

Әбдіқасова А.Ә.

**ЖАЛПЫ ФИЗИКА КУРСЫНЫҢ
СЕМЕСТРЛІК ТАСЫРМАЛАРЫ**

Алматы, 2012
Эверо

УДК 53(075)
ББК 22,3 я 7
Ә 14

Пікір жазғандар: ҚазҰТУ-дің материалдар кедергісі және механизмдер мен машиналар теориясы кафедрасының оқытушысы, т.ғ. докторы Рахимбеков З. М., ф-м.ғ. кандидаты, академик МАИН Шанкибаев Б.Н.

Әбдіқасова А.Ә. Жалпы физика курсының семестрлік тапсырмалары. Оқу құралы.-Алматы: «Эверо», 2012. -140 б.

ISBN 9965-585-89-x

Бұл оқу құралы жоғары оқу орындары үшін жалпы физикадан типтік бағдарламаға және жоғары білімді инженер-техникалық мамандарды дайындауға талаптарға, мемлекеттік стандарттарға педагогикалық негіздерге жазылған.

Оқу құралы үш семестрлік тапсырмалардан құрастырылған, әрқайсысы жиырма есептен тұрады.

Аталған оқу құралы негізінен техникалық жоғары оқу орындары студенттеріне арналған.

УДК 53(075)
ББК 22.3 я 7

ISBN 9965-585-89-x

© Әбдіқасова А.Ә., 2012-04-22
© Эверо, 2012

Кіріспе

Жалпы физика курсын оқыту процесінде әр студент теориялық материалдарды теңірек оқу және өздігінен жұмыс істеу мақсатымен әрқайсысы жиырма есептеп тұратын үш семестрлік тапсырма орындау керек. Бұл оқу құралы, жалпы физика курсын оқытын барлық инженер-техникалық мамандықтардың студенттеріне арналған. Бұл семестрлік тапсырма оқу бағдарламасының дәріс материалдарын толық қамтиды. Есептер, техникалық жоғары оқу орындары үшін жалпы физикадан типтік бағдарлама мен ҚазҰТУ-дың жалпы физика кафедрасының жұмыс бағдарламасының модульдеріне сәйкес келеді.

Ақпарат технологияларының және компьютерлендірудің дамуы, пәнді өз бетімен оқу мүмкіндігін молайтады. Сондықтан оқу материалы компьютерлік оқытудың талаптарына сай жасалған.

Семестрлік тапсырма варианттары сәйкес келетін кестелер бойынша анықталады. Электрондық үлгі екі тәсілмен жекешелеп алынатын вариантқа негізделген.

Бірінші тәсіл: Студенттің фамилиясы, аты, әкесінің аты, оқу тобы, сынақ кітапшасының нөмірі компьютерге енгізіледі; компьютер оқу құралының есеп нөмірлерін береді.

Екінші тәсіл: Студенттің фамилиясы, аты, әкесінің аты, оқу тобы, сынақ кітапшасының нөмірі компьютерге енгізіледі; компьютер электрондық есеп кітапшасынан (банк 200 есептен тұрады) берілетін есептердің шарттарын береді.

Берілген нөмірлер, нүктесі бар цифрдан тұрады, оның сол жағында модуль нөмірі, ал оң жағында- есептің реттік нөмірі беріледі.

Есептерді шығаруда әр студент мыналарды орындау керек:

- есеп шығаруды қолданылған негізгі заңдар мен формулаларды көрсету;

- есепте суретті түсініктеме (егер сурет керек болса). Есеп шығаруда қысқаша түсініктеме беру керек;

- есептің шешімін жалпы түрде беру керек, яғни ізделінетін шаманы алгебралық өрнек түрінде беру керек;

- пайдаланылатын формулалар бойынша ізделінетін шамлардың өлшем бірліктерін дұрыс беретінін тексеру керек. Ол үшін алынған жұмыс формуласының оң жағына әрітер орнына БХЖ жүйесіндегі бірліктерді қою керек;

- жұмыс формуласына БХЖ жүйесінде өрнектелген сандық мәндерін қою керек. Есептің шартын толығымен жазу керек.

№1 СЕМЕСТРЛІК ТАПСЫРМА

Варианттар кестесі

	Варианттар									
Есептік нөмірі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
2	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20
3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
4	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20
5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
6	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	3.17	3.18	3.19	3.20
7	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
8	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
9	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10
10	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10
11	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.10
12	8.11	8.12	8.13	8.14	8.15	8.16	8.17	8.18	8.19	8.20
13	8.21	8.22	8.23	8.24	8.25	8.26	8.27	8.28	8.29	8.30
14	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	9.10
15	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	10.10
16	10.11	10.12	10.13	10.14	10.15	10.16	10.17	10.18	10.19	10.20
17	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	11.10
18	11.11	11.12	11.13	11.14	11.15	11.16	11.17	11.18	11.19	11.20
19	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	12.10
20	13.1	13.2	13.3	13.4	13.51	3.6	13.7	13.8	13.9	13.10

1-модуль. Механикалық қозғалыс- материя қозғалысының ең қарапайым түрі.

Кеңістік және уақыт. Санақ жүйесі. Материалдық нүкте түсінігі. Қозғалыс заңы. Траекторияның теңдеуі. Жылдамдық және үдеу радиус-вектордың уақыт бойынша туындысы. Айналмалы қозғалыстың кинематикасының элементтері. Қисық сызықты қозғалыс кезіндегі жылдамдық және үдеу. Бұрыштық жылдамдық және бұрыштық үдеу.

1.1. Негізгі формулалар

- Материалдық нүктенің орташа және лездіе жылдамдығы:

$$; \bar{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}; v = \frac{ds}{dt};$$

мұндағы $\vec{r}$ - нүктенің радиус-векторы; ΔS - нүктенің берілген Δt уақыт ішінде бір орыннан екінші орынға қозғалғандағы жолы.

- Материалдық нүктенің орташа және лездік үдеуі:

$$; \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\vec{a}_\tau = \frac{d\bar{v}}{dt}$$

мұндағы $\vec{a}_n = \frac{v^2}{R}$ - тангенциал үдеу құраушысы;

-нормаль үдеу құраушысы (- траекторияның берілген нүктедегі қисықтық радиусы).

- Бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезіндегі дененің жүріп өткен жолы мен жылдамдығы

мұндағы v_0 - бастапқы жылдамдық.

- Бұрыштық жылдамдық:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\phi}}{dt}$$

- Бұрыштық үдеу:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt};$$

• Бірқалыпты айналмалы қозғалыстың бұрыштық жылдамдығы:

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

мұндағы T - айналу периоды (бір толық айналымның уақыты), ν - айналу жиілігі $\nu = N/t$, - мұндағы N - дененің t уақыттағы айналым саны.

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 \pm \frac{\vec{\varepsilon} t^2}{2}; \quad \vec{\omega} = \vec{\omega}_0 \pm \vec{\varepsilon} t$$

мұндағы ω_0 - бастапқы бұрыштық жылдамдық, t уақыт.

• Материалдық нүктенің айналмалы қозғалысын сипаттайтын сызықтық және бұрыштық шамалардың арасындағы байланыс:

$$s = R\varphi; \quad v = R\omega; \quad a_r = R\varepsilon; \quad a_n = \omega^2 R;$$

мұндағы R - айналу осінен шеңбер бойымен қозғалатын дененің арақашықтығы

$$s = R\varphi; \quad v = R\omega; \quad a_r = R\varepsilon; \quad a_n = \omega^2 R.$$

2.1. Бақылау жұмысы

1.1. Дене $h=45\text{м}$ биіктіктен бастапқы жылдамдықсыз құлайды. Соңғы жарты жолдағы орташа құлау жылдамдығы $\langle v \rangle$ табыңыз. (Ауаның кедергісін елемейіздер).

1.2. Таудан горизонталь бағытта 15м/с жылдамдықпен тас лақтырылған. Қанша уақыттан соң оның жылдамдығы горизонтпен $\alpha=45^\circ$ бұрышпен бағытталған болады?

1.3. Үйдің төбесінен $v=15\text{м/с}$ жылдамдықпен горизонталь лақтырылған тас горизонтпен $\alpha=60^\circ$ бұрыш жасай, жерге құлады. Үйдің биіктігі H қандай?

1.4. Екі автомашина бір-бірімен $\alpha=45^\circ$ бұрыш жасайтын жолдармен қозғалады. Автомашиналар жылдамдығы $v_1=54\text{ км/сағ}$

және $v_2=72$ км/сағ. Машиналар бір-бірінен қандай жыламдықпен қашықтайды?

1.5. Екі дене бір нүктеден $v_0=24,5$ м/с-ке тең, бірдей жылдамдықпен және $t=1$ с уақыт интервалымен вертикаль жоғары лақтырылған. Бұл денелер қандай биіктікте бір-бірімен соғысады? (Ауаның кедергісін елемейіздер).

1.6. Екі дене бір бағытта, түзу сызық бойымен қозғалады. Бірінші дене екіншіден $S_0=5$ м-ге қалған уақыт мезетінен бастап, жылдамдықтары $v_{01}=0,25$ м/с және $v_{02}=0,05$ м/с тең болған екі дене де бірқалыпты үдемелі қозғала бастайды (бірдей үдеумен). Қанша уақыттан соң бірінші дене екінші денені қуып жетеді.

1.7. Дене $v_0=4$ м/с бастапқы жылдамдықпен вертикаль, жоғары лақтырылған. Бұл дене ұшудың жоғары нүктесіне жеткенде осы бастапқы пункттен, сол бастапқы v_0 жылдамдықпен вертикаль, жоғары екінші дене лақтырылған. Бастапқы пункттен қандай қашықтықта h бұл денелер кездеседі? (Ауаның кедергісін елемейіздер).

1.8. $h=10$ м биіктіктегі терезеден бала тиынды $v=5$ м/с жылдамдықпен горизонталь бағытта тастаған. Тиын үйдің қабырғасынан қандай қашықтықта S құлайды?

1.9. Горизонталь жолмен 2 м/с жылдамдықпен қозғалатын вагонның терезесіне, 6 м/с жылдамдықпен салбырап (Жермен салыстырғанда) жауын тамшылары түседі. Бұл тамшылар горизонтпен қандай бұрыш жасап, шыны бетімен қозғалады?

1.10. Массасы m дене $h=100$ м биіктіктен горизонтпен $\alpha=40^\circ$ бұрыш жасап, $v=10$ м/с жылдамдықпен тасталған. Дененің Жер бетіндегі жылдамдығы мен ұшу қашықтығы қандай болады?

1.11. Нүкте радиусы $R=2$ см шеңбер бойымен қозғалады. Жолдың уақытқа тәуелділігі $S=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ теңдеуімен беріледі, мұндағы $B=1$ см/с, $C=0,1$ см/с², $D=0,01$ м/с³. Нүктенің сызықты жылдамдықты $v=0,3$ м/с болған кездегі нүктенің нормаль a_n және тангенциал a_t үдеулері қандай болады?

1.12. Радиусының бұрылу бұрышының уақытқа тәуелділігі $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ теңдеуімен берілетін дөңгелек айналысқа түседі, мұндағы $B=1$ рад/с, $C=1$ рад/с², және $D=1$ рад/с³. Қозғалыстың екінші секундының ақырында дөңгелектің тоғынында жатқан нүктелердің нормаль үдеуі $a_n=3,46 \cdot 10^3$ м/с²-қа тең болатыны белгілі болса, онда дөңгелек радиусы қандай болады?

1.13. Радиусы $R=0,1\text{м}$ дөңгелек, дөңгелек радиусынның айналу бұрышының уақытқа тәуелдігі $\varphi = A+Bt+Ct^3$ теңдеуі бойынша қозғалады, мұндағы $B=1\text{рад/с}$, $C=1\text{рад/с}^2$. Дөңгелек тоғынында жатқан нүктелер үшін қозғалыс басталғаннан 2 секунд өткенде: 1) бұрыштық жылдамдық; 2) сызықтық жылдамдық; 3) бұрыштық үдеу; 4) тангенциал үдеу; 5) нормаль үдеу шамалары қандай болады?

1.14. Радиусы $R=4\text{м}$ шеңбер бойымен қозғалатын нүктенің қозғалысы $S=A+Bt+Ct^2$ теңдеуімен беріледі, мұндағы $A=10\text{м}$, $B=2\text{м/с}$, $C=1\text{м/с}^2$. $t=2\text{с}$ уақыт моментінде нүктенің тангенциал a_τ нормаль a_n және толық үдеуі a қандай болады?

1.15. Нүкте радиусы $R=2\text{м}$ шеңбер бойымен $S=At^3$ (S - шеңбер бойымен орналасқан қайсібір бастапқы нүктеден бастап есептелген қисықсызықты координат), мұндағы $A=2\text{ м/с}^3$. Қандай уақыт моментінде t нүктенің нормаль үдеуі a_n тангенциал үдеуге a_τ тең болады? Осы уақыт моментіне толық үдеу a қандай болады?

1.16. Нүкте түзу бойымен $x=A+Bt^2$ теңдеуі бойынша қозғалады, мұндағы $A=2\text{м/с}$, $B=-0,5\text{м/с}^2$. $t_1=1\text{с}$ -тең $t_2=3\text{с}$ -қа дейінгі уақыт аралығындағы нүкте қозғалысының орташа жылдамдығын анықтаңыз. t_1 уақыт моментінде лездік жылдамдық қандай болады?

1.17. Екі материалдық нүкте мына теңдеулер бойынша қозғалады:

$$x_1=A_1t+B_1t^2+C_1t^3, \text{ мұндағы, } A_1=4\text{м/с}, B_1=8\text{м/с}^2, C_1=-16\text{м/с}^3;$$

$$x_2=A_2t+B_2t^2+C_2t^3, \text{ мұндағы, } A_2=2\text{м/с}, B_2=-4\text{м/с}^2, C_2=-11\text{м/с}^3;$$

Қандай уақыт моментінде бұл нүктелердің үдеулері бірдей болады? Осы уақыт моментінде нүктелердің жылдамдықтары мен үдеулері қандай болады?

1.18. Екі материалдық нүктенің қозғалысы мына теңдеулер бойынша өрнектеледі: $x_1=A_1t+B_1t+C_1t^2$, мұндағы, $A_1=20\text{м}$, $B_1=2\text{м/с}$, $C_1=-4\text{м/с}^2$; $x_2=A_2t+B_2t+C_2t^2$, мұндағы, $A_2=2\text{м}$, $B_2=2\text{м/с}$, $C_2=0,5\text{м/с}^2$; Қандай уақыт моментінде нүктелердің жылдамдықтары мен үдеулері қандай болады? Осы уақыт моментінде нүктелердің жылдамдықтары мен үдеулері қандай болады?

1.19. Нүкте түзу бойымен $x=At+Bt^3$ теңдеуі бойынша қозғалады, мұндағы $A=8\text{м/с}$, $B=0,2\text{м/с}^3$. $t_1=1\text{с}$ -тен $t_2=5\text{с}$ -қа дейінгі уақыт аралығындағы орташа үдеуді және $t=3\text{с}$ уақыт моментіндегі лездік үдеуді анықтау керек.

1.20. Вертикаль жоғары лақтырылған дене бірдей 8,6 м биіктікке 3с уақыт интервалының дененің бастапқы жылдамдығын табыңыз.

2-модуль. Материялық нүктенің динамикасы

Ньютон заңдары. Күш. Масса. Механикадағы күштердің түрлері. Гравитациялық күштер. Бүкіл әлемдік тартыс заңы. Серпінділік күші. Гук заңы. Үйкеліс күші. Интерциалды санақ жүйесі. Салыстырмалылықтың механикалық принципі. Галилей түрлендірулері. Инерциалды емес санақ жүйесі. Инерция күштері. Абсолют қатты дене түсінігі. Қозғалмайтын оське қатысты қатты дененің айналмалы қозғалыс динамикасынның теңдеуі. Қатты дененің айналмалы қозғалыс динамикасының теңдеуі. Қатты дененің күш моменті және инерция моменті. Штейнер теоремасы.

2.1. Негізгі формулалар

- Материалдық нүктенің импульсі (қозғалыс мөлшері),

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

- Ньютонның екінші заңы (материалдық нүктенің динамикасының негізгі теңдеуі),

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

- Кедергі күші,

$$F_{mp} = fN$$

мұндағы f - кедергі коэффициенті; мұндағы N -тіреу немесе аспа тарапынан денеге әсер ететін серпінділік күші (тіреудің реакция күші).

- Импульстің сақталу заңы: тұйық жүйенің импульсі, осы жүйедегі нүктелердің өзара әсерлесуі кезінде тұрақты болып қалады:

$$\vec{p} = \sum_{l=1}^n m_l^* \vec{v} = const.$$

мұндағы n - осы жүйеге кіретін материалдық нүктелер саны (немесе денелер).

- Серпінділік күш,

$$F = -kx$$

мұндағы x - ығысу; k - қатандылық коэффициенті.

- Серпінді деформацияланған дененің потенциалдық энергиясы,

$$\Pi = kx^2/2$$

мұндағы x - ығысу.

- Дененің серпінді деформациясының кернеуі,

$$\sigma = F/S$$

мұндағы F - денені созғанда (сыққанда) пайда болатын күш; S - ауданың көлденең қимасы.

- Гук заңы бойынша дененің бойлық созылуы (сығылуы),

$$\sigma = E\varepsilon$$

мұндағы E - Юнг модулі, ε - салыстырмалы ұзару (сығылу).

- Бүкіл әлемдік тартылыс заңы,
-

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

мұндағы F - бүкіл әлемдік тартылыс күші (гравитациялық күш), m_1 және m_2 екі материалдық нүктелердің массалары; r - нүктелердің бір-бірінен қашықтығы; G - гравитациялық тұрақты.

- Ауырлық күш,

$$P = mg$$

мұндағы m - дененің массасы; g - еркін түсу үдеу.

- Тартылу өрісінің кернеулігі,

$$g = F/m$$

мұндағы F - өрісте орналасқан массасы m материалдық нүктеге әсер ететін күш.

- Бір-бірінен r қашықтықта орналасқан массалары m_1 және m_2 екі материалдық нүктенің өзара гравитациялық әсерленуінің потенциалдық энергиясы,

$$\Pi = -Gm_1m_2/r$$

- Тартылыс өрісінің потенциалы

$$\varphi = \Pi/m$$

мұндағы Π - өрістің потенциалдық энергиясы.

- Тартылыс өрісінің потенциалы мен кернеулігінің байланысы

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

мұндағы $\vec{i}; \vec{j}; \vec{k}$ – координат осьтерінің орттары.

- Материалдық нүктенің оське қатысты энергия моменті

$$J = mr^2$$

мұндағы m - материалдық нүктенің массасы; r нүктеден оське дейінгі қашықтық.

- Дененің оське қатысты инерция моменті

мұндағы r_1 - массасы m_1 материалдық нүкте мен осьтің ара-қашықтығы. Егер дене біртекті болса, онда оның инерция моменті $J = \int r^2 dm$.

- Штейнер теоремасы

$$J = J_c + ma^2,$$

мұндағы J - кез-келген оське қатысты дененің инерция моменті.

Берілген оське параллель және дененің массалары центрі арқылы оттегін оське қатысты сұрақ инерция моменті m - дененің массасы; a - осьтердің ара-қашықтығы.

- Қозғалмайтын айналу z осі бар қатты дененің кинетикалық энергиясы

$$T_{\text{айн}} = J_z \omega^2 / 2$$

мұндағы J_z – дененің z осіне қатысты инерция моменті; ω – дененің бұрыштық жылдамдығы.

- Қозғалматын нүктеге қатысты күш моменті

$$\vec{M} = [\vec{r} \vec{F}]$$

мұндағы $\vec{r}$ – радиус-вектор, осы нүктеден $\vec{F}$ күш әсер ететін нүктеге бағытталған.

Күш моменті модулі,

$$M = Fl$$

мұндағы l – күш иіні (айналу осі мен күш әсері бағытының ең қысқа арақашықтық).

- Қатты дененің айналу кезіндегі сыртқы күштердің жұмысы,
 $dA = M_z d\varphi$

мұндағы $d\varphi$ – дененің бұрылу бұрышы; M_z z осіне қатысты күш моменті.

- Қатты дененің айналу осіне қатысты импульс моменті (қозғалыс мөлшерінің моменті).

$$L_z = \sum_{i=1}^n m_i v_i r_i = J_z \omega;$$

мұндағы r_i – z осімен дене бөлшегінің ара қашықтығы; $m_i v_i$ осы бөлшектің импульсі; J_z – z осіне қатысты дененің инерция моменті; ω – оның бұрыштық жылдамдығы.

- Қозғалмайтын оське қатысты қатты дененің айналмалы қозғалыс динамикасының теңдеуі (заңы)

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}; M_z = J_z \frac{d\omega}{dt} = J_z \varepsilon$$

мұндағы ε – бұрыштық үдеу; J_z – z осіне қатысты дененің инерция моменті.

- Материалдық нүктелердің тұйық жүйесінің импульс моментінің сақталу заңы (қозғалыс мөлшерінің моменті)

$$\vec{L} = \text{const}$$

2.2. Бақылау жұмысы

2.1. Маховик дөңгелегі $\omega = A + Bt + Ct^3$ заңы бойынша айналады, мұндағы $A=2$ рад, $B=16$ рад/с, $C=-2$ рад/с². Дөңгелектің нерция моменті $J=50$ кг·м². Айналу моменті M мен қуаттың N өзгеру заңдарын табыңыз.

2.2. Шар сырғанамай горизонталь бетпен айналып келеді. Шардың толық кинетикалық энергиясы $T=14$ Дж. Ілгерілемелі T_1 және айналмалы қозғалыстардың T_2 кинетикалық энергиялары қандай?

2.3. Диаметрі $D=6$ см шар сырғанамай горизонталь бетпен секундына 4 айналым жасап, айналып келеді. Шардың кинетикалық энергиясы қандай?

2.4. Массасы 2кг диск сырғанамай горизонталь бетпен 4м/с жылдамдықпен айналып келеді. Дискінің кинетикалық энергиясы қандай?

2.5. Массасы $m=80$ кг және радиусы $R=30$ см маховик дөңгелегі тыныштық күйде тұр. Маховик дөңгелегіне $n=10$ с⁻¹ жиілік беру үшін қандай A жұмыс істеу керек ?

2.6. Массасы $m=100$ кг және радиусы $R=2$ м диск пішіндес горизонталь платформа оның центрі арқылы өтетін вертикаль ось арқылы $n_1=10$ айн/мин⁻¹ жиілігімен айналады. Егер массасы $m=60$ кг кісі платформаның шетінен оның центріне өтетін болса, платформа қандай жылдамдықпен айнала бастайды?

2.7. Вертикаль ось бойымен инерция бойынша $n_1=10$ мин⁻¹ жиілігімен айналатын платформа шетінде массасы $m=70$ кг кісі тұр. Кісі платформа центріне өткен кезде, платформа $n_2=12$ мин⁻¹ жиілігімен айнала бастады. Платформа массасын m_2 анықтаңыз. Кісінің инерция моментін материялық нүкте үшін есептеңіз.

2.8. Жуковский орындығында кісі отыр және ол қолдарында орындық осі бойымен вертикаль бағытталған стержень ұстап тұр. Кісісі бар орындық $\omega_1=5$ рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналады. Егер стерженьді горизонталь күйге келетіндей етіп бұратын болса, кісісі бар орындық қандай бұрыштық жылдамдықпен ω_2 айналады?. Стержень ұзындығы $l=1.6$ м , массасы $m=4$ кг. Кісі мен орындықтың

суммалық инерция моменті $J=5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Стержень мен кісінің массалары центрі платформа осінде орналасқан деп есептеңіз.

2.9. Диск пішіндес платформа вертикаль осьпен айнала алады. Платформа шетінде кісі отыр. Егер кісі платформа шетімен жүріп, оны айналып өтіп, бастапқы (платформадағы) нүктеге қайтадан келетін болса, платформа қандай бұрышқа ω бұрылады?. Платформа массасы, $m_1=80 \text{ кг}$, кісінің массасы $m_2=80 \text{ кг}$.

2.10. Жуковский орындығында кісі отыр және созып ұстаған қолдарында әрқайсысының массасы $m_1=3,5 \text{ кг}$ болатын гантельдер ұстап тұр. Әр гантельден орындық осіне дейінгі қашықтық $l=70 \text{ см}$. Орындық $n_1=1\text{с}^{-1}$ жиілікпен айналады. Егер кісі әр гирден оське дейінгі қашықтық $l_2=20 \text{ см}$ – ге дейін болатындай етіп, қолдарын өзіне қарай сығатын болса, орындықтың айналу жиілігі қалай өзгереді ?. Кісі мен орындықтың (бірге) осьпен салыстырғандағы инерция моменті $J=5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

2.11. Вертикаль жоғары ұшырылған ракета $h=3200 \text{ км}$ биіктікке көтеріліп құлай бастады. Ракета өзінің құлауының бірінші секундінде қандай жол S жүреді?

2.12. Ракета жерден $v_0=10 \text{ км/с}$ бастапқы жылдамдықпен ұшырылса, Жердің радиусына тең биіктікте ракета жылдамдығы v қандай болады? (Ауаның кедергісін елемеңіз). Жердің радиусы R мен жер бетіндегі еркін түсу үдеуін белгілі есептеңіз.

2.13. Бастапқы жылдамдығы v бірінші космос жылдамдығына тең болса, вертикаль жоғары ұшырылған ракета жер бетінен қандай биіктікке h көтеріледі?

2.14. Күннің беті маңында бірінші және екінші космос жылдамдықтары қандай болады?

2.15. Марс планетасының радиусы $R=3,4 \text{ Мм}$, массасы $M=6,4\cdot 10^{23} \text{ кг}$. Марстың бетінде гравитациялық өрістің кернеулігі G қандай болады.

2.16. Кіші планетаның радиусы $R=250 \text{ км}$ орташа тығыздығы $\rho=3 \text{ г/см}^3$. Планета бетіндегі еркін түсу үдеуі g белгісіз. Соны анықтаңыз.

2.17. Спутник Жер айналасында шеңбер орбитасымен $h=520 \text{ км}$ биіктікте қозғалады. Спутниктің айналу периодын анықтаңыз. Жер беті маңындағы еркін түсу үдеуі g мен жердің радиусы белгілі деп есептеңіз.

2.18. Спутник Жер орбитасында $T=90$ мин периоды мен шеңбер орбитасы бойынша айналады. Спутниктің биіктігін табыңыз. Жер беті маңында еркін түсу үдеуі Жердің радиусы белгі деп есептеңіз.

2.19. Жердің жасанды спутнигінің айналу периоды $T=2$ сағ. Спутник орбитасын шеңбер бойымен деп есептеп, оның Жер бетінен қандай биіктікте қозғалатынын табыңыз.

2.20. Жер бетінен вертикаль жоғары $v=5$ км/с жылдамдықпен ракета ұшырылған. Ол қандай биіктікке көтеріледі?

3-модуль. Сақталу заңдары

Сақталу заңдары – кеңістік пен уақыттың симметриялық салдары. Материялық нүктелер жүйесі. Сыртқы және ішкі күштер. Механикалық жүйенің масса центрі (инерция центрі) және оның қозғалыс заңы. Импульстің сақталу заңы- табиғаттың түпкілікті заңының бірі. Реактивті қозғалыс. Мешерский теңдеуі. Орталық өрістегі қозғалыс. Кеплер заңдары. Энергия – қозғалысты әр түрлі түрлерінің және өзара әсерлерінің әмбебап өлшемі. Күш жұмысы және оның қисық сызықты арқылы берілетін өрнегі. Қуат. Механикалық жүйенің кинетикалық энергиясы және оның жүйеге түсірілетін сыртқы және ішкі күштері жұмысымен байланысы. Сыртқы күш өрісіндегі материялық нүктенің потенциалдық энергиясы, оның материялық нүктеге әсер ететін күшпен байланысты. Консервативті және консервативті емес күштер. Механикадағы энергияның сақталу заңы. Импульс моменті. Импульс моментінің сақталу заңы. Импульс моменті. Импульс моментінің сақталу заңы. Гироскопиялық эффект.

3.1. Негізгі формулалар

- Тұрақты күш әсер еткенде дененің жасайтын жұмысы $dA=F_s ds=F ds \cos \alpha$,

мұндағы - F_s күштің орын ауыстыру dS бағытындағы проекциясы; α - күш пен орын ауыстыру векторларының арасындағы бұрыш.

- S жол жүріп дененің кинетикалық энергиясы,

$$A = \int F_s ds = \int F \cos \alpha ds$$

- Қозғалыс жасаған дененің кинетикалық энергиясы,
- Өрістің берілген нүктесінде берілген әсер етеін F күшімен бөлшектің потенциалдық энергиясыны байланысы

мұндағы i, j, k , - X, Y, Z , осьтеріне сәйкес орттар.

- Жер бетінен h биіктікте дененің потенциалдық энергиясы

$$P=mgh,$$

Мұндағы g - Еркін түсу үдеуі.

3.2. Бақылау жұмысы

3.1. $t=8\text{с}$ - ке тең уақытта тоқтау үшін $n=12\text{с}^{-1}$ жиілікпен айналатын блокқа түсірілетін күш моментін анықтау керек. Блоктың диаметрі $D=30$ см блоктың массасы $m=30$ кг тоғын (обод) бойымен бір қалыпты деп таралған деп есептеңіз.

3.2. Радиусы $R=60$ см махавик дөңгелегінің тоғына оралған жіптің ұшына массасы $m=2$ кг жүк ілінген. Егер махавик жүктің ауырлық күші әсері мен бірқалыпты үдеумелі айналып, $t=3\text{с}$ ішінде $\omega=9$ рад/с бұрыштық жылдамдыққа ие болса, махавиктің инерция моменті қандай болады?

3.3. Массасы $m=100$ кг және радиусы $R=5$ см вал (білік) $n=8\text{с}^{-1}$ жиілікпен айналады. Валдың цилиндрлік бетіне тежеуіш қалыпты (калотка) $F=40\text{Н}$ күшпен қысқанда, вал $t=10\text{с}$ –тан кейін тоқтаған. Үйкеліс коэффициенттің f табу керек.

3.4. Стержень, оның ортасы арқылы өтетін ось айналасында $\varphi=At+Bt^3$ теңдеуі бойынша айналады, мұндағы $A=2$ рад/с, $B=0.2$ hfl/c^3 . Егер стерженьнің инерция моменті $J=0,048$ $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ болса, айналу басталғаннан $t=2\text{с}$ уақыт өткен моменте стерженьге әсер ететін айналу моментін M анықтау керек.

3.5. Массасы $m=10$ кг және радиусы $R=20$ см шар оның центрі арқылы өтетін ось айналасында айналады. Шардың айналу теңдеуі

мынадай: $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$, мұндағы $B = 4 \text{ рад/с}^2$, $C = -1 \text{ рад/с}^3$. Шарға әсер етуші күш моментінің өзгеру заңын табыңыз.

3.6. Жылжымайтын массасы $m = 0.2 \text{ кг}$ блокқа оралған жіптің ұштарына массалары $m_1 = 0.2 \text{ кг}$ және $m_2 = 120 \text{ г}$ жүктер ілінген. Егер блоктың массасы тоғын (обод) бойымен біркелкі таралса, жүктердің қозғалысы кезінде блоктың ееккі жығындағы жіптің керілу күштері T_1 мен T_2 қандай болады?

3.7. Ұзындығы $l = 50 \text{ см}$ және массасы $m = 400 \text{ г}$ жіңішке біртекті стержень оның ортасына перпендикуляр өтетін ось арқылы $\varepsilon = 3 \text{ рад/с}^2$ бұрыштық үндеумен айналады. Айналу моментін M анықтаңыз.

3.8. Радиусы $R = 0.5 \text{ м}$ барабанға оралған жіптің ұшына массасы $m = 9.8 \text{ кг}$ жүк ілінген. Жүктің $a = 2.04 \text{ м/с}^2$ үдеумен түсетіне белгілі болса, барабаның инерция моменті қандай болады?

3.9. Массасы 9 кг барабанға оралған жіптің ұшына массасы $m_2 = 2 \text{ кг}$ жүк байланған. Жүктің қозғалыс үдеуін анықтаңыз. Барабанды біртекті цилиндр деп есептеңіз. (Үйкелісті елемеңіз).

3.10. Диск пішінді блок арқылы жіп өткізілген. Жіптің ұштарына массалары $m_1 = 100 \text{ г}$ және $m_2 = 120 \text{ г}$ жүктер байланған. Блоктың массасы $m = 400 \text{ г}$ болса жүктердің қозғалыс үдеуі қандай?

3.11. Блок арқылы өткізілген жеңіл және созылмайтын жіптің ұштарына массалары $m_1 = 0.2 \text{ кг}$ және $m_2 = 0.3 \text{ кг}$ жүктер ілінген. Егер блоктың массасы $m = 0.4 \text{ кг}$ ал оның осі вертикаль жоғары қарай $a = 2 \text{ м/с}^2$ үдеуімен қозғалатын болса, блоктың екі жағындағы жіпке әсер етуші күштер бір-бірінен қанша есе өзгешелеу болады? (Үйкеліс күші мен жіптің блоктан сырғып кетуін елемеңіз)

3.12. Столдың шетіне блок орнатылған. Блок арқылы салмағы жоқ, созылмайтын жіп өткізіліп оның ұштарына жүктер ілінген. Оның біреуі стол үстімен қозғалса, ал екіншісі вертикаль төмен қозғалады. Егер әр жүктің және блоктың массасы бірдей болып және жүктер $a = 5.6 \text{ м/с}^2$ үдеуімен қозғалатын болса, жүк пен стол беттері арасындағы үйкеліс коэффициенті f қандай болады? Жүктің блоктан сырғып кетуін және блокқа әсер етуші үйкеліс күшін елемеңіз.

3.13. Диск пішінді, массасы $m = 0.4 \text{ кг}$ блок жіптің керілу күші әсерінен айналады, жіптің ұштарына массалары $m_1 = 0.2 \text{ кг}$ және $m_2 = 0.7 \text{ кг}$ жүктер ілінген. Блоктың екі жағындағы жіптің T және T керілу күштерін анықтау керек.

