

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университеті

Сырым Ж.С., Қажмұханова Г.Ш., Мамыр А.Р.

ФИЗИКАЛЫҚ АНЫҚТАМАЛЫҚ
Оқу әдістемелік құрал

Орал, 2019

УДК 53
ББК 22.3
С 198

Пікір жазғандар:

Жүсіпқалиева Ғ.К.- КАЗИИТУ проректоры, п.ғ.к., доцент

Кушеккалиев А.Н.- М.Өтемісов атындағы БҚМУ доцент, ф.-м.ғ.к.

Сырым Ж.С.

С198 Физикалық анықтамалық: Оқу әдістемелік құрал/Ж.С.Сырым, Г.Ш.Қажмұханова, А.Р.Мамыр. - Орал: М.Өтемісов атындағы БҚМУ РБО, 2019. - 276 бет.

Физика-табиғаттағы физикалық құбылыстарды әрі денелердің физикалық қасиеттерін зерттейтін ғылым және оқу пәні. Физика ғылымы түрлі құпияға толы және қызықты ғылым саласы болып табылады. Сондықтан бұл анықтамада қысқа әрі нақты формулалар, анықтамалар және есептердің шығару үлгілері, тесттер көрсетілген

МЕХАНИКА

Кинематика – механикалық қозғалыстың себебін түсіндірмей, қозғалыстың математикалық сипаттамасын қарастыратын механиканың бөлімі.

Механикалық қозғалыс– дененің бөлшектерінің немесе олардың кеңестіктерінің бөліктерінің уақыттың өтуімен басқа денелерге қатысы.

Дененің кеңестіктегі орнын және оның қозғалысын қандайда санақ жүйесіне қатысты беруге болады:

- қозғалысқа қатысты санақ денесімне.
- санақ денесіне қатысты координаталық жүйемен.
- өлшеу тәсілімен.

Дененің кез келген қозғалысын негізгі екі түріне бөлуге болады: *ілгермелі және айналмалы.*

Ілгермелі қозғалыс деп барлық нүктелері бірдей қозғалатын дененің қозғалысын айтады.

Айналмалы қозғалыс деп центрлері айналыс өсі деп аталатын бір түзудің бойында жататын, барлық нүктелері шеңбер бойымен қозғалатын денені айтады.

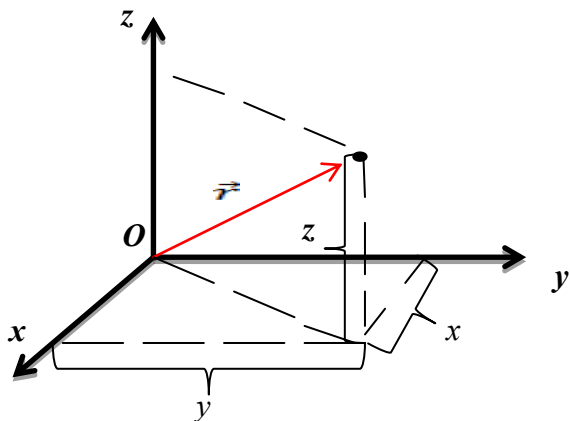
Материялық нүкте – қозғалыстың қарастырылып отырған жағдайында өлшемдері еленбейтіндей денені айтады. Мысалы: Бала – мектептен үйге дейін 1км немесе одан да көп қашықтықты жүріп өтсе, материялық нүкте болып есептеледі. Бала – ертеңгілік денешынықтыру жаттығуларын жасап жатқанда, материялық нүкте деуге болмайды.

Қозғалыстың салыстырмалылығы - әр түрлі денеге қатысты, дене әр түрлі қозғалады (тыныштық – қозғалыстың белгілі бір жағдайы). Мысалы: жүзгіш қайық үстіндегі бақылаушыға және жағадағы бақылаушыға қатысты, әр түрлі жылдамдықпен қозғалады. Қозғалыс траекториясы – дене бойымен қозғалатын сызық.

1.1. КИНЕМАТИКА НЕГІЗДЕРІ

1.1.1. Материялық нүкте қозғалысын берудің тәсілдері

Векторлық тәсіл: берілген уақыт моментінде материялық нүктенің орнын координаталар басынан берілген нүктеге жүргізілген \vec{r} радиус векторын сипаттайды.

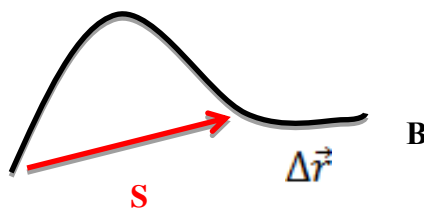


1.1.-сурет. Материялық нүкте қозғалысын берудің векторлық тәсілі.

Координаталық тәсіл: берілген уақыт моментінде материалдық нүктенің орны үш координаталармен (x, y, z) сипатталады.

$$r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1.1.1)$$

Траектория – материялық нүктенің қозғалыс барысында кеңестікте сызатын сызығы. Траекторияның түрі бойынша түзусызықты және қисықсызықты деп ажыратылады.



1.2. сурет. Материялық нүктенің траекториясы

S жол – материялық нүктенің қозғалыс барысында траектория бойынша жүріп өтен. Жол – скаляр шама.

Орын ауыстыру $\Delta\vec{r}$ - нүктенің бастапқы және ақырғы орындарын қосатын орналастыру векторы.

Орын ауыстырудың векторлық модулі

$$\Delta r = |\Delta \vec{r}| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2} \quad (1.1.2)$$

Дене бір бағыттағы түзу сызықты қозғалысы кезінде $|\Delta \vec{r}| = S$.

1.1.2. Жылдамдық

Орташа (жолдық) v жылдамдық – Δs жүріп өткен Δt уақыт аралығының сан жағынан қатынасына тең:

$$(v) = \frac{S}{\Delta t} \text{ немесе } (v) = \frac{S}{t}. \quad (1.1.3)$$

Орын ауыстырудың орташа жылдамдығы – Δr орын ауыстырудың оны жүріп өтуге қажет Δt уақыт қатынасына тең:

$$(v) = \frac{\Delta r}{\Delta t}. \quad (1.1.4)$$

Лездік жылдамдық – бұл берілген уақыт моментіндегі жылдамдықтың $v_{\text{лез}}$ аз уақыт Δt аралығындағы сан жағынан тек физикалық шама.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (1.1.5)$$

Жылдамдық қозғалыстың жылдамдығын және бағытын сипаттайды. Жылдамдық траекторияға әр уақытта жанама бойымен бағытталған Жылдамдықтың өлшем бірлігі ХБЖ $[v] = 1 \text{ м/с}$

1.1.3. Үдеу

Үдеу \vec{a} – Δv жылдамдықтың өзгерісінің Δt уақыт аралығының қатынасын береді. Сан жағынан векторлық физикалық шама.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \quad (1.1.6)$$

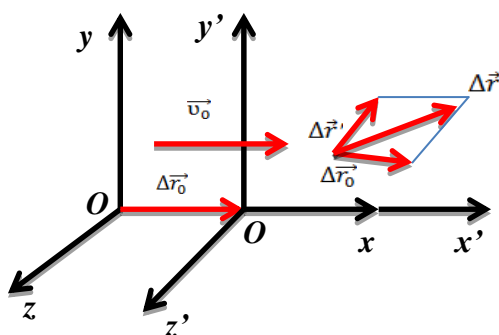
Үдеу жылдамдық модулінің және бағытының өзгеру шапшандығын сипаттайды.

Үдеудің өлшем бірлігі ХБЖ [a] = 1 м/с²

1.1.4. Қозғалыстың салыстырмалығы

Қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты дененің Δr берілген уақыт аралығында орын ауыстыруы. Қозғалмайтын санақ жүйесіне және қозғалатын санақ жүйесіне қатысты орын ауыстырудың геометриялық қосындысына тең:

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}' + \Delta \vec{r}_0 \quad (1.1.7)$$



1.3. сурет. Материалық нүктенің ілгермелі қозғалысы.

Қозғалмайтын санақ жүйесімен қатысты дененің жылдамдығы u оның қозғалатын санақ жүйесіне қатысты жылдамдығының геометриялық қосындысына тең:

$$\vec{u} = \vec{u}' + \vec{u}_0 \quad (1.1.8)$$

(жылдамдықты қосудың классикалық заңы)

1.1.5. Біркалыпты түзу сызықты қозғалыс

Дене кез – келген уақыт аралықтарында бірдей жол жүретін қозғалыс бірқалыпты қозғалыс деп аталады.

Біркалыпты түзу сызықты қозғалыс кезінде:

Үдеу

$$\vec{a} = 0$$

Жылдамдық

$$\vec{v} = const$$

Орын ауыстыру

$$\Delta \vec{r} = \vec{v} \Delta t$$

Жүріп өткен жол

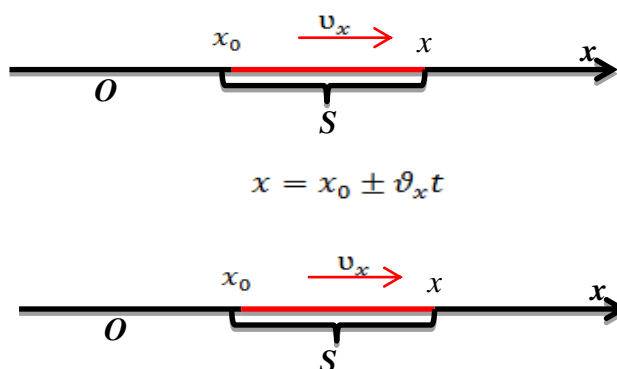
$$S = vt$$

Координата

$$x = x_0 \pm v_x t$$

(бірқалыпты түзу сызықтық қозғалыстың кинематикалық теңдеуі)

v_x жылдамдық проекциясы «+» таңба алынады егер жылдамдықтың бағыты кез-келген таңдап алынған бағытпен сәйкес келсе, қарама-қарсы жағдайда «-» таңбасы алынады.



1.4. сурет. Бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс.

1.1.6. Бірқалыпты айнымалы қозғалыс

Кез-келген уақыт аралығында жылдамдықтың модулі бірдей шамаға өзгертін дененің қозғалысы бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп аталады.

Бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезінде:

Үдеу

$$\vec{a} = const$$

Жылдамдық

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

Егер үдеу векторы жылдамдық векторына сәйкес бағыттас болса, онда қозғалыс бірқалыпты үдемелі болады. Егер үдеу векторы қарама-қарсы болса бірқалыпты кемімелі болады.

Орын ауыстыру

$$\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

Жүріп өткен жол

$$S = v_{0x} t \pm \frac{a_x \cdot t^2}{2} \text{ немесе } S = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{\pm 2a}$$

Координата

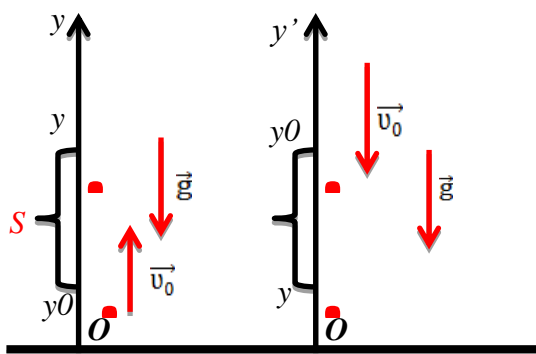
$$x = x_0 \pm v_{0x} t \pm \frac{a_x t^2}{2}$$

(бірқалыпты айнымалы қозғалыстың кинематикалық теңдеуі)

v_x жылдамдық проекциясы (a_x үдеуінің проекциясы) «+» таңбасымен алынады, егер жылдамдық және үдеу бағыты таңдап алынған бағытпен сәйкес келсе, қарама-қарсы жағдайда v_x жылдамдық проекциясы (a_x үдеуінің проекциясы) «-» таңбасы алынады.

1.1.7. Дененің еркін түсу үдеуі

Бірқалыпты айнымалы түзу сызықты қозғалыс дербес жағдай болып тек қана ауырлық күшінің әсерінен жүзеге асатын \vec{g} денелердің түсуі болып табылады. Еркін түсу үдеуі $g=9,81\text{m/c}^2$ уақыт бойынша ауырлық күші бағытымен сәйкес келсе ол дененің массасына тәуелсіз, бірақ орынның $\varphi = 45^\circ$ ендігіне және жердің бетінде қозғалатын дененің h биіктігіне тәуелді $h \ll R_{\text{ж}}$. Егер формула ($R_{\text{ж}}$ Жердің радиусы) еркін түсу үдеуі және бірқалыпты айнымалы қозғалыстың формуласын пайдаланса:

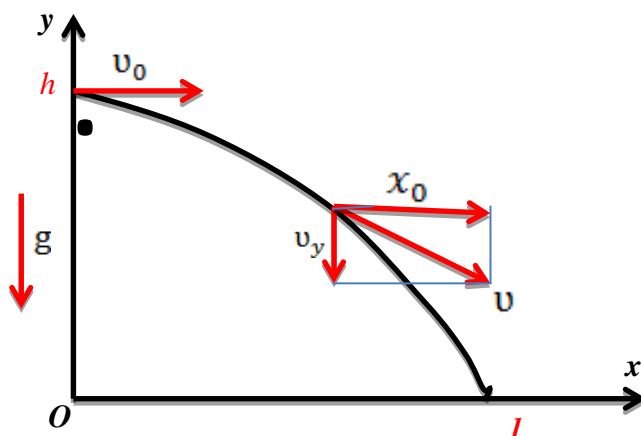


1.5. сурет. Дененің еркін түсу үдеуінің қозғалысының бағыты.

Үдеу	$\vec{g} = \text{const}$
Жылдамдық	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$
Орын ауыстыру	$\Delta\vec{r} = \vec{v}_0t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$
Жүріп өткен жол	$S = v_{0y}t \pm \frac{g \cdot t^2}{2}$ және $S = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{\pm 2g}$
(бір бағытты қозғалыс кезінде)	
Координата	$y = y_0 \pm v_{0y}t \pm \frac{gt^2}{2}$

1.1.8. Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы

Қозғалысқа кедергі болмаған кезде лақтырылған денеге тек қана ауырлық күші әсер етеді. u жылдамдықпен горизонталь лақтырылған дене қарсы жазық болады (екі өлшемді қозғалыстың түрі болып табылады). Дене x өсі бойымен бірқалыпты u_0 жылдамдық бірқалыпты үдемелі және $0y$ өсі еркін түсу үдеуімен бірқалыпты үдемелі қозғалады. Дененің қозғалыс траекториясы парабола болады [2. Б. 16-18].



1.6. сурет. Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы.

t уақыт моментіндегі x және y координаталар

$$x = u_0 t; \quad y = h - \frac{gt^2}{2}$$

Қозғалыс траекториясының теңдеуі

$$y = h - \frac{g}{2u_0^2} x^2$$

t уақыт моментіндегі жылдамдық

$$v_x = u_0 \quad v_y = -gt$$

векторының проекциясы

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{u_0^2 + (gt)^2}$$

t уақыт моментіндегі жылдамдық векторымен

бұрыштық тангенсі

$$tg = \frac{|v_y|}{|v_x|} = \frac{gt}{u_0}$$

Дененің ұшу уақыты

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Дененің ұшу қашықтығы

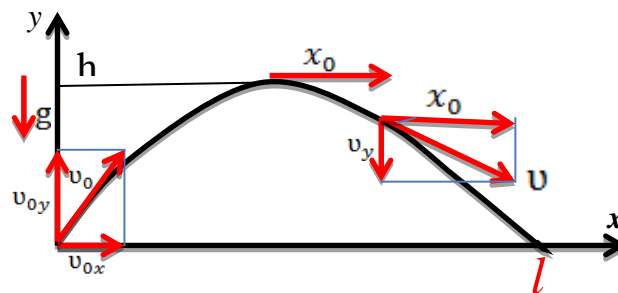
$$l = v_x t = u_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

1.1.9. Горизонталь бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысы.

Горизонталь лақтырылған дененің жағдайындағыдай горизонталь бұрышпен α бұрыштық v_0 жылдамдықпен лақтырылған денеге тек қана ауырлық күші әсер етеді (кедергі күшін ескермейміз).

Қозғалыс жарық қозғалысымен есептеледі. Дене (екі өлшемді) Ох өсі бойымен дене $v_x = v_0 \cos \alpha$ жылдамдықпен бірқалыпты қозғалады, ал Оу өсі бойымен g еркін түсу үдеуімен (көтерілудің максималы биіктігіне дейін) бірқалыпты кемімелі, одан киін бірқалыпты үдемелі қозғалады.

Еркін түсу үдеуі мен бірқалыпты айнымалы дененің қозғалыс траекториясы парабола болады.



1.7. сурет. Горизонталь бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысы.

t уақыт моментіндегі дененің

x және y координаттары

$$\begin{aligned} x &= v_x t = v_0 \cos \alpha t ; \\ y &= v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned}$$

Қозғалыс траекториясының теңдеуі

$$y = \operatorname{tg} \alpha x - \left(\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \right) x^2$$

t уақыт моментіндегі v_x және v_y

жылдамдық векторларының проекцисы

$$\begin{aligned} v_x &= v_0 \cos \alpha ; \\ v_y &= v_0 \sin \alpha - gt \end{aligned}$$

t уақыт моментіндегі \vec{v} жылдамдық векторымен горизонтал арасындағы

β бұрышының тангенсі

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{|v_y|}{|v_x|} = \frac{|v_0 \sin \alpha - gt|}{v_0 \cos \alpha}$$

t уақыт моментіндегі v жылдамдық модулі

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha - gt)^2}$$

Дененің ұшу уақыты (дененің ұшу уақыты оның максималъ биіктікке көтерілу уақытынан екі есе артық)

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

Дененің максималъ биіктікке көтерілу уақыты (траекторияның максималъ биіктігінде жылдамдық проекциясы $v_0 = 0$ ге тең).

$$t_{\text{ұшу}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

Дененің ұшу қашықтығы $l = v_x t_{\text{ұшу}} = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

(белілген v_0 бастапқы жылдамдықта максималъ ұшу қашықтығы $\alpha = 40^\circ$ бұрыш жасаған кезде мүмкін болады).

Максималъ көтеру биіктігі $h_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

1.1.10.Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар

Шеңбер доғасы бойынша дененің қозғалғанын сипаттау үшін дененің бұрыштық жылдамдықтары пайдаланылады.

Бұрыштық жылдамдық ω – радиусының бұрылу бұрышына, осы бұрылыс жүзеге асатын уақыттың қатынасына сан мәніне тең физикалық шаманы айтады.

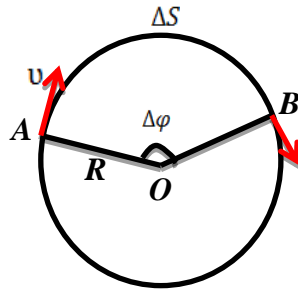
$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \quad (1.1.9)$$

Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалатын кездегі ($\omega = \text{const}$) бұрылу бұрышы мына қатынаспен анықталады.

$$\Delta \varphi = \omega \Delta t \quad (1.1.10)$$

Егер $t_0 = 0$ тең уақыт моментінде бастапқы бұрыш φ_0 - ге тең болса, онда мына формуламен анықталады:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t \quad (1.1.11)$$



1.8. сурет. Сызықты бұрышты жылдамдық.

Бұрыштық жылдамдық дененің бұрылу шапшандығын сипаттайды. ХБЖ бұрыштық жылдамдықтың өлшем бірлігі $[\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 1 \text{с}^{-1}$.

Бұл жағдайда айналмалы дененің v жылдамдығы дененің сызықтық жылдамдығы деп аталады.

Бұрыштық және сызықтық жылдамдықтар мына қатынаспен байланысады

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi \cdot R}{\Delta t} = \omega \cdot R \quad (1.1.12)$$

$$\omega = \frac{v}{R} \quad (1.1.13)$$

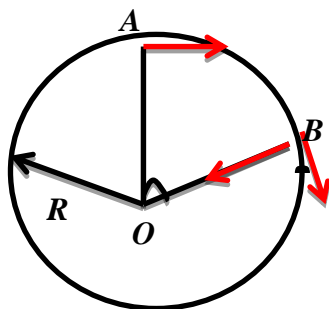
Белгілі бір өске қатысты дене айналған кезде $\Delta \varphi$ бұрылу бұрышы және ω бұрыштық жылдамдығы дененің барлық нүктелері үшін бірдей болады. Сонымен бірге ΔS жолы және v сызықтық жылдамдық, R айналу өсіне дейінгі қашықтықтан тәуелді.

$$\omega = \frac{v_1}{R_1} = \frac{v_2}{R_2} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{R_2}{R_1} \quad (1.1.14)$$

1.1.11. Шеңбер бойынша бірқалыпты қозғалыс

Шеңбер бойынша бірқалыпты қозғалыс қисық сызықты қозғалыстың қарапайым және маңызды жағдайы болып табылады. Шеңбер бойынша бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезінде дененің жылдамдығы уақыт өтуі бойынша өзгермейді, тек қана бағыты бойынша өзгереді. Нүктенің жылдамдығы бағыты бойынша өзгертіндіктен шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалған кезде дене үдеу алады. Бұл үдеу кез – келген уақыт моментінде шеңбер

центріне қарай бағытталады және ол центрге тартқыш үдеу деп аталады



1.9. сурет. Шеңбер бойынша бірқалыпты қозғалыс.

Центрге тартқыш үдеу $a_{ц}$ мына қатынас бойынша анықталады

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}. \quad (1.1.15)$$

Нүктенің шеңбер бойынша бірқалыпты қозғалысын сипаттау үшін айналыс периоды және жиілігі ұғымдарын енгізеді.

Айналыс периоды T - осы уақытта дененің бір толық айналыс жасайтын уақыты.

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (1.1.16)$$

ХБЖ айналыс периодының өлшем бірлігі $[T] = 1с$

Айналыс жиілігі n – дене 1 секундта жүзеге асыратын сан жағынан айналу санына тең физикалық шаманы айтады.

$$n = \frac{1}{T} = \frac{v}{2\pi R} = \frac{\omega}{2\pi}. \quad (1.1.17)$$

ХБЖ айналыс жиілігінің өлшем бірлігі $[n] = 1 \text{ айн/санына} = 1 \text{ с}^{-1}$

ω бұрыштық жылдамдығын T және n арқылы өрнектеуге болады

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n. \quad (1.1.18)$$

$a_{ц}$ үдеудің ω , T және n арқылы өрнектеуге болады

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = 4\pi^2 n^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}. \quad (1.1.19)$$

Егер нүкте t уақыт моментінде N айналыс жасайтын болса, айналыстың T периоды және n жиілігі мына қатынастар арқылы анықталады

$$T = \frac{t}{N};$$

$$n = \frac{N}{t}. \quad (1.1.20)$$

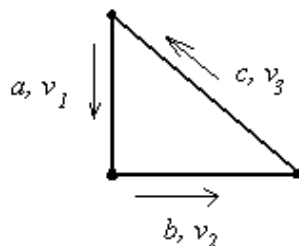
Есептер шығару үлгілері

1. Турист барлық уақытының алғашқы үштен бірін орманмен оңтүстікке қарай $v_1=3\text{км/сағ}$ жылдамдықпен жүріп, одан кейін барлық жолдың үштен бірін даламен шығысқа қарай v_2 жылдамдықпен жүрді және, ақырында, қиылыспен (төте жолмен) қысқа жолмен шыққан нүктесіне қайтып оралды. Туристің орташа (жолдық) $v_{\text{орт}}$ жылдамдығын есептеңдер. v_2 жылдамдықтың мүмкін болатын минимал мәнін көрсетіңдер.

Берілгені: Шешуі:

$$v_1=3\text{км/сағ}$$

$$v_{\text{орт}}=? . v_2=?$$



Белгілеулер енгіземіз: a -туристің орманмен жүріп өткен жолы, b - даламен жүрген жолы (суретте көрсетілген). Сонда Пифагор теоремасы бойынша турист қиылыспен (төте жолмен) $c = (a^2 + b^2)^{1/2}$ қашықтықты жүріп өтеді. Есептің шарты бойынша туристің жүрген толық жолы, $S = a + b + c = 3b$, осыдан $c = 3b - b - a = 2b - a$. Сонда $a^2 + b^2 = 4b^2 - 4ba + a^2$, $b = \frac{4}{3}a$, $c = \frac{5}{3}a$.

Туристің орманмен жүруге кеткен уақыты, $t_1 = \frac{a}{g_1}$. Қозғалыстың толық уақыты t арқылы белгілейік. Есептің шарты бойынша $t = 3t_1$. Сонда туристің орташа (жолдық) жылдамдығы

$$g_0 = \frac{a + b + c}{t} = \frac{a + \frac{4}{3}a + \frac{5}{3}a}{3t_1} = \frac{4}{3} \frac{a}{t_1} = \frac{4}{3} g_1 = \frac{4}{3} 2\text{км/ч} = 4\text{км/са}$$

Осы кезде туристің даламен жүруге кеткен уақыты, $t_2 < t - t_1 = 2t_1$.

$$t_2 = \frac{b}{g_2} \text{ болғандықтан, } g_2 = \frac{b}{t_2} = \frac{4a}{3t_2} > \frac{4a}{3 \cdot 2t_1} = \frac{2}{3}g_1 = 2 \text{ км/с}^2.$$

2. $h=44\text{м}$ биіктіктен тасты түсіріп алады. Екінші тасты дәл осы нүктеден вертикаль төмен бағытталған $v_0=15\text{м/с}$ бастапқы жылдамдықпен Δt уақыт аралығы өткен соң тастады. Егер: а) $\Delta t=1\text{с}$; б) $\Delta t=1,2\text{с}$ болса, жерге құлау мезетінде екінші тас біріншіні қуып жетіп үлгере ме?

Берілгені:

$$h=44\text{м}$$

$$v_0=15\text{м/с}$$

$$\text{а) } \Delta t=1\text{с}$$

$$\text{б) } \Delta t=1,2\text{с}$$

Шешуі:

Екі дене үшін қозғалыс теңдеуін жазамыз

$$y_1 = y_0 - \frac{gt_1^2}{2}; \quad y_2 = y_0 - v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

Мұндағы $t_2 = t_1 - \Delta t$

Соққы кезінде екі тастың координатасы бірдей болады:

$$y_1 = y_2$$

Т/к: $h_1 - ?$

Оң жақтарын теңестіреміз:

$$y_0 - \frac{gt_1^2}{2} = y_0 - v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$v_0 t_2 + \frac{gt_2^2}{2} = \frac{gt_1^2}{2}; \quad t_2 \left(v_0 + \frac{gt}{2} \right) = \frac{gt_1^2}{2}; \quad (t_1 - \Delta t) \left(v_0 + \frac{g(t_1 - \Delta t)}{2} \right) = \frac{gt_1^2}{2}$$

$$v_0(t_1 - \Delta t) + \frac{g(t_1^2 - 2t_1\Delta t + \Delta t^2)}{2} = \frac{gt_1^2}{2}; \quad 2v_0 t_1 - 2v_0 \Delta t + gt_1^2 - 2gt_1 \Delta t + g\Delta t^2 = gt_1^2$$

$$2v_0 t_1 - 2gt_1 \Delta t = 2v_0 \Delta t - g\Delta t^2; \quad t_1 = \frac{(2v_0 - g\Delta t)\Delta t}{2(v_0 - g\Delta t)}$$

Бұл уақыт бірінші тастың толық қозғалыс уақытынан аз(немесе тең) болуы керек: $t_{1\text{max}} = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 3\text{с}$

а) $\Delta t = 1\text{с}$; $t_1 \approx 1,9\text{с}$, яғни соқтығысады;

Осы жағдайда Жер бетінен соқтығысу нүктесінің биіктігі:

$$h = y_0 - y_1 = \frac{gt_1^2}{2} = 18,4\text{м}$$

б) $\Delta t = 1,2\text{с}$ кезінде $t_1 \approx 6,9\text{с}$, яғни 3с-тан үлкен. Осы кезде тастардың еркін түсуі кезінде соқтығысу болмайды.

3. Адам эскалатормен жүгіріп келеді. Ол алғашқыда $n_1=50$ баспалдақ санады, екінші рет, сол бағытта үш есе үлкен жылдамдықпен қозғала отырып $n_2=75$ баспалдақ санады. Қозғалмайтын эскалаторда ол қанша баспалдақ санар еді?

Берілгені:

$$n_1=50$$

$$n_2=75$$

$$v_2= 3v_1$$

Шешуі:

v_1 – эскалатордың жылдамдығы; l – оның ұзындығы;
 n – қозғалмайтын эскалатордағы баспалдақ саны.

Эскалатор ұзындығы бірлігіне келетін саны - $\frac{n}{l}$.

Сондықтан, егер адам эскалаторға қатысты v_1 – жылдамдықпен жүрсе, онда

n -? оның эскалатордағы уақыты $t = \frac{l}{v + v_1}$

Эскалатормен жүрген жолы $s = v_1 \frac{l}{v + v_1}$. Осы кезде адам $n_1 = \frac{v_1 l}{v + v_1} \frac{n}{l}$

баспалдақ санайды. Сәйкесінше, екінші жағдайда ол $n_2 = \frac{v_2 l}{v + v_2} \frac{n}{l}$

баспалдақ санайды, немесе $n_2 = \frac{3v_1 l}{v + 3v_1} \frac{n}{l}$

Осылайша тендеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{cases} n_1 = \frac{v_1 n}{v + v_1} \\ n_2 = \frac{3v_1 n}{v + 3v_1} \end{cases} \quad \text{немесе} \quad \begin{cases} \frac{n}{n_1} = \frac{v + v_1}{v_1} = \frac{v}{v_1} + 1 \\ \frac{n}{n_2} = \frac{v + 3v_1}{3v_1} = \frac{v}{3v_1} + 1 \end{cases}$$

Осыдан, $\frac{n}{n_1} - 1 = \frac{v}{v_1}$; $\frac{n}{n_2} - 1 = \frac{v}{3v_1}$; $\frac{n}{n_1} - 1 = 3\left(\frac{n}{n_2} - 1\right)$; $\frac{n - n_1}{n_1} = \frac{3n - 3n_2}{n_2}$;

$$\frac{n}{n_1} - 1 = \frac{3n}{n_2} - 3; \quad 2 = \frac{3n}{n_2} - \frac{n}{n_1} = n\left(\frac{3}{n_2} - \frac{1}{n_1}\right); \quad 2 = n\left(\frac{3n_1 - n_2}{n_1 n_2}\right); \quad n = \frac{2n_1 n_2}{3n_1 - n_2}.$$

Жауабы: 100 баспалдақ.

4. Автомобиль жолдың жартысын 60км/сағ жылдамдықпен, жолдың қалған бөлігінде ол уақыттың жартысын 15 км/сағ жылдамдықпен, ал қалған бөлікте 45 км/сағ жылдамдықпен қозғалды. Барлық жолдағы автомобильдің орташа жылдамдығын табыңдар. Автомобильдің жүріп өткен жолының уақытқа тәуелділік графигін тұрғызыңдар.

Шешуі: Анықтамаға сәйкес, автомобильдің толық жүрген жолының толық уақытқа қатынасымен анықталады.

$$\langle v \rangle = \frac{s}{t}.$$

Есептің шартына сәйкес, бірінші және екінші жартысы үшін алынатын қатынас,

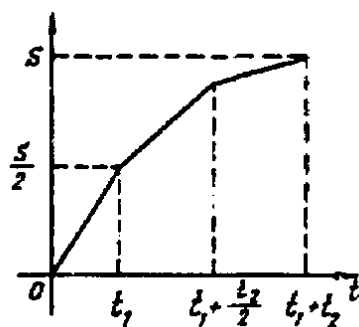
$$\frac{s}{2} = v_1 t_1,$$

$$\frac{s}{2} = v_2 \frac{t_2}{2} + v_3 \frac{t_2}{2},$$

Мұндағы, t_1 және t_2 автомобильдің жолдың бірінші және екінші жартысын жүріп өтетін уақыттары. Бұдан, $t_1 + t_2 = t$, екені белгілі. Осыдан:

$$\langle v \rangle = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{v_2 + v_3}} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{v_2 + v_3 + 2v_1} = 40 \text{ км/ч}.$$

Автомобильдің жүрген жолының уақытқа тәуелділік графигі 1.10 суретте көрсетілген.



1.10.сурет. Жолдың уақытқа тәуелділік графигі

5. Жол қиылысына жүк машинасы 10 м/с жылдамдықпен және жеңіл машина 20 м/с жылдамдықпен жақындап келеді (2 сурет). Жеңіл машинаның жүк машинасына қатысты жылдамдық модулі мен бағытын анықтаңдар.

Шешуі:

\vec{v}_{21} жеңіл машинаның жүк машинасына қатысты жылдамдығы \vec{v}_2

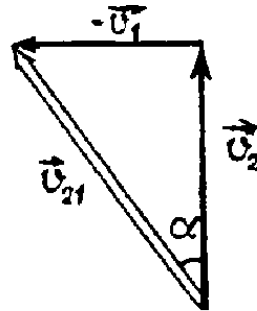
жеңіл машинаның жылдамдығынан \vec{v}_1 жүк машинасының жылдамдығын жолға қатысты азайтқанға тең:

$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1).$$

\vec{v}_{21} векторының тұрғызылуы 2 суретте көрсетілген, одан анық көрінетіні:

$$v_{21} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 22 \text{ м/с};$$

$$\alpha = \arctg \frac{v_1}{v_2} = \arctg 0,5 = 27^\circ.$$



6. Екінші денені Жерден вертикаль жоғары бірінші дененің соңынан $\tau_0 = 4 \text{ с}$ соң тура сондай, яғни бірінші дененікіндей $v_0 = 49 \text{ м/с}$ жылдамдықпен лақтырады. Екінші денені тастағаннан кейін қанша τ уақыттан соң және қандай h биіктікте денелер соқтығысады?

Шешуі:

Төменнен жоғары бағытталған Oy вертикаль осьті оң деп таңдап (0 басы екі дене үшін де лақтыру нүктесі), (1) және (2), яғни бірінші және екінші денелердің ординаталарының уақытқа тәуелді өзгеріс заңдардын жазамыз:

$$y_1(t) = v_0(t + \tau_0) - g(t + \tau_0)^2/2, \quad (1)$$

$$y_2(t) = v_0 t - g t^2/2, \quad (2)$$

Мұндағы, t екінші денені лақтыру мезетінде оны ауада табу уақыты (t мезетте біріншідененің ұшуы $t + \tau_0$ болады).

Соқтығысу мезетінде $t = \tau$ екі дененің де ординаталары бірдей:

$$y_1(\tau) = y_2(\tau),$$

немесе,

$$v_0(\tau + \tau_0) - g(\tau + \tau_0)^2/2 = v_0 \tau - g \tau^2/2,$$

осыдан,

$$\tau = v_0/g - \tau_0/2 = 3 \text{ с}.$$

Денелердің соқтығысу биіктігі,

$$h = y_2(\tau) = v_0^2/2g - g\tau_0^2/8 \approx 85 \text{ м.}$$

$$b = 360 \text{ м}$$

7. Катер өзенді қиып өтеді, өзеннің ағыс жылдамдығы 2 м/с. Катердің жүргізушісі ағысқа перпендикуляр курсты ұстап отырады. Двигатель $0,1 \text{ м/с}^2$ тұрақты үдеуді қамтамасыз етіп тұрады, катердің суға қатысты бастапқы жылдамдығы нөлге тең. Катер өзенді қанша уақыттан кейін қиып өтеді? Ол ағыспен қаншаға ығысып кетеді? Катер қарама-қарсы жағаға қандай жылдамдықпен жетеді және қандай бұрышпен?

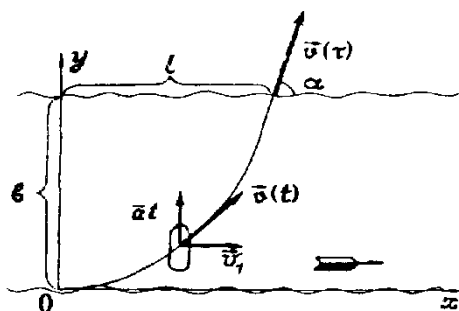
Шешуі:

Катер жағаларға қатысты мынандай жылдамдықпен орын ауыстырады:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{a}t.$$

суретте көрсетілген таңдап алынған координат осьтерінің проекцияларында катердің қозғалыс заңдары:

$$\begin{aligned} v_x &= v_1; \\ v_y &= at; \\ x &= v_1 t; \\ y &= at^2/2. \end{aligned}$$



Есептің шартынан $y=b$ катердің өзенді қиып өтетін уақытын табамыз:

$$\tau = \sqrt{2b/a} = 85 \text{ с,}$$

және ағыстың ығыстырымы:

$$l = x(\tau) = v_1 \tau = 170 \text{ м.}$$

Жағаға жақындай бастаған кездегі жылдамдығы,

$$v_y(\tau) = a \tau = \sqrt{2 b a};$$

$$v(\tau) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_1^2 + 2 b a} = 8,7 \text{ м/с.}$$

Жылдамдық пен жағаның арасындағы бұрыш,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y(\tau)}{v_x} = \frac{\sqrt{2 b a}}{v_1} = 4,2; \quad \alpha = 77^\circ.$$

ТЕСТ

1. Спортшы 400 м қашықтықты жүгіріп өтіп қайтадан мәреге оралғандағы жолы мен орын ауыстыруы

- A) 0; 0.
- B) 400 м; 400 м.
- C) 400 м; 0.
- D) 0; 400 м.
- E) 800 м; 0.

