген шамаларын алдыңғы есептің шартынан алыңыздар.

19.24. П. Н. Лебедевтің жасаған тәжірибелерінің бірінде дөңгелекке түскен монохромат жарықтың қуаты ($\lambda=5,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) $0,5 \text{ дж/мин}\cdot\text{ка}$ тең болды. Мыналарды: 1) 1 сек ішінде қанат бетінің 1 см^2 ауданына түсетін фотондар санын, 2) 1 см^2 бетіне 1 сек ішінде берілген күш импульсын табу керек. Импульстың шамасын мынадай жағдайлар үшін табу керек: а) $\rho=0$, б) $\rho=0,5$ және в) $\rho=1$. Прибордың берілген шамаларын 19.22 есептен алыңыздар.

19.25. Орыстың астрономы Ф. А. Бредихин кометаның құйрығының формасын күн сәулесінің қысымымен түсіндірді. Мыналарды: 1) Күн мен Жердің ара қашықтығындағы жерде орналасқан абсолют қара денеге түсірілетін күн сәулесінің жарық қысымын; 2) осындай қашықтыққа орналастырылған, кометаның құйрығының бөлшегіне түсірілген жарық қысымының күші сол бөлшекті Күннің тарту күшімен теңдесу үшін, комета құйрығындағы бөлшектің массасы қандай болатындығын табу керек. Бөлшектің барлық өзіне түсетін сәулелерді шағылдыратын, ауданы $0,5 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2$ -ге тең деп есептейміз. Күн тұрақтысының шамасын $8,21 \text{ дж/мин} \cdot \text{см}^2$ -ге тең деп аламыз.

19.26. 100 ваттық электр лампысының қабырғасына түсетін жарық қысымын табу керек. Лампының колбасы радиусы 5 см сфералық ыдыс сияқты болып келеді. Лампының қабырғасы оған түсірілетін жарықтың 4 процентін шағылдырады да 6 процентін өткізіп жібереді. Барлық пайдаланатын қуат сәуле шығаруға кетеді деп есептейміз.

19.27. Ауданы 100 см^2 бетке минут сайын 63 дж жарық энергиясы түседі. Берілген бет: 1) барлық сәулені түгел шағылдыратын және 2) оған түскен сәулелерді толық жұтып алатын жағдайларда жарық қысымының шамасын табу керек.

19.28. Монокромат сәуле шоғы ($\lambda=4900 \text{ \AA}$) берілген бетке қалыпты түседі де, оған $5 \cdot 10^{-7} \text{ кГ/м}^2$ -ге тең қысым жасайды. Осы беттің бірлік ауданына секунд сайын қанша жарық квантты түседі? Жарықтың шағылу коэффициенті $\rho=0,25$.

19.29. Толқын ұзындығы $\lambda_0=0,708 \text{ \AA}$ рентген сәулесін комптондық шашырауға парафинде сынайды. 1) $\frac{\pi}{2}$ және 2) π бағыттарда шашыратылған рентген сәулелерінің толқын ұзындығын табу керек.

19.30. Егер рентген сәуле шығаруда 60° бұрышта графитпен комптондық шашырау кезінде шашыраған сәуленің толқын ұзындығы $2,54 \cdot 10^{-9} \text{ см}$ -ге тең болса, онда рентген сәуле шығарудағы толқынның ұзындығы қандай болғаны?

19.31. Толқын ұзындығы $\lambda_0=0,2 \text{ \AA}$ рентген сәулелері 90° бұрышпен комптондық шашыратуға сыналады. Мыналарды: 1) шашырау кезіндегі рентген сәулелерінің толқын ұзындығының өзгерісін, 2) қайта тебу электрон энергиясын, 3) қайта тебу электрон қозғалыс мөлшерін табу керек.

19.32. Комpton құбылысындағы құлаған фотонның энергиясы шашыраған фотон мен электронның тебу араларында бірдей болып бөлінеді. Шашырау бұрышы $\frac{\pi}{2}$ -ге тең. Шашыраған фотонның энергиясы мен қозғалыс мөлшерін табу керек.

19.33. Рентген сәулелерінің энергиясы $0,6 \text{ МэВ}$ -ке тең. Рентген сәулелерінің, комптондық шашыраудан кейінгі толқын ұзындығы 20% ке өзгерді деп қайта тебу электронның энергиясын табу керек.

19.34. 1) 1 в және 2) 100 в потенциал айырмаларынан өткен электрон үшін де Бройль толқын ұзындығын табу керек.

19.35. Алдыңғы есепті протондар шоғы үшін шығарыңыздар.

19.36. Мыналар үшін: 1) ұшу жылдамдығы 10^8 см/сек -ке тең электрон; 2) 300° температурадағы, орташа квадраттық жылдамдыққа тең жылдамдықпен қозғалатын сутегі

атомы; 3) 1 см/сек жылдамдықпен қозғалатын массасы 1 г шарик үшін де Бройльдың толқын ұзындығын табу керек.

19.37. Кинетикалық энергиясы: 1) 10 кэв және 2) 1 Мэв-ке тең электрон үшін берілген де Бройльдың толқын ұзындығын табу керек.

19.38. 200 в потенциал айырмасымен ұдетілген зарядталған бөлшектің де Бройльдың толқын ұзындығы 0,0202 Å-ге тең. Оның зарядының сан мәні электронның зарядына тең болады деп, осы бөлшектің массасын табу керек.

19.39. Электронның v жылдамдығына байланысты алынған де Бройльдың толқын ұзындықтарының мәндерінің мынадай жылдамдықтары үшін: 1) $2 \cdot 10^8$ м/сек, 2) $2,2 \cdot 10^8$ м/сек, 3) $2,4 \cdot 10^8$ м/сек, 4) $2,6 \cdot 10^8$ м/сек, 5) $2,8 \cdot 10^8$ м/сек таблицасын құрыңыздар.

19.40. a -бөлшек радиусы 0,83 см шеңбер бойымен біртекті магнит өрісінде қозғалады. Өрістің кернеулігі 250 э-ке тең. Осы a -бөлшек үшін де Бройльдың толқын ұзындығын табу керек.

19.41. 20° температура кезіндегі неғұрлым ықтимал жылдамдықпен қозғалатын сутегі атомы үшін де Бройльдың толқын ұзындығын табу керек.

§ 20. Бор атомы. Рентген сәулелері

Бордың бірінші постулаты бойынша, электронның ядро айналасында қозғалуы радиустары мынадай қатынасты қанағаттандыратын

$$mv_k r_k = k \frac{h}{2\pi}$$

белгілі бір орбитаның бойында ғана мүмкін болады. Мұндағы m — электронның массасы, v_k — оның k -інші орбитадағы жылдамдығы, r_k — осы орбитаның радиусы, h — Планктың тұрақтысы, ал k — кез келген бүтін сан (кванттық сан).

Бордың екінші постулаты бойынша электронның бір орбитадан екінші орбитаға аудысуына сәйкес келетін сәу-

ле шыгарудың жиілігі мынадай формуламен анықтады:

$$\hbar\nu = W_n - W_k,$$

мұндағы k мен n — орбиталардың нөмірі ($n > k$), W_k және W_n — соларға сәйкес келетін электрон энергиясының мәні.

Сутегі спектрінің сзығына сәйкес келетін ν жиілікті немесе λ толқын ұзындығын табуға мүмкіндік беретін формула мына түрде болады:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

мұндағы k мен n — орбитаның нөмірі, c — бостықтағы жарықтың жылдамдығы және R — төмендегіге тең болатын Ридбергтің тұрақтысы,

$$R = \frac{e^4 m}{8 \epsilon_0^2 h^3 c} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$

Мұндағы e — электронның заряды, m — оның массасы, h — Планктың тұрақтысы және ϵ_0 — электр тұрақтысы. Сутекти-ұқсас иондар үшін берілген ν жиілікті немесе λ толқын ұзындығын табуға мүмкіндік беретін формула мына түрде болады:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c Z^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

мұндағы Z — элементтің реттік нөмірі.

Рентген сәулелерінің дифракциясында Вульфа — Брегтің теңдеуі орын алады,

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

мұндағы d — кристалдың атомдық жазықтықтарының ара қашықтығы және ϕ — кристалдың беті мен рентген сәулелерінің шоғы арасындағы бұрыш.

Тұтас рентген спектрінің қысқа толқынды шегі мынадай қатынастан табылуы мүмкін:

$$\hbar\nu_0 = eU,$$

мұндағы U — рентген трубкасына берілген потенциал айырмасы.

Рентген характеристикалық сәулелердің толқын ұзындығын Мозли формуласы арқылы табуға болады

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c (Z - b)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

мұндағы Z — антикатод жасалынған элементтің реттік нөмірі, және b — «экрандаудың тұрақтысы». Кейінгі формуланы мынадай етіп қайта жазуға болады:

$$\sqrt{\nu} = a(Z - b), \quad \text{мұндағы} \quad a = \sqrt{R c \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)}.$$

Қалындығы x пластинкадан өтіп шығатын рентген сәулелер шоғының интенсивтігі мынадай формуламен анықталады:

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

мұндағы I_0 — пластинкаға түсетін сәулелер шоғының интенсивтігі, және μ — сызықтық жұту коэффициенті. Жұту коэффициенті μ рентген сәулелерінің толқын ұзындығы мен заттың тығыздығына тәуелді болады. Жұтудың массалық коэффициенті μ_m сызықтық коэффициент μ -пен $\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$ қатынас арқылы байланысады, мұндағы ρ — материалдың тығыздығы.

Рентген сәулелерінің әр түрлі заттармен жұтуын «жартылай нашарлату қабаты» деп аталатын, яғни түсетін сәулелердің интенсивтігін екі есе кішірейтетін пластишка қалындығының шамасымен сипаттауға болады.

20.1. Мыналарды: 1) сутегі атомындағы бірінші үш бор электрондық орбитасының радиусын, 2) оның үстіндегі электронның жылдамдығын табу керек.

20.2. Бірінші бор орбитасындағы электронның кинетикалық потенциалық және толық энергиясының сан мәнін табу керек.

20.3. Сутегі атомының n -ші орбитасында түрған электронның кинетикалық энергиясын есептеп шығару керек. Есепті $n=1, 2, 3$ және ∞ үшін шығарыңыздар.

20.4. Мыналарды: 1) сутегі атомының бірінші бор орбитасындағы электронның айналу периодын, 2) оның бұрыштық жылдамдығын табу керек.

20.5. Спектрдің көрінетін облысындағы сутегінің спектрлік сыйығының ең кіші және ең үлкен толқын ұзындықтарын табу керек.

20.6. Сутегі спектрінің ультракүлгін сериясындағы ең үлкен толқын ұзындығын табу керек. 2) Электрондардың соққылауы арқылы сутегі атомын қоздырғанда осы айтылған сыйық пайда болу үшін электронның ең кіші жылдамдығы қандай болу керек?

20.7. Сутегі атомын ионизациялайтын потенциалды анықтаңыздар:

20.8. Сутегі атомын қоздыратып бірінші потенциалды анықтаңыздар.

20.9. 1) Электрондардың соққылауымен сутегі атомын қоздырған уақытта сутегі спектрінің барлық серияларының барлық сыйықтары пайда болу үшін, осы электрондардың (электрон вольт есебімен) ең кіші энергиясы қандай болу керек? 2) Осы электрондардың ең кіші жылдамдығы қандай болады?

20.10. Электрондардың соққылауымен сутегі атомын қоздырған уақытта сутегі спектрінің тек бір ғана спектрлік сыйығы болу үшін, сол атқылайтын электрондардың энергиясы қандай шекте жату керек?

20.11. Электрондардың соққылауымен сутегі атомын қоздырған кезде сутегі спектрінің үш спектрлік сыйығы болуы үшін электрондардың (электрон-вольт есебімен) ең кіші энергиясы қандай болу керек?

20.12. Монохромат жарықтың квантимен сутегі атомын қоздырғанда үш спектрлік сыйық пайда болу үшін, осы жарықтың толқын ұзындықтары қандай шекте жату керек?

20.13. Толқын ұзындығы $\lambda = 4860 \text{ \AA}$ фотон атомымен сәуде шығару кезінде сутегі атомындағы электронның кинетикалық энергиясы қашалық өзгеретін болады?

20.14. Монохромат жарықтың квантимен сутегі атомын қоздырғанда электронның орбитасының радиусы 9 есе үлкею үшін, осы жарықтың толқын ұзындығы қандай шекте жату керек?

20.15. Атомарлық сутегімен толтырылған разрядты трубкасына шыққан жарық шоғы дифракциялық решеткаға қалыпты түседі. Решетканың тұрақтысы $5 \cdot 10^{-4} \text{ см-ге}$

тең. Осы решетка арқылы 41° бұрышпен бесінші ретті спектрде байқалатын спектр сыйығы электронның қандай ауысып шығуына сәйкес келеді?

20.16. Сутегі атомындағы бірінші бор орбитасымен қозғалатын электрон үшін де Бройльдың толқын ұзындығын табу керек.

20.17. Мыналарды: 1) бір рет ионданған гелий үшін бірінші бор электрондық орбитасының радиусын, 2) сол орбитадағы электронның жылдамдығын табу керек.

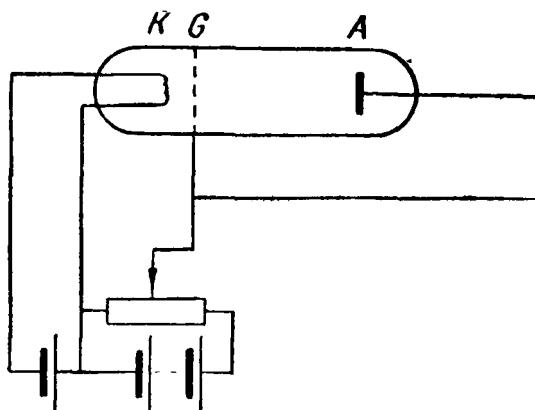
20.18. Мыналарды: 1) бір рет ионданған гелийдің және 2) екі рет ионданған литийдің бірінші қоздыру потенциалдарын табу керек.

20.19. Мыналарды: 1) бір рет ионданған гелийдің және 2) екі рет ионданған литийдің иондану потенциалын табу керек.

20.20. Бір рет ионданған гелий атомындағы электронның екінші бор орбитадан бірінші орбитага ауысып шығуына сәйкес келетін фотонның толқын ұзындығын табу керек.

20.21. Алдыңғы есепті екі рет ионданған литий атомы үшін шығарыңыздар.

20.22. Натрийдің D -сыйығы атомның бір орбитасынан екінші орбитасына электронның көшуі мәтиже-сінде, атом энергиясының $3,37 \cdot 10^{-19}$ дж-га кеміген кезінде болады. Натрийдің D -сыйығының толқын ұзындығын табу керек.

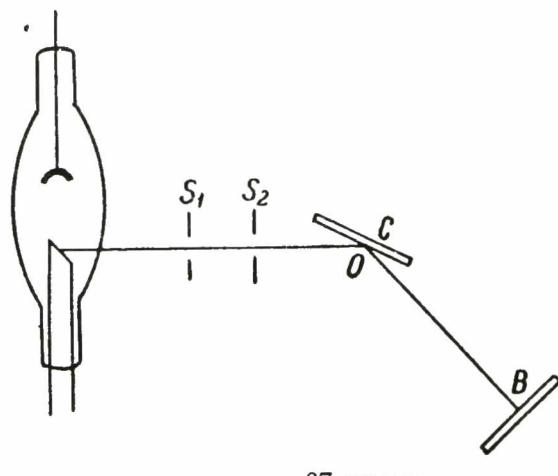


66-сурет.

20.23. 66-суретте натрийдің резонансстық потенциалын анықтауға арналған прибордың схемасы көрсетілген. Трубканың ішінде арнайы натрийдің буы болады. G және A электродтарындағы потенциал бірдей болады. Катод K мен C сетканың арасындағы үдетуші потенциал айырмасының қандай кіші мәнінде толқын ұзындығы 5890 \AA -ге тең спектрлік сыйық байқалады.

20.24. Электрон, $4,9 \text{ eV}$ потенциал айырмасынан өткенин кейін сынап атомымен соғылышады да оны бірінші қоздыру күйіне келтіреді. Сынап атомының қалыпты күйіне келуіне сәйкес келетін фотонның толқын ұзындығы қандай болады?

20.25. 67-суретте рентген сәулелерінің дифракциясын бақылауға арналған экспериментальдық қондырғы көрсетілген. С кристалдың айналдырылғанда B фотографиялық пластиникадан толқын ұзындықтары Вульфа-Брэгг тендеуін қанағаттандыратын сәулелер ғана шағылады. Кристалл жазықтығы мен рентген сәулелер шоғының арасындағы қандай ең кіші бұрышта толқын ұзындығы $0,2\text{\AA}$ рентгөн сәулелері шағылады? Кристалл



67-сурет.

решеткасының тұрақтысы $3,03 \text{ \AA}$ -ге тең.

20.26. Тас тұзының бір киломолінің массасын және оның тығыздығын ($\rho = 2,2 \text{ g/cm}^3$) біле отырып, тас тұзы решеткасының тұрақтысын табу керек. Тас тұзының кристалдарының құрылышын жай куб сиякты деп аламыз.

20.27. Планк тұрақтысын \hbar рентген сәулелерінің көмегімен эксперимент арқылы анықтағанда, кристалды кейбір θ бұрыш жасайтындағы етіл орналастырады, ал рентген трубкасына берілген потенциал айырмасын осы бұрышқа сәйкес келетін сызық пайда болғанға дейін өсіріп отырады. Мына берілгендерден Планк тұрақтысын анықтау керек: тас тұзының кристалы 14° бұрыш жасай орналастырылған; осы бұрышқа сәйкес келетін сызықтың ең бірінші пайда болғандағы потенциал айырмасы 9100 eV -ке тең болды, кристал решеткасының тұрақтысы $2,81 \text{ \AA}$.

20.28. Рентген трубкасының электродтарына берілген

потенциал айырмасы 60 кв. Осы трубкадан алатын рентген сәулелерінің ең кіші толқын ұзындығы 0,206 Å-ге тең. Осы берілгендегі арқылы Планк тұрақтысын табу керек.

20.29. Рентген трубкасына берілген потенциал айырмасы: 1) 30 кв, 2) 40 кв және 3) 50 кв болған жағдайлардағы үздіксіз рентген спектрлерінің қысқа толқынды шегін табу керек.

20.30. Рентген трубкасына берілген кернеу 23 кв-қа кемігенде ізделінген толқын ұзындығының 2 есе өсіреді деп алып, үздіксіз рентген спектрінің қысқа толқындық шегін табу керек.

20.31. С радийдің γ -сәуле шығаруының толқын ұзындығы 0,01 Å-ге тең. Осы толқын ұзындығына сәйкес келетін рентген сәулелерін алу үшін, рентген трубкасына берілетін потенциал қандай болу керек?

20.32. Егер, антикатодтың материалы етіп: 1) мыс, 2) күміс, 3) вольфрам және 4) платиналарды алатын болсақ, онда K -серияның барлық сызықтарын алу үшін рентген трубкасына берілетін ең кіші кернеу қандай болу керек?

20.33. Характеристикалық рентген сәулелерінің жиілігі мен антикатод жасалынған элементтің рет санының араларындагы байланысты Мозли формуласы жеткілікті дәрежедегі нақтылықпен береді деп алып, антикатодтары: 1) темірден, 2) мыстан, 3) молибденнен, 4) күмістен, 5) танталдан, 6) вольфрамнан және 7) платиналардан жасалынған трубканың беретін рентген сәулелерінің K -сериясының ең үлкен толқын ұзындығын табу керек. K -серияның экрандау тұрақтысы бірге тең.

20.34. Вольфрам атомындағы электронның M -ші қабаттан L -ші қабатқа көшкенде шығатын сәулесінің толқын ұзындығы $\lambda = 1,43 \text{ \AA}$ болатындығы белгілі деп алып, рентген сәулелерінің L -сериясының экрандау тұрақтысын табу керек.

20.35. Атомдағы электронның L -ші қабаттан K -ші қабатқа көшкендегі толқын ұзындығы 0,788 Å рентген сәулесі шығарылады. Осы атомның қандай атом екенін табу керек? K -серия үшін экрандау тұрақтысы бірге тең.

20.36. Кейбір V көлемдегі ауаға рентген сәулесі түсіріледі. Сәуле түсірудің дозасы $4,5 \text{ r-ға}$ тең. Осы сәуле түсіру арқылы берілген көлемде тұрған атомның қандай үлесі иондалатындығын табу керек.

20.37. Рентген трубкасының белгілі бір қашықтықтағы жасайтын дозасының қуаттылығы $2,58 \cdot 10^{-5} \text{ а/кг-ға}$ тең. Берілген қашықтықта бір грамм ауадағы осы трубканың бір секундтағы жасайтын қос иондарының саны қанша болады?

20.38. Көлемі 6 см^3 иондаушы камерада қалыпты жағдайда тұрған ауаға рентген сәулесі түсірілген. Рентген сәулесі дозасының қуаты $0,48 \text{ mr/сағ-қа}$ тең. Қанықтырғыш иондаушы токты табу керек.

20.39. Кейбір толқын ұзындықтағы рентген сәулелері үшін алюминийдің жартылай бәсендетуші қабатының қалындығын табу керек. Осы толқын ұзындығы үшін, алюминийдің массалық жұту коэффициенті $5,3 \text{ м}^2/\text{кг-ға}$ тең деп алғынады.

20.40. Толқын ұзындығы $0,2 \text{ Å}$ рентген сәулелері, қалындығы $0,15 \text{ мм}$ темір қабатынан өткенде оның интенсивтігі неше есе кемітін болады? Осы толқын ұзындығы үшін темірдің массалық жұту коэффициенті $1,1 \text{ м}^2/\text{кг-ға}$ тең.

20.41. Алдыңғы есептің шартындағы темірге деген жартылай бәсендету қабатының қалындығын табу керек.

20.42. Төмендегі таблицада энергиялары 1 Мэв-қа тең кейбір материалдар үшін рентген сәулелерінің жартылай бәсендету қабатының қалындықтарының мәндері келтірілген.

Заты	Cу	Алюминий	Темір	Корғасын
$x, \text{ см}$	10,2	4,5	1,56	0,87

рілген. 1) Осы материалдардың рентген сәулелерінің осы энергиясы үшін сызықтық және массалық жұту коэффициентін табу керек. 2) Осы алғынған мәліметтер рентген сәулелерінің қандай толқын ұзындықтары үшін берілген дігін көрсетіңдер.

20.43. Рентген сәулелерінің интенсивтігін 80 есе кішірейту үшін, жартылай бәсендету қабатының саны қанша болу керек?

§ 21. Радиоактивтік

dt уақыт ішінде ыдырайтын радиоактивтік заттың атом мөлшері бар атомның мөлшеріне пропорционал болады да, тәмендегідей қатынас арқылы анықталады:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N,$$

мұндағы λ — радиоактивтік ыдырау түрақтысы. Интегралдан, мынаны аламыз:

$$N = N_1 e^{-\lambda t}$$

мұндағы $N = t=0$ уақыт моментінде болатын атомдар саны, олардың t уақыт өткеннен кейінгі саны.

Жартылай ыдырау периоды T және ыдырау түрақтысы λ мынадай қатынас арқылы байланысады:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

Ыдырау түрақтысына кері $\tau = \frac{1}{\lambda}$ шамасын, радиоактивтік атомның өмір сүруінің орташа уақыты деп атайды.

Егер радиоактивтік A препараттың белгілі бір мөлшерін жабық ыдыстың ішіне ұстасақ және сол A заттың ыдырауы кезінде сондай-ақ радиоактивті B препараты пайда болса, онда осы ыдыстың ішінде t уақыт өткеннен кейін B заттың мөлшері мынадай формуламен анықталады:

$$N_B = N_{1A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}),$$

мұндағы $N_{1A} = t=0$ уақыттағы A препараттың мөлшері, λ_A және λ_B — A және B препараттарының сәйкес ыдырау түрақтылары. Егер A препараттың жартылай ыдырау периоды B препараттың жартылай ыдырау периодынан айтарлықтай үлкен болса, онда кейінгі формула мына түрде болады:

$$N_B = N_{1A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B} (1 - e^{-\lambda_B t}).$$

Радиоактивтік тепе-тендік болғанда $\frac{N_A}{N_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$ болады.

Радиоактивтік препараттың меншікті активтігі бір секунд ішінде ыдырайтын заттың бірлік массасына келетін ыдырау актысының санымен анықталады.

21.1. 1 млн. атомдардан бір тәуліктің ішінде қанша полония атомы ыдырайтын болады?

21.2. 1 млн. атомдардан бір тәуліктің ішінде радий (радон) эманациясының қанша атомы ыдырайтын болады?

21.3. 1 г радийдағы 1 сек ішінде болатын ыдырау санын табу керек.

21.4. Активтігі 1 кюриге тең радонның массасын табу керек.

21.5. Активтігі $3,7 \cdot 10^{10}$ ыдыр/сек-қа тең ${}_{84}\text{Po}^{210}$ полонийдің мөлшерін табу керек.

21.6. Бір тәуліктегі радон атомының саны 18,2 процентке кемиді деп, радонның ыдырау тұрақтысын табу керек.

21.7. Мыналарды: 1) ${}_{92}\text{U}^{235}$ уранның және 2) ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ радонның меншікті активтігін табу керек.

21.8. Гейгер — Мюллердің иондау счетчиктерінің радиоактивтік препараты болмаған уақытта да белгілі бір «фонды» болады. Фонның болуы космостық сәуле шығару немесе радиоактивтік ластанудың салдарынан болуы мүмкін. Счетчиктің 5 сек ішіндегі бір серпіліс беретін фон радонның қандай мөлшеріне сәйкес келетіндігін білу керек?

21.9. Иондау счетчиғінің көмегімен кейбір радиоактивтік препараттың ыдырау жылдамдығы зерттелінеді. Бастапқы уақыт моментіндегі 10 сек ішінде, счетчик 75 серпіліс береді. $\frac{T}{2}$ сек өткеннен кейінгі счетчиктің 10 сек ішіндегі серпіліс саны қандай болды? $T \gg 10$ сек деп аламыз.

21.10. Кейбір радиоактивтік препараттың ыдырау тұрақтысы $\lambda = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ сар}^{-1}$ Бастапқы уақыттагы

атомдардың мөлшерінің 75 процентін ыдырау үшін қанша уақыт керек болады?

21.11. Табиғи уран мынадай: $_{92}\text{U}^{234}$, $_{92}\text{U}^{235}$, $_{92}\text{U}^{238}$ үш изотоптардың қоспасы болып табылады, $_{92}\text{U}^{234}$ уранның құрамы өте аз (0,006%), $_{92}\text{U}^{235}$ үлесіне келетіні 0,71%, ал қалған массасы (99,28%) $_{92}\text{U}^{238}$ уранының үлесіне тиеді. Осы изотоптардың ыдырау периоды сәйкес $2,5 \cdot 10^5$ жыл, $7,1 \cdot 10^8$ жыл және $4,5 \cdot 10^9$ жылға тең болады. Эрбір изотоптың табиғи уранның жалпы радиоактивтігінің проценттік үлесін есептеп шығару керек.

21.12. Радиоактивтік ыдырау кезіндегі радиј атомының ядронынан ұшып шығатын α -бөлшектің кинетикалық энергиясы 4,78 Мэв-ке тең. Мыналарды: 1) α -бөлшектің жылдамдығын, 2) α -бөлшектің ұшып шыққандағы бөлініп шығатын толық энергиясын табу керек.

21.13. 1 кюри радон: 1) бір сағатта және 2) орташа өмір сүру уақытында қанша жылу бөліп шығараты? Радоннан ұшып шығатын α -бөлшектің кинетикалық энергиясы 5,5 Мэв-ке тең.

21.14. 1 г уран $_{92}\text{U}^{238}$ өзінің ыдырау продуктысымен тепе-тәндікте болғанда $1,07 \cdot 10^{-7}$ вт қуат бөліп шығараты. Уранның бір грамм-атомының, уран атомдарының өмір сүруінің орташа ұзақтығында, бөліп шығаратын толық жылу мөлшерін табу керек.

21.15. Бір сағат ішіндегі 1 г радиийдан пайда болған радонның активтігі неге тең?

21.16. 1 г радиидің бір жылдың ішінде ыдырауы нәтижесінде, қалыпты жағдайында көлемі $0,043 \text{ см}^3$ болатын, белгілі бір мөлшерде гелий пайда болады. Осы берілгендерден Авогадро санын табу керек.

21.17. Жабық ыдысқа, құрамында 1,5 г радиј бар препарат орналасқан. $t = \frac{T}{2}$ уақыт ішіндегі осы ампуладағы жиналатын радонның мөлшері қандай, мұндағы T — радонның жартылай ыдырау периоды?

21.18. Радийдің біршама мөлшері жабық ыдыстың ішіне орналастырылған. 1) Осы ыдыста N радонның атом мөлшері 10 процентке тең болады. Осы ыдыстағы радиийдің радонмен радиоактивтік тепе-тәндікке сәйкес келетін N' радонның атом мөлшерінен айырмашылығы қанша

уақыттан кейін 10% болады. 2) $\frac{N}{N'} -$ нің $0 \leq t \leq 6T$ интервалындағы уақытқа тәуелді болатын қисықты салу керек. Абсисса осінің бойына уақыттың бірлігі етіп радонның T жартылай ыдырау периодын салу керек.

21.19. N' радонның біршама мөлшері бос ыдыстың ішіне орналасқан. 1) Үйдистың ішіндегі $\frac{N}{N'}$ радонның мөлшерінің өзгерісінің әрбір 2 тәуліктен кейін $0 \leq t \leq 20$ тәулік интервалдағы уақытқа байланысты тәуелділігінің қисығын құру керек. Радон үшін $\lambda = 0,181 \text{ тәулік}^{-1}$. 2) Осы $\frac{N}{N'} = f(t)$ қисықтан жартылай ыдырау периодын табу керек.

21.20. Төмендегі таблицада кейбір радиоактивті элементтің a активтілігінің t уақытқа байланыстылығын өлшегендеге табылған нәтижелер келтірілген:

$t, \text{ сағ}$	0	3	6	9	12	15
$a, \text{ мкюри}$	21,6	12,6	7,6	4,2	2,4	1,8

Осы элементтің жартылай ыдырауының периодын табу керек.

21.21. Ампулға активтігі 400 мкюриге тең радон орналасқан. Ампулды толтырғаннан соң қанша уақыттан кейін радон $2,22 \cdot 10^9$ ыдыр/сек береді?

21.22. Уран рудасындағы қорғасын уран қатарының ең соңғы ыдырау продуктысы болғандықтан, рудадағы уранның мөлшерінің оның ішіндегі қорғасынның мөлшеріне қатынасы арқылы руданың жасын анықтауға болады. Рудадағы 1 кг $^{92}\text{U}^{238}$ -ға 320 г қорғасын $^{82}\text{Pb}^{206}$ -ің сәйкес келетіндігі белгілі деп алғып, осы урандық руданың жасын анықтаңыздар.

21.23. Радий мен уранның жартылай ыдырауының периодын біле отырып, табиғи уран рудасындағы бір атом радийге уранның қанша атомы сәйкес келетіндігін табу керек.

Нұсқау. Табиғи уранның радиоактивтігіне негізінде изотоп $^{92}\text{U}^{238}$ -ің себепші болатындығы есте болу керек.

21.24. Құрамында 42% таза уран бар руданың қандайлық ең аз мөлшерінен 1 г радий алуға болады?

21.25. α-бөлшегі радий препаратынан $1,5 \cdot 10^4$ км/сек жылдамдықпен ұшып шығады да флуоресцияланатын экранга соғылады. Экран 1 шам үшін 0,25 вт пайдаланады деп алғып және 1 мкг радийдан шыққан α-бөлшектердің барлығы да экран бетіне түседі деп, осы экранның жарық күшін табу керек.

21.26. Радиоактивтік изотоптың алғашқы мөлшерінің қандай үлесі осы изотоптың өмір сүру уақытында ыдырайтын болады?

21.27. 1 мкг $^{84}\text{Po}^{210}$ полонийдің активтігін табу керек.

21.28. Жасанды түрде алынған радиоактивті стронций $^{38}\text{Sr}^{90}$ изотопының меншікті активтігін табу керек.

21.29. 10 мг радиоактивті $^{20}\text{Ca}^{45}$ изотопқа және 30 мг радиоактивті емес $^{20}\text{Ca}^{40}$ изотопты араластырады. Препараттың меншікті активтігінің қанша кемитіндігін табу керек?

21.30. 5 мг радиоактивті емес $^{83}\text{Bi}^{209}$ изотопқа радиоактивті $^{83}\text{Bi}^{210}$ изотопты қосады, осыдан кейін 10 тәулік өткесін ыдыратылған атомның санының ыдыратылмаған атом санына қатынасы 50 процент болды десек, онда қосылған радиоактивті изотоптың мөлшері қандай болғаны? $^{83}\text{Bi}^{210}$ -ің ыдырау тұрақтысы $\lambda = 0,14 \text{ тәулік}^{-1}$ -ке тең болады.

21.31. Төрт α-ыдыраудан және екі β-ыдыраудан кейін $^{90}\text{Th}^{232}$ -ден қандай изотоп пайда болады?

21.32. Уш α-ыдыраудан және екі β-ыдыраудан кейін $^{92}\text{U}^{238}$ -нан қандай изотоп пайда болады?

21.33. Екі β-ыдыраудан және бір α-ыдыраудан кейін $^{92}\text{U}^{238}$ -нан қандай изотоп пайда болады?

21.34. Бір β-ыдыраудан және бір α-ыдыраудан кейін радиоактивті изотоп $^{3}\text{Li}^8$ -ден қандай изотоп пайда болады?

21.35. Төрт β-ыдыраудан кейін сурьма $^{51}\text{Sb}^{133}$ радиоактивті изотоптан қандай изотоп пайда болады?

21.36. Радиоактивтік ыдырау уақытындағы полоний $^{84}\text{Po}^{214}$ ядроның атомынан ұшып шығатын α-бөлшектің кинетикалық энергиясы 7,68 Мэв-ке тең. Мыналарды: 1) α-бөлшектің жылдамдығын, 2) α-бөлшектің ұшып шыққан уақытындағы бөлініп шығатын толық энергия-

сын, 3) ауада жасалатын бір қос ионға кететін энергия $W_0 = 34$ эв-ке тең болады деп, а-бөлшектің жасайтын қос иондарының санын, 4) 1 мкюри полонийдің барлық а-бөлшектердің шығаратын ионизациялау камерасындағы қанықтыру тогын табу керек.

§ 22. Ядролық реакциялар

Кез келген изотоптың ядроларының байланысу энергиясы мынадай қатынас арқылы анықталады:

$$\Delta W = c^2 \Delta M,$$

мұндағы ΔM — ядроның құрастыратын бөлшектің масасы мен ядроның өзінің массасының айырмасы. Шындығында,

$$\Delta M = ZM_n + (M - Z)M_h - M_a, \quad (1)$$

мұндағы Z — изотоптың реттік саны, M — массалық саны, M_n — протонның массасы, M_h — нейтронның массасы, ал M_a — изотоп ядронының массасы. $M_a = M_A - Zm$ болғандықтан, мұндағы M_A — изотоптың массасы, ал m — электронның массасы, ендеше алғашқы тендеуді төмендегіше ауыстырып жазуға болады:

$$\Delta M = ZM_{1H} + (M - Z)M_h - M_A, \quad (2)$$

мұндағы M_{1H} — ${}_1H^1$ сутегі изотоптың массасы, ал M_A — осы берілген изотоптың массасы.

Ядроның реакция уақытындағы энергияның өзгеруі мынадай қатынаспен анықталынады:

$$\Delta W = c^2 (\Sigma M_1 - \Sigma M_2), \quad (3)$$

мұндағы ΣM_1 — реакцияға дейінгі бөлшектердің масаларының қосындысы, ал ΣM_2 — реакциядан кейінгі бөлшектердің массаларының қосындысы.

Егер $\Sigma M_1 > \Sigma M_2$ болса, онда реакция өткенде энергия бөлініп шығады, ал $\Sigma M_1 < \Sigma M_2$ болса, онда реакция өткенде энергия жұтылатын болады. Ядролық байланыс энергиясын есептеп шығарғандағы сияқты кейінгі формулаға ядро емес, изотоптың массасын қоя алғандағы мызды ескертеміз, өйткені қабықтағы электрондардың

массасына берілетін түзету әр түрлі таңбамен енеді, сондықтан да оны шығарып тастауға болады.

22.1. Магнийдің үш изотоптарының: 1) $^{12}\text{Mg}^{24}$, 2) $^{12}\text{Mg}^{25}$, 3) $^{12}\text{Mg}^{26}$ ядроларының құрамына енетін пейтрондар мен протондардың санын табу керек.

22.2. Литий $^{3}\text{Li}^7$ изотопы ядросының байланыс энергиясын табу керек.

22.3. Гелий $^{2}\text{He}^4$ атомы ядросының байланыс энергиясын табу керек.

22.4. Алюминий $^{13}\text{Al}^{27}$ атомы ядросының байланыс энергиясын табу керек.

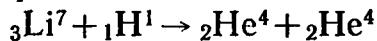
22.5. 1) $^{1}\text{H}^3$ және 2) $^{2}\text{He}^3$ ядроларының байланыс энергиясын табу керек. Осы ядролардың қайсысы өсіреле орында болады?

22.6. Оттегі $^{8}\text{O}^{16}$ атомының ядросындағы бір нуклонға келетін байланыс энергиясын табу керек.

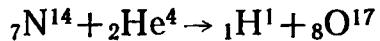
22.7. Дейтерий $^{1}\text{H}^2$ ядросының байланыс энергиясын табу керек.

22.8. Төмендегі ядролардың: 1) $^{3}\text{Li}^7$, 2) $^{7}\text{N}^{14}$, 3) $^{13}\text{Al}^{27}$, 4) $^{20}\text{Ca}^{40}$, 5) $^{29}\text{Cu}^{63}$, 6) $^{48}\text{Cd}^{113}$, 7) $^{80}\text{Hg}^{200}$ және 8) $^{92}\text{U}^{238}$ бір нуклонына келетін W_0 байланыс энергиясын табу керек. $W_0=f(M)$ тәуелділігін сыйыңыздар. Мұндағы M — массалық сан.

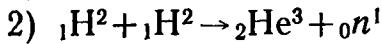
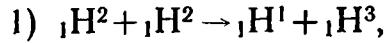
22.9. Ядролық реакция уақытында босап шығатын энергияны табу керек



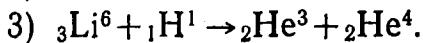
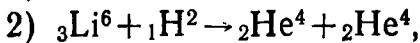
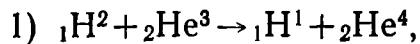
22.10. Реакция уақытындағы жұтылып алынатын энергияны табу керек.



22.11. Ядролық реакцияларда бөлініп шығатын энергияны табу керек:



22.12. Термоядролық реакцияларда бөлініп шығатын энергияны табу керек:

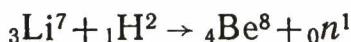


22.13. ${}^3\text{Li}^7$ (p, α) реакциясы кезінде, бір грамм литий-дің толық ыдырауында, бөлініп шығатын жылуды түгелімен пайдаланатын болсақ, онда 0°C -ден қайнағанға дейін судың қанша мөлшерін жылтытуға болады.

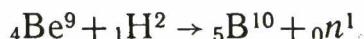
22.14. Төмендегідей ядролық реакцияларда жетіспей тұрған белгілеулерді толықтырып жазу керек:

- 1) ${}^{13}\text{Al}^{27}(n, \alpha)x$;
- 2) ${}^9\text{F}^{19}(p, x){}_8\text{O}^{16}$;
- 3) ${}^{25}\text{Mn}^{55}(x, n){}_{26}\text{Fe}^{55}$;
- 4) ${}^{13}\text{Al}^{27}(\alpha, p)x$;
- 5) ${}^7\text{N}^{14}(n, x){}_6\text{C}^{14}$;
- 6) $x(p, \alpha){}_{11}\text{Na}^{22}$.

22.15. Мынадай реакция уақытында бөлініп шығатын энергияны табу керек:



22.16. Мынадай реакция уақытында бөлініп шығатын энергияны табу керек:



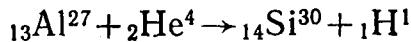
22.17. Азот ${}^7\text{N}^{14}$ изотопын нейтрондармен атқылаған кезде көміртегі ${}^6\text{C}^{14}$ изотопы пайда болады да β -радиоактивті болып шығады. Осы екі реакцияның тендеуін жазу керек.

22.18. Алюминий ${}^{13}\text{Al}^{27}$ изотопын α -бөлшектерімен атқылаған кезде, фосфордың ${}^{35}\text{P}^{30}$ радиоактивті изотопы пайда болады да одан кейін ол ыдырап, позитронды бөліп шығарады. Осы екі реакцияның тендеуін жазу керек. Тауып алынған изотоптың жартылай ыдырауының периоды 130 сек-қа тең болады деп алып, меншікті активтігін табу керек.

22.19. Изотопты ${}_{11}\text{Na}^{23}$ дейтондармен атқылаған кезде β -радиоактивті изотоп ${}_{11}\text{Na}^{24}$ пайда болады. β -бөлшектің счетчиғі күрамында радиоактивті ${}_{11}\text{Na}^{24}$ препараты бар жерге орнатылған. Бірінші өлшеу кезінде счетчик 1 минуттың ішінде 170 серпілу берді, ал бір тәуліктен кейін 1 минуттың ішінде 56 серпілу болды. Осы екі реакция-

ның тендеуін жазу керек. $_{11}\text{Na}^{24}$ изотоптың жартылай ыдырау периодын табу керек.

22.20. 1) Егер

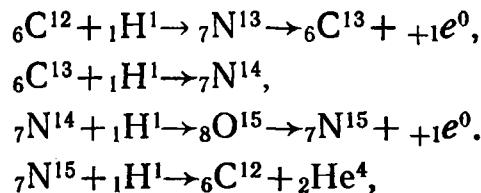


реакция кезінде 1 г алюминий ішіндегі ядролардың барлығы да өзгеріске ұшырайтын болса, онда қанша энергия бөлініп шығады?

2) Энергиясы 8 Мэв алюминийдің ядросын α -бөлшектермен атқылаған кезде $2 \cdot 10^6$ бөлшектердің ішіндегі тек қана бір α -бөлшек осы өзгеруді туғызады десек, осында өзгерісті болдыру үшін қанша энергия жұмсау керек.

22.21. Литий $_{3}\text{Li}^6$ изотопын дейтондармен атқылағанда екі α -бөлшектер пайда болады. Осыдан 22,3 Мэв-ке тең энергия бөлініп шығады. Дейтон мен α -бөлшектің массаларын біле отырып, литий $_{3}\text{Li}^6$ изотопының массасын табу керек.

22.22. Құн сәулесінің энергиясының көзін мына тәмендегідей циклдік реакцияның нәтижесінде сутегінен гелийдің пайда болу энергиясы алынады деп алып:



секунд сайын неше тонна сутегі гелийге ауысып отыратындығын есептеп шығару керек. Құннің тұрақтысы 1,96 кал/см² мин-қа тең. Сутегі Құннің массасының 35 процентін құрайды деп алып, Құннің сәуле шығаруы тұрақты болғанда сутегінің қоры неше жылға жететінін есептеу керек.

22.23. γ -сәулелермен дейтондардың жіктелу реакциясы мынадай:



Мынадай берілгендер арқылы нейтронның массасын табу керек: γ -кванттардың энергиясы 2,66 Мэв-ке тең, ал ұшып шыққан протондардың энергиясы олардың иондану дәрежесіне қарай өлшенілген 0,22 Мэв-қа тең болып шықты. Нейтронның энергиясын протонның энергиясына

тең деп аламыз. Дейтон мен протонның массалары белгілі дейміз.

22.24. Фотондармен қоздырылған төмендегі ядроның реакциялардағы жетіспейтін белгілерді орнына қойып жазу керек:

- 1) $^{13}\text{Al}^{27}(\gamma, x)^{12}\text{Mg}^{26}$;
- 2) $^{13}\text{Al}^{27}(\gamma, n)x$;
- 3) $^{29}\text{Cu}^{63}(\gamma, x)^{29}\text{Cu}^{62}$;
- 4) $x(\gamma, n)^{74}\text{W}^{181}$

22.25. Радиоактивті изотоптың пайда болу реакциясының шығуын екі түрлі жағдаймен: немесе ядролық айналуы болатын актылардың сандарының атқылаушы бөлшектердің санына қатынасын көрсететін k_1 санымен, немесе алынған өнімнің (продуктандын) активтігінің нысананы атқылайтын бөлшектер санына қатынасын көрсететін k_2 санымен сипаттауға болады. k_1 және k_2 шамалардың өз ара қалай байланысатындығын табу керек.

22.26. $^3\text{Li}^7$ -ді протондармен атқылағанда жартылай ыдырау периоды $4,67 \cdot 10^6$ сек-қа тең болатын бериллийдің $^4\text{Be}^7$ радиоактивті изотопы пайда болады. Жалпы заряды 1 мкА · сағ болып келген атқылайтын протондар шығарып алған препараттың 176 мкюриге тең активтігін туғызады деп алып, осы k_1 реакциясының шығуын табу керек (алдыңғы есептің шартын қараңыздар).

22.27. $^{26}\text{Fe}^{56}(p, n)$ ядролық реакциясы нәтижесінде жартылай ыдырау периоды 80 тәулікке тең болатын кобальттің радиоактивті изотопы пайда болады. Екі сағат ішінде протондардың тогы 10 мкА болғанда, $^{26}\text{Fe}^{56}$ -дан жасалған нысанаға сәуле түсіргеннен кейін $^{27}\text{Co}^{56}$ изотоптың активтігі $5,2 \cdot 10^7$ ыдыр/сек-қа тең болатындығын белгілі деп алып, осы k_1 реакциясының шығуын табу керек (22.25 есептің шартын қараңыздар).

22.28. Нейтрондардың энергия көзі есебінде бериллий $^4\text{Be}^9$ үгіндісі және газ тәрізді радон орналасқан тұтік алынады. Радонның α-бөлшегінің бериллиймен болатын реакциясы кезінде нейтрондар пайда болады. 1) Нейтронның алыну реакциясын жазу керек. 2) Нейтрон көзін дайындаған кезде оған радон енгізіледі. Егер мұндай

көзді дайындағаннан 5 тәулік өткеннен кейін 1 секундта $1,2 \cdot 10^6$ нейтрон беретіндігі белгілі болса, онда оған қанша радон енгізілген? Осындай реакцияның шығымы $\frac{1}{4000}$ -ге тең, яғни 4000 α -бөлшектің ішінде тек біреуі ғана реакция туғызады.

22.29. Нейтрондардың көзі есебінде алдыңғы есепте айтылған түтік алынады. Бериллий үгіндісіне түсетін α -бөлшектердің 1 сек ішіндегі 1 кюри радоннан шығарып алатын нейтрондардың санын табу керек. 4000 α -бөлшектердің ішінен тек біреуі ғана реакция туғызады деп есептейміз.

22.30. Қеміртегінің ${}^6\text{C}^{11}$ — радиоактивті изотопын құрастыру реакциясының түрі ${}^5\text{B}^{10}(d, n)$ болады, мұндағы d — дейтерий ${}^1\text{H}^2$ ядросының дейтонының белгілеуі. Изотоп ${}^6\text{C}^{11}$ жартылай ыдырау периоды 20 мин-ке тең. 1) Осы реакция уақытындағы бөлініп шығатын энергияның мөлшері қандай? 2) $k_1 = 10^{-8}$ деп, k_2 реакцияның шығымын табу керек, ал $k_1 = 10^{-8}$ (22.25 есептің шартын қараңыздар).

22.31. ${}^7\text{N}^{14}(\alpha, p)$ реакциясындағы α -бөлшектің кинетикалық энергиясы $W_\alpha = 7,7 \text{ Мэв-ке}$ тең, протонның кинетикалық энергиясы $W_p = 8,5 \text{ Мэв-ке}$ тең деп алғып, оның α -бөлшектің қозғалу бағытына қандай бұрыш жасап ұшып шығатынын табу керек.

22.32. Литий ${}^3\text{Li}^6$ изотопын дейтондармен атқылаған кезде атқылаушы дейтондардың жылдамдықтарының бағытына ϕ бұрыш жасап симметриялы түрде ұшып шығатын екі α -бөлшек пайда болады. 1) Егер атқылайтын дейтондардың энергиясы $0,2 \text{ Мэв-ке}$ тең болатындығы белгілі болса, онда пайда болған α -бөлшектердің кинетикалық энергиясы қандай болады? 2) ϕ бұрышын табу керек.

22.33. Гелий ${}^2\text{He}^3$ изотопы тритий ${}^1\text{H}^3$ ядросын протондармен атқылау арқылы алынады. 1) Ядролық реакцияның тендеуін жазу керек. 2) Осы реакция кезіндегі бөлініп шығатын энергияны табу керек. 3) Ядролық реакцияның «табалдырығын», яғни осы реакция жүретін атқылаушы бөлшектердің кинетикалық энергиясының минимал мәнін табу керек.

Нұсқау. Атқылаушы бөлшектің кинетикалық энергиясының шекті мәні кезінде реакцияның салдарынан тұатын бөлшектің салыстырмалы жылдамдығы нольге тең болатындығын ескеру керек.

22.34. Ядролық реакцияның ${}_7N^{14}(a, p)$ табалдырығын табу керек.

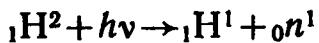
22.35. Ядролық реакцияның ${}_3Li^7(p, n)$ табалдырығын табу керек.

22.36. Азоттың ${}_7N^{13}$ жасанды изотопын көміртегі ядrolарын ${}_6C^{12}$ дейтондармен атқылаудың нәтижесінде алады. 1) Ядролық реакцияның теңдеуін жазу керек. 2) Осы реакция кезіндегі жұтып алынған жылу мөлшерін табу керек. 3) Осы реакцияның табалдырығын табу керек. 4) Дейтондардың кинетикалық энергиясының табалдырық мәніндегі осы реакциядан алынған өнімдердің (продуктылардың) қосынды кинетикалық энергиясын табу керек.

22.37. Жылдамдығы өте аз («жылулық» нейтрондар) нейтрондармен борды атқылау кезінде ${}_5B^{10}(n, a)$ реакция жүреді. 1) Осы реакция кезіндегі бөлініп шығатын энергияны табу керек. 2) Бор ядросын қозғалмайды деп және нейтрондардың жылдамдығын есепке алмай, α -бөлшектің жылдамдығы мен кинетикалық энергиясын табу керек.

22.38. Литийдің ${}_3Li^7$ изотопын протондармен атқылаған кезде екі α -бөлшек пайда болады. Әрбір α -бөлшектің пайда болған моментіндегі энергиясы 9,15 Мэв-ке тең. Атқылаушы протондардың энергиясы неге тең?

22.39. γ -сәулелермен дейтонды жіктеу реакциясын



өткізуге жеткілікті болатын γ -кванттың энергиясының ең кіші мәнін табу керек.

22.40. ${}_{12}Mg^{24}(\gamma, n)$ реакциясын жүзеге асыру үшін γ -кванттың энергиясының ең кіші мәнін табу керек.

22.41. Егер уранның әрбір бөлінуінде шамамен 200 Мэв-қа тең энергия бөлініп шығатын болса, онда 1 г ${}_{92}U^{235}$ уранның бөлінуінен киловатт-сағат есебімен қанша энергия мөлшерін алуға болады.

22.42. Куаты 5000 квт атом электр станциясында бір тәулікте уранның ${}_{92}U^{235}$ қанша мөлшері жұмсалады? П. ә. коэффициентін 17 процентке тең деп аламыз. Әрбір ыды-

рау актысында 200 Мэв энергия бөлініп шығады деп есептейміз.

22.43. Сутегі бомбасы жарылған кезде дейтерий мен тритийден гелийді бөліп шығаратын термоядролық реакция өтеді. 1) Ядролық реакцияны жазу керек. 2) Осы реакция уақытында бөлініп шығатын энергияны табу керек. 3) 1 г гелийді шығарып алғандағы пайда болатын энергияның мөлшері қандай?

§ 23. Элементар бөлшектер. Бөлшектерді үдештешілер

Бұл параграфтың есептерін шығару «жинақтың» алдыңғы бөлімдерінде қаралып кеткен заңдылықтарға неғізделінген, атап айтқанда: бөлшектердің бір-бірімен соқтығысуы, бөлшектердің электр және магнит өрістеріндегі қозғалысы т. б. Қейбір есептерді шығарғанда салыстырмалылық теориясының формулаларын пайдалану қажет.

23.1. Ядролық физикада нысананы атқылайтын зарядталған бөлшектің санын микроампер-сағатпен (*мка сағ*) көрсетілген жалпы зарядпен сипаттау алынған. Зарядталған бөлшектердің қандай санына 1 *мка сағ* сәйкес келетіндігін табу керек. Есепті: 1) электрондар және 2) α-бөлшектер үшін шығару керек.

23.2. Нейтронның кідіртуші заттың қозғалмайтын ядроның серпімді центрлік соқтығысқан кезінде нейтронның кинетикалық энергиясы 1,4 есе кеміді. Кідіртуші заттың ядроның массасын табу керек.

23.3. Нейтрон $_{11}^{23}\text{Na}$ изотопының қозғалмайтын ядроның серпімді центрлік соқтығысқаннан кейінгі оның жылдамдығы өзінің бастапқы жылдамдығының қандай бөлігіне тең болады?

23.4. Жәй қозғалатын нейтрондарды алу үшін оларды құрамында сутегі бар (мысалы, парафин) зат арқылы өткізеді. Массасы m_0 нейтрон өзінің кинетикалық энергиясының қандай ең үлкен бөлігін: 1) протонға (массасы m_0) және 2) қорғасын атомының ядронына (массасы $m = 207 m_0$) беретіндігін табу керек. Осы айтылған энергияның ең үлкен бөлігі серпімді центрлік соқтығуға сәйкес болады.

23.5. Егер соқтығысу центрлік емес деп, ал нейтрон өзінің әрбір соқтығысында орта есеппен алғанда 45° -қа бұрылып отырады деп алып, алдыңғы есептегі энергияның нейтрон мен протондарға қалай бөлінетіндігін табу керек.

23.6. $4,6 \text{ Мэв}$ энергиясы бар нейтрон протондармен соқтығысудың пәтижесінде өзінің қозғалысын баяулатады. Нейтрон өзінің әрбір соқтығысынан кейін орта есеппен алғанда 45° -қа бұрылып отырады деп есептеп, оның энергиясы $0,23 \text{ эв}$ -қа дейін кему үшін, ол қаша соқтығысу жасау керек болатындығын табу керек.

23.7. Зарядталған бөлшектер ағыны индукциясы $3 \text{ вб}/\text{м}^2$ -ге тең біртекті өріске ұшып кіреді. Бөлшектің жылдамдығы $1,52 \cdot 10^7 \text{ м/сек}$ -ке тең және өрістің күш сзықтарының бағытына перпендикуляр бағытталынған болады. Әрбір бөлшекке әсер ететін күшті $1,46 \cdot 10^{-11} \text{ н-фа}$ тең болады деп алып, олардың әрқайсысының зарядын табу керек.

23.8. Зарядталған бөлшек индукциясы $0,5 \text{ тл-фа}$ тең біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді де, радиусы 10 см -ге тең шеңбердің бойымен қозғалады. Бөлшектің жылдамдығы $2,4 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$ -қа тең. Осы бөлшек үшін оның зарядының массасына қатынасын табу керек.

23.9. Электрон 180 кв потенциал айырмасымен үдетілген. 1) Салыстырмалылық теориясының жөндеулерін ескере отырып, осы электрон үшін, оның массасын, жылдамдығын, кинетикалық энергиясын және e/t катынасын табу керек. 2) Релятивтік жөндеуді ескермегендегі, осы электрон үшін жылдамдықты табу керек.

23.10. Қосмостық сәулелердегі тез қозғалатын мезондардың энергиясы, шамамен алғанда, 3000 Мэв -ке тең; осы мезонның тыныштықтағы энергиясы 100 Мэв -ке тең. Осы мезонның лабораторлық сафат бойынша алғынған оның өмір сүру уақытының ішінде атмосферадағы жүретін қашықтығы қандай? Мезонның өмір сүруінің меншікті уақыты $\tau_0 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ сек}$ -қа тең.

23.11. Қосмос сәулелері мезонның $W = 7 M_0 c^2$ -ге тең кинетикалық энергиясы бар. Мұндағы M_0 — мезонның тыныштықтағы массасы. Осы мезонның меншікті өмір сүру уақыты, оның лабораториямен байланысты коорди-

ната системасымен есептелетін өмір сұру уақытынан неше есе кем болады?

23.12. Позитрон мен электрон екі фотон түзе отырып қосылады. 1) Электрон мен позитронның соқтығысқанға дейінгі кинетикалық энергиясы ескермейтіндей кішкене болады деп есептеп, әрбір пайда болған фотонның энергиясын табу керек. 2) Осы фотондардың толқын ұзындықтарын табу керек.

23.13. Фотоннаң электрон мен позитронның пайда болған кезіндегі фотонның энергиясы $2,62 \text{ Мэв}$ -ке тең болды. Позитрон мен электронның пайда болған моментіндегі толық кинетикалық энергиясы неге тең болады?

23.14. Энергиясы $5,7 \text{ Мэв}$ -ке тең квантпен пайда болған электрон мен позитрон магнит өрісінде орналасқан, траекториясының қисықтық радиусы 3 см -ге тең Вильсон камерасына беріледі. Магнит өрісінің индукциясын табу керек.

23.15. Қозғалмайтын бейтарап π -мезоны ыдырағанда бірдей екі фотонға айналады. Әрбір фотонның энергиясын табу керек. π -мезонның тыныштықтағы массасы $M = 264,2m_0$ -ге тең, мұндағы m_0 — электронның тыныштықтағы массасы.

23.16. Нейтрон мен антинейтрон екі фотон түзе отырып қосылады. Бөлшектің бастапқы энергиясын өте аз деп есептеп, пайда болған әрбір фотонның энергиясын табу керек.

23.17. K^0 -мезоны зарядталынған екі π -мезонына ыдырайды. Әрбір пайда болған π -мезонның массасы, оның тыныштықтағы массасынан $1,77$ есе үлкен. Алғашқыда K^0 -мезоны тыныштықта болып және оның тыныштықтағы массасы $965 m_0$ -ге тең, мұндағы m_0 — электронның тыныштықтағы массасы болды деп есептеп, 1) пайда болған π -мезондардың тыныштықтағы массасын, 2) π -мезондардың пайда болған моменттегі жылдамдығын табу керек.

23.18. 1) Циклотронның магнит өрісінің индукциясын потенциал айырмасының дуантына берілген жиілігімен байланыстыратын формууланы қорытып шығару керек. 2) Мындалар: а) дейтондар, б) протондар және в) α -бөлшектер үшін потенциал айырмасының дуантына берілген

жиілікті табу керек. Магнит өрісінің индукциясы 12,6 kgs -қа тең.

23.19. 1) Циклотроннан ұшып шығатын бөлшектердің энергиясын, бөлшектердің қозғалу траекториясының максимал қисықтық радиусымен байланыстыратын формуласы қорытып шығару керек. 2) Максимал қисықтық радиусын $R = 48,3 \text{ см}$ -ге тең деп алғып, циклотроннан ұшып шығатын: а) дейтондардың, б) протондардың және в) а-бөлшектердің энергиясын табу керек. Потенциал айырмасының дуантына түсірілген жиілік 12 $M\text{Гц}$ -ке тең.

23.20. Циклотрондағы бөлшек траекториясының максимал қисықтық радиусы $R = 0,35 \text{ м}$, ал потенциал айырмасының дуантына түсірілген жиілік $v = 1,38 \cdot 10^7 \text{ гц}$ -ке тең. Протондармен жұмыс істеу үшін: 1) циклотронның синхронды жұмыс істеуі үшін керек магнит өрісінің индукциясын, 2) ұшып шығатын протондардың максимал энергиясын табу керек.

23.21. Алдыңғы есепті: 1) дейтондармен және 2) а-бөлшектермен жұмыс істелінеді деген шарт бойынша шығару керек.

23.22. а-бөлшекпен жұмыс істеген уақытта циклотронның ішінде алынған иондық токтың шамасы 15 мкА -ге тең болды. Осындай циклотрон 1 градийде неше есе өнімді (тиімді) болады?

23.23. Циклотрондағы бөлшек траекториясының максимал қисықтық радиусы $R = 0,5 \text{ м}$ -ге тең; магнит өрісінің индукциясы $B = 10^4 \text{ Гс}$. Осы берілген циклотрондағыдай үдеу алу үшін, протондар қандай тұрақты потенциал айырмасынан өтіп шығуға тиіс?

23.24. Циклотронның беретін дейтондарының энергиясы 7 $M\text{эв}$ -ге тең. Түсірілген магнит өрісінің индукциясы 15 000 Гс -тен. Дейтон траекториясының ең үлкен қисықтық радиусын табу керек.

23.25. Радиусы 50 см циклотронның дуанттарының арасына, жиілігі $v = 10 M\text{Гц}$ айнымалы потенциал айырмасы $U = 75 \text{ кВ}$ түсірілген. Мыналарды: 1) циклотронның магнит өрісінің индукциясын, 2) циклотроннан ұшып шығатын бөлшектердің жылдамдығын және энергиясын, 3) зарядталған бөлшектің өзінің циклотроннан ұшып шыққанға дейінгі қанша айналым санын жасайтындығын

табу керек. Есепті дейтондар, протондар және α -бөлшектер үшін шығарыңыздар.

23.26. Бөлшектің массасының $k = \frac{m - m_0}{m_0}$ салыстырмалы үлкеюі 5 проценттен аспау үшін циклотрондағы α -бөлшекті қандай энергияға дейін үдетуге болады?

23.27. Синхротронмен үдетілген дейтондардың энергиясы 200 Мэв-ге тең. Осы дейтондар үшін мыналарды:

- 1) $\frac{M}{M_0}$ қатынасын, мұндағы M — қозғалыстағы дейтонның массасы, ал M_0 — оның тыныштықтағы массасы;
- 2) жылдамдығын табу керек.

23.28. Фазotronдағы бөлшектің жылдамдығының өсуіне қарай оның массасының өсуі үдетуші өрістің периодының өсуімен теңгеріледі. Протондарды үдетуші фазотронда дуанттарға берілетін кернеудің жиілігі әрбір үдетуші циклге 25 Мгц-тан 18,9 Мгц-ка дейін өзгеріп отырады. Осы фазотрондар үшін мыналарды: 1) магнит өрісінің индукциясын және 2) ұшып шығатын протондардың кинетикалық энергиясын табу керек.

23.29. Фазотронның көмегімен 660 Мэв энергияға дейін үдетілген протондарға және 840 Мэв энергияға дейін үдетілген α -бөлшектерге зерттеу жүргізілді. Массаның өсуін тәсестіру үшін фазотрондагы үдетуші өрістің периоды өзгертуіліп отырылды. 1) Протондар және 2) α -бөлшектермен жұмыс істеген уақытта фазотрондагы үдетуші өрістің периодын неше есе өзгертуге қажет болды?

ЖАУАПТАРЫ ЖӘНЕ ШЕШУЛЕРІ

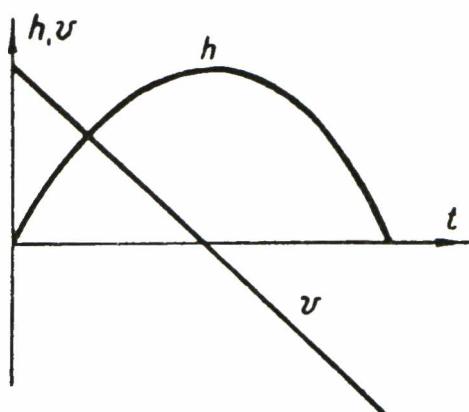
I ТАРАУ

МЕХАНИКАНЫҢ ФИЗИҚАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

§ 1. Кинематика

1.1. Автомобильдің орташа жылдамдығы мынадай формуламен анықталады: $\bar{v} = \frac{l}{t}$, мұндағы $l = l_1 + l_2 = v_1 t_1 + v_2 t_2$. Есептің шарты бойынша $t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$. Сөйтіп, $\bar{v} = \frac{v_1 \frac{t}{2} + v_2 \frac{t}{2}}{t} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 60 \text{ км/сағ.}$

1.2. $\bar{v} = \frac{l}{t}$, мұндағы $t = t_1 + t_2 = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}$. Есептің шарты бойынша $l_1 = l_2 = \frac{l}{2}$. Сөйтіп, $\bar{v} = \frac{\frac{l}{2}}{\frac{l}{2v_1} + \frac{l}{2v_2}} + \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 53,3 \text{ км/сағ.}$



68-сурет.

2) $t = 250 \text{ сек.}$

1.8. 1) $v_0 = 14,7 \text{ м/сек.}$; 2) $h = 11 \text{ м.}$

1.9. 1) $t = 2,9 \text{ сек.}$; 2) $h_1 = 4h = 40 \text{ м.}$

1.10. 1) $8,4 \text{ сек.}$; 2) $7,3 \text{ сек.}$; 3) $7,8 \text{ сек.}$

1.3. 1) $12,3 \text{ км/сағ.}$
2) $0,83 \text{ м/сек.}$

1.4. 1) 3 м/сек. ; 2) 1 м/сек.
3) $2,24 \text{ м/сек.}$

1.5. 1) Самолет меридианға $\phi = 3^{\circ}52'$ бұрыш жасай оңтүстік-батысқа қарай бағыт үстау керек, жылдамдығы $v = 798 \text{ км/сағ.}$ 2) бағыт солтүстік-батысқа қарай, $\phi = 3^{\circ}52'$, $v = 798 \text{ км/сағ.}$ 3) бағыты батысқа қарай, $v = 746 \text{ км/сағ.}$ 4) бағыты шығысқа қарай, $v = 854 \text{ км/сағ.}$

1.6. 1) 30 мин. ; 2) $30,2 \text{ мин.}$
3) $26,8 \text{ мин.}$

1.7. 1) $v = 0,60 \text{ м/сек.}$

1.11. Жоғары вертикаль лақтырылған дененің h биіктігі мен v жылдамдығының t уақытқа байланыстылығының сипаты 68-суретте көрсетілген.

1.12. Дененің өз қозгалысының алғашқы 0,1 секундындағы жүрген жолы $h_1 = \frac{gt_1^2}{2} = 0,049$ м-ге тең. 2) Дене барлық жолды $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2$ сек уақытта жүріп отеді. Дене өзінің қозгалысының соңғы 0,1 секундында $h_3 = h - h_2$ жол жүреді, мұндағы h_2 — дененің $t_2 = (2 - 0,1)$ сек = 1,9 сек уақыттагы жүрген жолы. $h_2 = \frac{gt_2^2}{2} = 17,7$ м болғандықтан, іздең отырған қашықтық $h_3 = 19,6$ м - 17,7 м = 1,9 м болады.

