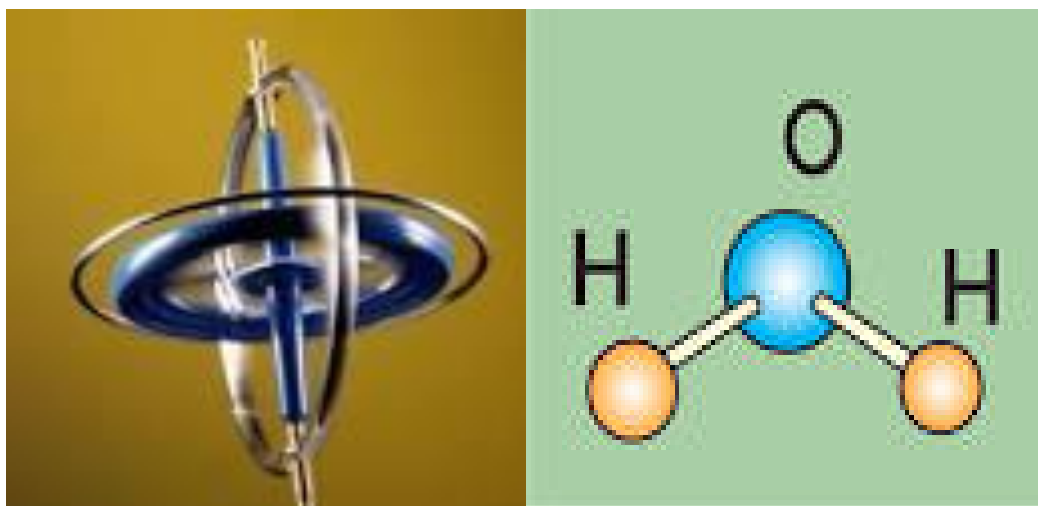


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ
АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

О. МҰСАБЕКОВ

ФИЗИКА
БОЙЫНША ЖЕКЕ
ТАПСЫРМАЛАР
1 – бөлім



Алматы, 2014

ӘОЖ 53 (075.8)

КБЖ 22. 3 я 73

М 85

Пікір жазғандар:

Қазақстан – Британ техникалық университетінің геология және Жер физикасы кафедрасының профессоры, ф.- м. ғ. д. Ф.Ф. Умаров;
Алматы технологиялық университетінің доценті, х.ғ.к. К.М. Жұманова.

М 85 Мұсабеков О. Физика бойынша жеке тапсырмалар. Екі бөлімнің 1-ші бөлімі. Механика, молекулалық физика және электродинамика / О.Мұсабеков. – Алматы: АТУ, 2014. – 107 б.

ISBN 978 – 601 – 263 – 233 - 0

Оқу құралы жоғары техникалық оқу орындары студенттерінің өзіндік жұмысын дамытуға және белсенділендіруге бағытталған. Теориялық мәліметтер, аудиториялық және жеке тапсырмаларға арналған есептердің топтамалары қамтылған.

Жоғары оқу орындарының инженерлік-техникалық мамандық студенттеріне арналған.

ӘОЖ 53 (075.8)
КБЖ 22. 3 я 73

ISBN 978–601–263–233–0 – (1 бөлім)

ISBN 978-601-263-231- 6

© Мұсабеков О.
© АТУ, 2014

Мазмұны

Алғысөз	4
Әдістемелік ұсыныстар	4
Негізгі шамалар және Халықаралық бірліктер жүйесі (ХБЖ)	7
1. Механиканың физикалық негіздері	
1.1. Кинематика	8
1.2. Материалдық нүкте динамикасы	14
1.3. Сақталу заңдары	21
1.4. Бүкіләлемдік тартылыс	28
1.5. Қатты дене динамикасы	31
1.6. Релятивистік механика	34
2. Молекулалық физика және термодинамика негіздері	
2.1. Идеал газдардың молекулалық – кинетикалық теориясы	39
2.2. Термодинамика негіздері	49
2.3. Сұйықтар. Капилляр құбылыстары	56
2.4. Нақты газдар. Фазалық ауысулар	58
3. Электродинамика	
3.1. Вакуумдағы тұрақты электр өрісі	63
3.2. Электр өрісіндегі өткізгіштер және диэлектриктер	68
3.3. Электр сыйымдылық. Электр өрісінің энергиясы	71
3.4. Электр тоғы	74
3.5. Тұрақты магнит өрісі. Магнетиктер	80
3.6. Электромагниттік индукция. Максвелл теңдеулері	86
3.7. Зарядталған бөлшектердің электр және магнит өрісіндегі қозғалысы ...	91
Жауаптар	94
Кестелер	10
	4

АЛҒЫСӨЗ

Жоғары техникалық оқу орындарына арналып қазір пайдаланып жүрген жалпы физика курсы бойынша есептер жинақтары өзінің құрылымына байланысты студенттермен жекелей жұмыс жасауға мүмкіндік бермейді (біртепті есептер мен жаттығулар санының аздығы, есептердің әдістемелік көзқарас тұрғысынан дұрыс таңдалып алынбауы). Студенттердің танымдық іс-әрекетін белсенділендіруді, олардың жеткілікті күрделі мәселелерді өз бетімен шешу қабілетін қалыптастыруды оқу процесін әрбір студентке жеке үй тапсырмасын (ЖҮТ) беруді ұйымдастыру арқылы жүзеге асыруға болады.

Есептерді студенттердің өзіндік жұмысында (СӨЖ), олардың оқытушы жетекшілігімен жасайтын жұмысында (СОӨЖ), сондай ақ аудиторияда өткізілетін бақылау жұмыстарында (БЖ) пайдалануға болады.

ӘДІСТЕМЕЛІК ҰСЫНЫСТАР

1. Есеп шығаруға кірісе отырып оның мағынасын және сұрақтың қойылуын жақсылап түсініп алыңыз. Есепті шығару үшін қажетті барлық мәліметтер келтірілген бе, соны анықтаңыз. Жетпейтін мәліметтерді қосымшаның кестелерінен табуға болады. Егер есептің сипаты қажет етсе, онда оның мәнін ашатын сурет салу керек. Бұл көпшілік жағдайларда шешімді іздеуді, сондай-ақ шешімнің өзін табуды әлдеқайда жеңілдетеді.

2. Изделінді шама берілген шамалар арқылы өрнектелу үшін әрбір есепті жалпы түрде (яғни әріппен белгіленген түрде) шешу керек. Жалпы түрде шешу ақырғы нәтиженің құндылығын арттырады, өйткені ол изделінді шаманың берілген шамалармен байланысы қандай екендігін көрсететін белгілі бір заңдылықты анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен бірге жалпы түрде алынған жауап шешімінің өзінің дұрыстығы жөнінде едәуір дәрежеде пікір айтуға мүмкіндік береді.

3. Жалпы түрде алынған шешімнің дұрыстығын өлшемділігі бойынша тексеру керек. Өлшемділік қате болса, онда шешімнің қате болғаны. Мүмкін болса шешімнің ерекшелігін шекті дербес жағдайлар үшін зерттеу керек. Мысалы, екі созылыңқы денелердің арасындағы гравитациялық (немесе кулондық) өзара әсерлесу күшіне арналған өрнектің түрі қандай болғанымен, денелердің (зарядтардың) арасындағы арақашықтықтың артуына қарай ол өрнек нүктелік массалардың (зарядтардың) өзара әсерлесуінің белгілі заңына ауысады. Олай болмаған жағдайда шешімнің қате болғаны.

4. Есептеуге кірісе отырып, физикалық шамалардың сандық мәндері жуық мәндер екенін есте ұстау керек. Сондықтан есептеу кезінде жуық сандармен амал орындау ережелері басшылыққа алынады. Мысалы, есептелген шаманың алынған мәніндегі бірлігі осы шаманы есептеу қателігінен әлі де болса артық соңғы таңбаны сақтау керек. Барлық келесі цифрлар түсіп қалуы тиіс.

5. Алынған жауаптың ақылға қонымдылығын бағалау керек. Мұндай бағалау алынған нәтиженің қателігін байқауға мүмкіндік береді. Мысалы,

дененің жылдамдығы жарықтың вакуумдағы жылдамдығынан артық бола алмайды, бөлшектің немесе дененің заряды элементар зарядқа бүтін сан еселі ғана болып келеді және т.б.

6. Физиканың механика, молекулалық физика, электростатика және тұрақты ток, электромагнетизм бөлімдері бойынша әрбіріне төрт есеп енген тиісінше 1, 2, 3, 4 жеке үй тапсырмалары (ЖҮТ) қамтылған (5-6 беттегі кесте). Есептің санын оқытушы мүмкіндігіне қарай әрбір нұсқа бойынша төрт емес, арттырып 6-ға дейін алуына болады. Оған құралдағы есептер саны жеткілікті.

Физика 1 бойынша орындалатын жеке үй тапсырмаларының (ЖҮТ) үлгі нұсқалары

№	1 ЖҮТ	2 ЖҮТ	3 ЖҮТ	4 ЖҮТ
1	1.1; 1.57; 1.117; 1.201	2.1; 2.109; 2.164; 2.185	3.1; 3.161; 3.113; 3.132	3.160; 3.190; 3.210; 3.233
2	1.2; 1.58; 1.118; 1.202	2.2; 2.110; 2.165; 2.186	3.2; 3.162; 3.114; 3.133	3.161; 3.191; 3.211; 3.234
3	1.3; 1.59; 1.119; 1.203	2.3; 2.111; 2.166; 2.187	3.3; 3.163; 3.115; 3.134	3.162; 3.192; 3.212; 3.235
4	1.4; 1.60; 1.120; 1.204	2.4; 2.112; 2.167; 2.188	3.4; 3.164; 3.116; 3.135	3.163; 3.193; 3.213; 3.236
5	1.5; 1.61; 1.121; 1.205	2.5; 2.113; 2.168; 2.189	3.5; 3.165; 3.117; 3.136	3.164; 3.194; 3.214; 3.237
6	1.6; 1.62; 1.122; 1.206	2.6; 2.114; 2.169; 2.190	3.6; 3.166; 3.118; 3.137	3.165; 3.195; 3.215; 3.238
7	1.7; 1.63; 1.123; 1.207	2.7; 2.115; 2.170; 2.191	3.7; 3.167; 3.119; 3.138	3.166; 3.196; 3.216; 3.236
8	1.8; 1.64; 1.124; 1.208	2.8; 2.116; 2.171; 2.192	3.8; 3.168; 3.120; 3.139	3.167; 3.197; 3.217; 3.237
9	1.9; 1.65; 1.125; 1.209	2.9; 2.117; 2.172; 2.193	3.9; 3.169; 3.121; 3.140	3.168; 3.198; 3.218; 3.238
10	1.10; 1.66; 1.126; 1.210	2.10; 2.118; 2.173; 2.194	3.10; 3.170; 3.122; 3.141	3.169; 3.199; 3.219; 3.239
11	1.11; 1.67; 1.127; 1.211	2.11; 2.119; 2.174; 2.195	3.11; 3.171; 3.123; 3.142	3.170; 3.200; 3.220; 3.240
12	1.12; 1.68; 1.128; 1.212	2.12; 2.120; 2.175; 2.196	3.12; 3.172; 3.124; 3.143	3.171; 3.201; 3.221; 3.241
13	1.13; 1.69; 1.129; 1.213	2.13; 2.121; 2.176; 2.197	3.13; 3.173; 3.125; 3.144	3.172; 3.202; 3.222; 3.242
14	1.14; 1.70; 1.130; 1.214	2.14; 2.122; 2.177; 2.198	3.14; 3.174; 3.126; 3.145	3.173; 3.203; 3.223; 3.243
15	1.15; 1.71; 1.131; 1.215	2.15; 2.123; 2.178; 2.199	3.15; 3.175; 3.127; 3.146	3.174; 3.204; 3.224; 3.244
16	1.16; 1.72; 1.132; 1.216	2.16; 2.124; 2.179; 2.200	3.16; 3.176; 3.128; 3.147	3.175; 3.205; 3.225; 3.245
17	1.17; 1.73; 1.133; 1.217	2.17; 2.125; 2.180; 2.201	3.17; 3.177; 3.129; 3.148	3.176; 3.206; 3.226; 3.246
18	1.18; 1.74;	2.18; 2.126;	3.18; 3.178;	3.177; 3.207;

	1.134; 1.218	2.181; 2.202	3.130; 3.149	3.227; 3.247
19	1.20; 1.75; 1.135; 1.219	2.19; 2.127; 2.182; 2.203	3.19; 3.179; 3.131; 3.150	3.178; 3.208; 3.228; 3.248
20	1.21; 1.76; 1.137; 1.220	2.20; 2.128; 2.183; 2.204	3.20; 3.180; 3.132; 3.151	3.179; 3.209; 3.229; 3.249
21	1.22; 1.77; 1.138; 1.221	2.21; 2.129; 2.184; 2.205	3.21; 3.181; 3.133; 3.152	3.180; 3.210; 3.230; 3.250
22	1.23; 1.78; 1.139; 1.222	2.22; 2.130; 2.185; 2.206	3.22; 3.182; 3.134; 3.153	3.181; 3.211; 3.231; 3.251
23	1.24; 1.79; 1.140; 1.223	2.23; 2.131; 2.186; 2.207	3.23; 3.183; 3.135; 3.154	3.182; 3.212; 3.232; 3.252
24	1.25; 1.80; 1.141; 1.224	2.24; 2.132; 2.187; 2.208	3.24; 3.184; 3.136; 3.155	3.183; 3.213; 3.233; 3.253
25	1.26; 1.81; 1.142; 1.225	2.25; 2.133; 2.188; 2.209	3.25; 3.185; 3.137; 3.156	3.184; 3.214; 3.234; 3.254

Негізгі шамалар және Халықаралық бірліктер жүйесі

Негізгі бірліктер:

1. *Уақыт* t – материя құбылыстарының және күйлерінің ауысу тізбегін, олардың болмысының ұзақтығын сипаттайтын шама; бірлігі – секунд (с).

Секунд - цезий - 133 атомының негізгі күйінің екі аса нәзік деңгейлері арасындағы көшуге сәйкес сәуленің 9 192 631 770 периодына тең уақыт бірлігі.

2. *Ұзындық* l - созылыңқылықты, алшақтықты және денелердің немесе олардың бөліктерінің берілген сызық бойымен орын ауыстыруын сипаттайтын шама; бірлігі – метр (м).

Метр – жазық электромагниттік толқынның вакуумда секундтың $1/299792458$ үлесі ішінде жүріп өтетін арақашықтығына тең ұзындық бірлігі.

3. *Масса* m - материалдық объектілердің инерттілік және гравитациялық қасиеттерін сипаттайтын шама; бірлігі – килограмм (кг).

Килограмм – килограмның халықаралық прототипінің массасына тең масса бірлігі.

4. *Электр тогының күші* I – қарастырылып отырған бет арқылы бірлік уақыт ішінде тасымалданатын электр зарядына сан жағынан тең скаляр шама; бірлігі – ампер (А).

Ампер вакуумда бір-бірінен 1 м арақашықтықта орнал-асқан параллель түзу сызықты шексіз ұзын және дөңгелек қималарының ауданы болымсыз аз өткізгіштер арқылы өткенде өткізгіштің 1 м ұзындығына $2 \cdot 10^{-7}$ Н – ға тең өзара әсерлесу күшін туғызатын өзгермейтін токтың күші.

5. *Термодинамикалық температура* T – температу-ралардың термодинамикалық шкаласы бойынша абсолют нөлден бастап саналатын температура; бірлігі – кельвин (К).

Кельвин - судың үштік нүктесінің $1/273,16$ термодинамикалық температурасына тең термодинамикалық температура бірлігі.

6. *Зат мөлшері* ν – денедегі (денелер жүйесіндегі) құрылымдық элементтер санына тең шама; бірлігі – моль.

Моль- массасы 0,012 кг көміртегі - 12-де қанша атомдар болса, сонша құрылымдық элементтері (атомдары, молекулалары, иондары, электрондары және басқа бөлшектері немесе бөшектердің ерекшеленген топтары) бар жүйе затының мөлшеріне тең зат мөлшерінің бірлігі.

7. *Жарық күші* I - кішкене денелік бұрыш ішінде қарастырылып отырған бағытта сәуле көзінен таралатын жарық ағынының осы денелік бұрышқа қатынасына тең шама; бірлігі – кандела (кд).

Кандела - берілген бағыттағы энергетикалық жарық күші $1/683$ Вт/ср, жиілігі $540 \cdot 10^{14}$ Гц монохроматтық сәуле шығаратын көздің осы бағыттағы жарық күшіне тең жарық күшінің бірлігі.

Қосымша бірліктер:

1. *Радиан* – арасындағы доғаның ұзындығы радиусына тең болатын шеңбердің екі радиусының арасындағы бұрыш.

2. *Стерadian* – төбесі сфера центрінде орналасқан және сфера бетінен қабырғасы ұзындығы жағынан осы сфераның радиусына тең квадрат ауданына тең аудан қиятын денелік бұрыш.

1. МЕХАНИКАНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

1.1. Кинематика

Векторлар қалың шрифтімен (\mathbf{r} , \mathbf{v} , \mathbf{a}), ал олардың модульдері жұқа курсивтік шрифтімен белгіленген (r , v , a).

Нүктенің орташа жылдамдық және үдеу векторлары:

$$\mathbf{v}_{\text{op}} = \Delta \mathbf{r} / \Delta t, \quad \mathbf{a}_{\text{op}} = \Delta \mathbf{v} / \Delta t, \quad (1.1.1)$$

мұндағы $\Delta \mathbf{r}$ – орын ауыстыру (радиус–вектордың өсімшесі).

Нүктенің жылдамдығы және үдеуі:

$$\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt, \quad \mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt. \quad (1.1.2)$$

Нүкте үдеуінің траектория жанамаcы мен нормалындағы проекциялары:

$$a_{\tau} = dv_{\tau} / dt, \quad a_n = v^2/R, \quad (1.1.3)$$

мұндағы R - траекторияның берілген нүктедегі қисықтық радиусы. Нүктенің жүріп өткен жолы:

$$s = \int v dt, \quad (1.1.4)$$

мұндағы v - нүкте жылдамдығының модулі.

Қатты дененің бұрыштық жылдамдығы және бұрыштық үдеуі:

$$\boldsymbol{\omega} = d\phi/dt \quad \boldsymbol{\beta} = d\boldsymbol{\omega}/dt. \quad (1.1.5)$$

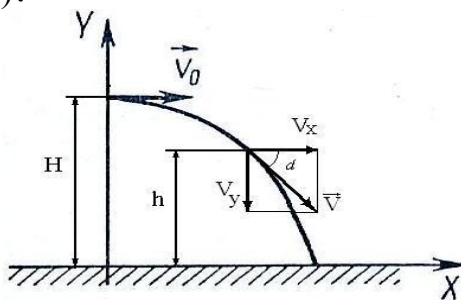
Сызықтық және бұрыштық шамалар арасындағы байланыстар:

$$\mathbf{v} = [\boldsymbol{\omega} \mathbf{r}], \quad a_n = \omega^2 R, \quad a_{\tau} = \beta_z R. \quad (1.1.6)$$

мұндағы \mathbf{r} - қарастырылып отырған материалдық нүктенің айналу осінің кез келген нүктесіне қатысты радиус – векторы, R нүктенің айналу осінен арақашықтығы.

Кинематика бойынша есеп шығару үлгісі.

Есеп. $H = 1000$ м биіктікте $V_0 = 100$ м/с жылдамдықпен ұшқан ұшақтан жүк тасталды. Қандай h биіктікте жүктің жылдамдығы горизонтқа $\alpha = 45^\circ$ бұрышпен бағытталады (1-сурет)?



1-сурет.

Шешуі. ОҮ өсін жоғары бағыттаймыз, координаталар басын жерден аламыз. Онда V векторының ОХ және ОҮ өстеріндегі проекциялары:

$$\text{ОХ: } V_x = V_0 \quad (1), \quad \text{ОҮ: } V_y = -gt \quad (2)$$

Ал ұшқан жүктің Y координатасына (биіктігіне) арналған теңдеу:

$$Y = H - gt^2/2. \quad (3)$$

Бұл теңдеуді шешіп, ұшуға кететін t_1 уақытты анықтап, ізделінді h биіктікті табамыз.

Келтірілген суреттен жүк жылдамдығының векторы горизонтпен 45° бұрышпен бағытталғанда, V_x , V_y векторлары және V векторының өзі тік бұрышты үшбұрыш түзетіндігін көреміз. Әрі гипотенузаға іргелес бұрыштар 45° тан тең болады. Демек, бұл үшбұрыш тең бүйірлі: катет V_y катет V_x –қа тең, демек, ол да V_0 –ге тең.

(1) және (2) өрнектерден мынаны аламыз: $V_0 = gt_1$, осыдан $t_1 = V_0 / g$. t_1 -ді (3) өрнекке қойып ізделінді h биіктікті анықтаймыз:

$$h = H - V_0^2/(2g) = 500 \text{ м.}$$

1.1. Қайықтың суға қатысты жылдамдығы өзен ағысының жылдамдығынан екі есе аз. Оны ағыс мүмкін болғанынша азырақ ағызып кету үшін, қайық ағыс бағытымен қандай бұрышпен қозғалуы тиіс?

1.2. Екі дене бір мезгілде бір нүктеден лақтырылды: бірі тік жоғары, ал екіншісі – көкжиекпен 60° бұрыш жасайды. Әрбір дененің бастапқы жылдамдығы $v_0 = 25$ м/с. $t = 1,70$ секундтан соң денелердің арақашықтығы қандай болады?

1.3. $\tau = 10,0$ с уақыт ішінде нүкте радиусы $R = 160$ см шеңбердің жартысын жүріп өтті. Мыналарды табу керек: жылдамдық модулінің орта мәні; жылдамдықтың орташа векторының модулі; толық үдеудің орташа векторының модулі (тангенстік үдеу тұрақты).

1.4. Бөлшектің радиус-векторы уақыт бойынша $\mathbf{r} = \mathbf{bt} (1 - \alpha t)$ (мұндағы \mathbf{b} - тұрақты вектор, α - оң тұрақты шама) заңымен өзгереді. Табу керек: бөлшектің жылдамдығын және үдеуін t -ның функциясы ретінде; бөлшек бастапқы нүктеге қайтып келетін уақыт; сонда жүріп өтетін жол.

1.5. Нүкте xy жазықтығында $x = \alpha t$, $y = \beta t^2$ (мұндағы α мен β - оң тұрақтылар) заңы бойынша қозғалады. Табу керек: нүкте траекториясының теңдеуі; нүктенің жылдамдығы мен үдеуінің модульдерін уақыттың (t) функциясы ретінде; \mathbf{a} және \mathbf{v} векторларының арасындағы бұрышты уақыттың (t) функциясы ретінде.

1.6. Кішкене дене көкжиекке v_0 бастапқы жылдамдықпен лақтырылды. Табу керек: дененің орын ауыстыруын уақыт функциясы ретінде; алғашқы t секунд және барлық уақыт ішіндегі жылдамдықтың орташа векторы.

1.7. Нүкте шеңбер бойымен $v = at$ (мұндағы $a = 0,5 \text{ м/с}^2$) жылдамдықпен қозғалады. Қозғалыс басталғаннан шеңбер ұзындығының $0,10$ бөлігін жүріп өткен мезетте, оның толық үдеуі қандай болады?

1.8. Радиусы R шеңбер бойымен қозғалған нүктенің жылдамдығы $v \sim \sqrt{s}$ (мұндағы s - жүрілген жол). Жылдамдық және толық үдеу векторларының арасындағы бұрышты s - тің функциясы ретінде табу керек.

1.9. x осінің бойымен қозғалған бөлшектің жылдамдығы уақыт бойынша $v = (1-2Vt) \mathbf{i}$ заңдылықпен өзгереді. Мұндағы V -тұрақты оң шама. $t = 0$ уақыт мезетінде бөлшек координатасы $x_0 = 0$. Бөлшектің бастапқы орнына қайтып келетін уақыт аралығын және осы уақытта оның жүретін жолын табу керек.

1.10. Бөлшек xu жазықтығында $v = A\mathbf{i} + Bx\mathbf{j}$ жылдамдықпен қозғалады. Мұндағы A және B тұрақты шамалар. Бөлшектің бастапқы уақыт мезетіндегі координаталары $x_0 = y_0 = 0$. Бөлшектің \mathbf{r} радиус векторының уақытқа тәуелділігін және $y(x)$ траекториясының теңдеуін табу керек.

1.11. Мұз төбешікпен шайбаны төменнен жоғары қарай сырғанатып жіберді. Бастапқы нүктеден $l = 3 \text{ м}$ арақашықтықта шайба қозғалыс басталғаннан кейін $t_1 = 2 \text{ с}$ және $t_2 = 10 \text{ с}$ уақыттарында екі рет болды. Үдеуді тұрақты деп алып, оның модулін және шайбаның бастапқы жылдамдығын табыңыз.

1.12. Бір уақытта бір нүктеден екі дене лақтырылды: біріншісі тік жоғары, екіншісі көлбей. Әрбір дененің бастапқы жылдамдығы $v_0 = 15 \text{ м/с}$. Ауаның кедергісін ескермей олардың $t = 1,5 \text{ с}$ уақыттан кейінгі арақашықтығын табу керек.

1.13. Радиусы $R = 30 \text{ м}$ болатын шағын дене шеңбер бойымен модулі бойынша $a_t = 5 \text{ м/с}^2$ тангенстік үдеумен қозғала бастады. Дененің қозғалыс басталғаннан 3 с өткеннен кейінгі толық үдеуін табу керек.

1.14. Материалдық нүкте радиусы $R = 5 \text{ м}$ шеңбер бойымен қозғалады. Нормаль үдеуі $a_n = 3,2 \text{ м/с}^2$ болғанда толық және нормаль үдеу векторларының арасындағы бұрыш $\varphi = 60^\circ$ болды. Нүктенің осы уақыт мезетіндегі жылдамдық және тангенстік үдеу модульдерін табу керек.

1.15. Радиусы $R = 3,2 \text{ м}$ шеңбер бойымен қозғалған бөлшектің нормаль үдеуі $a_n = At^2$ заңдылығымен өзгереді. Мұндағы $A = 2,5 \text{ м/с}^4$. Мыналарды табу керек: а) қозғалыс басталғаннан $t = 5 \text{ с}$ өткеннен кейінгі жолын; б) жолдың осы бөлігінің соңындағы тангенстік және толық үдеулерін.

1.16. Мотоциклші орнынан қозғалып кетті де, 20 с бойы ол $1,5 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғалды, содан кейін ол 2 мин бойы бірқалыпты қозғалды, ал содан соң 15 с бойы бірқалыпты тежеліп барып тоқтады. Мотоциклшінің тежеліп қозғалған кездегі максимал жылдамдығын, үдеуін және орын ауыстыруын табу керек, (графикін сызу керек).

1.17. Түзу бойымен бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезінде

$$2a(t-t_0) = v^2 - v_0^2$$

теңдіктің орындалатындығын дәлелдеу керек.

1.18. Снаряд зеңбірек ұңғысынан 800 м/с жылдамдықпен ұшып шығады. Ұңғы арнасының ұзындығы $2,0 \text{ м}$. Орташа үдеуді табу керек.

1.19. Өзенде қайықпен ағысқа қарсы жүзген балықшы көпірдің астына келгенде багорын суға түсіріп алды. $t = 60$ мин – тан соң ол мұны байқап қалып кері бұрылып багорды көпірден $s = 6,0$ км арақашықтықта қуып жетті, балықшы жоғары және төмен бірдей қозғалса, онда су ағысының жылдамдығы қандай?

1.20. Қандай да бір биіктіктен бір мезгілде екі материалдық нүкте жылдамдықпен лақтырылды: біреуі тік жоғары, ал екіншісі тік төмен. Бұл денелер t уақыттан соң қандай s арақашықтықта болады? Ауа кедергісі есепке алынбайды.

1.21. Мерген жіпке ілінген жүк болып табылатын нысананы көздеді. Оқ атылған мезетте жіп үзіледі және жүк құлай бастайды деп есептеп, оқ нысанаға тию үшін мерген көздейтін бағытты анықтау керек.

1.22. Доп $v_0 = 20$ м/с жылдамдықпен көкжиекке 45° бұрышпен лақтырылды. Ұшу кезінде ол лақтырылу орнынан $l = 30$ м арақашықтықтағы доп траекториясы жатқан жазықтыққа перпендикуляр орналасқан тік қабырғаға серпімді соғылады. Доп қабырғадан қандай s арақашықтыққа түседі?

1.23. Тас $v_0 = 10,0$ м/с жылдамдықпен горизонталь лақтырылды. Қозғалыс басталғаннан $t = 2,0$ с – тан соң доптың жылдамдық векторының тік бағытпен жасайтын α бұрышын, сондай – ақ доптың осы мезеттегі тангенстік және нормал үдеулерін анықтау керек.

1.24. Горизонталь бағытта v жылдамдықпен қозғалған бөлшектің соққысынан қозғалмай тік тұрған салмақты қабырға u жылдамдықпен сол бағытта қозғалады. Бөлшектің соққидан кейінгі жылдамдығын анықтау керек. Тыныш тұрған қабырғамен соғылу кезінде бөлшек жылдамдығының модулін сақтап және бағытын қарама – қарсы өзгертіп ыршиды.

1.25. Арақашықтығы l А және В екі пункттен бір мезгілде v_1 және v_2 жылдамдықпен екі кеме қозғала бастайды. Жылдамдық векторлары АВ кесіндісімен бірдей $\alpha = 45^\circ$ бұрыш жасайды. Кемелер бірқалыпты және түзу сызықты қозғалады деп есептеп, олардың ең кіші арақашықтығын анықтау керек.

1.26. Балконнан тік жоғары лақтырылған доп $t = 3,0$ с – тан соң жерге түсті. Балконның жерден биіктігін $14,1$ м деп алып, доптың бастапқы жылдамдығын анықтау керек. Ауа кедергісі ескерілмесін.

1.27. Дене $v_0 = 20,0$ м/с жылдамдықпен көкжиекке $\alpha = 30^\circ$ бұрыш жасап лақтырылды. Ауа кедергісін ескермей, дененің қозғалыс басталғаннан $t = 1,50$ с – тан кейінгі жылдамдығын, сондай – ақ нормал және тангенстік үдеулерін табу керек.

1.28. Нүкте $y = 6t - t^3/8$ (ұзындық метрмен, уақыт секундпен) теңдеуіне сәйкес қисық сызықпен қозғалады. Нүктенің $t_1 = 2,0$ с – тан $t_2 = 6,0$ с –қа дейінгі уақыт аралығындағы орташа жылдамдығын табу керек.

1.29. Материалдық нүкте $\mathbf{r} = \alpha \sin(5t)\mathbf{i} + \beta \cos^2(5t)\mathbf{j}$ (мұндағы $\alpha = 2\text{ м}$, $\beta = 3\text{ м}$) заңы бойынша қозғалады. Материалдық нүкте қозғалысының жылдамдық векторын, үдеу векторын және траекториясын анықтау керек.

1.30. Материалдық нүктенің жылдамдығы $\mathbf{v} = \alpha(2t^3 - \beta)\mathbf{i} - \gamma \sin(2\pi t/3)\mathbf{j}$ заңы бойынша өзгереді (мұндағы $\alpha = 1\text{ м}/\text{с}^4$, $\beta = 1\text{ с}^3$, $\gamma = 1\text{ м}/\text{с}$). Егер дене $t = 0$ уақыт мезетінде тыныш тұрса, яғни $\mathbf{r} = (0,0,0)$ болса, онда оның қозғалыс заңы қандай болғаны?

1.31. Материалдық нүкте үдеуі $\mathbf{a} = \alpha t^2\mathbf{i} - \beta\mathbf{j}$ (мұндағы $\alpha = 3\text{ м}/\text{с}^4$, $\beta = 3\text{ м}/\text{с}^2$) заңы бойынша өзгереді. Егер $t = 0$ кезінде $\mathbf{v}_0 = 0$ және $\vec{r}_0 = 0$ болса, онда $t = 1\text{ с}$ уақыт мезетінде ол координаторлар басынан қандай арақашық-тықта болады?

1.32. Пойыз $\mathbf{v}_0 = 180\text{ км}/\text{сағ}$ жылдамдықпен түзу сызықты қозғалады. Машинист тежегішті басқан мезеттен бастап пойыз жылдамдығы $v = v_0 - \alpha t^2$ заңы бойынша өзгереді (ондағы $\alpha = 1\text{ м}/\text{с}^3$). Пойыздың тежелу жолын және оның тежелу басталғаннан қанша уақыттан соң тоқтайтынын анықтау керек.

1.33. Бірқалыпты баяу қозғалып келе жатқан пойызды тежегенде оның жылдамдығы 1 мин ішінде $40\text{ км}/\text{сағ}$ – тан $28\text{ км}/\text{сағ}$ – қа дейін кемиді. Мыналарды: 1) пойыздың теріс үдеуін, 2) тежеу кезіндегі жүрілген арақашықтықты табу керек.

1.34. Вагон теріс үдеумен – $0,5\text{ м}/\text{с}^2$ бірқалыпты баяу қозғалады. Вагонның бастапқы жылдамдығы $54\text{ км}/\text{сағ}$. Вагон өзінің қозғалған жерінен бастап қанша уақыттан кейін және қандай қашықтықта тоқтайды?

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

1.36. Горизонталь бағытпен лақтырылған тастың жылдамдығы $v_x = 15\text{ м}/\text{с}$. Тастың бастапқы қозғалысынан 1 с – тан кейінгі нормаль және тангенстік үдеулерін табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.37. Дене v жылдамдықпен горизонтқа бұрыш жасай лақтырылады. Ұшу ұзақтығы $t = 2,2\text{ с}$. Осы дененің ең үлкен көтерілу биіктігін табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.38. Дене $\mathbf{v}_0 = 10\text{ м}/\text{с}$ жылдамдықпен горизонтқа $\alpha = 30^\circ$ бұрыш жасай лақтырылған. Дененің бастапқы қозғалысынан 1 с уақыт өткеннен кейінгі траекториясының қисықтық радиусын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.39. Дене \mathbf{v}_0 жылдамдықпен горизонтқа α бұрыш жасай лақтырылған. Дененің ең үлкен көтерілу биіктігін $h = 3\text{ м}$ және траекторияның қисықтық радиусын $R = 3\text{ м}$ деп алып, \mathbf{v}_0 және α шамаларын табу керек. Ауаның кедергісі есепке алынбайды.

1.40. Дөңгелек жылжымайтын өсьтің маңайында бұрылу бұрышы уақытқа $\varphi = \beta t^2$ (мұндағы $\beta = 0,20\text{ рад}/\text{с}^2$) байланысты болып айналады.

Дөңгелек шетіндегі А нүктенің $t = 2,5$ с мезеттегі жылдамдығы $v = 0,65$ м/с болса, онда осы нүктенің сол мезеттегі толық үдеуі қандай болғаны?

1.41. Қатты дене жылжымайтын өсьтің маңайында $\varphi = at - bt^3$ (мұндағы $a = 6,0$ рад/с, $b = 2,0$ рад/с³) заңы бойынша айналады. Бұрыштық жылдамдық пен бұрыштық үдеудің $t = 0$ – ден тоқтағанға дейінгі орта мәндерін табу керек.

1.42. Қатты дене $\omega = at \mathbf{i} + bt^2 \mathbf{j}$ (мұндағы $a = 5,0$ рад/с², \mathbf{i} және \mathbf{j} – Х және Y осьтерінің орттары) заңдылықпен айналады. $\beta = 10,0$ рад/с² мезетте β мен ω арасындағы бұрыш қандай болады?

1.43. Радиусы $R = 10$ м, болатын білікке ұшына кіртас байланған жіп оралған. Кіртас бірқалыпты үдемелі қозғала отырып, қозғалыс басталғаннан $\tau = 20$ с өткеннен кейін $h = 2$ м-ге төмен түседі. Осы уақыт мезетіндегі біліктің бұрыштық үдеуін және бұрыштық жылдамдығын табу керек.

1.44. Қатты дене $\omega = At \mathbf{i} + Bt^2 \mathbf{j}$ бұрыштық жылдамдықпен айналады., мұндағы $A = 0,5$ рад/с², $B = 0,06$ рад/с³. $\tau = 10$ с мезет үшін мыналарды табу керек: а) бұрыштық жылдамдық және бұрыштық үдеу модулі; б) осы екі вектор арасындағы бұрыш.

1.45. Дене жылжымайтын өсьтің маңайында $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$ формуламен өрнектелетін заң бойынша айналады. Айналу өсінен $r = 0,10$ м арақашықтағы нүктенің $t_0 = 4,0$ с уақыт мезетіндегі толық үдеуінің модулін анықтау керек. Уақыттың осы мезетінде үдеу векторы траекторияға жүргізілген нормальмен қандай бұрыш жасайды?

1.46. Маховик бірқалыпты үдемелі айналады. α толық үдеу векторының маховик алғашқы $N = 2,0$ айналым жасаған мезеттегі маховик радиусымен жасайтын α бұрышын табу керек.

1.47. Автомобиль қозғалған кезде оның радиусы $r = 0,75$ м дөңгелегі горизонталь жазықтықта радиусы $R = 6,00$ м шеңбер бойымен домалайды. Мұнда дөңгелек центрі тұрақты $v = 1,50$ м/с жылдамдықпен қозғалады. Мыналарды анықтау керек: 1) дөңгелектің бұрыштық жылдамдығы мен бұрыштың үдеуі; 2) ω векторының тік бағытпен жасайтын бұрышы.

1.48. Дөңгелектің шеңберінде 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 тұрған дөңгелектің радиусын табу керек.

1.49. Бірқалыпты үдемелі айналған дөңгелектің бұрыштық жылдамдығы айнала бастағаннан $N = 10$ айналым жасаған соң $\omega = 20$ рад/с - қа жетті. Дөңгелектің бұрыштық үдеуін табу керек.

1.50. Нүкте радиусы $R = 10$ см шеңбердің бойымен a_t тұрақты тангенстік үдеумен қозғалады. Қозғалыс басталғаннан кейін бесінші айналымның аяғында нүктенің сызықтық жылдамдығы $v = 79,2$ см/с - қа жеткендігі белгілі болса, онда оның тангенстік үдеуі a_t қандай болады?

1.51. Нүкте радиусы $R = 2$ см шеңбердің бойымен қозғалады. Жолдың уақытқа тәуелділігі $x = Ct^3$ теңдеуімен берілген, мұндағы $C = 0,1$ см/с³.

Нүктенің сызықтық жылдамдығы $v = 0,3 \text{ м/с}$ болған мезеттегі оның нормаль және тангенстік үдеулерін табу керек.

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

1.53. Бірқалыпты үдемелі қозғалыс басталғаннан кейінгі 2 с уақыттан соң, дөңгелектің шеңберінде жатқан нүктенің толық үдеуінің векторы, осы нүктенің сызықтық жылдамдығының бағытымен 60° бұрыш жасайды деп алып, дөңгелектің бұрыштық үдеуін табу керек.

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

1.55. Радиусы $R = 5 \text{ м}$ дөңгелек, радиусының бұрылу бұрышының уақытқа тәуелділігі $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ теңдеуімен берілетіндей айналады. Мұндағы $D = 1 \text{ рад/с}^3$. Дөңгелектің шеңберінде жатқан нүкте үшін қозғалыстың әрбір секундтағы тангенстік үдеуінің Δa_t өзгерісін табу керек.

1.56. Шеңбер бойымен қозғалған нүктенің жолы $s = Bt + Ct^2$ теңдеуімен сипатталады. Мұндағы $B = -2 \text{ м/с}$, $C = 2 \text{ м/с}^2$. Қозғалыс басталғаннан $t_1 = 1 \text{ с}$ өткен соң нүктенің нормаль үдеуі $a_n = 0,5 \text{ м/с}^2$ болды. Нормаль және тангенстік үдеулердің модульдері теңелетін уақытты табу керек.

1.2. Материалдық нүкте динамикасы

Динамиканың негізгі теңдеуі (Ньютонның екінші заңы):

$$m \, dv/dt = \mathbf{F}. \quad (1.2.1)$$

Бұл теңдеу нүкте траекториясына жүргізілген жанама мен нормаль бойындағы проекциялары арқылы былай жазылады:

$$m \, dv_\tau / dt = F_\tau, \quad m v^2 / R = F_n. \quad (1.2.2)$$

Жылжымайтын осьтің маңайында тұрақты ω бұрыштық жылдамдықпен айналған K' бейинерциялық санақ жүйесіндегі нүкте динамикасының теңдеуі:

$$m \mathbf{a}' = \mathbf{F} + m \omega^2 \mathbf{R} + 2m [\mathbf{v}' \boldsymbol{\omega}] \quad (1.2.3)$$

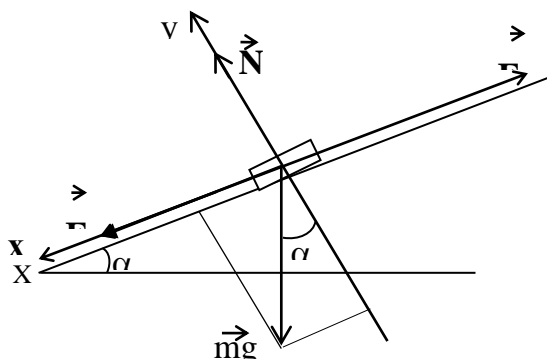
мұндағы \mathbf{R} - нүктенің K' - жүйесінің айналу өсіне қатысты радиус – векторы.

Материалдық нүкте динамикасы бойынша есептер шығарудың мысалы.

1 есеп. Еңкіштігі $0,3$ таудан түскен массасы 2 т автомо-биль 10 с ішінде жылдамдығын 36 км/сағ -тан 72 км/сағ -қа дейін сызықты өзгертеді. Үйкеліс коэффициентін $0,1$ деп алып қозғалтқыштың тарту күшін (немесе тежелу күшін) анықтау керек.

Шешуі. Еңкіштік деп жазықтың горизонтпен жасайтын бұрышының тангенсін айтады. Бұрыш өте кішкентай болса, оны жуықтап сол бұрыштың синусына тең деп алуға болады. Жазықтың еңкіштігі 0,3 болғандықтан, оған сәйкес еңкіштік бұрыш 17° болады.

Автомобилге мынадай күштер әсер етеді (2-сурет): mg -ауырлық күші, N -тіреудің реакция күші, F_T - қозғалтқыштың жазықтық бойымен төмен бағытталған тарту күші (автомобиль жұмыс істеп тұрған қозғалтқышпен түседі деп ұйғарайық).



2-сурет.

Динамикалық теңдеу былай жазылады:

$$F_T + N + mg + F_{тр} = ma.$$

Y өсіндегі проекциясы:

$$N - mg_y = 0; N = mg_y = mg \cos \alpha. F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha.$$

X өсіндегі проекциясы:

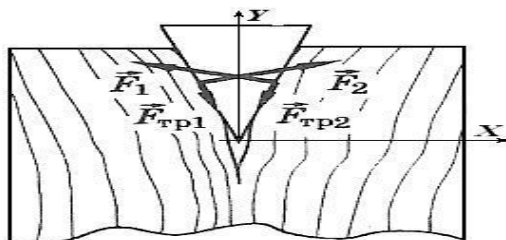
$$F_T + mg \sin \alpha - F_{тр} = ma; F_T + mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma.$$

Онда $F_T = ma - mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$.

Жылдамдық сызықты өзгертіндіктен үдеу $a = \Delta v / t$; $a = 1 \text{ м/с}^2$.

$$F_T = ma - mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = m(a - g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha).$$

Шамалардың мәндерін қойып мынаны аламыз: $F_T = 2 \cdot 10^3 \cdot (1 + 0,1 \cdot 9,8 \cdot 0,96 - 9,8 \cdot 0,29) = -1,72 \text{ кН}$.



3-сурет.

Демек, автомобилдің тарту күші 2-суретте көрсетілгендей болсын деп ұйғарылғандай емес, Х өсінің теріс жағына қарай бағытталған. Бұл автомобиль қозғалтқышы сөндіріліп тежегішпен түскен дегенді білдіреді. Олай болса, автомобиль төмен түскенде оған әсер еткен үйкеліс күші 1,72 Н болғаны.

3-есеп. Томарда қысылған сына (3-сурет) одан шығып кетпеу үшін үйкеліс коэффициенті μ қандай болу керек? Сынаның төбесіндегі бұрыш $\alpha = 30^\circ$.

Шешуі. F_1 және F_2 - томардың бүйір беттері тарапынан сынаны ығыстыратын реакция күштері, $F_{\text{тр1}}$ және $F_{\text{тр2}}$ - томардың бүйір беттері тарапынан сынаға әсер ететін үйкеліс күштері. Бұл күштер ығыстыратын күштерді теңгереді. Егер сынаның сырғып шығуына мүмкіндік туса, онда үйкеліс күштері мыналарға тең болады: $F_{\text{тр1}} = \mu F_1$ және $F_{\text{тр2}} = \mu F_2$. Бұл күштермен салыстырғанда ауырлық күшін ескермесе де болады. Сонымен сына тепе-теңдікте тұрғанда оған әсер ететін күштердің векторлық қосындысы нөлге тең болады:

$$\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_{\text{тр1}} + \mathbf{F}_{\text{тр2}} = 0. \quad (1)$$

(1) теңдеуді ОХ өсіне проекциялаймыз:

$$\text{ОХ: } F_1 \cos(\alpha/2) - F_2 \cos(\alpha/2) + F_{\text{тр1}} \sin(\alpha/2) - F_{\text{тр2}} \sin(\alpha/2) = 0,$$

үйкеліс күшін ашып жазамыз:

$$\text{ОХ: } F_1 \cos(\alpha/2) - F_2 \cos(\alpha/2) + \mu F_1 \sin(\alpha/2) - \mu F_2 \sin(\alpha/2) = 0,$$

$$F_1 [\cos(\alpha/2) + \mu \sin(\alpha/2)] - F_2 [\cos(\alpha/2) + \mu \sin(\alpha/2)] = 0 \Rightarrow$$

$$(F_1 - F_2) [\cos(\alpha/2) + \mu \sin(\alpha/2)] = 0.$$

Тік жақша ішіндегі өрнек нөлге тең, сондықтан

$$F_1 - F_2 = 0, \text{ демек } F_1 = F_2 = F, \text{ онда } F_{\text{тр1}} = \mu F \text{ және } F_{\text{тр2}} = \mu F.$$

(1) теңдеуді ОУ өсіне проекциялаймыз:

$$\text{ОУ: } F_1 \sin(\alpha/2) + F_2 \sin(\alpha/2) - F_{\text{тр1}} \cos(\alpha/2) - F_{\text{тр2}} \cos(\alpha/2) = 0 \text{ немесе}$$

$$\text{ОУ: } F \sin(\alpha/2) + F \sin(\alpha/2) - \mu F \cos(\alpha/2) - \mu F \cos(\alpha/2) = 0 \text{ немесе}$$

$$\sin(\alpha/2) - \mu \cos(\alpha/2) = 0, \text{ осыдан мынаны аламыз:}$$

$$\mu \geq \tan(\alpha/2) = \tan 15^\circ = 0,268.$$

1.57. x у жазықтығында $x = A \sin \omega t$, $y = B \cos \omega t$ заңы бойынша қозғалған массасы m бөлшекке әсер ететін күштің модулі мен бағытын табу керек.