{Дұрыс жауап}= E

2. 4 м биіктіктегі терезеден лақтырылған тас үйдің қабырғасынан 3 м қашықтыққа түсті. Тастың орын ауыстыру модулі

- A) 3 м.
- B) 4 м.
- C) 5 м.
- D) 7 м.
- E) 9 м.

{Дұрыс жауап}= C

3. 49 м/с бастапқы жылдамдықпен вертикаль жоғары лақтырылған дененің

10 с кейінгі жүрген толық жолы мен орын ауыстыруы ($g = 10 \text{ м/с}^2$)

- A) 245 м; 0 м.
- B) 245 м; 245 м.
- C) 200 м; 200 м.
- D) 0 м; 0 м.
- E) 240 м; 0 м.

{Дұрыс жауап}= A

4. Еркін құлаған дененің 1 с жүрген жолы ($g = 10 \text{ м/с}^2$)

- A) 10 м.
- B) 9 м.
- C) 5 м.
- D) 1 м.
- E) 8 м.

{Дұрыс жауап}= C

5. Шеңбер бойымен қозғала отыра ұзындығы 109 км жолды автомобиль екі рет жүріп өтті. Автомобильдің жүрген жолының ұзындығы, орын ауыстырудың модулі

- A) 109 км; 0.
- B) 218 км; 0.

C) 218 км; 218 км.

D) 0; 0.

E) 109 км; 109 км.

{Дұрыс жауап}= B

6. Радиусы 30 м шеңбер ұзындығының жартысын велосипедші белгілі бір уақытта жүріп өтті. Осы уақытта жүрген жолы мен орын ауыстыруы

A) 90 м; 60 м.

B) 94,2 м; 60 м.

C) 93 м; 50 м.

D) 92 м; 30м.

E) 90 м; 30 м.

{Дұрыс жауап}= B

7. Биіктігі 4 м-ге лақтырылған тас қабырғадан 3 м қашықтыққа түссе, тастың орын ауыстыруы

A) 3 м.

B) 5 м.

C) 4 м.

D) 7 м.

E) 6 м.

{Дұрыс жауап}= B

8. Екі дененің қозғалыс теңдеулері $x_1 = 10t + 0,4t^2$ және $x_2 = -6t + 2t^2$.

Олардың кездесетін орны мен уақыты

A) 140 м; 10 с.

B) 100 м; 10 с.

C) 200 м; 10 с.

D) 200 м; 100 с.

E) 140 м; 140 с.

{Дұрыс жауап}= A

9. 2 м/с тұрақты жылдамдықпен 5 с, сонан соң 0,4 м/с² тұрақты үдеумен 5 с қозғалған катердің жүрген жолы

A) 50 м.

B) 60 м.

C) 25 м.

D) 100 м.

E) 90 м.

{Дұрыс жауап}= C

10. Жер бетінен 1 м биіктегі доп тағы 2 м вертикаль жоғары лақтырылып, жерге құлады. Доптың жолы мен орын ауыстыруы

A) 5 м; 1 м.

B) 4 м; 1,5 м.

C) 4 м; 2 м.

D) 5 м; 3 м.

E) 4 м; 2 м.

{Дұрыс жауап}= A

11. 39,2 м/с жылдамдықпен вертикаль жоғары атылған жебенің көтерілу биіктігі және 5 с кейінгі орын ауыстыруы мен жүрген жолы ($g = 10 \text{ м/с}^2$)

A) 87 м; 70 м; 83 м.

B) 87,2 м; 73 м; 83,6 м.

C) 78,4 м; 73,5 м; 83,3 м.

D) 80 м; 725 м; 80 м.

E) 85 м; 75 м; 85 м.

{Дұрыс жауап}= C

12. 5 м/с жылдақпен мұздың бетінде лақтырылған тас бастапқы нүктесінен 25 м қашықтықта тоқтады. Қозғалыстың бастапқы 2 с-ғы тастың жолы

A) 10 м.

B) 9 м.

C) 15 м.

D) 8 м.

E) 12 м.

{Дұрыс жауап}= B

13. 250 км қашықтықты 0,5 сағатта өткен ұшақтың жылдамдығы

A) 125 км/сағ.

B) 130 км/сағ.

C) 500 км/сағ.

D) 400 км/сағ.

E) 140 км/сағ.

{Дұрыс жауап}= C

14. Мотоциклшінің жылдамдығы 54 км/сағ, ал адамдікі 2 м/с болса, мотоциклшінің жылдамдығының адам жылдамдығына қатынасы

A) 7.

B) 7,5.

C) 10.

D) 15.

E) 2.

{Дұрыс жауап}= B

15. 6 м/с жылдамдықпен бірінші велосипедші жолды 3 с жүріп өтті. Сол жолды 9 с жүріп өткен екінші велосипедшінің жылдамдығы

A) 3 м/с.

B) 6 м/с.

C) 2 м/с.

D) 9 м/с.

E) 5 м/с.

{Дұрыс жауап}= C

16. Ұзындығы 200 м поезд 36 км/сағ жылдамдықпен ұзындығы 400 м көпірді жүріп өту үшін кеткен уақыт

A) 1 мин.

B) 2 мин.

C) 40 с.

D) 90 с.

E) 30 с.

{Дұрыс жауап}= A

17. Арақашықтығы 90 м А және В нүктесінен бір уақытта бір бағытта 5 м/с және 2 м/с жылдамдықпен шықса, бірінші дененің екіншіні қуып жету уақыты

A) 40 с.

B) 20 с.

C) 30 с.

D) 50 с.

E) 10 с.

{Дұрыс жауап}= C

18. Кинетикалық энергиясы, 800 м/с жылдамдықпен қозғалған массасы 10 кг зеңбірек оғының энергиясына тең, 2 т автомобильдің қозғалыс жылдамдығы

A) 57 км/сағ.

B) 57 м/с.

C) 50 км/сағ.

D) 50 м/с.

E) 20 м/с.

{Дұрыс жауап}= B

19. Ұзындығы 200 м поезд бірқалыпты 10 м/с жылдамдықпен қозғалып, ұзындығы 300 м тоннельден толық шығуына кеткен уақыт

A) 10 с.

B) 20 с.

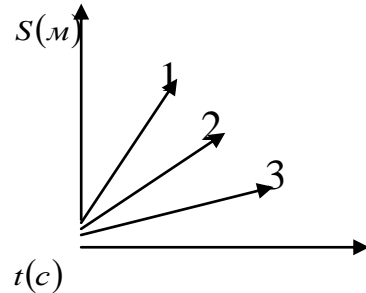
C) 30 с.

D) 40 с.

E) 50 с.

{Дұрыс жауап} = E

20. $s(t)$ графигінде жылдамдығы үлкен дене



A) 1.

B) 2.

C) 3.

D) Үшеуінің жылдамдығы бірдей.

E) 2 және 3.

{Дұрыс жауап} = A

2.1. ДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

Динамика – дене қозғалысының туғызған себептерінің (күштерден) тәуелді қозғалысын оқитын механиканың бөлімі.

Динамиканың негізгі есебі – түсірілген күш дененің бастапқы шарттары белгілі болған жағдайда дененің қозғалыс санын анықтау.

Динамиканың кері есебі – бір – бірімен өзара әсерлесу заңдарын бірқалыпты қозғалыс белгілі болған жағдайда анықтау.

Инерттілік – дененің тыныштық күйін немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын сақтау болып табылады.

Ілгермелі қозғалыс кезінде дененің инерттілігінің массасы табылады. Денелердің қасиеттерінің мөлшері болып гравитациялық масса болып табылады.

Эквиваленттілік принципіне сәйкес гравитациялық және инерциялық массасы бір-біріне тең.

Эквиваленттілік принципі эксперименттік факторларды жалпылау болып табылады.

Масса m – денелердің инерциялық және гравитациялық қасиеттерінің сандық мөлшері болып табылады.

Масса – скаляр шама. Жарықтың вакуумдағы жылдамдығына, көп күш жылдамдығына, қозғалыс жылдамдығына масса жылдамдыққа тәуелді емес.

Масса – адиктивті шама. Дененің массасы оның барлық құрамдас бөлшектердің массаларының қосындысына тең. ($m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$).

2.1.1. Ньютон заңдары

Ньютонның бірінші заңы (инерция заңы): кез-келген дене тыныштық күйінде немесе түзу сызықты қозғалыс күйінде күштің әсерінен осы күйден шыққанға дейін сақтайтын санақ жүйелерінде өмір сүреді.

Ньютонның бірінші заңында қозғалатын санақ жүйесі инерциялық санақ жүйесі деп аталады.

Ньютонның бірінші заңының физикалық мәні инерциялық санақ жүйесінде өмір сүретіндігін тұжырымдау. Белгілі бір инерциялық санақ жүйесіне қатысты түзу сызық бірқалыпты қозғалатын белгілі бір инерциялық жүйеде инерциялық болып табылады.

Ньютонаң бірінші заңына қатысты орындалмайтын санақ жүйесі инерциялық емес санақ жүйесі деп аталады.

Инерциялық санақ жүйесі инерциялық емес санақ жүйесіне қатысты белгілі бір үдеумен қозғалады.

Ньютонаң екінші заңы (динамиканың негізгі заңы): дене қозғалатын үдеу оған әсер ететін барлық күштердің тең әсерлік күшіне тура пропорционал, онымен бағыты бойынша сәйкес келеді, ал массасына кері пропорционал:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (1.2.3)$$

Ньютонаң екінші заңын мына түрде тұжырымдауға болады: белгілі бір Δt уақытындағы импульсі осы уақыттағы тең әсерлі күшінің импульсі болады.

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t = m \vec{v} - m \vec{v}_0 = \vec{F} \Delta t. \quad (1.2.4)$$

Ньютонаң екінші заңы динамиканың негізгі есебін шығаруға мүмкіндік береді. Сондықтан оны ілгермелі қозғалыс динамикасының негізгі теңдеуі деп аталады.

Ньютонаң екінші заңын тек инерциялық санақ жүйесінде орындалады.

Ньютонаң үшінші заңы: екі дене бір-бірімен әсер ететін күштер модулі бойынша тең және бағыттары бойынша қарама-қарсы және бір түзудің бойымен бағытталған:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (1.2.5)$$

Ньютонаң үшінші заңы инерциялық санақ жүйесінде орындалады. Денелердің өзара әсерлесу күші бірдей табиғатқа ие болады.

2.1.2. Серпімділік күші

Деформация – сыртқы күштердің әсерінен денелердің формасының өз өлшемдерінің өзгерісі. Деформация серпімді деп аталады. Егер денеге әсер ететін күш тоқтағаннан кейін дененің бастапқы формасы мен өлшемдерін сақтайтын болса және бұл жүзеге аспайтын болса деформация пластикалық (серпімді емес) деп аталады [8. Б. 22].

Дененің бөлшектерінің ығысу сипатына байланысты дененің бір-біріне қатысты бөлшектердің сипатына қатысты деформация созылу, бұрылу, майысу деформациялар деп бөлінеді.

Деформация біртекті деп аталады егер дененің барлық элементтері бірдей деформация қатарынан болса. Біртекті деформациялануға созылу, сығылу және ығысу деформациялары жатады. Ал біртекті емес деформацияға майысу және бұралу деформациясы жатады.

Гук заңы (серпімді созылу және сығылу) серпімділік деформация үшін дене деформация негізінде пайда болатын серпімділік күші абсолют шамаға тура пропорциональ

$$F_{\text{серп}} = k\Delta l, \quad (1.2.6)$$

Мұндағы k – қатаңдық коэффициенті

$\Delta l = |l - l_0|$ – абсолют ұзару (абсолют деформация).

Ньютонның үшінші заңына сәйкесті серпімділік күш модулі бойынша тең сыртқы күшке қатысты және сыртқы күшінің бағыты бойынша қарама-қарсы.

Денені деформациялайтын сыртқы күштің бағыты бойынша түсірілген

$$(\vec{F}_{\text{серп}} = -\vec{F}) \quad (1.2.7)$$

Қатаңдық коэффициенті дененің пішіні мен өлшеміне тәуелді.

ХБЖ қатаңдық коэффициентінің өлшем бірлігі $[k] = 1 \text{ Н/м}$

Гук заңын мына түрде жазуға болады:

$$\frac{F_{\text{серп}}}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0}, \text{ немесе } \sigma = E\varepsilon, \quad (1.2.8)$$

Мұндағы S - дененің көлденең қимасының ауданы;

$\sigma = \frac{F_{\text{серп}}}{S}$ механикалық кернеу;

$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ – салыстырмалы ұзару (салыстырмалы деформация)

E – юнг модулі

Юнг модулі заттың сыйымдылығына сипаттамалары болып табылады.

ХБЖ юнг модулінің өлшем бірлігі $[E] = 1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$.

Қатаңдық коэффициенті мынаған тең $k = E \frac{S}{l_0}$.

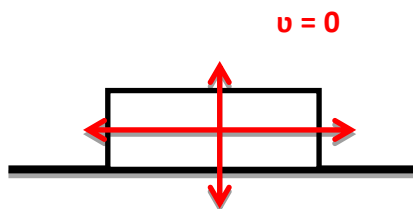
2.1.3. Үйкеліс күші

Бір дене екінші денеге қатысты орын ауыстырған кезде үйкеліс пайда болады. Үйкелісті сыртқы (құрғақ) және ішкі (тұтқыр) үйкелістерге бөледі. Құрғақ үйкеліс беттесетін қатты денелердің араларында май қабаты болмағанда өзара әсерлесу кезінде пайда болатын үйкеліс.

Тұтқыр үйкеліс сұйықтар немесе газдардағы қозғалыс кезінде пайдаланатын үйкеліс.

Денеге күш жұмсаған кезде ол тыныштық күйде болса тыныштық үйкеліс күші пайда болады.

Тыныштық үйкеліс күшінің шамасы мен бағытын түсіру күштің бағыты мен шамасына тәуелді. Тыныштық үйкеліс күші нөлден $F_{\text{үйк0}}$ максимал мәнге дейін өзгереді.



2.1.сурет. Үйкеліс күші.

Тыныштық үйкелістің максимал күші мына өрнекпен анықталады

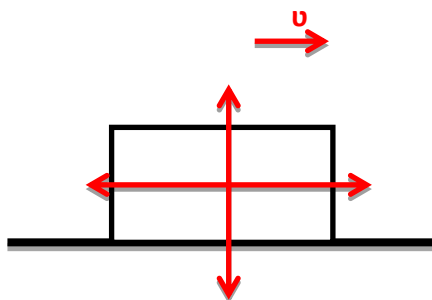
$$F_{\text{үйк0}} = \mu_0 N. \quad (1.2.9)$$

Мұндағы μ_0 - тыныштықтағы үйкеліс коэффициенті

N - реакция күші

Тыныштықтағы үйкеліс күші әруақытта беттесетін екі денелердің беттері бойынша бағытталады. Дене түсірілген күшке қарама-қарсы әрекет етеді. Тыныштықтағы үйкеліс коэффициенттері беттесетін екі денелердің материалына және күйіне (өңделген дәрежесіне) тәуелді.

Егер түсірілген күш тыныштықтағы үйкелістің максимал күшінен артық болса онда дене екінші дененің беті бойынша сырғанап бастайды. Бұл жағдайда сырғанаудың үйкеліс коэффициенті болып табылады.



2.2.сурет. Сырғанау үйкеліс коэффициенті.

Сырғанаудың үйкеліс күші әр уақытта жылдамдық векторына қарама-қарсы және мына өрнекпен өрнектеледі

$$F_{\text{үйк.с}} = \mu_c \frac{N}{R}. \quad (1.2.10)$$

Мұндағы μ_c - сырғанау үйкеліс коэффициенті
 R - нормаль реакция күші

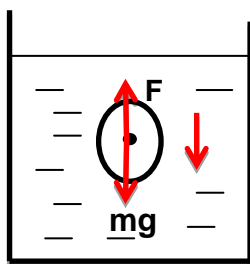
Сырғанау үйкеліс күші беттесетін екі денелердің материалына, күйіне сонымен қатар олардың салыстырмалы қозғалыстарына тәуелді. Азғантай жылдамдықта сырғанау үйкеліс коэффициенті тұрақты деп есептеуге болады.

Бір дененің екінші денеге беті бойынша дөңгеленген кезде қозғалысқа кедергі күш пайда болады. Оны дөңгелек үйкеліс күші деп атайды. Сырғанамай дөңгелеген кезде үйкеліс күші дөңгелеу үйкеліс күші мынаған тең:

$$F_{\text{үйк.с}} = \mu_d \frac{N}{R}. \quad (1.2.11)$$

Мұндағы μ_d - дөңгелек үйкеліс коэффициенті
 R – дөңгелейтін денелердің радиусы

Сұйық және газ тәріздес орталдарда дене қызған кезде пайда болатын қозғалыста үйкеліс күші пайда болады және оны тұтқыр үйкеліс күші деп атайды.



2.3. сурет. Тұтқырлық үйкеліс күші.

Азғантай жылдамдықтарда бұл күш мына өрнекпен анықталады

$$\vec{F}_{\text{үйк}} = -\mu_T \vec{v} \quad (1.2.12)$$

Мұндағы μ_T - тұтқырлық үйкеліс коэффициенті

Тұтқырлық үйкеліс коэффициенті қозғалатын дененің формасына және өлшеміне сұйықтың немесе газдың тегіне, күйіне тәуелді

2.1.4. Бүкіл әлемнің тартылыс күші

Бүкіл әлемнің тартылыс заңы – кез-келген екі материалдық нүктелердің массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал, олардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (1.2.13)$$

Мұндағы m_1 және m_2 – материалдық нүктенің массалары

r - олардың бір-бірінен арақашықтығы

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитациялық тұрақты.

Жазылған түрде бүкіл әлемдік тартылыс заңы сферал формасындағы біртекті денелер үшін орындалады. Бұл жағдайда r - ды денелердің центрлері арасындағы қашықтық.

Тартылыс күші – әр уақытта тартылыс күштері болып табылады және өзара әсерлесетін денелер арқылы өтетін түзудің бойымен бағытталады. Тартылыс күштері өзара әсерлесетін денелердің қандай ортада орындалғандығына тәуелсіз. Гравитациялық өзара әсерлесу денелердің арасында гравитациялық өріспен жүзеге асады.

Жер бетіне жақын орналасқан кез-келген денеге тартылыс күші әсер етеді. Бұл күш жермен байланысты санақ жүйесінде ауырлық күші деп аталады.

$$F = mg, \quad (1.2.14)$$

Мұндағы g - еркін түсу үдеуі

Егер жердің айналысын ескермесек ауырлық күшінің элементтерін, тартылыс күшін пайдаланып анықтауға болады

$$F = mg = G \frac{mM_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}}+h)^2}, \quad (1.2.15)$$

Мұндағы $M_{\text{ж}}$ – жердің массасы

$R_{\text{ж}}$ - жердің радиусы

h - жер бетінен биіктік

Бұл жағдайда еркін түсу үдеуі h биіктіктен тәуелді және мына қатынас бойынша анықталады

$$g = G \frac{M_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}}+h)^2}. \quad (1.2.16)$$

Егер жерден $h \ll R_{\text{ж}}$ ($R_{\text{ж}} \approx 6370\text{км}$) болса, онда еркін түсу үдеуі мынаған тең болады

$$g_0 = G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}^2} = 9,8\text{м/с}^2. \quad (1.2.17)$$

Дененің салмағы P – дененің салмағы жердің тартылыс салдарынан дененің тірекке немесе ілгішке әсер ететін күші

Салмақ күші тірекке немесе ілгішке түсірілген салмақ күші шама жағынан тең, ал тіректің немесе ілгіштің реакция күшімен таңбасы бойынша қарама-қарсы.

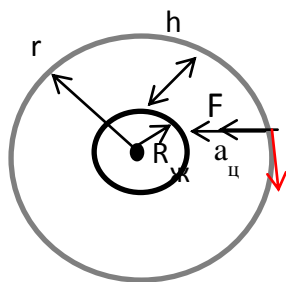
Дененің салмағы жалпы жағдайда ауырлық күшіне тең немесе $P=0$ онда дене салмақсыз күйде орналасқан деп аталады.

Салмақсыздық күйі тек қана тартылыс күшінің әсерінен қозғалатын кез-келкен жүйеде байқалады.

2.1.5. Жердің жасанды серігінің қозғалысы

Жердің жасанды серіктері болып жерді айнала траекториясы дөңгелек немесе эллипс болып қозғалатын денелерді айтады. Жасанды серік центрге тартқыш үдеу беретін ауырлық күштің әсерінен болады.

Радиусы дөңгелек $r = R_{\text{ж}} + h$ орбита бойымен Жердің жасанды серігінің қозғалысы.



2.4. сурет. Жердің жасанды серігінің қозғалысы.

Ньютонның екінші заңына сай формула

$$ma_y = F \Rightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM_{\text{ж}}}{r^2};$$

$$m \frac{v^2}{R_{\text{ж}} + h} = G \frac{mM_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}} + h)^2};$$

$$v^2 = G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}} + h};$$

$$v = \sqrt{G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}} + h}}.$$

Жер серігінің жылдамдығы

$$v = \sqrt{G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}} + h}} = \sqrt{\frac{g_0 R_{\text{ж}}^2}{R_{\text{ж}} + h}} \quad (1.2.18)$$

Мұндағы $g_0 = G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}^2} = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Серіктің бұрыштық жылдамдығы

$$\omega = \frac{v}{R_{\text{ж}}+h} = \sqrt{G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}+h}} = \sqrt{\frac{g_0 R_{\text{ж}}^2}{R_{\text{ж}}+h}}. \quad (1.2.19)$$

Серіктің айналу периоды

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{(R_{\text{ж}}+h)^3}{GM_{\text{ж}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{(R_{\text{ж}}+h)^3}{g_0 R_{\text{ж}}^2}}. \quad (1.2.20)$$

Серіктің айналу жиілігі

$$n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{G \frac{M_{\text{ж}}}{(R_{\text{ж}}+h)^3}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g_0 R_{\text{ж}}^2}{(R_{\text{ж}}+h)^3}}. \quad (1.2.21)$$

Бірінші ғарыштық жылдамдығы планетадағы жасанды серігі болып есептелетін оның бетіне жақын жағдайда денеге берілетін жылдамдық. Жер үшін бірінші ғарыштық жылдамдық (жуықтап алынған $h \ll R_{\text{ж}}$):

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}}} = \sqrt{g R_{\text{ж}}} = \sqrt{9,81 \cdot 6370 \cdot 10^3} = 7,9 \text{ км/с}. \quad (1.2.21)$$

Ғарыштық жылдамдықтар — жасанды денелердің (жерден) бастапқы ұшу жылдамдығы: біріншісі — **7,9** километр/сек., екіншісі — **11,2** километр/сек., үшіншісі — **16,7** километр/сек. Жердің тартылыс күшін теңестіріп, ракетаның жер орбитасын айналып жүруі үшін оған жер бетінде бастапқы жылдамдық беру керек. Ол — 7,9 километр/сек. (шеңбер жылдамдығы). Ракетаның ұшу биіктігі артқан сайын айнарудың бастапқы жылдамдығы кемиді (200 километр ұшу биіктігінде — 7,9 километр/сек-ке дейін, 1000 километр биікте — 7,3 километр/сек-ке дейін). Өйткені жердің тартылыс күші азаяды. Жер бетіндегі бастапқы жылдамдықты 7,9-дан 11,2 километр/сек-ке дейін арттырса, ракета эллипс тәрізді орбитада ұшады, оның бір бүйірі жердің орталығында болады. Жылдамдық шеңбер жылдамдығынан артқан сайын, эллипс соғұрлым созылыңқы болады. Жер бетіндегі жылдамдық 11,2 километр/секундке жеткенде, ракета жердің тартылыс күшін жеңіп,

жасанды планетаға айналады. Жер бетіндегі бастапқы жылдамдығы 16,7 километр/секундке жетсе, ракета Жердің де Күннің де тарту күшін жеңіп, күн жүйесінің шеңберінен шығады.

2.1.6. Механиканың сақталу заңдары

Механикалық жүйе – күштердің әсерінен бір-бірімен өзара әсерлесетін денелердің жиынтығы.

Ішкі күштер – механикалық жүйелердің денелер арасындағы өзара әсерлесу күші.

Сыртқы күштер – жүйеге енбейтін денелердің тарапынан механикалық жүйедегі денелерге әсер ететін күштер.

Жүйе тұйықталған деп аталады егер оған сыртқы күштер әсер етпесе (немесе олардың әсері комбинацияға байланысты болса)

2.1.7. Импульстің сақталу заңы

Механикалық жүйенің импульсі – жүйе жасайтын денелердің импульсінің векторларының қосындысы.

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n \quad (1.3.1)$$

Импульстің сақталу заңы – денелердің тұйық жүйесінде жүзеге асатын кез-келген өзара әсерлесуде жүйе импульсі өзгермейді.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n = const. \quad (1.3.2)$$

Импульстің сақталу заңы табиғаттың түбегейлі заңы болып табылады.

2.1.8. Жұмыс

Жұмыс A – скалярлық физикалық шама және ол күш модулі орын ауыстыруға күш векторымен және орын ауыстыру векторымен бұрыштық косинусның көбейтіндісіне сан жағынан тең шама

$$A = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha. \quad (1.3.3)$$

ХБЖ жұмыстың өлшем бірлігі $[A] = 1 \text{ Дж}$

2.1.9. Кинетикалық энергия

Кинетикалық энергия K – қозғалыспен салыстырғаннан пайда болатын дененің энергиясы

$$K = \frac{mv^2}{2}, \quad (1.3.4)$$

Мұндағы m - денелердің массасы

v - денелердің жылдамдығы

Денелердің кинетикалық энергиясы санақ жүйесінен таңдап алудан тәуелді.

ХБЖ кинетикалық өлшем бірлігі $[K] = 1\text{Дж}$

Кинетикалық энергияның өзгерісі жөніндегі теорема: дененің кинетикалық энергия өзгерісі, осы өзгерісті туғызған күштердің жұмысына тең:

$$K_2 - K_1 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = A. \quad (1.3.5)$$

2.1.10. Потенциалдық энергия

Потенциалдық энергия Π дегеніміз өзара әсерлесетін денелердің энергиясы.

Күшті консервативті (потенциалдық) деп аталады, егер бұл күштің жұмысы праекция формасына тәуелді болса және тек қана бастапқы және ақырғы орнына тәуелді болса.

Консервативті күштің жұмысы кері таңбамен алынған потенциалдық энергияның өзгерісіне тең болады.

$$A = -(\Pi_2 - \Pi_1). \quad (1.3.6)$$

Консервативті күштің тұйық контур бойынша жұмысы әр уақытта нөлге тең. Жер бетінен биіктікке көтерілген дененің потенциалдық энергиясы.

$$\Pi = mgh \quad (1.3.7)$$

Мұндағы h – нөлден есептелінетін биіктік (потенциалдық энергия нөл деп есептелетін) деңгейі.

Серпимді деформацияланатын дененің потенциалдық энергиясы:

$$П = \frac{k(\Delta l)^2}{2}, \quad (1.3.8)$$

Мұндағы k – қатаңдық коэффициенті

Δl – дененің абсолют деформациясы (абсолют ұзару)

ХБЖ потенциалдық энергияның өлшем бірлігі $[П] = 1 \text{ Дж}$

2.1.11. Толық механикалық энергия

Толық механикалық энергия E дегеніміз дененің кинетикалық және потенциалдық энергияларының (жүйенің) қосындысы

$$E = K + П \quad (1.3.9)$$

Денеге ауырлық және серпимділік күштер әсер етсе, онда мұндай дененің толық механикалық энергиясы мына өрнекпен анықталады:

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh + \frac{k(\Delta l)^2}{2}. \quad (1.3.10)$$

ХБЖ механикалық энергияның өлшем бірлігі $[E] = 1 \text{ Дж}$

2.1.12. Толық механикалық энергияның сақталу заңы

Егер жүйедегі денеде тек қана консервативті күштер әсер етсе (ауырлық күштер, серпінділік, электростатикалық), онда толық механикалық энергия уақыт өтуімен өзгеріссіз қалады [11. Б. 33].

$$E_1 = E_2 = \text{const немесе } K_1 + П_1 = K_2 + П_2 = \text{const}. \quad (1.3.11)$$

Толық механикалық энергияның өзгеріс заңы егер жүйедегі денеге консервативті күш консервативсіз күштер (үйкеліс, кедергі) әсер етсе онда толық механикалық энергия консервативті күштердің жұмысына тең болады.

$$E_2 - E_1 = A_{\text{к-сіз}} \quad \text{немесе } (E_2 + П_2) - (E_1 + П_1) = A_{\text{к-сіз}}$$

$$(1.3.12)$$

Толық механиканың сақталу өзгерісі энергияның жалпылама сақталу және алмасу заңдарының дербес жағдайлары болып табылады.

2.1.13. Қуат

Жұмыстың шапшандығын сипаттайтын шама қуат деп аталады.

Орташа қуат P дегеніміз жұмыстың жүзеге асатын уақыт аралық қатынасымен есептелетін скалярлық физикалық шама

$$\langle P \rangle = \frac{A}{t}. \quad (1.3.13)$$

Егер денеге тұрақты F күш әсер етсе онда орташа қуат мынаған тең:

$$\langle P \rangle = F \langle v \rangle \cos \alpha, \quad (1.3.14)$$

Мұндағы $\langle v \rangle$ - дененің орташа жылдамдығы

α - күштің және дененің жылдамдықтарының бағыттары (векторлары) арасындағы бұрыш

Лездік қуат P дегеніміз берілген уақыт моментіндегі қуат

$$P = F \cdot v \cdot \cos \alpha, \quad (1.3.15)$$

Мұндағы v - дененің лездік жылдамдығы модулі

α - күштің және дененің (жылдамдық векторы) бағыттары арасындағы бұрыш

ХБЖ қуаттың бірлігі $\langle P \rangle = 1$ Вт (ватт).

2.1.14. Пайдалы әсер коэффициенті

Әрбір қондырғы (машина) оған берілетін тиімді пайдалы көрсететін шамамен сипатталады, бұл шама пайдалы әсер коэффициенті деп аталады.

Пайдалы әсер коэффициенті дегеніміз пайдалы жұмыс жасаған машинаның белгілі уақытта жасаған барлық жұмсалған жұмыстың қатынасына тең шама.

$$\eta = \frac{A_{\text{пай}}}{A_{\text{тол}}} \cdot 100\%;$$

немесе

$$\eta = \frac{A_{\text{пай}}}{E} \cdot 100\%. \quad (1.3.16)$$

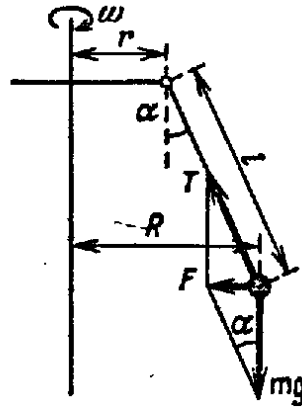
Пайдалы әсер коэффициенті деп пайдалы қуаттың, жұмсалған қуаттың қатынастарын айтады.

$$\eta = \frac{P_{\text{пай}}}{P_{\text{тол}}} \cdot 100\%.(1.3.17)$$

Нақты машиналарда үйкеліс күштері немесе кедергі күштеріне қарсы жұмысқа жұмсалған энергиялық шама болады. Сондықтан нақты қондырғылардың (машиналардың) әр уақытта күші бірдей.

ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

1. Айналымды дискіде, вертикальға α бұрышпен орнатылған аспа бекітілген. Ілу нүктесінен айналу осіне дейінгі r қашықтық және аспадағы жіптің L ұзындығы берілген. ω бұрыштық айналу жылдамдығын анықтаңдар.



Шешуі:

Аспа, mg ауырлық күші мен жіптің T керілу күшінің теңәрекеттесісі центрге тартқыш күшті береді: $F = m\omega^2 R$. күшті үшбұрыштан қарсы жатқан катеттің іргелес жатқан катетке қатынасы арқылы тауып аламыз. суретте көрініп тұрғандай үлкен үшбұрыштан $R = r + L\sin\alpha$. осылайша,

$$\omega^2 = \frac{gtg\alpha}{r + L\sin\alpha}, \quad \omega = \sqrt{\frac{gtg\alpha}{r + L\sin\alpha}}$$

2. Кішкене білеушені горизонтпен $\alpha=60^\circ$ бұрыш жасай орналасқан көлбеу жазықтықпен жоғары қарай жібереді. Үйкеліс коэффициенті $0,8$. Білеушенің жоғары қарай t_1 көтерілу уақытының оның бастапқы нүктеге дейін t_2 сырғанау уақытына қатынасын анықтаңдар.

Шешуі:

a_1 - білеушенің жоғары көтерілгендегі үдеуін, ал a_2 - төмен түскендегі үдеуі.

Білеушенің көтерілу кезіндегі жылдамдығы: $v(t) = v_0 - a_1 t$. Сондықтан көтерілу уақыты $v(t_1) = 0$ шартынан табылады, яғни $t_1 = v_0/a_1$. Осы кезде білеушенің осы уақытта жүріп өткен жолы $l = v_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$. Білеуше түскен кезде бастапқы

жылдамдықсыз қозғала бастайды, сондықтан оның бастапқы нүктеге дейінгі түсуін оның қозғалыс теңдеуінен шығады: $l = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$.

Осыдан $\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}}$ білеушенің жоғары және төмен қозғалысы үшін үдеудің шамасын Ньютонның екінші заңынан оңай табуға болады. Екінші заңның теңдеуін x осінде проекциялап, табамыз: жоғары қозғалған кезде: $a_1 = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$. Төмен қарай қозғалған кезде $a_2 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$. Нәтижесінде $\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}} \approx 0.61$

3. Автомобиль еңіс (склон) жолмен жоғары қарай 6 м/с жылдамдықпен қозғалады және дәл сол жолмен 9 м/с жылдамдықпен түседі. Осы жолдың горизонталь бөлігімен осы автомобиль қандай жылдамдықпен қозғалар еді? Двигательдің қуаты барлық уақытта өзгеріссіз қалады. Ауа кедергісін ескермеуге болады.

Шешуі:

Жолдың аз бұрыштық көлбеулігінде үйкеліс күші $F_{\text{үйк}} = \mu mg \cos\alpha \approx \mu mg$, яғни горизонталь жолдағы сияқты. Көтерілгендегі тарту күші $F_T = F_{\text{үйк}} + mg \sin\alpha$, ал түскен кезде $F_T = F_{\text{үйк}} - mg \sin\alpha$, ал жолдың горизонталь бөлігінде тарту күші үйкеліс күшіне тең. Двигательдің қуаты $N = mgv_1(\mu + \sin\alpha) = mgv_2(\mu - \sin\alpha) = \mu mgv$. Осыдан $N/v_1 + N/v_2 = 2N/v$ және осылайша $v = \frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$.

жауабы 7,2 м/с

4. Массалары m_1 және m_2 екі теміржол вагоны бір жаққа қарай v_1 және v_2 жылдамдықтармен баяу қозғалып барады. Вагондар соқтығысады, және буферлерінің серіппесі оларды тартатыны соншалық, соққыны серпімді деп есептеуге болады. Серіппелердің серпімді деформациясының максимал энергиясы қандай?

Шешуі:

Серіппелерді ең үлкен сығу кезінде екі вагонның да жылдамдықтары бірдей v , және оны импульстің сақталу заңынан шығарып алуға болады:

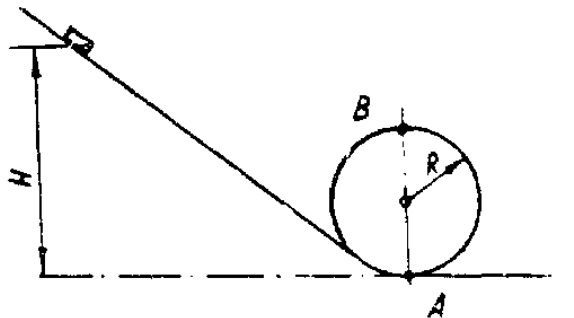
$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Энергияның сақталу заңына сәйкес : $W + \frac{(m_1+m_2)v^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$, осыдан

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

5. Массасы 0,1 кг дене үйкеліссіз радиусы R цилиндрлік бетке өтетін көлбеу жазықтықтың бойымен сырғайды. Дене $H = 3R$ биіктіктен сырғанағанда, А және В нүктелеріндегі жағдайлар үшін дененің бетке түсіретін F_A және F_B қысым күштерін анықтаңдар (4 сурет).