1.13. 1) Дене өзінің жүрген жолының бірінші метрін $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = 0,45$ сек уақытта жүріп отеді; 2) дененің төмен құлауының жалпы уақыты $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2$ сек-қа тең. Дене өзінің жүрген жолының соңғы метрін $t_3 = t - t_2$ уақытта жүріп отеді, мұндағы $t_2 = h_2 = (19,6 - 1)$ м = 18,6 м ара қашықтыққа кететін уақыт. $t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 1,95$ сек болғандықтан, іздең отырған уақыт $t_3 = (2 - 1,95)$ сек = 0,05 сек болады.

1.14. 1) $h = 57$ м; 2) $t = 3,4$ сек.

1.15. 1) Денесінің жүрген жолы $h_1 = v_1 t - \frac{gt^2}{2}$ -ге тең болады, ал $h_2 = \frac{gt^2}{2}$ -ге тең. Денелердің ара қашықтығы $x = h - (h_1 + h_2)$. $h_1 + h_2 = v_1 t$ болғандықтан, іздең отырған байланыстылық $x = h - v_1 t$ болады. Денелер $x = 0$ болғанда, яғни $t = \frac{h}{v_1}$ уақыт моментінде бір-бірімен кездесседі.

1.16. 1) $a = 0,13$ м/сек²; 2) $t = 3,6$ мин.

1.17. Бір қалыпты айнымалы қозгалыс кезінде мынадай қозгалыстың екі тендеуінің болуы қажет:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

және

$$v = v_0 + at. \quad (2)$$

Есептің шарты бойынша $v = 0$. Ендеше (2) тендеуден мынаны аламыз:

$$a = -\frac{v_0}{t}. \quad (3)$$

(3) тендеуді (1) тендеуге қойып, мынаны табамыз:

$$s = \frac{v_0 t}{2}. \quad (4)$$

Сан мәндерді (3) және (4) тендеулерге қойып, мынаны аламыз:

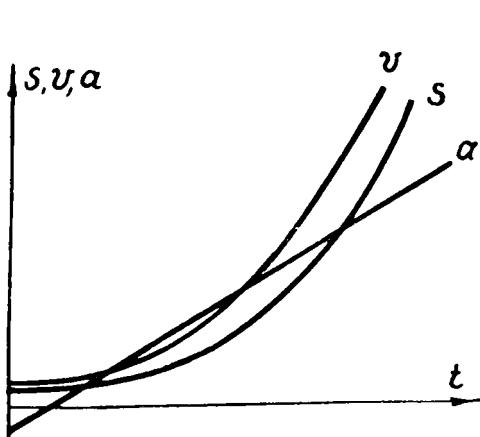
$$a = -0,5 \text{ м/сек}^2 \text{ және } s = 100 \text{ м.}$$

1.18. 1) $a = -0,055 \text{ м/сек}^2$; 2) $s = 566 \text{ м.}$

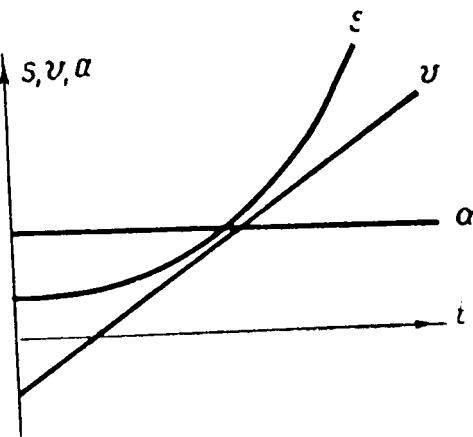
1.19. $t = 30 \text{ сек}$; $s = 225 \text{ м.}$

1.20. $t = \frac{v_0 - v_0}{a_1 + a_2}$. Эрқашанда t уақыт 0-ден үлкен болғандықтан, есептің шешуі болу үшін, міндетті түрде $v''_0 > v'_0$ болу керек.

1.21. $a = \frac{v_0 - v_0}{\Delta t}$. Біздің қарастырып отырған жағдайымызда $a = 1 \text{ м/сек}^2$.



69-сурет.



70-сурет.

1.22. 1) $v = (2 - 6t + 12t^2) \text{ м/сек}$, $a = (-6 + 24t) \text{ м/сек}^2$;
2) $s = 24 \text{ м}$, $v = 38 \text{ м/сек}$ және $a = 42 \text{ м/сек}^2$.

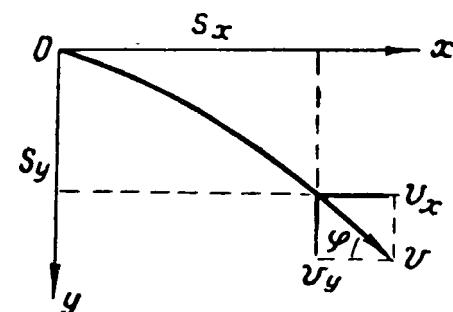
Дененің s жолының, v жылдамдығының және a үдеуінің t уақытқа тәуелділігінің сипаты 69-суретте кескінделген.

1.23. $\bar{v} = 7 \text{ м/сек}$; $\bar{a} = 4 \text{ м/сек}^2$

Дененің жолының, жылдамдығының және үдеуінің уақытқа тәуелділігінің сипаты 70-суретте кескінделген.

1.24. $\bar{v}_1 = 3 \text{ м/сек}$, $\bar{v}_2 = 5 \text{ м/сек}$, $\bar{v}_3 = 7 \text{ м/сек}$, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2 = \bar{a}_3 = 2 \text{ м/сек}^2$.

1.25. 1) 12 сек-тан кейін;
2) $\bar{a} = 0,64 \text{ м/сек}^2$.



71-сурет.

1.26. Горизонталь бағытпен лақтырылған депенің орын аудыстыруын екіге жіктеуге болады: горизонталь s_x және вертикаль s_y (71-суретті қаралысадар). Қозғалыс тәуелсіздігінің заның қолдана оты.

рып, мынаны аламыз: $s_y = H = \frac{gt^2}{2}$, $s_x = v_0 t$, мұндағы t — дененің қозғалыс уақыты. Осыдан

$$1) t = \sqrt{\frac{2s_y}{g}} = 2,26 \text{ сек}; \quad 2) s_x = v_0 t = 33,9 \text{ м}; \quad 3) v_y = gt =$$

$$22,1 \text{ м/сек және } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 26,7 \text{ м/сек}; \quad 4) \sin \varphi = \frac{v_y}{v} = 0,827;$$

$$\varphi = 55^\circ 48'$$

$$1.27. 1) h = 1,22 \text{ м}; \quad 2) v_0 = 10 \text{ м/сек}; \quad 3) v = 11,1 \text{ м/сек}; \\ 4) \varphi = 26^\circ 12'.$$

$$1.28. 1) v_0 = 11,1 \text{ м/сек}; \\ 2) \varphi = 68^\circ 12' \quad 1.29. v_0 = 4,4 \text{ м/сек}.$$

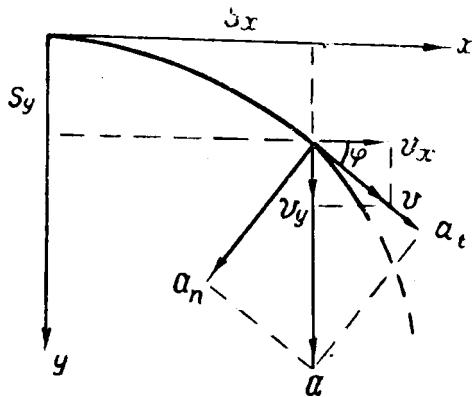
1.30. Тастың жылдамдығының горизонталь қураушысы нольге тең болады. Сондыктан тастың толық үдеуі барлық уақытта да төмен қарай вертикаль бағытталады және ауырлық күшінің үдеуіне тең болады. Сөйтіп, $a = g = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$; 72-суреттен мынаны көреміз,

$$\cos \varphi = \frac{v_x}{v} = \frac{a_n}{a} = \frac{a_n}{g}, \quad \sin \varphi =$$

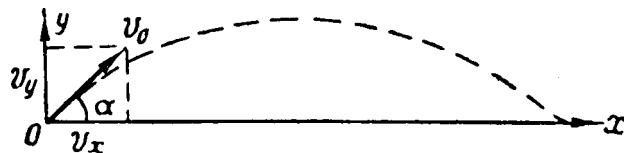
$$= \frac{v_y}{v} = \frac{a_t}{a} = \frac{a_t}{g}. \quad \text{Осыдан } a_t = g \frac{v_y}{v} = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_x^2 + g^2 t^2}} \quad \text{және } a_n =$$

$$= g \frac{v_x}{v} = \frac{g v_x}{\sqrt{v_x^2 + g^2 t^2}}. \quad \text{Осы формулаларга есептің берілген сан}$$

мәндерін қойып, мынаны аламыз: $a_t = 5,4 \text{ м/сек}^2$ және $a_n = 8,2 \text{ м/сек}^2$.



72-сурет.



73-сурет.

$$1.31. R = 305 \text{ м.}$$

1.32. 1) v_0 жылдамдықпен горизонтқа α бұрыш жасай лақтырылған дененің көтерілген ен үлкен биіктігін s_y табамыз. Мынадай тәндіктерді аламыз (73-суретті қараңыздар):

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt \quad (1)$$

және

$$s_y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

Ең жоғары нүктеде $v_y = 0$, ал (1) теңдеуден $v_0 \sin \alpha = gt_1$, осыдан донтың жоғары көтерілуіне кеткен уақыты $t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ болады.

t_1 -ді (2) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $s_{y \max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 2,1 \text{ м.}$

2) Горизонтқа α бұрыш жасай лақтырылған деңесің үшін алғыстырылған $s_x \max$ табамыз. Мынадай теңдеулерді аламыз (73-суретті караңыздар):

$$v_x = v_0 \cos \alpha, \quad (3)$$

$$s_x = v_x t = v_0 t \cos \alpha. \quad (4)$$

Дене горизонталь жазықтыққа $t_2 = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ уақыттан кейін туғызеді. t_2 -ні (4) теңдеуге қойсақ

$$s_{x \max} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha = 10,0 \text{ м.}$$

$$3) t_2 = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 1,3 \text{ сек.}$$

1.33. $s_x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ болғандықтан, $\frac{s_1}{s_2} = \frac{g_2}{g_1}$ болады, осыдан $s_2 = s_1 = \frac{g_1}{g_2}$, мұндагы g_1 және g_2 — Ленинград пен Ташкентке сәйкес келетін ауырлық күшінің үдеулері. Есептің берілген сан мәндерін қойып, мынаны аламыз: $s_2 = 16,23 \text{ м.}$

1.34. 5,9 м. 1.35. $h = 7,4 \text{ м.}$

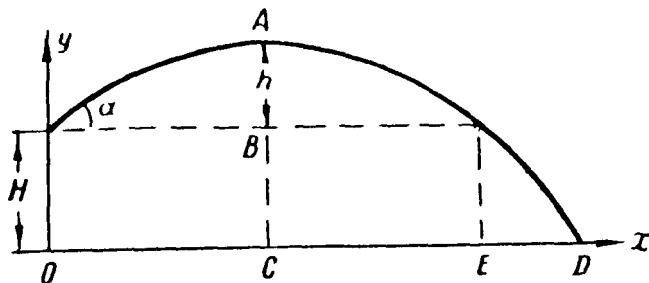
1.36. Дененің траекторияның ең жоғары нүктесіне дейін көтерілуіне кеткен $t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = 0,75 \text{ сек}$ уақытын табамыз. Осыдан $t = 1,25 \text{ сек}$ моментте деңесің қайтадан төмен түсін келе жатқанын көреміз. Осыған қарай есептің шартын былай дең оқуға болады: «Дене $v'_0 = v_0 \cos \alpha = 12,7 \text{ м/сек}$ жылдамдықпен горизонталь лақтырылған». Дененің қозғала бастағаннан $t' = (1,25 - 0,75) \text{ сек} = 0,5 \text{ сек}$ уақыттан кейінгі тангенциаль және нормаль үдеулерін табу керек. Сонымен, біздер 1.30, есепке үқсас есеп аламыз. Оны 1.30 есеп сияқты шығарып, мынаны аламыз:

$$a_t = g \frac{v_y}{v} = \frac{g^2 t'}{\sqrt{(v'_0)^2 + g^2(t')^2}} = 3,52 \text{ м/сек}^2, a_n = \frac{gv'_0}{v} = 9,15 \text{ м/сек}^2.$$

Денсінің тәмем қарай багытталатын толық үдеуі g ауырлық күшінің үдеуіне тәң болатындығын тексеру тапсырылады (1.30 есептің шыгаруын қараңыздар).

1.37. $R=6,3$ м. 1.38. $v_0=9,4$ м/сек, $\alpha=54^\circ 44'$

1.39. H биіктіктең горизонтқа α бұрыш жасай лақтырылған денсіп қозғалысын екі кезеңге жіктеуге болады: денсінің ең жоғары A



74-сурет.

нүктесіне дейінгі қозғалысы (74-суретті қараңыздар) және A нүктесінен $v_x=v_0 \cos \alpha$ жылдамдықтан горизонталь лақтырылғандағы қозғалысы. Денсінің жоғары көтерілгендеңі биіктігі AC мынаған тен:

$$AC = s_y = H + h = H + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

1) Тастың қозғалуына кеткен жалпы уақыты $t=t_1+t_2$, мұндағы $t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$ — тастың h биіктікке көтерілуге кеткен уақыты, ал $t_2 = \sqrt{\frac{2s_y}{g}}$ — тастың тәмем түсінен кеткен уақыт. Есептің берілген сан мәндерін қойып, алатынымыз $s_y=27.9$ м, $t_1=0,77$ сек, $t_2=2,39$ сек. Осыдан $t=3,16$ сек болады.

2) Тастың іздел отырған мұнарапың табанынан жерге түскен орында дейінгі қашықтығы $OD=OC+CD$ болады, мұндағы $OC=\frac{OE}{2}=\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}=9,96$ м ≈ 10 м, $CD=v_x t_2=v_0 t_2 \cos \alpha=31,1$ м, бұдан $OD=41,1$ м.

3) $v=\sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, мұндағы $v_x=v_0 \cos \alpha=13,0$ м/сек, $v_y=g t_2=23,4$ м/сек, бұдан $v=26,7$ м/сек.

4) Тастың жерге түскен нүктесіндегі тас траекториясының горизонттен жасайтын бұрышы $v_y=v_x \operatorname{tg} \varphi$ формуласынан табылады,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_y}{v_x} = 1,8 \text{ және } \varphi = 61^\circ$$

1.40. 1) Доптың қабырғаға соғылуы допты жоғары көтерген көзде болады. 2) $y=2,1$ м. 3) Доң қабырғаға, құраушылары сәйкес $v_x=v_0 \cos \alpha=7,07$ м/сек және $v_y=v_0 \sin \alpha-gt=2,91$ м/сек-та тәң болады.

латын жылдамдықпен келеді. Сонда $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 7,6 \text{ м/сек}$ болады.

1.41. 1) $7,26 \cdot 10^{-5} \text{ рад/сек}$, 2) $14,5 \cdot 10^{-5} \text{ рад/сек}$, 3) $1,74 \cdot 10^{-3} \text{ рад/сек}$, 4) $1,19 \cdot 10^{-3} \text{ рад/сек}$, 5) $7,8 \text{ км/сек}$.

1.42. $v = 231 \text{ м/сек}$. 1.43. $v = 1660 \text{ км/сар}$. 1.44. $v = 400 \text{ м/сек}$.

1.45. $R = 8,33 \text{ см}$.

1.46. Бір қалыпты айнымалы айналмалы қозғалыс кезінде қозғалыстың мынадай екі тендеуі орын алады:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\epsilon t^2}{2} \quad (1)$$

және

$$\dot{\varphi} = \omega_0 + \epsilon t. \quad (2)$$

Есептің шарты бойынша $\omega_0 = 0$. Ендеше (1) және (2) тендеулері мынадай түрде болады:

$$\varphi = \frac{\epsilon t^2}{2} \quad (3)$$

және

$$\omega = \epsilon t. \quad (4)$$

(3) және (4) тендеулерді бірге шеше отырып және $\varphi = 2\pi N$ болатынның ескере отырып, ен соңында алатынымыз, $\epsilon = \frac{\omega^2}{4\pi N} = 3,2 \text{ рад/сек}^2$.

1.47. $\epsilon = 1,26 \text{ рад/сек}^2$, $N = 360 \text{ айн}$.

1.48. $\epsilon = -0,21 \text{ рад/сек}^2$, $N = 240 \text{ айн}$.

1.49. 10 сек. 1.50. 1) 6,3 сек-тан кейін, 2) 9,4 айн.

1.51. Есептің шарты бойынша $a_t = \text{const}$. Егер t -ны қозғалыстың басынан бастап есептесек, онда

$$a_t = \frac{v}{t}. \quad (1)$$

Сонан соң

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

(1) және (2) тендеулерден

$$t = \frac{1}{a_t} \sqrt{a_n R}. \quad (3)$$

1) Егер $a_n = a_t$ болса, онда (3) тендеуден алатынымыз $t = \sqrt{\frac{R}{a_t}} = 2 \text{ сек}$.

2) Егер $a_n = 2a_t$ болса, онда $t = \sqrt{\frac{2R}{a_t}} = 2,8 \text{ сек}$ болады.

1.52. $a_t = \frac{v^2}{4\pi NR} = 0,1 \text{ м/сек}^2$. 1.53. $a_n = \frac{v^4 t^2}{16\pi^2 N^2 R^3} = 0,01 \text{ м/сек}^2$

1.54. $\omega = 4,4 \cdot 10^{16}$ рад/сек, $a_n = 9,7 \cdot 10^{22}$ м/сек².

1.55. 1) Бір қалыпты айнымалы айналмалы қозғалыс кезінде бұрыштық ω жылдамдық t уақытпен $\omega = \omega_0 + \epsilon t$ тендеу арқылы байланысады. Есептің шарты бойынша $\omega_0 = 0$, сонда $\omega = \epsilon t$, яғни ω уақытқа пропорционал өседі. Бірінші секундтың аяғында $\omega = 3,14$ рад/сек болады.

2) $v = \omega R$ болғандықтан, онда сызықтық жылдамдық та уақытқа пропорционал болады. Бірінші секундтың соңында $v = 0,314$ м/сек болады.

3) Тангенциаль үдеуі, $a_t = \epsilon R$, t -ға байланысты болмайды, яғни қозғалыстың барлық уақытында да тұрақты болады. Біздің қарастырып отырған жағдайымызда $a_t = 0,314$ м/сек²

4) Нормаль үдеу $a_n = \omega^2 R = \epsilon^2 t^2 R$, яғни нормаль үдеу уақыттың квадратына пропорционал өседі: $t = 1$ сек болғанда $a_n = 0,986$ м/сек² болады.

5) Толық үдеу уақытқа қарай мынадай заң бойынша өседі: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = a_t \sqrt{1 + \epsilon^2 t^4}$. $t = 1$ сек болғанда, $a = 1,03$ м/сек²

6) $\sin \alpha = \frac{a_t}{a} = \frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon^2 t^4}}$ белгілі, мұндағы α — толық үдеудің бағытының дөңгелектің радиусымен жасайтын бұрыши. Уақыттың алғашқы моментінде, яғни $t = 0$ болғанда, $a = a_t$ — толық үдеу жанамаың бойымен бағытталынған. $t = \infty$ болғанда, $a = a_n$ болады (себебі $a_t = \text{const}$ және a_n уақыттың квадратына пропорционал болады), яғни $t = \infty$ болғанда толық үдеу нормаль бойымен бағытталған. Бірінші секундтың соңында $\sin \alpha = \frac{a_t}{a_n} = \frac{0,314}{1,03} = 0,305$, яғни $\alpha = 17^\circ 46'$ тең болады.

1.56. $a_n = 4,50$ м/сек², $a_t = 0,06$ м/сек².

1.57. $v = 4$ м/сек, $a_t = 2$ м/сек², $a_n = 2$ м/сек², $a = 2,83$ м/сек².

1.58. $\epsilon = 0,43$ рад/сек² 1.59. $R = \frac{a}{\epsilon \sqrt{1 + \epsilon^2 t^4}} = 6,1$ м.

1.60. 1) $\omega = 14$ рад/сек; 2) $v = 1,4$ м/сек; 3) $\epsilon = 12$ рад/сек²; 4) $a_t = 1,2$ м/сек²; $a_n = 19,6$ м/сек². 1.61. $\Delta a_t = 0,3$ м/сек².

1.62. Іздел отырған бұрыш мынадай тендеумен $\tan \alpha = \frac{a_t}{a_n}$ анықталады, мұндағы a_t — тангенциаль, ал a_n — нормаль үдеулер. Бірақ $a_t = \frac{dv}{dt}$, $a_n = \frac{v^2}{R}$, олай болса, біздің есебіміздің шартындагы $\tan \alpha = \frac{(3+2t)R}{(3t+t^2)^2}$. Бұл формулаға $t = 0, 1, 2, 3, 4$ және 5 сек мәндерін қойып, мынаны аламыз: 1) $t = 0$, $\tan \alpha = \infty$, яғни $\alpha = 90^\circ$ — толық үдеу жанама бойымен бағытталған; 2) $t = 1$ сек, $\tan \alpha = 3,13$ және $\alpha = 72^\circ 17'$; 3) $t = 2$ сек, $\tan \alpha = 0,7$, ал $\alpha = 35^\circ 0'$; 4) $t = 3$ сек, $\tan \alpha = 0,278$, ал $\alpha = 15^\circ 32'$; 5) $t = 4$ сек; $\tan \alpha = 0,14$, ал $\alpha = 7^\circ 58'$; 6) $t = 5$ сек, $\tan \alpha = 0,081$, ал $\alpha = 4^\circ 38'$ $t = \infty$ болғанда $\tan \alpha = 0$ болады, яғни $\alpha = 0$ — толық үдеу нормаль бойымен бағытталған.

1.63. $R = 1,2$ м. 1.64. $\frac{a_n}{a_t} = 0,58$.

§ 2. Динамика

2.1. Төмен түсіп келе жатқан аэростатқа мынадай күштер әсер етеді: көтергіш күш F_1 (жоғары қарай), ауаның кедергі күші F_2 (жоғары қарай) және аэростаттың салмағы F_3 (төмен қарай). Аэростаттың қозғалысы бір қалыпты болғандықтан, Ньютоның бірінші заңы бойынша тең әсерлі күш нольге тең болады, яғни

$$F_1 + F_2 = F_3. \quad (1)$$

Балласты (әуде ұшу аппаратының ұшу биіктігін тәртіптейтін жүк) лақтырып тастағанда аэростат та жоғары көтеріле бастайды, осыған қарай (1) теңдеудің орнына мынаны аламыз:

$$F_1 = F_2 + (F_3 - F_x). \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерді бірге шешіп, алатынымыз $F_x = 2(F_3 - F_1)$. Бізде $F_3 = 1600 \text{ кГ} = 1600 \cdot 9,81 \text{ н}$, $F_1 = 1200 \text{ кГ} = 1200 \cdot 9,81 \text{ н}$. Онда $F_x = 7,85 \cdot 10^3 \text{ н} = 800 \text{ кГ}$.

2.2. 1) Жоғары қарай көтерілетін жүкке екі күш әсер етеді: төмен қарай бағытталған жүктің салмағы P және жоғары бағытталған жіптің керілу күші T . Жоғары көтерілетін жүкке Ньютоның екінші заңын қолдана отырып, $ma = T - P$ екенін табамыз, бұдан ізден отырған жіптің керілу күші

$$T = ma + P = m(a + g). \quad (1)$$

Бізде $m = 1 \text{ кг}$, $a = 5 \text{ м/сек}^2$ және $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$. Осы берілгендерді (1) теңдеуге қойып, мынаны табамыз. $T = 14,8 \text{ н} = 1,51 \text{ кГ}$

2) Төмен қарай түстетін жүкке ауырлық күші P (төмен қарай) мен жіптің керілу күші T (жоғары қарай) әсер етеді. Сондықтан, $ma = P - T$, бұдан

$$T = m(g - a). \quad (2)$$

Егер жүк төмен қарай g үдеуімен түссе (жүктің еркін төмен түсі), яғни егер $a = g$ болса, онда біздің күткеніміздей жіптің керілуі нольге тең болады. Берілген сан мәндерді (2)-ге қойып, мынаны аламыз: $T = 4,8 \text{ н} = 0,49 \text{ кГ}$

2.3. $a = 1,25 \text{ м/сек}^2$

2.4. 1) $a = 4,9 \text{ м/сек}^2$ (лифт жоғары көтеріледі); 2) $a = 2,45 \text{ м/сек}^2$ (лифт төмен түседі).

2.5. $a_2 = 13,8 \text{ м/сек}^2$

2.6. Есепті: немесе Ньютоның екінші заңын, немесе энергияның сақталу заңын қолдана отырып, екі тәсілмен шешуге болады:

1) Ньютоның екінші заңы бойынша

$$F = ma, \quad (1)$$

мұндағы F — тежеуші күш, m — автомобильдің массасы, ал a — оның үдеуі (карастырып отырган жағдайда теріс болады). Автомобильдің қозғалысы бір қалыпты баяу қозғалыс болғандықтан, бір қалыпты

айнымалы қозғалыс кинематикасының тендеуінен мынаны алу қыншемес:

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (2)$$

және

$$v_0 = \frac{2s}{t}. \quad (3)$$

(1.17 есептің шешуін қараңыздар). (2) тендеуді (1) тендеуге қойып мынаны аламыз:

$$F = \frac{2sm}{t^2}. \quad (4)$$

Бізде $s=25 \text{ м}$, $m=1020 \text{ кг}$, ал $t=5 \text{ сек}$. Осы берілгендерді (3) пен (4)-ке қойып, алғынымыз $v_0=10 \text{ м/сек}=36 \text{ км/сағ}$, ал $F=2040 \text{ н}=208 \text{ кН}$

2) Автомобилді тежегендегі оның кинетикалық энергиясы тежеу күшіне қарсы жұмсалатын жұмысқа айналады, яғни

$$\frac{mv_0^2}{2} = Fs. \quad (5)$$

ал кинетикалық тендеуінен

$$v_0 = \frac{2s}{t}. \quad (3)$$

(3) тендеуді (5) тендеуге қойып, ілгергідегідей тендеу аламыз

$$F = \frac{2sm}{t^2}. \quad (4)$$

2.7. $F=2,77 \cdot 10^4 \text{ н}$.

2.8. 1) $F=3000 \text{ н}$; 2) $F=3,0 \cdot 10^4 \text{ н}$; 3) $F=3,0 \cdot 10^5 \text{ н}$.

2.9. Вагонға түсірілетін күш, біріншіден, үйкелістің әсеріне қарсы, екіншіден, вагонға ұдеу беру үшін жұмсалады, яғни $F=F_{\text{үй}}+F_{\text{уд}}$. Ал $F_{\text{үй}}=kP$, мұндағы P — вагонның салмағы және k — үйкеліс коэф-

фициенті, $F_{\text{уд}}=ma=\frac{P}{g}a$. Сонымен $F=kP+\frac{P}{g}a$. Ал вагон бір қалыпты үдей қозғалғандықтан, $s=\frac{at^2}{2}$ болады. Осыдан $a=\frac{2s}{t^2}$, ендесінде $F=kP+\frac{2Ps}{gt^2}$. Бізде $k=0,05$, $P=16T=16 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \text{ н}$, $s=11 \text{ м}$, $g=9,81 \text{ м/сек}^2$ және $t=30 \text{ сек}$. Осы берілгендерді формулага қойып, мынаны аламыз: $F=8200 \text{ н}$.

2.10. $v_0=11,75 \text{ м/сек}$.

2.11. 1) $F=6000 \text{ н}$; 2) 50 сек-тан кейін; 3) $s=375 \text{ м}$.

2.12. Ньютоның екінші заңы бойынша $F=ma$, бірақ $a=\frac{dv}{dt}$
 Бізде $v=\frac{ds}{dt}=-B+2Ct-3Dt^2$, олай болса, $a=\frac{dv}{dt}=2C-6Dt$.
 Сонда

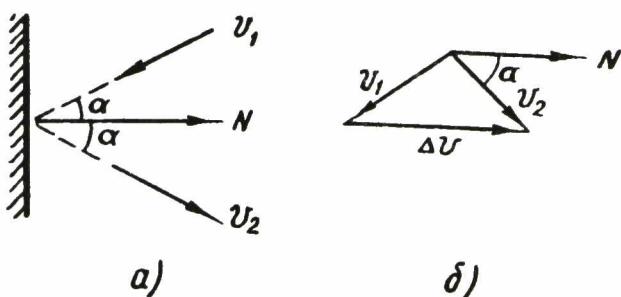
$$F=ma=m(2C-6Dt)=0,5(10-6t) \text{ н.} \quad (1)$$

(1) теңдеу F күшінің t уақытқа тәуелділігін көрсетеді. Бірінші секундтың аяғында $F=2$ н болады.

2.13. $m=4,9$ кг. 2.14. $F=-0,123$ н.

2.15. $F\Delta t=5,6 \cdot 10^{-23}$ н·сек.

2.16. Ньютоның екінші заңы бойынша $F\Delta t=m\Delta v$ болады, мұндагы Δv — векторлық айырма. Нормальдың қабырганың сыртына

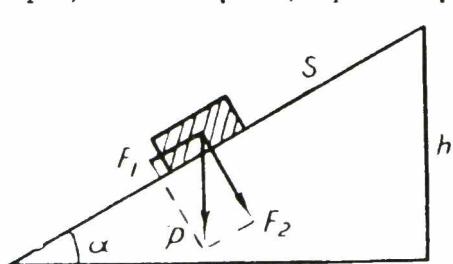


75-сурет.

қарай алғынған бағытын оц дең есептей (75-сурет), алатынымыз $\Delta v=v_2 \cos \alpha - (-v_1 \cos \alpha) = v_2 \cos \alpha + v_1 \cos \alpha$. Ал есентің шарты бойынша $v_1=v_2=v$, сонда $\Delta v=2v \cos \alpha$. Сөйтіп, $F\Delta t=2mv \cos \alpha=2,8 \cdot 10^{-23}$ н·сек.

2.17. 0,51 сек. 2.18. $F=86$ н.

Нұсқау. Уақыт t ішінде, ұзындығы $l=vt$ және көлденең қимасы S болатын цилиндр ішіндегі су қабырғаға соғылатындығын ескеру керек, яғни $m=\rho Svt$, мұндагы ρ — судың тығыздығы.



76-сурет.

2.19. 1) $v_{\max}=21,6$ км/сағ; 2) $t=73$ сек; 3) $a=-0,098$ м/сек²; 4) $s=218$ м.

2.20. 1) $F_1=980$ н; 2) $F_2=3000$ н.

2.21. $\alpha=14^\circ$

Нұсқау. Тен әсерлі ауырлық күші мен инерция күшінің сүйкіткішінен бетіне перпендикуляр бағыта болатынын ескеру керек.

2.22. $\alpha=6^\circ 30'$

2.23. $k=0,15$.

2.24. Арқанның бірлік ұзындығының салмагын P_0 арқылы белгілейміз. Онда арқанның төмен салбыраш тұратын бөлігі $P_1=P_0 \cdot 0,25 l$ болады. Бұл салмақ арқанның стол үстінде жатқан болігіне әсер етсе-

тін үйкеліс күшімен теңгеріледі, $F_{\text{үйк}} = kP_0 0,75l$. Сонымен, $P_0 0,25l = kP_0 0,75l$, бұдан $k = \frac{0,25}{0,75} = 0,33$.

2.25. 1) Тауға көтеріліп келе жатқан автомобиль моторының өндіретін күші үйкеліс күші мен ауырлық күшінің жолға параллель болатын құраушы күшін женуге жұмсалады (76-суретті қарандыздар): $F = F_{\text{үйк}} + F_1$, және де $F_{\text{үйк}} = kF_2 = kP \cos \alpha$, $F_1 = P \sin \alpha$. Сонымен, тартылу күші

$$F = P(k \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (1)$$

Есептің берілген сан мәндерін қойып және $\sin \alpha \approx 0,04$, ескере отырып, мынаны аламыз: $F = 1370 \text{ н}$.

2) Автомобилдің таудан тәмен қарай түскен жағдайында, $F = P(k \cos \alpha - \sin \alpha) = 590 \text{ н}$ болады. Егер үйкеліс күші ауырлық күшінің жолға параллель құраушысынан кіші болса, яғни егер $Pk \cos \alpha < P \sin \alpha$ болса, онда $F < 0$ болады. Бұл жағдайда, автомобильдің бір калыпты таудан түсін жүзеге асыру үшін, кідіртпе күш әсер ету керек болады. Бұл күш болмаса автомобиль таудан тәмен қарай $a = g(\sin \alpha - k \cos \alpha)$ үдеумен қозғалады.

2.26. $F = 2370 \text{ н}$.

2.27. 1) $k \leq 0,07$; 2) $a = 0,39 \text{ м/сек}^2$; 3) $t = 22,7 \text{ сек}$; 4) $v = 8,85 \text{ м/сек}$.

2.28. $k = \operatorname{tg} \alpha - \frac{v^2}{2gs \cos \alpha} = 0,2$. **2.29.** $k = 0,5$.

2.30. 1) $P_1 - P_2$ күш екі гирге де үдеу береді

$$a = \frac{P_1 + P_2}{m_1 + m_2} = \frac{g(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}. \quad (1)$$

Есептің берілген сан мәндерін қойсақ $a = 3,27 \text{ м/сек}^2$.

2) P_1 және P_2 гир қозғалыстарының тендеуі сәйкес былай жазылады:

$$m_1 a = m_1 g - T_1, \quad (2)$$

$$m_2 a = T_2 - m_2 g \quad (3)$$

(2.2 есептің шешуін қарандыздар). (1), (2) және (3) тендеулерден мынаны алу қыны емес

$$T_1 = T_2 = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} = 13,0 \text{ н.}$$

$$2.31. \quad 1) \quad a = \frac{g(m_1 - km_2)}{m_1 + m_2} = 4,4 \text{ м/сек}^2;$$

$$2) \quad T_1 - T_2 = \frac{m_1 m_2 g (1 + k)}{m_1 + m_2} = 5,4 \text{ н.}$$

$$2.32. \quad 1) \quad a = \frac{(m_1 - m_2 \sin \alpha) g}{m_1 + m_2} = 2,45 \text{ м/сек}^2;$$

$$2) \quad T_1 - T_2 = \frac{m_1 m_2 g (1 + \sin \alpha)}{m_1 + m_2} = 7,35 \text{ н.}$$

$$2.33. \quad 1) \quad a = \frac{[m_1 - m_2 (\sin \alpha + k \cos \alpha)] g}{m_1 + m_2} = 2,02 \text{ м/сек}^2;$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 g [1 + (\sin \alpha + k \cos \alpha)]}{m_1 + m_2} = 7,77 \text{ н.}$$

$$2.34. \quad 1) \quad a = \frac{(m_1 \sin \beta - m_2 \sin \alpha) g}{m_1 + m_2} = 1,02 \text{ м/сек}^2;$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 g (\sin \alpha + \sin \beta)}{m_1 + m_2} = 5,9 \text{ н.}$$

$$2.35. \quad 1) \quad a = \frac{[m_1 (\sin \beta - k \cos \beta) - m_2 (\sin \alpha + k \cos \alpha)] g}{m_1 + m_2} = \\ = 0,244 \text{ м/сек}^2;$$

$$2) \quad T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 g [\sin \alpha + \sin \beta + k (\cos \alpha - \cos \beta)]}{m_1 + m_2} = \\ = 6,0 \text{ н.}$$

2.36. А жұмысы жүктің потенциал энергиясын өсіруге және оған үдеу беру үшін жұмсалады, яғни $A = mgh + mah = mh(g+a)$, осыдан $a = \frac{A - mgh}{mh}$ болады. Бізде $A = 8 \text{ кГм} = 8 \cdot 9,81 \text{ дж}$, $m = 2 \text{ кг}$, $h = 1 \text{ м}$.

Осы берілгендерді формулаға қойып, мышаны аламыз: $a = 29,4 \text{ м/сек}^2$.

2.37. 10 есе. **2.38.** 1) $A_1 = 21,0 \text{ дж}$; 2) $A_2 = 64,0 \text{ дж}$.

2.39. $\Delta L = -3,5 \text{ кг} \cdot \text{м/сек}$. **2.40.** $k = 0,01$.

2.41. 1) $A = 2,25 \cdot 10^6 \text{ дж}$; 2) $s = 375 \text{ м}$. **2.42.** $v \ll 50 \text{ км/сар}$.

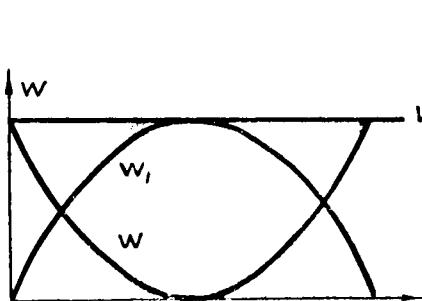
2.43. $k = 0,05$. **2.44.** $A = 35,6 \text{ дж}$. **2.45.** $m = 0,06 \text{ кг}$.

2.46. Двигательдің N орташа қуаты кезінде және қозғалыстың орташа жылдамдығы v болғанда, автомобильдің s қашықтыққа орын ауыстырган кезде двигательдің жасаған жұмысы $A = \frac{Nt}{\eta} = \frac{Ns}{\eta v}$ мұндағы η — двигательдің п. э. коэффициенті. Осы жұмысты істеуге жұмсалатын бензиннің мөлшері $m = \frac{A}{q} = \frac{Ns}{q\eta v}$, мұндағы q — бензиннің жылу шыгарғыштық қасиеті. Бізде $N = 15 \text{ а.к.} = 15 \cdot 736 \text{ вт}$, $s = 10^5 \text{ м}$, $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ дж/кг}$, $\eta = 0,22$ және $v = 30 \text{ км/сар} = 8,35 \text{ м/сек}$. Осы берілгендерді формулаға қойып, мышаны аламыз: $m = 13 \text{ кг}$.

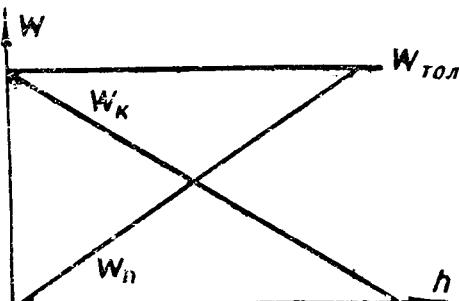
2.47. $\eta = 0,22$.

2.48. 77-суретте вертикаль жоғары лақтырылған тастың кинетикалық, потенциалдық және толық энергиясының уақытқа байланысты сипаттамасы берілген.

2.49. 78-суретте вертикаль жоғары лақтырылған тастың кинетикалық, потенциалдық және толық энергиясының қашықтыққа байланыстырылғышының сипаттамасы берілген.



77-сурет.



78-сурет.

$$2.50 \quad W_k = W_n = 98,1 \text{ дж.}$$

$$2.51. \quad W_k = 32,2 \text{ дж}, \quad W_n = 39,4 \text{ дж.}$$

$$2.52. \quad 1) \quad W'_k = 6,6 \text{ дж}, \quad W'_n = 15,9 \text{ дж}, \quad W'_{\text{тол}} = 22,5 \text{ дж};$$

$$2) \quad W''_k = 5,7 \text{ дж}, \quad W''_{\text{тол}} = 16,8 \text{ дж}, \quad W'''_{\text{тол}} = 22,5 \text{ дж.}$$

Энергияның сақталу заңы бойынша $W_{\text{тол}} = W''_{\text{тол}} = 22,5 \text{ дж}$ болатынын атап кетеміз.

$$2.53. \quad t = 1,5 \text{ сек}, \quad s_x = 19,1 \text{ м.} \quad 2.54. \quad a_t = 0,1 \text{ м/сек}^2.$$

2.55. Денесің көлбейу жазықтықтың бетімен сырғанаған кездегі потенциал энергиясы кинетикалық энергияға ауысып және үйкеліс күшіне қарсы істелетін жұмысқа айналады, яғни $mgh = \frac{mv^2}{2} + F_{\text{үйк}} l$.

Бірақ $h = l \sin \alpha$, $F_{\text{үйк}} = kmg \cos \alpha$, мұндагы k — үйкеліс коэффициенті және α — жазықтықтың көлбейу бұрышы.

1) $W_k = \frac{mv^2}{2} = mgh - F_{\text{үйк}}l = mgl(\sin \alpha - k \cos \alpha)$. Біздің $\sin \alpha = \frac{h}{l} = 0,1$, яғни $\alpha = 5^\circ 44'$, олай болса, $\cos \alpha = 0,995$. Есептің берілген сан мәндерін орнына қойсақ $W_k = 4,9 \text{ дж}$.

$$2) \quad v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}} = 3,1 \text{ м/сек,}$$

3) Денесің көлбейу жазықтықтың табанындағы кинетикалық энергиясы, жолдың горизонталь бөлігіндегі үйкеліс күшке қарсы істелетін жұмысқа айналады, яғни $W_k = F_{\text{үйк}}s = kmg s$, бұдан $s = \frac{W_k}{kmg} = 10 \text{ м.}$

2.56. $k=0,07$. 2.57. 1) $k=0,22$; 2) $Q=5,7$ дж.

2.58. 1) $A=7 \cdot 10^6$ дж; 2) $N=29,4$ квт.

2.59. Автомобильдің двигателімен өндірілген қуатты мынадай формуламен анықтауга болады:

$$N=Fv=kPv.$$

1) Автомобильдің горизонталь жолмен қозгалған кезінде

$$N=kPv=6,9 \text{ квт}.$$

2) Тауға қарай қозгалған кезде автомобильге үйкеліс күші мен ауырлық күшінің жолға параллель болатын құраушысын жеңуге тұра келеді (2.25 есептің шешуін қараңыздар), яғни $F=P(k \cos \alpha + \sin \alpha)$. Олай болса, $N=Pv(k \cos \alpha + \sin \alpha)$. Бізде $\sin \alpha=0,05$. α -ның өте кішкене болатындығына байланысты $\cos \alpha \approx 1$ деп алуга болады онда $N=11,8$ квт.

3) Автомобиль таудан тәмен қарай қозгалған кездегі двигательдің өндіретін қуаты $N=Pv(k \cos \alpha - \sin \alpha)=1,98$ квт-қа тең болады.

2.60. Автомобиль таудың басынан тәмен қарай, сөндірілген мотормен тұракты жылдамдықпен қозгалу үшін үйкеліс күші ауырлық күшінің жолға параллель болатын құраушысына тең болу керек, яғни $kmg \cos \alpha = mg \sin \alpha$, бұдан $k=\tan \alpha$. Тауға қарай қозгалған автомобильдің өндіретін қуаты мына формуламен анықталады: $N=Fv=Pv(k \cos \alpha + \sin \alpha)$. Осы формулаға $k=\tan \alpha$ қойып, мынаны аламыз: $N=Pv \cdot 2 \sin \alpha=11,8$ квт.

2.61. 1) Платформаның қозгалмаған кезіндегі жермен салыстырғандағы снарядтың бастапқы жылдамдығы, оның зеңбірекпен салыстырғандағы жылдамдығына тең болады. Қозгалыс мөлшерінің сақталу заңы бойынша

$$(m_1+m_2+m_3)v_1=m_3v_0+(m_1+m_2)v_x, \quad (1)$$

мұндағы m_1 — платформаның массасы, m_2 — зеңбіректің массасы, ал m_3 — снарядтың массасы. Караптырып отырған жағдайда $v_1=0$. Ендесе (1) теңдеу

$$v_x=-\frac{m_3v_0}{m_1+m_2}=-3,33 \text{ м/сек}=-12 \text{ км/сар}.$$

«минус» таңбасы, егер снарядтың қозгалысының бағытын он деп, яғни $v_0>0$ деп алсақ, онда $v_x<0$, платформа снарядтың қозгалыс бағытына қарсы бағытта қозгалатындығын көрсетеді.

2) Егер зеңбірек платформаның қозгалатыш бағытына қарай атылған болса, онда жермен салыстырғанда снарядтың бастапқы жылдамдығы мынаған тең болады: $v_2=v_0+v_1$, онда қозгалыс мөлшерінің сақталу заңы мынаны береді:

$$(m_1+m_2+m_3)v_1=m_3(v_0+v_1)+(m_1+m_2)v_x, \quad (2)$$

немесе

$$v_x=\frac{(m_1+m_2+m_3)v_1-m_3(v_0+v_1)}{m_1+m_2}-6 \text{ км/сар}.$$

$v_x>0$, яғни платформа да сол бағытқа қарай азайған жылдамдықпен қозгалатындығын атап кетеміз.

3) Егер зеңбірек платформаң қозғалатын бағытына қарсы бағытта атылған болса, онда $v_0 > 0$ болғанда $v_1 < 0$ болады. Онда (2) теңдеу мына түрде болады:

$$-(m_1 + m_2 + m_3)v_1 = m_3(v_0 - v_1) + (m_1 + m_2)v_x,$$

немесе

$$v_x = \frac{-(m_1 + m_2 + m_3)v_1 - m_3(v_0 - v_1)}{m_1 + m_2} = -30 \text{ км/сағ.}$$

v_x мен v_1 бір жаққа қарай бағытталғандығын ($v_x < 0$ және $v_1 < 0$) атап кетеміз, олай болса, платформада сол бағытқа қарай, онда да артып отыратын жылдамдықпен қозғалатын болады.

2.62. $v = 0,6 \text{ м/сек.}$ 2.63. 1) $v = 5,14 \text{ км/сағ.}$ 2) $v = 1,71 \text{ км/сағ.}$

2.64. 1) $v = 17,8 \text{ км/сағ.}$ 2) $v = 53,5 \text{ км/сағ.}$ 3) $v = -17,8 \text{ км/сағ.}$ «Минус» таңбасы вагонның аз жылдамдықпен снарядқа қарсы бағытта қозғала беретіндігін көрсетеді.

2.65. $v = -12,5 \text{ м/сек.}$

2.66. 1) $0,67 \text{ м/сек.}$ 2) $0,83 \text{ м/сек.}$ 3) $0,5 \text{ м/сек.}$ 2.67. $s = 0,3 \text{ м.}$

2.68. $W_k = 49 \text{ дж.}$ 2.69. $\Delta t = 0,58 \text{ сек.}$ 2.70. $\bar{F} = 20 \text{ н.}$ 2.71. 1) 284 м. 2) 71 м. 3) 1770 м. 2.72. $W_k = 1,5 \cdot 10^5 \text{ дж.}$ 2.73. 1) $v_1 = v_2 = 1,8 \text{ м/сек.}$ 2) $v_1 = 0,6 \text{ м/сек}$ және $v_2 = 2,6 \text{ м/сек.}$

$$2.74. \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}.$$

2.75. Бірінші дененің соғылуға дейінгі кинетикалық энергиясы $W_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$ болады. Серпімсіз соғылудан кейін екі дене де жалпы жылдамдықпен $v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$ қозғала бастайды. Соғылғаннан кейінгі

екі дененің де кинетикалық энергиясы $W_2 = \frac{(m_1 + m_2)v_2^2}{2} = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$ болады. Олардың айырымы $W_1 - W_2$ соғылған уақыттағы белгінің шыққан жылу мөлшеріне тең болады: $Q = \Delta W = \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$. Есептегі берілген сан мәндерді орнына қойып, мынаны аламыз: $Q = 12 \text{ дж.}$

2.76. $W_1 = 5,62 \text{ дж.}$ $W_2 = 0,62 \text{ дж.}$ 2.77. $W = 7,5 \text{ дж.}$

2.78. 1,25 есе. 2.79. 1) $h_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$ $h_2 = 0,08 \text{ м.}$ 2) $h = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$

2.80. $v = 550 \text{ м/сек.}$ 2.81. $l = 0,64 \text{ м.}$

2.82. $Q = 0,188 \text{ дж} = 0,045 \text{ кал.}$ 2.83. $L = 0,75 \text{ н.сек.}$

2.84. 1) $h = 0,5 \text{ м.}$ 2) $Q = 1,48 \text{ дж.}$

2.85. h_1 биіктікten v_1 жылдамдықпен құлап түскен шарик еденге соғылып, одан $v_2 = kv_1$ жылдамдықпен қайтадан секіріп кетеді, мұндағы k — қалына келу коэффициенті. $mgh_1 = \frac{mv_1^2}{2}$ және $mgh_2 = \frac{mv_2^2}{2}$

болғандықтан, $\frac{h_2}{h_1} = \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{k^2 v_1^2}{v_1^2} = k^2$ болады, яғни $h_2 = k^2 h$. Шариктің төмен қарай құлай бастағанынан екінші рет еденге согылуыша дейінгі уақыт $t = t_1 + 2t_2$, мұндағы t_1 — шариктің h_1 биіктікten құлауға кеткен уақыты, ал t_2 — шариктің h_2 биіктікten құлау уақыты. $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ және $t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = k \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ болғандықтан, $t = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} (1+2k)$ болады, бұдан $k = \frac{t - \sqrt{\frac{2h_1}{g}}}{2 \sqrt{\frac{2h_1}{g}}}$. Бізде $\sqrt{\frac{2h_1}{g}} = 0,45$ сек, $t = 1,3$ сек.

Осы берілген сан мәндерді орнына қойып, мынаны табамыз $k = 0,94$.

2.86. 1) $h = 0,84$ м; 2) $t = 1,4$ сек. 2.87. $k = 0,9$.

2.88. 1) $L = 0,17$ н · сек; 2) $Q = 37,2 \cdot 10^{-3}$ дж.

2.89. Соғылғанға дейінгі бірінші дененің кинетикалық энергиясы $W_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$, ал екінші дененің соғылғанға дейінгі кинетикалық энергиясы $W_2 = 0$. Соғылысқаннан кейінгі екі дененің де кинетикалық энергиясы $W = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2}$, мұндағы u — денелердің жалпы ортақ жылдамдығы, ол $u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$ -ге тең болады. Олай болса, $W = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$. Сонда соғылысқан уақыттағы жылууга айналған кинетикалық энергия мынаған тен: $W_1 - W = \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}\right)$.

Іздеп отырған қатынас $\frac{W_1 - W}{W_1} = 1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$.

1) Егер $m_1 = m_2$ болса, онда $\frac{W_1 - W}{W_1} = 0,5$ болады;

2) Егер $m_1 = 9m_2$ болса, онда $\frac{W_1 - W}{W_1} = 0,1$ болады.

2.90. Бірінші дененің соғылысқанға дейінгі кинетикалық энергиясы $W_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$. Соғылысқанға дейінгі екінші дененің кинетикалық энергиясы $W_2 = 0$. Соғылысқаннан, кейін екінші дененің алған кинетикалық энергиясы $W'_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2}$; мұндағы $v_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$. Сонымен, бірінші дененің екінші денеге берген кинетикалық энергиясы $W'_2 = \frac{m_2}{2} \left(\frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}\right)^2$. Іздеп отырған қатынас $\frac{W'_2}{W_1} = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}$

1) $m_1=m_2$ болғанда қатынас $\frac{W'_2}{W'_1}=1$ болады; 2) ал $m_1=9m_2$ болғанда $\frac{W'_2}{W'_1}=0,36$ аламыз.

$$2.91. 1) \frac{m_1}{m_2}=5; \quad 2) W_2=\frac{5}{9} \text{ кдж.}$$

$$2.92. 1,4 \text{ есе.}$$

$$2.93. 1) \frac{\Delta v}{v}=\frac{2}{13}; \quad 2) \frac{\Delta v}{v}=\frac{2}{236}.$$

$$2.94. x=\frac{\frac{mv^2}{R}}{mg}=\frac{v^2}{Rg}=\frac{\omega^2 R}{g}=0,34\%.$$

2.95. 1 сар 25 мин. 2.96. $F=245$ н.

2.97. 1) $v=2,43$ м/сек; 2) ең жоғарғы нүктеде $T=0$, ал ең төмсілгі нүктеде $T=39,2$ н.

$$2.98. v=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{9g}{l}}=2,1 \text{ айн/сек.}$$

2.99. $m=0,5$ кг.

2.100. $v=59$ айн/мин.

2.101. $T=1,96$ н. 2.102. $k=0,2$.

2.103. 1) $R_1=1600$ м; 2) $R_2=711$ м.

2.104. $\alpha=22^\circ$ 2.105. $\alpha=1^\circ$

2.106. 1) $v_1=2$ айн/сек; 2) $v_2=1,5$ айн/сек.

2.107. $v=47$ км/сағ.

2.108. Маятниктің тепе-тендік қалыпташ

өткен моменттегі керілуі $F=mg+\frac{mv^2}{l}$ Бұдан басқа, $mgh=\frac{mv^2}{2}$, осыдан $v=\sqrt{2gh}$. Бірақ (79-сурет) $h=l-l \cos \alpha=l(1-\cos \alpha)$. Ендеше, $\frac{mv^2}{l}=\frac{m}{l} 2gh=\frac{m}{l} 2gl(1-\cos \alpha)=2mg(1-\cos \alpha)$ және $F=mg[1+2(1-\cos \alpha)]=12,4$ н.

2.109. 1) $\alpha=45^\circ 34'$; 2) $T=632$ н; 3) $v=6$ м/сек.

2.110. 1) $\alpha=60^\circ$; 2) 2,3 есе.

2.111. $T=3P$. 2.112. $\alpha=60^\circ$. 2.113. $h=2$ м.

2.114. Судың бүйірлік қысымы

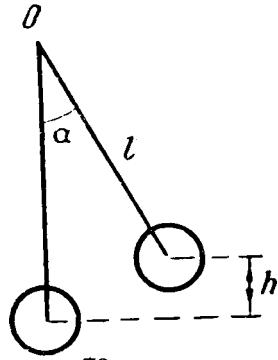
$$F=\frac{F}{ld}, \quad (1)$$

мұндағы F — центрден тепкіш күш, d — трубаның диаметрі және l — трубаның қысым түсетін бөлігінің ұзындығы. Сонда

$$F=\frac{mv^2}{R}, \quad (2)$$

мұндағы

$$m=\rho l S \quad (3)$$



79-сурет.

Sl — көлемдегі судың массасы (S — трубаның көлденең қимасының ауданы, ρ — судың тығыздығы). Судың ағу жылдамдығы мынадай формуламен анықталады: $v = \frac{M}{\rho S t}$ (4), мұндагы M — трубаның S көлденең қимасы арқылы t уақыттың ішінде ағып өтетін судың массасы. (2), (3) және (4) тендеулерді (1) тендеуге қойып алғынымыз $p = \frac{M^2}{R_p d S t^2}$, немесе есептегі берілген сан мәндерді орнына қойып, мынаны аламыз: $p = 56,0 \text{ н/м}^2$.

2.115. $p = 1250 \text{ н/м}^2$.

2.116. Пружина сығылғанда істелінген жұмыс мына формуламен анықталады:

$$A = - \int_0^S F ds, \quad (1)$$

мұндагы s — сығылу. Шарт бойынша күш сығылуға пропорционал, яғни

$$F = -ks, \quad (2)$$

мұндагы k — деформация коэффициенті, ол пружинаның қаттылық дәрежесімен анықталады, сан мәні бірлік сығылудан шығатын күшке тең болады. (2) тендеуді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз:

$$A = \int_0^S ks ds = \frac{ks^2}{2} \quad \text{Біздегі } k = \frac{29,4}{0,01} \text{ н/м} = 2940 \text{ н/м}, \quad s = 0,2 \text{ м}. \quad \text{Осы}$$

берілгендерді орнына қойсақ $A = 58,8 \text{ дж}$.

2.117. Статикалық майысда $P = kx_0$, мұндагы P — жүктің салмағы. Бұдан $k = \frac{P}{x_0}$. Осы жүк h биектікten қулаған кезде $P(h+x) = \frac{kx^2}{2} = \frac{Px^2}{2x_0}$ немесе $x^2 - 2x_0x - 2x_0h = 0$ болады. Осы тендеуді шешіп, мынаны табамыз: $x = x_0 \pm \sqrt{x_0^2 + 2x_0h}$. 1) егер $h = 0$ болса, онда $x = 2x_0 = 4 \text{ см}$; 2) егер $h = 100 \text{ см}$ болса, онда $x = 22,1 \text{ см}$ болады.

2.118. $h_1 = 1,23 \text{ м}$. 2.119. 10 бөлік. 2.120. 7,4 кГ.

2.121. $v = 3,6 \text{ км/сағ}$. 2.122. $v = 22,1 \text{ м/сек}$. 2.123. $\frac{W_1}{W_2} = \frac{k_2}{k_1}$.

2.124. $l = \frac{k_2 L}{k_1 + k_2} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, яғни жүкті бірінші пружинадан 6 см қашықтықта іліп қою керек.

2.125. $F = \frac{m \Delta x}{(\Delta t)^2} = 13,7 \text{ н}$.

2.126. Жіптің керілуі (80-суретті караңыздар). $T = \frac{P}{\cos \alpha} = 5,7 \text{ н-га}$ тең. Бұл керілу T , жіптің Δl ұзындыққа созылуын тұғызады, ал

$T = k \Delta l$ болады. Осыдан $\Delta l = \frac{T}{k} = 9,5 \cdot 10^{-3}$ м. 80-суреттен мынаны көреміз:

$$\frac{l}{R} = \frac{T}{F}. \quad (1)$$

Бірақ

$$F = T \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} = 4\pi^2 v^2 m R. \quad (2)$$

(1) және (2)-тәндеулерден мынаны аламыз: $l = \frac{T}{4\pi^2 v^2 m} = 7,25 \cdot 10^{-2}$ м.

Сонымен резинка жілтің созылғаннан кейінгі ұзындығы $l = 72,5 \cdot 10^{-3}$ м-ге тең, ал оның созылуға дейінгі ұзындығы $l_0 = l - \Delta l = 63 \cdot 10^{-3}$ м = 6,3 см.

2.127. $l = 10,8$ см.

Нұсқау. Жоғары көтерілгеи жүктің потенциалдық энергиясы жілтің керілу жұмысына және жүктің кинетикалық энергиясына ауысады.

2.128. Егер доптың салмағы Архимед күшімен тәнгерілетін болса, доптепе-тәндік жағдайда жүзіп жүреді, яғни $P = f_{Apx}$ немесе

$$mg = \rho_0 v_0 g, \quad (1)$$

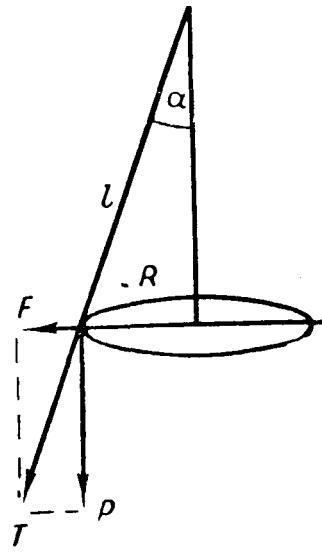
мұндағы v_0 — тепе-тәндік жағдайда судың ішінде тұрған биіктігі h шар сегментінің көлемі; ρ_0 — судың тығыздығы; m — доптың массасы. Шынында, $H + h = R$, яғни доптың радиусына тең. Егер допты судың ішіне x қашықтықта батырсақ, онда Архимедтің күші доптың салмағынан артып кетеді де, допты судан ығыстырып шыгаратын қорытқы күш мынаған тең болады:

$$f_x = f'_{Apx} - mg. \quad (2)$$

Осы күшке де f_x қарсы жұмыс істеліну керек. Расында

$$f'_{Apx} = \rho_0 v_1 g, \quad (3)$$

мұндағы $v_1 = (h+x)$ биіктікегі шар сегментінің көлемі. (1), (2) және (3) тәндеулерден алғынымыз $f_x = \rho_0 v_1 g - \rho_0 v_0 g = \rho_0 g (v_1 - v_0) = \rho_0 g v_x$, мұндағы $v_x = x$ биіктікегі шар қабатының көлемі. Биіктігі l шар сегментінің көлемі $v = \frac{1}{3} \pi l^2 (3R - l)$ болатыны бізге белгілі,



80-сурет.

мұндағы R — шардың радиусы. Осыдан шар қабатының көлемі $v_x = v_1 - v_0 = \frac{1}{3}\pi(x+h)^2[3R-(x+h)] - \frac{1}{3}\pi h^2(3R-h)$.

Ендеше

$$f_x = \rho_0 g v_x = \frac{\rho_0 g \pi}{3} [3R(x+h)^2 - (x+h)^3 - h^2(3R-h)]. \quad (4)$$

Допты диаметрлік жазықтықта дейін суга батыргандағы осы қүшке қарсы істелетін жұмыс мынаған тең болды:

$$A = \int_0^H f_x dx. \quad (5)$$

(4) теңдеуді (5) теңдеуге қойып, интегралдан және $H+h=R$ екенін еске ала отырып, есептің берілген сан мәндерін қойып, мынаны аладыз: $A=0,74$ дж.

2.129. $A=0,17$ дж (2.128 есептің шешуін қараңыздар).

2.130. $A=0,84$ дж (2.128 есептің шешуін қараңыздар).

2.131. $A = \frac{SgH^2 (\rho_0 - \rho_1)^2}{2\rho_0} = 7,84$ дж. Мұнда ρ_0 — судың тығыздығы, ал ρ_1 — мұздың тығыздығы.

2.132. $F=1,86 \cdot 10^{-44}$ Н. 2.133. $W=-3,8 \cdot 10^{-10}$ дж.

2.134. $\gamma = \frac{3g}{4\pi\rho R} = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{сек}^2$.

2.135.

Планеталар	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	Планеталар	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$
Меркурий	5500	Юпитер	1320
Шолпан	4800	Сатурн	710
Жер	5500	Уран	1260
Марс	3900	Нептун	1600

2.136. Жер бетінен $3,4 \cdot 10^5$ км қашықтықта ракета Жерге және Айға бірдей күшпен тартылады.

2.137. $g_A = 0,165 \text{ гж}$.

2.138. Математикалық маятниктің тербеліс периоды 2,46 сесе өседі.

2.139. Жер мен деңгейлік арасындағы тартылу күші $F=\gamma \frac{mM}{R^2}$ мұндағы m — деңгейлік массасы, M — Жердің массасы және R — олардың ара қашықтығы. Жердің бетінен жақын жердегі R Жердің радиусына тең болады да $F=mg$ болады. Сонда

$$F = mg = \gamma \frac{mM}{R^2}. \quad (1)$$

Дене Жердің айналасында дөңгелек орбитамен қозғалғанда, осы айтылған тартылыс күші центрге тартқыш күш болады. Сонымен,

$$F = \frac{mv^2}{R}. \quad (2)$$

Осыдан іздең отырган жылдамдық

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M}{R}} = \sqrt{gR} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/сек} = 7,9 \text{ км/сек.}$$

2.140. Дене Жерден қашықтау үшін, дененің тартылыс күшінің әсерін жеңетін кинетикалық энергиясы жеткілікті болу керек, яғни

$$\frac{mv^2}{2} \geq \gamma \frac{mM}{R}. \quad (1)$$

Ал Жердің бетіне жақын жерде $\frac{\gamma M}{R^2} = g$ (алдыңғы есептің шешуінде-гі (1) теңдеуді қаралызын); сондыктан $\frac{mv^2}{2} \geq mgR$, осыдан іздең отырган жылдамдық $v \geq \sqrt{2gR}$. Есептің берілген сан мәндерін қойып, мынаны аламыз $v \geq 11,2 \text{ км/сек.}$

2.141.

Планеталар	v_1 , км/сек	v_2 , км/сек
Меркурий	3,0	4,25
Шолдан	7,2	10,2
Жер	7,9	11,2
Марс	3,57	5,05
Юпитер	42,6	60,4
Сатурн	25,7	36,4
Уран	15,2	21,5
Нептун	16,6	23,5

2.142. $v = 30 \text{ км/сек.}$

2.143.

h , км	v , км/сек	T
0	7,91	1 сар 25 м
200	7,79	1 сар 28 м
7000	5,46	4 сар 16 м

2.144. 1) $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\gamma\rho}}$, мұндағы ρ — центрдегі дененің тығыздығы; γ — гравитациялық түрліктер.

Планеталар	$T, \text{сар}$	Планеталар	$T, \text{сар}$
Меркурий	1,41	Юпитер	2,86
Шолпан	1,50	Сатурн	3,90
Жер	1,41	Уран	2,94
Марс	1,66	Нептун	2,61

2.145. $a_n = 9,20 \text{ м/сек}^2$. 2.146. $T_1 = 7,8 \text{ сар}, T_2 = 31,2 \text{ сар}$.

2.147. Жердің бетінен 35 800 км қашықтықта.

2.148. $v = 1,7 \text{ км/сек}, T = 1 \text{ сар} 50 \text{ мин.}$

2.149. $v_1 = 1,7 \text{ км/сек}, v_2 = 2,4 \text{ км/сек.}$

2.150. Жердің бетінде

$$F = mg = \gamma \frac{mM}{R^2}, \quad (1)$$

мұндағы R — Жердің радиусы. Жердің бетінен h биіктікте

$$mg_1 = \gamma \frac{mM}{(R+h)^2}. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерден мышаны аламыз:

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{R^2}{(R+h)^2}. \quad (3)$$

(3) теңдеу $\frac{g_1}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$ — қатынасының h биіктікке тәуелділігін береді.

$\frac{g_1}{g} = n$ деп белгілеміз. Оnda (3) теңдеуден $h^2 + 2Rh + \left(R^2 - \frac{R^2}{n}\right) = 0$.

Осы квадрат теңдеуді шеше отырып, табатынымыз $h = -R \pm \frac{R}{\sqrt{n}}$.

h нольден үлкен болғандықтан, табылған шешімді оң таңбамен алу

керек, яғни $h = -R + \frac{R}{\sqrt{n}}$. Бұл жағдайда h әр уақытта да оң болады, өйткені әр уақытта да $n < 1$. $n = 0,25$ орнына қойып, $h = R$ екенін табамыз, яғни Жердің радиусына тәң болатын биіктікте $g_1 = 0,25g$.

Егер, $h \ll R$ болса, онда (3) теңдеуді мыша түрде: $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \approx 1 - \frac{2h}{R}$ жазуга болатындығын көрсетеміз.

2.151. Жердің бетінен 13 600 км қашықтықта.

2.152. 2 есе.

2.153. m — Жердің бетінен h қашықтықта тұрған және оның центрінен r қашықтықта тұрған дененің массасы болсын делік. Есептің шартында берілген нұсқауды ескеріп, мынаны жаза аламыз:
 $F_1 = mg_1 = \gamma \frac{mM_1}{r^2}$, мұндағы M_1 — радиусы r , тығыздығы Жердің тығыздығына тең шардың массасы. $M_1 = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$ болғандықтан, мұндағы ρ — Жердің тығыздығы, $mg_1 = \gamma m \frac{4}{3} \pi r \rho$ болады. Жердің бетінде $F = mg = \gamma \frac{mM}{R^2} = \gamma m \frac{4}{3} \pi R \rho$. Осыдан ізденіп отырған $\frac{g_1}{g}$ катынасының h -ка тәуелділігі $\frac{g_1}{g} = \frac{r}{R} = \frac{R - h}{R}$ болады. $\frac{g_1}{g} = n$ деп белгілейміз, онда $h = R(1 - n)$. Егер $n = 0,25$ болса, онда $h = 0,75R$ болады.