1.58. Массасы 250 кг аэростат 0,20 м/с² үдеумен түсе бастады. Аэростат осындай үдеу алып тік жоғары көтерілуі үшін оның бортынан массасы қандай балласт тастау керек?

1.59. Көкжиекпен $\alpha = 15^\circ$ бұрыш жасайтын көлбеу жазықтық бойымен жоғары шағын дене жіберілді. Дененің көтерілу уақыты оның түсу уақытынан екі есе аз болса, онда үйкеліс коэффициенті қандай болғаны?

1.60. Массасы m дене көкжиекке бұрыш жасай v_0 жылдамдықпен лақтырылды. Дененің қозғалысының алғашқы t секунд ішіндегі импульсінің Δp өсімшесін және бүкіл қозғалыс уақытындағы дене импульсі өсімшесінің модулін табу керек.

1.61. Массасы m бөлшек $t = 0$ мезетте $\mathbf{F} = \mathbf{F}_0 \sin \omega t$ (мұндағы \mathbf{F}_0 және ω тұрақтылар) күштің әсерінен қозғала бастады. Бөлшектің жүрген жолының уақытқа тәуелділігін табу керек.

1.62. Бөлшекке $t = 0$ мезетте v_0 бастапқы жылдамдық берілгеннен кейін ол ортаның $\mathbf{F} = -r \mathbf{v}$ кедергі күшінің әсерінен қозғала бастады. Табу керек: а) бөлшектің осы күштің әсерінен қозғалу уақыты; б) оның жылдамдығының жолына тәуелділігі; в) тоқтағанша жүрген жолы.

1.63. Қалыңдағы h тақтайды тесіп өткен оқ жылдамдығын v_0 - ден v -ға дейін өзгертті. Кедергі күшті жылдамдықтың квадратына пропорционал деп есептеп, оқтың тақтай ішіндегі қозғалу уақытын табу керек.

1.64. Ұшақ тұрақты $v = 360$ км/сағ жылдамдықпен қозғалып радиусы $R = 500$ м «өлі тұзақ» жасайды. Массасы $m = 70$ кг ұшқыштың тұзақтың төменгі, жоғарғы және ортаңғы нүктелеріндегі салмағын табу керек.

1.65. Жіпке байланған шарик тік жазықтықта шеткі және төменгі қалыптардағы үдеулерінің модульдері бір-біріне тең болатындай тербеледі. Жіптің шеткі қалыптағы ауытқу бұрышын табу керек.

1.66. Жіпке байланған шарик тік жазықта төменгі қалпындағы үдеуі $4,0$ м/с² болатындай тербеледі. Шариктің шеткі қалыптағы үдеуін табу керек.

1.67. Экваторда $h = 500$ м биіктіктен дене Жер бетіне құлайды (Жерге қатысты бастапқы жылдамдықсыз). Дене құлаған кезде тік бағыттан қандай арақашықтыққа және қай жаққа ауытқиды?

1.68. Бірдей және тұрақты күштер әсерінен екі дене түзу сызық бойымен координаталарының уақытқа байланыстылығы $x_1 = At^2$, $x_2 = 3At^2$ теңдеуімен сипатталатындай болып қозғалады. Осы денелердің массаларының қатынасын табу керек.

1.69. x жазықтығында қозғалған массасы m бөлшектің жылдамдығы $\mathbf{v} = At\mathbf{i} + Bt^2\mathbf{j}$ заңдылығымен өзгереді. Мұндағы A және B тұрақты шамалар. Бөлшекке әсер ететін қорытқы күш модулінің уақытқа байланыстылығын табу керек.

1.70. Динамометрге ілінген, массасы $m = 2,1$ кг жүкті, модулі бойынша тең $a = 3,2$ м / с² үдеумен бір рет жоғары көтереді, екінші рет төмен түсіреді. Динамометрдің бірінші және екінші жағдайдағы көрсетулерінің айырымын табу керек.

1.71. Массасы 1600 кг ауа шары тұрақты үдеумен түсе бастады. Егер ол массасы 520 кг балласты тастап жіберсе, онда шар сондай үдеумен жоғары қозғалады. Шарды көтеретін күшті және оның үдеуін табу керек.

1.72. Горизонталь бағытта түзу сызықты $a = 2$ м / с² үдеумен қозғалған вагонда массасы $m = 0,2$ кг жүк жіпке ілінген. Жіптің керілу күшін және тік бағытта ауытқу бұрышын табу керек.

1.73. Көлбеулік бұрышы $\alpha = 30^\circ$ көлбеу жазықтықпен дене төмен сырғанады. В нүктесіндегі дене жылдамдығы $v_1 = 0,14$ м/с, ал В нүктесінен төмен орналасқан С нүктесіндегі жылдамдығы $v_2 = 2,57$ м/с. Дене мен жазықтық арасындағы үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,1$. Дененің В нүктесінен С нүктесіне қозғалатын уақыт аралығын табу керек.

1.74. Көкжиекпен $\alpha = 30^\circ$ бұрыш жасайтын көлбеу жазықтық бойымен төменнен жоғары қарай шағын денені $v_0 = 10$ м/с бастапқы жылдамдықпен жіберген. Дене мен жазықтық арасындағы үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,1$. Табу керек: а) дененің бастапқы нүктеге қайтып келгендегі жылдамдығы; б) дененің көтерілу биіктігі; в) дененің көтерілу және бастапқы нүктеге қайтып келу уақытын қамтитын уақыт аралығы.

1.75. Серіппелі таразыға ілінген салмақсыз блок арқылы асылған жеңіл созылмайтын жіп ұштарына массалары $m_1 = 0,5$ кг және $m_2 = 0,6$ кг жүктер бекітілген. Блок өсіндегі үйкелісті ескермей, жүктердің қозғалу уақытында таразының не көрсететін анықтау керек.

1.76. Жіпке байланған тас тік жазықтықта айналып тұр. Максимал және минимал керілу күштерінің айырымы $\Delta F = 9,8$ Н. Тастың массасын анықтау керек.

1.77. Ұзындығы $L = 0,5$ м жіпке ілінген тас тік жазықтықта бірқалыпты айналады. Жіптің керілуі жүктің ауырлық күшінен он есе артық болғанда үзілетінін ескеріп, оның қандай айналу жиілігінде үзілетінін анықтау керек.

1.78. Мотоциклші горизонталь жазықтықта радиусы $R = 80$ м болатын доғамен бұрылады. Мотоцикл дөңгелектері мен жердің арасындағы үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,4$. Табу керек: а) мотоциклшінің бұрылыста арттыра алатын ең үлкен жылдамдығы; б) құлап кетпеу үшін мотоциклші жантаятын бұрыш.

1.79. Радиусы $R = 480$ м айланбамен $v = 75$ км/сағ тұрақты жылдамдықпен пойыз келе жатыр. Дөңгелектердің сыртқы рельске түсіретін бүйірлік қысымын болдырмау үшін темір жол төсенішін горизонтқа қандай бұрышпен орналастыру керек?

1.80. Ұзындығы $l = 0,5$ м жеңіл созылмайтын жіпке ілінген ауыр шарик горизонталь жазықтықта айналады. Жіп пен тік бағыт арасындағы бұрыш $\alpha = 30^\circ$. Шариктің айналу периоды табу керек.

1.81. Массасы $m = 1,5$ т балға $h = 1,77$ м биіктіктен төске құлайды. Соғу ұзақтығы $\Delta t = 0,015$ с. Соғу күшінің орташа мәнін табу керек.

1.82. Массасы $m = 100$ г жұмсақ қар түйіршігі қабырға бетіне $\alpha = 45^\circ$ бұрыш жасай $v = 6$ м/с жылдамдықпен лақтырылған. Соқтығысу нәтижесінде қар қабырғаға жабысып қалады. Қабырға алған күш импульсін табу керек.

1.83. Қимасы $S = 5,6$ см² су ағыны нормальмен $\alpha = 60^\circ$ бұрыш жасап қабырғаға соғылады да, одан жылдамдығын жоғалтпай серпімді ыршиды. Су ағынының жылдамдығы $v = 14$ м/с. Қабырғаға түсетін күштің орташа мәнін табу керек.

1.84. Массасы $m = 4,65 \cdot 10^{-26}$ кг молекула $v = 600$ м/с жылдамдықпен ыдыстың қабырғасына нормаль ұшып келіп соқтығысады да, одан серпімді ыршиды. Соқтығысу уақытында қабырға алған күш импульсін анықтау керек.

1.85. Автомобильдің массасы 1000 кг. Қозғалысы кезінде оған ауырлық күшінің 0,1-іне тең үйкеліс күші әсер етеді. Ав-томобиль моторының мына жағдайларда өндіретін тарту күш-ін табу керек: а) бірқалыпты қозғалыс; б) $2,4 \text{ м/с}^2$ үдеу-мен қозғалыс.

1.86. Массасы 2,4 кг дене лифтіге орналастырылған серіппелі таразыға салынған. Лифт $a = 4,9 \text{ м/с}^2$ үдеумен былай қозғалады: а) жоғары; б) төмен. Екі жағдайда таразы не көрсетеді?

1.87. Бір-біріне тізбектей жалғанған екі серіппеден тұратын жүйенің k қатаңдығын табу керек.

1.88. Қатты денеге бірдей бағытталған және параллель F_1 және F_2 күштері түсірілген. Дәлелдеу керек: а) тең әсерлі күштің модулі қосылатын күштер модульдерінің қосындысына тең; б) тең әсерлі күш қосылатын күштерге параллель және олармен бағыттас; в) тең әсерлі күш параллель күштердің центрі арқылы, яғни қосылатын күштердің түсу нүктелерінің арақашықтығын осы күштердің модульдарына кері пропорционал кесінділерге бөледі.

1.89. Қатты денеге түсірілген параллель күштер жүйесінің центрінің орнын табу керек.

1.90. Екі антипараллель тең емес күштер центрінің орнын табу керек, F_1 және F_2 күштерінің түсу нүктелерінің арақашықтығы a .

1.91. Параллель жалғанған екі серіппеден тұратын жүйенің қатаңдығын табу керек.

1.92. Оқдәрі газының ұңғы арнасындағы орташа қысымын анықтау керек. Оқтың диаметрі 7,62 мм, массасы 9,1 г, ал ұңғының ұзындығы 610 мм. Оқ ұңғыдан 715 м/с жылдамдықпен ұшып шығады.

1.93. Табанындағы бұрышы α сынаның үстінде білемше орналасқан. Білемше мен сына арасындағы үйкеліс коэффициенті $\mu < \text{tg}\alpha$. Білемше сырғып түспес үшін сына қандай үдеумен қозғалуы тиіс?

1.94. Дискі 70 айн/мин жасайды. Дене сырғымас үшін оны дискінің қай жеріне орналастыру керек? Дененің дискімен тыныштық үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,44$.

1.95. Мотоциклші өсі тік орналасқан радиусы 4 м цилиндрдің ішкі бетімен шеңбер бойлай тұрақты 20 м/с жылдамдықпен қозғалады. Мотоцикл шинінің қабырғамен үйкеліс коэффициентін табу керек. Адам мен мотоцикл өлшемін ескермеуге болады.

1.96. Мотоциклші 90 км/сағ жылдамдықпен қозғалып келеді. Мотоциклшінің бұрылыста жүріп өткен доғаның қисықтық радиусы қандай? Резеңкенің асфальтпен үйкеліс коэффициенті 0,65. Мотоциклшінің горизонтқа еңкею бұрышы қандай?

1.97. Бұршақтың құлау жылдамдығын бағалау керек. Бұршақтың диаметрі $2r = 5$ мм, ал тығыздығы $8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$.

1.98. Радиусы R шеңбермен қозғалған велосипедші шеңбердің ішіне көкжиекпен a бұрышқа еңкейіп айналады. Велосипедшінің v жылдамдығын анықтау керек.

1.99. Кішкене жүк ұзындығы $l = 1,50$ м жіпке ілінген. Итеріліп жіберілгеннен кейін жүк горизонталь жазықтықта радиусы $r \ll l$ шеңбер бойлай қозғала бастайды. Жүктің айналу жиілігі қандай?

1.100. Дөңгелегі мен жолдың арасындағы үйкеліс коэффициенті $0,60$ мәшине радиусы $R = 50$ м болатын жолдың айланбасымен қандай ең үлкен жылдамдықпен қозғалады?

1.101. Массалары бірдей m үш қайық бірінің соңынан бірі бірдей v жылдамдықпен қозғалады. Ортаңғы қайықтан бір мезгілде алдыңғы және артқы қайықтарға ортаңғы қайыққа қатысты u жылдамдықпен m^1 жүктер лақтырылады. Жүктер лақтырылған соң қайықтар қандай жылдамдықтармен қозғалады?

1.102. Көлбеулік бұрышы $\alpha = 45^\circ$ көлбеу жазықтың бетімен жоғары қарай $v_0 = 10,0$ м/с жылдамдықпен дене қандай биіктікке көтеріледі. Дене мен жазықтық арасындағы үйкеліс коэффициенті $0,20$. Дене төменгі нүктеге қандай жылдамдықпен қайтіп оралады?

1.103. Жіпке ілінген $m = 0,20$ кг дене тік жазықтықта айналады. Жіптің ең үлкен және ең кіші керілу күштері мәндерінің ΔF айырымын анықтау керек.

1.104. Горизонталь жазықтықтың бетімен v жылдамдықпен қозғалған массасы m дене онда жатқан массасы M сынаға барып, оның бетімен жоғары қарай сырғанайды. Дене мен сына арасындағы, сондай ақ сына мен горизонталь бет арасындағы үйкелісті ескермей дененің ең үлкен h көтерілу биіктігін анықтау керек.

1.105. Тегіс горизонталь үстел үстінде кесек ағаш жатыр. Оған үстел шетіне бекітілген блок арқылы асылған жіп байланған. Егер жіптің ұшынан $F_1 = 19,6$ Н күшпен тартса, онда кесек $a_1 = 9,8$ м/с² үдеумен қозғалады. Егер жіптің ұшына $m = 2$ кг жүк байланса, онда жіп қандай F_2 күшпен керіледі және кесек қандай a_2 үдеумен қозғалады?

1.106. Ұштарына жалпы массасы $m = 1,00$ кг және әрбірінің массасы әртүрлі m_1 және m_2 екі жүк ілінген жіп блок арқылы асылған. Жүктер бірқалыпты үдемелі қозғала бастағаннан кейін $t = 0,50$ с ішінде $s = 0,75$ м жол жүреді. Блоктың осіне түсетін қысым күшін анықтау керек.

1.107. Тұрақты $a = 3,0$ м/с² үдеумен горизонталь қозғалған вагонда сыммен массасы $m = 2,00$ кг жүк ілінген. Сымның T керілу күшін және оның тік бағыттан α ауытқу бұрышын анықтау керек. Жүк вагонға қатысты қозғалмайды.

1.108. Массасы $m = 45$ кг жүк ұзындығы $l = 5,0$ м арқанға ілініп горизонталь жазықтықта $n = 16,0$ айн/мин жасап айналады. Арқан тік бағытпен қандай бұрыш жасайды және оның керілу күші қандай?

1.109. Вагонда тіктеуіш орнатылған (жіпке массасы m шарик ілінген). Вагон көкжиекпен бұрыш α жасайтын көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз түссе тіктеуіш қандай бағыт алады? Тіктеуіш вагонға қатысады қозғалмайды.

1.110. Ішінде сұйығы бар ыдыс тік остің маңайында тұрақты ω бұрыштық жылдамдықпен айналады. Сұйық беттің пішінін анақтау керек.

1.111. Лифтінің кабинасы a_0 үдеумен тік төмен қозғалып келеді. Кабинаның ішіндегі массасы m денеге әсер ететін инерция $F^{ин}$ күшін анықтау керек. Лифт кабинасы үдеуінің қандай мәнінде, оның ішінде орналасқан барлық денелер салмақсыздық күйде болады?

1.112. Горизонталь орналасқан платформа оның центрі арқылы өтетін тік өс маңайында ω бұрыштық жылдамдықпен айналады. Айналу өсінен r арақашықтықта орналасқан массасы m денеге әсер ететін центрден тепкіш инерция күшін $F^{ин}$ табу керек.

1.113. Жұлдыз қандай бұрыштық жылдамдықпен айналғанда, оның экваторынан жұлдыз заты аға бастайды. Есепті шешу үшін айналып тұрған жұлдызбен байланысты санақ жүйесін пайдалану керек. Жұлдыздың массасы M , ал радиусы R .

1.114. Массасы m дене экваторда орналасқан. Егер шығыстан батысқа тұрақты v жылдамдықпен қозғалып келе жатқан дене бағытын қарама-қарсыға өзгертетін болса, онда дененің Жер бетіне түсіретін күші қаншаға өзгереді?

1.115. Массасы $m = 2500$ тонна пойыз оңтүстіктен солтүстікке қарай тұрақты $v = 72$ км/сағ жылдамдықпен меридиан бойымен төселген теміржолмен қозғалып келеді. Солтүстік жартышардағы $\varphi = 60^\circ$ ендікте пойыздың рельске түсіретін F қысым күшінің горизонталь құраушысын анықтау керек.

1.116. Массасы $m = 2500$ т пойыз $v = 54$ км/сағ жылдамдықпен солтүстік жартышардағы $\varphi = 60^\circ$ ендікте паралель бойымен төселген теміржол бойымен қозғалып келеді. Пойыздың рельске түсіретін қысым күшінің горизонталь құраушысын анықтау керек.

1.3. Сақталу заңдары

Жүйенің массалар центрінің қозғалыс заңы:

$$m \, dv_c/dt = \mathbf{F}_{\text{сырт}}, \quad (1.3.1)$$

мұндағы $\mathbf{F}_{\text{сырт}}$ - барлық сыртқы күштердің векторлық қосындысы.

Жүйе импульсінің өсімшесі:

$$\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2 = \int \mathbf{F}_{\text{сырт}} \, dt. \quad (1.3.2)$$

Массасы айнымалы дене динамикасының теңдеуі:

$$m \, dv/dt = \mathbf{F} + \mathbf{u} \, dm/dt, \quad (1.3.3)$$

мұндағы \mathbf{u} - бөлінген (қосылған) заттардың қарастырылып отырған денеге қатысты жылдамдығы.

Күштің жұмысы мен қуаты:

$$A = \int \mathbf{F} \, d\mathbf{r} = \int F_s \, ds, \quad P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}, \quad (1.3.4)$$

мұндағы $d\mathbf{r}$ - \mathbf{F} күштің түсу нүктесінің элементар орын ауыс-тыруы.

Бөлшектің кинетикалық энергиясының өсімшесі:

$$K_2 - K_1 = A, \quad (1.3.5)$$

мұндағы A – бөлшекке әсер ететін барлық күштердің жұмысы.

Өрістегі бөлшектің потенциалдық энергиясының кемуі:

$$U_1 - U_2 = A_{\text{өк}}, \quad (1.3.6)$$

мұндағы $A_{\text{өк}}$ – өріс күшінің жұмысы.

Күш пен өрістегі бөлшектің потенциалдық энергиясы арасындағы байланыс:

$$F_i = -\frac{\partial U}{\partial x_i}, \quad \mathbf{F} = -\nabla U. \quad (1.3.7)$$

Өрістегі бөлшектің толық механикалық энергиясының өсімшесі:

$$E_2 - E_1 = A_{\text{бөг}}, \quad (1.3.8)$$

мұндағы $A_{\text{бөг}}$ – барлық бөгде күштердің, яғни берілген өріс күштеріне жатпайтын күштердің қорытқы күшінің жұмысы.

Жүйенің меншікті механикалық энергиясының өсімшесі:

$$E_{\text{мен}1} - E_{\text{мен}2} = A_{\text{сырт}} + A_{\text{сырт}}^{\text{дис}}, \quad (1.3.9)$$

мұндағы $E_{\text{мен}} = K + U_{\text{мен}}$, $U_{\text{мен}}$ - жүйенің меншікті потенциалдық энергиясы; $A_{\text{сырт}}$ – барлық сыртқы күштердің жұмысы; $A_{\text{сырт}}^{\text{дис}}$ - барлық ішкі диссипативтік күштердің (үйкеліс және кедергі күштерінің) жұмысы.

Өрістегі жүйенің толық механикалық энергиясының өсімшесі:

$$\dot{A}_2 - \dot{A}_1 = \dot{A}_{\text{підд}}^{\text{аіа}} + \dot{A}_{\text{іөіі}}^{\text{әән}}, \quad (1.3.10)$$

мұндағы $E = E_{\text{мен}} + U_{\text{сырт}}$, $U_{\text{сырт}}$ - жүйенің сыртқы өрістегі потенциалдық энергиясы; $A_{\text{сырт}}^{\text{бөг}}$ - сыртқы бөгде күштердің, яғни берілген өріс күштеріне жатпайтын күштердің жұмысы.

Жүйенің кинетикалық энергиясы:

$$K = K_c + mv_c^2 / 2, \quad (1.3.11)$$

мұндағы K_c - оның массалар центрі жүйесіндегі кинетикалық энергиясы.

Жүйенің импульс моментінің өсімшесі:

$$\mathbf{L}_2 - \mathbf{L}_1 = \int_1^2 \mathbf{M}_{\text{сырт}} \, dt. \quad (1.3.12)$$

Жүйе импульсінің моменті:

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}_c + [\mathbf{r}_c \mathbf{p}], \quad (1.3.13)$$

мұндағы L_c - оның массалар центрі жүйесіндегі импульс моменті (меншікті импульс моменті);

r_c - массалар центрінің радиус – векторы, p - жүйе импульсі.

Идеал сұйық динамикасының негізгі теңдеуі (Эйлер теңдеуі):

$$\rho \, dv/dt = \mathbf{f} - \nabla p, \quad (1.3.14)$$

мұндағы ρ - сұйық тығыздығы, \mathbf{f} - массалық күштердің (ауырлық күші жағдайында $\mathbf{f} = \rho \mathbf{g}$) көлемдік тығыздығы, ∇p - қысым градиенті.

Тоқтың кез - келген сызығы бойындағы идеал сұйықтың стационар ағысында мына теңдеу орын алады (Бернулли теңдеуі):

$$\rho \frac{v^2}{2} + \rho gh + p = const . \quad (1.3.15)$$

Сұйықтың екі қабатының арасындағы үйкеліс күші:

$$F_{\text{үйк}} = \eta \left| \frac{dv}{dz} \right| S, \quad (1.3.16)$$

мұндағы η - сұйық тұтқырлығы.

Құбырдың көлденең қимасы арқылы өтетін сұйық ағысын (m^3/c берілгенде) анықтайтын өрнек (Пуазейль өрнегі):

$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta} \frac{p_1 - p_2}{l}, \quad (1.3.17)$$

мұндағы R және l - құбырдың радиусы мен ұзындығы, $p_1 - p_2$ оның ұштарындағы қысымдардың айырымы.

Тұтқыр сұйықтың ағыс сипатын анықтайтын Рейнольдс саны:

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}, \quad (1.3.18)$$

мұндағы l - қандай да бір ұзындық өлшем.

Тұтқыр сұйықтағы радиусы r шариктің қозғалысына жасалатын кедергі күш:

$$F = 6\pi\eta v r. \quad (1.3.19)$$

Сақталу заңдары бойынша есеп шығару мысалы.

Есеп. Ұзындығы $l=0,5$ м салмақсыз созылмайтын жіпке кішкене шар ілінген. Ол тік жазықтықта толық бір айналым жасау үшін оған қандай ең кіші горизонталь v_0 жылдамдық беру керек?

Шешуі. Шарик төменгі қалыптан жоғарғы қалыпқа ауысқан жағдай үшін механикалық энергияның сақталу заңын пайдаланамыз:

$$mv_0^2/2 = mg \cdot 2l + mv^2/2. \quad (1)$$

Жоғарғы нүктеде шарикке екі күш әсер етеді: ауырлық күші mg (төмен бағытталған) және жіптің керілу күші T (ол да төмен бағытталған). Бұл күштер шарикке төмен - іліну нүктесіне бағытталған центрге тарқыш үдеу береді:

$$ma_{ц} = mg + T.$$

Шарик ең жоғарғы нүктеге жеткенде ($T = 0$, есеп шарты), $mv^2/l = mg$, осыдан

$$v^2 = gl. \quad (2)$$

(2) –ні (1)- ге қойып мынаны аламыз:

$$mv_o^2/2 = 2mgl + mgl/2; \quad v_o^2 = g4l + gl = 5gl; \quad v_o = (5gl)^{1/2}.$$

Есептеулер жасап мынаны табамыз: $v_o = 5$ м/с.

Ескерту: егер шарик қатаң жіпке ілінсе, онда жоғары нүктеде жылдамдық нөлге айналуы мүмкін. Онда (1) – ден $mvo^2/2 = mg \cdot 2l$, осыдан

$$vo^2 = 4gl, \quad vo = (4gl)^{1/2} = 2(gl)^{1/2}.$$

Есептеулер жасап мынаны табамыз: $v_o = 4,47$ м/с.

1.117. Бөлменің төбесіне ілінген блок арқылы асылған жіптің ұштарына массалары m_1 және m_2 денелер ілінген. Жіптің және блоктың массалары ескерусіз аз, үйкеліс жоқ. Берілген жүйенің масса центрінің үдеуін табу керек.

1.118. Массасы $m = 1,00$ кг және ұзындығы $l = 1,40$ м шынжыр өзінің төменгі ұшымен үстел бетіне жанаса жіпке ілінген. Жіп күйдірілген соң шынжыр үстел үстіне құлады. Оның үстелге берген толық импульсін табу керек.

1.119. Массасы m локомотив стансадан жылдамдығы $v = \alpha s^{1/2}$ (мұндағы α – тұрақты шама, s – жүрілген жол.) заңмен өзгеретіндей болып қозғала бастайды. Локомотивке қозғалыс басталғаннан алғашқы t секунд ішінде әсер етуші барлық күштердің қосынды жұмысын табу керек.

1.120. Радиусы R шеңбер бойымен қозғалған бөлшектің кинетикалық энергиясының жүріп өткен жолға тәуелділігі: $K = \alpha s$ (мұндағы α – тұрақты шама). Бөлшекке әсер ететін күш модулінің s - ке тәуелділігін табу керек.

1.121. Жер бетінде қалықтап тыныш тұрған массасы M зымыраннан газ u жылдамдықпен ағып шықса, онда зымыран қозғалтқышы қандай қуат өндіреді?

1.122. Жүйе тізбектей жалғанған қатандықтары k_1 және k_2 екі серіппеден тұрады. Осы жүйені Δl -ге созу үшін қажет жұмысты табу керек.

1.123. Бөлшек X осінің бойымен $F_x = \alpha x - \beta x^2$ (мұндағы $\alpha = 8,0$ Н/м, $\beta = 6,0$ Н/м²) күштің әсерінен қозғалады. Нүктенің $x = 0$ орнындағы потенциалдық энергиясы нүктеде қандай болса, сондай болатын орнын табу керек.

1.124. Бөлшек потенциалдық энергиясы $U = -\alpha xy$ ($\alpha = 6,0$ Дж/м²) екі өлшемді күштік өрісте орналасқан. Бөлшекке $U = -0,24$ Дж және күш векторы Y осінің ортымен $\theta = 15^\circ$ бұрыш жасайтын нүктеде әсер ететін күштің модулін табу керек.

1.125. Жіпке байланған кішкене шарик тік жазықтықта шеңбер бойлай қозғалады. Жіптің ең үлкен керілу күші ең аз керілу күшінен 2,35 Н-ға артық. Шарик массасы қандай?

1.126. Массалары m_1 және m_2 екі шариктен тұратын жүйенің олардың абсолют серпімсіз соқтығысуы кезіндегі кинетикалық энергиясының өзгерісін табу керек. Шариктердің соқтығысқанға дейінгі жылдамдықтары v_1 және v_2 .

1.127. Массасы m_1 1 бөлшек тыныштықта тұрған 2 бөлшекпен маңдайлық соқтығысу нәтижесінде олар бір-бірінен қарама-қарсы бағыттарда бірдей жылдамдықтармен ажырасты. 2 - бөлшектің массасын анықтау керек.

1.128. Көлденең қима ауданы S және биіктігі H мұз кесегі суда қалқып жүр. Мұз кесегін суға толық батыру үшін жасалатын жұмысты табу керек. Мұздың тығыздығы ρ_m және судың тығыздығы ρ_c белгілі.

1.129. Сыртқы күштің әсерінен радиусы $R = 6$ см-ге тең шар су астында ұсталып тұр. Шардың беткі нүктесі судың бетімен жанасады. Шар материалының тығыздығы $\rho = 500$ кг/м³. Егер шарды жіберсек және оның еркін қалқып шығуына жол берсек, онда кері итеруші күш қандай жұмыс атқарады?

1.130. Еден ауданы $S = 50$ м² жертөледегі суды сорып алып арыққа ағызу керек. Жертөледегі судың тереңдігі $h = 1,5$ м, ал су деңгейінен оны төгетін жерге дейінгі арақашықтық $H = 5$ м. Суды сорып алу кезінде жасалатын жұмысты табу керек.

1.131. Ұзындығы $l = 1,2$ м және массасы $m = 2,8$ кг шынжыр үстел үстінде жатыр. Шынжырдың ұзындығы $l_1 = 0,14$ м бөлігі үстелден төмен түсірілгенде, ол үстел үстінен сырғи бастайды. Үстел мен шынжыр арасындағы үйкеліс коэффициенті $\mu = 0,1$. Шынжыр үстел үстінен толық сырғанап түскен кезде, үйкеліс күшін жеңуге кеткен жұмысты табу қажет.

1.132. Ұзындығы l біртекті шынжыр горизонталь жазықтықта жатыр. Оның ұзындығының $1/3$ бөлігі тегіс, ал қалған бөлігі бұжыр бетте жатыр. Тұрақты горизонталь F күшпен шынжырды бұжыр беттен тегіс бетке тартады. Шынжыр жылжи бастағанда F ең аз күшке тең болады; үйкеліс күші жылдамдыққа тәуелді емес. Шынжыр толығымен тегіс бетке өткенде оған әсер ететін үйкеліс күші қандай жұмыс атқарады?

1.133. Массасы m дене бастапқы v_0 жылдамдықпен горизонтқа α бұрышпен лақтырылды. Дененің ұшуы кезіндегі ауырлық күші өндіретін орташа қуатты және осы күштің лездік қуатын уақыттың функциясы ретінде табу керек.

1.134. Массасы m дене тұрақты күш әсерінен бір түзудің бойында қозғалады. Әрі дененің x координатасының уақытқа тәуелділігі: $x = V + Ct + Dt^2$ теңдеуімен анықталады, мұндағы V, C, D – тұрақты шамалар. Күштің 0-ден t_1 – ге дейінгі уақыт аралығындағы жұмысын табу керек.

1.135. Массасы $m = 2$ кг материалдық нүкте тұрақты күш әсерінен $x = Vt + Ct^2 + Dt^3$ теңдеуіне сәйкес түзу сызықты қозғалады. Мұндағы $V = -2$ м/с, $C = 1$ м/с², $D = -0,2$ м/с³. Қозғалыстың $t_1 = 2$ с және $t_2 = 5$ с мезеттерінде нүкте өндіретін қуатты табу керек.

1.136. Бөлшек x у жазықтығында $\mathbf{F} = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$ күш әсерінен радиус - векторы $\mathbf{r}_1 = 1\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ 1 нүктеден радиус-векторы $\mathbf{r}_2 = 2\mathbf{i} - 3\mathbf{j}$ 2 нүктеге белгілі бір

траекториямен орын ауыстырды. F күшінің осы орын ауыстыруда істеген жұмысын табу керек.

1.137. Массасы m денені y көтерілу биіктігіне байланысты $F = (2ay-1) mg$ заңмен өзгертін күшпен жер бетінен көтере бастайды. Мұндағы a - тұрақты оң шама. Осы күштің көтерілу жолының бірінші жартысындағы жұмысын анықтау керек.

1.138. Ұзындығы $l = 1$ м жеңіл созылмаймын жіпке ілінген шарикті түртіп, оған $v = 6$ м/с жылдамдық береді. Жіптің босаңсып, ал шарик шеңбер бойымен қозғалуын қоятын биіктікті табу керек. Осы мезеттегі шарик жылдамдығы неге тең?

1.139. Массасы m денені горизонтқа α бұрышпен көлбеген жазықтық бойымен жоғары жібереді. Дененің бастапқы жылдамдығы v_0 және үйкеліс коэффициенті μ . Табу керек: а) дененің толық тоқтағанға дейін жүрген жолды; б) осы жолдағы үйкеліс күшінің жұмысын.

1.140. Массасы m нейтрон тыныштықта тұрған мына атомдардың ядроларына соқтығысады: а) көміртегі атомы ($m_c = 12 m$); б) уран атомы ($m_u = 235 m$). Соқтығысуды орталық және серпімді деп есептеп, екі жағдайдың әрбірінде нейтрон жылдамдығының $\varepsilon = \Delta v/v$ қандай бөлігін жоғалтатындығын табу керек.

1.141. Тыныш тұрған сутек атомына серпімді соқтығысқан гелий атомының жылдамдығы неше есе азаятынын табу керек. Сутек атомының массасы гелий атомының массасынан 4 есе кіші.

1.142. Массасы m_1 қозғалған дене тыныштықта тұрған массасы m_2 денеге соғылады. Соқтығысуды орталық және серпімді деп есептеп, бірінші дене соқтығысу кезінде өзінің алғашқы кинетикалық энергиясының қандай бөлігін екінші денеге беретіндігін табу керек. Есепті жалпы түрде шешу, сосын а) $m_1 = m_2$, б) $m_1 = 9m_2$ жағдайларды қарастыру керек.

1.143. Массасы m_1 импульсі \mathbf{p}_1 болатын 1 бөлшек тыныш тұрған массасы m_2 болатын 2 бөлшекпен серпімді соқтығысады. Бөлшектердің соқтығысудан кейінгі \mathbf{p}_1^1 және \mathbf{p}_2^1 импульстарын табу керек. Соқтығысудың нәтижесінде 2 бөлшек 1 бөлшектің бастапқы бағытымен θ бұрышпен ауытқиды.

1.144. Атомдық массасы 216 радон ядросы атомдық массасы 4 және кинетикалық энергиясы 8 МэВ альфа бөлшегін шығарады. Тебілген ядро қандай кинетикалық энергия алады?

1.145. Тегіс шар белгілі бір бұрышпен тегіс қабырғаға серпімді соғылады. Түсу бұрышы шағылу бұрышына тең екенін дәлелдеу керек.

1.146. Массасы бірдей екі бөлшек абсолют серпімді бейрелятивистік соқтығысқаннан кейін олардың 90° бұрышпен ажырап ұшатынын дәлелдеу керек. Соқтығысқанға дейін олардың бірі тыныштықта тұрған.

1.147. Горизонталь ұшқан массасы m оқ жіпке ілінген массасы M ағаш шарға тиеді де, оны ортасы арқылы тесіп өтеді. Оқтың соқтығысқанға дейінгі және кейінгі жылдамдықтарын тиісінше v_1 және v_2 деп алып,

жүйенің соқтығысу нәтижесіндегі механикалық энергиясының ΔE өзгерісін анықтау керек.

1.148. Горизонталь мұзбен v жылдамдықпен қозғалған шана асфальтқа шығады. Шана табанының ұзындығын l , ал оның асфальтпен үйкеліс коэффициентін μ деп алып, шананың асфальтпен s жүру жолын ($s > l$) анықтау керек. Шана массасы табандарына біркелкі бөлінген. Шана табандарының мұзбен үйкелісін ескермеуге болады.

1.149. Шиырма серіппенің жоғарғы ұшына кіртас қойылғанда серіппе $x_0 = 1,00$ мм-ге сығылды. Осы кіртас $h = 0,20$ м биіктіктен $v = 1,0$ м/с жылдамдықпен түссе онда ол серіппені қаншаға сығар еді?

1.150. Нейтрон көміртегі ядросына серпімді соғылғаннан кейін алғашқы бағытына перпендикуляр бағытта қозғалады. Көміртегі ядросының массасы M нейтронның m массасынан $n = 12$ есе үлкен деп алып, соққы нәтижесінде нейтрон энергиясы неше есе кемитіндігін анықтау керек.

1.151. $v = 4,00$ м/с жылдамдықпен қозғалған, массасы $m = 5,00$ кг балға төстің үстінде жатқан темір бұйымға соғылады. Төс пен бұйымның жиынтық массасы $M = 95$ кг. Соққыны абсолют серпімсіз деп есептеп, бұйымды соққылауға (деформациялауға) жұмсалатын энергияны анықтау керек. Берілген жағдайларда соққылау процесінің п.э.к. – і неге тең?

1.152. Ұзындығы l жіңішке біртекті шыбық бір ұшы арқылы өтетін және оған перпендикуляр горизонталь өс маңайында айнала алады. Шыбық тепе – теңдіктен 90° – қа ауытқытылып қоя берілді. Шыбықтың төменгі ұшының тепе – теңдіктен өтер мезеттегі v жылдамдығын анықтау керек.

1.153. Массалары $m_1 = 2$ кг және $m_2 = 3$ кг екі дене қандай да бір инерциялық санақ жүйесіне қатысты $\mathbf{v}_1 = 3 \mathbf{i} + 4 \mathbf{j}$ және $\mathbf{v}_2 = -2 \mathbf{i} + 3 \mathbf{j}$ жылдамдықтармен қозғалып абсолют серпімсіз соқтығысады. Олардың соқтығысқаннан кейінгі v жылдамдығын анықтау керек.

1.154. Денені әуелі $h_1 = R/2$ тереңдіктен (R - Жер радиусы) Жер бетіне, ал сосын Жер бетінен $h_2 = h_1 = R/2$ биіктікке көтереді. Қай жағдайда жұмыс көп істеледі?

1.155. Идеал сұйық көлбеу жазықтықпен стационар ағады. Ағын тереңдігі l арақашықтықта екі есе кемиді. Қандай арақашықтықта ағын тереңдігі төрт есе кемиді?

1.156. Биік цилиндр ыдыстың түбіндегі саңылаудан су ағады. Ыдыс қимасының ауданы саңылау қимасының ауданынан 100 есе үлкен. Ыдыстағы судың деңгейі араласатын үдеуді табу керек.

1.157. Биіктігі h , табанының ауданы S цилиндр ыдыста толы су бар. Ыдыстың түбінен ауданы $s \ll S$ саңылау ашылды. Сұйықтың тұтқырлығын ескермей судың ыдыстан қанша уақытта ағып кететінін анықтау керек.

1.158. Радиусы R құбырмен тұтқыр сұйықтың стационар ағыны ағады. Оның құбыр өсіндегі жылдамдығы v_0 . Сұйық ағысының жылдамдығын құбыр өсінен r арақашықтықтың функциясы ретінде табу керек.

1.159. Компрессордың қысымы p . Егер бүріккіштен сұйық бояу $v = 25 \text{ м/с}$ жылдамдықпен ағып шықса, онда ол бүріккіште қандай қысым түсіреді? Бояудың тығыздығы $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

1.160. Катердің орташа қимасы $S=4 \text{ м}^2$, қозғалтқышының қуаты $P = 300 \text{ а.к.}$, пайдалы әсер коэффициенті $\eta = 25 \%$. Катер қандай ең үлкен жылдамдық өндіре алады? $C=0,5$ деп алынсын.

1.161. Су гидромонитордан 100 м/с жылдамдықпен ағып шығады. Судың шығымы $144 \text{ м}^3/\text{сағ.}$ Егер сораптың п.ә.к - і 75% болса, онда оның қуаты қандай болғаны?

1.162. Идеал сұйықтың тік ағысы радиусы r_0 горизонталь саңылаудан v_0 жылдамдықпен ағып шығады. Саңылаудан төмен h арақашықтықтағы ағыс радиусын табу керек.

1.163. Сумен толтырылған кең тік ыдыстың қарама - қарсы жақтарынан әрбірінің ауданы $S = 0,50 \text{ см}^2$ бірдей екі саңылау ашты. Олардың биіктік бойынша арақашықтығы 51 см. Ағып шыққан судың қорытқы реакция күшін табу керек.

1.164.Диаметрі $d = 3,0 \text{ мм}$ болат шарик тұтқырлығы $\eta = 90 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ сұйық ішіне бастапқы жылдамдықсыз түсірілді. Қозғалыс басталғаннан қанша уақыттан соң шарик жылдамдығы орныққан жылдамдықтан 1% - ға өзгеше болады?

1.165. Биіктігі $h = 2,8 \text{ м}$ бөлмедегі тозаңның шөгуінің орныққан жылдамдығы мен шөгу уақытын бағалау керек. Тозаң бөлшегінің ең кіші диаметрі $2r = 0,06 \text{ мм.}$ 20^0 C температурадағы ауа тұтқырлығы $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с.}$ тозаң бөлшегі затының тығыздығы 2000 кг/м^3 .

1.4. Бүкіләлемдік тартылыс

Бүкіләлемдік тартылыс заңы:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (1.4.1)$$

Планеталардың Күнді айналу периодтарының квадраты олардың үлкен жарты өстерінің кубтарына пропорционал (Кеплер заңы):

$$T^2 \sim a^3. \quad (1.4.2)$$

Нүктелік массаның гравитациялық өрісінің потенциалы:

$$\varphi = -\frac{\gamma m}{r}. \quad (1.4.3)$$

Бірінші және екінші ғарыштық жылдамдықтар:

$$v_1 = \sqrt{gR}, \quad v_2 = v_1 \sqrt{2}. \quad (1.4.4)$$

1.166. Шағын дене Күнге Жер орбитасының радиусына тең арақашықтықтан құлай бастайды. Кеплер заңы арқылы оның құлау ұзақтығын табу керек.

1.167. Затың біртекті сфералық қабаты ішінде A бөлшекке әсер ететін тартылыс күшінің нөлге тең екендігін дәлелдеу керек.

1.168. Жер полюсінен қандай биіктікте еркін түсу үдеуі $1,0\%$ - ға кемиді? $2,0$ есе кемиді?

1.169. Тығыздығы $3,3 \text{ г/см}^3$ планетаның бетіне жақын маңайда оны айнала қозғалған серіктің айналу периодын табу керек.

1.170. Серік Жер полюсінің үстіндегі дөңгелек орбитаға ν жылдамдықпен шығарылды. Серіктен Жер бетіне дейінгі арақашықтықты табу керек.

1.171. Айдан ұшырылатын дене үшін бірінші және екінші ғарыштық жылдамдықтарды есептеу керек.

1.172. Жердің M массасын келесі мәліметтер бойынша анықтау керек: гравитациялық тұрақты $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$, Айдың Жерді айналу периоды $T = 2,36 \cdot 10^6 \text{ с}$, Жер мен Айдың центрлерінің арасындағы орташа арақашықтық $r = 3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$.

1.173. Күннің M массасын келесі мәліметтер бойынша есептеу керек: гравитациялық тұрақты $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$, Жерден Күннің центріне дейінгі арақашықтық $r = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$, Жердің Күнді айналу периоды $T = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с}$.

1.174. Массасы m материалдық нүкте мен ұзындығы l , массасы M жіңішке біртекті шыбықтың гравитациялық өзара әсерлесу күшін (F) анықтау керек. Олар бір түзудің бойында бір-бірінен a арақашықтықта орналасқан.

1.175. Массасы M және, радиусы R жіңішке біртекті жарты сақина қисықтық центрінде орналасқан массасы m біртекті шарикпен өзара әсерлеседі. Осы денелердің гравитациялық өзара әсерлесуінің F күшін табу керек.

1.176. Радиусы R жіңішке біртекті дискінің массасы M . Дискінің осінде оның центрінен h арақашықтықта орналасқан массасы m бөлшек пен дискінің гравитациялық өзара әсерлесу күшін табу керек.

1.177. Массасы M және радиусы R жарты сфера түріндегі өте жұқа біртекті қабаттың оның центрінде орналасқан массасы m бөлшекпен өзара әсерлесуінің F гравитациялық күшінің модулін анықтау керек.

1.178. Заттың біртекті сфералық қабатының ішінде орналасқан материалдық нүктеге әсер ететін F гравитациялық күшті анықтау керек.

1.179. Затының орташа тығыздығы ρ сфералық дене бетінің маңайында дөңгелек орбита бойымен айналған жасанды серіктің T айналу периодының сфералық дене затының ρ тығыздығына тәуелділігін табу керек.

1.180. Ай Жердің айналасында $v = 1,02 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ жылдамдықпен қозғалады. Жердің центрінен Айға дейінгі орташа арақашықтық $60,3$ Жер радиусына тең. Жер бетінен кішкене биіктіктегі оның жасанды серігінің ω айналу жылдамдығын табу керек.

1.181. Белгілі бір планета v жылдамдықпен Күннің айналасында шеңбер бойымен қозғалады. Анықтау керек: а) осы планетаның T айналу периоды; б) оның орбитасының r радиусын. Күннің M массасын және гравитациялық тұрақтыны белгілі деп санау керек.

1.182. Нептун планетасы Жерге қарағанда Күннің центрінен 30 есе алысырақ орналасқан. Нептунның Күнді айналу периоды T анықтау керек.

1.183. Массасы m бөлшекті шар бетінен шексіздікке орын ауыстырғанда гравитациялық күшке қарсы жасалған A жұмысын табу керек. Шардың радиусы R және оның тығыздығы ρ .

1.184. Біртекті шардың массасы M және радиусы R . Гравитациялық сығылудан туған шардың ішіндегі r қысымның оның центріне дейінгі r арақашықтыққа тәуелділігін табу керек.