Шешуі:



Дененің А және В нүктелерінде орналасқан жағдайларындағы уақыт мезеті үшін

Ньютонның екінші заңы бойынша теңдеу:

$$m v_1^2 / R = N_1 - mg; \quad (1)$$

$$m v_2^2 / R = N_2 + mg, \quad (2)$$

Мұндағы N_1 және N_2 денеге әер ететін цилиндрлік беттің нормаль реакция күштері. А және В нүктелеріндегі дененің кинетикалық энергиялары:

$$E_{к1} = \frac{m v_1^2}{2} = 3 mg R;$$

$$E_{к2} = \frac{m v_2^2}{2} = 3 mg R - 2 mg R = mg R.$$

Осыдан жылдамдық квадраттарын табамыз:

$$v_1^2 = 6 g R; \quad v_2^2 = 2 g R.$$

Осы өрнектерді (1) және (2) теңдеулерге қойып, алатынымыз:

$$N_1 = mg(v_1^2/gR + 1) = 7 mg;$$

$$N_2 = mg(v_2^2/gR - 1) = mg.$$

Ньютонның үшінші заңы бойынша,

$$F_A = N_1 = 7 mg = 6,8 \text{ Н};$$

$$F_B = N_2 = mg = 0,98 \text{ Н}.$$

6. Горизонталь жазықтықта тыныш жатқан массасы m денеге беттің бойымен бағытталған F тұрақты күш әсер ете бастайды. Күштің әсер ету уақыты t . Жазық бетпен дененің үйкеліс коэффициенті μ -ге тең. Қозғалыс уақыты ішінде дене қандай жолды жүріп өтеді?

Белгілеу енгіземіз: L -ізделінді жол, l - күш әсер еткеннен кейінгі жүрілген жол, v - оталу(разгон) алғаннан кейінгі жылдамдығы, a - оталу кезіндегі үдеуі. Кинематика теңдеулерінен: $L = l + \frac{at^2}{2}$, $v = at$.

Ньютонның екінші заңы бойынша $ma = F - \mu mg$.

Кинетикалық энергия үйкеліс күштерге қарсы жұмыс істеуге шығындалады:

$$\mu mgl = \frac{mv^2}{2}; \quad L = \frac{F}{2\mu mg} \left(\frac{F}{m} - \mu g \right) t^2$$

7. Екі пластилин шарик массалары m_1 және m_2 , бір-біріне қарама-қарсы v_1 және v_2 жылдамдықтармен ұшып келіп, серпімсіз соқтығысады. Бөлінген жылудың мөлшерін анықтаңдар.

Шешуі:

Импульстің сақталу заңын негізге ала отырып:

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$ және энергияның сақталу заңына негізделе отырып:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2} + Q$$

Солға қарай бағытты оң деп санап, алатынымыз:

$$\begin{cases} -m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v; \\ \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2} + Q \end{cases}$$

Алынған теңдеулер жүйесінен v жылдамдықты шығарып аламыз:

$$v = \frac{m_2v_2 - m_1v_1}{m_1 + m_2}; \quad \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot (m_2v_2 - m_1v_1)^2}{2(m_1 + m_2)^2} + Q;$$

$$Q = \frac{m_1m_2v_1^2 + m_1m_2v_2^2 + 2m_1m_2 \cdot v_1v_2}{2(m_1 + m_2)} = \frac{m_1m_2(v_1^2 + 2v_1v_2 + v_2^2)}{2(m_1 + m_2)} = \frac{m_1m_2(v_1 + v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}.$$

$$\text{Жауабы: } Q = \frac{m_1m_2(v_1 + v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}.$$

8. Иіндері l_1 және l_2 таразының оң жақтағы табағында массасы m тас жатыр. Дәл осындай тас бастапқы жылдамдықсыз h_1 биіктіктен таразының сол жақтағы табағына құлайды. Егер соққы серпімді болса, ал таразылар қатты және олардың массасын ескермесек, онда оң жақтағы тас қандай биіктікке көтеріледі?

Шешуі:

Соққыға дейінгі еркін түсу кезінде сол жақтағы тас v_1 жылдамдыққа ие болады, оны энергияның сақталу заңынан табуға болады:

$$mgh_1 = \frac{mv_1^2}{2}$$

Соққы процесі кезінде сол жақтағы тастың кинетикалық энергиясы өзгереді және мынаған тең болады:

$$E_1 = \frac{m\tilde{v}_1^2}{2}, \quad \text{мұндағы } v_1 - \text{ сол жақтағы тастың соққыдан кейінгі}$$

жылдамдығы. Оң жақтағы тас соққыдан кейін $E_2 = \frac{m\tilde{v}_2^2}{2}$ кинетикалық энергияға ие болады.

Соққы процесі кезінде толық энергия өзгермейді, сондықтан

$$mgh_1 = \frac{m\tilde{v}_1^2}{2} + \frac{m\tilde{v}_2^2}{2} \quad (1)$$

Соққыдан кейін оң жақтағы тастың жылдамдығы нәтижесінде ол h_2 биіктікке көтеріледі: $mgh_2 = \frac{m\tilde{v}_2^2}{2}$ (2)

$$\text{Сол жақтағы тастың импульсінің өзгерісі} \quad mv_1 - m\tilde{v}_1 = F_1T \quad (3)$$

$$\text{Оң жақтағы тастың импульсінің өзгерісі} \quad m\tilde{v}_2 = F_2T \quad (4)$$

Таразыларға әсер ететін күш моменттерінің қосындысы нөлге тең және таразы массалары ескермейтіндей аз болғандықтан:

$$F_1l_1 = F_2l_2 \quad (5)$$

(3)-(5) теңдіктерден алатынымыз:

$$\tilde{v}_1 = v_1 - \frac{l_2}{l_1} \tilde{v}_2 \quad (6)$$

(1), (2) және (6) қатынастардан оң жақтағы тастың көтерілу биіктігін анықтаймыз:

$$h_2 = \frac{4l_1^2 l_2^2}{(l_1^2 + l_2^2)^2} h_1$$

9. Массасы m тас горизонтқа бұрыш жасай лақтырылған және лақтыру орнынан S қашықтықта құлады, Тастың жеткен максимал биіктігі H тең. Ауа кедергісін ескермей лақтыру жұмысын анықтандар.

Лақтыру кезінде тасқа энергия беруші F күш әсер етеді.

Ұшу кезінде тасқа ауырлық күші әсер етті.

Сонда лақтыру жұмысы тастың кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысына тең болады:

$$A = \frac{mv^2}{2} + mgH$$

Тастың горизонталь жылдамдығы тұрақты және $v = \frac{S}{t}$, t - тастың барлық ұшу уақыты.

Тастың көтерілу немесе түсу уақытын мына формуладан табамыз.

$$H = \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Лақтыру жұмысы:

$$A = \frac{m\left(\frac{S}{t}\right)^2}{2} + mgH = \frac{mS^2}{2t^2} + mgH = \frac{mS^2}{2\left(2\sqrt{\frac{2H}{g}}\right)^2} + mgH = \frac{mS^2}{2 \cdot 4 \cdot \frac{2H}{g}} + mgH = mg\left(\frac{S^2}{16H} + H\right);$$

Жауабы: $A = mg\left(\frac{S^2}{16H} + H\right);$

ТЕСТ

1. Күш әсер еткендегі дененің қозғалысы

A) бірқалыпты.

B) үдемелі.

C) айналмалы.

D) жылдамдықпен, баяу.

E) жылдамдығы өзгеріссіз, тез.

{Дұрыс жауап} = B

2. Массасы 60 кг жүргізуші 200 см/с² үдеумен қозғалған автомобиль орындығының арқасын қысатын күші

A) 12 кН

B) 0,12 кН

C) 120 кН

D) 30 кН

E) 3,3 кН

{Дұрыс жауап} = B

3. Массасы 1 кг денені Жер бетінен 3 м/с² үдеумен жоғары көтеру үшін жұмсалатын күш ($g = 10 \text{ м/с}^2$).

A) 10 Н

B) 13 Н

C) 7 Н

D) 30 Н

E) 33 Н

{Дұрыс жауап} = B

4. Бір нүктеге түсірілген екі күштің арасындағы бұрыш 90°, теңәсерлі күштің модулі 5 Н, ал $F_1 = 3 \text{ Н}$ болса, F_2 мәні

A) 3 Н

B) 4 Н

C) 5 Н

D) 8 Н

E) 2 Н

{Дұрыс жауап} = B

5. 4Н күштің әсерінен 0,5 м/с² үдеу алған дененің массасы

A) 2 кг

B) 8 кг

C) 0,4 кг

D) 20 кг

E) 40 кг

{Дұрыс жауап} = B

5. Массасы 8 кг дене $0,5 \text{ м/с}^2$ үдеу алғандағы әсер күші

- A) 40 Н
- B) 4 Н
- C) 400 Н
- D) 20 Н
- E) 200 Н

{Дұрыс жауап} = B

6. Бір нүктеге түсірілген $F_1=3\text{Н}$ және $F_2=5\text{Н}$ күші векторлары арасындағы бұрыш 180^0 . Осы күштердің теңәсерлі күші

- A) 8 Н
- B) 2 Н
- C) 6 Н
- D) 5 Н
- E) 3 Н

{Дұрыс жауап} = B

7. Бірқалыпты қозғалыстағы денеге әсер ететін күштерге теңәсерлі күш

- A) $F= ma$
- B) $F= 0$
- C) $F= \frac{m\mathcal{G}}{t}$
- D) $F= ma$
- E) $F= \frac{ms}{t}$

{Дұрыс жауап} = B

8. Күштің әсерінен еркін дененің қозғалысы

- A) бірқалыпты.
- B) үдеумен.
- C) бірқалыпсыз.
- D) бірқалыпты, үдеумен.
- E) кемімелі.

{Дұрыс жауап} = B

9. Күштің өлшем бірлігі

- A) $\frac{c^2}{\text{кг} \cdot \text{м}}$
- B) $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
- C) $\text{кг} \cdot \text{м/с}$
- D) $\text{кг} \cdot \text{м}$
- E) $\frac{\text{кг}^2 \cdot \text{м}^2}{c^2}$

{Дұрыс жауап} = В

10. 0,78 Н күштің әсерінен 1 м/с^2 үдеумен қозғалған көлемі 100 см^3 дененің тығыздығы

- A) $7,8 \text{ кг/м}^3$
- B) 7800 кг/м^3
- C) $0,0078 \text{ кг/м}^3$
- D) 780 кг/м^3
- E) $0,078 \text{ кг/м}^3$

{Дұрыс жауап} = В

11. 12Н күштің әсерінен 10 м қашықтықта 8 м/с бастапқы жылдамдықпен қозғалып келе жатқан, массасы 5кг дененің соңғы жылдамдығы

- A) 13 м/с
- B) 10,6 м/с
- C) 14 м/с
- D) 15 м/с
- E) 14,5 м/с

{Дұрыс жауап} = В

12. Массасы 5 кг денегі қарама-қарсы бағытта F_1 және F_2 күштер әсер етеді. Егер күштер $F_1=12 \text{ Н}$ және $F_2=8 \text{ Н}$ болса, дененің алатын үдеуі және қозғалыс бағыты

- A) $4 \text{ м/с}^2 F_1$ бағытымен
- B) $0,8 \text{ м/с}^2 F_1$ бағытымен
- C) $0,8 \text{ м/с}^2 F_2$ бағытымен
- D) $4 \text{ м/с}^2 F_2$ бағытымен
- E) $20 \text{ м/с}^2 F_1$ бағытымен

{Дұрыс жауап} = В

13. Жылжымайтын екі блок арқылы жіптің ұштарына массалары $m=5 \text{ кг}$ бірдей екі жүк ілінген. Блоктардың арасына, тепе-теңдік кезіндегі бұрыш 120° болу үшін жіпке ілінген жүктің массасы

- A) 10 кг
- B) 5 кг
- C) 14,2 кг
- D) 7,5 кг
- E) 7,1 кг

{Дұрыс жауап} = В

14. $a = 3g$ үдеумен тік жоғары көтерілген зымырандағы массасы 10 кг дененің салмағы ($g = 10 \frac{M}{c^2}$)

- A) 300 Н
- B) 400 Н
- C) 500 Н
- D) 200 Н
- E) 100 Н

{Дұрыс жауап} = В

15. Төмен $0,8 \text{ м/с}^2$ үдеумен қозғалатын лифт еденіне массасы 70 кг адамның түсіретін күші ($g = 10 \frac{M}{c^2}$)

- A) 360 Н
- B) 644 Н
- C) 600 Н
- D) 740 Н
- E) 0 Н

{ Дұрыс жауап} = В

16. Жерді айнала қозғалған автоматты станциядағы динамометрдің көрсетуі

- A) 10Н
- B) 0 Н
- C) 9,8 Н
- D) 13 Н
- E) 6 Н

{Дұрыс жауап} = В

17. Тастың салмағы 2 есе арту үшін қажетті үдеу

- A) $a = 2g$
- B) $a = g$
- C) $a = \frac{g}{2}$
- D) $a = 0$
- E) $a = 3g$

{Дұрыс жауап} = В

18. Тастың салмағы 2 есе кему үшін қажетті үдеу

- A) $a = 2g$
- B) $a = \frac{g}{2}$
- C) $a = g$
- D) $a = 0$

Е) $a = \frac{3g}{4}$

{Дұрыс жауап} = В

19. Жер бетінен тік жоғары 20 м/с^2 үдеумен көтерілген ғарыш зымыранының ішіндегі массасы 80 кг ғарышкердің салмағы $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

А) 24 кН

В) $2,4 \text{ кН}$

С) $0,24 \text{ кН}$

Д) 240 Н

Е) $2,4 \text{ Н}$

{Дұрыс жауап} = В

20. Жылдамдығын 1 с ішінде 10 м/с -тан 50 м/с -қа арттырған парашютшінің асқын салмағы

А) $2P$

В) $5P$

С) $0P$

Д) $40P$

Е) $4P$

{Дұрыс жауап} = В

Статика – теңдік шарты қарастыратын механиканың тарауы.

Дененің тепе-теңдіңгі дегеніміз қосымша әсерсіз сақталатын дененің қалпы. Тепе-теңдік орнықты-орнықсыз және безберекетті орындалады. (денені тепе-теңдік қалпыннан және денеге әсер ететін тең әсерлі күштер)

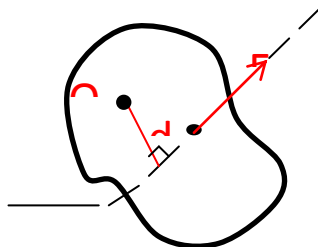
Дененің орын ауыстыру өзгермесе онда тепе-теңдік безберекетті болады.

3.1. Статика элементтері

3.1.1. Күш моменті

Егер дене қозғалмайтын өстен айнала алатын болса онда оның қозғалысын немесе оның тепе-теңдігін сақтау үшін күш моменті ұғымы енгізіледі. О нүктесінен қатысты M күшті моментті деп, F күштің d иіндіке көбейтіндісін айтады

$$M = Fd. \quad (1.4.1)$$



2.5.сурет. Күш моменті.

Айналыс центрінен күштің әсерінен сызығына дейін қысқаша қашықтық.

Күш әсерінің сызығы дегеніз бойымен күш әселесетін сызық.

Дененің сағат тілі бойынша айналып шығатын күш моментін оң деп, ал сағат тіліне қарама-қарсы туған күш моменттерін теріс деп аталады.

ХБЖ күш моментінің өлшем бірлігі $[M] = 1\text{Н} \cdot \text{м}$.

3.1.2. Ілгермелі қозғала алатын дене

Ілгермелі қозғала алатын дененің тепе-теңдік шарты. Дене тепе-теңдік қалыпта оған әсер ететін барлық күштердің векторлық қосындысы нөлге тең болса

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0. \quad (1.4.2)$$

3.1.3. Қозғалмайтын өске қатысты айналыстағы дененің тепе-теңдік шарты

Айналыстан туатын өске ие дене осы өске қатысты денеге әсер ететін барлық күштердің алгебралық қосындысы нөлге тең болады, тепе-теңдік күйде орналасады.

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0. \quad (1.4.3)$$

Тепе-теңдік шартын қолданып денені сағат тілі бойынша айналдыратын күш моменттері «+» таңбамен алынады, ал сағат тіліне қарама-қарсы болса «-» таңбасымен алынады.

3.1.4. Ілгермелі және айналымды қозғалатын алатын дененің тепе-теңдік шарты

Егер дене ілгермелі қозғала алса және айнала алса онда оның тепе-теңдік үшін бір мезгілде мына шарттары орындалу қажет

$$\begin{aligned} \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n &= 0; \\ M_1 + M_2 + \dots + M_n &= 0 \end{aligned} \quad (1.4.4)$$

3.1.5. Ауырлық центрі. Массалар центрі

Ауырлық центрі - денеге әсер ететін және ауырлық күші түсірген, елестетілген нүктені айтады.

Дененің массалар центрі деп орны дененің массаларын үлестірілу сипаты және координатасы мына өрнекпен анықтайтын елестетілген С нүктесін айтады.

$$x_c = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (1.4.5)$$

Мұнда m_1, m_2, \dots, m_n және x_1, x_2, \dots, x_n - дененің бөліктерінің сәйкестік массалары және координатталары.

Егер массалар центрі мен ауырлық центрі сәйкес келетін болса онда ауырлық өрісін біртекті деп есептеуге болады.

3.1.6. Қарапайым механизмдер

Қарапайым механизмдер деп механика немесе энергия көзінің пайдасыз жұмыс жасауға мүмкіндік беретін қондырғыны айтады. Оларға рычаг, көлбеу жазықтық және басқалары жатады. Олардың көмегімен күш модулін (рычаг, көлбеу жазықтық, қозғалыстағы блок) және күштің бағытын (блок) өзгертуге болады [12. Б. 40].

3.1.7. Рычаг

Рычаг – айналыс өсіне қатысты оны айналдыратын күш түсірілген айналыс өсіне Е дені айтады. Рычаг аз күшпен көп күшті теңестіруге мүмкіндік жасайды. Рычагта бірінші және екінші текті деп бөлінеді.

Егер тірек түсірілетін күштердің түсірілім нүктенің арасында орналасса онда рычагті бірінші текті деп аталады. Егер күштер тіректің бір жағында орналасса онда екінші тіректі рычаг деп аталады.

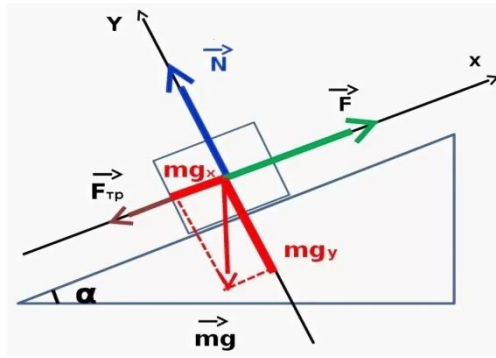
Рычагтың тепе-теңдік шарты боп оған түсірілген күш моменттерінің $M_1 = F_1 d_1$ және $M_2 = F_2 d_2$ мәндерінің тепе-теңдігі табылады

$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \quad (1.5.1)$$

Мұнадағы d_1 және d_2 , F_1 және F_2 күштерінің сәйкесті иіндері

3.1.8. Көлбеу жазықтық

Көлбеу жазықтық жүкті белгілі бір биіктікке көтеру үшін қолданылады. Көлбеу жазықтықтың ұзындығы l биіктігі h қанша есе көп болса сонша есе күштен ұтыс береді.



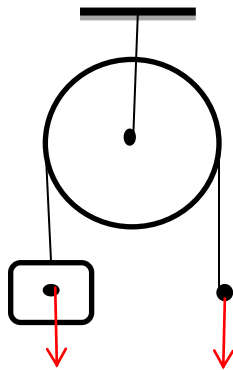
2.6.сурет. Көлбеу жазықтық.

$$\eta = \frac{1}{1 + \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (1.5.2)$$

Мұндағы μ – үйкеліс коэффициенті.
 α – жазықтықтың горизонтқа көлбеу бұрыш.

3.1.9. Блок

Жылжымайтын блок – қозғалмайтын өске бекітілген кішкентай дөңгелек. Қозғалмайтын блок күштің бағытын өзгертеді.



2.7. сурет. Жылжымайтын блок.

Жарық шамасын өзгерте алмайды. Қозғалатын блок жағдайында жүкті бір қалыпты көтеру үшін қажетті күш (үйкелісті ескерусіз) оның ауырлық күшінен екі есе аз.

3.1.10. Механиканың алтын ережесі

Қарапайым механизмнің көмегімен жұмысты ұтуға болмайды. Күшті қанша есе ұтсақ, сонша есе қашықтықтан ұтыламыз.

3.1.11. Қысым

Қысым P – ауданы S бетке перпендикуляр әсер ететін F күшінің қатынасы сан жағына тең скаляр физикалық шаманы айтады.

$$P = \frac{F}{S}. \quad (1.6.1)$$

ХБЖ қысымның өлшем бірлігі $[P] = 1\text{Па}$ (паскаль).

Қысым мына қатынаспен анықталады

$$F = pS. \quad (1.6.2)$$

3.1.12. Гидростатикалық қысым

Гидростатикалық қысым – сұйықтың ішінде орналасқан ауданшаға әсер ететін және сұйықтың ауырлық күшіне негізделген қысымды айтады

$$p = \rho gh, \quad (1.6.3)$$

Мұндағы ρ - сұйықтың тығыздығы

g - еркін түсу үдеуі

h - ауданшаның үстінде орналасқан сұйықтың бағанының биіктігі

Гидростатикалық қысым тек қана сұйықтың тегіне және ауданшаның үстіндегі сұйық бағанның биіктігіне тәуелді болады.

Берілген h тереңдіктегі гидростатикалық қысым ауданшаның бағдарына тәуелсіз.

Ыдыстың түбіне түсірілетін гидростатикалық қысым мынаған тең

$$p_T = \rho gh, \quad (1.6.4)$$

Мұндағы h – ыдыстағы сұйықтың деңгейінің биіктігі
Ыдыстың түбіне түсірілетін гидростатикалық қысым күші
мынаған тең

$$F_T = \rho gh S_T, \quad (1.6.5)$$

Мұндағы S_T – ыдыстың түбінің ауданы
Сұйықтың ыдыстың бүйір қабырғасына түсіретін
гидростатикалық қысымы

$$F_G = \frac{\rho gh}{2}, \quad (1.6.6)$$

Мұндағы h – ыдыстағы сұйықтың деңгейінің биіктігі
Ыдыстың бүйір бетіне түсіретін гидростатикалық қысым күші
мына формулаға тең

$$F_G = \frac{1}{2} \rho gh S_G, \quad (1.6.7)$$

Мұндағы S_G - ыдыстың бүйір бетінің ауданы

3.1.13. Паскаль заңы

Паскаль заңы: сұйықтар мен газдар оған түсіретін қысымды
олардың бағыттары бойынша сұйықтың немесе газдың кез-келген
нүктесіне өзгеріс тасмалдайды.

Паскаль заңына сәйкес сұйығы бар ыдыстағы h тереңдіктегі қысым
сыртқы атмосфералық қысым мен гидростатикалық қысымның
қосындысына тең болады.

$$p = p_{\text{атм}} + \rho gh. \quad (1.6.8)$$

3.1.14. Қатынас ыдыстар

Өзінің төменгі бөліктерімен қосылған ыдыстарды қатынас
ыдыстар деп аталады. Егер қатынас ыдыстарда біртекті сұйық
орналасса онда олардың деңгейлері бірдей болады ($h_1 = h_2$).

Біртекті қатынас ыдыстарға біртекті сұйық біртекті деңгей
ыдыстарының формасына тәуелсіз.

Егер қатынас ыдыстарға екі әр текті араласпайтын,
тығыздықтары $\rho_1 \neq \rho_2$ сұйық құйылса тығыздығы үлкен сұйық

төменге түседі және тығыздығы аз сұйықты ығыстырып шығарады. Тепе-теңдік шарты кезінде таңдап алынған дене АВ деңгейіндегі екі бағанадағы электростатикалық қысым бірдей болады, яғни мына формула

$$\rho_1 g h_1 + p_{\text{атм}} = \rho_2 g h_2 + p_{\text{атм}};$$

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2;$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}. \quad (1.6.9)$$

3.1.15. Гидростатикалық пресс

Гидростатикалық пресс дегеніміз сұйықпен толтырылған (сумен немесе маймен) аудандары әр түрлі поршендермен жабылған екі цилиндрлік қатынас ыдыстар.

Гидростатикалық пресстің әсер ету принципі Паскаль заңына және сұйықтың сығылмайтын қасиетіне негізделген.

Паскаль заңы бойынша сыртқы күштің көлденең қимасы S_1 поршынға туғызатын F_1 күші шамасы өзгеріссіз көлденең қимасы S_2 поршынға беріледі

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}. \quad (1.6.10)$$

Екінші поршынның F_2 күші бірінші поршынның қысымынан, екінші ауданшаның бірінші поршынның ауданынан неше есе көп екендігіне тәуелді.

Сұйықтың сығылмайтын қасиетінен бірінші поршынның ығыстырып шығаратын сұйықтың V_1 көлемі екі поршынның астындағы V_2 көлеміне тең болады:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow h_1 S_1 = h_2 S_2 \Rightarrow h_2 = h_1 \frac{S_1}{S_2}. \quad (1.6.11)$$

Гидростатикалық пресс күштен ұтыс бермейді. Күштен қанша есе ұтса, қашықтықтан сонша есе ұтыламыз.

Гидростатикалық машиналар жүкті көтеру үшін домкраттарда тежелу жүйелерінде және басқа жағдайда пайдаланылады.

3.1.16. Атмосфералық қысым

Атмосфералық қысым – атмосферада орналасқан ауаның ауырлық күштердің салдарынан болады. Теңіз деңгейінде атмосфералық қысым мынаған тең $p_{\text{атм}} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Биіктігі h артқан сайын ауаның тығыздығы және оған сәйкесті ауаның қысымы азаяды.

Қысымды жүйесіз өлшем бірліктермен өлшейді атмосферамен ($1 \text{ атм} \cong 10^5 \text{ Па}$) немесе миллиметр сынап бағанасымен ($1 \text{ мм сын. бағ} \cong 133 \text{ Па}$)

3.1.17. Архимед заңы

Сұйықтың (немесе газдың) қысымның биіктігіне тәуелді сұйыққа (немесе газға) батырылған кез-келген денеге әсер ететін кері итеруші күштер пайда болады. Кері итеруші күш Архимед күші деп аталады.

Архимед заңы сұйыққа (немесе газға) батырылған денеге осы денені ығыстыратын сұйықтың немесе газдың ауырлық күшіне тең кері итеруші күш әсер етеді.

$$F_{\text{ы}} = \rho_c g V_6, \quad (1.6.12)$$

Мұндағы ρ_c – сұйықтың тығыздығы
 V_6 - дененің батырылған бөлігінің көлемі

3.1.18. Дененің жүзу шарты

Сұйықта (немесе газда) орналасқан қозғалмайтын денелерге екі қарама-қарсы күштер әсер етеді: mg ауырлық күші және F_A архимед күші.

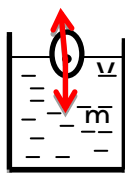
1) Егер $F_A < mg$ дене батып кетеді.

2) Егер $F_A = mg$, онда дене сұйықтың (немесе газдың) көлемінің кез-келген орнында қозғалмайтын болып қалады.

Бұл жағдайда тепе-теңдік бейберекетсіз шарты байқалады.

3) Егер $F_A > mg$ онда балқып шығады.

Дене балқуы – қалқыған дене беттен біргелкі шығып тұрады. Сондықтан дененің батқан бөлігі азаяды, яғни Сондықтан Архимед күші азаяды.



2.8.сурет. Дененің жүзу шарты.

Қалқып шыққан дененің қозғалысы мына шарт орындалған кезде тоқтайды.

$$mg = F_A \Rightarrow mg = \rho_c g V_6, \quad (1.6.13)$$

Мұндағы V_6 - дененің батқан бөлігінің көлемі

Бұл шарт ауа шарлары үшін және державлдар үшін дұрыс орындалады.

3.1.19. Гидродинамиканың элементтері

Сұйықтардың қозғалысы ағыс деп аталады. Қозғалыстағы қозғалатын сұйықтың бөлшектерінің жиынтығы ағын деп аталады. Сығылмайтын сұйық үшін үзіліссіздік теңдеуі сығылмайтын сұйықтың ағыс жылдамдығынан тоқты түгінің көлденең қимасының көбейтіндісі берілген ток түтігішінің тұрақты шама.

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = const. \quad (1.7.1)$$

Бернулли теңдеуі

Идея сығылмайтын сұйықтың орныққан ағыс үшін мына теңдеу орындалады

$$\frac{pv^2}{2} + \rho gh + p = const, \quad (1.7.2)$$

Мұндағы ρgh - гидростатикалық қысым

$\frac{pv^2}{2}$ - динамикалық қысым

p - статистикалық қысым

Энергетикалық тұрғыдан p қысым сұйықтың бірлік көлемінде үстінен жасалатын сыртқы күштердің жұмысы орындалады ρgh және $\frac{pv^2}{2}$ осы көлемде орналасқан сұйықтың потенциалдық және кинетикалық энергиясы болып табылады.

ТЕСТ

1. Рычаг иіндері $\ell_1 = 60$ см, $\ell_2 = 240$ см. Осы рычагтың көмегімен массасы $m = 240$ кг тасты көтеру үшін үлкен иіндікке түсірілген күш ($g = 10$ Н/кг)

A) 0,2 кН.

B) 0,3 кН.

C) 0,6кН.

D) 0,8 кН.

E) 0,75 кН.

{Дұрысжауап} = C

2. Жүктерді теңестіру үшін, рычагтың А нүктесіне түсірілген күш. ($g = 10$ Н/кг)

B		A
5 кг	0	F

A) 25 Н.

B) 50 Н.

C) 100 Н.

D) 150 Н.

E) 250 Н.

{Дұрысжауап} = C

3. Рычаг тепе теңдік күйде тұр (сурет). Егер рычагтың қысқа иінінің ұзындығы

20 см болса, онда оның жалпы ұзындығы. ($g = 10$ Н/кг)



A) 40 см.

B) 60 см.

C) 30 см.

D) 50 см.

E) 70 см.

{Дұрыс жауап} = A

4. Рычаг тепе теңдік күйде болу үшін, рычагтың сол жақ шетіне түсіретін күш.

($g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$)

A 0

F 10 кг

- A) 100 Н.
- B) 50 Н.
- C) 25 Н.
- D) 150 Н.
- E) 10 Н.

{Дұрысжауап} = B

5. Рычаг тепе теңдік күйде тұр. Егер $F_1 = 12$ Н болса, рычагтың А нүктесіне түсірілген күш.

A 0 B

F_1

- A) 4 Н.
- B) 6 Н.
- C) 24 Н.
- D) 36 Н.
- E) 72 Н.

{Дұрысжауап} = C

6. Қоғалмайтын блок күштен ұтыс бермейді, ал жұмыстан

- A) ұтыс та, ұтылыс та бермейді.
- B) 2 есе ұтыс береді.
- C) 4 есе ұтыс береді.
- D) 2 есе ұтылыс береді.
- E) 4 есе ұтылыс береді.

{Дұрыс жауап} = A

7. Көлбеу жазықтық күштен 3 есе ұтыс береді. Осы көлбеу жазықтық қашықтықта

- A) 3 есе ұтылыс береді.
- B) 3 есе ұтыс береді.
- C) ұтыс та, ұтылыс да бермейді.
- D) ұтыс пен ұтылыс қозғалыс жылдамдығына тәуелді.
- E) 1,5 есе ұтыс береді.

{Дұрыс жауап} = A

8. Рычаг күштен 3 есе ұтыс береді. Осы рычаг ара қашықтықта.

- A) 3 есе ұтыс береді.
- B) 3 есе ұтылыс береді.

С) ұтыс та, ұтылым да бермейді.

Д) ұтыс пен ұтылым қозғалыс жылдамдығына тәуелді.

Е) 1,5 есе ұтыс береді.

{Дұрыс жауап} = В

9. Рычагтың ара қашықтықтан беретін ұтылысын анықта, мұнда: $AO = 0,5$ м, $OB = 1,5$ м.

А) 3.

В) $\frac{1}{3}$.

С) 2.

Д) 4.

Е) $\frac{1}{4}$.

{Дұрыс жауап} = А

10. Момент күші

А) бірлік уақыт ішіндегі жұмыс.

В) күштің орын ауыстыруға көбейтіндісі.

С) күштің иінге көбейтіндісі.

Д) күштің жылдамдыққа көбейтіндісі.

Е) дене импульсі.

{Дұрыс жауап} = С

11. Момент күшін анықтайтын формула

А) $M = F \cdot d$

В) $M = \frac{A}{t}$

С) $M = \frac{F}{d}$

Д) $M = Fv$

Е) $M = mv$

{Дұрыс жауап} = А

12. Момент күшінің өлшем бірлігі

А) 1 Н·м

В) 1 Н·м²

С) 1 Н·кг

Д) 1 Н·с

Е) 1 Н·кг

{Дұрыс жауап} = А

13. Иін мен күштің әсер ету бағытының арасындағы бұрыш

А) 45°

- B) 30°
- C) 60°
- D) 90°
- E) 180°

{Дұрыс жауап}=D

14. Иіктіктің кіші иіні -5 см, үлкен иіні - 30 см. Кіші иініне 12 Н күш әсер етеді. Иіктікті тепе-теңдікте ұстау үшін үлкен иінге түсірілген күш

- A) 1 Н
- B) 4 Н
- C) 5 Н
- D) 0,5 Н
- E) 2 Н

{Дұрыс жауап}=E

15. Иіктіктің үлкен иіні 20см, кіші иіні 5 см. Үлкен иініне 10 Н күш әсер етті. Иіктікті тепе-теңдікте ұстау үшін кіші иініне түсірілген күш

- A) 10 Н
- B) 40 Н
- C) 50 Н
- D) 100 Н
- E) 200 Н

{Дұрыс жауап}=B

16. Тістегіш пен шегені жұлғанда, тістегіштің айналу осінен шегеге дейінгі арақашықтығы 2 см, қол түсіретін күштің нүктеге дейінгі қашықтығы 16 см. Егер қол тістегішті 200Н күшпен қысса, шегеге әсер ететін күш

- A) 10 кН
- B) 400 Н
- C) 1,6 кН
- D) 2 кН
- E) 200Н

{Дұрыс жауап}=C

17. Иіндіктің кіші иініне 300 Н күш, үлкеніне 20 Н күш әсер етті. Кіші иінінің ұзындығы 5см болса , үлкен иінінің ұзындығы

- A) 25 см
- B) 55 см
- C) 75 см
- D) 85 см

Е) 45 см

{Дұрыс жауап}=С

18. Иіндік ұштарына 2Н және 18 Н күштер әсер етеді. Иіндік ұзындығы 1м. Егер иіндік тепе-теңдікте болса, онда оның тіреу нүктесінің орналасуы

А) 18 Н күштен 10 см қашықтықта.

В) 18 Н күштен 90 см қаштықта.

С) 18 Н күштен 20 см қаштықта.

Д) 18 Н күштен 80 см қаштықта.

Е) 18 Н күштен 40 см қаштықта.

{Дұрыс жауап}=А

19. Иіндік ұштарына 40 Н және 240 Н күштер әсер етеді, тіреу нүктесінен кіші күшіне дейінгі арақашықтығы 6 см. Егер иіндік тепе-теңдікте тұрса, онда оның ұзындығы

А) 2 см

В) 3 см

С) 7 см

Д) 8 см

Е) 5 см

{Дұрыс жауап}=С

20. Жай механизм дегеніміз

А) ПӘК арттыратын құралдар.

В) күштерді түрлендіруге пайдаланатын құралдар.

С) күш түрлендіріп, қозғалыс бағытын өзгертетін құралдар.

Д) күштің бағыттын өзгертуге пайдаланатын құралдар.

Е) қуатты өндіруге арналған құралдар.

{Дұрыс жауап}=С

МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА

4.1. Молекулалық физика және термодинамика

4.1.1. Молекулалы –кинетикалық теорияның негіздері

1. Кез келген дене көптеген ерекшеленген ұсақ бөлшектерден - атомдардан, молекулалардан, иондардан тұрады.

2. бұл бөлшектер ретсіз және бейберекет қозғалыста болады.

3. Барлық бөлшектер бір-бірімен өзара әсерлесу күштері – тартылу және тебілу күштері арқылы өзара әрекеттеседі.

4.1.2. Идеал газ

Идеал газ – бұл молекулалардың көлемі мен оның арасындағы өзара әрекеттесу күштері ескерілмеген нақты газдың моделі.

! Идеал газдар төменгі температурасы (кезінде атмосфералық қысымда) аз және жоғары температурадағы өзінің қасиеті идеал газға жуық. Идеал газдың молекулалы –кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v^2 = \frac{2}{3} n E_k = \frac{2 E_k}{3V}.$$

Мұндағы

$n = \frac{N}{V}$ - молекулалардың концентрациясы (бірлік көлеміндегі молекулалардың саны)

m_0 – газдың бір молекула массасы;

$v_{кв}$ – газдың бір молекуласының хаастық ілгермелі қозғалысының орташа квадраттық жылдамдығы;

$E_k = \frac{m_0 v_{кв}^2}{2}$ – газдың бір молекула ілгермелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы;

E_k – барлық газ молекуласының хаастық қозғалысының энергиясы.