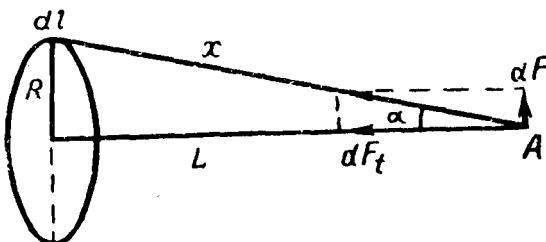
2.154. $h = 2H$.

2.155. Кеплердің үшінші заңы бойынша

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}. \quad (1)$$

Бізге керегі күн системасындағы планеталардың айналып шығу периоды болғандықтан, планета ретінде T_2 және R_2 мәндері белгілі Жерді алған жөн болады (ал, Кеплердің заңын Жердің жасанды спутнигіне қолданғанда, спутниктің орына, әрине T_2 және R_2 мәндері белгілі Айды алған дұрыс). Біздің алғып отырған жағдайымызда $T_2 = 12$ ай, $R_2 = 1,5 \cdot 10^8$ км. Есептің шарты бойынша $R_1 = 1,5 \cdot 10^8$ км + $24 \cdot 10^6$ км = $= 1,74 \cdot 10^8$ км. Сонда (1) тендеуден алғынымыз $T_1 = T_2 \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3} = 15$ ай = 450 күн.

2.156. $v = 27,6$ км/сек; $T = 450$ күн.



81-сурет.

2.157. 1) $R_2 = 1,46 \cdot 10^4$ км; $T_2 = 104$ мин.

2.158. $T = 88$ мин.

2.159. Сақинаның элементін dl алайық (81-сурет). Сақинаның осы элементі мен A нүктесіне қойылған m массасының арасындағы тар-

тынис мынадай болады: $dF = \gamma \frac{m \rho \pi r^2 dl}{x^2}$ Күш dF сақинаның элементі dl мен m массасы жалғастыратын түзудің x бойымен бағытталады. Барлық сақинаның тарту күшін табу үшін, барлық dF күштерді геометриялық қосу керек болады. dF күшін екі dF_n және dF_t құраушыға жіктеге болады. Эрбір диаметрлі орналасқан екі элементтің құраушылары dF_n өз ара бірін-бірі жояды, сонда $F = \int dF_t$ болады. Бірақ $dF_t = dF \cos \alpha = dF \frac{L}{x}$ және

$$F = \int \frac{L}{x} dF = \frac{\gamma m \rho \pi r^2 L}{x^3} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\gamma m \rho \pi r^2 L 2\pi R}{x^3}. \quad (1)$$

Бірақ $x = \sqrt{R^2 + L^2}$ болады да, ақырында

$$F = \frac{2\pi^2 \gamma m \rho r^2 RL}{(R^2 + L^2)^{3/2}}. \quad (2)$$

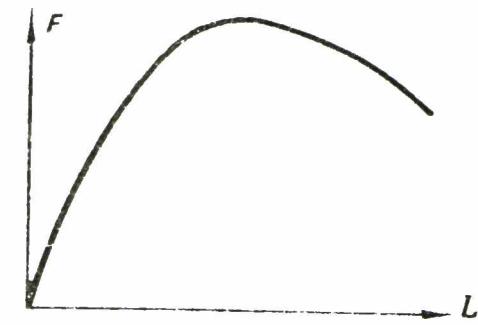
2.160. Осының алдындағы есептің шешуіндегі (2) формуладан, егер $L=0$ болса, онда $F=0$ болатындығы көрінеді. Осыдан L -дің

есуіне қарай, F функцияның ең алдымен өсіп, содан кейін кеми бастайтындығына көз жеткізу қын емес. F функциясының максимумын табамыз. Айнымалы шамаларды x және L а бүрышы арқылы

өрнектейміз: $x = \frac{R}{\sin \alpha}$, $L = x \cos \alpha = \frac{R}{\sin \alpha} \cos \alpha$. Осыдан алдынғы есептің шешуіндегі (2) формуланың түрі мынадай болады:

$$F = \frac{2\pi^2 \gamma m \rho r^2 \cos \alpha \sin^2 \alpha}{R} = A \cos \alpha \sin^2 \alpha.$$

82-сурет



F функциясының максимумын табу үшін $\frac{dF}{d\alpha}$ туынды алып, оны нольге теңдейміз. Сонда

$$\frac{dF}{d\alpha} = A (2 \cos^2 \alpha \sin \alpha - \sin^3 \alpha) \text{ немесе } \operatorname{tg}^2 \alpha = 2.$$

Осыдан F күші максимал болатын қашықтық мынага тең болады: $L = \frac{R}{\sin \alpha} \cos \alpha = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{R}{\sqrt{2}}$. 1) 82-суретте $F=f(L)$ тәуелділігінің

сишаты көрсетілген (абсцисса осінің бойымен L см-ді, ал ордината осінің бойымен — $F \cdot 10^{11}$ н-ды орналастырған қолайлы); 2) $L_{\max} = 14,1$ см; 3) $F_{\max} = 4,33 \cdot 10^{-11}$ н.

2.161. 1,3 есе.

§ 3. Қатты денелердің айналмалы қозғалысы

3.1. 1) $9,7 \cdot 10^{37}$ кг · м²; 2) $7 \cdot 10^{33}$ кг · м²/сек.

3.2. 1) $J_1 = 63,5 \cdot 10^{-3}$ кг · м²; 2) $J_2 = 62,5 \cdot 10^{-3}$ кг · м²; 3) $\delta = 1,6\%$.

3.3. Әсерінен дискі айналатын қорытқы күш моменті мынадаған тен:

$$M = FR - M_{\text{үйк}}. \quad (1)$$

Динамиканың негізгі заңы бойынша бұл күш моменті дененің бүрыштық үдеуімен мынадай тендеу арқылы байланысады:

$$M = J\epsilon, \quad (2)$$

мұндағы

$$J = \frac{mR^2}{2} \quad (3)$$

— дискінің инерция моменті. (1), (2) және (3) тендеулерден дискінің массасын тауып алу қын емес $m = \frac{2(FR - M_{\text{үйк}})}{\epsilon R^2}$. Бізде $F = 98,1$ н; $R = 0,2$ м, $\epsilon = 100$ рад/сек², $M_{\text{үйк}} = 0,5$ кГм = $0,5 \cdot 9,81$ н · м. Осы берілгендерді орындарына қойып, мынаны аламыз $m = 7,36$ кг. Сонымен дискінің салмағы $P = 7,36$ кГ = 72 н-ға тең болады.

3.4. $\epsilon = 2,35$ рад/сек². 3.5. $F = 4,0$ н. 3.6. $M = 100$ н · м.

3.7. 1) $\epsilon = 7,8$ рад/сек²; 2) 1 мин 20 сек-тан кейін.

3.8. $v = 23,4$ айн/сек. 3.9. 1) $M = 513$ н · м; 2) $N = 600$ айн.

3.10. Төмен қарай қозғалған P_1 гирге екі күш әсер етеді: гирдің салмағы P_1 (төмен бағытталған), жіптің керілуі T_1 (жоғары бағытталған). Сондықтан P_1 гир үшін мынаны аламыз:

$$m_1a = m_1g - T_1. \quad (1)$$

Сол сияқты сондай a үдеу мен P_2 гир мына күштердің әсерінен жоғары қарай қозғалады: гирдің салмағы P_2 (төмен бағытталған), жіптің керілуі T_2 (жоғары бағытталған). Сондықтан P_2 гир үшін мынаны аламыз:

$$m_2a = T_2 - m_2g. \quad (2)$$

Блоктың екі жағындағы жіптің керілуі түрліше болады, оның керілуінің $T_1 - T_2$ айрымы блокты айналдыратын моментті тұндырады. Динамиканың негізгі заңын қолданып, мынаны аламыз

$$(T_1 - T_2)R = J\epsilon = J \frac{a}{R}, \quad (3)$$

мұндағы

$$J = \frac{MR^2}{2}. \quad (4)$$

(4) формуладағы M — блоктың массасы.

1) (1), (2), (3) және (4) тендеулерді бірге шешіп, мынаны аламыз:

$$a = \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2 + \frac{J}{R^2}} + \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2 + \frac{M}{2}} \quad (5)$$

Есептің берілген сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $a=2,8 \text{ м/сек}^2$. Егер (5) тендеудегі $M=0$ деп алсақ, яғни блоктың массасын есепке алмасақ, онда 2,30, есептің шешімін аламыз.

2) (5) тендеуді (1) және (2) тендеулерге қойып, сәйкес мыналарды аламыз:

$$T_1 = \frac{P_1 \left(2m_2 + \frac{J}{R^2} \right)}{m_1 + m_2 + \frac{J}{R^2}} \quad (6)$$

және

$$T_2 = \frac{P_2 \left(2m_1 + \frac{J}{R^2} \right)}{m_1 + m_2 + \frac{J}{R^2}}. \quad (7)$$

Егер (6) және (7) тендеулердегі $J=0$ ($M=0$) деп алсақ, онда біз тағы да 2,30, есептің шешімін аламыз. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $T_1=14,0 \text{ н}$ және $T_2=12,6 \text{ н}$.

3.11. Есепті екі тәсілмен: 1) айнымалы қозғалыстың динамикасының негізгі заңдарын қолданып (3.10 есептің шешуін қарастыздар) және 2) энергияның сақталу заңын қолданып шығаруға болады. Есепті бірінші тәсілмен шығаруды оқушылардың өздеріне тапсырылады; оның жауабы $a=\frac{2mg}{M+2m}=3 \text{ м/сек}^2$. Есепті екінші тәсілмен шығарғанда мынадай талдау жасаймыз: жүкті төмен қарай түсіргенде, оның потенциалдық энергиясы кемиді де жүктің кинетикалық энергиясы мен барабанның айналуының кинетикалық энергиясына аудисатын болады. Сонымен,

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}, \quad (1)$$

мұндағы J — барабанның инерция моменті. Ал $J = \frac{MR^2}{2}$ және $\omega =$

$= \frac{v}{R}$ болғандықтан, мұндағы R — барабанның радиусы, онда (1) теңдеуді R былай жазуға болады:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2 \cdot 2} = \frac{v^2}{2} \left(m + \frac{M}{2} \right) \quad (2)$$

Жүктің төмен қарай түсін тұрақты күштің әсерінен болатындықтан, жүктің қозғалысы бір қалыпты үдемелі болады, ендеше

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

және

$$v = at. \quad (4)$$

(3) және (4) теңдеулерді (2) теңдеуге қойып, мышаны алу қыны емес

$$a = \frac{2mg}{M + 2m} = 3 \text{ м/сек}^2.$$

3.12. $J = 9,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

3.13. 1) 1,1 сек-тан кейін; 2) $W_k = 0,81 \text{ дж}$; 3) $T = 4,1 \text{ н}$.

3.14. $T_1 - T_2 = \frac{1}{R} (J_e - M_{\gamma\text{к}}) = 1080 \text{ н}$.

3.15. 1) $a = 3,53 \text{ м/сек}^2$; 2) $T_1 = 6,3 \text{ н}$, $T_2 = 4,5 \text{ н}$.

Оқушыларға осы есептің шешуін беретін формуладан 2.31. есептің шешуін алуға болатындығын тексеру ұсынылады.

3.16. Дискінің кинетикалық энергиясы ілгерілемелі қозғалыстың кинетикалық энергиясы мен айналудың кинетикалық энергиясының қосындысынан тұрады, яғни

$$W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}, \quad (1)$$

ал $J = \frac{mR^2}{2}$ және $\omega = \frac{v}{R}$ болғандықтан, мұндағы m — дискінің массасы, R — оның радиусы, (1) теңдеуді былай жазуға болады: $W_k = \frac{3mv^2}{4}$.

Есептің берілген сан мәндерін қойып, мынаны аламыз $W_k = 24,0 \text{ дж}$.

3.17. $W_k = 0,1 \text{ дж}$. 3.18. $W_2 = 29,4 \text{ дж}$.

3.19. $Q = 2,51 \cdot 10^{-3} \text{ дж}$.

3.20. $\delta = \frac{W_1 - W_2}{W_2} = 40\%$. Мұнда $W_1 = W_{\text{ілг}} + W_{\text{айн}}$; $W_2 = W_{\text{ілг}}$.

3.21. $A = 355 \text{ дж}$. 3.22. $3,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{сек}$. 3.23. $W = 253 \text{ дж}$.

3.24. $4,1 \text{ м}$. 3.25. $H = 2R + \frac{R}{2} \left(1 + \frac{m_1}{m} \right) = 7,56 \text{ м}$.

3.26. $A = 3,2\pi^3 R^5 \delta v^2 = 34,1 \text{ дж}$. Мұндағы δ — мыстың тығыздығы.

3.27. Дененің көлбеу жазықтықпен сырғанатқанда оның потенциал энергиясы кинетикалық энергияға ауысады. Сонда,

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}, \quad (1)$$

мұндагы J — дененің инерция моменті және m — оның массасы. Алайда

$$h = l \sin \alpha, \quad (2)$$

$$\omega = \frac{v}{R}. \quad (3)$$

(2) және (3) теңдеуді (1)-ге қойып, мынаны аламыз:

$$mgl \sin \alpha = \frac{v^2}{2} \left(m + \frac{J}{R^2} \right). \quad (4)$$

Дененің қозғалысы түрақты күштің әсерінен болатындықтан, оның қозғалысы бір қалыпты үдемелі болады, сондықтан

$$l = \frac{at^2}{2} \quad (5)$$

ЖЕҢІС

$$v = at. \quad (6)$$

(4), (5) және (6) — теңдеулерді бірге шешіп, мынаны аламыз

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + \frac{J}{R^2}}. \quad (7)$$

(7)-ге әр түрлі денелердің инерция моменттері үшін берілген өриектерді қойып, мынаны табамыз:

1) шар үшін $a = \frac{5}{7} g \sin \alpha = 3,50 \text{ м/сек}^2$;

2) дискі үшін $a = \frac{2}{3} g \sin \alpha = 3,27 \text{ м/сек}^2$;

3) обруч үшін $a = \frac{1}{2} g \sin \alpha = 2,44 \text{ м/сек}^2$;

4) көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз сырғапап түсстін дene үшін, мынаны аламыз

$$a = g \sin \alpha = 4,9 \text{ м/сек}^2$$

3.28. $v = \sqrt{\frac{2mgh}{m + \frac{J}{R^2}}} \quad 1) 2,65 \text{ м/сек}; 2) 2,56 \text{ м/сек}; 3) 2,21 \text{ м/сек}.$

4) $3,15 \text{ м/сек}$.

3.29. 1) Көлбесу жазықтың етегіндегі цилиндрлердің ілгерілемелі жылдамдығы мына формуламен табылады:

$$v = \sqrt{\frac{\frac{2mg\bar{h}}{J}}{m + \frac{J}{R^2}}} \quad (1)$$

(алдыңғы есепті қарандыздар). Инерция моменті қорғасың цилиндрдің кінесін кем болатын алюминий цилиндр көлбесу жазықтың стегінде үлкен жылдамдыққа жетеді, соңдықтан да көлбесу жазықтықтан тез сырғанап түседі.

2) Алюминий (тұтас) цилиндрдің инерция моменті мынаған тен:

$$J_1 = \frac{mR^2}{2}. \quad (2)$$

Корғасың цилиндрдің (куыс) инерция моменті мынаған тен:

$J_2 = m \frac{R^2 + R_1^2}{2}$. Корғасың цилиндрдің ішкі радиусын R_1 табамыз. Есептің шарты бойынша екі цилиндрдің массасы тен болады, яғни $\rho_1 L \pi R^2 = \rho_2 L \pi (R^2 - R_1^2)$, мұндағы L — цилиндрдің ұзындығы, ρ_1 — алюминийдің тығыздығы, ал ρ_2 — қорғасының тығыздығы. Осыдан $R^2_1 = R^2 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$. Сонда қорғасың цилиндрдің инерция моменті

$$J_2 = \frac{mR^2}{2} \frac{2\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}. \quad (3)$$

Берілген сан мәндерді орнына қойып (таблицаны қарандыздар), мынағын аламыз $J_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $J_2 = 15,9 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

3) Цилиндрдің домалап түсі тұрақты күштің әсерінен болатындықтан, $v = at$ және $t = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{at^2}{2}$ болады. Осыдан $\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{vt}{2}$ және

$$t = \frac{2h}{v \sin \alpha} \quad (4)$$

(4)-ке (1) формуланы қойып, ең соңында мынаны аламыз

$$t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h \left(m + \frac{J}{R^2} \right)}{mg}}. \quad (5)$$

(2) және (3) формулаларды (5)-ке қойып, сәйкес мыналарды ала-

мыз: алюминий цилиндр үшін $t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{3h}{g}} = 0,78 \text{ сек}$, қорғасың

$$\text{цилиндр үшін } t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h \left(1 + \frac{2\rho_2 - \rho_1}{2\rho_2} \right)}{g}} = 0,88 \text{ сек.}$$

3.30. 1) $\epsilon = -0,21$ радиус-секунда; 2) $M_{\text{шк}} = 0,42$ Н·м; 3) $A = 630$ дж;
4) $N = 240$ айн.

3.31. 1) $J = 0,01$ кг·м²; 2) $M_{\text{теж.}} = 9,4 \cdot 10^{-2}$ Н·м.

3.32. 1) $M_{\text{шк}} = 308$ Н·м; 2) $t = 100$ сек. 3.33. $h = 0,865$ м.

3.34. $W_k = \frac{\epsilon Lt^2}{2t_1} = 490$ дж. 3.35. $\Delta t = \frac{W_k}{\pi v M} = 5$ сек.

3.36. $W_k = \frac{F^2 \Delta t^2}{m} = 1,92 \cdot 10^3$ дж = 1,92 кдж.

3.37. $\alpha = 81^\circ 22'$ бұрышқа. 3.38. $v = 7,1$ м/сек.

3.39. $\omega_1 = \omega_2 = 14$ радиус-секунда; 1) $v_1 = 1,05$ м/сек; 2) $v_2 = 2,10$ м/сек.

3.40. Қозғалыс мөлшері моментінің сақталу заңы бойынша, мынаны аламыз

$$J_1 \omega_1 = J_2 \omega_2, \quad (1)$$

мұндағы J_1 — шетінде адам түрған платформаның инерция моменті; J_2 — центрінде адам түрған платформаның инерция моменті; ω_1 және ω_2 — адамның бірінші және екінші қалыптарындағы платформаның сәйкес бұрыштық жылдамдықтары. Осы уақытта

$$J_1 = \frac{m_1 R^2}{2} + m_2 R^2 \quad (2)$$

және

$$J_2 = \frac{m_1 R^2}{2}, \quad (3)$$

мұндағы R — платформаның радиусы, m_1 — платформаның массасы, ал m_2 — адамның массасы. (2) және (3) теңдеулерді (1) теңдеуге қойып және $\omega = 2\pi\nu$ болатындығын еске ала отырып, мұндағы ν — бір секундтағы платформаның айналу саны, мынаны аламыз:

$$\left(\frac{m_1 R^2}{2} + m_2 R^2 \right) 2\pi\nu_1 = 2\pi\nu_2 \frac{m_1 R^2}{2},$$

бұдан

$$\nu_2 = \nu_1 \frac{m_1 R^2 + 2m_2 R^2}{m_1 R^2} = \nu_1 \frac{m_1 + 2m_2}{m_1} = 22 \text{ айн/мин.}$$

3.41. $A = 162$ дж. 3.42. $\nu = 21$ айн/мин. 3.43. 1,05 есе.

3.44. $\nu = 0,49$ айн/мин. 3.45. $T = 1,16$ сек. 3.46. $T = 1,07$ сек.

3.47. $l = \frac{T \sqrt{gd}}{\pi} = 0,446$ м. 3.48. $T = 1,5$ сек.

3.49. Математикалық маятниктің аз тербелісінің периоды

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1)$$

ал физикалық маятниктің аз тербелісінің периоды $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mg l}}$, мұндағы J — айналу осімен салыстырғандағы шариктің инерция мо-

менті, m — шариктің массасы және l — шариктің центрінен оны іліп қойған нүктеге дейін қашықтық. Біздің қарастырып отырған жағдай-

да $J = \frac{2}{5} mR^2 + ml^2 = ml^2 \left[1 + \frac{2}{5} \left(\frac{R}{l} \right)^2 \right] = ml^2x$. Осыдан кейін

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{lx}{g}}. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерден, мынаны аламыз $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{x}$. Иліп қойған шарикті математикалық маятник деп алғандағы біздің жіберетін қатеміз мынаған тең болады:

$$\delta = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{T_2}{T_1} - 1 = \sqrt{x} - 1.$$

осыдан $x = \left[1 + \frac{2}{5} \left(\frac{R}{l} \right)^2 \right] = (1 + \delta)^2$ немесе

$$\frac{R}{l} = \sqrt{\frac{5}{2} [(1 + \delta)^2 - 1]}. \quad (3)$$

Бізде $\delta < 0,01$. Осыны (3) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $\frac{R}{l} < 0,0224$.

$R = \frac{D}{2} = 0,02$ м болғандықтан, шариктің центрінен ілу нүктесіне дейінгі шекті қашықтығы $l \geq 0,089$ м болады, ал жіптің шекті ұзындығы $L = l - R = 0,069$ м = 6,9 см болады.

3.50. 1,05 есе.

§ 4. Газдар мен сұйықтардың механикасы

4.1. $v = 0,12$ м/сек.

4.2. Судың көлденең қимасын S_1 деп, ал ондағы судың ағып шығу жылдамдығын v_1 деп (ыдыстағы судың деңгейінің төмендеу жылдамдығы), тесіктің көлденең қимасының ауданын S_2 деп, судың тесіктен ағып шығу жылдамдығын v_2 деп белгілейміз. Бернуллидің теоремасы бойынша

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

немесе

$$v_1^2 + 2gh = v_2^2. \quad (1)$$

Сорғалаудың үздіксіз болатындығына байланысты $v_1 S_1 = S_2 v_2$, немесе

$$v_2 = \frac{v_1 S_1}{S_2}. \quad (2)$$

(2) тендеуді (1) тендеуге қойып және v_1 арқылы шешіш, мынаны аламыз $v_1 = \frac{S_2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$. $S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$ және $S_2 = \frac{\pi d^2}{4}$ болғандықтан, $v_1 = \frac{d^2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{D^4 - d^4}}$ болады. $d^4 \ll D^4$ болғандықтан, жуықташ алғанда

$$v_1 = \frac{d^2}{D^2} \sqrt{2gh}. \quad (3)$$

Егер $d=D$ болса, онда $v_1 = \sqrt{2gh}$ болатындығын атап кетеміз. $h=0,2 \text{ м}$ болғанда, $v_1=8 \cdot 10^{-4} \text{ м/сек}$ болады.

4.3. Екі жағдайда да сорғалаған су ыдыстан 0,4 м қашықтықтағы столдың үстіне түседі.

4.4. 1) $v=0 \text{ м/сек}$; 2) $v=1,04 \text{ м/сек}$; 3) $v=1,25 \text{ м/сек}$.

4.5. Бактың ішіндегі су деңгейінің төмендеу жылдамдығы $v=\frac{S_2 \sqrt{2gy}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$ (4.2 есептің шешуін қараңыздар). Мұнда y — бактағы судың деңгейі (айнымалы). dt уақыт ішінде бактағы судың деңгейі мынаған кемиді:

$$dy = v dt = A \sqrt{y} dt, \quad (1)$$

мұндағы $A = \frac{S_2 \sqrt{2g}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$. (1) тендеуден $dt = \frac{dy}{A \sqrt{y}}$, осыдан

$t = \frac{1}{A} \int_0^h \frac{dy}{\sqrt{y}}$ болады. Интегралдауды аяғына дейін жеткізу және мына жауапты тауып алу оқушылардың өздеріне тансырылады:

$$t = \frac{2 \sqrt{h} \sqrt{S_1^2 - S_2^2}}{S_2 \sqrt{2g}} = \sqrt{\frac{2h \left[\left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]}{g}} = 180 \text{ сек} = 3 \text{ мин.}$$

2) Егер бактағы судың деңгейін тесіктен $h=1 \text{ м}$ биіктікте тұрақты етіп ұстап тұратын болсақ, онда осы мөлшердегі судың тесіктен ағып шығуына кететін уақыт екі есе кем болатындығына оңай көз жеткізуге болады.

4.6. $d=1,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$. 4.7. $p=2,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \cong 2,5 \text{ atm}$.

4.8. $v=1,4 \text{ м/сек}$. 4.9. $\Delta h=1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}=1,6 \text{ мм}$.

4.10. 3 есе. 4.11. $v=4,1 \text{ м/сек}$. 4.12. $\eta=2 \text{ Н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$.

4.13. 4 мин. 4.14. $\eta=1,09 \text{ Н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$, $v=1,21 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{сек}$.

4.15. Ыдыстағы кастор майының деңгейінің төмендеу жылдамдығы майдың капилляр арқылы ағып шығуының жылдамдығына байла-

нысты болады. Капилляр арқылы t сек ішінде ағып шығатын майдың көлемі Пуазель формуласымен анықталады

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta p}{8 l \eta}. \quad (1)$$

Біздің қарастырып отырған жағдайымызда капиллярдың ұштарындағы қысым айырмасының болуы сүйкі қабатының гидростатикалық қысымның болуына себепші болады

$$\Delta p = \rho g h. \quad (2)$$

Басқа жағынан қарастырғанда

$$V = S_1 v_1 t = \pi r^2 v_1 t, \quad (3)$$

мұндағы v_1 — капилляр арқылы майдың ағып шыққандағы жылдамдығы. (1), (2) және (3) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$v_1 = \frac{r^2 \rho g h}{8 l \eta}. \quad (4)$$

Ал, $v_1 S_1 = v S$ болғандықтан, мұндағы v — ыдыстағы май деңгейінің төмендеу жылдамдығы, ал S — ыдыстың көлденең қимасының ауданы, ең соңында, мынаны аламыз: $v = \frac{r^4 \rho g h}{8 l \eta R^2}$, $h = 26$ см = 0,26 м болғанда, $v = 3 \cdot 10^{-5}$ м/сек болады.

4.16. $t = 1,5$ мин. **4.17.** 1,1 см қашықтықта. **4.18.** $D = 4,6$ мм.

4.19. Есептің шартындағы Рейнольдстің саны $Re = 1800$, яғни $Re < 3000$ — ламинарлық қозғалыс. **4.20.** $D \leq 0,085$ м.

И Т А Р А У

**МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ
ТЕРМОДИНАМИКА**

§ 5. Молекула-кинетикалық теорияның және термодинамиканың физикалық негіздері

5.1. $T = 280^{\circ}\text{K} = 7^{\circ}\text{C}$. 5.2. $V = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

5.3. $M = 1,13 \text{ кг}$. 5.4. $T = 364^{\circ}\text{K} = 91^{\circ}\text{C}$. 5.5. $V = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$.

5.6. $\Delta M = \frac{M_1 \Delta p}{p_1} = 7,5 \text{ кг}$. 5.7. $M = 0,065 \text{ кг}$. 5.8. $M = 1200 \text{ кг}$.

5.9. 1,1 есе.

$$5.10. 1) \quad pV = \frac{M}{\mu} RT_1 = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2} 8,31 \cdot 10^3 \cdot 273 \text{ дж} = 567 \text{ дж}. \quad (1)$$

$$2) \quad pV = \frac{M}{\mu} RT_2 = 775 \text{ дж}.$$

V -ға түрліше мәндерді бере отырып, (1) және (2) теңдеулөр арқылы p -ның сәйкес мәндерін тауып аламыз.

5.11. Алдыңғы есептің шешуін қараңыздар. 5.12. $\frac{M}{\mu} = 0,4 \text{ кмоль}$.

5.13. $p_1 = 1,08 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$; $p = 1,16 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

5.14. Капиллярдың горизонталь қалпында, оның әрбір жартысында көлемі $V_0 = Sh$, қысымы p_0 ауа болады, мұндағы S — капиллярдың көлденең құмасының ауданы. Капиллярды вертикаль қалыпта қойғаннан кейінгі оның жоғарғы жартысындағы ауаның көлемі $V_1 = S(h + \Delta l)$, ал қысымы p_1 болады. Бойль-Мариотт заңы бойынша $V_0 p_0 = V_1 p_1$, немесе

$$hp_0 = (h + \Delta l)p_1. \quad (1)$$

Осыған сәйкес капиллярдың төменгі жартысында

$$hp_0 = (h - \Delta l)p_2. \quad (2)$$

Осы жағдайда капиллярдың төменгі жартысындагы p_2 қысым p_1 қысымнан және p_3 сынап бағанасының қысымнан тұрады, яғни

$$p_2 = p_1 + p_3. \quad (3)$$

(1), (2) және (3) теңдеулөрді бірге шеше отырып, мынаны аламыз:

$$p_0 = \frac{p_3(h - \Delta l)(h + \Delta l)}{2h\Delta l}. \quad (4)$$

(4) тендеудегі p_0 қысымы p_3 қысымы өлшенетін бірліктермен көрсетіледі. p_3 қысымын сынап бағанасының миллиметрімен көрсететін боламыз. Біздегі $p_3=200$ мм сын. бағ., $h = \frac{L - l}{2} = 0,4$ м, және $\Delta l = 0,1$ м болады. Осы берілгендерді (4) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $p_0 = 375$ мм сын. бағ.

5.15. Газға батырылған дененің жоғалтқан салмағы, Архимед заны бойынша, осы дененің көлеміндегі газдың салмағына тең болады. Корғасының M массасының көлемі $V_1 = \frac{M}{\rho_1}$, мұндағы ρ_1 — корғасының тығыздығы. Осы көлемдегі ауаның салмағы $m_1 g = \frac{\mu p V_1 g}{RT} = \frac{\mu p M g}{\rho_1 R T}$ болады. Массасы M пробканың көлемі $V_2 = \frac{M}{\rho_2}$. мұндағы ρ_2 — пробканың тығыздығы. Осы көлемдегі ауаның салмағы $m_2 g = \frac{\mu p M g}{\rho_2 R T}$. Корғасының шын салмағы $P_1 = g(M + m_1)$, ал пробканың шын салмағы $P_2 = g(M + m_2)$ және $\Delta P = P_2 - P_1 = g(m_2 - m_1) = \frac{\mu p M g}{R T} \times \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_1} \right) = 58,6 \text{ н} \cong 6,0 \text{ кГ}$

5.16. Ауа шарының қорытқы көтергіш күші шариктің көлеміндегі ауаның салмағы мен шариктің өзінің салмағының айырымына тең болады (оның сыртқы қабығының салмағы мен ондағы сутегінің). Сонымен, $F = M_2 g - (M_1 g + x)$, мұндағы F — қорытқы көтергіш күш, M_2 — шариктің көлеміндегі ауаның массасы, M_1 — шариктің көлеміндегі сутегінің массасы және x — қабықтың салмағы. Есептің шарты бойынша $F = 0$, олай болса, $x = g(M_2 - M_1) = g \frac{pV}{RT} (\mu_2 - \mu_1) = \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{pg}{RT} \times (\mu_2 - \mu_1) = 0,096 \text{ н} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ кГ}$

$$5.17. \rho = \frac{M}{V} = \frac{p\mu}{RT} = 0,083 \text{ кг/м}^3 \quad 5.18. \rho = 0,081 \text{ кг/м}^3.$$

$$5.19. \mu = 4 \text{ кг/кмоль.} \quad 5.20. \rho = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

5.21. 1400°K температураға дейін.

5.22. Газдың күйі мынадай тендеулермен анықталады: қыздырғанға дейін

$$p_1 V_1 = \frac{M}{\mu} RT_1. \quad (1)$$

Қыздырғаннан кейін

$$p_2 V_2 = \frac{M}{\mu} RT_2. \quad (2)$$

Есептің шарты бойынша $p_1 = p_2 = p$. (1) және (2) тендеулерден ізdep отырган шаманы табуға болады:

$$1) V_1 = \frac{MR T_1}{\mu p} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \quad 3) \rho_1 = \frac{\mu p}{RT_1} = 4,14 \text{ кг/м}^3;$$

$$2) T_2 = \frac{\mu p V_2}{MR} = 1170^\circ\text{K}; \quad 4) \rho_2 = \frac{\mu p}{RT^2} = 1 \text{ кг/м}^3$$

5.23. $p = 1,55 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$; $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$

5.24. $\rho = \frac{p\mu}{RT}$. $T = \text{const}$ болғанда $\rho = Ap$ болады, яғни p -ға тұра пропорционал болады, ал $p = \text{const}$ болғанда, $\rho = \frac{B}{T}$, яғни ρ T -ға көрі пропорционал болады.

5.25. Дальтонның заңы бойынша ыдыстағы су буга айналғаннан кейін мынадай қысым орнайды: $p = p_1 + p_2$, мұндағы p_1 — оттегінің қысымы, ал p_2 — су буларының қысымы. Менделеев — Клапейронның тендеуі бойынша

$$p_1 = \frac{M_1 RT}{V_{\mu_1}} = \frac{1,6 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 773}{1 \cdot 32} \text{ Н/м}^2 = 3,2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2,$$

$$p_2 = \frac{M_2 RT}{V_{\mu_2}} = \frac{0,9 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 773}{1 \cdot 18} \text{ Н/м}^2 = 3,2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2,$$

жалпы қысым $p = 6,4 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

5.26. Дальтонның заңы бойынша,

$$p = p_1 + p_2, \quad (1)$$

мұндағы p_1 және p_2 — парциаль қысым, ал егер температура тұракты болса, онда $p_1(V_1 + V_2) = p'_0 V_1$ және $p_2(V_1 + V_2) = p''_0 V_2$ болады, осыдан

$$p_1 = \frac{p'_0 V_1}{V_1 + V_2} \quad (1)$$

және

$$p_2 = \frac{p''_0 V_2}{V_1 + V_2}. \quad (3)$$

(2) және (3) тендеулерді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз:

$$p = \frac{p'_0 V_1 + p''_0 V_2}{V_1 + V_2} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Н/м}.$$

5.27. $p = 4,15 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

5.28. 1) $\mu = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}} = 4,6 \text{ кг/кмоль}; \quad 2) V = 11,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

5.29. $m = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

5.30. Егер иодтың молекулалары диссоциацияланбаған болса, онда ыдыстың ішіндегі қысым мынадай болар еді

$$p = \frac{MRT}{\mu V} = \frac{10^{-3} 8,31 \cdot 10^3 \cdot 1273}{254 \cdot 05 \cdot 10^{-3}} \text{ Н/м}^2 = 625 \text{ мм сын. барап.}$$

Егер диссоциация дәрежесі α -ға тең болса, онда ыдыстың ішінде J атомдық иодтың $2\alpha \frac{M}{\mu}$ киломолі және J_2 молекулалық иодтың $(1-\alpha) \frac{M}{\mu}$ киломолі болады. Олардың жасайтын қысымдары сәйкес мынаған тең:

$$p_1 = \frac{2\alpha MRT}{\mu V} \text{ және } p_2 = \frac{(1-\alpha)MRT}{\mu V},$$

ал, қоспаның қысымы

$$p_c = p_1 + p_2 = \frac{MRT}{\mu V} (2\alpha + 1 - \alpha) = (1 + \alpha) \frac{MRT}{\mu V} = p(1 + \alpha),$$

яғни

$$1 + \alpha = \frac{p_c}{p} = \frac{700}{625} = 1,12 \text{ және } \alpha = 0,12.$$

5.31. $\frac{p_1}{p} = 1,25$.

5.32. $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$, $p_1 = 0,21 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $p_2 = 0,79 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$

5.33. $\rho = 1,98 \text{ кг/м}^3$.

5.34. 1) $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$; 2) $m = 6,65 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

5.35. $5,6 \cdot 10^{-23} \text{ Н} \cdot \text{сек}$. 5.36. $3,3 \cdot 10^{-23} \text{ Н} \cdot \text{сек}$.

5.37. $2 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м/сек}$. 5.38. $3,3 \cdot 10^{22}$. 5.39. $7,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

5.40. $2 \cdot 10^{27}$. 5.41. $3,4 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$.

5.42. Үйдистағы газдың қысымы p , осы үйдистың бірлік көлеміндең молекулалың n санымен мынадай қатынас арқылы байланысады:

$$p = nkT = \frac{NkT}{V}, \quad (1)$$

мұндағы N — V көлемдегі молекулалардың жалпы саны. Осы молекулалар үйдистың қабырғасында мономолекулалық қабат жасайтындықтан,

$$N = \frac{S_1}{S}, \quad (2)$$

мұндағы

$$S_1 = 4\pi r^2 \quad (3)$$

— үйдистың беті, ал S — бір молекулалың көлденең қимасының ауданы. Үйдистың көлемі

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3. \quad (4)$$

(2), (3) және (4) теңдеулерді (1) теңдеуге қойып, мынаны аламыз:

$$p = \frac{3kT}{Sr}, \quad (5)$$

немесе есептің берілген сан мәндерін (5) тендеуге қойғаннан кейін

$$p = 2,4 \text{ н/м}^2 = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ мм сын. бағ.}$$

5.43. Егер диссоциация дәрежесі α -ға тәң болса, онда ыдыстың ішінде J атомдық иодтың $2\alpha \frac{M}{\mu}$ киломолі және J_2 молекулалық иодтың $(1 - \alpha) \frac{M}{\mu}$ киломолі болады. Үйдистағы киломольдің жалпы саны мынаған тен: $2\alpha \frac{M}{\mu} + (1 - \alpha) \frac{M}{\mu}$, ал сонда ізделп отырған бөлшектің саны мынаған тен:

$$N = N_0 \left[2\alpha \frac{M}{\mu} + (1 - \alpha) \frac{M}{\mu} \right].$$

Есептің сан мәндерін қойып, мынаны аламыз: $N = 3,56 \cdot 10^{21}$

$$5.44. N = 4,5 \cdot 10^{23}$$

$$5.45. 1) V = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; 2) p_1 = 7,37 \cdot 10^{-4} \text{ мм сын. бағ., } p_2 = 2,63 \cdot 10^{-4} \text{ мм сын. бағ.}; 3) n = 2,6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$$

$$5.46. \sqrt{\overline{v^2}} = 500 \text{ м/сек.} \quad 5.47. \frac{\sqrt{\overline{v_1^2}}}{\sqrt{\overline{v_2^2}}} = 2,65.$$

$$5.48. \sqrt{\overline{v^2}} = 5 \cdot 10^5 \text{ м/сек.}$$

$$5.49. n = 4,2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}.$$

$$5.50. p = \frac{1}{3} \rho \bar{v^2} = 5 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2 \quad 5.51. 1,44 \cdot 10^7 \text{ есе.}$$

$$5.52. m \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3kTm} = 6,3 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$$

$$5.53. 1) \sqrt{\overline{v^2}} = 230 \text{ м/сек; } 2) N = 1,9 \cdot 10^{23}; 3) \rho = 5,0 \text{ кг/м}^3$$

$$5.54. \sqrt{\overline{v^2}} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек.} \quad 5.55. \rho = 0,74 \text{ кг/м}^3$$

$$5.56. 1) \sqrt{\overline{v^2}} = 1900 \text{ м/сек; } 2) \mu = 2 \text{ кг/кмоль.} \quad 5.57. N = 1,88 \cdot 10^{22}.$$

5.58. Газдың молекулаларының жылулық қозғалысының энергиясы мына формуламен анықталады:

$$W = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R T. \quad (1)$$

Екі атомды газ үшін $i=5$, ал $i=3$ молекулалық ілгерілемелі қозғалысының үлесіне, ал $i=2$ — айналмалы қозғалысының үлесіне тиеді. Есептің берілген сан мәндерін (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $W = 3,7 \cdot 10^3$ дж. $W_{\text{Ілг}} = 2,2 \cdot 10^3$ дж және $W_{\text{айн}} = 1,5 \cdot 10^3$ дж-ға тәң болады.

$$5.59. W_K = 210 \text{ дж.} \quad 5.60. W_{\text{айн}} = 8,3 \cdot 10^4 \text{ дж.} \quad 5.61. W = 750 \text{ дж.}$$

$$5.62. 1) M = \frac{2W}{\overline{v^2}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг;}$$

$$2) \rho = \frac{2W}{3V} = 1,67 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$$

5.63. 1) $T=20\ 000^{\circ}\text{K}$; 2) $T=900^{\circ}\text{K}$.

5.64. $W=\frac{iMp}{2\rho}=5 \cdot 10^4$ дж. 5.65. $N=1,3 \cdot 10^{19}$; $W=0,133$ дж.

5.66. 1) $c_V=650$ дж/кг·град; 2) $c_p=910$ дж/кг·град.

- 5.67. 1) 800 дж/кг·град = 0,19 кал/г·град;
 2) 1025 дж/кг·град = 0,245 кал/г·град;
 3) 970 дж/кг·град = 0,23 кал/г·град;
 4) 1040 дж/кг·град = 0,248 кал/г·град;
 5) 103 дж/кг·град = 0,025 кал/г·град.

5.68. 1,4. 5.69. $\mu=2$ кг/кмоль.

5.70. $c_V=650$ дж/кг·град; $c_p=910$ дж/кг·град.

5.71. $c_V=693$ дж/кг·град; $c_p=970$ дж/кг·град.

5.72. $2\text{H}_2+\text{O}_2=2\text{H}_2\text{O}$ тендеуден екі атомды газдың үш киломолімен, реакциядан кейін үш атомды газдың екі киломолін алғатындырымыз көрінеді. Сондықтан жаңғанға дейін $C'_V=3\frac{5}{2}R$ және $C'_V=3\frac{7}{2}R$.

болады. Ал жаңғаннан кейін $C''_V=2\frac{6}{2}R$ және $C''_p=2\frac{8}{2}R$. Сондықтан,

$$1) \frac{C'_V}{C''_V} = 1,25; \quad 2) \frac{C'_p}{C''_p} = 1,31.$$

5.73. Атомдық оттегінің $2\alpha \frac{M}{\mu}$ киломолін және молекулалық оттегінің $(1-\alpha) \frac{M}{\mu}$ киломолін, қысым тұрақты болғанда, қыздыруға қажет болатын жылу мөлшері мынаған тән болады

$$Q = 2\alpha \frac{M}{\mu} C'_p \Delta t + (1-\alpha) \frac{M}{\mu} C''_p \Delta t = \frac{M}{\mu} C_p \Delta t,$$

мұндағы C'_p және C''_p — бір атомды және екі атомды газдардың сәйкес жылу сыйымдылықтары. μ_1 — қоспаның киломолінің массасы, C_p — қоспаның молекулалық жылу өткізгіштігі. $2C'_p|\mu=c'_p$, $C''_p|\mu=c''_p$ және $C_p|\mu_1=c_p$ болғандықтан, (1) тендеуден мынаған аламыз: $\alpha c_p - (1-\alpha)c''_p = c_p$. Осыдан

$$\alpha = \frac{c_p - c''_p}{2c'_p - c''_p}. \quad (1)$$

Мұнда $c_p=1050$ дж/кг·град, $c'_p=\frac{20,8 \cdot 10^3}{16}$ дж/кг·град және $c_p=\frac{29,1 \cdot 10^3}{32}$ дж/кг·град. Осы берілгендерді (1) тендеуге қойсақ, $\alpha=0,36$ болады.

5.74. $c_V=90$ дж/кг·град, $c_p=139$ дж/кг·град. 5.75. $\alpha=23\%$.

$$5.76. c_p = 685 \text{ дж/кг} \cdot \text{град.} \quad 5.77. \frac{c_p}{c_V} = 1,59. \quad 5.78. M = 60 \text{ кг.}$$

5.79. 1) Газдың алған жылу мөлшерін мынадай формуламен табамыз, $\Delta Q = \frac{M}{\mu} C_p (T_2 - T_1)$. T_2 -ні табу үшін, газ күйінің қыздырғанға дейінгі және қыздырғаннан кейінгі теңдеуін жазамыз, $pV_1 = \frac{M}{\mu} RT_1$ және $pV_2 = \frac{M}{\mu} RT_2$. Осыдан $T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1}$, бірақ $V_1 = \frac{MR T_1}{\mu p}$, олай болса,

$$T_2 = \frac{\mu V_2 p}{MR} = \frac{32 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^3} {}^\circ K = 1156 {}^\circ K.$$

Сонымен,

$$T_2 - T_1 = 1156 {}^\circ K - 283 {}^\circ K = 873 {}^\circ K$$

және

$$\Delta Q = \frac{M}{\mu} C_p (T_2 - T_1) = \frac{10^{-2} \cdot 29,08 \cdot 10^3 \cdot 873}{32} \text{ дж} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ дж.}$$

2) Газдың қыздырғанға дейінгі энергиясын, мынадай формуламен табамыз:

$$W_1 = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R T_1. \quad (1)$$

Оттегі — екі атомды газ болғандықтан, $i=5$ болады. Есептің сан мәндері (1) формулаға қойып, газдың қыздырғанға дейінгі энергиясын табамыз $W_1 = 1,8 \cdot 10^3 \text{ дж}$. Газдың қыздырғаннан кейінгі энергиясы

$$W_2 = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R T_2 = 7,6 \cdot 10^3 \text{ дж.}$$

$$5.80. Q = 4,15 \cdot 10^3 \text{ дж.}$$

5.81. 1) Қысым тұрақты болғанда мынаны аламыз, $Q = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T$. Ал, $pV_1 = \frac{M}{\mu} RT_1$ және $pV_2 = \frac{M}{\mu} RT_2$, бұдан $p\Delta V = \frac{M}{\mu} R \Delta T$, немесе $\frac{M}{\mu} \Delta T = \frac{p\Delta V}{R}$ болады. Олай болса, $Q = C_p \frac{p\Delta V}{R} = 700 \text{ дж.}$

2) Қөлем тұрақты болғанда мынаны аламыз: $Q = \frac{M}{\mu} C_V \Delta T$. Бірақ $p_1 V = \frac{M}{\mu} RT_1$ және $p_2 V = \frac{M}{\mu} RT_2$, бұдан $V \Delta p = \frac{M}{\mu} R \Delta T$ немесе $\frac{M}{\mu} \Delta T = \frac{V \Delta p}{R}$. Олай болса, $Q = C_V \frac{V \Delta p}{R} = 500 \text{ дж.}$

$$5.82. 1) T = 1500 {}^\circ K; \quad 2) V = 12,4 \cdot 10^{-3} m^3; \quad 3) Q = 12,4 \text{ кдж.}$$

5.83. $Q=545$ дж.

5.84. $Q = \frac{M}{\mu} C_x \Delta T$, осыдан $C_x = \frac{\mu Q}{M \Delta T} = 20,8 \cdot 10^3$ дж/кмоль \times
 \times град $\cong 5$ кал/моль \cdot град. Оттегі — екі атомдық газ болғандықтан,
 C_x -тің табылған мәні қыздыру тұрақты көлемде өтетіндігін көр-
сетеңді.

5.85. Ауаға берілген жылудың мөлшерін мынадай формуладан
табамыз:

$$\Delta Q = \frac{M}{\mu} C_V \Delta T. \quad (1)$$

ΔT -ні табу үшін газ күйінің қыздырғанға дейінгі және қыздырғаннан
кейін тендеулерін жазамыз. $V_1 = V_2 = V$ болғандықтан, $p_1 V = \frac{M}{\mu} R T_1$
және $p_2 V = \frac{M}{\mu} R T_2$ болады, осыдан $V \Delta p = \frac{M}{\mu} R \Delta T$, немесе

$$\Delta T = \frac{V \Delta p \mu}{MR}. \quad (2)$$

(2) тендеуді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз:

$$Q = C_V \frac{V \Delta p}{R} = \frac{i}{2} V \Delta p. \quad (3)$$

Есептің берілген сан мәндерін (3) тендеуге қойып, мынаны ала-
мыз: $Q = 10^4$ дж.

5.86. 1) $M = 3,7 \cdot 10^{-3}$ кг; 2) $\Delta W = 3,3 \cdot 10^{-21}$ дж.

$$5.87. Q = \frac{\rho V C_V \Delta t}{\mu} = 208 \text{ дж.}$$

$$5.88. 1) T_2 = 2500^\circ\text{K}; \quad 2) Q = C_V \frac{V \Delta p}{R} = 16,3 \text{ кдж.}$$

5.89. $i = 6$. 5.90. 1) $Q = 6,25$ кдж; 2) $T_2 = 4T_1$; 3) $p_2 = 4p_1$.

5.91. 1) $Q = 102$ дж; 2) $\sqrt{\overline{v^2}} = 1,57 \cdot 10^3$ м/сек; 3) $p_2 = 1,33 \cdot 10^5$ Н/м²; 4) $\rho_1 = \rho_2 = 0,164$ кг/м³; 5) $W = 4 \cdot 10^2$ дж.

5.92. $Q = 155$ дж.

5.93. 1) $\overline{v} = 579$ м/сек; 2) $\sqrt{\overline{v^2}} = 628$ м/сек; 3) $v_B = 513$ м/сек.

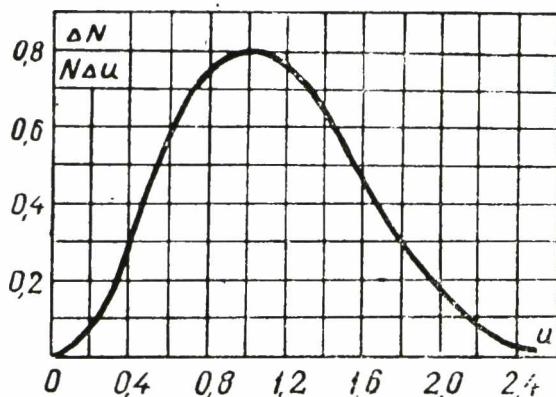
5.94. $T = 83^\circ\text{K} = -190^\circ\text{C}$.

5.95. Молекулалардың жылдамдықтарына қарай бөлінуі мынадай
формуламен көрсетіледі:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 \Delta u. \quad (1)$$

Мұндағы u — салыстырмалы жылдамдық. Біздің қарастырып отырған
жагдайда $v = 100$ м/сек және $\Delta v = 10$ м/сек. Негұрлым ықтимал
жылдамдық $v_{\text{ық}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = 376$ м/сек. Олай болса, $u = \frac{v}{v_{\text{ық}}} = \frac{100}{376}$

және $u^2 = 0,071$, $e^{-u^2} = 0,93$ және $\Delta u = \frac{10}{376}$. Осыдан кейін (1) формула мынаны береді: $\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot 0,93 \cdot 0,071 \frac{10}{376} = 0,004 = 0,4\%$. Сонымен, жылдамдықтары көрсетілген интервалда жататын молекулалардың саны, молекулалардың жалпы санының 0,4 процентіне тең болады. Сондай-ақ осы есепті шығару үшін, 74-беттегі 10-таблица бойынша $\frac{\Delta N}{N \Delta u} = f(u)$ графикті (83-суретті қараңыздар) пайдалануға болады. Бізде $u = 0,27$. Графиктен u -дың осы мәндеріне $\frac{\Delta N}{N \Delta u} \cong 0,16$



83-сурет.

сәйкес келетіндігін көреміз. Бізде $\Delta u = 0,027$ болғандықтан, $\frac{\Delta N}{N} = 0,16 \cdot 0,027 = 0,004 = 0,4\%$ болады.

$$5.96. \frac{\Delta N}{N} = 2,8\%. \quad 5.97. \frac{\Delta N}{N} = 4,5\%.$$

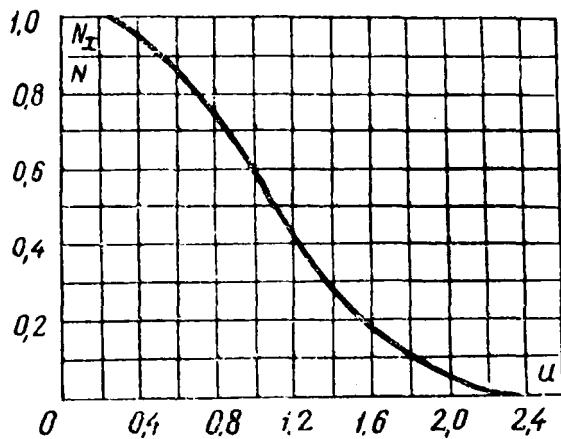
$$5.98. \frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = 1,1 \text{ кез келген температурада кез келген газ үшін.}$$

$$5.99. v_{\text{ык}} = 487 \text{ м/сек және } \frac{\Delta N}{N} = 3,4\%; \quad 2) v_{\text{ык}} = 731 \text{ м/сек және } \frac{\Delta N}{N} = 2,2\%.$$

Сонымен, температуралы жоғарылатқанда, бөліну кисығының максимумы оңға қарай ығысады да максимумның шамасы кішірейеді.

5.100. Осы есептегі жылдамдықтардың интервалдары аса үлкен болғандықтан, Максвелльдің формуласымен пайдалануға болмайды. Осы есепті шешу үшін, былай жазамыз: жылдамдықтары сәйкес v_1 және v_2 үлкен болып келетін N_1 және N_2 молекулаларының санын табамыз. Онда ізден отырған молекула $N_x = N_1 - N_2$ болу керек. N_1 және N_2 сандарын табу үшін, 75-беттегі 11-таблицада көрсетілген

белгілер бойынша құрылған графикті $\frac{N_x}{N} = F(u)$ пайдаланамыз (84-суретті қараңыздар). Біздің есебіміздеге $v_{\text{ык}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = 500 \text{ м/сек}$. Олай болса, $u_1 = \frac{300}{500} = 0,6$ және $u_2 = \frac{800}{500} = 1,6$. 84-ші суреттегі график бойынша u -дың осы мәндеріне сәйкес мыналарды аламыз: $\frac{N_1}{N} = 0,87 = 87\%$ және $\frac{N_2}{N} = 0,17 = 17\%$. Табылған мәліметтер бойынша барлық молеку-



84-сурет.

лалардың 87 проценті 300 м/сек жылдамдықтан үлкен болатын жылдамдықпен қозғалады да, тек молекулалардың 17 процентінің жылдамдықтары 800 м/сек-тан артық болады. Сонда жылдамдықтары 300 м/сек-тан 800 м/сек-қа дейінгі аралықта жататын молекулалардың саны мынаған тәң болады $\frac{N_x}{N} = 87\% - 17\% = 70\%$.

5.101. 1) $\frac{N_1}{N} = 57\%$; 2) $\frac{N_2}{N} = 43\%$. Осы есепті шығарудан алғынғап истижен, жылдамдыққа қарай молекулалардың бөлінуін көрсеттін кисықтың симметриялы болмайтынын көреміз.

5.102. $N_x = 1,9 \cdot 10^{22}$

5.103. Молекула W_0 -ге тәң ілгерілемелі қозғалыстың кинетикалық энергиясын алу үшін, ол $\frac{mv_0^2}{2} = W_0$ тендеуді қанағаттандыратын v_0 жылдамдықта болуы керек. Осыдан $v_0 = \sqrt{\frac{2W_0}{m}}$. Негұрлым ықти-

мал болатын жылдамдық $v_{\text{ык}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$ болғандықтан, осы молекуланың салыстырмалы жылдамдығы мынаған тең болады: $u = \frac{v_0}{v_{\text{ык}}} = \sqrt{\frac{M_0}{kT}} = 1,73$. 84-суреттегі графиктен молекуланың салыстырмалы санын $\frac{N_x}{N}$ табамыз, ал олардың салыстырмалы жылдамдығы $u = 1,73$ жылдамдықтан үлкен болады. График мынаны береді: $\frac{N_x}{N} = 0,12$. Сонымен, оттегінің 12% молекулалары берілген температурда кинетикалық энергиясы W_0 энергияның берілген мәнінен үлкен болады. Ыдистың ішіндегі оттегінің молекулаларының жалпы саны $N = \frac{M}{\mu} N_0 = 1,5 \cdot 10^{23}$ тең болады. Олай болса, іздең отырган молекулалардың саны $N_x = 0,12N = 1,8 \cdot 10^{22}$ болады.

5.104. 1) $T = 7730^{\circ}\text{K}$. 2) Шарт бойынша $\frac{N_x}{N} = 0,5$. 84-суреттегі график бойынша, $\frac{N_x}{N} = 0,5$ салыстырмалы $u = 1,1$ жылдамдыққа сәйкес болатындығын көрсетеді. Ал $u = \sqrt{\frac{W_0}{kT}}$ болады (алдыңғы есептің шешуін қараңыздар), осыдан $T = \frac{W_0}{ku^2} = 9600^{\circ}\text{K}$.

5.105. $T = 15700^{\circ}\text{K}$.

5.106. Газдың p қысымы h биіктікке қарай, мынадай заң бойынша кемиді: $p = p_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$, мұндағы p_0 — биіктік $h = 0$ болғандағы газдың қысымы. Біздегі $\mu = 29 \text{ кг/кмоль}$, $h = 3,25 \cdot 10^3 \text{ м}$, $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град}$, $T = 278^{\circ}\text{K}$, олай болса, $\frac{\mu gh}{RT} = 0,4$. $e^{-0,4} = 0,67$ болғандықтан, ақырында $p = 760 \cdot 0,67 \text{ мм сын. бағ.} = 510 \text{ мм сын. бағ.}$ болады.

5.107. $h = 2,3 \text{ км}$.

5.108. $p_1 = 0,354 \text{ атм}$, $p = 0,713 \text{ атм}$, $\Delta p = 0,36 \text{ атм}$.

5.109. 1,7 есе. **5.110.** 1) $1,28 \text{ кГ}$; 2) $0,78 \text{ кГ}$

5.111. 1) $h = 5,5 \text{ км}$; 2) $h = 80 \text{ км}$.

5.112. Барометрлік формула мынадай:

$$p = p_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}} \quad (1)$$

Концентрация (бірлік көлемдегі бөлшектердің саны) мынаған тең: $n = \frac{p}{kT}$, бұдан

$$p = nkT. \quad (2)$$

(2) тендеуді (1) тендеуге қойып, h_1 және h_2 биіктікке сәйкес мыналарды аламыз: $n_1 = n_0 e^{-\frac{\mu g h_1}{RT}}$ және $n_2 = n_0 e^{-\frac{\mu g h_2}{RT}}$ осыдан $\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{\mu g (h_1 - h_2)}{RT}} = e^{\frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}}$ немесе

$$\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}.$$

Бөлшектің массасы $m = \frac{\mu}{N_0}$ болғандықтан, (3) формуланы былай жазуға болады: $\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_0 m g (h_2 - h_1)}{RT}$, осыдан Архимед заңына жасалынған түзетуді еске ала отырып, ақырында мынаны аламыз:

$$N_0 = \frac{RT \ln \frac{n_1}{n_2}}{g V (\rho - \rho') (h_2 - h_1)} = 6,1 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1},$$

мұндағы ρ — гуммигүттың тығыздығы, ал ρ' — сүйықтың тығыздығы.

5.113. $\lambda = 8,5 \cdot 10 \text{ м.}$ 5.14. $\lambda = 5,6 \text{ см.}$ 5.115. $\lambda = 9,3 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$

5.116. $\bar{z} = 4,9 \cdot 10^5 \text{ сек}^{-1}$ 5.117. $z = 2,47 \cdot 10^9 \text{ сек}^{-1}$.

5.118. $z = 3 \cdot 10^{31}$. 5.119. 2,3 есе. 5.120. $\bar{\lambda} = 10^{-6} \text{ м.}$

5.121. $\bar{\lambda} = \frac{\mu}{V 2\pi\sigma^2 N_0 \rho} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$ 5.122. $\bar{\lambda} = 14,2 \text{ см.}$

5.123. Оттегі молекулаларының бір секунд ішіндегі өз ара соқтығысұның орташа санын мына формуламен табамыз: $\bar{z} = \frac{v}{\bar{\lambda}_1}$, мұндағы

$v = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$ және $\bar{\lambda}_2 = \bar{\lambda}_1 \frac{p_1}{p_2}$ болады. Сонымен

$$\bar{z} = \frac{\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}}{\bar{\lambda}_1 \frac{p_1}{p_2}}. \quad (1)$$

Есептің шарты бойынша $\frac{p_1}{p_2} = 100$, $\bar{\lambda}_1 = 9,5 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$, $T = 273^\circ\text{K}$. Осы берілгендерді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $\bar{z} = 4,5 \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}$.

5.124. $z = 9,6 \cdot 10^9 \text{ сек}^{-1}$. 5.125. $\bar{\lambda} = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$

5.126. $\sigma = \sqrt{\frac{\mu}{V 2N_0 \pi \bar{\lambda} \rho}} = 3,5 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$

5.127. $\tau = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ сек.}$

5.128. $\rho = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ кг/м}^3$; $n = 3,3 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$; $\lambda = 76,0 \text{ м.}$

5.129. Молекулалар бір-бірімен соқтығыспау үшін, оның еркін жолының орташа ұзындығы ыдыстың диаметрінен кем болмау керек,

яғни $\bar{\lambda} \geq D \geq \frac{1}{V \sqrt{2\pi\sigma^2 n}}$. Осыдан $n \leq \frac{1}{V \sqrt{2\pi\sigma^2 D}}$. Есептің берілген сан мәндерін орнына қойып, аламыз $n \leq 1,7 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$.

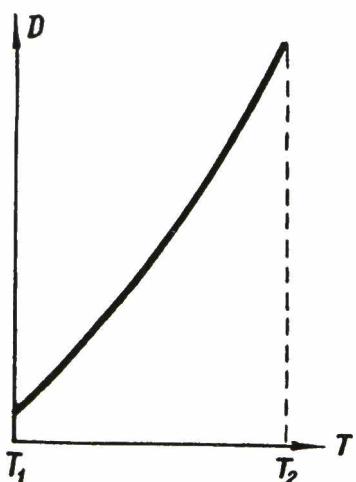
5.130. 1) $7 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ сын. бағ. 2) $7 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$ сын. бағ.
3) $7 \cdot 10^{-5} \text{ мм}$ сын. бағ.

5.131. $p \leq 3 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ сын. бағ. 5.132. $\rho \leq 9,4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^3$.

$$5.133. \bar{z} = \frac{\bar{v}}{\bar{\lambda}} \sqrt{\frac{8}{3\pi}} = 9,2 \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}.$$

$$5.134. D = 0,91 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{сек}. \quad 5.135. D = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}.$$

5.136. $D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \frac{kT}{\sqrt{2\pi\sigma^2 p}}$. Қысым тұрақты болғанда $D = AT^3$. 85-суретте $p = \text{const}$ болғандағы диффузия коэффициенттерінің T температурага тәуелділігінің сипаты көрсетілген.



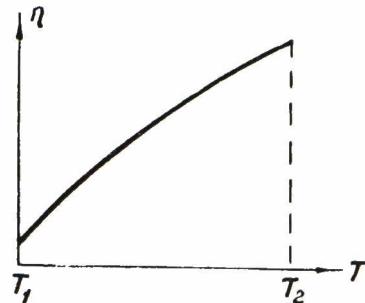
85-сурет.

$$5.137. M = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}.$$

$$5.138. M = 9,7 \cdot 10^{-8} \text{ кг}.$$

$$5.139. \bar{\lambda} = 1,84 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

$$5.140. \eta = 1,78 \cdot 10^{-5} \text{ н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2.$$



86-сурет.

5.141. Мынаны алайық

$$\eta = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} \rho, \quad (1)$$

мұндағы $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$ — молекуланың орташа арифметикалық жылдамдығы, $\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2\pi\sigma^2 p}}$ — молекуланың еркін жолының орташа ұзындығы және $\rho = \frac{P\mu}{RT}$ — газдың тығыздығы. Осы шамаларды (1) теңдеудеге қойып, мынаны аламыз: $\eta = \frac{2k}{3\pi\sigma^2} \sqrt{\frac{\mu T}{R\pi}}$, осыдан $\sigma^2 = \frac{2k}{3\pi\eta} \sqrt{\frac{\mu T}{R\pi}} = 9 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$, ал $\sigma = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

5.142. $\eta = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} \rho$. Осыған \bar{v} , $\bar{\lambda}$ және ρ мәндерін қойып, мынаны табамыз: $\eta = A \sqrt{T}$, мұндағы A — кейбір тұрақты. 86-суретте η ішкі үйкеліс коэффициентінің T температурага тәуелділігінің сипаты берілген.

$$5.143. D = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}; \quad \eta = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/\text{м} \cdot \text{сек}.$$

5.144. 1,07 есе.

$$5.145. n = \frac{N_0 n}{\mu D} = 1,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

$$5.146. 1) \rho = 1,6 \text{ кг}/\text{м}^3; \quad 2) \bar{\lambda} = 8,35 \cdot 10^{-8} \text{ м}; \quad 3) \bar{v} = 440 \text{ м}/\text{сек}.$$

$$5.147. v = 2,72 \text{ м}/\text{сек}. \quad 5.148. F = 0,045 \text{ н}.$$

$$5.149. \eta = \frac{F(R - r)}{4\pi^2 \nu h R r} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2.$$

$$5.150. K = 0,090 \text{ вт}/\text{м} \cdot \text{град}.$$

$$5.151. K = 13,2 \cdot 10^{-3} \text{ вт}/\text{м} \cdot \text{град} = 11,3 \cdot 10^{-3} \text{ ккал}/\text{м} \cdot \text{сар} \cdot \text{град}.$$

$$5.152. K = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} c_V \rho. \quad \text{Осыған } \bar{v}, \bar{\lambda} \text{ және } \rho \text{ мәндерін қойып, мынаны}$$

табамыз: $K = A \sqrt{T}$ 87-суретте K -ның T -ға тәуелділігінің сипаты берілген.

$$5.153. D = \frac{K V N_0}{c_V N} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}.$$

$$5.154. 1) \frac{D_1}{D_2} = 0,8; \quad 2) \frac{\eta_1}{\eta_2} = 1,25;$$

$$3) \frac{K_1}{K_2} = 0,96.$$

$$5.155. p = 1,26 \text{ н}/\text{м}^2 = 0,0096 \text{ мм сын. бағ.}$$

5.156. 1) Ауаның жылу өткізгіштік коэффициенті $\bar{\lambda} = d$ болғанда, қысымға тәуелді бола бастайды, мұндағы d — термостың қабырғаларының ара қашықтығы. Бізге

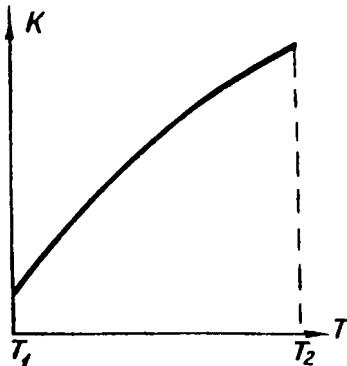
$\bar{\lambda} = \frac{kT}{V \sqrt{2\pi\sigma^2 p}}$ екені белгілі, осыдан $\bar{\lambda} = d$ болғанда мынаны аламыз:

$p = \frac{kT}{V \sqrt{2\pi\sigma^2 d}}$. Есептің сан мәндерін қойып, аламыз $p = 7,37 \cdot 10^{-3} \text{ мм сын. бағ.}$

2) а) $K = 13,1 \cdot 10^{-3} \text{ вт}/\text{м} \cdot \text{град}$. б) Егер $p = 10^{-4} \text{ мм сын. бағ.}$, онда еркін жолдың λ орташа ұзындығы термос қабырғаларының ара қашықтығынан үлкен болады. Онда $K = \frac{1}{3} d \bar{v} \bar{\lambda} c_V = \frac{1}{3} d$

$$\sqrt{\frac{8RT}{\mu}} \cdot \frac{p\mu}{RT} \cdot \frac{Ri}{2\mu} = \frac{1}{6} dpi \quad \sqrt{\frac{8R^4}{\pi\mu T}} = 17,8 \cdot 10^{-4} \text{ вт}/\text{м} \cdot \text{град}. \quad 3)$$

$$\text{Бізге белгілі } Q = K \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta S \Delta t. \quad \text{Бірақ } \Delta S = 2\pi r l, \text{ мұнда } r = \frac{r_1 + r_2}{2}$$



87-сурет.