3.14. $n = 12 \text{ с}^{-1}$ жиілігі мен айналатын блокты $\Delta t = 18 \text{ с}$ уақыт ішінде тоқтау үшін блокқа түсірілетін күш моментін M анықтау керек. Блок

диаметрі $D=30$ см блоктың $m=10$ кг массасы оның тоғыны (обод) бойымен бірқалыпты таралған деп есептеңіз.

3.15. Диск горизонталь жазықтық бетімен $v=8$ м/с жылдамдықпен сырғанайды. Егерде ол өздігінен $S=18$ м жол жүріп, тоқтаған болса, кедергі коэффициенті қандай болады?

3.16. Стержень оның ортасы арқылы өтетін ось айналысында $\varphi=At+Bt^3$ теңдеуші бойынша айналады, мұндағы $A=2$ рад/с, $B=0,4$ рад/с³. Егер стерженьнің инерция моменті $J=0.048$ кг·м² болса, айналыс басталуынан уақыт өткенде стерженьге әсер етуші айналу моменті M қандай болады?

3.17. Диаметрі $D=4$ см блок арқылы өткізілген жіптің ұштарына массалары $m_1=50$ кг және $m_2=60$ кг жүктер байланған. Егер жүктердің ауырлық күш нәтижесінде блок $\varepsilon=1,5$ рад/с² үдеуіне ие болса, оның инерция моменті қандай болады? (Үйкелісті және жіптің блоктан сырғып кетуін елемеңіз).

3.18. Диаметрі $D=60$ см маховиктің тоғына (об) оралған жіптің ұшына массасы $m=2$ кг жүк байланған. Егерде маховик жүктің ауырлық күші әсерінен үдемелі айналып $\omega=9$ рад/с уақыт ішінде бұрыштық жылдамдыққа ие болатын болса, маховиктің инерция моменті қандай болады?

3.19. Тесік пішінді диаметрі $D=75$ см және массасы $m=40$ кг маховиктің шкивінет жанама түрде $F=10$ кН күш түсірілген. Егер шкив радиусы $r=12$ см болса, күш әсер етуден бастап $t=10$ с уақыт өткен соң маховиктің бұрыштық үдеуі ε мен айналу жиілігі n қандай болады?

3.20. Массасы $m=60$ г шарик ұзындығы $l_1=12$ м жіптің ұшына байланып, горизонталь жазықтыққа сүйеніп $n_1=2$ с⁻¹ жиілікпен айналады. Жіп қысқарып, шарикті оське жақындатып, $l_2=60$ м ұзындыққа дейін жеткізеді. Бұл жағдайда шарик қандай n_2 жиілікпен айналады? Жіпті қысқарту үшін сыртқы күш қандай жұмыс A атқарады? (Шариктің жазықтықпен үйкелісін елемеңіз).

4-модуль.

Салыстырмалықтың арнайы теориясының элементтері.

Энштейн постулаттары. Лоренц түрлендірілуі. Түрлендірілудің инварианттары. Жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы. Импульстың және энергияның түрлендірілуі.

4.1. Негізгі формулалар.

- Лоренц түрлендірулері.

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

мұнда K' жүйесі K жүйесіне қатысты x осі бойынша v жылдамдықпен оң бағытта қозғалып бара жатсын, (x' және x сәйкес келеді) ал y' мен y және де z' мен z осьтері өзара параллель болсын. c -жарықтың вакуумда тарау жылдамдығы.

- Релятивтік сағат жүрісінің бәсеңдеуі

$$\tau' = \frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

мұндағы τ - екі оқиғаның уақыт аралығы, ол денемен бірге қозғалатын сағатпен өлшенген; τ' - сол оқиғалар аралығын қозғалмайтын сағатпен өлшенген.

- Релятивистік (лоренцтік) ұзындықты қысқартуы

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

мұндағы l_0 - стерженьнің тыныш күйдегі санақ жүйесінде өлшенген ұзындығы (меншікті ұзындық); l - стерженьнің қозғалған соң жүйесінде өлшенген ұзындығы.

- Релятивистік жылдамдықтарды қосу заңы

$$u'_x = \frac{u_x - v_0}{1 - \frac{vu_x}{c^2}}; u_y = \frac{u_y \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{vu_x}{c^2}}; u_z = \frac{u_z \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{vu_x}{c^2}}$$

мұндағы K' жүйесі K жүйесіне қатысты x осі бойынша v жылдамдықпен оң бағытта қозғалып бара жатыр; c -жарықтың вакуумда тарау жылдамдығы.

- Екі оқиға арлығындағы интервал S_{12} (инварианттық өлшем)

мұндағы t_{12} – 1-ші және 2-ші оқиғалар аралығындағы уақыт мезеті; l_{12} – оқиға болған нүктелердің ара-қашықтығы.

- Релятивистік өлшемнің массасы және релятивистік импульс

мұндағы m_0 – тыныштық массасы.

- Релятивистік динамиканың негізгі заңы

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

мұндағы $\vec{p}$ – бөлшектің релятивистік импульсі.

- Релятивистік бөлшектің толық және кинетикалық энергиясы

$$E = mc^2 = v_0 c^2 + T, \quad T = (m - m_0)c^2.$$

- Релятивистік бөлшектің энергиясы мен импульсі арасындағы байланыс.

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

4.2. Бақылау жұмысы

4.1. Протон кинетикалық энергияға ие, ол тыныштық күйдегі энергияға тең егер оның импульсі $n=2$ есе өсетін болса, кинетикалық энергиясы қанша есе өседі?

4.2. Электронның импульсі $p=mc$. Егер оның энергиясы $n=2$ есе өсетін болса, осы электронның соңғы импульсі ($m_0 c$ бірліктерінде) қандай болады?

4.3. Кинетикалық энергиясы екі еселенген тыныштық күйдегі энергияға тең болуы үшін, бөлшекке қандай жылдамдық β (жарық жылдамдығының үлесінде) беру керек?

4.4. $T=1,53$ МэВ энергияға ие болған электронның релятивистік массасы m оның тыныштық күйдегі массасының m_0 қанша есе көп болуы керек?

4.5. Протонның импульсі $p=mc$. релятивистік импульсі екі есеге өсуі үшін, протонға қанша қосымша кинетикалық энергия беру керек?

4.6. Электрон жылдамдығы $v=0,8c$ (c - жарықтың вакуумдағы жылдамдығы). Электронның мегаэлектрон вольтпен өлшенетін тыныштық күйдегі энергиясын біле тұра, осы бірлікте өлшенетін электронның кинетикалық энергиясын анықтау керек.

4.7. Кинетикалық энергиясы $T=1,53$ МэВ p -электронның релятивистік импульсінің электронның комптондық импульсіне қатынасын анықтау керек.

4.8. Қандай жылдамдықта β (жарық жылдамдығының үлесінде) кез келген зат бөлшегінің релятивистік массасы тыныштық массасынан $n=3$ есе көп болады?

4.9. Кинетикалық энергиясы $T=1,53$ МэВ протон тежелгенде осы энергияның үштен бірін жоғалтты. α - бөлшектің релятивистік импульсі қанша есе өзгергенін анықтау керек.

4.10. Ракета жылдамдығымен қозғалады, мұндағы c -жарықтың вакуумдағы жылдамдығы. Бөлшектің кинетикалық энергиясы тыныштық энергиясының қандай бөлігі болып табылады?

5-модуль.

Тұтас орталар механикасының элементтері.

Тұтас орта түсінігі. Сұйықтар мен газдардың жалпы қасиеттері. Идеал және тұтқыр сұйық. Бернулли теңдеуі. Сұйықтардың ламинарлық және турбуленттік ағыны. Стокс өрнегі. Пуазель теңдеуі. Серпінді кернеулер. Серпінді деформацияланған дененің энергиясы.

5.1. Негізгі формулалар

- Тұйық ыдыстағы биіктігіндегі h сұйықтың гидростатикалық қысымы

$$p=\rho gh$$

мұндағы ρ - сұйықтың тығыздығы.

- Архимед заңы

$$F_A = \rho g V$$

мұндағы F_A - кері итеруші күш; V - итеріліп шыққан сұйықтың көлемі.

- Үзіліссіздік теңдеуі

$$S_v = \text{const},$$

мұндағы S - ток түтігінің көлденең қимасының ауданы; v - сұйық жылдамдығы.

- Үзіліс идеал сұйықтың стационар ағынына арналған Бернулли теңдеуі

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

мұндағы ρ - белгілі ток ағын түтігінің көлденең қимасындағы сұйықтың статикалық қысымы; v - осы қимадағы сұйық жылдамдығы; ???- осы қимадағы сұйықтың, сұйық деңгейінен төмен орналасқан тар төсіктен ағып шығу жылдамдығын есептеуге арналған формула

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

мұндағы h - сұйық деңгейінің биіктігі.

- Пуазейль формуласы. Цилиндр тәрізді түтіктен t уақытта ағып шыққан сұйықтың (газдың) мөлшерін төменгі өрнек бойынша анықтаймыз,

$$V = \pi r^4 t \Delta p / (8 l \eta)$$

мұндағы r - түтіктің радиусы; l - оның ұзындығы; Δp - түтіктің ұштарындағы қысымның айырымы; η - сұйықтың динамикалық тұтқырлығы (ішкі үйкеліс коэффициенті).

- Сұйық қабаттардың арасындағы ішкі үйкеліс күші

мұндағы η -сұйықтың динамикалық тұтқырлық коэффициенті; $\Delta v/\Delta x$ -жылдамдық градиенті; S - сұйық қабат бетінің ауданы.

- Стокс формуласы, тұтқыр сұйық ішіндегі шар қозғалысына жасалатын кедергі күшін анықтайды.

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

мұндағы r -шардың радиусы; v - оның жылдамдығы.

5.2. Бақылау жұмысы

5.1. Биіктігі $H=2$ м бақтың кенересне дейін сұйық құйылған. Бак қабырғасынан істелінген тесіктен ағып шыққан сұйықтың түскен жері бактан максималь қашықтықта болу үшін, тесік қандай биіктікте h жасалуыну керек?

5.2. Көлденең қимасы $S_1=4$ см² сұйық ағыны Жер бетінен биіктікте орналасқан брандспойттан горизонталь бағытта ағып шығып, Жер бетіне $H=2$ м қашықтықта түседі. Шлангының көлденең қимасының ауданы $S_2=4$ см² болса, судың қозғалысына ауа кедергісін елемей, шлангыдағы судың қысымы p қандай болатынын анықтаңыз.

5.3. Биіктігі $h=1,5$ м бактың кенересіне дейін сұйық құйылған. Бактың жоғарғы шегінен $d=1$ м қашықтықта кіші диаметрлі тесік пайда болған. Осы тесіктен ағып шыққан сұйық еденгн бактан қандай қашықтықта түседі?

5.4. $v=10$ м/с жылдамдықпен қозғалатын, диаметрі $d=2$ см су ағыны оған перпендикуляр орналасқан қозғалмайтын жазық бетпен соқтығысады. Бұл соқтығысудан кейінгі су бөлшектерінің жылдамдығы 0-ге тең деп есептеп, бетке түсірілген ағын қысымының күші F қандай болатынын табыңыз.

5.5. Желдің қабырғаға түсірілген қысымы $p=200$ Па. Егер жел қабырғаға перпендикуляр бағытта соғатын болса, желдің жылдадығы қандай болады? Ауаның тығыздығы $\rho=1,29$ кг/м³

5.6. Горизонталь орналасқан бүріккіш (спринцовка) поршеніне $F=15$ Н күш түсірілген. Поршеньнің ауданы $S=12$ см² болса, бүріккіштің ұшынан ағып шыққан жылдамдығы v қандай болады?

5.7. Горизонталь орналасқан цилиндрдің диаметрі $d_1=20$ см. Цилиндр ішінде орналасқан поршень $v_1=1$ м/сжылдамдықпен

қозғалып, диаметрі $d_2=2$ см тесік арқылы суды ығыстырып шығарды. Тесіктен ағып шыққан судың жылдамдығы v_2 қандай болады? Цилиндрдегі судың артық мөлшердегі қысымы p қандай?

5.8. Көлденең қимасының ауданы $S_1=20$ см, горизанталь орналасқан құбырмен сұйық ағады. Құбырдың бір жерінде көлденең қима тарылып, оның ауданы $S_2=12$ см²-қа тең болады. Құбырдың кең және тар бөліктерінде орнатылған манометрлік трубкалардағы деңгейлер айырмасы $\Delta h=8$ см. Сұйықтың көлемдік шығының Q анықтаңыз.

5.9. Горизанталь орналасқан құбырдың кең бөлігі арқылы $v_1=2$ м/с жылдамдықпен мұнай ағады. Егер құбырдың кең және тар бөліктеріндегі айырмасы $\Delta p=6,65$ кПа болса, құбырдың тар бөлігі арқылы ағатын мұнайдың жылдамдығы v_2 қандай болады?

5.10. Су айнымалы құймасы бар, горизанталь орналасқан құбырмен ағады. Құбырдың кең бөлігі арқылы ағатын судың жылдамдығы $v_1=20$ см/с. Құбырдың тар бөлігінің диаметрі d_2 оның кең бөлігінің d_1 диаметрінен 1,5 есе аз болса, құбырдың тар бөлігі арқылы ағатын судың жылдамдығы v_2 қандай болады?

6-модуль. Гармоникалық тербелістер.

Гармоникалық тербелістердің жалпы сипаттамалары. Серіппедегі жүктің тербелісі, математикалық маятник, физикалық маятник. Тербелістерді қосу. Векторлық диаграмма. Еркін өшетін тербелістер. Өшу коэффициенті. Өшудің логарифмдік декременті. Синусоидалдық күштің әсерінен болатын еріксіз тербелістердің амплитудасы мен фазасы. Резонанс. Автотербелістер.

6.1. Негізгі формулалар

- Гармоникалық тербеліс теңдеуі

$$s=A\cos(\omega_0 t+\varphi)$$

мұндағы s -тербелген шаманың тепе-теңдік күйден ауытқуы; A -тербеліс амплитудасы; $\omega_0=2\pi/T=2\pi\nu$ -тербелістің циклдік жиілігі; $\nu=1/T$ - жиілік; T -тербелістер периоды; φ_0 - бастапқы фаза.

- Материялық нүктенің гармоникалық тербеліс кезіндегі жылдамдығы мен үдеуі,

$$\frac{d^2s}{dt^2} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi) = -\omega_0^2 s$$

- Гармоникалық тербелген массасы m нүктенің кинетикалық энергиясы

- Потенциалдық энергия,

$$П = \frac{mA^2\omega_0^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi).$$

- Толық энергия,

$$E = \frac{mA^2\omega_0^2}{2}.$$

массасы m материялық нүктенің гармоникалық тербелісінің дифференциалдық теңдеуі

$$m\ddot{x} = -kx \text{ немесе } \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0,$$

мұндағы k - қатандылық коэффициенті (Н/м).

- Пружиналық маятниктің тербеліс периоды,

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

- Физикалық маятниктің тербеліс периоды

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

мұндағы J -маятниктің айналу өрісіне қатысты энергия моменті;
 L -айналу өсінен маятниктің ауырлық центріне дейінгі қашықтық;

$L=J/(ml)$ – физика маятниктің келтірілеген ұзындығы; g - еркін түсу үдеуі.

- Математикалық маятниктің тербеліс периоды

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

мұндағы J - маятниктің ұзындығы.

- Өнестін тербелісінің сызықтық жүйенің дифференциалық теңдеуі:

$$\frac{d^2s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = 0; S = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi).$$

мұндағы s - тербелген дене ығысуы; δ - өшу коэффициенті ($\delta=r/(2m)$)-механикалық тербеліс үшін; $\delta=R(2L)$ -электрамагниттік тербеліс үшін; ω_0 -тербеліс жүйесінің еркін өшпейтін тербелісінің жиілігі; -өшетін тербелістің жиілігі; $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ -өшетін тербелістің амплитудасы.

- Өшу декременті

мұндағы $A(t)$ және $A(t+T)$ - бір-бірімен периодқа сәйкес уақытқа ажырылатын екі көршілес ауытқуларының амплитудалары.

- Өшудің логарифмдік декременті

$$\Theta = \frac{\ln(A(t))}{A(t+T)} = \delta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N}$$

мұндағы $\tau=1/\delta$ - релаксация уақыты; N -амплитуда шамасы е есе кемитін уақыттағы тербеліс саны.

- Тербелмелі жүйенің сапалығы

$$Q = \frac{\pi}{\Theta} = \frac{\omega_0}{2\delta}$$

• Еріксіз тербелістердің дифференциалдық теңдеуі және қалыптасқан тербеліс үшін шешімі

$$\frac{d^2s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = x_0 \cos \omega t$$

мұндағы S – физикалық процесті сипаттайтын тербелетін шама ($x_0 = F_0/m$)

6.2. Бақылау жұмысы

6.1. Массасы $m=20$ г математикалық маятниктің тербеліс жиілігі $n=0,5 \text{ с}^{-1}$ болса, жіптің вертикалдан $\alpha=10^0$ -қа тең ауытқу бұрышына сәйкес келетін жағдайы үшін потенциалдық энергиясы Π қандай болады? Маятниктің тепе-теңдік жағдайындағы потенциалдық энергиясын 0-ге тең деп есептеу керек.

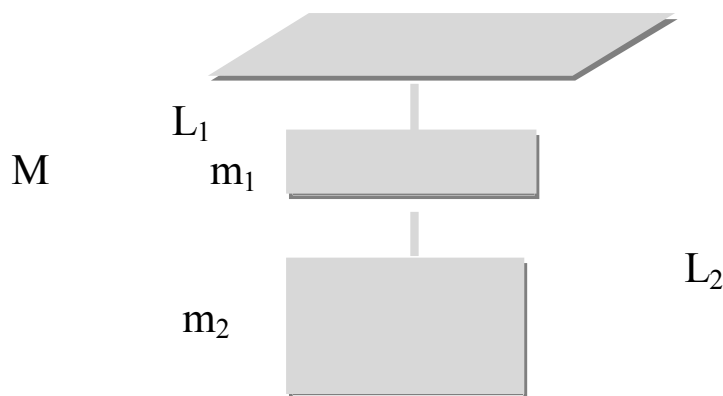
6.2. Радиусы $R=20$ см дискінің радиусының ортасы арқылы, оның жазықтығына перпендикуляр өтетін горизонталь ось маңындағы қарапайым гармоникалық тербелістердің жиілігін n анықтау керек.

6.3. Материялық нүктенің бастапқы уақыт моментінде ығысуы $x_0=4$ см, ал жылдамдығы $v=10$ см/с болатын етіп қарапайым гармоникалық тербелістер жасайды. Егер тербеліс периоды $T=2$ с болса, тербелістердің амплитудасы A мен бастапқы фазасы ϕ_0 қандай болады?

6.4. Радиусы $R=40$ см дискінің жанамақұраушысы арқылы өтетін горизонталь ось маңында, қарапайым гармоникалық тербелістерінің периодын T анықтау керек.

6.5. Ұзындығы 1 стерженьнің оның шеті арқылы өтетін оське байланысты тербелістер периодын анықтау керек. Стерженьге массалары $m_1=m$ және $m_2=3m$ жүктер ілінген. Ілу нүктесінен бірінші

жүкке дейінгі қашықтық $l_1=10$ см, ал жүктердің бір-бірінен ара қашықтығы $l_2=l_1$ (6.1-сурет).



(6.1-сурет)

6.6. Массасы 10г материялық нүкте $x=A\sin(\omega t+\varphi)$ теңдеуі бойынша тербеледі, мұндағы $A=5$ см, $\varphi = \frac{\pi}{4}$; $\omega = \frac{\pi}{5}$. Нүктеге әсер етуші максималь күш пен тербелген нүктенің толық энергиясын табу керек.

6.7. Гармоникалық тербелістердің амплитудасы 50 мм, периоды 4 с, бастапқы фазасы $\varphi = \frac{\pi}{4}$. Осы тербелістің теңдеуін жазу керек. $t=0$ және $t=1,5$ уақыттары үшін тербелген нүктенің тепе-теңдік жағдайынан ығысуларын табу керек.

6.8. Нүктенің максималь үдеуі $49,9 \text{ см/с}^2$, тербелістер периоды 2 с, нүктенің бастапқы уақыт моментіндегі тепе-теңдік жағдайынан ығысуы 25 мм болса, гармоникалық тербелмелі қозғалыстың теңдеуі қандай болады?

6.9. Материялық нүктенің гармоникалық тербелістерінің амплитудасы $A=2$ см, толық энергиясы $E=3 \cdot 10^{-7}$ Дж. Тербелуші нүктенің тепе-теңдік жағдайынан қандай ығысуында оған $F=2,25 \cdot 10^{-3}$ Н күш әсер етеді?

6.10. Гармоникалық тербелмелі қозғалыс жасайтын дененің толық энергиясы $3 \cdot 10^{-5}$ Дж, денеге әсер етуші максималь күш $1,5 \cdot 10^{-3}$ Н. Егер тербелістер периоды 2 с және бастапқы фазасы 60° болса, бұл дененің қозғалыс теңдеуі қандай болады?

7-модуль. Толқынды процестер

Толқындық қозғалыстың негізгі сипаттамалары. Жазық стационар толқын. Жазық синусоилдық толқын. Қума және тұрғын толқындар. Фазалық жылдамдық. Допплер эффектісі. Дыбыс. Ультрадыбыс.

7.1. Негізгі формулалар

- Толқын ұзындығы λ , тербеліс периоды T және жиілік ν арасындағы

$$\lambda = \nu T; \nu = \lambda \nu$$

- x осінің бойымен оң бағытта таралатын жазық толқын теңдеуі,

$$\xi(x,t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

мұндағы $\xi(x,t)$ -берілген ортаның t уақыт аралығындағы x координаты бойымен нүктенің ығысуы; A - толқын амплитудасы; ω -циклдік жиілік; $k = 2\pi/\lambda = 2\pi(\nu T) = \omega/\nu$ -толқындық саны (λ - толқын ұзындығы; ν -фазалық жылдамдық; T - тербеліс периоды); φ_0 -тербелістің бастапқы фазасы.

- $\delta\varphi$ фазалар айырымы мен Δ жол айырымының байланысы,

$$\delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda}$$

мұндағы $m=0,1,2,\dots$

- ν фазалық және u топтық жылдамдықтар және олардың өзара байланысы

$$\nu = \frac{\omega}{k}; u = \frac{d\omega}{dk}; u = \nu - \lambda \frac{d\nu}{d\lambda}.$$

- Тұрғын толқын теңдеуі

$$\xi(x,t) = 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \omega t = 2A \cos kx \cos \omega t$$

- Тұрғын толқынның шоғырлары мен түйіндері,
- Акустикадағы Допплер эффектісі,

$$\nu = \frac{(\nu \pm \nu_{\text{пр}})}{\nu \pm \nu_{\text{пеш}}},$$

мұндағы ν -қозғалған қабылдағыштың ұстаған дыбыс жиілігі; ν_0 -көздің шығарған дыбыс жиілігі; ν -қабылдағыштың қозғалыс жылдамдығы; ν_k -көздің қозғалыс жиілігі; ν - дыбыстың таралу жылдамдығы; Жоғары таңбалар көбен қабылдағыш жақындағанда алынады ал төменгі таңбалар өзара алыстанғанда алынады.

7.2. Бақылау жұмысы

7.1. Толқын серпінді ортада $\nu=100$ м/с жылдамдықпен тарайды, ортаның тербелістер фазасы қарама-қарсы нүктелерінің арасындағы ең кіші қашықтық $\Delta x=1$ м. Тербелістер жиілігін ν анықтау керек.

7.2. Серпінді ортада орналасқан толқын тербелістері көзінің және толқын көзінен $x=2$ м қашықтықтағы ортаның нүктесінің фазалар айырмасы анықтау керек. Тербелістер жиілігі $\nu=5$ Гц; толқын $\nu=40$ м/с жылдамдықпен таралады.

7.3. Екі нүкте бір-бірінен $x=50$ см қашықтықта түзу бойында орналасқан. Бұл түзу бойымен $\nu=50$ м/с жылдамдықпен толқын тарайды. Тербелістер периоды 0,05 с. Осы нүктелердегі фазалар айырмасын $\Delta \phi$ табу керек.

7.4. Периоды $T=1,2$ с және амплитудасы $A=2$ см толқын $\nu=15$ м/с жылдамдықпен тарайды. Тербелістер басталғаннан $t=4$ с уақыт өткен кезде толқын көзінен $x=45$ м қашықтықта орналасқан нүктенің ығысуы $\xi(x,t)$ қандай болады?

7.5. Тербеліс көзінен толқын түзу бойымен тарайды. Тербеліс амплитудасы $A=10$ см. Тербелістер басталғаннан $t=0,9 T$ уақыт өткен

кезде толқын көзінен қашықтықта орналасқан нүктенің ығысуы қандай болады?

7.6. Жазық толқынның периоды $T=3$ мс амплитудасы $A=0,2$ мм және толқын ұзындығы $\lambda=1,2$ м. Тербелістер көзінен $x=2$ м қашықтықта орналасқан ортаның нүктелері үшін табу керек:

1) $t=7$ мс уақыт моменті үшін ығысуы $\xi(x,t)$; 2) сол уақыт моменті үшін жылдамдық ξ пен үдеуді ξ . Тербелістердің бастапқы фазасын 0-ге тең деп алыңыз.

7.7. Жиілігі $\nu=0,5$ кГц және амплитудасы $A=0,25$ мм дыбыс толқындары серпінді ортада тарайды. Толқын ұзындығы $\lambda=70$ см. Табу керек. 1) толқынның таралу жылдамдығы; 2) орта бөлшектерінің максималь жылдамдығы $\xi_{\max}$.

7.8. Жазық дыбыс толқыны жиілігі $\nu=200$ Гц тербелістер көзінен қозып пайда болады. Тербелістер амплитудасы $A=4$ мм. 1. Егер бастапқы моментте тербеліс көздерінің ығысуы максималь болса, тербелістер көзінің теңдеуі $\xi(x,t)$ қандай болады? 2. $T=0,1$ с момент үшін тербелістер көзінен $x=100$ см қашықтықта орналасқан орта нүктелерінің ығысуының $\xi(x,t)$ табу керек. (Өшуді ескермеңіз).

7.9. $\omega=k\nu$ шарты үшін $\omega(x,t)=A\cos(\omega t-kx)$ өрнегі толқын теңдеуін $\frac{d^2\xi}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2\xi}{dt^2}$ қанағаттандыратынын дәлелдеу керек.

7.10. Жазық толқының теңдеуі $\omega(x,t)=A\cos(\omega t-kx)$ берілген, мұндағы $A=0,5$ см; $\omega=628$ с⁻¹; $k=2$ м⁻¹ 1) тербелістер жиілігі ν мен толқын ұзындығын λ ; 2) фазалық жылдамдықты $\xi_{\max}$; 3) орта бөлшектері тербелістерінің жылдамдығы $\xi_{\max}$ мен үдеуінің $\xi_{\max}$ максималь мәндерін анықтаңыз.

8-модуль. Статистикалық физика және термодинамика

Термодинамикалық параметрлер. Тепе-теңдік күйлер және процестер, олардың термодинамикалық диаграммалрадағы кескіні. Газ заңдары. Идеал газ күйінің теңдеуі.

8.1. Негізгі формулалары

- Идеал газ күйінің негізгі теңдеуі (Менделеев-Клапейрон теңдеуі)

мұндағы m -газ массасы M -мольдік масса; R -универсал газ тұрақтысы; $v = \frac{m}{M}$ -берілген газ мөлшері; T -термодинамикалық температура.

- Дальтон заңы,

$$p = p_1 + p_2 + p_i + \dots + p_n$$

мұндағы p -газ қоспасының қысымы; p_i -і-ші газдың парциал қысымы.

- Газ қоспаларының мольдік массасы

$$M_{cm} = (m_1 + m_2 + \dots + m_i + \dots + m_k) / (v_1 + v_2 + \dots + v_i + \dots + v_k),$$

мұндағы m_i -і-газдың массасы;

v_i -і-газдың мөлшері; k -газ қоспаларының компоненттер саны.

- i -компоненттің массасының салыстырмалы үлесі,

мұндағы $m_i = m_0 N_i$ - газдың i -ші компонентінің массасы; m_0 -і-ші компонентінің бір молекуласының массасы; N -компоненттер саны; m -газ қоспасының массасы.

8.2. Бақылау жұмысы

8.1. Қалыпты жағдайдағы массалары $m_1 = 1 \text{ кг}$ азот пен $m_2 = 1 \text{ кг}$ гелийден тұратын газ қоспасы қандай көлемге V ие болады?

8.2. Кейбір газдың $t=35^{\circ}\text{C}$ температура мен $p=708$ кПа қысымдағы тығыздығы $\rho=12,2$ кг/м³. Газдың салыстырмалы молекулалық массасын M_r анықтаңыз.

8.3. Көлемі $V=1$ см³ $N=10^9$ молекуласы бар $T_1=3$ К және $T_2=1000$ К температуралардағы газдың P_1 мен P_2 қысымдары қандай болады?

8.4. $p=96$ кПа қысым мен $t=0^{\circ}\text{C}$ температурадағы газдың тығыздығы $\rho=1,35$ г/л. Газдың мольдік массасы M қандай?

8.5. 27°C температура мен 760 мм сын.бағ. қысымында 25 л көлемге ие болатын күкіртті газдың (SO_2) массасын табыңыз.

8.6. Қысымы 10 МПа баллонда 10 кг газ бар. Ақырғы қысымы $2,5$ МПа-ға тең болса, баллоннан алынған газ массасын табыңыз. Газдың температурасын тұрақты деп есептеңіз.

8.7. Егер баллон қабырғалары 20°C температурада $15,7$ МПа қысымға төзе алатын болса, $6,4$ кг оттегі сиятын баллонның ең аз көлемі қандай болады?

8.8. Көлемі 12 л баллон $8,1$ МПа қысыммен 17°C температурада азотпен толтырылған. Баллондағы азоттың мөлшері қандай?

8.9. $8,1$ МПа қысым мен 20°C температурадағы 10 г оттегі қандай көлемге ие болады?

8.10. $0,2$ МПа қысымда 820 см³ көлемге ие болатын массасы 2 г азоттың температурасы қандай?

8.11. Азот атомының массасын m есептеңіз.

8.12. 1) сутегі; 2) гелий атомдарының массаларын табыңыз.

8.13. Ыдыста 10°C температура мен 1 МПа қысымды 14 г азот пен 9 г сутегі бар. Табу керек: 1) қоспаның мольдік массасын; 2) ыдыс көлемін.

8.14. Көлемі $2 \cdot 10^{-3}$ м³ ыдыста 6 г көмірқышқыл газы (CO_2) мен 5 г азоттың шала тотығы (N_2O) бар. 127°C температурада ыдыстағы жалпы қысым қандай болады?

8.15. Сиымдылығы 1 м³ жабық ыдыста $0,9$ кг сумен $1,6$ кг оттегі бар. 500°C температурадағы ыдыстағы қысым қандай болады?

8.16. 12 г газ 7°C температурада $4 \cdot 10^{-3}$ м³ көлемді алады. Тұрақты қысымда газды қыздырғанда оның тығыздығы $6 \cdot 10^{-3}$ м³ болды. Газ қандай температураға дейін қыздырылған?

8.17. Кейбір газдың 10°C температура мен $0,2$ МПа қысымдағы тығыздығы $0,34$ кг/м³-ке тең. Осы газдың мольдік массасы қандай?

8.18. Температурасы 15°C және қысымы 730 мм сын.бағ. болатын сутегінің тығыздығы қандай?

8.19. 50°C температурадағы қаныққан су буларының серпінділігінің $12,3\text{ кПа}$ болса, тығыздығы неге тең?

8.20. Сиымдылығы $V=15\text{ л}$ баллонда массалары $m_1=10\text{ г}$ сутегі $m_2=54\text{ г}$ су буы мен $m_3=60\text{ г}$ көміртегі тотығынан тұратын қоспа бар. Температурасы $t=27^{\circ}\text{C}$. Қысымы қандай болады.

8.21. 1 кг құрғақ ауада массалары $m_1=232\text{ г}$ оттегі мен $m_2=768\text{ г}$ азот бар (басқа газдардың массаларын есептемейміз). Ауаның салыстырмалы молекулалық массасы қандай болады?

8.22. Қысымы 1 МПа баллонда оттегі мен азоттан тұратын газ қоспасы бар. Егер қоспадағы оттегінің салыстырмалы массалық бөлігі $m_{\text{сал}}=0,2$ -ге тең болса, оттегі P_1 мен азоттың P_2 парциал қысымдары қандай болады?

8.23. Салыстырмалы массалық бөліктері және болатын сутегі мен оттегі газ қоспасының тығыздығы қандай болады? Қоспаның қысымы 100 Па , температурасы 300 К .

8.24. Көлемі $0,01\text{ м}^3$ ыдыста 280 К температурада газ қоспасы бар – массасы $m_1=7\text{ г}$ азот және массасы $m_2=1\text{ г}$ сутегі. Газ қоспасының қысымы қандай болады?

8.25. Көлемдері $V_1=20\text{ л}$ және $V_2=44\text{ л}$ баллондарда газ бар. Бірінші баллондағы қысымы $P_1=2,4\text{ МПа}$, ал екіншісіндегі қысым $P_2=1,6\text{ МПа}$. Газ температурасы өзгермеген болса, баллондарды бір-бірімен жалғағаннан кейін жалпы P және парциал p_1' мен p_2' қысымдар қандай болады?

8.26. Қалыпты жағдайдағы массалары $m_1=1\text{ кг}$ азот мен $m_2=1\text{ кг}$ гелийден тұратын газ қоспасы қандай көлемге ие болады?

8.27. Мольдік массасы M газ екі бірдей горизонталь пластиналар арасында рқысымында орналасқан. Газдың температурасы төменгі пластинада T_1 жоғарғы пластинаға T_2 дейін сызықты түрде өседі. Пластиналар арасындағы газ көлемі V . Оның массасы қандай?