! Идеал газдың кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі газдың микроскопиялық параметрлері (қысым) және микроскопиялық (молекуланың ілгермелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы) параметрлерге байланыстырады.

4.1.3. Менделеев –Клапейрон теңдеуі

Менделеев –Клапейрон теңдеуі:

$$pV = \frac{m}{M} RT = \nu RT.$$

мұнда $\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$ – зат саны (газдың мольның саны)

m - газ массасы

M - молярлық масса

N - газ молекулаларының саны

! Клапейрон- Менделеев теңдеуі газ күйінің параметрлерін(масса, қысым, көлем және температура) байланыстырады және сондықтан газ күйінің теңдеуі деп аталады.

Клапейрон- Менделеев теңдеуінен идеал газдың тығыздығы мынаған тең

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}.$$

4.1.4. Абсолюттік температура

Абсолюттік температура T -оқшауланған жүйенің термодинамикалық тепе-теңдік жағдайындағы молекулаларының (атомдарының) қозғалысының оның тепе-теңдік жағдайындағы қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы мөлшері.

Идеал газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}},$$

мұнда $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К. - Больцман тұрақтысы;

$R = k N_A = 8.31$ Дж/(кмоль•К) - универсал газ тұрақтысы;

$N_A = 6.62 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ Авогадро тұрақтысы;

$m_0 = \frac{M}{N_A}$ - газдың бір молекуласының массасы;

M - газдың молярлық масса;

T – газдағы абсолют температура.

Орташа кинетикалық энергия идеал газ молекуласының хоастық қозғалысы

$$E_k = \frac{m_0 v_{\text{KB}}^2}{2} = \frac{3}{2} RT.$$

! Абсолюттік температура T (температура Кельвин шкаласы бойынша) Цельсий шкаласына қатысты температура $T = (t + 273)$ К мұнда t - температура Целсий шкаласы бойынша.

Идеал газдан молекулалық –кинетикалық теориясының негізгі теңдеуінен ($p = \frac{2}{3} n E_k$) идеал газдың орташа кинетикалық энергиясы үшін өрнегі ($E_k = \frac{2}{3} RT$) теңдеулерің қысым үшін формула алуға болады.

Егер идеалды газ массасы ($m = \text{const}$) өзгермесе, онда Клапейрон теңдеуі үшін кез келген екі тепе-теңдік күйі үшін орындалады.

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} = \text{const}.$$

4.1.5. Дальтон заңы

Дальтон заңы: тепе-теңдік күйіндегі газ қоспасының p қысымы осы қоспаны құрайтын газдардың парциялық қысымының қосындысына тең болады.

Парциялық қысым дегеніміз –барлық көлемді тек өзі қамтитын газдың қысымы.

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

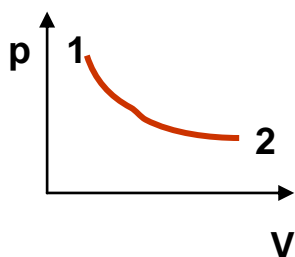
4.1.6. Изопроцестер

Үш процесте біреуі өзгермейтін тұрақты массасы ($m = \text{const}$), бар газда процестерді (p, V, T) *изопроцестер* деп атайды.

Осы процестерді сипайттайтын теңдеу үш параметрінің Клапейрон немесе Клапейрон-Менделеев теңдеуінен алынады. Изотермалық процесс ($T = \text{const}, m = \text{const}$):

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{const}$$

Бойль – Мариотт заңы



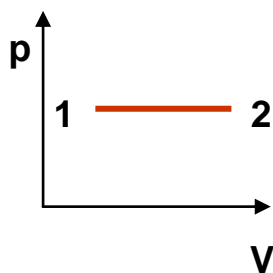
$$PV = \text{const.}$$

Изотерма ($T_1 < T_2$)

Изобаралық процесс ($p = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_1 V_1 = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const}$$

немесе - Гей-Люссак заңы.



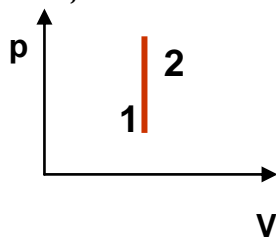
$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

Изобара ($p_1 < p_2$)

Изохоралық процесс ($V = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \text{const}$$

немесе - Шарль заңы.



$$\frac{p}{T} = \text{const.}$$

Изохора ($V_1 < V_2$)

4.1.7. Термодинамика негіздері

Термодинамика – энергияның түрленуіне қатысты жалпы заңдарға негізделген жылулық процесстер туралы ғылым. Бұл заңдар молекулалық құрылымдарына байланыссыз барлық денелер үшін орындалады.

Ішкі энергия туралы түсінік. Термодинамикадағы жұмыс

Ішкі энергия туралы түсінік. Макроденелерд механикалық энергиямен қатар, өздерінің іштеріне тұйықталған энергияға ие. Ол – ішкі энергия. Ол барлық энергетикалық түрленулердің балансына кіреді. Механикалық жұмыс жасамай-ақ денелерді қыздырғанда, олардың ішкі энергиясы ұлғаяды. Ішкі энергияның механикалық энергияға айналуының кері процесі болатыны сөзсіз. Молекулалық-кинетикалық теория көзқарасынан макроскопиялық дененің ішкі энергиясы барлық молекулалардың ретсіз қозғалыстарының кинетикалық энергиялары мен олардың бір-бірімен өзара әсерінің потенциалдық энергияларының қосындысына тең.

Термодинамикадағы жұмыс. Термодинамикада қозғалыстағы ортаның аз бөлшектерінің бір-біріне қатысты орын ауыстыруы ғана қарастырылады. Нәтижесінде дене көлемі, оның ішкі энергиясы өзгереді. Дене жылдамдығы тұтасымен алғанда нөлге тең болып қалады. Жұмыс классикалық механикадағы сияқты анықталады, бірақ ол дененің кинетикалық энергиясының өзгеруіне емес, оның ішкі энергиясының өзгеруіне тең болады. Мысалы, газдардың сығылуы кезінде поршень өзінің механикалық энергиясының бір бөлігін газдарға бергендіктен, молекулалардың кинетикалық энергиясы ұлғаяды, газ қызады. Керісінше, егер газ ұлғайса, онда алыстаған поршеньмен соқтығысқаннан кейін молекулалардың жылдамдығы азайып, газ суиды.

4.1.8. Термодинамиканың бірінші заңы

Термодинамиканың бірінші заңы Жүйенің қоршаған денелерден алатын Q жылуы мөлшері ішкі энергияның өзгерісіне U және (сыртқы денелерден) жұмыс жасауына кетеді:

Термодинамиканың заңының тұжырымдамасы: жүйенің ішкі энергиясын ΔU Жүйенің сырқы ортадан қабылдаған Q жылуы және жұмыс A тең

$$(\Delta U = Q - A)$$

!Термодинамиканың бірінші заңы- Бұл термиялық процестер маңызды рөл атқаратын жүйелерге энергияны сақтау және трансформациялаудың жалпыға бірдей заңы болып табылады.

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

4.1.9. Ішкі энергия

Жүйенің ішкі энергиясы- U микробөлшектерінің (молекулалар, атомдар, электрондар, ядролар) кинетикалық энергиясы және өзара әсерлесудің потенциалдық энергиясы.

Жалпы жағдайда жүйенің ішкі энергиясы оның параметрлері бойынша анықталады:

Температура T және көлемі V . Дененің ішкі энергиясын өзгерту (жүйе) екі әртүрлі процестедің *жылу алмасу және механикалық жұмыс* нәтижесінде жүзеге асады.

Ішкі энергияны жұмыссыз жұмыс істемей, бір денеден екіншісіне ауыстыру үдерісі жылу беру деп аталады.

! Сыртқы денелердің жылу алмасу кезінде жүйеге беретін энергия мөлшемі *жылу мөлшері* деп аталады Q .

Жүйе Q жылуды беру жүйенің макроскопиялық орын ауыстыруымен байланысады. Жылу алмасу кезінде ішкі энергия өзгерісі қызған дененің ішкі молекулаларының соқтығысу кезінде азырақ қызған дененің молекулаларына өзінің кинетикалық энергиясын бөлігін беруі.

Жылу алмасудың үш түрі бар: *жылу өткізгіштік, конвекция, сәулелену*.

Жылу өткізгіштік дегеніміз – дене бөлшектерінің хаустық қозғалысы салдарынан тікелей контакты кезіндегі денелер арқылы жылу алмасу процесі.

Конвекция дегеніміз—сұйықтық пен газдың жылжымалы қабаттарымен жоғары температурадағы орындарының төменірек температурадағы орын ауыстыру кезіндегі энергияның тасымалдануы. Конвекция тек сұйықтар мен газдарда ғана байқалады.

Сәулелену –бұл энергияның бір денеден екінші денеге орын ауыстыру немесе (бір дененің бөліктердің арасындағы орын ауыстыру) сәулелену алмасу арқылы, яғни жарық және тарату электромагниттік толқындардың тарату процестерімен негізделген.

!Сәулелену кезіндегі энергияны беру жылу алмасу бетін бөлетін материя ортасы жүзеге асады, яғни толық вокуумге дейін.

!Жүйеге жылу мөлшерін беру $Q>0$ деп есептеледі, егер жүйеге жылу берілсе, егер жүйеге берілсе $Q<0$. Жүйе сыртқы денелердің үстінен жұмыс жасайтын болса, $A>0$ деп Егер сыртқы денелер жүйенің үстінен жұмыс жасайтын болса, онда $A<0$.

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

Идел газдың ішкі энергиясы

Идеал газдың ішкі энергиясы- барлық газ молекуларының ілгермелі және айнымалы қозғалысының кинетикалық энергиясының қосындысына тең.

!Идеал газдың молекулаларының өзара потенциалдық әсерлесу энергиясы нөлге тең, идеал газда өзара әрекеттесу энегиясы болмайды.

Идеал газдың ішкі энергиясы

$$U = \frac{i}{2} \nu RT$$

i -идеал газ молекуласының еркіндік дережесінің саны.

Еркіндік дәрежесінің саны – i молекула қатыса алатыг тәуелсіз қозғалыстарының саны. Математикалық тұрғыдан алғанда, еркіндік дәрежесінің саны молекулалардың орның анықтау үшін қажетті тәуелсіз параметрлер санына тең.

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \nu RT (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$$

Бір атомдық газ молекуласы үшін: $i = 3$ $U = \frac{3}{2} \nu RT$

Диатомдық газ молекуласы үшін: $i = 5$ $U = \frac{5}{2} \nu RT$

Үш немесе оданда көп атомнан тұратын молекулалар үшін: $i = 6$
 $U = \frac{6}{2} \nu RT$

4.1.10. Газдың изобаралық процес кезіндегі жұмыс істеуі

Идеал газдың көлемнен V_1 көлемге дейін V_2 кеңейтілген изобардың жұмысы формуламен анықталады.

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V.$$

Газдың жұмысы температурның өзгерісі арқылы орындауға болады

$$A = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1 = \nu RT_2 - \nu RT_1 = \nu R\Delta T.$$

4.1.11. Термодинамиканың бірінші заңын изопроцестерге қолдану

1) Газ бір күйден келесі бір күйге тұрақты температура өтетін изотермиялық процесс кезінде $\Delta T = 0$, болғандықтан, термодинамиканың 1-ші заңы мына түрде жазылады:

$$Q = A.$$

! Изотермиялық процесте берілген жылу мөлшерін тек сыртқы денелердің үстінен жұмыс жасауына кетеді.

2) Изобаралық процесс кезінде $V = \text{const}$ болады. $\Delta V = 0$ $A = 0$ термодинамиканың 1-ші заңы мына түрде жазылады:

3)

$$Q = \Delta U.$$

! Газға берілетін жұмыстың мөлшерін оның ішкі энергиясына кетеді.

3) Изобаралық процесте кезінде $p = \text{const}$ газ температурасы өзгереді

$\Delta T \neq 0$ газ көлемі өзгереді $\Delta V \neq 0$

Газдың ішкі энергиясының өзгерісі $\Delta U \neq 0$ жұмыс $A \neq 0$

термодинамиканың 1-ші заңы мына түрде жазылады:

! Изобаралық процес кезінде беретін жылу ішкі энергияны өзгерісіне және сыртқы денелердің жұмысын аяқтауға жұмсалады.

4.1.12. Адиабаталық процесс

Адиабаталық процесс - Сыртқы ортамен жылу алмасусыз өтетін процес. Адиабаттық процесс кезінде жүйеге жылу берілмейді және жылу алынбайды. Адиабаттық процесс кезінде жылу алмасу болғандықтан $Q=0$ сондықтан термодинамиканың I заңы мына түрде жазылады

$$Q = cm(T_2 - T_1).$$

!Адиабаттылық процесте газдың жұмысы оның ішкі энергияны азайту арқылы жүзеге асады. Газ температурасы төмендейді.

!Егер сыртқы күштер газды сығатп болса, яғни оның үстінен жұмыс жасайтын болса, $\Delta U = A$, онда газ температурасы артады.

$$Q = cm(T_2 - T_1).$$

4.1.13. Фазалық алмасулар

Жылу мөлшері – массасы m , T_1 температурадан T_2 температурадан жылу үшін қажетті жылу мөлшеріне тең.

c - меншікті жылу сыйымдылығы

Меншікті жылу сыйымдылығы - затының жылу сыйымдылығы 1кг-ға дейін затқа 1К-Келвинге көтеру үшін берілетін жылу мөлшері.

!Халықаралық бірліктер жүйесінде $c = \frac{ДЖ}{кг \cdot К}$

Жылу мөлшері - T_1 температурадан бастап T_2 температураға дейінгі денені қыздыру үшін қажетті жылу мөлшеріне тең.

C - дененің жылу сыйымдылығы.

$$C = cm$$

Дененің жылу сыйымдылығы массасы кез-келген шамадағы денеге оның температурасын 1К-ге көтеру үшін берілетін жылу мөлшері.

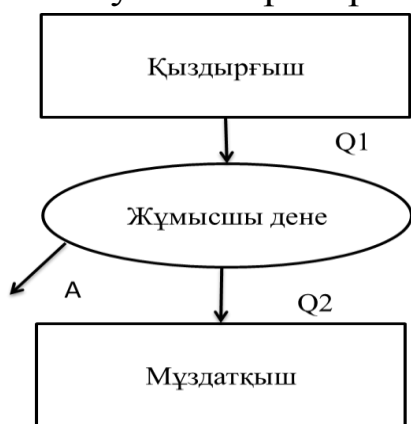
! Халықаралық бірліктер жүйесінде дененің жылу сыйымдылығы $C = \frac{dJ}{K}$ тең болғандықтан

$$A = -\Delta U.$$

$$Q = C(T_2 - T_1) = cm(T_2 - T_1)$$

4.1.14. Жылу қозғалтқыштары

Жылу қозғалтқыштары - жанған отынның энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін қондырғы. Қозғалыстары жұмыс денесінен және суытқыш денеден тұрады. Жылу қозғалтқыштарының жұмыс жасау принципі. Жылу қозғалтқышта T температурадағы T_1 қыздырғыштан Q бір циклде Q_1 жылу мөлшері алынады, ал температурасы төменірек мұздатқышқа бір циклде Q_2 жылу мөлшері беріледі.



$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Бұл кезде жұмыс жасалады. Бір цикл кезінде жылу қозғалтқыштары бастапқы күйге оралатындықтан термодинамиканың І заңы негізінде бір цикл кезінде жасай алатын жұмыс мынаған тең. Жылу қозғалтқышының термиялық пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК)

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$Q = C(T_2 - T_1)$$

Мұнда $A = Q_1 - Q_2$ - қозғалыстың жасайтын жұмысы; Q_1 және Q_2 - қыздырғыштан алатын немесе беретін сәйкес жұмыстар.

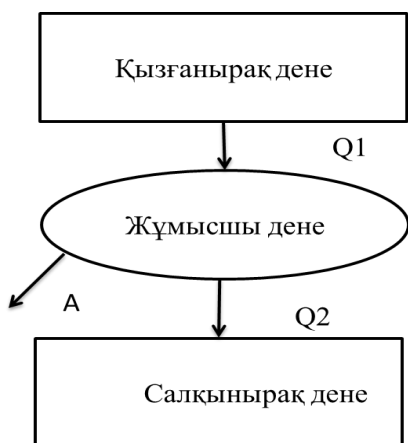
Іштен жану қозғалтқышы максимал мәні карно цикл бойынша жасайтын пайдалы әсер коэффициенті мұнда T_1 және T_2 –сәйкесті қыздырғыштан және мұздатқыштағы температурасы.

Кез-келген нақты қозғалтқышты жылу машинасын сол температурадағы қозғалтқыштың және T_1 және T_2 температурасынан артық болмайды.

4.1.15. Мұздатқыш қондырғы

Мұздатқыш қондырғы –периодты түрде сыртқы күштердің A' жұмысының есебінен жылу салқынырақ денеден температурасы жоғары денеге тасымалданатын қондырғы. Мұздағыш қондырғыда сыртқы күштердің тарапынан жасалатын A жұмыс есебінен бір циклде температурасы T_2 салқынырақ денеден Q_2 жылу мөлшері алынады және температурасы $T_1 (T_1 > T_2)$ сыртқы ортаға Q_1 жылу мөлшері беріледі. Мұздатқыш қондырғының жұмысының тиімділігін бағалау үшін бір циклде мұздатқыш камерада алынған жылу мөлшерінің сыртқы күштердің A жұмысының қатанасын табамыз. Бұл шама циклдің көрсеткіші K , мұздатқыш коэффициенті деп аталады. K мұздатқыш коэффициенті

4.1.16. Термодинамиканың екінші және үшінші бастамасы.



Термодинамиканың екінші бастамасы көптеген тәжірибелік материалдардың жалпылау болып табалады және тұйықталған жүйеде өз бетімен термодинамикалық процестің бағытын тұжырымдайды.

$$\eta \geq \eta_{max}$$

• Бірден-бір нәтижесі жылу түріндегі энергияны азырақ қызған денеден көбірек қызған денеге беретін үдеріс мүмкін емес (Клаузиус тұжырымдамасы).

• Бірден-бір нәтижесі қыздырғыштан алынған барлық жылуды оған эквивалентті жұмысқа айналдыру үдерісі мүмкін.

Термодинамиканың екінші заңы энергияны тасымалдаудың екі формасы – жұмыс пен жылудың бір-біріне пара-пар еместігін көрсетеді. Бұл заң тұтас дененің реттелген қозғалысының энергиясының оның бөлшектерінің ретсіз қозғалысының энергиясына өту үдерісінің қайтымсыз екендігін ескереді.

Термодинамиканың үшінші бастамасы – термодинамикалық үдерістердің шекті тізбегінде, яғни мұздатқыш машинаның жұмысының операция – циклдерінің шекті санына абсолюттік нөл температураға жетудің мүмкіндігі болмайтындығы шығады.

!Термодинамиканың үшінші бастамасы абсолют нөл температураға ассимтоты түрінде жақындауға болатының көрсетеді.

4.1.17. Сұйықтар мен газдардың қасиеттері

Булану және конденсация

Сұйықтықтан газ тәріздес күйге көшу процесі *булану* деп аталады. Бұл процесс жүзеге асатын *қайнау температурасы* деп аталады. Газ тәріздес күйден сұйық күйге көшу процесі *конденсация* деп аталады. Қайнау температурасында орналасқан сұйықтықты буға айналдыру үшін Q

L – меншікті булану жылуы, m – сұйықтың массасы

Меншікті булану жылуы – Сұйықтың 1кг берілу қажет қайнау температурасы кезінде оны буға айналдыру үшін қажет жылу мөлшері. !Халықаралық бірліктер жүйесінде дененің жылу $L = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ Конденсацияланған кезде будың берген жылу мөлшері

$$Q_{\text{кон}} = -Lm,$$

! «-» - жылу берілетіндігін көрсетуі.

Отынның жану кезіндегі берілетін жылу мөлшері

$$Q = qm$$

Жылу көлемі жану кезінде шығарылатын жылу мөлшері.

мұнда q – отынның меншікті жану жылуы. *Отынның жану жылуы дегеніміз* - отынның 1кг жанған кезде бөліп шығаратын жылу мөлшері.

!Отынның меншекті жану жылуының бірлігі Халықаралық бірліктер жүйесінде

$$[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

4.1.18. Жылу байланысының теңдеуі

Тұйықталған жүйедегі денелердің арасындағы тек қана жылу алмасу кезінде, жылу мұнда $Q_1+Q_2+Q_3+\dots+Q_n$ - жүйеден алынған немесе берілген жылу мөлшері.

!Термодинамикалық тепе-теңдікке жеткен кезде жылу алмасу тоқтатылады (яғни ,барлық жүйесінің температурасы бірдей болған кезде)

!Жылу баланысының теңдеуің құоғн кезде энергияның салдары болып табылады.

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} * 100\%.$$

!Жылу баланысының теңдеуің құрған кезде мына мәселелерді есте сақтау қажет:

! Балқу және булану кезіндегі жылу $Q_{пл}=\lambda m$ және $Q_{пар}=Lm$ оң болады; Кристалдану және конденция кезіндегі жылу $Q_{кр}=-\lambda m$ және $Q_{кон}=-Lm$ теріс болады.

4.1.19. Ауа ылғалдылығы

Ауаның абсолютті ылғалдылығы- $1m^3$ ауадағы су буының массасына тең шамасын айтады. (ауадағы су буының тығыздығы)

Салыстырмалы ауа ылғалдылығы -ауадағы су буының тығыздығымен (абсолютті ауаның ылғалдылығы) температурадағы қаныққан су буының тығыздығына қатынасы.

мұнда ρ -осы температурадағы абсолютті ылғалдылық;

ρ_0 – осы температурада қаныққан су буының тығыздығы.

Қаныққан су буы – өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте болатын буды айтады.

Динамикалық тепе-теңдік –Сұйықтық пен будың арасындағы сұйықтан тастап кететін молекулалардың саны, сұйыққа оралатын молекулалардың санына тең болғанда пайда болады.

!Егер сұйықтықты тастап кететін молекулалардың саны сұйықтыққа оралатын молекулалардың санынан көп болса, онда **булану** орын алады.

!Егер сұйықтықты қандыратын молекулалардың саны сұйықтыққа оралатын молекулалардың санынан аз болса, *конденсия* пайда болады.

Шық нүктесі - ауадағы су буының қанығатын температурада. ($\varphi = 100\%$)

!Ауа салқындаған кезде, су буының конденсациясы болады.

г тығыздық пен р қысым арасындағы р ($p = \frac{pM}{RT}$) тәуелділікті ескеріп, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы мына формула бойынша анықтауға болады

мұнда ρ - ауадағы су буының парциялық қысымы;

ρ_0 – қаныққан су буының қысымы.

Су буының парциялық қысымы дегеніміз –су буы басқа газдар болмаған кезде жүзеге асырылатын қысым.

!Шық нүктесі ауа ылғалдылығын сипайттайды. Су буының шекті нүктесін анықтау үшін гигрометрлер қолданылады.

Ауа температурасы t және шық нүктесі t_p кестеден біле отырып, осы температуралардағы қаныққан су буының (қысымы) және ауа бойынша ауаның салыстырмалы ылғалдылығын анықтайды.

$p_{H1}(p_{H1})p_{H2}(p_{H2})$ ауаның салыстырмалы ылғалдылығы келесі формуламен есетелінеді.

$$\varphi = \frac{p_{H2}}{p_{H1}} * 100\% = \frac{p_{H2}}{p_{H1}} * 100\%$$

мұнда $p_{H2}(p_{H2})$ -берілген температура кезіндегі қаныққан су буының тығыздығы (қысымыны) тең t_p ;

$p_{H1}(p_{H1})$ – берілген температура кезінде қаныққан су буының(қысымыны) тең.

4.1.20. Қатты денелердің қасиеттері

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} * 100\%$$

Ұқсастықтары және айырмашылықтары. Физикада қатты дене деп тек кристалл денелерді айтады. Аморфты денелердің сырт қарағанда көлемін және пішінін сақтауы оларды қатты дене етіп

көрсеткенімен, бұл денелер өте тұтқыр сұйық деп қарастырылады. Температура жоғарылаған сайын олардың сұйыққа тән қасиеттері бірден көріне бастайды, бірте-бірте еріп, сұйықтың барлық қасиеттеріне ие болады. Аморфты денелер – изотропты. Кристалдың қасиеттері әр түрлі бағыттарда түрліше болады. Кристалдар – анизотропты. Аморфты денелер. Атомдарының ретті орналасуы алыс қашықтықтарда да қайталанып отыруымен сипатталатын кристалдық денелерден аморфты денелердің айырмашылығы, мұнда тек жуық тәртіп қана орын алады. Кейбір заттар кристалл және аморфтық түрде де бола алады.

4.1.21. Кристалдар.

Өзінің формасын да, көлемін де сақтайтын затты қатты дене деп атайтынымыз белгілі. Бірақ бұлар заттың қатты күйін тек сыртқы түріне қарап қана сипаттайды. Физикалық тұрғыдан алғанда біз бұл белгілеріне қарап қатты күйді сұйық күйден айыра аламыз.

Кристалдардың ішкі құрылымсын рентген сәулелерінің көмегімен зерттеулер олардағы бөлшектердің (молекулалар, атомдар және иондардың) дұрыс орналасатынын көрсетті, яғни олар кристалдық (кеңістіктік) тор түзейді. Кристалдық тордағы қатты дененің бөлшектерінің ең орнықты тепе-теңдік қалпына сәйкес нүктелері тордың түйіндері деп аталады.

4.1.22. Кеңістіктіктор

Кристалдағы бөлшектердің дұрыс орналасуын кристалдардың кейбір қасиеттерінің бағытқа тәуелділігі, яғни анизотропиясы шығады.

Анизотропия қасиетінің тек монокристалдарға ғана тән болатындығын да айта кетейік. Қатты денелердің көпшілігінің құрылымы поликристалды (грек. поли - көп), яғни микроскоппен ғана көруге болатын өте ұсақ кристалдардың жиынтығынан тұрады. Поликристалды денелер мен аморфты денелердің айырмашылығы мынада: поликристалдық денелердің анизотропия байқалатын өте кішкентай бөлігін бөліп алуға болады, ал аморфты денелердің кез-келген бөлігін қарастырсақ та, ол әрқашан изотропты.

Кристалдық құрылымдардың түрлері. Кристалдардың әр түрлі типтерін және кристалдық торда орналасу мүмкіндіктерін кристаллография зерттейді. Кристал торының түйіндерінде орналасқан бөлшектер арасында әрекет ететін күштердің сипаты бойынша кристалдық құрылымдарды төрт түрге бөледі: иондық, атомдық, молекулалық және металдық.

Тор түйіндерінде бейтарап атомдардың болуымен сипатталатын құрылым, атомдық кристалдық құрылым деп аталады. Олар коваленттік байланысқан. Коваленттік байланыс деп іргелес орналасқан екі атомның өзара екі валенттік электрондар алмасуы кезінде туатын тартылыс күшінің салдарынан пайда болатын байланысты атайды.

Деформацияның түрлері. Қайсыбір себептердің әрекетінен дене пішінінің (формасының) немесе көлемінің өзгеруін деформация деп атайды.

1. Түсірілген күштің әрекетінен дене ұзындығының бір бағытта созылуын бойлық созылу деформациясы деп атайды.

2. өзін бір бағытта сығып жатқан күштің әрекетінен дене ұзындығының кемуі бойлық сығылу деформациясы деп атайды.

3. Денені барлық бағытта созып жатқан күштің әрекетінен дене көлемінің ұлғаюы барлық жаққа созылу деформациясы деп аталады.

4. Жан-жақтан сығатын күштің әрекетінен дене көлемінің кемуі барлық жақтан сығылу деформациясы деп аталады.

5. осіне перпендикуляр күштің әрекетінен шыбықтың майысуы көлденең майысу деформациясы деп аталады.

6. Дененің параллель қабатының бір-біріне қатысты қос күштің әрекетінен бұрылуы бұралу деформациясы деп аталады.

7. Дененің параллель қабаттарының бір-біріне қатысты салыстырмалы түрде параллель орын ауыстыруы ығысу деформациясы деп аталады.

Жоғарыда айтылып кеткен деформациялардың әрқайсысы кіші де, үлкен де бола алады. Олардың әрбіреуін ра абсолют деформациямен бағалауға болады.

4.1.23. Балқу және кристалдану

Қатты дененің сұйық күйге өту процесі балқу деп аталады. Осы процесті жүзеге асыратын балқу температурасы деп аталады.

Сұйық күйден қатты күйге өту процесі кристалдану деп аталады. Балқу температурасы кезіндегі орналасқан дененің массасы балқыту үшін оған, Q жылу мөлшері беріледі. λ -меншікті балқу жылуы. Меншікті балқу жылу дегеніміз - балқыту температурасында орналасқан 1 кг қатты затқа балқыту үшін қажетті жылу мөлшері.

! Халықаралық бірліктер жүйесінде дененің жылу сыйымдылығы $\lambda = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

Кристалдану кезінде сұйықтықпен берілген жылу мөлшері.

$$Q_{\text{кр}} = -\lambda m$$

! «-» - бұл жағдайда жылу балқу кезінде беріледі.

ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

1. Сыйымдылығы $V = 3$ л жоғарғы жағы ашық куб формалы ыдысқа $m = 1$ кг су құяды және $m = 1$ кг мұзды салады. Қоспаның бастапқы температурасы $T_1 = 0^\circ\text{C}$. Ыдыстың астынан $m_1 = 50$ г бензин жағады, осы кезде бөлініп шығатын жылудың 80% -і ыдыстың ішіндегілерді қыздыруға жұмсалады. Ыдысты жұқа қабырғалы деп есептеп және ыдыстың жылу сыйымдылығын және жылулық ұлғаюды ескермей, қыздырғаннан кейінгі ыдыстағы судың деңгейін анықтаңдар. Мұздың меншікті балқу жылуы $\lambda = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, судың меншікті жылу сыйымдылығы $c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, 0°C температурадағы судың тығыздығы $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, 100°C – тағы $\rho = 960 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, бензиннің меншікті жану жылуы $q = 4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Ыдыстың түбін горизонталь деп есептеңдер.

Шешуі:

$T_1 = 0^\circ\text{C}$ температурада мұз балқу үшін массасы m_2 бензин жағу қажет,

$$m\lambda = \alpha m_2 q, \text{ осыдан}$$

$$m_2 = \frac{m\lambda}{\alpha q}; \quad m_2 = \frac{1 \text{ кг} \cdot 3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}}{0,8 \cdot 4,6 \cdot 10^7} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 9,2 \text{ г}$$

Массасы $2m$ суды $T_2 = 100^\circ\text{C}$ температураға дейін қыздыру үшін, массасы m_3 бензинді жағу қажет, оны жылу балансының теңдеуінен табуға болады: $2mC(T_2 - T_1) = \alpha m_3 q$; осыдан

$$m_3 = \frac{2mc(T_2 - T_1)}{\alpha q} = \frac{2 \cdot 1 \text{ кг} \cdot 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)} \cdot 100^\circ\text{C}}{0,8 \cdot 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}} = 22,8 \text{ г}$$

Қалған бензиннің массасы $m_4 = m_1 - m_2 - m_3 = 50 \text{ г} - 9,2 \text{ г} - 22,8 \text{ г} = 18 \text{ г}$. Қалған бензиннің жылуы массасы M суды буландыруға жұмсалады,

$$ML = \alpha m_4 q \quad \text{осыдан}$$

$$M = \frac{\alpha m_4 q}{L} = \frac{0,8 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}}{2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}} = 0,288 \text{ кг}$$

Су буланғаннан кейін қалған масса $M_1 = 2m - M = 1,712 \text{ кг}$. 100°C температурада қалған судың көлемі $V_1 = \frac{M_1}{\rho} = 1,783 \text{ л}$. көлемі $V = 3$ л куб ыдыстың табанының ауданы $S =$

$$(\sqrt[3]{V})^2 \approx 2.08 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2. \text{ Осылайша ыдыста қалған судың деңгейі}$$

$$h = \frac{V_1}{S} = \frac{2mL - \alpha m_1 + m\lambda + 2mc(T_2 - T_1)}{\rho L (\sqrt[3]{V})^2} \approx 0.0857 \text{ м} \approx 8,7 \text{ см}$$

2. Қоймадан әкелінген тығыздығы $\rho_1 = 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ құрғақ ағашты ашық аспан астында қалдырды және үстінен ешнәрсе жапқан жоқ. Отын су болып қалды, және олардың тығыздығы $\rho_1 = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ болды. Суық, бірақ аяз емес күні ($T = 0^\circ\text{C}$ температура кезінде) үйді бөлме температурасына дейін жылыту үшін, пеште $M_1 = 20$ кг құрғақ ағаш отын жағу қажет. Үйді тура сол бөлме температурасына дейін жылыту үшін, қанша су ағашты жағу қажеттігін бағалаңдар? Судың меншікті булану жылуы $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, судың меншікті жылу сыйымдылығы $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, құрғақ отынның меншікті жану жылуы $q = 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Шешуі:

Үйге қандай да бір жылу мөлшерін беру үшін (пешке, мұржа және т.б) және бір мезгілде дымқыл ағаштың бойындағы суды буландыру үшін, құрғақ ағашқа қарағанда дымқыл ағашты көбірек жағу қажет. Мұржадан түгін 100°C –тан аздап асатындай температурада шығады. Қарапайым түсіндіру үшін даладағы температураны 0°C деп алайық, ал шыққан түгіннің температурасын 100°C тең болсын. Сонда массасы $m_0 = 1 \text{ кг}$ дымқыл ағаш жанған кезде $\Delta T = 100^\circ\text{C}$ –қа қызады және судың $m = m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} = \frac{1}{7} \text{ кг}$

Осы кезде массасы $M = m_0 - m = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{6}{7} \text{ кг}$ құрғақ отын жанады.

Массасы m суды қыздыруға және буландыруға жұмсалатын жылу мөлшері $Q_1 = m(c\Delta T + L) = m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} (c\Delta T + L) \approx 0.39 \cdot 10^6 \text{ Дж}$

Массасы M ағаш отын жанғанда бөлінетін жылу мөлшері $Q_2 = Mq = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} q \approx 8.57 \cdot 10^6 \text{ Дж}$. Осылайша, үйді жылытуға массасы $m_0 = 1 \text{ кг}$ дымқыл ағаш жанған кезде, кететін жылудың мөлшері $Q_3 = Q_2 - Q_1 = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} q - m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} (c\Delta T + L) \approx 8,18 \cdot 10^6 \text{ Дж}$,

Яғни дымқыл ағаштың меншікті жану жылуы $q_3 = \frac{Q_3}{m_0} \approx 8.18 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Сондықтан үйге от жағу үшін, $M_1=20\text{кг}$ құрғақ ағаш немесе $M_2 = \frac{M_1 q}{q_3} = \frac{M_1 q}{m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} q - m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} (c\Delta T + L)} \approx 24.5\text{кг}$ дымқыл ағаш қажет.

3. Шәй құмарлардың ойынша, кесеге құйылған қайнаған су бірнеше секундтың ішінде байқалатындай суып үлгереді де, ол алынған шәйдің сапасын бұзады екен. Олардың осы тұжырымын тексерейік. Кесе үстінен өте ыстық судан бу көтеріледі. Көз мөлшерімен бағалайтын будың көтерілу жылдамдығы $V = 0,1 \text{ м/с}$ тең. Кесе бетінен көтерілетін барлық бу 100°C температураға ие болады деп есептеп, судың булануы есебінен өте ыстық суы бар кесенің салқындау жылдамдығын (бұл жылдамдық секундына градуспен өлшенеді) бағалаңдар. Кеседегі судың массасы $m = 200 \text{ г}$, су бетінің ауданы $S = 30 \text{ см}^2$, судың меншікті булану жылуы $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, судың меншікті жылу сыйымдылығы $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, су буының 100°C температурадағы тығыздығы $\rho = 0,58 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Шешуі:

t уақыт аралығы ішінде шәй бетінен булану есебінен, көлемі $V = Sv\Delta t$ бу пайда болады, бу массасы $m = \rho Sv\Delta t$. Оның пайда болуына жұмсалатын жылу мөлшері $Q = Lm = L\rho Sv\Delta t$, бұл жылу шәйдан алынады да, оның салқындауын туғызады. $\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{L\rho Sv\Delta t}{mc}$. Осыдан шәйдің салқындау жылдамдығы $\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{L\rho Sv}{mc} = 0,5 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}$.

Осылайша, шәй екі секунд ішінде шамамен бір градусқа суыйды, яғни өте тез, он секунд өткенде температура 95°C –қа тең, ал бұл енді қайнаған су емес. Олай болса, ыстық шәй құмарлардың ойлары дұрыс.

Ескерту: бұл әрине, жоғарыдан бағалау, шын мәнінінде салқындау жылдамдығы бұдан төменірек.