Осыдан кейін $Q = K \frac{\Delta T}{\Delta x} 2\pi r l \Delta t$. Есептің сан мәндерін қойып, аламыз:

a) $Q = 188 \text{ дж} = 45 \text{ кал}$ және б) $Q = 25,5 \text{ дж} = 0,61 \text{ кал}$. Конвекцияның салдарынан нақты шығын үлкен болады.

5.157. $Q = 5,7 \text{ ккал}$. 5.158. $Q = 78 \text{ дж}$.

$$5.159. 1) Q = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T = 7,92 \cdot 10^3 \text{ дж} = 1890 \text{ кал};$$

$$2) \Delta W = \frac{i}{2} p \Delta V = 5660 \text{ дж} = 1350 \text{ кал};$$

$$3) A = p \Delta V = 2,26 \cdot 10^3 \text{ дж} = 540 \text{ кал}.$$

Сонымен, біздің күткеніміздей, термодинамиканың бірінші заңы, мынадай болады $Q = \Delta W + A$.

5.160. 1) $A = 8,1 \cdot 10^3 \text{ дж}$; 2) $\Delta W = 20,2 \cdot 10^3 \text{ дж}$; 3) $Q = 28,3 \cdot 10^3 \text{ дж}$ ($Q = \Delta W + A$).

5.161. $\Delta W = 1000 \text{ дж}$.

5.162. 1) $\Delta W = 2500 \text{ кдж}$; 2) $A = 830 \text{ кдж}$; 3) $Q = 3330 \text{ кдж}$.

5.163. $A = 600 \text{ дж}$. 5.164. $Q = A \left(\frac{i}{2} + 1 \right) = 550 \text{ дж}$.

5.165. $\Delta t = 57^\circ$. 5.166. $A = 13,2 \text{ дж}$; $\Delta W = 39,6 \text{ дж}$.

5.167. 1) $Q = 3,32 \cdot 10^6 \text{ дж}$; 2) $\Delta W = 2,49 \cdot 10^6 \text{ дж}$; 3) $A = 8,31 \cdot 10^5 \text{ дж}$.

5.168. 1) $Q = 10,4 \text{ дж}$; 2) $\Delta h = 2,8 \text{ см}$. 5.169. $Q = 360 \text{ дж}$.

5.170. $A = 720 \text{ дж}$. 5.171. 2,72 есе. 5.172. $\sqrt{\bar{v}^2} = 500 \text{ м/сек}$.

5.173. 1) $A = 70 \text{ дж}$; 2) $Q = A = 70 \text{ дж} = 16,8 \text{ кал}$.

5.174. $A = 2,2 \cdot 10^5 \cdot \text{джа}$. 5.175. $T = 207^\circ \text{К} = -66^\circ \text{C}$.

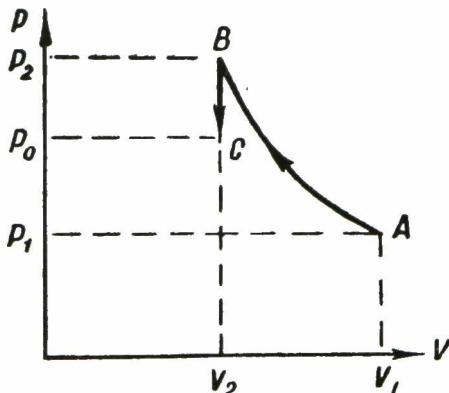
5.176. $p_1 = 9,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. 5.177. $T = 865^\circ \text{К} = 592^\circ \text{C}$.

5.178. $i = 5$. 5.179. $t = 123^\circ \text{C}$, $p = 52,8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

5.180. $T = 780^\circ \text{K}$. 5.181. $\frac{c_p}{c_v} =$

$= 1,4$.

5.182. 1) 88-суретте процестің графигі көрсетілген. 2) $V_2 = 0,25 \text{ л}$; $p_2 = 1,32 \text{ ат}$.



88-сурет.

5.183. $\frac{c_p}{c_v} = 1,4$.

5.184. Адиабаталық процесстің кезінде $\Delta W = -A$ болады. 1) $\Delta W = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} \cdot R(T_2 - T_1)$. Температура T_2 -ні Пуассонның тендеуін пайдаланып табуға болады. Керекті есептеулерді жүргізіп, мынаны табамыз: $\Delta W = -2,69 \cdot 10^6 \text{ дж}$. 2) $A = -\Delta W = 2,69 \cdot 10^{-6} \text{ дж}$.

5.185. Адиабаталық сығылудағы жұмыс

$$A_{\text{ад}} = \frac{M}{\mu} \frac{R T}{(\gamma - 1)} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right],$$

ал изотермалық сығылудағы жұмыс

$$A_{из} = \frac{M}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Бұдан

$$\frac{A_{ад}}{A_{из}} = \frac{\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} - 1 \right]}{(\kappa - 1) \ln \frac{V_2}{V_1}}. \quad (1)$$

Біздең $V_1 = 10^{-2} \text{ м}^3$, $V_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; $\kappa - 1 = 0,4$. Осы берілгендерді (1) тендеуге қойып, аламыз $\frac{A_{ад}}{A_{из}} = 1,4$ — осыған қарағанда изотермалық сығу тиімді болады.

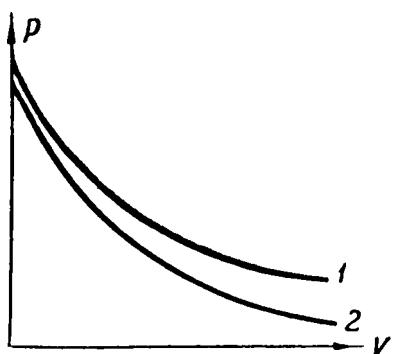
5.186. 7°-қа. 5.187. 1,15 есе.

5.188. 1) $p_2 = 5 \text{ атм}$, $T_2 = 273^\circ\text{K}$, $A = -1140 \text{ дж}$;

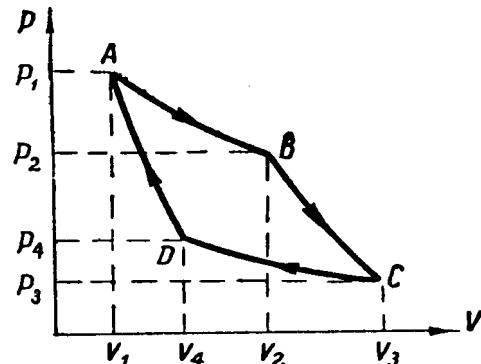
2) $p_2 = 9,5 \text{ атм}$, $T_2 = 520^\circ\text{K}$, $A = -1590 \text{ дж}$.

5.189. 1) $T_2 = T_1 = 313^\circ\text{K} = 40^\circ\text{C}$, $p_2 = 2,0 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$, $A = -1800 \text{ дж}$;

2) $T_2 = 413^\circ\text{K} = 140^\circ\text{C}$, $p_2 = 2,6 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$, $A = -2080 \text{ дж}$.



89-сурет.



90-сурет.

5.190. 1) 2 есе; 2) 1,64 есе.

5.191. Бір атомды газ 1,2 есе артық қызады.

5.192. 1) $\frac{V_2}{V_1} = 1,33$; 2) $T_2 = 270^\circ\text{K} = -3^\circ\text{C}$; 3) $A = 2,3 \cdot 10^4 \text{ дж}$.

5.193. 1) $p = \frac{A}{V}$, 2) $p = \frac{B}{V^\kappa}$; мұндағы $\kappa = \frac{c_p}{c_V}$.

89-суретте газдың изотермалық (қисық 1) және адіабаталық (қисық 2) үлғаюындағы p қысымының V көлеміне тәуелділігінің сипаты көрсетілген.

- 5.194. 1) $Q=1,55 \text{ кдж}$, $A=0,92 \text{ кдж}$, $\Delta W=0,63 \text{ кдж}$;
 2) $Q=1,88 \text{ кдж}$, $A=1,25 \text{ кдж}$, $\Delta W=0,63 \text{ кдж}$.

5.195. Қарноның циклі бойынша жұмыс істейтін жылу машинасы A -га тең жұмыс істейді де, ол мынаған тең болады: $A = Q_1 - Q_2 = \eta Q_1$, мұндағы Q_1 — машинаның жылытықштан алатын жылу мөлшері, Q_2 — сүтқышқа берілген жылудың мөлшері, η — машинаның п. э. коэффициенті. Біздеңі $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,25$, олай болса, $A = \eta Q_1 = 150 \text{ кал} = 630 \text{ дж}$. Осыдан кейін $Q_2 = Q_1 - A = 450 \text{ кал} = 1880 \text{ дж}$.

5.196. $\eta = 18\%$.

5.197. 1) $\eta = 26,8\%$; 2) $Q_1 = 27,4 \cdot 10^4 \text{ дж}$; 3) $Q_2 = 20,0 \cdot 10^4 \text{ дж}$.

5.198. 1) $\eta = 20\%$; 2) $A = 1,26 \cdot 10^3 \text{ дж}$.

5.199. AB изотермасының тендеуі мына түрде болады (90-сурет):

$$pV = \frac{M}{\mu} RT_1. \quad (1)$$

A нүктесінің координаталары осы тендеуді қанағаттандырады, яғни

$$p_1 V_1 = \frac{M}{\mu} RT_1,$$

бұдан

$$\frac{M}{\mu} = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = \frac{7 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 400} \text{ кмоль} = 0,427 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль}, \text{ ал}$$

осыдан (1) тендеу мына түрде болады:

$$pV = 0,427 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 400 \text{ дж} = 1420 \text{ дж}. \quad (2)$$

B нүктесі үшін

$$p_2 = \frac{pV}{V_2} = \frac{1420}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ Н/м}^2 = 2,8 \text{ атм}.$$

B және C нүктелерінің координаталары BC адиабатаны қанағаттандыратын болғандықтан, $p_2 V_2^x = p_3 V_3^x$ болады, осыдан $p_3 = p_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^x =$

$= 1,44 \text{ атм}$. DC изотерманың тендеуі $pV = \frac{M}{\mu} RT = p_3 V_3 = 1,44 \cdot 1,103 \cdot$

$10^5 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ дж} = 1170 \text{ дж}$. Осыдан $T_2 = 330^\circ\text{K}$. D және A нүктелердің координаталары DA адиабатаның тендеуін қанағаттандыратын болғандықтан, $\left(\frac{V_4}{V_1} \right)^{x-1} = \frac{T_1}{T_2}$ болады, бұдан $V_4 = 3,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ және

$$p_4 = \frac{1170}{3,22 \cdot 10^{-3} \cdot 1,103 \cdot 10^5} \text{ атм} = 3,6 \text{ атм}.$$

1) Сонымен, $V_1 = 2 \text{ л}$, $p_1 = 7 \text{ атм}$, $V_2 = 5 \text{ л}$, $p_2 = 2,8 \text{ атм}$, $V_3 = 8 \text{ л}$, $p_3 = 1,44 \text{ атм}$, $V_4 = 3,22 \text{ л}$, $p_4 = 3,6 \text{ атм}$.

2) AB изотермалық процесс кезінде жұмыс $A_1 = \frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 0,427 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 400 \cdot 0,916 \text{ дж} = 1300 \text{ дж}$; BC адиабаталық процесс кезіндегі жұмыс

$$A_2 = \frac{M}{\mu} \frac{RT_1}{(x-1)} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{x-1} \right] = \frac{M}{\mu} \frac{RT_1}{x-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = 620 \text{ дж};$$

CD изотермалық процесс кезіндегі жұмыс

$$A_3 = \frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = -1070 \text{ дж};$$

DA адиабаталық процесс кезіндегі жұмыс

$$A_4 = \frac{M}{\mu} \frac{RT_2}{x-1} \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right) = -620 \text{ дж}.$$

3) Бүкіл циклдегі жұмыс $A = \Sigma A_i = 230 \text{ дж}$.

4) Циклдің п. э. коэффициенті $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,175 = 17,5\%$.

5) Қыздырыштан бір циклде алғынған жылу мөлшері мынаган тәң болады:

$$Q_1 = \frac{A}{\eta} = \frac{230}{0,175} = 1300 \text{ дж} = 312 \text{ кал}.$$

6) Суытқышқа бір циклде берілген жылудың мөлшері мынаған тәң болады:

$$Q_2 = Q_1 - A = 1070 \text{ дж} = 256 \text{ кал}.$$

5.200. 2,1 есе.

5.201. Кері цикл кезінде сыртқы күштер газбен A жұмыс істейді. Осы кезде суық денеден алғынған жылу мөлшері жұмсалған A жұмыспен бірге, анағұрлым қыздырылған денеге берілген Q жылу мөлшеріне тәң болады.

$$1) \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,093;$$

$$2) Q_2 = Q_1 - A = \frac{A}{\eta} - A = \frac{1 - \eta}{\eta} A. \text{ Мұнда } A = 37000 \text{ дж} = 37 \text{ кдж}.$$

Олай болса, $Q_2 = \frac{1 - \eta}{\eta} A = 360 \text{ кдж}$.

3) $Q_1 = Q_2 + A = 397 \text{ кдж}$. Сонымен суытқыш машина әрбір цикл сайын анағұрлым қыздырылған денеге 397 кдж жылу беретін болады, оның ішінде 37 кдж жұмысты жылуға айналдыру есебінен алғынады, ал басқа қалған 360 кдж суық денеге ауыстырылады.

5.202. η_1, η_2 және η_3 коэффициенттері өз ара $\eta_1 = \frac{1}{1 - \eta_3}$, $\eta_2 = \frac{1 - \eta_3}{\eta_3}$ қатынастар арқылы байланысады. Біздің есебіміздің шартында $\eta_1 = 1,09, \eta_2 = 11,0, \eta_3 = 0,083$.

5.203. 4,94 кг.

5.204. Q_0 жылудың есебінен мынадай жұмыс істеуге болады $A = \eta_2 Q_0$, мұндағы η_2 — жылу машинасының п. ә. коэффициенті. Сонымен бірге $\eta_2 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Онда үйдің ішіне сұтқыш машинадан берілетін жылудың мөлшері $Q_1 = \frac{A}{\eta_3}$ болады, мұндағы η_3 — сұтқыш машинаның п. ә. коэффициенті, сонымен бірге $\eta_3 = \frac{T'_1 - T'_2}{T'_1}$. Сонда $\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{\eta_2 Q_0}{\eta_3 Q_0} = \frac{\eta_2}{\eta_3} = \frac{(T_1 - T_2) T'_1}{(T'_1 - T'_2) T'_1}$. Есептің шартында берілген сан мәндөрді орнына қойып, алатынның $\frac{Q_1}{Q_0} = 3$, яғни пешке жағылған отыннан үйдің алатын жылуы, осында отынның мөлшерін пайдалаңып, сұтқыш машинаның осы үйді жылытуға берген жылуынан үш есе кем болатындығын көреміз.

5.205. 9-суреттен мынаны көреміз:

$$A = p_1 (V_1 - V_0) + \frac{p_1 V_1}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} \right] - p_0 (V_2 - V_0).$$

Сан мәндерін қойып, мынаны аламыз: $A = 1920$ дж.

5.206. $\eta_1 = 20\%$ және $\eta_2 = 30\%$. 5.207. 104 цикл.

5.208. $\eta = \frac{A}{Q_1}$, мұндағы A — барлық цикл кезіндегі толық жұмыс, ал Q_1 — жанар май жанған кезіндегі бөлініп шығатын жылу мөлшері. $A_{AB} = A_{BA}$ және $A_{CD} = A_{EB} = 0$ болғандықтан,

$$A = A_{BC} - A_{DE} = \frac{M}{\mu} \frac{R (T_0 - T_3)}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} \right].$$

ал $\frac{R}{\kappa - 1} = C_V$ және $\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} = \frac{T_1}{T_0} = \frac{T_2}{T_3}$; сондықтан

$$A = \frac{M}{\mu} C_V (T_0 - T_3) \left(1 - \frac{T_2}{T_3} \right).$$

Сонан кейін, $Q = \frac{M}{\mu} C_V (T_2 - T_1)$. Осыдан

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{A}{Q_1} = \frac{(T_0 - T_3) \left(1 - \frac{T_2}{T_3} \right)}{T_2 - T_1} = \frac{T_2 - T_3}{T_2} = \\ &= 1 - \frac{T_3}{T_2} = 1 - \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1}} = 0,412 = 41,2\%. \end{aligned}$$

5.209. $p = 9,3 \cdot 10^5$ Н/м² және $T = 686^\circ\text{K} = 413^\circ\text{C}$. 5.210. $n = 1,3$.

5.211. 1) Тегінде, $V_1 - V_2 = Sh$, мұндагы S — цилиндрдің көлденең қимасының ауданы, h — поршеньнің жүрісі. Осыған қосымша $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^x = \frac{p_2}{p_1}$. Осы екі теңдеуді V_2 арқылы шешіп, сан мәндерін орына койып, мынаны табамыз: $V_2 = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$;

$$2) \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{x-1}{x}} \text{ бұдан } T_2 = 680^\circ\text{K} = 407^\circ\text{C};$$

$$3) A = \frac{p_1 V_1}{z - 1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \text{ ал } V_1 = Sh + V_2 = 1,04 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

және $A = 243 \text{ дж}$.

5.212. 1) 36,7%; 2) 44,6%; 3) 49,6%.

5.213. Бензиннің пайдалануын және оның жылу шығарғыштық қабілеттің біле отырып, біздер шын мәніндегі пайдалы эсер коэффициентті табамыз: $\eta_\phi = 0,216 \approx 22\%$. Теориялық жағынан п. о. коэффициентті мынадай болады:

$$\eta = 1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{n-1} \approx 0,3 \approx 30\%.$$

Сонымен, механизмнің қозғалыстағы бөлшектерінің үйкелісіне және басқа да жағдайларға кететін шығын $30\% - 22\% = 8\%$.

5.214. Толық циклдегі істелетін жұмыс мынагаи тең:

$$A = Q_1 - Q_2, \quad (1)$$

мұндагы Q_1 — отынның жағандагы бөлшектің шыккан жылу мөлшері (CD участкесіндегі 11-сурет), ол Q_2 — ортаға берілген жылу мөлшері (EB участкесіндегі). Ал CD участкесіндегі изобара болғандықтан,

$$Q_1 = \frac{M}{\mu} C_p (T_2 - T_1). \quad (2)$$

мұндагы T_1 — изобаралық үлгіаудың ~~үзілігі~~ның бас жағындағы температура, ал T_2 — оның аяғындағы температура. Осыдан кейін, EB участкесіндегі изохора болғандықтан

$$Q_2 = \frac{M}{\mu} C_V (T_3 - T_0), \quad (3)$$

мұндагы T_3 — изохоралық процестің басындағы температура, ал T_0 — оның аяғындағы температура. Олай болса, (1) теңдеу бойынша

$$A = \frac{M}{\mu} C_V [x(T_2 - T_1) - (T_3 - T_0)] \quad (4)$$

ал п. о. коэффициенті

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{1}{x} - \frac{T_3 - T_0}{T_2 - T_1}. \quad (5)$$

(5) тендеуді басқа түрге келтіруге болады. T_0 , T_1 және T_3 температураараларды T_2 арқынша корсетуге болады. CD изобара үшін $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_3}{V_1} = \beta$ — изобаралық ұлғаюың дөрежесі, олай болса, $T_1 = \frac{T_2}{\beta}$. Бұдан басқа DE адиабата үшін $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \delta^{\gamma-1}$, мұндагы δ — адиабаталық сығылудың дөрежесі, олай болса, $T_3 = \frac{T_2}{\delta^{\gamma-1}}$. BC адиабата үшін $\frac{T_1}{T_0} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \varepsilon^{\gamma-1}$, мұндагы ε — адиабаталық сығылудың дөрежесі, ендеше $T_0 = \frac{T_1}{\varepsilon^{\gamma-1}} = \frac{T_2}{\beta\varepsilon^{\gamma-1}}$. T_0 , T_1 , T_3 табылған мәндерін (5) тендеуге қойып және $\beta = \frac{\varepsilon}{\delta}$ деп алған, онда ақырында мынанды алатмыз:

$$\eta = 1 - \frac{\beta^\gamma - 1}{\varepsilon^{\gamma-1} (\beta - 1)}.$$

5.215. Бізге белгілі

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{Nt}{mq_0}, \quad (1)$$

мұндагы t — отынның массасы, ал q_0 — оның жылу шыгаратын қабілеті. Басқа жағынан,

$$\eta = 1 - \frac{\beta^\gamma - 1}{\varepsilon^{\gamma-1} (\beta - 1)}. \quad (2)$$

Біздегі $\beta = \frac{\varepsilon}{\delta} = \frac{16}{6,4} = 2,5$, $x = 1,3$, $\beta^\gamma = 3,29$, $\beta^\gamma - 1 = 2,29$, $\varepsilon^{\gamma-1} = 2,30$

және $\beta - 1 = 1,5$. Осы берілгендерді (2) формулага қойып, мынанды алатмыз: $\eta = 0,49 = 49\%$, осыдан $t = 5,9$ кв.

5.216. Энтропияның өзгерісі мынадай формуламен анықталады:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}, \quad (1)$$

мұндагы S_1 және S_2 — энтропияның бірінші және екінші күйіндегі сәйкес мәндері. Берілген жағдайда энтропияның жалпы өзгерісі, оның әрбір процесіндегі өзгерісінің косындысынан тұрады.

1) Массасы m мұзды T_1 температурадан T_2 температурага дейін қызыдыру. Бұл жағдайда $dQ_1 = mc_1 dT$ болғандықтан, мұндагы c_1 —

мұздың меншікті жылу сыйымдылығы, (1) формула бойынша мына-
ны табамыз:

$$\Delta S_1 = mc_1 \ln \frac{T_2}{T_1}$$

2) T_2 температурада массасы m мұзды балқыту. $\int dQ = m\lambda$ бол-
ғандықтан, мұндағы λ — балқудың меншікті жылуы, (1) формула
бойынша

$$\Delta S_2 = \frac{m\lambda}{T_2}.$$

3) Массасы m суды T_2 -ден T_3 -ге дейін қыздыру:

$$\Delta S_3 = mc_2 \ln \frac{T_3}{T_2},$$

мұндағы c_2 — судың меншікті жылу сыйымдылығы.

4) T_3 температурада массасы m суды буга айналдыру:

$$\Delta S_4 = \frac{mr}{T_3},$$

мұндағы r — буга айналдырудың меншікті жылу сыйымдылығы.
Энтропияның жалпы өзгерісі

$$\Delta S = m \left(c_1 \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{\lambda}{T_2} + c_2 \ln \frac{T_3}{T_2} + \frac{r}{T_3} \right). \quad (2)$$

Бізде $m=0,01$ кг, $c_1=0,5$ кал/г·град = $2,1 \cdot 10^3$ дж/кг·град, $T_1=253^\circ\text{K}$,
 $T_2=273^\circ\text{K}$, $T_3=373^\circ\text{K}$, $\lambda=80$ кал/г = $3,35 \cdot 10^5$ дж/кг, $c_2=1$ кал/г·град =
 $4,19 \cdot 10^3$ дж/кг·град және $r=539$ кал/г = $2,26 \cdot 10^6$ дж/кг. Осы белгі-
лерді (2) формулаға қойып, мынағы аламыз, $\Delta S=88$ дж/град =
 $=21$ кал/град. 5.217. $\Delta S=7,4$ дж/град.

5.218. $\Delta S=1230$ дж/град. 5.219. $\Delta S=63$ дж/град.

$$5.220. \text{ Мынау белгілі } S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}. \text{ Бірақ } dQ = \frac{M}{\mu} C_V dI + pdV,$$

және бұдан басқа, $pV = \frac{M}{\mu}RT$, сонда $S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{M}{\mu} \frac{C_V dT}{T} +$
 $+ \int_1^2 \frac{\frac{M}{\mu}R dV}{V}$, немесе $S_2 - S_1 = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} = 5,4$ дж/град.

5.221. Осының алдындағы есепте, біздер энтропияны T және
 V параметрдің функциясы ретінде тапқанбыз. Ал осы есепте энтро-

пияны V және p параметрлері арқылы көрсетуіміз керек. Мынау белгілі

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}. \quad (1)$$

Ал Менделеев — Клапейрон теңдеуінен, белгілі

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}. \quad (2)$$

(2) теңдеуді (1) теңдеуге қойып, мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} \Delta S &= \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} = \\ &= \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}. \end{aligned}$$

Есептің берілген сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз $\Delta S = 71,0 \text{ дж/град}$. Энтропияны p және T параметрлері арқылы көрсетіп, төмендегі формуланы шығарып алуды оқушылардың өздеріне тапсырамыз:

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_2}{p_1}.$$

5.222. $\Delta S = \frac{M}{\mu} C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$ екені белгілі (осының алдындағы есептің шығаруын қараңыздар); изобаралық процесте $p_1 = p_2$ болады және $\Delta S = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$. Есептің шартында берілген сан мәндерді орнына қойып, алатыннымыз $\Delta S = 66,3 \text{ дж/град} = 15,8 \text{ кал/град}$.

5.223. $\Delta S = 38,1 \text{ дж/град}$.

5.224. Мынау белгілі (5.221 есептің шығаруын қараңыздар) $\Delta S = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_2}{p_1}$; изотермалық процесте $T_1 - T_2$ және $\Delta S = -\frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_1}{p_2}$. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $\Delta S = 17,3 \text{ дж/град}$.

5.225. $\Delta S = 2,9 \text{ дж/град}$.

5.226. 1) $\Delta S = 1,76 \text{ дж/град}$; 2) $\Delta S = 2,46 \text{ дж/град}$.

5.227. 1) $\Delta S = 8,5 \cdot 10^3 \text{ дж/град}$; 2) $\Delta S = 11,8 \cdot 10^3 \text{ дж/град}$.

5.228. Қыздыру тұрақты қысым уақытында жасалды.

5.229. Энтропия өзгерісі газдың бір күйден екінші күйге қандай жолмен ауысатындығына байланысты болмайтындығына көз жеткізуді оқушылардың өздеріне ұсынады. Екі жағдайда да энтропияның өзгерісі $5,45 \text{ дж/град}$ -ка тең болады.

5.230. $\Delta S \cong 500 \text{ дж/град}$. **5.231.** $Q = 4,2 \cdot 10^5 \text{ дж}$.

§ 6. Нәкты газдар

6.1. b шамасының атауы $m^3/\text{кмоль}$ болады, ал a шамасының атауы $n \cdot m^4/\text{кмоль}^2$.

6.2.

Заттар	$a \cdot 10^{-5},$ $n \cdot m^4/\text{кмоль}^2$	$b \cdot 10^3,$ $m^3/\text{кмоль}$
Су буы	5,56	3,06
Көмір қышқылды газ	3,64	4,26
Оттегі	1,36	3,16
Аргон	1,36	3,22
Азот	1,36	3,85
Сутегі	$2,44 \cdot 10^{-1}$	2,63
Гелий	$3,43 \cdot 10^{-2}$	2,34

6.3. 1) Менделеев — Клапейронның тендеуін температураға қарысты шеше отырып, мынаны табамыз:

$$T = \frac{\mu p V}{MR}. \quad (1)$$

Бізде $\mu=28 \text{ кг/кмоль}$, $p=2 \text{ атм}=2 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$, $V=8,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$; $M=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Осы берілгендерді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $T=280^\circ\text{K}$.

2) Ван-дер-Ваальстің тендеуін температура арқылы шешіп, мынаны табамыз:

$$T = \frac{\mu}{MR} \left(p + \frac{aM^2}{\mu^2 V^2} \right) \left(V - \frac{M}{\mu} b \right). \quad (2)$$

Берілген сан мәндерді (2) тендеуге қойып, үш мәнді цифрга дейінгі нақтылықпен мынаны аламыз: $T=280^\circ\text{K}$. Сонымен, аз қысымда газ езін идеал газ сияқты көрсетеді. Үлкен қысымда газдың параметрлері Менделеев — Клапейрон тендеуіне бағынбайтын болады (келесі есептің шарты мен жауабын қараңыздар).

6.4. 1) $T=281^\circ\text{K}$; 2) $T=289^\circ\text{K}$.

6.5. 1) $T=482^\circ\text{K}$; 2) $T=204^\circ\text{K}$.

6.6. 1) Нәкты газ үшін: а) $p=2,87 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ және б) $p=2,73 \times 10^8 \text{ н/м}^2$; 2) идеал газ үшін: а) $p=3,09 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ және б) $p=6,18 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$.

Осы табылған нәтижелерді бір-бірімен салыстырудан мынаны байқауға болады, яғни қысым аса үлкен болғанда, нақты газдар идеал газдарға қарағанда неғұрлым қысылғыш келеді (молекулалардың арасындағы тартылу күшінің әсерінен); ал қысым үлкен болғанда, нақты газдар идеал газдарға қарағанда шамалы қысылатын болады (молекулалардың өздерінің меншікті көлемінің әсерінен).

6.7. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{2p + p_i}{p + p_i} = 1,85$. Мұнда $p_i = \frac{av^2}{V^2}$, мұндағы v — киломоль саны. Егер газ Менделеев — Клапейрон тендеуіне бағынған болса, онда $\frac{T_2}{T_1} = 2$ болар еді.

6.8. Ван-дер-Ваальс формуласы бойынша көлемді табу үшінші дәрежелі тендеуді шығаруды керек етеді. Осы тендеудің заттық газ күйіне сәйкес келетін үш түбірінің біреуін бірте-бірте жуықтау әдісі арқылы табуға болады. Ван-дер-Ваальс тендеуінен, мынаны аламыз

$$V = \frac{RT}{p + \frac{a}{V^2}} + b \frac{RT}{p + p_i} + b. \quad (1)$$

Бірінші жуықтату ретінде $V = V_1$ — Менделеев — Клапейрон тендеуінен алынатын көлемді аламыз

$$V_1 = \frac{MRT}{\mu p} \quad (2)$$

Біздегі $\frac{M}{\mu} = 1$ кмоль, $R = 8,31 \cdot 10^3$ дж/кмоль · град, $T = 300^\circ\text{K}$ және $p = 10^7 \text{ н/m}^2$. Осы берілгендерді (2) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $V_1 = 0,24 \text{ м}^3$. Онда $p_i = \frac{a}{(V_1)^2} = \frac{1,36 \cdot 10^5}{(0,24)^2} \text{ н/m}^2 = 0,24 \cdot 10^7 \text{ н/m}^2$. Табылған p_i (1)-тендеуге қойып, екінші жуықтауды табамыз

$$V_2 = \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{1,24 \cdot 10^7} \text{ м}^3 + 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 0,232 \text{ м}^3.$$

Онда

$$p_i = \frac{a}{(V_2)^2} = \frac{1,36 \cdot 10^5}{(0,232)^2} = 0,253 \cdot 10^7 \text{ н/m}^2$$

және

$$V_3 = \left(\frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 300}{1,253 \cdot 10^7} + 3,16 \cdot 10^{-2} \right) \text{ м}^3 = 0,231 \text{ м}^3.$$

Осылай етіп төртінші т. т. жуықтауларды табуға болады. Төртінші жуықтаудың іс жүзінде үшіншімен сәйкес келетіндігіне көз жеткізу қыны емес. Сонымен іздел отырған көлем $V = 0,231 \text{ м}^3 = 231 \text{ л}$ болады.

6.9. $V = 0,49 \text{ м}^3$ (осынын алдындағы есептің шешуін қараңыздар).

6.10. Ван-дер-Ваальстің тендеуіндегі тұрақты шама b , жуықтап алғанда молекуланың меншікті көлемінің төрт еселенген мәніне тең.

Басқа жақтан $b = \frac{T_k R}{8p_k}$. Осыдан бір молекуланың көлемі мынаған тең

$$V' = \frac{RT_k}{32N_0p_k} = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{6}\pi\sigma^3, \text{ мұндағы } \sigma — \text{молекуланың эфектілік диаметрі.}$$

$\frac{R}{N_0} = k$ — Больцманның тұрақтысы болатындығын еске-

ре отырып, ақырында мынаны аламыз: $\sigma = \sqrt[3]{\frac{3kT_k}{16\pi p_k}}$. Есептің сан мәндегін орнына қойып, мынаны аламыз: $\sigma = 2,94 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 2,94 \text{ \AA}$. Осы табылған мәні σ -ның басқа тәсілмен тапқан мәнімен сәйкес келеді (5.141 есептің шығаруын қараңыздар).

$$6.11. 1) \sigma = 2,97 \cdot 10^{-10} \text{ м} \approx 3,0 \text{ \AA};$$

$$2) \sigma = 3,13 \cdot 10^{-10} \text{ м} \approx 3,1 \text{ \AA}.$$

Сонымен, әр түрлі екі әдіспен тауып алынған нәтижелер бір-біріне айтарлықтай жақсы сәйкес келеді.

$$6.12. \bar{\lambda} = 7,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}.$$

$$6.13. D = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}.$$

6.14. 91-суретте, 0°C температурада көмір қышқылды газдың 1 кмоль үшін құрылған $p=f(v)$ тәуелділіктің графигі берілген. Осындағы қисық 1 идеал газдың тендеуіне сәйкес, ал қисық 2 нақты газдың тендеуіне сәйкес келеді.

$$6.15. p_i = \frac{27 T_k^2 p^2}{64 p_k T^2} = 1,31 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$$

$$6.16. 1) p \left(V - \frac{M}{\mu} b \right) = \frac{M}{\mu} RT; 2) x = \frac{v - v'}{v'} = \frac{pb}{RT} = 0,33 = 33\%.$$

Мұндағы v және v' — молекулалардың өзінің меншікті көлемін есептегендегі және есептемегендегі сәйкес киломольдердің саны.

$$6.17. 1) \frac{p_i}{p} = 4,95\%; \quad 2) \frac{V_i}{V} = 0,86\%.$$

6.18. Молекулалардың өз ара әсер күшіне қарсы істелетін жұмыс

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p_i dV, \text{ мұндағы } p_i = \frac{M^2 a}{\mu^2 V^2}.$$

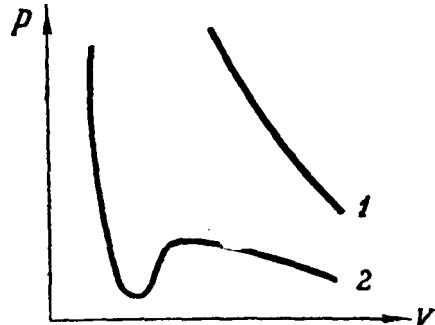
Сонымен

$$A = \frac{M^2 a}{\mu^2} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^2} = \frac{M^2 a}{\mu^2} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) = \frac{M^2 a (V_2 - V_1)}{\mu^2 V_1 V_2}, \quad (1)$$

ал бұдан

$$a = \frac{A \mu^2 V_1 V_2}{M^2 (V_2 - V_1)} = \frac{A V_1 V_2}{\nu^2 (V_2 - V_1)}, \quad (2)$$

мұндағы ν — киломольдердің саны. Есептің сан мәндегін (2) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $a = 1,36 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{кмоль}^2$.



91-сурет.

6.19. $\Delta T = \frac{av(V_2 - V_1)2}{V_1 V_2 i R}$, мұндағы i — газ молекуласының еркіндік дәрежесінің саны және v — газдың киломольдерінің саны. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $\Delta T = 2,33^\circ$

6.20. $a = 3,64 \cdot 10^5 \text{ н} \cdot \text{м}^4/\text{кмоль}^2$.

6.21. 1) а) Температура $t = 31^\circ\text{C}$ — көмір қышқылды газдың кризистік температурасы болғандықтан, онда қажетті қысым $p = p_k = 73 \text{ atm}$ болады. б) Температура $t = 50^\circ\text{C}$ кризистік температурадан үлкен болғандықтан, онда 50°C температурада CO_2 газды ешқандай қысымда сұйыққа айналдыруға болмайды.

$$2) V_x = \frac{3b}{\mu} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$3) p = p_k = 73 \text{ atm}.$$

$$6.22. \rho_k = \frac{\mu}{3b} = 196 \text{ кг/м}^3. \quad 6.23. \rho_k = \frac{8\mu p_k}{3T_k R} = 57 \text{ кг/м}^3.$$

6.24. Ван-дер-Ваальс теңдеуінен келтірілген шамалардан мыналар белгілі

$$\tau = \frac{\left(\pi + \frac{3}{\omega^2}\right)(3\omega - 1)}{8} \quad (1)$$

Бізде $\pi = \frac{p}{p_k} = \frac{920}{50} = 18,4$. Оттегі үшін $V_{ok} = 3b = \frac{3T_k R}{8p_k} = 9,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{кмоль}$;

$\omega = \frac{V_0}{V_{ok}} = \frac{0,056}{0,095} = 0,59$. Осы мәндерді (1) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $\tau = 2,6$, олай болса, $T = \tau T_k = 2,6 \cdot 154^\circ\text{K} = 400^\circ\text{K}$, немесе $t = 127^\circ\text{C}$.

$$6.25. p = 2,7 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2. \quad 6.26. \pi = \frac{p}{p_k} = 2,45.$$

§ 7. Қаныққан булар және сұйықтар

7.1. Су буының M мөлшерін Менделеев — Клапейрон формуласы арқылы табуға болады

$$M = \frac{pV\mu}{RT},$$

мұндағы p — T температурадағы кеңістікті қанықтыратын су буының серпімділігі. $T = 50^\circ\text{C} = 323^\circ\text{K}$ болғанда серпімділік $p = 92,5 \text{ мм сын. бағ.} = 92,5 \cdot 133,3 \text{ н/м}^2$. $\mu = 18 \text{ кг/кмоль}$ және $V = 1 \text{ м}^3$ болғандықтан, осы берілгендерді (1) теңдеуге қойып, мынаны аламыз $M = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг} = 82 \text{ г}$.

$$7.2. \rho = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3. \quad 7.3. 74\,000 \text{ есе.} \quad 7.4. 12 \text{ есе.}$$

7.5. Салыстырмалы ылғалдық мынадай формуламен анықталады:

$w = \frac{p}{p_k}$, мұндағы p — ауада болатын су буының қысымы, ал $p_k :=$ осы берілген температурадағы кеңістікті қанықтыратын су буының қысымы. T температурада ауаның V көлеміндегі су буының массасы мынаған тен:

$$M = \frac{pV\mu}{RT} = \frac{wp_k V\mu}{RT} \quad (1)$$

Біздің $w=0,75$, $\mu=18 \text{ кг/кмоль}$, $V=1 \text{ м}^3$, $T=30^\circ\text{C}=303^\circ\text{K}$, $t=30^\circ\text{C}$ температурада, қанықкан будың қысымы мынаған тен: $p_k = 31,8 \text{ мм сын. бағ.} = 31,8 \cdot 133,3 \text{ н/м}^2$. Осы берілгендерді (1) формулаға қойыл, мынаны табамыз: $M=22,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Сонымен, есептің шартындағы су буының салмағы $22,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/га}$ тен.

7.6. $M=6,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. 7.7. $t=7^\circ\text{C}$. 7.8. $n=10^{18} \text{ см}^{-3}$

7.9. 1) $w=60,4\%$; 2) $M=86 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$.

7.10. 1) Үлгайғанға дейінгі қанықкан су буы 20°C температурада болады, олай болса (таблицаны қаралызыдар), осы булардың қысымы $p_1=17,5 \text{ мм сын. бағ.} = 17,5 \cdot 133,3 \text{ н/м}^2$ болады.

2) Үлгайғанға дейінгі камерадағы су буының мөлшері

$$M_1 = \frac{p_1\mu V_1}{RT_1} \quad (1)$$

Есептің сан мәндерін (1) формулаға қойып, мынаны аламыз: $M_1=17,2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}=17,2 \text{ мг}$.

$$3) \rho_1 = \frac{p_1\mu}{RT_1} = 1,72 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

$$4) T_2 = \frac{T_1}{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}} = 268^\circ \text{ K}.$$

5) Қанықкан су буының -5°C температурадағы серпімділігі $p_2=3 \text{ мм сын. бағ.}$ Осы қысымға сәйкес келетін камерадағы будың мөлшері $M_2 = \frac{p_2\mu V_2}{RT_2}$, мұндағы $V_2=1,25V_1$. Есептің сан мәндерін орнына қойып, табамыз $M_2=4 \text{ мг}$. Олай болса, конденсацияланған будың мөлшері $\Delta M=M_1-M_2=(17,2-4,0) \text{ мг}=13,2 \text{ мг}$.

$$6) \rho_2 = \frac{p_2\mu}{RT_2} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

7) Үлгайғаннан (бірақ конденсацияланғанға дейін) кейінгі су буының тығыздығы

$$\rho_3 = \frac{M_1}{V_2} = \frac{17,2 \cdot 10^{-6}}{1,25 \cdot 10^{-3}} \text{ кг/м}^3 = 13,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

болғандықтан, онда аса қанығудың дәрежесі $s=\frac{\rho_3}{\rho_2}=\frac{13,7 \cdot 10^{-3}}{3,2 \cdot 10^{-3}}=4,3$.

7.11. $V_c = 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг} = 1 \text{ см}^3/\text{г}; V_b = 1,25 \text{ м}^3/\text{кг} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{г}.$

7.12. Булану процесіндегі жылу молекулалардың өз ара әсер күшін жеңуге ғана жұмсалып қоймай, сыртқы қысымға қарсы ұлғаю жұмысына да жұмсалады. Сонымен термодинамиканың бірінші заңы бойынша, мынаны аламыз:

$$r_0 = \Delta W + A, \quad (1)$$

мұндағы r_0 — молекулалық булану жылуы, ΔW — булану уақытындағы өз ара әсер күшінің ішкі энергиясының өзгерісі және A — сыртқы қысымға қарсы істелетін жұмыс. Осылан сәйкес

$$A = p_k (V_2 - V_1), \quad (2)$$

мұндағы p_k — булану температурасындағы қаныққан будың қысымы, V_1 — бір киломоль сүйкіткіштің көлемі, ал V_2 — бір киломоль будың көлемі. Тегінде, $V_1 = \frac{\mu}{\rho}$, мұндағы μ — 1 киломоль судың массасы, ал ρ — судың тығыздығы; сонда $V_1 = \frac{18 \text{ кг/кмоль}}{1000 \text{ кг/м}^3} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кмоль}$ болады.

Есептің шарты бойынша $\frac{M}{\mu} = 1 \text{ кмоль}$ болғандықтан, ендеше Менделеев — Клапейронның теңдеуі бойынша $V_2 = \frac{RT}{p_k}$ болады. $T = 200^\circ\text{C} = 473^\circ\text{K}$ болғанда (IV таблицаны қаралызыдар), $p_k = 15,3 \text{ atm} = 15,3 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ болатыны белгілі, $V_2 = \frac{RT}{p_k} = 2,5 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ болады.

Булану уақытындағы өз ара әсер етуші күштің ішкі энергиясының өзгерісі Ван-дер-Ваальстің теңдеуіне сәйкес келеді деп есептеп (6.18 есепті қаралызыдар), мынаны аламыз:

$$\Delta W = \frac{a(V_2 - V_1)}{V_1 V_2}, \quad (3)$$

мұндағы $a = \frac{27T_k^2 R^2}{64p_k} = 5,56 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{кмоль}$. $V_1 \ll V_2$ болатындығын ескеріп, (1), (2) және (3) теңдеулерден, мынаны аламыз:

$$r_0 = \frac{a}{V_1} + p_k V_2 = \frac{a\rho}{\mu} + RT = (3,1 + 0,4) \cdot 10^7 \text{ дж/кмоль} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ дж/кмоль}.$$

Ендеше меншікті булану жылуы $r = \frac{r_0}{\mu} = 1,94 \cdot 10^6 \text{ дж/кг} = 465 \text{ кал/г}.$

VII таблица $t = 200^\circ\text{C}$ температура үшін $r = 464 \text{ кал/г}$ мәнін береді. Оған қарамастаң Ван-дер-Ваальстің теңдеуі және осымен бірге (3) формула да жұықталып алған иәтижелері де бір-біріне жақын сәйкестеліп келген,

$$7.13. x = \frac{\Delta W}{r_0} = \frac{r_0 - A}{r_0} = 1 - \frac{RT}{r_0} = 92,4\%.$$

$$7.14. \Delta W = 7,22 \cdot 10^3 \text{ дж.}$$

7.15. Клаузиус — Клапейронның тендеуі мынадай

$$\frac{dp}{dT} = \frac{r_0}{T(V_b - V_c)}. \quad (1)$$

Қанықкан булар Менделеев — Клапейрон тендеуіне бағынады деп есептеп, мынаны аламыз (1 кмоль үшін): $V_b = \frac{RT}{T} = 5^\circ\text{C}$ температурада $p=6,54 \text{ мм сын. бағ.}$ болатындықтан (VI-таблицаны қараңыздар), $V_c = 2,65 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ -ді табу қын емес. Бұдан басқа $V_c = \frac{\mu}{p} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кмоль}$. Сонымен, біздер $V_c \ll V_b$ болатындығын көреміз, осыдан кейін (1) тендеуді былай етіп жазуға болады:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{r_0 p}{RT^2},$$

немесе

$$\frac{dp}{p} = \frac{r_0}{R} - \frac{dT}{T^2}. \quad (2)$$

$T_2 - T_1$ температураларың шамалы интервалы үшін булану жылуы r_0 түрақты деп алуға болады, содан кейін (2) тендеуді интегралдаң, мынаны аламыз:

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{r_0(T_2 - T_1)}{RT_1 T_2}, \quad (3)$$

бұдан

$$r_0 = \frac{RT_1 T_2 \ln \frac{p_1}{p_2}}{T_2 - T_1}. \quad (4)$$

(4) формуладағы p_1 және p_2 қанықкан будың қысымдары — T_1 және T_2 температураларға сәйкес келеді. Есепте $t=5^\circ\text{C}$ температурада r_0 -дің мәнін табу керек болатын. Сондықтан T_1 және T_2 шамалары үшін $t_1=4^\circ\text{C}$ және $t_2=6^\circ\text{C}$ мәндерін алуға болады. Сонда VI таблицадағы берілгендерге қарай мынаны аламыз: $p_1=6,10 \text{ мм сын. бағ.}$, $p_2=7,01 \text{ мм сын. бағ.}$ не $\frac{p_2}{p_1}=1,15$. Сан мәндерді (4) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $r_0 = \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 277 \cdot 279 \ln 1,15}{2} \text{ дж/кмоль} = 45 \cdot 10^6 \text{ дж/кмоль} = 10,7 \cdot 10^3 \text{ ккал/кмоль} = 10,7 \cdot 10^3 \text{ ккал/кмоль}$. Осыдан меншікті булану жылуы $r = \frac{r_0}{\mu} = 595 \text{ кал/г}$ болады. Берілген VII таблица бойынша $r=f(t)$ графигін құрып, $t=5^\circ\text{C}$ болғанда r мәні

592 кал/г-ға тең болатындығына көз жеткізу қын емес. Сонымен бірге бұның өзі тауып алған мәнмен жақсы дәлдесетіндігін көреміз.

7.16. $r=72,2$ кал/г. 7.17. $p=650$ мм сын. бағ.

7.18. $\Delta S=2,86$ дж/град = 0,683 кал/град.

7.19. 4,5 мм сын. бағ.-на.

7.20. $p=7 \cdot 10^{-4}$ мм сын. бағ. қысымға дейін, яғни 15°C температурада қаныққан сынап буының серпімділігіне тең болатын қысымға дейін.

7.21. $\rho_0 = \frac{M}{V_0}$ және $\rho = \frac{M}{V}$ берілген. Бірақ $V=V_0(1+\beta t)$ болғандықтан, ақырында $\rho = \frac{\rho_0}{1+\beta t}$ болады. Есептің сан мәндерін орнына қойып, аламыз $\rho = 1,29 \cdot 10^4$ кг/м³ = 12,9 г/см³.

7.22. $t=222^{\circ}\text{C}$.

7.23. $\rho = 1055$ кг/м³. 7.24. $\Delta p = \frac{\beta \Delta t}{k} = 1,4 \cdot 10^6$ Н/м² = 13,8 атм.

7.25. $k = 3,9 \cdot 10^{-6}$ атм⁻¹. 7.26. $\Delta h = 16,4$ мм.

7.27. $\Delta t = \frac{h(1+\beta t)}{(L-h)\beta} = 56^{\circ}$. 7.28. $M = 0,884$ кг.

7.29. Сынап пен шынының көлемдік үлғаю коэффициентін сәйкес β_1 және β_2 -мен белгілейміз. Қыздырған уақытта ыдыстың көлемі үлғаяды да, ол мынаған тең болады: $V=V_0(1+\beta_2 t)$. Қыздырған уақыттың сынаптың тығыздығы мынаған тең:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M_0}{V_0(1+\beta_2 t)}. \quad (1)$$

Екінші жағынан (7.21 есептің шығаруын қараңыздар),

$$\rho = \frac{\rho_0}{1+\beta_1 t} + \frac{M_0}{V_0(1+\beta_1 t)}. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеуді бір-бірімен салыстырып, мынаны аламыз:

$$M = \frac{M_0(1+\beta_2 t)}{1+\beta_1 t} = 0,887 \text{ кг.}$$

7.30. $\beta_x = 7 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹.

7.31. $x = \frac{\beta - \beta'}{\beta} = 5\%$, мұндағы β және β' — шынының үлғауын сәйкес есептегендеге және есептемегендеге табылған майдың көлемдік үлғаю коэффициенті.

7.32. 765 мм сын. бағ.

7.33. 1) Судың бетінен сақинаны жұлып алуға қажетті күш сақинаның салмағынан және беттік берілу күштерінен тұру керек, яғни $F=F_1+F_2$. Сақинаның салмағы $F_1=\rho h \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) g = 40,0 \cdot 10^{-3}$ Н.

Сақинаның жұлып алған кезде беттік пленка сақинаның шенберінің ішімен де және сыртымен де жыртылатын болады, сондықтан беттік керілу күші $F_2=\pi a(d_1+d_2) = 23,5 \cdot 10^{-3}$ Н болады. Сонымен, $F=63,5 \cdot 10^{-3}$ Н.

$$2) x = \frac{F_2}{F} = 37\%.$$

7.34. $\alpha = 32,4 \cdot 10^{-3}$ н/м. 7.35. 1) $d = 1,2$ мм; 2) $l = 5$ см.

7.36. Тамшының салмағы, өзінің үзіліп түсетін моментінде $l = 2\pi r$ ұзындықтағы беттік пленканы жыртып шығу керек болады, мұндағы r — тамшы мойнының радиусы. Осыдан тамшының салмағы $P = 2\pi\alpha = \pi da$ болады. Спирттің M грамында N тамшы болады, сонымен бірге $N = \frac{Mg}{P} = \frac{Mg}{\pi da}$. Есептің берілген сан мәндерін орнына қойып, мынаны табамыз: $N = 780$ тамшы. Есептің шарты бойынша, тамшылар бірінен соң бірі 1 сек-тан кейін үзіліп түсетін болғандықтан, спирт түгелімен $t = 7,8 \cdot 10^3$ сек = 13 мин уақыттан кейін ағып шығады.

7.37. $\alpha = 59 \cdot 10^{-3}$ н/м. 7.38. 34 см-ге.

$$7.39. R = \sqrt[3]{\frac{3ra}{2\rho g}} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,2 \text{ мм.}$$

7.40. Сынаптың екі тамшысының біріккен уақытындағы бөлініп шығатын энергия $\Delta W = \alpha \Delta S$, мұндағы ΔS — бет ауданының өзгерісі; $\Delta S = 4\pi r^2 \cdot 2 = 4\pi R^2$, мұндағы r — кішкене тамшылардың радиусы, R — үлкен тамшының радиусы. R радиусты үлкен тамшының көлемін біріккен тамшылардың көлеміне теңестіру арқылы табамыз: $2 \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi R^3$, бұдан $R = r\sqrt[3]{2}$, олай болса, $\Delta S = 4\pi r^2(2 - \sqrt[3]{4})$ ал

$$\Delta W = \alpha \Delta S = \alpha \cdot 4\pi r^2(2 - \sqrt[3]{4}). \quad (1)$$

Бөлініп шыққан энергия, сынаптың тамшысын жылдытуға жүмсалады, ендеше

$$\Delta W = cm \Delta t = c\rho \frac{4}{3} \pi R^3 \Delta t = c\rho \frac{8}{3} \pi r^3 \Delta t. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерді салыстырып, ақырында табамыз

$$\Delta t = \frac{3\alpha(2 - \sqrt[3]{4})}{c\rho 2r}, \quad (3)$$

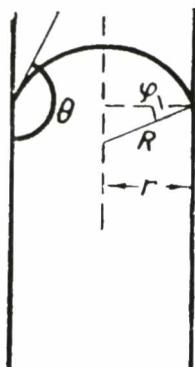
немесе берілген сан мәндерін қойғаннан кейін $\Delta t = 1,65 \cdot 10^{-4}$ град болады.

7.41. $A = 1,47 \cdot 10^{-5}$ дж. 7.42. $A = 6,4 \cdot 10^{-5}$ дж.

7.43. $A = 4,32 \cdot 10^{-4}$ дж.

7.44. Көпіршіктің ішіндегі ауаның қысымы атмосфералық қысымнан p_1 , судың гидростатикалық қысымнан $p_2 = \rho gh$ және беттің қисықтығының арқасында пайда болатын қосымша қысымнан $p_3 = \frac{2\alpha}{r} = \frac{4\alpha}{d}$

тұрады. Сонымен, $p = p_1 + \rho gh + \frac{2\alpha}{r}$. Біздегі $p_1 = 765$ мм сын. бағ. $p_2 = 1970$ н/м² = 14,7 мм сын. бағ., ал $p_3 = 2,92 \cdot 10^4$ н/м² = 219 мм сын. бағ. Сонымен көпіршіктегі ауаның қысымы $p = 999$ мм сын. бағ.



92-сурет.

7.45. $D = \frac{8\alpha}{\Delta p} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,6 \text{ мм.}$
 7.46. $h = 4,9 \text{ м.}$ 7.47. 4,4 есе.
 7.48. R менискінің радиусы r трубканың радиусмен мынадай болып байланысады (92-сурет):
 $r = R \cos \varphi = R \cos(180^\circ - \theta) = -R \cos \theta$, мұндағы
 θ — жиектік бұрыш. Менискінің кисықтығынан пайда болған қосымша қысым $\Delta p = \frac{2\alpha \cos \theta}{r}$. Сы-

нап үшін $\theta > \frac{\pi}{2}$ болатындықтан, ягни $\cos \theta < 0$, онда осы алынған қосымша қысым оц болады да, капиллярдагы синаптың деңгейі ыдыстағыдан тә-
 мен болады. Деңгейлердің айырымы $\Delta h = -\frac{4\alpha \cos \theta}{\rho g d}$.

Осыдан $-\cos \theta = \frac{\Delta h \rho g d}{4\alpha}$ болады. Сан мәндерді орнына қойып, мынаны аламыз $-\cos \theta = 0,740$. Олай болса, синаптың менискінің кисықтық радиусы $R = -\frac{r}{\cos \theta} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2 \text{ мм}$ болады.

7.49. 1) $R = 0,53 \text{ мм};$ 2) $\Delta h = 2,98 \text{ см.}$

7.50. $h = 13,9 \text{ мм.}$

7.51. 1) $d = 1,5 \text{ мм};$ 2) $d = 8,8 \text{ мм.}$

7.52. $\Delta h = 7,5 \text{ мм.}$

7.53. $d = 0,15 \text{ мм.}$

7.54. $a = 0,07 \text{ н/м.}$

7.55. $p = p_0 + \frac{2\alpha}{r} = 102,2 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2 = 767 \text{ мм сын. бағ.}$

7.56. Мынадай белгілеулер жасайық p_0 — капиллярды суға батырғанға дейінгі, капиллярдағы ауаның қысымы, p_1 — капиллярды суға батырғаннан кейінгі капиллярдағы ауаның қысымы, V_0 және V_1 — капиллярды суға батырғанға дейінгі және батырғаннан кейінгі оның ішіндегі сәйкес ауаның көлемі. Бойль — Марноттың заны бойынша аламыз

$$p_0 V_0 = p_1 V_1. \quad (1)$$

(1) теңдеудегі $p_1 = p_0 + \frac{2\alpha}{r}$; $V_0 = Sh_0$, мұндағы S — капиллярдың көлденең қимасы, ал h_0 — оның ұзындығы; $V_1 = Sh_1$, мұндағы h_1 — трубканы суға батырғаннан кейін, оның судың бетінен шығып тұратын бөлігінің ұзындығы. Осы белгілі шамаларды (1) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $p_0 h_0 = \left(p_0 + \frac{2\alpha}{r}\right) h_1$, бұдан

$$r = \frac{2\alpha h_1}{p_0 (h_0 - h_1)} \quad (2)$$

Есептің шарты бойынша $\frac{h_0 - h_1}{h_0} = 0,015$, немесе $\frac{h_1}{h_0 - h_1} = 67,5$. Есептің сан мәндерін (2) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $r = 10^{-4} \text{ м} = 0,1 \text{ мм.}$

7.57. а) $h=755$ мм және б) $h=757$ мм. Сонымен, егер трубка жіншіке болса, онда сфералық қысымды сынап бағанасының h биектігі бойынша тікелей анықтауға болмайды, себебі сынап бағанасының қысымына тағы да трубкадағы сынаптың дөңес менискісінің қысымы қосылатын болады.

7.58. Сынап бағанасының биектігіне 2 мм қосу керек.

$$7.59. 1) x = \frac{H - h}{h} = 0,4\%. \quad 2) x = \frac{H - h}{h} = 0,2\%.$$

7.60. Ине судың бетіне батып кетпей түрү үшін, иненің тірелу ауданына түсіретін өзінің салмағының қысымы, иненің астындағы ойыстағы сұйықтың бетінің қисықтығынан туатын және жоғары бағытталған қысымнан аспау керек. (Архимед заңы бойынша болатын салмақтың жоғалуын есепке алмаймыз). Иненің суға түсіретін қысымы $p_1 = \frac{\rho g}{ld} = \frac{\rho Vg}{td} = \frac{\rho \pi d g}{4}$, мұндағы d — иненің диаметрі, l — оның ұзындығы, ал V — оның көлемі. Сұйықтың беттік қисықтығының салдарынан туатын қысым Лаплас формуласымен анықталады $p_2 = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$. Біздің қарастырып отырған жағдайымызда сұйықтың беті цилиндрлік, яғни $R_1 = \infty$ және $R_2 = r$ — иненің радиусы. Ендеше, $p_2 = \frac{\alpha}{r} = \frac{2\alpha}{d} \cdot p_1 \ll p_2$ болу керек болғандықтан, онда $\frac{\rho \pi g d}{4} \ll \frac{2\alpha}{d}$ болады, осыдан $d < \sqrt{\frac{8\alpha}{\rho \pi g}}$. Есептің сан мәндерін орнына қойып, табамыз $d \ll 1,6$ мм.

7.61. Жоқ.

7.62. $d=0,5$ мм.

7.63. $M=1,22$ кг.

7.64. $27,5 \cdot 10^{-6}$ кГ.

7.65. Пластинкалардың арасындағы жұғатын сұйықтың беті цилиндр формалы болып келген,

оның қисықтық радиусы $R = \frac{d}{2}$,

мұндағы d — пластинкалардың араларының қашықтығы (93-сурет). Онда ойыс цилиндр бетінің астындағы қосымша теріс қысым $p = \frac{\alpha}{R} = \frac{2\alpha}{d}$ болады. p шамасы — пластинкалардың S ауданына әсер ететін сыртқы қысымның артығы. Олай болса, пластинкаларды бір-бірінен бөліп алу үшін әсер ететін күш

$$F = pS = \frac{2\alpha}{d} S = \frac{2 \cdot 0,073 \cdot 1,08 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-5}} \text{ н} = 31,5 \text{ н} = 3,2 \text{ кГ.}$$

7.66. $\rho = 790$ кг/м³. 7.67. $\alpha = 0,5$ н/м.

7.68. Капиллярдың вертикаль қалыпта тұрган кезде, оның жоғарғы менискісі ойыс болып және осы менискінің қисықтығының салдарынан болған қысым әр уақытта жоғары бағытталады да мына-

20*



93-сурет.

ган тең болады: $p_1 = \frac{2\alpha}{R_1}$, мұндағы R_1 — жоғары менискінің қисықтық радиусы. Сүйықтың толық жұғуы кезінде $p_1 = \frac{2\alpha}{r}$, мұндағы r — капиллярдың радиусы. Сүйық бағанасының гидростатикалық қысымы әр уақытта төмен бағытталады да, мынаған тең болады: $p_2 = \rho gh$. Егер $p_1 > p_2$ болса, онда жоғары бағытталған қорытқы қысым менискіні ойыс болуына мәжбүр етеді. Осы уақытта төменгі менискінің қисықтығынан туатын қысым p_3 төмен бағытталады да және мынаған тең болады: $p_3 = \frac{2\alpha}{R_2}$, мұндағы R_2 — төменгі менискінің қисықтық радиусы. Тепе-тендік жағдайда

$$p_1 = p_2 + p_3. \quad (1)$$

Егерде $p_1 < p_2$ болса, онда қорытқы қысым төмен бағытталады да, төменгі мениск дөнес болады. Осыдан қысым $p_3 = \frac{2\alpha}{R_2}$ болады да жоғары бағытталады. Осы жағдайда

$$p_1 + p_3 = p_2. \quad (2)$$

Егер, ең ақырында

$$p_1 = p_2, \quad (3)$$

онда төменгі мениск жазық болады да $p_3 = 0$. Есептің берілген сан мәндерін пайдаланып, төмендегілерді алу қыны емес:

- 1) $R_1 = 0,5 \text{ мм}$ және $R_2 = -1,52 \text{ мм}$;
- 2) $R_1 = 0,5 \text{ мм}$ және $R_2 = 1,46 \text{ мм}$;
- 3) $R_1 = 0,5 \text{ мм}$ және $R_2 = \infty$

7.69. $M = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$.

7.70. 1) $h = 11,5 \text{ мм}$; 2) $h = 12,9 \text{ мм}$; 3) $h = 17,2 \text{ мм}$ (7.68 есептің шығаруын қараңыздар.)

7.71. 1) $\Delta h = 6,8 \text{ мм}$; 2) $\Delta h = 8,5 \text{ мм}$; 3) $\Delta h = 17 \text{ мм}$; 4) $\Delta h = 23,8 \text{ мм}$. $\Delta h > 23,8 \text{ мм}$ болғанда, сүйық a трубкадан аға бастайды.

7.72. Егер капилляр мейлінше ұзын болып келсе, онда оның ішіндегі су $h = 2,98 \text{ см}$ биіктікке көтерілгенін білуге көз жеткізу қиын емес. Бірақ капиллярдың биіктігі $h_1 < h$ болады. Енді менискіге оның қисықтығынан туатын жоғары бағытталған p_1 қысым түсірілген дейік және ол мынаған тең болсын: $p_1 = \frac{2\alpha}{R}$, ал гидростатикалық қысым $p_2 = \rho gh_1$. Кез келген биіктік h_1 үшін, мынаны аламыз:

$$\rho gh_1 = \frac{2\alpha}{R}$$

Осыған есептің берілген сан мәндерін қойып, мынаны аламыз: $R = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

7.73. Судың ішінде жүзіп жүрген ареометрге мынадай күштер әсер етеді: төмен қарай бағытталған ареометрдің салмағы P , беттік керілу күші

$$f_1 = 2\pi r a = \pi d a, \quad (1)$$

бұл күш толық жүғу жағдайында төмен қарай бағытталады (ал толық жүғу болмаған кезде f_1 жоғары қарай бағытталады), және жоғары бағытталған Архимед күші f_2 , бұл мынаған тең:

$$f_2 = \rho g (V + Sh), \quad (2)$$

мұндағы ρ — сүйкітың тығыздығы, V — ареометрдің цилиндрлік емес белгінің көлемі, S — ареометрдің трубкасының көлденең қимасының ауданы және h — сүйкітың ішінде түрған цилиндрлік трубканың ұзындығы. Тепе-тендік уақытта

$$P + f_1 = f_2. \quad (3)$$

Спирттің бірнеше тамшысынан судың тығыздығы өзгермейді деп есептеп, (1), (2) және (3) тендеулердің негізінде су үшін мынаны жазуға болады:

$$P + d\pi a_1 = \rho g (V + Sh_1) \quad (4)$$

ал, спирт үшін

$$P + d\pi a_2 = \rho g (V + Sh_2). \quad (5)$$

(4) және (5) тендеулерден, мынаны алу қын емес

$$\Delta h = \frac{4\Delta a}{\rho g d} = \frac{4 \cdot (73 - 20) \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 9,81 \cdot 9 \cdot 10^{-3}} \text{ м} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,4 \text{ мм.}$$

7.74. Ареометр $\Delta h = 3,5$ мм-ге көтеріледі.

7.75. $T = 313^\circ\text{K} = 40^\circ\text{C}$. 7.76. 1000 молекула.

7.77. $p = 2,9 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. 7.78. $M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. 7.79. 1) $a = 55\%$; 2) $4 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. 7.80. $p = 92,1 \text{ мм сын. бағ}$. 7.81. $p = 147,6 \text{ мм сын. бағ}$. 7.82. 50 молекула.

7.83. Рауль заңын 1 кмоль заттың массасын анықтау үшін қолдануға болады. Шындығында, Рауль заңын былай етіп жазуға болады:

$$\frac{p_0}{p_0 - p} = \frac{z}{z'} + 1,$$

немесе

$$\frac{p_0}{p_0 - p} - 1 = \frac{p}{p_0 - p} = \frac{z}{z'}. \quad (1)$$

$z = \frac{M}{\mu}$ және $z' = \frac{M'}{\mu'}$ ескере отырып, (1) тендеуден мынаны аламыз:

$$\mu' = \mu \frac{M'}{M} \cdot \frac{p}{p_0 - p}. \quad (2)$$

Мұндағы M — еріткіштің массасы, μ — бір киломоль еріткіштің массасы, M' — ерітілген заттың массасы және μ' — ерітілген заттың бір киломолінің массасы. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $\mu' = 92 \text{ кг/кмоль}$.

$$7.84. p = 9,25 \cdot 10^{-5} \text{ н/м}^2$$

§ 8. Қатты денелер

8.1. Клаузиус — Клапейрон теңдеуінен мынаны табамыз:

$$\Delta T = \frac{\Delta p T (V_c - V_k)}{q_0}. \quad (1)$$

Бұдан басқа энтропия өзгерісі

$$\Delta S = \frac{m\lambda_0}{T} = \frac{v q_0}{T}, \quad (2)$$

мұндағы λ_0 — меншікті балқу жылуы және q_0 — молекулалық балқу жылуы; m — масса, ал v — киломоль саны. (1) және (2) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$\Delta T = \frac{\Delta p (V_k - V_c) v}{\Delta S}. \quad (3)$$

Бізге берілгені $V_k = \frac{\mu}{\rho_1} = \frac{18}{1000} \text{ м}^3 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $V_c = \frac{\mu}{\rho_2} = \frac{18}{900} \text{ м}^3 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$, $v = 1 \text{ кмоль}$, $\Delta S = 22,2 \cdot 10^3 \text{ дж/град}$ және $\Delta p = 10^5 \text{ н/м}$. Осы берілген сан мәндерді (3) теңдеуге қойып, алатынымыз $\Delta T = 0,009^\circ$.