1.185. Массасы m бөлшек радиусы R және массасы M біртекті шардың ішінде, оның центрінен r арақашықтықта орналасқан. Бөлшекке әсер ететін F гравитациялық күшті табу керек.

1.186. Жердің полюсінде денеге тік жоғары бағытталған v_0 жылдамдық берілді. Жердің R радиусын және оның бетіндегі g еркін түсу үдеуін біле отырып, дененің h көтерілу биіктігін табу керек. Ауаның кедергісін ескермеуге болады.

1.187. Жердің жасанды серігі эксцентриситеті $e = 0,50$ эллипстік орбита бойымен қозғалады. Жасанды серіктің перигейдегі сызықтық жылдамдығы апогейдегі сызықтық жылдамдығынан неше n есе артық?

1.188. Марстың радиусы Жердің радиусынан екі есе кіші, ал массасы Жер массасының $1/8$ бөлігін құрайды деп алып Марс бетіндегі еркін түсу үдеуін жуықтап анықтау керек.

1.189. Жер бетінен h_1 және h_2 арақашықтықтарда жерді дөңгелек орбиталар бойымен айналған екі ғарыштың кемелердің жылдамдықтарының қатынасын табу керек.

1.190. Массасы $m^1 = 1000$ кг денені Ай бетінен Жерге лақтыру үшін жұмсалатын ең аз энергияны табу керек. Айдың радиусы Жердің R радиусынан 4 есе кіші, ал Ай массасы Жер массасының $1/81$ бөлігін құрайды.

1.191. Жер бетінің маңайындағы гравитациялық өрістің G_0 кернеулігін және ϕ потенциалын анықтау керек.

1.192. Денені Жер мен Айдың тарту күштері теңгеру үшін ол Жер центрінен қандай арақашықтықта орналасуы тиіс? Жердің массасы M Айдың m массасынан 81 есе үлкен, ал олардың центрлерінің арақашықтығы 60 Жер радиусіне тең.

1.193. Жер бетінен h биіктіктен ұшқан зымыран қуатты тежеуші қондырғының қысқа мерзімдік әсерінен тоқтайды. Зымыран Жерге қандай жылдамдықпен құлайды? Ауа кедергісі ескерілмесін.

1.194. Массасы $m^1 = 1000$ кг денені Жерден Айға ауыстыру үшін ең кем дегенде қандай жұмыс істеу керек? Денені орын ауыстыру кезінде Ай мен Жердің өзара орналасуы өзгермейді деуге болады. Ауа кедергісі ескерілмейді. Жер массасы Айдікінен 81 есе үлкен, ал олардың центрлерінің арақашықтығы 60 Жер радиусына тең.

1.195. Айды Жер мен Күннің қайсысы күштірек тартады?

1.196. Жердің центріндегі қысым күшін бағалау керек.

1.197. Зымыран Жерден тік $a = \alpha t^2$ (мұндағы $\alpha = 1\text{м}/\text{с}^4$) үдеумен ұшады. Жер бетінен $h_0 = 100\text{км}$ биіктікте зымыран қозғалтқышы істен шығады. Осы істен шығу мезетінен бастап, қанша уақыт өткен соң зымыран Жерге құлайды? Ауа кедергісі ескерілмейді. Зымыранның бастапқы жылдамдығы $v_0 = 0$. Зымыран жерге мүлдем қайтып оралмайды, өйткені оның жылдамдығы екінші ғарыштық жылдамдықтан артық.

1.198. Жер диаметрін бойлай тесілген екен дейік. Пайда болған шахтаға Жер бетінен бастапқы жылдамдықсыз массасы m шағын дене жіберілді. Оның центріндегі жылдамдығын анықтау керек. Ауа кедергісі ескерілмейді.

1.199. Массасы m метеориттің массасы M Күннен $r = 1,5 \cdot 10^{11}$ м арақашықтықтағы жылдамдығын табу керек. Ол шексіз алыс арақашықтықтан Күнге бастапқы жылдам-дықсыз қозғалады.

1.200. Үшінші ғарыштық жылдамдықты, яғни дене Күн жүйесін тастап кете алатын болу үшін оған Жер бетіне қатысты берілетін ең аз v_3 жылдамдықты жуықтап табу керек.

1.5. Қаты дене динамикасы

Жылжымайтын Z осінің маңайында айналған қатты де-не динамикасының теңдеуі:

$$I \beta_z = M_z, \quad (1.5.1)$$

мұндағы M_z - Z осіне қатысты сыртқы күштер моменттерінің алгебралық қосындысы.

Штейнер теоремасы:

$$I = I_c + md^2. \quad (1.5.2)$$

Жылжымайтын ω маңайында айналған қатты дененің кинетикалық энергиясы:

$$K = I \omega^2 / 2. \quad (1.5.3)$$

Қатты денені жылжымайтын ω маңайында айналдыру кезіндегі сыртқы күштердің жұмысы:

$$A = \int M_z d\varphi. \quad (1.5.4)$$

Қатты дененің жазық қозғалысы кезіндегі кинетикалық энергиясы:

$$K = \frac{I_c \omega^2}{2} + \frac{m v_c^2}{2} . \quad (1.5.5)$$

Гироскоп прецессиясының ω' бұрыштық жылдамдығы, импульс моменті \mathbf{L} және сыртқы күштердің \mathbf{M} моменті арасындағы байланыс:

$$[\omega' \mathbf{L}] = \mathbf{M}. \quad (1.5.6)$$

1.201. Радиусы a және массасы m жіңішке сым сақинаның диаметрімен беттесетін оське қатысты инерция моментін табу керек.

1.202. Біртекті шардың инерция моментіне арналған өрнекті пайдаланып массасы m және радиусы R жұқа сфералық қабаттың центрі арқылы өтетін оське инерция моментін табу керек.

1.203. Біртекті шар көкжиекпен α бұрыш жасайтын көлбеу жазықтықпен сырғанамай домалайды. Шар центрінің үдеуін және сырғанау болмайтын үйкеліс коэффициентін табу керек.

1.204. Радиусы r біртекті шар радиусы R сфера төбесінен сырғанамай домалайды. Шардың сферадан ажырағаннан кейінгі бұрыштық жылдамдығын табу керек. Шардың бастапқы жылдамдығы ескерусіз аз.

1.205. h биіктіктен көлбеу қалпында түскен біртекті шыбық бір ұшымен шомбал плитаның шетіне серпімді соғылды. Соғыла салған мезеттен соң шыбық центрінің жылдамдығы қандай болады?

1.206. Біртекті, жазық, жіңішке радиусы R , массасы m сақинаның бас инерция моменттерін I_1, I_2, I_3 табыңыз.

1.207. Радиусы R және массасы m жазық жұқа біртекті дискінің бас инерция моменттерін табу керек.

1.208. Массасы m ішкі және сыртқы радиустары тиісінше R_1 және R_2 қуыс цилиндрдің симметрия өсімен беттесетін оське қатысты инерция моментін есептеу керек.

1.209. Ұзындығы ℓ , массасы m жіңішке біртекті шыбықтың: а) шыбықтың масса центріне; б) ұшынан өтетін, шыбыққа перпендикуляр оське қатысты инерция моменттерін табу керек.

1.210. Ұзындығы ℓ , массасы m болатын біртекті, жіңішке шыбықтың ұшынан өтетін және шыбықпен α бұрыш жасайтын оське қатысты инерция моментін табу керек.

1.211. Қалыңдығы $d = 0,1$ см, жақтары $a = 10$ см және $b = 20$ см болатын тікбұрышты болат пластинаның масса центрі арқылы өтетін және кіші қабырғасына параллель оське қатысты инерция моментін табу керек.

1.212. Массасы m , табанының радиусы R , тік, тұтас біртекті конустың симметрия осіне қатысты инерция моментін табу керек.

1.213. Массасы m , радиусы R тұтас біртекті шардың: а) симметрия осіне; б) шар диаметрінің ұшынан өтетін және оған перпендикуляр өске қатысты инерция моментін табу керек.

1.214. Координата басына O қатысты радиус-векторы $\mathbf{r} = a\mathbf{i} + b\mathbf{j}$ болатын нүктеге $\mathbf{F} = A\mathbf{i} + B\mathbf{j}$ күш түсіреді, мұндағы a, b, A, B – тұрақты шамалар. \mathbf{F} күштің O нүктесіне қатысты M күш моменті мен ℓ иінін табу керек.

1.215. Радиус-векторы $\mathbf{r} = 4\mathbf{i} + 2\mathbf{j} + 3\mathbf{k}$ болатын нүктеге $\mathbf{F} = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j} + 5\mathbf{k}$ күш түсіреді. Мыналарды табу керек: а) координаталар басына қатысты M күш моментін; б) M векторының модулін; в) z осіне қатысты M_z күш моментін.

1.216. Радиус-векторы $r_1 = a\mathbf{i}$ нүктеге $F_1 = Aj$ күш, ал радиус-векторы $r_2 = bj$ нүктеге $F_2 = Bi$ күш түсірілді. Екі радиус-вектор O координаталар басына қатысты анықталған; a, b, A, B – тұрақты шамалар. Тең әсерлі күштің O нүктесіне қатысты иінін табу керек.

1.217. Массасы $m = 0,1$ кг дене белгілі бір биіктіктен көкжиек бойымен $v_0 = 20$ м/с жылдамдықпен тасталды. Дененің алғашқы 5 с ішіндегі лақтырылу нүктесіне қатысты импульс моменті өсімшесінің модулін анықтау керек. Ауа кедергісі ескерілмейді.

1.218. Радиусы $R = 0,2$ м біртекті дискінің жиегіне $F = 98,1$ Н тұрақты жанама күш түсірілген. Айналу кезінде дискіге $M_{\text{үйк}} = 4,9$ Н·м үйкеліс күшінің моменті әсер етеді. Диск тұрақты 100 рад/с² бұрыштық үдеумен айналады. Дискінің массасын анықтау керек.

1.219. Массасы $m = 50$ кг, радиусы $R = 0,5$ м диск пішіндес дөңгелектің жиегіне $F = 98,1$ Н жанама күш әсер етеді. Дөңгелектің бұрыштық үдеуін табу керек. Күш әсер еткеннен қанша уақыттан кейін дөңгелек айналу жиілігі 100 айн/с болатын жылдамдыққа ие болады?

1.220. Массасы $m = 80$ кг және радиусы $R = 4$ см біртекті цилиндрлік білік 9 айн/с жиілікпен айналады. $t = 0$ мезетте білік бетін $F = 30$ Н күшпен тежеуші қалып қысты. Қалып пен біліктің арасындағы үйкеліс коэффициенті $0,31$. Біліктің тоқтауына кеткен уақытты анықтау керек.

1.221. Диск тәрізді массасы $0,6$ кг біртекті блокқа асылған жіптің екі ұшының біріне массасы $0,6$ кг, ал екіншісіне $0,45$ кг жүктер ілінген. Блок өспен үйкеліссіз айналады және жіп блокта сырғанамайды деп алып, мыналарды табу керек: а) жүктерінің үдеуін; б) жіптің керілу күшін; в) аспаға түсетін F күшті.

1.222. Массасы m оқ бойлық өсті n жиілікпен айнала отырып v жылдамдықпен ұшып келеді. Оқты диаметрі d цилиндр деп алып, оның толық кинетикалық энергиясын анықтау керек.

1.223. Қозғалмайтын өс маңайында 5 айн/с жиілікке сәйкес келетін тұрақты жылдамдықпен айналған біліктің кинетикалық энергиясы 60 Дж. Біліктің импульс моментін табу керек.

1.224. Массалары бірдей $m = 2,6$ кг сақина мен цилиндр сырғанамай бірдей $v = 6$ м/с сызықтық жылдамдықпен домалайды. Осы денелердің кинетикалық энергияларын табу керек.

1.225. Массалары бірдей сақина мен цилиндр сырғанамай бірдей сызықтық жылдамдықпен домалайды. Сақинаның кинетикалық энергиясы 39,2 Дж. Дискінің кинетикалық энергиясын табу керек.

1.226. Радиустары бірдей біртекті тұтас шар мен цилиндр горизонталь жазықтықпен бірдей жылдамдықпен қозғалып келіп, көлбеу жазықтықпен жоғары домалайды. Осы денелердің көтерілу биіктіктерінің қатынасын табу керек.

1.227. Радиусы R біртекті дискіні ω бұрыштық жылдамдыққа дейін айналдырып, сосын оны ептеп жазық бетке қойды. Беттің үйкеліс коэффициенті μ болса, онда дискі қанша уақыт айналады? Дискі бетке біркелкі қысым түсіреді.

1.228. Тік қойылған қарындаш үстелге құлайды. Қарындаштың ұзындығы $l = 15$ см. Қарындаштың ортасының үстелге құлар мезеттегі бұрыштық және сызықтық жылдамдықтарын табу керек.

1.229. Ұзындығы l жіңішке біртекті бір ұшы арқылы өтетін горизонталь оське ілінген шыбық тік бағыттан $\alpha = 90^\circ$ бұрышқа ауытқу үшін оған берілетін бастапқы бұрыштық ω_0 жылдамдықты табу керек.

1.230. Жуковскийдің қозғалмайтын орындығында адам тұр және ол орындықтың тік айналу осінен $r = 70$ см арақашықта $v = 36$ м/с жылдамдықпен горизонталь ұшып келе жатқан допты қағып алады. Осыдан кейін орындық $\omega = 0,9$ рад/с бұрыштық жылдамдықпен айнала бастады. Адам мен орындықтың инерция моментін табу керек.

1.231. Массалары $m_1 = 40$ г және $m_2 = 120$ г екі біртекті шарлар массасы ескерусіз аз шыбықпен жалғанған. Шарлардың центрлерінің арақашықтығы $l = 20$ см. Жүйенің масса центрі арқылы өтетін, шыбыққа перпендикуляр өске қатысты I инерция моментін анықтау керек. Шарлар материалдық нүктелер деп есептелінсін.

1.232. Радиусы $R = 5,0$ см және қалыңдығы $h = 1,00$ мм мыс дискіде оның центріне қатысты симметриялы әрбірінің радиусы $r = 2,00$ см екі дөңгелек ойық жасалған. Әрі олардың центрлері дискі центрінен $a = 2,50$ см арақашықтықта орналасқан. Ойықтары бар дискінің жазықтығына перпендикуляр және оның центрі арқылы өтетін оське қатысты инерция моментін анықтау керек. Мыстың тығыздығы $\rho = 8,92$ г/см³.

1.233. Массасы $m = 2,00$ кг біртекті цилиндр түріндегі дөңгелек осіне түсірілген $F = 10,0$ Н күштің әсерінен горизонталь бетпен домалайды. Күшті дөңгелек осіне перпендикуляр бағытталған және горизонтпен $\alpha = 30^\circ$ бұрыш жасайды деп алып, дөңгелек осінің a орын ауыстыру үдеуін анықтау керек.

1.234. Массасы M шомбал дискі екі жіпке оралып ілінген оське нығыздалып кигізілген, жіптер осьтен біртіндеп тарқатылады, диск осьпен бірге айнала отырып төмен түседі. Екі жіптің әрбірінің керілу күшін және дискі центрінің a үдеуін табу керек. Дискінің радиусы R , ал өстің радиусы r . Ось массасын ескермеуге болады.

1.235. Ұзындығы 85 см біртекті шыбық жоғарғы ұшынан өтетін горизонталь оське ілінген. Шыбық өсіті толық айналып шығу үшін, оның төменгі ұшының ең кіші жылдамдығы қандай болу керек?

1.6. Релятивистік механика

Ұзындықтың лоренцтік қысқаруы және қозғалған сағат жүрісінің баяулауы:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}, \quad \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad (1.8.1.)$$

мұндағы l_0 - меншікті ұзындық, Δt_0 – қозғалған сағаттың меншікті уақыты.

Лоренц түрлендірулері:

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{xV}{c^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}}. \quad (1.8.2)$$

Аралық s_{12} – инварианттық шама:

$$s_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 = inv, \quad (1.8.3)$$

мұндағы t_{12} - 1 және 2 оқиғалардың уақыт аралығы,

l_{12} - осы оқиғалар өткен нүктелердің арақашықтығы.

Жылдамдықты түрлендіру:

$$v_x' = \frac{v_x - V}{1 - \frac{Vv_x}{c^2}}, \quad v_y' = \frac{v_y \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}}{1 - \frac{Vv_x}{c^2}}. \quad (1.8.4)$$

Релятивистік импульс:

$$\mathbf{p} = m \mathbf{v} = m_0 \mathbf{v} / \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}. \quad (1.8.5)$$

Бөлшек динамикасының релятивистік теңдеуі:

$$d\mathbf{p}/dt = \mathbf{F}. \quad (1.8.6.)$$

мұндағы \mathbf{p} – бөлшектің релятивистік импульсі.

Релятивистік бөлшектің толық және кинетикалық энергиясы:

$$E = mc^2 = m_0 c^2 + K, \quad K = (m - m_0)c^2. \quad (1.8.7)$$

Релятивистік бөлшектің энергиясы мен импульсі арасындағы байланыс:

$$E^2 - p^2 c^2 = m_0^2 c^4, \quad p^2 c^2 = K(K + 2m_0 c^2). \quad (1.8.8)$$

1.236. К - санақ жүйесіндегі жылдамдығы $v = c / 2$, ұзындығы $l = 1,00$ м және қозғалыс бағытымен 45° бұрыш жасайтын шыбықтың меншікті ұзындығын анықтау керек.

1.237. К санақ жүйесіндегі $t = 5,0$ с уақыт ішінде осы жүйенің сағатынан $\Delta t = 0,1$ с артта қалса, онда ол сағат К – санақ жүйесінде қандай жылдамдықпен қозғалған?

1.238. Орнықсыз бөлшектің меншікті өмір сүру уақыты 10 нс. Егер оның лабораториялық санақ жүйесіндегі өмір сүру уақыты $\Delta t = 20$ нс болса, онда ол ыдырағанға дейін қандай жол жүреді?

1.239. Жылдамдығы жарық жылдамдығынан 0,010 %-ға өзгешеленетін релятивистік бөлшектің массасы оның тыныштық массасынан неше есе артық?

1.240. Тыныш тұрған дененің тығыздығы ρ_0 -ге тең. Дене тығыздығы ρ_0 -ден 25 % -ға артық болатын санақ жүйесінің берілген денеге қатысты жылдамдығын табу керек.

1.241. Протон $p = 10,0$ ГэВ/с (c – жарық жылдамдығы) импульспен қозғалады. Бұл протонның жылдамдығы жарық жылдамдығынан қанша пайызға өзгешеленеді?

1.242. Релятивтік импульсі ньютондық импульстен 1,4 есе артық болатын жылдамдықты табу керек.

1.243. Қандай жылдамдықта бөлшектің кинетикалық энергиясы оның тыныштық энергиясына тең болады?

1.244. Массасы m бөлшек импульсінің оның кинетикалық энергиясына тәуелділігін табу керек. Кинетикалық энергиясы 500 МэВ протонның импульсін есептеу керек.

1.245. Кинетикалық энергиясы 500 МэВ және импульсі 865 МэВ/с (c - жарық жылдамдығы) бөлшек жылдамдығын табу керек.

1.246. Алғаш тыныш тұрған ғарыштық кемеге $v = 0,980$ с жылдамдық беру үшін оған қанша энергия (бірлік массаға шаққанда) жұмсау керек?

1.247. Массасы m бөлшек $t = 0$ мезетте тұрақты \mathbf{F} күштің әсерінен қозғала бастады. Бөлшектің жылдамдығы мен жолының t уақытқа тәуелділігін табу керек.

1.248. Әрбірінің массасы m екі бөлшек бір - біріне қарама – қарсы бірдей v жылдамдықпен ұшады. Соқтығысу кезінде түзілген бөлшек массасы M болса, онда v неге тең?

1.249. Тіктөртбұрыштың қабырғаларының қатынасы $a/b = 2/1$. Тыныштықта тұрған бақылаушыға тіктөртбұрыш квадрат болып көріну үшін, ол қандай жылдамдықпен (жарық жылдамдығының үлесінде) және қандай бағытта қозғалуы тиіс?

1.250. Куб пішінді тыныш тұрған дененің қосынды беті S_0 . Егер дене өзінің қабырғаларының бірінің бағытында $v = 0,968$ с жылдамдықпен қозғалса, онда оның беті S неге тең болады?

1.251. Меншікті ұзындығы $l_0 = 1,00$ м шыбық К жүйесінде $v = 0,75$ с жылдамдықпен қозғалады. Қозғалыс бағыты мен шыбық арасындағы бұрыш $\theta = 30^\circ$. Шыбықтың K^1 жүйедегі ұзындығын табу керек.

1.252. Егер сағат $\tau = 0,5$ с (K^1 -жүйесінде) уақыт ішінде осы жүйенің сағатынан $\Delta t = 0,1$ с артта қалса, онда ол сағат К санақ жүйесінде қандай жылдамдықпен қозғалған?

1.253. Фотондық зымыран Жермен салыстырғанда $v = 0,9$ с жылдамдықпен қозғалады. Жерде тұрған бақылаушының көзқарасы тұрғысынан, зымырандағы уақыттың өтуі неше есе баяулайды?

1.254. К-санақ жүйесінде арақашықтығы $\Delta x = 3 \cdot 10^6$ км екі оқиға бірінен кейін бірі $\Delta t = 15$ с уақыт аралығында өтсін дейік. Ғарыш кемесіндегі санақ жүйесінде осы оқиғалар бір орында өту үшін кеме қандай жылдамдықпен ұшуы тиіс?

1.255. Бір түзу бойымен екі бөлшек бірдей $v = 0,75$ с жылдамдықпен қозғалады. Бөлшектердің нысанаға тию уақыттарының аралығы $\Delta t = 1$ нс. К және K' санақ жүйелеріне қатысты екі бөлшектің ұшу кезіндегі арақашықтығы қандай?

1.256. К-санақ жүйесінде пи-мезон туу мезетінен ыдырау мезетіне дейін $\ell = 75$ м арақашықтықты ұшып өтеді. Пи-мезон жылдамдығы $v = 0,995$ с. Бөлшектің өмір сүруінің меншікті уақытын табу керек.

1.257. Қандайда бір бөлшектің өмір сүруінің меншікті уақыты $\tau = 10^{-6}$ с. Осы бөлшектің туу мен ыдырау арасындағы Δs аралығы неге тең?

1.258. Бөлшектің К-санақ жүйесіндегі сағат бойынша есептелген өмір сүру уақыты Δt меншікті Δt уақыт аралығынан 10 есе көп болу үшін, бөлшек К-санақ жүйесіне қатысты қандай жылдамдықпен ұшуы керек?

1.259. Екі зымыран бір-біріне қарама-қарсы қозғалмайтын бақылаушыға қатысты $v_1 = v_2 = 0,75$ с жылдамдықпен ұшып келеді. Релятивистік жылдамдықтарды қосу заңы бойынша зымырандардың бір-біріне жақындау жылдамдығын табу керек.

1.260. Екі бөлшек К-санақ жүйесіне қатысты бір-біріне қарама-қарсы $v_1 = 0,5$ с және $v_2 = 0,75$ с жылдамдықтармен қозғалады. Бөлшектердің салыстырмалы жылдамдықтарын табу керек.

1.261. Екі релятивистік бөлшек К-санақ жүйесінде бір-біріне тік бұрышпен қозғалады. Әрі бірінің жылдамдығы - v_1 , екіншісінің жылдамдығы - v_2 . Олардың салыстырмалы жылдамдығын табу керек.

1.262. Үдеткіштен ұшып шыққан ион өзінің қозғалыс бағытында фотон шығарды. Үдеткішке қатысты ионның жылдамдығы $v = 0,8$ с. Үдеткішке қатысты фотон жылдамдығын анықтау керек.

1.263. Екі үдеткіш бір-біріне қарама-қарсы үдеткішке қатысты, жылдамдық модулі бірдей $v = 0,9$ с бөлшектер атқылайды. Бөлшектердің салыстырмалы жылдамдығын анықтау керек.

1.264. Массасы тыныштық массасынан $n = 4 \cdot 10^4$ есе артық электронның жылдамдығын анықтау керек.

1.265. Қозғалған электрон зарядының оның массасына қатынасының тәжірибеде анықталған мәні $q/m = 0,88 \cdot 10^{11}$ Кл/кг. Электронның релятивистік массасы мен жылдамдығын табу керек.

1.266. Релятивистік бөлшектің массасы $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг (электрон массасы) және импульсі $p = 1,58 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с. Оның жылдамдығын табу керек.

1.267. Электронның жылдамдығы $v = 0,96$ с. Оның релятивистік және ньютондық импульстерінің модульдерін салыстыру керек.

1.268. Бөлшектің релятивистік импульсі ньютондық импульстен екі есе артық болатын жылдамдықты табу керек.

1.269. Массасы m бөлшектің релятивистік импульсін оның релятивистік кинетикалық энергиясы арқылы өрнектеу керек.

1.270. Заряды e және массасы m релятивистік заряд-талған бөлшектің, бастапқы толық энергиясы E_0 кезіндегі бастапқы жылдамдығына параллель тежеуші кернеулігі E біртекті электр өрісіндегі жүріс жол ұзындығын табу керек.

1.271. Салыстырмалық принципін пайдаланып, дене-нің көлденен өлшемдері бір санақ жүйесінен екінші санақ жүйесіне өткенде өзгермейтінін көрсету керек.

1.272. Жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы-ның орнына классикалық заңды қолданғанда есептеу кезінде туындайтын салыстырмалы қателікті бағалау керек.

1.273. Қарама – қарсы шоқтармен жұмыс істейтін үдеткіштерде протондар қондырғыға қатысты $0,99000$ с жылдамдықпен қозғалады. Бір протонның екінші протонға қатысты жылдамдығы неге тең?

1.274. Электронның, протонның және нейтронның тыныштық энергиясын (меншікті энергиясын) анықтау керек.

1.275. Егер бөлшектің кинетикалық энергиясы оның тыныштық энергиясына тең болса, онда бөлшектің жылдамдығы қандай болғаны?

1.276. Жылдамдығы $0,92$ с электронның кинетикалық энергиясын және импульсін анықтау керек.

1.277. Протонның кинетикалық энергиясы 10 ГэВ. Оның импульсін және жылдамдығын анықтау керек.

1.278. Харьковтегі және Еревандағы сызықтық үдеткіштердегі электрондардың кинетикалық энергиясы 10 МэВ. Электрондардың жылдамдығын анықтау керек.

1.279. Кинетикалық энергияға арналған релятивистік өрнекті классикалық өрнекке ауыстырғанда қандай қателік кетеді? $u_1=0,1c$; $u_2=0,9$; $u_3=0,99c$ жағдайлар үшін есептеу керек.

1.280. Ультрарелятивистік бөлшек үшін ($pc \gg E_0$) оның толық энергиясы импульстің жарықтың вакуумдағы жылдамдығына көбейтіндісіне тең, яғни $E = pc$ деп алғанда қандай қателік кететінін анықтау керек.

1.281. Электрон $0,6$ с жарық жылдамдығына тең жылдамдықпен қозғалады. Электронның импульсін анықтау керек?

1.282. Импульсі комптондық импульске (m_0c) тең бөлшек қандай жылдамдықпен қозғалады?

2. МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

2.1. Идеал газдардың молекулалық – кинетикалық теориясы

Идеал газ күйінің теңдеуі (Менделеев – Клапейрон теңдеуі):

$$pV = \nu RT, \quad (2.1.1)$$

мұндағы $\nu = m/M$ – идеал газдың зат мөлшері, m – идеал газдың массасы, M – мольдік массасы.

Молекулалық – кинетикалық теорияның негізгі теңдеуі:

$$p = (1/3) n m v_{\text{KB}}^2, \quad (2.1.2)$$

мұндағы n – молекулалардың шоғыры, m – идеал газдың бір молекуласының массасы, v_{KB} – молекулалардың орташа квадраттық жылдамдығы.

Барометрлік формула:

$$p = p_0 \exp(-Mgh/RT), \quad (2.1.3)$$

мұндағы p_0 – $h = 0$ биіктіктегі қысым.

Идеал газдың ішкі энергиясы:

$$U = \nu iRT/2, \quad (2.1.4)$$

мұндағы i – молекуланың ілгерлемелі, айналмалы және екі еселенген тербелмелі еркіндік дәрежелерінің саны.

Газ молекулаларының қабырғаның бірлік бетін бірлік уақыт ішінде соғуларының саны:

$$z = n v_{\text{ор}}/4, \quad (2.1.5)$$

мұндағы $v_{\text{ор}}$ – молекулалардың орташа жылдамдығы.

Идеал газ қысымы:

$$p = n k T. \quad (2.1.6)$$

Молекулалардың орташа энергиясы:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{ikT}{2}, \quad (2.1.7)$$

мұндағы $i = i_{\text{иле}} + n_{\text{айн}} + 2n_{\text{мер}}$.

Максвелдің бөліну функциялары:

$$\varphi(v_x) = (m/2\pi kT)^{1/2} \exp(-m v_x^2/2kT) \quad (2.1.8)$$

$$f(v) = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right), \quad (2.1.9)$$

$$F(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right), \quad (2.1.10)$$

мұндағы m – бір молекуланың массасы.

Молекулалардың ең ықтимал, орташа және орташа квадраттық жылдамдықтары:

$$v_{\text{ык}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}, \quad \langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}, \quad v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}. \quad (2.1.11)$$

Больцман бөлінуі:

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}}, \quad (2.1.12)$$

мұндағы U – молекулалардың сыртқы өрістегі потенциалдық энергиясы ($n=n_0$ болатын деңгейге қатысты).

Молекуланың еркін жүріс жолының орташа ұзындығы:

$$\lambda = 1 / (2^{1/2} \pi d^2 n), \quad (2.1.13)$$

мұндағы d – молекуланың әсерлік диаметрі.

Газдардағы диффузия, динамикалық тұтқырлық және жылуөткізгіштік коэффициенттері:

$$\begin{aligned} D &= (1/3) v_{op} \lambda_{op}, \quad \eta = (1/3) v_{op} \lambda_{op} \rho, \\ k &= (1/3) v_{op} \lambda_{op} \rho c_v, \end{aligned} \quad (2.1.14)$$

мұндағы c_v - газдың тұрақты көлемдегі меншікті жылу сыйымдылығы.

Молекулалық физика бойынша есептер шығару үлгісі.

1-есеп. Бала ойнайтын ауа шары ауада көтеріле бастайтындай оны толтыратын бу алу үшін қайнатылатын судың мөлшерін бағалау керек. Бу салқындап үлгермейді деп санау керек.

Шешімі. Шардың көтерілу шарты ығысқан ауа тарапынан әсер ететін Архимед күшінің шар қабықшасы мен будың қосынды салмағына теңдігі болып табылады:

$$\rho_a V g = m_a g = m_{ш} g + m_б g,$$

мұндағы V — үрленген шардың көлемі, $m_{ш}$ — шар массасы, ρ_a и m_a — тиісінше ығысқан ауаның тығыздығы және массасы, $m_б$ — будың массасы.

Ауа мен будың массасы Клапейрон – Менделеевтің күй теңдеуінен анықталады:

$$\begin{aligned} m_a &= M_a p V / (R T_a), \quad m_б = M_б p V / (R T_б), \\ m_{ш} &= m_a - m_б = m_б [M_a T_б / (M_б T_a) - 1]. \end{aligned}$$

Бағалау үшін мыналарды жазамыз:

$$\begin{aligned} M_a &\approx 0,029 \text{ кг/моль}, \quad M_б \approx 0,018 \text{ кг/моль}, \\ T_б &\approx 373 \text{ К}, \quad T_a \approx 300 \text{ К}, \\ p &\approx 10^5 \text{ Па}, \quad R \approx 8,3 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}, \quad V \approx 10^{-2} \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Мәндерін қойғаннан кейін мынаны аламыз:

$$m_б = M_б p V / (R T_б) \approx m_{ш} \approx 0,005 \text{ кг.}$$

2-есеп. Ауданы $S = 10 \text{ м}^2$ пластина түріндегі ұшқыш тарелка ауада «қалықтап» тұр. Тарелканың астыңғы бетінің температурасы $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, үстіңгі бетінікі — $t_2 = 0,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Ауа температурасы $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Атмосфералық қысым $p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Осы мәліметтер бойынша тарелка массасын бағалау керек.

Шешімі. Тарелка бетіне соғылған молекулалар одан беттің температурасына сәйкес жылдамдықпен шағылады деп санаймыз. Сондықтан температурасы T_0 газдың температурасы T бетке түсіретін қысымын бағалау үшін келесі қатысты жазамыз:

$$P = P_0(T + T_0)/(2T_0).$$

Бұл өрнекті келесі қарапайым пайымдаулардан алуға болады: қысым күші соғу процесінде газ молекулаларының қабырғаға беретін импульсіне пропорционал, бұл өз кезегімен газ температурасына пропорционал. Егер молекулалар температурасы газдікіндей бетке соғылса, онда молекула импульсінің орташа өзгерісі екі еселенген алғашқы импульске тең болады. Біздің жағдайда шағылған молекулалардың жылдамдығы қабырға температурасына сәйкес келетіндіктен, олардың импульсі соққыдан соң модулі бойынша артады. Сондықтан қысымды бағалау үшін газдың қысымы газ бен қабырға температураларының арасындағы орта мәнге сәйкес келеді деп алуға болады.

Жасалған пайымдаулар қысымның жуық мәнін алуға мүмкіндік береді. Әлдеқайда дұрысырақ есептеу біршама күрделі, бірақ ол алынған нәтижеден едәуір дұрысырақ нәтиже алуға мүмкіндік береді. Демек, қысымдардың айырымы:

$$\Delta P = P_0 \Delta T / (2T_0), \quad \Delta T = T_2 - T_1.$$

Тарелканың ауырлық күші қысымдар айырымымен теңгеріледі: $mg = \Delta PS$. Бұдан мынаны аламыз:

$$m = P_0 \Delta T / (2T_0 S g) = 1,0 \cdot 10^5 \cdot 100 / (2 \cdot 293 \cdot 10 \cdot 9,8) = 174 \text{ кг}.$$

2.1. Сыйымдылығы 20 л ыдыста температурасы 20^0 C және қысымы $p = 2,0$ атм. сутегі мен гелий қоспасы бар. Қоспаның массасы $m = 5,0$ г. Берілген қоспадағы сутегі массасының гелий массасына қатынасын табу керек.

2.2. $T = T_0 + \alpha V^2$ (T_0 мен α – оң тұрақты шамалар) заңы бойынша өтетін процестегі идеал газдың мүмкін ең аз қысымын анықтау керек. V – газ молінің көлемі.

2.3. Жер бетіндегі ауа қалыпты жағдайда тұр. Оның Жер бетінен 5,0 км биіктіктегі және тереңдігі 5,0 км шахтадағы қысымын табу керек. Ауаның температурасы мен мольдік массасы биіктікке байланысты емес.

2.4. $m = 6$ кг оттегі бар баллонның ең кіші көлемін (v_{\min}) анықтау керек. Оның қабырғалары $t = 27^\circ \text{ C}$ температурада $p = 15 \text{ МПа}$ қысымға шыдай алады.

2.5. Баллонда температурасы $t = 17^\circ \text{C}$ және қысымы $p = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $m_1 = 8 \text{ г}$ сутегі және $m_2 = 12 \text{ г}$ азот бар. Қоспаның M мольдік массасын және баллонның V көлемін табу керек.

2.6 Қысымы $p = 0,15 \text{ МПа}$ және температурасы $T = 300 \text{ К}$, массасы $m_1 = 10 \text{ г}$ көмірқышқыл газ бен массасы $m_2 = 15 \text{ г}$ азот қоспасының V_0 меншікті көлемін анықтау керек.

2.7. Қысымы $p = 5 \text{ нПа}$ және температурасы $t = 20^\circ \text{C}$ оттегі молекулаларының n шоғырын және ρ тығыздығын анықтау керек.

2.8. Температурасы $t = 17^\circ \text{C}$ және қысымы $p = 0,29 \text{ МПа}$ сутегі молекулаларының шоғырын (n) және тығыздығын (ρ) анықтау керек.

2.9 Егер көлемі $V = 5 \text{ л}$ ыдыстағы газ қоспасының құрамында $N_1 = 2 \cdot 10^{15}$ оттегі молекулалары, $N_2 = 8 \cdot 10^{15}$ азот молекулалары және массасы $m = 1,0 \text{ нкг}$ аргон болса, онда осы газ қоспасының қысымы қандай болғаны? Қоспаның температурасы $t = 17^\circ \text{C}$.

2.10 Ыдыста температурасы $t = 17^\circ \text{C}$ және қысымы $p = 0,18 \text{ МПа}$ болатын массалары $m_1 = 2 \text{ г}$ сутегі мен $m_2 = 12 \text{ г}$ азот бар. Қоспаның құрамындағы сутегі молекулаларының шоғырын n_1 табу керек.

2.11. Қоспасының тығыздығы $\rho = 2,0 \text{ кг/м}^3$, температурасы $t = 47^\circ \text{C}$ және қысымы $p = 0,16 \text{ МПа}$ неон мен аргонның n_1 және n_2 шоғырларын анықтау керек.

2.12. Көлемі $V = 1 \text{ л}$ ыдыста массасы $m = 2 \text{ г}$ болатын, температурасы $T = 1200 \text{ К}$ бұтәрізді йод бар. Ыдыстағы қысым $p = 90 \text{ кПа}$. Йод молекулаларының α диссоциация дәрежесін анықтау керек.

2.13. Сыйымдылығы $V = 0,50 \text{ л}$ баллондағы қалыпты жағдайдағы ауа герметикалық жабылып, $t = 400^\circ \text{C}$ -ға дейін қыздырылады. Осы баллондағы ауаның берілген температурадағы қысымын анықтау керек. Егер герметизациялау алдында баллонға $m = 0,90 \text{ г}$ су еніп кетсе, онда қызған баллондағы газ қысымы қанша пайызға артады?

2.14. Көлемі V_1 баллонда азот, ал көлемі V_2 баллонда сутегі бар. Газдардың қысымы мен температурасы тиісінше p_1, T_1, p_2, T_2 . Баллондар көлемі ескерусіз аз түтікпен жалғанған. Екі газды да идеал газ деп есептеп, екі баллондағы газдың температурасы қоршаған ортаның температурасына теңелген кездегі қоспаның орныққан қысымын анықтау керек.

2.15. Сыйымдылығы $V = 10,0 \text{ л}$ баллондағы оттегінің қандай да бір мөлшерін шығарғанда газдың қысымы $14,0 \text{ атм}$ – дан $7,0 \text{ атм}$ – ға дейін, ал температура 27°C – дан 7°C –ға дейін төмендеген. Шыққан оттегі газының мөлшері неге тең?

2.16. Ауадағы оттегі мен азот массаларының қатынасы $m_1 : m_2 = 1:3$ болса, онда ауаның молекулалық массасы неге тең?

2.17. Көлемі $V_0 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ см}^3$ колбадағы газ қысымын $p_0 = 760 \text{ мм бағ}$ – нан $p = 0,10 \text{ мм}$ сын бағ – на дейін төмендету үшін ротациялық майлы сорап газды қанша уақыт соруы керек? Қысымның көрсетілген аралығы үшін

сораптың әсер ету шапшаңдығы $K = 180 \text{ см}^3/\text{с}$. Колбадағы газ температурасының сору кезіндегі өзгерісін ескермеуге болады.

2.18. Азот пен сутегі қоспасының $t = 47^\circ \text{C}$ температура мен $p = 2,00 \text{ ат}$ қысымдағы тығыздығы $\rho = 0,30 \text{ г/л}$. Қоспадағы азот және сутегі молекулаларының шоғырын табу керек.

2.19. Гелий мен азот қоспасының қалыпты жағдайдағы тығыздығы $\rho = 0,60 \text{ г/л}$. Гелий атомдарының шоғырын табу керек.

2.20. Молекулалары қатаң бір атомды газдың v_1 молінен, және екі атомды газдың v_2 молінен тұратын қоспа үшін адиабата көрсеткішін табу керек.

2.21. Адиабата көрсеткіші 1,40 және қысымы 100 кПа идеал газ молекулаларының орташа энергиясы $2,5 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$. Молекулалар шоғырын табу керек.

2.22. Молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 1,50 есе кему үшін, қатаң екі атомды молекулалардан тұратын газ адиабаталық түрде неше есе ұлғаюы тиіс?

2.23. Азот молекулаларының X, Y, Z өстерінің бойындағы жылдамдықтарының құраушылары $T = 300 \text{ К}$ кезінде сәйкесінше $300 \pm 0,30 \text{ м/с}$, $400 \pm 0,40 \text{ м/с}$ және $500 \pm 0,50 \text{ м/с}$ аралықтарда жату ықтималдығын табу керек.

2.24. Қалыпты атмосфералық қысым кезіндегі тығыздығы $\rho = 1,00 \text{ г/л}$ газ молекулаларының ықтимал, орташа және орташа квадраттық жылдамдықтарын есептеу керек.

2.25. Молекулаларының $v_1 = 300 \text{ м/с}$ және $v_2 = 600 \text{ м/с}$ жылдамдықтарына $F(v)$ бөліну функциясының бірдей мәндері сәйкес келетін азоттың температурасын табу керек.

2.26. Азот пен оттегінің қоспасынан тұратын газдың қандай температурасында азот пен оттегі молекулаларының ең ықтимал жылдамдықтарының айырмашылығы $\Delta v = 30 \text{ м/с}$ болады?

2.27. Сутегі мен гелий қоспасының температурасы $T = 300 \text{ К}$. Молекулалардың қандай v жылдамдықтарында екі газ үшін $F(v)$ бірдей болады?

2.28. Әр молекуласының массасы m газдың температурасы T . $\langle v_x \rangle$ және $\langle v_x^2 \rangle$ жылдамдықтарының орташа проекцияларын табу керек.

2.29. Температурасы T және молекулалар шоғыры n газдың қабырғаға түсіретін қысымын $\phi(v_x)$ функциясы арқылы табу керек.

2.30. Әр молекуласының массасы m , температурасы T идеал газ молекулаларының кері жылдамдығының орта мәнін ($\langle 1/v \rangle$) табу керек.

2.31. Температурасы $t = 17^\circ \text{C}$ ауа молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын $\langle \sqrt{v^2} \rangle$ есептеу керек. Ауа идеал газ деп саналсын.

2.32. Қандайда бір газдың тығыздығы $\rho = 3 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$. Егер газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 500 м/с болса, онда ол ыдыс қабырғасына қандай қысым түсіреді?

2.33. Қандайда бір газдың қысымы $p = 25 \text{ кПа}$. Оның молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 450 м/с -ке тең. Осы жағдайларда газдың V_0 меншікті көлемі неге тең?

2.34. Бірдей температурадағы сутегі мен оттегі молекулаларының орташа квадраттық жылдамдықтарының η қатынасын табу керек.

2.35. $T = 300$ К температура кезіндегі гелий атомының орташа квадраттық жылдамдығы ($\langle \sqrt{v^2} \rangle$) мен орташа энергиясын ($\langle W \rangle$) есептеу керек.

2.36. $T = 300$ К температура кезіндегі азот молекуласының ілгерлемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясын ($\langle W_{илл} \rangle$) және орташа толық кинетикалық энергиясын ($\langle W \rangle$) есептеу керек. Азот молекуласын қатаң деп алу керек.

2.37. Бірдей температурадағы газ молекуласының орташа квадраттық жылдамдығының онда дыбыстың таралу жылдамдығына қатынасын η анықтау керек. Газ екі атомды және молекулалары қатаң деп саналады.

2.38. Газдың температурасы: а) $T_1 = 300$ К; б) $T_2 = 600$ К болған кезде молекулаларының жылдамдықтары ең ықтимал жылдамдықтан 10 м/с-қа өзгешеленетін молекулалардың $\Delta n/n$ салыстырмалы санын табу керек.

2.39. Гелийдің температурасы: а) $T_1 = 300$ К; б) $T_2 = 600$ К болған кезде жылдамдықтары $v_1 = 990$ м/с-тан $v_2 = 1010$ м/с-қа дейінгі аралықта жатқан гелий молекулаларының $\Delta n/n$ салыстырмалы санын табу керек.

2.40. Температуралары а) $T_1 = 300$ К; б) $T_2 = 600$ К гелийдің жылдамдықтары $v_1 = 2000$ м/с-тан $v_2 = 2010$ м/с-қа дейінгі аралықта жатқан молекулаларының $\Delta n/n$ салыстырмалы санын табу керек.

2.41. Температурасы $t = 230^\circ\text{C}$ – қа тең азот молекулаларының $\Delta n/n$ қандай бөлігінің жылдамдықтары а) $v_1 = 290$ м/с - тан $v_2 = 310$ м/с- қа дейінгі; б) $v_3 = 690$ м/с- тан $v_4 = 710$ м/с- қа дейінгі аралықтарда жатады?

2.42. Қандай T температурада азот молекулаларының ең ықтимал жылдамдығы олардың орташа квадраттық жылдамдығынан 50 м/с –қа кем болады?

2.43. Қандай h биіктікте ауа қысымы теңіз деңгейіндегі қысымының 80% -ын құрайды? Температураны биіктік бойынша тұрақты және $t = 7^\circ\text{C}$ – ға тең деп есептеу керек.

2.44. Қандай h биіктікте сутегі молекулаларының шоғыры теңіз деңгейіндегі шоғырының 50% -ын құрайды? Температура тұрақты және $T = 273$ К тең деп есептелінсін. Еркін түсу үдеуі тұрақты және $9,8$ м/с² қа тең.

2.45. Тікұшақ кабинасындағы барометр $p_1 = 86$ кПа қысымды көрсетеді. Егер Жер бетіндегі қысым $p_2 = 0,10$ МПа болса, онда тікұшақ қандай h биіктікте ұшып келеді. Температура тұрақты және $T = 280$ К-ге тең.

2.46. Қандай h биіктікте ауа құрамындағы сутегінің мөлшері көмірқышқыл газының мөлшеріне қарағанда екі есе артады? Биіктік бойынша ауаның орташа температурасы $T = 300$ К.

2.47. Теңіз деңгейінен $h = 2$ км биіктікте орналасқан ауаның көлем бірлігіндегі n молекулалар санын анықтау керек. Температура тұрақты және 10°C . Теңіз деңгейіндегі қысым $p_0 = 101$ кПа.