4. Ұзындығы $l = 1 \text{ м}$ және ауданы $S = 10 \text{ см}^2$ герметикалық цилиндрде массасы $M = 200 \text{ г}$ жіңішке поршень орналасқан, ол цилиндр бойымен еркін қозғала алады. Алғашқыда цилиндр осі горизонталь, ал поршень цилиндрдің ортасында орналасқан.

Поршеннің екі жағынан да атмосфералық қысымдағы бірдей мөлшерде $m = 0,4\text{г}$ су және оның буы бар. Содан кейін цилиндрді вертикаль қалыпқа аударады. а) егер цилиндрде толығымен $T = 100^{\circ}\text{C}$ температура ұсталынып тұрса, осы кезде поршень қаншаға ығысады? б) егер $m = 0,8\text{ г}$ болса, жауап қалай өзгереді?

Шешуі:

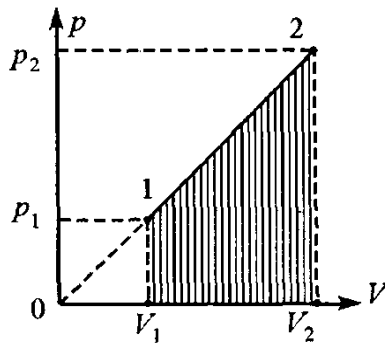
$p_0 = 10^5\text{Па}$ атмосфералық қысымда және $T_0 = 100^{\circ}\text{C}$ температурадағы судың қаныққан буының тығыздығы $\rho_0 = \frac{\mu p_0}{RT} \approx 580\text{ г/м}^3$. Мұндағы $\mu = 18\text{ г/моль}$ – судың молярлық массасы. Сондықтан бастапқы жағдайда көлемі $V = lS = 1000\text{см}^3$ цилиндрде а) жағдайдағы судың $0,8\text{ г}$ және б) жағдайында $1,6\text{ г}$ жалпы мөлшерінің $0,58\text{ г}$ қаныққан буы орналасқан.

Цилиндрді вертикаль орналастырғаннан кейін цилиндрдің төменгі бөлігінің поршень астындағы бу конденсацияланады, ал жоғарғы бөлігіндегі – буланады. б) жағдайында, жоғарғы жақта су және оның қаныққан буы қалады, ал төмен жағында барлық бу конденсацияланады. Осылайша, б) жағдайында поршень цилиндрдің түбіне дейін түседі, және оның ығысуы 50 см – ді құрайды.

а) жағдайында цилиндрдің жоғарғы жағындағы барлық су буланып кетеді, ондағы бу қаныққан күйге көшеді, ал оның қысымы p - атмосфералықтан төмен. Цилиндрдің төменгі бөлігінде будың бөлігі конденсацияланғаннан кейін қысым p_0 –ға тең болады. Цилиндрдің жоғарғы және төменгі бөліктеріндегі қысымдардың айырмасы ауырлық күші әсер ететін поршеннің тепе-теңдігін қамтамасыз етуі қажет: $(p_0 - p)S = Mg$. Осыдан, $p = p_0 - \left(\frac{Mg}{S}\right) \approx (10^5 - 2 \cdot 10^3)\text{Па} \approx p_0$

Осы кезде поршеннен цилиндрдің жоғарғы жанына дейінгі қашықтық $h \approx \frac{mRT}{\mu Sp_0} \approx 69\text{ см}$, яғни поршеннің ығысуы 19 см -ді құрайды.

5. Бір атомды газды 1 күйден 2 күйге ауыстырған кезде, қандай ΔQ жылу мөлшері берілген? $p_1 = 500\text{кПа}$, $v_1 = 2\text{л}$ $V_2 = 4\text{л}$ (1 сурет).



Шешуі:

1-2 процессі ешқандай процеске жатпайды. Бірақ суретте көріп отырғандай қысым көлемге тура пропорционал, яғни $p = \gamma V$, мұндағы γ - пропорционалдық коэффициент. Осы тәуелділіктен оңай

түрде, $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2}$, немесе $p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1}$ алынады. Кез келген газға берілетін жылу мөлшері термодинамиканың бірінші заңы бойынша анықталады:

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

Бір атомды газ үшін ΔU бір атомды газға арналған ішкі энергияның өрнегін пайдаланып оңай анықтауға болады:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T.$$

ΔT екі күй үшін біріктірілген газ заңынан есептелінеді:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \quad \text{және} \quad p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2.$$

Екінші қатынастан біріншіні алып тастасақ, шығатыны:

$$\frac{m}{\mu} R \Delta T = p_2 V_2 - p_1 V_1.$$

Осы өрнекті ΔU -ға арналған формулаға қойып, алатынымыз:

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1} - V_1 \right) = \frac{3}{2} \frac{p_1}{V_1} (V_2^2 - V_1^2).$$

1 күйден 2 күйге өту кезінде газдың атқарған ΔA жұмысын V_1 мен V_2 трапецияның ауданы бойынша анықтауға болады:

$$\begin{aligned} \Delta A &= \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{p_1 + p_1 \frac{V_2}{V_1}}{2} (V_2 - V_1) = \\ &= \frac{p_1}{2V_1} (V_2^2 - V_1^2). \end{aligned}$$

6. Ыдыста массалары $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 10$ кг, $m_3 = 5$ кг өзара әсерлеспейтін үш химиялық сұйықтықтар араласқан; $t_1 = 6^\circ\text{C}$, $t_2 = -40^\circ\text{C}$, $t_3 = 60^\circ\text{C}$ және меншікті жылу сыйымдылықтары $c_1 = 2$ кДж/кг·К, $c_2 = 4$ кДж/кг·К, $c_3 = 2$ кДж/кг·К сәйкесінше. Қоспаны келесі $t = 6^\circ\text{C}$ - қа дейін қыздыруға қажетті жылу мөлшерін және қоспаның температурасын анықтаңдар.

Шешуі:

Ыдыстағы сұйықтар қыза отырып, сол агрегаттық күйінде қалады, сондықтан жылулық баланс теңдеуі оңай жазылады:

$$\sum \Delta Q_i = 0, \text{ т. е. } \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3 = 0$$

$$c_1 m_1 \Delta T_1 + c_2 m_2 \Delta T_2 + c_3 m_3 \Delta T_3 = 0.$$

$$c_1 m_1 (\Theta - t_1) + c_2 m_2 (\Theta - t_2) + c_3 m_3 (\Theta - t_3) = 0$$

Мұндағы Θ - қоспаның температурасы;

$$\Theta = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 + c_3 m_3 t_3}{c_1 m_1 + c_2 m_2 + c_3 m_3} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1 \cdot 6 + 4 \cdot 10 \cdot (-40) + 2 \cdot 5 \cdot 60}{2 \cdot 1 + 4 \cdot 10 + 2 \cdot 5} = \frac{-1900}{100} = -19^\circ\text{C}.$$

Осылайша қоспаның Θ температурасы -19°C . Ары қарай қоспаны $t = 6^\circ\text{C}$ - қа

дейін қыздыру керек. Ол үшін оған беретін жылу мөлшері:

$$\Delta Q = c_1 m_1 \Delta T + c_2 m_2 \Delta T + c_3 m_3 \Delta T =$$

$$= \Delta T (c_1 m_1 + c_2 m_2 + c_3 m_3) = 1300 \text{ кДж}$$

(сонымен температураның өзгерістері кезінде сұйықтардың жылу сыйымдылықтары өзгерген жоқ деп есептеледі).

7. Суды айдауға арналған электр аппараты P қуатты тұтынады. Дистилляцияланған сумен табан ауданы S және биіктігі h ыдысты толтыру үшін, ПӘК-і 80% аппарат қанша уақыт жұмыс істеуі қажет? Су құбырынан су t температурада келіп түседі. Меншікті булану жылуы L , меншікті жылу сыйымдылығы c .

Су айдау үшін жұмсалатын жұмыс: $A_e = P \cdot t$, t - уақыт.

Пайдалы жұмыс суды қыздыруға және буландыруға қажетті жылу мөлшеріне тең.

$$A_i = Q = cm\Delta t + Lm, \text{ } c - \text{ судың меншікті жылу сыйымдылығы.}$$

Қондырғының ПӘК-і:

$$\eta = \frac{A_n}{A_0} \cdot 100\%; \quad 0.8A_e = A_n; \quad 0.8Pt = cm\Delta t + Lm, \quad m - \text{судың массасы};$$

$$0.8Pt = m(c\Delta t + L); \quad m = \rho V; \quad V = Sh.$$

Сонда $m = \rho Sh$; $0.8Pt = \rho Sh(c\Delta t + L)$; осыдан уақытты өрнектейміз:

$$t = \frac{\rho Sh(c\Delta t + L)}{0.8P}$$

8. Температурасы T және қалыпты қысымы p болатын қаныққан су буының бір моль молекулаларының арасындағы орташа қашықтықты анықтаңдар.

Шешуі:

Менделеев-Клапейрон теңдеуіне негізделіп, алатынымыз:

$$pV = \frac{m}{M} RT. \quad \text{Мұндағы } m - \text{будың массасы; } M - \text{судың молярлық}$$

массасы.

$$\nu = \frac{m}{M}, \quad pV = \nu RT$$

Осыдан будың көлемін анықтаймыз:

$$V = \frac{\nu RT}{p}.$$

Қаныққан бу 1 моль мөлшерінде алынғандықтан, бір мольдің көлемі:

$$V = \frac{RT}{p}.$$

Бір молекулаға келетін көлем:

$$V_1 = \frac{V}{N_A}, \quad V_1 = \frac{RT}{pN_A}$$

Молекулалар арасындағы орташа қашықтық:

$$d = \sqrt[3]{\frac{RT}{p \cdot N_A}}$$

9. Қозғалмай тұрған су тамшысымен соқтығысу кезінде екеуі де булану үшін, ұшып келе жатқан су тамшысының жылдамдығы қандай болатынын анықтаңдар. Тамшылардың бастапқы жылдамдығы t_0 . Судың меншікті жылу сыйымдылығы c , судың меншікті булану жылуы L .

Шешуі:

Импульстің сақталу заңы негізінде:

$$mv_1 = 2mv, \quad v - \text{соқтығысудан кейінгі тамшының жылдамдығы.}$$

$$v = \frac{mv_1}{2m} = \frac{v_1}{2}$$

Энергияның сақталу заңы бойынша тамшылардың толық энергиясы сақталады:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + 2mc(t_k - t_0) + 2mL$$

Алынған теңдеуді шешіп, v_1 жылдамдықты табамыз

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{2mv^2}{2} = 2mc(t_k - t_0) + 2mL$$

Тамшы массасын қысқартып, теңдеуді өрнектер.

Алынған өрнекке v жылдамдықтың мәнін қойамыз:

$$\frac{v_1^2}{2} - \frac{v_1^2}{4} = 2c(t_k - t_0) + 2L \quad \text{осы өрнектен жылдамдықты анықтаймыз:}$$

Жауабы: $v_1 = \sqrt{8[c(t_k - t_0) + L]}; \quad v_1 = 2\sqrt{2}\sqrt{[c(t_k - t_0) + L]}.$

10. Көп қабатты үйдің шатырынан су тамшысы құлау процесінде Δt градусқа қызса, ол қанша уақыт құлаған? Судың меншікті жылу сыйымдылығы c .

Шешуі:

Егер су тамшысы h биіктікте орналасса, онда оның потенциалдық энергиясы:

$$E_p = mgh$$

Су тамшысын қыздыру үшін қажетті жылу мөлшері:

$$Q = cm\Delta t$$

Энергияның сақталу заңына сәйкес тамшының құлауы кезінде оның потенциалдық энергиясы жылулық энергияға ауысады:

$$E_p = Q, \quad mgh = cm\Delta t$$

Осыдан тамшының құлау биіктігі:

$$h = \frac{c\Delta t}{g}$$

Тамшының құлау биіктігі белгілі болса, құлау уақытын анықтауға болады:

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

Жауабы: $t = \frac{\sqrt{2c\Delta t}}{g}$

ТЕСТ

1. $t_0 = 27^{\circ}\text{C}$ температурада алынған оттекті изобаралық түрде сығып, оның көлемін бастапқымен салыстырғанда 5 есе азайтады. Егер газдың массасы $m = 160$ г болса, сығу кезінде атқарылған жұмыс ($M = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $R = 8,31$ Дж/К·моль)

A) $\approx 10^4$ Дж.

B) $\approx 10^5$ Дж.

C) $\approx 10^3$ Дж.

D) $\approx 10^2$ Дж.

E) ≈ 10 Дж

{Дұрыс жауап} = A

2. Газдың бір киломоли изобаралық ұлғайып 831 кДж жұмыс атқарады. Бастапқыда газ температурасы $T_1 = 300$ К болса, ұлғаюдан кейін газдың температурасы ($R = 8,31$ Дж/К·моль)

A) 400 К.

B) 300 К.

C) 200 К.

D) 100 К.

E) 500 К.

{Дұрыс жауап} = A

3. 20°C температурадан 50°C -қа дейін изобаралық қыздырғанда газ 2,5 кДж жұмыс атқарады. Осы процеске қатысқан молекулалар саны ($N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$; $R = 8,31$ Дж/К·моль)

A) $6 \cdot 10^{24}$

B) $6 \cdot 10^{21}$

C) $6 \cdot 10^{20}$

D) $6 \cdot 10^{25}$

E) $6 \cdot 10^{22}$

{Дұрыс жауап} = A

4. Идеал газды поршенмен сығады әрі қыздырады. Егер газдың көлемі 5 есе азайып, ал қысымы 7 есе артса, оның ішкі энергиясы

A) 1,4 есе артады.

B) 0,14 есе артады.

C) 0,014 есе артады.

D) 14 есе артады.

E) 140 есе артады.

{Дұрыс жауап} = A

5. 10 моль біратомды идеал газдың 27°C температурадағы ішкі энергиясы

($R = 8,31$ Дж/К·моль)

- A) 37,4 кДж ;
- B) 374 кДж;
- C) 0,374 кДж;
- D) 0 ;
- E) 0,0374 кДж

{Дұрыс жауап} = А

6.Баллонда 300 К температурада 4 моль бір атомды газ бар. Қыздырған кезде газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы 1,3 есе артады. Газға берілген жылу мөлшері

- A) ≈ 10 кДж
- B) ≈ 100 кДж;
- C) ≈ 1 кДж;
- D) ≈ 0 ;
- E) ≈ 1000 кДж

{Дұрыс жауап} = А

7.Керогаз резервуарында 0,8 л керосин бар. Егер керогаздың ПӘК-і 40 % болса, онда керосин толық жанғанда 10^0 С-тан қайнағанға дейін қыздыруға болатын судың мөлшері

($q_k = 4,6 \cdot 10^7$ Дж/кг; $c_{cy} = 4200$ Дж/кг \cdot 0 С; $\rho_{cy} = 1000$ кг/м³; $\rho_k = 800$ кг/м³)

- A) 31 л
- B) 0,31 л
- C) 0,031 л
- D) 310 л
- E) 3100л

{Дұрыс жауап} = А

8.175г су спиртовкада 15^0 С-тан 75^0 С –қа дейін қыздырылды. Спиртовканың спиртпен қосып алғандағы бастапқы массасы 163г болатын. Ал қыздыру аяқталғаннан кейін массасы 157г болды. Қыздырғыштың ПӘК-і

($q_{сынып} = 2,7 \cdot 10^7$ Дж/кг; $c_{cy} = 4200$ Дж/кг \cdot 0 С)
 $2,7 \cdot 10^7$ Дж/кг

- A) 0,27 %
- B) 47 %
- C) 27 %
- D) 4,7 %
- E) 2,7%

{Дұрыс жауап} = С

9. ПӘК-і 20% пеште 10 т шойынды 10°C -тан 1160°C -қа дейін қыздыру үшін жағылатын кокстың массасы ($q_k = 3,15 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$; $c_{ш} = 500 \text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$)

- A) 0,912 кг
- B) 0,0912 кг
- C) 9120 кг
- D) 912 кг
- E) 912000 кг

{Дұрыс жауап} = D

10. Қуаты 55 кВт болатын «Волга» автокөлігі 1кВт·сағ-қа 0,31 кг бензин жұмса- са, оның қозғалтқышының ПӘК-і ($q_b = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$)

- A) 2,5 %
- B) 0,25 %
- C) 5,5 %
- D) 55 %
- E) 25 %

{Дұрыс жауап} = E

11. Егер мотоцикл жылдамдығы 108 км/сағ болып, 100 км жолға 3,7 л бензин жұмса- са, ал двигательдің ПӘК-і 25% болса, мотоцикл двигательінің өндіретін орташа қуаты ($q_b = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$; $\rho_b = 700 \text{ кг/м}^3$)

- A) $\approx 89 \text{ кВт}$
- B) $\approx 8,9 \text{ кВт}$
- C) $\approx 0,089 \text{ кВт}$
- D) $\approx 8900 \text{ кВт}$
- E) $\approx 0,89 \text{ кВт}$

{Дұрыс жауап} = B

12. Идеал жылу машинасының қыздырғышының температурасы 117°C , ал тоңазытқыштікі 27°C . Егер қыздырғыштан 1с ішінде алатын жылу мөлшері

60 кДж болса, машинаның ПӘК-і және 1с ішінде тоңазытқышқа берілетін жылу мөлшері

- A) 23 %; 46 кДж.
- B) 33 %, 0,46 кДж.
- C) 23 %, 460 кДж.
- D) 23 %, 0,46 кДж.
- E) 33 %, 460 кДж.

{Дұрыс жауап} = A

13. Массасы 6 кг, көлемі $4,9 \text{ м}^3$ және қысымы 200 кПа газ молекулалары жылдамдығының орташа квадраты

A) $2,7 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2$

B) $3,8 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2$

C) $4,9 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2$

D) $7 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2$

E) $6 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2$

{Дұрыс жауап}=C

14. Газ тұрақты қысымда $t_1 = 27^\circ\text{C}$ температурадан $t_2 = 39^\circ\text{C}$ температураға дейін қыздырылды. Көлемнің ұлғаюы

A) 2%

B) 3%

C) 4%

D) 5%

E) 6%

{Дұрыс жауап}=C

15. Көлемі 20 л баллондағы температурасы 17°C қысымы 830 кПа сутегінің массасы ($M(\text{H}_2) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$; $R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$)

A) 11,5 г

B) 13,8 г

C) 12,7 г

D) 15,9 г

E) 14,1 г

{Дұрыс жауап}=B

16. Қысымы 0,1 МПа, температурасы 27°C азоттың тығыздығы ($M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$; $R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$)

A) $3,24 \text{ кг/м}^3$

B) $1,12 \text{ кг/м}^3$

C) $5,16 \text{ кг/м}^3$

D) $0,74 \text{ кг/м}^3$

E) $0,04 \text{ кг/м}^3$

{Дұрыс жауап}=B

17. Массасы 2г, қысымы 0,2 МПа, көлемі 830 см^3 азоттың температурасы

($M = 0,028 \text{ кг/моль}$; $R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$)

A) $\approx 280 \text{ K}$

B) $\approx 170 \text{ K}$

C) $\approx 370 \text{ K}$

D) $\approx 480 \text{ K}$

Е) ≈ 570 К

{Дұрыс жауап}=А

18.Изотермиялық сығылу кезінде газ көлемі 5 л-ге азайып, қысымы 3 есе артса, газдың бастапқы көлемі

А) 5,5 л

В) 6,5 л

С) 7,5 л

Д) 8,5 л

Е) 9,5 л

{Дұрыс жауап}=С

19.Су астында 5 м тереңдікте, екі жағы бекітілген шыны трубканың төменгіаузы ашылды. Осы кезде трубкаға 1,95 г су енді. Трубка көлемі 2 см^3 , атмосфералық қысым 10^5 Па болса, бітеу шыны трубканың қысымы ($g = 10 \text{ м/с}^2$; $\rho_{\text{су}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$)

А) 3,7 кПа

В) 4,7 кПа

С) 5,7 кПа

Д) 6,7 кПа

Е) 7,7 кПа

{Дұрыс жауап}=А

20.Изохоралық процесс кезінде газ температурасы 30 %-ға артып, қысымы

200 кПа болды. Газдың бастапқы қысымы

А) ≈ 154 кПа

В) ≈ 165 кПа

С) ≈ 174 кПа

Д) ≈ 184 кПа

Е) ≈ 194 кПа

{Дұрыс жауап}=А\

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ

5.1.Электростатика

Электродинамика дегеніміз электромагниттік өзара әсерлесуді зерттейтін физиканың бөлімі.

Электростатика дегеніміз қозғалмайтын электр зарядтарының және оларды туғызатын электр өрістерін туғызатын өзара әсерлесуін зерттейтін физиканың тарауы.

Электр заряды электромагниттік өзара әсерлесудің сапалық мөлшері болатын скалярлық физикалық шама.

!Халықаралықбірліктер жүйесінде (СИ) электр зарядтарының өлшем бірлігі $[q]=1\text{Кл}$ (кулон).

5.1.1. Электр зарядының қасиеті

Электр зарядтарының екі түрі болады: оң және теріс. Қарапайым жағдайларда дене бірдей мөлшерде оң және теріс зарядтарға ие болады. Денедің зарядтардың бір таңбасының басы артық болуын туғызуға болады, яғни оның электрлігін туғыза алады.

Электризация дегеніміз денелердегі зарядтардың қайта таралумен жүзеге асатын құбылыс.

!Қарапайым тәсіл денелердің үйкеліс салдарынан электрленуі. Мысалы, теріге үйкелген эбонит таяқшасының бетінде оң заряд пайда болып, ал терінің бетінде теріс заряд пайда болады. Жібекке үйкелген шынының бетінде оң заряд пайда болады, ал жібектің бетінде теріс заряд пайда болады. Біртектес зарядтар тебіледі, әртекті зарядтар тартылады.

Элементар $e = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{Кл}$ заряд өмір сүреді. Элементар зарядтарды тасымалдаушы электрондар ($-e$) мен протондар ($+e$) болып табылады.

! Кез келген зарядталған денедің заряд шамасы бойынша элементар зарядтан кем бола алмайды.

Электр заряды дискретті, кез келген дененің электр заряды оң және теріс элементар зарядтардың бүтін санынан тұрады:

$$q = N_+e - N_-e(1.1.1)$$

мұнда N_+ және N_- - сәйкес түрде оң және теріс элементар зарядтарының сандары.

Электр заряды инварианты, яғни электр зарядының мәні оның қозғалыс жылдамдығына тәуелді емес (зарядтың мәні бір инерциалдық санақ жүйесіне көшкен кезде мәні өзгермейді).

Нүктелік заряд дегеніміз берілген есептің шартында өлшемдерін ескермеуге болатын зарядталған дене.

5.1.2. Электр зарядының сақталу заңы

Электрлік оқшауланған жүйені құрайтын денелердің және бөлшектердің зарядтарының алгебралық қосындысы осы жүйеде жүзеге асатын кез келген үдерістерде өзгеріссіз қалады:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i = \text{const} \quad (1.1.2)$$

Электрлігі оқшауланған жүйе – зарядтармен алмаспайтын жүйе.

5.1.3. Кулон заңы

Нүктелік электр зарядтарының өзара әсерлесуі Кулон заңына бағынады.

Кулон заңы: екі қозғалмайтын нүктелік зарядтар осы зарядтардың шамаларының көбейтіндісіне тура пропорционал, бір-бірінің арасындағы қашықтықтың квадратына кері пропорционал күшпен өзара әсерлеседі және осы зарядтарды қосатын түзудің бойымен бағытталған [5. Б. 52].

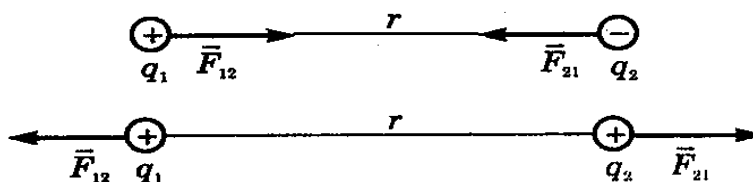
Әрбір күштердің шамасы мына өрнекпен анықталады.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2} = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}, \quad (1.1.3)$$

мұнда ϵ – ортаның диэлектрлік өтімділік (вакуум үшін $\epsilon = 1$);

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$ электрлік тұрақты;

коэффициенті $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.



3.1. сурет. Нүктелік электр зарядтарының өзара әсерлесуі.

Кулон заңы, зарядтары көлемі бойынша немесе беті бойынша бірқалыпты таралған сфералық формадағы зарядталған денелер үшін орындалады.

5.1.4. Электр өрісі

Электр өрісі дегеніміз зарядталған денелердің өзара әсерлесуі жүзеге асатын материяның ерекше түрі.

Электр өрісі электр заряды арқылы пайда болады және олардың әсері бойынша байқалады.

Қозғалмайтын электр зарядтарын туғызатын өріс **электростатикалық өріс** деп аталады. Электр өрісін зерттеу үшін зерттеуші q_0 заряд зерттеу үшін пайдаланылады. Ол шамасы бойынша аз болуға тиісті, себебі ол меншікті өріс арқылы зерттелетін өріс арқылы бұзбауға тиісті. Зерттеуші заряд ыңғайлы болу үшін оң болуға тиісті деп есептеуге келіскен. Кеңістіктің әрбір нүктесінде электр өрісі \vec{E} кернеулікпен және φ потенциалмен сипатталады.

5.1.5. Электр өрісінің кернеулігі

Электр өрісінің кернеулігі дегеніміз өрістің күштік сипаттамасы.

\vec{E} кернеулік - өрістің оң (зерттеуші) зарядқа өріс әсер ететін күштің осы зарядтың шамасына қатынасымен есептелетін векторлық физикалық шама:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (1.1.4)$$

Халқаралық бірліктер жүйесінде (СИ) кернеудің өлшем бірлігі – $[E] = 1 \frac{H}{Кл} = 1В/м$

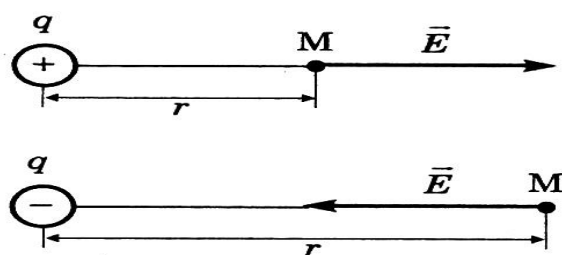
Электр өрісі біртекті деп аталады, егер кез келген нүктеде оның кернеулігі шамасы мен бағыты бойынша бірдей болса.

5.1.6. Нүктелі зарядтың электр өрісінің кернеулігі

Нүктелік зарядтың q өрістің E кернеулігі одан r қашықтығы мына қатынас бойынша анықталады.

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{\epsilon r^2} = k \frac{|q|}{\epsilon r^2} (1.1.5)$$

Егер $q > 0$ үлкен болса, өрістің кез келген нүктетінде \vec{E} векторы зарядтан радиалды сызықтар бойынша бағытталған, ал егер $q < 0$ кіші болса онда зарядқа радиал сызықтар бойынша бағытталған.



3.2.сурет. Электр өрістерінің суперпозиция принципі.

5.1.7. Суперпозиция принципі

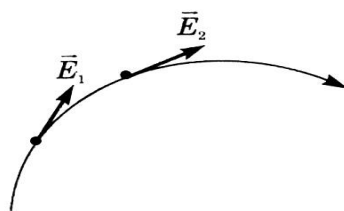
Суперпозиция принципі: егер өріс зарядтар жүйесі арқылы туғызылса, онда оның \vec{E} кернеулігі берілген нүктеде жүйенің әрбір зарядтарының осы нүктеде туғызатын өрістердің кернеуліктерінің векторлық қосылыстарына тең болады:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i (1.1.6)$$

5.1.8. Электр өрісінің кернеулік сызықтары

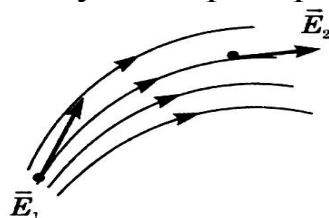
Электр өрісін графикалық түрде кернеулік сызықтарының (күштік сызықтарының) көмегімен бейнелейді.

Кернеулік сызықтар дегеніміз кеңістіктің әрбір нүктесінде оған жүргізілген жанама бағыты бойынша кернеулік векторымен бағытымен сәйкес келетін бағытталған сызықтар.

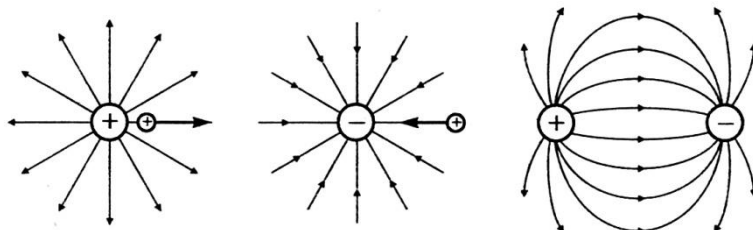


3.2. сурет. Электр өрісінің кернеулік сызықтары.

Кернеулік сызықтары оң зарядтардан басталып теріс зарядта аяқталады. Өрістің әрбір нүктесі арқылы тек бір ғана кернеу сызығы өтеді, сондықтан кернеулік сызықтары қиылыспайды. Кернеу сызықтары тығыз болған сайын электр өрісінің кернеулігінің шамасыда үлкен болады. Кернеу сызықтарының жиілігі (дененің) \vec{E} кернеулік векторының модуліне пропорционал.



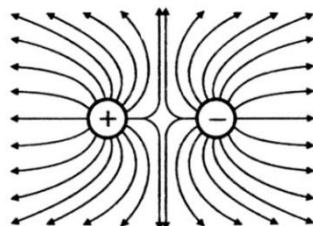
3.3. сурет. Кернеу сызықтарының \vec{E} кернеулік векторының модулі.



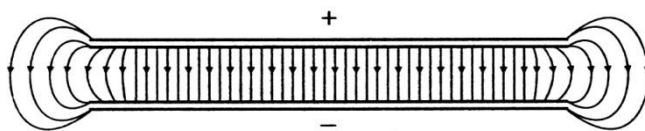
Нүктелі теріс зарядтың электр өрісі

Нүктелі оң зарядтың электр өрісі

Әртекті екі нүктелі зарядтардың электр өрісі



3.4.сурет. Электростатикалық өрістерінің графикатік көрінісі.



3.5. сурет. Біртекті (оң) екі нүктелік зарядтардың электр өрісі.

Жазық конденсатордың астарларының арасындағы кеңістікте электр өрісі біртекті болып табылады.

5.1.9. Электр өрісінің потенциалы

Электр өрісінің потенциалы дегеніміз өрістің энергетикалық сипаттамасы [1].

Потенциал φ - өрістің берілген нүктесіне орналасқан q_0 нүктелі оң (зерттеуші) зарядтың потенциал энергиясының зарядтың шамасына қатынасына тең скалярлық физикалық шама болып табылады:

$$\varphi = \frac{W}{q_0} \quad (1.1.7)$$

Халқаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) потенциалдың өлшем бірлігі $[\varphi] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = 1\text{В}$ (вольт).

5.1.10. Нүктелік зарядтың электр өрісінің потенциалы

Нүктелік зарядтың r қашықтығы өрістің φ потенциалы мынаған тең:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\epsilon r} = k \frac{q}{\epsilon r} \quad (1.1.8)$$

Егер $q > 0$ үлкен болса онда, оның өрісінің потенциалы ($\varphi > 0$) оң болады.

Егер $q < 0$ кіші болса онда, оның өрісінің потенциалы ($\varphi < 0$) теріс болады

5.1.11. Екі нүктелік зарядтардың өзара әсерлесуінің потенциалдық энергиясы

Бір – бірімен r қашықтықта орналасқан екі q_1 және q_2 нүктелі зарядтардың өзара әсерлесудің потенциалдық энергиясы (W) мына өрнекпен анықталады:

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r} = k \frac{q_1 q_2}{r} \quad (1.1.9)$$

5.1.12. Потенциалдар үшін суперпозиция принципі

Егер өріс жүйесі арқылы туғызылса, онда оның берілген нүктедегі потенциалы φ жүйенің әрбір зарядтарының осы нүктеде туғызатын өрістерінің потенциалдарының алгебралық қосындысына тең болады:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n = \sum_{i=1}^n \varphi_i \quad (1.1.10)$$

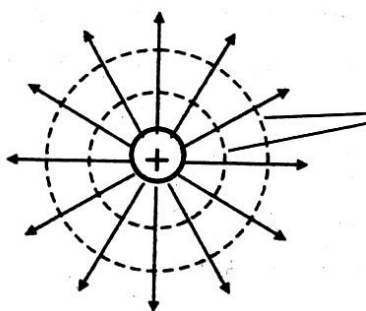
5.1.13. Эквипотенциалдық беттер

Эквипотенциалдық беттер – бірдей φ потенциалға ие өрістің нүктелерінің геометриялық орны. Мұндай беттер мына жағдайда қанағаттандырады.

$$\varphi = \text{const} \quad (1.1.11)$$

Сонымен бірге электр өрісін графиктік тұрғыда эквипотенциалдық беттердің көмегімен тұрғызуға болады.

Өрістің әрбір нүктесінде кернеулік сызығы эквипотенциалды бет өзара перпендикуляр.



*Эквипотенциалдық
Беттер*

3.6. сурет. Эквипотенциалдық беттердің электр өрісін графигі.

5.1.14. Зарядты тасымалдау бойынша электростатика өрісінің жұмысы

Электростатика өрістерінің күштері кез келегін q зарядтар бір нүктеден екінші нүктеге орналастыру кезінде жасайтын жұмысы

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\Delta\varphi = qU \quad (1.1.12)$$

мұнда $\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = U$ – 1 және 2 нүктелердің арасындағы потенциалдар айырмасы (электр кернеуі).

Потенциал айырмасының (кернеуі) СИ жүйесінде $[\Delta\varphi] = [U] = 1\text{В}$.

Кез келген тұйықталған траектория бойынша заряд қозғалған кездегі электр өрісінің күшінің жұмысы нөлге тең. Сондықтан электростатикалық өрістің күші консервативті болады [6].

Зарядтар тек қана электростатика өрістің күштерінің әсерінен қозғалған кезде кинетикалық энергияның өзгерісі жөніндегі теорема мына түрге енеді:

$$\frac{m\vartheta_2^2}{2} = \frac{m\vartheta_1^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (1.1.13)$$

мұнда m – бөлшектің (зарядтың) массасы;

ϑ_1 және ϑ_2 – бөлшектің (зарядтың) сәйкесті бастапқы және ақырғы нүктелеріндегі жылдамдығы;

$\varphi_1 - \varphi_2$ – осы нүктелердің арасындағы потенциалдар айырмасы.

Егер шексіздікте өріс жоқ деп есептесек яғни шексіздіктегі өрістің потенциалын былайша анықтаймыз:

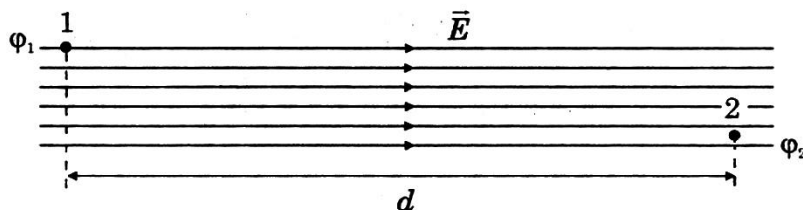
$$A_{1\infty} = q\varphi_1 = \Rightarrow \frac{A_{1\infty}}{q} \quad (1.1.14)$$

Берілген нүктедегі электростатикалық өрістің потенциалы өріс күші бірлік оң зарядта берілген нүктеден шексіздікке тасымалдаған кездегі өрістің жұмысына сан жағынан тең шама.

5.1.15. Біртекті электростатикалық өріс үшін кернеу мен кернеуліктің арасындағы байланыс

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} \quad (1.1.15)$$

мұнда, $U = \varphi_1 - \varphi_2$ – бір – бірінен d қашықтықта орналасқан өрістің кернеулік сызықтар бойымен есептелетін өрістің бойымен нүктелерінің арасындағы кернеу (потенциалдар айырмасы).



3.7. сурет. Біртекті электростатикалық өріс үшін кернеу мен кернеуліктің арасындағы байланысы.

5.1.16. Өткізгіштік зарядталған сферамен немесе шармен ток туғызатын электростатикалық өріс

Егер зарядталған сфера немесе шарға белгілі заряд берсек онда заряд барлық бет бойынша бірқалыпты үлестіріледі. Үйлестірілген зарядтың беттік тығыздығы σ арқылы сипаттауға болады.

$$\sigma = \frac{q}{S} \quad (1.1.16)$$

мұнда, q – S беті бойынша бірқалыпты үлестірілген заряд. Сфера (шар) үшін беттің ауданы $S = 4\pi R^2$ (R – сфера - шардың радиусы)

Халықаралық жүйеде зарядтың беттік тығыздығының өлшем бірлігі $[\sigma] = 1 \text{ Кл}/\text{м}^2$.