8.2. $\Delta S = 15,8 \cdot 10^3 \text{ дж/град}$. 8.3. $1,03 \cdot 10^{-3} \text{ м-ге}$.

8.4. 1) 390 дж/кг·град ; 2) 450 дж/кг·град ; 3) 930 дж/кг·град .

8.5. Шарик материалының бір кг-атомының массасы $107 \text{ кг/кг-атом-га}$ тең болады; ендеше, шарик күмістен істелінген.

8.6. 7,2 есе. 8.7. 66° -қа.

8.8. Косяп біріктірілген мыс және темір пластинкалары арқылы өтетін жылуды мына формуламен анықтауға болады:

$$Q = \lambda_1 \frac{t_1 - t_x}{d_1} St = \lambda_2 \frac{t_x - t_2}{d_2} St,$$

бұдан

$$t_x = \frac{\lambda_1 t_1 d_2 + \lambda_2 t_2 d_1}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 d_1}.$$

Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $t_x = 34,5^\circ\text{C}$.

8.9. $\lambda = 1,28 \text{ вт/м·град} = 1,1 \text{ ккал/м·сек·град}$.

8.10. $Q = 1,9 \cdot 10^5 \text{ дж}$. 8.11. 1) 2 кал/сек ; 2) 60 г .

8.12. $Q = 11,7 \text{ дж}$. 8.13. 106°C . 8.14. 28,4 сағаттан кейін.

8.15. Стерженъді 0°C -ден $t^{\circ}\text{C}$ -ге дейін қыздырғанда, оның ұзындығы

$$\Delta l = l - l_0 = l_0 a t \quad (1)$$

шамаға үзарады.

Стерженъді ұзартпау үшін, оған $F = \frac{\Delta l E S}{l_0}$ күшті тұсіру керек, осыдан

$$\Delta l = \frac{l_0 F}{E S}, \quad (2)$$

мұндағы E — стержень затының Юнга модулі, ал S — оның көлденең қимасының ауданы. (1) және (2) формулалардан мынаны табамыз: $F = E S a t$. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны ала-мызы: $F = 7,1 \cdot 10^4 \text{ н.}$

8.16. $P = 149 \text{ н. } 8.17. 20^{\circ}\text{C}-де.$

8.18. $a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$.

8.19. Болат стержень үшін мынау белгілі

$$l_1 = l_{01} (1 + a_1 t) = l_{01} + l_{01} a_1 t \quad (1)$$

және мыс стержень үшін

$$l_2 = l_{02} (1 + a_2 t) = l_{02} + l_{02} a_2 t. \quad (2)$$

Шарт бойынша

$$l_1 - l_2 = L \quad (3)$$

және

$$l_{01} - l_{02} = L, \quad (4)$$

мұндағы $L = 5 \text{ см.}$ (1) тендеуден (2) алып және (3) мен (4) еске ала отырып, мынаны ала-мызы:

$$a_1 l_{01} = a_2 l_{02}. \quad (5)$$

(4) және (5) тендеулерден 0°C -дегі стерженьнің ұзындығын табу қыын емес:

$$l_{02} = \frac{L a_1}{a_2 - a_1} = 11 \text{ см, } l_{01} = l_{02} + L = 16 \text{ см.}$$

8.20. 1,02 есе. 8.21. $2,94 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$.

8.22. $d = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ м. } 8.23. l = 2900 \text{ м.}$

8.24. $l = 180 \text{ м. } 8.25. l = 11,9 \text{ км.}$

8.26. 1) 250 kG ; 2) 4 см-ге; 3) Жок, себебі меншікті күш тұсу серпімділік шегінен кіші болады.

8.27. $a = 75^{\circ}30'$. 8.28. 3,4 айн/сек.

8.29. Осы жағдайда стерженьге эсер ететін центрден тепкіш күш

$$F = \int_0^l r \omega^2 dm,$$

мұндағы l — стерженьнің ұзындығы, ω — айналудың бұрыштық жылдамдығы, r — массаның dm элементінен айналу осіне дейінгі қашықтық. Біртекті стержень үшін $dm = \rho S dr$, мұндағы ρ — стержень затының тығыздығы және S — оның көлденең қимасы. Интегралдан, мынаны аламыз:

$$F = \frac{\rho S \omega^2 l^2}{2},$$

бұдан бір секунттағы шекті айналым саны мынадай болады:

$$\nu = \frac{1}{\pi l} \sqrt{\frac{F}{2\rho S}} = 38 \text{ айн/сек.}$$

8.30. $\rho = 5,7 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$.

8.31. Гүктың заңы бойынша $\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} p_{ж} = \frac{1}{E} \frac{F}{S}$, бұдан

$$F = \frac{SE}{l} \Delta l. \quad (1)$$

Бірақ серпімді күштер үшін,

$$F = k \Delta l. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерді өз ара салыстыра отырып, мынаны көреміз, яғни

$$k = \frac{SE}{l}. \quad (3)$$

Сонда

$$A = \frac{k \Delta l^2}{2} = \frac{SE \Delta l^2}{2l}. \quad (4)$$

(1) формула бойынша Δl шамасын есептеп және басқа сан мәндерді (4) тендеуге қойып, ең ақырында алатынымыз, $A = 0,706 \text{ дж.}$

8.32. $E = 2,94 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$.

8.33. Шлангіні Δl -ға созу үшін мынадай күшпен әсер ету керек, яғни

$$F = \frac{1}{\alpha} S \frac{\Delta l}{l}. \quad (1)$$

Осы уақытта шлангінің диаметрі $\Delta d = \beta d_0 \frac{F}{S}$ шамасына кішірейеді.

Бірақ (1) тендеуден $\frac{F}{S} = \frac{\Delta l}{\alpha l}$ Ендеше, $\Delta d = \beta d_0 \frac{1}{\alpha} \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma d_0 \Delta l}{l}$

мұндағы $\sigma = \frac{\beta}{\alpha}$ — Пуассонның коэффициенті. Есептің сан мәндерін орнына қойып, табатынымыз $\Delta d = 1 \text{ мм}$, ендеше, $d_2 = d_0 - \Delta d = 9 \text{ мм}$.

8.34. $x = 0,3 \text{ м.}$ 8.35. $M = 2,26 \cdot 10^{-7} \text{ н м.}$

8.36. Жіптің ширатылу моменті $M = \frac{\pi N d^4 \varphi}{2L 16}$, бірақ та $\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{l}{D}$.
 Ф-дің аз мәнінде $\operatorname{tg} \varphi = \varphi$ деуге болады, сонда $\varphi = \frac{1}{2D} = \frac{32LM}{\pi Nd^4}$.
 Осыдан $M = \frac{l \pi N d^4}{64DL} = 1,96 \cdot 10^{-13} \text{ н} \cdot \text{м}$.

8.37. Сымды $d\varphi$ бұрышқа бұру үшін мынадай жұмыс істеу керек

$$dA = M d\varphi,$$

мұндағы M — ширатылу моменті. $M = \frac{\pi N r^4 \varphi}{2L}$ болғандықтан,

$$A = \int_0^\varphi \frac{\pi N r^4 \varphi}{2L} d\varphi = \frac{\pi N r^4 \varphi^2}{4L}.$$

Есептің сан мәндерін орнына қойғаннан табатынымыз $A = 1,25 \cdot 10^{-12} \text{ дж}$. Осы табылған жұмыс ширатылған сымның потенциал өнергиясына айналады.

8.38. $1,74 \cdot 10^{-2} \text{ м-ге}$.

8.39. Пуассонның коэффициенті $\sigma = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\Delta r}{\frac{r}{\Delta l}}$, мұндағы r — сымның радиусы, ал l — оның ұзындығы. Созылғанға дейінгі сымның көлемі $V_1 = \pi r^2 l$, ал созылғаннан кейінгі көлемі

$$V_2 = \pi (r - \Delta r)^2 (l + \Delta l).$$

Егер соғылу кезінде сымның көлемі өзгермесе, онда $\pi r^2 l = \pi (r - \Delta r)^2 \cdot (l + \Delta l)$. Жақшаларды ашып және квадрат дәрежедегі Δr мен Δl есепке алмай-ақ, мынаны табамыз: $\pi r^2 \Delta l = 2\pi r \Delta r l$, бұдан $\sigma = 0,5$.

8.40. Сығылмаған стерженьнің тығыздығы $\rho_1 = \frac{m}{V_1}$, мұндағы $V_1 = \pi r^2 l$. Сығылған стерженьнің тығыздығы $\rho_2 = \frac{m}{V_2}$, мұндағы $V_2 = \pi (r + \Delta r)^2 (l - \Delta l)$. Олай болса, тығыздықтың өзгерісі

$$\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1 = m \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) = \frac{m \Delta V}{V_2 V_1}.$$

Сығылу өте кішкене болатындықтан, онда жуықтап былай деп алуға болады: $V_2 V_1 = V_1^2$, яғни $\Delta \rho = \frac{m \Delta V}{V_1^2}$ деп үйгарамыз. Осыдан кейін тығыздықтың салыстырмалы өзгерісі $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \frac{\Delta V}{V_1}$ болады. Қөлемнің өзгерісін табамыз $\Delta V = \pi r^2 l - \pi (r + \Delta r)^2 \times (l - \Delta l)$. Жақшаны ашып және квадраттағы Δr мен Δl шамаларын есепке алмасақ, мынаны ала-

мыз: $\Delta V = V_1 \frac{\Delta l}{l} (1 - 2\sigma)$ мұндағы σ — Пуассонның коэффициенті. Сонда $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta l}{l} (1 - 2\sigma)$. Гүктың заңы бойынша $\frac{\Delta l}{l} = \frac{P_K}{E}$, ендегі $P_K = 10^3 \text{ кГ/см}^2 = 9,81 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$, $E = 1,18 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ және $\sigma = 0,34$. Осы белгілерді орнына қойып, мынаны аламыз $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} = 0,027\%$.

8.41. 1 мм^3 -ке.

III ТАРАУ
ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

§ 9. Электростатика

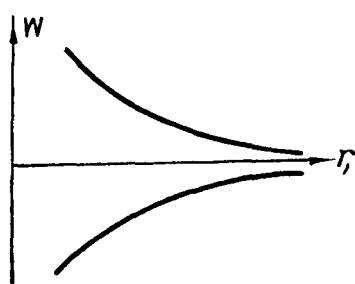
9.1. $F = 9,23 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$. 9.2. $r = 8,94 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

9.4. $1,25 \cdot 10^{36} \text{ есе}$. 9.5. $F = 0,7 \text{ Н}$.

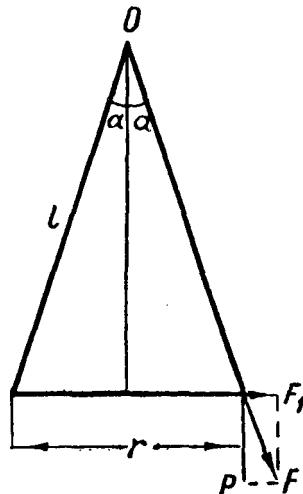
9.6. Шариктердің электр энергиясы $W_1 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$, олардың өз ара гравитациялық энергиясы $W_2 = \gamma \frac{m_1 m_2}{r}$. Есептің шарты бойынша $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} = n \frac{\gamma m_1 m_2}{r}$, мұндағы $n = 10^6$. Осыдан $q = \sqrt{n\epsilon_0\epsilon 4\pi\gamma m_1 m_2}$. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз

$$q = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ к.}$$

9.7 1) $\frac{W_{\text{эл}}}{W_{\text{гр}}} = 4,17 \cdot 10^{42}$; 2) $\frac{W_{\text{пр}}}{W_{\text{гр}}} =$
 $= 1,24 \cdot 10^{36}$.



94-сурет.



95-сурет.

9.8. 94-суретте екі нүктелік зарядтың W энергиясының r ара қашықтығына тәуелділігінің сипаты берілген.

9.9. $E = 5,04 \cdot 10^4 \text{ в/м}$.

9.10. $q = -2,23 \cdot 10^{-9} \text{ к.}$

9.11. Зарядтардың орналасуына байланысты: 1) $E = 0$; 2) $E = 6 \cdot 10^4 \text{ в/м}$; 3) $E = 3 \cdot 10^4 \text{ в/м}$.

9.12. $E = 0$. 9.13. $E = 1,12 \cdot 10^5 \text{ в/м}$.

9.14. Жіптердің арасындағы бұрышты 2α дең белгілейміз (95-сурет). Әрбір шарикке екі күш әсер етеді: шариктің салмағы P және кулондық тебілу күші F_1 . Бұл күштердің тең әсерлі күші F . Бірақ $F_1 = P \operatorname{tg} \alpha = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$ және $\frac{r}{2} = l \sin \alpha$, осыдан ең соңында

$$P = \frac{F_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon 4l^2 \sin^2 \alpha \operatorname{tg} \alpha}.$$

Әрбір шариктің бойындағы алып жүретін заряды $q = \frac{q_0}{2}$. Есептің сан мәндерін қойып, мынаны табамыз: $P = 0,0157 \text{ н} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ кН}$.

9.15. $q = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ к}$.

9.16. Ауада тұрған шарик үшін мынадай теңдеу орын алады (9.14 есептің шешімін қараңыздар):

$$P = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_1 4l^2 \sin^2 \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_1}. \quad (1)$$

Шариктерді керосинге батырған кезде, әрбір шарикке архимед күші P_1 әсер ете бастайды. Керосин ішіндегі шарик үшін мынаны аламыз:

$$P - P_1 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_2 4l^2 \sin^2 \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_2}. \quad (2)$$

(2) теңдеудегі

$$P - P_1 = (\rho - \rho_2) V g, \quad (3)$$

мұндағы ρ_1 — шарик материалының тығыздығы, ρ_2 — керосиннің тығыздығы, V — шариктің көлемі, g — ауырлық күшінің үдеуі. (1), (2) және (3) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$\frac{P - P_1}{P} = \frac{\sin^2 \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \epsilon_1}{\sin^2 \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_2 \epsilon_2} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}.$$

Осыдан

$$\rho_1 = \rho_2 \frac{\sin^2 \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_2 \epsilon_2}{\sin^2 \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_2 \epsilon_2 - \sin^2 \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \epsilon_1}.$$

Есептің сан мәндерін орнына қойып, алтынымыз $\rho_1 = 2550 \text{ кг/м}^3$.

9.17. $\rho = \frac{\epsilon \rho_1}{\epsilon - 1}$.

9.18. $\alpha = 13^\circ$

9.19. $\sigma = \frac{2\epsilon_0\epsilon \sqrt{F^2 - P^2}}{q} = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2$.

9.20. 1) $2 \cdot 10^{-5} \text{ н}$; 2) $12,6 \cdot 10^{-5} \text{ н}$; 3) $6,28 \cdot 10^{-5} \text{ н}$.

9.22. $E = 3,6 \cdot 10^{10} \text{ н/м}$.

9.23. $F = 3,4 \text{ н}$.

9.24. 1) $\frac{F}{l} = 8,1 \text{ н/м}$; 2) $\frac{A}{l} = 0,112 \text{ дж/м}$.

9.25. $E = 3,12 \cdot 10^6 \text{ в/м}$. Өріс екі жіп арқылы өтетін жазықтыққа перпендикуляр болады.

$$9.26. \frac{F}{S} = 5,1 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2.$$

9.27. Шарға үш күш әсер етеді: жоғары бағытталған электр өрісінің күші F_1 , төмен бағытталған ауырлық күші P және жоғары бағытталған Архимед күші F_2 . Тебе-тендік жағдайда

$$P = F_1 + F_2; \quad (1)$$

сонымен бірге

$$P = mg = \rho_1 \frac{4}{3} \pi r^3 g, \quad (2)$$

мұндағы ρ_1 — мыстың тығыздығы

$$F_1 = Eq \quad (3)$$

және

$$F_2 = \rho_2 \frac{4}{3} \pi r^2 g, \quad (4)$$

мұндағы ρ_2 — майдың тығыздығы. (1), (2), (3) және (4) теңдеулерден, мынаны аламыз:

$$q = \frac{4\pi r^3 g(\rho_1 - \rho_2)}{3E} = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ к.}$$

$$9.28. r = 4,4 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$9.29. \text{ Мынау белгілі}$$

$$E = \frac{\tau \sin \theta}{2\pi \epsilon_0 \epsilon a}. \quad (1)$$

Чертёжін сзып, мынаны анықтау қын емес

$$\sin \theta = \frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{a^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}}, \quad (2)$$

мұндағы L — жіптің ұзындығы, ал a — қарастырып отырған нүктенің жілкесі дейінгі қашықтығы. (2) теңдеуді (1) теңдеуге қойып, мынаны аламыз:

$$E = \frac{\tau L}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a \sqrt{a^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}}. \quad (3)$$

$$1) \text{ Егер } a \ll L \text{ болса, онда } \sqrt{a^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} \cong \frac{L}{2} \text{ Осы жағдайда}$$

$$(3) \text{ формула } E = \frac{\tau^2}{2\pi \epsilon_0 \epsilon a} \text{ — шексіз созылған жіптің кернеулігін береді.}$$

2) Егер $a \gg L$ болса, онда $\sqrt{a^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} \approx a$. Осыған қосымша $\tau L = q$ болғандықтан, (3) формула $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon a^2}$ — нүктелік заряд өрісінің кернеулігін береді.

9.30. $\frac{a}{L} = \frac{\sqrt{1 - (1 - \delta)}}{2(1 - \delta)} \approx \frac{1}{1 - \delta} \sqrt{\frac{\delta}{2}}$. $\delta = 0,05$ болғанда және $L = 25$ м болғанда шекті ара қашықтық $a = 4,18 \cdot 10^{-2}$ м болады.

9.31. 1) $L = 0,49$ м; 2) $E = 1350$ в/см; 3) $\tau = 4,1 \cdot 10^{-7}$ к/м.

9.32. Бұл есеп 2.159 есепке үқсас. 1) Сақинаның dl элементін аламыз (81-суретті қараңыздар). Бұл элементтің алып жүретін заряды dq болады. A нүктедегі осы элемент жасаған электр өрісінің кернеулігі $dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}$. Ол сақинаның dl элементін A нүктесімен қосатын x сызықтың бойымен бағытталады. Тұтас сақинаның кернеулігін табу үшін, барлық элементтердегі dE -ні геометриялық қосу керек болатындығы мәлім. dE векторын dE_t және dE_n екі құраушыға жіктеуге болады. Әрбір екі диаметралды қарама-қарсы бағытталған элементтерден dE_n құраушылары өз ара жойылады да, одан кейін

$$E = \int dE_t \text{ болады; бірақ } dE_t = dE \cos \alpha = dE \frac{L}{x} = \frac{L dq}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}.$$

Сонда $E = \frac{L}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^3} \int dq = \frac{Lq}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^3}$ Бірақ $x = \sqrt{R^2 + L^2}$ ең соңында

$$E = \frac{Lq}{4\pi\epsilon_0\epsilon (R^2 + L^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

— сақинаның осіндегі электр өрісінің кернеулігі.

Егер $L \gg R$ болса, онда $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon L^2}$ болады, яғни үлкен қашықтықтағы зарядталған сақинаны нүктелік заряд деп қарастыруға болады. Есептің сан мәндерін (1) теңдеудегі орнына қойып, сәйкес мыналарды аламыз: $E = 0; 1600; 1710; 1600; 1150$ в/м.

2) x және L шамаларын α бұрышы арқылы көрсетейік. Мынау белгілі $R = x \sin \alpha$, $L = x \cos \alpha$; осыдан кейін (1) формула мынадай түрге келеді:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2} \cos \alpha \sin^2 \alpha.$$

E максимал шамасын табу үшін $\frac{dE}{d\alpha}$ туындыны алып, оны нольге теңестіреміз

$$\frac{dE}{d\alpha} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2} (\cos^2 \alpha 2 \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0,$$

немесе $\operatorname{tg}^2 \alpha = 2$. Осыдан кейін, электр өрісінің кернеулігі максимал болатын сақинаның центрінен A нүктенің L қашықтығы мынаған тен болады $L = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{R}{\sqrt{2}}$. Біздің қарастырып отырған жағдайда $R = 0,1 \text{ м}$, олай болса, $L = 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

9.33. 1,3 есе. Бұл есепті 2.161 есеппен салыстырыңыздар.

9.34. 1) $a \ll R$ болғанда $\frac{R}{a}$ шамасы өте үлкен болады және

$$\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{a} \right)^2}} \right] \cong 1.$$

Осыған қарай $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon}$, яғни дискіге жақын түрған нүктеде үшін, дискіні шексіз созылған жазықтықпен үқсастыруға болады.

2) $a \gg R$ болғанда $\frac{R}{a}$ шамасы кішкене болады және

$$\sqrt{1 + \left(\frac{R}{a} \right)^2} \cong 1 - \frac{R^2}{2a^2}.$$

Осыған қарай $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} \frac{R^2}{2a^2}$. Бірақ $\sigma = \frac{q}{\pi R^2}$ болғандықтан, $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon a^2}$ болады, яғни дискіден үлкен қашықтықта түрған нүктеде үшін дискіні нүктелік зарядпен үқсастыруға болады.

9.35. $\frac{a}{R} = \frac{\delta}{\sqrt{1 - \delta^2}} \cong \delta$. $\delta = 0,05$ және $R = 0,25 \text{ м}$ болғанда $a = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ болады.

9.36. 1) $R = 2,5 \text{ м}$; 2) $E = 11,3 \cdot 10^4 \text{ в/м}$; 3) 1,1 есе.

9.37. 1) $R = 0,2 \text{ м}$; 2) $\delta = 10\%$.

9.38. $\frac{mv^3}{2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r}$, мұндағы $m - v$ жылдамдықпен қозғалған шариктің массасы, q_1 — осы шариктің заряды, q_2 — өріс жасайтын нүктелік заряд, r — осы зарядтардың ара қашықтығы. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $r = 6 \cdot 10^{-14} \text{ м}$.

9.39. $r = 5,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. 9.40. $r = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

9.41. 1) $r \cong 6 \cdot 10^{-15} \text{ м}$; 2) $v = 1,6 \cdot 10^7 \text{ м/сек}$. 9.42. $A = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ дж}$.

9.44. 1) $U = 11,3 \text{ в}$; 2) $U = 30 \text{ в}$. 9.45. $A = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ дж}$.

9.46. $v_1 = 16,7 \cdot 10^{-2} \text{ м/сек}$.

9.47. Жауабын мынадай таблица арқылы көрсеткен ыңғайлы болады:

$U, \text{ в}$	1	5	10	100	1000
$v, \text{ м/сек}$	$5,93 \cdot 10^5$	$1,33 \cdot 10^6$	$1,87 \cdot 10^6$	$5,93 \cdot 10^6$	$1,87 \cdot 10^7$

9.48. $W = 8,5 \cdot 10^{-13}$ дж = 5,32 Мэв; $U = 2,66 \cdot 10^6$ е.

9.49. Бізге белгілі $dA = qdU$, бірақ $dU = -Edr = \frac{\tau dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$ және

$$A = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{q\tau dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon r} = \frac{q\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{r_1}{r_2},$$

осыдан

$$\tau = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon A}{q \ln \frac{r_1}{r_2}}. \quad (1)$$

Біздегі $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м, $\epsilon = 1$, $A = 50 \cdot 10^{-7}$ дж, $q = \frac{2}{3 \cdot 10^9}$ к және

$\frac{r_1}{r_2} = 2$. Осы берілгендерді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз:

$\tau = 6 \cdot 10^{-7}$ к/м.

9.50. $\tau = 3,7 \cdot 10^{-6}$ к/м. **9.51.** $v = 2,97 \cdot 10^7$ м/сек.

9.52. $\sigma = \frac{2A\epsilon_0\epsilon}{q\Delta r} = 6,6 \cdot 10^{-6}$ к/м². **9.53.** $d = 4,8 \cdot 10^{-3}$ м.

9.54. $m = 5,1 \cdot 10^{-16}$ кг. **9.55.** Өріс болмаған кезде

$$mg = 6\pi\eta rv_1. \quad (1)$$

Өріс бар кезде

$$mg - Eq = 6\pi\eta rv_2. \quad (2)$$

(1) және (2) тендеулерден мынаны табамыз: $mg - Eq = \frac{v_2}{v_1} mg$, немесе

$$q = \frac{mg}{E} \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right) = \frac{mgd}{U} \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right) = 4,1 \cdot 10^{-18} \text{ к.}$$

9.56. Электр өрісі жоқ кезде

$$mg = 6\pi\eta rv_1. \quad (1)$$

Өріс бар кезде кішкене тозаңға горизонталь күш $F = qE$ әсер етеді. Осы күштің әсерінен тозаң үдеу алады, бірақ үйкелістің салдарынан, горизонталь бағытта тағы да v_2 тұрақты жылдамдығы бар қозғалыс туады, сонда

$$qE = 6\pi\eta rv_2. \quad (2)$$

v_1 және v_2 жылдамдықтардың тең әсерлі күшінің бағыты a бұрыш жасайды да $\tan a = \frac{v_2}{v_1} = \frac{qE}{mg}$ болады. Шынығында, $\frac{v_2}{v_1} = 0,5 \frac{d}{l}$ болады да, іздел отырган l қашықтықты мынадай формуладан тауып аламыз:

$$l = \frac{0,5v_1d}{v_2} = \frac{0,5mgd}{dE} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Одан әрі $v_2 = \frac{v_1 d}{2l} = 10^{-2}$ м/сек болады. Іздең отырған уақытты $t = \frac{d}{2v_2}$

немесе $t = \frac{l}{v_1}$ формулалардың біреуінен табамыз. Осы екі формула-ның біріне есептің берілген сан мәндерін қойып, мынаны аламыз: $t = 1$ сек.

9.57. $l = 2 \cdot 10^{-2}$ м; $t = 6,4 \cdot 10^{-2}$ сек. 9.58. $r = 10^{-6}$ м; $q = 7,3 \cdot 10^{-18}$ к. 9.59. $q = 1,73 \cdot 10^{-9}$ к. 9.60. 22 кв.

9.61. $2,2 \cdot 10^{-5}$ м = 0,022 мм. 9.62. $5 \cdot 10^{-3}$ м = 0,5 см.

9.63. 1) $U = 2,8$ в; 2) $E = 530$ в/м; 3) $\sigma = 4,7 \cdot 10^{-9}$ к/м²

$$9.64. x = \sqrt{\frac{2qU(r_1 - r_2)}{md}} = 2,53 \cdot 10^6 \text{ м/сек.}$$

9.65. 1) $E = 5,7$ в/м; 2) $v = 10^6$ м/сек; 3) $A = 4,5 \cdot 10^{-19}$ дж; $U = 2,8$ в.

9.66. 1) $F = 9,6 \cdot 10^{-14}$ н; 2) $a = 1,05 \cdot 10^{17}$ м/сек; 3) $v = 3,24 \cdot 10^7$ м/сек; 4) $\sigma = 5,3 \cdot 10^{-6}$ к/м².

9.67. Жазық конденсатордың ішіндегі электрон, ауырлық күшінің ерісінде горизонталь лақтырылған дененің қозғалысына үксас, параболаның бойымен қозғалады. Шындығында: конденсатордағы электронға $F = eE$ тұрақты күш әсер етеді де, сол күштің әсерінен электрон $a = \frac{eE}{m}$ үдеу алады және $t = \frac{l}{v}$ уақыт ішінде конденсатордың l ұзындығынан үшіп өткенде

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{eEl^2}{2mv^2} \quad (1)$$

кашықтыққа бұрылатын болады. Электрон конденсатордың ішінен үшіп кетпеу үшін $y \geq \frac{d}{2}$ болу керек, мұндағы d — конденса-

тор пластинкаларының ара қашықтығы. Осыдан $v_0 < l \sqrt{\frac{eE}{md}}$ болады. Есептің сан мәндерін орнына қойып, электрон үшін мынаны аламыз: $v_0 = 3,64 \cdot 10^7$ м/сек және α-белшектен үшін $v_0 = 6 \cdot 10^5$ м/сек.

9.68. 1) $4,8 \cdot 10^{-8}$ сек-тен кейін; 2) $s_x = 0,22$ м = 22 см.

9.69. $a_t = 15,7 \cdot 10^{14}$ м/сек²; $a_n = 8 \cdot 10^{14}$ м/сек²; $a_{\text{тол}} = 17,6 \cdot 10^{14}$ м/сек².

9.70. 2 есе.

9.71. Протонның және α-белшектің бұрылуы бірдей болады.

9.72. $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 1,33 \cdot 10^7$ м/сек; $\alpha = 41^\circ 21'$

$$9.73. U_1 = \frac{2Uyd}{l \left(l_1 + \frac{l}{2} \right)} = 28 \text{ в.} \quad 9.74. 0,01 \text{ м-ге.} \quad 9.75. 2,24 \text{ есе.}$$

$$9.76. E_1 = \frac{\epsilon_2 U}{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1} = 60 \text{ кв/м; } E_2 = \frac{\epsilon_1 E_1}{\epsilon_2} = 10 \text{ кв/м.}$$

9.77. $C = 7,1 \cdot 10^{-4}$ ф; $\Delta U = 1400$ в. 9.78. $2,5 \cdot 10^{-20}$ кг.

9.79. n тамшының заряды $q_0 = nq$. Бұл заряд үлкен тамшының үстінде болады. Үлкен тамшының радиусын мына тәндеуден табамыз

$n \frac{4}{3} \pi r^3 \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$, бұдан $R = r \sqrt[3]{n}$ болады. Сонда бұл тамшының потенциалы $U = \frac{q_0}{C} = \frac{nq}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{nq}{4\pi\epsilon_0\epsilon r \sqrt[3]{n}}$ болады. Бізде $n=8$, $q=10^{-10}$ к, $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м, $\epsilon=1$, $r=10^{-3}$ м. Осы берілгендерді орнына қойып, аламыз $U=3600$ в.

9.80. $U=19\,500$ в $= 19,5$ кв. 9.81. $r=2,1 \cdot 10^{-2}$ м $= 2,1$ см.

9.82. 1) $U=E_0R$ — сызықтық тәуелділік; 2) $U=1,5 \cdot 10^6$ в.

9.83. $W=26,6 \cdot 10^{-7}$ дж. 9.84. $C=5,9 \cdot 10^{-9}$ ф.

9.85. $\sigma=1,77 \cdot 10^{-6}$ к/м². 9.86. $D=0,03$ м $= 3$ см.

9.87. Осы қарастырып отырған жағдайда $q_1=q_2$, мұндағы q_1 және q_2 — толтырғанға дейінгі және толтырғаннан кейінгі сәйкес конденсатордың пластиналарындағы зарядтар. Сонымен, $q=\text{const}$. Олай болса, пластиналардагы зарядтың беттік тығыздығы $\sigma=\frac{q}{S}=\text{const}$ болады.

1) $E=\frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon}=\frac{U}{d}$ болғандықтан, толтырғанға дейін $\sigma d=U_1\epsilon_0\epsilon_1$, ал толтырғаннан кейін $\sigma d=U_2\epsilon_0\epsilon_2$ болады. $\sigma=\text{const}$ және $d=\text{const}$ болғандықтан, $U_1\epsilon_1=U_2\epsilon_2$ және $U_2=\frac{U_1\epsilon_1}{\epsilon_2}=115$ в болады.

$$2) C_1 = \frac{\epsilon_0\epsilon_1 S}{d} = 1,77 \cdot 10^{-11} \text{ ф}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0\epsilon_2 S}{d} = 4,6 \cdot 10^{-11} \text{ ф}.$$

$$3) \sigma_1 = \sigma_2 = \frac{q}{S} = \frac{CU}{S} = 5,31 \cdot 10^{-7} \text{ к/м}^2.$$

9.88. Осы қарастырып отырған жағдайда $U_1=U_2=U$. 1) $U_1=U_2=300$ в; 2) $C_1=1,77 \cdot 10^{-11}$ ф, $C_2=4,6 \cdot 10^{-11}$ ф, 3) $\sigma_1=5,31 \cdot 10^{-7}$ к/м², $\sigma_2=1,38 \cdot 10^{-6}$ к/м².

9.89. 1) Пластиналардың әрбір қабатындағы электр өрісінің кернеулігін E_1 және E_2 деп, потенциалдың төмен түсуін U_1 және U_2 деп белгілесек, онда

$$\epsilon_1 E_1 = \epsilon_2 E_2, \tag{1}$$

$$U_1 + U_2 = U. \tag{2}$$

(2) теңдеуді мынадай етіп жазуға болады:

$$E_1 d_1 + E_2 d_2 = U. \tag{3}$$

(1) және (3) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$E_1 = \frac{U \epsilon_2}{\epsilon_1 d_2 + \epsilon_2 d_1} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ в/м}, \quad E_2 = \frac{\epsilon_1 E_1}{\epsilon_2} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ в/м}.$$

$$2) U_1 = 75 \text{ в}, \quad U_2 = 225 \text{ в}.$$

$$3) \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, \tag{4}$$

мұндағы

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d_1} \text{ және } C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d_2}. \quad (5)$$

(4) және (5) тендеулерді бірге шешіп, мынаны аламыз: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S}{d_1 \epsilon_2 + \epsilon_1 d_2} = 2,66 \cdot 10^{-11} \phi$.

4) Пластиналардың біреуіндегі заряд $q = \sigma S = C_1 U_1 = C_2 U_2 = CU$, осыдан $\sigma = \frac{CU}{S} = 8 \cdot 10^{-7} \text{ к/м}^2$.

9.90. $U = 1800 \text{ в.}$ 9.91. $2,14 \cdot 10^{-4} \text{ мкф/м.}$

9.92. Айталық $E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon x}$, мұндағы τ — кабельдің бірлік ұзындығына келетін заряд, ал x — кабельдің осінен алғынған ара қашықтық. τ шамасы төмендегі қатынаспен табылады:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon L}{\ln \frac{R}{r}} = \frac{q}{U_0} = \frac{\tau L}{U_0}, \text{ бұдан } \tau = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon U_0}{\ln \frac{R}{r}},$$

мұндағы U_0 — орталық тарамы мен қабығының арасындағы потенциал айырмасы. Сонда өрістің кернеулігі $E = \frac{U_0}{x \ln \frac{R}{r}}$ Есептің сан

мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $E = 136 \text{ кв/м.}$

9.93. Электр өріс күшінің жұмысы электронның кинетикалық энергиясына $A = \frac{mv^2}{2}$ айналады. $dA = qdU = -qEdx$ екені белгілі

$$E = \frac{U_0}{x \ln \frac{R}{r}} \text{ болғандықтан, } A = - \int_{l_1}^{l_2} \frac{qU_0 dx}{x \ln \frac{R}{r}} = \frac{qU_0 \ln \frac{l_1}{l_2}}{\ln \frac{R}{r}} = \frac{mv^2}{2},$$

осыдан $v = \sqrt{\frac{2qU_0 \ln \frac{l_1}{l_2}}{m \ln \frac{R}{r}}}$ Есептің сан мәндерін орнына қойып,

мынаны аламыз: $v = 1,46 \cdot 10^7 \text{ м/сек.}$

9.94. Цилиндр конденсатордың ішіндегі кернеулік $E = \frac{U_0}{x \ln \frac{R}{r}}$.

Сонда бірінші қабаттағы потенциалдың тәмем түсүі

$$U_1 = - \int_{r+d_1}^r Edx = - \int_{r+d_1}^r \frac{U_0}{x \ln \frac{R}{r}} dx = \frac{U_0 \ln \frac{r+d_1}{r}}{\ln \frac{R}{r}}.$$

Екінші қабаттағы потенциалдың төмен түсүі

$$U_2 = \frac{U_0 \ln \frac{R}{r+d_1}}{\ln \frac{R}{r}}. \quad \text{Осыдан} \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{\ln \frac{r+d_1}{r}}{\ln \frac{R}{r+d_1}} = 1,35.$$

9.95. $C = 9,6 \cdot 10^{-7}$ мкф. 9.96. 1) $U = 300$ в; 2) $U = 75$ в.

9.97. $C = 1,17 \cdot 10^{-9}$ ф; $R = 2,1$ м.

9.98. $E = \frac{UR_1R_2}{(R_2 - R_1)x^2} = 44,5$ кв/м.

Нұсқау. Осы есеп 9.92 есепке ұқсас, бірақ цилиндрлік конденсатордың өрісі сфералық конденсатордың өрісімен ауыстырылған.

9.99. $v = \sqrt{\frac{2qR_1R_2U(r_1 - r_2)}{m(R_2 - r_1)r_1r_2}} = 1,54 \cdot 10^7$ м/сек.

Нұсқау. Осы есеп 9.93 есепке ұқсас, бірақ цилиндрлік конденсатордың өрісі сфералық конденсатордың өрісімен ауыстырылған.

9.100. $C = 0,33$ мкф. 9.101. $\frac{C_1}{C_2} = 3$,

9.102. $q_1 = q_2 = 8 \cdot 10^{-6}$ к; $U_1 = 4$ в; $U_2 = 2$ в.

9.103. Параллель жалғастырғанда $1 \cdot 10^{-8}$ к-нан $1,7 \cdot 10^{-7}$ к-ға дейін, ал тізбектеп жалғастырғанда $2,23 \cdot 10^{-9}$ к-нан $3,27 \cdot 10^{-9}$ к-ға дейін.

9.104. Параллель жалғастырғанда 20 нф-дан 900 нф-ға дейін, ал тізбектеп жалғастырғанда 5 нф-дан 225 нф-ға дейін.

9.105. $W = 0,1$ дж. 9.106. $W = 0,05$ дж.

9.107. 1) $R = 7 \cdot 10^{-3}$ м; 2) $q = 7,0 \cdot 10^{-9}$ к; 3) $C = 1,55 \cdot 10^{-6}$ мкф; 4) $W = 1,58 \cdot 10^{-5}$ дж.

9.108. 1) $5 \cdot 10^{-5}$ дж; 2) әрбір шардың энергиясы $1,25 \cdot 10^{-5}$ дж-ға тең, ал оларды қосқандағы разрядтық жұмыс $2,5 \cdot 10^{-5}$ дж-ға тең болады; 3) Әрбір шардың энергиясы $31,25 \cdot 10^{-7}$ дж, ал разрядтық жұмыс $62,5 \cdot 10^{-7}$ дж.

9.109. 1) $U'_1 = 3$ кв; 2) $q'_2 = 2 \cdot 10^{-8}$ к; 3) $W'_1 = 1,5 \cdot 10^{-5}$ дж, ал $W'_2 = 9 \cdot 10^{-5}$ дж; 4) $q''_1 = 1,8 \cdot 10^{-8}$ к және $U''_1 = 5,4$ кв; 5) $q''_2 = 1,2 \cdot 10^{-8}$ к; $W''_2 = 5,4$ кв; 6) $W = 8,1 \cdot 10^{-5}$ дж; 7) $A = 2,4 \cdot 10^{-5}$ дж.

9.110. $q = 2,7 \cdot 10^{-6}$ к.

9.111. 1) $q = 1,77 \cdot 10^{-7}$ к; 2) $E = 3330$ в/см; 3) $W = 2,94$ дж/м³

9.112. $p = 26,5$ н/м². 9.113. $U = 15$ кв.

9.114. 1) $E = 560$ в/см; 2) $d = 5 \cdot 10^{-3}$ м = 5 мм; 3) $v = 10^7$ м/сек; 4) $W = 6,95 \cdot 10^{-7}$ дж; 5) $C = 1,77 \cdot 10^{-11}$ ф; 6) $13,9 \cdot 10^{-5}$ н.

9.115. $U = 21,7$ кв.

9.116. $E = 6 \cdot 10^4$ в/м; $W_1 = 2 \cdot 10^{-5}$ дж; $W_2 = 0,8 \cdot 10^{-5}$ дж.

9.117. $E_2 = E_1 = 150$ кв/м; $W_1 = 2 \cdot 10^{-5}$ дж; $W_2 = 5 \cdot 10^{-5}$ дж.

9.118. 1) $W_1 = 4,43 \cdot 10^{-7}$ дж, $W_2 = 1,78 \cdot 10^{-8}$ дж; 2) $W_1 = 4,43 \cdot 10^{-7}$ дж, $W_2 = 1,11 \cdot 10^{-5}$ дж.

9.119. $\epsilon = 4,5$.

9.120. 1) а) Сыйымдылығы 1,1 нф-ға кеміді; б) кернеуліктің ағыны 750 в·м-ге кеміді; в) энергияның көлемдік тығыздығы $4,8 \cdot 10^{-2}$ дж/м³-қа кеміді.

2) а) Бірінші жағдайдағы сияқты, сыйымдылық $1,1 \text{ nF}$ -ға кеміді; б) кернеуліктің ағыны өзгермегі ($\Delta N=0$); в) энергияның көлемдік тығыздығы да өзгермегі ($\Delta W_0=0$).

$$9.121. 1) W_0 = \frac{\sigma^2 R^4}{2\epsilon_0 \epsilon (R+x)^4}, \text{ мұндағы } R \text{ — шардың радиусы, ал}$$

x — қарастырып отырган нүктенің шардың бетінен алғандағы ара қашықтығы; есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $W_0=9,7 \cdot 10^{-2} \text{ дж/м}^3$;

$$2) W_0 = \frac{\sigma^2}{8\epsilon_0 \epsilon} = 1,97 \text{ дж/м}^3;$$

$$3) W_0 = \frac{\tau^2}{8\pi^2 \epsilon_0 \epsilon x^2} = 0,05 \text{ дж/м}^3.$$

9.122. Диэлектрик жоқ кезде конденсатордың пластиналарындағы зарядтың беттік тығыздығын σ_d деп, диэлектрик бар кезде конденсатордың пластиналарындағы зарядтың беттік тығыздығын σ' деп белгілейміз, ал байланысқан (поляризациялық) зарядтардың беттік тығыздығын $\sigma_{бай}$ деп белгілейміз. σ_d мен $\sigma_{бай}$ зарядтардың бірінші жасайтын әсері сондайлық, өткізгіш пен диэлектриктің бөлініп тұрған шегінде заряд бар сияқты болады да және сол зарядтар мынадай тығыздықпен бөлініп орналасады:

$$\sigma' = \sigma_d - \sigma_{бай}. \quad (1)$$

Сонымен σ' — «эффектілік» зарядтардың беттік тығыздығы, яғни диэлектриктең қосынды, қорытқы өрісті анықтайдын зарядтардың көрсетеді. σ шамалары, сایкес өрістермен тәмендегідей қатынас арқылы байланысатындығы мәлім: диэлектрик жоқ болғандағы өріс

$$E_0 = \frac{\sigma_d}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{U_1}{d}, \quad (2)$$

диэлектриктең қорытқы өріс

$$E = \frac{\sigma_d}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{\sigma'}{\epsilon_0} = \frac{U_2}{d}, \quad (3)$$

(1) тендеуден мынаны аламыз: $\sigma_{бай} = \sigma_d - \sigma'$, немесе (3) тендеу бойынша

$$\sigma_{бай} = \epsilon_0 \epsilon E - \epsilon_0 E = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U_2}{d}.$$

1) Осы қарастырып отырган жағдайда $U_1=U_2=U$, сонда:

$$a) \sigma_{бай} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^{-3}} \kappa/\text{м}^2 = 1,77 \cdot 10^{-5} \kappa/\text{м}^2;$$

б) $\sigma_d - \sigma_0 = \epsilon_0 \epsilon E - \epsilon_0 E_0$ және ток көзіне қосқан кезде кернеу $E=E_0=\frac{U}{d}$ болғандықтан,

$$\sigma_d - \sigma_0 = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U}{d} = \sigma_{бай} = 1,77 \cdot 10^{-5} \kappa/\text{м}^2.$$

Сонымен, кернеу көзінің арқасында конденсатор пластиналарында қосымша зарядтар пайда болады да, диэлектриктең поляризация салдарынан болатын зарядтардың кемуін толтырып отырады.

2) Осы қарастырып отырған жағдайда $q=\text{const}$ және $U_2 = \frac{\epsilon_1 U_1}{\epsilon_2}$ (9.87 есептің шешуін қараңыздар), сонда:

$$\begin{aligned} \text{a) } \sigma_{бай} &= \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{U_2}{d} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \frac{\epsilon_1 U_1}{\epsilon_2 d} = \\ &= \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 1 \cdot 10^3}{7 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \text{ к/м}^2 = 2,53 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2. \end{aligned}$$

б) $q=\text{const}$ болғандықтан, $\sigma_{бай} = \sigma_0$, яғни конденсатордың пластиналарындағы беттік тығыздық өзгермейді.

9.123. Сан жағынан байланысқан зарядтардың беттік тығыздығына $\sigma_{бай}$ тең поляризация векторы P диэлектриктердегі кернеуліктең өрісіне пропорционал болады, яғни $P = \sigma_{бай} = \chi' E$. МКСА системасында χ' коэффициенті өлшемсіз шама; оның ϕ/m деп аталуынан көз жеткізу қын емес. $\chi' = 4\pi\epsilon_0\kappa$ болатындығын көрсету керек, мұндағы κ — өлшемсіз шама (электрлеу коэффициентінің табиғалық мәні). Сонда

$$\begin{aligned} \sigma_{бай} &= 4\pi\epsilon_0\kappa E = 4\pi\epsilon_0\kappa \frac{U}{d} = \\ &= \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,08 \cdot 4 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ к/м}^2 = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2. \end{aligned}$$

Диэлектриктердің диэлектрлік сіңіргіштігін табамыз. $\sigma_{бай} = \epsilon_0(\epsilon - 1)E$ болғандықтан (алдыңғы есептің шешуін қараңыздар), $\sigma_{бай} = 4\pi\epsilon_0\kappa E = \epsilon_0(\epsilon - 1)E$ болады, осыдан $\epsilon - 1 = 4\pi\kappa$, немесе $\epsilon = 1 + 4\pi\kappa = 1 + \frac{\chi'}{\epsilon_0}$,

бұдан $\epsilon = 1 + 4\pi \cdot 0,08 = 2$. Сонда $E = \frac{U}{d} = \frac{\sigma_d}{\epsilon_0 \epsilon}$. Сонымен конденсатор пластиналарындағы зарядтардың беттік тығыздығы мынадай болады:

$$\sigma_d = \frac{U \epsilon_0 \epsilon}{d} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ к/м}^2 = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ к/м}^2.$$

9.124. 1) $E = 3 \text{ кв/см}$; 2) $\sigma_d = 1,59 \cdot 10^{-5} \text{ к/м}^2$; 3) $\sigma_{бай} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ к/м}^2$; 4) $\chi' = \frac{\sigma_{бай}}{E} = 4,44 \cdot 10^{-11} \text{ ф/м}$, $\kappa = \frac{\chi'}{4\pi\epsilon_0} = 0,4$.

9.125. $U = 1750 \text{ в}$. **9.126.** $\sigma_{бай} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2$.

9.127. 1) $E = 7,52 \cdot 10^5 \text{ в/м}$; 2) $D = \epsilon_0 \epsilon E = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ к/м}^2$; 3) $\sigma_d = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ к/м}^2$; 4) $W_0 = 5 \text{ дж/м}^3$; 5) $\chi' = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м}$, $\kappa = 0,08$.

9.128. 1) $\sigma_{бай} = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ к/м}^2$; 2) $\chi' = 1,77 \cdot 10^{-11} \text{ ф/м}$, $\kappa = 0,159$.

9.129. 1) $A = 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ дж}$; 2) $A = 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ дж}$.

§ 10. Электр тогы

$$10.1. 1) q = \int_{t_1}^{t_2} I dt = \int_{t_1}^{t_2} (4+2t) dt = 48 \text{ к; } 2) I = 12 \text{ а.}$$

10.2. 1) $R = 70 \text{ ом; } 2) \text{ а) } 87,5 \text{ ом; б) } 116,7 \text{ ом; в) } 175 \text{ ом; }$
 г) 350 ом.

10.3. $N=200$ орам. 10.4. $l=500 \text{ м; } d=10^{-3} \text{ м}=1 \text{ м.м.}$

10.5. $R=0,0018 \text{ ом. } 10.6. 2,22 \text{ есе.}$

10.7. Айталық $R_1=R_0(1+\alpha t_1)$, мұндағы $R_0=0^\circ\text{C}$ температурадағы кедергі (бастапқы температурадағы емес). Осыдан $R_0 = \frac{R_1}{1+\alpha t_1} = 32,8 \text{ ом.}$ Осыдан кейін $R_2 = \frac{U}{I} = 364 \text{ ом,}$ ал $R_2=R_0(1+\alpha t_2)$ болғандықтан, $t_2 = \frac{R_2 - R_0}{R_0 \alpha} = 2200^\circ\text{C}$ болады.

10.8. 17,5 ма. 10.9. $t=70^\circ\text{C}$ температураға дейін.

10.10. $U=5,4 \text{ в. } 10.11. U_1=12 \text{ в; } U_2=U_3=4 \text{ в; } I_2=2 \text{ а; } I_3=1 \text{ а.}$

10.12. 1) $I=0,11 \text{ а; } 2) U_1=0,99 \text{ в; } 3) U_2=0,11 \text{ в; } 4) \eta=0,9.$

10.13. $U = \frac{1,1}{R+r} R = \frac{1,1}{1+R} R.$ 96-суреттегі қисық R сыртқы кедергіге байланысты сыртқы тізбектегі U потенциалдың кемуінің тәуелділігін сипатын береді. Бұл қисық $U = \mathcal{E} = 1,1 \text{ в}$ түзуге асимптотты жақындайды.

10.14. $U=0,125 \text{ в; } R=7,5 \text{ ом. } 10.15. \eta=25\%.$

10.16. $U=2,7 \text{ в; } r=0,9 \text{ ом.}$

$$10.17. x = \frac{U}{\mathcal{E}} = \frac{n}{1+n}; \quad 1) x = 9,1\%;$$

2) $x=50\%;$ 3) $x=91\%. \quad 10.18. \eta=80\%.$

10.19. Элементтерді тізбектеп жалғастырғанда

$I' = \frac{2\mathcal{E}}{2r+R}$ болады, ал параллель жалғастырғанда

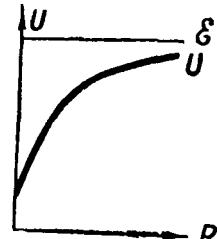
$$I'' = \frac{\mathcal{E}}{0,5r+R}.$$

$$1) I' = \frac{2,2}{0,6+0,2} a = 5a, \quad I'' = \frac{2}{0,15+0,2} a = 5,7a;$$

$$2) I' = \frac{4}{0,6+16} a = 0,24 a, \quad I'' = \frac{2}{0,15+16} a = 0,124 a.$$

Сонымен, сыртқы кедергі аз кезде элементтерді параллель, ал сыртқы кедергі көп кезде тізбектеп жалғастырған тиімді болады.

$$10.20. 1) \frac{\Delta R}{R} = 1\%; \quad 2) \frac{\Delta R}{R} = 10\%; \quad 3) \frac{\Delta R}{R} = 100\%,$$



96-сурет.

10.21. 1) $\frac{\Delta R}{R} = 20\%$; 2) $\frac{\Delta R}{R} = 2\%$; 3) $\frac{\Delta R}{R} = 0,2\%$

10.22. $I_1=0,6 \text{ а}; I_2=0,4 \text{ а}; I=I_1+I_2=1 \text{ а.}$

10.23. Тізбектегі ток күші $I=\frac{2\mathcal{E}}{R+r_1+r_2}=\frac{4}{3} \text{ а.}$ Бірінші элементтің қысқыштарындағы потенциал айырмасы $U_1=\mathcal{E}-Ir_1=\frac{2}{3} \text{ в.}$ Екінші элементтің қысқыштарындағы потенциал айырмасы $U_2=\mathcal{E}-Ir_2=0.$ Оқушыларға жалпы түрде, R, r_1 және r_2 араларындағы қандай қатынаста элементтердің қысқыштарының біріндегі потенциал айырмасы нольге тең болатындығын зерттеу тапсырылады.

10.24. $R_1=1,5 \text{ ом}; R_2=2,5 \text{ ом}; U_1=7,5 \text{ в} \text{ және } U_2=12,5 \text{ в.}$

10.25. $\mathcal{E}=2 \text{ в}; r=0,5 \text{ ом. } 10.26. I=0,2 \text{ а.}$

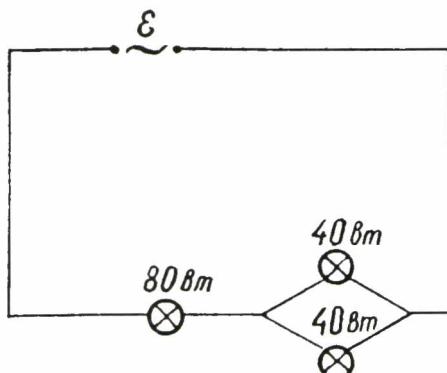
10.27. $R_1=60 \text{ ом. } 10.28. 1) I=0,4 \text{ а}; 2) U=32 \text{ в.}$

10.29. $R_2=60 \text{ ом. } 10.30. 1) I=2 \text{ а}; 2) U=2 \text{ в.}$

10.31. 80 в. 10.32. $\mathcal{E}=170 \text{ в.}$

10.33. 1) 0,22 а және 110 в; 2) 0,142 а және 53,2 в; 3) 0,57 а және 110 в; 4) 0,089 а және 35,6 в.

10.34. $I=40 \text{ а.}$



97-сурет.

10.39. 97-суреттегі схеманы қараныздар; $I_1=I_2=0,365 \text{ а}$ және $I_3=0,73 \text{ а.}$

10.40. 6,8 в-ке. 10.41. 212 вт.

10.42. $S=85 \text{ mm}^2.$

10.43. 1) $\frac{Q_m}{Q_c} = 0,17;$ 2) $\frac{U_m}{U_c} = 0,17.$

10.44. 1) $\frac{Q_m}{Q_c} = 5,9;$ 2) $\frac{U_m}{U_c} = 1.$

10.35. 1) амперметрге параллель етіп $R=0,02 \text{ ом}$ кедергіні жалғастыру керек; 2) амперметрдің бөлігінің бағасы өзгереді және 0,1 а/бөл-тің орнына 1 а/бөл-ке тең болады.

10.36. 1) Вольтметрмен тізбектеп $R=3000 \text{ ом}$ кедергіні жалғастыру керек; 2) вольтметрдің бөлігінің бағасы өзгереді және 0,2 в/бөл-тің орнына 0,5 в/бөл-ке тең болады.

10.37. 1) Приборға параллель етіп қосылған кедергі $R=0,555 \text{ ом};$ 2) ал приборға тізбектеп қосылған кедергі $R=9950 \text{ ом.}$

10.38. $R=300 \text{ ом}; l=21,2 \text{ м.}$

10.45. $Q=1,08 \text{ кдж}$. 10.46. 1) $2,4 \text{ квт}$; 2) $2,3 \text{ квт}$; 3) 96% .

10.47. $r=1 \text{ ом}$; $\eta_1=83,3\%$; $\eta_2=16,7\%$.

10.48. 34-суреттегі қисықтың берілген нұктелері бойынша таблика құрамызы:

$I, \text{ а}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P, \text{ вт}$	0	1,8	3,2	4,2	4,8	5	4,8	4,2	3,2	1,8	0

Сыртқы тізбектегі бөлініп шығатын қуат (пайдалы қуат), элементтің ішкі кедергісіне тең болатын сыртқы кедергіде максимумға жетеді. Бұл жағдайда сыртқы тізбектегі потенциалдың тәмендеуі

$U = \frac{\mathcal{E}}{2}$ болады, мұндағы \mathcal{E} — элементтің э. қ. қүші. Осыдай болғандағы элементтің п. ә. коэффициенті $\eta=0,5$ болады. Біздің қарастырып отырған жағдайда $P_{\max} IU=5 \text{ вт}$. Олай болса, $U = \frac{P_{\max}}{I} = \frac{5}{5} \text{ в} = 1 \text{ в}$; осыдан элементтің іздел отырған э. қ. қүші $\mathcal{E}=2U=2 \text{ в}$ болады. Осы

мен бірге $I = \frac{\mathcal{E}}{2r}$ болғандықтан, элементтің ізделініп отырған ішкі кедергісі $r = \frac{\mathcal{E}}{2I} = 0,2 \text{ ом}$, ішкі кедергідегі потенциалдың тәмендеуі $U = \frac{P}{I}$; ал элементтің п. ә. коэффициенті $\eta = \frac{U}{\mathcal{E}} = \frac{P}{\mathcal{E}I}$ болады.

10.49. 34-суретте көрсетілген қисықтағы нұктелер бойынша (алдыңғы есептің шешуін қараңыздар) $\mathcal{E}=2 \text{ в}$ және $r=0,2 \text{ ом}$ екенін табамыз. \mathcal{E} және r біле отырып, бізге керекті η , P_1 және P_2 шамаларды табуға болады.

10.50. $\mathcal{E}=4 \text{ в}$; $r=1 \text{ ом}$.

10.51. U , P_1 және P_2 -дің R -ға тәуелділігі жөнінде 10.48 және 10.49 есептердің шешімінен қараңыздар.

10.52. $\mathcal{E}=6 \text{ в}$; $r=1 \text{ ом}$. 10.53. 60 вт . 10.54. 1 а .

10.55. 16 вт . 10.56. $\mathcal{E}=100 \text{ в}$.

10.57. Лампочкалардың үштарындағы потенциал айырмасы 30-дан 54,5 в-ке дейін өзгереді. Осыдан пайдаланатын қуат 30-дан 9,9 в-ке дейін өзгереді.

10.58. 1) $Q_1=6,37 \text{ дж}$, $Q_2=3,82 \text{ дж}$; 2) $Q_1=16,2 \text{ дж}$, $Q_2=27,2 \text{ дж}$.

10.59. Аз кедергілі лампочкалар көп (1,5 есе) қуатты пайдаланады.

10.60. 36° -қа. 10.61. $2,9 \text{ л}$. 10.62. 1) $1,2 \text{ квт}$; 2) 12 ом .

10.63. $Q=2,5 \cdot 10^5$ дж = 60 ккал.

10.64. 1) 25 мин; 2) 50 мин; 3) 12,5 мин.

10.65. 1) 45 мин; 2) 10 мин. 10.66. 22 мин-тан кейін.

10.67. 1) 5,4 ом; 2) 2100 дж/кг · град; 3) 49,6 ом. 10.68. $\eta=80\%$.

10.69. 1) 14,4 ом; 2) 11,3 м; 3) 1 квт.

10.70. 3°-қа. 10.71. 1 сом. 33 тыын. 10.72. 49 мин-тан кейін.

10.73. $R=33$ ом.

10.74. Мыс сымда бөлініп шыққан жылу мөлшері, мынадай болады.

$$Q=m_1 c_1 \Delta t = \delta_1 l_1 S_1 c_1 \Delta t, \quad (1)$$

мұндағы δ — мыстың тығыздығы, l_1 — сымның ұзындығы, S_1 — оның көлденең қимасының ауданы, c_1 — мыстың меншікті жылу сыйымдылығы, ал Δt — сымның температурасының көтерілу шамасы.

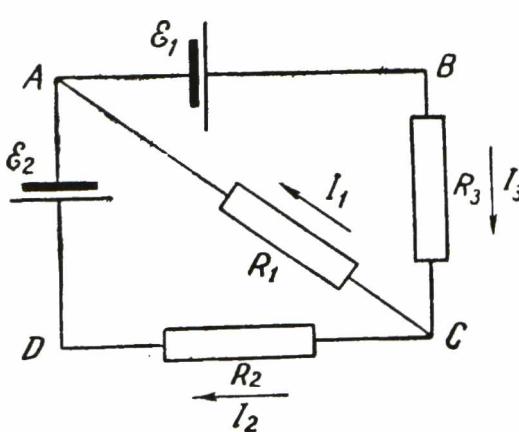
Қорғасын сымдағы бөлініп шыққан жылу мөлшері мынадай болады:

$$Q_2=\delta_2 l_2 S_2 (c_2 \Delta t_1 + r), \quad (2)$$

мұндағы r — қорғасынның меншікті балқу жылуы, $\Delta t=t_{\text{бал}}-t_0$, δ_2 — қорғасынның тығыздығы, l_2 — сақтандырылғыштың ұзындығы, S_2 — оның көлденең қимасының ауданы, ал c_2 — қорғасынның меншікті жылу сыйымдылығы.

Тізбекке екі сымды да параллель жалғастырғандақтан,

$$I_1 = I_2 \text{ және } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1 S_2 \rho_1}{l_2 S_1 \rho_2}, \quad (3)$$



98-сурет.

мұндағы ρ_1 және ρ_2 — мыс және қорғасынның сәйкес меншікті кедергілері. (1), (2) және (3) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$\frac{\delta_1 l_1 S_1 c_1 \Delta t}{\delta_2 l_2 S_2 (c_2 \Delta t_1 + r)} = \frac{\rho_1 l_1 S_2}{\rho_2 l_2 S_1},$$

осыдан іздең отырған температуралар айырымы

$$\Delta t = \frac{\rho_1 \delta_2 S_2^2 (c_2 \Delta t_1 + r)}{\rho_2 \delta_1 S_1^2 c_1}.$$

Бізге мыналар белгілі (таблицаны қараңыздар), $\rho_1 = 1,7 \cdot 10^{-8}$ ом · м, $\rho_2 = 2,2 \cdot 10^{-7}$ ом · м, $\delta_1 = 8600$ кг/м³, $\delta_2 = 11300$ кг/м³, $c_1 = 395$ дж/кг · град, $c_2 = 126,0$ дж/кг · град, $t_{\text{бал}} = 327^\circ\text{C}$, $r = 2,26 \cdot 10^4$ дж/кг, $t_0 = -327^\circ - 17^\circ = 310^\circ$. Осы берілгендерді орнына қойып, мынаны аламыз $\Delta t = 1,8^\circ$.

10.75. $1,55 \cdot 10^3$ дж/м³ · сек. 10.76. $I_1 = I_2 = 26,7$ ма; $I_3 = I_4 = 4$ ма.

10.77. Осы берілген тарамдалинған тізбекке Кирхгофтың заңын қолданамыз. Ең алдымен схема бойынша токтың бағыттарын белгілейміз (98-сурет).

Токтардың бағыты біздің белгілеген стрелкамызбен жүреді дең үйінде үшін Кирхгофтың бірінші заңы бойынша

$$I_3 = I_1 + I_2. \quad (1)$$

(А түйінде үшін осыған сәйкес тендеуді аламыз). Кирхгофтың екінші заңы бойынша, ABC контуры үшін,

$$I_3 R_3 + I_1 R_1 = \mathcal{E}_1, \quad (2)$$

ал ACD контуры үшін

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = \mathcal{E}_2. \quad (3)$$

(ACD немесе ABC контурларының орнына $ABCD$ контурын алуға да болады).

Сонымен I_1 , I_2 және I_3 үш белгісіздерді табу үшін бізге үш тендеу белгілі болады. Кирхгофтың заңын қолдану арқылы есептер шығарғанда (1), (2) және (3) тендеулерді сан жағынан көрсету ыңғайлы болады. Біздің есептің шартында бұл тендеулердің түрі мынадай болады:

$$I_3 = I_1 + I_2, \quad (1a)$$

$$10I_3 + 45I_1 = 2,1, \quad (2a)$$

$$45I_1 - 10I_2 = 1,9. \quad (3a)$$

Осы тендеулерді шешіп, мынаны аламыз: $I_1 = 0,04 \text{ а}$, $I_2 = -0,01 \text{ а}$ және $I_3 = 0,03 \text{ а}$. I_2 тогының теріс таңбасы біз белгілеген токтың бағытының дұрыс еместігін көрсетеді. I_2 тогының бағыты D -дан C -ға қарай болу керек, тендеу құрардың алдында белгіленгендей көрініше емес.

$$\text{10.78. } U = 1,28 \text{ в. } \text{10.79. } R = \frac{2}{3} \text{ ом; } I_2 = 0,5 \text{ а; } I_R = 1,5 \text{ а.}$$

$$\text{10.80. } R = 0,75 \text{ ом; } I_2 = 2 \text{ а; } I_R = 4 \text{ а. } \text{10.81. } I = 0,4 \text{ а.}$$

$$\text{10.82. } 2 \text{ а. } \text{10.83. } R_1 = 20 \text{ ом. } \text{10.84. } I = 0,45 \text{ ма.}$$

$$\text{10.85. } I = 0,001 \text{ а} = 1 \text{ ма.}$$

$$\text{10.86. } I_1 = 0,385 \text{ а; } I_2 = 0,077 \text{ а; } I_3 = 0,308 \text{ а.}$$

$$\text{10.87. } I_1 = 0,3 \text{ а; } I_2 = 0,5 \text{ а; } I_3 = 0,8 \text{ а; } R_3 = 7,5 \text{ ом.}$$

$$\text{10.88. } \mathcal{E}_2 = 30 \text{ в; } \mathcal{E}_3 = 45 \text{ в. } \text{10.89. } I = 9 \text{ а.}$$

$$\text{10.90. } \mathcal{E}_1 = 24 \text{ в; } \mathcal{E}_2 = 12 \text{ в; } I_2 = 1,2 \text{ а; } I_3 = 0,3 \text{ а.}$$

$$\text{10.91. 1) } 2,28 \text{ а; 2) } 0,56 \text{ а; 3) } 1,72 \text{ а.}$$

$$\text{10.92. } \text{Үш есе. } \text{10.93. } 100 \text{ в.}$$

$$\text{10.94. } \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 200 \text{ в. } \text{10.95. } 75 \text{ ма.}$$

$$\text{10.96. 1) } U_1 = 120 \text{ в; } U_2 = 80 \text{ в; 2) } U_1 = U_2 = 100 \text{ в.}$$

$$\text{10.97. 2 сағ ішінде. } \text{10.98. 1) } 10 \text{ мин; 2) } 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

$$\text{10.99. } j = 56 \text{ а/м}^2 \quad \text{10.100. } K = 1,04 \cdot 10^{-8} \text{ кг/к.}$$

$$\text{10.101. Амперметр } 0,04 \text{ а-ден кем көрсетеді,}$$

10.102. 53 мг. 10.103. 1) 149 сар; 2) $1,49 \cdot 10^4$ квт-сар.

10.104. $W=1800$ дж.

10.105. Электролиз кезінде заттың M массасын бөліп шығаруға керек болған энергия

$$W = IUt = \frac{MUZF}{A}, \quad (1)$$

мұндағы F — Фарадейдің саны, A — кг-атомның массасы, Z — валенттілік, ал U — түсірілген потенциал айырмасы. 2 қмоль суды ажырату үшін, яғни 4 кг сутегін бөліп шығару үшін, $5,75 \cdot 10^8$ дж энергия керек. Сонымен, біздің іздел отырған $M=4$ кг, $W=5,75 \cdot 10^8$ дж болады. (1) тендеуге есептің сан мәндерін қойып, аламыз: $U=1,5$ в.