2.48. Температурасы $T = 300$ К және қысымы $p = 150$ Па ауа молекулаларының еркін жүрісінің орташа ұзақтығын табу керек. Ауа молекуласының әсерлік диаметрі $d = 0,27$ нм.

2.49. Вакуумдық күй деп санауға болатын диаметрі $d = 5,00$ см сфералық ыдыста тұрған азот молекулаларының ең үлкен санын анықтау керек. Азот молекуласының әсерлік диаметрі $3,0 \cdot 10^{-10}$ м.

2.50. Орташа квадраттың жылдамдығы $v_{\text{кв}} = 400$ м/с оттегі молекулаларының шоғырын есептеу керек. Газ қысымы $p = 760$ мм сын бағна тең.

2.51. Көлем $V = 5,00$ л ыдыстағы сутегінің қысымы $p = 1,00$ атм, ал температурасы $T = 300$ К. Жылдамдықтары ең ықтимал жылдамдықтан 5 м/с – тан аспайтын ($\Delta v = 10$ м/с) газ молекулаларының санын анықтау керек.

2.52. Ұзындығы l түтікше осіне перпендикуляр тік -өс маңайында ω бұрыштық жылдамдықпен айналады. Ауа температурасы T . Түтікшенің ашық ұштарына жақын ішкі ауа қысымы p_0 атмосфералық қысымға тең. Түтік ортасындағы ауа қысымын анықтау керек.

2.53. Ішінде газы бар ыдыс v_0 жылдамдықпен қозғалады. Сосын кенет тежеледі. Мына жағдайларда газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы қаншаға артады: бір атомды газ, екі атомды газ. Газ - идеал газ.

2.54. Температурасы T сутегі молекулаларының қандай бөлігінің жылдамдықтары ең ықтимал жылдамдықтан $5,0$ м/с – тан артпайды. Есепті T – ның 400 К және 900 К мәндері үшін шешу керек.

2.55. Газ молекулаларының қандай бөлігінің жылдамдықтары ең ықтимал жылдамдықтан артық болады?

2.56. $V = 1,0$ мм³ көлемде қалыпты жағдайда тұрған сутегінің барлық молекулаларының арасында бір секунд ішінде өтетін z соқтығысулар санын табу керек. Сутегі үшін: $d = 2,3 \cdot 10^{-10}$ м.

2.57. Жылдамдықтарының модулі орташа жылдамдық модулінен артық молекулалардың салыстырмалы санын табу керек.

2.58. Табаны $\Delta S = 1$ м² және биіктігі $h = 1$ км цилиндр ішіндегі ауа массасын анықтау керек. Ауа қалыпты жағдайда тұр деп есептелінсін.

2.59. Атмосферада массасы $m = 8 \cdot 10^{-22}$ кг және көлемі $V = 5 \cdot 10^{-22}$ м³ тозаң бөлшегі бар. Олардың шоғырының $h_1 = 3$ м және $h_2 = 30$ м биіктіктердегі кемуін табу керек. Ауа қалыпты жағдайда тұр.

2.60. Ауада қалықтаған тозаңдардың массасы $m = 10^{-18}$ г. Биіктік 10 м артқанда олардың шоғыры неше есе кемиді? Температура 27° С.

2.61. Массасы $m = 10^{-12}$ г бірдей бөлшектер кернеулігі $G = 2 \cdot 10^{-7}$ Н/м біртекті гравитациялық өрісте таралған. Бір-бірінен $\Delta z = 10$ м арақашықтықтағы эквипотенциал деңгейлерде орналасқан бөлшектер шоғырларының қатынасын анықтау керек. Барлық қабаттардағы температураны бірдей және 17° С –ға тең деп алу керек.

2.62. Ауада қалықтаған әрбір тозаңның массасы $m = 10^{-19}$ г. $h_1 = 1$ м биіктегі тозаңдардың шоғырының n_1 шоғырының $h = 0$ биіктіктегі n_0

шоғырына қатынасы 0,787. Температура $t = 27^{\circ}\text{C}$. Осы мәліметтер бойынша Авагадро санының мәнін табу керек.

2.63. Сыртқы күштік өрісте тұрған бөлшекке әсер ететін күшті анықтау керек. Бір-бірінен $\Delta Z = 1\text{ м}$ арақашықтықта тұрған екі деңгейдегі бөлшектер шоғырларының қатынасы $n = e$ есеге өзгешеленеді. Күштік өріс біртекті, ал температура барлық жерде бірдей және 300°K .

2.64. Радиусы R барабан түріндегі центрифуга ω бұрыштық жылдамдықпен айналады. Больцманның бөліну функциясын пайдаланып центрифугадағы бөлшектер шоғырының бөлінуін айналу осінен r арақашықтықтың функциясы ретінде анықтау керек.

2.65. Радиусы $R = 0,5\text{ м}$ центрифугада температурасы $T = 300^{\circ}\text{K}$ салыстырмалы молекулалық массасы 10^3 газ тәрізді зат бар. Барабанның қабырғасының маңайындағы молекулалар шоғырының ортасындағы шоғырына қатынасын (n_R/n_0) табу керек. Барабан 30 айн/с жиілікпен айналады.

2.66. Барабаны радонмен (Rn) толтырылған радиусы $0,5\text{ м}$ центрифуга $n = 50$ айн/с жиілікпен айналады. Газдың барабан қабырғасына түсіретін p_a қысымын табу керек. Барабанның центріндегі қысым p_0 қалыпты атмосфералық қысымға тең. Температура бүкіл көлем бойынша тұрақты және ол 300 K – ге тең.

2.67. Центрифуганың барабанында температурасы $T = 271^{\circ}\text{K}$ қандай да бір газ бар. Радиусы $a = 0,4\text{ м}$ барабан $\omega = 500\text{ с}^{-1}$ бұрыштық жылдамдықпен айналады. Барабанның қабырғасы мен оның центріндегі қысымдардың қатынасы $p_a/p_0 = 2,1$. Газдың салыстырмалы молекулалық массасын анықтау керек.

2.68. Центрифуганың барабанында температурасы $T = 300^{\circ}\text{K}$ газ тәрізді хлор (25 %-ы Cl^{37} изотобы және 75 %-ы Cl^{35} изотобы) бар. Барабан $\omega = 500$ рад/с бұрыштық жылдамдықпен бірқалыпты айналады. Барабанның радиусы $a = 1\text{ м}$. Хлор изотоптарының барабан қабырғасының маңайындағы концентрациясын анықтау керек.

2.69. Молекулалардың жылдамдықтары бойынша бөліну функциясын біле отырып, ықтимал жылдамдығын табу керек.

2.70. Молекулалардың жылдамдықтары бойынша бөліну функциясын қолдана отырып, молекулалардың салыстырмалы жылдамдықтары $u = v/v_{\text{БК}}$ бойынша бөлінуін өрнектейтін функцияны алу керек.

2.71. Идеал газдың берілген молекуласының жылдам-дығының $v_{\text{БК}}/2$ -тан айырмашылығы бір пайыздан артық болмайтын ықтималдығын табу керек.

2.72. Идеал газдың берілген молекуласының жылдамдығының $2 v_{\text{БК}}$ -тан айырмашылығы бір пайыздан артық болмайтын ықтималдығын табу керек.

2.73. Молекулалардың жылдамдықтары бойынша бөліну функциясын біле отырып, жылдамдықтары ықтималдық жылдамдықтан көп кіші болатын молекулалардың үлесін анықтайтын өрнекті қорытып шығару.

2.74. Жылдамдықтары нольден жүзден бір ықтимал жылдамдыққа дейінгі шектерде қамтылған идеал газ молекулаларының салыстырмалы санын анықтау керек.

2.75. Молекулалардың жылдамдықтары бойынша бөліну функциясын біле отырып, молекулалардың орташа арифметикалық жылдамдығын анықтау керек.

2.76. Молекулалардың жылдамдықтары бойынша бөліну функциясы арқылы орташа квадраттық жылдамдықты табу керек.

2.77. Мына екі орта шамалардың $\langle 1/v \rangle$ немесе $1/\langle v \rangle$ қайсысы үлкен екенін және олардың қатынасын анықтау керек.

2.78. Эффузиондық ағып шығу кезінде молекулалық шоқтардағы молекулалардың жылдамдықтары бойынша бөлінуі максвелдік бөлінуден ерекшеленеді және мынадай түрде болады:

$$f(v)dv = Cv^3 e^{-\frac{mv^2}{kT}} dv.$$

Нормалау шартынан C коэффициентін табу керек.

2.79. Молекулалық шоқтағы молекулалардың жылдамдықтары бойынша мына бөліну функциясын

$$f(v) = \frac{m^2}{2k^2T^2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^3$$

біле отырып, мыналарға арналған өрнектерді табу керек: 1) ықтимал жылдамдық v_{ik} ; 2) орташа жылдамдық $\langle v \rangle$.

2.80. Қалыпты жағдайдағы сутегі $V = 1 \text{ см}^3$ көлем алады. Жылдамдығы қандай да бір $v_{\max} = 1 \text{ м/с}$ мәннен кем болатын, осы көлемдегі молекулалар санын табу керек.

2.81. Идеал газ молекулалары импульсінің ықтимал мәнін анықтау керек. Молекулалардың импульстері бойынша бөліну функциясы белгілі деп саналады.

2.82. Импульсінің мәні ықтимал мәнге дәл тең болатын идеал газ молекулаларының санын табу керек.

2.83. Қандай да бір T температурадағы идеал газ молекулаларының импульсі $\langle p_x \rangle$ құраушысының орташа мәнін анықтайтын өрнекті қорытып шығару.

2.84. Температураны 1 %-ға өзгерткенде идеал газ молекулалары импульсінің ықтимал мәні неше пайызға өзгереді?

2.85. Энергиясы энергияның ықтимал мәніне тең болатын идеал газ молекулаларының импульсіне арналған өрнекті қорытып шығару.

2.86. Молекулалардың энергиясы бойынша бөліну функциясын белгілі деп алып, олардың ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясының мәнін анықтау керек.

2.87. Молекулалардың энергиясы бойынша бөліну өрнегін молекулалардың салыстырмалы ε энергиялары ($\varepsilon = E/\langle E \rangle$, мұндағы E - молекуланың ілгерілемелі қозғалысының кинетикалық энергиясы, $\langle E \rangle$ - молекулалардың ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясының мәні) бойынша өрнектейтін формулаға түрлендіру керек.

2.88. Энергиялары сол температурадағы молекулаларының ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясынан 1 % - ға артық болатын идеал газ молекулаларының үлесін анықтау керек.

2.89. Молекулалардың энергиясы бойынша бөліну функциясын белгілі деп алып, E энергиясы kT -дан көп кіші болатын молекулалар үлесін анықтайтын өрнекті қорытып шығару керек.

2.90. Энергиясы $E_1 = 0$ -ден $E_2 = 0,01kT$ -ға дейінгі шектерде жатқан молекулалар үлесін анықтау керек.

2.91. Энергиясы 0-ден E -нің белгілі бір мәніне дейінгі шектерде жатқан молекулалардың саны барлық молекулалар санының 0,1 %-ын құрайды. E шамасын kT үлесінде анықтау керек.

2.92. Молекулалардың энергиялары бойынша бөліну функциясын белгілі деп есептеп, E энергиясы молекулалардың жылулық қозғалысының энергиясынан көп үлкен молекулалардың үлесін анықтайтын өрнекті қорытып шығару.

2.93. Энергиясы қандай да бір E_1 мәннен үлкен молекулалар саны жалпы молекулалар санының 0,1-ін құрайды. $E \gg kT$ деп есептеп, E_1 шамасын kT үлесінде табу керек. *Ескерту.* Алынған трансценденттік теңдеуді график арқылы шешу керек.

2.94. Молекулалардың энергиясы бойынша бөліну функциясын қолданып, энергияның ең ықтимал мәнін табу керек.

2.95. Молекулалардың кинетикалық энергиялары бойынша бөліну функциясын $f(E)dE$ молекулалардың салыстырмалы кинетикалық энергиялары бойынша бөліну функциясына $f(\varepsilon)d\varepsilon$ түрлендіру керек. Мұндағы $\varepsilon = E/E_{\text{ык}}$, $E_{\text{ык}}$ - молекулалардың ықтимал кинетикалық энергиясы.

2.96. Кинетикалық энергиялары энергияның ықтимал мәнінен 1 %-ға өзгешеленетін идеал газ молекулаларының салыстырмалы санын табу керек.

2.97. Кинетикалық энергиялары нөлден $0,01 E_{\text{ык}}$ ($E_{\text{ык}}$ – молекулалардың кинетикалық энергиясының ықтимал мәні) мәніне дейінгі шектерде қамтылған идеал газ молекулаларының салыстырмалы санын анықтау керек.

2.98. Импульстері молекулалардың импульстерінің ықтимал мәніне тең, идеал газ молекулаларының энергиясына арналған өрнекті табу керек.

2.99. Егер газдың T температурасы 2 есе өссе, онда идеал газ молекулаларының энергиялары бойынша бөліну $f(x)$ функциясының максимумының мәні неше есе өзгереді? Есептің шешімін график арқылы түсіндіру керек.

2.100. Қалыпты жағдайларда тұрған азот молекулаларының еркін жүріс жолының орташа ұзындығы оның молекулаларының арасындағы орташа арақашықтықтан неше есе артық?

2.101. Изохоралық және изобаралық процестердегі идеал газдың әрбір молекуласының еркін жүріс жолының орташа ұзындығы мен бірлік уақыт ішіндегі соқтығысулар санының T температурамен байланысын анықтау керек.

2.102. Қандай да бір процесс нәтижесінде идеал газдың тұтқырлығы 2 есе, ал диффузия коэффициенті 4 есе артты. Газ қысымы қалай және неше есе өзгерді?

2.103. Гелийдің қалыпты жағдайдағы тұтқырлығын біле отырып, оның атомының әсерлік диаметрін есептеу керек.

2.104. Гелийдің қалыпты жағдайдағы жылу өткізгіштігі аргондікінен 8,7 есе артық. аргон мен гелий атомдарының әсерлік диаметрлерінің қатынасын табу керек.

2.105. Аргонның қалыпты жағдайдағы динамикалық тұтқырлығы $\eta = 22$ мкПа·с. Қалыпты жағдайдағы аргон молекуласының еркін жүріс жолының λ ұзындығын және D диффузия коэффициентін анықтау керек.

2.106. Оттегі және көмірқышқыл газының температуралары мен қысымдары бірдей. Осы газдардың молекулаларының әсерлік диаметрлері сәйкесінше 0,35 нм және 0,40 нм. Осы газдар үшін мынадай қатынастарды табу керек: а) D_1/D_2 диффузия коэффициенттерінің; б) η_1/η_2 ішкі үйкеліс коэффициенттерінің.

2.107. Ұштарында тұрақты 100 К температуралар айырымы сүйемелденіп отыратын қалыңдығы 5 см мыс пластинка арқылы өтетін жылулық ағынды анықтау керек.

2.108. Сутегі молекулаларының өске перпендикуляр орналасқан 1 см^2 ауданды 1 с ішінде қиып өтетін санын анықтау керек. (Сутегі қалыпты жағдайларда тұр).

2.2. Термодинамика негіздері

Термодинамиканың бірінші бастамасы:

$$Q = \Delta U + A, \quad (2.2.1)$$

мұндағы ΔU - жүйенің ішкі энергиясының өсімшесі.

Идеал газдың жасайтын жұмысы:

$$A = \int p dV . \quad (2.2.2)$$

Идеал газдың ішкі энергиясы:

$$U = \frac{m}{M} C_v T = \frac{m}{M} \frac{RT}{\gamma - 1} = \frac{pV}{\gamma - 1} . \quad (2.2.3)$$

Политроптық процесс кезіндегі ($pV^n = \text{const}$) газдың мольдік жылу сыйымдылығы:

$$C = \frac{R}{\gamma - 1} - \frac{R}{n - 1} = \frac{R(n - \gamma)}{(\gamma - 1)(n - 1)} . \quad (2.2.4)$$

Жылу мәшинесінің ПӘК-і:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} , \quad (2.4.5)$$

мұндағы Q_1 – жұмыстық дененің алған жылуы, Q_2 берген жылуы.

Карно циклінің ПӘК-і:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} , \quad (2.4.6)$$

мұндағы T_1 және T_2 – қыздырғыштың және суытқыштың температуралары.

Клаузиус теңсіздігі:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 , \quad (2.4.7)$$

мұндағы δQ - жүйе алған элементар жылу.

Жүйе энтропиясының өсімшесі:

$$\Delta S \geq \oint \frac{\delta Q}{T} . \quad (2.4.8)$$

Қайтымды процестердеге арналған термодинамиканың негізгі теңдеуі:

$$TdS = dU + pdV . \quad (2.4.9)$$

Еркін энергия:

$$F = U - TS, \quad A = -\Delta F \quad (2.4.10)$$

Энтропия мен статистикалық салмақ арасындағы байланыс:

$$S = k \ln W. \quad (2.4.11)$$

Термодинамика негіздері бойынша есептер шығару үлгісі.

1-есеп. Ыдыста массасы m_0 поршень астында массасы m , мольдік массасы M және температурасы T_0 газ бар. Газды қыздыра бастағанда поршень a үдеумен жайлап жоғары қарай қозғала бастайды. Қозғалысқа кедергі күш $F_{\text{кед}}$. Поршеннің қозғалысы басталғаннан t уақыттан кейінгі газ температурасын анықтау керек.

Шешуі. Поршенге үш күш әсер етеді: поршеннің ауырлық күші, кедергі күші және газдың қысым күші. Поршень үдеп қозғалатындықтан, Ньютонның екінші заңы бойынша:

$$m_0 a = F_{\text{к}} - (F_{\text{к}} + mg). \quad F_{\text{к}} = pS, \quad m_0 a = pS - F_{\text{к}} - mg.$$

мұндағы p -газ қысымы, S -поршеннің ауданы.

Поршеннің екі жағдайы үшін, газ күйінің теңдеуі:

$$pV_0 = \frac{m}{M} RT_0; \quad pV = \frac{m}{M} RT.$$

Бір-бірінен алып тастасақ:

$$pV - pV_0 = \frac{m}{M} R(T - T_0); \quad p\Delta V = \frac{m}{M} R(T - T_0), \quad V = S\Delta l.$$

$$\Delta l = \frac{at^2}{2}, \quad \Delta V = S \cdot \frac{at^2}{2}.$$

$$\text{Сонда } pS \cdot \frac{at^2}{2} = \frac{m}{M} R(T - T_0). \quad p = \frac{\frac{m}{M} R(T - T_0) \cdot 2}{Sat^2}.$$

Қысымның өрнегін қозғалыс теңдеуіне қойып, мынаны аламыз:

$$m_0 a = \frac{mR(T - T_0) \cdot 2}{MSat^2} \cdot S - F_{\text{едә}} - m_0 g;$$

Соңғы теңдеуден кейінгі T температураны анықтаймыз:

$$T = T_0 + \frac{m_0(a + g) + F_{\text{едә}}}{2mR} \cdot Mat^2.$$

2-есеп. Қыздырғышы температурасы T_1 мұхит суы, ал салқындатқышы температурасы 0°C айсберг идеал жылу мәшинесі барлық айсберг еріген мезетте қандай жұмыс атқаратынын анықтау керек. Мұздың меншікті балқу жылуы λ .

Шешуі. Идеал мәшиненің ПӘК-ін Карно өрнегі бойынша анықтауға болады:

$$\eta = (T_K - T_C) / T_K.$$

ПӘК-ін біле отырып, қыздырғыштан алатын жылу мөлшерін есептеуге болады:

$$\eta = (Q_K - Q_C) / Q_K, \quad \eta Q_K = Q_K - Q_C; \quad Q_C = Q_K - \eta Q_K; \quad Q_C = Q_K(1 - \eta).$$

Салқындатқышқа (айсбергке) берілген (Q_x) жылу мөлшері: $Q_c = \lambda m$.

Онда қыздырғыш беретін жылу мөлшері: $Q_K = \lambda m / (1 - \eta)$.

Сонда, идеал жылу мәшинесінің жұмысы:

$$A = Q_K - Q_C = \lambda m / (1 - \eta) - \lambda m = \lambda m (T_K / T_C - 1).$$

2.109. Изобаралық қызған азот 2,0 Дж жұмыс істесе, онда ол қанша жылу мөлшерін алған?

2.110. 2,0 моль оттегіден және 3,0 моль көмірқышқылдан тұратын газ қоспасы үшін γ –ны есептеу керек. Газдар идеал газдарға жатады.

2.111. 7,0 азоттан және 20 г аргоннан тұратын газ қоспасы үшін меншікті C_V және C_P жылу сыйымдылықтарды есептеу керек. Газдар идеал.

2.112. Температурасы $T_0 = 290$ К бір моль оттегі қысымы $\eta = 10,0$ есе артатындай болып адиабаталық сығылды. Мыналарды табу керек: а) газдың сығылғаннан кейінгі температурасы; б) газды сығу жұмысы.

2.113. Адиабата көрсеткіші γ идеал газ молінің көлемі $V = a / T$ заңы бойынша өзгереді. Мұндағы a – тұрақты шама. Газдың температурасын ΔT –ға өзгерту үшін берілетін жылу мөлшерін табу керек.

2.114. Бір атомды газ $p = 90$ кПа тұрақты қысымда қыздырылған. Нәтижесінде оның көлемі $\Delta V = 2$ м³-қа ұлғайды. Табу керек: а) газдың жасаған жұмысын; б) газдың ΔU ішкі энергиясының өсімшесін; в) газға берілген Q жылу мөлшерін.

2.115. Аргон тұрақты қысымда қыздырылды, әрі оған $Q = 50$ кДж жылу мөлшері берілді. Аргонның ΔU ішкі энергиясының өсімшесін және жасаған A жұмысын анықтау керек.

2.116. Изобаралық процесс кезінде көп атомды идеал газға берілген жылу мөлшерінің қандай η_1 бөлігі оның ішкі энергиясын арттыруға және қандай η_2 бөлігі ұлғаю жұмысына кетеді. Газ молекулалары қатаң деп есептелінсін.

2.117. Үш литр оттегі $p = 0,15$ МПа қысымда тұр. Оттегіге мына жағдайларда берілетін Q жылу мөлшерін табу керек: а) тұрақты көлемде қысымды екі есе арттыру; б) тұрақты қысымда көлемді екі есе үлкейту.

2.118. Зат мөлшері 6,5 моль екі атомды газ сырттан келетін жылу есебінен $T = 300$ К температурада екі есе ұлғаяды ($p = \text{const}$). Табу керек: а) газ алған жылу мөлшерін; б) газдың ішкі энергиясының өзгерісін; в) газ ұлғайғандағы оның жасаған жұмысын.

2.119. Массасы $m = 5$ г, бастапқы температурасы $t_1 = 20$ °С азот $p = 150$ кПа тұрақты қысымда қыздырылады. Қыздырылғаннан кейін газ көлемі $V_2 = 12$ л болды. Табу керек : а) газ алған жылу мөлшерін; б) газ ұлғайғандағы оның жасаған жұмысын; в) газдың ішкі энергиясының өзгерісін.

2.120. Екі атомды газ изобаралық ұлғаю кезінде $A = 16,2$ кДж жұмыс жасады. Газға берілген жылу мөлшерін табу керек.

2.121. Жабық ыдыста массасы $m_1 = 12$ г сутегі және массасы $m_2 = 2$ г азот бар. Осы қоспаның температурасын $\Delta T = 56$ К-ге өзгерткен кездегі оның ішкі энергиясының өзгерісін табу керек.

2.122. Газдың бір молі $T = 300$ К температурада изотермиялық ұлғаяды, осы кезде оның көлемі үш есе өседі. Табу керек : а) газдың ішкі энергиясының ΔU өзгерісін; б) газ ұлғайғандағы оның жасаған A жұмысын; в) газға берілген Q жылу мөлшерін.

2.123. Массасы $m = 0,32$ кг оттегіні $Q = 30$ кДж жылу мөлшерін беріп $\Delta T = 100$ К-ге қыздырды. Оның ішкі энергиясының өзгерісін және газ жасаған A жұмысты табу керек.

2.124. Бір моль газ $T = 300$ К температурада изотермиялық ұлғаяды. Осы кезде газ $A = 2$ кДж жұмыс жасайды. Газ көлемі неше есе өзгередінін анықтау керек.

2.125. Бір моль газ $t = 17$ °С температурада изотермиялық ұлғайғанда оның қысымы неше есе өзгергенін анықтау керек. Газдың жасаған жұмысы $A = 2,4$ кДж.

2.126. Ауаның қандай да бір мөлшері $t = 0$ °С температурада бастапқы көлемнен екі есе үлкен көлемге дейін адиабаталық ұлғаяды. Осы ауа қандай T температураға дейін салқындайтынын табу керек.

2.127. Екі атомды газдың бір молі $V_1 = 22$ л көлемнен $V_2 = 0,11$ м³ көлемге дейін адиабаталық ұлғаяды. Газдың бастапқы температурасы $T = 290$ К. Табу керек: а) газдың ішкі энергиясының ΔU өзгерісін; б) газ ұлғайғандағы оның жасаған A жұмысын.

2.128. Екі атомды газдың қандай да бір мөлшерін адиабаталық ұлғайтқанда оның қысымы екі есе азаяды. Осы газ молекулаларының орташа еркін жүріс жолының ұзындығы неше есеге (N) өсетінін анықтау керек.

2.129. Көлемі $V = 20$ м³ және қысымы $p_1 = 100$ кПа азоттың политроптық сығылудан кейін қысымы $p_2 = 1,0$ МПа-ға дейін өсті, ал көлемі бес есе кішірейді. n политроптық көрсеткішін және азотты сығу A' жұмысын анықтау керек.

2.130. Қандай да бір политроптық процесс кезінде гелий $V_1 = 12$ л көлемнен $V_2 = 3$ л көлемге дейін сығылды. Осы кезде гелий қысымы $p_1 = 100$ кПа-дан $p_2 = 800$ кПа қысымға дейін өсті. n политроптық көрсеткішін және газдың мольдік жылу сыйымдылығын (C) табу керек.

2.131. 1 моль идеал газ $pV^2 = \text{const}$ заңы бойынша ұлғаятын болса, ол қыза ма, әлде салқындайды ма? Осы процесстегі газдың жылу сыйымдылығын (C) анықтау керек.

2.132. Идеал жылу қозғалтқыш Карно циклі бойынша жұмыс істейді. Қозғалтқыш бір цикл ішінде 0,75 кДж жұмыс істейді, ал суытқышқа 2,25 кДж жылу мөлшерін береді. ПӘК.- ін табу керек.

2.133. Бу турбинысы температурасы 510 К бу өндіреді де, оны температурасы 310 К конденсаторға береді. 10,0 кДж жылу шығындағанда жасалатын теориялық жұмысты анықтау керек.

2.134. Температуралары T_1 және T_2 ($T_1 > T_2$) екі изотермадан және көлемдері V_1 және V_2 ($V_1 > V_2$) екі изохорадан тұратын циклдің ПӘК – ін табу керек.

2.135. Температуралары T_1 және T_2 ($T_1 > T_2$) екі изотермадан және қысымдары p_1 және p_2 ($p_1 > p_2$) екі изобарадан тұратын циклдің ПӘК – ін табу керек.

2.136. Ауаның температурасы 15°C – ден 700° – ге дейін арту үшін оның сығылу дәрежесі қандай болуы тиіс? Мұнда сығылу адиабаталық.

2.137. Массасы $m_1 = 100$ г сутегі мен массасы $m_2 = 200$ г гелиден тұратын қоспаны $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$ – қа изохоралық қыздыру үшін оған қандай Q жылу мөлшерін беру керек

2.138. Қысымы $p = 2,0$ атм газдың изобаралық жолмен көлемін $V_1 = 10,0$ л- ден $V_2 = 20,0$ л-ге дейін ұлғайтқанда оның ішкі энергиясы қаншаға артады?

2.139. Ауа бір рет изотермалық, ал екінші рет адиабаталық сығылды. Егер екі жағдайда газ көлемі екі есе кемісе, онда газды сығу жұмыстарының қатынасы қандай болғаны?

2.140. Көлемі $V = 20,0$ л баллондағы оттегі $p_1 = 100$ ат қысым мен $t_1 = 7^{\circ}\text{C}$ температура кезінде $t_2 = 27^{\circ}\text{C}$ - ға дейін қыздырылды. Мұнда газ қандай жылу мөлшерін жұтады?

2.141. Жылусыйымдылық температураға байланысты $C = a / T$ (a – тұрақты шама) заңы бойынша өзгеретін процесс үшін идеал газ күйінің теңдеуін табу керек.

2.142. Мына жағдайлардың қайсысында Карно циклінің ПӘК – і көбірек артады: қыздырғыштың температурасын ΔT – ға арттырғанда немесе немесе суытқыштың темпер-атурасын осындай шамаға кеміткенде?

2.143. ПӘК-і 10 % Карно циклі бойынша жұмыс істейтін жылу мәшинесі сондай жылулық резервуар кезінде суытқыш мәшине ретінде пайдаланылады. Оның Q_2/A суыту коэффициентін табу керек.

2.144. Цикл шектерінде қысым n есе өзгеретін екі изобара мен екі адиабатадан тұратын циклдің ПӘК-ін табу керек. Жұмыстың зат - адиабата көрсеткіші γ идеал газ.

2.145. Мөлшері 4 моль, идеал газ энтропиясы 23 Дж/К-ге өзгеру үшін оның көлемін изотермалық жолмен неше есе арттыру керек?

2.146. Массасы 1,7 г гелийді адиабаталық жолмен 3 есе ұлғайтып, сосын алғашқы көлеміне дейін изобаралық сыққанда, оның энтропиясы қалай өзгереді?

2.147. Бірдей 10 молекуланың ыдыстың бірдей екі жартысына ең ықтимал бөлінуінің статистикалық салмағын табу керек. Осылай бөлінудің ықтималдығын табу керек.

2.148. $T = 350 \text{ K}$ кезінде статистикалық салмағын $\eta = 10^9$ есе изотермалық арттыру үшін макроскопиялық жүйеге қандай жылу мөлшерін беру керек?

2.149. Цикл шектерінде көлемі 10 есе өзгертін екі изохора мен екі адиабатадан тұратын циклдің ПӘК – ін табу керек. Жұмыстық зат - азот.

2.150. Екі изохора мен екі изобарадан тұратын цикл жасайтын идеал газдың адиабата көрсеткіші γ . Газдың температурасы T изохоралық қызғанда да, изобаралық ұлғайғанда да n есе артады. Циклдің ПӘК – ін табу керек.

2.151. Жылу қозғалтқышы Карно циклы бойынша жұмыс істейді. Қыздырғыштың температурасы $T_1 = 200^\circ \text{C}$. Қыздырғыштан алған $Q_1 = 1,0 \text{ кДж}$ жылу мөлшері есебінен қозғалтқыш $A = 0,32 \text{ кДж}$ жұмыс атқарады. Циклдың ПӘК-ін және суытқыштың T_2 температурасын анықтау керек.

2.152. Газ Карно циклын жасайды. Қыздырғыштың абсолют температурасы суытқыштың температурасынан 3 есе жоғары. Егер газ қыздырғыштан $Q_1 = 9,0 \text{ МДж}$ мөлшерде жылу алса, онда ол қандай A жұмыс атқарады?

2.153. Екі изохорадан және екі адиабатадан тұратын циклдың ПӘК-ін табу керек. Цикл шектерінде газ көлемі жеті есе өзгереді. Газ - екіатомды, идеал газ.

2.154. Массасы $m = 0,28 \text{ кг}$ азот $t_1 = 7^\circ \text{C}$ температурадан $t_2 = 100^\circ \text{C}$ температураға дейін тұрақты қысымда қыздырылады. Азот энтропиясының өсімшесін табу керек.

2.155. Бір моль оттегінің $T_1 = 300 \text{ K}$ температурадағы $V_1 = 50 \text{ л}$ көлемінен $T_2 = 500 \text{ K}$ температурадағы $V_2 = 200 \text{ л}$ көлемге өткен кездегі энтропияның ΔS өсімшесін табу керек.

2.156. 12 г гелийдің $p_1 = 100 \text{ кПа}$ қысымдағы $V_1 = 40 \text{ л}$ көлемінен $p_2 = 80 \text{ кПа}$ қысымдағы $V_2 = 160 \text{ л}$ көлемге өткендегі энтропияның ΔS өсімшесін табу керек.

2.157. Бір моль екі атомды газ көлемі екі еселенгенше изобаралық ұлғаяды. Энтропияның ΔS өсімшесін табу керек.

2.158. 3 моль идеал газдың $p_1 = 100 \text{ кПа}$ қысымнан $p_2 = 25 \text{ кПа}$ қысымға изотермалық ұлғаюы кезіндегі энтропияның ΔS өсімшесін табу керек.

2.159. Массасы 12 г оттегі $V_1 = 20 \text{ л}$ көлемнен $V_2 = 50 \text{ л}$ көлемге дейін изотермалық ұлғаяды. Энтропия өсімшесін (ΔS) табу керек.

2.160. Бір моль екіатомды идеал газ политропалық процесс жасайды. Политропа көрсеткіші $n = 3$. Процесс нәтижесінде газ температурасы екі есе ұлғаяды. Газдың энтропиясының өсімшесін (ΔS) табу керек. Газ молекуласын қатаң деп алу керек.

2.161. Жылу мәшинесі п.э.к $\eta = 0,25$ - ке тең Карно циклі бойынша жұмыс істейді. Егер ол циклді кері бағытта жүзеге асырса, онда мәшиненің суыту коэффициенті неге тең болады?

2.162. Жылулық оңашаланған ыдыс жабылатын саңылауы бар бөлгіш аралықпен екі теңдей бөлікке бөлінген. Ыдыстың бір жарты бөлігінде $m = 10,0$ сутегі бар, ал екінші бөлігінен жоғарғы вакуумға дейін газ сорылып алынған. Аралықтағы саңлау ашылады да, газ бүкіл көлемге жайылады. Газды идеал деп есептеп энтропия өзгерісін табу керек.

2.163. Бір моль идеал газдың изобаралық, изохоралық және изотермалық процестердегі энтропиясының өзгерісін анықтау керек.

2.3. Сұйықтар. Капилляр құбылыстары

Қисық бет астындағы сұйықтағы қосымша (капиллярлық) қысым (Лаплас формуласы):

$$\Delta P = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (2.3.1)$$

мұндағы α - сұйықтың беттік керілуі.

Сұйықтың беттік қабатының еркін энергиясының өзгерісі:

$$dE = \alpha dS, \quad (2.3.2)$$

мұндағы dS - беттік қабат ауданының өзгерісі.

Сұйық бетін изотермалық арттыру кезінде оның беттік қабатының бірлік ауданын түзу үшін қажетті жылу:

$$Q = - T d\alpha / dT. \quad (2.3.3)$$

2.164. Сынабы бар ыдыстың түбінде радиусы 35 мкм дөңгелек саңылау бар. Сынап қабатының қандай ең үлкен қалыңдығында ол саңылаудан әлі де болса аға қоймайды?

2.165. Радиустері R_1 және R_2 сабын көпіршіктері қосылып радиусы R көпіршік түзілді. Атмосфералық қысым p . Процесті изотермалық деп есептеп, сабынды судың беттік керілуін табу керек.

2.166. Радиусы a сабын көпіршікте радиусы b көпіршік “отыр”. $b < a$ деп алып оларды бөлетін қабыршықтың қисықтық радиусын табу керек. Олардың жанасу орнындағы қабыршықтар арасындағы бұрыш қандай?

2.167. Судың 5,0 м тереңдігінде тұрған диаметрі 4,0 мкм ауа көпіршігіндегі қысымды анықтау керек. Атмосфералық қысым p_0 қалыпты.

2.168. Диаметрлері 0,50 мм және 1,00 мм, шекті бұрышы 138° қатынас тік екі капиллярдағы сынаптардың деңгейлер айырымын анықтау керек.

2.169. Әрбірінің радиусы $r = 5,00$ мм екі сынап тамшысы бір– біріне қарама – қарсы $v = 0,50$ м/с жылдамдықпен қозғалып келіп бір тамшыға қосылады. Қосылу процесін адиабаталық процесс деп санап сынап

температурасының Δt өзгерісін анықтау керек. Сынаптың меншікті жылу сыйымдылығы мен беттік керілуі тиісінше: $0,14 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К) ; 0,49 Н/м.

2.170. Судың $h = 35$ см тереңдігінде диаметрі $d = 0,10$ мм ауа көпіршігі бар. Атмосфералық қысымды $p_0 = 750$ мм сын бағ, ал су температурасын $t = 20^\circ\text{C}$ деп алып, көпіршік ішіндегі ауа қысымын анықтау керек.

2.171. Жоғарғы ұшы бітелген ұзындығы $l = 200$ мм капилляр түтік тік орналастырылып төменгі ұшы су бетіне жанасып тұр. Түтіктің радиусы $R_0 = 2,0 \cdot 10^{-4}$ м, атмосфералық қысым $p_0 = 1,00 \cdot 10^5$ Па. Суды түтікке толық жұғады деп есептеп, судың түтік ішіндегі көтерілу биіктігін анықтау керек.

2.172. Тегістелген шыны пластинкаға $0,010$ г су тамыз-ылып, оның үстіне сондай пластинка қойылды. Су пласт-инкалар арасында радиусы $R = 3,0$ см дөңгелек аудан бойынша жайылады. Пластиналарды бір – бірінен қандай күшпен ажыратуға болады? Суды шыныға толық жұғады деп есептеу керек.

2.173. Әйнек бетінде диаметрлері 1 мм 100 сынап тамшылары орналасқан. Содан кейін олар бір үлкен тамшыға қосылды. Беттік қабаттың энергиясы қалай өзгереді? Процесс изотермалық.

2.174. Сұйықты ол жұкпайтын ыдыстан жұғатын ыдысқа айдап енгізу үшін беттік керілу күшін пайдалануға болады (капилляр сорап). Диаметрі 2 мм және ұзындығы 10 см капиллярда бензин қандай жылдамдықпен жылжиды? Тәжірибе салмақсыздық жағдайында өтеді.

2.175. Бір - бірінен d арақашықтықтағы екі ұзын параллель пластиналар арасымен сұйықтың көтерілу биіктігін табу керек.

2.176. Жақсылап тазартылған екі әйнек пластиналар арасында массасы $0,2$ г су тамшысы бар. Пластиналардың арақашықтығы $0,01$ см. Пластиналардың бір – біріне тартылу күшін табу керек.

2.177. Ішкі диаметрі $0,50$ мм капилляр суға су бетінен ұзындығы 25 мм бөлігі шығып тұратындай тігінен батырылды. Менискінің қисықтық радиусін табу керек.

2.178. Ұзындығы 110 мм, ішкі диаметрі 20 мкм шыны капилляр тік қалпында суға батырылды. Капиллярдың жоғарғы ұшы бітелген. Ауаның сыртқы қысымы қалыпты. Капиллярдағы судың деңгейі оның сыртындағы су бетінің деңгейімен теңелу үшін суға капиллярдың қанша x ұзындығы батуы керек?

2.179. Су тамшысы ауада бірқалыпты құлайды. Тамшы бетінің жоғарғы мен төменгі нүктелеріндегі қисықтық радиустердің айырмасын табу керек. Аталған екі нүктенің арақашықтығы $2,3$ мм.

2.180. Бір - бірінен $0,10$ мм арақашықтықтағы екі параллель әйнек пластиналардың арасына массасы 70 мг су тамшысы енгізілгеннен кейін олар тартылатын күшті табу керек. Сұйық толық жұғады.

2.181. Тік жазық қабырғадағы сұйықтың h көтерілу биіктігін табу керек. Сұйық жұғады, шекті бұрыш ϑ , беттік керілу α , тығыздық ρ . Беттің қисықтығының $1/R = d \varphi / ds$

анықтамасын пайдалану керек.

2.182. Атмосферамен ұзындығы l және арнасының радиусы r капиллярмен қосылған радиусы R сабын көпіршігінің жойылып кету уақытын табу керек. Беттік керілу α , газдың тұтқырлығы η .

2.183. Тік капилляр су бетімен жанастырылды. Су капилляр бойымен көтерілгенде қанша жылу мөлшері бөлінеді? Су толық жұғады, беттік керілу α – ға тең.

2.184. Мыналардың беттік қабатының еркін энергиясын табу керек: а) диаметрі $d = 1,4$ мм сынап тамшысы; б) диаметрі $d = 6,0$ мм және беттік керілуі $\alpha = 45$ мН/м сабын көпіршігі.

2.4. Нақты газдар. Фазалық тепе – теңдіктер және ауысулар

Ван-дер-ваальстік газ күйінің теңдеуі (моль үшін):

$$(p + a / V_M^2)(V_M - b) = RT, \quad (2.4.1)$$

мұндағы V_M - нақты газдың берілген p мен T кезінде алатын мольдік көлемі.

Ван-дер-ваальстік газ молінің ішкі энергиясы:

$$U = C_V T - \frac{\alpha}{V_m}. \quad (2.4.2)$$

Нақты газдың сындық параметрлері мен Ван-дер-Ваальс тұрақтыларын байланыстыратын қатыстар:

$$p = a / (27 b^2), \quad V = 3 m b / M, \quad T = 8a / (27 b R). \quad (2.4.3)$$

Зат молінің сындық параметрлері арасындағы байланыс:

$$p_{сын} V_{Mсын} = \frac{3RT_{сын}}{8}. \quad (2.4.4)$$

Клапейрон – Клаузис теңдеуі:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{q_{12}}{T(V_2' - V_1')}. \quad (2.4.5)$$

Мұндағы q_{12} – 1–2 көшу кезінде жұтылатын меншікті жылу, V_1' және V_2' – 1 және 2 фазалардың меншікті көлемдері.

Фазалық ауысуларға есептер шығару мысалы.

1-есеп. Онша майыспаған диаметрі $d = 2,5$ мм алюминий сым мұзбен қапталған. Мұзымен алғандағы жалпы диаметрі $d = 3,5$ мм сымның температурасы $t = 0$ С. Сым арқылы $I = 15$ А тоқ жіберілді. Мұз қанша уақыт

ішінде балқиды? Мұздың тығыздығы $\rho_m = 0,9 \text{ г/см}^3$, ал оның меншікті балқу жылуы 340 кДж/кг . Алюминидің меншікті кедергісі $\rho_{Al} = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Шешуі. Тоқтың жұмысы:

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

Мұзды балқытатын жылу мөлшері:

$$Q = \lambda m.$$

A мен Q – ді теңестіреміз:

$$I^2 R \Delta t = \lambda m.$$

$$\begin{aligned} \Delta t = \lambda m / (I^2 R) &= \lambda \rho_m V_m S_{Al} / (I^2 \rho_{Al} L) = \lambda \rho_m L S_m S_{Al} / (I^2 \rho_{Al} L) = \\ &= \pi^2 (d_m^2 - d_{Al}^2) d_{Al}^2 \lambda \rho_m / (16 I^2 \rho_{Al}), \end{aligned}$$

мұндағы λ — мұздың меншікті балқу жылуы, ρ_m — мұздың тығыздығы, ρ_{Al} — алюминидің меншікті кедергісі, S_{Al} — алюминидің қима ауданы, S_m — мұздың қима ауданы, d — мұзды алюминидің диаметрі, d_{Al} — сымның диаметрі.

2-есеп. $\frac{3}{4}$ бөлігіне қайнаған су құйылған стақанды температурасы суық 20°C су қосып толтырды. Ақырғы температураны анықтау керек. Стақанның жылу сыйымдылығын және жылулық шығынды ескермесе де болады.

Шешуі. Жылулық баланс теңдеуін құрамыз. Жылу алмасуға екі дене — ыстық су және суық су қатысады. Демек,

$$Q_k + Q_c = 0$$

Стақанның $\frac{3}{4}$ -ін қайнаған су алатындықтан:

$$V_k = \frac{3}{4}V, \text{ онда } V_c = \frac{1}{4}V.$$

Сондықтан $m_k = \frac{3}{4}V\rho$ және $m_c = \frac{1}{4}V\rho$.

Жылулық баланс теңдеуінен мынаны жазамыз:

$$cm_c(t_{2\text{кoc}} - t_{1c}) = - cm_k(t_{2\text{кoc}} - t_{1k}); \frac{1}{4}V\rho c(t_{\text{ак}} - t_{1c}) = \frac{3}{4}V\rho c(t_{1k} - t_{\text{ак}}).$$

Осыдан:

$$(t_{\text{ак}} - t_{1c}) = 3(t_{1k} - t_{\text{ак}}), \quad 4t_{\text{ак}} = 3t_{1k} + t_{1c}, \quad t_{\text{ак}} = (3t_{1k} + t_{1c})/4.$$

3-есеп. Жылдың суық мезгілінде көлемі $V = 40 \text{ м}^3$ бөлмеде $t = 20^\circ\text{C}$ температура кезінде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы $\varphi_1 = 15\%$ болды. Ауаның ылғалдылығын қалыпты $\varphi_2 = 50\%$ - ға жеткізу үшін қанша су мөлшерін буландыру керек? Бөлмедегі ауа температурасы тұрақты. Қаныққан будың 20°C кезіндегі тығыздығы $\rho = 17,3 \text{ г/м}^3$.

Бөлмедегі ауаның бастапқы және соңғы күйлер үшін φ_1 және φ_2 салыстырмалы ылғалдылықтарына арналған өрнектерді жазамыз:

$$\varphi_1 = \frac{\rho_1}{\rho} 100\% . \quad (1)$$

$$\varphi_2 = \frac{\rho_2}{\rho} 100\% . \quad (2)$$

(1) мен (2)-гі су буының бастапқы және соңғы күйлер үшін ρ_1 және ρ_2 – тығыздықтарын табамыз:

$$\rho_1 = \frac{\varphi_1 \rho}{100\%} . \quad (3)$$

$$\rho_2 = \frac{\varphi_2 \rho}{100\%} . \quad (4)$$

(4)-тен (3)-гі шегереміз:

$$\rho_2 - \rho_1 = \frac{\rho}{100\%} (\varphi_2 - \varphi_1) . \quad (5)$$

Онда буланған су буының массасын былай табамыз:

$$m = V(\rho_2 - \rho_1) = \frac{V\rho}{100\%} (\varphi_2 - \varphi_1) . \quad (6)$$

(6)-ға енетін шамалардың сандық мәндерін қойып, мынаны аламыз:

$$m = \frac{40 \cdot 17,3 \cdot 10^{-3} \cdot 35\%}{100\%} = 0,242 \text{ кг} .$$

2.185. Ван-дер-ваальстік бір моль газдың көлемін V_1 -ден V_2 -ге дейін изотермалық өзгерткенде оның энтропиясы қалай өзгереді?