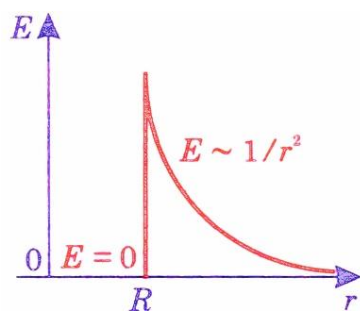
Зарядталған сфераны (шарды) центрінен r қашықтығы туғызатын өрістің E кернеулігі мынаған тең:

Егер $r < R$, онда $E = 0$.

Өткізгішті сфераның (шардың) ішіндегі электростатикалық өрістің кернеулігі 0-ге тең болады.

Егер $r \geq R$, онда

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{\epsilon r^2} = k \frac{|q|}{\epsilon r^2}. \quad (1.1.17)$$



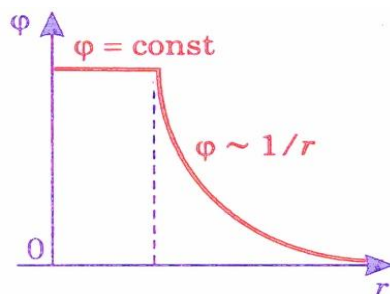
3.8. сурет. Зарядталған өткізгішті сфераның (шардың) центріне дейінгі r қашықтықта өрістің кернеулігіне тәуелділігінің графигі.

Зарядталған өткізгішті сфераның (шардың) центріне дейінгі r қашықтықта туғызатын өрістің φ – потенциалы:

Егер $r \leq R$, онда $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon R} = k \frac{q}{\epsilon R} = const$ - сфераның (шардың) потенциалы [5. Б. 61].

Өткізгіш сфераның (шардың) ішіндегі электр өрісінің потенциалы тұрақты және сфераның (шардың) бетіндегі потенциалға тең болады.

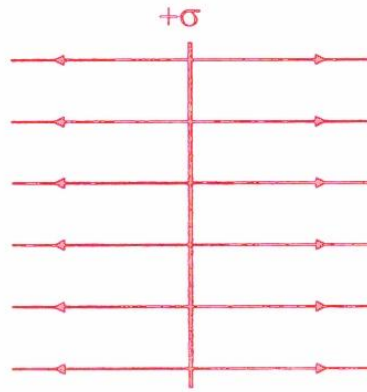
Егер $r > R$, онда $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r} = k \frac{q}{\epsilon r}$.



3.9. сурет. Өткізгіш сфераның (шардың) центріне дейінгі r қашықтықта туғызатын өрістің потенциалының тәуелділігінің графигі.

5.1.17. Шексіз біртекті зарядталған жазықтықтың туғызатын электростатикалық өрісі

Шексіз біртекті зарядталған жазықтықтың өрісінің E кернеулігі модуль бойынша бірдей және жазықтыққа перпендикуляр:



3.10. сурет. Шексіз біртекті зарядталған жазықтықтың туғызатын электростатикалық өрісі.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} = \frac{q}{2\epsilon\epsilon_0 S} \quad (1.1.18)$$

мұнда, $\sigma = \frac{q}{S}$ – жазықтықтың зарядының беттік тығыздығы;
 ϵ – жазықтықта орналасқан ортаның диэлектрлік өтімділігі.

Шекті өлшемді жазықтық үшін жоғарыда көрсетілген формула жазықтыққа дейінгі қашықтық айтарлықтай аз болады.

5.1.18. Оқшауланған өткізгіштің электрсійымдылығы

Оқшауланған өткізгіш басқа өткізгіштерден, денелерден және зарядтардан алшақ орналасқан өткізгіш [12. Б. 14].

Оқшауланған өткізгіштің электрсійымдылығы C оқшауланған өткізгіш үшін оның потенциалын бірлік шамаға өзгерту үшін өткізгішке берілетін зарядқа шама жағынан тең скалярлық физикалық шама.

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (1.1.19)$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде электрсыйымдылықтың өлшем бірлігі $[C] = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = 1 \text{ Ф}$ (фарад).

Электрсыйымдылық өткізгіштердің электр зарядын жинақтау және сақтау сипаттайтын қасиеті, және осы зарядтармен байланысты.

Өткізгіштің электрсыйымдылығы өткізгіштің материалынан, формасынан өткізгіштердің ішіндегі қуыстардың өлшемдерінен мұндағы зарядына және потенциалына тәуелсіз.

Радиусы R оқшауланған шардың электрсыйымдылығы диэлектрлік өтімділігі ε біртекті диэлектрикте орналасқан:

$$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0(1.1.20)$$

5.1.19. Конденсатордың электрсыйымдылығы

Конденсатор дегеніміз – қалыңдығы өлшемдермен салыстыру бойынша өткізгіштің өлшемдерімен за болатын диэлектрлік қабатпен бөлінген екі өткізгіштің жүйесі болып табылады.

Конденсаторды құрайтын өткізгішті оның астарлары деп аталады.

Конденсаторлардың асталары шамасы бойынша бірдей таңбасы бойынша қарама - қарсы зарядтарына зарядталады [2].

Астарларының формасы бойынша конденсаторлар жазық сфералық және цилиндрлік болып бөлінеді.

Пайдаланылатын диэлектрліктің түрі бойынша конденсаторлар ауалық, электролиттік, керамикалық, қағаздық, слюдарлық және тағы да басқаға бөлінеді.

Конденсаторлар сонымен бірге тұрақты айнымалы сыйымдылықты болып бөлінеді.

Электрсыйымдылық конденсаторлардың зарядына оның астарларының арасындағы потенциалдар айырмасына тең скалярлық физикалық шама.

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}(1.1.21)$$

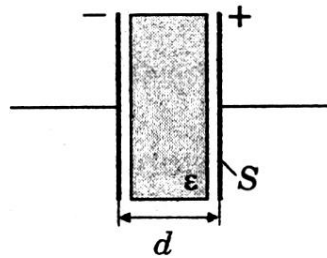
Конденсаторлардың заряды деп оның бір астарларындағы зарядтау модулі түсініледі.

5.1.20. Жазық конденсатор

Жазық конденсатордың электрсыйымдылығы

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \quad (1.1.22)$$

мұнда, S – конденсатордың бір астарының (жазықтық) ауданы;
 d – астарлар арасындағы арақашықтық;
 ε – диэлектрліктің диэлектрлік өтімділігі.



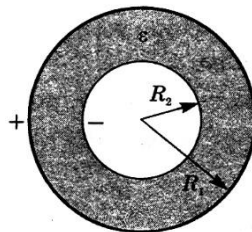
3.13.сурет. Жазық конденсатор.

5.1.21. Сфералық конденсатор

Сфералық конденсатордың электрсыйымдылығы мына формула бойынша анықтаған

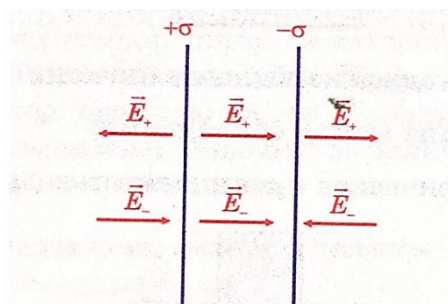
$$C = \frac{4\varepsilon\varepsilon_0 R_1 R_2}{R_1 - R_2} \quad (1.1.23)$$

мұнда R_1 және R_2 – ішкі және сыртқы астарларының радиусы.



3.14.сурет. Сфералық конденсатор.

5.1.22. Жазық конденсатордың электр өрісінің кернеулігі.



3.15.сурет. Жазық конденсатордың электр өрісінің кернеулігі.

Жазық конденсаторлар астарлар арасындағы электр өрісінің кернеулігі мына қатынас бойынша анықталады.

$$E = E_+ + E_- = 2E_+ = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S} \quad (1.1.24)$$

мұндағы E_+ және E_- - сәйкесті түрде конденсатордың оң және теріс зарядталған астарларының арасындағы туатын электр өрістерінің кернеулігі;

$\sigma = \frac{q}{S}$ – конденсатор астарларындағы зарядтың беттік тығыздығы;

q – конденсатор заряды;

S – астарлардың ауданы.

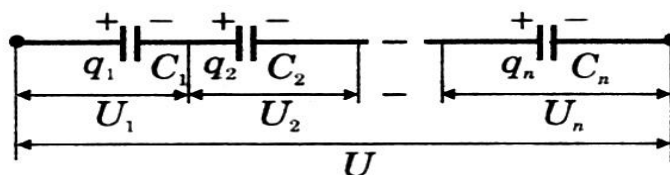
Конденсатор астарларының сыртындағы электр өрісінің кернеулігі 0- ге тең.

Екі қарама – қарсы зарядталған жазық конденсатордың астарлар арасындағы тартылыс күші:

$$F = q \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} = \frac{q^2}{2\epsilon\epsilon_0 S} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon\epsilon_0} \quad (1.1.25)$$

5.1.23. Конденсаторларды қосу

Қажетті сыйымдылықты алу үшін конденсаторларды батареяларға қосады. Конденсаторларды қосу тізбектей, параллель және аралас болуы мүмкін.



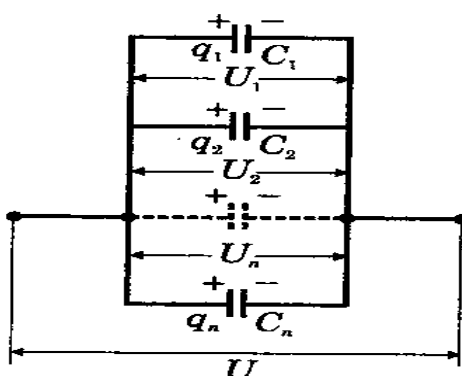
3.16.сурет. Конденсаторларды тізбектей қосу.

Конденсаторларды тізбектей қосқан кезде мынандай заңдылықтар орындалады:

$$q = q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n,$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n,$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$



3.17.сурет. Конденсаторларды параллель қосу.

Конденсаторларды параллель қосқан кезде мынандай заңдылықтар орындалады:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n,$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n,$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

5.1.24. Зарядталған конденсатордың энергиясы

Зарядталған конденсатордың энергиясы конденсаторды зарядтау үшін қажетті жұмыс арқылы анықталады.

Зарядталған конденсатордың энергиясы W оның электр өрісінің жұмысы болып табылады:

$$W = \frac{1}{2}qU = \frac{1}{2}\frac{q^2}{c} = \frac{1}{2}CU^2 \quad (1.1.26)$$

Конденсатордың энергиясын оның астарларының арасында орналасқан электр өрісінің E кернеулігі арқылы өрнектеуге болады. Жазық конденсатор үшін

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{d}, \text{ ал } U = E \cdot d$$

сонда

$$W = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2 V = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2 Sd \quad (1.1.27)$$

мұндағы $V = Sd$ – конденсатордың ішкі көлемі.

5.1.25. Зарядталған оқшауланған өткізгіштің энергиясы

Зарядталған оқшауланған өткізгіштің W энергиясы мынаған тең болады

$$W = \frac{1}{2}q\varphi = \frac{1}{2}\frac{q^2}{c} = \frac{1}{2}C\varphi^2 \quad (1.1.28)$$

мұндағы q – өткізгіштің заряды;

φ – өткізгіштің потенциалы;

C – өткізгіштің электр сыйымдылығы.

5.1.26. Электр өрісінің энергиясы және энергиясының тығыздығы

Біртекті электр өрісі үшін W энергия мына қатынас арқылы анықталады

$$W_{эл} = \frac{1}{2} \varepsilon \varepsilon_0 E^2 V \quad (1.1.29)$$

мұндағы ε – ортаның диэлектрлік өтімділігі;

ε_0 – электр тұрақтысы;

E – электр кернеулігі;

V – электр өрісінде орналасқан көлем.

Электр өрісінің энергиясының тығыздығы w бұл бірлік көлемге келетін электр өрісінің энергиясы.

$$w_{эл} = \frac{W_{эл}}{V} = \frac{1}{2} \varepsilon \varepsilon_0 E^2 \quad (1.1.30)$$

Егер орта изотропты болса, онда энергияның тығыздығы үшін өрнек $w = \frac{1}{2} \varepsilon \varepsilon_0 E^2$ кез келген конфигурацияда электр өрістері орындалады.

5.2. Тұрақты электр тогы

5.2.1. Электр тогы

Электр тогы дегеніміз электр зарядтарының еркін тасымалдаушыларды реттелген қозғалысы.

Электр тогы өткізетін затты өткізгіштер деп аталады.

Бірінші текті өткізгіштерге металдар жатады.

Екінше текті өткізгіштерге электролиттер жатады.

Металдардағы электр зарядтарын еркін тасымалдаушылар болып электрондар болып табылады, электролиттерде – оң және теріс иондар газдарда – электрондар мен иондар, өткізгіштерде – электрондар мен кемтіктер.

Барлық орталарда зарядтарды еркін тасымалдаушылардың бағытталған қозғалысы сыртқы электр өрісінің күшінің әсерінен пайда болады.

Шартты түрде электр тогының бағыты ретінде оң зарядталған бөлшектердің бағыты алынады.

5.2.2. Электр тогының өмір сүру шарты

Электр тогы пайда болған және өмір сүруі үшін мына заттардың болуы қажет:

- а) электр зарядтарын еркін тасымалдаушылардың;
- б) энергиясы толтырылып отыратын сыртқы электр өрісінің болуы.

5.2.3. Ток күші

Ток күші I - бұл электр зарядының өткізгіштің көлденең қимасы арқылы, оның өту уақытына тең скалярлық физикалық шамасы:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1.2.1)$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде ток күшінің өлшем бірлігі $[I] = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = 1 \text{ А (ампер)}$.

Егер токтың күші және бағыты уақыт өтуімен өзгермейтін болса, мұнда ондай ток тұрақты деп аталады [7].

Егер ток екі белгіні тасымалдаушылармен жасалса, және де Δt уақытында өткізгіштің көлденең қимасы арқылы оң тасығыштар Δq^+ зарядын бір бағытта, ал теріс - Δq^- зарядын қарама - қарсы болса, онда ток күші

$$I = \frac{\Delta q^+}{\Delta t} + \frac{|\Delta q^-|}{\Delta t} \quad (1.2.2)$$

Метал өткізгіштің ток күші (өткізгіштіктің классикалық электрон теориясына сай)

$$I = en\vartheta S \quad (1.2.3)$$

тең болады.

мұндағы, e – элементар заряд (электронның зарядының модуль) ;

n – еркін электрондардың концентрациясы (өткізгіштің бірлік көлеміндегі еркін электрон саны);

ϑ -электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығы(дрейфтің жылдамдығы) ;

S – өткізгіштің көлденең қимасының ауданы.

5.2.4. Ток тығыздығы

Ток тығыздығы \vec{j} дегеніміз токтың бағытына перпендикуляр өткізгіштің көлденең қимасынан бірлік ауданы арқылы өтетін ток күшінің сан жағынан тең векторлық физикалық шама.

Ток тығыздығының векторының бағыты ретінде зарядтың оң тасымалдаушылардың реттелген қозғалысының жылдамдық векторының бағытына бағытталады.

Тұрақты ток үшін өткізгіштің көлденең қимасына перпендикуляр ағатын тығыздығы мынаған тең

$$j = \frac{I}{S} (1.2.4)$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде ток тығыздығының өлшем бірлігі $[j] = 1 \frac{A}{m^2}$.

Өткізгіштегі ток тығыздығы мына қатынаспен анықталады

$$j = \frac{I}{S} = en\vartheta$$

немесе

$$\vec{j} = en\vec{\vartheta} (1.2.5)$$

мұнда e – элементар заряд;

n – зарядты еркін тасымалдаушылардың концентрациясы;

$\vec{\vartheta}$ – оң зарядты тасымалдаушы реттелген қозғалысының жылдамдық векторы.

5.2.5. Тізбектің біртекті бөлігі үшін Ом заңы

Мұнда бөгде күштер әсер етпейді. Бөгде күштер дегеніміз табиғатта электрлік емес күштер.

Тізбектің біртекті бөлігі үшін Ом заңы дегеніміз тізбектің біртекті учаскісінің ток күші оның ұштарындағы кернеуге тура пропорционал, кедергісіне кері пропорционал болады:

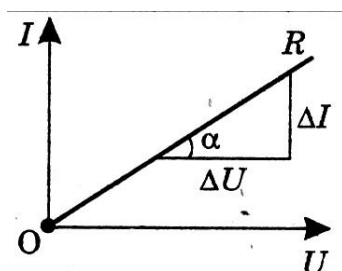
$$I = \frac{U}{R} \quad (1.2.6)$$

мұндағы, R – тізбектің біртекті бөлігінің кедергісі (өткізгіштің кедергісі);

Халықаралық бірліктер жүйесінде өткізгіштің кедергісінің өлшем бірлігі $[R] = 1 \frac{B}{A} = 1 \text{ Ом}$.

Ом заңына сай ток күшінің кернеуге тәуелділігі берілген өткізгіш үшін берілген өткізгіш үшін ток күшінің кернеуге тәуелділігінің (вольтамперлік сипаттама) графигі түзу сызық болып табылады. Осы түзудің абсцисс осіне еңкеюіне тангенс бұрышы мына өткізгіштің кедергісіне кері пропорционал.

$$\frac{\Delta I}{\Delta U} = \frac{1}{R} \quad (1.2.7)$$



3.18. сурет. Тізбектің бөлігінде кернеудің төмендеуі.

$U = I \cdot R$ шамасын тізбектің бөлігінде кернеудің төмендеуі деп аталады.

Тізбектің біртекті бөлігіндегі кернеудің түбіндегі аралықты ондағы кернеумен сәйкес келеді.

Металдардағы және электролиттердегі ток күшінің кернеуден тәуелділігі Ом заңына бағынады. Газдар және шала өткізгіштер үшін бұл заң жалпы жағдайда орындалмайды.

5.2.6. Өткізгіштің кедергісі

Өткізгіштің кедергісі - бұл өткізгіштің бос зарядтардың реттелген қозғалысына кедергі жасау қабілетін сипаттайтын скалярлық физикалық шама.

Өткізгіштің кедергісі оның өлшемдері мен пішініне, сондай-ақ өткізгіш дайындалған материалға байланысты болады.

Біртекті материалдан жасалған S бірдей көлденең қимасы бар ұзындығы l өткізгіштің кедергісі ара қатынаспен анықталады.

мұндағы, ρ - материалдың үлестік кедергісі.

СИ жүйесіндегі үлес кедергісі бірлігі

Материалдың меншікті кедергісі температураға байланысты. Көптеген металдар үшін температуралардың кең интервалында P T температурасына сызықтық тәуелділік әділ:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)(1.2.8)$$

мұнда ρ – өткізгіштің t °C салыстырмалы кедергісі.

ρ_0 – 0 °C өткізгіштің меншікті кедергісі;

α – кедергінің температуралық коэффициенті.

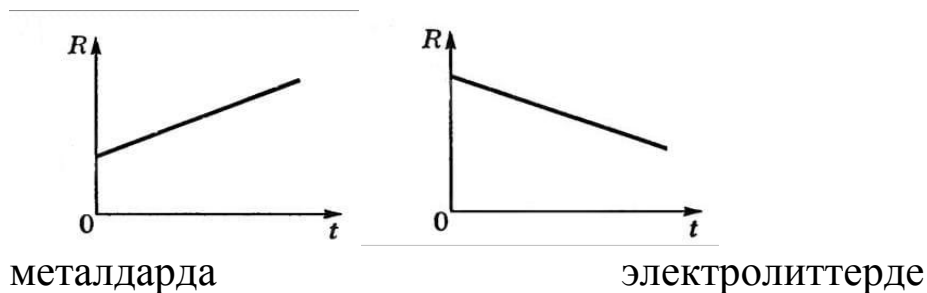
СИ жүйесіндегі кедергінің температуралық коэффициентінің өлшем бірлігі $[\rho] = \text{град}^{-1}(\text{K}^{-1})$.

ρ меншікті кедергісінің кері шамасы σ меншікті өткізгіштік деп аталады:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}(1.2.9)$$

СИ жүйесінде меншікті өткізгіштіктің өлшем бірлігі $[\sigma] = 1 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$.

Электролиттер үшін кедергінің температуралық коэффициенті теріс, металдар үшін-оң.



3.19. сурет. Электродиттер үшін кедергінің температуралық коэффициенті.

Егер қыздыру кезінде өткізгіш өлшемдерінің өзгеруін елемесеңіз, онда

$$R = R_0(1 + \alpha t)(1.2.10)$$

мұнда R – $t^\circ\text{C}$ кезіндегі өткізгіштің кедергісі

R_0 – 0°C кезіндегі өткізгіштің кедергісі

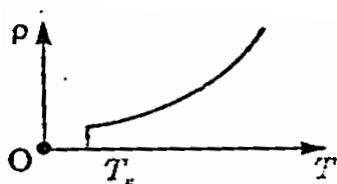
R кері кедергісінің шамасы G өткізгіштігі деп аталады:

$$G = \frac{1}{R}(1.2.11)$$

Си жүйесінде өткізгіштің өлшем бірлігі $[G] = 1 \text{ Ом}^{-1} = 1 \text{ См}$ (сименс).

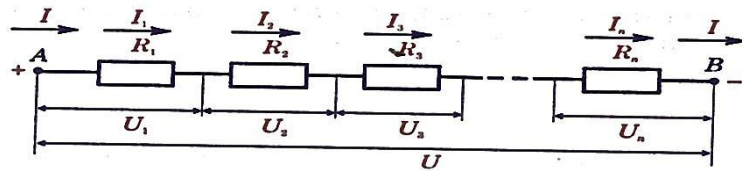
Төмен температураларда ρ және $t^\circ\text{C}$ сызықтық тәуелділіктен ауытқу байқалады.

Көптеген металдар мен қорытпалар бірнеше Кельвин температурасында секіруге қарсылық нөлге түседі. Бұл құбылыс өте өткізгіштіктің атауын алды.



3.20. сурет. Өткізгіштердің сызықтық тәуелділіктен ауытқуы.

5.2.7. Өткізгіштерді тізбектей және параллель қосу



3.21.сурет.Өткізгіштерді тізбектей қосу.

Өткізгіштерді тізбектеп жалғаған кезде келесі қатынастар орындалады.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n;$$

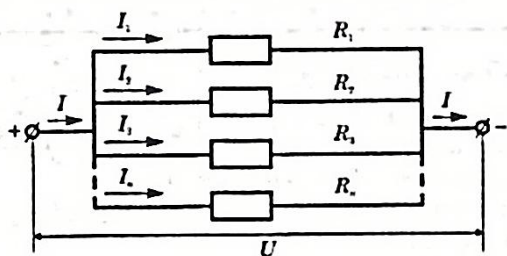
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i \quad (1.2.11)$$

Егер $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$, онда жалпы кедергі

$$R = n \cdot R_1 \quad (1.2.12)$$

Өткізгіштерді тізбектеп жалғаған кезде олардың жалпы кедергісі ең үлкен кедергіден көп болады.



3.22.сурет. Өткізгіштерді параллель жалғау.

Өткізгіштерді параллель жалғаған кезде мына қатынастар орындалады:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n; \\ U &= U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n; \\ \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (1.2.13) \end{aligned}$$

Параллель қосылған екі өткізгіш үшін олардың жалпы кедергісі мынаған тең.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.2.14)$$

Егер $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$ болса, онда жалпы кедергі

$$R = \frac{R_1}{n} \quad (1.2.15)$$

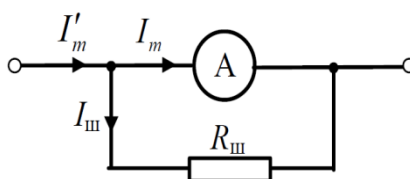
Өткізгіштерді параллель жалғағанда олардың жалпы кедергісі кедергілерден аз болады.

5.2.8. Шунт

Тізбектегі ток күшін өлшеу үшін амперметрлер қолданылады. Амперметр өлшенетін тізбекке біртіндеп қосылады. Әрбір амперметр белгілі бір максималды ток күшіне есептелген. Амперметрге өлшеу шегін кеңейту үшін шунт деп аталатын кедергіні параллель қосады.

Параллель қосылыстардың заңдылықтарын пайдалана отырып, алуға болады.

$$\begin{aligned} I &= I_A + I_{\text{ш}} \\ I_A R_A &= I_{\text{ш}} R_{\text{ш}} \quad (1.2.16) \end{aligned}$$



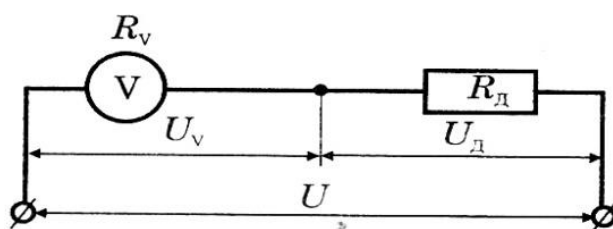
3.23.сурет. Тізбектегі ток күшін өлшеу.

Амперметр ($I = nI_A$) есептелген ток күшін **n есе** үлкен өлшеу үшін шунтты кедергімен қосу қажет.

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{n-1} \quad (1.2.17)$$

5.2.9. Қосымша кедергі

Кернеуді өлшеу үшін вольтметрлер қолданылады. Вольтметр параллель өлшенетін тізбекке қосылады.



3.24.сурет. Кернеуді өлшеу.

Әрбір вольтметр белгілі бір максималды кернеуге есептелген. Вольтметрге өлшеу шегін кеңейту үшін **қосымша кедергі** деп аталатын кедергіні дәйекті түрде қосады.

Тізбекті қосылыстың заңдылықтарын пайдалана отырып, алуға болады.

Вольтметр ($U = nU_v$) есептелген кернеуді **n есе** үлкен өлшеу үшін қосымша кедергіні қосу қажет

$$R_d = R_v(n - 1) \quad (1.2.18)$$

5.2.10. Токтың жұмысы және қуаты

Токтың тізбектегі өтуі кезінде электр өрісі зарядтың орнын ауыстыру бойынша жұмыс жасайды. Бұл жағдайда электр өрісінің жұмысы **токтың жұмысы** деп аталады.

Электр өрісі $\Delta q = I\Delta t$ зарядынан өту кезінде тізбек учаскесі бойынша электр өрісі жұмыс жасайтын болады.

$$A = \Delta q(\varphi_1 - \varphi_2) = \Delta qU = UI\Delta t \quad (1.2.19)$$

Тізбектің біртекті бөлігі үшін токтың жұмысын келесідей есептеуге болады:

$$A = UI\Delta t = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t \quad (1.2.20)$$

Бұл жағдайда ток қуаты тең болады

$$P = \frac{A}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1.2.21)$$

5.2.11. Джоуль-Ленц заңы

Джоуль-Ленц заңы: электр тогынан өту кезінде өткізгіште бөлінетін Q жылулығының саны, ток күші квадратының, өткізгіштің кедергісінің және өткізгіш арқылы токтың өту уақытына тура пропорционалды:

$$Q = I^2 R \Delta t \quad (1.2.22)$$

Егер тізбек бөлігінде механикалық жұмыс жасалмаса және ток химиялық әрекет жасамаса, онда электр тогының барлық жұмысы өткізгіштің қызуына өтеді:

$$Q = A = I^2 R \Delta t = IU \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t \quad (1.2.23)$$

5.2.12. Электр қозғаушы күш (ЭҚК)

Бөгде күштер - электрлік емес күштер.

Электр қозғаушы күш (ЭҚК) - бұл жабық тізбек бойынша q электрлік оң зарядының орнын ауыстырған кезде, осы зарядтың шамасына қарай бөгде күштер жұмысының қатынасына тең скалярлық физикалық шама:

$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q} \quad (1.2.24)$$

Электр қозғаушы күш бұл қуат көзінің энергетикалық сипаттамасы.

СИ жүйесінде электр қозғаушы күшнің өлшем бірлігі $[\varepsilon] = 1 \text{ В}$.

5.2.13. Тізбектің біртекті емес бөлігі үшін Ом заңы

Егер электр тізбегінің бөлігі тізбектей қосылған резисторлар мен ток көздері болса, онда тізбектің мұндай бөлігі **біртекті емес** деп аталады.

Мұндай бөлік үшін тізбектің біртекті емес бөлігі үшін Ом заңы орындалады:

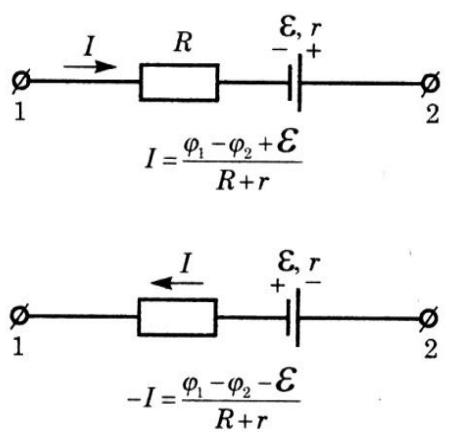
$$\pm I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \mathcal{E}}{R + r} \quad (1.2.25)$$

мұнда $\varphi_1 - \varphi_2$ - тізбек бөлігінің ұштарындағы потенциалдар айырымы;

$\mathcal{E} - r$ - ішкі кедергісі бар ток көзінің электр қозғаушы күші;

R - тізбек бөлігінің кедергісі.

Белгілер ережесі: тізбек бөлігін айналып өту бағыты әрқашан 1 нүктеден 2-ші нүктеге қарай таңдалады.



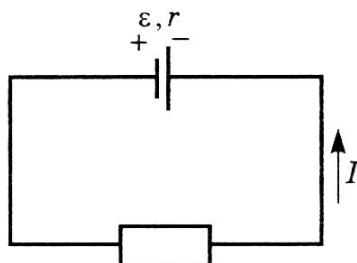
3.25.сурет. Тізбектің біртекті емес бөлігі үшін Ом заңы.

I токтың күші, егер токтың бағыты тізбек учаскесін айналып өту бағытымен сәйкес келсе, және кері жағдайда теріс болып есептеледі [3].

ЭҚК оң деп есептеледі, егер ол тізбек учаскесінде ток жасауға ұмтылса, ол бағыт бойынша айналып өту бағытына сәйкес келеді (яғни егер тізбек учаскесін айналып өту кезінде біз ЭҚК көзінің ішінде «-» к «+» - тен жүрсек), және кері жағдайда (егер тізбек учаскесін айналып өту кезінде біз ЭҚК көзінің ішінде «+» к «-» бара жатсақ).

5.2.14. Толық тізбек үшін Ом заңы

Толық тізбек үшін Ом заңы: тұйықталған тізбектегі ток күші ток көзінің электр қозғаушы күшінің шамасына тура пропорционал және тізбектің ішкі, сыртқы кедергілерінің қосындысымен анықталатын толық кедергісіне кері пропорционал:



3.26.сурет. Толық тізбек үшін Ом заңы.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (1.2.26)$$

мұнда R - тізбек бөлігінің сыртқы кедергісі;

r – тізбек бөлігінің ішкі кедергісі.

Тізбектің ішкі бөлігінің кедергісі деп ток көзінің кедергісін түсінеді.

Тұйықталған тізбек үшін Ом заңы мына түрінде жазуға болады.

$$\varepsilon = U + Ir \quad (1.2.27)$$

мұнда $U = IR$ - тізбектің сыртқы бөлігіндегі кернеу.

Егер сыртқы тізбектегі кернеудің түсуі нөлге ($R \rightarrow 0$) ұмтылса, онда осы тізбектегі ток күші максималды болады. Мұндай ток қысқа тұйықталу тогы деп аталады:

$$I_{\text{қ.т.}} = \frac{\varepsilon}{r} \quad (1.2.28)$$

Қысқа тұйықталу тогы тек ЭҚК және ток көзінің кедергісіне байланысты.

Ток көзінің пайдалы әсер ету коэффициенті - бұл тізбектің (пайдалы қуаттың) сыртқы бөлігінде бөлінетін қуаттың ток көзі дамиды қуатқа (толық қуаттың) қатынасы:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{тол}}} = \frac{IU}{I\varepsilon} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r} \quad (1.2.29)$$

Пайдалы қуаты: сыртқы тізбектің бөлігінде бөлінетін қуат:

$$P = IU = I^2 R \quad (1.2.30)$$

Толық қуат: ток көзінің қуаты:

$$P_{\text{тол}} = I\varepsilon = I^2(R + r) \quad (1.2.31)$$

Жоғалатын қуат: ішкі тізбектің бөлігінде бөлінетін қуат

$$P_{\text{жог}} = I^2 r \quad (1.2.32)$$

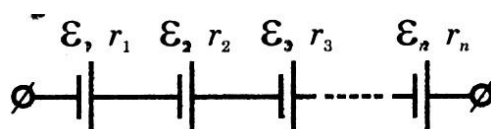
Егер оның сыртқы және ішкі тізбектің кедергісі тең болса, ең үлкен пайдалы қуат тұйық тізбекте бөлінеді ($R=r$):

$$P_{\text{max}} = I^2 R = \left(\frac{\varepsilon}{R+r}\right)^2 R = \frac{\varepsilon^2}{4r} \quad (1.2.33)$$

Ток көзінің пайдалы әсер ету коэффициенті $\eta = 50\%$.

5.2.15. Ток көздерін тізбектей қосу

Бір бағытта ток көздерінің n тізбекті қосылуында келесі арақатынастар орындалады:



3.27.сурет. Ток көздерін тізбектей қосу.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots + \varepsilon_n = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i;$$

$$r = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i \quad (1.2.34)$$

Егер ток көздері бірдей болса, онда: $\varepsilon = n\varepsilon_i$

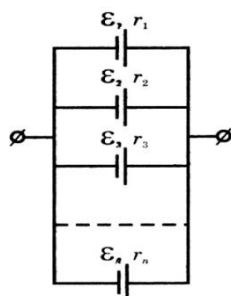
$$r = nr_1$$

Бұл жағдайда тұйық тізбек үшін Ом заңы көрініс табады

$$I = \frac{n\varepsilon_1}{R + nr_1} \quad (1.2.35)$$

5.2.16. Ток көздерін параллель жалғау

n бірдей ток көздерінің параллель жалғануы кезінде келесі арақатынастар орындалады:



3.28.сурет. Ток көздерін параллель жалғау.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \dots = \varepsilon_n;$$

$$r = \frac{r_1}{n}$$

Бұл жағдайда тұйық тізбек үшін Ом заңы көрініс табады

$$I = \frac{\varepsilon_1}{R + \frac{r_1}{n}} \quad (1.2.36)$$

5.2.17. Кирхгоф ережелері

Тармақталған электр тізбектерін есептеу үшін Кирхгоф ережелері қолданылады.

Кирхгофтың бірінші ережесі тармақталған тізбектің түйіндері үшін жазылады және зарядтардың сақталу заңына негізделген.

Түйін үш және одан да көп өткізгіштері бар тармақталған тізбектің нүктесін атайды.

Кирхгофтың бірінші ережесі: түйіндегі токтардың алгебралық сомасы нөлге тең:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots = I_n = 0 \quad (1.2.36)$$

Түйін бағыт бойынша ағымдағы ток белгілерінің ережесі оң болып саналады, ал түйіннің бағыты бойынша ағымдағы токтар теріс деп саналады.

Кирхгофтың екінші ережесі тармақталған тізбектің кез келген тұйық контурлары үшін жазылады және тізбектің біртекті және біртекті емес учаскелері үшін Ом заңына негізделеді [5. Б. 85].

Кирхгофтың екінші ережесі: кез келген тұйықталған контурда кедергілердегі кернеу түсулерінің қосындысы осы контурдағы ЭҚК – тердің алгебралық қосындысына тең болады:

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + \dots + I_n R_n = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots + \varepsilon_n$$

$$(1.2.37)$$

Белгілер ережесі: егер берілген контурды айналып өту бағыты токтың оң бағытымен бағыттас болса, онда ток көзінің ішкі кедергісіндегі және өткізгіштердегі кернеудің түсуі оң деп есептеледі. Егер ток көзін айналып өту бағыты теріс полюстен басталып оң полюсте аяқталатын болса, онда ЭҚК-і оң таңбамен алынады. Ток көзін оң полюстен бастап теріс полюске қарай айналып өтетін болса, онда ЭҚК-і теріс таңбамен алынады.

5.2.18. Электролиттердегі электр тогы

Электролиттер екінші түрдегі өткізгіштер деп аталады. Электролит тұздардың, қышқылдар мен сілтілердің ерітінділерін қамтиды. Заттар еріген кезде электролиттік диссоциация пайда болады.

Электролиттік диссоциация - бұл заттардың жекелеген иондарға ыдырау процесі. Егер электролиті бар ыдысты электродтардың көмегімен электр тізбегіне қосса, онда электролит иондары қозғалысқа келеді және тізбекте электр тогы ағады.

Электродтар тізбектерінде ток ағу кезінде заттардың бөлінуі болады. Бұл процесс **электролиз** деп аталады. Бөлінген заттың массасын Фарадей заңын пайдалана отырып анықтауға болады.

Фарадейдің бірінші заңы: электродта бөлінген заттың массасы электролит арқылы өткен Δq зарядына пропорционалды:

$$m = k\Delta q = kI\Delta t \quad (1.2.38)$$

мұнда m - электродта бөлінген заттың салмағы:

k - заттың электрохимиялық эквиваленті

Δq - электролит арқылы өткен заряд;

I – электролит арқылы ағымдағы ток күші;

Δt - токтың өту уақыты.