8.28. Екі бірдей баллон бір-бірімен клапаны бар трубкамен жалғанған, клапан газды бір баллоннан екіншісіне $\Delta p \geq 1,1\text{ атм}$ қысымдар айырмасында өткізеді. Бастапқыда бір баллонда вакуум, ал екіншісінде температурасы $t_1=27^{\circ}\text{C}$ және қысымы $p_1=1,0\text{ атм}$ идеал газ болды. Содан кейін екі баллон да $t_2=170^{\circ}\text{C}$ температурасына дейін қыздырылды. Бастапқыда ішінде вакуум болған баллондағы газдың қысымы қандай?

8.29. Көлемі 30 л ыдыста 0°C температурада идеал газ бар. Газдың бөлігі сыртқа шығарылғаннан кейін, ыдыстағы қысым $\Delta p=0,78\text{ атм}$ шамасына азайды (температура өзгерген жоқ). Сыртқы

шығарылған газдың массасы қандай? Қалыпты жағдайда бұл газдың тығыздығы 1,3 г/л.

8.30. Температурасы 309 Л, ал қысымы 0,7 МПа газдың тығыздығы $\rho=12 \text{ кг/м}^3$ -ге тең. Газдың салыстырмалы молекулалық массасы қандай?

9-модуль. Молекула-кинетикалық теория

Молекула-кинетикалық теория тұрғысынан газдың қысымы. Температураның молекула-кинетикалық мағынасы. Қысымның абсолют температураға тәуелділігі. Идеал газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы.

9.1. Негізгі формулалар

- Заттардың мөлшері

$$\nu = m/M \text{ немесе } \nu = N/N_A$$

мұндағы N -структуралық элементтер жүйесінің саны (молекулалар, атомдар, иондар және т.б.); N_A -Авогадро тұрақтысы; M -заттың мольдік массасы; m -заттың массасы.

- Бөлшектердің концентрациясы (молекулалар, атомдар) біртекті жүйенің көлемі, өлшем бірлігіндегі (молекулалар, атомдар) бөлшектерінің концентрациясы

$$n = N/V = N_A \rho / M,$$

мұндағы V -көлем жүйесі; ρ -заттың тығыздығы.

- Газ молекулаларының концентрациясы және температурасы оның қысымына байланысты

$$p = n k T,$$

мұндағы k -Больцман тұрақтысы.

- Газдың кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі

$$\rho = \frac{2}{3} n \langle \epsilon_{\text{кр}} \rangle.$$

мұндағы $\langle \varepsilon_{il} \rangle$ -молекуланың ілгермелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы.

- Бір екіндік дәрежесіне тең орташа кинетикалық энергия онда еркіндік дәрежесі i молекуланың энергиясы

мұндағы k - Больцам тұрақтысы; T -термодинамикалық температура, i -молекуланың еркіндік дәрежесінің саны.

- Молекуланың ілгермелі қозғалысның орташа кинетикалық энергиясы

- Молекулалар жылдамдығы,
орташа квадрат толқын жылдамдығы,

орташа арифметикалық жылдамдығы,

ықтимал жылдамдығы,

мұндағы m_0 -бір молекуланың m_0 -массасы.

9.2. Бақылау жұмысы

9.1. Көлемі 2 л ыдыстағы 10 г оттегі 680 мм сын.бағ. қысымында орналасқан. Табу керек: 1) газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын; 2) ыдыстағы молекулалар саны; 3) газ тығыздығы.

9.2. 20°C температурадағы суттегі молекуласының қозғалыс мөлшерін табу керек. Молекула жылдамдығын орташа квадраттық жылдамдыққа тең деп алу керек.

9.3. Кейбір газдың тығыздығы $6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$, бұл газдың молекулаларын орташа квадраттық жылдамдығы 500 м/с. Газдың ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы қандай?

9.4. Қысымы 200 мм сым.бағ., ал молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы бұл жағдайда м/с болса, көлем 1 см^3 сутегінің молекулалар саны қандай?

9.5. Бірдей температурадағы гелий мен азот молекулаларының орташа квадраттық жылдамдықтарының қатынасы қандай болады?

9.6. Ауаның біртекті газ деп есептеп, 17°C температурадағы ауа молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын табу керек. Ауаның мольдік массасы $M=0,29 \text{ кг/моль}$.

9.7. Қазіргі кезде лабораториялық тәсілдермен ыдыс өте жоғары дәрежеде разрядталған болса ($p=10^{-11} \text{ мм сын.бағ.}$), температурасы 10 К, ал көлемін 1 см^3 ыдыстағы молекулалар саны қандай болады?

9.8. Көлемі 80 м^3 бөлмеде 17°C температура мен 750 мм сын.бағ. қысымында молекулалар саны қандай болады?

9.9. Сиымдылығы 4 л ыдыста 1г суттегі бар. Осы ыдыстың 1 см^3 Қанша молекула бар?

9.10. 1 г су буындағы молекулалар саны қанша?

10-модуль. Статистикалық үлестіру

Ықтималдық және флуктуация. Максвелл үлестірілуі. Бөлшектердің жылулық қозғалысының жылдамдығы. Сыртқы потенциалдық өрістегі бөлшектер үшін Больцман үлестірілуі, Гиббс үлестірілуі. Еркіндік дәреже саны бойынша энергияның үлестірілуі. Идеал газдың ішкі энергиясы. Идеал газдардың жылу сиымдылығының молекула-кинетикалық теориясы және оның шектелуі.

10.1. Негізгі формулалар

- Фазалық кеңістік көлемінің элементі

$$d\Omega = \prod_{i=1}^{3N} dq_i dp_i.$$

мұндағы $-i$ -ші бөлшектің q_i -кеңестіктің координатасы, p_i -импульстік координатасы.

- Фазалық кеңістік элементінде бөлшектің dW орналасу ықтималдығы

$$dW = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\Delta t}{t} f dp dq = f d\Omega$$

мұндағы Δt -көлем элементінде бөлшектің орналасу уақыты, t -бақылау уақыты, f -ықтималдық тығыздығы немесе таралу функциясы.

- Нормалау шарты

$$\int dW = \int f d\Omega = 1$$

Жүйенің ε энергиялық күйде болуының абсолют ықтималдылығы Гиббс факторымен анықталады

$$dW = \frac{1}{Z} e^{\frac{\varepsilon}{kT}} d\Omega$$

$$\text{мұндағы } Z = \frac{1}{N!} \int e^{\frac{\varepsilon}{kT}} d\Omega$$

статистикалық қосынды; ε - бөлшек энергиясы; k - Больцман тұрақтысы; T -термодинамикалық температура.

- Жылдамдық бойынша Максвеллше таралу,

$$f(\mathbf{v}) d\mathbf{v} = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m\mathbf{v}^2}{2kT}} d^3\mathbf{v}$$

мұндағы $d^3\mathbf{v} = dv_x dv_y dv_z$, n – бөлшек концентрациясы.

- Больцманша таралу

$$n = n_0 e^{\frac{U}{kT}}$$

мұндағы U —бөлшектердің потенциалдық энергиясы; n —бөлшек концентрациясы; n_0 —бөлшектердің $U=0$ өріс нүктесіндегі концентрациясы

- Барометрлік формула

мұндағы ρ_0 — ауа тығыздығы, —қалыпты атмосфера қысымы.

- Физикалық шаманың орташа мәні,

$$F = \langle F \rangle = \int F f d\Omega = \int F dW$$

- Молекуланың кинетикалық энергиясы,

$$\varepsilon = \frac{i}{2} kT$$

мұндағы i —молекуланың еркіндік дәрежесінің саны. Ол ілгерілмелі, айналмалы және екі еселенген тербелмелі қозғалыстарының еркіндік дәрежелерінің қосындысына тең.

$$i = n_{\text{іл}} + n_{\text{айн}} + 2n_{\text{тер}}$$

- Газдың тұрақты көлемдегі мольдік жылу сиымдылығы

мұндағы i —еркіндік дәрежесінің саны.

- Бір моль идеал газдың ішкі энергиясы

$$U = C_V T$$

10.2. Бақылау жұмысы

10.1. Оттегі үшін тұрақты қысымдағы меншікті жылу сиымдылығының тұрақты көлемдегі меншікті жылу сиымдылығына қатынасына қандай болады?

10.2. Оттегінің меншікті жылу сиымдылығын табыңыз 1) $V = \text{const}$ 2) $p = \text{const}$ жағдайлары үшін.

10.3. $p = 40$ мм сын.бағ. қысым мен $t = 27^\circ\text{C}$ температурадағы газдың қанша молекуласы $V = 10 \text{ см}^3$ көлемге ие болады?

10.4. 1 кг екі атомды газ қысымы $p = 80$ кПа, оның тығыздығы $\rho = 4 \text{ кг/м}^3$. Газ молекулаларының жылулық қозғалысының энергиясы қандай?

10.5. Айналмалы қозғалыстағы аммиактың NH_3 бір молекуласының 27°C температурадағы толық кинетикалық энергиясын және кинетикалық энергиясын табыңыз.

10.6. Көлемі $0,02 \text{ м}^3$ баллондағы ілгермелі қозғалыстағы азот молекулаларының кинетикалық энергиясы 5 кДж , ал орташа квадраттық жылдамдығы $2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$. Баллондағы азот массасы қандай?

10.7. Көлемі 2 л және қысымы 150 кПа ыдыстағы екі атомды газ молекулаларының жылулық қозғалысының энергиясы қандай?

10.8. Температурасы $t = 7^\circ\text{C}$, 1 кг азоттың молекулаларының жылулық қозғалысының кинетикалық энергиясы қандай? Ауаның мольдік массасы $0,029 \text{ кг/моль}$, біртекті газ деп есептеңіз.

10.9. $t = 15^\circ\text{C}$ температурадағы 1 г ауадағы молекулалардың жылулық қозғалысының кинетикалық энергиясы қандай? Ауаның мольдік массасы $0,029 \text{ кг/моль}$, біртекті газ деп есептеңіз.

10.10. 10°C температурадағы 20 г оттегінің жылулық қозғалысының энергиясы қандай болады? Бұл энергияның қандай бөлігі ілгерілемелі қозғалыстың үлесіне ал қандай айналмалы қозғалыстың үлесіне тиеді?

10.11. Температурасы $T = 1 \text{ К}$ азот молекуласының ілгерілемелі қозғалысының $\langle \epsilon_{\text{ілг}} \rangle$ және айналмалы қозғалысының $\langle \epsilon_{\text{айн}} \rangle$ орташа кинетикалық энергиясы қандай болады? Осы күйдегі молекуланың толық кинетикалық энергиясы E қандай?

10.12. Азоттағы өте майда тозандар өте үлкен молекулалар болғандай болып қозғалады. Әр тозаңның массасы $6 \cdot 10^{-10} \text{ г}$ газ температурасы $T = 400 \text{ К}$ азот молекуласы мен тозаңның орташа

квадраттық жылдамдығын ?? және ілгерілемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясын $\langle \epsilon_{\text{илл}} \rangle$ анықтаңыз.

10.13. Қандай температура ілгерілемелі қозғалыстағы газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы $\langle \epsilon_{\text{илл}} \rangle = 4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж-ге тең болады?

10.14. Суттегінің температурасы $T = 300\text{K}$ айналмалы қозғалыстағы бір молекуланың орташа кинетикалық энергиясы $\langle \epsilon_{\text{айн}} \rangle$ мен осы газдың барлық молекулаларының суммалық кинетикалық энергиясын E анықтаңыз. Суттегінің зат мөлшері $\nu = 0,5$ моль.

10.15. Сиымдылығы $V = 2$ л ыдыстағы $p = 200$ кПа қысымында орналасқан газ молекуласының орташа квадраттық жылдамдығы $\langle \epsilon_{\text{айн}} \rangle$ қандай? Газ массасы $T = 0,3$ г.

10.16. $T = 500\text{K}$ температурадағы су буының бір молекуласының орташа кинетикалық энергиясы E_k қандай?

10.17. Кейбір екі атомды газдың мольдік ішкі энергиясы $U_m = 6,02$ кДж/моль. Осы газдың бір молекуласының айналмалы қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы $\langle \epsilon_{\text{айн}} \rangle$ қандай? Газды идеал есептеңіз.

10.18. Гелийдің зат мөлшері $\nu = 1,5$ мольға температурасы $T = 120\text{K}$. Осы газдың барлық молекулаларының ілгерілемелі қозғалысының суммалық кинетикалық энергиясы E_k қандай?

10.19. Көлемі $V = 3$ л ыдыста $p = 540$ кПа қысымда орналасқан газдың барлық молекулаларның ілгерілемелі қозғалысының суммалық кинетикалық энергиясы E_k қандай?

10.20. Суттегінің ішкі энергиясы U мен осы газ молекуласының $T = 300\text{K}$ температурадағы орташа кинетикалық энергиясы $\langle \epsilon \rangle$ қандай? Бұл газдың зат мөлшері $\nu = 0,5$ моль.

11-модуль. Термодинамика негіздері.

- Термодинамиканың негізгі бастамасы

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

мұндағы δQ -жылу алмасу кезінде газға берілген жылу мөлшері; dU -газдың ішкі энергиясының өзгерісі; $\delta A = p dV$ -газдың көлем мәні өзгеген кездегі істелінген элементтар жұмыс.

- Газ көлемі өзгерген кезде жасалатын жұмыс

- Изобарлық процесте газдың істейтін жұмысы

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

- Изотермдік процесте газдың істейтін жұмысы

- Адиабаттық процесс теңдеуі (Пуассон теңдеуі)

$$pV = \text{const}, TV^{-1} = \text{const}, VT^{\frac{1}{1-\gamma}} = \text{const},$$

мұндағы $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$ - адиабат көрсеткіші, C_p, C_v - қысым тұрақты және көлем тұрақты кездегі мольдік сиымдылық,

- Меншікті және мольдік сиымдылықтардың байланысы

- Адиабаттық процесте жасалатын жұмыс

$$A = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2) \text{ немесе } A = \frac{RT_1 m}{\gamma - 1 M} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right] = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]$$

мұндағы T_1 , T_2 және V_1, V_2 -газдың бастапқы және соңғы температурасы және көлемі.

- Жылу двигателінің пайдалы әсер коэффициенті

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

мұндағы Q_1 -жұмыс істейтін денеге берілген жылу және Q_2 -суытқышқа жұмсалған жылу.

- Идеал газға арналған Карно циклінің ПӘК-і

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

мұндағы T_1 -қыздырғыш температурасы, T_2 -суытқыш температурасы.

- Жүйе 1-күйден 2 күйге ауысқанда оның энтропиясының өсімшесі мынаған тең,

$$\Delta S_{1-2} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

- Энтропия мен ықтималдық

$$S = k \ln \Omega$$

мұндағы k -Больцман тұрақтысы; Ω -жүйе күйінің термодинамикалық ықтималдығы.

- Майер теңдеуі

$$C_p - C_v = R$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{m}{M} \cdot \frac{i + 2}{2} R \ln \frac{T_2}{T_1}$$

11.2. Бақылау жұмысы.

11.1. Қалыпты жағдайдағы 1 к моль азот адиобатты түрде V_1 -ден $V_2=5V_1$ -ге дейін ұлғаяды. 1. Газдың ішкі энергиясының өзгеруін; 2. Газ ұлғайғанда істеленетін жұмысты анықтаңыз.

11.2. Іштен жанатын двигательдің цилиндрден ауа адиобатты түрде сығылады және бұл кезде оның қысымы $p_1=1\text{МПа}$ -дан $p_2=3,5\text{МПа}$ -ға дейін өзгереді. Ауаның бастапқы температурасы 40°C . Сығудың соңында ауаның температурасы қандай болады?

11.3. 10 г кейбір газдың көлемі V_1 -ден $V_2=2V_1$ -ге дейін изотермиялық ұлғайғанда істелінген жұмыс 575 Дж осы температурадағы газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы қандай?

11.4. 17°C температурадағы 10 г азот изотермиялық түрде ұлғайғанда істелінген жұмыс 860 Дж азот ұлғайғанда оның қысымы қанша есе өзгереді?

11.5. 23°C температурада 10,5 г азот қысымы $p_1=250\text{кПа}$ -дан $p_2=100\text{кПа}$ -ға дейін өзгеріп изотермиялық түрде ұлғайды. Газ ұлғайғанда істелінген жұмыс қандай?

11.6. 7 г көмірқышқыл газы оның еркін ұлғаю және оның ішкі энергиясының өзгеруі жағдайында 10°C -ға қыздырылды. Газ ұлғайғанда істеген жұмысымен оның ішкі энергиясының өзгеруін анықтаңыз.

11.7. Екі атомды газға 500 кал жылу берілгенде, ол тұрақты қысымда ұлғайғанда істелінген жұмыс қандай?

11.8. Тұрақты қысымда 2 кмоль көмірқышқыл газы 50°C -ға қыздырылды: 1) газдың ішкі энергиясының өзгеруі; 2) газ ұлғайғанда істелінген жұмыс; 3) газға берілген жылу мөлшері қандай болады?

11.9. Жабық ыдыста 20 г азотпен 30 г оттегі бар. Осы газ қоспасын 28°C -ға суытқан кезде оның ішкі энергиясының өзгеруі қандай болады?

11.10. Температурасы 27°C , 6,5г суттегі сырттан келген жылу есебінде, $p=\text{const}$ жағдайында екі есе ұлғайған: 1) ұлғайғанда істелінген жұмыс; 2) газдың ішкі энергиясының өзгеруі; 3) газға берілген жылу мөлшері қандай болады?

11.11. 8 г гелийдің көлемі $V_1=10\text{л}$ -ден $V_2=25\text{л}$ -ге дейін изобаралық түрде ұлғайғанда энтропиясының өзгеруі қандай болады?

11.12. 600 г балқу температурасында балқытылған қорғасын 0°C -дағы мұзға құйылаған. Осы процесте энтропияның өзгеруі қандай болады?

11.13. 0°C температурасындағы 1 кг мұздың айналуында энтропияның өзгеруі қандай болады?

11.14. 0°C температурасындағы 1г судың 100°C -да буға айналуында энтропияның өсімі қандай болады?

11.15. -20°C температурадағы 10 г мұзды 100°C температурадағы буға айналдыруда энтропияның өзгеруі қандай болады?

11.16. Газ Карно циклін жасайды. Жылу берушінің температурасы жылу қабылдаушының температурасының 3 есе артық. Жылу беруші газға $Q=41,9$ кДж жылу берді. Газдың атқарған жұмысы қандай?

11.17. Идеал жылу машинасы Карно циклі бойынша жұмыс істейді. Қыздырғыштан алынатын жылудың 80%-і 1,5 ккал-ға тең. Табу керек: 1) циклдің ПӘК-ін; 2) толық циклде істелінген жұмысты.

11.18. Карно циклі бойынша істейтін идеал жылу машинасы бір циклде 73,5 кДж жұмыс атқарған. Қыздырғыштың температурасы 100°C , суытқыштың температурасы 0°C . Табу керек: 1) машинаның ПӘК-ін; 2) машинаның бір циклде қыздырғыштан алатын жылу мөлшерін; 3) бір циклде суытқышқа берілетін жылу мөлшерін.

11.19. Идеал жылу машинасы Карно циклі бойынша жұмыс істейді. Егер бір циклде істелінген жұмыс $3 \cdot 10^3$ Дж болып, суытқышқа 3,2 кал жылу берілсе, циклдің ПӘК-і қандай болады?

11.20. Карно циклі бойынша жұмыс істейтін идеал жылу машинасы бір циклде қыздырғыштан 600 кал жылу алады. Қыздырғыштың температурасы 400К, суытқыштың температурасы 300К. Машинаның бір циклді істейтін жұмысы мен бір циклде суытқышқа берілетін жылу мөлшерін табыңыз.

12-модуль. Тасымалдау құбылысы.

Тасымалдау құбылысының жалпы сипаттамасы. Орташа соқтығысу саны және еркін жолдың орташа ұзындығы. Релаксация уақыты. Термодинамикалық тепе-теңсіз жүйелердегі тасымалдау құбылысы. Тасымалдау құбылысының молекула-кинетикалық теориясы: жылу өткізгіштік, тұтқырлық, диффузия. Тасымалдау коэффициенттері.

12.1. Негізгі формулалары

- Молекуланың орташа еркін жолының ұзындығы

мұндағы k -Больцман тұрақтыс, T -температура, p -қысым, d_m -молекуланың тиімді диаметрі.

- Бір газ молекуласының уақыт өлшем бірлігіндегі орташа соқтығысу саны

Мұндағы n -газ концентрациясы, $\langle v \rangle$ -молекулалардың орташа арифметикалық жылдамдығы

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

- Диффузия коэффициенті
- Диффузия құбылысының теңдеуі

мұндағы $\frac{\Delta \rho}{\Delta X} - \Delta S$ ауданның нормаль бағытындағы жылдамдық градиенті.

- Динамикалық тұтқырлық коэффициенті

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

- Жылу өткізгіштік құбылысының

$$q = \frac{Q}{\Delta S} = -\alpha \frac{\Delta T}{\Delta X} \Delta t$$

мұндағы $\frac{\Delta T}{\Delta X} - \Delta S$ ауданы перпендикуляр бағытталған температура градиенті.

- Жылу өткізгіштің коэффициенті

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

мұндағы ρ -газ тығыздығы; $\langle v \rangle$ -газ молекуласының орташа арифметикалық жылдамдығы; $\langle \lambda \rangle$ - газ молекуласының орташа еркін жолының ұзындығы; C_v -көлем тұрақты кездегі меншікті жылу сиымдылығы.

12.2. Бақылау жұмысы

12.1. Ішінде азот бар сиымдылығы $V=3$ л сфералық колбада қысымы $p=80$ мкПа вакуум орнаған. Газдың температурасы $T=250$ К. Колбадағы вакуумды жоғары деп айтуға бола ма?

Ескерту. Егер молекулалардың еркін жүру жолының ұзындығы ыдыстың сызықтық мөлшерлерінен көп үлкен болса, онда вакуумды жоғры деп айтуға болады.

12.2. Кейбір жағдайда сутегі молекуласының еркін жүру жолының орташа ұзындығы $\langle \lambda \rangle = 2$ мм. Осы жағдайдағы сутегінің тығыздығы ρ қандай?

12.3. Сиымдылығы $V=5$ л ыдыстың ішінде массасы $m=0,5$ г сутегі бар. Осы ыдыстағы сутегі молекуласының еркін жүру жолының орташа ұзындығы $\langle \lambda \rangle$ қандай?

12.4. Газдың температурасы $t=10^0$ С болғанда, қандай қысымда p осы азот молекулаларының еркін жүру жолының орташа ұзындығы $\langle \lambda \rangle = 1$ м болады?

12.5. Оттегінің температурасы $T=200$ К, қысымы $p=80$ нПа. Осы жағдайда $\tau=1$ с уақыт ішіндегі оттегі молекуласының орташа соқтығысу санын $\langle z \rangle$ есептеңіз.

12.6. Қалыпты жағдайда оттегі молекуласының еркін жүру жолының орташа ұзындығы $\langle \lambda \rangle = 100 \text{ нм}$ екені белгілі болса, осы жағдайда оттегі молекулаларының орташа арифметикалық жылдамдығы d қандай?

12.7. Қалыпты жағдайда сутегі молекуласының еркін жүру жолының орташа ұзындығы $\langle \lambda \rangle = 0,160 \text{ мкм}$. Сутегі молекуласының диаметрі d қандай?

12.8. Сутегінің қысымы $p = 20 \text{ мкПа}$, температурасы $T = 200 \text{ К}$. Осы газ молекуласының еркін жүру жолының орташа ұзындығы ?? қандай?

12.9. Сиымдылығы $V = 5 \text{ л}$ ыдыстағы азот молекуласының еркін жүру жолының орташа ұзындығын ?? анықтаңыз. Газ массасы $m = 0,5 \text{ г}$.

12.10. Гелий газының қысымы $p = 2 \text{ кПа}$, температурасы $T = 200 \text{ К}$. Осы газ молекуласының $t = 1 \text{ с}$ уақыт ішіндегі орташа соқтығысу саны $\langle z \rangle$ мен еркін жүру жолының орташа ұзындығын $\langle \lambda \rangle$ табыңыз.

13-модуль. Нақты газдар

Молекуланың тиімді диаметрі. Молекулааралық өзара әсерлесу күші. Ван-дер-Ваальс теңдеуі. Ван-дер-Ваальс изотермасы. Бірінші және екінші текті фазалық ауысулар. Фазалық тепе-теңдік және фазалық алмасулар. Клапейрон-Клаузиус теңдеуі. Сындық нүкте. Метатұрақты күйлер. Үштік нүкте.

13.1. Негізгі формулалар

- Реал газдар күйінің теңдеуі (Ван-дер-Ваальс теңдеуі)

мұндағы V_m -мольдік көлем; a және b Ван-дер-Ваальс тұрақтылары.

- Молекулалардың өзара әсерлесу күшінен пайда болатын ішкі қысымы

$$p' = \frac{a}{V_m^2}$$

Берілген газдың a және b тұрақтылары мен оның сындық параметрлері арасындағы байланыс

- a және b тұрақтылары анықталады:

- Келтірілген өлшем мәндерін еңгізгеннен соң
- Ван-дер-Ваальс теңдеуі

$$\left(\pi \frac{3}{\omega^2}\right)(3\omega - 1) = 8\tau$$

- Реал газдың ішкі энергиясы

мұндағы c_v - көлем тұрақты кездегі меншікті жылу сиымдылық.

13.2. Бақылау жұмысы

13.1. Қалың қабырғалы болаттан істелінген балонға біраз мөлшерде су құйылып герметикалық түрде жабылған да, қыздырылған. Қыздырған кезде заттың кризистік нүктеден өтуін бақылау мүмкіндігі болу үшін, балонның ішкі көлемінің қандай бөлігін су алып тұруы керек екендігін анықтау керек.

13.2. Кризистік температурасы $T_{кр}=155K$ қысымы $p_{кр}=5,08MPa$ оттегінің мольдік кризистік көлемін $V_{мкр}$ есептеңіз.

13.3. Көлемі мен температурасы осы параметрлердің кризистік мәндерінен екі есе көп екенін анықтаңыз.

13.4. Азот үшін кризистік температура $T_{кр}$ мен қысымын $p_{кр}$ есептеңіз.

13.5. Кейбір газдың кризистік температурасы 100К және кризистік қысымы 2МПа-ға тең болса, осы газдың α және δ тұрақтыларын анықтаңыз.

13.6. 1кмол оттегінің температурасы $t=27^{\circ}\text{C}$, ал қысымы $p=10$ МПа Бұл жағдайда оттегін нақты газ деп есептеп, оның көлемін табыңыз.

13.7. Температурасы 100°C 1кмол көмірқышқыл газы $V=1\text{м}^3$ көлемде орналасқан. Газ нақты газ деп есептеп, оның қысымын табыңыз.

13.8. 100 МПа қысымдағы 10г гелий 100 см^3 көлемді алып тұр. Галийді нақты газ деп есептеп, оның температурасын табыңыз.

13.9. 2,8 МПа қысымдағы 3,5 г оттегі 90 см^3 көлемді алып тұрса, оның температурасы қандай? Оттегіні нақты газ деп санаңыз.

13.10. 0,2 МПа қысымдағы 2г азот 820 см^3 Көлемді алып тұрса, оның температурасы қандай? Азотты нақты газ деп есептеңіз.

№ 2 СЕМЕСТРЛІК ТАПСЫРМА

Варианттар кестесі

Есеп нөмірі	ВАРИАНТТАР									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	14.10
2	14.11	14.12	14.13	14.14	14.15	14.16	14.17	14.18	14.19	14.20
3	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10
4	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	16.10
5	16.11	16.12	16.13	16.14	16.15	16.16	16.17	16.18	16.19	16.20
6	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	18.10

7	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	19.20
8	19.11	19.12	19.13	19.14	19.15	19.16	19.17	19.18	19.19	19.20
9	19.21	19.22	19.23	19.24	19.25	19.26	19.27	19.28	19.29	19.30
10	19.31	19.32	19.33	19.34	19.35	19.36	19.37	19.38	19.39	19.40
11	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	20.10
12	20.11	20.12	20.13	20.14	20.15	20.16	20.17	20.18	20.19	20.20
13	20.21	20.22	20.23	20.24	20.25	20.26	20.27	20.28	20.29	20.30
14	20.31	20.32	20.33	20.34	20.35	20.36	20.37	20.38	20.39	20.40
15	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	22.10
16	22.11	22.12	22.13	22.14	22.15	22.16	22.17	22.18	22.19	22.20
17	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	23.10
18	23.11	23.12	23.13	23.14	23.15	23.16	23.17	23.18	23.19	23.20
19	23.21	23.22	23.23	23.24	23.25	23.26	23.27	23.28	23.29	23.30
20	23.31	23.32	23.33	23.34	23.35	23.36	23.37	23.38	23.39	23.40

Модуль 14. Электрстатика

Электр зарядының өзара әсері. Электр зарядтарының сақталу заңы. Электр өрісі. Электр өрісінің кернеулігі. Суперпозиция принципі. Электрдік диполь. Ағын векторы. Гаусс теоремасы. Гаусс теоремасын электр өрістерінің кернеуліктерін өрістерінің кернеуліктерін есептеуге қолдану.

14.1. Негізгі формулалар

- Кулон заңы

мұндағы F - нүктелік зарядтың өзара әсерлесу күші; Q_1 және Q_2 – нүктелік зарядтар; зарядтар бір-бірінен r қашықтықта орналасқан; ε - ортаның диэлектрлік өтімділігі; ε_0 - электр тұрақтысы.

- Электрстатикалық өріс кернеулігі электростатикалық өріс және потенциалы

$$E=F/Q, \varphi=\Pi/Q$$

мұндағы Π -өрістің берілген нүктесіндегі нүктелік оң зарядтың потенциалдық энергиясы.

- Электр өрісінде нүктелік зарядқа әсер ететін күш

$$F=QE.$$

- Зарядтың потенциалдық энергиясы

$$\Pi=Q\varphi$$

- Зарядталған радиус R сфера тудыратын өрістің кернеулігі және потенциалы:

$$a) \mathbf{E} = \mathbf{0}; \varphi = Q/(4\pi\epsilon_0 \epsilon R) \quad (егер \mathbf{r} < R);$$

мұндағы Q –сфераның заряды, R - сфераның радиусы, $\mathbf{r}$ - радиус-вектор.

14.2. Бақылау жұмысы

14.1. Екі параллель, ұзын сым бір-бірінен $d=14$ см қашықтықта орналасқан. Сымдар әртатас зарядтармен $\tau=10^{-8}$ Кл/м сызықты тығыздықпен зарядталған. Әр сымның $r=10$ см қашықтықта орналасқан нүктедегі өріс кернеулілігін анықтаңыз.

14.2. Зарядтары $Q_1=10^8$ Кл және $Q_2=10^8$ Кл екі нүктелік зарядтардан тұратын жүйенің электр моменті $p=5 \cdot 10^{-10}$ Кл. м. Осы екі зарядты қосатын түзу бойында орналасқан, диполь ортасынан $r_1=5$ см және $r_2=2$ см қашықтықтағы нүктелердегі өріс кернеулігі қандай?

14.3. Бір-бірінен $r=10$ см қашықтықта орналасқан екі шексіз, ұзын, параллель сымдар бірдей $\tau=20$ мк Кл/м сызықтық тығыздықпен зарядталған болса, сымдардың өзара әсерлесу күші (бірлік ұзындықтағы) қандай?

14.4. Әрқайсысының ауданы $S=400$ см² болатын екі бірдей дөңгелек пластина бір-біріне параллель орналасқан. Пластинаның біреуінің заряды $Q_1=400$ нКл, ал екіншісінікі $Q_2=200$ нКл. Егер бір-бірінен қашықтығы $r_1=3$ мм және $r_2=10$ мм болса, пластиналардың өзара тартылу күші қандай?

14.5. Шексіз созылған вертикаль жазықтықтың зарядының беттік тығыздығы 400 мкКл/м^2 . Жазықтыққа массасы 10г зарядталған шарик жіп арқылы ілінген. Егер жіп жазықтықпен $\alpha=30^\circ$ бұрыш жасайтын болса, шариктің заряды Q қандай ?

14.6. Вакуумда екі шексіз ұзын параллель сым зарядының сызықтық тығыздығы $\tau=5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}$ біркелкі болатындай етіп зарядталған. Сымдар бір-бірінен $r=0,5\text{м}$ қашықтықта орналасқан. Сымның бірлік ұзындығына әсер етуші күш қандай ?

14.7. Заряды $Q=3 \text{ Кл}$ нүктелік зарядтан $r=30 \text{ м}$ қашықтықта вакуумда орналасқан электірлік моменті $2/3 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}$ еркін дипольге әсер етуші күш қандай (диполь иінін r -ден көп кіші деп есептеңіз)?

14.8. Бірдей $\sigma=5 \text{ мкКл/м}^2$ беттік тығыздықпен зарядталған екі шексіз параллель жазықтық бірлік ауданға келетін қандай күшпен әсерлеседі?

14.9. Бірдей мөлшердегі зарядтармен зарядталған әрқайсысының ауданы $S=200\text{см}^2$ болатын екі бірдей жазық пластинаны керосин ішінде $F=2,5 \cdot 10^{-2}\text{Н}$ күшпен тартылады. Пластиналар ара қашықтығы өте аз. Пластиналардағы зарядтарды анықтаңыз.

14.10. Бірдей $\sigma=2\text{мкКл/м}$ беттік аттас зарядпен зарядталған шексіз созылған екі бет бірлік ауданға келетін қандай күшпен тебіледі?

14.11. Ұзындығы $l=20\text{см}$ жіңішке стержень біркелкі таралған $Q=0,1 \text{ мкКл}$ зарядпен зарядталған. Стерженьнің шетінен $a=20\text{см}$ -де, оның осінде жатқан A нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін E анықтаңыз.

14.12. Радиусы $R=10\text{см}$ жіңішке жартысақинамен $\tau=1 \text{ мкКл/м}$ сызықты тығыздықпен заряд біркелкі таралған. Сақинаның центріндегі O нүктесіндегі таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігі қандай?