2.186. Ван-дер-ваальстік бір моль газдың көлемін V_1 -ден V_2 -ге дейін T температурада изотермалық ұлғайтқанда, оның еркін энергиясы қалай өзгереді?

2.187. $T = 300 \text{ К}$ температурада $V = 1,2 \text{ м}^3$ көлем алатын 1 кмоль азоттың қысымын (p) табу керек.

2.188. Судың сындық тығыздығын анықтау керек. Су үшін Ван-дер-Ваальс тұрақтысы $b = 0,03 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

2.189. 1 кмоль көмірқышқыл газы үшін $T_{\text{сын}}$, $p_{\text{сын}}$, $V_{\text{сын}}$ сындық параметрлерін анықтау керек

2.190. Егер $T_{\text{сын}} = 5,2 \text{ К}$, $p_{\text{сын}} = 0,227 \text{ МПа}$ болса, онда гелийдің сындық тығыздығы ($\rho_{\text{сын}}$) неге тең?

2.191. Қандай T температурада қысымы $p = 3 \text{ МПа}$ -ға тең 1 кмоль оттегі $V = 0,80 \text{ м}^3$ көлем алады? Оттегі үшін сындық параметрлер: $T_{\text{сын}} = 154 \text{ К}$, $p_{\text{сын}} = 5 \text{ МПа}$.

2.192. Көмірқышқыл газының сындық температурасы 31° С , сындық қысымы 73 атм . Көмірқышқыл газының $10,0$ молі үшін сындық көлемді анықтау керек.

2.193. Аса берік жабық болат баллонда бөлме температурасы кезінде баллон көлемінің жартысын алатын су бар. Температура $t = 400^{\circ} \text{ С}$ –ға дейін көтерілсе, су буының қысымы мен тығыздығы қандай болады?

2.194. Көлемі: 1) $V_1 = 1,00 \text{ м}^3$ және 2) $V_2 = 0,50 \text{ л}$ ыдыстардағы температурасы 27° С , массасы $m = 280 \text{ г}$ азоттың қысымы қандай?

2.195. 27° С температура мен қысымның 1) $1,00 \text{ ат}$ және 2) 410 ат мәндерінде көлемі $V = 10,0 \text{ л}$ баллондағы оттегі массасын анықтау керек.

2.196. Эфирдің қыздырылу кезіндегі сындық күй арқылы өтуін бақылау үшін $t = 20^{\circ}\text{C}$ кезінде сұйық эфир шыны ампула көлемінің қандай бөлігін алуы тиіс?

2.197. Бітеу ыдыс ішіндегі массасы $0,50\text{ кг}$ су 107°C – ға дейін қыздырылды. Осы температурада және көлемінің 1) $1,00\text{ м}^3$, 2) $0,50\text{ м}^3$, 3) $5,0\text{ л}$ мәндерінде ыдыстағы су буының қысымы қандай болады?

2.198. Тұрақты көлемдегі жылусыйымдылығы C_V Ван-дер-ваальстік газдың моліне арналған адиабат теңдеуін V мен T айнымалылар арқылы табу керек.

2.199. Ван - дер-ваальстік газ үшін мольдік жылусыйымдылықтардың $C_p - C_V$ айырымын анықтау керек

2.200. 1 моль нақты газдың изотермалық ұлғаюы кезінде жасайтын жұмысын анықтау керек. Белгілі шамалар: T температура, газдың бастапқы V_1 және V_2 соңғы көлемдері, Ван-дер-Ваальс тұрақтылары a, b .

2.201. Массасы 14 г азот вакуумда $V_1 = 1,2\text{ м}^3$ көлемнен $V_2 = 2,4\text{ м}^3$ көлемге дейін адиабаталық ұлғаяды. Берілген ұлғаюдағы азот температурасының Δt кемуін табу керек.

2.202. Массасы 22 г көмірқышқыл газы вакуумға адиабаталық ұлғайғанда температурасы $\Delta T = 1,4\text{ К}$ -ге кемиді. Көмірқышқыл газы молекулаларының өзара әсерлесуінің ішкі күштерге қарсы жасайтын A жұмысын табу керек.

2.203. Сындық температурасы $T_{\text{сын}} = 304\text{ К}$ және сындық қысымы $P_{\text{к}} = 73\text{ атм}$ көмірқышқыл газ үшін Ван-дер-Ваальс тұрақтыларын есептеу керек.

2.204. Сындық температурасы $T_{\text{сын}} = 562\text{ К}$ және сындық қысымы $P_{\text{сын}} = 47\text{ атм}$ бензолдың (C_6H_6) сындық күйдегі меншікті көлемін табу керек.

2.205. Ван-дер-Ваальстік көмірқышқыл газының сындық күйдегі температурасы мен тығыздығын есептеу керек.

2.206. Мұздың меншікті көлемі судың меншікті көлемінен $0,091\text{ см}^3/\text{г}$ –ға артық болса, онда оның 0°C кезінде қысымын $1,00\text{ атм}$ -ға арттырғанда мұздың балқу температурасы қаншаға өзгереді?

2.207. Қаныққан су буын идеал газ деп санап, оның $101,0^{\circ}\text{C}$ кезіндегі қысымын анықтау керек.

2.208. Массасы $1,00\text{ кг}$ суды 10°C -дан 100°C -қа дейін қыздырғанда ол түгел буланып кетті. Жүйе энтропиясының өзгерісін табу керек.

2.209. Бастапқы температурасы 0°C мұз қыздырылып суға, сосын 100°C -та буға айналдырылды. Жүйе энтро-пиясының өзгерісін табу керек.

2.210. $t = 100^{\circ}\text{C}$ температурадағы судың қаныққан буының қысымы $p = 101\text{ кПа}$. Осы температурадағы судың қаныққан буының ρ тығыздығын табу керек.

2.211. $t = 20^{\circ}\text{C}$ температура кезінде судың тығыздығы судың қаныққан буының осы температурадағы тығыздығынан неше есе (N) үлкен? Осы температурадағы судың қаныққан буының қысымы $p = 2,33\text{ кПа}$.

2.212. $t = 0^{\circ}\text{C}$ температурада 1 м^3 көлемдегі қаныққан су буы молекулаларының санын (n) табу керек. Берілген температурада судың қаныққан буының қысымы $p = 0,61\text{ кПа}$.

2.213. Цилиндрде поршень астында 55°C температурада 8 г су буы бар. Газды изотермалық сығады. Қандай көлемде шық түседі?

2.214. Цилиндрде поршень астында 40°C температурада 3,5 г су және 2,9 г бу орналасқан. Газ изотермалық ұлғаяды. Қандай көлемде цилиндрдегі су толығымен буланады?

2.215. Ауа температурасы 18°C , шық нүктесі 7°C . Ауаның абсолют және салыстырмалы ылғалдылықтарын анықтау керек.

2.216. Күндіз ауа температурасы 25°C , салыстырмалы ылғалдылығы 68 %. Түнде температура 11°C -ға дейін төмендеді. Шық түсе ме? Егер түсетін болса, онда ауаның әр метр кубынан қанша су бөлінеді?

2.217. Салыстырмалы ылғалдылығы 22 %, 15°C температурадағы 5 м^3 ауаны салыстырмалы ылғалдылығы 46 %, 28°C температурадағы 3 м^3 ауамен араластырды. Қоспаның жалпы көлемі 8 м^3 . Осы қоспаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтау керек.

2.218. Температурасы 100°C 1 кг суды буға айналдыру кезінде қандай жұмыс жасалынады? Молекулалар арасындағы байланысты үзу үшін қанша энергия жұмсалады?

2.219. 5 кг су мен 3 кг мұздан тұратын қоспаға 100°C температурадағы 0,2 кг су буын жіберді. Не болады? Сәуле шығаруға кеткен шығынды ескермеуге болады.

2.220. Бөлме температурасындағы (20°C) бір литр суға -15°C температурадағы 0,5 кг мұз салынды. Не болады? Шығынды ескермеуге болады.

2.221. Таза суды -10°C -ға дейін аса суытуға болады. Егер оған мұздың кішкене кристалын тастаса, онда ол тез қатая бастайды. Судың қанша бөлігі қатады? Жүйе адиабаталық оқшауланған.

2.222. Қуаты 800 Вт-қа тең электр пешіндегі шәйнекте су қайнап жатыр. Будың ағып шығу жылдамдығын анықтау керек. Шүмектің қимасы $0,9\text{ см}^2$, ал будың шығуы кезіндегі қысым қалыпты.

2.223. Көмірқышқылдың (CO_2) үштік нүктесі $5,18 \cdot 10^5\text{ Па}$ қысымға және $216,5\text{ К}$ температураға сәйкес келеді. Сұйық көмірқышқылды қандай температураларда алуға болады? Қандай жағдайларда сублимация өтеді?

2.224. 1 моль газдың V_1 көлемнен V_2 көлемге дейін изотермалық ұлғаюы кезіндегі энтропияның өсімшесін (ΔS) анықтау керек. Берілген газ үшін b Ван-дер-Ваальс тұрақтысы белгілі.

2.225. Қалыпты қысымда $t = -20^{\circ}\text{C}$ –ға дейін аса суынған судың қандай бөлігі жүйенің тепе – теңдік күйге көшуі кезінде мұзға айналады? Аса суынған су қандай температурада толығымен мұзға айналады?

2.226. Қаныққан су буының қалыпты қысым кезіндегі меншікті көлемін табу керек. Қысым $3,2\text{ кПа}$ –ға азайса, онда судың қайнау температурасы $0,9\text{ К}$ –ге кемиді.

2.227. Қаныққан сынап буының қысымы температураға байланысты $\ln p = -a / T - b \ln T + c$, заңы бойынша өзгереді. Ондағы a , b , c тұрақтылар.

Сынаптың булануының мольдік жылуын температураның q (Т) функциясы ретінде табу керек.

2.228. Массасы $m = 2,00$ кг су $t_1 = 10^0$ С-дан $t_2 = 100^0$ С-ға дейін қыздырылғанда осы температурадағы буға айналды. Энтропияның өзгерісін табу керек. Судың меншікті жылу сыйымдылығы $C = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/ (кг), ал меншікті булану жылуы $2,25 \cdot 10^6$ Дж/К.

3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

3.1. Вакуумдағы тұрақты электр өрісі

Нүктелік q заряд өрісінің кернеулігі және потенциалы:

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^3} \mathbf{r}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}. \quad (3.1.1)$$

Өрістің кернеулігі және потенциалы арасындағы байланыс:

$$E_l = -\frac{\partial\varphi}{\partial l}, \quad \mathbf{E} = -\Delta\varphi. \quad (3.1.2)$$

Гаусс теоремасы және \mathbf{E} векторының циркуляциясы:

$$\oint \mathbf{E} d\mathbf{S} = q / \epsilon_0, \quad \oint \mathbf{E} d\mathbf{r} = \mathbf{0}. \quad (3.1.3)$$

Электрлік моменті P нүктелік диоль өрісінің потенциалы және кернеулігі:

$$\varphi = \mathbf{pr} / (4\pi\epsilon_0 r^3), \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{P}{r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta} \quad (3.1.4)$$

мұндағы θ - \vec{r} және \vec{p} векторларының арасындағы бұрыш.

Дипольдың сыртқы электр өрісіндегі энергиясы және дипольға әсер ететін күш моменті:

$$\mathbf{W} = -\mathbf{pE}, \quad \mathbf{M} = [\mathbf{pE}]. \quad (3.1.5)$$

Дипольға әсер ететін күш \mathbf{F} және F_x проекциясы:

$$\mathbf{F} = p \nabla E / \partial l, \quad F_x = \mathbf{p} \cdot \Delta^2 \mathbf{E}_x, \quad (3.1.6)$$

мұндағы $\nabla E / \partial l$ - \mathbf{E} векторының диполь бағыты бойынша туындысы.

Электростатика бойынша есептер шығару мысалдары

1-есеп. Бір бірінен $R = 1$ м арақашықтықта орналасқан радиусі бірдей $r = 1$ см екі қорғасын шариктің бірінің әрбір атомынан бірден электрон алып, олардың бәрін екінші шарикке берсе, онда олар қандай күшпен тартылады? Қорғасынның молдік массасы $M = 207 \times 10^{-3}$ кг/моль, тығыздығы $\rho = 11,3$ г/см³

Шешуі. Бір шариктің электрондарын алып, екінші шарикке берген соң, олар шамалары тең, таңбалары қарама-қарсы зарядталады да, бір-біріне тартылады:

$$F = q^2 / (4\pi\epsilon_0 R^2),$$

мұндағы R — шариктер центрлерінің арақашықтығы. Заряд q былай анықталады:

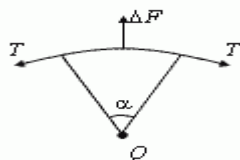
$$q = emN_A / M = 4\epsilon_0 \rho \pi r^3 N_A / (3M),$$

мұндағы $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ моль⁻¹ (Авогадро саны). Онда

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\left(\frac{4}{3M} e \rho \pi r^3 N_A \right)^2}{R^2} = \frac{4}{9} \frac{\pi N_A^2 r^6 \rho^2 e^2}{\epsilon_0 M^2 R^2} = 4,38 \cdot 10^{18} \text{ Н.}$$

2-есеп. Радиусы R жіңішке сақинада q электр заряды бар (1-сурет). Сақина центріне онымен аттас Q заряд орналасқан, әрі $Q \gg q$. Сақинаның керілу күшін табу керек.

Шешуі. $Q \gg q$ болғандықтан, сақинаның жекелеген элементерінің арасындағы өзара әсерлесуді ескермесе де болады. Сақинаның ұзындығы кішкене $R\Delta\alpha$ элементін бөліп аламыз. Оған Q заряд тарапынан мындай күш әсер етеді:



1-сурет.

$$\Delta F = Q\Delta q / (4\pi\epsilon_0 R^2),$$

мұндағы $\Delta q = q\Delta\alpha / (2\pi)$.

Сақинаның T керілу күшін ΔF күш теңгереді. Тепе-теңдік шартын және $\Delta\alpha$ аз екендігін ескеріп, мынаны жазамыз:

$$\Delta F = T \Delta\alpha.$$

Ізделінді керілу күші мынаған тең: $T = Qq / (8\pi^2 \epsilon_0 R^2)$.

3.1. Радиусы 20 см жіңішке жарты сақина 0,70 нКл зарядпен біркелкі зарядталған. Осы жарты сақинаның қисықтық центріндегі электр өрісі кернеулігінің модулін табу керек.

3.2. Беттік тығыздығы 60 нКл/м^2 зарядпен біркелкі зарядталған жарты сфера табанының центріндегі электр өрісінің кернеулігін табу керек.

3.3. Радиусы R дөңгелек саңылауы бар жазықтық σ беттік тығыздықпен біркелкі зарядталған. Саңылау өсіндегі электр өрісінің E кернеулігін оның центріне дейінгі арақашықтықтың функциясы ретінде табу керек.

3.4. Радиусы r сфера $\sigma = ar$ беттік тығыздықпен зарядталған (мұндағы a - тұрақты вектор, r - сфера нүктесінің оның центріне қатысты радиус-векторы). Сфера центріндегі электр өрісінің кернеулігін табу керек.

3.5. Зарядының көлемдік тығыздығы $\rho = ar$ (мұндағы a - тұрақты вектор, r - шар центріне қатысты радиус – вектор), радиусы R шар центріндегі электр өрісінің кернеулігін табу керек.

3.6. Электр өрісінің кернеулігі $E = ar$ (мұндағы a - тұрақты, r өрістің центрінен арақашықтық). Осы өрісті туғызған зарядтың $\rho(r)$ тығыздығын табу керек.

3.7. Табанының радиусі R конустық бет σ беттік тығыздықпен біркелкі зарядталған. Конустың төбесіндегі потенциалды табу керек.

3.8. Радиусы 20 см жұқа дискі шетіндегі потенциалды табу керек. Дискі $0,25 \text{ мКл/м}^2$ беттік тығыздықпен біркелкі зарядталған.

3.9. Потенциалы $\varphi = ar$ (мұндағы a - тұрақты вектор, r - өріс нүктесінің радиус-векторы) электр өрісінің берілген нүктесіндегі кернеулігін табу керек.

3.10. Кеңістіктің қандай да бір аймағындағы өріс потенциалының x координатаға тәуелділігі мынадай: $\varphi = -ax^3 + b$ (мұндағы a және b - қандай да бір тұрақтылар). Көлемдік $\rho(x)$ зарядтың бөлінуін табу керек.

3.11. Зарядталған шар ішіндегі өріс потенциалы оның центріне дейінгі арақашықтыққа мына түрде байланысты: $\varphi = ar^2 + b$. Мұндағы a мен b тұрақты шамалар. Шар ішіндегі көлемдік зарядтың бөлінуін $\rho(r)$ табу керек.

3.12. Тұрақты σ беттік тығыздықпен зарядталған, радиусы R сфераның центріндегі потенциалды табу керек.

3.13. Диаметрі $d = 2 \text{ см}$ метал шарик $\varphi = 150 \text{ В}$ потенциалға дейін теріс зарядталған. Шарик бетіндегі n электрондар санын табу керек.

3.14. $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ заряд радиусы $R = 40 \text{ мм}$ шар көлемі бойынша біркелкі таралған. Шардың центріндегі φ_0 потенциалды табу керек.

3.15. Электр өрісінің потенциалы былай анықталады: $\varphi = \alpha(x^2 + y^2 - z^2)$, мұндағы α - тұрақты. $M \{2, 1, -3\}$ нүктедегі электр өрісі кернеулігінің $\mathbf{a} = \mathbf{i} + 3\mathbf{k}$ векторының бағытындағы проекциясын табу керек.

3.16. Қандай да бір өрістің потенциалы $\varphi = a \cdot x \cdot z$ түрінде берілген. Өрістің \mathbf{E} кернеулік векторы мен оның E модулін табу керек.

3.17. Қандай да бір нүктедегі өрістің потенциалы $\varphi = 1/\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ түрінде берілген, мұндағы x, y, z - нүкте координаталары. \mathbf{E} кернеулік векторы мен оның E модулін табу керек.

3.18. Қандай да бір өрістің потенциалы $\varphi = a(x^2 + y^2) - bz^2$ түрінде берілген, мұндағы a мен b - оң тұрақты шамалар. \mathbf{E} кернеулік векторы мен оның E модулін табу керек.

3.19. Қандай да бір өрістің потенциалы $\varphi = -y(2x + 3z)$ түрінде берілген, мұндағы x, y, z – нүкте координаталары. E кернеулік векторы мен оның E модулін табу керек.

3.20. Зарядталған шардың ішіндегі потенциал $\varphi = ar^2 + b$ тек оның центріне дейінгі r арақашықтыққа ғана тәуелді. Мұндағы a мен b – тұрақтылар. Шар ішіндегі зарядтың ρ көлемдік тығыздығын табу керек.

3.21. Электр өрісінің кернеулігі тек x пен y - ке байланысты $E = a(x\mathbf{i} + y\mathbf{j})/(x^2 + y^2)$ заңы бойынша өзгереді. Мұнда a тұрақты, \mathbf{i} мен \mathbf{j} , x пен y өстерінің орттары. Центрі координаталар басында жататын радиусы R сфераның ішіндегі заряд шамасын табу керек.

3.22. Радиусы R шар ρ көлемдік тығыздықпен біркелкі зарядталған. Шардың ішіндегі нүктелердің φ потенциалын шардың центріне дейінгі арақашықтықтың функция ретінде табу керек.

3.23. $q_1 = 3,7 \cdot 10^{-5}$ Кл және $q_2 = 6,2 \cdot 10^{-5}$ Кл оң зарядтар вакуумда бір-бірінен $r_1 = 2,7$ м арақашықтықта орналасқан. Зарядтарды $r_2 = 45$ см арақашықтыққа дейін жақындату үшін қандай A жұмыс атқару қажет?

3.24. Шексіз, зарядталған жазықтықтың өрісі әсерінен $q = 7,4 \cdot 10^{-10}$ Кл нүктелік заряд, күш сызықтары бойымен $l = 3,2$ см арақашықтыққа орын ауыстырды. Сонда $A = 6,1$ мкДж жұмыс жасалды. Жазықтықтағы зарядтың беттік тығыздығын табу керек.

3.25. $q = 42$ нКл нүктелік зарядты, $a = 1$ м арақашықтықтан радиусы $R = 2,3$ см, зарядының беттік тығыздығы $4,3 \cdot 10^{-11}$ Кл/м² шар бетінен $b = 1,5$ см арақашықтыққа ауыстыру үшін жасалатын жұмысты табу керек.

3.26. Шексіз ұзын жіп $6,3 \cdot 10^{-7}$ Кл/м сызықтық тығыздықпен біркелкі зарядталған. $q = 2,1$ нКл нүктелік зарядты жіптен $a = 2,4$ см арақашықтықтан $b = 4,8$ см арақашықтыққа дейін орын ауыстыратын өріс күштерінің жұмысын табу керек.

3.27. $E = a \cdot x \cdot \mathbf{i}$ электр өрісі берілген. Бұл өріс потенциалдық өріс? Егер болса, онда φ потенциалы үшін өрнекті табу керек.

3.28. Электр өрісінің түрі: $E = E_1 \mathbf{i} + E_2 \mathbf{j} + E_3 \mathbf{k}$, мұндағы E_1, E_2, E_3 – тұрақтылар. Өріс біртекті өріс пе?

3.29. Басқа денелерден алшақ орналасқан, әрқайсысының ауданы $S = 50$ см² тең болатын бірдей екі металл пластиналар бір-бірінен $d = 1$ мм арақашықтықта орналасқан. Олардың бірінің заряды $q_1 = 20$ мкКл, екіншісінікі $q_2 = -40$ мкКл. Олардың арасындағы потенциалдар айырымын табу керек.

3.30. Дифференциалдық түрдегі Остроградский – Гаусс теоремасын пайдаланып қалыңдығы $2a$, ρ көлемдік тығыздықпен біркелкі зарядталған шексіз жазықтықтың іші мен сыртындағы электр өрісінің кернеулігін табу керек.

3.31. Дифференциалдық түрдегі Остроградский – Гаусс теоремасын пайдаланып радиусы R , көлемдік тығыздығы ρ зарядпен біркелкі зарядталған шардың ішіндегі және сыртындағы өрістің E кернеулік векторын табу керек.

3.32. $q = 5 \cdot 10^{-8}$ Кл нүктелік электрлік заряд пен одан $l = 20$ см арақашықтықта орналасқан өткізгіш жазықтық арасындағы F өзара әсерлесу күшін табу керек.

3.33. Радиусы $R = 10$ см, $q = 3,2$ нКл зарядпен біркелкі зарядталған жіңішке сақина мен центрі сақина өсінің бойында сақина жазықтығынан $l = 7,5$ см арақашықтықта болатындай орналасқан сфераның потенциалын табу керек.

3.34. Әрбір ұзындық бірлігіне τ заряд келетіндей болып зарядталған жіңішке шексіз ұзын жіп пен шексіз өткізгіш жазықтық параллель орналасқан. Жіп пен жазықтық арасындағы арақашықтық r -ге тең. Жіптің ұзындық бірлігіне әсер ететін күш модулін F_l табу керек.

3.35. Электрлік моменті $p = 6,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м дипольдың ортасынан $r = 3 \cdot 10^{-7}$ см арақашықтықтағы мыналарда жатқан нүктедегі диполь туғызған электр өрісінің E кернеулігін табу керек: а) диполь жалғасында б) дипольге перпендикулярда.

3.36. Электрлік моменттері бір түзуде орналасқан судың екі молекуласының F өзара әсерлесу күшін табу керек. Молекулалар бір – бірінен $r = 2,5 \cdot 10^{-7}$ см арақашықтықта орналасқан. Су молекуласының электрлік моменті $p = 6,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.

3.37. Электрлік моменті $p = 5,5 \cdot 10^{-28}$ Кл·м, дипольдің центрінен $r = 2,3 \cdot 10^{-6}$ м арақашықтықтағы, электрлік момент векторымен $\alpha = 32^\circ$ бұрыш жасайтын бағыттағы диполь өрісінің E кернеулігі мен ϕ потенциалын табу керек.

3.38. Дипольдің электрлік моменті $p = 1,3 \cdot 10^{-11}$ Кл·м. Дипольға қатысты симметриялы, оның центрінен $r = 10$ см арақашықтықта ось бойында жатқан А және В нүктелердегі $\Delta\phi$ потенциалдар айырымын табу керек.

3.39. Электрлік моменті $p = 3 \cdot 10^{-10}$ Кл·м диполь кернеулігі $E = 1500$ В/м біртекті электр өрісінде еркін орналасады. Дипольді $\alpha = 180^\circ$ бұрышқа бұру үшін қандай жұмыс A жасау керек.

3.40. Бірдей q үш заряд тең қабырғалы үшбұрыштың төбелеріне орналасқан. Зарядтардың бүкіл жүйесі тепе - теңдікте болу үшін осы үшбұрыштың центріне қандай q_0 заряд орналастыру керек. Мұндай теп – теңдік орнықты бола ала ма?

3.41. Радиусы $r = 1,0 \cdot 10^{-3}$ мм зарядталған май тамшысы өріс кернеулігі $E = 7,85$ кВ /м болатын горизонталь орналасқан жазық конденсатор пластиналарының арасында тепе – теңдікте орналасқан. Майдың тығыздығы $\rho = 900$ кг/м³. Тамшының зарядын анықтау керек.

3.42. Тоқ өткізбейтін, радиустары $R_1 = 3,0$ см және $R_2 = 2,0$ см екі сфераның бірі $q_1 = 1,00 \cdot 10^{-9}$ Кл, ал екіншісі $q_2 = -2,00 \cdot 10^{-9}$ Кл зарядпен біркелкі зарядталып вакуумға орналастырылған. Сфералардың центрлерінің арақашықтық-тағы $r = 10,0$ см. q_1 және q_2 зарядтардан r_1 және r_2 арақашықтықта орналасқан А нүктедегі олар туғызған өрістің кернеулігін анықтау керек. Есепті мынадай екі жағдай үшін шешу керек: а) $r_1 = 9$ см, $r_2 = 7$ см; б) $r_1 = 2$ см, $r_2 = 8$ см.

3.43. Арақашықтағы $r = 5,00$ см екі шексіз ұзын жіп сызықтық тығыздығы $\tau_1 = \tau_2 = \tau = 1,00 \cdot 10^{-8}$ Кл/м зарядпен біркелкі зарядталған. Жіптердің симметрия жазықтығында жатқан нүктелер үшін электр өрісі кернеулігінің максимум мәнін анықтау керек ($\varepsilon = 1$).

3.44. Радиусы бірдей $R = 10,0$ см екі коаксиалдық дискі беттік тығыздығы $\sigma_1 = 5,0$ мкКл/м² және $\sigma_2 = 0,35$ мкКл/м² зарядтармен біркелкі зарядталып $d = 3,1$ мм арақашықтыққа жақындатылған. Дискілерді вакуумда орналасқан деп алып, олардың электрлік өзара әсерлесу күшін анықтау керек.

3.45. Жерді радиусы $R = 6400$ км өткізгіш шар деп есептеп, оның заряды мен потенциалын анықтау керек. Жердің бетіне жақын орындағы электр өрісінің кернеулігі $E = 100$ В/м. Ауа үшін ($\varepsilon = 1$)

3.46. Радиусы R жіңішке сақина сызықтық тығыздығы τ зарядпен біркелкі зарядталған. Сақинаның өсіндегі электр өрісінің φ потенциалы мен E кернеулігін сақина центрінен h арақашықтықтың функциясы ретінде табу керек.

3.47. Бастапқыда энергиясы 500 эВ электрон вакуумда алыстан радиусы $R = 6,0$ см біркелкі зарядталған сфера центріне қарайғы бағыт бойынша қозғалады. Сфера зарядын $q = -5,00$ нКл деп алып, электронның сфера бетіне жақындай алатын ең аз арақашықтығын анықтау керек.

3.48. Екі q_1 және q_2 нүктелік оң заряд бір - бірінен l арақашықтықта орналасқан. Осы екі зарядтың қасына үшінші q_3 нүктелік зарядты апарып қойғанда барлық үш заряд теп - теңдікте болу үшін бұл q_3 зарядтың модулі мен таңбасы қандай болуы керек?

3.49. Ұзындығы $l = 15$ см жіңішке түзу шыбық $\tau = 0,10$ мКл/м сызықтық тығыздықпен біркелкі зарядталған. Шыбық өсінің созындысы бойында жақын ұшынан $a = 10$ см арақашықтықта $q_0 = 10$ нКл нүктелік заряд орналасқан. Шыбық пен зарядтың өзара әсерлесу күшін анықтау керек.

3.50. Ұзындығы $2l$ жіңішке шыбық τ сызықтық тығыздықпен біркелкі зарядталған. Шыбықтың ортасына қарсы, одан a арақашықтықта жатқан нүктедегі электр өрісінің кернеулігін анықтау керек. Жалпы жағдайды, сондай ақ мына дербес жағдайларды қарастыру керек: $a \gg 2l$; $2l \gg a$.

3.51. Электрлік моменті $p = 2,0 \cdot 10^{-14}$ Кл.м нүктелік дипольдың электр өрісінің диполь осінің бойында, оң заряд жағынан оның центрінен $r = 10,0$ см арақашықтықта жатқан нүктедегі потенциалын анықтау керек.

3.52. Радиусы r , зарядының беттік тығыздығы σ біркелкі зарядталған жұқа дискі өсінде, одан a арақашықтықта жатқан нүктедегі өрістің потенциалы мен кернеулігін табу керек.

3.53. Бір - бірінен $r = 1,00$ м арақашықтықта орналасқан бірінің заряды $q_1 = 1,50$ нКл, ал екіншісінікі $q_2 = -1,50$ нКл, радиустары $r_0 = 0,50$ см екі металл шар арасындағы потенциалдар айырымын анықтау керек.

3.54. Массалары m_1 және m_2 , ал зарядтары $+q_1$, $+q_2$ екі бөлшек бір - біріне қарама - қарсы қозғалады. Олардың бір - бірінен өте алыс

қашықтықтағы салыстырмалы жылдамдығы $v_{caл}$. Бөлшектер қандай ең аз арақашықтыққа дейін жақындай алады?

3.55. Ұзындығы $l = 1$ м жіңішке шыбық $q = 10^{-12}$ Кл зарядпен біркелкі зарядталған. Осы зарядтың шыбық осінің бойындағы оның бір ұшынан $d = 1$ м арақашықтықтағы A нүктесіндегі электр өрісінің потенциалын анықтау керек. Орта вакуум.

3.56. Электрлік моменті \mathbf{p} диполь сызықтық тығыздығы τ зарядпен біркелкі зарядталған ұзын түзу жіптен r арақашықтықта орналасқан. \mathbf{p} векторы былайша бағдарланса дипольға қандай \mathbf{F} күш әсер етеді: а) жіпті бойлай; б) радиус – вектор бағытымен; в) жіпке және \mathbf{r} радиус – векторға перпендикуляр.

3.2. Электр өрісіндегі өткізгіштер мен диэлектриктер

Вакуумдағы өткізгіш бетіндегі электр өрісінің кернеулігі:

$$E_n = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \quad (3.2.1)$$

Тұйық бет арқылы өтетін поляризацияланғыштық ағыны:

$$\oint \mathbf{P} d\mathbf{S} = -q', \quad (3.2.2)$$

мұндағы q' - осы беттің ішіндегі байланысқан зарядтардың алгебралық қосындысы.

\mathbf{D} векторы (электрлік ығысу векторы) және оған арналған Гаусс теоремасы:

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}, \quad \oint \mathbf{D} d\mathbf{S} = q, \quad (3.2.3)$$

мұндағы q - тұйық бет ішіндегі бөгде зарядтардың алгебралық қосындысы.

Екі диэлектриктің бөліну шекарасындағы шарттар:

$$P_{2n} - P_{1n} = -\sigma', \quad D_{2n} - D_{1n} = \sigma, \quad E_{2\tau} = E_{1\tau}, \quad (3.2.4)$$

мұндағы σ' және σ - байланысқан және бөгде зарядтардың беттік тығыздықтары, \mathbf{n} - нормалдың орты 1 ортадан 2 ортаға бағытталған.

Изотроптық диэлектриктер үшін:

$$\mathbf{P} = \chi \varepsilon_0 \mathbf{E}, \quad \mathbf{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \mathbf{E}, \quad \varepsilon = 1 + \chi. \quad (3.2.5)$$

Эквипотенциал беттер арасындағы бүкіл кеңістікті толтырып тұрған изотроптық біртекті диэлектрик жағдайында:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 / \varepsilon. \quad (3.2.6)$$

3.57. Электрлік моменті \mathbf{p} нүктелік диполь өткізгіш жазықтықтан l арақашықтықта орналасқан. \mathbf{p} векторы жазықтыққа перпендикуляр. Дипольға әсер ететін күшті табу керек.

3.58. $q = 0,50$ мкКл нүктелік заряд зарядталмаған өткізгіш сфера центрінен 30 см арақашықтықта орналасқан. Сфера потенциалын табу керек.

3.59. Кернеулігі E сыртқы электр өрісіндегі поляризацияланғыштығы β ($p = \beta \epsilon_0 E$) серпімді диполдың энергиясын табу керек.

3.60. Диэлектрлік өтімділігі 2,5 біртекті диэлектрик ішіндегі қандай да бір нүктедегі бөгде заряд тығыздығы $\rho = 50 \text{ мкКл/м}^3$. Байланысқан зарядтардың осы нүктедегі тығыздығын табу керек.

3.61. Гелийдің қалыпты жағдайдағы диэлектрлік өтімділігі $\epsilon = 1,000074$. Мыналарды табу керек: а) гелий атомының β поляризацияланғыштығы; б) гелий атомының кернеулігі $E = 100 \text{ В/см}$ біртекті электр өрісіндегі дипольдық моменті.

3.62. Аргонның қалыпты жағдайдағы диэлектрлік өтімділігі 1,000536. Аргон атомының β поляризацияланғыштығын табу керек.

3.63. Иодты сутегі HI кристалының диэлектрлік қабылдағыштығын (χ) табу керек. Оның молекуласының электрлік моменті $p = 1,26 \cdot 10^{-30} \text{ Кл}\cdot\text{м}$, температурасы $t = -50^\circ \text{ C}$, тығыздығы $\rho = 5,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

3.64. Атомдарының поляризацияланғыштығы $\beta = 2,5 \cdot 10^{-30} \text{ м}^3$, тығыздығы $\rho = 210 \text{ кг/м}^3$ қатты гелийдің диэлектрлік қабылдағыштығын (χ) есептеу керек.

3.65. Диэлектрлік өтімділігі $\epsilon = 3$ кристалл пластинканың P поляризацияланғыштығын табу керек. Сыртқы электр өрісінің пластинкаға перпендикуляр кернеулігі $E_0 = 1 \text{ МВ/м}$.

3.66. Диэлектрлік өтімділігі ϵ изотропты диэлектриктің қандай да бір нүктесіндегі ығысу D . Осы нүктедегі поляризацияланғыштық P неге тең?

3.67. Диэлектрик пен өткізгіш шекарасында $\sigma' / \sigma = 1/2$, мұндағы σ' – диэлектриктегі байланысқан зарядтың беттік тығыздығы. σ – өткізгіштегі зарядтың беттік тығыздығы. Диэлектриктің ϵ диэлектрлік өтімділігін табу керек.

3.68. Параллель орналасқан бірінің заряды q_1 , екіншісінің заряды q_2 (оң таңбалы зарядтар) екі бірдей металл пластинка сызықтық өлшемдерінен әлдеқайда кіші арақашықтыққа дейін жақындатылған. Зарядтар пластинкалардың төрт жақ бетіне қалай орналасады?

3.69. Нүктелік заряд q ішкі және сыртқы радиустері r_1 және r_2 оңашаланған сфералық өткізгіш қабықшаның центріне орналасқан. Сфералық қабықшаның потенциалын анықтау керек. Егер оны Жермен қысқа уақытқа жалғаса, онда оның потенциалы неге тең болады? Жердің потенциалын нөлге тең деп алу керек.

3.70. Нүктелік заряд q оңашаланған сфералық өткізгіш қабықшаның шағын саңылауы арқылы өткізіліп оның центріне орналастырылған. Қабықшаның ішкі және сыртқы радиустерін r_1 және r_2 деп алып, зарядты сыртқа шығарып және оны шексіздікке алыстатып жіберу үшін жасалатын ең аз жұмысты анықтау керек.

3.71. Радиусы $r = 5,00 \text{ см}$ және заряды $q = 2,00 \text{ нКл}$ металл шар қалыңдығы $a = 1,00 \text{ см}$ біртекті және изотропты диэлектрик ($\epsilon = 6,0$) қабатымен қапталған. Шар центрінен $r_1 = 5,50 \text{ см}$ және $r_2 = 7,00 \text{ см}$ арақашықтықта орналасқан нүктелердегі электр өрісінің E_1 және E_2

кернеуліктерін, сон-дай ақ диэлектриктің сыртқы бетіндегі байланысқан заряд-тың σ' беттік тығыздығын анықтау керек.

3.72. q зарядпен біркелкі зарядталған радиус R жіңішке сақина және центрі сақина осінде сақина жазықтығынан l арақашықтықта болатындай өткізгіш сфера орналасқан. Сфера потенциалын анықтау керек.

3.73. Диэлектрлік өтімділігі ε және сыртқы радиусы R_2 біртекті диэлектриктің центрлік қабатымен тиісе қоршалған радиусы R_1 оңашаланған шар өткізгіштің сыйымдылығын анықтау керек.

3.3. Электр сыйымдылық. Электр өрісінің энергиясы

Жазық конденсатордың сыйымдылығы:

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}. \quad (3.3.1)$$

Нүктелік зарядтар жүйесінің өзара әсерлесу энергиясы:

$$W = \frac{1}{2} \sum q_i \varphi_i. \quad (3.3.2)$$

Заряды үздіксіз бөлінген жүйенің толық электр энергиясы:

$$W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV. \quad (3.3.3)$$

Екі зарядталған денелердің толық электр энергиясы:

$$W = W_1 + W_2 + W_{12}, \quad (3.3.4)$$

мұндағы W_1 және W_2 - денелердің меншікті энергиялары, W_{12} - өзара әсерлесу энергиясы.

Зарядталған конденсатор энергиясы:

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}. \quad (3.3.5)$$

Электр өрісі энергиясының тығыздығы:

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}. \quad (3.3.6)$$

3.74. Радиусы a металл шариктен және шариктің центрінен l арақашықтықта ($a \ll l$) тұрған өткізгіш жазықтықтан тұратын жүйенің өзара сыйымдылығын анықтау керек.

3.75. Нүктелік q зарядтан a арақашықтықта тұрған жазықтықпен шектелген бос жартылай кеңістіктегі осы зарядтың электр өрісінің энергиясын табу керек.

3.76. q зарядпен біркелкі зарядталған радиусы R_1 сфералық қабат радиусы R_2 - ге дейін кеңейтілді. Сол кезде электрлік күштер істеген жұмысты табу керек.

3.77. Сфералық қабықша σ беттік тығыздықпен біркелкі зарядталған. Энергияның сақталу заңын пайдаланып қабықшаның бірлік бетіне келетін электрлік күштің модулін табу керек.

3.78. Жазық конденсатордың пластиналары арасында диэлектрик орналасқан ($\varepsilon = 6$). Конденсатор пластина-ларының ауданы $S = 200 \text{ см}^2$.

Пластиналар бір-біріне $F=2,5 \cdot 10^{-3}$ Н күшпен тартылады. Диэлектрик бетіндегі байланысқан зарядтардың σ' беттік тығыздығын табу керек.

3.79. Жазық конденсаторда изолятор қызметін атқаратын слюда пластинканың бетіндегі байланысқан зарядтардың беттік тығыздығы $\sigma' = 2,88 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Пластинканың қалыңдығы $d = 0,2$ мм. Конденсатор астарларының арасындағы U потенциалдар айырымын табу керек.

3.80. Радиусы $R_1 = 2,0$ см, заряды $q = 8,1 \cdot 10^{-9}$ Кл металл шар сыртқы радиусы $R_2 = 5$ см тығыз жанасатын диэлектрик ($\epsilon=3$) қабатымен қоршалған. Диэлектриктің екі жағындағы байланысқан зарядтардың σ_1' және σ_2' беттік тығыздығын табу керек.

3.81. Өтімділігі ϵ сұйық диэлектриктің ішінде, оның еркін беттен l арақашықтықта q заряд орналасқан. Мыналарды табу керек: а) σ_1' зарядтың үстінде және σ_2' зарядтан $r > l$ арақашықтықта орналасқан диэлектрик бетіндегі байланысқан зарядтардың тығыздығын; в) диэлектрик бетіндегі байланысқан q' зарядты.

3.82. Астарларының радиустері R_1 және R_2 ($R_1 < R_2$), ұзындығы l цилиндрлік конденсатор диэлектрлік өтімділігі $\epsilon = a/r$ заңы бойынша өзгертін диэлектрикпен толтырылған. Мұндағы a – тұрақты, r – цилиндрдің өсінен арақашықтық. Табу керек: а) конденсатор сыйымдылығы (С); б) конденсатордың заряды q және ондағы өріс ϵ – нің кему жағына қарай бағытталған деп алып, байланысқан зарядтардың көлемдік тығыздығын r функциясы ретінде.

3.83. Сыйымдылығы $C = 250$ пФ конденсатор жасау қажет. Ол үшін қалыңдығы $d = 0,05$ мм парафинделген қағаздың екі жағына станиоль дөңгелектерді желімдейді. Осы дөңгелектердің D диаметрі қандай болуы тиіс?

3.84. Әрқайсысының сыйымдылығы 10-нан 450 пФ аралығында өзгертін, сыйымдылығы айнымалы екі конденсатордан тұратын жүйенің сыйымдылығы қандай аралықта өзгере алатынын анықтау керек.

3.85. Беттік тығыздығы $\sigma = 3,6 \cdot 10^{-5}$ Кл/м² зарядпен зарядталған шексіз жазықтықтың жанында орналасқан нүктедегі электр өрісі энергиясының көлемдік тығыздығын w табу керек.

3.86. Сызықтық тығыздығы $\tau = 4,2 \cdot 10^{-7}$ Кл/м зарядпен зарядталған шексіз ұзын жіптен $r = 2$ см арақашықтықтағы электр өрісі энергиясының w көлемдік тығыздығын табу керек.

3.87. Беттік тығыздығы $\sigma = 1,7 \cdot 10^{-5}$ Кл/м² зарядпен зарядталған, радиусы $R = 1$ см шардан $l = 2$ см арақашықтықта орналасқан нүктедегі электр өрісі энергиясының w көлемдік тығыздығын табу керек.

3.88. Ауалы сфералық конденсатордың заряды q . Конденсатордың сфералық беттерінің радиустары R_1 және R_2 ($R_1 < R_2$). Конденсатордағы электр өрісі энергиясының w көлемдік тығыздығын сфералар центрінен r арақашықтықтың функциясы ретінде табу керек.

3.89. Эбониттан жасалған пластина кернеулігі $E = 1$ кВ/м біртекті электр өрісіне орналастырылған. а) пластина бетіндегі байланысқан зарядтардың σ' беттік тығыздығын; б) пластинадағы энергияның w көлемдік тығыздығын

табу керек. Өрістің күш сызықтары пластинаның жазық бетіне перпендикуляр бағытталған.

3.90. Сыйымдылықтары 600 және 1000 пФ екі конденсатор тізбектей жалғанған. Батарея потенциалдардың айырмасы $U = 20$ кВ мәніне дейін зарядталған. Содан кейін конденсаторларды разрядтамай параллель жалғайды. Осы қайта жалғау кезіндегі разрядтың A жұмысын анықтау керек.

3.91. Зарядталған радиусы $R_1 = 2$ см A шарды заряд-талмаған радиусы $R_2 = 3$ см B шарға тигізеді. Шарларды қайта ажыратқаннан кейін, B шардың энергиясы $W_2 = 0,4$ Дж болды. Екі шарды бір-біріне түйістіргенге дейін A шардың заряды қандай болған?

3.92. Потенциалы $U = 4500$ В және зарядының беттік тығыздығы $\sigma = 1,13$ нКл/см² болатын шар керосинге батырылған. Табу керек: а) шардың R радиусын; б) q зарядын; в) C сыйымдылығын; г) W шар энергиясын.

3.93. Алғашында $q_1 = 10^{-10}$ Кл заряд радиусы $R = 1$ см шар көлемі бойынша біркелкі таралды. Сосын өзара тебілу салдарынан зарядтар шар бетіне өтті. Осы кездегі электр күштері зарядпен қандай A жұмыс атқарды?

3.94. Зарядтың біркелкі таралуын сақтай отырып, иондалған бөлшектердің шар бұлты ұлғаяды. Шардың ішіндегі және оның сырт аймағындағы электр өрісі энергияларының қатынасы W_1/W_2 өзгере ме? Диэлектрик өтімділік барлық жерде бірге тең.

3.95. q заряд радиусы R шар көлемі бойымен заряд біркелкі таралған. Шардың ішіндегі W_1 энергияны және шарды қоршаған сыртқы кеңістіктегі W_2 энергияны анықтау керек.

3.96. Біртекті изотропты диэлектриктен ($\epsilon = 3$) жасалған шар қабатының ортасында нүктелік $q = 3$ мкКл заряд орналасқан. Қабаттың ішкі радиусы $R_1 = 25$ см, сыртқы радиусы $R_2 = 50$ см. Диэлектриктегі W энергияны анықтау керек.

3.97. Радиусы R шексіз ұзын цилиндр көлемдік тығыздығы ρ зарядпен біркелкі зарядталған. Цилиндр ішінде қорланған ұзындық бірлігіне келетін W_1 энергияны табу керек.

3.98. Моменті p дипольдан r арақашықтықтағы нүктелік зарядтың (q) потенциалдық энергиясын W табу керек.

3.99. Моменттері $p_1 = 1 \cdot 10^{-12}$ Кл·м және $p_2 = 4 \cdot 10^{-12}$ Кл·м екі электрлік дипольдар бір-бірінен $r_0 = 2$ см арақашықтықта орналасқан. Олардың орнықты тепе-теңдік күйіне сәйкес өзара потенциалдық энергиясын W және өзара әсерлесу күшін F анықтау керек.