10.106. Шамалы ертінділерде $\alpha \approx 1$, яғни барлық молекулалар диссоциацияланған болады. Олай болса, эквиваленттік электр өткізгіштік $\Lambda_{\infty} = F(u_+ + u_-)$ болады. Бізде $F=96,5 \cdot 10^6$ к/кг-экв; $u_+ = 3,26 \cdot 10^{-7}$ м²/в · сек және $u_- = 6,4 \cdot 10^{-8}$ м²/в · сек. Осы берілгендерді орнына қойып, мынаны аламыз: $\Lambda_{\infty} = 37,6$ м²/ом · кг-экв.

10.107. $q_+ = 100$ к; $q_- = 20$ к.

10.108. 1) $\alpha = 94\%$; 2) $\eta = 10^{-2}$ кг-экв/м³ = 10^{-2} г-экв/л = 0,01 N; 3) $u_+ + u_- = 1,35 \cdot 10^{-7}$ м²/в · сек.

10.109. $R = 1,8 \cdot 10^5$ ом. 10.110. $R = 5,2 \cdot 10^5$ ом.

10.111. 3,9 м²/ом · кг-экв. 10.112. 92%.

10.113. $n_+ = n_- = 5,5 \cdot 10^{25}$ м⁻³. 10.114. 10^{-6}

10.115. 1) $j = 2,4 \cdot 10^{-7}$ а/м²; 2) $\frac{I_+}{I} = 0,01\%$. 10.116. $I_k = 10^{-7}$ а.

10.117. Камераның 1 см-дегі қос иондардың ең көп саны, иондардың кемуі олардың рекомбинация есебінен болатын шарттағана пайда болады. Осы жағдайда $N = an^2$ және $n = \sqrt{\frac{N}{\alpha}} = 3,2 \cdot 10^7$ болады.

10.118. $R = 3,4 \cdot 10^{14}$ ом. 10.119. $I = 3,3 \cdot 10^{-9}$ а; $\frac{I}{I_k} = 3,3\%$.

10.120. Атомның ионизациялық потенциалы деп, электронның атомга соғылғанда оны иондау үшін электронның журуіне керек болатын потенциал айырмасын айтады. Сондықтан, электронға керек болатын жылдамдық, мына тендеуден табылады, $\frac{mv^2}{2} = eU$ немесе $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$. Есептің берілген сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $v = 2,2 \cdot 10^6$ м/сек.

10.121. 80 000°К болғанда. 10.122. $39,2 \cdot 10^{-19}$ дж.

10.123. 1) $8,3 \cdot 10^5$ м/сек; 2) $1,4 \cdot 10^6$ м/сек.

10.124. T_1 температурада вольфрамның меншікті термоэлектродың emissиясы

$$j_1 = BT_1^2 e^{-\frac{A}{kT_1}}, \quad (1)$$

ал T_2 температура кезінде

$$j_2 = B T_2^2 e^{-\frac{A}{kT_2}} \quad (2)$$

(2) тендеуді (1) тендеуге бөліп, мынаны аламыз:

$$\frac{j_2}{j_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2 e^{-\frac{A}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} \quad (3)$$

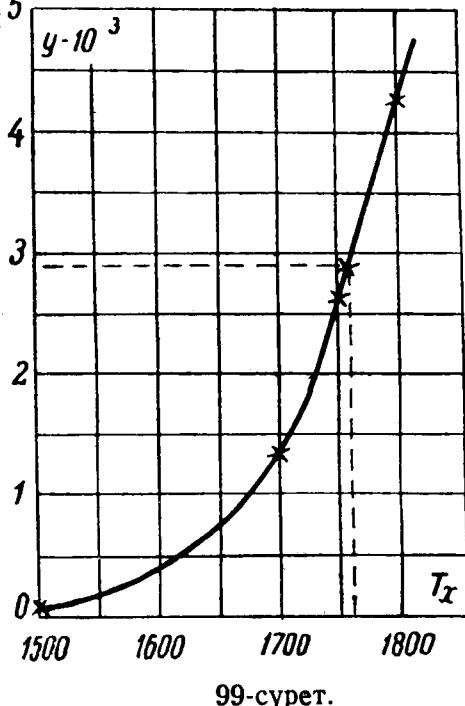
Бізде $T_1 = 2400^\circ\text{K}$, $T_2 = 2500^\circ\text{K}$, $A = 4,54$ және $= 4,54 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ дж, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ дж/град. Осы берілгендерді (3) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $\frac{j_2}{j_1} = 2,6$.

10.125. 11 000 есе.

10.126. $T_1 = 2500^\circ\text{K}$ температура кезіндегі таза вольфрамның меншікті эмиссиясы мынаган тен: $j_1 = B_1 T_1^2 e^{-\frac{A_1}{kT_1}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а}/\text{м}^2$. T_x температурада ториленген вольфрамның меншікті эмиссиясы, мынаган тен: $j_2 = B_2 T_x^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}}$. Есептің шартты 5 бойынша $j_1 = j_2$ яғни

$$B_2 T_x^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а}/\text{м}^2. \quad (1)$$

$T^\circ \text{x K}$	$z = \frac{A_2}{kT_x}$	e^{-z}	$y \cdot 10^{-3}$
1500	20,3	$1,6 \cdot 10^{-9}$	0,11
1700	17,7	$1,6 \cdot 10^{-8}$	1,38
1750	17,1	$3,7 \cdot 10^{-8}$	2,54
1800	16,7	$5,6 \cdot 10^{-8}$	4,25



(1) тендеуді екі тәсіл арқылы шешуге болады: 1) график арқылы, 2) бірте-бірте жүйктау арқылы. Осы екі тәсілдің қарастырылышы.

1. Графикалық тәсіл. Абсцисса осі бойымен T_x шамасын саламыз, ал ордината осі бойы-

мен — $y \cdot 10^{-3} = B_2 T_x^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}}$ шамасын (99-сурет). Осы қисықтың горизонталь $y = 2,84 \cdot 10^3$ түзумен күлгісін нүктесінің абсцисасы іздеп отырган температуранның мәнін береді. Есептеулердің иттихажелерін жоғарыдағы таблицаға орналастырылған ыңғайлы болады.

99-сурет.

99-суреттегі графиктен, (1) теңдеудің шешуі $T_x \cong 1760^{\circ}\text{K}$ мәні болатындығы көрінеді.

2. Бірте-бірте жуықтау тәсілі. Меникіті эмиссияның температурага тәуелділігі T^2 көбейткішпен емес, $e^{-\frac{A}{kT}}$ экспоненциалдық көбейткішпен анықталатын болғандықтан, бірінші жуықтауда мынадай деп үйгаруға болады.

$$B_2 T_1^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = B_2 (2500)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2,$$

осыдан $e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = \frac{2,84 \cdot 10^3}{B_2 T_1^2} = 1,86 \cdot 10^{-8}$ және $T_x = 1690^{\circ}\text{K}$ — бірінші жуықтау.

Екінші жуықтауда

$$B_2 (1690)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2.$$

осыдан $T_x = 1770^{\circ}\text{K}$ — екінші жуықтау.

Бұдан әрі

$$B_2 = (1770)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2,$$

осыдан $T_x = 1750^{\circ}\text{K}$ — үшінші жуықтау.

Осыларға үқсас

$$B_2 = (1750)^2 e^{-\frac{A_2}{kT_x}} = 2,84 \cdot 10^3 \text{ а/м}^2,$$

осыдан $T_x = 1760^{\circ}\text{K}$ — төртінші жуықтау.

Бесінші жуықталудың үшінші мәнді цифре дейінгі дәлдіктегі төртінші жуықтаумен тұра келетіндігіне оңай көз жеткізуге болады. Сонымен, іздең отырған $T_x = 1760^{\circ}\text{K}$ болады.

§ 11. Электромагнетизм

11.1. $H = 39,8 \text{ а/м.}$

11.2. $H = 50 \text{ а/м.}$

11.3. $H_1 = 120 \text{ а/м}; H_2 = 159 \text{ а/м}; H_3 = 135 \text{ а/м.}$

11.4. $H_1 = 199 \text{ а/м}; H_2 = 0; H_3 = 183 \text{ а/м.}$

11.5. Магнит өрісінің кернеулігі нольге тең болатын нүктесі, A нүктеден 3,3 см қашықтықтағы I_1 және I_2 пүктелердің арасында болады.

11.6. Магнит өрісінің кернеулігі нольге тең болатын пүктеслер, A нүктенің он жағында одан 1,8 см және 6,96 см қашықтықтарда орналасады.

11.7. $H_1 = 8 \text{ а/м}; H_2 = 55,8 \text{ а/м}.$

11.8. $H_1 = 35,6 \text{ а/м}; H_2 = 57,4 \text{ а/м}.$

11.9. $H = 8 \text{ а/м}.$ Магнит өрісінің кернеулігі, екі сым арқылы өтетін жазықтықта перпендикуляр болып бағытталған.

11.10. Егер токтан алынған өріс Жердің магнит өрісінің горизонталь құраушысын компенсациялайды десек, онда қорытқы өріс вертикаль жоғары бағытталынған болады.

$$H = H_r = \frac{I}{2\pi r} \quad \text{болғандықтан,}$$

$$r = \frac{I}{2\pi H_r} = 0,08 \text{ м} \quad \text{болады.}$$

11.11. С нүктесіндегі магнит өрісінің кернеулігі мынаған тең болады (100-суретті қараңыздар):

$$H = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{I \sin \theta d\theta}{4\pi r^2}. \quad \text{Бірақ } l = a \operatorname{ctg} \theta$$

$$\text{және } dl = -\frac{a d\theta}{\sin^2 \theta}.$$

$$\text{Бұдан әрі } r = \frac{a}{\sin \theta} \quad \text{Демек,}$$

$$H = -\frac{1}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta = \frac{I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2).$$

Есептің шарты бойынша $I = 20 \text{ а}, a = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}, \theta_1 = 60^\circ, \theta_2 = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ.$ Осы берілгендерді орнына қойып, мынаны аламыз $H = 31,8 \text{ а/м}.$

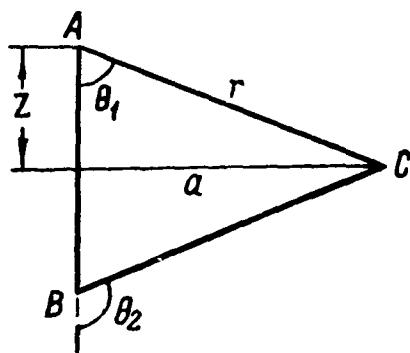
11.12. $H = 56,5 \text{ а/м}.$ 11.13. $a \leq 5 \text{ см}.$

11.14. 1) $l = 0,245 \text{ м}; 2) H = 358 \text{ а/м}.$

11.15. $H = 77,3 \text{ а/м}.$ 11.16. $U = \frac{\pi \rho I^2}{SH} = 0,12 \text{ в.}$ 11.17. $H = 12,7 \text{ а/м}.$



101-сурет.



100-сурет.

11.18. $H = 25,7 \text{ а/м}.$

11.19. 1) $H = 12,2 \text{ а/м}; 2) H = 0.$

11.20. 1) $H = 62,2 \text{ а/м}; 2) H = 38,2 \text{ а/м}.$ 11.22. $H = 177 \text{ а/м}.$

11.23. $H = 35,8 \text{ а/м}.$ 11.24. $U_2 = 4U_1.$ 11.25. $L = 0,2 \text{ м}.$

11.26. $r = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$ 11.27. $H = 6670 \text{ а/м}.$ 11.28. $H = 1250 \text{ а/м}.$

11.29. 4 қабаттан. 11.30. 1) $NI = 200 \text{ ав; 2) } 2,7 \text{ в.}$

11.31. $\frac{L}{D} = \frac{1 - \delta}{\sqrt{1 - (1 - \delta)^2}} \cong \frac{1 - \delta}{\sqrt{2\delta}}, \quad \delta \ll 0,05 \text{ болғанда } \frac{L}{D} \geq 3 \text{ деп аламыз.}$

11.32. $\delta = 3\%.$

11.33. 101-суретте іздең отырған $H = f(x)$ тәуелділіктің сипаты көрсетілген.

11.34. $H_r = 16 \text{ а.м.}$

Нұсқау. 139-беттегі, осыған сәйкес есептің шығаруын қаралызыдар.

11.35. $n = 100 \text{ сек}^{-1}$. **11.36.** $\Phi = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ вб.}$ **11.37.** $\Phi = 0,157 \text{ вб.}$

11.38. 1) $\Phi = 1,6 \cdot 10^{-4} \times \cos(4\pi t + \theta) \text{ вб}$, мұндағы θ — рамкаға түсірілген нормаль мен бастапқы уақыт моментіндегі магнит өрісінің бағытының арасындағы бұрыш; 2) $\Phi_{\max} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ вб.}$

11.39. Бізге мынау берілген:

$$\mu = \frac{B}{H\mu_0}. \quad (1)$$

Есептің шарты бойынша, $H = 10 \text{ э} = 796 \text{ а.м.} \cong 800 \text{ а.м.}$ Қосымшадағы берілген $B = f(H)$ графигі бойынша $H = 0,8 \cdot 10^3 \text{ а.м.}$ мәніне $B = 1,4 \text{ тл}$ мәні сәйкес келетіндігін табамыз. μ_0 , H және B мәндерін (1) теңдеуге қойып, мынанды аламыз: $\mu = 1400$.

11.40. 50 ав. **11.41.** 855 ав. **11.42.** $\mu = 440$.

11.43. $IN = 5000 \text{ ав.}$ **11.44.** $B = 1,8 \text{ тл}; \mu = 200$.

11.45. Өзек пен ауа саңылауындағы магниттік индукция бірдей болады, яғни

$$B_2 = B_1 = \frac{\Phi}{S} = \frac{IN\mu_0}{l_1 + \frac{l_2}{\mu_2}} \quad (1)$$

$$B_2 = \mu_0 \mu_2 H_2 \quad (2)$$

болғандықтан, (1) теңдеуден

$$B_1 \frac{l_1}{\mu_1} + \mu_0 H_2 l_2 = IN\mu_0. \quad (3)$$

(3) теңдеу (H , B) координата осьтеріндегі түзу сзықтың теңдеуін көрсетеді. Бірақ H пен B шамалары (3) теңдеуден басқа, тағы да $B = f(H)$ графигімен байланысты болады. (3) түзуі және $B = f(H)$ тәуелділікке сәйкес келетін қисықтың қылышқан нүктесінің ординатасы, $B_2 = B_1$ магнит индукциясының мәнін береді. (3) теңдеу бойынша түзуді құру үшін мыналарды табамыз: $H = 0$ болғанда

$$B = \frac{IN\mu_0\mu_1}{l_1} = 0,84 \text{ тл};$$

ал $B = 0$ болғанда

$$H = \frac{IN}{l_2} = 2000 \text{ а.м.} \text{ болады.}$$

Іздеп отырған қылышсу нүктесі мынанды береді $B_2 = B_1 = 0,78 \text{ тл}$. Онда ауа саңылауы үшін $H_1 = \frac{B_1}{\mu_0 \mu_1} = 6,2 \cdot 10^5 \text{ а.м.}$ болады.

11.46. 1,9 есе (алдыңғы есептің шығаруын қараңыздар).

11.48. $p = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{а.}$ **11.49.** $\Phi = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ вб.}$

11.50. $H = \frac{I}{2\pi x}$. Сақинаның көлденең қимасының ауданының dS элементін аламыз және ол $dS = hdx$ болады. Онда осы элементтеннен өте шығатын магнит индукциясының ағыны $d\Phi = Bds = \mu_0 \mu \frac{I}{2\pi x} hdx$. Сақинаның барлық көлденең қимасынан өтетін ағын мынадай:

$$d\Phi = BdS = \mu_0 \mu \frac{I}{2\pi x} hdx$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 \mu I h}{2\pi} \int_{l_1}^{l_2} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 \mu I h}{2\pi} \ln \frac{l_2}{l_1}.$$

μ тауып алып және басқада берілгендерді орнына қойып, мынаны аламыз: $\Phi = 1,8 \cdot 10^{-5}$ вб.

11.51. $I = 620$ а. 11.52. $I = 60$ а.

11.53. 1) $I = 11,3$ а; 2) $\mu = 457$.

11.54. 1) Бізге белгілі $B = \frac{IN\mu_0}{l_1/\mu_1 + l_2/\mu_2}$, осыдан керекті амперорам саны мынадай $IN = \frac{B}{\mu_0} \left(\frac{l_1}{\mu_1} + \frac{l_2}{\mu_2} \right) = \frac{Bl_1}{\mu_0 \mu_1} + Hl_2$. $B = f(H)$ қисығынан $B = 14000$ ГС = 1,4 тл мәнінің $H = 800$ а/м мәніне сәйкес келетіндігін табамыз. Олай болса, $IN = 1,14 \cdot 10^4$ ав болады. Осыдан кейін $I = \frac{E}{R} = \frac{ES}{\rho \pi DN}$, осыдан $E = \frac{IN \rho \pi D}{S} = 31$ в.

2) Сымның диаметрі $d = \sqrt{\frac{4S}{n}} = 1,13 \cdot 10^{-3}$ м болғандықтан, соleoидтың барлық ұзындығына $N = \frac{40 \cdot 10^{-2}}{1,13 \cdot 10^{-3}} = 354$ орам сияды. $I = jS = 3$ а, $N = 3830$ орам болғандықтан, осыдан керекті қабат саны 3830 $\frac{354}{3830} \approx 11$ -ге тең болады және сымның диаметрі $1,13 \cdot 10^{-3}$ м-ге тең болғандықтан, онда 11 қабаттың жасайтын қалындығы $1,2 \cdot 10^{-2}$ м = 1,2 см болады.

11.55. $F = 4,9$ н.

$$11.56. A = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi} \ln \frac{x_2}{x_1}$$

және еткізгіштің бірлік ұзындығына келетін жұмыс, мынадай:

$$\frac{A}{l} = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{x_2}{x_1} = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ дж/м.}$$

11.57. $I_1 = I_2 = 20$ а. 11.58. 1) $3,53 \cdot 10^{-4}$ н · м; 2) $4,5 \cdot 10^{-4}$ н · м.

11.59. 1) 0,125%; 2) $3,2 \cdot 10^{-5}$ н · м.

$$11.60. 1) M = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ н} \cdot \text{м}; \quad 2) M = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ н} \cdot \text{м}.$$

11.61. Магнит стрелкасына әсер ететін айналдыруши момента $M = pB \sin \alpha$ болады, мұндағы p — стрелканың магнит моменті және $B = \mu_0 \mu H = \frac{I \mu_0 \mu}{2\pi a}$ — токтың магнит өрісінің индукциясы. Осы айналдыруши момента M жіптің бұрылу бұрышын $\varphi = \frac{2IM}{\pi Gr^4}$ тұгызады, мұндағы I — жіптің ұзындығы, r — жіптің радиусы, ал G — жіптің материалының ығысу модулю. $\sin \alpha = 1$ болғандықтан, онда $M = pB = p \frac{I \mu_0 \mu}{2\pi a}$

болады. Ендеше $\varphi = \frac{\mu_0 \mu I l p}{a \pi^2 G r^4}$. Бізге берілгені $I = 3 \text{ а}, l = 0,1 \text{ м}, p = 10^{-2} \text{ а} \cdot \text{м}^2, a = 0,2 \text{ м}, G = 600 \text{ кГ/мм}^2 = 5,9 \cdot 10^9 \text{ н/м}^2$ және $r = 0,05 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$. Осы берілгендерді орнына қойып, мынаны аламыз: $\varphi = 0,52 \text{ рад}$, немесе $\varphi = 30^\circ$.

$$11.62. I = 10^{-7} \text{ а.} \quad 11.63. 5 \cdot 10^{10} \text{ н/м}^2 \quad 11.64. A = 5 \cdot 10^{-4} \text{ дж.}$$

$$11.65. 1) A = 0,2 \text{ дж; } 2) P = 2 \cdot 10^{-2} \text{ вт.}$$

11.66. 1) ab радиусына әсер ететін күш мынаған тең (57-суретті қараңыздар): $F = BIlr$ тең. Дискінің бір рет айналғандағы істелген жұмысы $A = BIS$, мұндағы S — радиустың бір рет айналғандағы жасайтын ауданы, яғни дискінің ауданы. Осындай двигательдің құаты $P = \frac{A}{t} = vBl\pi r^2 = 2,36 \cdot 10^{-2} \text{ в}$ болады.

2) Дискі сағат тіліне қаралы қарай айналады. 3) Радиустың dx элементіне әсер ететін күш мынадай формуламен анықталады: $dF = BIdx$. Осы элементке әсер ететін айналдыруши момента $dM = x \cdot dF = Blx dx$ болады, мұндағы $x = dx$ элементінің айналу осінен қашықтығы. Бүкіл дискігө әсер ететін айналдыруши момента

$$M = \int_0^r Blx dx = \frac{Blr^2}{2} \quad \text{Бізге белгілі } B = 0,2 \text{ тл, } I = 5 \text{ а, } r = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Осы берілгендерді орнына қойып, мынаны аламыз: $M = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ н} \cdot \text{м}$.

$$11.67. I = 15,3 \text{ а.} \quad 11.68. \Phi = 1 \text{ вб.}$$

11.69. 1) $R = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$ 2) $T = \frac{2\pi R}{v}$ берілген және $R = \frac{mv}{eB}$, олай болса, $T = \frac{2\pi m}{eB}$. Яғни период электронның жылдамдығына тәуелді болмайды. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мыналарды табамыз, $T = 3 \cdot 10^{-8} \text{ сек.}$ 3) $1,5 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{сек.}$ 11.70. $F = 4 \cdot 10^{-16} \text{ н.}$

$$11.71. F = 4,7 \cdot 10^{-12} \text{ н.}$$

$$11.72. \text{Козғалыстың барлық кезінде } a_1 = 0; a_n = \text{const} = 7 \cdot 10^{15} \text{ м/сек}^2$$

$$11.73. W = 17,3 \text{ Мэв.} \quad 11.74. \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1}{m_2} = 1840.$$

$$11.75. \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{1840} = 42,9. \quad 11.76. W = 88 \text{ кэв.}$$

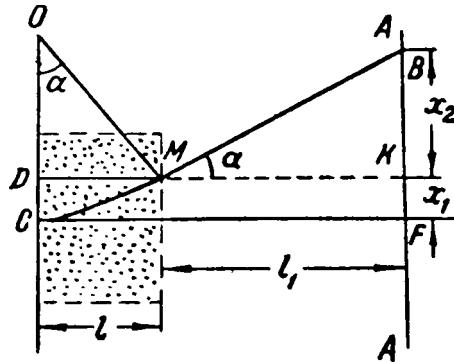
$$11.77. q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ к.} \quad 11.78. \text{Еки есе.}$$

11.79. 1) $F = 5 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$; 2) $R = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 3,2 \text{ см}$; 3) $T = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ сек}$.

11.80. $W = 500 \text{ эв}$. 11.81. $R_1 = 0,195 \text{ м}$; $R_2 = 0,200 \text{ м}$.

11.82. $q/m = 4,8 \cdot 10^7 \text{ к/кг}$. Электрон үшін $q/m = 1,7 \cdot 10^{11} \text{ к/кг}$ протон үшін $q/m = 9,6 \cdot 10^7 \text{ к/кг}$, а-бөлшек үшін $q/m = 4,8 \cdot 10^7 \text{ к/кг}$.

11.83. Электронның жалпы ығысуы $x = x_1 + x_2$, мұндагы x_1 — электронның магнит өрісіндегі ығысуы (102-сурет). Магнит өрісіндегі электрон шенбер бойымен қозгалады да, оның қисықтық радиусы $R = \frac{mv}{eB}$ болады. Ығысу шамасын x_1 мынадан $x_1 = DC = OC - OD$ табуға болады. Бірақ $OC = R$ және $OD = \sqrt{OM^2 - DM^2} = \sqrt{R^2 - l^2}$. Сонымен, $x_1 = R - \sqrt{R^2 - l^2}$. x_2 -нің ығысуын $\frac{x_2}{l_1} = \frac{DM}{DO}$ пропорциясынан табуға болады, осыдан $x_2 = l_1 \frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}}$. Сонда жалпы



102-сурет.

ығысу $x = R - \sqrt{R^2 - l^2} + l_1 \frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}}$. Бізге белгілі $R = \frac{mv}{eB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um}{e}}$, мұндағы U — түсірілген потенциал айырмасы. Есептің берілген сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $R = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 4 \text{ см}$, $x = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 4,9 \text{ см}$.

11.84. 1) $a_n = 0$, $a = a_t = \frac{eE}{m} = 1,76 \cdot 10^{14} \text{ м/сек}^2$;

2) $a_t = 0$, $a = a_n = \sqrt{\left(\frac{evB}{m}\right)^2 + \left(\frac{eE}{m}\right)^2} = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ сек}^2/\text{м}^2$.

11.85. 1) $v = 2 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$; 2) $2,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

11.86. Магнит өрісіне үшіп келіп кірген электронның жылдамдығы мынадай: $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$. v жылдамдықты екі құраушыға жіктейміз: v_t — өрістің күш сзықтарының бойымен бағытталған жылдамдықтың құраушысына және v_n — күш сзықтарына перпендикуляр бағытталған жылдамдықтың құраушысына. Электрон жолының B -ға перпендикуляр болатын жазықтықта түсірілген проекциясы радиусы іздел отырған спираль орамының радиусына тең болатын шенбер болады және мынадай формуламен анықталады:

$$R = \frac{mv_n}{eB} = \frac{mv \sin \alpha}{eB}, \quad (1)$$

мұндағы α — электрон жылдамдығының v бағыты мен өрістің бағытының арасындағы бұрыш. Электронның айналу периоды $T = \frac{2\pi R}{v \sin \alpha} = \frac{2\pi m}{eB}$ болғандықтан, бұдан электронның траекториясының винттік қадамы мынаған тең болады:

$$l = v_t T = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{eB} \quad (2)$$

Есептің сан мәндерін (1) және (2) теңдеуге қойып, мынаны аламыз:

1) $R=10^{-2} \text{ м}=1 \text{ см}, \quad 2) \quad l=11 \cdot 10^{-2} \text{ м}=11 \text{ см}.$

11.87. $W=433 \text{ эв.} \quad 11.88. \quad 1) \quad R=5 \text{ мм; } \quad 2) \quad l=3,6 \text{ см.}$

11.89. $l=3,94 \cdot 10^{-2} \text{ м}=3,94 \text{ см.}$

11.90. 1) $n = \frac{IB}{Uea} = 8,1 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}; \quad 2) \quad \bar{v} = \frac{j}{ne} = \frac{I}{Sne} = = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ м/сек.} \quad 11.91. \quad U=2,7 \cdot 10^{-6} \text{ в.} \quad 11.92. \quad u=0,65 \text{ м}^2/\text{в} \cdot \text{сек.}$

11.93. $\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{1}{dt} (Bl dx) = - Blv = - 0,15 \text{ в.}$

11.94. $\mathcal{E}_{op}=78,5 \text{ в.} \quad 11.95. \quad \mathcal{E}=165 \text{ мв.}$

11.96. Стерженьнің әрбір айналысында стерженьді қиып өтетін магнит ағыны $\Phi=BS=B\pi l^2$, мұндағы l — стерженьнің ұзындығы. Егер стержень v мин/сек жасайтын болса, онда $\mathcal{E}=B\pi l^2 v=B\pi l^2 \frac{\omega}{2\pi}=Bl^2 \frac{\omega}{2}$ болады, мұндағы ω — айналудың бұрыштық жылдамдығы. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $\mathcal{E}=0,5 \text{ в.}$

11.97. $v=0,5 \text{ м/сек.} \quad 11.98. \quad \mathcal{E}_{op}=1 \text{ в.}$

11.99. $\mathcal{E}_{max}=\Phi_0 \omega=BSN2\pi v$, мұндағы N — катушканың орам саны, ал v — 1 секундтағы айналым саны. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $\mathcal{E}_{max}=3,14 \text{ в.}$

11.100. $\mathcal{E}_{max}=0,09 \text{ в.} \quad 11.101. \quad \mathcal{E}=4,7 \text{ мв.} \quad 11.102. \quad 6,4 \text{ айн/сек}$
болғанда. 11.103. $\mathcal{E}_{op}=0,018 \text{ в.} \quad 11.104. \quad \mathcal{E}_{op}=5,1 \text{ в.}$

11.105. $\mathcal{E}_{op}=1,57 \text{ в.} \quad 11.106. \quad \mathcal{E}_{max}=250 \text{ мв.} \quad 11.107. \quad 1) \quad L=0,9 \text{ мгн;} \\ 2) \quad L=0,36 \text{ гн.} \quad 11.108. \quad L=5,5 \cdot 10^{-5} \text{ гн.}$

11.109. 1) $L=7,1 \cdot 10^{-4} \text{ гн; } \quad 2) \quad \Phi=3,55 \cdot 10^{-6} \text{ вб.}$

11.110. $N=380$ орам. 11.111. $\mu=1400. \quad 11.112. \quad I=1$ болғанда.

11.113. $N=500 \quad 11.114. \quad 1) \quad \mu=1400; \quad 2) \quad I=1,6 \text{ а.}$

11.115. 1) $\mu=640; \quad 2) \quad L=6,4 \cdot 10^{-2} \text{ гн.}$

11.116. 1) $L=9,0 \text{ гн; } \quad 2) \quad L=5,8 \text{ гн; } \quad 3) \quad L=0,83 \text{ гн.}$

11.117. Бізге белгілі

$$L_1=\mu_0 \mu n^2 l S \quad (1)$$

және

$$L_2 = \mu_0 \mu n^2 l S. \quad (2)$$

Ортақ өзегі бар катушкалардың өз ара индуктивтігі мынадай,

$$L_{12} = \mu_0 \mu n_1 n_2 l S. \quad (3)$$

(1) тендеуді (2) тендеуге көбейтіп, мынаны аламыз: $L_1 L_2 = (\mu_0 \mu l S)^2 n_1^2 n_2^2$ бұдан

$$n_1 n_2 = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{\mu_0 \mu l S}. \quad (4)$$

(4) тендеуді (3) тендеуге қойып, мынаны табамыз: $L_{12} = \sqrt{L_1 L_2}$.

Ендеше $\mathcal{E}_2 = -L_{12} \frac{dI_1}{dt}$ болғандықтан, екінші катушкадагы ток күшінің орташа мәні $I_2 = \frac{L_{12}}{R} \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{R} \frac{\Delta I}{\Delta t}$. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $I_2 = 0,2 \text{ а.}$

11.118. Рамкадағы индукцияланатын электр мөлшері мынаган тен

$$q = -\frac{1}{R} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = -\frac{1}{R} (\Phi_2 - \Phi_1), \quad (1)$$

мұндағы Φ_1 — рамканың бірінші қалпындағы одан өтетін магнит индукциясының ағыны, ал Φ_2 — рамканың екінші қалпындағы одан өтетін магнит индукциясының ағыны. Біздегі $\Phi_2 = 0$, ал бұдан баска

$$R = \frac{\rho l}{S_{\text{сым}}} = \frac{\rho 4a}{S_{\text{сым}}} = \frac{\rho 4 \sqrt{S_p}}{S_{\text{сым}}}, \quad (2)$$

(2) тендеудегі a — рамканың қабырғасы, S_p — рамканың ауданы және $S_{\text{сым}}$ — сымның көлденең қимасының ауданы. $\Phi_1 = BS_p$ болғандықтан, онда ең ақырында мынаны аламыз $q = \frac{BS_{\text{сым}} \sqrt{S_p}}{4\rho} = 0,074 \text{ к.}$

11.119. $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ к.}$ **11.120.** $q = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ к.}$

11.121. $C = 10^{-8} \text{ к/бәл.}$ **11.122.** $B = 0,2 \text{ тл.}$ **11.123.** Тороидтағы магнит өрісінің кернеулігі

$$H = \frac{IN_1}{l}. \quad (1)$$

Егер бірінші ретті катушкадағы токтың бағытын қарама-қарсы бағытқа өзгертсек, онда гальванометр арқылы өтетін электр мөлшері мынадай болады $q = \frac{2\Phi N_2}{R}$, мұндағы Φ — тороидтың көлденең қимасының ауданын тесіп өтетін магнит индукциясының ағыны, R — екінші ретті тізбектің кедәргісі. Бірақ $\Phi = BS = \mu_0 \mu HS = \mu_0 \mu S \frac{IN_1}{l}$,

олай болса, $q = \frac{2N_2\mu_0\mu SIN_1}{Rl}$, осыдан $\mu = \frac{qRl}{2\mu_0 N_1 N_2 SI}$ бірақ $q = C\alpha$. Ен соңында мынаны аламыз:

$$\mu = \frac{C\alpha Rl}{2\mu_0 N_1 N_2 SI}. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерге I -дің түрліше мәндерін және есентің шартында берілген таблицадағы сәйкес мәндерін қойып, мына таблицаны аламыз:

$I, \text{ а}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$H, \text{ а/м}$	133	266	400	533	667
μ	1440	2190	2050	1790	1520

11.124. $\mu = 1200$. 11.125. 0,126 сек-тан кейін. 11.126. $2,5 \cdot 10^{-4}$ сек-тан кейін. 11.127. 1,5 есе. 11.128. 0,01 сек-тан кейін.

11.130. 1) $\Phi = B_0 S \sin \omega t = 2,5 \cdot 10^{-5} \sin 100 \pi t \text{ вб}$, $\Phi_{\max} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ вб}$;

2) $\mathcal{E} = -7,85 \cdot 10^{-3} \cos 100 \pi t \text{ в}$, $\mathcal{E}_{\max} = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ в}$;

3) $I = -2,3 \cos 100 \pi t \text{ а}$, $I_{\max} = 2,3 \text{ а}$.

11.131. 1) $\mathcal{E} = -33 \cos 100 \pi t \text{ в}$;

2) $W = \frac{LI^2}{2} = 0,263 \sin^2 100 \pi t \text{ дж}$.

11.132. 1) $\mathcal{E}_2 = -L_{12} \frac{dI}{dt} = -L_{12} I_0 \omega \cos \omega t = -15,7 \cos 100 \pi t \text{ в}$;

2) $\mathcal{E}_{\max} = 15,7 \text{ в}$.

IV ТАРАУ
ТЕРБЕЛІСТЕР ЖӘНЕ ТОЛҚЫНДАР

§ 12. Гармониялық тербелмелі қозғалыс және толқындар

12.1. $x = 5 \sin \left(5\pi t + \frac{\pi}{4} \right)$ см. 12.2. $x = 0,1 \sin 0,5 \pi t$ м.

12.3. 1) $x = 50 \sin \left(\frac{\pi t}{2} + \frac{\pi}{4} \right)$ мм; 2) $x_1 = 35,2$ мм; $x_2 = 0$.

12.4. 1) $x = 5 \sin \frac{\pi t}{4}$ см; 2) $x = 5 \sin \left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{2} \right)$ см; 3) $x = 5 \sin \left(\frac{\pi t}{4} + \pi \right)$ см; 4) $x = 5 \times \sin \left(\frac{\pi t}{4} + \frac{3\pi}{2} \right)$ см; 5) $x = 5 \sin \frac{\pi t}{4}$ см. 1)

12.5. 103-суретті қараңыздар.



12.7. $t = \frac{1}{6} T$ 12.8. 1 сек-тан кейін.

12.9. $v_{\max} = 7,85 \cdot 10^{-2}$ м/сек;
 $a_{\max} = 12,3 \cdot 10^{-2}$ м/сек².

103-сурет.

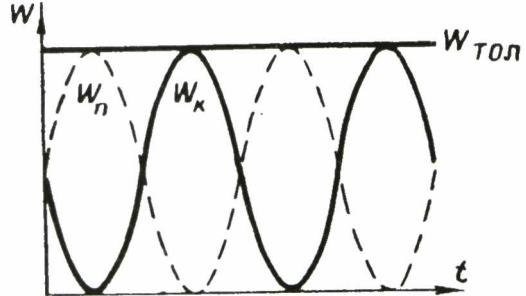
12.10. 1) 4 сек; 2) $3,14 \cdot 10^{-2}$ м/сек; 3) $4,93 \cdot 10^{-2}$ м/сек²

12.11. Есептің шарты бойынша бізге $x = \sin \frac{\pi}{6} t$ белгілі.

Осыдан жылдамдық $v = \frac{dx}{dt} = \frac{\pi}{6} \cos \left(\frac{\pi}{6} t \right)$ болады. $\cos \left(\frac{\pi}{6} t \right) = 1$,

яғни $\frac{\pi}{6}t = n\pi$ болғанда жылдамдық максимал болады, мұндағы $n=0, 1, 2, \dots$. Сонымен, максимал жылдамдық $t=0, 6, 12$ сек, ... уақыт моменттерінде болады. Мына жағдайда $\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)=1$ үдеу максимал болады, яғни $\frac{\pi}{6}t = (2n+1)\frac{\pi}{2}$ болғанда. Сонымен, максимал үдеу $t=3, 9, 15$ сек, ... уақыт моменттерінде болады.

$$12.12. v = 0,136 \text{ м/сек.}$$



104-сурет.

$$12.13. x = 5 \cdot 10^{-2} \times \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ м.}$$

$$12.14. A = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \\ T = 4,1 \text{ сек.} \quad 12.15. F_{\max} = 24,6 \cdot 10^{-5} \text{ н.}$$

$$12.16. F_{\max} = 19,7 \cdot 10^{-5} \text{ н; } W_{\text{тол}} = 4,93 \cdot 10^{-6} \text{ дж.}$$

12.17. 104-суретте берілген есептің шартындағы теңдеуге сәйкес тербелетін нүктенің кинетикалық, потенциалдық энергияның уақытын табыңыз.

ал және толық энергияларының уақытын тәуелділігі көрсетілген. График бір периодтың шегінде күрылған. Графиктен (104-сурет) энергия тербелісінің периоды тербелмелі қозғалыстың өзінің периодынан екі есе кіші болатындығын көреміз.

$$12.18. 1) \frac{W_k}{W_n} = 3; \quad 2) \frac{W_k}{W_n} = 1; \quad 3) \frac{W_k}{W_n} = \frac{1}{3}.$$

$$12.19. 1) \frac{W_k}{W_n} = 15; \quad 2) \frac{W_k}{W_n} = 3; \quad 3) \frac{W_k}{W_n} = 0.$$

$$12.20. x = 0,04 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ м.} \quad 12.21. x = \frac{FA^2}{2W} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

$$12.22. \text{Шариктің тербелісінің периоды } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2,8 \text{ сек.} \quad \text{Тепе-тендік қалыптан, аз ауытқығандығы тербелістің амплитудасы былай табылуы мүмкін: } A = l \sin \alpha = 2 \cdot 0,0698 \text{ м} \cong 0,14 \text{ м.} \quad \text{Онда шарик қозғалысының тендеуі болай: } x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = 0,14 \sin \frac{2\pi t}{2,8} \text{ м, онда да}$$

уақытты тепе-тендік қалыптан есептесек. Шарик тепе-тендік қалыптан еткен кезде, оның жылдамдығы ең үлкен мәніне жетеді. $v = \frac{0,14 \cdot 2\pi}{2,8} \cos \frac{2\pi t}{2,8} \text{ м/сек}$ болғандықтан, $v_{\max} = \frac{0,14 \cdot 2\pi}{2,8} \text{ м/сек} = 0,31 \text{ м/сек}$ болады. Осы жылдамдықты біздер мынадай қатынастан табуға болады: $mgh = \frac{mv^2}{2}$, мұндағы h — шариктің жоғары көтерілу

білктігі. Осыдан $v = \sqrt{2gh}$, $h = l(1 - \cos \alpha)$ болатындығына көз жеткізу қын емес, мұндағы l — жіптің ұзындығы. Сонда $v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 0,31 \text{ м/сек}$ болады. Егер маятниктің тепе-тәндік қалыптан ауытқуы үлкен болса, онда маятниктің тербелісі гармониялық болмайды.

12.23. 0,78 сек. **12.24.** $k = 805 \text{ н/м}$.

12.25. Периодтың кішіреюі екі есе болады.

12.26. Периодтың кішіреюі 1,8 есе болады.

12.27. Бізге белгілі $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$,

немесе

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}. \quad (1)$$

Косымша Δm жүкті қосқаннан кейін мынаны аламыз:

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m + \Delta m}{k}}, \quad \text{немесе } T_2^2 = 4\pi^2 \frac{m + \Delta m}{k} \quad (2)$$

(2) тендеуден (1) тендеуді алып, $T_2^2 - T_1^2 = 4\pi^2 \frac{\Delta m}{k}$. Бірақ $k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{\Delta mg}{\Delta l}$. мұндағы F — пружинаның ұзындығын Δl -ға ұзартатын күш. Сонымен, $T_2^2 = T_1^2 = 4\pi^2 \frac{\Delta l}{g}$, немесе $\Delta l = \frac{g}{4\pi^2} (T_2^2 - T_1^2)$. Есептің берілген сан мәндерін орнына қойсақ, $\Delta l = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 2,7 \text{ см}$.

12.28. $T = 0,93 \text{ сек}$.

12.29. Жүзіп жүрген ареометрге ауырлық күші (төмен қарай) және Архимед күші (жоғары қарай) әсер етеді. Сондықтан тепе-тәндік кезінде $P = \rho g(V + Sh)$ болады, мұндағы $(V + Sh)$ — судың ішіндегі ареометр көлемінің бөлігі. Егер ареометрді x тереңдікке батырсақ, онда қорытқы теуіп шығарушы күш мынаған тен: $F = \rho g[V + S(h + x)] - P = \rho g[V + S(h + x)] - \rho g(V + Sh) = \rho gSx = kx$ мұндағы $k = \rho gS$. Сонда $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ болғандықтан, $T = \frac{4}{d} \sqrt{\frac{m\pi}{\rho g}}$

болады, осыдан $\rho = \frac{16\pi m}{T^2 d^2 g} = 890 \text{ кг/м}^3$.

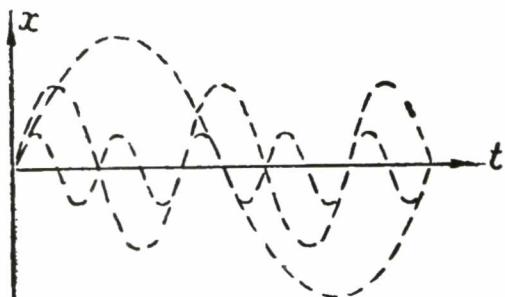
12.30. $x = 3,7 \cdot 10^{-2} \sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{8}\right) \text{ м}$.

12.31. $A = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $\varphi = 62^\circ 46'$ **12.32.** $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{3}$.

12.33. 1) $A = 5 \text{ см}$, $\varphi = 36^\circ 52' \cong 0,2\pi$; 2) $x = 5 \sin(\pi t + 0,2\pi) \text{ см}$.

12.34. Тербелістің күрделі спектрінен (61-суретті қараңыздар), бірінші тербелістің амплитудасы $A_1 = 0,03 \text{ м}$ және жиілігі $v_1 = 0,2 \text{ сек}^{-1}$,

екінші — $A_2=0,02$ м және $v_2=0,5$ сек $^{-1}$ және үшінші — $A_3=0,01$ м, ал жиілігі $v_3=1$ сек $^{-1}$ болатындықтарын көреміз. Сонымен осы тербелістердің тендеулері мынадай болады:



105-сурет.

$$x=0,03 \sin 0,4 \pi t \text{ м},$$

$$x=0,02 \sin \pi t \text{ м},$$

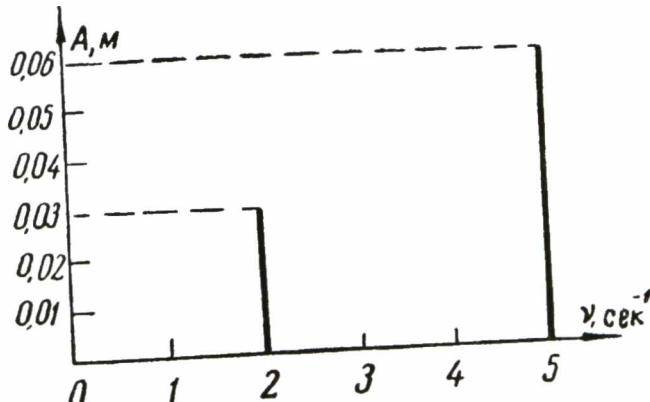
$$x=0,01 \sin 2 \pi t \text{ м}.$$

2) 105-суретте осы тербелістердің сапалық графиктері көрсетілген.

3) Осы тербелістердің барлығына арналған таблицасын құру және абцисса осіндегі берілген нүктелер

үшін синусоидандың ординаталарын қосып құрделі тербелістің графикін құру оқушылардың өздеріне тапсырылады.

12.35. 106-суретте құрделі тербелістің спектрі көрсетілген.



106-сурет.

12.36. Бізге белгілі

$$x=A \sin 2\pi v_1 t \quad (1)$$

және

$$A=A_0(1+\cos 2\pi v_2 t). \quad (2)$$

(2) тендеуді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} x &= A_0(1+\cos 2\pi v_2 t) \sin 2\pi v_1 t = A_0 \sin 2\pi v_1 t + A_0 \cos 2\pi v_2 t \sin 2\pi v_1 t = \\ &= A_0 \sin 2\pi v_1 t + \frac{A_0}{2} \sin [2\pi(v_1 - v_2)t] + \frac{A_0}{2} \sin [2\pi(v_1 + v_2)t]. \end{aligned}$$

Сонымен, қарастырып отырған тербелісті олардың жиіліктері мынадай болатын v_1 , $(v_1 - v_2)$ және $(v_1 + v_2)$, ал осыларға сәйкес амплитудалары

$A_0, \frac{A_0}{2}$ және $\frac{A_0}{2}$ үш гармониялық тербелмелі қозғалыстардың қосындысына жіктеуге болады. Құрделі тербелістің амплитудасы уақытқа қарай өзгеретін болады. Тербелістердің мұндай түрлері гармониялық тербелмелі қозғалыс болмайды, оны модуляцияланған тербеліс деп атайды.

12.37. Периодтары өз ара перпендикуляр екі тербелістің қосқапда шығатын қорытқы тербелістің тендеуі мына түрде болады:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} + \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (1)$$

Бізде $(\varphi_2 - \varphi_1) = 0$ болғандықтан, (1) тендеу мына түрге айналады:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} = 0 \text{ немесе } \left(\frac{x}{A_1} - \frac{y}{A_2} \right)^2 = 0,$$

бұдан $y = \frac{A_2}{A_1} x$ — түзу сызықтың тендеуі. Сонымен қорытқы тербеліс түзу сызықтың бойымен өтеді. Түзудің көлбеу бұрышы мына тендеуден табылады $\tan \alpha = \frac{A_2}{A_1} = 0,5$, осыдан $\alpha = 26^\circ 34'$. Қорытқы тербелістің периоды қосылғыштардың периодына тең болады: ал қорытқы тербелістің амплитудасы $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = 0,112 \text{ м}$. Олай болса, қорытқы тербелістің тендеуі мына түрде болады: $s = 0,112 \sin \left(10\pi t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ м}$.

12.38. 1) 7 см; 2) 5 см.

12.39. $\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{4} = 1$ — радиусы 2 м шеңбердің тендеуі.

12.40. Бізге белгілі

$$x = \cos \pi t \quad (1)$$

және

$$y = \cos \frac{\pi t}{2} \sqrt{\frac{1 + \cos \pi t}{2}},$$

немесе

$$2y^2 - 1 = \cos \pi t. \quad (2)$$

(2) тендеуді (1) тендеуге бөліп, мынаны аламыз: $\frac{2y^2 - 1}{x} = 1$, немесе $2y^2 - x = 1$ — параболаның тендеуі.

12.41. $\frac{x^2}{1} + \frac{y^2}{4} = 1$ — эллипстің тендеуі.

12.42. $y = -0,75 x$ — түзу сызықтың тендеуі.

12.43. 1) Өшетін тербелістің тендеуі мына түрде болады:

$$x = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi). \quad (1)$$

Біз қарастырып отырған жағдайда $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2}$, $\varphi = 0$, ал $\delta = \frac{\kappa}{T} = \frac{1,6}{4} = 0,4$. A амплитуданы $t = \frac{T}{4} = 1$ сек болған кезде $x = 4,5$ см болатын шарттан табамыз. (1) теңдеуден $A = 6,7$ см болатындығын табу қын емес. Сонымен (1) теңдеу мынадай түрге айналады:

$$x = 6,7e^{-0,4} \sin \frac{\pi}{2} t. \quad (2)$$

2) Графикті құру үшін x -тің ығысу максимал мәндеріне сәйкес келетін t_1, t_2, t_3, \dots , уақыт моменттерін табамыз. x максимумы $v = \frac{dx}{dt} = 0$ деген шарттан табылады. (1) теңдеуден ($\varphi = 0$ уақыттағы), мынанды табамыз: $v = A \omega e^{-\delta t} \cos \omega t - A \delta e^{-\delta t} \sin \omega t = 0$, осыдан

$$\operatorname{tg} \omega t = \frac{\omega}{\delta} = \frac{2\pi}{\kappa}. \quad (3)$$

(3) теңдеуден өшпейтін тербеліс кезінде $x = 0$ болса, шама $\operatorname{tg} \omega t = \infty$ немесе $\omega t = \frac{\pi}{2}$, яғни $\frac{2\pi}{T} t = \frac{\pi}{2}$ немесе $t = \frac{T}{4}$ болатындығын көреміз.

Біздің қарастырып отырған жағдайымызда $\operatorname{tg} \omega t = \frac{2\pi}{\kappa} = 3,925$, яғни $\omega t = 75^{\circ}42' \cong 0,421 \pi$, бұдан $t = \frac{0,421\pi}{\omega} = 0,842$ сек. Сонымен, $t_1 = 0,842$ сек, $t_2 = t_1 + \frac{T}{2} = 2,842$ сек, $t_3 = t_1 + T = 4,842$ сек және $t_4 = t_1 + \frac{3T}{2} = 6,842$ сек т. т. болғанда $x = x_{\max}$ болады. t -нің табылған мәндерін (2) теңдеуге қойып, x_1, x_2, x_3, \dots сәйкес мәндерін табу қын емес.

12.44. Алдыңғы есептің шешуін қараңыздар.

12.45. $v_1 = 7,85$ м/сек, $v_2 = 2,88$ м/сек, $v_3 = 1,06$ м/сек, $v_4 = 0,39$ м/сек және $v_5 = 0,14$ м/сек.

12.46. Өшпейтін тербелістер үшін берілген формулалар бойынша мыналар белгілі $A_1 = A_0 e^{-\kappa \frac{t}{T}}$, $A_2 = A_0 e^{-\kappa \frac{t+T}{T}}$, бұдан $\frac{A_1}{A_2} = e^\kappa$. Есептің шарты бойынша $\kappa = 0,2$, осыдан $\frac{A_1}{A_2} = 1,22$.

12.47. $\kappa = 0,023$. **12.48.** 1) 120 сек; 2) 1,22 сек.

12.49. 1,22 есе. **12.50.** 8 есе. **12.51.** $t = 6,4$ сек.

12.52. 1) $\delta = 0,46$ сек $^{-1}$; 2) $\delta = 10$ сек $^{-1}$; 3) $\delta = \frac{\kappa}{T} = \frac{\kappa \omega_0}{\sqrt{4\pi^2 + \kappa^2}} = 6,9$ сек $^{-1}$

12.53. 1) Θздік тербелістің теңдеуі мына түрде болады:

$$x = A_0 e^{-\delta t} \sin \omega_0 t. \quad (1)$$

ω_0 -ны табамыз. Есептің шарты бойынша өздік және еріксіз тербелістердің арасындағы фазалық ығысу $0,75\pi$ радиан, ендеше,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} = \operatorname{tg}(-0,75\pi) = 1.$$

Осыдан

$$\omega_0 = \sqrt{\omega^2 + 2\delta\omega}. \quad (2)$$

Бізде $\omega = 10\pi$ және $\delta = 1,6 \text{ сек}^{-1}$. Осы берілген мәндерді (2) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $\omega_0 = 33 = 10,5\pi$, осыдан кейін өздік тербелістің теңдеуі мына түрге келеді:

$$x = 7e^{-1,6t} \sin 10,5\pi t.$$

2) Сыртқы периодты күштің теңдеуінің түрі, мынадай

$$F = F_0 \sin \omega t.$$

Сыртқы периодты F_0 күштің максимал мәнін табамыз. Бізге белгілі

$$F_0 = Am \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2\omega^2}.$$

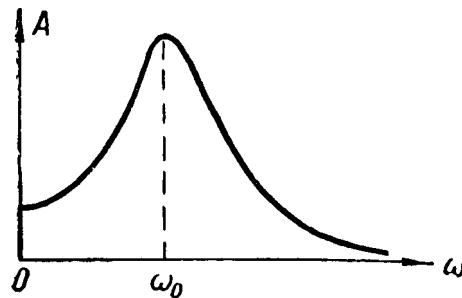
Осы формулаға сан мәндерін қойып, мынаны аламыз $F_0 \approx 7,2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$, осыдан сыртқы периодты күштің теңдеуінің түрі мынадай болады: $F = 7,2 \cdot 10^{-2} \sin 10\pi t \text{ Н}$.

12.54. 107-суретте еріксіз тербелістің амплитудасының A сыртқы периодты күштің жиілігіне ω тәуелділігінің сипаттамасы берілген.

12.55. Егер ойыс жердегі бір-біrine жалғас екі нүктенің арасындағы уақыт колясканың өздік тербелісінің периодына тең болса, онда коляска қатты ырғалатын болады. Колясканың өздік тербелісінің периоды мына

формуладан табылады: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$. Біздегі $m = \frac{10 \text{ кг}}{2 \text{ см}} = 5 \text{ кг}$ — әрбір рессорга тиісті масса; $k = \frac{F_0}{x_0} = \frac{1 \text{ кГ}}{2 \text{ см}} = 490 \text{ Н/м}$, олай болса, $T = 0,63 \text{ сек}$. Бір-біrine жалғас екі соғылудың уақыты $t = \frac{l}{v}$, мұндағы v — колясканың қозғалысының жылдамдығы, ал l — екі ойыстың арақашықтығы. Бізге белгілі $t = \frac{l}{v} = T$, осыдан $v = \frac{l}{T} = \frac{0,3}{0,63} \text{ м/сек} = 1,7 \text{ км/сар}$.

12.56. $\lambda = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. 12.57. 1) 350 м/сек ; 2) $0,785 \text{ м/сек}$.



107-сурет.

12.58. 1) Біздің қараптырып отырған жағдайдағы толқын тендеуі мынадай түрде болады:

$$x = 10 \sin \left(0,5\pi t - \frac{\pi l}{6 \cdot 10^4} \right) \text{ см.} \quad (1)$$

Сонымен, $x=f(t, l)$, яғни сәуледе жатқан нүктенің ығысуы t уақытқа және нүктенің тербеліс көзінен l қашықтығына байланысты болады.

2) Тербеліс көзінен 600 м қашықтықта түрган нүкте үшін (1) теңдеу мынадай түрге айналады: $x=10 \sin(0,5\pi t - \pi)$ см, яғни $l=\text{const}$ болғанда, біздер аламыз $x=f_1(t)$ — сәуледе жатқан алдын ала белгіленген нүктенің ығысуы уақытқа қарай өзгереді.

3) $t=4$ сек болғанда (1) тендеу мынадай түрге айналады $x=10 \sin \left(2\pi - \frac{\pi l}{6 \cdot 10^4} \right)$ см. Бұл жағдайда $t=\text{const}$ және $x=f_2(l)$ — сәуледе жатқан әр түрлі нүктелердің осы уақыт моментіндегі ығысуы әр түрлі болады.

12.59. $x=0,04$ м. **12.60.** $x=0$; $v=7,85 \cdot 10^{-2}$ м/сек; $a=0$.

12.61. $\Delta\varphi=\pi$ — нүктелер қарама-қарсы фазада тербеледі.

12.62. $\Delta\varphi=4\pi$ — нүктелер бірдей фазада тербеледі.

12.63. $x=0,025$ м. **12.64.** $\lambda=0,48$ м.

12.65. 1) Түйіндердің орны $x=3, 9, 15, \dots$ см координаталармен анықталады және шоқтықтардың орны $x=0, 6, 12, 18, \dots$ см координаталармен; 2) Түйіндердің орны $x=0, 6, 12, 18, \dots$ см, шоқтықтардың орны $x=3, 9, 15, \dots$ см.

12.66. $\lambda=0,1$ м.

§ 13. Акустика

13.1. $\lambda=0,78$ м. **13.2.** $\lambda_1=17$ мм-ден $\lambda_2=17$ м-ге дейін.

13.3. $c=5300$ м/сек. **13.4.** $c=3700$ м/сек.

13.5. Е Юнга модулі β сығылу коэффициентімен $\beta = \frac{1}{E}$ қатынасы арқылы байланысты болғандықтан, $\beta = \frac{1}{\rho c^2}$ болады. Есептің сан мәндерін орнына койып, мынаны аламыз: $\beta=7,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{Н}$.

13.6. 1810 м. **13.7.** 1) 318 м/сек; 2) 330 м/сек; 3) 343 м/сек.

13.8. 1,12 есе. **13.9.** $c=315$ м/сек.

13.10. $c=330$ м/сек. **13.11.** $c=336$ м/сек. **13.12.** $t=-54^\circ\text{C}$.

13.13. $n=\frac{c_1}{c_2}=0,067$. **13.14.** $3^\circ 51'$

13.15. $\frac{I_2}{I_1}=1,26$ (осы тараудың кіріспедегі 2-есепті қараңыздар).

13.16. $\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1}=1,12$. **13.17.** $\frac{I_1}{I_2}=1000$.

13.18. 1) $\Delta L=30$ дб; 2) $\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1}=31,6$.

13.19. 1) $L=100$ фон; 2) $\Delta p=2$ н/м²

13.20. 1) 34,8 фонға; 2) 44,8 фонға.

13.21. Граммофон пластинкасындағы дыбыс бороздаларының көршілес тістерінің ара қашықтығы мынадай формула әркылы табылады $l = \frac{\omega r}{\nu}$, мұндағы ω — пластинканың айналысының бұрыштық жылдамдығы. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: 1) $l=2,25 \cdot 10^{-3}$ м = 2,25 мм; 2) $l=7,5 \cdot 10^{-4}$ м = 0,75 мм.

13.22. 1) $l=8,15$ мм; 2) $l=0,41$ мм.

13.23. Тербелісті қоздырған кезде болат стерженьде оның қысқыштарындағы нүктеде түйіндері бар түрғын толқындар және бос ұштарында шоқтықтар орнайтын болады. Ауа бағанасының түрғын толқындағы көршілес шоқтықтардың ара қашықтығы қоздырылған дыбыс толқындың ұзындығының жартысына тең болады. Болат стерженьге жататын барлық шамаларды индекс 1-мен белгілеп, ал ауа бағанасына жататын шамаларды индекс 2-мен белгілеп, мынаны аламыз:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1}{c_2}. \quad (1)$$

Жоғарыда айтылғандардың негізінде іздеп отырған ауа бағанасының ұзындығы l_2 мына шарттан табылады:

$$n \frac{\lambda_2}{2} = l_2, \quad (2)$$

мұндағы n — шоқтық саны. (1) және (2) теңдеулерден мынаны аламыз $l_2 = \frac{n\lambda c_2}{2c_1}$. Осыдан 1) $\lambda_1=2l_1$ және $l_2=0,392$ м; 2) $\lambda_1=4l_1$ және $l_2=0,784$ м.

13.24. $l=0,715$ м.

13.25. Шамамен 43 000 гц-ке дейін — ультрадыбыстық жиілік.

13.26. 1) $v'=666$ гц; 2) $v'=542$ гц. 13.27. 10%.

13.28. 1) 28,3 км/сағ; 2) 14,7 км/сағ. 13.29. 4 есе.

13.30. $v=71$ км/сағ. 13.31. $v_1=4,50 \cdot 10^4$ гц және $v_2=4,66 \cdot 10^4$ гц.

13.32. $l=0,63$ м. 13.33. $F=7,3$ н. 13.34. $v=158$ гц.

13.35. Бізге берілгені

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \sqrt{\frac{15}{16}}. \quad (1)$$

Бұл жағдайда

$$v_2 - v_1 = 8 \text{ сек}^{-1}. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерді бірге шешіп, мынаны аламыз:

$$v_2 = 252 \text{ гц}.$$

13.36. $v=250$ гц немесе $v=254$ гц. 13.37. $v=250$ гц.

13.38. 1) Ашық трубаның ішінде екі шетінде шоқтықтары бар түрғын дыбыс толқыны пайда болады. Осы жағдайда, анығында трубаның l ұзындығында n жарты толқын орналасатын болады, мұнда-

ғы $n=1, 2, 3, \dots$, яғни $l=n\frac{\lambda}{2}$. Онда дыбыс толқынының жиілігі $v=\frac{c}{\lambda}=\frac{nc}{2l}$ болады. $n=1$ болғанда, негізгі тонның жиілігін аламыз $v=\frac{c}{2l}$.

2) Жабық трубадағы түрган толқының түйіні трубаның бір шетінде, ал шоқтық екінші шетінде болады. Осы жағдайда, анығында $l=n\frac{\lambda}{4}$, ал $v=\frac{c}{\lambda}=\frac{nc}{4l}$ болады.

$n=1$ болғанда негізгі тонның жиілігі $v=\frac{c}{4l}$ аламыз.

13.39. $v=261$ м/с ; $l=0,65$ м .

§ 14. Электромагниттік тербелістер және толқындар

14.1. $\lambda=2500$ м . 14.2. $\lambda_1=700$ м -ден $\lambda_2=1950$ м -ге дейін.

14.3. $L=12,7$ мГн . 14.4. $\varepsilon=6$.

14.5. 1) $U=10\cos(2\pi \cdot 10^3 t)$ в , $I=-15,7 \sin(2\pi \cdot 10^3 t)$ ма ;

2) $U_1=70,7$ в және $I_1=-11,1$ ма , $U_2=0$ және $I_2=-15,7$ ма , $U_3=-100$ в және $I_3=0$.

14.6. 1) $W_{\text{эл}}=12,5 \cdot 10^{-5} \cdot \cos^2(2\pi \cdot 10^3 t)$ дж , $W_{\text{м}}=12,5 \cdot 10^{-5} \times \sin^2(2\pi \cdot 10^3 t)$ дж , $W_{\text{тол}}=\text{const}=12,5 \cdot 10^{-5}$ дж .

2) $W'_{\text{эл}}=6,25 \cdot 10^{-5}$ дж , $W'_{\text{м}}=6,25 \cdot 10^{-5}$ дж және $W'_{\text{тол}}=12,5 \cdot 10^{-5}$ дж ; $W''_{\text{эл}}=0$, $W''_{\text{м}}=12,5 \cdot 10^{-5}$ дж , $W''_{\text{тол}}=12,5 \cdot 10^{-5}$ дж ; $W'''_{\text{эл}}=12,5 \cdot 10^{-5}$ дж , $W'''_{\text{м}}=0$ және $W'''_{\text{тол}}=12,5 \cdot 10^{-5}$ дж .

14.7. 1) $T=2 \cdot 10^{-4}$ сек ; 2) $L=10,15$ мГн ; 3) $I=-157 \sin 10^4 \pi t$ ма ;

4) $\lambda=6 \cdot 10^4$ м .

14.8. 1) $T=5 \cdot 10^{-3}$ сек ; 2) $C=6,3 \cdot 10^{-7}$ Ф ; 3) $U_{\text{max}}=25,2$ в ;

4) $W_{\text{м}}=2 \cdot 10^{-4}$ дж ; 5) $W_{\text{эл}}=2 \cdot 10^{-4}$ дж .

14.9. Бізге берілген $U=U_0 \cos \omega t$ және $I=C \frac{dU}{dt}=-CU_0 \omega \sin \omega t$.

Ендеше,

$$W_{\text{м}}=\frac{LI^2}{2}=\frac{1}{2}LC^2U_0^2\omega^2 \sin^2 \omega t, \quad W_{\text{эл}}=\frac{CU^2}{2}=\frac{1}{2}CU_0^2 \cos^2 \omega t.$$

Осыдан

$$\frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{эл}}}=\frac{LC\omega^2 \sin^2 \omega t}{\cos^2 \omega t}=LC\omega^2 \operatorname{tg}^2 \omega t.$$

$t=\frac{T}{8}$ болғанда, шамалар $\sin \omega t=\frac{\sqrt{2}}{2}$ және $\cos \omega t=\frac{\sqrt{2}}{2}$ болады.

Бұдан басқа, $LC=\frac{T^2}{4\pi^2}=\frac{1}{\omega^2}$ болатындықтан, ең ақырында $\frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{эл}}}=\frac{\sin^2 \omega t}{\cos^2 \omega t}=1$ болады.

14.10. 1) $T = 8 \cdot 10^{-3}$ сек; 2) $\chi = 0,7$; 3) $U = 80 e^{-8\pi t} \cos 250 \pi t$ в;
 4) $U_1 = -56,5$ в, $U_2 = 40$ в, $U_3 = -28$ в, $U_4 = 20$ в.

14.11. Актив кедергіні өте кішкене деп алғып, тербелістің периодын мынадай формуламен табамыз: $T = 2\pi \sqrt{LC} = 2 \cdot 10^{-4}$ сек. Бұдан кейін мыналар белгілі $U_1 = U_0 e^{-\frac{\chi t}{T}}$, осыдан $\frac{\chi t}{T} = \ln \frac{U_0}{U_1}$. Шарт бойынша, $t = 10^{-3}$ сек болғанда қатынас $\frac{U_0}{U_1} = 3$ болады. Ендеше,

$$\chi = \frac{T \ln \frac{U_0}{U_1}}{t} = \frac{\ln 3 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,22.$$

2) $R = 11,1$ ом. R -дің осы мәні $T = 2\pi \sqrt{LC}$ формуланы қолдану шартын қанагаттандыратындығына көз жеткізу қын емес.

14.12. 1,04 есе. 14.13. $\chi = \frac{8\rho \sqrt{\pi l C}}{d^2 \sqrt{\mu_0 \mu}} = 0,018$.

14.14. $t = \frac{T \ln 100}{2\chi} = 6,8 \cdot 10^{-3}$ сек. 14.15. $C = 0,7$ мкф.

14.16. $R = 4,1$ ом. 14.17. 300 гц.

14.18. 1) $I = 4,6$ ма; 2) $U_1 = 73,4$ в, $U_2 = 146,6$ в.

14.19. 1) 74%; 2) 68%. 14.20. 1) 72,5%; 2) 68,5%.

14.21. $C = 3,74$ мкф. 14.22. $L = 0,055$ гн.

№ п/п	Z	$\operatorname{tg} \varphi$
1	$\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$	$\frac{1}{R \omega C}$
2	$\frac{R}{\sqrt{R^2 \omega^2 C^2 + 1}}$	$-R \omega C$
3	$\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$	$\frac{\omega L}{R}$
4	$\frac{R \omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$	$\frac{R}{\omega L}$
5	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$

14.24. 1) $Z = 4380$ ом; 2) $Z = 2180$ ом.

14.25. $I = 1,34$ а; $U_C = 121$ в; $U_R = 134$ в; $U_L = 295$ в.

14.26. $R = 12,3$ ом. 14.27. $R = 40$ ом; $L = 0,074$ гн.

14.28. $U_R = 156$ в.