Халықаралық бірліктер (СИ) жүйесінде заттың электрохимиялық эквивалентінің өлшем бірлігі $[k] = 1 \text{ кг/Кл}$.

Заттың химиялық эквиваленті заттың молярлық массасының иондардың валенттілігіне қатынасы деп аталады:

$$\frac{M}{n}$$

мұнда M - заттың молярлық массасы;

n - иондардың валенттілігі.

Фарадейдің екінші заңы: заттың электрохимиялық эквиваленті k оның химиялық эквивалентіне пропорционалды:

$$k = \frac{1}{F} \frac{M}{n} \quad (1.2.39)$$

мұнда $F = eN_A \approx 96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$ – Фарадей саны.

Фарадейдің біріктірілген заңы:

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} \Delta q = \frac{1}{F} \frac{M}{n} I \Delta t \quad (1.2.40)$$

Электролиз металдарды (алюминий, бериллий, кальций, натрий және т.б.) алу, тазалау және тазарту, жабындарды электролитпен жағу (алтын жалату, күміс жалату, никельдеу), бейнелерді қалыптастыру (гальванопластика) және т. б. үшін қолданылады.

Электр тогының электролиттерде ағуы кезінде Ом және Джоуль - Ленц заңдары орындалады.

5.3. Магнит өрісі

Магнит өрісі-қозғалыстағы электр зарядтары, сонымен қатар электр тогы және магниттелген денелер арасында пайда болатын, материяның ерекше түрі. Магнит өрісін қозғалыстағы электр зарядтарына, электр тогы мен магниттелген денелерге әсер ету арқылы анықтауға болады.

5.3.1. Магнит индукция векторы

Магнит өрісін сипаттау үшін магнит индукциясы (магнит индукция векторы) деп аталатын \vec{B} енгізіледі. Магнит индукциясы магнит өрісінің күштік сипаттамасы болып табылады. Магнит индукциясы векторының модулі ток күші I мен өткізгіштің ұзындығына Δl магнит өрісі тарапынан өткізгіш токқа әсер ететін максималь күштің қатынасына тең: [1. Б. 90]

$$B = \frac{F_{\max}}{I\Delta l} \quad (1.1.1)$$

Сондай-ақ магниттік индукция векторының модулі максимальды механикалық айналу моментіне M_{\max} , магнит өрісі тарапынан ток тізбегіне әсер ететін ток күші мен ток тізбегінің ауданының қатынасына тең:

$$B = \frac{M_{\max}}{IS} \quad (1.1.2)$$

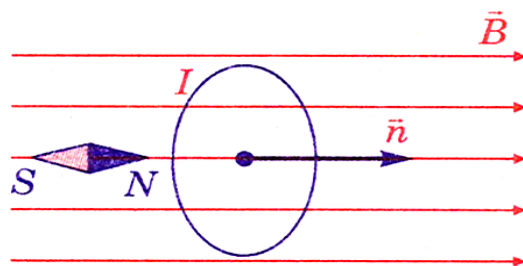
! ХБЖ бірліктер жүйесінде магнит индукциясының өлшем бірлігі [В]=1 Тл (тесла) алынған.

! $\rho_m = IS$ шамасы ток контурының магнит моменті деп аталады. Ток тізбегіне әсер ететін механикалық айналу моменті, мынаған тең:

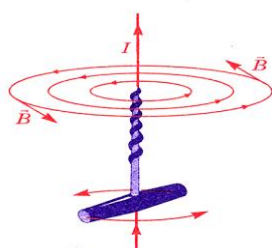
$$M = \rho_m B \sin \alpha \quad (1.1.3)$$

Мұндағы α – магнит индукция векторы \vec{B} мен нормаль контур арасындағы бұрыш.

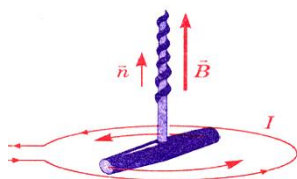
Магнит векторының бағыты магнит өрісіне орналастырылған магнит стрелкасының солтүстік полюсімен сәйкес келеді. Кейбір жағдайларды магнит индукция векторының бағытын бұрғы ережесімен анықтауға болады.



3.29. сурет. Магнит индукциясының векторының бағытын бұрғы ережесімен анықтау тәсілі



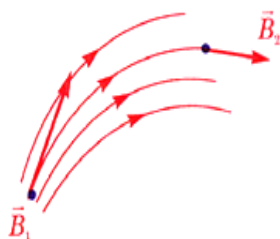
Тіке токтағы магнит өрісінің индукция векторының бағыты. Егер бұранданың өткір ұшының қозғалыс бағыты өткізгіштегі токтың бағытымен сәйкес келсе, онда бұранданың тұтқасының бағыты магнит индукция векторының бағытымен сәйкес келеді.



Айнымалы токтағы магнит өрісінің индукция векторының бағыты. Егер бұранда тұтқасының қозғалысы өткізгіштегі токтың бағытымен бағыттас болса, онда магнит индукция векторының бағыты бұранданың өткір ұшының бағытымен сәйкес келеді.

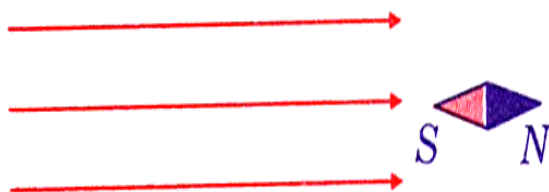
5.3.2. Магнит индукциясының сызықтары

Магнит индукциясының сызықтары – өрістің әрбір нүктесі вектор \vec{B} бағытымен сәйкес келетін бағытталған сызықтар. [1. Б. 92]



3.30. сурет. Магнит индукциясының сызықтары

Магнит индукциясы сызығының бағытын оңтүстік полюстан солтүстік полюске қарай бағытталған магнит тілшелерімен есептеу қабылданған.



3.31. сурет. Магнит индукциясының бағыты

Магнит индукция сызытары әркез оқшауланған болады. Сондықтан магнит өрісін вихревті деп атайды.

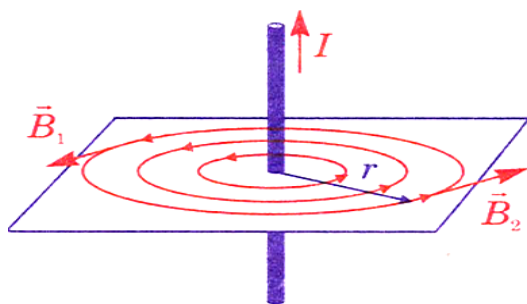
!Магнит индукциясы сызықтарының оқшауланған екендігінің себебін, магнит өрісінің көзі жоқ т.б, табиғатта электр зарядына ұқсас магнит заряды жоқ екендігі түсіндіріп береді.

Әрбір өріс нүктесі арқылы тек қана бір магнит индукциясының сызығы өтеді, сондықтан магнит индукциясының сызықтары бір-бірімен түйіспейді. Магнит индукциясының сызықтары қалыңдаған сайын, магнит индукция өрісінің модулі көп болады.

5.3.3. Тогы бар түзу өткізгіштегі магнит өрісі

I Тогы бар түзу өткізгіштегі магнит өрісі индукциясының қатынасы мына өрнекпен анықталады.

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r} \quad (1.1.4)$$



3.32. сурет. Тогы бар түзу өткізгіштегі магнит өрісі

мұндағы $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ магниттік тұрақты

μ - ортаның магнит өтімділігі

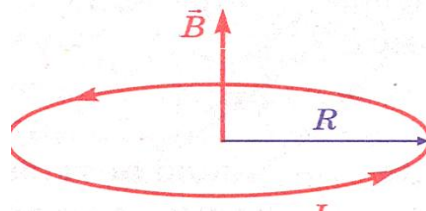
r – өткізгіштен қарастырылып отырған нүктеге дейінгі арақашықтық.

Ортаның магнит өтімділігі – зат ішіндегі магнит өрісі индукциясының вакуумге қарағанда қаншалықты көп екенін көрсететін физикалық өлшем. Егер магнит өрісі ауасы сорылған ортада, яғни вакуумда пайда болса, онда $\mu=1$ алынады. [2. Б. 67]

5.3.4. Дөңгелек токтағы магнит өрісі

Жұқа дөңгелек катушканың центріндегі магнит индукция өрісі арқылы өтетін ток күшін, мына өрнек арқылы анықтаймыз

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R} \quad (1.1.5)$$



3.33. сурет. Дөңгелек токтағы магнит өрісі

мұндағы, R - дөңгелек катушканың радиусы;

μ – ортаның магнит өтімділігі;

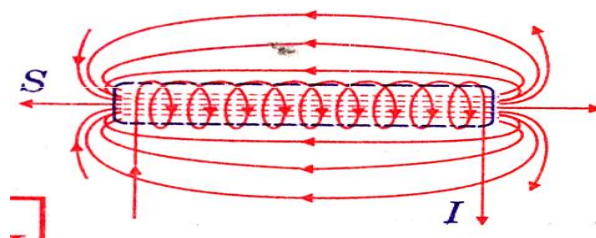
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{А}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ - магниттік тұрақты

5.3.5. Соленоидтағы магнит өрісі

Соленоид – электр сымдары бір бағытта оралған катушка. Егер соленоидтың ұзындығы электр сымның радиусынан үлкен болса, онда соленоид ішіндегі өрісті біртекті деп санауға болады.

Соленоид ішіндегі магнит индукциясының өрісі арқылы өтетін ток күшінің қатынасы мына формула арқылы анықталады:

$$B = \frac{\mu_0 \mu n I}{l} = \mu_0 \mu n I \quad (1.1.6)$$



3.34. сурет. Соленоидтағы магнит өрісі

мұндағы N – соленоидтағы электр сымдарының саны

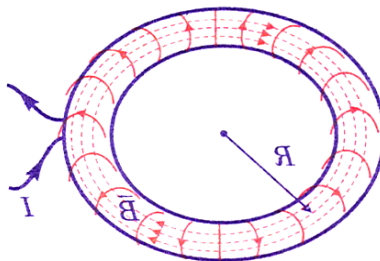
l – соленоидтың ұзындығы

$n = \frac{N}{l}$ – соленоид ұзындығының бір бірлігіне сәйкес келетін электр сымның саны.

5.3.6. Тороидтағы магнит өрісі

Тороид – бұл тұйықталған соленоид сақинасы. Тороидтың магнит өрісі тороидтың ішіне бағытталған. Тороид сыртында өріс болмайды. Тороид ішіндегі магнит өрісінің индукциясы арқылы өтетін ток күші I , мына өрнекпен анықталады:

$$B = \frac{\mu_0 \mu N I}{2\pi R} = \mu_0 \mu n I \quad (1.1.7)$$



3.35. сурет. Тороидтағы магнит өрісі

$$n = \frac{N}{2\pi R}$$

мұндағы N – тороидтағы электр сымның саны;
 R – тороид ось сызығының радиусы;
 тороид ұзындығының бір бірлігіндегі электр сымдарының саны

5.3.7. Магнит өрісінің суперпозиция принципі

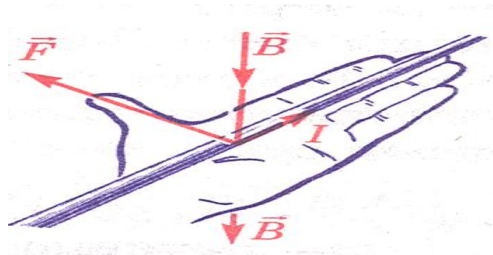
Суперпозиция принципі: бірнеше токтардың немесе қозғалыстағы зарядтардың тудыратын қорытқы өрісінің магнит индукциясы әрбір токтың немесе қозғалыстағы зарядтың жеке-жеке тудыратын өрістерінің магнит индукцияларының векторлық қосындысына тең болады.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i \quad (1.1.8)$$

5.3.8. Ампер күші

Ток өткізгішіне магнит өрісі тарапынан әсер ететін күш, Ампер күші деп аталады. Ампер күшінің модуль мына өрнекпен анықталады:

$$F_A = IB\Delta l \cdot \sin \alpha \quad (1.1.9)$$



3.36. сурет. Ампер күшінің бағытын анықтау. Сол қол ережесі

мұндағы, I – өткізгіш арқылы өткен ток күші;
 B - магнит өрісі индукциясы

Δl - өткізгіштің ұзындығы;

α - өткізгішке бағытталған ток пен вектор \vec{B} арасындағы бұрыш.

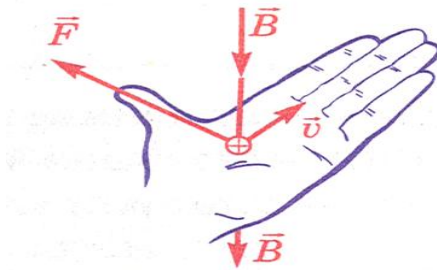
Ампер күшінің бағыты \vec{F}_A сол қол ережесі арқылы анықталады.

Сол қол ережесі: Егер сол қолды магнит өрісінің күш сызықтары алақанға енетіндей етіп, ал төрт саусақты ток бағытымен ұстағанда, бас бармақты 90° бұрса онда өткізгішке әсер ететін күштің бағытын көрсетеді (ток бағыты етіп электронның немесе электр өрісіндігі теріс иондардың қозғалысына қарсы бағыт алынады).

5.3.9. Лоренц күші

Қозғалып жүрген зарядтарға магнит өрісі тарапынан әсер ететін күш Лоренц күші деп аталады. Лоренц күшінің модулі мына формуламен анықталады:

$$F_L = q \mathcal{B} \cdot \sin \alpha \quad (1.1.10)$$



3.37. сурет. Лоренц күшінің бағытын анықтау. Сол қол ережесі мұндағы q – заряд модулі

\mathcal{B} – жылдамдық

B – магнит индукциясы

α - \vec{v} мен \vec{B} векторларының арасындағы бұрыш.

Қозғалып бара жатқан оң зарядқа әсер етуші Лоренц күшінің бағыты \vec{F}_L , сол қол ережесімен анықталады.

Сол қол ережесі: Егер сол қолдың алақанын магнит өрісінің векторы енетіндей етіп орналастырса, ал төрт саусақты жылдамдық

векторының бойымен жіберсе, онда керілген бас бармақ оң зарядқа әсер ететін күштің бағытын көрсетеді.

5.3.10. Зарядталған бөлшектердің магнит өрісіндегі қозғалысы

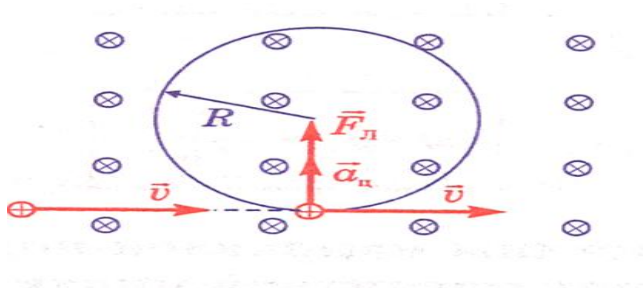
Зарядталған бөлшектердің магнит өрісіндегі қозғалысының үш жағдай белгілі:

1. Бөлшектің жылдамдық векторы \vec{v} магнит индукция векторына \vec{B} параллель.

Бұл жағдайда магнит өрісіндегі зарядталған бөлшектер магнит индукциясының сызықтарының бойымен қозғалады. \vec{v} мен \vec{B} арасындағы бұрыш α нөлге тең немесе 180° . Себебі $\sin \alpha = 0$ болса, онда Лоренц күші нөлге тең болады. Магнит өрісі бөлшекке әсер етпейді, сондықтан ол бірқалыпты түзу бойымен қозғалады.

2. Бөлшектің жылдамдық векторы \vec{v} магнит индукция векторына \vec{B} перпендикуляр.

Бұл жағдайда зарядталған бөлшек магнит өрісінде магнит индукция сызықтарына перпендикуляр қозғалады.



3.38. сурет. Зарядталған бөлшектердің шеңбер бойымен қозғалысы

Бұрыш $\alpha = 90^\circ$, ал $\sin \alpha = 1$. Лоренц күші $F_L = qvB$ модулі бойынша тұрақты, бөлшектің траекториясына перпендикуляр болады. Бөлшек бұл жағдайда шеңбер бойымен, магнит индукция векторына перпендикуляр қозғалады. Ньютонның екінші заңы бойынша.

$$F_L = ma_n \Rightarrow qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB} \quad (1.1.11)$$

мұндағы, R – бөлшек қозғалып жүрген шеңбердің радиусы.

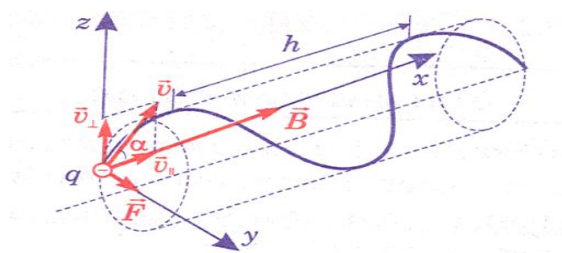
$$\text{Бөлшектің айналу периоды: } T = \frac{2\pi R}{g} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{Бөлшектің айналу жиілігі: } \nu = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$

$$\text{Бұрыштық жылдамдық: } \omega = 2\pi\nu = \frac{qB}{m}$$

3. Бөлшектің жылдамдық векторы \vec{g} магнит индукция векторына α бұрыш жасай бағытталған.

Зарядталған бөлшек магнит индукция векторының сызықтарына α бұрыш жасай қозғалады. Бөлшектердің қозғалысын екі жағдайда қарастыруға болады: а) өріс бойымен бағытталған жылдамдығы $g_0 = g \cdot \cos \alpha$ болатын бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс; б) жылдамдығы $g_1 = g \cdot \sin \alpha$ болатын шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс.



3.39. сурет. Зарядталған бөлшектердің спираль бойымен қозғалысы

Суммарлық қозғалыс спираль бойымен қозғалады, мұндағы ось магнит индукция векторының бағытына параллель болады.

Шеңбер радиусы

$$R = \frac{m v_{\perp}}{qB} = \frac{m v \sin \alpha}{qB} \quad (1.1.12)$$

Айналу периоды

$$T = \frac{2\pi R}{v_1} = \frac{2\pi m}{qB} \quad (1.1.13)$$

Спираль қадамының сызығының арақашықтығы қандайда бір уақыт аралығында бөлшектің спираль ось бойымен өткендегі айналу периодының қатынасына тең

$$h = g_0 T = g \cos \alpha T = \frac{2\pi m g \cos \alpha}{qB} = 2\pi R \operatorname{ctg} \alpha \quad (1.1.14)$$

Егер зарядталған бөлшек магнит өрісімен электр өрісінде қатар қозғалса, онда оған Лоренц күшінен F_n басқа электр күшінде әсер етеді $\vec{F}_{эл} = q\vec{E}$.

5.4. Электромагниттік индукция

5.4.1. Магнит ағыны

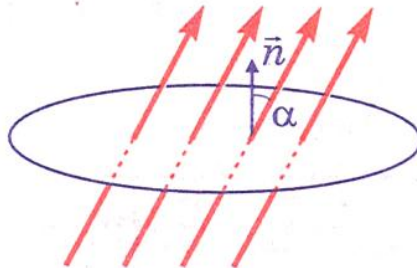
Магнит ағыны (магнит индукциясының ағыны) біртекті магнит өрісінде орналасқан жалпақ контурдың ауданының бетінің Φ өлшемін айтамыз

$$\Phi = BS \cdot \cos \varphi \quad (1.2.1)$$

мұндағы B – Магнит өрісі индукциясы

S – Контурдың ауданы

φ - вектор \vec{B} мен нормаль \vec{n} контур бетінің арасындағы бұрыш.



3.40. сурет. Магнит ағыны

ХБЖ бірліктер жүйесінде магнит өрісінің өлшем бірлігі $[\Phi] = 1$ Вб (вебер).

Магнит ағыны магнит индукциясының өлшемі B және контур ауданы S мен контур бағытына немесе ағынның бағытына Φ_{ab} тәуелді:

$$\Phi_{ab} = N\Phi = NBS \cdot \cos \varphi \quad (1.2.2)$$

мұндағы, Φ – магнит ағыны

! Магнит индукциясының сызықтары әркез тұйық болады, ал кез келген тұйық үйе арқылы өтетін магнит өрісі әркез нөлге тең болады.

5.4.2. Электромагниттік индукция

Электромагниттік индукция – контурда пайда болған электр қозғаушы күштің контурды тесіп өтуші магнит ағынына әсер ету кезінде пайда болатын құбылыс. Пайда болған электр қозғаушы күшті электр қозғаушы индукция күші ε_i деп атайды. Егер контур тұйық жүйеде ораналаса, онда бұл контурда электр тогы ағып жатады.

! Магнит ағының өзгерісін, магнит өрісінің индукциясын B , контурдың геометриясын S немесе кеңістіктегі контурдың онын φ өзгерту арқылы алуға болады.

Жоғарыда көрсетілген барлық шамалардың өзгеруі мүмкін

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = B_2 S_2 \cdot \cos \varphi_2 - B_1 S_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad (1.2.3)$$

! ЭҚК индукциясының шамасы магнит ағының өзгерісіне тәуелді емес.

5.4.3. Фарадей-Ленц заңы

Фарадей - Ленц заңы: контурда пайда болған электр қозғаушы индукция күші контурды тесіп өтуші магнит ағына сан жағынан тең таңбасы жағынан теріс:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1.2.4)$$

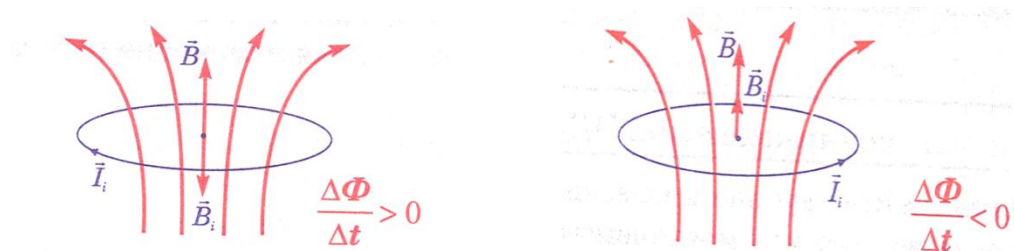
мұндағы, $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ - магнит ағының өзгерісі

$\Delta t = t_2 - t_1$ - магнит ағынының өзгеру уақыты

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ - магнит ағыны жылдамдығының өзгерісі

«-» таңбасы Ленц ережесінің теңдеуін білдіреді.

Ленц ережесіне сәйкес тұйық контурдан өтетін ток осы контурмен шектелген аудан арқылы өтетін меншікті магнит индукциясы ағынын туғызады да, бұл әлгі токты туғызатын магнит индукциясы ағынының өзгеріс есесін толтыра аларлықтай бағытта болады. Индукциялық ток, яғни ЭҚК тек өткізгіш магниттік индукция сызықтарын қиып өткенде ғана, әрі толық саны өзгерге жағдайда ғана пайда болады. Ал белгілі бір ауданнан өтетін магнит индукция сызықтарының толық санының осы аудан арқылы өтетін толқын магниттік ағын (Φ) екенін білеміз. Бұдан электромагниттік индукция ЭҚК пайда болу себебі магнит ағын өзгерісі болып табылады деген қорытынды шығаруғы болады.



3.41. сурет. Фарадей – Ленц заңының графигі

Егер контур ЭҚК индукцияланса және N өткізгіш сымдардан тұрса, онда ЭҚК индукциясы мына формуламен анықталады

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1.2.5)$$

$\Phi = N\Phi = NBS \cdot \cos \varphi$ шамасын барлық өткізгіштерді біріктірген толық магнит ағыны деп атайды.

Егер ЭҚК индукциясы бар контур, тұйық жүйе болса, онда индукция тогының ағыны мынаған тең

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{R\Delta t} = -\frac{N\Delta\Phi}{R\Delta t} \quad (1.2.6)$$

мұндағы, R - контурдың қарсылығы

Индукициялық ток арқылы өткен зарядтың шамасы

$$\Delta q = I_i \cdot \Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{R} = -\frac{N\Delta\Phi}{R} \quad (1.2.7)$$

! Соңғы теңдеуден біз зарядтың шамасы толық магнит ағынының уақыт бойынша өзгерісіне тәуелді емес, себебі бұл шама тек бастапқы және соңғы Φ - пен анықталады.

5.4.4. ЭҚК индукциясының пайда болу механизмдері

ЭҚК индукцияның шамасы магнит ағынының өзгеру тәсіліне байланысты болмаса да, оның пайда болу механизмдері әртүрлі болады. Егер магнит ағыны тұрақты магнит өрісінде өткізгіш контурдың қозғалысы салдарынан өзгерсе, онда өткізгіштегі әртүрлі зарядтардың бөлінуі контур учаскелеріне параллель бағытталған Лоренц күшінің құрамдас әсерімен жүреді (яғни Лоренц күші бөгде күш рөлін орындайды). Осы күштің әсерінен оң зарядтар өткізгіштің бір ұшында, ал теріс зарядтар - екіншісінде жиналады. Бұл Лоренц күші өткізгіштің ішінде осы зарядтар жасайтын электростатикалық өрістің күштерімен теңестірілгенге дейін болады. Сондықтан ажыратылған тізбек кезінде индукция ЭДС тең потенциалдар айырымы пайда болады.

Егер қозғалмайтын контур айнымалы магнит өрісінде болса, онда ЭҚК индукцияның пайда болу механизмі мүлдем басқа. Уақыт бойынша өзгертін магнит өрісі құйынды электр өрісін тудырады. Бұл өрістің әсерінен әртүрлі электр зарядтарының қайта бөлінуі болады, соның салдарынан индукция ЭДС пайда болады. [6. Б. 71]

!Индукцияланған электр өрісі бірқатар қасиеттерге ие:

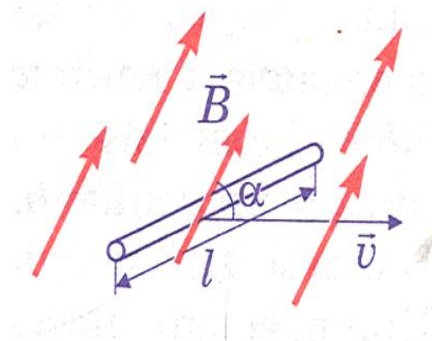
– Бұл өріс Кулондық өріс болып табылмайды. Ол кеңістікте бөлінген зарядтармен емес, айнымалы магниттік өріспен жасалады.

– Бұл өріс құйынды және потенциалдық өріс емес. Тұйықталған тізбек бойынша зарядтың орнын ауыстыру кезінде осы өрісте орындалатын жұмыс нөлге тең емес және тұйық өткізгіш контурдағы ЭҚК индукциясының санына тең.

5.4.5. Қозғалмалы өткізгіште пайда болған ЭҚК индукциясы

Өткізгіште пайда болған ЭҚК индукциясы тұрақты магнит өрісінде қозғалса онда, мына өрнекпен анықталады

$$\varepsilon_i = Bl \vartheta \cdot \sin \alpha \quad (1.2.8)$$

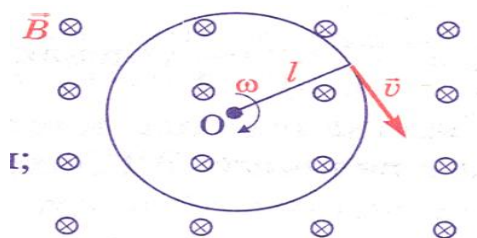


3.42. сурет. Қозғалмалы өткізгіште пайда болған ЭҚК индукциясының бағыты

мұндағы, B - магнит өрісінің индукциясы;
 l - өткізгіштің ұзындығы;
 α - жылдамдық векторы мен магнит өрісінің индукция векторы арасындағы бұрыш.

Егер стержень магнит өрісінің осыне қатысты перпендикуляр айналса, онда ЭҚК индукциясы мына шамаға тең болады

$$\varepsilon_i = \frac{1}{2} Bl \vartheta = \frac{1}{2} \omega Bl^2 = \pi n Bl^2 \quad (1.2.9)$$



3.43. сурет. Магнит өрісіне қатысты стерженнің перпендикуляр қозғалысы

мұндағы, B – магнит өрісі индукциясы
 l – өткізгіштің ұзындығы

v – өткізгіш соңының сызықтық жылдамдығы
 ω – айналу бұрышының жылдамдығы
 n – айналу жиілігі

5.4.6. Магнит өрісінде орналастырылған дискі айналғандағы пайда болатын ЭҚК индукциясы

Жылжымалы контактілермен айналмалы дискіде ЭҚК пайда болу жағдайын қарастырайық. Диск магнит өрісінің индукция сызықтарына перпендикуляр орналассын және оның ортасынан өтетін O осін айнала қзғалсын. A және B жылжымалы байланыстарының көмегімен A ва A тұйықталған тізбегі пайда болды. Егер дискіні айналдыратын болса, онда тізбекте индукциялық ток пайда болады. ЭҚК индукциясын тапсақ

Дискіні кіші бұрышқа бұрған кезде радиус $\Delta\varphi$ бұрышына бұрылады және S ауданы арқылы өтеді.

$$\Delta S = \frac{1}{2} R^2 \Delta\varphi \quad (1.2.10)$$

мұндағы, R – дискінің радиусы

Аудан арқылы магнит ағынын өзгерісі тең болады.

$$\Delta\Phi = B\Delta S \quad (1.2.11)$$

Магнит ағынының өзгерісінің жылдамдығы тең болады.

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{1}{2} BR^2 \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{1}{2} BR^2 \omega \quad (1.2.12)$$

мұндағы, $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \omega$ - дискінің бұрыштық жылдамдығы.

Бұл өрнекті Фарадей-Ленц заңына орналастыра отырып, ЭҚК көлемін табамыз

$$|\varepsilon_i| = \frac{1}{2} BR^2 \omega \quad (1.2.13)$$

5.4.7. Айналмалы токта қарапайым генератордың қозғалыс принципі

N ток сымынан тұратын рамка, біртекті магнит өрісінде ω бұрыштық жылдамдықпен бірқалыпты айналсын және катушка осі векторына B перпендикуляр орналассын. Катушка сымдарына байланысқан магнит ағыны Φ , мынаған тең

$$\Phi = NBS \cdot \cos \varphi \quad (1.2.14)$$

Рамка нормалі арасындағы бұрыш пен рамканың уақытқа қатысты айналу векторының қатынасына байланысты Φ өзгереді

$$\varphi = \omega t \quad (1.2.15)$$

Сондықтан $\Phi = NBS \cdot \cos \varphi$ ЭҚК индукциясын табу үшін, уақытқа қатысты толық магнит индукциясының қатынасын алу керек:

$$\varepsilon_i = -\dot{\Phi} = (-NBS \cdot \cos \omega t)' = NBS \omega \cdot \sin \omega t = \varepsilon_M \cdot \sin \omega t \quad (1.2.16)$$

мұндағы, ε_i - ЭҚК белгіленуі

N - рамкадағы ток сымдарының саны

B - магнит өрісінің индукциясы

S - рамканың ауданы

$\varepsilon_M = NBS \omega$ - ЭҚК амплитудасы

Бұл жағдайда рамкадағы ЭҚК индукциясы синус заңына байланысты өзгереді. Айналмалы токтағы қарапайым генератордың жұмыс істек принципі осындай.

5.4.8. Өздік индукция. Индуктивтілік

Электромагниттік индукция құбылысының өздік индукция деп аталатын дербес жағдайының практикалық маңызы өте зор. Сонда электромагниттік индукция құбылысы өткізгішпен шектелген аудан арқылы өтетін индукция ағыны өзгертін жағдайдың бәрінде де байқалады. Егер қандай да бір тұйық контурда айнымалы ток жүрсе, онда оның туғызатын магнит өрісі тұрақты болмайды. Ендеше осы токтың өзконтурынан қоршаған аудан арқылы өтетін магнит индукциясының ағыны өзгереді. Магнит индукция ағынының өзгерісі контурда ЭҚК тудырады. Сөйтіп контурдағы токтың өзгерісі

осы контурдың өзінде индукция ЭҚК тууына себеп болады. Осы құбылыс өздік индукция деп аталады. Сонымен, контурмен байланысты магнит ағыны осы контурдағы ток шамасына пропорционал болады, яғни

$$\Phi = LI \quad (1.2.17)$$

Мұндағы пропорционалдық коэффициент L - өздік индукция коэффициенті немесе контурдың индуктивтігі деп аталады. Бұл коэффициент өткізгіштің немесе катушканың формасына және өлшеміне тәуелді, сонымен қатар ортаның магниттік қасиетіне де тәуелді болады. Индуктивтіліктің өлшемі генри (Гн).

Сонымен 1 Гн деп контурдағы ток күші 1 А болғанда, өздік индукцияның магнит ағыны 1 Вб тең болатын контурдың индуктивтігін айтамыз.

Енді өздік индукция құбылысына Фарадей заңын қолдансақ, өздік индукцияның ЭҚК.

$$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(LI) \quad (1.2.18)$$

Егер де индуктивтік $L = \text{const}$ десек, онда бұл өрнекті басқа түрде жазуға болады:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt} \quad (1.2.19)$$

Мұндағы минус таңбасы Ленц заңына сәйкес, контурдың индуктивтігі ондағы ток өзгерісін кемітетінін көрсетеді. Контурдың индуктивтігін мына формуламен табуға болады:

$$L = -\frac{\varepsilon}{\frac{dI}{dt}} \quad (1.2.20)$$

Бұдан контурдың индуктивтігі өздік индукцияның ЭҚК тура пропорционал да, ток өзгерісіне кері пропорционал екендігін көреміз.

5.4.9. Соленоидтың индуктивтілігі

Соленоид индуктивтілігі мына формуламен анықталады

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l} S = \mu\mu_0 n^2 Sl = \mu\mu_0 n^2 V \quad (1.2.21)$$

мұндағы, μ - ортаның магнит өтімділігі

μ_0 - магниттік тұрақты

N – соленоидтағы ток сымдарының саны

l – соленоид ұзындығы

S – соленоидтың жартылай өткізгішінің ауданы

$n = \frac{N}{l}$ - бірлік ұзындыққа қатысты өткізгіш сымдар саны

$V = Sl$ – соленоид көлемі

5.4.10. Магнит өрісінің энергиясы

Өткізгіш индуктивтілігі L арқылы өтетін ток күшінің I әрекетінен пайда болған магнит өрісінің энергиясы мына өрнек арқылы анықталады.

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad (1.2.22)$$

Кеңістіктің көлемдік бірлігіне қатысты магнит өрісінің энергиясын магнит өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы деп атайды ω_M .

$$\omega_M = \frac{W_M}{V} \quad (1.2.23)$$

Магнит өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығын ω_M магнит өрісінің индукциясы B арқылы бейнелеуге болады.

$$\omega_M = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} \quad (1.2.24)$$

мұндағы, B – магнит өрісінің индукция

μ - ортаның магнит өтімділігі

μ_0 - магниттік тұрақты

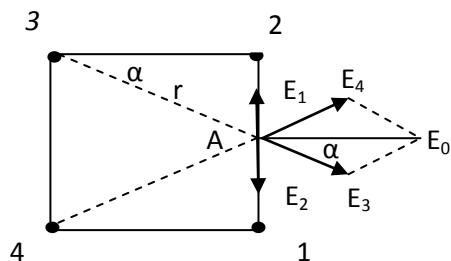
Магнит өрісінің энергиясын w_M магнит өрісінің индукциясы арқылы өрнектеуге болады:

$$W_M = \omega_M V = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} V \quad (1.2.25)$$

Есептер шығару үлгісі

1. Қабырғалары l болатын квадраттың төбелерінде бірдей оң q зарядтар орналасқан. Квадраттың бір қабырғасының ортасындағы электр өрісінің кернеулігін анықтаңдар.

Шешуі:



Шаршының бір қабырғасының ортасында тұрған A нүктесінде төрт өріс қосылады,

қорытқы өрістің суперпозициясы E_0 болады. Өріс кернеуліктері $\vec{E}_1 = \vec{E}_2$, $\vec{E}_3 = \vec{E}_4$

E_1 және E_2 өрістері бірін-бірі толықтырады, ал E_0 қалған өрістердің векторлық қосындысы болады.

Өрістердің кернеулігі:

$$E_3 = k \frac{q}{r^2}; E_4 = k \frac{q}{r^2}; r = \sqrt{l^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2} = \sqrt{l^2 + \frac{l^2}{4}} = l \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = l \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{l}{2} \sqrt{5}; r = \frac{l}{2} \sqrt{5}$$

Косинус α бұрышы:

$$\cos \alpha = \frac{l}{r} = \frac{2l}{l \sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}; \cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

Сонда

$$E_0 = 2E_3 \cos \alpha; E_0 = 2k \frac{q}{r^2} \cos \alpha = 2k \frac{q}{\left(\frac{l}{2} \sqrt{5}\right)^2} \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{16kq}{l^2 5 \sqrt{5}}; E_0 = \frac{16kq}{5 \sqrt{5} \cdot l^2}$$

2. Бірдей шар тәрізді су тамшылары бірдей ϕ_1 потенциалға дейін зарядталаған. Кішкене тамшылардың N -сандарының қосылуы нәтижесінде алынған үлкен шар тәрізді тамшының потенциалын анықтаңдар.