3.100. Қабырғалары a -ға тең квадраттың төбелерінде төрт бірдей оң нүктелік зарядтар орналасқан. Осы жүйенің өзара (W) потенциалдық энергиясын табу керек.

3.101. Қабырғалары a -ға тең тең қабырғалы үшбұрыш төбелерінде үш бірдей оң нүктелік зарядтар орналасқан. Осы жүйенің өзара потенциалдық энергиясын (W) табу керек.

3.102. Шексіз жазықтықтан R арақашықтықта q нүктелік заряд орналасқан. Осы зарядтың жазықтықта индукцияланған зарядтармен өзара әсерлесу энергиясын (W) табу керек.

3.103. Жүйе радиустары R_1 мен R_2 ($R_1 < R_2$) және зарядтары сәйкесінше q_1 мен q_2 болатын екі центрлі металл қабықшадан тұрады. Әр қабықшаның W_1 және W_2 меншікті энергиясын, қабықшалардың өзара әсерлесу энергиясын ($W_{\text{эс}}$) және осы жүйенің толық электр энергиясын (W) табу керек.

3.104. Платиналарының ұзындығы $l = 5,00$ см конденсторға электрондар шоғы ұшып келіп енеді. Конденсатордағы электр өрісінің кернеулігі $E = 40$ кВ/м. Осы өрісі арқылы өткен шоқ алғашқы бағытынан $\alpha = 22^\circ$ - қа ауытқыды. Электрондардың кинетикалық энергиясы қандай?

3.105. Жазық конденсатор астарларының арасына қалыңдығы $l = 2,00$ мм шыны пластинка ($\varepsilon = 6$) орналас-тырылып $U = 200$ В кернеуге дейін зарядталған. Конденсатор астарларындағы бос зарядтардың σ беттік тығыздығын, сондай ақ шыныдағы байланысқан зарядтардың σ' беттік тығыздығын табу керек.

3.106. Астарларының арасы $l = 10,0$ мм әрбірінің ауданы $S = 100$ см² жазық конденсатордың сыйымдылығын анықтау керек. Конденсатор астарларының арасына, олардан екі жағынан бірден арақашықтықта қалыңдығы $a = 8,0$ мм металл пластинка параллель енгізілген.

3.107. Пластиналарының арақашықтығын кеміткенде ауа конденсаторының ($\varepsilon = 1$) энергиясы қалай өзгереді? Екі жағдайды қарастыру керек: 1) конденсатор кернеу көзінен ажыратылған; 2) конденсатор тұрақты кернеу көзіне қосылған.

3.108. Егер жазық ауа конденсаторы астарларының арасына бір жағын астарлардың біріне жанастыра тигізіп қалыңдығы астарлар арасының жартысындай шыны пластина қойса, конденсатор сыйымдылығы қалай өзгереді?

3.109. Радиусы R эбонит шар көлемдік тығыздығы ρ электрмен біркелкі зарядталған. Радиусы R_1 қандай сфера шарды энергиялары тең екі бөлікке бөледі?

3.110. Диэлектрлік өтімділігі ε және сыртқы радиусі R_2 біртекті диэлектриктің центрлік қабатымен тиісе қоршалған радиусы R_1 оңашаланған шар өткізгіштің сыйымдылығын анықтау керек.

3.111. Жазық конденсатор астарларының арасы диэлектрлік өтімділігі астарларға перпендикуляр бағытта сызықтық заңдылық бойынша ε_1 - ден ε_2 - ге дейін ($\varepsilon_2 > \varepsilon_1$) өзгереді ізотроптық диэлектрикпен толтырылған. әрбір астарының ауданы S , арақашықтығы d конденсатор сыйымдылығын анықтау керек.

3.112. Екі сымды желінің бірлік ұзындық учаскесінің сыйымдылығын анықтау керек.

3.4. Электр тоғы

Әртекті тізбек бөлігіне арналған Ом заңы:

$$I = \frac{U_{12}}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R}, \quad (3.4.1)$$

мұндағы U_{12} - берілген учаскедегі кернеудің кемуі.

Дифференциалдық түрдегі Ом заңы:

$$\mathbf{j} = \sigma (\mathbf{E} + \mathbf{E}^*), \quad (3.4.2)$$

мұндағы \mathbf{E}^* - бөгде күштер өрісінің кернеулігі.

Кирхгоф ережелері:

$$\sum I_k = 0, \sum I_k R_k = \sum \varepsilon_k. \quad (3.4.3)$$

Тоқтың қуаты P және жылулық қуат Q :

$$P = IU = (\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12})I, \quad Q = I^2 R. \quad (3.4.4)$$

Тоқтың $P_{мен}$ меншікті қуаты және меншікті жылулық қуаты:

$$P_{мен} = \mathbf{j} (\mathbf{E} + \mathbf{E}^*), \quad Q_{мен} = \rho j^2. \quad (3.4.5)$$

Металдағы тоқ тығыздығы:

$$\mathbf{j} = en\mathbf{u}, \quad (3.4.6)$$

мұндағы \mathbf{u} - тоқ тасушылардың орташа жылдамдығы.

Газдың бірлік көлеміндегі бірлік уақыт ішінде қайта қосылатын (рекомбинацияланатын) иондар саны:

$$n_r = rn^2. \quad (3.4.7)$$

Тұрақты тоқ бойынша есептер шығару мысалы.

1-есеп. $U_0 = 127$ В кернеуге шақталған әрбірінің қуаты $P = 100$ Вт бірдей екі шам кернеуі $U = 220$ В желіге параллель жалғанған. Шам қалыпты жану үшін оларға тізбектей жалғанатын резистордың R кедергісі қандай болуы керек.

Шешуі. Шамдар қалыпты жану үшін R кедергіге «артық» $U - U_0$ кернеу түсу керек. Тармақталмаған тізбектен I_0 тоқ ақсын. Онда тізбек бөлігіне арналған Ом заңы бойынша:

$$U - U_0 = I_0 R.$$

Түйіндегі I_0 тоқ тармақталсын да әрбір шам арқылы $I = P/U_0$ тоқ ақсын. Заряд тасушылар тізбектің еш жерінде жиналып қалмасын, онда

$$I_0 = I + I = 2I = 2P/U_0.$$

Олай болса,

$$U - U_0 = 2PR/U_0,$$

демек,

$$R = U_0(U - U_0)/(2P).$$

Есептейміз:

$$R = 120 \times (220 - 127)/(2 \times 100) \approx 59 \text{ Ом}.$$

2 - есеп. К кілтті тұйықтау кезінде резисторларда бөлінетін қосынды қуат өзгермейді. R_1 және R_4 резисторларының әрқайсысының кедергісі R – ға тең, ал R_2 және R_3 резисторларының әрқайсысының кедергісі $9R$ – ға тең (1-сурет). Ток көзінің r ішкі кедергісін табыңдар.

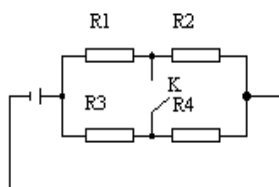
Шешуі. Кілтті тұйықтағанға дейін тізбектің жалпы кедергісі

$$R_1 = \frac{1}{\frac{1}{R+9R} + \frac{1}{R+9R}} = 5R$$

Осы кезде ток күші $I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R_1}$.

Бөлінетін қуат

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{\varepsilon^2}{(r + 5R)^2} R_1.$$



1-сурет.

Кілтті тұйықтағаннан кейін жалпы кедергі өзгерді және $R_2 = \frac{2}{\frac{1}{R} + \frac{1}{9R}} = \frac{9}{5}R$

болды,

ал ток күші $I_2 = \frac{\varepsilon}{r + \frac{9}{5}R}$, қуат

$$P_2 = I_2^2 R_2 = \frac{\varepsilon^2}{\left(r + \frac{9}{5}R\right)^2} \frac{9}{5}R.$$

Есептің шарты бойынша $P_1 = P_2$ болғандықтан,

$$9(r + 5R)^2 = 25\left(r + \frac{9}{5}R\right)^2.$$

Нәтижесінде, $r = 3R$ болады.

3 - есеп. Тізбектей жалғанған бірдей екі вольтметрді тоқ көзіне қосқанда оладың әрбірі $U_1 = 4,5$ В кернеу көрсетеді. Егер сол тоқ көзіне бір вольтметрді жалғаса, ол $U_2 = 8$ В кернеуді көрсетеді. Тоқ көзінің ЭҚК-і неге тең?

Шешуі. Вольтметрдің эквивалент сұлбасы «идеал» амперметр (оның ішкі кедергісі нөлге тең) және тізбектей қосылған кедергісі R резистор болып табылады. Вольтметрдің көрсетуі: $U=IR$. Бірінші жағдайда екі вольтметр тізбектей қосылған, сондықтан олардың жалпы кедергісі:

$$R_0 = R_1 + R_2 = 2R.$$

Тұйықталған тізбекке арналған Ом заңы:

$$I_1 = E/(R_0 + r) = E/(2R + r).$$

Екінші жағдайда

$$I_2 = E/(R + r).$$

Тізбек бөлігіне арналған Ом заңы бойынша:

$$U_1 = I_1 R = ER/(2R + r); U_2 = ER/(R + r),$$

$$ER = U_1(2R + r), ER = U_2(R + r).$$

Осыдан

$$U_1(2R + r) = U_2(R + r),$$

демек,

$$r = R(2U_1 - U_2)/(U_2 - U_1).$$

Олай болса,

$$U = ER/(R + R(2U_1 - U_2)/(U_2 - U_1)).$$

Осыдан

$$E = U_1 U_2 / (U_2 - U_1).$$

Есептегеннен кейін мынаны аламыз: $E = 10,3 \text{ В}$.

3.113. ЭҚК-рі бірдей, ішкі кедергілері R_1 және R_2 (әрі $R_2 > R_1$) екі тоқ көзі тізбектей жалғанған. Тоқ көздерінің бірінің (нақты қайсысының?) қысқыштарындағы потенциалдар айырымы нөлге тең болатын сыртқы R кедергіні табу керек.

3.114. Кедергісі R резистор және вольтамперлік сипаттамасы $U = a\sqrt{I}$ бейсызықтық кедергі (мұндағы a - тұрақты шама) тізбектей жалғанып U_0 кернеуге қосылған. Тізбектегі тоқты табу керек.

3.115. ЭҚК-рі ε_1 мен ε_2 және ішкі кедергілері R_1 мен R_2 екі параллель жалғанған элементтерге пара-пар тоқ көзінің ЭҚК-ін және ішкі кедергісін табу керек.

3.116. Кедергісі $R = 75 \text{ Ом}$ шиыршық арқылы $q = 100 \text{ Кл}$ заряд өтсе, онда қанша жылу бөлінеді? Шиыршықтағы тоқ былай өзгереді:

а) $\Delta t = 50 \text{ с}$ ішінде нөлге дейін сызықтық кеміді;

б) әрбір $\Delta t = 2,0 \text{ с}$ –та екі есе кеміп, нөлге дейін моно-тонды азайды.

3.117. Кедергілері R_1 және R_2 параллель жалғанған резисторлардағы тоқтың бөлінуі жылулық қуаттың осы учаскедегі ең аз бөлінуіне сәйкес келетіндігін дәлелденіз.

3.118. Ұзындығы $l = 1000$ м, тоғы $I = 70$ А түзу өткізгіштегі электрондардың қосынды импульсін табу керек.

3.119. Шкаласы $U = 100$ В вольтметр арқылы күші $I = 0,1$ мА ток өтеді, және тілше шкаланың 1 В-на ауытқиды. Егер приборға қосымша $R = 90$ кОм кедергі жалғаса, онда ол прибормен қандай ең үлкен потенциалдар айырымын U_{\max} өлшеуге болады?

3.120. Бөлік құны $C = 5$ мкА прибор берілген. Прибор шкаласы $n = 150$ бөліктен тұрады, прибордың ішкі кедергісі $r = 100$ Ом. Осы прибордан $U = 75$ В-қа дейінгі кернеуді өлшейтін вольтметрді қалай жасауға болады?

3.121. Мыстан жасалған катушка орамының $t = 14^0$ С температурадағы кедергісі $R = 10$ Ом. Ток өткеннен кейін катушканың кедергісі $R_1 = 12,2$ Ом болды. Орам қандай t_1 температураға дейін қызды?

3.122. $R_1 = 10$ Ом кедергіге қосылған батарея $I_1 = 3$ А ток береді. Егер сол батареяны $R_1 = 20$ Ом кедергіге қосса, онда ток күші $I_2 = 1,6$ А болады. ЭҚК пен батареяның r ішкі кедергісін табу керек.

3.123. Сыртқы тізбектің қандай R кедергісінде ЭҚК-і $\varepsilon = 10$ В және ішкі кедергісі $r = 20$ Ом тоқ көзі максимал қуат береді? P_{\max} мәні қандай болады?

3.124. Ток көзіне тізбектей жалғанған екі вольтметрді қосқанда, олар $U_1 = 6$ В және $U_2 = 3$ В көрсетті. Ток көзіне тек бірінші вольтметрді қосқанда оның көрсетуі $U_3 = 8$ В болды. Ток көзінің ЭҚК-ін табу керек.

3.125. Астарларының арақашықтығы d жазық конденсаторға тұрақты u жылдамдықпен диэлектрлік өтімділігі ε , ені b диэлектрик пластинаға енгізіледі. Конденсаторға қосылған ЭҚК (E) белгілі деп, осы тізбектегі ток күшін (I) табу керек.

3.126. Ғимаратқа әрқайсысының қуаты $P = 300$ Вт және $U = 110$ В кернеуге арналған қанша n шам орнатуға болады? Магистралдан тартылған мыс сымның ұзындығы $l = 100$ м, қимасы $S = 9$ мм² және магистралдағы кернеу $U_0 = 122$ В.

3.127. $P = 8$ кВт қуатты $l = 90$ м арақашықтыққа жүктеменің $U = 110$ В кернеуінде тасымалдау үшін пайдаланылатын мыс сымның S көлденең қимасын табу керек. Қуаттың қос өткізгіш желідегі шығыны 5 %-дан аспайды.

3.128. Диаметрі $d = 2$ мм изоляцияның бір метріне келетін R_l кедергісін табу керек. Оның сыртқы өткізгіш қабықшасының диаметрі $d_1 = 4$ мм, ал фарфор изоляцияның меншікті кедергісі $\rho = 1 \cdot 10^{13}$ Ом·м.

3.129. Қимасы $S = 0,17$ мм² мыс сымнан $I = 0,15$ А ток өтеді. Жеке еркін электрондарға электр өрісі тарапынан әсер ететін F күшті табу керек.

3.130. Қыздыру шамы $I = 0,5$ А ток күшін тұтынады. Диаметрі $d_1 = 0,1$ мм вольфрам қылының температурасы $t = 2200^0$ С. Тоқ қимасы $S_1 = 5$ мм² мыс сым арқылы өтеді. Электр өрісінің мыс сымдағы E_1 және вольфрам қылындағы E_2 кернеуліктерін табу керек.

3.131. Ток тығыздығы $j = 10^6 \text{ А/м}^2$ кезінде ұштарындағы потенциалдар айырымы $U = 2 \text{ В}$ болатын ұзындығы $l = 2 \text{ м}$ өткізгіштің ρ меншікті кедергісін табу керек.

3.132. Ұштарындағы потенциалдар айырымы $U = 4 \text{ В}$ болатын ұзындығы $l = 0,2 \text{ м}$ өткізгіштің бірлік көлемінде бөлінетін P қуатын табу керек. Өткізгіштің меншікті кедергісі $\rho = 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

3.133. Жазық конденсатордың диэлектригі меншікті кедергілері ρ_1 және ρ_2 болатын екі қабаттан тұрады. Қабаттарының қалыңдықтары тиісінше d_1 және d_2 . Егер конденсаторға U кернеу берілсе, онда әр қабатта қанша P_1 және P_2 қуат шығындалады? Астарлардың ауданы S .

3.134. 1 см^3 -тағы иондардың 10^7 жұбы тепе-тең болып иондалған ауамен толтырылған түтіктің ұзындығы 84 см , қимасының ауданы $S = 5 \text{ мм}^2$. Түтіктің R кедергісін табу керек. Иондар бірвалентті. Иондардың қозғалғыштығы: $v_+ = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ және $v_- = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

3.135. Жазық электродтарының арақашықтығы $d=0,05\text{м}$ болатын иондағыш камерадан тығыздығы $j=1,6 \cdot 10^{-5} \text{ А/м}^2$ қаныққан ток өтеді. Камераның 1 см^3 көлемінде 1с-та пайда болатын бірвалентті иондар жұбының n санын табу керек.

3.136. Иондағыш камераның көлемі $V = 620 \text{ см}^3$. Иондағыш әрбір секунд сайын 1 см^3 көлемде 10^9 ион жұбын жасайды. Иондарды бірвалентті деп есептеп, камерадағы I_k қанығу тоғын табу керек.

3.137. Жердің электр өрісінің орташа кернеулігі 130 В/м . Атмосферада өтетін j өткізгіштік ток тығыздығын табу керек. Ауаның 1 м^3 көлемінде өткізгіштікті қамтамасыз ететін $7 \cdot 10^8$ бірвалентті иондар жұбы бар.

3.138. Егер концентрациясы $0,1 \text{ г/см}^3$ калий хлоридінің судағы ерітіндісінің 18°C температура кезіндегі меншікті кедергісі $7,36 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ болса, онда осы ерітіндінің диссоциациялану коэффициенті қандай? Калий иондарының қозғалғыштығы $6,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, ал хлор иондарының қозғалғыштығы $6,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

3.139. Ток күші $10,5 \text{ А}$ кезіндегі электролиз салдарынан 6 сағат ішінде ауданы 1200 см^2 бұйым бетіне шөгетін никель қалыңдығын анықтау керек?

3.140. Егер электролит арқылы өтетін ток $i = 6 - 0,03t$ заңымен өзгереді болса, онда 3 минут ішінде мыс купорасының ерітіндісінен қанша мыс бөлініп шығады? Барлық өлшем бірліктер ХБЖ -де берілген.

3.141. Мыс купорасының ерітіндісі бар электролиттік ванна э.қ.к. 4 В және ішкі кедергісі $0,1 \text{ Ом}$ болатын тұрақты ток көзіне қосылған. Ерітінді кедергісі $0,5 \text{ Ом}$, ал поляризацияның э.қ.к. $1,5 \text{ В}$. Бір сағат ішінде қанша мыс бөлініп шығады?

3.142. Егер 1 г сутегінің жануы барысында $1,45 \cdot 10^2 \text{ кДж}$ энергия бөлініп шығатын болса, онда қышқылданған судың электролизі жүруі үшін ток көзінің ең аз э.қ.к. қандай болуы керек?

3.143. Электр сыйымдылығы 10 мкФ конденсатор потенциалдар айырымы 600 В -қа дейін зарядталған. Оны қышқылданған суы бар электролиттік ванна арқылы разрядтайық. Қанша сутегі бөлініп шығады? Осы

сутегін жағу барысында қанша энергия алуға болады? Мұны энергияның сақталу заңымен қалай байланыстыруға болады?

3.144. Көтеру күші 3000 Н ауа шарын қалыпты жағдайда сутегімен толтыру үшін қанша энергия жұмсау керек. Электролиз кезіндегі ертіндінің қызуын ескермесе де болады.

3.145. Егер арна жібінің ұзындығы 3 см және диаметрі 0,1 мм. Вольфрам катодтың температурасы 2700 К. Диодтағы қанығу тоғының күшін анықтау керек? Тұрақты $B = 6 \cdot 10^5 \text{ A}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$.

3.146. Вольфрам бетіне цезий қапталған катод температурасы 1000 К-ден 1200 К-ға дейін өсетін болса, онда диодтағы қанығу тоғының күші қалай өзгереді?

3.147. Қазіргі диодтарда көбнесе анод катодқа қарай олардың аудандары бірдей болатындай өте жақын орналасады. Егер электрондар катодтан нольдік жылдамдықпен ұшып шығады десек, онда олар анодқа қандай күшпен әсер етеді? Шамдағы ток күші $i_k = 500 \text{ mA}$, ал анод потенциалы $\phi_a = 600 \text{ V}$.

3.148. Температурасы 1000 К -ге тең цезиймен қапталған вольфрамдық катод пен температурасы 2700 К болатын таза вольфрамдық катодтың эмиссиялық қабілетін салыстырыңыздар? Ричардсон-Дешман өрнегіндегі B тұрақтысын екі жағдай үшін де бірдей деп санау керек .

3.149. Кедергісі $R = 1,00 \text{ k}\Omega$ өткізгіш ұштарындағы кернеу $U_1 = 15 \text{ V}$ – тан $U_2 = 25 \text{ V}$ – қа дейін бірқалыпты артқанда ол арқылы 20 с уақыт ішінде қандай заряд өтеді.

3.150. Радиусы $r_0 = 3,0 \text{ мм}$ центрлі тілігі бар радиусы $r = 3,00 \text{ мм}$ диск болат цилиндр шыбыққа нығыздалып отырғызылып, алюминий түтікке нығыздалып кигізілген. Түтіктен шыбыққа дискі арқылы ток өтеді. Дискінің қалыңдығын $d = 1,00 \text{ мм}$, ал температурасын $t = 20^0 \text{ C}$ деп алып, оның R кедергісін анықтау керек.

3.151. $R_1 = 1,80 \text{ Ом}$ кедергіге тұйықталғанда $I_1 = 0,70 \text{ A}$, ал $R_2 = 2,30 \text{ Ом}$ кедергіге тұйықталғанда $I_2 = 0,50 \text{ A}$ ток беретін гальваникалық элементтің э.к.к. – ін және ішкі кедергісін анықтау керек. Қысқаша тұйықталу тоғы I_0 неге тең?

3.152. Сым кубтың әрбір қабырғаның кедергісі r . Тізбекке кеңістіктік диагоналарда жатқан төбелері арқылы жалғанған кубтың R кедергісі неге тең?

3.153. Желіге номинал қуаты $P_0 = 700 \text{ Вт}$ электр пешін қосқанда розетканың клеммаларындағы потенциалдар айырымы азайып электр пешінің іс жүзіндегі қуаты $P_1 = 580 \text{ Вт}$ болды. Розеткаға параллель жалғанып қосылған осындай екі пештің қуаты қандай? Қыл сым кедергісінің температура өзгерісіне байланысты өзгеруін ескермеуге болады.

3.154. Қимасы $S = 1,00 \text{ мм}^2$ мыс өткізгіш арқылы күші $I = 60 \text{ A}$ ток өтеді. Өткізгіштегі электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығын анықтау керек. Еркін электрондардың санын мыс атомдарының санына тең деп алу керек.

3.155. Жазық конденсатор пластиналарына $U = 500$ В кернеу түсірілген. Конденсатор тізбегіне қосылған гальванометр ауаның рентген сәулелерінің әсерінен иондану салдарынан туған тоқтың $I = 18$ нА екендігін көрсетеді. Ток қанығуға жетпейді. Әрбір пластинаның ауданы $S = 200$ см², ал олардың арақашықтығы $d = 4,00$ см. Ауа иондарын бір валентті, ал олардың қозғалғыштығын $N_+ = 1,4 \cdot 10^{-4}$ м²/(Вс) және $U = 1,9 \cdot 10^{-4}$ м²/(Вс) деп алып иондар шоғырын анықтау керек.

3.156. Егер $t = 10,0$ с ішінде ток күші $I_0 = 10,0$ А ден $I = 5,00$ А –ге дейін кемісе онда өткізгіш арқылы қандай ток өтеді? Екі жағдайды қарастыру керек: 1) ток күші бірқалыпты кеміді; 2) көрсетілген уақыт аралығында өткізгіш кедергісі бірқалыпты артады. Ал өткізгіш ұштарындағы кернеу тұрақты болады.

3.157. Ұштарының арасындағы потенциалдар айырымы $\varphi_1 - \varphi_2 = 12$ В, ұзындығы $l = 10$ м мыс өткізгіштегі ток тығыздығын анықтау керек.

3.158. Батареяның э.к.к. $\varepsilon = 12,0$ В батарея бере алатын ең үлкен ток күші $I_{\max} = 5,0$ А. Батареяға жалғанған кедергісі айнымалы резисторда бөлінетін ең үлкен қуатты табу керек.

3.159. Электр қайнатқыш орамасының екі секциясы бар. Егер бір секциясы қосылса, онда су $t_1 = 10$ мин – та, ал егер екіншісі қосылса, онда $t_2 = 20$ мин-та қайнайды. Егер екі секцияны а) тізбектеп, б) параллель жалғаса, онда су қанша уақытта қайнайды? Қайнатқыштың қысқыштарындағы кернеу барлық жағдайларда бірдей.

3.5. Тұрақты магнит өрісі. Магнетиктер

Бейрелятивистік \mathbf{v} жылдамдықпен қозғалған q нүктелік зарядтың магнит өрісі:

$$\mathbf{B} = \mu_0 q [\mathbf{v} \mathbf{r}] / (4\pi r^3). \quad (3.5.1)$$

Био-Савар-Лаплас заңы:

$$d\mathbf{B} = \mu_0 q [\mathbf{j} \mathbf{r}] dV / (4\pi r^3), \quad d\mathbf{B} = \mu_0 I [d\mathbf{l} \mathbf{r}] / (4\pi r^3). \quad (3.5.2)$$

\mathbf{B} - векторының циркуляциясы (вакуумда) және Гаусс теоремасы:

$$\oint \mathbf{B} d\mathbf{r} = \mu_0 I, \quad \oint \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0. \quad (3.5.3)$$

Лоренц күші:

$$\mathbf{F} = q \mathbf{E} + q [\mathbf{v} \mathbf{B}]. \quad (3.5.4)$$

Ампер күші:

$$d\mathbf{F} = [\mathbf{j} \mathbf{B}] dV, \quad d\mathbf{F} = I [d\mathbf{l}, \mathbf{B}] \quad . \quad (3.5.5)$$

Магниттік дипольға әсер ететін күш және күш моменті:

$$\mathbf{F} = p_m \frac{\partial}{\partial n} \mathbf{B}, \quad \mathbf{M} = [p_m \mathbf{B}], \quad (3.5.6)$$

мұндағы $\frac{\partial}{\partial n} \mathbf{B}$ - диполь бағытындағы \mathbf{B} векторының дербес туындысы.

Тоғы бар контурды орын ауыстырғанда ампер күштері жасайтын элементар жұмыс:

$$dA = I d\Phi. \quad (3.5.7)$$

\mathbf{J} магниттелгіштік векторының циркуляциясы:

$$\oint \mathbf{J} d\mathbf{r} = I', \quad (3.5.8)$$

мұндағы I' - магниттеу тоғы (молекулалық ток).

\mathbf{H} - векторы және оның циркуляциясы:

$$\mathbf{H} = \mathbf{B} / \mu_0 - \mathbf{J}, \quad \oint \mathbf{H} d\mathbf{r} = I, \quad (3.5.9)$$

мұндағы I - макроскопиялық тоқтардың алгебралық қосындысы.

Екі магнетиктің бөліну шекарасындағы шарттар:

$$B_{1n} = B_{2n}, \quad H_{1n} = H_{2n} \quad (3.5.10)$$

$\mathbf{J} = \chi \mathbf{H}$ болатын магнетиктер үшін:

$$\mathbf{B} = \mu \mu_0 \mathbf{H}, \quad \mu = 1 + \chi \quad (3.5.11)$$

Тұрақты магнит өрісі мен магнетиктерге есеп шығару мысалы.

Есеп. Индукциясы 0,04 Тл горизонталь магнит өрісіне бүйір жақтары тік бағытталған жуан мыс шыбықтардан жасалған Н-тәрізді конструкция орналасқан. Контакттыны бүлдірмей жоғарыдан төмен жіңішке мыс ($\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; $D = 8,8 \cdot 10^{-3}$ кг/м³) көпірше сырғиды. Ол ие бола алатын ең үлкен жылдамдықты анықтау керек. Көпіршеден басқа бөліктердің кедергілерін ескермесе де болады.

Шешуі. Көпірше төмен қозғалған кезде конструкция мен көпіршеден түзілген контурда индукция э.қ.к. пайда болады:

$$E = (\Phi_2 - \Phi_1) / (t_2 - t_1) = Bvl.$$

Сонда көпірше арқылы мынадай ток өтеді:

$$I = E / R = Bvl / R.$$

Көпіршеге магнит өрісі тарапынан механикалық (амперлік) күш әсер етеді. Ленц заңы бойынша ол жоғары бағытталады:

$$F_A = BI l = B^2 v l^2 / R.$$

Көпіршенің төмен қарайғы жылдамдығы F_A Ампер күші көпіршенің салмағына тең болғанда ең үлкен мәнге жетеді (оның осыдан арғы қозғалысы бірқалыпты болады):

$$B^2 v_{\max} l^2 / R = mg.$$

Алынған теңдікке $m=I S D$ және $R = \rho l/S$ (S – көпіршенің қима ауданы) мәндерін қойып, ақырында мынаны аламыз:

$$v_{\max} = D g \rho / B^2.$$

3.160. Радиусы $R = 50$ мм жіңішке сым сақина диаметрі бойымен тік бұрышпен иілді. Жарты сақиналардың қисықтық центріндегі магнит индукциясын табу керек. Тоқ күші - $2,25$ А.

3.161. Диагонали 16 см, диагоналарды арасындағы бұрыш 30° тік бұрышты контур центріндегі магнит индукциясын табу керек. Контурдағы тоқ - $I = 5,0$ А.

3.162. Бір қабатты соленоидтың ұзындығы l , қима радиусы R және бірлік ұзындыққа келетін орамдар саны n . Орамдағы тоқ күшін I деп алып соленоид центріндегі өрістің индукциясын табу керек.

3.163. Көлденең қима ауданы шағын ағаш тороидқа біркелкі $N = 2,5 \cdot 10^3$ сым оралып, онымен I тоқ жіберілген. Тороид ішіндегі магнит индукциясының оның центріндегі магнит индукциясына қатынасын табу керек.

3.164. Тоғы I ұзын соленоидтың көлденең қима ауданы S , бірлік ұзындыққа келетін орам саны n . Соленоидтың ұшынан шығатын магнит ағынын табу керек.

3.165. Тоғы бар жіңішке дөңгелек ораманың радиусы $R = 100$ мм және оның центріндегі магнит өрісінің индукциясы $B = 6,0$ мкТл. Ораманың магниттік моментін табу керек.

3.166. Екі протон бір - біріне параллель бірдей $v = 300$ км/с жылдамдықпен қозғалады. Олардың магниттік және электрлік өзара әсерлесу күштерінің қатынасын табу керек.

3.167. Екі ұзын түзу өзара перпендикуляр сымдар бір- бірінен a арақашықтықта орналасқан. Әр сымдағы тоқ - I . Осы жүйедегі сымның бірлік ұзындығына келетін Ампер күшінің мәнін табу керек.

3.168. Әрбірінің тоғы $I = 6,0$ А (тоқтар бір жаққа бағытталған) екі параллель ұзын сым бір - бірінен екі есе алыс арақашықтыққа алыстатылғанда Ампер күші қандай жұмыс атқарады?

3.169. Радиусы $R = 5,0$ см қабырғасы жұқа дөңгелек цилиндрмен $I = 50$ А тоқ өтеді. Цилиндр қабырғасына қандай қысым түседі?

3.170. Бойымен $I = 20$ А тоқ өтетін $n = 20$ орам/см ұзын түзу соленоидтың бүйір бетіне қандай қысым түседі?

3.171. Қозбаған сутегі атомындағы электрон ядро маңайында радиусы $r_0 = 53$ пм шеңбер бойымен қозғалады. Электрон орбитасының центріндегі магнит өрісінің B индукциясын табу керек.

3.172. Бір жақ беті беттік тығыздығы σ болатын зарядпен біркелкі зарядталған радиусы R өткізбейтін жұқа диск өз осінің маңайында ω бұрыштық жылдамдықпен айналады. Диск центріндегі магнит өрісінің B индукциясын табу керек.

3.173. Радиусы $R = 50$ см диэлектриктен жасалған жұқа диск $q = 5,0$ Кл зарядпен біркелкі зарядталған. Диск өз осінің маңайында $\omega = 10$ рад/с

бұрыштық жылдамдықпен айналады. Диск центріндегі магнит өрісінің B индукциясын табу керек.

3.174. Сыртқы және ішкі радиустері R_1 және R_2 жазық диэлектрик сақина q зарядпен біркелкі зарядталған және өз осінің маңайында ω бұрыштық жылдамдықпен айналады. Сақина центріндегі магнит өрісінің B индукциясын табу керек.

3.175. Беті сызықтық тығыздығы τ электрлік зарядпен біркелкі зарядталған диэлектриктен жасалған ұзын цилиндр өз осінің маңайында ω бұрыштық жылдамдықпен айналады. Цилиндр центріндегі магнит өрісінің B индукциясын табу керек.

3.176. Түзу шексіз ұзын сымның бойымен $I = 5$ А ток өтеді. Сымнан $r = 25$ мм арақашықтықта орналасқан нүктеде магнит өрісінің B индукциясы қандай?

3.177. Бойымен $I = 5$ А ток өтетін, радиусы $R = 50$ мм жіңішке сақина центріндегі B магнит индукциясын табу керек.

3.178. Радиусы $R = 50$ мм жіңішке сақина центріндегі магнит индукциясы $B = 6,3 \cdot 10^{-9}$ Тл. Сақинадағы I ток күшін табу керек.

3.179. Қабырғасы $a = 100$ мм квадрат рамкамен $I = 2$ А ток өтеді. Рамка центріндегі өрістің магнит индукциясын табу керек.

3.180. Тік төртбұрыш етіліп иілген жіңішке өткізгіш арқылы $I = 30$ А ток өтеді. Тіктөртбұрыш қабырғалары $a = 30$ см, $b = 40$ см. Тіктөртбұрыш диагональдарының қиылысу нүктесіндегі B магнит индукциясын табу керек.

3.181. Дұрыс алтыбұрыш етіп иілген жіңішке өткізгіш арқылы $I = 50$ А ток өтеді. Алтыбұрыш қабырғасы $a = 10$ см. Алтыбұрыштың центріндегі өрістің B магнит индукциясын табу керек.

3.182. Жіңішке сым сақинамен ток өтіп жатыр. Өткізгіштегі токтың мәнін өзгертпей, оған квадрат пішін берілді. Контурдың центріндегі өрістің магнит индукциясы неше η есе өзгерді?

3.183. Қабырғасы a - ға тең квадрат рамка жасап иілген жіңішке сым арқылы I ток өтеді. Квадрат төбелерінен оның қабырғасына тең арақашықтықта жатқан нүктедегі өрістің B магнит индукциясын анықтау керек.

3.184. Шексіз ұзын түзу сым тікбұрышпен иілген. Сым арқылы $I = 50$ А ток өтеді. Бұрыш биссектрисасында және бұрыш төбесінен $r = 100$ мм арақашықтықта жатқан нүктелердегі өрістің B магнит индукциясын табу керек.

3.185. $\alpha = 120^\circ$ бұрышпен иілген шексіз ұзын түзу өткізгіш арқылы $I = 50$ А ток өтеді. Бұрыш биссектрисасында және бұрыш төбесінен $r = 50$ мм арақашықтықта жатқан нүктелердегі өрістің B магнит индукциясын табу керек.

3.186. Теңқабырғалы үшбұрыш тәріздес контур арқылы $I = 40$ А ток өтеді. Үшбұрыштың қабырғасы $a = 30$ см. Биіктіктерінің қиылысу нүктесіндегі өрістің B магнит индукциясын табу керек.

3.187. Ұзындығы $l = 200$ мм орамада $N = 200$ орам бар. Орама орамдары арқылы $I = 5$ А ток өтеді. Орама диаметрі $d = 200$ мм. Орама центріндегі өрістің B магнит индукциясын табу керек.

3.188. Шексіз ұзын екі параллель сым арқылы бір бағытта ток өтеді, әрі $I_1 = 2I_2$. Олардың арақашықтығы a -ға тең. Магнит өрісінің индукциясы нөлге тең болатын нүктелердің орнын табу керек.

3.189. Екі шексіз ұзын параллель сымдармен қарама-қарсы бағытта ток өтеді, әрі $I_1 = 2I_2$. Олардың арақашықтығы a -ға тең. Магнит өрісінің индукциясы нөлге тең болғатын нүктелердің орнын табу керек.

3.190. Радиусы R шеңберге іштей сызылған түрі дұрыс n -бұрышты жіңішке сым арқылы I ток өтеді. Берілген контурдың центріндегі магнит өрісінің B индукциясын анықтау керек. Алынған өрнекті n шексіздікке ұмтылған жағдай үшін зерттеу қажет.

3.191. Вольфрамдағы біртекті магнит өрісінің кернеулігі $H = 100$ А/м екендігі белгілі. Вольфрамның магниттелуінен туған өрістің B индукциясын табу керек.

3.192. Кернеулігі $H = 100$ кА/м болатын біртекті магнит өрісіндегі марганецтің J магниттелгіштігін есептеу керек.

3.193. Кернеулігі $H = 100$ кА/м болатын біртекті магнит өрісіндегі марганецтің меншікті магниттелгіштікті есептеу керек.

3.194. Дөңгелек контурдан $I = 10$ А ток өтеді. Радиусы $R = 10$ см. Контур сұйық оттегіге батырылған. Контур центріндегі J магниттелгіштікті табу керек.

3.195. Егер платинаның магниттік қабылдағыштығы $\chi = 3,60 \cdot 10^{-4}$ болса, онда оның меншікті магниттік қабылдағыштығы $\chi_{\text{менш}}$ неге тең?

3.196. Кернеулігі $H = 100$ кА/м магнит өрісіндегі бір килоатом марганецтің I магниттелгіштігін есептеу керек.

3.197. Мыстағы магнит өрісінің кернеулігі $H = 1,0$ МА/м тең. Егер мыстың меншікті магниттік қабылдағыштығы $\chi_{\text{менш}} = 1,1 \cdot 10^{-9}$ м³/кг екені белгілі болса, онда оның J магниттелгіштігі қандай?

3.198. Хром оксидінің (Cr_2O_3) киломольдік қабылдағыштығы $5,8 \cdot 10^{-5}$ м³/кмоль-ға тең. Егер хром оксидінің температурасы $T = 300$ К болса, онда оның магниттік моменті p_m қандай болады?

3.199. Егер әрбір атомның магниттік моменті бір Бор магнетонына, ал атомдардың шоғыры $n = 6,0 \cdot 10^{28}$ м⁻³ –қа тең болса, онда дененің қанығу кезіндегі магниттелгіштігі $J_{\text{кан}}$ қандай болады?

3.200. Магнит өрісінің индукциясы $B = 1,0$ Тл болатын өрістегі магнетик атомындағы электрондық орбитаның ларморлық прецессиясының ω_L жиілігін анықтау керек.

3.201. Егер қандай да бір парамагниттік заттың магниттік қабылдағыштығы 0°C кезінде анықталған болса, онда осы заттың магниттік қабылдағыштығын 10 % -ға өсіру үшін, оның температурасын қалай өзгерту керек?

3.202. Магнит индукциясы $B = 0,1$ Тл және магнит индукциясының градиенті $0,50$ Тл/м магнит өрісінде орналасқан диамагнетик кесегінің әр бірлік көлеміне қандай күш әсер етеді? Диамагнетиктің магниттік қабылдағыштығы $\chi = 2,51 \cdot 10^{-4}$.

3.203. Эксперименттік зерттеу арқылы темірдің қанығу кезіндегі магниттелгіштігі $J_{\text{қан}} = 1,84 \text{ МА/м}$ тең екені анықталған. Темірдің бір атомына келетін Бор магнитондарының $\langle n \rangle$ орташа санын есептеу керек.

3.204. Темірдің толмаған 3d-қабықшасындағы бір атомына жұптаспаған 4 электроннан келеді. Темірдің қанығуы кезіндегі магниттелгіштігінің $J_{\text{мах}}$ теориялық мәнін табу керек.

3.205. Егер магнит өрісі магниттен тысқары жерде магнитке біркелкі оралған 200 орамнан тұратын орамдағы $I = 1,0 \text{ А}$ ток күшінде жойылатын болса, онда ұзындығы 20 см тұрақты магниттік материалдағы коэрцитивтік кернеулігі қандай болады?

3.206. Ұзындығы 150 мм цилиндр пішінді тұрақты магнитке 600 орам жіңішке сым оралған. Осы орамамен $I = 3,0 \text{ А}$ ток жібергенде магниттен тысқары жердегі өріс жоқ болып кетті. Магнит жасалған материалдың коэрцитивтік кернеулігін анықтау керек.

3.207. Болат шыбықта магниттік өрісі кернеулігінің $H = 1,6 \text{ кА/м}$ мәнінде магнит индукциясы $B = 1,26 \text{ Тл}$ болды. Шыбық материалының J магниттелгіштігін және χ магниттік қабылдағыштығын табу керек.

3.208. Ферромагниттік өзекше орамы 200 және ұзындығы 500 мм соленоидқа енгізілген. Орамдар арқылы $I = 1,2 \text{ А}$ ток өткен кезде өзекшедегі магнит индукциясы $B = 1,00 \text{ Тл}$ болды. Ферромагнетиктің магниттік өтімділігін табу керек.

3.209. Ұзын түзу сымның бір бөлігі радиусі $R = 126 \text{ мм}$ болатын жарты шеңбер түрінде иілген. Сымнан өтетін ток күшін $I = 4,00 \text{ А}$ деп алып, жарты шеңбер центріндегі магнит өрісінің индукциясын анықтау керек.

3.210. Қабырғалары $a = 30 \text{ см}$ және $b = 40 \text{ см}$ тік төртбұрыш түріндегі жіңішке сыммен $I = 6,00 \text{ А}$ ток өтеді. Фигураның симметрия центріндегі токтың магнит өрісінің индукциясын анықтау керек.

3.211. Екі ұзын параллель сымдардағы тоқтар бірдей $I = 15,0 \text{ А}$ және қарама – қарсы жаққа бағытталған. Сымдардың арақашықтығы $a = 30 \text{ см}$. Сымдардың симметрия жазықтығында жатқан нүктелер үшін магнит өрісі индукциясының ең үлкен мәнін табу керек.

3.212. Радиусы $R = 25 \text{ см}$ жұқа металл сақина индукциясы $B = 30 \text{ мкТл}$ біртекті магнит өрісінде орналасқан. B векторы жарты сақина жазықтығына перпендикуляр бағытталған. Егер жарты сақина арқылы $I = 100 \text{ А}$ ток өтсе, онда оған магнит өрісі қандай күшпен әсер етеді?

3.213. Радиусы бірдей R екі өткізгіш сақина бір – бірінен a арақашықтықтағы параллель жазықтықтарда орналасқан. Егер олармен бірдей бағытталған күштері $I_1 = I_2 = I$ тоқтар өтсе, онда олар қандай күшпен өзара әсерлеседі? Екі жағдайды қарастыру керек: 1) $a \ll R$; 2) $a \gg R$

3.214. Қимасы $S = 400 \text{ мм}^2$ және орта диаметрі $D = 300 \text{ мм}$ темір тороидтың ені $a = 2,0 \text{ мм}$ көлденең тілігі бар. Тороидтағы орамдар саны $N = 1800$. Орам арқылы күші $I = 1,00 \text{ А}$ ток жіберілгенде саңылаудағы магнит индукциясы $B = 0,65 \text{ Тл}$ болды. Темірдің магниттік өтімділігін анықтау керек.

3.215. Екі ұзын параллель сымдармен қарама – қарсы бағыттарда күштері $I_1 = I_2 = I = 10,0\text{A}$ токтар өтеді. Сымдардың арақашықтығы $a = 0,30\text{ м}$. Бірінші және екінші сымдардан тиісінше $a_1 = 0,15\text{ м}$ және $a_2 = 0,20\text{ м}$ арақашықтықтағы А нүктесіндегі магнит өрісінің индукциясы неге тең?

3.216. Беті $\tau = 10,0\text{ мКл/м}$ сызықтық тығыздықпен біркелкі оң зарядталған ұзын диэлектрик цилиндр өз осінің маңайында $n_0 = 1,00 \cdot 10^2\text{ айн/с}$ жиілікпен айналады. Магнит өрісінің цилиндр осінің ортасындағы және табандарының бірінің центріндегі магнит өрісінің индукциясын анықтау керек.

3.217. Радиусы тұтас шексіз цилиндр өткізгішпен тығыздығы j тоқ ағады. Өткізгіштің ішіндегі және сыртындағы магнит өрісін есептеу керек.

3.6. Электромагниттік индукция. Максвелл тендеулері

Фарадейдің электромагниттік индукция заңы:

$$\varepsilon = - d\Phi/dt. \quad (3.6.1)$$

Соленоид пен тороид жағдайында:

$$\Phi = N\Phi_1, \quad (3.6.2)$$

мұндағы N - орамдар саны, Φ_1 - әрбір орам арқылы өтетін магнит ағыны.

Соленоидтің индуктивтігі:

$$L = \mu\mu_0 n^2 V. \quad (3.6.3)$$

Токтың меншікті энергиясы және екі токтың өзара энергиясы:

$$W = \frac{LI^2}{2}, \quad W_{12} = L_{12}I_1I_2. \quad (3.6.4)$$

Магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығы:

$$w = \frac{B^2}{(2\mu\mu_0)}. \quad (3.6.5)$$

Ығысу тоғының тығыздығы:

$$\mathbf{j}_{\text{ығ}} = \partial \mathbf{D} / \partial t. \quad (3.6.6)$$

Дифференциалдық түрдегі Максвелл тендеуі:

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{E} &= - \partial \mathbf{B} / \partial t, & \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0, \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{j} + \partial \mathbf{D} / \partial t, & \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho, \end{aligned} \quad (3.6.7)$$

мұндағы $\nabla \times = \mathbf{rot}$ (ротор) және $\nabla \cdot = \mathbf{div}$ (дивергенция).

Электромагниттік энергия ағынының тығыздығы (Поинтинг – Умов векторы) және электромагниттік өріс энергиясының көлемдік тығыздығы:

$$\mathbf{\Pi} = [\mathbf{E}\mathbf{H}], \quad w = \mathbf{E}\mathbf{D}/2 + \mathbf{B}\mathbf{H}/2. \quad (3.6.8)$$

K санақ жүйесінен оған қатысты v_0 жылдамдықпен қозғалған K' санақ жүйесіне көшу кезінде өрістерді түрлендіру өрнектері.