14.13. Жіңішке сақинаның таралған заряды $Q=0,2 \text{ мкКл}$. Сақинаның барлық нүктесінен $R_1=2\text{см}$ қашықтықта орналасқан A нүктесінде таралған заряд туғызған өрісінің кернеулігін анықтаңыз. Сақина радиусы $R_2=10\text{см}$.

14.14. Радиус $R=10\text{см}$ жіңішке сақинаның үштен бір бөлігінің таралған заряды $Q=50 \text{ нКл}$. Сақина центріндегі O нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін анықтаңыз.

14.15. Бір жағынан шектелген шексіз жіңішке стержень $\tau=0,5 \text{ мкКл/м}$ сызықты тығыздықпен таралған зарядпен біркелкі зарядталған. Стерженьнің бас жағынан $a=20\text{см}$ қашықтықта, стержень

осінде орналасқан А нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін Е анықтаңыз.

14.16. Радиусы $R=20\text{см}$ жіңішке сақинамен $\tau=0,2$ мкКл/м сызықты тығыздықпен заряд біркелкі таралған. Сақинаның центрінен $h=2R$ қашықтықта сақина өрісіндегі А нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін анықтаңыз.

14.17. Жіңішке жартысақинамен $Q=20$ мкКл заряд біркелкі $\tau=0,1$ мкКл/м сызықты тығыздықпен таралған. Сақина центріндегі О нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін Е анықтаңыз.

14.18. Радиусы $R=10\text{см}$ жіңішке сақинаның төрттен бір бөлігінің біркелкі таралған заряды $Q=0,05$ нКл. Сақина центріндегі О нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін Е анықтаңыз.

14.19. Жіңішке сақинамен $Q=10$ нКл заряд біркелкі $\tau=0,01$ мкКл/м сызықты тығыздықпен таралған. Сақина осінде жатқан және оның центрінен сақинаның радиусына тең қашықтықтағы А нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін Е анықтаңыз.

14.20. Радиусы $R=10\text{см}$ жіңішке сақинаның үштен екі бөлігімен біркелкі $\tau=0,2$ мкКл/м сызықты тығыздықпен заряд таралған. Сақина центріндегі О нүктесінде таралған заряд туғызған электр өрісінің кернеулігін Е анықтаңыз.

15-модуль. Электр өрістерінің қасиеттері.

Электрстатикалық өріс жұмысы. Электрстатикалық өріс циркуляциясы. Потенциал. Электрстатикалық өріс кернеулігі мен потенциалының байланысы.

15.1. Негізгі формулалар

- Кернеулік пен потенциал аралығындағы тәуелділік,

$$\mathbf{E} = -\text{grad}\varphi \text{ немесе } \mathbf{E} = -\left(\mathbf{i}\frac{d\varphi}{dx} + \mathbf{j}\frac{d\varphi}{dy} + \mathbf{k}\frac{d\varphi}{dz}\right)$$

Бұл тәуелділік өстік симметриялы немесе орталық өрістерде былай жазылады

$$E=(\varphi_1-\varphi_2)/d$$

• Өрістің потенциал φ_1 нүктесіне потенциалы φ_2 нүктесіне Q зарядты ауыстырғанда істелетін жұмыс,

$$A_{12}=Q(\varphi_1-\varphi_2).$$

15.2. Бақылау жұмысы

15.1. Зарядтары $Q_1=6,66$ нКл және $Q_2=13,33$ нКл екі шарик бір-бірінен $r_1=40$ см қашықтықта орналасқан. Шараларды $r_2=25$ см қашықтыққа дейін жақындату үшін қандай жұмыс A істеу керек?

15.2. Шардағы зарядтардың беттік тығыздығы $\sigma=0,1$ мкКл/м² болса, $r=1$ см қашықтықта орналасқан өріс нүктесіндегі потенциал φ қандай болады?

15.3. $\varphi=792$ В потенцияға дейін зарядталған шарик зарядтың $\sigma=333$ нКл/м² беттік тығыздығына ие. Шарик радиусы қандай?

15.4. Радиусы $R=10$ см жіңішке сақинамен сызықтық тығыздығы $\tau=10$ нКл/м заряд біркелкі таралған. Сақина центрінен $a=5$ см қашықтықта, сақина осінде жатқан нүктедегі потенциалды φ есептеңіз.

15.5. Жіңішке түзу өткізгіштің бөлігімен сызықтық тығыздығы $\tau=10$ нКл/м заряд біркелкі таралған. Өткізгіштің осінде жатқан және өткізгіш бөлігінің ең жақын шетінен осы бөлік ұзындығына тең қашықтықта орналасқан нүктеде осы заряд туғызған потенциалды τ есептеңіз.

15.6. $\varphi=20$ В-қа дейін зарядталған 100 бірдей сынап тамшысы бір үлкен тамшыға бірігеді. Пайда болған тамшы потенциалы қандай?

15.7. Жіңішке квадратты рама зарядтың $\tau=200$ нКл/м сызықтық тығыздығымен біркелкі зарядталған. Диагональдардың қиылысқан нүктесіндегі өріс потенциалын φ анықтаңыз.

15.8. $Q=4 \cdot 10^{-9}$ Кл нүктелік зарядты 1 м қашықтықта орналасқан нүктеден шар бетінен 1 см-де жатқан нүктеге тасымалдау үшін қандай жұмыс істеу керек? Шар радиусы 2 см, зарядтың беттік тығыздығы 10^{-11} Кл/м².

15.9. $Q_1=3 \cdot 10^{-5}$ Кл және $Q_2=6 \cdot 10^3$ Кл оң зарядтар вакуумда бір-бірінен 3 м қашықтықта орналасқан. Зарядтарды 0,5 м қашықтыққа дейін жақындау үшін қандай жұмыс істеу керек ?

15.10. $Q=6 \cdot 10^{-7}$ Кл заряд сақинамен біркелкі таралған. Сыртқы диаметрі $D=0,80$ м және ішкі диаметрі $d=0,40$ м сақинаның центріндегі потенциалды анықтаңыз.

16-модуль. Электр өрісіндегі өткізгіштер.

Өткізгіштегі және өткізгіш бетіндегі электр өрісі. Өткізгіш-вакуум шекарасындағы шекаралық шарттар. Конденсаторлар. Геометриялық пішіндері әртүрлі конденсаторлардың сиымдылығы.

16.1. Негізгі формулалар.

- Оқшауланған өткізгіштің электр сиымдылығы

$$C=Q/\varphi,$$

мұндағы Q —өткізгіштегі заряд; φ —өткізгіштің потенциалы.

- Жазық конденсатордың сиымдылығы

$$C=\epsilon_0 \epsilon S/d,$$

мұндағы S —конденсатордың астарының ауданы; d —астарлардың ара қашықтығы.

- Цилиндрлік конденсатордың сиымдылығы

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}$$

мұндағы l —коаксиалдық цилиндрдің биіктігі; r_1 және r_2 - ішкі және сыртқы коаксиалдық цилиндрлердің радиусы.

- Параллель қосылған конденсаторлар батареясының электр сиымдылығы

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

• Тізбектей қосылған конденсаторлар батареясының электр сиымдылығы

1

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

мұндағы C_i -і--ші конденсатор сиымдылығы; n-конденсаторлар саны.

16.2. Бақылау жұмысы

16.1. Жазық конденсатордың электр сиымдылығы $c=1$ нФ, астарлар ара қашықтығы 4 мм. Конденсатордың атарлары арасына орналастырылған. $Q=4,9$ нКл зарядқа $F=98$ мкН күш әсер етеді. Астарлар ауданы 100см^2 Өріс кернеулігі, астарлар арасындағы потенциалдар айырмасы және конденсатордың өріс энергиясын анықтаңыз.

16.2. Әр пластинасының ауданы $S=200\text{ см}^2$ жазық конденсатор $\varphi=2\text{кВ}$ потенциалдар айырмасына дейін зарядталған. Пластиналар ара қашықтығы $d=2\text{см}$. Диелектрик – шыны. Конденсатордың өріс энергиясы ω анықтаңыз.

16.3. Пластиналар ауданы $S=0,01\text{ м}^2$ конденсатордың пластиналар арасындағы потенциалдар айырмасы $U=500\text{ В}$, пластиналар ара қашықтығы $d=3\text{ мм}$ болса, пластиналар қандай күшпен әсерлесетінін табыңыз.

16.4. Әрқайсысының тығыздығы $C=100\text{ пФ}$ екі бірдей жазық ауа конденсаторы тізбектей батареяға біріктірілген. Конденсатордың бірінің пластиналар арасын парафинмен ($\epsilon=7.0$) толтырса, батарея сиымдылығы қалай өзгереді ?

16.5. Сиымдылықтары $C_1=5\text{ мкФ}$ және $C_2=8\text{ мкФ}$ конденсаторлар тізбектей жалғанып, Э.Қ.К.-і $\epsilon=80\text{В}$ батареяға

қосылған. Әр конденсатордың Q_1 және Q_2 заряды мен астарлар арасындағы U_1 және U_2 потенциалдар айырмасын анықтаңыз.

16.6. Диэлектрик қабаты слюда ($\epsilon_1=7$, $d_1=2\cdot 10^{-3}$ мм) мен парафинделген қағаздан ($\epsilon_2=2$, $d_2=10^{-3}$ мм) тұратын конденсатордың сиымдылығын табыңыз. Пластиналар ауданы $S=(5\times 5)\text{см}^2$

16.7. Ауданы 100 см^2 жазық вакуумды конденсатордың пластиналар арасын $0,03\text{ м}$ -ден $0,1\text{ м}$ –ге дейін ұлғайту үшін қандай жұмыс істеу керек? Конденсатор пластиналары арасындағы кернеу тұрақты және 220 В -қа тең.

16.8. Ауданы $S=5000\text{ см}^2$ жазық конденсатордың пластиналары арасында сондай ауданға ие металл пластинка орналастырылған. Астарлар ара қашықтығы $d_1=5\text{ см}$, пластинка қалыңдығы $d_2=1\text{ см}$. Егер конденсатор кернеуі $U=100\text{ В}$ ток көзіне жалғанған болса, пластинканы конденсатордан алу үшін қандай жұмыс атқару керек?

16.9. Жазық конденсатордың пластиналар арасы екі қабаттан тұратын диэлектрикпен толтырылған: қалыңдығы $d_1=0,2\text{ см}$ шыны, қалыңдығы $d_2=0,3\text{ см}$ парафин. Астарлар арасындағы потенциалдар айырмасы $U=300\text{ В}$. Әр қабаттағы потенциалдар түсуін анықтаңыз.

16.10. Э.Қ.К. –і $U=300\text{ В}$ батареяға сиымдылықтары $C_1=2\text{ пФ}$ және $C_2=3\text{ пФ}$ екі жазық конденсатор жалғанған. Тізбектей және параллель жалғанған конденсатор пластиналарындағы заряд Q мен кернеуді U анықтаңыз.

16.11. Сиымдылықтары $C_1=5\text{ мкФ}$ және $C_2=8\text{ мкФ}$ конденсаторлар $U_1=60\text{ В}$ және $U_2=100\text{ В}$ кернеулерге дейін сәйкестендіріліп зарядталған. Конденсаторларды аттас зарядты астарларымен жалғағанда оның астарларындағы кернеуді анықтаңыз.

16.12. Сиымдылықтары $C_1=10\text{ мкФ}$ конденсатор $U=10\text{ В}$ кернеуге дейін зарядталған. Осы конденсаторға басқа, зарядталмаған, сиымдылығы $C_2=20\text{ мкФ}$ конденсатор параллель жалғанғаннан кейінгі бірінші конденсатордың астарларындағы зарядты анықтаңыз.

16.13. Сиымдылықтары $C_1=2\text{ мкФ}$ және $C_2=5\text{ мкФ}$ және $C_3=10\text{ мкФ}$ конденсаторлар тізбектей жалғанып, $U=85\text{ В}$ кернеуіне қосылған. Әр конденсатордағы кернеу мен зарядты анықтаңыз.

16.14. Сиымдылықтары $C_1=2\text{ мкФ}$ және $C_2=5\text{ мкФ}$ сәйкестендіріліп $U_1=100\text{ В}$ және $U_2=150\text{ В}$ кернеулерге дейін зарядталған. Конденсаторларды әртатас зарядтарға ие болатындай етіп астарларын жалғағаннан кейін, олардың астарларындағы кернеу қалай болады?

16.15.Сиымдылығы $C=100\text{пФ}$ екі бірдей жазық ауа конденсатордың әрқайсысы батареяға тізбектей жалғанған. Конденсатордың біреуінің пластиналар аралығын парафинмен толтырғанда батареяның сиымдылығы C қалай өзгереді?

16.16. Сиымдылықтары $C_1=5\text{мкФ}$ және $C_2=8\text{мкФ}$ екі конденсатор тізбектей жалғанып, Э.Қ.К-і $\varepsilon=80$ В батареяға қосылған. Конденсатордың Q_1 және Q_2 заряды мен астарлар арасындағы U_1 және U_2 потенциалдар айырмасын анықтаңыз.

16.17. Жазық конденсаторлар әрқайсысы радиусы $R=10\text{см}$ екі дөңгелек пластинадан тұрады. Пластиналар ара қашықтығы $d=2\text{мм}$. Конденсатор $U=80\text{В}$ кернеу көзіне жалғанған. Мына екі жағдай үшін конденсатордың жағдайы Q мен өріс кернеулігін E анықтаңыз: 1) диэлектрик-ауа; 2) диэлектрик-шыны.

16.18.Радиусы $R_1=5\text{см}$ және $R_2=10\text{см}$ екі металл шарлардың зарядтары $Q_1=40\text{нКл}$ және $Q_2=20\text{нКл}$ (сәйкес). Шараларды өткізгіш арқылы жалғанғанда разрядталу кезінде бөлініп шығатын энергияны табыңыз.

16.19. Жазық конденсатордың пластиналар арасы екі қабатты диэлектриктен тұрады: қалыңдығы $d_1=20\text{см}$ шыны мен қалыңдығы $b_2=0,3\text{см}$ парафин. Астарлар арасындағы потенциалдар айырмасы $U=300\text{В}$. Өріс кернеулігі E мен әр қабаттағы потенциалдар түсуін анықтаңыз.

16.20. Әр пластиналар ауданы $S=200\text{см}^2$ жазық конденсатор $U=2\text{кВ}$ потенциалдар айырымына дейін зарядталған. Пластиналар арасындағы ара қашықтық $d=2\text{см}$. Диэлектрик – шыны. Конденсатордың өріс энергиясын W және өрістің энергия тығыздығын w анықтаңыз.

18–модуль.

Электр зарядтарының өзара әсерлесу энергиясы

Зарядталған конденсаторлардың және өткізгіштер жүйесінің энергиясы. Электрстатикалық өріс энергиясы. Электрстатикалық өріс энергиясының көлемдік тығыздығы.

18.1. Негізгі формулалар

- Оқшауланған зарядталған өткізгіштің энергиясы;

- Нүктелік зарядтар жүйесінің энергиясы,

мұндағы φ_1 - Q_1 —ші заряд орналасқан нүктедегі i —ші зарядтан басқа барлық зарядтардан құралған потенциал.

- Зарядталған конденсатордың сиымдылығы

$$W = \frac{C(\Delta\varphi)^2}{2} = \frac{Q\Delta\varphi}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

мұндағы Q -конденсатор заряды; C - оның сиымдылығы; $\Delta\varphi$ - астарлары арасындағы потенциалдар айырымы.

- Конденсатордың астарларының арасындағы тартылыс күші,

- Өріс энергиясының тығыздығы

мұндағы D - электр ығысу векторы, E - кернеулігі.

18.2. Бақылау жұмысы

18.1. Электрсіымдылығы $C=10$ пФ конденсаторға $Q=1$ пКл заряд берілген. Конденсатордың энергиясын W анықтаңыз.

18.2. Жазық конденсатордың пластиналар ара қашықтығы 2 см, потенциалдар айырмасы $U=6$ кВ. Әр пластина заряды $Q=10$ нКл. Конденсатор өрісінің энергиясы W мен пластиналардың өзара тартылу күшін F есептеңіз.

18.3. Пластиналар арасындағы потенциалдар айырмасы $U=15$ кВ, пластиналар ара қашықтығы $b=1$ мм диэлектрик-слюда және әр пластинасының ауданы $S=300$ см² жазық конденсатор разрядталғанда бөлініп шығатын жылу мөлшері Q қандай?

18.4. Жазық ауа конденсаторының пластиналар арасындағы тартылу күші $F=50$ мН. Әр пластинаның ауданы $S=200$ см². Конденсатор өрісінің энергия тығыздығын ω табыңыз.

18.5. Жазық ауа конденсаторы әрқайсысының радиусы $r=10$ см екі дөңгелек пластинадан тұрады. Пластиналар ара қашықтығы $b_1=1$ см. Конденсаторды $U=1,2$ кВ потенциалдар айырмасына дейін зарядтап, ток көзінен айырған. Пластиналарды бір-бірінен қашықтатып, ара қашықтығын $b_2=3,5$ см-ге дейін өсіргенде қандай жұмыс A істеледі?

18.6. Сиымдылығы $C = 1,11$ нФ жазық ауа конденсаторы. Конденсаторды $U=300$ В потенциалдар айырмасына дейін зарядталған. Конденсаторды ток көзінен айырғаннан кейін оның пластиналар ара қашықтығы бес есе өсірілген. Анықтау керек: 1) астарларының ара қашықтығы өсірілгеннен кейін олардағы потенциалдар айырмасы U ; 2) сыртқы күштердің пластиналарды қашықтату істеген A жұмысын.

18.7. Электрсіымдылығы $C=666$ пФ конденсаторды $U=1,5$ кВ потенциалдар айырмасына дейін зарядтап, ток көзінен ажыратқан. Содан кейін бұл конденсаторға электрсіымдылығы $C=444$ пФ зарядталмаған екінші конденсатор параллель жалғанған. Конденсаторларды жалғағанда ұшқын пайда болуына жұмсалған энергияны анықтаңыз.

18.8. Электрсіымдылығы $C_1 = 1$ мкФ, $C_2=2$ мкФ, $C_3=3$ мкФ конденсаторлар кернеуі $U= 1,1$ кВ тізбекке жалғанған. Әр конденсатордың энергиясы 1) олар тізбектей және 2) параллель жалғағанда табу керек.

18.9. Жазық конденсатордың электрсіымдылығы $C=111$ пФ. Диэлектрик-фарфор. Конденсатор $U= 600$ В потенциалдар

айырмасына дейін зарядталып, ток көзінен ажыратылған. Диэлектрикті конденсатордан алу үшін істелінетін жұмыс қандай болады? Үйкелісті елемеңіз.

18.10. Жазық конденсатордың пластиналар арасындағы көлемі $V = 100 \text{ см}^3$ диэлектрикпен (фарфор) толтырылған. Конденсатордың пластиналарындағы зарядтың беттік тығыздығы $\sigma = 8.85 \text{ нК/м}^2$. Диэлектрикті конденсатордан алу үшін істелінетін жұмыс A қандай болады? Диэлектриктің үйкелісін елемеуге болады.

19-модуль. Тұрақты электр тоғы.

Электр тоғының жалпы сипаттамасы және оның болу шарттары. Металдардың электр өткізгіштігінің классикалық электрондық теориясы. Дифференциал түріндегі Ом және Джоуль-Ленц заңдары. Тосын күштер. Гальваникалық элементтің Э.К.Қ.-і Гальваникалық элементі бар тізбектің бөлігі үшін Омның жалпылама заңы. Кирхгоф ережелері. Электр тоғының жұмысы және қуаты. Тұтас орталардағы электр тоғы. Плазма.

19.1. Негізгі формулалар

- Ток күші

мұндағы dQ - берілген көлем арқылы dt бірлік уақыт ішінде ағып өтетін заряд. Егер ток күші $I = \text{const}$, онда

- Ток тығыздығы

мұндағы S –өткізгіштің көлденең қимасының ауданы.

- Бағытты зарядталған бөлшектер қозғалысы кезіндегі $\langle v \rangle$ орташа жылдамдықпен ток тығыздығының байланысы

$$J = qn\langle V \rangle,$$

мұндағы q –бөлшектің заряды; n –зарядталған бөлшектердің концентрациясы.

- Бір текті тізбек бөлігі үшін Ом заңы:

мұндағы $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ – тізбекке түскен кернеу, R – тізбектің кедергісі.

- Бір текті емес тізбек бөлігі Ом заңы:

мұндағы ε –ток көзінің Э.Қ.К.-і R -тізбектің толық кедергісі (ішкі және сыртқы кедергілер қосындысы),

- Дифференциалдық түрдегі Ом заңы

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

- Тұйық тізбек үшін Ом заңы:

мұндағы R – тізбектің сыртқы кедергісі; r – ток көзінің ішкі кедергісі.

- Біртекті өткізгіштің кедергісі

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

мұндағы ρ - өткізгіштің меншікті кедергісі, l - оның ұзындығы, S - көлденең қимасының ауданы

- Меншікті өткізгіштік γ

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

- Металдардың меншікті кедергісінің температураға тәуелділігі

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

мұндағы ρ – берілген t температурадағы меншікті кедергі, ал ρ_0 - 0°C температурадағы меншікті кедергі; t - температура (цельсий шкаласы); α -кедергінің температуралық коэффициенті.

- Кедергілер тізбектей қосу формуласы:

- Параллель қосу формуласы

$$\frac{l}{R} = \sum_{l=1}^n \frac{1}{R_l}$$

мұндағы R_l -і- ші өткізгіштің кедергісі; n - өткізгіштер саны.

- Кирхгоф ережелері:

а) бірнеше ереже: Түйінде тоғысқан токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең;

$$\sum_{l=1}^n I_l = 0$$

б) екінші ереже: Тамақталған электр тізбегінің әрбір бөлшегіндегі токтың кедергіге көбейтіндісінің алгебралық қосындысына сол бөліктегі қозғаушы күштердің қосындысына тең;

$$\sum_{l=1}^n I_l R_l = \sum_{l=1}^n \varepsilon_l$$

- Джоуль-Ленц заңы

$$Q = I^2 R t.$$

- Ток қуаты

$$P = IU$$

мұндағы Q -өткізгіште бөлініп шығатын жылу мөлшері.

- Дифференциалдық түрде жазылған Джоуль-Ленц заңы:

$$w = jE = yE^2,$$

мұндағы w -тоқтың меншікті жылулық қуаты.

- Электрстатикалық өріспен сыртқы күштердің t уақытта тізбектің бөлігінде істеген жұмысы

$$A = IUt.$$

- Фарадейдің бірінші заңы:

$$m = Kit = KQ$$

мұндағы m -электролиз кезінде бөлініп шыққан заттың массасы: Q - t уақыт аралығында электролит арқылы өткен заряд мөлшері, K – электрохимиялық эквивалент.

- Фарадейдің екінші заңы:

мұндағы M – мольдік масса, $F = 96,48456 \cdot 10^3$ Кл/моль – Фарадей тұрақтысы Z -валенттік.

- Газ разряды кезіндегі ток тығыздығы

$$j = qn(b_{\tau} + b)$$

мұндағы q - иондардың заряды, n - иондардың концентрациясы, b_{τ} және b -оң және теріс таңбалы иондардың қозғалғыштығы.

19.2. Бақылау жұмысы

19.1. Гальванометрдің ішкі кедергісі $R_B = 680$ Ом. Ток күші $2,5$ А токты өлшеу үшін оған кедергіні қалай жалғау керек және қандай кедергіні қалай жалғау керек және қандай кедергі жалғау керек?

19.2. Гальванометрдің ішкі кедергісі $R_B = 680$ Ом. Оның шкаласы 150 В-қа есептелген. 300 В кернеуді өлшеу үшін оған қосымша кедергіні қалай жалғау керек және қандай кедергі жалғау керек?

19.3. Кедергісі $R_1 = 5$ Ом резистр, вольтметр және ток көзі параллель жалғанған. Вольтметр $U_1 = 10$ В Кернеуді көрсетеді. Кедергісі $R_2 = 12$ Ом резистормен алмастырғанда, вольтметр $U_2 = 12$ В кернеуді көрсетеді. Ток көзінің Э.Қ.К.-і мен ішкі кедергісін анықтаңыз. (Вольтметр арқылы жүретін токты елеменіз).

19.4. Э.Қ.К.-тері $\varepsilon_1 = 1,6$ В және $\varepsilon_2 = 1,2$ В, ішкі кедергілері $r_1 = 0,6$ Ом және $r_2 = 0,4$ Ом екі элемент аттас полюстерімен жалғанған, осы тізбектегі ток күшін анықтаңыз.

19.5. Көлденең қимасының ауданы $S = 1$ мм², ұзындығы $l = 20$ м ұштарындағы кернеу $U = 16$ В темір сым арқылы $t = 1$ с уақыт ішінде өтетін электрондар санын анықтау керек.

19.6 Әрқайсысының Э.Қ.К.-і $\varepsilon = 15$ В және ішкі кедергі $r = 0,4$ Ом болатын 12 элемент бар. Кедергісі $0,3$ Ом сыртқы тізбекке ток күшінің ең үлкен мәнін алу үшін бұл элементтерді қалай қосу керек? Ол токтың сандық мәні қандай болады?

19.7. Үй бөлмелеріндегі мыс электр сымның жалпы ұзындығы $l = 100$ м, қимасы $S = 9$ мм² және кернеу $U = 122$ В болса, 110 В-қа есептеген, әрқайсысының қуаты 300 Вт лампаның қаншасын қоюға болады?

19.8. Генератордан 10 м қашықтықта орналасқан лабораторияда 10 А ток күшімен қоректенуші электр қыздырушы приборды іске қосқан. Нәтижесінде осы лабораторияда жанып тұрған электр лампасының ұштарындағы кернеу қаншаға төмен түскен? Мыс сымдарының қимасының ауданы 5 мм².

19.9. Сыртқы кедергі $R_1=8$ Ом болғанда тізбектегі ток күші $I_1=0,8$ А, ал сыртқы кедергі $R_2=15$ Ом болғанда ток $I_2=0,5$ А. Ток көзінің айқышталу тоғының күші $I_{\text{айк}}$ қандай?

19.10 Кернеу $U=100$ В тізбекке бір – бірімен тізбектей жалғанған кедергі $R=2$ кОм катушка мен вольтмер. Вольтмер $U_1=80$ В-ты көрсетеді. Катушканы басқа катушкамен алмастырғанда вольтмер $U_2=60$ В-ты көрсеткен. Екінші катушканың кедергісі қандай?

19.11. Параллель жалғанған екі батареяға электрлампасын қосқан. Батареяның Э.Қ.К.-і $\varepsilon_1=12$ В, $\varepsilon_2=10$ В ішкі кедергілері $r_1=r_2=1$ Ом болса, қуат максимум болуы үшін, электрлампасының кедергісі қандай болуы керек?

19.12. Батареяның Э.Қ.К.-і $\varepsilon=24$ В. Оның ток күшінің ең үлкен мәні $I_{\text{max}}=10$ А. Сыртқы тізбекте бөлініп шығатын максимум қуат P_{max} қандай?

19.13 Батареяның Э.Қ.К.-і $\varepsilon=80$ В, ішкі кедергісі $r=5$ Ом. Сыртқы тізбек $P=100$ Вт қуатпен қоректенеді. Тізбектегі ток күші I , сыртқы тізбектегі кернеу U мен тізбектің кедергісі R қандай болады?

19.14. $P=150$ Вт телевизор $U=220$ В ток желісіне жалғанған. $0,5$; 1 және 2 А балқығыш сақтандырғыштың телевизорға қайсысын қою керек?

19.15. Батареяның Э.Қ.К.-і $\varepsilon=12$ В. Ток күші $I=4$ А болғанда батареяның ПЭК-і $\eta=0,6$ болса, батареяның ішкі кедергісі r қандай болады?

19.16. Элементтің Э.Қ.К.-і $\varepsilon=1,6$ В, ішкі кедергісі $r=0,5$ Ом $I=2,4$ А ток күшінде элементтің ПЭК-ін қандай болады?

19.17. Элемент реостат пен амперметр тізбектей жалғанған. Элементтің Э.Қ.К.-і 2 В, ішкі кедергісі $0,4$ Ом. Амперметр 1 А тоқты көрсетеді. Элементтің ПЭК-ін анықтаңыз.

19.18. Батареяның Э.Қ.К.-і $\varepsilon=240$ В, ішкі кедергісі $r=23$ Ом. Батареяның ПЭК-і $\eta=0,9$. Батареяның ішкі кедергісі r қандай болады?

19.19. Батареяның Э.Қ.К.-і $\varepsilon=240$ В, ішкі кедергісі $r=23$ Ом. Батареяның ПЭК-і қандай?

19.20. Э.Қ.К.-і $\varepsilon=600$ В батареядан энергияны $l=1$ км қашықтыққа беру керек. Тұтыну қуаты $P=5$ кВт. Тасымалдаушы мыс сымдарының диаметрі $d=0,5$ см болса, тізбектегі қуаттың ең аз шығыны қандай?

19.21. 1 л суды 5 минут ішінде қайнататын электр шәйнегінің қыздырғышы қанша ватт қуатпен қоректенеді? Тізбектегі кернеу 120 В болса, қыздырғыш кедергісі қандай? Судың бастапқы бастапқы температурасы $13,5^{\circ}\text{C}$. Жылу шығынын есептемеңіз.

19.22. 4,5 л суды 23^0 С-дан қайнатуға дейін қыздырғыш 0,5 кВт-сағ электр энергиясын тұтынады. Қыздырғыш ПӘК-і қандай?

19.23. Орман сымының кедергісі 16 Ом ішінде 9^0 С теипературадағы 600 см^3 суы бар электр шәйнегін токтан ажыратуды ұмытып кеткенде, тізбекке қосқаннан бастап қанша уақытта қайнап бітеді? Тізбектің кернеуі 120 В, шәйнектің ПӘК-і 60%.

19.24. $R=20$ Ом кедергіде ток күші $I_1=10$ А-ден $I=0$ А-ге дейін бірқалыпты кемігенде, $t=20$ с уақыт ішінде қанша жылу мөлшері бөлінеді?

19.25. Тізбектегі ток күші $I \neq I_0 \sin \omega t$ заңы бойынша өзгереді. Кедергісі $R=20$ Ом өткізгіште периодтың төрттен бір бөлігіне тең уақытта ($t_1=0$ –ден $t_2=T/4$ -ке дейін, мұндағы $T=15$ с) бөлініп шығатын жылу мөлшерін анықтаңыз.

19.26. Өткізгіштегі ток күші $I \neq I_0 e^{-\alpha t}$ заңы бойынша өзгереді, мұндағы $I_0=20$ А, $\alpha=10^2\text{с}^{-1}$. Өткізгіште $t=10^{-2}$ с уақытта бөлініп шығатын жылу мөлшері Q қандай?

19.27. Өткізгіштегі ток күші $t=20$ с уақыт ішінде нөлден кейбір максимум мәнге дейін бірқалыпты өзгереді. Осы уақытта өткізгіште $Q=4$ кДж жылу бөлініп шығады. Кедергісі $R=5$ Ом өткізгіште токтың өсу жылдамдығын анықтаңыз.

19.28. $t=8$ с уақытта кедергісі $R=8$ Ом өткізгіште ток күшінің бірқалыпты өсуі нәтижесінде $Q=500$ Дж жылу мөлшері бөлініп шықты. $t=0$ уақыт моментінде ток күші нөлге тең болса, өткізгіш арқылы өткен заряд мөлшері қандай?

19.29. Кедергі $R=10$ Ом өткізгіште $t=50$ с уақытта ток $I_1=5$ А-ден $I_2=10$ А-ге дейін бірқалыпты өседі. Осы уақыт ішінде өткізгіштен бөлініп шыққан жылу мөлшері Q қандай?

19.30. Резистор ток күші нөлге тең мәнінен бастап 10 с ішінде бірқалыпты өседі. Осы уақытта 500 Дж жылу мөлшері бөлініп шықты. Резистор кедергісі 10 Ом болса, токтың өсу жылдамдығы қандай болады?

19.31. Ток тығыздығы $j=80$ А/м² болса, мыс купоросының электролизі кезінде $t=5$ сағ уақытта бөлініп шыққан мыс қабатының қалыңдығы h қандай?

19.32. Мыс купоросының ертіндісі бар электр ваннасы арқылы өтетін ток күші $\Delta t=20$ с уақытта $I_0=0$ -ден $I=2$ А-ге дейін бірқалыпты өседі. Осы уақытта ваннаның катодында бөлініп шыққан мыстың массасы m қандай болады?

19.33. Мыс купоросының электролизінде 15 МДж энергия жұмсалған. Электродтардағы потенциалдар айырмасы $U=10$ В болса, олар бөлініп шыққан мыстың массасы қандай болады?

19.34. Металл бұйымды күміспен жабуда 10 мин уақыт ішінде электр тоғы өткізіледі. $H=4,5 \cdot 10^{-2}$ см жабу қалыңдығын қандай ток тығыздығында алуға болады?

19.35. Ауаны ионизациялауда бірвалентті иондар пайда болады. Өріс кернеулігі $E=1$ кВ/м, ток тығыздығы $j=6 \cdot 10^{-6}$ А/м² болса, иондар концентрациясы қандай? Оң иондардың жылжымалылығы $1,4 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с), ал теріс иондардікі $1,9 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с)

19.36. Ионизациялау камерасының әр электродының ауданы $S=0,01$ м², ара қашықтығы $b=6,2$ см. Бірлік көлемде, бірлік уақытта бірзарядты әр таңбалы иондарды $N=10^{15}$ м⁻³с⁻¹ саны туатын болса, бұл камерадағы қанығу тоғы $I_{\text{кан}}$ қандай?

19.37. Гелий атомының ионизациялау потенциалы $U=24,5$ В. Ионизациялау жұмысын A табыңыз.

19.38. Азот ионизациясын туғызу үшін, сутегі иондары қандай үдету потенциалдар айырмасын өтуі керек? Азоттың ионизациялау потенциалы $\phi_N=14,5$ В.