В Т А Р А У ОПТИКА

§ 15. Геометриялық оптика және фотометрия

15.1. 2 а-ға.

15.2. $a_2 = -15 \text{ см}$ және $y' = 5 \text{ мм}$. Алынған кескін шын, кері және кішірейтілген.

15.3. $a_2 = 0,12 \text{ м}$, $y' = -8 \text{ мм}$. Алынған кескін жорымал, тұра және кішірейтілген.

15.4. $a_2 = 7,5 \text{ см}$, $y' = -1,5 \text{ см}$. Алынған кескін жорымал, тұра және кішірейтілген.

15.5. $a_1 = -0,6 \text{ м}$, $a_2 = -0,3 \text{ м}$.

15.6. 1) $F = -10 \text{ см}$; 2) $D = -10 \text{ диоптрия}$.

15.7. Системаның жалпы сыйықтық үлкеюі 6-ға тең.

15.8. $a_2 = \frac{R}{2}$ — кескін айнаның фокусында орналасады; $y = 7,5 \text{ см}$.

15.9. AF бойлық аберрацияны x -пен, ал FH көлденен аберрацияны y арқылы белгілейміз. Тең бүйірлі үшбұрыш $\triangle OAM$ -тен (62-суретті қараңыздар) мынаны аламыз $OA = \frac{R}{2 \cos \alpha}$. Ал $x = AF = OA - OF = OA - \frac{R}{2}$, яғни ең ақырында мынаны аламыз

$$x = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \quad (1)$$

Егер $\alpha = 0$ болса, онда $\cos \alpha = 1$ және $x = 0$ болады.

Будан әрі, $y = FH = x \operatorname{tg} \angle HAF$. Ал $\angle HAF$ бұрыши үшбұрыш $\triangle AOM$ -ның сыртқы бұрыши болғандықтан, 2α -ға тең болады, ендеше

$y = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \operatorname{tg} 2\alpha$. Егер $\alpha = 0$ болса, онда $\cos \alpha = 1$, $\operatorname{tg} 2\alpha = 0$

және $y = 0$ болады.

15.10. $x = 1,8 \text{ см}$; $y = 1,5 \text{ м}$. **15.11.** $h = 8 \text{ см}$.

15.12. $d = 0,1 \text{ м}$. **15.13.** $l = 5,8 \text{ мм}$. **15.14.** $\operatorname{tg} i = n$.

15.15. 1) $41^\circ 8'$; 2) $48^\circ 45'$; 3) $61^\circ 10'$

15.16. Су бетінде $41^\circ 15'$ бұрышпен.

15.17. $2,02 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$.

15.18. Бізге белгілі $\frac{\sin i}{\sin r} = n_1$, мұндағы n_1 — шынының сыну көрсеткіші. Егер $\sin r = \frac{n_2}{n_1}$ шарты орындалады десек, суды шынының

бетінен бөліп тұрган беттен толық іштей шағылу өтетін болады.

Осыдан $\sin i = n_1 \sin r = n_1 \frac{n_2}{n_1} = n_2 = 1,33$, яғни $\sin i > 1$ — есептің шарты орындалмайды.

15.19. 0,114 м. 15.21. $\varphi_{kp} = 41^\circ 28'$ және $\varphi_{\phi} = 40^\circ 49'$

15.22. Құлгін сәулелер толық іштей шағылуға ұшырайды, ал қызыл сәулелер шыныдан ауага етіп шыгады.

15.23. $34^\circ 37'$ 15.24. 28° . 15.25. $6^\circ 2'$.

15.26. $10^\circ 8'$ 15.27. $77^\circ 22'$ 15.28. $4^\circ 47'$

15.29. $\sin \frac{\delta + \gamma}{2} = n \sin \frac{\gamma}{2}$. Осы жағдайда сәуленің бастапқы бағытынан ең аз бұрылуы болады.

15.30. $\delta_{kyz} = 30^\circ 37'$ және $\delta_{kyl} = 33^\circ 27'$ 15.31. $F = 0,146$ м.

15.32. 1) 0,188 м, 2) 0,30 м, 3) 0,75 м, 4) $-0,188$ м, 5) $-0,30$ м, 6) $-0,75$ м.

15.33. 1) $\frac{F_1}{F_2} = 1,4$; 2) осы сұйықтағы бірінші линза шашыратуши линза болып жұмыс істейді, ал екіншісі — жинаушы болады.

15.34. $D = 2$ диоптрия. 15.35. $a_2 = 0,3$ м; $y = 4$ см. 15.37. 1 м. 15.38. 1) 0,48 м; 2) 2,65 м; 3) 0,864 м. 15.39. $F = 0,47$ м.

15.40. $F = -0,75$ м — шашыратуши линза болады.

15.41. $F = 0,59$ м. 15.42. $a_1 = -90$ см, $a_2 = 180$ см.

15.43. $F_{kyz} - F_{kyl} = 3$ см. 15.44. 1) 10 см; 2) 5,7 см.

15.46. 1) 12,5; 2) 7,5. 15.47. $|R_1| = |R_2| = 25$ мм. 15.48. 5 мм-ге.

15.49. $k = 562$. 15.50. $F = 0,112$ м. 15.51. $7^\circ 45'$ бұрышпен.

15.52. 1) Кескіннің диаметрі $d = 2F \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 4,6$ мм. 2) линзаның бет ауданына $\frac{\pi D^2}{4}$ түсетін сәулелер ағыны, ауданы $\frac{\pi d^2}{4}$ болатын Құн кескінінде жиналады. Сонда $\frac{E'}{E} = \frac{4\pi D^2}{4\pi d^2} = \frac{D^2}{d^2} = 383$ болады.

15.53. 1) 1 м; 2) 0,71 м. 15.54. $\Phi = 8,34$ лм.

15.55. Өлшемдері фотопластинкадан анағұрлым үлкен болып келген чертежді түгелімен суретке түсіргенде оның кескіні шамамен алғанда объективтің бас фокусында болады. Ал оның детальдарын суретке түсіргенде натурал шамадағы кескіні нәрсені объективтен екі фокустық қашықтықта қойғанда шығады (оның фотопластинкадағы кескіні де осындай қашықтықта болады). Осы уақыттағы кескіннің ауданы $\left(\frac{2F}{F}\right)^2 = 4$ есе үлкейді. Фотопластинканың жарықталынуы да осынша есе кемитін болады, ендеше, экспозицияны 4 есе өсіру керек болады.

15.56. 5,7 есе. Сонымен, Солтүстік Жерде құнгеге жатып күйгеннен түрегеліп күйген дұрыс болады.

15.57. 2 есе.

15.58. Бөлменің бұрыштарындағы жарықталынуы

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha. \quad (1)$$

Бөлменің бұрыштарының лампыдан қашықтығы r , шама a (бөлменің квадрат еденінің диагоналының жартысы), квадрат еденнің қабырғасы b және еденнен жоғары лампыға дейінгі h өз ара мына-дай тендеу арқылы байланысады:

$$a = r \sin \alpha = \frac{b}{\sqrt{2}} = h \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

(2) тендеу бойынша жарықталынуға деген өрнекті, мынадай етіп жазуға болады: $E = \frac{I^2}{a^2} (\cos \alpha \sin^2 \alpha)$. E максимумын табу үшін $\frac{dE}{da}$ туындыны алыш, оны нольге теңейміз:

$$\frac{dE}{da} = \frac{I}{a^2} (2 \cos^2 \alpha \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0,$$

осыдан $\operatorname{tg}^2 \alpha = 2$. Онда іздеп отырған биіктік h мынаған тең болады:

$$h = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{b}{\sqrt{2} \operatorname{tg} \alpha} = \frac{b}{2} = 2,5 \text{ м.}$$

15.60. Стол үстіне қоятын лампы жанған уақытта, столдың шеттерінің жарықталынуы 1,2 есеге артады.

15.61. 2,25 есе. **15.62.** $E \approx 8 \cdot 10^4$ лк.

15.63. 1) $R_1 = 1,6 \cdot 10^5$ лм/м², $B_1 = 5,1 \cdot 10^4$ нт;

2) $R_2 = 4 \cdot 10^4$ лм/м², $B_2 = 1,27 \cdot 10^4$ нт.

15.64. 1) $1,2 \cdot 10^7$ нт; 2) $3 \cdot 10^4$ нт.

15.65. Жарықталыну бірдей болады және мөлдір колбада да, буылдыр колбада да: $E_1 = E_2 = 3,4$ лк.

15.66. $E = 2 \cdot 10^3$ лк; $R = 1,5 \cdot 10^3$ лм/м²; $B = 480$ нт.

15.67. $E = 4,2 \cdot 10^4$ лк. **15.68.** $E = 210$ лк.

15.69. 1) $1,61 \cdot 10^{-3}$ вт/лм; 2) шамамен 2%.

§ 16. Толқындық оптика

16.1. Күн дискісінің бір шетін суретке түсіргенде (жарық көзі біз-ге қарай қозғалады)

$$v' = \frac{vc}{c - v}, \quad (1)$$

ал күн дискісінің екінші шетін суретке түсіргенде (жарық көзі бізден қашықтап қозғалады)

$$v'' = \frac{vc}{c + v}. \quad (2)$$

$v = \frac{c}{\lambda}$ екендігін ескере отырып, (1) және (2) теңдеулерден табамыз

$$\Delta\lambda = \frac{2v\lambda}{c} \text{ Осыдан } v = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda} = 2 \cdot 10^3 \text{ м/сек.}$$

$$16.2. U = \frac{mc^2 \Delta \lambda^2}{2\lambda^2 q} = 2500 \text{ в.}$$

16.3. Спектр сызықтарының қысқа толқын жаққа қарай ығысуы, жүлдүздөң біздерге қарай жақындайтындығын көрсетеді. Оның қозғалысының радиалды жылдамдығы (яғни жүлдүз берінен қосатын сызықтың бойымен бағытталынған жылдамдық), мынадай қатынастан табылады $v = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda} = 103 \text{ км/сек.}$

$$16.4. 1,3 \text{ есе. } 16.5. y_1 = 1,8 \text{ мм; } y_2 = 3,6 \text{ мм; } y_3 = 5,5 \text{ мм.}$$

$$16.6. \lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

16.7. Шыны пластинканың енгізудің нәтижесінде интерференцияланатын сәулелердің жол айырмасы, мынадай шамага өзгереді $\Delta = nh - h = h(n-1)$, мұндағы h — пластинканың қалындығы, ал n — пластинка затының сыйн көрсеткіші. Бұдан басқа пластинканың енгізудің нәтижесінде k жолаққа ығысу болады. Ендеше, пластинканың беретін қосымша жүріс айырмасы $k\lambda$ -ге тең болады. Сонымен, $h(n-1) = k\lambda$, осыдан $h = \frac{k\lambda}{n-1} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$

$$16.8. \Delta n < 5 \cdot 10^{-5}. 16.9. h = 0,13 \text{ мкм.}$$

16.10. h_1 және h_2 арқылы көршілес жолақтарға сәйкес келетін пленкалардың қалындығын белгілейміз. Осыдан кейін $\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{\lambda}{2n}$ болады. Көршілес жолақтардың қашықтығын l арқылы белгілейміз (108-сурет). Осыдан кейін $\Delta h = l \operatorname{tg} \alpha$ деп есептеуге болады, мұндағы α — сынаның бүрышы. Осыдан $\operatorname{tg} \alpha = \frac{k\lambda}{2nl} = 5,13 \cdot$

$$10^{-5} \text{ және } \alpha = 11''$$

16.11. 1,9 мм. 16.12. 1 см-ге 5 жолақтан келеді. 16.13. $k = 5$, $k+1 = 6$, $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

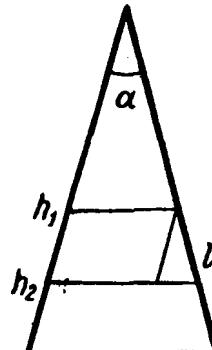
$$16.14. \lambda = 5890 \text{ Å.}$$

16.15. 1) $r_4 = \sqrt{4R\lambda_1} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,8 \text{ мм};$
2) $r_3 = \sqrt{3R\lambda_2} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,1 \text{ мм.}$ Сонымен, бұл — үшінші қызыл сақина. Бұл ауа қабатының шағын қалындығындаған ақ жарықта Ньютон сақинасын бақылауға болатынын түсіндіреді. Үлкен қалындықтар болғанда әр түрлі түстердің бір жерге келіп қабаттасуы болады.

$$16.16. \lambda = 6750 \text{ Å. } 16.17. 3,6 \text{ мм. } 16.18. k = 275.$$

16.19. Өткінші жарықта Ньютонтың сақинасын бақылаған уақыттарғы максимум жарықтың болу шарты мынадай формуламен анықталады:

$$2hn = k\lambda. \quad (1)$$



108-сурет.

Линза мен пластинканың араларындағы қабаттың қалыңдығы h бақыланып отырған сақинаның сәйкес радиусымен мынадай байланыста:

$$h = \frac{r_k^2}{2R} \quad (2)$$

(2) теңдеуді (1) теңдеуге қойып, мынаны аламыз: $\frac{nr_k^2}{R} = k\lambda$, осыдан $n = \frac{k\lambda R}{r_k^2}$. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны табамыз: $n = 1,33$.

$$16.20. 1,2 \text{ мкм.} \quad 16.21. 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ м.} \quad 16.22. n=1,56.$$

16.23. L айнаның $\frac{\lambda}{2}$ қашықтыққа орын ауыстыруы λ жол айырмасына, яғни интерференциялық картиналың бір жолаққа ауысуына сәйкес келеді. Сонымен, $L=k\frac{\lambda}{2}$, мұндағы k — көрү өрісінен өтіп шығатын жолақтардың саны, осыдан $\lambda = \frac{2L}{k} = 6,44 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

$$16.24. n-1 = \frac{k\lambda}{2l} = 3,8 \cdot 10^{-4}, \text{ осыдан } n=1,00038.$$

16.25. Осы қарастырып отырған жағдайдағы сәуленің Майкельсонның интерферометріне қарағандағы айырмашылығы, ол хлоры бар трубкадан тек бір-ақ рет өтетін болады (63-суретті қараңыздар). Соңықтан, сәуленің хлордан және вакуумнан өтетін жол айырмасы мынаған тең болады: $ln - l = l(n-1) = k\lambda$, мұндағы l — трубканың ұзындығы. Осыдан $n-1 = \frac{k\lambda}{l} = 7,73 \cdot 10^{-4}$ және $n=1,000773$.

$$16.26. \lambda = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ м.} \quad 16.27. d = 1,15 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

16.28. 1) 5 зон; 2) жарық.

$$16.29. k\text{-інші зонаның радиусы } r_k = \sqrt{k \frac{ad\lambda}{a+d}}, \text{ мұндағы}$$

a — толқын көзінен толқындық бетке дейінгі қашықтық, ал d — толқындық беттен бақылау нүктеге дейінгі қашықтық. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны табамыз: $r_1=0,50 \text{ мм}$, $r_2=0,71 \text{ мм}$, $r_3=0,86 \text{ мм}$, $r_4=1,0 \text{ мм}$ және $r_5=1,12 \text{ мм.}$

16.30. $r_1=0,71 \text{ мм}; \quad r_2=1,0 \text{ мм}; \quad r_3=1,23 \text{ мм}; \quad r_4=1,42 \text{ мм}; \quad r_5=1,59 \text{ мм.}$

16.31. 167 м.

16.32. Диафрагманың тесігі Френельдің k зонасын өткізеді дейік. Онда кіші зонаның радиусы бір уақытта тесіктің де радиусы болады

және ол мынаған тең болады: $r_k = \sqrt{k \frac{ad\lambda}{a+d}}$ Экранда байқалатын сақинаның центрінің ең кіші жарықталынуы екі зонаға ($k=2$) сәйкес келеді. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны табамыз: $r=10^{-3} \text{ м}=1 \text{ мм.}$

16.33. 0,8 м болғанда. 16.34. $\varphi_1=17^\circ 8'$; $\varphi_2=36^\circ 5'$; $\varphi_3=62^\circ$

16.35. 5 см. 16.36. $\varphi=30^\circ$ 16.37. $d=2,8 \cdot 10^{-6}$ м; $N_0=3570$ см⁻¹

16.38. $N_0=600$ мм⁻¹ 16.39. $\lambda=4099$ Å; $N_0=500$ мм⁻¹

16.40. Бізге белгілі $\sin \varphi = \frac{k_1 \lambda_1}{d} = \frac{k_2 \lambda_2}{d}$, немесе $k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2$. Осыдан $\frac{k_2}{k_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{6563}{4102} = 1,6$. k_1 және k_2 сандары шартты түрде бүтін болу керек, онда $\frac{k_2}{k_1} = 1,6$ шарты $k_1=5$ және $k_2=8$ мәндерін қанағаттандыратын болады. Сонда

$$d = \frac{k_1 \lambda_1}{\sin \varphi} = \frac{5 \cdot 6563 \cdot 10^{-10}}{0,656} \text{ м} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

16.41. $\lambda=6600$ Å, екінші реттік спектрде.

16.42. $\lambda=4470$ Å — гелий спектрінің көк сзығы.

16.43. $\lambda=7,05 \cdot 10^{-7}$ м.

16.44. Осы решетканың көмегімен алынған спектрдің ең үлкен рет саны 3-ке тең.

16.45. $d=5\lambda$.

16.46. Центрлікті есептемегендеге 10 максимумдар.

16.47. $d=3,9$ мкм. 16.48. $d=2,2 \cdot 10^{-3}$ см.

16.49. $d=2,54 \cdot 10^{-2}$ мм. 16.50. $\Delta\lambda=0,24$ Å.

16.51. Бізге белгілі

$$(a+b) \sin \varphi = k\lambda. \quad (1)$$

(1) теңдеуді дифференциалдаң, мынаны аламыз: $(a+b) \cos \varphi d\varphi = k d\lambda$,

немесе $\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{k}{(a+b) \cos \varphi}$. Есептің сан мәндерін орына қойып, (1) теңдеуден табамыз $\sin \varphi = 0,236$, осыдан $\varphi = 13^\circ 38'$. Сонда $\cos \varphi = 0,972$ және $\frac{d\varphi}{d\lambda} = 4,1 \cdot 10^5$ рад/м.

16.52. $d=5 \cdot 10^{-6}$ м. 16.53. $D_1=8,1 \cdot 10^{-3}$ мм/Å.

16.54. $D_1=0,031$ мм/Å, $x=0,65$ мм.

16.55. 1) $\lambda=4750$ Å; 2) $N_0=460$ мм⁻¹; 3) $D=2,76 \cdot 10^4$ рад/см.

16.56. $\lambda=5,1 \cdot 10^{-4}$ мм. 16.57. $F=0,65$ м. 16.58. $57^\circ 30'$

16.59. $54^\circ 44'$. 16.60. 37° 16.61. $n=1,73$.

16.62. 1) $n=1,63$; 2) $i=66^\circ 56'$.

16.63. $\lambda_0=3,55 \cdot 10^{-7}$ м, $\lambda_e=3,95 \cdot 10^{-7}$ м.

16.64. Табиғи жарықтың интінсивтігін I_0 арқылы белгілейміз. Сәулениң поляризатордан өткеннен кейінгі интінсивтігі $I_1=0,5 I_0$ болады. Сәулениң анализатордан өткеннен кейінгі интінсивтігі $I_2=I_1 \cos^2 \alpha = 0,5 I_0 \cos^2 \alpha$ болады. Шарт бойынша $\frac{I_2}{I_0} = 0,25$, ал онда $\cos^2 \alpha = \frac{0,25}{0,50} = \frac{1}{2}$ және $\alpha=45^\circ$ болады.

16.65. $62^{\circ}32'$.

16.66. Түскен жарықтың шағылу коэффициенті $k' = \frac{I_r}{I_0}$, мұндағы $I_r = I_{\perp} + I_{\parallel}$, ал

$$I_{\perp} = 0,5 I_0 \frac{\sin^2(i - r)}{\sin^2(i + r)}, \quad I_{\parallel} = 0,5 I_0 \frac{\tg^2(i - r)}{\tg^2(i + r)}.$$

Біздің қарастырып отырған жағдайда, толық поляризация бұрышы арқылы түскенде $\tg i = n = 1,54$ болады, олай болса, $i = 57^{\circ}$. Бұдан әрі $i + r = 90^{\circ}$ болғандықтан, сыну бұрышы $r = 33^{\circ}$ болады. Онда $i - r = 24^{\circ}$ болады. Сондықтан

$$I_{\perp} = 0,5 I_0 \frac{\sin^2 24^{\circ}}{\sin^2 90^{\circ}} = 0,083 I_0, \quad I_{\parallel} = 0,5 I_0 \frac{\tg^2 24^{\circ}}{\tg^2 90^{\circ}} = 0,$$

яғни шағылған жарықтағы түсү бұрышы толық поляризацияға тең болған кезде, тербеліс тек қана түзу жазықтығына перпендикуляр

болатын жазыққа өтетін болады. Осы уақытта $k' = \frac{I_r}{I_0} = \frac{I_{\perp} + I_{\parallel}}{I_0} = 0,083$, яғни түсетін табиғи сәулелердің 8,3% энергиясы айнадан шағылатын болады. Бұл түсү жазықтығына перпендикуляр болатын тербелісі бар сәулелер болады. Олай болса, түсү жазықтығына перпендикуляр және екінші ортаға өтетін тербелістердің энергиясы бөлү шегіне түсетін сәулелердің жалпы энергиясының 41,7 процентін береді, ал түсү жазықтығында жататын тербеліс энергиясы 50%. Екінші ортаға өткен сәулелердің поляризациялық дәрежесі мынадай болады:

$$P = \frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{I_{\parallel} + I_{\perp}} = \frac{0,083}{0,917} = 0,091 = 9,1\%.$$

16.67. Табиғи сәуле толық поляризация бұрышымен шыны пластинканың үстіне түскен кезде сынған сәуленің интисивтігі $I_1 = 0,917 I_0$ болады (алдыңғы есептің шешуін қараңыздар). Осыдан сынған сәулеме $0,417 I_0$ түзу жазықтығына перпендикуляр тербелісті құрады. $0,5 I_0$ — түсү жазықтығына параллель болатын тербелісті құрады. Пластинканың екінші қырынан шағылған сәуленің интисивтігі $I_2 = 0,083 \cdot 0,917 I_0 = 0,076 I_0$. Олай болса, пластинкадан ауаға өтіп шыққан сәуленің интисивтігі $I_3 = 0,917 I_0 - 0,076 I_0 = 0,841 I_0$ болады және де сәуленің $0,5 I_0$ бөлігі түсү жазықтығына параллель тербеліс жасаітын сәуле болады, ал $0,341 I_0$ — түсү жазықтығына перпендикуляр тербелістің сәулелер. Онда поляризацияның дәрежесі

$$P = \frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{I_{\parallel} + I_{\perp}} = \frac{0,159}{0,841} = 18,9\%,$$

яғни поляризация дәрежесі өседі. Осының негізінде поляризатор ретінде жазық параллель шынының «стопасы» қолданылады («Столетовтің стопасы»).

16.68. 1) $k' = \frac{I_r}{I_0} = 5,06\%$; $P = 83\%$; 2) $4,42\%$.

§ 17. Салыстырмалық теориясының элементтері

17.1. Бізге белгілі

$$l' = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}. \quad (1)$$

Есептің шарты бойынша $\frac{l_0 - l'}{l_0} = 1 - \frac{l'}{l_0} = 0,25$. Осыдан $\frac{l'}{l_0} = 0,75$, немесе

$$l' = 0,75 l_0. \quad (2)$$

(2) тендеуді (1) тендеуге қойып, мынаны аламыз: $\sqrt{1 - \beta^2} = 0,75$, немесе $1 - \beta^2 = (0,75)^2 = 0,5625$, ал $\beta^2 = 0,4375$. Сонымен, $\beta = \frac{v}{c} = \sqrt{\frac{0,4375}{1}} = 0,6615$, ендегі ақырында $v = \beta c = 0,662 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/сек} = 198 000 \text{ км/сек}$.

$$17.2. v = 2,6 \cdot 10^8 \text{ м/сек.} \quad 17.3. \frac{l_0 - l'}{l_0} = 68,8\%.$$

$$17.4. 7,1 \text{ есе.} \quad 17.5. \Delta t = 3,2 \text{ сек.} \quad 17.6. 8,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг-фа.}$$

$$17.7. 109\text{-суретте электронның } m \text{ массасы мен } \frac{e}{m} \text{ қатынастың}$$

$\frac{v}{c}$ шамаға тәуелділігінің сипаты көрсетілген.

$$17.8. v = 2,6 \cdot 10^8 \text{ м/сек болғанда.}$$

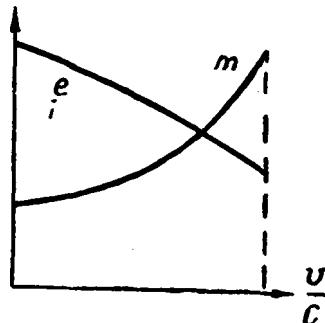
17.9. Бізге белгілі

$$\begin{aligned} W_k &= m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) = \\ &= c^2 \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} - m_0 \right) = c^2 (m - m_0), \end{aligned}$$

осыдан

$$\frac{W_k}{m_0} = \frac{c^2 (m - m_0)}{m_0}$$

109-сурет.



$\frac{m - m_0}{m_0} = k$ деп белгілеміз, сонда $W_k = m_0 c^2 k$ болады. Шарт бойынша $k = 0,05$.

$$1) W_k = 2,56 \cdot 10^{-2} \text{ Мэв; } 2) W_k = 47 \text{ Мэв; } 3) W_k = 94 \text{ Мэв.}$$

$$17.10. U = 1,1 \cdot 10^6 \text{ в.} \quad 17.11. U = 510 \text{ кв.}$$

17.12. Мезонның толық энергиясы мезонның W_1 кинетикалық энергиясынан және мезонның W_2 меншікті энергиясынан (тыныштық энергиясы) тұрады. Бұл жағдайда

$$W_1 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (1)$$

және

$$W_2 = m_0 c^2. \quad (2)$$

Осыдан кейін толық энергия мынаған тең болады:

$$W = W_1 + W_2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Шарт бойынша $\frac{W}{W_2} = 10$, яғни $\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 10$. Осыдан $\beta = \frac{v}{c} = 0,995$ және $v = 2,985 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$

$$17.13. \beta = 86,6\%. \quad 17.14. \beta = 99,6\%. \quad 17.15. \frac{l_0 - l'}{l_0} = 91,5\%.$$

$$17.16. \beta = 0,9. \quad 17.18. W_k = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ дж.}$$

$$17.19. \Delta m = 4,6 \cdot 10^{-17} \text{ кг.} \quad 17.20. \Delta W = 931 \text{ Мэв.}$$

$$17.21. \Delta W = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ дж} = 0,51 \text{ Мэв.}$$

17.22. $\Delta m = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ кг/кмоль.}$ Сонымен реакцияның нәтижесінде-гі алынатын су 18 кг емес, ал $3,2 \cdot 10^{-9} \text{ кг-ға}$ кем болады. Бұл шама ең нақтылы таразылардың сезгіштігінен де тысқары жатады. Массаның осы сияқты өзгерісі басқа да химиялық реакцияларда болады. Ал ядролық реакцияларда массаның өзгерісі үлкен болады. (Келесі есептің шешуін қараңыздар.)

$$17.23. \Delta m = 0,217 \text{ кг/кмоль.}$$

$$17.24. 7 \cdot 10^{12} \text{ жылда.}$$

§ 18. Жылулық сәуле шығару

$$18.1. T = 1000^\circ\text{K}. \quad 18.2. W = 6,5 \cdot 10^{21} \text{ квт-сағ.}$$

$$18.3. W = 0,46 \text{ дж.} \quad 18.4. T = 1000^\circ\text{K.}$$

$$18.5. 1) W = 1,33 \cdot 10^5; \quad 2) k = 0,3.$$

$$18.6. T = 2500^\circ\text{K.} \quad 18.7. S = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

$$18.8. W_0 = 1,37 \cdot 10^3 \text{ вт/м}^2 = 8,21 \text{ дж/мин} \cdot \text{см}^2 = 1,96 \text{ кал/мин} \cdot \text{см}^2.$$

$$18.9. N = 3,1 \cdot 10^3 \text{ квт.} \quad 18.10. W_0 = 0,85 \text{ кал/мин} \cdot \text{см}^2$$

$$18.11. W = 7,35 \cdot 10^3 \text{ дж.} \quad 18.12. S = 6 \text{ см}^2$$

18.13. 1) $\lambda_m = 1 \text{ мкм}$ — инфрақызыл облысы; 2) $\lambda_m = 5 \cdot 10^{-5} \text{ см}$ — көрінетін жарық облысы; 3) $\lambda_m \approx 3 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$ — рентген сәулелерінің облысы.

18.14. 1) 64-суреттегі график бойынша дененің энергетикалық жарықталынуының максимал спектрлік тығыздығы сәйкес келетін толқын ұзындығы шамамен 1,2 мкм-ге тең болатындығын табамыз. Сонда Виннің заңы бойынша мынаны аламыз: $T = 2400^\circ\text{K.}$

2) Көрінетін спектрдің үлесіне келетін сәуле шығару энергиясының проценті, біздің керек етіп отырған интервалдың шеттеріне келтірілген, ординаталарымен бөлініп тасталынған, кисық $r_\lambda = f(\lambda)$ шектелінген ауданның үлесімен анықталады. Көрінетін спектрдің алып жататын жері 0,4-тен 0,75 мкм-ге дейін болады. 64-суреттегі кисықты миллиметр қағазға түсіріп, осы берілген температурада көрінетін сәу-

ОПТИКА

ле шығарудың үлесіне барлық сәуле шығарудың 3–5% ғана тиетіндігін тауып алуға болады.

18.15. 3,6 есе. 18.16. $\lambda=9,3 \text{ мкм}$.

18.17. 1) 81 есе; 2) $\lambda_1=2,9$ -дан $\lambda_2=0,97 \text{ мкм}$ -ге дейін; 3) 243 есе.

$$18.18. T_2 = \frac{C_1 T_1}{\Delta \lambda T_1 + C_1} = 290^\circ K.$$

18.19. 1,06 есе үлкейеді. 18.20. 0,84 вт. 18.21. 0,2 мкм-ге.

$$18.22. 1) \Delta m = \frac{\Delta W}{c^2} = 1,4 \cdot 10^{17} \text{ кг}; \quad 2) \tau = 7 \cdot 10^{12} \text{ жыл}.$$

VI ТАРАУ

АТОМ ЖӘНЕ АТОМ ЯДРОСЫНЫҢ ФИЗИКАСЫ

§ 19. Жарықтың кванттық табиғаты және бөлшектердің толқындық қасиеті

19.1. 1) $3,27 \cdot 10^{-36}$ кг; 2) $8,8 \cdot 10^{-32}$ кг; 3) $1,8 \cdot 10^{-30}$ кг.

19.2. $\epsilon = 1,15 \cdot 10^{-13}$ дж; $m = 1,38 \cdot 10^{-30}$ кг; $P_\phi = 4,1 \cdot 10^{-22}$ кг · м/сек.

19.3. 1) $6,2 \cdot 10^{18}$ кванттар; 2) $1,2 \cdot 10^{19}$ кванттар; 3) $1,1 \cdot 10^{19}$ кванттар; 4) $5,9 \cdot 10^{18}$ кванттар; 5) $4,6 \cdot 10^{18}$ кванттар; 6) $5,1 \cdot 10^{18}$ кванттар.

19.4. $v = 9,2 \cdot 10^5$ м/сек. 19.5. $v = 1400$ м/сек. 19.6. 0,51 Мэв.

19.7. $E = \frac{P_\phi c}{St} = 150$ дж/м² · сек.

19.8. $T = 9800^\circ\text{K}$. 19.9. $\lambda \geq 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$. 19.10. $m = 2,1 \cdot 10^{-32}$ кг.

19.11. Бізге белгілі $hv = A + \frac{mv^2}{2}$. Фотоэффекті пайда болу үшін, $hv > A$ болу керек, яғни $v > \frac{A}{h}$. Бірақ $v = \frac{c}{\lambda}$, олай болса фотоэффект пайда болу үшін түсетін жарықтың толқын ұзындығы мынадай теңсіздікті қанағаттандыру керек $\lambda < \frac{hc}{A}$. Столетовтың тәжірибесінде $\lambda = 2,95 \cdot 10^{-4}$ мм болады, осыдан $A = 4,2$ эв болатындығын тауып алу киын емес.

19.12. $5,17 \cdot 10^{-7}$ м; $5,4 \cdot 10^{-7}$ м; $6,2 \cdot 10^{-7}$ м; $6,6 \cdot 10^{-7}$ м.

19.13. $\epsilon = 4,5$ эв.

19.14. 1) $A = 4,5$ эв; 2) $v_{\max} = 9,1 \cdot 10^5$ м/сек; 3) $W_{\max} = 3,8 \cdot 10^{-19}$ дж.

19.15. $v_0 = 6 \cdot 10^{14}$ сек⁻¹ болғанда фотоэффект басталатын болғандықтан, осыдан электронның шығу жұмысы

$$A = hv_0 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 6 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ эв} = 2,48 \text{ эв.}$$

Бұдан кейін, мынау белгілі $hv = A + \frac{mv^2}{2}$. Ұшып шығатын электрондарды кідірту үшін кідіртетін электр өрісін түсіру керек; ал енді $eU_1 = \frac{mv^2}{2}$ болады. Сонымен $hv = A + eU_1$, осыдан $v = \frac{A + eU_1}{h}$. Есептің сан мәндерін қойып, мынаны аламыз: $v = 13,2 \cdot 10^{14}$ сек⁻¹

19.16. $U = 1,75$ в. 19.17. 1) 2040 \AA ; 2) 2340 \AA .

19.18. $3,45 \cdot 10^{-25}$ кг · м/сек.

$$19.20. 1) U_x = \frac{hv - A}{e} + U_0 = 1,5 \text{ в;}$$

$$2) v = \sqrt{\frac{2}{m} (hv - A + eU_0)} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ м/сек.}$$

19.21. $\lambda < 2540 \text{ Å}$ болғанда.

19.22. Бізге белгілі $p = \frac{F}{S}$, мұндағы p — жарықтың қысымы, F — дәңгелектің S бетіне түсірілген жарықтың қысым күші. Бірақ $F = \frac{M}{l} = \frac{kx}{l}$, мұндағы M — айналдыруши момент, l — дәңгелектің центрінен айналу осіне дейінгі қашықтық және a — дәңгелектің бұрылу бұрышы. Айнадан u қашықтықта түрған шкала бойымен жарық ебелегі (солнечный зайчик) x шамаға аудису үшін айнаның бұрылу бұрышы мынадай шартты қанағаттандыру керек: $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{x}{y}$, немесе кішкене бұрышта $\operatorname{tg} 2\alpha \approx 2\alpha = \frac{x}{y}$ болады. Сонымен, $a = \frac{x}{2y}$ болады. Осыдан ақырында $p = \frac{kx}{2lyS}$ болады. Есептің берілгендерін орнына қойып, мынаны аламыз: $p = 3,85 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$; 2) $E = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ дж/см}^2 \cdot \text{сек.}$

19.23. 1) $p = 3,55 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$; 2) $N = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ в.}$

19.24. 1) $1,2 \cdot 10^{17} \text{ 1/см}^2 \cdot \text{сек.}$; 2) а) $1,42 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$; б) $2,13 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$; в) $2,84 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$.

19.25. 1) $p = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$; 2) $m = 7,8 \cdot 10^{-16} \text{ кг.}$

19.26. $p = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$.

19.27. 1) $p = 7 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$; 2) $p = 3,5 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$.

19.28. $2,9 \cdot 10^{21} \text{ кванттар.}$

19.29. 1) $\Delta\lambda = 0,024 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$ және $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 0,732 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$; 2) $\Delta\lambda = 0,048 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$ және $\lambda = 0,756 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$.

19.30. $\lambda_0 = 0,242 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$.

19.31. 1) $\Delta\lambda = 0,024 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$; 2) $W_e = \frac{hc \Delta\lambda}{\lambda_0 \lambda} = 6,6 \cdot 10^3 \text{ эв};$ 3) $p_e = 4,4 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$

19.32. $W = 2,6 \cdot 10^5 \text{ эв};$ $p_\phi = 9,3 \cdot 10^{-12} \text{ кг} \cdot \text{м/сек.}$

19.33. $W = 0,1 \text{ Мэв.}$ 19.34. 1) $\lambda = 12,3 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$; 2) $\lambda = 1,23 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$.

19.35. 1) $\lambda = 0,29 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$; 2) $\lambda = 0,029 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$.

19.36. 1) $\lambda = 7,3 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$; 2) $\lambda = 1,44 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$; 3) $\lambda = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ см, яғни шарик-тің толқындық қасиеттерін байқау мүмкін емес.}$

19.37. $0,122 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$; $0,0087 \text{ } \overset{\circ}{\text{А}}$.

19.38. $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$

19.39.

$v \cdot 10^{-8}$, м/сек	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
$\lambda \cdot 10^{12}$, м	2,70	2,25	1,82	1,39	0,925

19.40. $\lambda = 0,1 \text{ \AA}$.19.41. $\lambda = 1,8 \text{ \AA}$.

§ 20. Бордың атомы. Рентген сәулелері

20.1. 1) $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$; $r_2 = 2,12 \cdot 10^{-10} \text{ м}$; $r_3 = 4,77 \cdot 10^{-10} \text{ м}$;
 2) $v_1 = 2,19 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$; $v_2 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$; $v_3 = 7,3 \cdot 10^5 \text{ м/сек}$.

20.2. $W_k = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2 k^2} = 13,6 \text{ эв}$; $W_n = -2W_k = -27,2 \text{ эв}$; $W_{\text{тол}} = W_k + W_n = -13,6 \text{ эв}$.

20.3. $W_1 = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ дж} = 13,6 \text{ эв}$; $W_2 = 5,44 \cdot 10^{-19} \text{ дж} = 3,40 \text{ эв}$;
 $W_3 = 2,42 \cdot 10^{-19} \text{ дж} = 1,51 \text{ эв}$; $W_4 = 0$.

20.4. 1) $T = 1,43 \cdot 10^{-16} \text{ сек}$; 2) $\omega = 4,4 \cdot 10^{16} \text{ рад/сек}$.

20.5. Сутегінің барлық серияларында спектрлік сыйықтардың толқын ұзындықтары мынадай формуламен анықталады:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (1)$$

$k=1$, $n=2, 3, 4, \dots$ болғанда — ультракүлгін облысындағы Лайманның сериясы болады;

$k=2$, $n=3, 4, 5, \dots$ болғанда — көрінетін облыстағы Бальмердің сериясы;

$k=3$, $n=4, 5, 6, \dots$ болғанда — Пащеннің сериясы
 $k=4$, $n=5, 6, 7, \dots$ болғанда — Бреккеттің сериясы
 $k=5, n=6, 7, 8, \dots$ болғанда — Пфундтың сериясы

Сонымен, спектрдің көрінетін облысындағы серия $k=2$, және $n=3, 4, 5, \dots$ мәндерге сәйкес келеді.

Осы серияның спектрлік сыйықтарының ең кіші толқын ұзындығы $n=\infty$ болғанда болады. Ендеше (1) теңдеуден мынаны аламыз:

$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{R}{4}$, немесе $\lambda_1 = \frac{4}{R} = 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ (үшінші мәнді цифрга дейінгі дәлдікте). Ең үлкен толқын ұзындығы $n=3$ сәйкес келеді: $\lambda_2 = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Сонымен, сутегінің көрінетін спектрі толқын ұзындықтарының мынадай интервалында жатады $\lambda_1 = 3650 \text{ \AA}$ -нен $\lambda_2 = 6560 \text{ \AA}$ -ге дейін.

20.6. 1) $\lambda = 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; 2) $v = 1,90 \cdot 10^6 \text{ м/сек}$.

20.7. Атомның U_i ионизация потенциалы мынадай тендеумен анықталады $eU_i = A_i$, мұндағы A_i — электронның әдеттегі орбитадан шексіздікке қарай алыстауының жұмысы. Сутегі атомы үшін $A_i = h\lambda = -hcR \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ $k=1$ және $n=\infty$ болғанда жұмыс $A_i = hcR$, ал ионизация потенциалы $U_i = \frac{A_i}{e} = \frac{hcR}{e} = 13,6$ ә болады.

20.8. 10,2 ә.

20.9. 1) Сутегі спектрінің барлық серияларының барлық сыйықтары сутегі атомы ионизацияланғанда шығатын болады. Бұл жағдай электрондардың энергиясы 13,6 ә болғанда болады (20.7 есепті қараңыздар);

$$2) v_{\min} = \sqrt{\frac{2eU_i}{m}} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/сек.}$$

20.10. Атомды бірінші қоздыру күйіне аудыстыруға қажетті энергия $W_1 = 10,2$ әв. Атомды екінші қоздыру күйіне аудыстыруға қажетті энергияны ($k=1, n=3$) табу қын емес, ол $W_2 = 12,1$ әв болады. Сонымен егер атқылайтын электрондардың энергиясы $10,2 \leq W \leq 12,1$ әв шегінде жататын болса, онда сутегі спектрінің тек қана бір ғана спектрлік сыйығы болады.

20.11. $W_{\min} = 12,1$ әв; $\lambda_1 = 1,21 \cdot 10^{-7}$ м; $\lambda_2 = 1,03 \cdot 10^{-7}$ м; $\lambda_3 = 6,56 \cdot 10^{-7}$ м.

20.12. $973 \text{ \AA} \ll \lambda \ll 1026 \text{ \AA}$. **20.13.** 2,56 әв-қа.

20.14. $973 \text{ \AA} \ll \lambda \ll 1026 \text{ \AA}$. **20.15.** $n=3$ -тен $k=2$ -ге аудысуға.

20.16. $\lambda = 3,3 \text{ \AA}$. **20.17. 1)** $r_1 = 2,66 \cdot 10^{-11}$ м; **2)** $v_1 = 4,37 \cdot 10^6$ м/сек.

20.18. 1) $U = 40,8$ ә; **2)** $U = 91,8$ ә. **20.19.** $U = 54$ ә; **2)** $U = 122$ ә.

20.20. $\lambda = 304 \text{ \AA}$. **20.21.** $\lambda = 135 \text{ \AA}$. **20.22.** $\lambda = 5890 \text{ \AA}$.

20.23. 2,1 ә болғанда. **20.24.** $\lambda = 2540 \text{ \AA}$.

20.25. Екі кіші бұрыш бірінші ретті спектрге сәйкес келеді, яғни $\lambda = 2d \sin \theta$, осыдан $\sin \theta = \frac{\lambda}{2d} = 0,033$ немесе $\theta = 1^\circ 54'$.

20.26. Тас тұзының бір киломолінің көлемі $V = \frac{\mu}{\rho}$. Осы көлемде $2N_0$ иондар болады, мұндағы μ_0 — Авогадро саны. Сонда бір ионға келетін көлем мынаған тең: $V' = \frac{\mu}{2\rho N_0}$. Олай болса, иондардың ара қашықтығы d (яғни решетка тұрақтысы) мынадай шарттан табылады: $V' = d^3$, яғни

$$d = \sqrt[3]{V'} = \sqrt[3]{\frac{\mu}{2\rho N_0}} = 2,81 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 2,81 \text{ \AA}.$$

20.27. Рентген трубкасының электродтарына түсірілген потенциал айырмасын U өсіргенде, бірінші ретті спектрде спектр сыйығы пайда

болады да, оның толқын ұзындығы λ мынадай теңдеуді қанағаттандырады:

$$eU = h\nu = h \frac{c}{\lambda}. \quad (1)$$

Ал, Вульф — Брэгг формуласы бойынша

$$\lambda = 2d \sin \theta. \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерден мынаны табамыз:

$$h = \frac{eU\lambda}{c} = \frac{eU2d \sin \theta}{c}. \quad (3)$$

Есептің сан мәндерін (3) теңдеуге қойып, мынаны аламыз:

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ дж} \cdot \text{сек.}$$

20.28. $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ дж} \cdot \text{сек.}$

20.29. 1) $0,413 \text{ \AA}$; 2) $0,310^\circ \text{ \AA}$; 3) $0,248 \text{ \AA}$. 20.30. $0,27 \text{ \AA}$.

20.31. 770 кв.

20.32. K -серияның барлық сызықтары (сондай-ақ басқа сериялардың да сызықтары) атомның K -орбитасынан электронды алғып тастасымен пайда болады. Осылай болу үшін $eU = h\nu_1 = \frac{hc}{e\lambda_1}$ қатынасты қанағаттандыратын U потенциал айырмасын беру керек, мұндағы λ_1 — шексіздікке қашықтатылған электронның K -орбитаға ауысуына сәйкес келетін толқын ұзындығы, яғни K -серияның шегін анықтайтын толқын ұзындығы. Біздің қарастырып отырған жағдайда (таблицаны қараңыздар) бұл шек мынаған тең: 1) $1,38 \text{ \AA}$, 2) $0,484 \text{ \AA}$, 3) $0,178 \text{ \AA}$, 4) $0,158 \text{ \AA}$. Іздел отырған потенциал айырмасы, $U = \frac{hc}{e\lambda_1}$ формуладан табылады. Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: 1) 9 кв; 2) 25,3 кв; 3) 69 кв; 4) 79 кв.

20.33. Бізге белгілі

$$\frac{1}{\lambda} = R (z - b)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (1)$$

K -серияның ең үлкен толқын ұзындығы K_α сызыққа сәйкес келеді. Осыдан біз (1) формуладағы $b=1$, $k=1$, $n=2$ деп үйгартымыз керек. (1) формуланы λ арқылы шешіп және сан мәндерін қойып, мынаны аламыз: 1) $1,94 \text{ \AA}$, 2) $1,55 \text{ \AA}$, 3) $0,720 \text{ \AA}$, 4) $0,574 \text{ \AA}$, 5) $0,234 \text{ \AA}$, 6) $0,228 \text{ \AA}$, және 7) $0,205 \text{ \AA}$. Эксперимент арқылы тауып алынған K_α сызықтарының толқын ұзындықтарының мәні мынадай болады: 1) $1,94 \text{ \AA}$, 2) $1,54 \text{ \AA}$, 3) $0,712 \text{ \AA}$, 4) $0,563 \text{ \AA}$, 5) $0,220 \text{ \AA}$, 6) $0,214 \text{ \AA}$, 7) $0,190 \text{ \AA}$.

20.34. Электронның M -қабаттан, L -қабатқа ауысуы $k=2$, $n=3$ мәндерге сәйкес келеді; Менделеевтің таблицасындағы вольфрамның

реттік нөмірі $Z=74$. Осы берілген сан мәндерді Мозли формуласына қойып, мынаны табамыз: $b=5,5$.

$$20.35. Z=40 \text{ (цирконий). } 20.36. \frac{N_1}{N} = \frac{\mu D_{\vartheta}}{N_0 l} = 3,5 \cdot 10^{-10}.$$

$$20.37. 1,6 \cdot 10^{11} \text{ қос иондар. } 20.38. I_{\text{к}} = 2,7 \cdot 10^{-16} \text{ а.}$$

$$20.39. x=5 \cdot 10^{-4} \text{ м}=0,5 \text{ мм. } 20.40. 3,7 \text{ есе. } 20.41. x=0,08 \text{ мм.}$$

$$20.42. 1)$$

Заты	Су	Алюминий	Темір	Қорғасын
μ, m^{-1}	6,7	16	44	77
$\mu_m \cdot 10^3, m^2/kg$	6,7	6,2	5,6	6,8

$$2) \lambda=0,0124 \frac{\text{Å}}{\text{с}}$$

$$20.43. n = \frac{\ln 80}{\ln 2} = 6,35.$$

§ 21. Радиоактивтік

21.1 және 21.2. dt уақыт ішінде ыдырайтын радиоактивтік заттың атом саны мынадай формуламен анықтайты:

$$dN = -\lambda N dt. \quad (1)$$

Солай бола тұрса да осы формуласы ең ақырғы Δt уақыт аралығына пайдалану тек қана біздегі бар N атомдардың саны Δt уақытта өзгермейді деп алған, яғни Δt уақыт аралығы T жарты ыдырау периодынан анағұрлым кіші болған жағдайда болады. 21.1 есепті шешкенде полоний атомының бір тәуліктегі ыдырау санын төмендегі формула арқылы табуға болатындығына көз жеткізу қын емес (таблицаны қараңыздар):

$$|\Delta N| = \lambda N \Delta t = \frac{\ln 2}{T} N \Delta t. \quad (2)$$

21.1 есептің сан мәндерін қойып, мынаны аламыз:

$$\Delta N = \frac{0,693}{138} \cdot 10^6 \text{ тәулік}^{-1} = 5025 \text{ тәулік}^{-1}$$

Ал 21.2 есепті шешкенде бұл жуық түрде берілген формуласы пайдалануға болмайды, ойткені радонның жарты ыдырау (таблицаны қараңыздар) периоды бар болғаны 3,82 тәулік болады. Радон атомының бір тәуліктегі ыдырау санын табу үшін мынадай формуласы пайдалану керек $N=N_1 e^{-\lambda t}$, сонда іздең отырған ыдырау саны

$$\Delta N = N_1 - N = N_1 - N_1 e^{-\lambda t} = N_1 (1 - e^{-\lambda t}).$$

21.2 есептің сан мәндерін қойып, мынаны табамыз:

$$\Delta N = 10^6 (1 - 0,833) = 167\,000 \text{ тәулік}^{-1}.$$

Егер біз ΔN -ді (2) жуықталған формула бойынша табатын болсақ, онда мынаны аламыз $\Delta N = 192\,000 \text{ тәулік}^{-1}$, яғни жіберетін қате 10% шамасында болады. (1) және (2) формулалар арқылы 21.1 есепті шешкенде нақтылығы үшінші мәнді цифрга дейін бәрі де бір жауапқа келетіндігіне көз жеткізу оқушылардың өздеріне таңсырылады.

21.3. $3,7 \cdot 10^{10} \text{ ыдыр/сек} = 1 \text{ кюри.}$ 21.4. $m = 6,5 \cdot 10^{-9} \text{ кг.}$

21.5. $m = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ кг} = 0,22 \text{ мг.}$ 21.6. $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ сек}^{-1}$

21.7. 1) $7,9 \cdot 10^7 \text{ ыдыр/сек} \cdot \text{кг};$ 2) $5,7 \cdot 10^{18} \text{ ыдыр/сек} \cdot \text{кг.}$

21.8. $m = 3,5 \cdot 10^{-20} \text{ кг.}$ 21.9. 53 қосық. 21.10. 40 тәуліктең кейін.

21.11. Табиғи уранның жалпы радиоактивтігіне беретін әрбір изотоптың радиоактивтік үлесі, тегінде, әрбір изотоптың 1 сек ішіндегі жалпы ыдырау санының табиғи уранның 1 сек ішіндегі жалпы ыдырау санына алынған қатынасымен анықталады. Табиғи уранның массасын M арқылы белгілейміз. Сонда изотоптардың массалары сәйкес мынадарға тең болады $M_1 = 6 \cdot 10^{-5} M, M_2 = 7,1 \cdot 10^{-3} M$ және $M_3 = 99,28 \cdot 10^{-2} M$. Әрбір изотоптың 1 сек ішіндегі беретін ыдырау саны мынадан тең:

$$\begin{aligned}\Delta N_1 &= \frac{\ln 2}{T_1} N_1 \Delta t = \frac{\ln 2 N_0 M_1 \Delta t}{T_1 A_1}, \\ \Delta N_2 &= \frac{\ln 2 N_0 M_2 \Delta t}{T_2 A_2}, \\ \Delta N_3 &= \frac{\ln 2 N_0 M_3 \Delta t}{T_3 A_3},\end{aligned}$$

мұндағы N_0 — Авогадро саны, T_i — изотоптың жартылай ыдырау периоды, A_i — оның атомдық салмағы. Осылан әрбір изотоп үшін ізден отырған қатынас мынадаған тең болады:

$$x_i = \frac{\Delta N_i}{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3} = \frac{\frac{M_i}{A_i T_i}}{\frac{M_1}{A_1 T_1} + \frac{M_2}{A_2 T_2} + \frac{M_3}{A_3 T_3}}$$

Сан мәндерді орнына қойып, табиғи уранның барлық радиоактивтігі ${}_{92}U^{238}$ изотоппен қамтамасыз етілетіндігіне, ал ${}_{92}U^{235}$ және ${}_{92}U^{234}$ изотоптардың радиоактивтігі жоқтың қасында кішкене болатындығына көз жеткізу қын емес.

21.12. 1) $v = 1,52 \cdot 10^7 \text{ м/сек.}$

2) α-бөлшектің ұшып шыққандағы бөлініп шығатын толық энергия, α-бөлшектің W_1 кинетикалық энергиясы мен қалдық ядроның W_2 кинетикалық энергиясының қосындысына тең болады. Сонымен

$$W_x = W_1 + W_2. \quad (1)$$

Бұдан басқа қозғалыс мөлшерінің сақталу заңы да орын алады. Системаның ыдырауға дейінгі қозғалыс мөлшері нольге тең болғандықтан, ыдыраудан кейін

$$m_1 v_1 = m_2 v_2. \quad (2)$$

(2) тендеуден мынаны алу қын емес:

$$(m_1 v_1)^2 = \frac{m_1 v_1^2 2m_1}{2} = W_1 2m_1 \dots (m_2 v_2)^2 = \frac{m_2 v_2^2 2m_2}{2} 2m_2 = 2m_2 W_2.$$

Сонда (1) тендеуден

$$W_x = W_1 + \frac{2m_1 W_1}{2m_2} = W_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) = W_1 \frac{m_2 + m_1}{m_2}.$$

Есептің сан мәндерін орнына қойып, мынаны аламыз: $W_x = 4,87 \text{ Мэв}$.

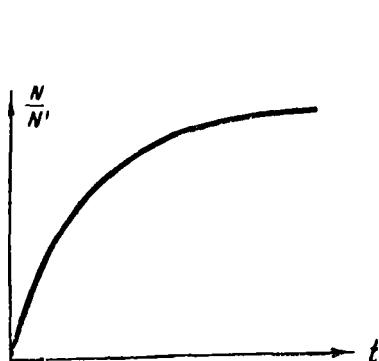
21.13. 1) $Q=120 \text{ дж}$; 2) $Q=1,6 \cdot 10^4 \text{ дж}$.

21.14. $Q=5,2 \cdot 10^{12} \text{ дж}$. 21.15. $2,8 \cdot 10^8 \text{ ыдыр/сек}$.

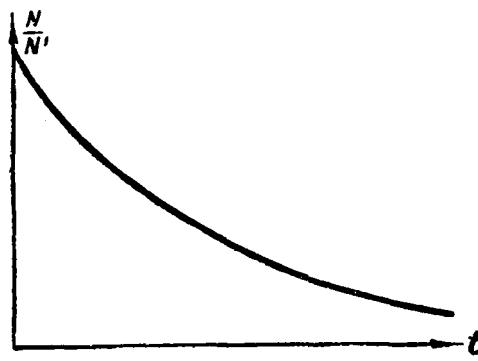
21.16. $N_0=6 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$.

21.17. $m=4,8 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$.

21.18. 1) 12,6 тәуліктен кейін. 2) 110-суретте $\frac{N}{N'}$ -нің t уақытқа тәуелділігінің сипаты берілген.



110-сурет.



111-сурет.

21.19. 1) 111-суретте, $\frac{N}{N'}=f(t)$ тәуелділігінің сипаты берілген.

2) Жартылай ыдыраудың периоды ординатасы 0,5-ке тең болатын қисықтың пүктесінің абциссасы ретінде табылады. Біздің қарастырып отырган жағдайдағы масштабын қойып, сзызылғап $\frac{N}{N'}=f(t)$ қисықтан мынаны табуга болады: $T=3,8 \text{ тәулік}$.

21.20. $T \cong 4 \text{ саг}$. 21.21. 10,4 тәуліктен кейін.

21.22. Бізге белгілі $N_{\text{шам}} = N_{\text{yp}} \left(1 - e^{-\frac{0,693t}{T_{\text{yp}}}} \right)$ немесе

$$\frac{M_{\text{кор}}}{A_{\text{кор}}} = \frac{M_{\text{yp}}}{A_{\text{yp}}} \left(1 - e^{-\frac{0,693t}{T_{\text{yp}}}} \right).$$

Осыдан $t=3 \cdot 10^9 \text{ жыл}$.

22*

21.23. $2,8 \cdot 10^6$ атомдар. 21.24. $7 \cdot 10^3$ кг рудадан.

21.25. $1,1 \cdot 10^{-7}$ шам. 21.26. 63,2 %. 21.27. $1,67 \cdot 10^8$ ыдыр/сек.

21.28. $5,25 \cdot 10^{15}$ ыдыр/сек · кг.

21.29. Препаратты араластырғанга дейінгі меншікті активтілік мынаған тен болады:

$$a_2 = \frac{\Delta N}{m_1 \Delta t} = \frac{\lambda N}{m_1} = \frac{\ln 2N_0 m_1}{TA_1 m_1} = \frac{\ln 2N_0}{TA_1} \quad (1)$$

Араласқаннан кейін

$$a_1 = \frac{\Delta N}{(m + m_2) \Delta t} = \frac{\ln 2N_0 m_1}{TA_1 (m_1 + m_2)} \quad (2)$$

(1) және (2) теңдеулерден мынаны аламыз:

$$\Delta a = \frac{\ln 2N_0}{TA_1} \left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2} \right) = \frac{\ln 2N_0 m_2}{TA_1 (m_1 + m_2)} = \\ = 4,9 \cdot 10^{17} \text{ ыдыр/сек · кг} = 1,32 \cdot 10^7 \text{ кюри/кг.}$$

21.30. 11 мг. 21.31. $^{84}\text{Po}^{216}$. 21.32. $^{88}\text{Ra}^{226}$.

21.33. $^{92}\text{U}^{235}$. 21.34. $^{2}\text{He}^4$. 21.35. $^{55}\text{Cs}^{133}$.

21.36. 1) $v = 1,92 \cdot 10^7$ м/сек; 2) $W = 7,83$ Мэв (21.12 есептің шешуін қараңыздар); 3) $n = 2,26 \cdot 10^5$ қос иондар; 4) $I_{\kappa} = 1,33 \cdot 10^{-9}$ а.

§ 22. Ядролық реакциялар

22.1. 1) 12 протон және 12 нейтрон; 2) 12 протон және 13 нейтрон;
3) 12 протон және 14 нейтрон.

22.2. Бізге белгілі $\Delta M = ZM_{\text{I},H} + (M - Z)M_{\text{II}} - M_A$ Біздегі (таблицаны қараңыздар) $\Delta M = 3 \cdot 1,00814 + 4 \cdot 1,00899 - 7,01823$ м. а. б. = $= 0,04215$ м. а. б. Массаның атомдық бірлігі 931 Мэв энергияға сәйкес болғандықтан (17.20 есепті қараңыздар), ең акырындағы $^{3}\text{Li}^7$ ядроның байланысу энергиясы мынаған тен болады $W = 0,04215 \cdot 931$ Мэв = 39,3 Мэв. Осы энергияны $^{3}\text{Li}^7$ ядроны нуклондарға жіктелуі үшін жұмысалады.

22.3. $W = 28,3$ Мэв. 22.4. 225 Мэв.

22.5. 1) $W = 8,5$ Мэв; 2) $W = 7,7$ Мэв. $^{1}\text{H}^3$ ядроны $^{2}\text{He}^3$ ядронына қарағанда анағұрлым тұрақтырақ.

22.6. $W_0 = 7,97$ Мэв. 22.7. $W = 2,2$ Мэв.

— ядронына қарағанда орнықты келеді.

22.8. 1) 5,6 Мэв; 2) 7,5 Мэв; 3) 8,35 Мэв; 4) 8,55 Мэв;
5) 8,75 Мэв; 6) 8,5 Мэв; 7) 7,9 Мэв; 8) 7,6 Мэв.

22.9. Бізге белгілі $W = c^2 (\sum M_1 - \sum M_2)$ Біздің қарастырып отырған жағдайда алғашқы алынған бөлшектердің массаларының қосындысы $\sum M_1 = 7,01823 + 1,00814 = 8,02637$. Пайда болған бөлшектердің массаларының қосындысы $\sum M_2 = 4,00388 + 4,00388 = 8,00776$. Сонымен, массаның дефектісі $\Delta M = 0,01861$ м. а. б. сондықтан, реакция уақытында бөлініп шығатын энергия $W = 0,01861 \cdot 931$ Мэв = 17,3 Мэв болады.

22.10. 1,18 Мэв. 22.11. 1) 4,04 Мэв; 2) 3,26 Мэв.

22.12. 1) 18,3 Мэв; 2) 22,4 Мэв; 3) 4,02 Мэв.

22.13. $M=5,7 \cdot 10^5$ кг. 22.15. 15 Мэв. 22.16. 4,35 Мэв.

22.17. ${}_7\text{N}^{11} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{C}^{14} + {}_1\text{H}^1$; ${}_6\text{C}^{14} \rightarrow {}_{-1}\text{e}^0 + {}_7\text{N}^{14}$.

22.18. 1,1 10^{23} ыдырып/сек·кг. 22.19. $T=15$ сағ.

22.20. 1) $W_1=5,35 \cdot 10^{22}$ Мэв; 2) $W_2=3,6 \cdot 10^{29}$ Мэв.

Сонымен, $\frac{W_2}{W_1} \cong 7 \cdot 10^6$, яғни осындай түрленуді іске асыру үшін,

осы реакция уақытында бөлініп шығатын энергиядан шамамен 7 млн есе көп болатын энергия жұмсау керек.

22.21. 6,017 м. а. б.

22.22. Өткізілген цикльдің нәтижесінде, сутегінің төрт ядроны гелийдің бір ядроына айналады. Ал, өзін катализатор ретінде үстайтын көміртегін қайтадан пайдалануға болады. Осы цикльдің нәтижесінде $4,3 \cdot 10^{-12}$ дж энергияның бөлініп шығатындығын тауып алу киын емес. Екінші жағынан күн тұрақтысы мен Жердің Күнге дейінгі қашықтығын біле отырып, Күннің 1 секундтағы $W=3,8 \cdot 10^{26}$ дж сәулеле шығаруын табамыз. Егер сутегінің төрт атомы түрлендіру кезінде $4,3 \cdot 10^{-12}$ дж-га тең энергия беретін болса, онда $3,8 \cdot 10^{26}$ дж энергия шығару үшін, 1 секунд ішінде жұмсалатын сутегінің мөлшері $M=5,9 \cdot 10^{11}$ кг болатын болу керек. Күннің массасы $2 \cdot 10^{30}$ кг-ға тең болғандықтан, күн затындағы сутегінің қоры $2 \cdot 10^{30} \cdot 0,35$ кг = $7 \cdot 10^{29}$ кг-ға тең болады. Олай болса, сутегінің осы берілген қоры $4 \cdot 10^{10}$ жылға жететін болады.

22.23. $m=1,00899$ м. а. б.

22.25. Анықтама бойынша

$$k_1 = \frac{N_1}{N_2}, \quad (1)$$

мұндағы N_1 — кейбір үақыт аралығындағы пайда болған атомдар саны, ал N_2 — осы үақыт аралығындағы пысананы атқылайтын бөлшектердің саны. Басқа жағынан, препараттың активтігі 1 сек ішіндегі ыдырау санымен анықталатындықтан, мынадай болу керек

$$k_2 = \frac{\lambda N_1}{N_2} = \frac{\ln 2 N_1}{T N_2}, \quad (2)$$

мұндағы T — пайда болған радиоактивтік изотоптың жартылай ыдырау периоды. Сонымен, (1) және (2) теңдеулерден, мынаны аламыз $k_2 = \frac{\ln 2}{T} k_1$.

22.26. $k_1=2 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{500}$, яғни 500 протондардың ішінен тек қана бірсүйі реакция түгизады.

22.27. $k_1=1,2 \cdot 10^{-3}$

22.28. 2) Энергия көзін жасап болғаннан кейінгі, оның тікелей берсетін бір секундтағы ыдырау саны мынаган тең болады: $a_1 = \left(\frac{\Delta N}{\Delta t} \right) = \lambda N_1$, ал t үақыт өткеннен кейінгі бір секундтағы ыдырау саны мынаган тең:

$a_2 = \left(\frac{\Delta N}{\Delta t} \right)_2 = \lambda N_2$, мұндағы $N_2 = N_1 e^{-\lambda t}$. Осыдан a -бөлшектің $n = 4000$ -нан біреуі ғана реакция туғызатынығын ескере отырып, энергия көзіне енгізілген радион атомдарының санын табамыз.

$$N' = nN_1 = \frac{nN_2}{e^{-\alpha t}} = nN_2 e^{\lambda t}$$

Осыдан радионның массасы мынаған тәң болады:

$$M = \frac{AN'}{N_0} = \frac{A}{N_0} nN_2 e^{\lambda t} = \frac{An e^{\lambda t}}{N_0 \lambda} a_2 \quad (1)$$

Біздең $A = 222$ кг/кг-атом, $n = 4 \cdot 10^3$, $e^{\lambda t} = e^{\frac{\ln 2 t}{T}} = 2,45$, $a_2 = 1,2 \cdot 10^6$ сек $^{-1}$ және $N_0 = 6,02 \cdot 10^{26}$ кг-атом $^{-1}$.

Осы берілгендерді (1) тәңдеуге қойып, мынаны табамыз $M = 2,1 \cdot 10^{-9}$ кг = 2,1 мкг.

22.29. $9,3 \cdot 10^6$ сек $^{-1}$

22.30. 1) $W = 6,9$ Мэв;

2) $5 \cdot 77 \cdot 10^{-12}$ үйдір/сек.

22.31. m_1 , m_2 және m_3 арқылы атқылаушы а-бөлшектердің, протонның және ядроның тебуіне (біздің қарастырып отырган жағдайда оттегінің ядросы) сәйкес келетін массалық сандарын, энергияларын белгілейік.

112-сурет.