$v_0 \ll c$ кезінде мынаны жазамыз:

$$\mathbf{E}' = \mathbf{E} + [\mathbf{v}_0 \mathbf{B}], \quad \mathbf{B}' = \mathbf{B} - [\mathbf{v}_0 \mathbf{E}]/c^2. \quad (3.6.9)$$

Жалпы жағдайда:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}' &\parallel \mathbf{E}, & \mathbf{B}' &\parallel \mathbf{B}, \\ \mathbf{E}'_{\perp} &= (\mathbf{E}_{\perp} + [\mathbf{v}_0 \mathbf{B}]) / [1 - (v_0/c^2)]^{1/2}, \\ \mathbf{B}'_{\perp} &= (\mathbf{B}_{\perp} - [\mathbf{v}_0 \mathbf{E}]) / [1 - (v_0/c^2)]^{1/2}, \end{aligned} \quad (3.6.10)$$

мұндағы \parallel және \perp таңбаларымен өрістің \mathbf{v}_0 векторына параллель және перпендикуляр құраушылары белгіленген.

Электромагниттік өрістің инварианттары:

$$\mathbf{E}\mathbf{B} = \text{inv}, \quad E^2 - c^2 B^2 = \text{inv}. \quad (3.6.11)$$

3.218. Қима диаметрі ұзындығынан әлдеқайда кіші, ұзындығы 100 см, индуктивтігі $L = 1,0$ мГн соленоид жасау үшін жіңішке неше метр сым керек?

3.219. Орамасы массасы m мыс сымнан жасалынған ұзындығы L соленоид индуктивтігін табу керек. Орама кедергісі R . Соленоид диаметрі оның ұзындығынан әлдеқ-айда кіші.

3.220. Индуктивтігі $L = 300$ мГн, кедергісі $R = 140$ мОм орама тұрақты кернеуге қосылған. Қанша уақыттан соң орама арқылы өтетін тоқ орныққан мәнінің 50%-ына жетеді?

3.221. Ұзын тұйық асқын өткізгіш соленоид арқылы $I_0 = 1,9$ А тоқ өтеді. Сосын ұзындығын 5 %-ға созып арттырған соң соленоидтағы тоқ қандай болады?

3.222. Радиусы a жіңішке сақина арқылы I тоқ өтеді. Сақина жазықтығында оның центрінен r ($r \gg a$) арақашықтықта жатқан нүктедегі магнит өрісінің индукциясын табу керек.

3.223. Қимасы дөңгелек, магниттік өтімділігі μ түзу ұзын өткізгішпен I тоқ ағады. Сым ішіндегі бірлік ұзындыққа келетін магнит өрісінің энергиясын табу керек.

3.224. Бейферромагниттік торға $N = 500$ орам сым оралған. $I = 2,0$ А тоқ кезінде тордың көлденең қимасы арқылы $\Phi = 1,0$ мВб магнит ағыны өтеді. Магнит өрісінің энергиясын табу керек.

3.225. Вакуумдағы электр өрісінің қандай кернеулігінде бұл өрістің энергия тығыздығы индукциясы $B = 1,0$ Тл магнит өрісінікіндей болады?

3.226. Индуктивтіктері L_1 және L_2 , ұзындықтары бірдей және қимасын бірдей деуге болатын екі соленоид бірінің ішіне бірі салынған. Олардың өзара индуктивтігін табу керек.

3.227. Максвелл теңдеулері: $\nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t$, және $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$, бір біріне қарама-қайшы келмейтіндігін көрсету керек.

3.228. Бейрелятивистік нүктелік заряд q тұрақты \mathbf{v} жылдамдықпен қозғалады. Өрістерді түрлендіру өрнектерінің көмегімен осы зарядқа қатысты орны \mathbf{r} радиус-вектормен анықталатын нүктедегі осы зарядтың магнит өрісінің \mathbf{B} индукциясын табу керек.

3.229. Түрлендіру формулаларын пайдаланып $\mathbf{E}\mathbf{B}$ және $E^2 - c^2 B^2$ шамаларының инварианттылығын дәлелдеу керек.

3.230. Нүктелік q заряд жарық жылдамдығының β бөлігін ($\beta = v/c$) құрайтын релятивистік жылдамдықпен бірқалыпты және түзу сызықты қозғалады. Осы зарядтың оған қатысты радиус-векторы \mathbf{r} оның жылдамдығымен θ бұрыш жасайтын нүктедегі электр өрісінің \mathbf{E} кернеулігін табу керек.

3.231. Индукциясы B болатын біртекті магнит өрісінде оның индукция сызықтарына перпендикуляр ұзындығы l шыбық ω бұрыштық жылдамдықпен шыбық айналады. Шыбықтың екі ұшының арасында индуцирленген U кернеуді анықтау керек.

3.232. Ұшақтың жылдамдығы $v = 950$ км/сағ. Егер ұшақ қанаттарының құлашы $l = 12,5$ м, ал Жердің магнит өрісі кернеулігінің тік құраушысы $H = 40$ А/м болса, онда қанаттарының ұштары арасындағы индуцирленген \mathcal{E} электр қозғаушы күші неге тең?

3.233. Индукциясы $B = 0,1$ Тл біртекті магнит өрісінде сымының орамы 1000 рамка $n = 10$ с⁻¹ жиілікпен бірқалыпты айналады. Рамка өсі магнит өрісінің бағытына перпендикуляр. Рамка ауданы $S = 150$ см². Рамканың $\alpha = 30^\circ$ бұрышқа бұрылуына сәйкес индукция ЭҚК-нің лездік мәнін табу керек.

3.234. Радиусы $R = 10$ см сым сақина үстел үстінде жат-ыр. Егер сақинаны бір жағынан екінші жағына бұрса, сақинадан қандай электр заряды өтеді? Сақина кедергісі $R = 1$ Ом. Жердің магнит өрісінің тік құраушысын 50 мкТл деп алу керек.

3.235. Индуктивтілігі $L = 0,1$ мГн болатын орамадағы ток күшін реостат көмегімен секундына 0,1 А-ге бірқалыпты арттырады. Орамада пайда болған өзіндік индукция ЭҚК-нің орта мәнін табу керек.

3.236. Орамада $N = 400$ орам бар. Оның ұзындығы $l = 20$ см, диаметрі $d = 30$ мм. Орама арқылы $I = 2$ А ток өтеді. Табу керек: а) ораманың L индуктивтілігі, б) оның қима ауданын тесіп өтетін Φ магнит ағыны.

3.237. Көлденең қимасының ауданы $S = 2,5$ см² болатын ұзын соленоид орамдарының саны $N = 2400$. Орамдар арқылы $I = 2$ А ток өтеді. Соленоидтың центріндегі магнит өрісінің индукциясы $B = 20$ мТл. Соленоидтың индуктивтілігін табу керек.

3.238. Егер соленоидта өтіп жатқан ток секундына 50 А-ге өзгерсе, онда соленоидтың ұштарында $E_c = 80$ мВ болатын өзіндік индукция ЭҚК-і пайда болады. Осындай соленоидтың индуктивтілігін анықтау керек.

3.239. Темір өзекшелі соленоидтың көлденең қимасының ауданы $S = 20$ см², және орам саны $N = 500$. Өзекшелі соленоидтың орамасындағы ток $I = 5$ А болғанда индуктивтілік 0,28 Гн-ге тең. Осы жағдайдағы темір өзекшенің μ магниттік өтімділігін анықтау керек.

3.240. Кедергісі $R = 10$ Ом, индуктивтілігі $L = 58$ мГн болатын орамаға тұрақты кернеу беріледі. Қанша уақыттан кейін орамадағы ток I орныққан мәнінің жартысына тең болады?

3.241. Ораманың кедергісі $R = 10$ Ом, индуктивтілігі $L = 144$ мГн. Тұрақты кернеуге қосқанда қанша уақыттан кейін орама арқылы өтетін ток орныққан мәнінің жартысына тең болады?

3.242. Катушканың индуктивтілігі $L = 0,2$ Гн, кедергісі $R = 1,64$ Ом. Тұрақты ЭҚК-нің көзі ажыратылғаннан кейін $\tau = 50$ с уақыт өткенде катушкадағы ток неше есе кемитінін табу керек. Орама қысқа тұйықталған.

3.243. Соленоидтың орамасы бір-біріне тығыз орналасқан өткізгіш орамдарының бір қабатынан тұрады. Өткізгіштің меншікті кедергісі ρ , ал диаметрі d . Соленоидтың диаметрі D . Соленоид арқылы I_0 ток өтеді. Орама ұштарын қысқа тұйықтағанда, оның бойымен өтетін электр зарядын q анықтау керек.

3.244. Бойымен $I = 5$ А ток өтетін, радиусы $R = 20$ мм, ұзындығы $l = 50$ см болатын картоннан жасалған каркасқа біркелкі оралған орам саны $N = 500$ соленоидтың магнит өрісінің энергиясын анықтау керек.

3.245. Ұзындығы l , көлденең қимасының ауданы S беймагниттік шыбыққа әрбір метріне n орамнан келетіндей етіп бір қабат өткізгіш оралған. Орамалары арқылы I ток өтетін соленоидтың ішіндегі магнит өрісінің энергиясын (W) анықтау керек.

3.246. Беймагниттік өзекшелі тороид орамасы ұзындығының әрбір сантиметріне 10 орам сәйкес келеді. Орамадағы магнит өрісінің тығыздығы $w = 1,00$ Дж/м³ болатын I токты анықтау керек.

3.247. Беймагниттік өзекшелі тороид орамасы ұзындығының әр сантиметріне 10 орамнан сәйкес келеді. Орамадағы ток $I = 16$ А болғанда, магнит өрісі энергиясының тығыздығы қаншаға тең болады?

3.248. Энергия тығыздығы индукциясы $B = 0,5$ Тл магнит өрісінің энергия тығыздығына тең біртекті электр өрісінің E кернеулігін анықтау керек.

3.249. Радиусы $R = 10$ см біркелкі зарядталған жіңішке сақина өз осінің маңайында $\omega = 100$ рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналады. Сақина центрінен $r = 10$ см ара-қашықтықтағы, сақина өсінің бойындағы нүктеде магнит өрісі мен электр өрісі энергияларының тығыздықтырының w_k/w_e қатынасы қандай?

3.250. Қанша уақыттан кейін орамасы және резисторы бар тізбектегі ток күші 0,9 орныққан ток күшіне тең болады?

3.251. Автомобиль магниттік меридиан жазықтығына перпендикуляр бағытта 72 км/сағ жылдамдықпен қозғалып келеді. Мәшинеге орнатылған, тік орналасқан ұзындығы $l = 50$ см антеннада автомобильдің Жердің магнит өрісінде қозғалу салдарынан пайда болған индукция э.к.к – ін анықтау керек. Жердің магнит өрісі индукциясының горизонталь құраушысы $-0,05$ мТл.

3.252. Қабырғалары $a = 15$ см және $l = 30$ см, орам саны $N = 100$ жазық тік бұрышты орама индукциясы $B = 20$ мТл магнит өрісінде тік бұрыштың орта сызығының бірінің маңайында $n = 40$ айн/с жиілікпен айналады. Айналу осін өріс бағытына перпендикуляр деп алып, орамадағы индукция э.к.к – нің ең үлкен мәнін анықтау керек.

3.253. Ұзындығы $l = 400$ мм металл шыбық индукциясы $B = 10,0$ мТл біртекті магнит өрісінде өріс бағытына перпендикуляр жазықтықта ортасы арқылы өтетін өс саңайында $n = 50$ айн/с жиілікпен айналады. Шыбық ұштарының бірі мен оның ортасы арасында пайда болған U потенциалдар айырымын анықтау керек. Шыбық ұштарының арасындағы потенциалдар айырымы U^1 неге тең?

3.254. Ұзындығы $l = 25,0$ см және диаметрі $D = 20$ мм картоннан жасалған цилиндр каркасқа диаметрі $d = 0,20$ мм сымның екі қабаты оралған. Орамдар изоляциясының жұқалығы сондай, орамдар бір – біріне тығыз жанасып тұрады деуге болады. Осы ораманың индуктивтілігін анықтау керек.

3.255. Мыс сымнан жасалынған орама тұрақты кернеу көзіне қосылған. Қандай τ уақыттан соң орамадағы тоқ күші өзінің $\alpha = 0,9$ орныққан мәніне жетеді. Қажетті мәліметтерді алдыңғы есептен алыңыз.

3.256. Қимасы $S = 100$ мм² және орта диаметрі $D = 150$ мм темір тороидтың $N_1 = 500$ және $N_2 = 40$ орамы бар. Бірінші орам арқылы күші $I = 0,30$ А тұрақты тоқ жіберіледі. Екінші орам баллистикалық гальванометр тізбегіне қосылған. Егер бірінші орамдағы тоқтың бағытын өзгертсе, онда гальванометр арқылы $q = 120$ мкКл заряд өтеді. Екінші орам мен гальванометрдің жалпы кедергісін ($R = 50$ Ом) біле отырып темірдің магниттік өтімділігін анықтау керек.

3.257. Қимасы $S = 400$ мм² және орта диаметрі $D = 300$ мм темір тороидтың ені $a = 2,0$ мм көлденең тілігі бар. Тороидтағы орамдар саны $N = 1800$. Орама арқылы күші $I = 1,00$ А тоқ жіберілгенде саңылаудағы магнит индукциясы $B = 0,65$ Тл болды. Темірдің магниттік өтімділігін анықтау керек.

3.258. Қима ауданы $S = 5,0$ см², өзекшесі беймагниттік, орам саны $N = 1200$ ұзын соленоидпен $I = 2,00$ А тоқ өтеді. Соленоид центріндегі магнит индукциясы $B = 10,0$ мТл. Оның индуктивтілігін анықтау керек.

3.259. Темір өзекшесі беймагниттік тороид орамасымен күші $0,60$ А тоқ өтеді. Изоляциясы аса жұқа, диаметрі $d = 0,40$ мм сым орамдары бір – біріне тығыз орналасқан, қима ауданы $S = 4,0$ см², ал орта сызығының диаметрі $D = 30,0$ см тороидтың берілген жағдайлардағы индуктивтілігін және өзекшедегі магнит өрісінің энергиясын анықтау керек.

3.260. Индуктивтілігі $L = 0,1$ Гн және кедергісі $R = 0,02$ Ом соленоид э.к.к-і $\varepsilon = 2$ В тоқ көзімен (ішкі кедергісі өте аз) тұйықталады. Тұйықталғаннан кейінгі алғашқы 5 с – тан соң соленоид арқылы қанша электр мөлшері өтеді?

3.7. Зарядталған бөлшектің электр және магнит өрістеріндегі қозғалысы

Лоренц күші:

$$\mathbf{F} = q \mathbf{E} + q [\mathbf{v} \mathbf{B}]. \quad (3.7.1)$$

Релятивистік бөлшектің қозғалыс теңдеуі:

$$d/dt \{ m_0 \mathbf{v} / [1 - (v/c)^2]^{1/2} \} = \mathbf{F}. \quad (3.7.2)$$

Зарядталған бөлшектің біртекті магнит өрісінде айналу периоды:

$$T = \frac{2\pi m}{qB}, \quad (3.7.3)$$

мұндағы $m = m_0 / [1 - (v/c)^2]^{1/2}$.

Бетатрондық шарт – электронның бетатронда дөңгелек орбитамен қозғалу шарты:

$$B_0 = \frac{\langle B \rangle}{2}. \quad (3.7.4)$$

Мұндағы B_0 - магнит өрісінің орбитадағы индукциясы, $\langle B \rangle$ - индукцияның орбита ішіндегі орта мәні.

3.261. Электрон кернеулігі $E = 10$ кВ/см біртекті электр өрісінде қозғала бастайды. Қозғалыс басталғаннан қанша уақыт өткен соң электронның кинетикалық энергиясы оның тыныштық энергиясына тең болады?

3.262. Зарядталған бөлшек радиусы $r = 100$ мм шеңбер бойлай индукциясы $B = 10,0$ мТл біртекті магнит өрісінде қозғалады. Бөлшектің жылдамдығы мен айналу периоды бейрелятивистік протон және релятивистік электрон үшін табу керек.

3.263. Кинетикалық энергияның қандай мәндері үшін электронның және протонның біртекті магнит өрісіндегі айналу периоды олардың бейрелятивистік жылдамдықтар кезіндегі айналу периодынан 1,0 %-ға артық болады?

3.264. $U = 1,0$ кВ потенциалдар айырымымен үдетілген электрон индукция модулі $B = 29$ мТл біртекті магнит өрісінде \mathbf{B} векторымен 30° бұрыш жасап қозғалады. Электронның бұранда траекториясының қадамын табу керек.

3.265. Циклотрон генераторының жиілігі 10 МГц. Протондардың радиусы $r = 0,5$ м көршіліс траектория-ларының арақашықтығы 1,0 см-ден аспайтын жағдайда дуанттарға берілген тиімді үдетуші кернеу қандай болады?

3.266. Бетатронда радиусы $r = 20$ см тепе-теңдік орбита-дағы магнит өрісінің индукциясы 1,0 мс уақыт ішінде іс жүзінде тұрақты жылдамдықпен нөлден $B = 0,40$ Тл-ға дейін өзгереді. Әрбір айналымда электрон қандай энергия алады?

3.267. Бетатронда үдетілген электрондар орбитасының ауданы бойынша өрістің магнит индукциясының орташа өзгеру жылдамдығы 50 Тл/с. Орбита радиусы 40 см. Осы үдеген электронға әсер ететін F күшті табу керек.

3.268. Бетатрондағы электрон радиусы $R = 40$ см болатын орбита бойымен қозғала отырып, бір айналымда $W_k = 20$ эВ кинетикалық энергия алады. Магнит индукция мәнінің орбита ауданы бойынша орташа dB/dt өзгеру жылдамдығын табу керек. Оны тұрақты деп алу керек.

3.269. Бетатронмен үдетілетін электрон орбитасының радиусы $R = 300$ мм. Өрістің магнит индукциясының орбита ауданы бойынша орташа мәні уақыт

бойынша сызықтық заңмен бойынша өзгеріп, 0-ден 200 мТл-ға дейін артады. Осы уақыты ішінде электрон қандай v жылдамдыққа ие болды?

3.270. Бетатрондағы радиусы $R = 25$ см тепе-теңдік орбита ішіндегі магнит ағыны үдеу уақыты ішінде іс жүзінде $5,0$ Вб/с тұрақты жылдамдықпен өседі. Үдеу уақыты ішінде электрон $W_k = 25$ МэВ кинетикалық энергия алады. Осы үдеу уақыты ішіндегі электрон жасаған N айналым санын табу керек.

3.271. Бетатронда радиусы $R = 20$ см тепе-тең орбитадағы өрістің магнит индукциясы $\tau = 1$ мс уақыт ішінде 0-ден $0,40$ Тл-ға дейін тұрақты жылдамдықпен өзгереді. Әр айналым сайын электрон қандай W_k кинетикалық энергия алады?

3.272. Ұзын түзу соленоидтың бірлік ұзындығында n_0 орам бар. Оның бойымен $I = I_0 \sin \omega t$ айнымалы ток өтеді. Соленоид радиусы R . Ығысу тоғының $j_{\text{ығ}}$ тығыздығын соленоид осінен r ара қашықтықтың функциясы ретінде табу керек.

3.273. q нүктелік заряд $v = \text{const}$ бейрелятивистік жылдамдықпен қозғалады. Зарядтан r арақашықтығы мына түзуде орналасқан нүктедегі токтың j тығыздығын табу керек: а) заряд траекториясымен сәйкес келетін; б) траекторияға перпендикуляр және заряд арқылы өтетін.

3.274. q нүктелік заряд бейрелятивистік тұрақты $v = \text{const}$ жылдамдықпен қозғалады. Өрісті түрлендіру өрнектерінің көмегімен зарядқа қатысты орны r радиус-векторымен анықталатын нүктедегі сол зарядтың магнит өрісінің индукциясын табу керек.

3.275. Пластиналарының ұзындығы $l = 5,00$ см конденсаторға электрондар шоғы ұшып келіп енеді. Конденсатордың электр өрісінің кернеулігі $E = 40$ кВ/м. Осы өріс арқылы өткен шоқ алғашқы бағытынан $\alpha = 22^\circ$ - қа ауыт-қыды. Электрондардың кинетикалық энергиясы қандай?

3.276. $U = 2,0$ кВ үдетуші потенциалдар айырымы арқылы өткен электрон индукциясы $B = 1,6$ мТл біртекті магнит өрісіне перпендикуляр бағытта келіп енеді. Электрон қозғалатын шеңбердің r радиусын және оның L импульс моментін анықтау керек.

3.277. Электрондық-сәулелік түтіктегі электрондар $U = 15$ кВ үдетуші потенциалдар айырымы арқылы өтіп, сосын анодтан экранға қарайғы бағытта қозғалып экран центрінде жарық дақ туғызады. Түтік өсіне перпендикуляр бағытта индукциясы $B = 0,45$ мТл магнит өрісін туғызса, экрандағы дақ $a = 50$ мм - ге ығысады. Экранның анодтан арақашықтығын $l = 300$ мм деп алып, электронның e/m меншікті зарядын анықтау керек.

3.278. Электрон индукциясы $B = 0,63$ мТл біртекті магнит өрісінде жылдамдық пен индукция векторларының арасындағы бұрыш өте аз болатындай $v = 9,0 \cdot 10^6$ м/с жылдамдықпен қозғалады. Бойымен электрон қозғалатын бұранда сызығының h қадамын анықтау керек.

3.279. $U = 1,5$ МВ үдетуші потенциалдар айырымын жүріп өткен зарядталған бөлшектің жылдамдығы мен импульсін анықтау керек. Зарядталған бөлшек: а) протон; б) электрон.

3.280. Жылдамдығы $v_0 = 1,00 \cdot 10^7$ м/с электрон ұзындықтары $l = 5,0$ см жазық горизонталь конденсатор пластиналарына параллель ұшып келіп енеді. Конденсатордың электр өрісінің кернеулігі $E = 10,0$ кВ/м. Одан ұшып шығар кезде электрон v_0 векторымен бағыттас біртекті магнит өрісіне келіп өеді. Бұл өрістің магнит индукциясы $B = 15$ мТл. Электронның магнит өрісіндегі траекториясын анықтау керек.

3.281. Электрон $0,90$ с жылдамдық алу үшін қандай потенциалдар айырымымен үдетілуі тиіс .

3.282. Электрон индукциясы $B = 5,0 \cdot 10^{-2}$ Тл біртекті магнит өрісінде радиусы $r = 4,0 \cdot 10^{-2}$ м шеңбер бойымен қозғалады. Электронның кинетикалық энергиясын анықтау керек.

3.283. Электрон біртекті магнит өрісінде $v = 0,8$ с жыл-дамдықпен шеңбер бойлай қозғалады. Өрістің индукциясы $B = 0,01$ Тл. Шеңбердің радиусын мына жағдайлар үшін табу керек: 1) электрон релятивистік бөлшек; 2) электрон бейрелятивистік бөлшек.

3.284. Электронның кинетикалық энергиясы $T = 0,8$ МэВ. Электронның импульсін анықтау керек.

3.285. Электрон біртекті магнит өрісінде радиусы $r = 2$ см шеңбер бойымен қозғалады. Өрістің индукциясы $B = 0,1$ Тл. Электронның кинетикалық энергиясын анықтау керек.

3.286 Вильсон камерасына ұшып кірген электрон радиусы $r = 10$ см шеңбердің доғасы түрінде із қалдырады. Камера индукциясы $B = 10$ Тл біртекті магнит өрісінде орналасқан. Электронның кинетикалық энергиясын анықтау керек.

3.287. α -бөлшектің кинетикалық энергиясы $T = 500$ МэВ. Бөлшек біртекті магнит өрісінде радиусы $r = 80$ см шеңбер бойымен қозғалады. Өрістің индукциясын анықтау керек.

3.288. Кинетикалық энергиясы $T = 1,5$ МэВ электрон біртекті магнит өрісінде шеңбер бойлай қозғалады. Өрістің индукциясы $B = 0,02$ Тл. Айналу периодын анықтау керек.

Жауаптар

1.1. 120° . **1.2.** 22 м. **1.3.** а) 50 см/с; б) 32 см/с; в) 10 см/с². **1.4.** а) $\mathbf{v} = \mathbf{b} (1 - 2\alpha t)$, $\mathbf{a} = -2\alpha \mathbf{b} = \text{const}$; б) $\Delta t = 1/\alpha$, $s = b/2\alpha$. **1.5.** а) $y = (\beta/\alpha^2)x^2$; б) $v = \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2 t^2}$; $a = 2\beta$; в) $\text{tg} \varphi = \alpha/2\beta t$. **1.6.** а) $\mathbf{r} = \mathbf{v}_0 t + \mathbf{g}t^2/2$; б) $\langle \mathbf{v} \rangle = \mathbf{v}_0 + \mathbf{g}t/2$, $\langle \mathbf{v} \rangle = \mathbf{v}_0 - \mathbf{g}(\mathbf{v}_0 \mathbf{g}) / g^2$. **1.7.** 0,8 м/с². **1.8.** $\text{tg} \varphi = 2s/R$. **1.9.** $\Delta t = 1/B$; $s = A/(2B)$. **1.10.** $\mathbf{r} = A t \mathbf{i} + ABt^2 \mathbf{j} / 2$; $y = \frac{B}{2A} x^2$. **1.11.** $a = \frac{v_1}{t_1 t_2} = 0,3 \text{ м/с}^2$; $v_0 = \frac{l(t_1 + t_2)}{t_1 t_2} = 1,8 \text{ м/с}$. **1.12.** $l = v_0 \tau \sqrt{2} = 31,8 \text{ м}$. **1.13.** $a = a_\tau \sqrt{1 + (\frac{a_\tau \tau}{R})^2} = 9,01 \text{ м/с}^2$. **1.14.** $v = \sqrt{a_n R} = 4 \text{ м/с}$; $a_\tau = a_n (1 - \cos^2 \varphi)^{1/2} / \cos \varphi = 5,54 \text{ м/с}^2$. **1.15.** а) $s = \frac{\sqrt{AR}}{2} \tau^2$; б) $a_\tau = \sqrt{AR} = 2,83 \text{ м/с}^2$; $a = \sqrt{A(At^4 + R)} = 62,6 \text{ м/с}^2$. **1.16.** 30 м/с; - 2 м/с²; 4125 м. **1.17.** Нұсқау: бірқалыпты үдемелі қозғалыс өрнектерін пайдалану. **1.18.** $1,6 \cdot 10^5 \text{ м/с}^2$. **1.19.** 3,0 км/сағ. **1.20.** $s = 2 v_0 t$. **1.21.** Нұсқау: бірқалыпты үдемелі қозғалыс өрнектерін пайдалану. **1.22.** $s = v_0^2 \sin 2\alpha / g - l$. **1.23.** 26^0 ; 4,4 м/с²; 8,8 м/с². **1.24.** $v' = 2\mathbf{u} - \mathbf{v}$. **1.25.** $S_{\min} = l |v_2 - v_1| / [2(v_1^2 + v_2^2)]^{1/2}$. **1.26.** -10 м/с. **1.27.** 17 м/с; 9,5 м/с²; 2,6 м/с². **1.28.** 3,0 м/с. **1.29.** $\mathbf{v} = 5\alpha \cos(5t) \mathbf{i} - 5\beta \sin(10t) \mathbf{j}$; $\mathbf{a} = -25\alpha \sin(5t) \mathbf{i} - 50\beta \cos(10t) \mathbf{j}$; $y = 3 - \frac{3}{4} x^2$. **1.30.** $\mathbf{r}(t) = \alpha (t^4/2 - \beta t) \mathbf{i} + 3\gamma/(2\pi) [\cos(2\pi/3) - 1] \mathbf{j}$. **1.31.** $\mathbf{r}(t) = \alpha t^4/12 \mathbf{i} - \beta t^2/2 \mathbf{j}$; 1,52 м. **1.32.** 230 м; 7 с. **1.33.** - 0,055 м/с²; 566 м. **1.34.** 30 с; 225 м. **1.35.** 4,4 м/с. **1.36.** 5,4 м/с²; 8,2 м/с². **1.37.** 5,9 м. **1.38.** 6,3 м. **1.39.** 9,4 м. $54^0 44'$. **1.40.** 0,7 м/с². **1.41.** $\langle \omega \rangle = 4 \text{ рад/с}$, $\langle \beta \rangle = 6 \text{ рад/с}^2$. **1.42.** 19° . **1.43.** $\omega = 2h/(R\tau) = 2 \text{ рад/с}$; $\beta = 2h/(Rt^2) = 0,1 \text{ рад/с}^2$. **1.44.** а) $\omega = At \sqrt{1 + \frac{B^2}{A^2} t^2} = 8 \text{ рад/с}$; $\beta = A \sqrt{1 + (\frac{2B}{A} t)^2} = 1,3 \text{ рад/с}^2$; б) $\varphi = \arccos \frac{A^2 t + 2B^2 t^3}{\omega \beta} = 17^\circ$. **1.45.** 1,6 м/с²; 14^0 . **1.46.** $(17/60)^0$. **1.47.** 2,05 рад/с; 0,5 рад/с²; 83^0 . **1.48.** 8,33 см. **1.49.** 3,2 рад/с². **1.50.** 0,1 м/с². **1.51.** 4,50 м/с² 0,06 м/с². **1.52.** 4 м/с; 2 м/с²; 2м/с²; 2,83 м/с². **1.53.** 0,43 рад/с². **1.54.** 6,1 м. **1.55.** 0,3 м/с². **1.56.** 1,9 с. **1.57.** $\mathbf{F} = -m\omega^2 \mathbf{r}$; $F = -m\omega^2 \sqrt{x^2 + y^2}$. **1.58.** 10 кг. **1.59.** 0,16. **1.60.** $\Delta p = mgt$, $|\Delta p| = -2m(\mathbf{v}_0 \mathbf{g})/g$. **1.61.** $s = (\omega t - \sin \omega t) F_0 / m\omega^2$. **1.62.** а) $v = v_0 \exp(-t r/m)$; б) $v = v_0 - sr/m$; $s_{\text{mol}} = mv_0/r$. **1.63.** $t = h(v_0 - v)/v_0 v \ln(v_0/v)$. **1.64.** 2,1; 0,7 және 1,5 кН. **1.65.** 53° . **1.66.** 5,9 м/с². **1.67.** 24 см шығысқа қарай ауытқиды. **1.68.** 3. **1.69.** $F = m(A^2 + 4B^2 t^2)^{1/2}$. **1.70.** $\Delta P = 2ma = 14,7 \text{ Н}$. **1.71.** а) 12,6 кН; б) 1,9 м/с². **1.72.** $\alpha = \arctg(a/g) = 11,5^\circ$; $T = ma/\sin \alpha = 2 \text{ Н}$. **1.73.** $\Delta t = 0,6 \text{ с}$. **1.74.** а) $v = 8,35 \text{ м/с}$; б) $h = 4,35 \text{ м}$; в) $t = 3,8 \text{ с}$. **1.75.** $P = 10,7 \text{ Н}$. **1.76.** 0,5 кг. **1.77.** $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9g}{l}} = 2,1 \text{ с}^{-1}$. **1.78.** а) $v_{\text{max}} = 17,7 \text{ м/с}$; б) $\alpha = 21^\circ 48'$. **1.79.** $\alpha \approx 5^\circ 12'$. **1.80.** $T = 1,32 \text{ с}$. **1.81.** $\langle F \rangle = 588 \text{ кН}$. **1.82.** $F\Delta t = 0,42 \text{ Н} \cdot \text{с}$. **1.83.** $\langle F \rangle = 110 \text{ Н}$. **1.84.** $F\Delta t = 5,6 \cdot 10^{-23} \text{ Н} \cdot \text{с}$. **1.85.** а) 980 Н; б) 3,38 кН. **1.86.** а) 35,3 Н; б) 11,8 Н. **1.87.** $k = k_1 k_2 / (k_1 + k_2)$. **1.88.** Нұсқау: параллель және антипараллель күштерді қосу ережелері. **1.89.** Нұсқау: алдыңғы есептегі ережелер. **1.90.** Нұсқау:

алдыңғы есептердегі ережелер. **1.91.** $k = k_1 + k_2$. **1.92.** $8,4 \cdot 10^7$ Па. **1.93.** $g \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) \leq a \leq g \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$, мұндағы $\varphi = \operatorname{arctg} \mu$. **1.94.** Дискі центрінен 8 см – ден аз арақашықтыққа.

1.95. 0,1. **1.96.** 98 м; 57^0 . **1.97.** 11 м/с. **1.98.** $v = (gR \operatorname{ctg} \alpha)^{1/2}$. **1.99.** $0,41 \text{ с}^{-1}$.

1.100. 17 м/с. **1.101.** $v_1 = [m'(v+u) + m v] / (m + m')$; $v_2 = v$; $v_1 = [m'(v-u) + m v] / (m + m')$. **1.102.** 4,2 м; 8 м/с. **1.103.** 12 Н. **1.104.** $h = M v^2 / 2$ (M + m) g. **1.105.** $4,9 \text{ м/с}^2$; 9,8 Н. **1.106.** 6 Н. **1.107.** 21 Н; 17^0 . **1.108.** 45^0 ; 0,63 кН. **1.109.** Тіктеуіш көлбеу жазықтыққа нормаль бойымен орналасады.

1.110. Теңдеуі $y = \omega^2 x^2 / 2g + C$, мұндағы x – сұйық бетінде жатқан кішкене бөлшектің айналу өсінен арақашықтығы. **1.111.** $F_{\text{ин}} = -m a_0$, $a_0 = g$. **1.112.** $F_{\text{ит}} = m \omega^2 r$. **1.113.** $\omega = \sqrt{\gamma M / R^3}$, мұндағы γ – гравитациялық тұрақты. **1.114.** $\Delta F = +4mv\omega$, мұндағы ω – Жердің бұрыштық жылдамдығы. **1.115.** $F = 2mv\omega \sin \varphi = 6,3 \cdot 10^3$ Н, мұндағы ω – Жердің өз өсінен айналуының бұрыштық жылдамдығы. **1.116.** $F = m\omega(\omega R \cos \varphi \pm 2v) \sin \varphi$; $F_+ = 41$ кН, $F_- = 31$ кН, мұнда оң таңба батыстан шығысқа, ал теріс таңба – керісінше бағытқа сәйкес келеді, R – Жер радиусы.

1.117. $a_c = g(m_1 - m_2)^2 / (m_1 + m_2)^2$. **1.118.** 3,5 кг·м/с. **1.119.** $A = m\alpha^4 t^2 / 8$. **1.120.** $F = \alpha \sqrt{1 + (2s/R)^2}$. **1.121.** $P = Mgu / 2$. **1.122.** $A_{\text{min}} = \kappa(\Delta l)^2 / 2$, мұндағы $k = k_1 k_2 / (k_1 + k_2)$. **1.123.** 2 м. **1.124.** 2,4 Н. **1.125.** 40 г. **1.126.** $\Delta K = -\mu(v_1 - v_2)^2 / 2$, мұндағы $m = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$. **1.127.** $m_2 = 3m_1$. **1.128.** $A = SgH^2 \frac{(\rho_B - \rho_L)^2}{2\rho_B}$.

1.129. $A = \frac{9}{32} \mu g m l = 0,17$ Дж. **1.130.** $A = 4,23$ МДж. **1.131.** $A = \mu \frac{mg}{2l} (l - l_0)^2 = 1,29$ Дж. **1.132.** $A = \frac{3}{8} Fl$. **1.133.** $\langle N \rangle = 0$, $N(t) = mg(gt - v_0 \sin \alpha)$.

1.134. $A = 2Dm(C + Dt)t$; **1.135.** $N_1 = 0,32$ Вт; $N_2 = 56$ Вт. **1.136.** $A = -17$ Дж. **1.137.** $A = 3mg / (4a)$. **1.138.** $h = 1,56$ м; $v = 2,34$ м/с. **1.139.** $s = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$;

$A = -\frac{\mu m v_0^2}{2(\mu + \operatorname{tg} \alpha)}$. **1.140.** $\varepsilon = 2/13$. **1.141.** $n = \frac{m_1 / (m_2 + 1)}{m_1 / (m_2 - 1)} = 5/3$. **1.142.** $\frac{W_2^k}{W_1^k} = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}$.

1.143. $p_1' = p_1 \sqrt{1 - \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} \cos^2 \theta}$; $p_2' = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} p_1 \cos \theta$. **1.144.** 0,14 МэВ. **1.145.** Нұсқау: импульстің сақталу заңын пайдалану. **1.146.** Нұсқау: туындыны пайдалану. **1.147.** $\Delta E = -m v_0^2 [v_1^2 - v_2^2 - (v_1 - v_2)^2 m / M] / 2$. **1.148.** $S = l + S' = (v^2 + \mu g l) / (2\mu g)$. **1.149.** 8 см. **1.150.** 1,2 . **1.151.** 38 Дж; 0,95. **1.152.** $v = \sqrt{3gl}$. **1.153.** 17/5 м/с. **1.154.** $A_1 / A_2 = 9/8$, яғни $A_1 > A_2$. **1.155.** 5l. **1.156.** $10^{-4} g$. **1.157.** $\tau \approx (S/s) \sqrt{2h/g}$. **1.158.** $v = v_0(1 - r^2 / R^2)$. **1.159.** $p = 2,5 \cdot 10^5$ Па.

1.160. 3,8 м / с. **1.161.** $2,7 \cdot 10^2$ кВт. **1.162.** $r = r_0 / (1 + 2gh / v_0^2)^{1/4}$. **1.163.** 0,50 Н. **1.164.** 0,20 с. **1.165.** 0,2 м / с; 15 с. **1.166.** 64 тәулік. **1.167.** Нұсқау: заттың жұқа сфералық қабатын қарастыру; сфера ішінен қандай да бір А нүктесін алу; төбелері осы А нүктесі болатын, ал жасаушылары бір түзуде жататын екі конустың сфера бетінен қиятын элементар аудандарының қатынысын табу. **1.168.** 32 км; 2640 км. **1.169.** 1,8 сағ. **1.170.** $h = R(gR/v^2 - 1)$. **1.171.** 1,67 км/с; 2,37 км/с. **1.172.** $M = 5,98 \cdot 10^{24}$ кг. **1.173.**

$M = 2,0 \cdot 10^{30}$ кг. **1.174.** $F = \gamma mM / [a(a+l)]$. **1.175.** $F = 2\gamma mM / (\pi R^2)$.
1.176. $F = 2\gamma (mM/R^2)[1-h/(R^2+h^2)^{1/2}]$. **1.177.** $F = \gamma mM / (2R^2)$. **1.178.** $F = 0$.
1.179. $T = \sqrt{3\pi/(\gamma\rho)}$. **1.180.** $u = 7,9$ км/с. **1.181.** $T = 2\pi\gamma/v^3$; $r = \gamma M/v^2$. **1.182.**
 164 жыл. **1.183.** $A = 4/3 \pi\rho\gamma mR^2$. **1.184.** $p = [3\gamma M^2(8\pi R^2)](1-r^2/R^2)$. **1.185.**
 $F = -\gamma mM r/R^3$. **1.186.** $h = R[(2gR/v_0^2) - 1]$. **1.187.** $n = \frac{1+s}{1-s} = 3,0$. **1.188.** $g_M = 0,5$
 g. **1.189.** $v_2/v_1 = [(R_{ж} + h_1)(R_{ж} + h_2)]^{1/2}$. **1.190.** $A = 3 \cdot 10^9$ Дж. **1.191.**
 9,8 Н/кг; $-6,2 \cdot 10^7$ Дж/кг. **1.192.** $54R$. **1.193.** $v = [2\gamma M(\frac{1}{R} + \frac{1}{R+n})]^{1/2}$. **1.194.** $A =$
 $6,1 \cdot 10^{10}$ Дж. **1.195.** $F_{ж}/F_k = 3/8$. **1.196.** 10^{11} Па. **1.197.** Қайтып оралмайды.
 Себебі оның жылдамдығы 12,1 км/сағ. **1.198.** $v = 7,8$ км/с. **1.199.** 42,2 км/с.
1.200. 17 км/с. **1.201.** $I = ma^2/2$. **1.202.** $I = 2mR^2/3$. **1.203.** $(5/7)g \sin \alpha, k > (2/7)tg \alpha$.
1.204. $\omega = \sqrt{10g(R+r)/17r^2}$. **1.205.** $v = \sqrt{gh/2}$. **1.206.** $I_1 = I_2 = mR^2/2$; $I_3 = mR^2$.
1.207. $I_1 = I_2 = mR^2/4$; $I_3 = mR^2/2$. **1.208.** $I = \frac{1}{2}m(R_1^2 + R_2^2)$. **1.209.** а)
 $I_c = ml^2/12$; б) $I = ml^2/3$. **1.210.** $I = \frac{ml^2}{3} \cos \alpha$. **1.211.** $I = 5,2 \cdot 10^{-4}$ кг·м².
1.212. $I = \frac{3}{10}mR^2$. **1.213.** а) $I_c = 2mR^2/5$; б) $I = 7mR^2/5$. **1.214.** $M = (aB - bA)$
 к, мұндағы к – z өсінің орты; $l = \frac{|aB-bA|}{\sqrt{A^2+B^2}}$. **1.215.** а) $M = -2i - 11j + 10k$; б)
 $M = 15$ Н·м; в) $M_z = 10$ Н·м. **1.216.** $l = \frac{|aA-bB|}{\sqrt{A^2+B^2}}$. **1.217.**
 $\Delta L = \frac{1}{2}mgv_0 t^2 = 245$ кг·м²/с. **1.218.** $m = \frac{2(FR-M_{тр})}{\beta R^2} = 7,36$ кг. **1.219.** $\beta = 7,8$ рад/с²;
 $t = 80$ с. **1.220.** $t = 9,72$ с. **1.221.** а) $a_1 = a_2 = 1,09$ м/с²; б) $F_{H_1} = 5,23$ Н; $F_{H_2} = 4,9$ Н; в)
 $F_A = 16$ Н. **1.222.** $W^k = \frac{m}{4}(2v^2 + \pi^2 v^2 d^2)$. **1.223.** $I = 3,8$ кг·м²/с. **1.224.**
 $W_{об}^k = 94$ Дж; $W_{ц}^k = 70$ Дж. **1.225.** $W_{д}^k = 29,4$ Дж. **1.226.** $h_{ш}/h_{ц} = 14/15$.
1.227. $t = 3\omega R/(4\mu g)$. **1.228.** $\omega = 14$ рад/с; $v = 1,05$ м/с. **1.229.** $\omega = \sqrt{3g/l}$.
1.230. $I = 6,68$ кг·м². **1.231.** $I = 1,2 \cdot 10^4$ Г·см². **1.232.** $I =$
 $7,6 \cdot 10^2$ Г·см². **1.233.** $a = 0,29$ м/с². **1.234.** $T = MgR^2/2(R^2 + 2r^2)$; $a = 2g r^2 / (R^2$
 $+ 2r^2)$. **1.235.** $v = 7,1$ м/с. **1.236.** 1,08 м. **1.237.** $0,6 \cdot 10^8$ м/с. **1.238.** 5 м. **1.239.**
 70. **1.240.** 0,6 с. **1.241.** 0,44%. **1.242.** 0,70 с. **1.243.** $2,6 \cdot 10^8$ м/с. **1.244.** 1,09 ГэВ/с.
1.245. 0,87с. **1.246.** $3,6 \cdot 10^{17}$ Дж/кг. **1.247.** $v = c/\sqrt{1+(mc/Ft)^2}$,
 $s = (\sqrt{1+(Ft/mc)^2} - 1)mc^2/F$. **1.248.** $v = c\sqrt{1-(2m/M)^2}$. **1.249.** $v = 0,86$ с, ұзын жағы
 бойымен. **1.250.** $S = 0,5S_0$. **1.251.** 0,71 м. **1.252.**
 $v = c\sqrt{(2 - \frac{\Delta t}{\tau})\frac{\Delta t}{\tau}} = 0,6 \cdot 10^8$ м/с = 0,199с. **1.253.** $\tau/\tau_0 = 1,25$. **1.254.** а) $v = 2 \cdot 10^8$ м/с;
 б) $\tau_2 = 3,33 \cdot 10^{-8}$ с; $\tau'_1 = 2,89 \cdot 10^{-8}$ с; в) $\tau_2 = \tau'_2 = \frac{l_0}{v} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\right) = 6,21 \cdot 10^{-8}$ с.
1.255. $l = 0,225$ м; $l' = 0,34$ м. **1.256.** $\tau_0 = \frac{l}{v\sqrt{1-v^2/c^2}} = 25$ нс. **1.257.** $\Delta s = 300$ м.
1.258. $v = 0,995$ с. **1.259.** $v' = 0,96$ с. **1.260.** $v = \frac{v_1+v_2}{1+\frac{v_1v_2}{c^2}} = 0,91$ с. **1.261.**

$v' = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - \left(\frac{v_1 v_2}{c}\right)^2}$. **1.262.** $v = c$. **1.263.** $v' = 0,994c$. **1.264.** $v - c \approx 0,1 \text{ м/с}$. **1.265.**
 $m = 2m_0$; $v = 0,866c$. **1.266.** $v = \frac{cp}{\sqrt{p^2 + m^2 c^2}} = 0,5c = 1,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. **1.267.** $p_p/p_H = 25/7$.
1.268. $v = 3^{1/2} c / 2$. **1.269.** $p = \frac{1}{c} \sqrt{W^k (W^k + 2mc^2)}$ **1.270.**
 $l = (E_0 - mc^2)/eE$. **1.271.** Нұсқау: шыбық пен шыбық өлшеміндей тақтадағы саңлау қандай да бір санақ жүйесінде беттесін дейік. Санақ жүйесін бір жағдайда тақтамен, ал екінші бір жағдайда шыбықпен байланыстыру. Қарсы жору қарама қайшылыққа келтіреді. **1.272.** $\varepsilon = u v / c^2$. **1.273.** $0,99995 \text{ с}$. **1.274.** $0,511 \text{ МэВ}$; $938,3 \text{ МэВ}$. **1.275.** $2,6 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. **1.276.** $0,8 \text{ МэВ}$; $48 \text{ } 6,4 \cdot 10^{-22} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. **1.277.** $5,8 \cdot 10^{-18} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$; $0,996 \text{ с}$. **1.278.** $0,976 \text{ с}$. **1.279.** $0,8 \%$; 69% ; 92% . **1.280.** $\varepsilon_0^2 / (2\pi c)$ – дан аз. **1.281.** $2,05 \cdot 10^{-22} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. **1.282.** $c / 2^{1/2}$. **2.1.** $0,50$. **2.2.** $p_{\min} = 2R\sqrt{\alpha T_0}$. **2.3.** $0,54$ және $1,9 \text{ атм}$. **2.4.** $V_{\min} = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$. **2.5.** $M = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$; $V = 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$. **2.6.** $V_0 = 0,50 \text{ м}^3/\text{кг}$. **2.7.** $n = 1,2 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$; $\rho = 6,6 \cdot 10^{-14} \text{ кг/м}^3$. **2.8.** $\rho = 0,24 \text{ кг/м}^3$; $n = 7,2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. **2.9.** $p = 20 \text{ мПа}$. **2.10.** $n_1 = 3,1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. **2.11.** $n_1 = 1,2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; $n_2 = 2,4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. **2.12.** $0,15$. **2.13.** $2,48 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $2,2 \%$. **2.14.** $p = T (p_1 V_1 / T_1 + p_2 V_2 / T_2) / (V_1 + V_2)$. **2.15.** 95 г . **2.16.** $0,029 \text{ кг/моль}$. **2.17.** 74 с . **2.18.** $2,4 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$; $4,2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. **2.19.** $1,6 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. **2.20.** $\gamma = (5v_1 + 7v_2) / (3v_1 + 5v_2)$. **2.21.** $1,0 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. **2.22.** $\eta^i = 7,6$ ұлғайту керек, $i = 5$. **2.23.** $0,7 \cdot 10^{-10}$. **2.24.** $v_{\text{ыкм}} = 0,45 \text{ км/с}$, $\langle v \rangle = 0,51 \text{ км/с}$, $v_{\text{кв}} = 0,55 \text{ км/с}$; **2.25.** 330 К . **2.26.** $\approx 330 \text{ К}$. **2.27.** $1,61 \text{ км/с}$. **2.28.** $\langle v_x \rangle = 0$, $\langle |v_x| \rangle = \sqrt{2kT/\pi m}$. **2.29.** $p = 2 \int m v_x \cdot v_x dn(v_x) = nkT$, мұндағы $dn(v_x) = n \varphi(v_x) dv_x$. **2.30.** $\langle 1/v \rangle = \sqrt{2m/\pi kT} = 4/\pi \langle v \rangle$. **2.31.** $\langle \sqrt{v^2} \rangle = 500 \text{ м/с}$. **2.32.** $p = 2,5 \text{ кПа}$. **2.33.** $V_0 = 2,7 \text{ м}^3/\text{кг}$. **2.34.** $\eta = 4$. **2.35.** $1,4 \text{ км/с}$. $\langle W \rangle = 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. **2.36.** $\langle W_{\text{пост}} \rangle = 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$; $\langle W \rangle = 10,4 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. **2.37.** $\eta = 1,46$. **2.38.** а) $\Delta n/n = 1,5\%$; б) $\Delta n/n = 1,1\%$. **2.39.** а) $\Delta n/n = 1,4\%$; б) $\Delta n/n = 0,8\%$. **2.40.** а) $\Delta n/n = 0,53\%$; б) $\Delta n/n = 0,92\%$. **2.41.** а) $\Delta n/n = 1,8\%$; б) $\Delta n/n = 2,6\%$. **2.42.** $T = 83 \text{ К}$. **2.43.** $1,83 \text{ км}$. **2.44.** 80 км . **2.45.** $1,2 \text{ км}$. **2.46.** $4,2 \text{ км}$. **2.47.** $2,0 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. **2.48.** 190 нс . **2.49.** $3,3 \cdot 10^{15}$. **2.50.** $3,6 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. **2.51.** $6,35 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$. **2.52.** $p = p_0 \exp[-\mu \omega^2 l^2 / (8RT)]$. **2.53.** $v_{\text{кв}2}^2 - v_{\text{кв}1}^2 = v_0^2$; $v_{\text{кв}2}^2 - v_{\text{кв}1}^2 = 0,6 v_0^2$. **2.54.** $0,0046$; $0,0030$. **2.55.** $0,57$. **2.56.** $1,6 \cdot 10^{25} \text{ с}^{-1}$. **2.57.** $0,50$. **2.58.** $M_1 = p_0 \Delta S [1 - \exp(-Mgh / kT)] / g$. **2.59.** $n / n_0 \exp[-(m - \rho MV/RT)gh / (kT)]$. **2.60.** $23,6 \text{ есе}$. **2.61.** $1,65$. **2.62.** $6,06 \cdot 10^{23} \text{ кмоль}^{-1}$. **2.63.** $4,14 \cdot 10^{-21} \text{ н}$. **2.64.** $n = n_0 e^{-\frac{m\omega^2}{2kT}(R^2 - r^2)}$. **2.65.** $5,91$. **2.66.** $2,98 \text{ атм}$. **2.67.** $83,8$ (криптон). **2.68.** 21% ; 79% ; **2.69.** $v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$. **2.70.** $f(u) du = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du$. **2.71.** $4,39 \cdot 10^{-3}$. **2.72.** $2,68 \cdot 10^{-2}$. **2.73.** $\frac{\Delta N}{N} = \frac{1}{3} \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \left(\frac{m}{kT}\right)^{3/2} v^3$.

$$2.74. 7,52 \cdot 10^{-7}. \quad 2.75. \quad \langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}. \quad 2.76. \quad v_{\text{кв}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}. \quad 2.77.$$

$$\frac{\langle \frac{1}{v} \rangle}{\langle v \rangle} = \frac{4}{\pi} = 1,27. \quad 2.78. \quad C = \frac{m^2}{2k^2 T^2}. \quad 2.79. \quad v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}; \quad \langle v \rangle = \sqrt{\frac{\pi kT}{8m}}. \quad 2.80. \quad 6,0 \cdot 10^9$$

молекула. 2.81. $p_{\text{вер}} = \sqrt{2mkT}$. 2.82. 0. 2.83. $\langle p_x \rangle = \sqrt{\frac{mkT}{2\pi}}$. 2.84. 0,5%. 2.85.