19.39. Электролит арқылы $I=3$ А тоғы 20 мин ішінде өткенде катодта 1188 мг мыс бөлініп шыққаны белгілі болса, Фарадей саны мен электрон зарядын есептеңіз.

19.40. Ионизациялау камерасындағы газ көлемі $V=0,8$ л газ рентген сәулеленуі арқылы ионизацияланады. Қанығу тоғының күші $I_{\text{кан}}=6$ нА. Газдың $V=1$ см³ көлемінде $t=1$ с уақытта қанша жұп ион пайда болады?

20-модуль.

Магнит өрісі

Магнит индукция векторы. Суперпозиция принципі Био-Савар-Лаплас заңы. Қарапайым жүйелердің магнит өрісін есептеу. Лоренц күші. Магнит өрісінді зарядталған бөлшектердің қозғалысы. Холл эффектiсi. Ампер күші. Магнит өрісіндегі тоғы бар орам. Тоғы бар рамкаға әсер етуші күш моменті. Магнит ағыны. Тоғы бар өткізгіш магнит өрісінде орын ауыстырғанда істелетін жұмыс.

20.1. Негізгі формулалар

- Био-Савар-Лаплас заңы

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu I d\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

мұндағы $d\vec{B}$ – $d\vec{l}$ ток элементі туғызатын магнит өрісінің индукциясы; μ – магниттік өтімділік; μ_0 – магнит тұрақтысы ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м = $12,566 \cdot 10^{-7}$ Гн/м); $d\vec{l}$ өткізгіштің $d\vec{l}$ кесіндісіне тең векторлық шама; I – электр тоғы; $\vec{r}$ – өткізгіштің $d\vec{l}$ кесіндісінен магнит индукциясы анықталатын нүктеге дейінгі қашықтық.

$d\vec{B}$ векторы мына өрнекпен анықталады:

мұндағы $\alpha = d\vec{l}$ және $\vec{r}$ векторларының арасындағы бұрыш.

- Дөңгелек токтың центріндегі магнит индукциясы

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

мұндағы R – дөңгелектің қисықтық радиусы.

- Шексіз түзу өткізгіштің бойымен өткен токтың магнит индукциясы

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{r}$$

мұндағы r – өткізгіштің осінен магнит индукциясы анықталатын нүктеге дейінгі қашықтық.

- Дөңгелек токтың осінің бойындағы нүктелердегі өрістің магнит индукциясы

$$B = \frac{\mu_0 \mu I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

мұндағы R – дөңгелек токтың радиусы; h – индукциясы сипатталатын нүкте мен дөңгелек ток центрін қосатын ара қашықтық.

- Ұзын соленоид және тороид ішіндегі өрістің магнит индукциясы

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

мұндағы n -соленоидтың (тороидтың) бірлік ұзындығы келетін орам саны; I -ток күші.

- Ұзындығы шектеулі тоғы бар өткізгіштің магнит өрісінің индукциясы:

мұндағы φ_1 және φ_2 –өткізгіш ұштарын индукция анықталатын нүктелермен қосатын түзу мен индукция векторы аралығындағы бұрыштар.

- Өрістің магнит индукциясының қорытқы мәні оны туғызушы өрістің индукция векторларының векторлы қосындысына тең:

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

- Контурды тесіп өткен магнит ағыны

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

мұндағы S -контурдың көлденең қимасының ауданы, α -контур нормалы мен магнит өрісі бағытының арасындағы бұрыш.

- Тоғы бар өткізгішке әсер етуші Ампер күші

$$\vec{F} = [I \vec{B}]_l$$

мұндағы I -ток күші; l – өткізгіштің ұзындығы B -өрістің магнит индукциясы.

$\vec{F}$ – векторының модулі мына өрнекпен анықталады:

$$F = B I l \sin \alpha$$

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

- I_1 және I_2 ток жүріп тұрған бір-біріне параллель шексіз ұзын түзу екі өткізгіштің өзара әсер күші.

$$\vec{I}, \vec{I}_1$$

мұндағы l – өткізгіштің ұзындығы; d – олардың арақашықтығы

- Ток өтетін контурдың магнит моменті:

$$\vec{P}_m = J \vec{S} \vec{n},$$

мұндағы $\vec{n}$ – S ауданға тұрғызылған бірлік вектор.

- Ток бар контурға магнит өрісінде әсер етуші механикалық момент:

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \vec{B}]$$

момент шамасы мынаған тең

$$M = P_m B \sin \alpha$$

мұндағы α – $\vec{P}_m$ және $\vec{B}$ векторларының арасындағы бұрыш.

- Тоғы бар өткізгіш магнит өрісінде орын ауыстырғанда істелетін жұмыс:

$$dA = Id\Phi$$

мұндағы $d\Phi$ магнит ағыны.

- Магнит өрісінде $\vec{v}$ жылдамдықпен қозғалған q зарядқа Лоренц күші әсер етеді:

$$\vec{F} = q [\vec{v} \vec{B}] \text{ немесе } F = |q| v B \sin \alpha$$

мұндағы $\alpha = v$ жылдамдық пен $\vec{B}$ векторының арасындағы бұрыш.

- Магнит өрісіне перпендикуляр орналасқан тоғы бар пластинаның жақтарында потенциалдар айырымы пайда болады:

мұндағы d -пластинаның ені, B -магнит өрісінің индукциясы.

$R = \frac{1}{\rho n e}$ -Холл тұрақтысы.

Холл тұрақтысы мен заттың меншікті өткізгіштігін біле отырып ток тасымалдаушылардың қозғалғыштығын келесі формуламен анықтауға болады.

$$v = \frac{1}{\rho} = n e u.$$

20.2 Бақылау жұмысы

20.1. Қабырғалары $a=10$ см дұрыс алтыбұрыш түрінде майыстырылған жіңішке өткізгіш арқылы күші $I=20$ А ток жүреді. Алтыбұрыш ортасындағы магнит индукциясын B анықтаңыз.

20.2. Соленоиды, бір-біріне тығыз орналасқан диаметрі $d=0,2$ мм екі қабатты өткізгіш орамдарынан тұрады. Егер өткізгішпен күші $I=0,5$ А ток жүретін болса, онда соленоид осындағы магнит индукциясы B шамасы қандай?

20.3. Тең қабырғалары үшбұрыш түріндегі контурда ағатын ток күші $I=50$ А. Үшбұрыш қабырғасы $a=20$ см. Биіктіктердің қиылысқан нүктесіндегі магнит индукциясын B анықтаңыз.

20.4. Бойынан 5А ток өтіп жатқан шексіз ұзын өткізгіштен 2 см қашықтықтағы нүктенің магнит өрісі кернеулілігін H табылыс.

20.5. Екі ұзын түзу өткізгіштер бір-бірінен 10 см қашықтықта өзара параллель орналасқан. Өткізгіштерден $I_1=I_2=5$ А токтар қарама-қарсы бағыттарда ағады. Әрбір өткізгіштен 10 см қашықтықта тұрған нүктенің магнит өрісі кернеулілігінің бағыты мен шамасын табыңыз.

20.6. Тік бұрышпен иілген ұзын өткізгіштен өтетін ток күші 20А. Осы бұрыштың биссектрисасында, бұрыш төбесінен 10 см қашықтықта жатқан нүктенің магнит өрісі кернеулілігін H табыңыз.

20.7. Әрқайсысының радиустары 4 см екі дөңгелек орамдар бір-бірінен 5 см қашықтықта жатқан параллель жазықтықтарда орналасқан. Орамдарда $I_1=I_2=4$ А токтар ағады. Орамдардың біреуінің центріндегі магнит өріс кернеулігін H табыңыз. Есепті екі жағдайда шешіңіз:

А) Орамдардағы токтар бір бағытта ағады;

В) Орамдардағы токтар қарама-қарсы бағытта ағады.

20.8. Қабырғалары $a=8$ см және $b=12$ см тікбұрыш түрінде иілген өткізгіштен күші $I=50$ А ток ағады. Тік төртбұрыштық диагональдары қиылысатын нүктедегі магнит өріс кернеулігі H пен индукциясы B шамаларын анықтаңыз.

20.9. Ұзындығы 30 см катушка 1000 орамнан тұрады. Катушка бойымен өтетін ток 2А болса, онда осы катушка ішіндегі магнит өрісі кернеулігін H табылыс. Катушка диаметрі оның ұзындығына салыстырғанда өте аз деп есептеңіз.

20.10. $\alpha=120^\circ$ бұрышпен иілген шексіз ұзын өткізгіш бойымен $I=50$ А ток жүреді. Осы бұрыш биссектрисасында оның төбесінен $\Gamma=50$ мм арақшықтықта жатқан магнит өрісі индукциясы B шамасын анықтаңыз.

20.11. Бірдей потенциалдар айырымы мен үдетілген протон мен α -бөлшек біртекті магнит өрісіне ұшып кіреді. Протонның проекториясының қисықтық радиусы R_1 , α -бөлшектің траекториясының қисықтық радиусына R_2 неше есе үлкен??

20.12. Индукция $B=2$ Тл біртекті магнит өрісінде протон шеңбер бойымен қозғалады. Протон қозғалысымен жасалынатын эквивалентті ток күшін анықтаңыз.

20.13. Индукциясы $B=2$ Тл біртекті магнит өрісінде тұрақ бөлшек қозғалады. Оның қозғалыс траекториясы радиусы $R=1$ см және қадымы $h=6$ см бұранда сызығы сияқты. Протонның кинетикалық энергиясын T анықтаңыз.

20.14. Индукция $B=2$ Тл біртекті магнит өрісінде $l=4$ см өткізгіш $v=2$ м/с жылдамдықпен, бірқалыпты іргелірімелі, қозғалады. Жылдамдық векторы индукция векторына $\alpha=30^\circ$ бұрышпен бағытталған өткізгіш қозғалысы бойынша өріс бағытына перпендикуляр. Өткізгіш ұштарындағы потенциалдар айырмасын табыңыз.

20.15. Бір ядролық тәжірибеде энергиясы 1 МэВ протон, біртекті магнит өрісінде дөңгелек проектория бойымен қозғалады. Осы өрісте

α -бөлшекпен нейтрон осындай траекториямен қозғалуы үшін олардың энергиялары қандай болу керек?

20.16. Біртекті магнит өрісінде, электро индукция күш сызықтарына перпендикуляр қозғалады. Егер өрісінің индукциясы $B=0,2$ Тл, ал траекторияның қысықтың радиусы $R=0,2$ см болса, онда электронға өріс тарапынан әсер етін күш F шамасын анықтаңыз.

20.17. Индукциясы $B=0,01$ Тл магнит өрісінде, электрон радиусы $R=0,8$ см шеңбер бойымен қозғалады. Электронның кинетикалық энергиясы T қандай?

20.18. Ұзындығы $l=20$ см түзу өткізгіш, индукциясы $B=0,01$ Тл біртекті магнит өрісінде енгізілген. Егер оның бойынан $I=5$ А ток өтетін болса, ал ток бағытымен магнит индукциясы векторы бағыты арасындағы бұрыш $\varphi=30^\circ$ болса, онда оған әсер ететін күші F анықтаңыз.

20.19. Әрқайсысының ұзындығы $l=3$ м екі параллель өткізгіштерде күштері бірдей $I=500$ А токтар ағады. Өткізгіштердің арақашықтығы $d=10$ см. Өткізгіштердің өзара әсерлесу күшін анықтаңыз.

20.20. Біртекті магнит өрісінде оның күш сызықтары бағытына $\varphi=60^\circ$ бұрышпен енген протон, радиусы $R=2,5$ см спиральмен қозғалады. Магнит өрісі индукциясы $B=0,05$ Тл протонның кинетикалық энергиясын T анықтаңыз.

20.21. Темір сақинаның орташа диаметрі 15 см. Сақинаның көлденең қимасы ауданы 7 см^2 . Сақинаға 500 орам өткізгіш оралған. Анықтаңыз: а) ток 0,6А болғандағы өзекшедегі магнит ағынын; б) сақинадағы магнит ағыны $8,4 \cdot 10^{-4}$ Вб болған кездегі ток шамасын.

20.22. Индукциясы $B=0,03$ Тл біртекті магнит өрісінде ауданы $S=20 \text{ см}^2$ жазық контур тұр. Контур жазықтығымен индукция сызықтары өзара $\varphi=60^\circ$ бұрыш жасайды. Контур жазықтығы тесіп өтетін магнит ағынын Φ анықтаңыз.

20.23. Индукция $B=0,318$ Тл біртекті магнит өрісінде радиусы см сақина орналасқан. Сақина ауданы мен индукция сызықтары өзара бұрыш жасайды. Сақинаны тесіп өтетін магнит ағыны Φ есептеңіз.

20.24. Индуктивтілігі $L=5$ Гн, 1000 орамнан тұратын катушка қандай магнит ағынын Φ жасайды? Катушкада ағатын ток $I=0,6$ А.

20.25. Кернеулі 250 кА/м біртекті магнит өрісіне квадрат рамка енгізілген. Оның жазықтығы магнит өрісі бағытымен 45° бұрыш жасайды. Рамка қабырғасы 4 см. Рамканы тесіп өтетін магнит ағынын анықтаңыз.

20.26. Ауданы $S=20 \text{ см}^2$ жазық контур индукциясы $B=0,03 \text{ Тл}$ біртекті магнит өрісінде тұр. Индукция сызықтары бағытымен мен контур жазықтығы арасындағы бұрыш $\varphi=60^\circ$. Контурды тесіп өтетін магнит ағынын Φ анықтаңыз.

20.27. Бойынан күші $I=50 \text{ А}$ ток ағатын, радиусы $R=20 \text{ см}$ орам, кернеулігі $H=10^3 \text{ А/м}$ біртекті магнит өрісіне еркін қойылған. Орамды оның диаметріне қарағанда $\varphi=30^\circ$ бұрышқа бұру кезінде жасалған жұмысты анықтаңыз.

20.28. Ұзындығы $l=40 \text{ см}$ өткізгіш бойымен $I=100 \text{ А}$ ток өткенде, индукциясы $B=0,5 \text{ Тл}$ біртекті магнит өрісінде қозғалады. Өріс тарапынан әсер ететін күштер өткізгішті $L=40 \text{ см}$ қашықтыққа қозғағанда қандай жұмыс A жасайды? Қозғалыс бағыты, индукция сызықтарымен ток бағыттары өзара перпендикуляр.

20.29. Тұрақты ток күші ($I=0,6 \text{ А}$) бар орам, біртекті магнит өрісіне ($B=20 \text{ мТл}$) еркін орналасытырлған. Орам диаметрі $d=10 \text{ см}$.

орамының, оның диаметрімен беттесетін осінен $\varphi = \frac{\pi}{3}$ бұрышқа бұру үшін қандай жұмыс жасалуы қажет?

20.30. Индукциясы $B=0,4 \text{ Тл}$ біртекті магнит өрісіне $I=5 \text{ А}$ тоғы бар жазық контур еркін орналастырылған. Контур ауданы $S=200 \text{ см}^2$. Контурдағы токты өзгертпей оның жазықтығына жатқан оське қарағанда $\varphi=40^\circ$ бұрышқа бұрын, жұмсалынған жұмыс шамасын анықтаңыз.

20.31. Радиусы $R=10 \text{ см}$ жұқа сақина бойымен сызықтық тығыздығы $\tau=50 \text{ нКл/м}$ заряд бірқалыпты бөлінген. Сақина өзінің жазықтығына перпендикуляр өзінің центрінен өтетін осьті $n=10 \text{ с}^{-1}$ жиілікпен айналады. Сақинаның айналуы кезінде пайда болатын магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.32. Радиусы $R=8 \text{ см}$ диск бетінде заряд ($\sigma=100 \text{ нКл/м}^2$) бірқалыпты бөлінген. Осы диск центріне оның жазықтығына перпендикуляр ось айналғанда пайда болатын магнит моменті P_m анықтаңыз. Дискінің айналуының бұрыштық жылдамдығы $\omega=60 \text{ рад/с}$.

20.33. Ұзындығы $l=20 \text{ см}$ стержень, сызықтық тығыздығы $\tau=0,2 \text{ мкКл/м}$ зарядпен бірқалыпты бөлініп зарядталған. Стержень өзіне перпендикуляр және өзінің бір ұшынан өтетін осьті $n=10 \text{ с}^{-1}$ жиілікпен айнала қозғалады. Стерженнің айналуы кезінде пайда болатын магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.34. Радиусы $R=0,5$ см шеңбер бойымен протон $v=10^6$ м/с сызықтық жылдамдықпен қозғалады. Эквивалентті дөңгелек токтың жасайтын магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.35. Радиусы $R=10$ см жұқа сақина бойында $q=80$ нКл заряд бірқалыпты бөлінген. Сақина өзінің бір диаметрі мен беттесетін осьті $\omega=50$ рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналады. Сақина айналуына байланысты пайда болатын магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.36. Ұзындығы $l=20$ см стержень бойымен $q=0,1$ мкКл/л зарядты бірқалыпты бөлінген. Стержень өзіне перпендикуляр және өзінің ортасы арқылы өтетін осьті $\omega=20$ рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналады. Стержень айналуы кезінде пайда болатын магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.37. Сутегі атомындағы электрон ядро (протон), маңында радиусы $R=53$ пм шеңбер бойымен қозғалады. Эквивалентті дөңгелек токтың магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.38. Радиусы $R=4$ см және биіктігі $h=4$ см бітеу цилиндр бойымен $\rho=\text{мкКл/м}^3$ көлемдік заряд бірқалыпты бөлінген. Цилиндр өзінің геометриялық осын $\pi \cdot 10$ с⁻¹ жиілікпен айналады. Цилиндр айналуы нәтижесінде пайда болатын магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.39. Радиусы $R=15$ см диск бетінде $q=0,2$ мкКл/л заряд бірқалыпты бөлінген диск жазықтығына перпендикуляр өз центрінен өтетін осьті $\omega=30$ рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналады. Дискінің айналуына байланысты пайда болатын магнит моментін P_m анықтаңыз.

20.40. Ұзындығы $l=40$ см жіңішке стерженьде $q=60$ нКл заряд бірқалыпты бөлінген. Стерженьге перпендикуляр, оның бір ұшынан $a=l/3$ қашықтықта айналу осі орналасқан. Стержень осы осьті $n=12$ с⁻¹ жиілікпен айналады. Стержень айналған кезде пайда болатын магнит моментін P_m анықтаңыз.

22- модуль.

Электромагниттік индукция құбылысы.

Ленц ережесі. Флюксметр. Ұзын соленоидтың индуктивтігі. Өзара индукция коэффициенті. Токтың магнит энергиясы. Магниттік энергияның тығыздығы.

22.1. Негізгі формулалар

- Фарадей заңы

$$\varepsilon_i = \frac{d\Phi}{dt}$$

мұндағы индукция ε_i -Э.Қ.К-і

- Индуктивтігі L контур I тоғы тудыратын магнит ағыны

$$\Phi = LI$$

- Өздік индукциясының Э.Қ. К-і.

$$\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt}$$

мұндағы L -контурдың индуктивтігі.

- Соленоидтың (тороидтың) индуктивтігі

мұндағы N -соленоидтың бірлік ұзындығына келетін орам саны;
 l -оның ұзындығы.

- Тізбекті ажыратқанда және қосқандағы ток күшінің өзгеруі

$$I = I_0 e^{-t/\tau}; I = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

мұндағы $\tau = L/R$ –релаксация уақыты (L -индуктивтік; R -кедергі).

- Өзара индукциясының Э.Қ. К –і (кез келген контурдағы электр тоғы өзгергенде, осы токтың айнымалы магнит өрісі көрші контурда Э.Қ.К-ін индукциялайды)

$$\varepsilon = -L_{12} \frac{dI}{dt}$$

мұндағы L_{12} -контурдың өзара индуктивтігі.

- Екі катушканың өзара индуктивтігі (N_1 және N_2 орам саны),

мұндағы μ -өзекшенің магнит өтімділігі; S - өзекшенің көлденең қимасының ауданы.

- Индуктивтігі L контура I тоғы өткендегі магнит өрісінің энергиясы

$$W = LI^2/2$$

- Ұзын соленоидтың бірлік көлеміндегі энергия тығыздығы

$$w = \frac{B^2}{2\mu_0\mu} = \frac{\mu_0\mu H^2}{2} = \frac{BH}{2}$$

22.2 Бақылау жұмысы

22.1. Ұзындығы $l=10$ см өткізгіш, $0,1$ Тл біртекті магнит өрісінде қозғалады. Өткізгіш жылдамдығы 15 м/с және оның бағыты магнит өрісіне перпендикуляр бағытталған. Өткізгіште пайда болатын Э.Қ.К.-і неге тең?

22.2. Диаметрі 10 см, 500 орамнан тұратын катушка магнит өрісіне орналастырылған. Магнит өрісінің индукциясы $0,1$ с уақытта 0 ден 2 Вб/м² шамаға дейін арттырылған. Осы катушкадағы индукция Э.Қ.К.-інің орташа мәнін табыңыз.

22.3. Ұзындығы 1 м стержень индукциясы $0,5$ Тл магнит өрісінде тұрақты 20 рад/с жылдамдықпен айналады. Айналу осі магнит өрісікүш сызықтарына параллель және ол стерженьнің бір ұшынан өтеді. Стерженьнің ұштарында пайда болатын индукция Э.Қ.К.-і шамасын анықтаңыз.

22.4. Индукциясы $0,8$ Тл біртекті магнит өрісінде, рамка 15 рад/с бұрыштық жылдамдықпен бірқалыпты айналады. Рамка ауданы 150 см². Айналу осі рамка жазықтығында жатады және ол магнит өрісі

күш сызықтары бағытымен 30° бұрыш құрайды. Айналыстағы рамкадағы максимал индукция Э.Қ.К.-ін табыңыз.

22.5. Индукциясы $0,1\text{Тл}$ біртекті магнит өрісінде 200 орамнан тұратын катушка айналады. Катушканың айналу осі оның өз осі мен магнит өрісі бағытына перпендикуляр. Катушканың айналу периоды $0,2\text{ с}$, қимасының ауданы 4см^2 катушкадағы индукция Э.Қ.К.-інің максимал мәнін табыңыз.

22.6. Индукциясы $B=0,5\text{ (I+e}^{-t}\text{)}$ Тл заңымен өзгертін магнит өрісі бағытына, ауданы 1 м^2 сым орам перпендикуляр қойылған. Орамдағы индукция Э.Қ.К.-ін уақыт функциясы ретінде анықтаңыз.

22.7. Катушкадағы ток күшін, реостат көмегімен әрбір секундта $\Delta I=0,6\text{ А}$ шамаға бірқалыпты арттырады. Катушканың индуктивтілігі $L=5\text{ МГн}$. Өздік индукция Э.Қ.К. –інің орташа мәнін $\langle \varepsilon_0 \rangle$ табыңыз.

22.8. Электр тізбегі $R=20\text{ Ом}$ актив кедергіден және $L=0,06\text{ Гн}$ индуктивтіліктен тұрады. Тізбек бойынан $I=20\text{ А}$ ток ағады. Тізбекті ток көзінен ажыратқаннан кейін $\Delta t=0,2\text{ с}$ уақыт өткендегі ток күші шамасын анықтаңыз.

22.9. Кернеулігі $H=10^4\text{ А/м}$ магнит өрісінде, ауданы $S=100\text{ см}^2$, $N=1000$ оранан тұратын рамка $v=10\text{ с}^{-1}$ жиілікпен бірқалыпты айналады. Айналу осі рамка жазықтығында жатыр және ол кернеулік сызықтарына перпендикуляр. Рамкаға пайда болатын максимал индукция Э.Қ.К. –ін ε_m табыңыз.

22.10. Біртекті магнит өрісінде ($B=0,3\text{ Тл}$), радиусы $R=5\text{ см}$ және кедергісі $r=0,02\text{ Ом}$ сым орам орналастырылған. Орам жазықтығы мен индукция күш сызықтары арасындағы бұрыш $\varphi=40^\circ$, магнит өрісін қосқанда орам бойымен қандай заряд q ағады?

22.11. Индукциясы $B=1,2\text{ Тл}$ магнит өрісінде тұрған көлемі 400 см^3 темір өзекшедегі магнит өрісі энергиясын анықтаңыз.

22.12. Индуктивтілігі $L=0,2\text{ Гн}$ және кедергісі $R=10\text{ Ом}$ электрмагнит орамдарына тұрақты кернеу түсірілген. Қанша уақыттан t соң орамдардан, өзекшедегі магнит өрісі энергиясына тең жылу бөлінеді?

22.13. Соленоидтың әрбір сантиметр ұзындығына $N=20$ орам оралған. Қандай ток күшінде I , магнит өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы $\omega=0,1\text{ Дж/м}^3$ болады? Магнит өрісі көлем бойынша біртекті, өзекшк магниттік емес материалдардан жасалынған.

22.14. Ұзындығы 60 см жеке диаметрі 70 см солиноид 1000 орамнан тұрады. Орамдардағы ток 1 А . Соленоидтың темір

өзекшесіндегі магнит өрісі энергиясының көлемдік тығыздығын ?? анықтаңыз.

22.15. Солиноидтан өтетін ток $I=5$ А. Оның ұзындығы $l=1$ м, көлденең қимасының ауданы $S=50$ см² және орам саны $N=500$. Солиноидтың магнит өрісі энергиясын табыңыз.

22.16. Индуктивтілігі $L=0,021$ Гн катушка арқылы, уақытқа байланысты $I=I_0 \sin \omega t$ заңымен өзгертін ток ағады, мұндағы $I_0=5$ А, $\omega=2\pi/T$ және $T=0,02$ с. уақытқы байланысты тәуелділікті табыңыз: 1) катушкада пайда болатын өздік индукция Э.Қ.К.-і; 2) катушкадағы магнит өрісінің энергиясы.

22.17. Ұзындығы 50 см көлденең қимасының ауданы 2 см² солиноидың индуктивтілігі $2 \cdot 10^7$ Гн. Қандай ток күшінде солиноид ішіндегі магнит өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы 10^{-3} Дж/м³ шамасына болады?

22.18. Магнитсіз өзекшісі оралған тороидтың әрбір сантиметр ұзындығына 10 орамнан сәйкес келеді. Орамдардағы магнит өрісі энергиясы тығыздығы ?? токтың қандай мәнінде $\omega=1,00$ м³ болады?

22.19. Индукциясы $B=0,5$ Тл магнит өрісінің энергиясы тығыздығындай, энергия тығыздығы болу үшін біртекті электр өрісінің E кернеулігі қандай болу керек?

22.20. Магнитсіз өзгешілігі бар тороидтың әрбір сантиметр ұзындығына 10 орамнан келеді. Орамдардағы $I=16$ А болғанда, магнит өрісінің тығыздығы неге тең?

23-модуль. Электр магниттік тербелістер.

Тербелмелі контур. Еркін және еріксіз электромагниттік тербелістер. Резонанс. Айнымала электр тоғы. Айнымалы ток үшін Ом заңы. Кернеулер және токтар резонансы.

23.1. Негізгі формулалар.

• Тербеліс жиілігі $\nu = \frac{1}{T}$, мұндағы период T , циклдік жиілік $\omega=2\pi\nu$.

• Айнымалы ток тізбегінің толық кедергісі:
 $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$, мұндағы $\omega L = L$ - индуктивтік кедергі,

-сыйымдылық кедергі.

- Айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы; $I_0 = \frac{U_0}{Z}$, мұндағы I_0 және U_0 ток пен кернеудің амплитудалық мәндері.
- $L = C$ Кернеу мен токтың арасындағы фаза айырымы:

$$\text{tg}\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

- Ток күшінің және кернеудің амплитудалық және әсерлік мәндердің байланысы

- Айнымалы ток тізбегінде бөлінетін орташа қуат:

23.2. Бақылау жұмысы

23.1. Тербелмелі контур сыйымдылығы $C=8$ пФ конденсатор мен индуктивтілігі $L=0,5$ мГн катушкадан тұрады. Контур кедергісі ескерілмесін. Кондесатордағы максимал ток күші $I_{\max}=40$ мА болса, онда конденсатор астарларындағы максимал кернеу $U_{\max}$ қандай?

23.2. Тербелмелі контур сыйымдылықтары $C=1,0$ мкФ өзара паралель қосылған конденсаторар мен индуктивтілігі $L=100$ мГн катушкадан құралған. Контурдың кедергісі өте аз. Контурдың тербеліс жиілігін ν_0 анықтаңыз.

23.3. Тербелмелі сиымдылығы $C=2$ мкФ конденсатор мен индуктивтілігі $L=100$ мГн катушкadan тұрады. Катушканың актив кедергісі $R=10$ Ом. Контурдың өлшеуінің логарифмдік декрементін λ анықтаңыз.

23.4. Тербелмелі контурдың индуктивтілігі $L=50$ мкГн. Контур ұзындығы $\lambda=300$ м электрмагниттік толқында резонанста болуы үшін, оның сиымдылығы қандай болуы керек?

23.5. Тербелмелі контур сиымдылығы $C=1$ пФ конденсатор мен индуктивтілігі $L=1$ мГн катушкadan тұрады. Катушканың актив кедергісін ескермеңіз. Контур, монохроматты электрмагниттік толқынның қандай ұзындығына λ даярланған?

23.6. Вакуумда, ұзындығы $\lambda=240$ м электрмагниттік толқынды шығаруы үшін, контурдың толық бір тербелісі қанша уақытта T өтеді?

23.7. Индуктивтілігі $L=1,5$ мГн және сиымдылығы $C=0,67$ нФ радиоқабылдағыш контуры, қандай ұзындықтағы λ электрмагниттік толқындарды қабылдауға әзірленген?

23.8. Актив кедергісі $R=12$ Ом индуктивті катушка айнымалы ток жиілігі $\nu=50$ Гц тізбекке жалғанған. Ток күші мен кернеу арасындағы фаза ығысуы $\phi=60^\circ$. Катушканың индуктивтілігін анықтаңыз.

23.9. Тербелмелі контурдың параметр мәндері $C=3,2$ нФ, $L=9,6$ мкГн, $R=0,66$ Ом. Контурда өшпейтін гармоникалық тербеліс жасалынуы үшін, оның конденсаторындағы кернеу амплитудасы 12В болуы керек. Контурдың тұтынатын қуатын P анықтыңыз.

23.10. Амплитудасы 200 В сыртқы синусоидалы кернеу әсеріне резонансты әзірленген контурда амплитудасы 16 А айнымалы ток пайда болады. Контурдың актив кедергісін анықтаңыз.

23.11. Кедергісі $R=20$ Ом катушкаға ток көзі тұйықталған. Тұйықтау ток күші өзінің максимал шекті мәнінің 0,95 бөлігіне $t=0,1$ с уақытта жетеді. Катушканың индуктивтілігін анықтаңыз.

23.12. Тізбек индуктивтілігі $L=0,1$ Гн, кедергісі R катушка мен ток көзінен тұрады. Тізбекті бұзбай, ток көзін ажыратады. Ток күшінің өзінің бастапқы мәнінің 0,001 бөлігіне дейін азаюына кететін уақыт $t=0,07$ с. Катушканың кедергісін R анықтаңыз.

23.13. Кедергісі $R=100$ Ом, индуктивтілігі $L=0,2$ Гн катушка ток көзімен тұйықталған. Ток күші, қанша уақыттан кейін өзінің максимал мәнінің 50% бөлігіне жетеді?

23.14. Ішкі кедергісі $R_0=5$ Ом ток көзіне, индуктивтілігі $L=0,5$ Гн және кедергісі $R=8$ Ом катушканы жалғаған. Қанша уақыттан соң ток күші өзінің максимал мәнінен 1% айырмашылығы бар мәнге жетеді?

23.15. Индуктивтілігі $L=0,5$ Гн катушка ток көзімен тұйықталған. Тұйықтау ток күші 1 шекті мәнінің 0,95 бөлігіне $\Delta t=0,1$ с уақытта жетеді. Катушка кедергісін анықтаңыз.

23.16. Индуктивтілігі $L=0,06$ Гн, кедергісі $R=20$ Ом электр тізбегінде күші $I=20$ А ток ағады. Тізбекті ажыратқаннан кейінгі $\Delta t=20$ мс уақыт өткендегі ток күшін анықтаңыз.

23.17. Кедергісі $R=20$ Ом тұйық тізбекте ток ағады. Тізбекті ажыратқаннан кейін $\Delta t=8$ мс уақытта, ондағы ток күші 20 есе азаяды. Тізбектің индуктивтілігін L анықтаңыз.

23.18. Кедергісі $R=20$ Ом және индуктивтілігі $L=0,1$ Гн тұйық тізбекте $I=50$ А ток ағады. Тізбекті ажыратқаннан кейінгі $\Delta t=0,01$ с уақыттағы ток күшін анықтаңыз.

23.19. Индуктивтілігі $L=1$ Гн және кедергісі $R=10$ Ом катушка ток көзімен тұйықталған. Тұйықтау ток күші қанша уақыттан соң өзінің шекті мәнінің 0,9 бөлігіне жетеді?

23.20. Тізбек индуктивтілігі $L=1$ Гн және кедергісі $R=10$ Ом катушкадан тұрады. Тізбекті бұзбай ток көзі ажыратылады. Ток күші қанша уақыттан соң бастапқы мәнінің 0,001 бөлігіне дейін азаяды?

23.21. Ток күшінің лездік мәні $I=4\sin 18\pi t$ (А) заңмен периодты өзгереді. Актив кедергісі 5 Ом өткізгіште 36 периодқа тең уақытта қанша мөлшерде жылу бөлінеді?

23.22. Суретте айнымалы синусоидалы ток графигі келтірілген. Токтың максимал, әсерлік және орташа мәндері арасындағы қатынастарды табыңыз.

23.23. Ішкі кедергісі 0,2 Ом ток көзі, тербелмелі контурға K кілт арқылы параллель жалғанған. Кілтті ажыратқаннан кейін контурда, периоды 5 мс электромагнитті тербеліс пайда болады. Конденсатор астарларында кернеудің максимал мәні, ток көзінің Э.Қ.К.-і мәнінен 3,14 есе көп болса, онда катушканың индуктивтілігі мен конденсатордың сыйымдылығы қандай? Катушка кедергісі ескерілмесін.