W_1 , W_2 және W_3 — олардың кинетикалық энергиясы. Қозгалыс мөлшерінің сақталу заңының векторлық формасы мынадай болады:

$$W_1 + Q = W_2 + W_3, \quad (1)$$

мұндагы Q — ядролық реакцияның энергиясы. Қозгалыс мөлшерінің сақталу заңының векторлық формасы мынадай болады:

$$\mathbf{p}_1 = \mathbf{p}_2 + \mathbf{p}_3. \quad (2)$$

(2)-ші тәңдеуден (112-суретті қарандар) қозгалыс мөлшерінің сан мәндері үшін

$$p_3^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2p_1 p_2 \cos \varphi. \quad (3)$$

$$p^2 = (mv)^2 = \frac{mv^2}{2} / 2m = W/2m, \quad (4)$$

болғандықтан (3) тәңдеу мына түрге айналады:

$$2m_3 W_3 = 2m_1 W_1 + 2m_2 W_2 - 2 \cos \varphi \sqrt{2m_1 W_1 2m_2 W_2},$$

чемесе

$$W_3 = \frac{m_1}{m_3} W_1 + \frac{m_2}{m_3} W_2 - \frac{2 \cos \varphi}{m_3} \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}. \quad (5)$$

(1) және (5) теңдеулерден W_3 энергияны алып тастап, ең ақырында, атқылаушы бөлшектердің кинетикалық энергиясын алынған бөлшектердің кинетикалық энергиясымен байланыстыратын формуласы аламыз:

$$W_1 \left(\frac{m_3 - m_1}{m_3} \right) + Q = W_2 \left(\frac{m_2 + m_3}{m_3} \right) - \frac{2 \cos \varphi}{m_3} \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}. \quad (6)$$

Мұнда $Q = -1,18$ Мэв. (6) теңдеуді $\cos \varphi$ арқылы шешіп және сан мәндерді орныша қойып, мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{m_2 + m_3}{2} \sqrt{\frac{W_2}{m_1 m_2 W_1}} - \frac{m_3 - m_1}{2} \sqrt{\frac{W_1}{m_1 m_2 W_2}} - \\ &- \frac{m_3 Q}{2 \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}} = 0,59 \text{ және } \varphi = 54^\circ. \end{aligned}$$

22.32. 1) $W_{\alpha} = 8,75$ Мэв; 2) $\varphi \approx 87^\circ$

22.33. 2) $Q = -0,78$ Мэв — реакция энергияны жүту арқылы өтептіндігін көрсетеді; 3) $W_x = |Q| \frac{M+m}{M} = 1,04$ Мэв, мұндағы M — тыныштықтагы ядроның массасы, ал m — атқылаушы бөлшектің массасы.

22.34. $W_x = 1,52$ Мэв. 22.35. $W_x = 1,89$ Мэв.

22.36. 2) $Q = -0,30$ Мэв; 3) $W_x = 0,35$ Мэв; 4) $W = W_x + Q = 0,05$ Мэв.

22.37. 1) $Q = 2,8$ Мэв; 2) $v = 9,3 \cdot 10^6$ м/сек; $W_{\alpha} = 1,8$ Мэв.

22.38. $W = 1$ Мэв. 22.39. $h\nu = 2,2$ Мэв. 22.40. $h\nu = 16,6$ Мэв.

22.41. $2,3 \cdot 10^4$ квт-саф. 22.42. $M = 31$ г.

22.43. 2) $Q = 17,6$ Мэв; 3) $W = 11,8 \cdot 10^4$ квт-саф.

§ 23. Элементар бөлшектер. Бөлшектерді үдегушілер

23.1. 1) $N = 2,2 \cdot 10^{16}$; 2) $N = 1,1 \cdot 10^{16}$

23.2. $M = 12$ м. а. б. (графит). 23.3. 92%.

23.4. 1) $\approx 100\%$; 2) 1,9%, яғни қорғасының қабатындағы нейтрондар, құрамында сутегі бар (мысалы парафин) заттың сәйкес қабатындағы қараганда нашар тәжеледі.

23.5. Қозғалмайтын протондардың үстінен ұшып келіп қонған нейтрондардың v жылдамдықтарының бағыты, бөлшектердің жан-жаққа ұшатын тік бұрышының биссектрисасы болады. Осыдан бөлшектердің жылдамдықтары бірдей және мынаған тен болады $v' = \frac{v \sqrt{2}}{2}$

Олай болса, энергия нейтрондар мен протондардың арасында орташа есеппен алғанда бірдей болып бөлінеді.

23.6. Эрбір соқтығысқан уақыттағы нейтронның энергиясы жарылай кемитін болады (алдыңғы есепті қараңыздар). Сондықтан, соқтығысқаннан кейінгі нейтронның энергиясы, мынадай болады $W = \left(\frac{1}{2}\right)^n W_0$. Осыдан $n \lg 2 = \lg \frac{W_0}{W} = \lg(2 \cdot 10^7)$ және $n = \frac{\lg(2 \cdot 10^7)}{\lg 2} = 24$ соқтығысу болады.

$$23.7. q=2 e=3,2 \cdot 10^{19} \text{ к. } 23.8. \frac{q}{m}=4,8 \cdot 10^7 \text{ к/кг.}$$

$$23.9. 1) m=1,23 \cdot 10^{-30} \text{ кг; } v=2,02 \cdot 10^8 \text{ м/сек; } W=1,8 \cdot 10^5 \text{ эв; } \frac{e}{m}=1,3 \cdot 10^{11} \text{ к/кг; } 2) v=2,52 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$$

23.10. Шарт бойынша $\frac{W}{W_0} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 30$, осыдан $v=2,998 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$ Қозғалыстағы мезонның лабораторлық сагат бойынша өмір сүру уақыты $\tau' = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}} = 30 \tau_0$. Осы уақыттың ішіндегі мезонның жүретін жолы $l=v\tau'=v \cdot 30 \tau_0 \approx 18000 \text{ м}=18 \text{ км.}$

23.11. 8 есе.

23.12. 1) Эрбір фотонның энергиясы $W_0=0,51 \text{ Мэв};$ 2) $\lambda=0,024 \text{ \AA}.$

23.13. Егер hv энергиясы бар γ -квант қос бөлшекке айналатын болса, онда энергияның сакталу заңы бойынша

$$hv=2m_0c^2+W_1+W_2,$$

мұндағы m_0c^2 — әрбір бөлшектің тыныштық энергиясы, W_1 және W_2 — бөлшектің пайда болған моментіндегі кинетикалық энергиясы. Бізде $m_0c^2=0,51 \text{ Мэв}$, ендеше, $2m_0c^2=1,02 \text{ Мэв}$. Осыдан $W_1+W_2=(2,62-1,02) \text{ Мэв}=1,60 \text{ Мэв.}$

23.14. Лоренцтің күші $Bqv=\frac{mv^2}{R}$, осыдан $B=\frac{mv}{qR}$ тен. Салыстырмалық теорияның формуласы бойынша бөлшектің импульсы $p=mv$ кинетикалық энергиясымен W мына қатынас арқылы байлаудыады $p=\frac{1}{c} \sqrt{W(W+2m_0c^2)}$, мұндағы m_0 — бөлшектің тыныштық массасы. Осыдан

$$B=\frac{1}{cqR} \sqrt{W(W+2m_0c^2)}. \quad (1)$$

Әрбір бөлшектің кинетикалық энергиясы $W=2,34 \text{ Мэв}$ болатындығын көрсету киын емес (ілгері есептің шешуін қараңыздар). (1) теңдеуге сан мәндерді койып, мынаны аламыз: $B=0,31 \text{ тл.}$

23.15. $W=67,5 \text{ Мэв. } 23.16. 940 \text{ Мэв.}$

23.17. 1) $m=273 m_0$, мұндағы m_0 — электронның тыныштықтағы массасы; 2) $v=2,48 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$

23.18. 1) $v=\frac{Bq}{2\pi m}$; 2) а) $v=9,7 \cdot 10^6 \text{ гц}=9,7 \text{ Мгц, } \text{ б) } v=19,4 \text{ Мгц, } \text{ в) } v=9,7 \text{ Мгц.}$

23.19. 1) $W=2\pi^2mv^2R^2$; 2) а) $W=13,8 \text{ Мэв}$, б) $W=6,9 \text{ Мэв}$, в) $W=27,6 \text{ Мэв}$.

23.20. 1) $B=0,9 \text{ тл}$; 2) $W=4,8 \text{ Мэв}$.

23.21. 1) $B=1,8 \text{ тл}$, $W=9,6 \text{ Мэв}$; 2) $B=1,8 \text{ тл}$, $W=19,2 \text{ Мэв}$.

23.22. 1 г радиј 1 сек ішінде $3,7 \cdot 10^{10}$ а-бөлшегін шығарады. 15 мка ток 1 сек ішіндегі $4,7 \cdot 10^{13}$ а-бөлшектің ағынына сәйкес келеді. Сонымен, осы берілген циклотронның 1 г радијге қарағандағы пайдалылығы мың есе көп.

$$23.23. U = \frac{R^2 B^2 q}{2m} = 1,2 \cdot 10^7 \text{ в.} \quad 23.24. R = 0,36 \text{ м.}$$

23.25. 1) Дейтондар мен а-бөлшектер үшін $B=1,3 \text{ вб}/\text{м}^2$, ал протондар үшін $B=0,65 \text{ вб}/\text{м}^2$.

2) Дейтондар, протондар және а-бөлшектер үшін $v=3,13 \cdot 10^7 \text{ м/сек}$. Циклотроннан ұшып шығатын бөлшектердің осы бөлшектер үшін энергиясы әр түрлі болады. Дейтондар үшін $W=10,2 \text{ Мэв}$, протондар үшін $W=5,1 \text{ Мэв}$, ал а-бөлшектер үшін $W=20,4 \text{ Мэв}$.

3) Эрбір толық айналымда зарядталған бөлшектер дуанттардың арасындағы кеңістікті екі рет етіп шығады, олай болса, екі рет қосынша импульс алатын болады. Сондықтан N айналымда зарядталған бөлшек үдетуші потенциалға $U'=2NU$, мұндағы U — дуанттардың арасына түсірілген потенциал айырмасы, эквивалентті болатын энергия алады. Осыдан $N = \frac{U'}{2U}$

Дейтондар мен а-бөлшектер үшін $N=68$, ал протондар үшін $N=34$.

23.26. $W=188 \text{ Мэв}$.

$$23.27. 1) \frac{M}{M_0} = 1,1; \quad 2) \beta = \frac{v}{c} = 0,44 \text{ және } v = 1,32 \cdot 10^8 \text{ м/сек.}$$

$$23.28. 1) B = \frac{2\pi m_0 v_0}{q} = \frac{2\pi m v}{q} = 1,62 \text{ тл.}$$

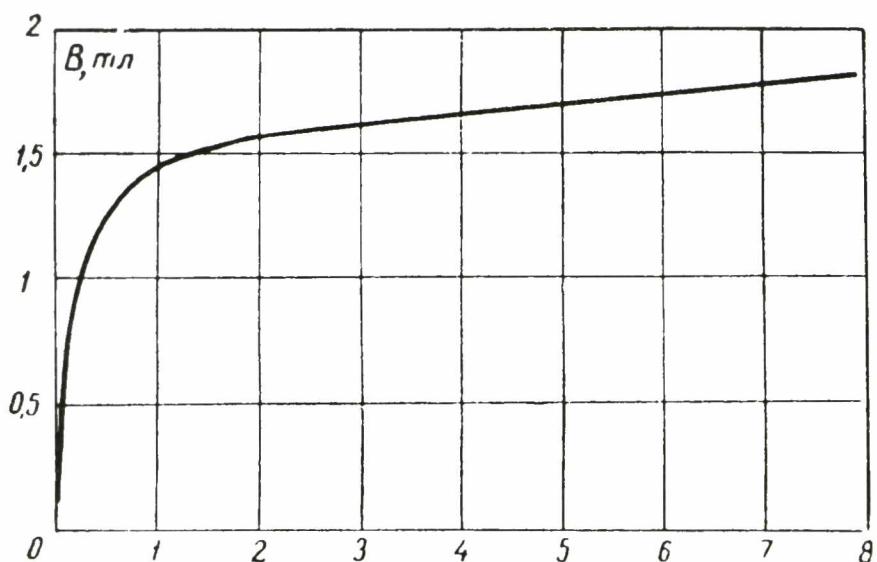
$$\frac{v_0}{v} = \frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad \text{болғандықтан,}$$

$$W = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) = \frac{m_0 c^2 (v_0 - v)}{v} = 300 \text{ Мэв болады.}$$

$$23.29. 1) \frac{T}{T_0} = 1,7; \quad 2) \frac{T}{T_0} = 1,9.$$

ҚОСЫМША

Темірдің кейбір сорты үшін берілген B индукциясының
 H магнит өрісінің кернеулігіне тәуелділігінің графигі



Электромагниттік өрістің рационализацияланған және
рационализацияланбаған формадағы теңдеулерінің
арасындағы байланыс

Электромагниттік өрістің рационализацияланған формадағы теңдеуін рационализацияланбаған формадағы теңдеуден мынадай түрлендіру арқылы алуга болады.

1) Рационализацияланбаған теңдеуге енгізілген диэлектрлік өтімділік ϵ , $4\pi\epsilon' = 4\pi\epsilon_0\epsilon$ шамамен алмастырылады, мұндағы ϵ_0 — диэлектрлік тұрақты, ал ϵ — бостықпен салыстырғандағы ортаның диэлектрлік өтімділігінің мәні, яғни ϵ шаманың әдеттегі таблицалық мәні.

2) Рационализацияланбаған тендеуге енген магниттік өтімділік

$$\frac{\mu'}{4\pi} = \frac{\mu_0\mu}{4\pi},$$

шамамен алмастырылады, мұндағы μ_0 — магниттік тұрақты, μ — бостықпен салыстырғандағы ортаның магниттік өтімділігінің мәні, яғни μ шаманың әдеттегі таблицалық мәні.

3) Рационализацияланбаған тендеуге енген $D = \epsilon E$ электр индукциясының мына шамамен алмастырады

$$4\pi D = 4\pi\epsilon_0\epsilon E.$$

4) Рационализацияланбаған тендеуге енген магнит өрісінің кернеулігі $H = \frac{B}{\mu}$ мына шамамен алмастырылады.

$$4\pi H = 4\pi \frac{B}{\mu_0\mu}.$$

Құрамында ϵ , μ , D және H шамалары болмайтын барлық тендеулер рационализацияланған және рационализацияланбаған системаларда бірдей формада болады.

Жоғарыда көрсетілген түрлендірулерді орындаі отырып, III тараудың 9 және 11-параграфта рационализацияланған және рационализацияланбаған формада берілген ең маңызды тендеулерді бір-бірімен салыстыру таблицасын құру қын емес.

	Рационализацияланбаған форма (Гаусс системасы)	Рационализацияланбаған форма (СИ)
Кулон заңы	$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$	$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$
Электр өрісінің кернеулігі	$E = \frac{F}{q}$	$E = \frac{F}{q}$
Нүктелік заряд өрісінің кернеулігі	$E = \frac{q}{\epsilon r^2}$	$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$
Гаусс теоремасы	$N_E = \frac{4\pi \sum q}{\epsilon},$ $N_Z = 4\pi \sum q$	$N_E = \frac{\sum q}{\epsilon_0\epsilon}$ $N_D = \sum q$

Ж а л ғ а с ы

	Рационализацияланған форма (Гаусс системасы)	Рационализацияланған форма (СИ)
Зарядталған жіптең пайда болған өрістің кернеулігі	$E = \frac{2\tau}{\epsilon r}$	$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$
Зарядталған жазықтықтаң пайда болған өрістің кернеулігі	$E = \frac{2\pi\sigma}{\epsilon}$	$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$
Жазық конденсатордың өрісі	$E = \frac{4\pi\sigma}{\epsilon}$	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon}$
Потенциалдар айырмасы	$U = \frac{A}{q}$	$U = \frac{A}{q}$
Нүктелік заряд өрісінің потенциалы	$U = \frac{q}{\epsilon r}$	$U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$
Өрістің кернеулігі мен потенциаларының арасындағы тәуелділік	$E = -\frac{dU}{dr}$	$E = -\frac{dU}{dr}$
Сол сияқты біртекті өріс үшін	$E = -\frac{U}{d}$	$E = -\frac{U}{d}$
Откізгіштің сыйымдылығы, заряды және потенциалдарының арасындағы тәуелділігі	$q = CU$	$d = CU$
Жазық конденсатордың сыйымдылығы	$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d}$	$C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$
Сфералық конденсатордың сыйымдылығы Шардың сыйымдылығы Зарядталған өткізгіштің энергиясы	$C = \frac{\epsilon rR}{R - r}$ $C = \epsilon r$ $W = \frac{1}{2} qU =$ $= \frac{1}{2} CU^2 =$ $= \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$	$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon rR}{R - r}$ $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r$ $W = \frac{1}{2} qU =$ $= \frac{1}{2} CU^2 =$ $= \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$

Ж а лғ а с ы

	Рационализацияланбаган форма (Гаусс системасы)	Рационализацияланған форма (СИ)
Жазық конденсатордың өрісінің энергиясы	$W = \frac{\epsilon S U^2}{8\pi d} =$ $= \frac{\epsilon E^2 S d}{8\pi} =$ $= \frac{8\pi\sigma^2}{\epsilon} S d$	$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d} =$ $= \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S d}{2} =$ $= \frac{\sigma^2 S d}{2\epsilon_0 \epsilon}$
Электр өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы	$W_0 = \frac{E^2}{8\pi}$	$W_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}$
Жазық конденсатордың пластиналарының тарту күші	$F = \frac{\epsilon E^2}{8\pi} S =$ $= \frac{\epsilon S U^2}{8\pi d^2} = \frac{2\pi\sigma^2 S}{\epsilon}$	$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S}{2} =$ $= \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon}$
Био — Савар — Лапластың заңы	$dH = \frac{1}{c} \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$	$dH = \frac{Idl \sin \alpha}{4\pi r^2}$
Дәнгелек токтың центріндегі магнит өрісінің кернеулігі	$H = \frac{1}{c} \frac{2\pi I}{R}$	$H = \frac{I}{2R}$
Тұзу токтың магнит өрісінің кернеулігі	$H = \frac{1}{c} \frac{2L}{a}$	$H = \frac{I}{2\pi a}$
Соленоидтың ішіндегі магнит өрісінің кернеулігі	$H = \frac{1}{c} 4\pi ln$	$H = ln$
Магнит өрісінің кернеулігі мен магнит индукциясының арасындағы байланыс	$B = \mu H$	$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} 4\pi H =$ $= \mu_0 \mu H$
Магнит өрісінің энергиясының тығыздығы	$W_0 = \frac{HB}{8\pi}$	$W_0 = \frac{HB}{2}$
Ампердің күші	$dF = \frac{1}{c} BI \sin \alpha dl$	$F = BI \sin \alpha dl$
Лоренцтің күші	$F = \frac{1}{c} Bqv \sin \alpha$	$F = Bdv \sin \alpha$
Параллель токтардың өзара әсер күші	$F = \frac{1}{c^2} \frac{2\mu I_1 I_2 l}{d}$	$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi d}$
Соленоидтың индуктивтігі	$L = 4\pi\mu n^2 l S$	$L = \mu_0 \mu n^2 l S$

ҚОСЫМША

Жоғарыда көрсетілген түрлендіруді орындаі отырып III тараудың 9 және 11-неге кірмей қалған формулалармен осы таблицаны толықтыру оқушылардың өздеріне тапсырылады. III тарудың 10-ғы көрсетілген барлық теңдеулерінде формалары рационализацияланған және рационализацияланбаған системаларда да бірдей болады.

I т а б л и ц а
Негізгі физикалық шамалар

Физикалық шама	Сан мәндері
Тартылыс тұрақтысы ν .	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{сек}^2$
1 киломольдегі молекулалардың саны (Авогадро саны) N_0	$6,025 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$
Қалыпты жағдайдағы нақты газдың 1 кмолінің көлемі V_0	$22,4 \text{ м}^3$
Универсал газ тұрақтысы R	$8,31 \cdot 10^3 \text{ дж/кмоль} \cdot \text{град}$
Больцманның тұрақтысы k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ дж/град}$
Фарадейдің саны F	$9,65 \cdot 10^7 \text{ к/кг-эkv}$
Стефан — Больцманның тұрақтысы σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ вт/м}^2 \cdot \text{град}^4$
Планк тұрақтысы h	$6,625 \cdot 10^{-34} \text{ дж} \cdot \text{сек}$
Электронның заряды e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ к}$
Электронның тыныштық массасы m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ м. а. б.}$ (массаның атомдық бірліктері)
Протонның тыныштық массасы m_p	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00759 \text{ м. а. б.}$
Нейтронның тыныштық массасы m_n	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00899 \text{ м. а. б.}$
Вакуумдағы жарықтың таралу жылдамдығы	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$

ҚОСЫМША

II т а б ли ц а

Кейбір астрономиялық шамалар

Жердің орташа радиусы	$6,37 \cdot 10^6$ м
Жердің орташа тығыздығы	5500 кг/м ²
Жердің массасы	$5,96 \cdot 10^{24}$ кг
Күннің радиусы	$6,95 \cdot 10^8$ м
Күннің массасы	$1,97 \cdot 10^{30}$ кг
Айдың радиусы	$1,74 \cdot 10^6$ м
Айдың массасы	$7,3 \cdot 10^{22}$ кг
Ай мен Жердің центрлерінің арасының орташа қашықтығы	$3,84 \cdot 10^8$ м
Жер мен Күннің центрлерінің арасының орташа қашықтығы	$1,5 \cdot 10^{11}$ м
Айдың Жерді айналып шығу периоды	27 тәулік 7 сағ 43 мин
Күннің орташа тығыздығы	1400 кг/м ³

III таблика

Күн системасының планеталары жөніндегі кейір мағіметтер

	Меркурий	Шолпан	Жер	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
Күннен есептегендегі орташа кашыктық, млн. км	57,9	108,0	149,5	227,8	777,8	1426,1	2869,1	4495,6	5229
Күнді айналып шығу периоды	0,24	0,62	1,0	1,88	11,86	29,46	84,02	164,8	249,7
Экваторлық дінаметр, км	4840	12 400	12 742	6780	139 760	115 100	51 000	50 000	—
Жердің көлеміне карагандағы көлем	0,055	0,92	1,0	0,150	1345	767	73,5	59,5	—
Жердің массасына карагандағы масса	0,054	0,81	1,0	0,107	318,4	95,2	14,58	17,26	—
Жердің бетіндегі салмак күшінің үдеуіне карагандағы салмак күшінің үдеуі	0,38	0,85	1,0	0,38	2,64	1,17	0,92	1,14	—

IV таблиза

Атомдар мен молекулалардың диаметрлері

Гелий (He)	$2 \cdot 10^{-10}$ м
Сүтегі (H ₂)	$2,3 \cdot 10^{-10}$ м
Оттегі (O ₂)	$3 \cdot 10^{-10}$ м
Азот (N ₂)	$3 \cdot 10^{-10}$ м

V таблиза

T_K және p_K-ның кризистік мәндері

Заты	T _K , K	p _K , атм	p _K · 10 ⁻⁶ , Н/м ²
Судың буы	647	217	22,0
Қемір қышқылды газ	304	73	7,4
Оттегі	154	50	5,07
Аргон	151	48	4,87
Азот	126	33,6	3,4
Сүтегі	33	12,8	1,3
Гелий	5,2	2,25	0,23

VI таблиза

Әр түрлі температурада кеңістікті қанықтыратын су буының серпімділігі

t, ° С	P _K , мм сын. бағ.	t, ° С	P _K , мм сын. бағ.
-5	3,01	16	13,6
0	4,58	18	15,5
1	4,93	20	17,5
2	5,29	25	23,8
3	5,69	30	31,8
4	6,10	40	55,3
5	6,54	50	92,5
6	7,01	60	149
7	7,71	70	234
8	8,05	80	355
9	8,61	90	526
10	9,21	100	760
12	10,5	150	4,8 атм
14	12,0	200	15,3 атм

VII т а б л и ц а

Әр түрлі температурадағы судың меншікті булану жылуы

$t, {}^{\circ}\text{C}$	0	50	100	200
$r, \text{кал}/\text{г}$	595	568	539	464
$r \cdot 10^{-5} \text{ дж}/\text{кг}$	24,9	23,8	22,6	19,4

VIII т а б л и ц а

Кейбір сұйықтардың қасиеттері

Сұйықтар	Тығыздығы $\text{кг}/\text{м}^3$	20°C температурадағы меншік- ті жылу сыйымдылығы		$20^{\circ}\text{C}-\text{ғы},$ беттік кеңілудің коэффи- циенті, $\text{n}/\text{м}$
		$\text{дж}/\text{кг. град}$	$\text{кал}/\text{г. град}$	
Бензол	880	1720	0,41	0,03
Су	1000	4190	1,0	0,073
Глицерин	1200	2430	0,58	0,064
Кастор майы	900	1800	0,43	0,035
Керосин	800	2140	0,051	0,03
Сынап	13 600	138	0,033	0,5
Спирт	790	2510	0,6	0,02

IX таблиза

Кейбір қатты денелердің қасиеттері

Заттар	Тұбындыры, кг м ³	Балқу температурасы, °С	Меншікті жылу сыйымдаудыры		Меншікті балқу жылуы дж.кг	Жытулық үзындық үлгаю коэффициенті, град ⁻¹
			дж/кг. град	ккал/кг град		
Алюминий	2600	659	890	0,214	$3,22 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Темір	7900	1530	500	0,119	$2,72 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Жез (латунь)	8400	900	386	0,092	—	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Мұз	900	0	2100	0,5	$3,35 \cdot 10^5$	—
Мыс	8600	1100	395	0,094	$1,76 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Қалайы	7200	232	230	0,055	$5,86 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Платина	21400	1770	117	0,028	$1,13 \cdot 10^5$	$0,89 \cdot 10^{-5}$
Пробка	200	—	2050	0,49	—	—
Корғасын	11300	327	126	0,030	$2,26 \cdot 10^4$	$2,97 \cdot 10^{-5}$
Күміс	10500	960	234	0,056	$8,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Болат	7700	1300	460	0,11	—	$1,06 \cdot 10^{-5}$
Мырыш	7000	420	391	0,093	$1,17 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

X таблиза

Кейбір қатты денелердің серпімдік қасиеттері

Заттар	Беріктік шегі		Юнга модулі
	Н/м ²	Н/м ²	
Алюминий	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^{10}$	
Темір	$2,94 \cdot 10^8$	$19,6 \cdot 10^{10}$	
Мыс	$2,45 \cdot 10^8$	$11,8 \cdot 10^{10}$	
Корғасын	$0,2 \cdot 10^8$	$1,57 \cdot 10^{10}$	
Күміс	$2,9 \cdot 10^8$	$7,4 \cdot 10^{10}$	
Болат	$7,85 \cdot 10^8$	$21,6 \cdot 10^{10}$	

XI таблица

**Кейбір қатты денелердің жылу өткізгіштігі
(λ вт/м · град)**

Алюминий	210
Киіз	0,046
Темір	58,7
Ерітілген кварц	1,37
Мыс	390
Құрғақ күм	0,325
Пробка	0,050
Күміс	460
Эбонит	0,174

XII таблица

**Диэлектриктердің диэлектрлік
өтімділігі**

Балауыз	7,8
Су	81
Керосин	2
Май	5
Парафин	2
Слюда	6
Шыны	6
Фарфор	6
Эбонит	2,6
Парафинделген қағаз	2

XIII таблица

**Откізгіштердің меншікті
кедегісі**
(0°C кезінде $\text{ом} \cdot \text{м}$ есебімен)

Алюминий	.2,53	10^{-8}
Графит	3,9	10^{-7}
Темір	8,7	10^{-8}
Мыс	1,7	10^{-8}
Нихром	1	10^{-6}
Сынап	9,4	10^{-7}
Корғасын	2,2	10^{-7}
Болат	1,0	10^{-7}

XIV таблица

**Электролиттердегі иондардың
қозғалыштығы**
($\text{м}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ есебімен)

NO_3^-	$6,4 \cdot 10^{-8}$
H^+	$3,46 \cdot 10^{-7}$
K^+	$6,7 \cdot 10^{-8}$
Cl^-	$6,8 \cdot 10^{-8}$
Ag^+	$5,6 \cdot 10^{-8}$

XV таблица

**Электрондардың металдан
шығу жұмысы**
(эв есебімен)

W	4,5
W+Cs	1,6
W+Th	2,63
Pt+Cs	1,40
Pt	5,3
Ag	4,74
Li	2,4
Na	2,3
K	2,0
Cs	1,9

XVI т а б ли ц а

Сыну көрсеткіштері

Алмас	2,42	Күкірт көміртегі	1,63
Су	1,33	Скипидар	1,48
Мұз	1,31	Шыны	1,5—1,9

XVII т а б ли ц а

Антикатодтың әр түрлі материалдарына арналған рентген сәулелерінің К-сериясы шекаралары (\AA есебімен)

Вольфрам	0,178	Платина	0,158
Алтын	0,153	Күміс	0,484
Мыс	1,38		

XVIII т а б ли ц а

Сынап дөғасының спектрлік сыйықтары (\AA есебімен)

2537	4047	5461	6128
3650	4358	5770	6908
3655	5235	5791	7082

XIX таблица

Кейбір изотоптардың массалары (а. б. м. есебімен)

Изотоп	Масса	Изотоп	Масса	Изотоп	Масса
${}_1^1\text{H}$	1,00814	${}_4^9\text{Be}$	9,01505	${}_{14}^{30}\text{Si}$	29,98325
${}_1^2\text{H}$	2,01474	${}_5^{10}\text{B}$	10,01612	${}_{20}^{40}\text{Ca}$	39,97542
${}_1^3\text{H}$	3,01700	${}_{6}^{12}\text{C}$	12,00380	${}_{27}^{56}\text{Co}$	55,95769
${}_2^3\text{He}$	3,01699	${}_{7}^{13}\text{N}$	13,00987	${}_{29}^{63}\text{Cu}$	62,94962
${}_2^4\text{He}$	4,00388	${}_{7}^{14}\text{N}$	14,00752	${}_{48}^{113}\text{Cd}$	112,94206
${}_3^6\text{Li}$	6,01703	${}_{8}^{17}\text{O}$	17,00453	${}_{83}^{200}\text{Hg}$	200,02800
${}_3^7\text{Li}$	7,01823	${}_{12}^{23}\text{Mg}$	23,00145	${}_{92}^{235}\text{U}$	235,11750
${}_4^7\text{Be}$	7,01916	${}_{12}^{24}\text{Mg}$	23,99257	${}_{92}^{238}\text{U}$	238,12376
${}_4^8\text{Be}$	8,00785	${}_{13}^{27}\text{Al}$	26,99010		

XX таблица

Кейбір радиоактивті элементтердің жартылай ыдырауы

${}_{20}^{45}\text{Ca}$	164 тәулік
${}_{38}^{90}\text{Sr}$	28 жыл
${}_{84}^{210}\text{Po}$	138 тәулік
${}_{86}^{222}\text{Rn}$	3,82 тәулік
${}_{88}^{226}\text{Ra}$	1590 жыл
${}_{92}^{235}\text{U}$	$7,1 \cdot 10^8$ жыл
${}_{92}^{238}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ жыл

ХХI таблица

Оңдық логарифмдер

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4 8 12	17 21 25	29 33 37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4 8 11	15 19 23	26 30 34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3 7 10	14 17 21	24 28 31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1450	3 6 10	13 16 19	23 26 29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3 6 9	12 15 18	21 24 27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3 6 8	11 14 17	20 22 25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3 5 8	11 13 16	18 21 24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2 5 7	10 12 15	17 20 22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2 5 7	9 12 14	16 19 21
19	2788	2810	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2 4 7	9 11 13	16 18 20	
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2 4 6	8 11 13	15 17 19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2 4 6	8 10 12	14 16 18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2 4 6	8 10 12	14 15 17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2 4 6	7 9 11	13 15 17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2 4 5	7 9 11	12 14 16.
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2 3 5	7 9 10	12 14 15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2 3 5	7 8 10	11 13 15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2 3 5	6 8 9	11 13 14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2 3 5	6 8 9	11 12 14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1 3 4	6 7 9	10 12 13

30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	5113	5117	5121	5125	5129	5132	5136	5140	5144	5148	5152	5156	5160	5164	5168	5172	5176	5180	5184	5188	5192	5196	5200	5204	5208	5212	5216	5220	5224	5228	5232	5236	5240	5244	5248	5252	5256	5260	5264	5268	5272	5276	5280	5284	5288	5292	5296	5300	5304	5308	5312	5316	5320	5324	5328	5332	5336	5340	5344	5348	5352	5356	5360	5364	5368	5372	5376	5380	5384	5388	5392	5396	5400	5404	5408	5412	5416	5420	5424	5428	5432	5436	5440	5444	5448	5452	5456	5460	5464	5468	5472	5476	5480	5484	5488	5492	5496	5500	5504	5508	5512	5516	5520	5524	5528	5532	5536	5540	5544	5548	5552	5556	5560	5564	5568	5572	5576	5580	5584	5588	5592	5596	5600	5604	5608	5612	5616	5620	5624	5628	5632	5636	5640	5644	5648	5652	5656	5660	5664	5668	5672	5676	5680	5684	5688	5692	5696	5700	5704	5708	5712	5716	5720	5724	5728	5732	5736	5740	5744	5748	5752	5756	5760	5764	5768	5772	5776	5780	5784	5788	5792	5796	5800	5804	5808	5812	5816	5820	5824	5828	5832	5836	5840	5844	5848	5852	5856	5860	5864	5868	5872	5876	5880	5884	5888	5892	5896	5900	5904	5908	5912	5916	5920	5924	5928	5932	5936	5940	5944	5948	5952	5956	5960	5964	5968	5972	5976	5980	5984	5988	5992	5996	6000	6004	6008	6012	6016	6020	6024	6028	6032	6036	6040	6044	6048	6052	6056	6060	6064	6068	6072	6076	6080	6084	6088	6092	6096	6100	6104	6108	6112	6116	6120	6124	6128	6132	6136	6140	6144	6148	6152	6156	6160	6164	6168	6172	6176	6180	6184	6188	6192	6196	6200	6204	6208	6212	6216	6220	6224	6228	6232	6236	6240	6244	6248	6252	6256	6260	6264	6268	6272	6276	6280	6284	6288	6292	6296	6300	6304	6308	6312	6316	6320	6324	6328	6332	6336	6340	6344	6348	6352	6356	6360	6364	6368	6372	6376	6380	6384	6388	6392	6396	6400	6404	6408	6412	6416	6420	6424	6428	6432	6436	6440	6444	6448	6452	6456	6460	6464	6468	6472	6476	6480	6484	6488	6492	6496	6500	6504	6508	6512	6516	6520	6524	6528	6532	6536	6540	6544	6548	6552	6556	6560	6564	6568	6572	6576	6580	6584	6588	6592	6596	6600	6604	6608	6612	6616	6620	6624	6628	6632	6636	6640	6644	6648	6652	6656	6660	6664	6668	6672	6676	6680	6684	6688	6692	6696	6700	6704	6708	6712	6716	6720	6724	6728	6732	6736	6740	6744	6748	6752	6756	6760	6764	6768	6772	6776	6780	6784	6788	6792	6796	6800	6804	6808	6812	6816	6820	6824	6828	6832	6836	6840	6844	6848	6852	6856	6860	6864	6868	6872	6876	6880	6884	6888	6892	6896	6900	6904	6908	6912	6916	6920	6924	6928	6932	6936	6940	6944	6948	6952	6956	6960	6964	6968	6972	6976	6980	6984	6988	6992	6996	7000	7004	7008	7012	7016	7020	7024	7028	7032	7036	7040	7044	7048	7052	7056	7060	7064	7068	7072	7076	7080	7084	7088	7092	7096	7100	7104	7108	7112	7116	7120	7124	7128	7132	7136	7140	7144	7148	7152	7156	7160	7164	7168	7172	7176	7180	7184	7188	7192	7196	7200	7204	7208	7212	7216	7220	7224	7228	7232	7236	7240	7244	7248	7252	7256	7260	7264	7268	7272	7276	7280	7284	7288	7292	7296	7300	7304	7308	7312	7316	7320	7324	7328	7332	7336	7340	7344	7348	7352	7356	7360	7364	7368	7372	7376	7380	7384	7388	7392	7396
31	4628	4642	4656	4670	4684	4698	4712	4726	4740	4754	4768	4782	4796	4810	4824	4838	4852	4866	4880	4894	4908	4922	4936	4950	4964	4978	4992	5006	5020	5034	5048	5062	5076	5090	5104	5118	5132	5146	5160	5174	5188	5202	5216	5230	5244	5258	5272	5286	5300	5314	5328	5342	5356	5370	5384	5398	5412	5426	5440	5454	5468	5482	5496	5510	5524	5538	5552	5566	5580	5594	5608	5622	5636	5650	5664	5678	5692	5706	5720	5734	5748	5762	5776	5790	5804	5818	5832	5846	5860	5874	5888	5902	5916	5930	5944	5958	5972	5986	5900	5914	5928	5942	5956	5970	5984	5998	6012	6026	6040	6054	6068	6082	6096	6110	6124	6138	6152	6166	6180	6194	6208	6222	6236	6250	6264	6278	6292	6306	6320	6334	6348	6362	6376	6390	6404	6418	6432	6446	6460	6474	6488	6502	6516	6530	6544	6558	6572	6586	6500	6514	6528	6542	6556	6570	6584	6598	6612	6626	6640	6654	6668	6682	6696	671																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

XXI-табл. жағасы

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	2	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	2	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	2	3	4	4	5	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	2	3	4	4	5	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	2	3	3	4	5	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	2	3	3	4	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	2	3	3	4	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	2	3	3	4	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	2	3	3	4	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	2	3	3	4	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	2	3	3	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	3	4	4	5
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	3	4	4	5
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	3	4	4	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	3	4	4	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	3	4	4	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	3	4	4	5

XXII таблиса

Синустар

Гра- дустар	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Гра- дустар
0	0,0000	0,0017	0,0035	0,0052	0,0070	0,0087	0,0105	0,0122	0,0140	0,0157	0,0175	89
1	0,0175	0,0192	0,0209	0,0227	0,0244	0,0262	0,0279	0,0297	0,0314	0,0332	0,0349	88
2	0,0349	0,0366	0,0384	0,0401	0,0419	0,0436	0,0454	0,0471	0,0488	0,0506	0,0523	87
3	0,0523	0,0541	0,0558	0,0576	0,0593	0,0610	0,0628	0,0645	0,0663	0,0680	0,0698	86
4	0,0698	0,0715	0,0732	0,0750	0,0767	0,0785	0,0802	0,0819	0,0837	0,0854	0,0872	85
5	0,0872	0,0889	0,0906	0,0924	0,0941	0,0958	0,0976	0,0993	0,1011	0,1028	0,1045	84
6	0,1015	0,1063	0,1080	0,1097	0,1115	0,1132	0,1149	0,1167	0,1184	0,1201	0,1219	83
7	0,1219	0,1236	0,1253	0,1271	0,1288	0,1305	0,1323	0,1340	0,1357	0,1374	0,1392	82
8	0,1392	0,1409	0,1426	0,1444	0,1461	0,1478	0,1495	0,1513	0,1530	0,1547	0,1564	81
9	0,1564	0,1582	0,1599	0,1616	0,1633	0,1650	0,1668	0,1685	0,1702	0,1719	0,1736	80
10	0,1736	0,1754	0,1771	0,1788	0,1805	0,1822	0,1840	0,1857	0,1874	0,1891	0,1908	79
11	0,1908	0,1925	0,1942	0,1959	0,1977	0,1994	0,2011	0,2028	0,2045	0,2062	0,2079	78
12	0,2079	0,2096	0,2113	0,2130	0,2147	0,2164	0,2181	0,2198	0,2215	0,2233	0,2250	77
13	0,2250	0,2267	0,2284	0,2300	0,2317	0,2334	0,2351	0,2368	0,2385	0,2402	0,2419	76
14	0,2419	0,2436	0,2453	0,2470	0,2487	0,2504	0,2521	0,2538	0,2554	0,2571	0,2588	75
15	0,2588	0,2605	0,2622	0,2639	0,2656	0,2672	0,2689	0,2706	0,2724	0,2740	0,2756	74
16	0,2756	0,2773	0,2790	0,2807	0,2823	0,2840	0,2857	0,2874	0,2890	0,2907	0,2924	73
17	0,2924	0,2940	0,2957	0,2974	0,2990	0,3007	0,3024	0,3040	0,3057	0,3074	0,3090	72
18	0,3090	0,3107	0,3123	0,3140	0,3156	0,3173	0,3190	0,3206	0,3223	0,3239	0,3256	71
19	0,3256	0,3272	0,3289	0,3305	0,3322	0,3338	0,3355	0,3371	0,3387	0,3404	0,3420	70

Гра- дустар	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
	60'	54'	48'	42'	33'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Гра- дустар
20	0,3420	0,3437	0,3453	0,3469	0,3486	0,3502	0,3518	0,3535	0,3551	0,3567	0,3584	69
21	0,3584	0,3610	0,3616	0,3633	0,3649	0,3665	0,3681	0,3697	0,3714	0,3730	0,3746	68
22	0,3746	0,3762	0,3778	0,3795	0,3811	0,3827	0,3843	0,3859	0,3875	0,3891	0,3907	67
23	0,3907	0,3923	0,3939	0,3955	0,3971	0,3987	0,4003	0,4019	0,4035	0,4051	0,4067	66
24	0,4067	0,4083	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4163	0,4179	0,4195	0,4210	0,4226	65
25	0,4226	0,4242	0,4258	0,4274	0,4289	0,4305	0,4321	0,4337	0,4352	0,4368	0,4384	64
26	0,4384	0,4399	0,4415	0,4431	0,4446	0,4462	0,4478	0,4493	0,4509	0,4524	0,4540	63
27	0,4540	0,4555	0,4571	0,4586	0,4602	0,4617	0,4633	0,4648	0,4664	0,4679	0,4695	62
28	0,4695	0,4710	0,4725	0,4741	0,4756	0,4772	0,4787	0,4802	0,4818	0,4833	0,4848	61
29	0,4848	0,4863	0,4879	0,4894	0,4909	0,4924	0,4939	0,4955	0,4970	0,4985	0,5000	60
30	0,5000	0,5015	0,5030	0,5045	0,5060	0,5075	0,5090	0,5105	0,5120	0,5135	0,5150	59
31	0,5150	0,5165	0,5180	0,5195	0,5210	0,5225	0,5240	0,5255	0,5270	0,5284	0,5299	58
32	0,5299	0,5314	0,5329	0,5344	0,5358	0,5373	0,5388	0,5402	0,5417	0,5432	0,5446	57
33	0,5446	0,5461	0,5476	0,5490	0,5505	0,5519	0,5534	0,5548	0,5563	0,5877	0,5592	56
34	0,5592	0,5605	0,5621	0,5635	0,5650	0,5664	0,5678	0,5693	0,5707	0,5721	0,5736	55
35	0,5736	0,5750	0,5764	0,5779	0,5793	0,5807	0,5821	0,5835	0,5850	0,5864	0,5878	54
36	0,5878	0,5892	0,5906	0,5920	0,5934	0,5948	0,5962	0,5976	0,5990	0,6004	0,6018	53
37	0,6018	0,6032	0,6045	0,6050	0,6074	0,6088	0,6101	0,6115	0,6129	0,6143	0,6157	52
38	0,6157	0,6170	0,6184	0,6198	0,6211	0,6225	0,6239	0,6252	0,6266	0,6280	0,6293	51
39	0,6293	0,6307	0,6320	0,6334	0,6347	0,6361	0,6374	0,6388	0,6401	0,6414	0,6428	50
40	0,6428	0,6441	0,6455	0,6468	0,6481	0,6494	0,6508	0,6521	0,6534	0,6547	0,6561	49
41	0,6561	0,6574	0,6587	0,6600	0,6613	0,6626	0,6639	0,6652	0,6665	0,6678	0,6691	48
42	0,6691	0,6704	0,6717	0,6730	0,6743	0,6756	0,6769	0,6782	0,6794	0,6807	0,6820	47
43	0,6820	0,6833	0,6845	0,6858	0,6871	0,6884	0,6896	0,6909	0,6921	0,6934	0,6947	46
44	0,6947	0,6959	0,6972	0,6984	0,6997	0,7009	0,7022	0,7034	0,7046	0,7059	0,7071	45

XXII таблица ның жалғасы

Гра- дустар	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
45	0,7071	0,7083	0,7096	0,7108	0,7120	0,7133	0,7145	0,7157	0,7169	0,7181	0,7193	44
46	0,7193	0,7206	0,7218	0,7230	0,7242	0,7254	0,7266	0,7278	0,7290	0,7302	0,7314	43
47	0,7314	0,7325	0,7337	0,7349	0,7361	0,7373	0,7385	0,7396	0,7408	0,7420	0,7431	42
48	0,7431	0,7443	0,7455	0,7466	0,7478	0,7490	0,7501	0,7513	0,7524	0,7536	0,7547	41
49	0,7547	0,7559	0,7570	0,7581	0,7593	0,7604	0,7615	0,7627	0,7638	0,7649	0,7660	40
50	0,7660	0,7672	0,7683	0,7694	0,7705	0,7716	0,7727	0,7738	0,7749	0,7760	0,7771	39
51	0,7771	0,7782	0,7793	0,7804	0,7815	0,7826	0,7837	0,7848	0,7859	0,7869	0,7880	38
52	0,7880	0,7891	0,7902	0,7912	0,7923	0,7934	0,7944	0,7955	0,7965	0,7976	0,7986	37
53	0,7986	0,7997	0,8007	0,8018	0,8028	0,8039	0,8049	0,8059	0,8070	0,8080	0,8090	36
54	0,8090	0,8100	0,8111	0,8121	0,8131	0,8141	0,8151	0,8161	0,8171	0,8181	0,8192	35
55	0,8192	0,8202	0,8211	0,8221	0,8231	0,8241	0,8251	0,8261	0,8271	0,8281	0,8290	34
56	0,8290	0,8300	0,8310	0,8320	0,8329	0,8339	0,8348	0,8358	0,8368	0,8377	0,8387	33
57	0,8387	0,8396	0,8406	0,8415	0,8425	0,8434	0,8443	0,8453	0,8462	0,8471	0,8480	32
58	0,8480	0,8490	0,8499	0,8508	0,8517	0,8526	0,8536	0,8545	0,8554	0,8563	0,8572	31
59	0,8572	0,8581	0,8590	0,8599	0,8607	0,8616	0,8625	0,8634	0,8643	0,8652	0,8660	30
60	0,8660	0,8669	0,8678	0,8686	0,8695	0,8704	0,8712	0,8721	0,8729	0,8738	0,8746	29
61	0,8746	0,8755	0,8763	0,8771	0,8780	0,8788	0,8796	0,8805	0,8813	0,8821	0,8829	28
62	0,8829	0,8838	0,8846	0,8854	0,8862	0,8870	0,8878	0,8886	0,8894	0,8902	0,8910	27
63	0,8910	0,8918	0,8926	0,8934	0,8942	0,8949	0,8957	0,8965	0,8973	0,8980	0,8988	26
64	0,8988	0,8996	0,9003	0,9011	0,9018	0,9026	0,9033	0,9041	0,9048	0,9056	0,9063	25
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Гра- дустар

Гра- дустар	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
65	0,9063	0,9070	0,9078	0,9085	0,9092	0,9100	0,9107	0,9114	0,9121	0,9128	0,9135	24
66	0,9135	0,9143	0,9150	0,9157	0,9164	0,9171	0,9178	0,9184	0,9191	0,9198	0,9205	23
67	0,9205	0,9212	0,9219	0,9225	0,9232	0,9239	0,9245	0,9252	0,9259	0,9265	0,9272	22
68	0,9272	0,9278	0,9285	0,9291	0,9298	0,9304	0,9311	0,9317	0,9323	0,9330	0,9336	21
69	0,9336	0,9342	0,9348	0,9354	0,9361	0,9367	0,9373	0,9379	0,9385	0,9391	0,9397	20
70	0,9397	0,9403	0,9409	0,9415	0,9421	0,9426	0,9433	0,9438	0,9444	0,9449	0,9455	19
71	0,9455	0,9461	0,9466	0,9472	0,9478	0,9483	0,9489	0,9494	0,9500	0,9505	0,9511	18
72	0,9511	0,9516	0,9521	0,9527	0,9532	0,9537	0,9542	0,9548	0,9553	0,9558	0,9563	17
73	0,9563	0,9568	0,9573	0,9578	0,9583	0,9588	0,9593	0,9598	0,9606	0,9608	0,9613	16
74	0,9613	0,9617	0,9622	0,9627	0,9632	0,9636	0,9641	0,9646	0,9650	0,9655	0,9659	15
75	0,9659	0,9664	0,9668	0,9673	0,9677	0,9681	0,9686	0,9690	0,9694	0,9699	0,9703	14
76	0,9703	0,9707	0,9711	0,9715	0,9720	0,9724	0,9728	0,9732	0,9736	0,9740	0,9744	13
77	0,9744	0,9748	0,9751	0,9755	0,9759	0,9763	0,9767	0,9770	0,9774	0,9778	0,9781	12
78	0,9781	0,9785	0,9789	0,9792	0,9796	0,9799	0,9803	0,9806	0,9810	0,9813	0,9816	11
79	0,9816	0,9820	0,9823	0,9826	0,9829	0,9833	0,9836	0,9839	0,9842	0,9845	0,9848	10
80	0,9848	0,9851	0,9854	0,9857	0,9860	0,9863	0,9866	0,9869	0,9871	0,9874	0,9877	9
81	0,9877	0,9880	0,9882	0,9885	0,9888	0,9890	0,9893	0,9895	0,9898	0,9900	0,9903	8
82	0,9903	0,9905	0,9907	0,9910	0,9912	0,9914	0,9917	0,9919	0,9921	0,9923	0,9925	7
83	0,9925	0,9928	0,9930	0,9932	0,9934	0,9936	0,9938	0,9940	0,9942	0,9943	0,9945	6
84	0,9945	0,9947	0,9949	0,9951	0,9952	0,9954	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9962	5
85	0,9962	0,9963	0,9965	0,9966	0,9968	0,9969	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	0,9976	4
86	0,9976	0,9977	0,9978	0,9979	0,9980	0,9981	0,9982	0,9983	0,9984	0,9985	0,9986	3
87	0,9986	0,9987	0,9988	0,9989	0,9990	0,9991	0,9992	0,9993	0,9994	0,9995	0,9996	2
88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9998	0,9998	0,9998	1
89	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Гра- дустар

Косинустер

Тангенстер

ХХIII таблика

градус-тар	Тангенстер										градус-тар		
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	1'	2'	3'	4'	5'	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	3	6	9	12	14	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	3	6	9	12	15	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524	3	6	9	12	15	87
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699	3	6	9	12	15	86
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875	3	6	9	12	15	85
5	0,0875	0,0904	0,0934	0,0963	0,0992	0,1022	0,1051	3	6	9	12	15	84
6	0,1051	0,1080	0,1110	0,1139	0,1169	0,1198	0,1228	3	6	9	12	15	83
7	0,1228	0,1257	0,1287	0,1317	0,1346	0,1376	0,1405	3	6	9	12	15	82
8	0,1405	0,1435	0,1465	0,1495	0,1524	0,1554	0,1584	3	6	9	12	15	81
9	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1733	0,1763	3	6	9	12	15	80
10	0,1763	0,1793	0,1823	0,1853	0,1883	0,1914	0,1944	3	6	9	12	15	79
11	0,1944	0,1974	0,2004	0,2035	0,2065	0,2095	0,2126	3	6	9	12	15	78
12	0,2126	0,2156	0,2186	0,2217	0,2247	0,2278	0,2309	3	6	9	12	15	77
13	0,2309	0,2339	0,2370	0,2401	0,2432	0,2462	0,2493	3	6	9	12	15	76
14	0,2493	0,2524	0,2555	0,2586	0,2617	0,2648	0,2679	3	6	9	12	16	75
15	0,2679	0,2711	0,2742	0,2773	0,2805	0,2836	0,2867	3	6	9	13	16	74
16	0,2867	0,2899	0,2931	0,2962	0,2994	0,3026	0,3057	3	6	9	13	16	73
17	0,3057	0,3089	0,3121	0,3153	0,3185	0,3217	0,3249	3	6	9	13	16	72
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443	3	6	9	13	16	71
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640	3	6	9	13	17	70
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	1'						

Градус-тад	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	1'	2'	3'	4'	5'	
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'						Градус-тад
20	0,3640	0,3673	0,3706	0,3739	0,3772	0,3805	0,3839	3	7	10	13	17	69
21	0,3839	0,3872	0,3906	0,3939	0,3973	0,4006	0,4040	3	7	10	13	17	68
22	0,4040	0,4074	0,4108	0,4142	0,4176	0,4210	0,4245	3	7	10	14	17	67
23	0,4245	0,4279	0,4314	0,4348	0,4383	0,4417	0,4452	3	7	10	14	17	66
24	0,4452	0,4487	0,4522	0,4557	0,4592	0,4628	0,4663	4	7	10	14	18	65
25	0,4663	0,4899	0,4734	0,4770	0,4806	0,4841	0,4877	4	7	11	14	18	64
26	0,4877	0,4913	0,4950	0,4986	0,5022	0,5059	0,5095	4	7	11	15	18	63
27	0,5095	0,5132	0,5169	0,5206	0,5243	0,5280	0,5317	4	7	11	15	18	62
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5545	4	8	11	15	19	61
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774	4	8	12	15	19	60
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009	4	8	12	16	20	59
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249	4	8	12	16	20	58
32	0,6249	0,6289	0,6320	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494	4	8	12	16	20	57
33	0,6494	0,6536	0,6577	0,6619	0,6661	0,6703	0,6745	4	8	13	17	21	56
34	0,6745	0,6787	0,6830	0,6873	0,6916	0,6959	0,7002	4	9	13	17	21	55
35	0,7002	0,7046	0,7089	0,7133	0,7177	0,7221	0,7265	4	9	13	18	22	54
36	0,7265	0,7310	0,7355	0,7400	0,7445	0,7490	0,7536	5	9	14	18	23	53
37	0,7536	0,7581	0,7627	0,7673	0,7720	0,7766	0,7813	5	9	14	18	23	52
38	0,7813	0,7860	0,7907	0,7954	0,8002	0,8050	0,8098	5	10	14	19	24	51
39	0,8098	0,8146	0,8195	0,8243	0,8292	0,8342	0,8391	5	10	15	20	24	50
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'						Градус-тад

ХХIII табличаның жағасы

Градус-тар	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	1'	2'	3'	4'	5'	
40	0,8391	0,8441	0,8491	0,8541	0,8591	0,8642	0,8693	5	10	15	20	25	49
41	0,8693	0,8744	0,8796	0,8847	0,8899	0,8952	0,9004	5	10	16	21	26	48
42	0,9004	0,9057	0,9110	0,9163	0,9217	0,9271	0,9325	5	11	16	21	27	47
43	0,9325	0,9380	0,9435	0,9490	0,9545	0,9601	0,9657	6	11	17	22	28	46
44	0,9657	0,9713	0,9770	0,9827	0,9884	0,9942	1,0000	6	11	17	23	29	45
45	1,0000	1,0060	1,0117	1,0176	1,0237	1,0295	1,0355	6	12	18	25	30	44
46	1,0355	1,0417	1,0477	1,0538	1,0600	1,0661	1,0724	6	12	18	25	31	43
47	1,0724	1,0786	1,0850	1,0913	1,0976	1,1041	1,1106	6	13	19	25	32	42
48	1,1106	1,1171	1,1237	1,1303	1,1369	1,1436	1,1504	7	13	20	26	33	41
49	1,1504	1,1571	1,1640	1,1708	1,1778	1,1847	1,1918	7	14	21	27	34	40
50	1,1918	1,1989	1,2059	1,2131	1,2203	1,2275	1,2349	7	14	22	29	36	39
51	1,2349	1,2423	1,2497	1,2572	1,2647	1,2723	1,2799	8	15	23	30	38	38
52	1,2799	1,2877	1,2954	1,3032	1,3110	1,3191	1,3270	8	16	23	31	39	37
53	1,3270	1,3352	1,3432	1,3514	1,3597	1,3680	1,3764	8	16	25	33	41	36
54	1,3764	1,3848	1,3933	1,4019	1,4105	1,4193	1,4281	9	17	26	34	43	35
55	1,4281	1,4371	1,4460	1,4550	1,4641	1,4733	1,4826	9	18	27	36	45	34
56	1,4826	1,4920	1,5012	1,5108	1,5204	1,5301	1,5399	10	19	29	38	48	33
57	1,5399	1,5498	1,5597	1,5697	1,5797	1,5900	1,6003	10	20	30	40	50	32
58	1,6003	1,6107	1,6213	1,6319	1,6426	1,6533	1,6643	11	21	32	43	53	31
59	1,6643	1,6754	1,6865	1,6977	1,7090	1,7205	1,7311	11	23	34	45	56	30
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'						Градус-тар

Градусы град	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	70'	80'	90'	100'	110'	120'	130'	140'	150'	160'	170'	180'	190'	200'	210'	220'	230'	240'	250'	260'	270'	280'	290'	300'	310'	320'	330'	340'	350'	360'	370'	380'	390'	400'	410'	420'	430'	440'	450'	460'	470'	480'	490'	500'	510'	520'	530'	540'	550'	560'	570'	580'	590'	600'	610'	620'	630'	640'	650'	660'	670'	680'	690'	700'	710'	720'	730'	740'	750'	760'	770'	780'	790'	800'	810'	820'	830'	840'	850'	860'	870'	880'	890'	900'	910'	920'	930'	940'	950'	960'	970'	980'	990'	1000'	1010'	1020'	1030'	1040'	1050'	1060'	1070'	1080'	1090'	1100'	1110'	1120'	1130'	1140'	1150'	1160'	1170'	1180'	1190'	1200'	1210'	1220'	1230'	1240'	1250'	1260'	1270'	1280'	1290'	1300'	1310'	1320'	1330'	1340'	1350'	1360'	1370'	1380'	1390'	1400'	1410'	1420'	1430'	1440'	1450'	1460'	1470'	1480'	1490'	1500'	1510'	1520'	1530'	1540'	1550'	1560'	1570'	1580'	1590'	1600'	1610'	1620'	1630'	1640'	1650'	1660'	1670'	1680'	1690'	1700'	1710'	1720'	1730'	1740'	1750'	1760'	1770'	1780'	1790'	1800'	1810'	1820'	1830'	1840'	1850'	1860'	1870'	1880'	1890'	1900'	1910'	1920'	1930'	1940'	1950'	1960'	1970'	1980'	1990'	2000'	2010'	2020'	2030'	2040'	2050'	2060'	2070'	2080'	2090'	2100'	2110'	2120'	2130'	2140'	2150'	2160'	2170'	2180'	2190'	2200'	2210'	2220'	2230'	2240'	2250'	2260'	2270'	2280'	2290'	2300'	2310'	2320'	2330'	2340'	2350'	2360'	2370'	2380'	2390'	2400'	2410'	2420'	2430'	2440'	2450'	2460'	2470'	2480'	2490'	2500'	2510'	2520'	2530'	2540'	2550'	2560'	2570'	2580'	2590'	2600'	2610'	2620'	2630'	2640'	2650'	2660'	2670'	2680'	2690'	2700'	2710'	2720'	2730'	2740'	2750'	2760'	2770'	2780'	2790'	2800'	2810'	2820'	2830'	2840'	2850'	2860'	2870'	2880'	2890'	2900'	2910'	2920'	2930'	2940'	2950'	2960'	2970'	2980'	2990'	3000'	3010'	3020'	3030'	3040'	3050'	3060'	3070'	3080'	3090'	3100'	3110'	3120'	3130'	3140'	3150'	3160'	3170'	3180'	3190'	3200'	3210'	3220'	3230'	3240'	3250'	3260'	3270'	3280'	3290'	3300'	3310'	3320'	3330'	3340'	3350'	3360'	3370'	3380'	3390'	3400'	3410'	3420'	3430'	3440'	3450'	3460'	3470'	3480'	3490'	3500'	3510'	3520'	3530'	3540'	3550'	3560'	3570'	3580'	3590'	3600'	3610'	3620'	3630'	3640'	3650'	3660'	3670'	3680'	3690'	3700'	3710'	3720'	3730'	3740'	3750'	3760'	3770'	3780'	3790'	3800'	3810'	3820'	3830'	3840'	3850'	3860'	3870'	3880'	3890'	3900'	3910'	3920'	3930'	3940'	3950'	3960'	3970'	3980'	3990'	4000'	4010'	4020'	4030'	4040'	4050'	4060'	4070'	4080'	4090'	4100'	4110'	4120'	4130'	4140'	4150'	4160'	4170'	4180'	4190'	4200'	4210'	4220'	4230'	4240'	4250'	4260'	4270'	4280'	4290'	4300'	4310'	4320'	4330'	4340'	4350'	4360'	4370'	4380'	4390'	4400'	4410'	4420'	4430'	4440'	4450'	4460'	4470'	4480'	4490'	4500'	4510'	4520'	4530'	4540'	4550'	4560'	4570'	4580'	4590'	4600'	4610'	4620'	4630'	4640'	4650'	4660'	4670'	4680'	4690'	4700'	4710'	4720'	4730'	4740'	4750'	4760'	4770'	4780'	4790'	4800'	4810'	4820'	4830'	4840'	4850'	4860'	4870'	4880'	4890'	4900'	4910'	4920'	4930'	4940'	4950'	4960'	4970'	4980'	4990'	5000'
60	1,7321	1,7439	1,7556	1,7675	1,7795	1,7917	1,8040	1,8166	1,8281	1,8418	1,8546	1,8676	1,8807	1,8942	1,9074	1,9210	1,9347	1,9485	1,9626	1,9769	1,9912	2,0057	2,0203	2,0352	2,0498	2,0640	2,0782	2,0918	2,1054	2,1189	2,1325	2,1461	2,1597	2,1733	2,1869	2,2005	2,2141	2,2276	2,2413	2,2549	2,2685	2,2821	2,2958	2,3094	2,3230	2,3366	2,3502	2,3638	2,3774	2,3910	2,4046	2,4182	2,4318	2,4454	2,4590	2,4726	2,4862	2,5008	2,5144	2,5280	2,5416	2,5552	2,5688	2,5824	2,6060	2,6296	2,6432	2,6568	2,6704	2,6840	2,6976	2,7112	2,7248	2,7384	2,7520	2,7656	2,7792	2,7928	2,8064	2,8200	2,8336	2,8472	2,8608	2,8744	2,8880	2,9016	2,9152	2,9288	2,9424	2,9560	2,9696	2,9832	2,9968	2,0	1,0'	2,0'	3,0'	4,0'	5,0'	6,0'	7,0'	8,0'	9,0'	10,0'	11,0'	12,0'	13,0'	14,0'	15,0'	16,0'	17,0'	18,0'	19,0'	20,0'	21,0'	22,0'	23,0'	24,0'	25,0'	26,0'	27,0'	28,0'	29,0'	30,0'	31,0'	32,0'	33,0'	34,0'	35,0'	36,0'	37,0'	38,0'	39,0'	40,0'	41,0'	42,0'	43,0'	44,0'	45,0'	46,0'	47,0'	48,0'	49,0'	50,0'	51,0'	52,0'	53,0'	54,0'	55,0'	56,0'	57,0'	58,0'	59,0'	60,0'	61,0'	62,0'	63,0'	64,0'	65,0'	66,0'	67,0'	68,0'	69,0'	70,0'	71,0'	72,0'	73,0'	74,0'	75,0'	76,0'	77,0'	78,0'	79,0'	80,0'	81,0'	82,0'	83,0'	84,0'	85,0'	86,0'	87,0'	88,																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

XXIII табланицың жалғасы

МАЗМҰНЫ

Автордың 5-басылымына арналған алғы сөзі	3
Автордың 3-басылымына арналған алғы сөзі	3
Кіріспе	4
§ 1. Бірліктердің Халықаралық системасы	4
§ 2. Есепті шығаруға арналған методикалық нұсқалар	7
Есептер	9
I тарау. Механиканың физикалық негіздері	9
Механикалық бірліктер	9
§ 1. Кинематика	16
§ 2. Динамика	27
§ 3. Қатты деңелердің айналмалы қозғалысы	53
§ 4. Газдар және сұйықтардың механикасы	62
II тарау. Молекулалық физика және термодинамика	68
Жылу бірліктер	68
§ 5. Молекула-кинетикалық теорияның және термодинамикалық физикалық негіздері	78
§ 6. Накты газдар	108
§ 7. Қаныққан булар және сұйықтар	112
§ 8. Қатты деңелер	125
III тарау. Электр және магнетизм	133
Электрлік және магниттік бірліктер	133
§ 9. Электростатика	142
§ 10. Электр тогы	167
§ 11. Электромагнетизм	192

IV тарау. Тербеліс және толқындар	221
Акустикалық бірліктер	221
§ 12. Гармониялық тербелмелі қозгалыс және толқындар	224
§ 13. Акустика	237
§ 14. Электромагниттік тербеліс және толқындар	242
V тарау. Оптика	249
Жарық бірліктері	249
§ 15. Геометриялық оптика және фотометрия	252
§ 16. Толқындық оптика	264
§ 17. Салыстырмалылық теориясының элементтері	277
§ 18. Жылулық сәуле шыгару	280
VI тарау. Атом және атом ядроның физикасы	285
Радиоактивтік және иондаушы сәуле шыгарудың бірліктері	285
§ 19. Жарықтың кванттық жаратылышы және бөлшектің толқындық қасиеті	288
§ 20. Бор атомы. Рентген сәулелері	295
§ 21. Радиоактивтік	303
§ 22. Ядролық реакциялар	303
§ 23. Элементар бөлшектер. Бөлшектерді үдептіштер	315
Жауаптары және шешушелері	320
Қосымшалар	458
В индукцияның темірдің кейбір сорты үшін берілген магнит өрісінің H кернеулігіне тәуелділігінің графигі	458
Магнит өрісінің рационализацияланған және рационализациялашбаған түрдегі теңдеулерінің арасындағы байланыс	458
I. Негізгі физикалық шамалар	462
II. Кейбір астрономиялық шамалар	463
III. Күн системасының планеталары жөніндегі кейбір мәліметтер	464
IV. Атомдар мен молекулалардың диаметрлері	465
V. T_k және r_k кризистік мәндер	465
VI. Эр түрлі температурадағы кеністікті қанықтыратын субының серпімділігі	465
VII. Эр түрлі температурадағы судың менишікті булаңу жылуы	466
VIII. Кейбір сұйыктардың қасиеттері	466
IX. Кейбір қатты денеслердің қасиеттері	467
X. Кейбір қатты денеслердің серпімділік қасиеттері	467
XI. Кейбір қатты денеслердің жылу өткізгіштігі	468

XII. Диэлектриктердің диэлектрлік сіңіргіштігі	468
XIII. Өткізгіштердің менинкті кедергісі	468
XIV. Электролиттардағы иондардың қозгалғыштығы	468
XV. Электрондардың металдан шығу жұмысы	468
XVI. Сыну көрсеткіштері	469
XVII. Антикатодтың әр түрлі материалдарына ариалған рентген соулелерінің K-сериясының шекаралары (А есебімен)	469
XVIII. Сынап доказының спектрлік сыйықтары	469
XIX. Кейбір изотонтардың массалары	470
XX. Кейбір радиоактивтік элементтердің жартылай ыдырау периодтары	470
XXI. Ондық логарифмдер	471
XXII. Синустар (косинустар)	475
XXIII. Тангенстар (котангенстар)	479

Волькеништейн Валентина Сергеевна
СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ОБЩЕМУ КУРСУ ФИЗИКИ
(на казахском языке)

Редактор *Р. Идрисова*.
Техн. редактор *Р. Зотова*.
Худ. редактор *В. Логинов*.
Корректор *Г. Саимбулекова*.

Сдано в набор 5/VII-74 г. Подписано к печати 20/XII-74 г. Бум. тип. № 2.
Формат 81×108^{1/2}. Объем 15,25 п. л. Усл. п. л. 25,62. Уч.-изд. л. 23,529.
Тираж 6300 экз. Цена 77 коп. Издательство «Мектеп», ул. К. Маркса, 99а.

Заказ № 662. Фабрика книги Главполиграфпрома Государственного Комитета
Совета Министров КазССР по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли, г. Алма-Ата, пр. Гагарина, 93.