$p = (mkT)^{1/2}$. 2.86. $\langle E \rangle = 3/2 kT$. 2.87. $dN(\epsilon) = 3^{3/2} N \exp(-3\epsilon/2) \epsilon^{1/2} d\epsilon / (2\pi)^{1/2}$. 2.88. $9,3 \cdot 10^{-3}$. 2.89. $\Delta N/N = 4E^{3/2} / [3\pi^{1/2} (kT)^{3/2}]$. 2.90. $7,53 \cdot 10^{-4}$.

2.91. $8,28 \cdot 10^{-3} kT$. 2.92. $\Delta N/N = 2 e^{E_0/kT} (E_0/kT)^{1/2} / \pi^{1/2}$. 2.93. 8,1 kT. 2.94. $E_{\text{ыкт}} = kT / 2$. 2.95. $f(\epsilon)d\epsilon = \exp(-\epsilon/2) \epsilon^{1/2} d\epsilon / (2\pi)^{1/2}$. 2.96. $4,84 \cdot 10^{-3}$.

2.97. $2,67 \cdot 10^{-4}$. 2.98. $E = kT$. 2.99. Екі есе азаяды. 2.100. 18 есе. 2.101.

Нұсқау: молекулалар шоғырының газ көлемімен байланысын пайдалану.

2.102. 2,0 есе. 2.103. 0,18 нм. 2.104. 1,7. 2.105. 97 нм; $12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

2.106. а) 1,5. б) 1,1. 2.107. 38 кВт / м². 2.108. $11,1 \cdot 10^{23}$. 2.109. 7 Дж.

2.110. 1,33. 2.111. $c_v = 0,42 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$, $c_b = 0,65 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$. 2.112. 560 К; 5,6

кДж. 2.213. $Q = R \Delta T(2 - \gamma) / (\gamma - 1)$. 2.214. а) $A = 180 \text{ кДж}$;

б) $\Delta U = 270 \text{ кДж}$; в) $Q = 450 \text{ кДж}$. 2.215. $\Delta U = 30 \text{ кДж}$; $A = 20 \text{ кДж}$. 2.216.

$\eta_1 = 0,75$; $\eta_2 = 0,25$. 2.217. а) $Q_1 = 1,125 \text{ Дж}$; б) $Q_2 = 1,575 \text{ Дж}$. 2.218. а)

$Q = 56,7 \text{ кДж}$; б) $\Delta U = 40,5 \text{ кДж}$; в) $A = 16,2 \text{ кДж}$. 2.219. а) $Q = 4,73 \text{ кДж}$; б)

$A = 1,36 \text{ кДж}$; в) $\Delta U = 3,37 \text{ кДж}$. 2.220. $Q = 56,7 \text{ кДж}$. 2.221. $\Delta U = \pm 7,1 \text{ кДж}$.

2.222. а) $\Delta U = 0$; б) $A = 2,74 \text{ кДж}$; в) $Q = 2,74 \text{ кДж}$. 2.223. $\Delta U = 20,8 \text{ кДж}$;

$A = 9,2 \text{ кДж}$. 2.224. 2,3 есе. 2.225. 0,37 есе. 2.226. $T = 207 \text{ К}$. 2.227. а)

$\Delta U = -A$; б) $A = 2,9 \text{ кДж}$. 2.228. $N = 1,64 \text{ раз}$. 2.229. $n = 1,43$; $A' = 4,7 \text{ МДж}$.

2.230. $n = 1,5$; $C = -4,16 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$. 2.231. Салқындайды; $C = (i / 2 - 1)R$.

2.132. $\eta = 25 \%$. 2.133. $A = 3,92 \text{ кДж}$. 2.134. $\eta = \frac{(\gamma-1)(T_1-T_2) \ln(\frac{V_1}{V_2})}{(\gamma-1) \ln(\frac{V_1}{V_2}) + (T_1-T_2)}$, мұндағы

$\gamma = C_p/C_v$. 2.135. $\eta = \frac{(T_1-T_2)}{T_1 + \frac{C_p}{R} \ln(\frac{p_1}{p_2})}$. 2.136. 21. 2.137. 17 кДж. 2.138. 3,0 кДж.

2.139. 1,15. 2.140. 35 Дж. 2.141. $V T^{1/(\gamma-1)} \exp(\alpha/RT) = \text{const}$. 2.142. Екінші

жағдайда. 2.143. 9. 2.144. $\eta = 1 - n^{-(\gamma-1)/\gamma}$. 2.145. 2,0. 2.146. -10 Дж/К.

2.147. 252; 24,6 %. 2.148. $1,0 \cdot 10^{-19}$. 2.149. 60 %. 2.150. $\eta = 1 - (n + \gamma) / (1 + \gamma n)$

γ . 2.151. 32 %; 322 К. 2.152. 6 МДж. 2.153. $\eta = 1 - (\frac{V_{\text{min}}}{V_{\text{max}}})^{\gamma-1}$; $\eta = 54 \%$.

2.154. $\Delta S = 83 \text{ Дж}/\text{К}$. 2.155. $\Delta S = 22 \text{ Дж}/\text{К}$. 2.156. $\Delta S = 78 \text{ Дж}/\text{К}$. 2.157.

$\Delta S = 20 \text{ Дж}/\text{К}$. 2.158. $\Delta S = 35 \text{ Дж}/\text{К}$. 2.159. $\Delta S = 2,9 \text{ Дж}/\text{К}$. 2.160.

$\Delta S = \frac{n-\gamma}{(n-1)(\gamma-1)} R \ln(\frac{T_1}{T_2})$; $\Delta S = 11,5 \text{ Дж}/\text{К}$. 2.161. 3 немесе 300 %.

2.162. 29 Дж /

К. 2.163. $\Delta S_p = C_p \ln V_2/V_1$; $\Delta S_v = C_v \ln p_2/p_1$; $\Delta S_T = R \ln V_2/V_1$. 2.164. 20 см.

2.165. $\alpha = p(R^3 - R_1^3 - R_2^3) / 4(R_1^2 + R_2^2 - R^2)$; 2.166. $R = ab/(a-b)$, 120° . 2.167. 2,2

атм. **2.168.** 10,5 мм. **2.169.** 1,8 мК. **2.170.** 793 мм сын. бағ. **2.171.** 0,014 м. **2.172.** 0,12 кН. **2.173.** 0,12 мДж энергия жылу түрінде бөлінеді. **2.174.** 0,11 м / с. **2.175.** $h = 2\sigma / \rho \text{ gd}$. **2.176.** 0,14 Н. **2.177.** 0,6 мм. **2.178.** 1,4 см. **2.179.** 0,20 мм. **2.180.** 1,0 Н. **2.181.** $h = 2\alpha (1 - \sin \vartheta/2) / \rho d$. **2.182.** $t = 2l \eta R^4 / \alpha r^4$. **2.183.** $Q = 2 \pi \alpha^2 / \rho g$. **2.184.** а) 3 мкДж; б) 10 мкДж. **2.185.** $\Delta S = R \ln[(V_2 - b)/(V_1 - b)]$. **2.186.** $\Delta F = RT \ln[(V_1 - b)/(V_2 - b)] + a/V_1 - a/V_2$. **2.187.** $p = 2,05$ МПа. **2.188.** $\rho_{\text{кр}} = 200$ кг/м³. **2.189.** $T_{\text{кр}} = 304$ К; $p_{\text{кр}} = 7,4$ МПа; $V_{\text{кр}} = 0,1$ м³. **2.190.** $\rho_{\text{кр}} = 56$ кг/м³. **2.191.** $T = 295$ К. **2.192.** $1,3 \cdot 10^{-3}$ м³. **2.193.** $5,2 \cdot 10^3$ техн. ат.; $5,00 \cdot 10^2$ кг / м³. **2.194.** $2,5 \cdot 10^4$ Па; $1,4 \cdot 10^8$ Па. **2.195.** а) 0,013 кг; б) $V_{02} = 0,65 \cdot 10^{-4}$ м³/моль; $V_{03} = 0,66 \cdot 10^{-4}$ м³/моль; $V_{04} = V_{05} = \dots = 0,67 \cdot 10^{-4}$ м³/моль; 4,8 кг. **2.196.** $1,7 \cdot 10^5$ Па; $1,3 \cdot 10^5$ Па. **2.197.** $9 \cdot 10^4$ Па; $1,7 \cdot 10^5$ Па; $1,3 \cdot 10^5$ Па. **2.198.** $T(V - b)^\alpha = \text{const}$, мұндағы $\alpha = R/C_V$. **2.199.** $C_p - C_V = R/(1 - 2a(V - b)^2 / RTV^3)$. **2.200.** $A = RT \ln \frac{V_2 - b}{V_1 - b} - a(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2})$. **2.201.** $\Delta T = -1,4$ К. **2.202.** 17 Дж. **2.203.** $a = 3,6$ атм·л² / моль², $b = 0,043$ л / моль. **2.204.** 4,7 г / см³. **2.205.** 300 К; 0,34 г / см³. **2.206.** - 7,5 мК. **2.207.** 1,104 атм; 1,1 К. **2.208.** 7,2 кДж / К. **2.209.** 8,6 Дж / (г · К). **2.210.** $p = 0,59$ кг/м³. **2.211.** $N = 5,9 \cdot 10^4$ есе. **2.212.** $n = 1,6 \cdot 10^{23}$ м⁻³. **2.213.** 7,6 л – ден кем емес. **2.214.** 125 л – ден артық. **2.215.** 7,80 г / м³; 51 %. **2.216.** Ауаның әрбір кубметрінен 5,2 г шық түседі. **2.217.** 37 %. **2.218.** $1,69 \cdot 10^5$ Дж / кг; $22,6 \cdot 10^5$ Дж / кг. **2.219.** 6,8 кг су мен 1,4 кг мұздан қоспа пайда болады. **2.220.** 1,2 кг су мен 0,3 кг мұздан қоспа пайда болады. **2.221.** 11 %. **2.222.** 4,7 м / с. **2.223.** а) 216,5 К – нен жоғары 304,4 К – рен төмен; б) қысым $5,18 \cdot 10^5$ Па – дан аз; температура 216,5 К – нен төмен. **2.224.** $\Delta S = R \ln \frac{V_2 - b}{V_1 - b}$. **2.225.** 0,25. **2.226.** $1,7$ м³ / кг; 373 К. **2.227.** $q = R(a - bT)$. **2.228.** 14 кДж / К. **3.1.** 0,10 кВ/м. **3.2.** 1,7 кВ/м. **3.3.** $E = \sigma \ell / 2\epsilon_0 \sqrt{R^2 + l^2}$; **3.4.** $E = -aR / 3\epsilon_0$; **3.5.** $E = -aR^2 / 6\epsilon_0$; **3.6.** $\rho = 4\epsilon_0 ar$; **3.7.** $\varphi = \sigma R / 2\epsilon_0$; **3.8.** $\varphi = \sigma R / \pi\epsilon_0$; **3.9.** $E = -a$, яғни біртекті өріс. **3.10.** $\rho = 6\epsilon_0 ax$; **3.11.** $\rho = -6\epsilon_0 a$; **3.12.** $\varphi_0 = \sigma R / \epsilon_0$. **3.13.** $n = 2\pi\epsilon_0 \varphi dl e$; $n = 1,04 \cdot 10^9$. **3.14.** $\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3q}{2R}$; $\varphi_0 = 675$ кВ. **3.15.** - 6,0α. **3.16.** $\mathbf{E} = -a(\mathbf{z}\mathbf{i} + \mathbf{x}\mathbf{k})$; $\mathbf{E} = a\sqrt{z^2 + x^2}$. **3.17.** $\mathbf{E} = (x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}) / (x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}$; $\mathbf{E} = \frac{1}{x^2 + y^2 + z^2}$. **3.18.** $\mathbf{E} = -2a(x\mathbf{i} + y\mathbf{j}) + 2bz\mathbf{k}$; $\mathbf{E} = 2[a^2(x^2 + y^2) + b^2 z^2]^{1/2}$. **3.19.** $\mathbf{E} = 2y\mathbf{i} + (2x + 3z)\mathbf{j} + 3y\mathbf{k}$; $\mathbf{E} = [13y^2 + (2x + 3z)^2]^{1/2}$. **3.20.** $\rho = -6\epsilon_0 a$. **3.21.** $q = 4\pi\epsilon_0 aR$. **3.22.** $\varphi = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0} (1 - \frac{r^2}{R^2})$. **3.23.** $A = q_1 q_2 / (4\pi\epsilon_0) (1/r_2 - 1/r_1)$.

3.24. $\sigma = 2\varepsilon_0 A/(ql)$; $\sigma = 4,6 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$; 3.25. $A = \frac{q\sigma R^2}{\varepsilon_0} [1/(R+b) - 1/(R+a)]$.

3.26. 17 мкДж. 3.27. Иә; $\varphi = -\frac{ax^2}{2} + \text{const}$; 3.28. Иә; 3.29. $\Delta\varphi = \frac{(q_1+|q_2|)d}{2\varepsilon_0 S}$; $\Delta\varphi = 680$ кВ. 3.30. $E = \frac{\rho x}{\varepsilon_0}$, егер $-a \leq x \leq a$; $E = \frac{\rho a}{\varepsilon_0}$, егер $|x| \geq a$.

3.31. $E = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} r$, егер $r \leq R$; $E = \frac{\rho R^3}{\varepsilon_0 r^2}$, егер $r \geq R$. 3.32. $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{4l^2}$; $F = 4,8 \cdot 10^8$ Н;

3.33. $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{(l^2+R^2)^{3/2}}$; $\varphi = 230$ В. 3.34. $F_1 = \frac{\tau^2 l}{4\pi\varepsilon_0 r}$. 3.35. а) $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{2p}{r^3}$;

$\varphi = 230$ В. 3.34. $F_1 = \frac{\tau^2 l}{4\pi\varepsilon_0 r}$; 3.35. а) $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{2p}{r^3}$; $E = 4,1 \cdot 10^6$ В/м; б) $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p}{r^3}$;

$E = 2 \cdot 10^6$ В/м. 3.36. $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{6p^2}{r^4}$; $F = 5,3 \cdot 10^{-14}$ Н. 3.37. $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p\sqrt{1+3\cos^2\alpha}}{r^3}$;

$E = 0,72$ В/м; $\varphi = p \cos\alpha / (4\pi\varepsilon_0 r^2)$; $\varphi = 0,79$ мкВ. 3.38. $\Delta\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{2p}{r^2}$; $\Delta\varphi = 23$ В;

3.39. $A = 2pE$; $A = 90$ мкДж. 3.40. $q_0 = q \cdot 3^{1/2}$, орнықсыз тепе – теңдік. 3.41. $q_0 = 4,8 \cdot 10^{-19}$ Кл. 3.42. а) $3,6 \cdot 10^3$ В / м; б) $2,8 \cdot 10^3$ В / м. 3.43. 7,2 кВ / м. 3.44. 3,1 мН. 3.45. $4,5 \cdot 10^5$ Кл; $6,4 \cdot 10^8$ В.

3.46. $\varphi = \tau R/2 \varepsilon_0 (R^2 + h^2)^{1/2}$; $E = \tau R h / 2 \varepsilon_0 (R^2 + h^2)^{3/2}$. 3.47. 3,0 см. 3.48.

$|q_3| = |q_1 q_2| / (\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2})^2$. 3.49. $5 \cdot 10^{-8}$ Н. 3.50. $E = \delta l / (2\pi\varepsilon_0 a \sqrt{l^2 + r^2})$; $E = q / (4\pi\varepsilon_0 a^2)$;

$E = \tau / (2\pi\varepsilon_0 a)$. 3.51. $\varphi = P / (4\pi\varepsilon_0 r^2)$. 3.52. $\varphi = (\delta \sqrt{a^2 + r^2} - a) / (2\varepsilon_0)$; $E = -d\varphi/da = \delta(1 -$

$a / \sqrt{a^2 + r^2}) / (2\varepsilon_0)$. 3.53. 5,4 кВ. 3.54. 204. $r_{\min} = q_1 q_2 (m_1 + m_2) / (2\pi\varepsilon_0 m_1 m_2 \vartheta^2_{\text{сал}})$.

3.55. 6,3 мВ. 3.56. а) $\mathbf{F} = 0$; б) $\mathbf{F} = -\tau \mathbf{p} / 2 \pi \varepsilon_0 r^2$; в) $\mathbf{F} = \tau \mathbf{p} / 2 \pi \varepsilon_0 r^2$. 3.57.

$F = 3p^2 / 32\pi\varepsilon_0 l^4$;

3.58. $\varphi = q / 4\pi\varepsilon_0 l = 15$ кВ; 3.59. $W = pE / 2$; 3.60. -30 мкКл / м³;

3.61. а) $\beta = \frac{(\varepsilon-1)V_0}{N_A}$, мұндағы V_0 – қалыпты жағдайдағы 1

моль газ көлемі; $\beta = 2,75 \cdot 10^{-30}$ м³; $P = \varepsilon_0 \beta E$; $\beta = 2,43 \cdot 10^{-37}$ Кл · м; 3.62. $\beta =$

$\frac{(\varepsilon-1)V_0}{N_A}$, $\beta = 2 \cdot 10^{-29}$ м³; 3.63. $\kappa = \frac{\rho p^2 N_A}{3\varepsilon_0 k M T}$; $k = 0,53$.

3.64. $\kappa = 0,079$; 3.65. $P = \frac{(\varepsilon-1)\varepsilon_0 E_0}{\varepsilon}$, $P = 5,9$ мкКл/м²; 3.66. $P = \frac{(\varepsilon-1)}{\varepsilon} \mathbf{D}$; 3.67. q_1

$= q_4 = (|q_1| - |q_2|) / 2$. 3.68. $q_2 = -q_3 = (|q_1| + |q_2|) / 2$. 3.69. $\varphi = q / (4\pi\varepsilon_0 r_2)$; $\varphi' = 0$.

3.70. $A = q^2 (r_2 - r_1) / (8\pi\varepsilon_0 r_1 r_2)$.

3.71. $E_1 = 0,12$ кВ / м; $E_2 = 0,46$ кВ / м; $0,046$ мкКл / м².

3.72. $4,5 \cdot 10^{21}$ Дж. 3.73. 0,40 Кл. 3.74. $C \approx 4\pi\varepsilon_0 a$; 3.75. $W = q^2 / 32\pi\varepsilon_0 a$. 3.76.

$A = (1/R_1 - 1/R_2) q^2 / 8\pi\varepsilon_0$. 3.77. $F_{\text{срн}} = \sigma^2 / 2\varepsilon_0$; 3.78. $\sigma' = (\varepsilon - 1) \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 F}{\varepsilon S}}$; $\sigma' = 3$

мкКл/м²; 3.79. $U = \frac{\sigma' d}{\varepsilon_0 (\varepsilon - 1)}$; $U = 100$ В.

- 3.80.** $\sigma_1' = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(\epsilon-1)\epsilon_0 q}{\epsilon R_1^2}$; $\sigma_1' = -1,1$ мкКл/м². $\sigma_2' = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(\epsilon-1)\epsilon_0 q}{\epsilon R_2^2}$; $\sigma_1' = 0,17$ мкКл/м². **3.81.** а) $\sigma_1' = -\frac{q}{2\pi l^2} \frac{(\epsilon-1)}{(\epsilon+1)}$; $\sigma_2' = -\frac{ql}{2\pi r^3} \frac{(\epsilon-1)}{(\epsilon+1)}$; б) $q' = \frac{\epsilon-1}{\epsilon+1} q$;
- 3.82.** $C = \frac{2\pi\epsilon_0 al}{R_2 - R_1}$; $\rho' = \frac{q}{2\pi lar}$. **3.83.** $D = \sqrt{\frac{4cd}{(\pi\epsilon_0\epsilon)}}$; $D = 3$ см.
- 3.84.** 20 пФ-тан 900 пФ дейін параллель жалғанғанда және 5 пФ-тан 225 пФ –ға дейін тізбектей жалғанғанда.
- 3.85.** $w = \frac{\sigma^2}{8\epsilon_0}$; $w = 18$ Дж/м³; **3.86.** $w = \frac{\tau^2}{8\pi^2\epsilon_0 r^2}$; $w = 0,63$ Дж/м³.
- 3.87.** $w = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2 R^4}{\epsilon_0 (R+l)^4}$; $w = 0,4$ Дж/м³; **3.88.** $w = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{8\pi r^4}$; **3.89.** $\sigma' = \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \epsilon_0 E$;
 $\sigma' = 5,6$ нКл/м²; $w = \frac{\epsilon_0 E^2}{2\epsilon}$; $w = 1,6$ мкДж/м³; **3.90.** $A = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)} \left(1 - \frac{4C_1 C_2}{(C_1 + C_2)^2}\right)$;
 $A = 4,7$ мДж; **3.91.** $q = (R_2 + R_1) \sqrt{4\pi\epsilon_0 w_2 / R_2}$; $q = 2,7$ мкКл; **3.92.** а) $R = \epsilon_0 \epsilon U / \sigma$;
 $R = 6,9$ мм.; б) $q = 6,9$ нКл; в) $C = 1,5$ пФ; г) $W = 15,5$ мкКл; **3.93.** $A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{10R}$;
 $A = 0,9$ нДж; **3.94.** Өзгермейді; $w_1/w_2 = 1/5$; **3.95.** $w_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{10R}$; $w_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{2R}$;
- 3.96.** $w = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$; $w = 27$ мДж; **3.97.** $w_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\pi^2 \rho^2 R^2}{4\epsilon} R^2$. **3.98** $w = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(\rho r)}{r^3}$.
- 3.99.** $w = -9$ нДж; $F = 1,35$ мкН; **3.100.** $w = (\sqrt{2} + 4) \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a}$; **3.101.** $w = \frac{3q^2}{4\pi\epsilon_0 a}$; **3.102.**
 $w = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{2r}$; **3.103.** $w_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1^2}{2R_1}$; $w_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2^2}{2R_2}$; $w_{\epsilon 3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{R_2}$;
 $w = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1^2}{2R_1} + \frac{q_2^2}{2R_2} + \frac{q_1 q_2}{R_2}\right)$. **3.104.** 2,5 кэВ. **3.105.** $4,4 \cdot 10^{-6}$ Кл / м²; $2,2 \cdot 10^{-5}$ Кл / м². **3.106.** $C = \epsilon_0 S / (l - a)$. **3.107.** 1) $W = q^2 l (2\epsilon_0 S)$ l азайса, W азаяды; 2) $W = \epsilon_0 S U^2 / (2l)$, l кемісе W артады. **3.108.** $C' = 1,7C_0$. **3.109.** 0,87 R. **3.110.** $C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R_1 / [1 + R_1(\epsilon - 1)/R_2]$. **3.111.** $C = \epsilon_0 S b / \ln(1 + bd/a)$, мұнда $\epsilon = a + b$ x заңмен өзгереді. **3.112.** $C = \pi\epsilon_0 / \ln(l/r)$.
- 3.113.** $R = R_2 - R_1$; **3.114.** $I = (a/2R)^2 (\sqrt{1 + 4RU_0/a^2} - 1)^2$;
- 3.115.** $\epsilon = (\epsilon_1 R_2 - \epsilon_2 R_1) / (R_1 + R_2)$, $R_i = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$;
- 3.116.** а) 20 кДж; б) 0,13 МДж. **3.117** Нұсқау: бөлікте бөлінетін қуаттың минимум шартын пайдалану. **3.118.** 0,40 мкН·с.
- 3.119.** $U_{max} = 1000$ В. **3.120.** Тізбектей қосымша $R_k = 10^5$ Ом кедергі жалғананды.
- 3.121.** $t = 68^\circ\text{C}$. **3.122.** $r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$; $r = 1,4$ Ом; $E = \frac{I_1 I_2 (R_2 - R_1)}{I_1 - I_2}$; $E = 3,4$ В.
- 3.123.** $R = r$; $R = 20$ Ом; $P_{max} = 1,25$ Вт. **3.124.** $E = \frac{U_3 U_2}{U_3 - U_1}$; $E = 12$ В. **3.125.** I

$$= (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 \frac{E}{d} vb. \quad \mathbf{3.126.} \quad n = \frac{(U_0 - U)US}{\rho lp}; \quad n = 23. \quad \mathbf{3.127.} \quad S = \frac{2l\rho P}{0,05U^2}; \quad S = 40 \text{ мм}^2.$$

$$\mathbf{3.128.} \quad R_l = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{d_1}{d}; \quad R_l = 1,1 \cdot 10^{12} \text{ Ом.}$$

$$\mathbf{3.129.} \quad P = Ilm/e; \quad P = 0,4 \text{ мкН} \cdot \text{с.}$$

$$\mathbf{3.130.} \quad F = epI/S; \quad F = 2,4 \cdot 10^{-21} \text{ Н.} \quad \mathbf{3.131.} \quad E_1 = \rho_l I/S_1; \quad E_1 = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}; \quad E_2 = \frac{4\rho_2(1 + \alpha_2 t)I}{\pi^2}.$$

$$E_2 = 35 \text{ В/м.} \quad \mathbf{3.132.} \quad w = U^2/(\rho l^2); \quad w = 4 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^3. \quad \mathbf{3.133.} \quad P_1 = -\frac{\rho_1 d_1 S U^2}{(\rho_1 d_1 + \rho_2 d_2)^2};$$

$$P_2 = -\frac{\rho_2 d_2 S U^2}{(\rho_1 d_1 + \rho_2 d_2)^2}. \quad \mathbf{3.134.} \quad R = \frac{l}{Se(b_+ + b_-)}; \quad R = 3,4 \cdot 10^{14} \text{ Ом.} \quad \mathbf{3.135.} \quad n = 2 \cdot 10^9$$

$$\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-3}. \quad \mathbf{3.136.} \quad I_{\text{нас}} = 9,92 \cdot 10^{-8} \text{ А.}$$

$$\mathbf{3.137.} \quad j = 4,8 \cdot 10^{-12} \text{ А/м}^2. \quad \mathbf{3.138.} \quad 0,78. \quad \mathbf{3.139.} \quad 65 \text{ мкм.} \quad \mathbf{3.140.} \quad 200 \text{ мг.} \quad \mathbf{3.141.} \quad 5 \text{ г.}$$

$$\mathbf{3.142.} \quad 1,52 \text{ В.} \quad \mathbf{3.143.} \quad 6,25 \cdot 10^{-11} \text{ кг}; \quad 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.} \quad \mathbf{3.144.} \quad 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} - \text{тан артық.}$$

$$\mathbf{3.145.} \quad 160 \text{ мА.} \quad \mathbf{3.146.} \quad 21 \text{ есе өседі.} \quad \mathbf{3.147.} \quad 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ Н.} \quad \mathbf{3.148.} \quad \text{Жабындысы бар}$$

$$\text{катод } 3,3 \text{ есе тиімді.} \quad \mathbf{3.149.} \quad 0,40 \text{ Кл.} \quad \mathbf{3.150.} \quad R = 6,2 \text{ кОм.} \quad \mathbf{3.151.} \quad 1,4 \text{ В}; \quad 0,20 \text{ Ом};$$

$$7,0 \text{ А.} \quad \mathbf{3.152.} \quad 5\text{r}/6.$$

$$\mathbf{3.153.} \quad 980 \text{ Вт.} \quad \mathbf{3.154.} \quad 0,44 \text{ см/с.} \quad \mathbf{3.155.} \quad 1,4 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}. \quad \mathbf{3.156.} \quad 75 \text{ Кл}; \quad 69 \text{ Кл.} \quad \mathbf{3.157.}$$

$$7 \cdot 10^7 \text{ А/м}^2. \quad \mathbf{3.158.} \quad 15 \text{ Вт.} \quad \mathbf{3.159.} \quad 30 \text{ мин}; \quad 7 \text{ мин.} \quad 213. \quad 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м/с.} \quad \mathbf{3.160.} \quad 20$$

$$\text{мкТл.} \quad \mathbf{3.161.} \quad 0,10 \text{ мТл.} \quad \mathbf{3.162.} \quad B = \mu_0 n I / \sqrt{1 + (2R/l)^2}. \quad \mathbf{3.163.} \quad 0,8 \cdot 10^3.$$

$$\mathbf{3.164.} \quad \Phi = \mu_0 n I S / 2. \quad \mathbf{3.165.} \quad 30 \text{ мА} \cdot \text{м}^2. \quad \mathbf{3.166.} \quad 1,00 \cdot 10^{-6}.$$

$$\mathbf{3.167.} \quad \mu_0 I^2 / 4\pi a; \quad \mathbf{3.168.} \quad -5 \text{ мкДж/м.} \quad \mathbf{3.169.} \quad 16 \text{ мПа.} \quad \mathbf{3.170.} \quad 1 \text{ кПа.} \quad \mathbf{3.171.} \quad B = 12,4$$

$$\text{Тл.} \quad \mathbf{3.172} \quad B = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega R. \quad \mathbf{3.173.} \quad B = 20 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.174.} \quad B = \mu_0 q \omega / [2\pi(R_1 + R_2)].$$

$$\mathbf{3.175.} \quad B = \mu_0 \omega \tau / (2\pi). \quad \mathbf{3.176.} \quad B = 40 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.177.} \quad B = 63 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.178.} \quad I = 5,0 \text{ А}$$

$$\mathbf{3.179.} \quad B = 22,6 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.180.} \quad B = 0,10 \text{ мТл.} \quad \mathbf{3.181.} \quad B = 0,35 \text{ мТл.} \quad \mathbf{3.182.} \quad \eta$$

$$= 1,14 \text{ раз.} \quad \mathbf{3.183.} \quad B = 2\mu_0 I / (3\pi a). \quad \mathbf{3.184.} \quad B = 241 \text{ мкТл}; \quad B = 41,4$$

$$\text{мкТл.} \quad \mathbf{3.185.} \quad B = 346 \text{ мкТл}; \quad B = 116 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.186.} \quad 0,12 \text{ мТл.} \quad \mathbf{3.187.} \quad B = 4,43$$

$$\text{мТл.} \quad \mathbf{3.188.} \quad \text{Бірінші өткізгіштен } x = 2/3a \text{ арақашықтықта.} \quad \mathbf{3.189.} \quad \text{Екінші}$$

$$\text{өткізгіштен } x = a \text{ арақашықтықта.} \quad \mathbf{3.190.} \quad B = n\mu_0 I \text{tg}(\pi/n)/(2\pi R). \quad \mathbf{3.191.} \quad B = 22,1$$

$$\text{нТл.} \quad \mathbf{3.192.} \quad J = 12,1 \text{ А/м.} \quad \mathbf{3.193.} \quad J_{\text{уд}} = 1,66 \text{ мА} \cdot \text{м}^2/\text{кг.} \quad \mathbf{3.194.} \quad J = 0,17 \text{ А/м.}$$

$$\mathbf{3.195.} \quad x_{\text{уд}} = 1,68 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг.} \quad \mathbf{3.196.} \quad J_{\text{кат}} = 91,0 \text{ мА} \cdot \text{м}^2/\text{кат.} \quad \mathbf{3.197.} \quad J = -9,8 \text{ А/м.}$$

$$\mathbf{3.198.}$$

$$P_m = 3,1 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2. \quad \mathbf{3.199.} \quad J_{\text{нас}} = 556 \text{ кА/м.} \quad \mathbf{3.200.} \quad \omega_L = 8,8 \cdot 10^{10} \text{ рад/с.}$$

$$\mathbf{3.201.} \quad 25 \text{ К} - \text{ге төмендейді.} \quad \mathbf{3.202.} \quad F_l = 40 \text{ Н/м}^3. \quad \mathbf{3.203.} \quad n_{\text{ор}} = 2,36 \text{ (Бор}$$

$$\text{магнетонымен).} \quad \mathbf{3.204.} \quad J_{\text{нас}} = 3,13 \text{ МА/м.} \quad \mathbf{3.205.} \quad H_c = 1 \text{ кА/м.} \quad \mathbf{3.206.} \quad H_c = 12$$

$$\text{кА/м.} \quad \mathbf{3.207.} \quad J = \text{МА/м}; x = 625. \quad \mathbf{3.208.} \quad \mu = 7960.$$

$$\mathbf{3.209.} \quad 10,0 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.210.} \quad 20 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.211.} \quad 40 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.212.} \quad 1,5 \text{ мН.} \quad \mathbf{3.213.} \quad 1)$$

$$F = \mu_0 I^2 R/a. \quad 2) \quad F = 3 \pi \mu_0 I^2 R^4 / (20)^4. \quad \mathbf{3.214.} \quad 610. \quad \mathbf{3.215.} \quad 20 \text{ мкТл.} \quad \mathbf{3.216.} \quad B_A = \mu_0 n_0 \tau;$$

$$B_C = \mu_0 n_0 \tau / 2. \quad \mathbf{3.217.} \quad B_1 = (1/2)\mu_0 j r; \quad B_2 = \mu_0 j R^2 / (2r_2). \quad \mathbf{3.218.} \quad 100 \text{ м.} \quad \mathbf{3.219.}$$

$L = (\mu_0 / 4\pi) mR / l\rho\rho_0$. **3.220.** 1,5 с. **3.221.** 2 А. **3.222.** $B = \mu_0 a^2 I / 4r^3$; **3.223.**

$W_{\text{бипл}} = \mu\mu_0 I^2 / 16\pi$; **3.224.** 0,5 Дж.

3.225. $3 \cdot 10^8$ В/м. **3.226.** $L_{12} = \sqrt{L_1 L_2}$. **3.227.** Бірінші теңдеудің екі жағынан дивергенция аламыз. Ротордың дивергенциясы нөлге тең болғандықтан наблюдательның \mathbf{B} векторына скаляр көбейтіндісі тұрақты болады. **3.228.** $\mathbf{B} = \mu_0 q [\mathbf{v} \mathbf{r}] / 4 \pi r^3$. **3.229.** Нұсқау: \mathbf{E} және \mathbf{B} векторларының екі инерциялық санақ жүйелеріндегі өзара байланыс өрнектерін пайдалану.

3.230. $\mathbf{E} = E_x \mathbf{i} + E_y \mathbf{j} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^3} \frac{1 - \beta^2}{(1 - \beta^2 \sin^2 \vartheta)^{3/2}} \mathbf{r}$.

3.231. $U = 0,5 \text{ В} \omega^2 l^2$. **3.232.** $E_i = 165$ мВ. **3.233.** $E_i = 47$ В. **3.234.** $q = 3,14$ мкКл

3.235. $\langle E \rangle = 1,0$ мВ. **3.236.** а) $L = 0,71$ мГн. б) $\Phi = 3,6$ мкВб. **3.237.** $L = 6,0$ мГн.

3.238. $L = 1,6$ мГн. **3.239.** $\mu = 1400$. **3.240.** $\tau = 4$ мс. **3.241.** $\tau = 10$ мс. **3.242.** $\eta = 1,5$ есе.

3.243. $q = \pi\mu_0 D d I_0 / (16\rho)$. **3.244.** $W = 10$ мДж. **3.245.** $W = 0,5\mu_0 n^2 I^2 S l$.

3.246. $I = 1,26$ А. **3.247.** $w = 160$ Дж/м³. **3.248.** $E = 150$ МВ/м. **3.249.** $w_M / w_3 = 1,1 \cdot 10^{-15}$. **3.250.** $t = 2,3$ Л / Р. **3.251.** 0,5 мВ; $U = 0$. **3.252.** 23 В. **3.253.** 63 мВ;

$U^c = 0$. **3.254.** 10 мГн. **3.255.** 0,28 мс. **3.256.** 1900. **3.257.** 610. **3.258.** 3,0 мГн. **3.259.** 2,1 Гн; 0,4 Дж. **3.260.** 181 Кл.

3.261. 3 нс. **3.262.** 100 км/с; $T = 4,1$ нс. **3.263.** 5 кэВ және 9 МэВ. **3.264.** 2,0 см.

3.265. 0,10 мВ. **3.266.** 0,10 кэВ.

3.267. $F = 1,6$ аН. **3.268.** $dB_{\text{cp}} / dt = 40$ Тл/с. **3.269.** $v = 0,998$ с. **3.270.**

$N = 5 \cdot 10^6$ айналым. **3.271.** $W_1^k = 0,10$ кэВ. **3.272.** а) $j_{\text{см}} = 0,5 \frac{d^2 B}{dt^2} r$ при $r <$

R ; б) $j_{\text{см}} = 0,5 \frac{d^2 B}{dt^2} \frac{R^2}{r}$, $r > R$ болса. **3.273.** а) $j_{\text{см}} = 3qv / 4\pi r^3$;

б) $j_{\text{бп}} = -qv / 4\pi r^3$. **3.274.** $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} [\mathbf{v} \mathbf{r}]$.

3.275. 2,5 кэВ. **3.276.** 9 см; $2,3 \cdot 10^{-24}$ кг·м²/с. **3.277.** $1,8 \cdot 10^{11}$ Кл/кг. **3.278.** 5,0 см.

3.278. а) $1,7 \cdot 10^7$ м/с; б) $2,83 \cdot 10^{-20}$ кг·м/с; в) $2,9 \cdot 10^8$ м/с; $3,0 \cdot 10^{-21}$ кг·м/с.

3.280. 0,33 см; 2,38 см. **3.281.** 0,66 мВ. **3.282.** $T = m_0 c^2 \{ [1 + (p/m_0 c)^2]^{1/2} - 1 \}$. **3.283.** 1) 13,7 см; 2) 22,8 см. **3.284.** $6,4 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с. **3.285.** 0,28 МэВ. **3.286.** 300 МэВ. **3.287.** 4,2 Тл. **3.288.** $7 \cdot 10^{-9}$ с.

КЕСТЕЛЕР

1. Денелердің тығыздықтары

Қатты дене	ρ , г/см ³	Сұйықтық	ρ , г/см ³
Алмаз	3,5	Бензол	0,88
Алюминий	2,7	Су	1,00
Вольфрам	19,1	Глицерин	1,26
Графит	1,6	Кастор майы	0,90
Темір	7,8	Керосин	0,80
Алтын	19,3	Сынап	13,6
Мұз	0,916	Спирт	0,79
Мыс	8,9	Ауыр су	1,1
Молибден	10,2	Эфир	0,72

2. Денелердің серпімділік модулдері

Зат	10^{10} , Па
Болат	20
Күміс	8,0
Алюминий	7,0
Мыс	13
Никель	20
Мұз -2 ⁰ С	0,28

3. Қатты денелердің жылулық қасиеттері

Зат	Балқу температурасы, ⁰ С	Меншікті жылу сыйымдылығы, Дж/(кг·К)	Меншікті балқу жылуы, 10 ⁵ Дж/кг
Болат	1440	0,45	2,7
Күміс	980,6	0,23	0,88
Алюминий	660	0,84	4,0
Мыс	1080	0,38	2,1
Никель	1453	0,46	3,0
Мұз -2 ⁰ С	0,00	2,1	3,4

4. Судың қаныққан буының қысымы

⁰ С	Қысым, кПа	⁰ С	Қысым, кПа	⁰ С	Қысым, кПа
0	0,61	25	3,15	60	19,9
5	0,87	30	4,23	70	31,0
10	1,22	35	5,60	80	47,3

15	1,70	40	7,35	90	70,0
20	2,33	50	12,3	100	101,3

5. Диэлектрлік өтімділік

Диэлектрик	ϵ	Диэлектрик	ϵ
Су	81	Полиэтилен	2,3
Ауа	1,00058	Слюда	7,5
Воск	7,8	Спирт	26
Керосин	2,0	Шыны	6,0
Парафин	2,0	Фарфор	6,0
Плексиглас	3,5	Эбонит	2,7

6. Пара- және диамагнетиктердің магниттік қабылдағыштығы

Парамагнетик	$\mu - 1, 10^{-6}$	Диамагнетик	$\mu - 1, 10^{-6}$
Азот	0,013	Сутек	-0,063
Ауа	0,38	Бензил	-7,5
Оттек	1,9	Су	-9,0
Эбонит	14	Мыс	-10,3
Алюминий	23	Шыны	-12,6
Вольфрам	176	Тастұз	-12,6
Платина	360	Кварц	-15,1
Сұйық оттегі	3400	Висмут	-176

Мұсабеков Оңдасын

Физика бойынша жеке тапсырмалар (1 –бөлім)

Жоғары техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы

Редактор

Техникалық редактор

Компьютерде терген

Мұсабеков О.

Басылуға 2014 қол қойылды

Таралымы 100 дана. Форматы 60/84 1/16

Офсеттік қағаз. Көлемі 10,0 баспа табақ. Тапсырыс №

Алматы технологиялық университетінің басылымы

Баспа орталығы, Алматы, Төле би, 100