23.24. Тербелмелі контур индуктивтілі катушка мен конденсатордан тұрады. Катушкадағы токтың максимал мәні 1,2 А, конденсатор астарларының максимал потенциалдар айырымы 1200 В, ал контур энергиясы 1,1 мДж. Контурда пайда болатын жиілігін анықтаңыз.

23.25. Айнымалы ток тізбегіне жалғанған сиымдылығы 2 мкФ конденсатор дұрыс жұмыс істеуі үшін қандай кернеуге есептелінген болуы керек? Токтың уақытқа тәуелділігі мынадай: $I=6 \sin 100t$ (А)

23.26. Неон лампысын жандыратын кернеу 83,5 В. Лампа айнымалы тізбекке қосылғанда, оның қысқышындағы кернеудің өзгеріс заңы мынадай: $U=127 \cdot \cos 100\pi t$ (В) . Лампаның жанып – өшу уақытының ұзақтығы қандай?

23.27. Тербелмелі контур сиымдылығы 7 мкФ конденсатор мен индуктивтілігі 0,03 Гн катушкадан тұрады. Конденсатор астарларындағы заряд мынадай заңмен өзгереді: $q=300 \cdot \cos 50\pi t$ (нКл). Контурдың реактив кедергісі неге тең?

23.28. Тербелмелі контурдың конденсаторы астарларындағы кернеу өзгерісі заңы: $U=300 \cdot \cos 100\pi t$ (В). Конденсатор сиымдылығы 1,5 мкФ болса, оның астарларында қандай максимал заряд болуы мүмкін?

23.29. Тербелмелі контурға сиымдылығы 0,13 мкФ конденсатор қосылса, онда резонанс 720 Гц жиілікте басталады. Берілген конденсаторға тағы бір басқа конденсаторды тізбектей жалғаса, резонанс 900 Гц жиілікте басталар еді. Екінші конденсатордың электрсиымдылығын анықтаңыз.

23.30. Сиымдылығы 1,2 мкФ конденсатор астарлары сым рамкамен тұйықталады. Рамка жазықтығына перпендикуляр бағытталған айнымалы магнит ағыны оны тесіп өтеді. Магнит ағынының уақытқа байланысты өзгеру заңы: $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 25$ мТл/с. Рамканың шекаралық ауданы 80 см². Конденсатор қандай энергияға дейін зарядталады?

23.31. Тербелмелі контурдағы ток күші өзгерісі 2А/с. Контурға қосылған индуктивті катушкада пайда болатын өздік индукция Э.Қ.К.-і 120 мВ. Контурдағы конденсатор сиымдылығы 0,12 пФ

болса, онда бұл тербелмелі контур қандай толқын ұзындығына әзірленген?

23.32. Индуктивтілігі 0,6 Гн катушканы, кернеуі 24 В тұрақты ток тізбегіне жалғағанда, оның бойымен 0,35 А ток жүреді. Айнымалы ток тізбегіндегі кернеудің өзгеру заңы $U=300\cos 100\pi t$ (В). Айнымалы ток тізбегіне қосылған катушкадағы токшамасын анықтаңыз.

23.33. Тербелмелі контурдағы конденсатор астарларындағы заряд өзгерісі заңы: $q=300\cdot\cos 50\pi t$ (мкКл). Контурдағы максимал ток мәні мен контурдың тербеліс жиілігін анықтаңыз.

23.34. Тербелмелі контур тізбегіне қосылған сыйымдылығы 15 мкФ конденсатор 120 В максимал кернеуге дейін зарядталған. Контурдағы актив кедергіні ескермеңіз. Ондағы максимал токкүші 4 А болса, контурдағы резонанстың тербеліс жиілігі қандай?

23.35. Тербелмелі контурдың конденсаторы астарларындағы максимал заряд 0,5 мкКл, ал контурдағы максимал ток мәні 3,14 А. Осы контур қандай толқын ұзындығына әзірленгенін анықтаңыз.

23.36. Тербелмелі контур конденсаторына тізбектей тағы осындай 8 конденсатор жалғаса, контурдың тербеліс жиілігі қалай өзгерер еді?

23.37. Конденсатор астарларындағы заряд 27 нКл; ал катушкадағы максимал ток күші 1,5 А. Тербелмелі контур қандай толқын ұзындығына әзірленген?

23.38. Катушканың индуктивтілігі 0,4 мГн, ал ондағы максимал ток күші 1,2 А. Конденсатордың электр өрісі энергиясының мәнінің 0,75 бөлігін магнит өрісі энергиясы құрайды моменттегі, оның электр өрісі энергиясының шамасын анықтаңыз.

23.39. Айнымалы ток тізбегіне, кедергісі 15 Ом электрпеші қосылған. Тізбектегі токтың амплитудалық мәні 7,5 А. Пештен 30 минут уақыт ішінде қанша жылу мөлшері бөлінеді?

23.40. Тербелмелі контур конденсаторларының астарларындағы зарядтың өзгеру заңы: $q=300\cos 50\pi t$ (мкКл). Катушка индуктивтілігі 0,2 Гн. Осы катушкада пайда блатын индукция Э.Қ.К.-інің максимал мәнін анықтаңыз.

№ 3 СЕМЕСТЕРЛІК ТАПСЫРМА

Варианттар кестесі

	Варианттар									
Есептік нөмірі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	25.10
2	25.11	25.12	25.13	25.14	25.15	25.16	25.17	25.18	25.19	25.20
3	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	26.10
4	26.11	26.12	26.13	26.14	26.15	26.16	26.17	26.18	26.19	26.20
5	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	27.10
6	27.11	27.12	27.13	27.14	27.15	27.16	27.17	27.18	27.19	27.20
7	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8	28.9	28.10
8	28.11	28.12	28.13	28.14	28.15	28.16	28.17	28.18	28.19	28.20
9	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8	29.9	29.10
10	29.11	29.12	29.13	29.14	29.15	29.16	29.17	29.18	29.19	29.20
11	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9	30.10
12	30.11	30.12	30.13	30.14	30.15	30.16	30.17	30.18	30.19	30.20
13	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9	31.10
14	31.11	31.12	31.13	31.14	31.15	31.16	31.17	31.18	31.19	31.20
15	32.1	32.2	32.3	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	32.10
16	34.1	34.2	34.3	34.4	34.5	34.6	34.7	34.8	34.9	34.10
17	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	35.10

18	36.1	36.2	36.3	36.4	36.5	36.6	36.7	36.8	36.9	36.10
19	36.11	36.12	36.13	36.14	36.15	36.16	36.17	36.18	36.19	36.20
20	36.21	36.22	36.23	36.24	36.25	36.26	36.27	36.28	36.29	36.30

25-модуль.

Геометриялық оптика туралы түсінік

Шағылу және сыну заңдары. Ішкі толық шағылу құбылысы. Оптикалық жабдықтар. Фотометрия.

25.1. Негізгі формулалар

- Жарықтың шағылу және сыну заңдары

$$i_1 = i_l; \frac{\sin i_l}{\sin i_2} = \sin i_2 = n_{21}$$

мұндағы i_1 - түсу бұрышы; i_l - шағылу бұрышы; i_2 - сыну бұрышы; $n_{21}=n_2/n_1$ - екінші ортаның бірінші ортамен салыстырмалы сыну көрсеткіші; n_1 және n_2 -бірінші ортаның және екінші ортаның абсолют сыну көрсеткіштері.

- Оптикалық тығыз ортадан оптикалық тығыз емес ортаға жарық сәулесі өткенде байқалатын шағылудың шекті бұрышы келесі формуламен анықталады:

$$\sin i_{\text{шек}} = n_2/n_1 = n_{21}$$

- Сфералық айнаның формуласы

мұндағы a -нәрседен айнаға дейінгі қашықтық, b - айнадан кескінге дейінгі қашықтық; f - айнаның фокус аралығы; R - айнаның қисықтық радиусы.

- Жұқа линзаның оптикалық күші

$$\Phi = \frac{1}{f} = (N - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

мұндағы f - линзаның фокус аралығы; $N=n_2/n_1$ - линза затының салыстырмалы сыну көрсеткіші; R_1 және R_2 линза беттерінің қисықтық радиустары ($R>0$ дөңес беттер үшін қисықтық радиустары – оң; $R<0$ ойыс беттер үшін – теріс), ал жазық беттер үшін – шексіздікке тең; a және b линзаның оптикалық центрінен нәрсеге және кескінге дейінгі қашықтықтары.

- Жарық күші

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega},$$

мұндағы $d\Phi$ – жарық көзінен шыққан, толық $d\Omega$ денелік бұрышты қамтитын жарық ағыны.

- Изотроптық нүктелік жарық көзі шығаратын толық жарық ағыны

$$\Phi_0 = 4\pi I,$$

мұндағы I - жарық күші.

- Беттік жарқырау

$$R = \Phi/S,$$

мұндағы Φ – жарық тарайтын беттің S ауданынан барлық бағытта тарайтын жарық ағыны.

- Жарықтылық B_φ жарқырауық беттен белгілі бір бағыт бойынша φ бұрышпен тарайтын жарық сәулесі

$$B_\varphi = I/(S \cos \varphi)$$

мұндағы I – жарық күші; S – беттің ауданы; φ – бетке тұрғызылған нормаль мен бақылау бағытының арасындағы бұрыш.

- Беттің E жарықталуы

$$E = \Phi/S$$

мұндағы Φ – бетке түсетін жарық ағыны; S – сол беттің ауданы.

- Жарқырау және жарықтылық арасындағы тәуелділік

$$R=\pi B$$

25.2. Бақылау жұмысы

25.1. Ойыс айнаның қисықтығының радиусы 50 см 2 есе ұлайған нақты кескін шығарып алу үшін денені қайда орналастырса болды? Кескін алдамшы және 2есеге ұлғайған болса, онда дене қайда орналасқан? Екі жағдайдың да суретін салыңыз.

25.2. Жарық сәулелері, қалыңдығы $d=10$ см, жазық параллель шыны пластинаға түседі. Түсу бұрышы $-\alpha_1=30^\circ$ шынының сыну көрсеткіші $n=1,6$. Шыныдан өтіп шыққан сәуленің бастапқы бағытынан қаншалықты шамаға ауытқығанын анықтаңыз.

25.3. Қалыңдығы 3 см. Жазық параллель шыны арқылы өтіп шыққан сәуле бастапқы бағытынан қаншалықты ығысқанын анықтаңыз. Шынының сыну көрсеткіші $n=1,75$, сәуленің түсу бұрышы - $-\alpha_1=60^\circ$.

25.4. Егер түсу бұрышы $-\alpha_1=45^\circ$ болса, қалыңдығы 10 см су қабатынан өтіп шыққан сәуле қаншалықты шамаға ығысады?

25.5. Шыны-ауа және ауа-су қабаттарының аралығынан сәуленің ішкі толық шағылуының шекті бұрышын табыңыз.

25.6. Су-мұз және шыны-мұз беттерінің аралығынан сәуленің ішкі толық шағылуының шекті бұрышын табыңыз. Сыну көрсеткіштері: шыны $n=1,5$, су $n=1,33$, мұз $n=1,31$.

25.7. Су қоймасының нақты теңдігі $H=1,788$ м. Егер оны 35° бұрыш бойынша қараса, тереңдігі қанша болып көрінетінін анықтаңыз. Судың сыну көрсеткіші $n=1,33$.

25.8. Тең қабырғалы (жақтаулары тең) призманың сыну бұрышы $\gamma=40^\circ$. Монохромат сәуле призманың жақтарына нормаль бойынша түседі. Призманың сынау көрсеткіші $n=1,52$. Сәуленің бастапқы бағытынан қаншалықты δ бұрышқа ауытқитынын анықтаңыз.

25.9. Тең жақтаулы призманың сыну бұрышы $\gamma=30^\circ$. Монохромат сәуле призманың жақтарына $i=5^\circ$ бұрыш бойынша түседі. Сәуленің бастапқы бағытынан қаншалықты δ бұрышқа ауытқитынын анықтаңыз. Призманың сыну көрсеткіші $n=1,5$.

25.10. Тең жақтаулы призмаға нормаль бойынша монохромат сәуле, одан өтіп шыққанда $\delta=25^\circ$ бұрышқа ауытқиды. Түскен сәуле үшін призманың сыну көрсеткіші $n=1,52$. Призманың γ сыну бұрышын табыңыз.

25.11. Сыну бұрышы $\gamma=50^\circ$, тең жақтаулы призма арқылы өткен сәуленің ауытқу бұрышының ең кіші мәні $\delta=35^\circ$. Егер призманы скипидарға батырса, ауытқу бұрышының ең кіші мәні неге тең?

25.12. Қосу дөңес және қос ойыс екі линзаның қисықтықтарының радиустері бірдей $R_1=15$ см, $R_2=20$ см болса, оларды жеке-жеке алғандағы және бір-біріне жабыстырып бірге алғандағы оптикалық күштері неге тең? Шынының сыну көрсеткіші $n=1,52$.

25.13. Қос дөңес, жұқа шыны линзаның беттерінің қисықтықтарының радиустері $R_1=R_2=13$ см. Осы линзаның судағы оптикалық күшін табыңыз. Судың сыну көрсеткіші $n=1,33$,

25.14. Жұқа шыны линзаның ауадағы оптикалық күші 5 диоптрий. Егер осы линзаны сұйыққа батырғандағы оптикалық күші 1 диоптрий болса, сұйықтың сыну көрсеткіші неге тең?

25.15. Қос дөңес жұқа шыны линзаның қисықтықтарының радиустері $R_1=R_2=20$ см. Ауадағы оптикалық күші 5,5 диоптрий болса, фокус ара қашықтығы неге тең? Осы линзаның судағы оптикалық күшін табыңыз. Судың сыну көрсеткіші 1,33 шынының сыну көрсеткіші 1,55.

25.16. Ойыс-дөңес линзаның қисықтықтарының радиустері $R_1=20$ см $R_2=15$ см. Линзаның материалының сыну көрсеткіші $n_1=1,52$. Басқа бір жазық ойыс линзаның қисықтығының радиусі $R_1=15$ см, сыну көрсеткіші $n_2=1,52$. Басқа бір жазық ойыс линзаның қисықтығының радиусі $R_1=15$ см, сыну көрсеткіші $n_2=1,61$. Егер осы екі линзаның ойыс, дөңес беттерін бір-біріне түйістіріп алғандағы оптикалық күшін анықтаңыз.

25.17. Биіктігі 3 см дене, фокус ара қашықтығы 10 см қос дөңес шыны линзадан 5 см қашықтықта орналасқан болса, кескіннің биіктігі неге тең? Суретін салыңыз.

25.18. Қос дөңес линзаның қисықтығының радиустары $R_1=R_2=60$ см, болса сыну көрсеткіші $n_1=1,6$. Ауада және судағы оптикалық күшін анықтаңыз.

25.19. Егер линзаның ауадағы фокус ара қашықтығы $F_1=30$ см болса, суға батырғандағы фокус ара қашықтығы неге тең? Линзаның сыну көрсеткіші $n_1=1,5$.

25.20. 15 есе ұлғайтатын лупаның фокус ара қашықтығын және оптикалық күшін табыңыз.

26-модуль.

Жарық толқындарының қасиеттері

Толқындық түйдек. Жарықтың топтық жылдамдығы. Жарық толқындарының интерференциясы. Когеренттілік
Квазимонохроматты толқындарының интерференциясы.
Интерферометрлер.

26.1. Негізгі формулалар

- Жарықтың ортадағы таралу жылдамдығы

$$v = \frac{c}{n}$$

мұндағы c – жарықтың вакуумдағы таралу жылдамдығы, n – ортаның абсолют сыну көрсеткіші.

- Жарық толқынының оптикалық жолы

$$L = n \cdot l$$

мұндағы l – сыну көрсеткіші n ортадағы жарық толқынының геометриялық жол ұзындығы.

- Екі жарық толқындарының оптикалық жолдар айырымы

$$\Delta = L_1 - L_2.$$

- Екі когерентті жарық көзінің интерференциялық жолақтарының ені (Френель қоспризмасы, Юнг әдісі).

мұндағы λ – жарық толқынының ұзындығы, l - жарық көзінен экранға дейінгі ара қашықтық, d - жарық көздерінің ара қашықтығы (расстояние между источниками).

- Интерференция көрінісінің шағылған жарықты бақылау кезіндегі жарық интенсивтігінің күшею шарты

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

- Интерференция көрінісінің шағылған жарықты бақылау кезіндегі жарықтың әлсіреу шарты

$$\Delta = \pm (2k+1) \lambda / 2$$

- Жазық беттері параллель жұқа пластиналарға шағылған жарықтың интерференция көрінісін бақылау кезіндегі жарықтың күшею және әлсіреу шарттары:

$$\Delta = 2 \cdot d \sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} - \frac{\lambda}{2} = \pm \frac{(2k + 1) \lambda}{2}$$

немесе

$$\Delta = 2dn \cos i_2 - \frac{\lambda}{2} = \pm \frac{(2k + 1) \lambda}{2} \text{ (min)}$$

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} - \frac{\lambda}{2} = \pm \frac{(2k + 1) \lambda}{2},$$

немесе

$$\Delta = 2dn \cos i_2 - \frac{\lambda}{2} = \pm \frac{(2k + 1) \lambda}{2} \text{ (min)}$$

мұндағы d – пластинаның қалыңдығы, i_1 – түсу бұрышы, i_2 – сыну бұрышы, n – пластинка материалының сыну көрсеткіші, k - 0,1,2,3...

- Жарық толқындарының оптикалық жол айырымы мен $\Delta\varphi$ фазалар айырымының байланысы

$$\Delta\varphi = 2\pi\Delta/\lambda$$

- Шағылған жарық бақыланатын Ньютонның жарық сақиналарының радиусы (немесе қара-қоңыр сақина өткінші жарықты бақылағанда) мынадай теңдеумен анықталады,

мұндағы k – сақинаның реттік саны ($k=1,2,3\dots$); R – линза бетінің қисықтық радиусы.

Шағылған жарықты бақыланатын Ньютонның қара-қоңыр сақиналарының радиусы (немесе ақшыл өкініші жарықты бақылағанда) келесі формуламен анықталады,

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}$$

26.2. Бақылау жұмысы

26.1. Сабын пленканың бетіне ақ жарық 45° бұрыш бойынша түседі. Шағылған сәулелер сары түсті ($\lambda=600$ нм) болып көрінуі үшін пленканың қалыңдығының қалыңдығының ең кіші мәні қандай болуы керек? Сабынды судың сыну көрсеткіші $n=1,33$.

26.2. Сынау көрсеткіші $n=1,33$ сабын пленкасына толқын ұзындығы $0,6$ мкм монохромат жарық нормаль бойынша түседі. Интерференциялану нәтижесінде шағылған жарық күшті жарқырайды. Пленканың қалыңдығының ең кіші мәні қандай болған?

26.3 Шыны пластинаның бетіне сыну көрсеткіші $n=1,3$, мөлдір заттың жұқа қабаты қондырылған. Мөлдір қабатқа толқын ұзындығы $\lambda=640$ Нм, параллель монохромат жарық сәулелері нормаль бойынша түседі. Шағылған сәуле күңгірт болу үшін қабаттың қалыңдығының ең кіші мәні қандай болу керек?

26.4. Ньютонның сақинасын шығарып алуға арналған қондырғының пластинасының бетіне монохромат жарық сәулесі нормаль бойынша түседі. Линзаның қисықтығының радиусы $R=8,6$ м. Шағылған сәуле арқылы байқалатын төртінші күңгірт сақинаның радиусы $r_4=4,5$ мм болса, түскен жарықтың толқын ұзындығы неге тең?

26.5. Ньютонның сақинасын шығарып алуға арналған қондырғының пластинасының беті нормаль бойынша түсетін ақ жарықпен жарықтандырылады. Линзаның қисықтығының радиусы $R=5\text{ м}$. Өтіп шығатын жарық арқылы байқалатын төртінші сақинаның радиусын табыңыз ($\lambda=400\text{ нм}$).

26.6. Ньютонның сақиналарын шығарып алуға арналған қондырғы, пластинаның бетіне нормаль бойынша түсетін монохромат жарықпен жарықтандырылады. Линза мен шыны пластинаның аралығы сумен толтырылған. Шағылған сәулелер арқылы үшінші жарық сақинаны байқауға болатын орынның линза мен пластинаның аралығындағы су қабатының h қалыңдығын табыңыз.

26.7. Шағылған сәуле арқылы байқалатын Ньютонның екінші сақинасының радиусы $r_2=0,4\text{ мм}$. Тәжірибеде қолданылған жазық дөңес линза, толқын ұзындығы $\lambda=0,6\text{ мкм}$ монохромат жарықпен жарықтандырылса, оның қисықтығының R радиусы неге тең?

26.8. Ньютонның сақиналары пластинаның бетіне нормаль бойынша түсетін монохромат жарық арқылы байқалады. Линза мен пластинаның аралығын сұйықтықпен толтырған кезде, шағылған сәулелердің күңгірт сақиналарының радиустары 1,25 есеге кішірейеді. Сұйықтың n сыну көрсеткішін табыңыз.

26.9. Шыны объективтің ($n_1=1,5$) бетіне сынау көрсеткіші $n_2=1,2$ мөлдір жұқа пленка қабаты отырғызылған. Егер көрінетін спектрдің $\lambda=550\text{ нм}$ орта бөлігіне сәйкес келетін, шағылған жарық өте күшті күңгірттенген болса, пленка қабатының қалыңдығының ең кіші мәні неге тең?

26.10. Қалыңдығы $0,4\text{ мкм}$ шыны пластинаның бетіне ақ жарық шоғы нормаль бойынша түседі. Шынының сыну көрсеткіші $n=1,5$. Шағылған сәулелерді бақылағанда, көрінетін спектр аралығына (400 ден 700 нм) жататын, толқын ұзындығы қандай жарық сәулелері айрықша өсетінін анықтаңыз.

26.11. Френелдің бипризмасы экраннан $l=2,5\text{ м}$ қашықтықта орналасқан. Экрандағы интерференциялық жолақтың ені $y=3\text{ мм}$. Егер толқын ұзындығы $\lambda=0,6\text{ мкм}$ болса, бипризмадағы жарық көзінің алдамшы кескіндерінің ара қашықтығы неге тең?

26.12. Френелдің қос айналарының аралығындағы бұрыш $\phi=10^\circ$. Айнаны қиып өтетін сызықтан жарық көзіне дейінгі және бақылаушы экранға дейінгі ара қашықтықтары 15 см және 120 см . Егер жарық көзінің толқын ұзындығы $\lambda=0,6\text{ мкм}$ болса, интерференциялық жолақтың ені және мүмкін болатын максимумдерінің саны неге тең?

26.13. Бұрыш аралығы $\phi=2/$ френелдің қос айнасына параллель сәулелер шоғы түседі. Егер интерференциялық жолақтың ені $y=0,5$ мм болса, λ толқын ұзындығы неге тең?

26.14. Френелдің бипризмасының сыну бұрышы $\theta=30^\circ$. Бипризмадан жарық көзіне дейін және бақылаушы экранға дейінгі қашықтар 20 см және 100 см. Егер жарықтың толқын ұзындығы $\lambda=0,6$ мкм болса, интерференциялық жолақтың ені неге тең?

26.15. Толқын ұзындығы $\lambda=0,5$ мкм екі когерент жарық көзінен экран интерференциялық кескін пайда болады. Жарық шоғының біреуінің жолына қалыңдығы $d=70$ мкм кварц пластина орналастырылған кезде интерференциялық кескін орнынан $m=65$ жолаққа жылжыған болса, кварц пластинаның сыну көрсеткіші неге тең?

26.16. Жармен интерферометрінің жарық шоқтарының біреуінің жолына газ толтырылған ұзындығы $l=10$ см түтікше, ал келесісінің жолына дәл сондай болса бос түтікше орналастырғанда интерференциялық кескін бастапқы орнынан $m=80$ жолаққа жылжиды. Газдың сыну көрсеткіші $n=1,000448$. Жарықтың λ толқын ұзындығын анықтаңыз.

26.17. Жармен интерферометріне ұзындығы бірдей $l=10$ см, сыну көрсеткіші $n=1,000277$ ауа толтырылған екі түтікше орналастырылған. Түтікшенің біреуіндегі ауаны аммиакпен алмастырғанда интерференциялық кескіннің орны $m=17$ жолаққа жылжиды. Егер жарықтың толқын ұзындығы $\lambda=0,6$ болса, аммиактың n_2 сыну көрсеткіші неге тең?

26.18. Майкельсон интерферометрінің айнасының орны $x=0,15$ мм шамамен жылжиды. Осыдан интерференциялық кескіннің орны да $m=520$ жолаққа жылжиды. Жарықтың толқын ұзындығын табыңыз.

26.19. Майкельсон интерферометрінің аммиакпен толтырылған екі түтікшесінің біреуіндегі амиакты шығарып жібергенде интерференциялық кескін бастапқы орнынан $m=180$ жолаққа жылжиды. Егер түтікшенің ұзындығы $l=14$ см, жарықтың толқын ұзындығы $\lambda=0,6$ мкм болса, аммиактың сыну көрсеткіші n неге тең?

26.20. Майкельсон интерферометрінің интерференциялық кескін бастапқы орын $m=200$ жолаққа жылжиды. Егер жарық толқынының ұзындығы $\lambda=540$ нм болса, оның айнасы орнынан қаншалықты жылжығанын табыңыз.

27-модуль.

Толқындар дифракциясы

Гюйгенс-Френель принципі. Френельдің зоналық әдісі. Френель дифракциясы және Фраунгорфер дифракциясы. Бір саңлаудағы және саңылаулардағы дифракция. Спектрлік жіктелу. Голография.

27.1. Негізгі формулалар

- Френель зонасының радиусы келесі формуламен анықталады

мұндағы a - нүктелік жарық көзі мен дөңгелек саңлау бар диафрагманың ара қашықтығы; b - дифракциялық көріністерді бақылайтын экраннан диафрагмаға дейінгі арақашықтық;

k - Френель зонасының реттік саны; λ - толқын ұзындығы.

- Жазық толқын үшін

- Жарықтың интенсивтігінің минимум шарты:

$$a \sin \varphi = \pm k \lambda$$

a – саңылаудың ені; φ – дифракция бұрышының жуық шамасы.

- Дифракциялық тордағы монохромат жарықтың күшею шарты (максимум):

-

$$a \cdot \sin \varphi' = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, k = 1, 2, 3 \dots$$

d – тордың периоды; k – максимумның реттік нөмірі; φ – дифракция бұрышы.

- Минимумдардың қосымша шарты (әлсіреу)

$$d \sin \varphi = \lambda k / N, k = 1, 2, 3, \dots 0, N, 2N \text{ кірмейді.}$$

- Дифракциялық тордың бұрыштық дисперсиясы

$$D_i = \frac{\delta \varphi}{\delta \lambda} = \frac{k}{d \cdot \cos \varphi}$$

- Дифракциялық тордың сызықтық дисперсиясы

$$D_i = \frac{\delta l}{\delta \lambda}$$

- Дифракциялану бұрышы кішкентай болғандағы бұрыштың дисперсия:

$$D_i \approx f D_\varphi \approx \frac{k}{d}$$

мұндағы f – толқындарды экранда жинайтын линзаның бас фокусының ара қашықтығы.

- Дифракциялық тордың ажырату қаблеті

$$R = \lambda / \delta \lambda = kN$$

мұндағы N – тордағы саңылаулар саны.

Оптикалық құралдардың объектив ажырататын ең қысқа бұрыштық ара қашықтық, D – оның диаметрі.

- Вульф – Брегг формуласы

$$2d \sin \theta = \pm k \lambda, k = 1, 2, 3 \dots$$

d – көршілес жазықтықтардың ара қашықтығы; θ – сырғанау бұрышы.

27.2. Бақылау жұмысы

27.1. Саңылауының ені $a=0,05$ мм пластинкаға толқын ұзындығы $\lambda=700$ нм монохромат жарық нормаль бойынша түседі. Бірінші дифракциялық максимумға сәйкес келетін сәуленің φ ауытқу бұрышын табыңыз.

27.2 Ені $a=2$ мкм саңылауға монохромат жарық шоғы ($\lambda=569$ нм) нормаль бойынша түседі. Жарықтың дифракциялық минимумдері байқалатын φ бұрыш мәндерін анықтаңдар.

27.3. Ені $a=6 \lambda$ Саңылауға толқын ұзындығы λ , монохромат параллель жарық шоғы нормаль бойынша түседі. Жарықтың үшінші дифракциялық минимумы байқалатын φ бұрышты табыңыздар.

27.4 Жарық нормаль бойынша түскен дифракциялық тор үшінші реттік спектр жолаған $\varphi_1=30^\circ$ бұрышқа ауытқыған болса, төртінші реттік спектр қанша φ_2 бұрышқа ауытқитынын табыңыз.

27.5. Дифракциялық тордың штрихтарының ара қашықтығы $d=400$ нм. Торға толқын ұзындығы $\lambda=0,580$ мкм жарық нормаль бойынша түседі. Тордың беретін ең жоғарғы реттік максимумының санын анықтаңыз.

27.6. Егер дифракциялық тордың тұрақтысы $d=2$ мкм болса, натрийдың сары сызығы үшін ($\lambda=589$ нм) спектрдің ең үлкен реттік саны k неге тең?

27.7. Дифракциялық торға жарық шоғы нормаль бойынша түседі. Үшінші реттік спектрдегі қызыл сызық ($\lambda_1=630$ нм) 60° ауытқыған болса, қандай спектрлік сызық төртінші реттік спектрден дәл осындай бұрыш бойынша байқалатынын анықтаңыз.

27.8. Дифракциялық тордың тұрақтысы, оған нормаль бойынша түскен монохромат жарықтың толқын ұзындығынан 4 есе үлкен болса, өзара симметр орналасқан екі бірінші реттік максимумының аралығындағы α бұрыш неге тең?

27.9. Гелий лампаның жарығы дифракциялық торға нормаль бойынша түседі. Спектрдің 3-ші реттегі толқынның қай ұзындығына λ_2 спектрдің 2-ші реттегі гелийдің қызыл сызығы ($\lambda_2=670$) қапталады?

27.10. Егер дифракциялық тордың тұрақтысы $d=2$ мкм болса, натрийдың сары сызығы үшін ($\lambda=589$ нм) спектрдің ең үлкен реттік саны неге тең?

27.11. Дифракциялық кескін монохромат жарық көзінен ($\lambda=0,5$ мкм) $l=1$ м қашықтықта байқалады. Экран мен жарық көзінің дәл

ортасына дөңгелек тесігі бар диафрагма орналасқан. Тесіктің радиусы қандай болғанда дифракциялық сақиналардың ортасы (центрі) айрықша күңгірт болатынын анықтаңыз.

27.12. Толқын ұзындығы $\lambda=0,5$ мкм нүктелік жарық көзі, радиусы $r=1$ мм дөңгелек тесігі бар диафрагманың алдына $a=4$ м қашықтыққа орналасқан. Тесіктегі Френельдің зонасының саны $k=3$ болу үшін диафрагмадан бақылау нүктесіне дейін арақашықтық b қандай болу керек? екенін анықтаңыз.

27.13. Жазық жарық толқыны дөңгелек тесігі бар диафрагмаға нормаль бойынша түседі. Дифракцияның нәтижесінде, тесіктің центрінен алғанда b_i қашықтықтары әр түрлі бірнеше нүктелерде интенсивтіліктің максимумдары байқалады.

1. $b=f(k,\lambda,r)$ -функциясын анықтаңдар, мұндағы r -тесіктің радиусы, k - берілген нүкте үшін ашылатын Френельдің зонасының саны.

2. Тесік осының бойынан интенсивтіліктің минимумы байқалатын жағдайды анықтаңыз.

27.14. Нүктелік жарық көзі ($\lambda=0,5$ мкм), радиусы $r=0,5$ мм тесігі бар бөгеттен $a=0,5$ м қашықтықта орналасқан. Тесіктегі Френельдің ашық зоналарының саны $k=1$, $k=5$, $k=10$ болатын, бөгет пен жарық көзінің арақашықтығын анықтаңыз.

27.15. $\lambda=0,6$ мкм жазық жарық толқынының жолына фокус арақашықтығы $f=50$ см жинағыш линза, ал линзаның тура артына дөңгелек тесігі бар диафрагма қойылған. Диафрагмамен экранның арақашықтығы $b=90$ см. Тесіктің радиусы қандай болғанда дифракциялық кескіннің центрі ең күшті жарықтанатынын анықтаңыз.

27.16. Интенсивтілігі I_0 , $\lambda=640$ нм жазық жарық толқыны радиусы $r=1,2$ мм дөңгелек тесікке нормаль бойынша түседі. Тесіктен $b=5$ м қашықтықта орналасқан экрандағы дифракциялық кескіннің центріндегі жарық интенсивтілігін табыңыз.

27.17. Толқын ұзындығы $\lambda=550$ нм нүктелік жарық көзі $r=2$ мм тесігі бар бөгеттің алдына $a=1$ м қашықтықта орналасқан. Осы жағдайда байқалатын Френельдің ашық зоналарының $K_{\min}$ минималь санын анықтаңыз.

27.18. Егер жарық көзімен толқындық беттің арақашықтығы $a=1$ м толқындық беттен бақылау нүктесіне дейінгі қашықтық $b=1$ м болса, Френельдің бірінші бес зонасының r_k радиустары қандай болатынын табыңыздар. Жарық толқынының ұзындығы $\lambda=0,5$ мкм.

27.19. Егер бақылау нүктесі мен толқындық беттің арақашықтығы $b=1$ мм болса, Френельдің бірінші бес зонасының r_k радиустары қандай болатынын табыңдар. Мұндағы $\lambda=0,5$ мкм.

27.20. Дифракциялық торға жарық нормаль бойынша түскен жағдайда екінші реттік спектрдегі $\lambda_1=0,65$ мкм сызық үшін дифракция бұрышы 45° тең. Үшінші реттік спектрдегі $\lambda_2=0,5$ мкм сызығы үшін дифракция бұрышын табыңыз.

28 модуль. Заттағы электромагниттік толқындар.

Заттағы жарықтың таралуы. Жарық дисперсиясы. Жарықтың жұтылуы. Жарық поляризация. Шағылу кезіндегі толқындардың поляризациясы. Кристалдық оптиканың элементтері. Поляризациялық жабдықтар.

28.1 Негізгі формулалар

- Призмадан шыққан сәулелердің φ бұрышына ауытқуы және призманың α сыну бұрышының байланысы

$$\varphi = \alpha(n-1),$$

мұндағы n –призманың сыну көрсеткіші.

- Заттың диэлектрлік өтімділігі мен сыну көрсеткіші арасындағы байланыс,

$$n = \sqrt{\epsilon}$$

- Біртекті ортада параллель тарайтын монохромат сәуле шығының біртіндеп кему дәрежесін анықтайтын заң (Бугер заңы),

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

мұндағы I_0 –бастапқы және I – біртекті орта арқылы өткен жарық шоғының интенсивтіктері; α –заттың бірлік концентрациясындағы жұтылу коэффициенті.

- Вавилов-Черенков эффектісі

$$\cos\theta = c/(nv)$$

мұндағы θ -сфералық толқындардың таралу бағыты мен электрон қозғалысының бағыты арасындағы бұрыш; n – ортаның сыну көрсеткіші.

- Жарықтың поляризациялану дәрежесі

мұндағы $I_{\max}$ және $I_{\min}$ – поляризацияланған жарықтың анализатор арқылы өтетін максимал және минимал интенсивтігі.

- Малюс заңы

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

мұндағы I - анализатордан шыққан жарық интенсивтілігі; I_0 – анализаторға түскен жарық интенсивтілігі; α -анализатор мен поляризатордың жарықтықтарының арасындағы бұрыш.

- Брюстен заңы

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21},$$

мұндағы i_B -Брюстер бұрышы; n_{21} -диэлектриктің сыну көрсеткіші.

- Поляризация жазықтығының бұрылу бұрышы

$$\Phi = \alpha d$$

оптикалық активті зат ертіндісі үшін

$$\varphi = [\alpha] C d,$$

мұндағы d -оптикалық активті затта жүріп өскен жарық жолының ұзындығы; $[\alpha]$ -меншікті айналу тұрақтысы; C -оптикалық активті зат ертіндісінің концентрациясы.

28.2 Бақылау жұмысы

28.1. Ішкі толық шағылуының шекті бұрышы $i=45^0$ зат берілген. Осы зат үшін толық поляризациялану бұрышын табыңыз.

28.2. Сұйықтағы сәуленің сыну бұрышы $i_2=35^0$. Егер шағылған жарық шоғы толық поляризацияланған болса, сұйықтың n сыну көрсеткішінің мәні неге тең болатынын анықтаңыз.

28.3. Қалыңдығы $d=2$ мм кварц пластикасын параллель Никольдің аралығына орналастырылған кезде, монохромат жарықтың поляризация жарықтығы $\varphi=53^0$ -қа бұрылған. Поляриметрдің көру кеңістігі мүлде күңгірттену үшін пластинканың қалыңдығының $d_{\min}$ ең кіші мәні қандай болу керек?

28.4. Суда таралған табиғи жарық шоғы, суға батырылған алмаздың қырынан шағылады. Түсу бұрышының мәні i_0 қандай болғанда шағылған жарық толық поляризацияланған болар еді.

28.5. Жарық шоғының сұйық пен ауаның шекарасынан ішкі толық шағылуының шекті бұрышы $i=43^0$. Ауадан берілген сұйықтың бетіне түскен сәуле үшін i_B Брюстердің бұрышын анықтаңыз.

28.6. Анализатор поляризатор арқылы өткен жарықтың интенсивтілігі екі есе кемітеді. Поляризатор мен анализатордың поляризация жазықтарының аралығындағы бұрышты анықтаңыздар.

28.7. Поляризатормен анализатордың поляризация жазықтарының аралығындағы бұрышты $\alpha=45^0$. Егер осы бұрыштың мәнін 60^0 -қа дейін арттырса, Жарық интенсивтілігі қаншалықты кемитінін анықтаңыз.

28.8. Натрийдің сары жарығының поляризация жазықтығы қант ертіндісі толтырылған түтікше арқылы өткенде $\varphi=45^0$ -қа бұрылады. Түтікшенің ұзындығы $l=15$ см, қанттың меншікті бұрылдыру мәні $\alpha=1,17 \cdot 10^{-2}$ рад·м³/м·кг. Қанттың ертіндісінің концентрациясын анықтаңыз.

28.9. Натрийдің сары жарығының поляризация жарықтығы ұзындығы $l=8$ см, таза никотин сұйықтығы толтырылған шыны түтікше арқылы өткенде $\varphi=137^0$ -қа бұрылады. Никотиннің тығыздығы $\rho=1,01 \cdot 10$ кг/м³. Никотиннің (α) меншікті бұрылу мәнін анықтаңыз.

28.10. N_1 және N_2 екі Николь өзара, поляризация жазықтарының аралығындағы бұрышы 60^0 болып орналасқан. Екі николь арқылы өтіп шыққан жарықтың интенсивтілігі қанша есеге кемитінін анықтаңыз.

28.11. Өзара параллель екі Никольдің аралығына, қалыңдығы $d=2$ мм кварц пластинкасын орналастырылған кезде, монохромат

жарықтың поляризация жазықтығы $\varphi=53^0$ -қа бұрылады. Поляриметрдің көру кеңістігі толық қараңғылану үшін пластинканың қалыңдығының ең кіші мәні қандай болу керек?

28.12. Параллель жарық сәулелері глицириннен өтіп шығып шыныға түседі. Екі ортаның шекарасынан шағылған жарық жоғары дәрежеде поляризацияланады. Түскен және сынған сәулелердің аралығындағы бұрышты табыңыз.

28.13. Кварц пластинка айқасқан екі никольдің аралығына қойылған. Никольдардың аралығындағы көру кеңістігі толық жарқырау үшін кварц пластинканың қалыңдығының ең кіші мәні $d_{\min}$ қандай болу керек?

28.14. Ұзындығы $l_1=20$ см концентрациясы $C_1=10\%$ қант ертіндісі толтырылған түтікше арқылы өтіп шыққан жарықтың поляризация жазықтығы $\varphi_1=13,3^0$ -қа бұрылады. Қанттың басқа бір ертіндісі ұзындығы $l_2=15$ см түтікшеден өтіп шыққанда поляризация жазықтығы $\varphi_2=5,2^0$ -қа бұрылған болса, оның C_2 концентрациясын табыңыз.

28.15. Поляризация жазықтықтарының аралығындағы бұрыш 50^0 -қа тең екі николь арқылы жарық шоғы өтіп шығады. Никольдің жарықты жұту коэффициенті $k=0,15$ болатынын ескеріп, бірінші никольға түскен жарыққа салыстырғанда екінші никольдан өтіп шыққан жарық неше есе әлсірейтінін табыңыз.

28.16. Шынының бетіне жарық сәулесі 60^0 бұрыш бойынша түседі, ал шағылған сәуле жоғары дәрежеде поляризацияланады. Сәуленің сыну бұрышын анықтаңыз.

28.17. Поляриодтардың поляризация жазықтықтарының аралығындағы бұрыш 50^0 -қа тең. Осы жүйе арқылы өткен табиғи жарық 8 есе әлсірейді. Шақылған сәулелерге байланысты шығынды ескермей, поляриодтардың k жарық жұту коэффициентін анықтаңыз.

28.18. Жарық шоғы глицерин қойылған ыдыстың түбіне шағылады. Түсу бұрышының қандай мәнінде шағылған жарық шоғы жоғары мөлшерде поляризацияланатынын анықтаңыз.

28.19. Жарық шоғы сұйықтан шыныға өтіп шығады. Түсу бұрышы 60^0 , ал сыну бұрышы 50^0 . Жарық шоғының түсу бұрышының қандай мәнінде, екі ортаның шекарасынан шағылған жарық жоғары дәрежеде поляризацияланатынын табыңыз.

28.20. Судың бетіндегі жазық параллель шыны пластинкаға жарық шоғы түседі. Жарықтың түсу бұрышының қандай мәнінде

шыны-су шекарасынан шағылған жарық жоғары дәрежеде поляризацияланатынын табыңыз.

29.1. Негізгі формулалар

Абсолют қара дене. Стефан-Больцман заңы. Вин заңы. Кванттық гипотеза және Планк өрнегі. Фотондар. Жарық кванттарының энергиясы және импульсі. Фотоэффект.Комптон эффектісі.

29.1. Негізгі формулалар

- Стефан –Больцман заңы.

$$R_e = \sigma T^4$$

мұндағы R_e - абсолют қара дененің жарқырауы; T - абсолют температура; σ - Стефан – Больцман тұрақтысы.

Егер дене сұр болса, онда

$$R_e = a_T \sigma T^4,$$

мұндағы a_T -сұр дененің қараю коэффициенті.

- Виннің ығысу заңы

$$\lambda_m = b/T$$

мұндағы λ_m – абсолют қара дененің сәуле шығарғыштық қабілетінің максимал мәніне сәйкес келетін толқын ұзындығы; b -Вин тұрақтысы

- Планк формуласы

$$r_{\lambda, T} = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/(KT)} - 1}$$

мұндағы $r_{\lambda, T}$ -абсолют қара дененің сәуле шығару қабілетінің спектрлік тығыздығы; T - толқын ұзындығы; c -жарықтың вакуумда таралу жылдамдығы; k - Больцман тұрақтысы; h -Планк тұрақтысы; T – абсолют температура.

- Белгілі температурада максимал сәуле шығару қабілетінің тығыздығы

$$r_{\lambda,T}=CT^5,$$

мұндағы $C=1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3\text{К}^5)$

- Фотонның энергиясы

$$\varepsilon=h\nu=h\omega$$

мұндағы h – Планк тұрақтысы; $h=h/2\pi$, V –жарық жиілігі; ω -циклдік жиілік.

- Фотонның импульсі және оның массасы

$$p=mc, m=\varepsilon/c^2=h/c\lambda, p=h/\lambda$$

- Сыртқы фотоэффект үшін Эйнштейн формуласы

$$\varepsilon=h\nu=A+W_{\max}, W_{\max}=mv_{\max}^2/2,$$

мұндағы ε -фотон энергиясы; A -электронның металдан шығу жұмысы; $W_{\max}$ -фотоэлектронның максимал кинетикалық энергиясы; m - электронның тыныш күйдегі массасы.

- Фотоэффектің қызыл шекарасы:

$$\lambda_{\max}=hc/A; \nu_{\min}=A/h,$$

мұндағы $\lambda_{\max}$ -сәуле шығару қабілетінің максимал толқын ұзындығы $\nu_{\min}$ - зат үшін сыртқы фотоэффект мүмкін болатын минимал жиілік.

- Комптон эффектісінде фотонның толқын ұзындығының өзгеруі,

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc(1 - \cos\theta)}$$

Немесе

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} 2\sin^2\frac{\theta}{2}.$$

мұндағы m -электронның массасы; $\lambda_k = 2\pi h/mc$ - комптондық толқын ұзындық ($\lambda = 2,436$ пм).

29.2. Бақылау жұмысы

29.1. Температурасы $T = 1000$ К, абсолют қара дененің $S = 1$ см² ауданының $t = 1$ мин уақыт ішінде шашыраған энергияны есептеңіз.

29.2. Абсолют қара дененің шашыратқан энергиясының максимум мәніне сәйкес келетін толқын ұзындығы $\lambda_m = 0,6$ мкм. Дененің температурасын анықтаңыз.

29.3. Абсолют қара дененің шашырату спектрінің 1 нм-ге есептелген энергетикалық жарқырағыштығының максималь спектральдық тығыздығын анықтаңыз.

29.4. Абсолют қара дененің шашырату қуаты 34 кВт, ал оның бетінің ауданы $0,6$ м² болса, температурасын табыңыз.

29.5. 25 ваттық электр лампының вольфрам спиралының температурасы 2450 К. Оның энергетикалық жарқырағыштығының дәл сол температурадағы абсолют қара дененің энергетикалық жарқырағыштығына қатынасы $0,3$ -ке тең. Шашыратушы беттің ауданын табыңыз.

29.6. Егер абсолют қара дененің 484 нм толық ұзындығына сәйкес келетін энергетикалық жарқырағыштығының максималь спектральдық тығыздығы белгілі болса, оның бетінің 1 см² ауданынан 2 сек. уақытта шашырайтын энергия мөлшерін табыңыз.

29.7. Абсолют қара дененің шашырату қуаты 10 кВт. Егер оның энергетикалық жарқырағыштығының максималь спектральдық тығыздығына сәйкес келетін толқын ұзындығы 700 нм болса, шашыратқыш бетінің ауданы неге тең?

29.8. Абсолют қара денені қыздырған кезде, оның энергетикалық жарқырағыштығының максималь спектральдық тығыздығына сәйкес келетін толқын ұзындығы 690 -нан 500 нм-ге өзгерген болса, энергетикалық жарқырағыштығы неше есе артқанын анықтаңыз.

29.9. Температурасы адамның температурасымен бірдей $t = 37^0$ С, абсолют қара дененің энергетикалық жарқырағыштығының максималь спектральдық тығыздығына сәйкес келетін толқын ұзындығын табыңыз.

29.10. Қара түсті шарик 27^0 –тен 20^0 С-ке дейін салқындайды. Оның энергетикалық жарқырағыштығының максималь спектральдық

тығыздығына сәйкес келетін толқын ұзындығы қаншалықты өзгергенін табыңыз.

29.11. Толқын ұзындығы $\lambda=1,24$ нм фотонның ε энергиясын, m массасын және p импульсын анықтаңыз.

29.12. Пластикадағы монохромат жарық ($\lambda=0,42$ мкм) түседі. Тежегіш потенциал айырмасының мәні $U=0,95$ В-ға жеткенде фототок шектеледі. Пластиканың бетінен A электронның шығу жұмысын анықтаңыз.

29.13. Цинк пластика ультракүлгін сәуленің ($\lambda=0,2$ мкм) шоғы түседі. Фото электрондардың максималь кинетикалық энергиясын және максималь жылдамдығын анықтаңыз.

29.14. Энергиясы $\varepsilon=1,53$ МэВ ???- квантының әсерінен металдың бетінен ыршып шыққан фотоэлектронның максималь жылдамдығын анықта.

29.15. Еркін электрон мен соқтығысу нәтижесінде толқын ұзындығы $\Delta\lambda=3,63$ нм шамаға өзгерген болса, фотонның шашырау бұрышын (θ) анықтаңыз.

29.16. Кейбір металдар үшін фотоэффектінің қызыл шегі 275 нм. Фотоэффект байқалу үшін, фотон энергиясының максималь мәні неге тең болатынын анықтаңыз.

29.17. Толқын ұзындығы 330 нм жарықпен жарықтандырғанда калийдың ($A_{\text{ш}}=2,0$ эВ) бетінен шығатын фотоэлектрондар үшін тежегіш потенциалдың мәнін табыңыз.

29.18. Шығу жұмысы $A=4,5$ эВ фото электрондар энергиясы $\varepsilon=4,9$ эВ жарық квантының әсерінен металдың бетінен ыршып шығады. Әрбір электронның ыршып шыққан кезінде металдың бетіне импульсінің максималь мәнін табыңыз.

29.19. Толқын ұзындығы $\lambda=70,8$ пм. Ретген сәулелері парафинде комптондық шашырауға ұшырайды. $\pi/2$ бағыты бойынша шашыраған рентген сәулелерінің толқын ұзындығын табыңыз.

29.20. Үдетуші потенциал айырмасы $U=22,5$ В әсерінен қозғалған электрон үшін λ де Бройльдың толқын ұзындығын табыңыз.

30-модуль. Кванттық теорияның негізгі идеяларын тәжірибеде негіздеу

Франк – Грең тәжірибесі. Штерен- Герлах тәжірибесі. Атомдардың сызықтық спектрлері. Бор постулаттары. Сәйкестік принципі. Молекулалық спектрлер. Фотондардың еріксіз және спонтанды сәуле шығару. Эйнштейн коэффициенттері. Лазерлер.

30.1. Негізгі формулалар

- Сутегі атомы спектрінің сызықтарына сәйкес жарықтың тербеліс жиілігін анықтайтын Бальмер формуласы,

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

мұндағы ν - сутегі атомы спектрінің сызықтарына сәйкес жиілігі; R - Ридберг тұрақтысы; m - серияны анықтайтын сан: $m = 1$ (Лайман сериясы), $m=2$ (Бальмер сериясы), $m=3$ (Пашен сериясы), $m=4$ (Брекет сериясы), $m=5$ (Пфунд сериясы), $m=6$ (Хэмфри сериясы). $n=m+2 \dots$

- Бордың бірінші постулаты (стационарлық күй постулаты),

$$m_e \nu r_n = n \hbar \quad n=(1,2,3 \dots),$$

мұндағы m_e –электронның массасы; ν - радиусы r электронның жыюдамдығы, r_n – n - ші орбита радиусі.

- Бордың екінші постулаты (жиілік ережесі),

$$h\nu = E_n - E_m$$

мұндағы E_n және E_m –стационар күйлердің энергиялары.

- n – ші стационар орбита бойымен қозғалған электронның энергиясы

мұндағы z - элементтің Менделеев кестесіндегі реттік саны; ϵ_0 – электр тұрақтысы.

30.2. Бақылау жұмысы

30.1. Бірінші Бор орбитасында қозғалған электронның айналу периодын есептеңіз. Оның бұрыштық жылдамдығы қандай?

30.2. Сутегі атомының иондалу потенциалы қандай?

30.3. Сутегі атомының бірінші бор орбитасында қозғалған электронның де Бройль толқын ұзындығы қандай?

30.4. Алтын атомы ядросын α -бөлшекпен атқылау кезінде, оның жылдамдығы $v=3 \cdot 10^7$ м/с болса, ядроға қандай минималь қашықтыққа жақындайды? Соқтығысу «орталық» деп есептеңіз.

30.5. Сутегі атомының бірінші бор орбитасымен қозғалған электронның жылдамдығы қандай?

30.6. Ридберг тұрақтысы R мәнін есептеу үшін, сутегі атомының $U_1=13,6$ В екенін ескеріп есептеп көріңіз.

30.7. Сутегі атомы негізгі күйінде $\lambda=121,5$ нм толқын жұтқан. Сутегінің қозған атомының электронының айналу радиусын есептеңіз.

30.8. Сутегі атомының үшінші энергиялық деңгейден негізгі деңгейге электрон өткенде шығарған фотон энергиясы ε табыңыз.

30.9. Сутегі атомының бірінші қозу потенциалын есептеңіз.

30.10. Рентген түтігіне 50 кВ потенциал түсіргенде, одан сәулеленген қысқа толқын шекарасын есептеңіз.

30.11. Қозбаған сутегі атомы $\lambda=102,6$ нм толқын жұтқан. Бор теориясын пайдаланып қозған сутегі атомындағы электрон орбитасының радиусын есептеңіз.

30.12. Бор теориясын пайдаланып r_1 –стационар орбитадағы электронының айналу радиусын және r_1 - айналу жылдамдығын есептеңіз.

30.13. Бас кванттың сан $n=2$ болғанда қозған сәуленің электронының r_2 - екінші стационар орбитасының радиусын есептеңіз.

30. 14. Егер сутегі $\nu=6,28 \cdot 10^{14}$ Гц сәулелесе, оның ΔE энергиясы қалай өзгереді?

30.15. Сутегі атомы негізгі күйден қозғанда $\lambda=97,5$ нм толқын шығарса, оның электронының айналу периоды T қалай өзгерген?

30.16. Сутегі атомының сәулелену кезінде $\lambda=435$ нм жарық шығарса, электронның кинетикалық энергиясы қалай өзгерген?

30.17. Қозған сутегі атомындағы электрон орбитасы r_n 16 есе өссе, оның монохромат шығарған сәулесінің $\Delta\lambda$ толқын ұзындығы қалай өзгереді?

30.18. Литий атомының электроны 4-ші энергия деңгейінен екінші энергия деңгейіне өткен. Бұл атомның шығарған λ - толқын ұзындығын есептеңіз.

30.19. Сутегі атомындағы электрон 3 – ші энергиялық деңгейде орналасқан. Бұл электронның кинетикалық энергиясы T , потенциалдық энергиясы $П$ және E толық энергиясы неге тең?

Жауабын эВ – пен сипаттаңыз.

30.20. Негізгі күйдегі сутегі атомына соқтығысқан фотон кинетикалық энергиясы $T = 10$ эВ электронды ыршытып шығарған. Бұл фотонның ε – энергиясы қандай?

31- модуль.

Корпускула – толқындық дуализм

Де Бройль гипотезасы. Электрондардың дифракциясы. Анықталмау-шылық қатынасы. Толқындық функция және оның статистикалық мағынасы. Ықтималды амплитудасы.

31.1. Негізгі формулалар

- Элементар бөлшектің де Бройль толқын ұзындығы,

$$\lambda = h/p.$$

- Бөлшектің фазалық жылдамдығы

$$v_{\text{фаз}} = \omega/k = E/p = c^2/v,$$

мұндағы $E = \hbar\omega$ - бөлшектің энергиясы; $p = \hbar k$ - импульс ($k = 2\pi/\lambda$ – толқындық сан).

- Еркін қозғалатын бөлшектің топтық жылдамдығы,

- Анықталмаушылық қатынасы:

- Координат және импульс үшін $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$,
- Энергия және уақыт үшін $\Delta E \Delta t \geq \hbar$,

мұндағы ΔE – белгілі кванттық күйдің энергиясының анықталмағандығы; Δt – сондай күйде болу уақыты.

- Бөлшектің dV көлемде табылу ықтималдылығы,

$$dW = \psi \psi^* dV = |\psi|^2 dV$$

мұндағы $\psi = \psi(x, y, z, t)$ – бөлшектің күйін анықтайтын толқындық функция, $|\psi|^2 \psi^*$ – бөлшекті x координаты маңында табудың ықтималдық тығыздығы.

Стационарлық күй үшін,

$$dW = \psi \psi^* dV = |\psi|^2 dV$$

мұндағы $\psi = \psi(x, y, z)$ – толқындық функцияның координаттық бөлігі.

- Ықтималдықты нормалау шарты

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dV = 1.$$

интегралдау барлық шексіз кеңістікте жүргізіледі, яғни x, y, z координаттары $-\infty$ тең ∞ дейін өзгереді.

31.2. Бақылау жұмысы

31.1. Бөлме температурасындағы ауадағы азот молекуласының ең ықтимал де Бройль толқын ұзындығын табыңыз.

31.2. Электронның де Бройль толқын ұзындығы $\lambda_1 = 0,2$ мм-ден $\lambda_2 = 0,1$ нм өзгерсе, бұл электронға берілген ΔT қосымша энергияны есептеңіз.

31.3. Идеал газдың температурасы бөлме температурасымен салыстырғанда қанша өзгерсе, оның де Бройль толқын ұзындығы 20% –ке кемиді?

31.4. Моно электрон шоғы ені $a = 0,06$ мм тар саңылауға нормаль бағытта түскен. Саңылаудан $l = 40$ мм қашықтықта орналасқан экранда ені $b = 10$ мкм дифракциялық максимум пайда болса, электрондардың кинетикалық энергиясы неге тең?

31.5. Релятивистік емес электрондар үшін де Бройль толқын ұзындығы 10% қатемен есептелсе, олардың кинетикалық энергиясы қалай болғаны?

31.6. Катон түкшесінен ұшқан монохромат электрон шоғы жіңішке саңылауға түскен. Саңылаудан $l = 0,5$ м экранда пайда болған дифракциялық бас максимум ені $\Delta x = 10,0$ мкм болса, анод кернеуі қандай? Саңылау енін $b = 0,1$ мм деп есептеңіз.

31.7. Протонның энергиясы $T = 1$ кэВ болса. Оның де Бройль толқын ұзындығы 3 есе кемуі үшін, оған ΔT қандай энергия беру қажет.

31.8. α - бөлшек және протон $U = 1$ кВ кернеумен үдегенде, оның де Бройль толқын ұзындығы қандай болады?

31.9. Электронның кинетикалық энергиясы $T = 1,02$ эВ. Егер оның кинетикалық энергиясы екі есе кемісе, де Бройль толқын ұзындығы қалай өзгереді?

31.10. Электронның кинетикалық энергиясы тыныштық энергиясынан 2 есе үлкен. Бұл электронның де Бройль толқын ұзындығын есептеңіз.

31.11. Анықталмау принципін пайдаланып, энергиясы $E_{\min} = 10$ эВ электронның тұрған жерінің енін есептеңіз.

31.12. Альфа – бөлшек шексіз терең потенциалдық жәнікте орналасқан. Жәніктің ені қандай болғанда, электронның $E_{\min} = 8$ мэВ кинетикалық энергияға ие болады?

31.13. Атомның қозған кездегі орташа өмір сүру уақыты 10^{-8} с болған.

Атом негізі күйге өткенде $\lambda = 600$ нм толқын шығарса, оның спектрінің енділігі басқа процестердің есесінен артпаса, шығарылған сәуле спектрінің сызығының $\Delta \lambda$ енін бағалаңыз.

31.14. Сутегі атомындағы электронның минималь энергиясын мөлшерлеп бағалау үшін, электрондық орбитаның r радиусының Δr анықталмағандығына және электронның осы орбитадағы p

импульсының Δp анықталмағандығына келесіндегідей сәйкес шамалас болады деп болжамдауға болады: $\Delta r \approx r$ және $\Delta p \approx p$,

31.15. Электрондардың моноэнергетикалық шоғы электрондық – сәулелік түтіктің экранының центрін радиусы $r \approx 10^{-3}$ см дақпен жарықтандырылған. Анықталмағандықтан қатынасты пайдаланып, түтіктің осіне перпендикуляр бағытта электронның Δx анықталмағандықкоординаты дақтың r өлшемінен қанша есе кіші екенін табыңыз. Электрондық – сәулелік түтіктің ұзындығы $l = 0,50$ м деп, ал электронды үдеткіш кернеу $U = 20$ кВ-қа тең деп алыңыз.

31.16. Атомның қозған күйде болу уақытының орташа толқын ұзындығы $\langle \lambda \rangle = 400$ нм фотон шығарады. Егер басқа процестердің есебінен сызықтар еңділеу болмайтын болса, онда шығарылған сәуленің спектрлік сызығының енін салыстырмалы түрде бағалаңыз.

31.17. Сутегі атомындағы электронның минимал энергиясын мөлшерлеп бағалау үшін электрондық орбитаның r радиусының Δr анықталмағандығын және электронның осы орбитадағы p импульсінің Δp анықталмағандығына төмендегідей сәйкес шамалас байланыста болады: $\Delta r \approx r$ және $\Delta p \approx p$. Осы қатынастарды және анықталмағандық қатынастарын пайдаланып, сутегі атомындағы электронның минималь ($T_{\min}$) энергиясының мәнін табыңыз.

31.18. Толқындық функцияның физикалық мағынасы туралы айтқанда неге ψ –функциясы туралы емес оның модулінің $|\psi|^2$ квадраты туралы айтылады?

31.19. Электрон өткізбейтін қабырғалы тікбұрышты потенциалдық жәшікте тұр. Жәшіктің ені $l = 0,2$ нм, жәшіктегі электронның энергиясы $E = 37,8$ эВ. Энергетикалық деңгейдің n нөмірін және k толқындық вектордың модулін табыңыз.

31.20. Бөлшек потенциалды жәшікте негізгі күйде тұр. Ортадағы үшінші жәшікте, шеткі үшінші жәшікте бөлшектің бөлу ықтималдығы қандай?

32-модуль.

Шредингер теңдеуі.

Шредингердің уақыт бойынша теңдеуі. Шредингердің стационарлық теңдеуі. Бір өлшемді тікбұрышты потенциалды шұңқырдағы бөлшек.

Бөлшектің потенциялық бөгеу және астынан өтуі.

32.1. Негізгі формулалар

- Ені 1 тік бұрышты потенциалдық бөгеудің мөлдірлік коэффициенті

мұндағы D_0 - бірге тең деп алынатын көбейткіш; U – потенциалдық бөгеудің биіктігі; E - бөлшектің энергиясы.

- Стационарлық күйге арналған бір өлшемді Шредингер теңдеуі

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\psi(x) = 0$$

мұндағы $\psi(x)$ –бөлшектің күйін сипаттайтын толқындық функция; m -бөлшектің массасы; E -толық энергия; $U=U(x)$ –бөлшектің потенциалдық энергиясы.

- Бір өлшемде шексіз терең потенциалдық шұңқырға арналған Шредингер теңдеуін шешу.

а) $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi x}{l}$ – меншікті нормаланған толқындық функция;

б) $E_n = \frac{\hbar^2 k_n^2}{2m}$ – энергияның меншікті мәні,

мұндағы n -бас кванттық сан ($n=1,2,3,\dots$); l - шұңқырдың ені.

32.2. Бақылау жұмысы

32.1. Бөлшекті тепе-теңдік қалпына қайтарушы күшті $F=-kx$ (мұнда k - пропорционалдық коэффициент, x - ауытқу шамасы) деп алып, сызықты гармоникалық осциллятор үшін Шредингер теңдеуін жазыңыз.

32.2. Шредингер теңдеуінің уақытқа байланысты бөлігі $i\hbar \frac{d\phi}{dt}$ деп алып, теңдеудің шешуін табыңыз.

32.3. Еркін электронды v жылдамдығымен x осінің оң бағытында қозғалады деп алып, оған Шредингер теңдеуін жазыңыз. Осы теңдеудің шешуін табыңыз.

32.4. Электрон бір өлшемді шексіз терең ені l , потенциалды шұңқырдың ішінде орналасқан деп алып, оған Шредингер теңдеуін жазып, оның шешімін (тригонометриялық формада) көрсетіңіз.

32.5. Электронның ені l , потенциалды шұңқырдағы күйіне толқындық сан $k=\pi n/l$ ($n=1,2,3,\dots$) сәйкес. Электрон энергиясы E мен толқындық санның k байланысын пайдалана отырып, энергияның E_n меншікті мәндерін көрсетіңіз.

32.6. Бөлшек потенциалдық шұңқырда орналасқан. Енді сызбайлас екі энергетикалық деңгейлердің аралығындағы энергия өзгерісінің $\Delta E_{n+1,n}$ бөлшек энергиясына E_n қатынасын табыңыз, егер $n \rightarrow \infty$. Алынған мәндерді түсіндіріңіз.

32.7. Электрон ені $l=0,5$ нм потенциалдық шұңқырда орналасқан. Электронның энергетикалық деңгейлерінің ең аз айырымын ΔE_n анықтаңыз. Ол электрон-вольтпен өлшенген болсын.

32.8. Электрон ені l бір өлшемді потенциалдық шұңқырда орналасқан. Осы электронның координаталық орта шамасын $\langle x \rangle$ анықтаңыз ($0 < x < l$).

32.9. Бөлшек шексіз терең бір өлшемді тікбұрышты потенциалдық шұңқырда орналасқан. Сызбайлас екі энергетикалық деңгейлердің аралығындағы энергия өзгерісінің $\Delta E_{n+1,n}$ бөлшек энергиясына E_n қатынасын 3 жағдай үшін табыңыз: 1) $n=2$; 2) $n=5$; 3) $n \rightarrow \infty$.

32.10. Бөлшек ені l , қабырғалары абсолютты өте алмайтын тосқауылдан тұратын ($0 < x < l$) тікбұрышты потенциалдық шұңқырдың негізгі деңгейінде орналасқан. Осы бөлшек тосқауылдың

аралығында орналасу ықтималдығын ω табыңыз.

34-модуль.

Конденсирленген күй.

Құрылымдық кристаллографияның элементтері. Кристалдық құрылымды зерттеудің әдістері. Кристал торының жылу сиымдылығы. Фононды газ. Жылу өткізгіштік. Токты тасымалдаушылар – квазибөлшектер. Кристалдардағы энергиялық зоналар. Ферми деңгейі. Ферми беті. Зоналық теориядағы металдар, диэлектриктер және шала өткізгіштер. Кемтік өткізгіштік түсінігі. Меншікті және қоспа өткізгіштіктері. Асқын өткізгіштік құбылысы. Купер жұпталуы. Кулондық тербеліс және фонондық тартылыс. Джозефсон эффектісі. Ферромагнетиктердің қасиеттері туралы кванттық көзқарастар. Ауыспалы өзара әсерлесу. Кюри температурасы. Ферромагнетиктердің магниттелуі.

34.1. Негізгі формулалар

- Кристалдың жылу сиымдылығы. Кванттық бір өлшемді осциллятордың орташа энергиясы

мұндағы ε_0 – нөлдік энергия ($\varepsilon_0 = 1/2 \hbar \omega$); $\hbar$ – Планк тұрақтысы; ω – осциллятор тербелуінің циклдік жиілігі; k – Больцман тұрақтысы; T – абсолют температура.

- Әсерлеспейтін кванттық осциллятордан тұратын жүйенің мольдік ішкі энергиясы

$$U_m = U_{0m} + 3R\theta_E / (e^{\theta_E/T} - 1)$$

мұндағы R – мольдік газ тұрақтысы; $\theta_E = \hbar \omega / k$ – Эйнштейн температурасы; $U_{0m} = 2/3 R \theta_E$ – мольдік нөл энергия (Эйнштейн бойынша).

- Аз температуралар аймағындағы (шектеі Дебай заңы) кристалды қатты дененің мольдік жылу өткізгіштігі,

$$C_m = \frac{12\pi^4}{5} R \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 = 234R \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 \quad (T \ll \theta_D)$$

- Денені қыздыруға қажет жылу мұндағы m - дененің массасы; M - мольдік масса; T_1 және T_2 – дененің бастапқы және соңғы температурасы.

- Шала өткізгіштер. Шала өткізгіштердің меншікті өткізгіштігі $\gamma - \gamma_0 \exp(-\Delta E / 2kT)$,

мұндағы ΔE – тиым салынған зонаның ені; γ_0 - тұрақты.

- p-n–текес өтудегі ток күші

$$I = I_0 [\exp(eU/kR) - 1]$$

мұндағы I_0 - кері токтың шекті мәні; U -p-n – текті өтуге жұмсалған сыртқы кернеу.

- Контакттық және термоэлектрлік құбылыстар. Ішкі контакттық кернеулер айырымы

мұндағы ε_{F1} және ε_{F2} -бірінші және екінші металдардың Ферми энергиясы; e -электрон заряды.

34.2. Бақылау жұмысы

34.1. Алюминий және мыс кристалдарының меншікті жылу сиымдылықтарын C классикалық жылу сиымдылық теориясы тұрғысынан анықтаңыз.

34.2.Классикалық теориясы тұрғысынан NaCl және CaCl_2 кристалдарының меншікті жылу сиымдылықтарын C анықтаңыз.

34.3. Классикалық теориясы тұрғысынан көлемі $V=1 \text{ м}^3$ алюминий бромиды (AlBr_3) кристалының жылу сиымдылығын C

анықтаңыз. Алюминий бромиды кристалының тығыздығы $\rho=3,01 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

34.4. Николь кристалын $t_1=0^\circ\text{C}$ -дан $t_2=200^\circ\text{C}$ -ға дейін қыздырғандағы оның ішкі энергиясының өзгеруін ΔU анықтаңыз. Кристалдың массасы $m=20\text{г}$. Жылу сиымдылығын C есептеп табыңыз.

34.5. Жылу тепе-теңдік күйіндегі классикалық сызықты гармоникалық осциллятордың орташа энергиясы $T=300\text{K}$ -дегі $\langle \epsilon \rangle$ формуласын анықтаңыз. $T=300\text{K}$ -дегі $\langle \epsilon \rangle$ мәнін анықтаңыз.

34.6. Эйнштейннің жылу сиымдылық теориясы бойынша күміс атомының тербеліс жиілігін ν анықтаңыз. Күмістің Эйнштейн бойынша сипаттама температурасы $\theta_E=165 \text{ K}$.

34.7. Температурасы $T_1=\theta_E/2$ -ден $T_2=2\theta_E$ -ге өсіргенде, кванттық осциллятордың еркіндік бір дәрежесіне келетін орта энергиясы $\langle \epsilon \rangle$ неше есе артады? Нөлдік энергияның неге тең екенін ескеріңіз.

34.8. Кванттық осциллятордың орташа энергиясының $T=\theta_E$ температурасындағы идеал газ молекуласының орташа жылу қозғалыс энергиясына қатынасын $\langle \epsilon \rangle / \langle \epsilon_T \rangle$ анықтаңыз.

34.9. Кристалды $\theta_E/2$ температурасынан $\Delta T=2 \text{ K}$ температурасына дейін қыздырғандағы молярлы ішкі энергиясының өзгеруін ΔU_m Эйнштейннің жылу сиымдылық теориясы бойынша анықтаңыз. Кристалдың сипаттама температурасын $\theta_E=300 \text{ K}$ -ға тең деп алыңыз.

35-модуль.

Атом. Молекула.

Сутегі атомы үшін Шрединг теңдеуі. Сутегіне ұқсас атомдар. Энергетикалық деңгейлер. Күрделі атомдардағы деңгейлер ені. Паули принципі. Сутегі молекуласы. Ионды және ковалентті байланыстар. Екі атомды молекуланың электронды терімдері.

35.1. Негізгі формулалар

- Сутегі атомында ядро мен электрон әсерлескендегі потенциалдық энергия $U(r)$:

мұндағы r -электрон мен ядроның ара қашықтығы; Z -элементтің реттік саны; ε_0 -электр тұрақтысы.

- Сутегі атомының энергиясының меншікті мәні E_n

n -бас бүтін кванттық сандар.

- Сутегі атомының иондалу энергиясы,

$$E_I = -E_I = \frac{me^4}{8h^2\varepsilon_0^2}$$

- Электронның импульс моменті механикалық орбиталық момент

мұндағы l -орбиталық сан. Мәндері мынадай болуы мүмкін:

$$l=0,1,n-1$$

- Импульс моментінің сыртқы магнит өрісінің z бағытына проекциясы

$$L_{Iz}=\hbar m$$

мұндағы m_l - магниттік кванттық сан. Мәндері мынадай болуы мүмкін $m_l=0, \pm 1, \dots, \pm l$ (небәрі $(2l+1)$ мән).

- Орбиталық және магниттік кванттық сандарды сұрыптау ережелері,

$$\Delta l = \pm 1 \text{ және } \Delta m_l = 0, \pm 1$$

Сутегі атомының электронының нормаланған толқындық функциясы $1s$ -күйде (негізгі күй $n=1, l=0, m=0$) болады.

$$\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$$

мұндағы $a=4\pi\epsilon_0\hbar^2/(me^2)$ –бірінші бор радиусымен сәйкес мән.

- $1s$ -күйдегі сутегі атомының электронын r - дан $r+dr$ аралықтарында болатын ықтималдығын көрсету $dW=|\psi_{100}|^2 \cdot dV=|\psi_{100}|^2 \cdot 4\pi r^2 dr$

- Электронның меншікті импульс моменті

$$L_z = \hbar m_s$$

мұндағы m_s -Спиндік магниттік кванттық сан ($m_s=\pm 1/2$)

- Паулидің принципі

$$Z(n) = \sum_{l=0}^{n-1} [2(2l+1)] = 2n^2.$$

- Үздіксіз рентген спектрінің қысқа толқын шекарасы

$$\lambda_{\min} = ch/(eU)$$

мұндағы e - электрон заряды; U – рентген түтігіндегі потенциалдар айырымы.

- Мозли заңы – сипаттаушы рентген сәулелерінің спектрлік сызықтарының жиілігін анықтаңыз

$$\nu = R(Z - \sigma)^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

мұндағы R- Ридберг тұрақтысы; Z- Менделеев жүйесіндегі химиялық элементтің реттік саны; σ - экрандық тұрақты;

35.2. Бақылау жұмысы

35.1. Сутегі атомындағы электрон үшін Шредингер теңдеуін жазыңыз.

35.2. Сутегі атомындағы негізгі күйдегі электрон қозғалысын сипаттайтын толқындық функция:

$$\Psi(r)=A \cdot a^{-r/a_0}$$

мұндағы A – тұрақты шама, a_0 –бірінші Бор радиусы. Осы формуланы пайдаланып, сутегі атомының негізгі күйдегі электроны үшін оның ядродан ықтимал қашықтығын анықтаңыз.

35.3. Бөлшек ені 1, қабырғаларды абсолютты өтілмейтін тосқауылдан тұратын тікбұрышты потенциалды шұңқырдың негізгі деңгейінде орналасқан. Бөлшектің ықтималдық орналасу орны қаншама есе өзгеше, егер ω_1 –шұңқырдың шекті 1/3 –і болса немесе ω_2 -шеткі ө-і болса?

35.4. Сутегі атомындағы негізгі күйдегі электрон қозғалысын сипаттайтын толқындық функция мәні,

$$\Psi(r)=A \cdot a^{-r/a_0}$$

мұнда A-тұрақты шама, a_0 - бірінші Бор радиусы. Негізгі күйдегі сутегі атомы үшін Кулон күшінің орташа мәнін $\langle F_k \rangle$ табыңыз.

35.5. Электрон ені 1, шексіз терең бір өлшемді тікбұрышты потенциалдық шұңқырда орналасқан. $0 < x < 1$ аралықтың қай нүктелерінде электронның екінші және үшінші энергетикалық деңгейлерінде орналасу ықтималдық тығыздығы бірдей? Осы нүктелер үшін ықтималдық тығыздықты есептеп табыңыз. Шешуін графикпен түсіндіріңіз.

35.6 Сутегі атомындағы негізгі күйдегі электрон қозғалысн сипаттайтын толқындық функция мәні

$$\Psi(r)=A \cdot a^{-r/a_0}$$

мұнда A - тұрақты шама, a_0 -бірінші Бор радиусы . Сутегі атомының негізгі күйі үшін потенциалдық энергиясының орташа мәнін $\langle P \rangle$ анықтаңыз.

35.7. Шредингер теңдеуі арқылы сутегі атомы электронының $\Psi(r)=A(1+a)e^{-r/a}$ күйдегі энергиясын анықтаңыз. Формуладағы A , a , r , e – тұрақты шамалар.

35.8. Сутегі атомындағы электронның негізгі күйін сипаттайтын меншікті функция мәні:

$$\Psi(r)=C \cdot e^{-r/a}$$

Электронның орналасу қашықтығының r максимальды ықтимал мәнін анықтаңыз.

35.9. Сутегі атомындағы электронның негізгі күйі толқындық функция $\Psi(r)=C \cdot e^{-r/a}$ мен сипатталады. Радиустары $r_1=0,5a$ және $r_2=1,5a$, қалыңдығы $\Delta r=0,01a$ сфералық қабатта электронның болу ықтималдық қатынасын ω_1/ω_2 анықтаңыз.

35.10. Сутегі атомының негізгі күйдегі электронын сипаттайтын шектелген меншікті толқындық функциясы,

$$\Psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} \cdot e^{-\frac{r}{a}}$$

Белгілі деп алып, электронның ядродан қашықтығын $\langle r \rangle$ табыңыз.

36-модуль. Атом ядросы

Атом ядросының құрылысы. Ядролық күштер. Ядролық күштердің алмасу сипаттамасы. Ядроның модельдері. Альфа, бета және гамма сәулеленулердің заңдылықтары. Ядролық реакциялар. Атом ядроларының радиоактивті алмасуы. Ядролық бөлінудің реакциясы. Бөлінудің тізбекті реакциясы. Ядролық реактор. Синтездеу реакциясы. Басқарылатын термоядролық реакцияның проблемасы.

36.1. Негізгі формулалар

- Нейтрал атом қандай таңбамен белгіленсе ядрода сонымен белгіленеді.



мұндағы X- химиялық элементтің таңбасы; Z – атомдық нөмірі(ядродағы протондар саны); A- массалық сан (ядродағы нуклондар саны). Ядродағы N нейтрондар саны; A- Z айырымына тең.

- Радиоактивтік ыдырау заңы,

$$dN=-\lambda Ndt \text{ немесе } N=N_0e^{-\lambda t}$$

мұндағы dN-dt уақыт ішінде ыдырап үлгерген ядроның саны; N- радиоактивтік ыдырау кезінде пайда болатын ядро саны; N₀ – бастапқы ядро саны (t=0); λ-радиоактивтік ыдырау тұрақтысы; t – ыдырау процесі жүретін уақыт.

- Жартылай ыдырау периоды T_{1/2}– радиоактивті зат атомдарының тең жартысы ыдырап үлгеретін уақыт. Жартылай ыдырау периоды мен ыдырау тұрақтысының байланысы:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

- t уақыт ішінде ыдырамаған үлгерген атомдар саны,

$$\Delta N=(m/M)N_0(1-e^{-\lambda t})$$

- Радиоактивті ядроның орташа өмір сүру уақыты,

$$\tau=1/\lambda$$

- Радиоактивті изотоптағы атомдар саны,

$$\Delta N=(m/M)N_A$$

мұндағы m -изотоп массасы, M – оның мольдік массасы; N_A -Авогадро тұрақтысы.

- Радиоактивті изотоптың A активтігі,

$$A = -dN/dt = \lambda N \text{ немесе } A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

мұндағы ΔN - dt уақыт аралығында ыдырайтын ядролар саны; A_0 – бастапқы изотоп активтігі

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \dots = \lambda_k N_k.$$

- Ядроның қалдық массасы,

$$\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{\text{ядро}}$$

мұндағы Z - ядродағы протондар саны; A - массалық сан (ядродағы нуклондар саны); $(A - Z)$ – Ядродағы нейтрондар саны; m_n –нейтрон массасы; m_p – протон массасы; $m_{\text{ядро}}$ –ядро массасы.

- Ядроның байланыс энергиясы,

$$E_{\sigma} = \Delta m c^2$$

мұндағы Δm – ядро қалдық массасы; c –вакуумдағы жарық жылдамдығы.

36.2. Бақылау жұмысы

36.1. Массасы 0,5 мкг иод радиоактивтік көзі $t=7$ тәулікте ыдырап үлгерді. Ыдыралған атом санын N табыңыз.

36.2. Радиоактивті изотоптың жартылай ыдырау периоды $T_{1/2}$ табыңыз, егер анық активтігі A $t=10$ тәулік ішінде бастапқыдан 27%–ке кемісе?

36.3. радиоактивтік изотопының $t=6$ тәулік қанша бөлігі ыдырайды?

36.4. Массасы $m=1$ мкг полонийдің активтігін A анықтаңыз, егер жартылай ыдырау периоды 138 тәулік болса?

36.5. Радийдың жартылай ыдырау периоды $T_{1/2} = 1600$ жыл. Қанша уақыттан кейін атомдар саны 4 есе кемиді? Жартылай ыдырау периоды 1620 жыл.

36.6. Кальцийдің $^{45}_{20}\text{Ca}$ меншікті активтігін A_m табыңыз.

36.7. Радиоактивтік изотопының бастапқы массасының қанша бөлігі осы изотоптың өмірінде ыдырап үлгереді?

36.8. $N=10^6$ атомды полонийдің $t=2$ тәулік қанша атомы ыдырайды?

36.9. Активтігі $A=3,7 \cdot 10^{10}$ радонның массасын m табыңыз.

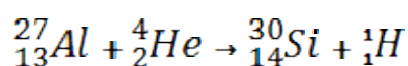
36.10. Радон изотопының атомдар саны $t=1,91$ тәулік неше есе азаяды? Осы изотоптың жартылай ыдырау периоды $T_{1/2} = 3,82$ тәулік болса.

36.11. Төмендегі реакция кезіндегі жұтылу энергиясын табыңыз.

36.12. Азот изотопын нейтрондармен атқылағанда көміртегі Изотопы алынады да, ол В – радиоактивті болып шығады. Осы екі реакция теңдеуін жазыңыз.

36.13. $^3\text{He}(\alpha, p)$ ядролық реакция барысында $Q = 18,34$ МэВ энергия бөлініп шығады. Гелий ^3He изотопының салыстырмалы атомдық массасы A_r анықтаңыз. Басқа атомдар массасын таблицадан алыңыз.

36.14. Берілген реакция барысында:



1г алюминийдегі ядролардың бәріде ыдырауға ұшыраса қанша энергия бөлініп шыққан болар еді?

36.15. Уран ядросы үшін бір нуклонға келетін байланыс энергиясын $E_{\text{б/а}}$ (МэВ) анықтаңыз.

36.16. көміртегі ядросы ыдырау кезінде, позитрон мен нейтрино атқыланса ыдырау энергиясы Q қанша болғаны?

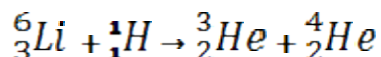
36.17. Ауыр сутек атом ядросы үшін масса дефектісін Δm және байланыс энергиясын $E_{\text{б}}$ табыңыз.

36.18. Массасы 1 г уран-235 ядролары бөлінгенде алынған энергияны E табыңыз. (Уран-235-тің бір ядросы бөлігінде $Q=200$ МэВ энергия алынады).

36.19. Атом электр станциясы бір тәулікте 0,1 кг уран- 235 ядроларын пайдаланса, онда станцияның электр қуаты N қанша болғаны, егер оның η -ПӘК 16% -ке тең болса?

36.20. Дейтерий ${}^2_1\text{H}$ мен тритий ${}^3_1\text{H}$ ядроларының байланыс энергиясын E_B есептеп табыңыз.

36.21. Берілген реакцияның,



Энергитикалық эффектісін Q табыңыз.

36.22. нейтралдық атомдарының және электронның белгілі массалары мәндері пайдаланып, протон m_p , дейтрон m_d , көміртегі ядро массасын m_α табыңыз.

36.23. Атом ядросында бір протон мен екі нейтрон қосылғандағы бөлініп шығатын байланыс энергиясын E_B табыңыз

36.24. ядросының меншікті байланыс энергиясын E_m табыңыз.

36.25. мен ядроларының жеке дара нуклондарға бөлінуі үшін минимальды қанша байланыс энергиясы $E_{B\min}$ керек? Неге бериллий ядросы үшін бұл энергия литий ядросы энергиясынан кем?

36.26. Азот ядросынан бір нейтрондары бөліп шығару үшін қандай минимальды байланыс энергиясы $E_{B\min}$ керек?

36.27. Азот ядросынан бір протонды бөліп шығару үшін қандай минимальды байланыс энергиясын $E_{B\min}$ жұмсау керек?

36.28. Гелий ядросын екі бірдей бөлікке бөлу үшін қанша минимальды байланыс энергиясын $E_{B\min}$ жұмсау керек?

36.29. Көміртегі ядросын 3 бірдей бөлікке бөлу үшін қанша максимальды байланыс энергиясын $E_{B\max}$ жұмсау керек?

36.30. Активтілігі $A=3,7 \cdot 10^2$ Бк радон $t=20$ мин-та ыдырағанда бөлініп шыққан жылу мөлшерін Q табыңыз.

36.31. Массасы $m=1$ г уран ыдырау бөліктері мен тепе-теңдік күйінде болған жағдайда $p=1,07 \cdot 10^{-7}$ Вт қуатын шығарады. Енді осы уран атомының орташа өмірінде τ бөлініп шығаратын молярлы жылу мөлшерін Q_m табыңыз.

36.32. Неон ^{20}Ne ядросын екі α -бөлшекке және көміртегі ядросына C бөлуге керекті энергияны табыңыз. ^{20}Ne ядроларында бір нуклонға керекті байланыс энергиясы-8,03 МэВ.

36.33. Уран-235 ядросының бір актты бөлінуінде 200 МэВ энергия шығарылады. Енді: 1) $m=1$ кг уран изотопы ядроларының ыдырауынды бөлініп шығарылатын энергияны табыңыз; 2) жылу шығару жағынан 1 кг уран мен тең таскөмірдің массасын анықтаңыз. Оның меншікті жылу қызуы $q=29,3$ МДж/кг.

36.34. Көміртегі $^{14}_6\text{C}$ ядросы, теріс зарядты β -бөлшегін және антинейтрино бөліп шығарады. Осы ядроның бета- ыдырауының толық энергиясын Q табыңыз.

36.35. Атом энергиясымен жүретін кемеңің моторының қуаты $p=15$ МВт, оның η -ПӘК 30%-ке тең. Осы мотордың ядро қуатын пайдаланудағы бір айлық шығынын анықтаңыз.

36.36. Уран-235 ядросының бір акты бөлінуінде 200 МэВ энергия бөлініп шығатыны белгілі. Енді осы изотоптан жасалған атом бомбасы жарылуында $30 \cdot 10^6$ кг тротилмен эквиваленттес жылу шығару үшін керекті массаны табыңыз. Тротилдің жылу эквиваленті $q=4,19$ МДж/кг.

36.37. Уран-235 ядросы баяу нейтрон әсерінен екіге бөлінгенде пайда болған ұшқындардың массалық саны $M_1=90$ және $M_2=143$. Осы бөлінуі арқасында ядродан ұшып шыққан нейтрондар санын табыңыз, егер олар қарама-қарсы бағыттарға ұшса және олардың қосынды кинетикалық энергиялары $T=160$ МэВ болса.

36.38. Ядролық реакция $^{14}\text{N}(\alpha, p)$ кинетикалық энергиясы $T_\alpha=462$ МэВ-ке тең γ -бөлшектің атқылауынан орындалған. Осы реакцияның жылу эффектісін анықтаңыз, егер протон α -бөлшектің бағытымен $\theta=60^\circ$ жасап ұшып, кинетикалық энергиясы $T=2$ МэВ-ке тең болса.

36.39. Төмендегі реакциялардың жылу эффектісін анықтаңыз:



36.40. Мына реакцияның $^{10}\text{B}(n, \alpha) ^7\text{Li}$ салдарынан шыққан бөлімдердің жылдамдықтарын анықтаңыз, бұл реакцияны жылу

нейтрондарының тыныш үйдегі бір ядросымен болды деп қарастырыңыз.

ҚОСЫМША

1. Негізгі физикалық тұрақтылар

Физикалық тұрақты	Белгілеу	Мәндер
Еркін түсу үдеуі	g	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитация тұрақтысы	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Авогадро тұрақтысы	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Мольдік газ тұрақтысы	R	$8,31 \text{ Дж/моль}^{-1}$
Қалыпты көлем	V_m	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Больцман тұрақтысы	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементар заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Вакуумдағы жарық жылдамдығы	c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Стефан-Больцман тұрақтысы	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Вин ығысу заңының тұрақтысы	b	$2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Планк тұрақтысы	h $\hbar$	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ $1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Ридберг тұрақтысы	R	$1,10 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}, 2,07 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$
Бірінші бор радиусы	A	$0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Электронның Комптон толқын ұзындығы	Λ	$2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$
Бор магнетоны	μ_B	$0,927 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2$
Сутегі атомның иондалу энергиясы	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}(13,6 \text{ эВ})$
Массасының атомдық бірлігі	$m.a.б$	$1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг}, 931,5 \text{ МэВ}$
Электр тұрақтысы	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнит тұрақтысы	M_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$

2. Кейбір астрономиялық шамалар

Атауы	Мөні
Жер радиусы	$6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Жердің массасы	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Күннің радиусы	$6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$
Күннің массасы	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Айдың радиусы	$1,74 \cdot 10^6 \text{ м}$
Айдың массасы	$7,33 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Жердің центрінен Күннің центріне дейінгі ара қашықтық	$1,49 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Жердің центрінен Айдың центріне дейінгі ара қашықтық	$3,84 \cdot 10^8 \text{ кг}$

3. Қатты астрономиялық шамалар

Қатты дене	Тығыздық, $\text{кг}/\text{м}^3$	Қатты дене	Тығыздық, $\text{кг}/\text{м}^3$
Алюминий	$2,70 \cdot 10^3$	Мыс	$8,93 \cdot 10^3$
Висмут	$9,80 \cdot 10^3$	Никель	$8,90 \cdot 10^3$
Темір	$7,88 \cdot 10^3$	Қорғасын	$11,3 \cdot 10^3$
Алтын	$19,3 \cdot 10^3$	Күміс	$10,5 \cdot 10^3$
Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Цезий	$1,90 \cdot 10^3$

Мұз	$0,9 \cdot 10^3$	Цинк	$7,15 \cdot 10^3$
-----	------------------	------	-------------------

3. Сұйық тығыздығы

Сұйық	Тығыздық, кг/м ³
Су (4 ⁰ С шамасы)	$1,00 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$
Сынап (0 ⁰ С шамасы)	$13,6 \cdot 10^3$
Күкіртті көміртегі	$1,26 \cdot 10^3$
Этиль спирті	$0,80 \cdot 10^3$
Керосин	$0,80 \cdot 10^3$

4. Газдар тығыздығы (қалыпты жағдайда)

Газ	Тығыздық, кг/м ³
Сутегі	0,09
Ауа	1,29
Гелий	0,18
Оттегі	1,43

5. Сұйықтың беттік керілу коэффициенті (293К шамасында)

Сұйық	Коэффициент, мН/м
Су	72
Сабын ертіндісі	40
Сынап	500
Этиль спирті	22

6. Молекуланың тиімді диаметрі

Газ	Диаметр, м
Азот	$3,0 \cdot 10^{-10}$
Сутегі	$2,3 \cdot 10^{-10}$
Гелий	$1,9 \cdot 10^{-10}$
Оттегі	$2,7 \cdot 10^{-10}$

7. Диэлектрлік өтімділік

Зат	Өтімділік
Су	81
Трансформатор майы	2,2:2,5

Парафин	2,2
Шыны	5:10

8. Металдардың меншікті кедергісі

Металл	Меншікті кедергі, Ом·м
Темір	$9,9 \cdot 10^{-8}$
Жез	$1,68 \cdot 10^{-8}$
Нихром	$1,05 \cdot 10^{-8}$
Күміс	$1,58 \cdot 10^{-8}$

9. Иондалу энергиясы

Зат	E_i , Дж	E_i , эВ
Сутегі	$2,18 \cdot 10^{-18}$	13,6
Гелий	$3,94 \cdot 10^{-18}$	24,6
Литий	$1,21 \cdot 10^{-18}$	75,6
Сынап	$1,66 \cdot 10^{-18}$	10,4

10. Газдардағы иондардың қозғалғыштығы, м²/(В·с)

Газ	Оң иондар	Теріс иондар
Азот	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$
Сутегі	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
Ауа	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

11. Сыну көрсеткіші.

Зат	Көрсеткіш
Алмаз	2,42
Су	1,33
Глицерин	1,47
Шыны	1,50

12. Электрондардың шығу жұмысы.

Металл	A , Дж	A , эВ
--------	----------	----------

Калий	$3,52 \cdot 10^{-19}$	2,20
Литий	$3,82 \cdot 10^{-19}$	2,39
Платина	$8,45 \cdot 10^{-19}$	5,29
Рубидий	$3,36 \cdot 10^{-19}$	2,10
Күміс	$6,85 \cdot 10^{-19}$	4,28
Цезий	$3,02 \cdot 10^{-19}$	1,89
Цинк	$5,98 \cdot 10^{-19}$	3,74

13. Салыстырмалы атомдар массасы (жуықталған мән) A_r және кейбір элементтрдің реттік нөмірі Z

Элемент	Символ	A_r	Z	Элемент	Символ	A_r	Z
Азот	N	14	7	Марганец	Mn	55	25
Алюминий	Al	27	13	Мыс	Cu	64	29
Аргон	Ar	40	18	Молибден	Mo	96	42
Барий	Ba	137	56	Натрий	Na	23	11
Ванадий	V	51	23	Неон	Ne	20	10
Сутегі	H	1	1	Никель	Ni	59	28
Вольфром	W	184	74	Қалайы	Sn	119	50
Гелий	He	4	2	Платина	Pt	195	78
Темір	Fe	56	26	Сынап	Hg	201	80
Алтын	Au	197	79	Сера	S	32	16
Калий	K	39	19	Күміс	Ag	108	47
Кальций	Ca	40	20	Көміртегі	C	12	6
Оттегі	O	16	8	Уран	U	238	92
Магний	Mg	24	12	Хлор	Cl	35	17

14. Жеңіл изотоп атомдарының массалары

Изотоп	Символ	Масса а.м.ө.	Изотоп	Символ	Масса а.е.м.
Нейтрон	${}^1_0\text{n}$	1,00867	Бериллий		7,01693 9,01219
Сутегі	${}^1_1\text{H}$ ${}^2_1\text{H}$ ${}^3_1\text{H}$	1,00783 2,01410 3,01605	Бор		10,01294 11,00930
Гелий		3,01603 4,00260	Көміртегі		12,00000 13,00335

					14,00324
Литий		6,01513 7,01601	Азот		14,00307
			Оттегі		15,99491 16,99913

15. Радиоактивті изотоптардың жартылай ыдырау периоды

Изотоп	Символ	Жартылай ыдырау периоды
Актиний		10 сут.
Йод		8 сут.
Кобальт		5,3 г
Магний		10 мин
Радий		1620 лет
Радон		3,8 сут
Стронций		28 лет
Фосфор		4,3 сут
Церий		285 сут

16. Кейбір бөлшектер массасы және тыныштық энергиясы

Бөлшек	m ₀		E ₀	
	кг	м.а.б.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
α-бөлшек	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтрал π-мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

17. Атаулардың онға еселі бөліктерінің атаулары, қосымшалары

Қосымша		Көбейткіш	Қосымша		Көбейткіш
Атауы	Таңбасы		Атауы	Таңбасы	
Экса	Э	10^{18}	Деци	Д	10^{-1}
Пэта	П	10^{15}	Санти	С	10^{-2}
Тера	Т	10^{12}	Милли	М	10^{-3}
Гига	Г	10^9	Микро	Мк	10^{-6}
Мега	М	10^6	Нано	Н	10^{-9}
Кило	К	10^3	Пико	П	10^{-12}
Гекто	Г	10^2	Фемто	Ф	10^{-15}
Дека	да	10^1	Атто	А	10^{-18}

18. Грек алфавиті

Әріп таңбалары	Әріптер аты	Әріп таңбалары	Әріптер аты
Α, α	альфа	Ν, ν	ню
Β, β	бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	гамма	Ο, ο	омикрон
Δ, δ	дельта	Π, π	пи
Ε, ε	эпсилон	Ρ, ρ	ро
Ζ, ζ	дзета	Σ, σ	сигма
Η, η	эта	Τ, τ	тау
Θ, θ	тыта	Υ, υ	ипсилон
Ι, ι	йота	Φ, φ	фи
Κ, κ	каппа	Χ, χ	хи
Λ, λ	ламбда	Ψ, ψ	пси
Μ, μ	мю	Ω, ω	омега

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики: М.:Наука, 1977, т.1-3.
2. Савилиев И.В. Курс физики.-М.:Наука,1969, т.1-3. Жалпы физика курсы. Т.1,2.: Алматы,: Мектеп, 1982.
3. Детлаф А.А, Яворский Б.М. Курс физики.: М.:Высшая школа, 1979.
4. Трофимова Т.И. Курс физики.: М.,Высшая школа 1999.
5. Хайкин С.Э. Физические основы механики.-М.: Наука, 1971.
6. Астахов А.В. Курс физики. Механика и кинетическая теория материи.- М.: Наука,т.1. 1979.
7. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика.-М.: ГИ ФМ, 1963.
8. Телеснин Р.В. Молекулярная физика.-М.: Высшая школа, 1960.
9. Калашников С.Г. Электричество.-М.: Наука, 1977.
10. Бутиков Е.Н. Оптика.-М.: Высшая школа, 1967.
11. Ландсберг Г.С. Оптика.-М.: Наука, 1976.
12. Тарасов Л.В. Основы квантовой механики.-М.: Высшая школа, 1978.
- 13.Астахов А.В., Широков Ю.М. Курс физики. Квантовая физика.-М.: Наука. т.Ш, 1983.
14. Эпифанов Г.И. Физика твердого тела.-М.: Высшая школа, 1977.
15. Иродов И.Э. Задачи по общей физике.-М.: Наука, 1988-416 с.
16. Савелиев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике.- М.: Наука, 1962.
17. Козел С.М., Рашба Э.И., Словатенский С.А. Сборник задач по физике.-М.: Наука, 1967.
18. Беликов Б.С. Решение задач по физике.-М.: Высшая школа, 1966.
19. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике.-М.: Высшая школа. 1981.
20. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики.-М.: Наука,1999. 382 стр. Жалпы физика курсының есептер жинағы.-Алматы: Ғылым, 1999.
21. Воробьев А.Л., Иванова В.П., Кондакова В.Т., Чертов А.Г. Физика: Методические указания и контрольные задания для

студентов заочников инженерно-технических специальности вузов (включая сельскохозяйственные вузы)/под.ред А.Г Чертова, пятое-издание. М.: Высшая школа, 1987.-208 с.

22. Жубанов М. Физиканың негізгі заңдары.-Алматы: Мектеп, 1989.

23. Абдулаев Ж. Физика курсы.-Алматы: Білім, 1994.

24. Ә.Қ. Шоқанов., О. Құрманұлы. Физика. Механика. Теория, есептер, есеп шығару тәсілдері. –Алматы: Қаз.ҰТУ, 1998.

25. Х.Р. Майлина. Кинематика есептерін шешу әдістері. Әдістемелік нұсқау.-Алматы: Қаз.ҰТУ, 2001.

Мазмұны

Кіріспе	
1 семестрлік тапсырма	
1 модуль. Механикалық қозғалыс-материя қозғалысының ең қарапайым түрі.....	
2 модуль. Материялық нүктенің динамикасы.....	
3-модуль. Сақталу заңдары.....	
4-модуль. Салыстырмалықтың арнайы теориясының элементтері.....	
5-модуль. Тұтас орталар механикасының элементтері.....	
6-модуль. Гармоникалық тебелістер.....	
7-модуль. Толқындық процестер.....	
8-модуль. Статистикалық физика және термодинамика.....	
9-модуль. Молекула-кинетикалық теория.....	
10-модуль. Статистикалық үйлестіру.....	
11-модуль. Термодинамиканың негіздері.....	
12-модуль. Тасымалдау құбылысы.....	
13-модуль. Нақты газдар.....	
2 семестрлік тапсырма	
14-модуль. Электрстатика.....	
15-модуль. Электр өрістерінің қасиеттері.....	
16-модуль. Электр өрісіндегі өткізгіштер.....	
17-модуль. Электр зарядының өзара әсерлесу энергиясы.....	
18-модуль. Тұрақты электр тоғы.....	
19-модуль. Магнит өрісі.....	
20-модуль. Электромагниттік индукция құбылысы.....	
21-модуль. Электромагниттік тербелістер.....	
3 семестрлік тапсырма	
22-модуль. Геометрикалық оптика туралы түсінік.....	
23-модуль. Жарық толқындарының қасиеттері.....	
24-модуль. Толқындар дифракциясы.....	
25-модуль. Заттағы электромагниттік толқындар.....	
26-модуль. Жылулық сәуле шығару.....	

27-модуль. Кванттық теорияның негізгі идеяларын тәжірбиеде негіздеу.....	
38-модуль. Корпускула-толқындық дуализм.....	
39-модуль. Шредингер тендеуі.....	
30-модуль. Конденсирленген күй.....	
31-модуль. Атом. Молекула.....	
32-модуль. Атом ядросы.....	
Қосымша	
Әдебиеттер тізімі	

Әбдіқасова А.Ә.

Жалпы физика курсының семестрлік тапсырмалары

Оқу құралы

Пішімі 60x84 1/16. Офсеттік қағаз

Тығыздығы 80 гр./см². 95%.

РИЗО басылымы.

Шартты баспа таб. 2,5. Көлемі 140 бет.



“Эверо” ЖШС баспаханасында басылып шығарылды
ҚР, Алматы, Байтұрсынұлы к., 22.
Тел.: 8 (727) 2 33 83 61, 2 33 83 89, тел./факс: 2 33 83 43
e-mail: evero08@mail.ru

Ескертулер үшін

Ескертулер үшін