Шешуі:

Үлкен тамшының көлемі барлық кіші тамшылардың көлемдерінің қосындысына тең:

$$V = N \cdot V_1$$

Шардың көлемі:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3; V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3. \quad \frac{4}{3} \pi R^3 = N \frac{4}{3} \pi r^3; \quad R = r \sqrt[3]{N}$$

Кіші тамшының потенциалы:

$$\varphi_1 = k \frac{q_1}{r}. \quad q_1 = \frac{\varphi_1 r}{k}; \quad q = \frac{\varphi R}{k}$$

Бірақ үлкен тамшының заряды барлық кіші тамшылардың зарядтарының қосындысына тең:

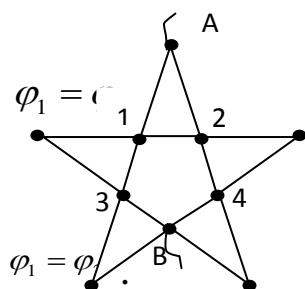
$$q = N \cdot q_1. \quad \frac{\varphi R}{k} = N \frac{\varphi_1 r}{k}; \quad \varphi = \frac{N \varphi_1 r}{R}, \quad \text{үлкен тамшының радиусының}$$

мәнін қойсақ:

$$\varphi = \frac{N \varphi_1 r}{r \sqrt[3]{N}}, \quad \text{жауабы:} \quad \varphi = \frac{N \varphi_1}{\sqrt[3]{N}}.$$

3. Ұзындығы және қалыңдығы бірдей металл сымдардан жасалған жұлдызшаға А және В нүктелерінің арасына U кернеу берілді. Жұлдыздың әр буынының кедергісі r. Жұлдыз арқылы қандай ток өткенін анықтаңдар.

Шешуі:



1 және 2 нүктелердің потенциалдары тең:

3 және 4 нүктелерде де $\varphi_3 = \varphi_4$

1-2 түйіндері арқылы ток өтпейді, себебі

Бірінші бөліктің жалпы кедергісі:

$$R' = \frac{r}{2}$$

Екінші бөліктің жалпы кедергісі:

$$\frac{1}{R''} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{2r} = \frac{6}{2r} = \frac{3}{r}; \quad R'' = \frac{r}{3}.$$

Үшінші түйіннің жалпы кедергісі:

$$R''' = \frac{r}{3}$$

Сонда барлық тізбектің жалпы кедергісі:

$$R_0 = R' + R'' + R''';$$

$$R_0 \frac{r}{2} + \frac{r}{3} + \frac{r}{3} = \frac{7r}{6}; R_0 = \frac{7r}{6}.$$

Ом заңы бойынша

$$I = \frac{U}{R_0}; I = \frac{6U}{7r}$$

4. Өлшемдері бірдей, зарядталған бір-біріне кейбір күшпен тартылады. Шариктерді жанастырып қайтадан алғашқысына қарағанда n есе үлкен қашықтыққа ажыратқаннан кейін олардың арасындағы өзара әрекеттесу күші m есе азайды. Егер екінші шариктің заряды q болса, онда жанастырғанға дейін бірінші шариктің заряды қандай болған?

Шешуі:

$F_1 = k \frac{q_1 q}{r^2}$ - r қашықтықта зарядталған шарлардың өзара әрекеттесуінің кулондық күші.

$q_1' = q' = \frac{q_1 - q}{2}$ - шарларды қосып, қайтадан ажыратқаннан кейінгі nr қашықтықтағы әрбір шариктегі зарядтар (зарядтардың сақталу заңы бойынша).

$$F_2 = k \frac{q_1' q'}{(nr)^2} = k \frac{(q')^2}{n^2 r^2} = \frac{F_1}{m} \quad (\text{есептің шарты бойынша})$$

$$k \frac{(q')^2}{n^2 r^2} = k \frac{q_1 q}{r^2 m}; \quad \frac{(q')^2}{n^2} = \frac{q_1 q}{m}; \quad \frac{\left(\frac{q_1 - q}{2}\right)^2}{n^2} = \frac{q_1 q}{m}; \quad m(q_1 - q)^2 = 4n^2 q_1 q$$

$$m(q_1^2 - 2q_1 q + q^2) = 4n^2 q_1 q; \quad m q_1^2 - 2m q_1 q + m q^2 = 4n^2 q_1 q;$$

$$m q_1^2 - 2m q_1 q + m q^2 - 4n^2 q_1 q = 0; \quad m q_1^2 - 2q_1 q(m + 2n^2) + m q^2 = 0$$

q_1 - ге қатысты квадрат теңдеуді шешеміз.

$$q_1 = \frac{2q(m+2n^2) \pm \sqrt{4q^2(m+2n^2)^2 - 4m^2q^2}}{2m};$$

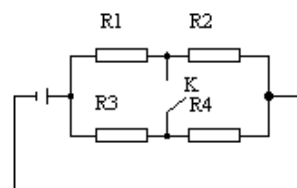
$$q_1 = \frac{2q(m+2n^2) \pm \sqrt{4q^2[m^2 + 4mn^2 + 4n^4 - m^2]}}{2m};$$

$$q_1 = \frac{2q(m+2n^2) \pm \sqrt{16n^2q^2m + 16q^2n^4}}{2m};$$

$$q_1 = \frac{2qm + 4qn^2 \pm 4qn\sqrt{m+n^2}}{2m}; \quad q_1 = \frac{2q(m+2n^2 \pm 2n)\sqrt{m+n^2}}{2m};$$

$$q_1 = q \frac{m+2n^2 \pm 2n\sqrt{m+n^2}}{m}.$$

5. К кілтті тұйықтау кезінде резисторларда бөлінетін қосынды қуат өзгермейді. R_1 және R_4 резисторларының әрқайсысының кедергісі R -ға тең, ал R_2 және R_3 резисторларының әрқайсысының кедергісі $9R$ -ға тең. Ток көзінің r ішкі кедергісін табыңдар.



Шешуі:

Кілтті тұйықтағанға дейін тізбектің жалпы кедергісі

$$R_1 = \frac{1}{\frac{1}{R+9R} + \frac{1}{R+9R}} = 5R$$

Осы кезде ток күші $I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R_1}$.

Бөлінетін қуат $P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{\varepsilon^2}{(r + 5R)^2}$.

Кілтті тұйықтағаннан кейін жалпы кедергі өзгерді және $R_2 = \frac{2}{\frac{1}{R} + \frac{1}{9R}} = \frac{9}{5}R$ тең болды, ал ток күші $I_2 = \frac{\varepsilon}{r + \frac{9}{5}R}$, қуат

$$P_2 = I_2^2 R_2 = \frac{\varepsilon^2}{\left(r + \frac{9}{5}R\right)^2} \frac{9}{5}R$$

Есептің шарты бойынша $P_1 = P_2$ болғандықтан,

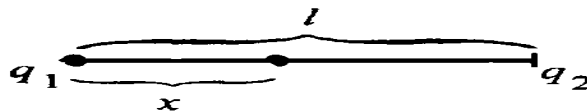
$$9(r + 5R)^2 = 25\left(r + \frac{9}{5}R\right)^2.$$

Нәтижесінде, $r = 3R$ болады.

6. Зарядтары $q_1 = +1 \text{ нКл}$ және $q_2 = -10 \text{ нКл}$ екі нүктелік заряд бір-бірінен $l = 55 \text{ см}$ қашықтықта орналасқан. Өріс потенциалы нөлге тең болатын зарядтарды қосатын сызықтың нүктесіндегі өріс кернеулігін анықтаңдар.

Шешуі:

x - q_1 зарядтан потенциалы нөлге тең болатын нүктеге дейінгі қашықтық болсын (суретте). Осы нүктедегі потенциалы нөлге тең шартынан:



$$\varphi = k \frac{q_1}{x} - k \frac{|q_2|}{l-x} = 0$$

$$x = \frac{q_1 l}{q_1 + |q_2|}, \quad l - x = \frac{|q_2| l}{q_1 + |q_2|}.$$

табамыз

Осы нүктедегі өріс кернеулігі

$$E = k \frac{q_1}{x^2} + k \frac{|q_2|}{(l-x)^2} = k \frac{(q_1 + |q_2|)^3}{l^2 q_1 |q_2|} \approx 4 \cdot 10^3 \text{ В/м}.$$

7. $q_1 = 10 \text{ мкКл}$, $Q = 100 \text{ мкКл}$, $q_2 = 25 \text{ мкКл}$ нүктелік зарядтардың орналасуы суретте көрсетілген. q_1 және Q зарядтардың арасындағы қашықтық $r_1 = 3 \text{ см}$, ал q_2 мен Q арасындағы қашықтық $r_1 = 5 \text{ см}$. q_1 және q_2 зарядтарды орындарымен ауыстыру үшін, қандай минимал жұмыс атқару қажет? Зарядтар нүктелік.



Шешуі:

Зарядтар жүйесінің потенциалдық энергиялары бастапқы W_6 және соңғы W_c сәйкесінше,

$$W_H = k \left(\frac{q_1 q_2}{r_1 + r_2} + \frac{q_1 Q}{r_1} + \frac{q_2 Q}{r_2} \right)$$

$$W_K = k \left(\frac{q_1 q_2}{r_1 + r_2} + \frac{q_1 Q}{r_2} + \frac{q_2 Q}{r_1} \right).$$

q_1 және q_2 зарядтарды орындарымен ауыстыру үшін қажетті минимал жұмыс бастапқы және соңғы күйдегі потенциалдық энергиялардың айырмасына тең:

$$A = \Delta W = \frac{k(q_1 - q_2)Q(r_1 - r_2)}{r_1 r_2} = +90 \text{ Дж.}$$

8. ЭҚК-і $\varepsilon = 250 \text{ В}$ және ішкі кедергісі $r = 0.1 \text{ Ом}$ генератордан тұтынушыға ұзындығы $l = 100 \text{ м}$ қос сымды линияны тарту қажет. Егер тұтынушының қуаты $P = 22 \text{ кВт}$, және ол $U = 220 \text{ В}$ кернеуге есептелген болса, онда линияны дайындауға массасы қанша алюминий кетеді? Алюминийдің меншікті кедергісі $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Алюминийдің тығыздығы $d = 2,7 \text{ г/см}^3$.

Шешуі:

R жүктемедегі кедергі арқылы өтетін ток:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R + R_x},$$

R_x -линияның кедергісі.

$$P = IU = \frac{\varepsilon U}{r + R + R_x}.$$

Жүктемеде бөлінетін P қуат,

Осыдан, $P = \frac{U^2}{R}$ екінің ескесек, табатынымыз

$$R_x = \frac{\varepsilon U - U^2}{P} - r$$

Линияның R_x кедергісі мен оның массасын өзара байланыстырып, қатынасты қолдана отырып:

$$\begin{cases} R_x = \rho \frac{L}{S}; \\ m = d \cdot V = d \cdot L \cdot S. \end{cases}$$

Мұндағы V - шығындалған алюминийдің көлемі, S – сымның көлденеңқимасының ауданы, $L=2l$. Сонда

$$m = \frac{4\rho dl^2}{R_x} = \frac{4\rho dl^2 P}{\varepsilon U - U^2 - P_r} \approx 15,1 \text{ кг.}$$

ТЕСТ

1. Зарядталған конденсатор энергиясының формуласы

- A) CU
- B) $CU^2/2$
- C) qU
- D) q/U
- E) U/q .

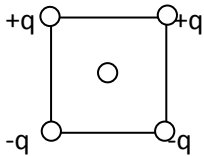
{Дұрыс жауап} = B

2. 10 және 16 нКл зарядтар бір-бірінен 10 мм қашықтықта орналасқан. Олардың әсерлесу күші ($k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$)

- A) $\approx 2,9 \cdot 10^{-3}$
- B) $\approx 14 \cdot 10^{-3}$
- C) $\approx 7 \cdot 10^{-3}$
- D) $\approx 3 \cdot 10^{-3}$
- E) $\approx 2 \cdot 10^{-3}$

{Дұрыс жауап} = B

3. Әрқайсысы 20 нКл төрт бірдей нүктелік зарядтардың екеуі -оң, екеуі -теріс зарядталған және қабырғасы $a = 20$ см шаршының төбелерінде орналастырылған. Осы шаршының ортасында орналасқан 20 нКл оң нүктелік зарядқа әсер ететін күш



- A) 505 мкН
- B) 506 мкН
- C) 507 мкН
- D) 508 мкН
- E) 509 мкН

{Дұрыс жауап} = E

4. Сыйымдылықтары $C_1 = 1 \text{ мкФ}$, $C_2 = 2 \text{ мкФ}$, $C_3 = 3 \text{ мкФ}$ үш конденсатор берілген. Осыларды қосып алуға болатын ең аз сыйымдылық

- A) $\frac{1}{6} \text{ мкФ}$
- B) $\frac{1}{2} \text{ мкФ}$
- C) $\frac{6}{11} \text{ мкФ}$

D) $\frac{6}{13}$ мкФ

E) $\frac{3}{11}$ мкФ

{Дұрыс жауап} = С

5. Радиусы 30 см металл шарикке 6 нКл заряд берілген. Шар бетіндегі электр өрісінің кернеулігі

A) 500 Н/Кл

B) 600 Н/Кл

C) 700 Н/Кл

D) 800 Н/Кл

E) 900 Н/Кл

{Дұрыс жауап} = В

6. 10^{-7} Кл заряд тұрған нүктедегі электр өрісінің кернеулігі 5 В/м.

Зарядқа әсер ететін күш

A) 10^{-8} Н

B) $5 \cdot 10^{-7}$ Н

C) $5 \cdot 10^7$ Н

D) $6 \cdot 10^7$ Н

E) $2 \cdot 10^8$ Н

{Дұрыс жауап} = В

7. Электр заряды $+2e$ су тамшысынан, заряды $-3e$ кішкентай тамшы бөлінді. Тамшының қалған бөлігіндегі электр заряды

A) $-e$.

B) $-5e$.

C) $+5e$.

D) $+3e$.

E) $+e$.

{Дұрыс жауап} = С

8. Заряды $+q$ сынап тамшысы заряды $-q$ басқа тамшымен қосылды. Пайда болған тамшының заряды

A) q .

B) $-q$.

C) $2q$.

D) $-2q$.

E) 0.

{Дұрыс жауап} = Е

9. 1 Кл зарядты элементар зарядпен салыстар ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)

A) $5 \cdot 10^{18}$.

B) $4 \cdot 10^{17}$.

- C) $4,2 \cdot 10^{19}$.
- D) $6,25 \cdot 10^{18}$.
- E) $1,2 \cdot 10^{18}$.

{Дұрысжауап} = D

10. Сутегі атомындағы электрон мен ядронның ара қашықтығы $0,5 \cdot 10^{-8}$ см.

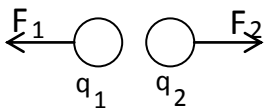
Электрон мен ядроның өзара әсерлесу күші.... ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Нм}^2}{\text{Кл}^2})$$

- A) $52 \cdot 10^{-9}$ Н.
- B) $72 \cdot 10^{-9}$ Н.
- C) $62 \cdot 10^{-9}$ Н.
- D) $92 \cdot 10^{-9}$ Н.
- E) $82 \cdot 10^{-9}$ Н.

{Дұрысжауап} = D

11. Суретте оң q_1 электрзарядымен q_2 электрзарядының өзара әсерлесу күші көрсетілген. q_1 ; және q_2 зарядтарының таңбасы.



- A) $q_1 > 0$; $q_2 > 0$
- B) $q_1 > 0$; $q_2 < 0$
- C) $q_1 < 0$; $q_2 = 0$
- D) $q_1 < 0$; $q_2 > 0$
- E) $q_1 = 0$; $q_2 > 0$

{Дұрысжауап} = A

12. $+q$ және $+q$ зарядтары бар бірдей металл шарларды бір біріне тиістіріп, бұрынғы орнына қайта қойса, олардың өзара әсерлесу күші...

- A) кемиді.
- B) артады.
- C) 0-ге тең болады.
- D) өзгермейді.
- E) басында артады, сосын кемиді

{Дұрыс жауап} = D

13. Егер зарядтар массалары өзгермесе, онда екі бірдей оң зарядтың арасында, бірдей ара қашықтықта орналастырылған заряд бағыты

- A) төмен.
- B) жоғары.
- C) оңға.
- D) солға.
- E) тыныштықта тұрады.

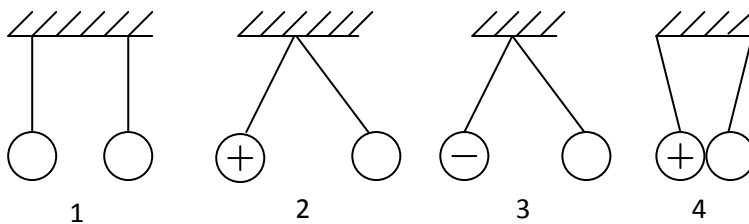
{Дұрыс жауап} = E

14. Егер өзара әсерлескен зарядтардың бірінің мәні 2 есе артса, ал әсерлесу күші өзгеріссіз қалса, онда олардың әсерлесу қашықтығы

- A) өзгертпеу керек.
- B) $\sqrt{2}$ есе арттыру керек.
- C) 2 есе арттыру керек.
- D) 2 есе кеміту керек.
- E) $\sqrt{2}$ есе кеміту керек.

{Дұрыс жауап} = B

15. Екінші шардың заряды оң болатын жағдай:

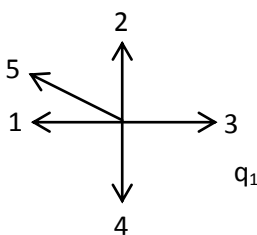


- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 1, 3.

{Дұрыс жауап} = B

16. А нүктесінде орналасқан q зарядтың электр өріс кернеулігі (сурет) мына

вектор бойымен бағытталған

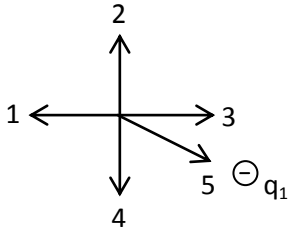


- A) 1.

- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.

{Дұрыс жауап} = E

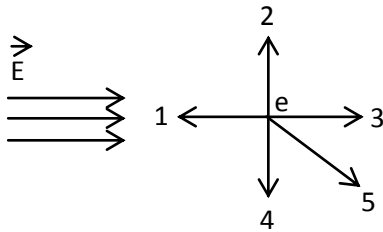
17. А нүктесінде орналасқан q зарядтың электр өріс кернеулігі (сурет)мына вектор бойымен бағытталған.



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

{Дұрысжауап} = D

18. Біртекті электр өрісі электронның қозғалыс бағытына сәйкес келетін бағыт.



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

{Дұрыс жауап} = A

19. Кернеулігі 200 В/м біртекті электр өрісінде орналасқан, $2 \cdot 10^{-5}$ Кл нүктелік зарядқа әсер ететін күш

- A) 1 мН.
- B) 2 мН.
- C) 3 мН.
- D) 4 мН.

Е) 5 мН.

{Дұрыс жауап} = D

20. Кернеулігі 2,5 кВ/м біртекті электр өрісі 10^{-5} Кл зарядпен 10 мДж жұмыс жасағанда, оның орын ауыстыратын ара қашықтығы....

А) 0,4 м.

В) 2,5 м.

С) $2,5 \cdot 10^6$ м.

Д) 400 м.

Е) 40 м.

{Дұрыс жауап} = А

Тербелістер – дененің бірдей уақыт аралығындағы дәлме-дәл немесе жуықтап қайталанып отыратын қозғалыс. Олар еркін және еріксіз тербелістер болып бөлінеді.

Тербелмелі жүйенің физикалық табиғатына қарай тербелістер механикалық және электромагниттік болып бөлінеді.

Еркін тербелістер деп дене тепе-теңдік күйінен шығарылғаннан соң сыртқы күштің әсерінсіз болатын тербелістерді айтады. Еркін тербелістердің жиілігін жүйенің меншікті тербеліс жиілігі немесе меншікті жиілік деп те атайды. Тербелістің меншікті жиілігі тербелмелі жүйенің қасиеттеріне байланысты.

Еріксіз тербелістер дегеніміз сыртқы периодты күштің әсерінен болатын тербелістер. Еріксіз тербелістердің жиілігі мәжбүр етуші күштің жиілігіне тең.

Егер механикалық тербелмелі жүйеге үйкеліс және кедергі күштері әрекет етпесе, бұндай жүйенің еркін тербелістері өшпейтін болып табылады.

Нақты тербелмелі жүйеде әруақытта үйкеліс және кедергі күштері әсер етеді. Бұл жүйенің механикалық тербелісінің энергиясы осы күштерге қарсы жұмыс жасауға жұмсалады, сондықтан мұндай жүйенің еркін тербелістері өшетін (уақыт өтуіне қарай амплитуда нөлге тең болғанша кемиді).

Тербелістердің қарапайым түрі **гармониялық тербелістер** болып табылады. Бұл физикалық шаманың синус немесе косинус заңы бойынша өтетін қозғалысы.

Бұндай тербеліс жасайтын тербелмелі жүйені **гармониялық осциллятор** деп атайды.

6.1. МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР

6.1.1. Гармониялық тербелістердің сипаттамалары

Гармониялық тербелістер периодпен, жиілікпен, циклдік жиілікпен, амплитудамен, фазамен, бастапқы фазамен сипатталады.

Тербеліс периоды T – тербелістегі физикалық шаманың мәні қайталанып отыратын ең аз уақыт аралығы немесе тербелмелі жүйенің толық бір тербеліс жасауына кеткен уақыт.

ХБ жүйесінде периодтың өлшем бірлігі $[T]=1$ с.

Тербеліс жиілігі ν – бірлік уақыт ішіндегі тербеліс саны.

ХБ жүйесінде жиіліктің өлшем бірлігі $[\nu]=1$ с⁻¹=1 Гц (Герц).

$$\nu = \frac{1}{T}.$$

Циклдік (бұрыштық) жиілік ω – 2π секундтағы тербеліс саны.

ХБ жүйесінде циклдік жиіліктің өлшем бірлігі $[\omega]=1$ рад/с.

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}.$$

Тербеліс амплитудасы A – тербелетін дененің тепе-теңдік күйінен ең үлкен ауытқуы.

6.1.2. Гармониялық тербелістің теңдеуі

Гармониялық тербеліс кезінде тербелетін дененің координатасы мына қатынаспен анықталады:

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

мұндағы x – t уақыт аралығында материалдық нүктенің тепе-теңдік қалыптан ығысуы;

A – тербеліс амплитудасы;

ω – циклдік жиілік;

φ_0 – тербелістің бастапқы фазасы;

$\omega t + \varphi_0$ – тербеліс фазасы.

✓ $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ координатаның уақыттан тәуелділік теңдеуі гармониялық қозғалыстың кинематикалық заңы деп аталады.

Тербеліс фазасы $\varphi = (\omega t + \varphi_0)$ – косинустың немесе синустың аргументі, ол тербелістегі шаманың берілген уақыт мезетіндегі сандық мәні.

Тербелістің бастапқы фазасы φ_0 – бастапқы уақыт мезетіндегі ($t=0$ уақыт мезетіндегі) тербеліс фазасы.

Гармониялық тербелетін нүктенің жылдамдығы былай анықталады:

$$v_x = x' = A\omega \sin(\omega t + \varphi_0) = v_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0),$$

мұндағы $v_{\max} = A\omega$ – тербелетін нүктенің ең үлкен жылдамдығы.

Гармониялық тербелетін нүктенің үдеуі былай анықталады:

$$a_x = v_x' = x'' = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x,$$

мұндағы $a_{\max} = A\omega^2$ – тербелетін нүктенің ең үлкен үдеуі.

✓ Гармониялық тербелетін нүктенің үдеуі ығысуға тура пропорционал және бағыты бойынша қарама-қарсы.

6.1.3. Гармониялық тербелістің дифференциалдық теңдеуі

Гармониялық тербелетін нүктенің үдеуі мен ығысуы мына қатынас арқылы сипатталады:

$$a_x = -\omega^2 x \Rightarrow a_x + \omega^2 x = 0.$$

a_x үдеу x координатаның уақыт бойынша екінші ретті туындысы ($a_x = x''$) болғандықтан, гармониялық тербелістің дифференциалдық теңдеуін аламыз

$$x'' + \omega^2 x = 0.$$

Ньютонның екінші заңы бойынша күш мынаған тең:

$$F_x = ma_x = -m\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = -m\omega^2 x = -kx,$$

мұндағы $k = m\omega^2$.

✓ Гармониялық тербелістер дененің тепе-теңдік күйден ығысуына тура пропорционал кері қайтарушы күш әсерінен пайда болады ($F_x = -kx$).

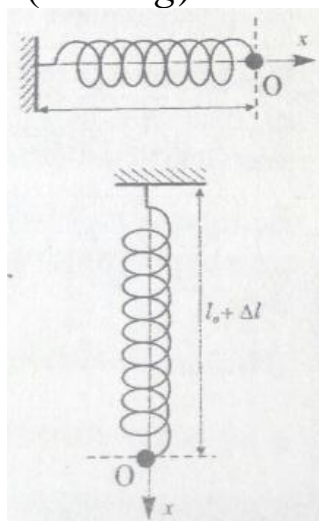
✓ Кері қайтарушы күш 0-ге тең болса ($F_x = 0$), дененің координатасы да 0-ге тең ($x = 0$). Бұл тербелетін дененің тепе-теңдік күйіне сәйкес келеді.

6.1.4. Серіппелі маятник

Қарапайым тербелмелі жүйе **серіппелі маятник** дегеніміз катаңдығы k салмақсыз серіппеге массасы m жүк ілінген жүйе.

Бұл жағдайда тербеліс $F_x = -kx$ серпімділік күші әсерінен болады. Серіппелі маятник горизонталь және вертикаль болады. Серіппелі маятник горизонталь орналасса, тепе-теңдік күйі деформацияланбаған серіппенің ұзындығымен анықталады.

Ал серіппелі маятник вертикаль орналасса (1-сурет), тепе-теңдік күйі тербеліс жоқ кездегі деформацияланған серіппенің ұзындығымен анықталады ($k\Delta l = mg$).



4.1. сурет.

Екі жағдайда да серіппелі маятниктің **тербеліс периоды** мына формуламен анықталады:

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

Серіппелі маятниктің тербеліс жиілігі

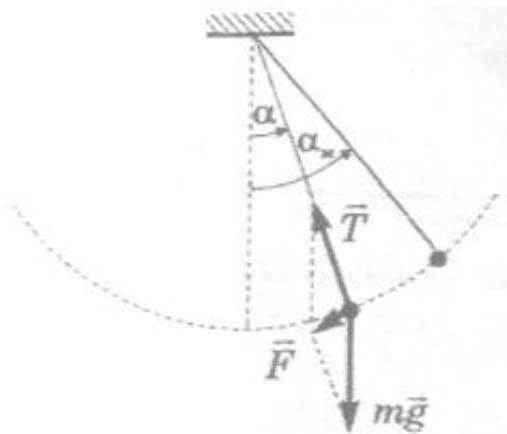
$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Серіппелі маятник тербелісінің циклдік жиілігі

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

6.1.5. Математикалық маятник

Математикалық маятник деп созылмайтын салмақсыз жіңішке ұзындығы l жіпке ілінген кішкентай ауыр шарды айтады. Өте азғантай ауытқу бұрыштарында да ($\alpha \leq 10^0$) бұндай маятник гармониялық тербеліс жасайды (2-сурет).



4.2.сурет.

Егер математикалық маятник Жердің ауырлық күші өрісінде тербеліс жасаса, онда **тербеліс периоды** мына формуламен анықталады:

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

мұндағы l – маятниктің ұзындығы;
 g – еркін түсу үдеуі.

Математикалық маятниктің тербеліс жиілігі

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Математикалық маятник тербелісінің циклдік жиілігі

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Жалпы жағдайда математикалық маятник бірнеше күштің ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$) әсерінен біртекті өрісте болса, онда периодты (жиілікті, циклдік жиілікті) анықтау үшін осы өрістердің әсерін сипаттайтын g^* эффективті үдеу түсінігі енгізіледі. Эффективті үдеуді мына қатынастан табуға болады:

$$m\vec{g}^* = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n.$$

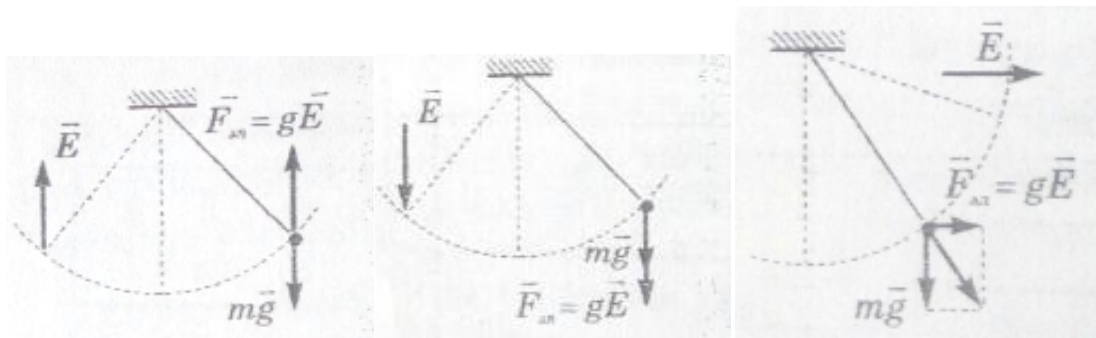
Бұл кезде математикалық маятниктің тербеліс периоды мынаған тең:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g^*}}.$$

Мысалы:

1. Ұзындығы l математикалық маятник кернеулігі E біртекті электростатикалық өрісте тербелсін. Маятниктің жүгіне q оң заряд берілсін (4.3-сурет).

Бұл жағдайда $m\vec{g}^* = m\vec{g} + \vec{F}_{эл} = m\vec{g} + q\vec{E}$, ал эффективті үдеу мынаған тең $\vec{g}^* = \vec{g} + \frac{q\vec{E}}{m}$.



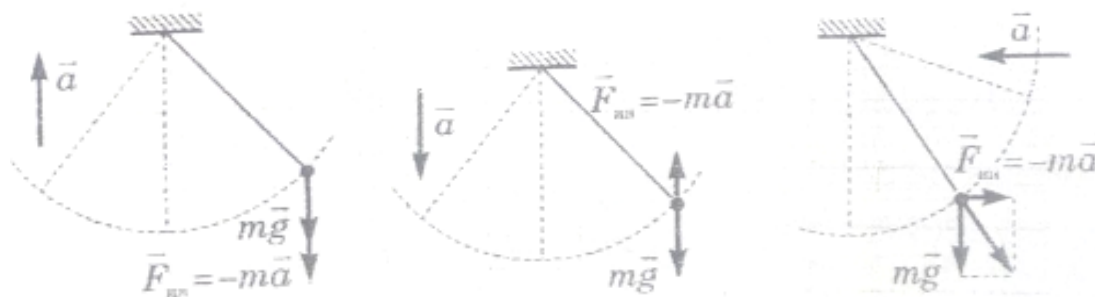
4.3. сурет.

1. Ұзындығы l математикалық маятник a үдеумен қозғалсын (4.3-сурет). Маятник a үдеумен қозғалатын болғандықтан, маятникпен байланысқан санақ жүйесі инерциалды емес болып табылады.

Ньютон заңдарын қолдану үшін үдеуге қарама-қарсы бағытталған және модулі бойынша ma -ға тең $F_{ин}$ инерция күшін енгізеді ($\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}$).

Егер инерция күшін енгізсек, маятникпен байланысқан санақ жүйесін инерциалды деп есептеуге болады.

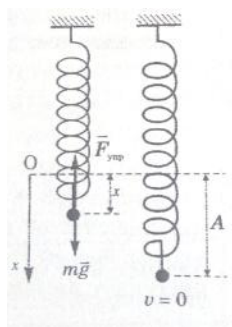
Бұл жағдайда $m\vec{g}^* = m\vec{g} + \vec{F}_{ин} = m\vec{g} - m\vec{a}$, ал эффективті үдеу мынаған тең $\vec{g}^* = \vec{g} - \vec{a}$.



4.4. сурет.

6.1.6. Механикалық тербеліс кезіндегі энергияның түрленуі

Гармониялық тербелістер кезінде кинетикалық энергияның потенциалдық энергияға үздіксіз түрленуі және керісінше болады.



4.5.сурет.

Серіппедегі жүктің тербелісі кезінде потенциалдық энергия жүк тепе-теңдік қалыптан ең үлкен ауытқуға, яғни амплитуданың мәніне тең болғанда максимум болады:

$$П_{\max} = \frac{kA^2}{2}.$$

Бұл кезде кинетикалық энергия 0-ге тең: $K=0$ (4.5-сурет).

Тепе-теңдік күйіне орын ауыстыру кезінде потенциалдық энергия кинетикалық энергияға алмасады:

$$K = \frac{mv^2}{2}, П = \frac{kx^2}{2}.$$

Дене тепе-теңдік күйіне жеткенде ығысу 0-ге тең болғандықтан ($x=0$), потенциалдық энергия 0-ге тең: $П=0$, ал кинетикалық энергия максимум мәнге жетеді:

$$K_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}.$$

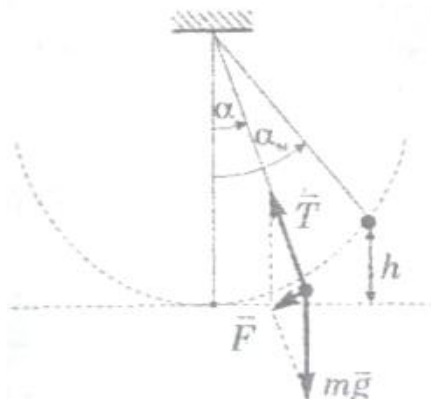
Тепе-теңдік күйінен шыққаннан кейін кинетикалық энергия қайтадан потенциалдық энергияға алмасады.

Үйкеліс және кедергі күші жоқ кезде толық энергияның сақталу заңы орындалады:

$$E = \frac{kA^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \text{const.}$$

Энергиялардың бір-біріне алмасуы математикалық маятниктің тербелісі кезінде де орындалады. mgh -қа тең потенциалдық энергия маятниктің тепе-теңдік күйіне келгенде түгелімен $\frac{mv_{\max}^2}{2}$

кинетикалық энергияға түрленеді, ары қарай маятниктің қарама-қарсы жаққа тербелуі кезінде қайтадан потенциалдық энергияға өтеді (4.6-сурет).



4.6.сурет.

Материалдық нүктенің гармониялық тербелісі кезінде толық механикалық энергия былай анықталады:

$$E = K + \Pi = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2} + \frac{kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)}{2}.$$

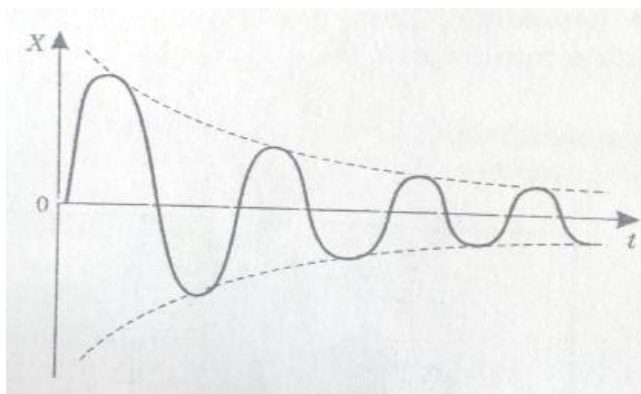
Егер $k = m\omega^2$ коэффициентін ескерсек, онда гармониялық тербелетін материалдық нүктенің толық энергиясы мынаған тең:

$$E = \frac{mA^2\omega^2}{2} = \frac{kA^2}{2}.$$

6.1.7. Өшетін тербелістер

Нақты жағдайларда әруақытта үйкеліс және кедергі күштері әсер еткендіктен, еркін тербелістер уақыт өтуіне қарай өшеді. Жүйенің толық механикалық энергиясының бір бөлігі осы күштерге қарсы жұмыс жасауға жұмсалады, сондықтан жүйенің толық механикалық энергиясы уақыт өтуіне қарай азаяды.

Тербелетін жүйенің толық механикалық энергиясы $E = \frac{kA^2}{2}$ -қа тең болғандықтан, уақыт өтуіне байланысты жүйе энергиясының кемуімен тербеліс амплитудасы да кемиді (7-сурет).



4.7.сурет.

Тербелетін жүйе энергиясының азаюымен уақыт өте амплитудасы да кемитін тербелісті **өшетін тербелістер** деп атайды.

✓ Энергия азаюының аз мәнінде тербелісті периодты деп есептеп, тербеліс периоды мен жиілігі түсініктерін қодануға болады.

6.1.8. Мәжбүр тербелістер

Тербелмелі жүйенің энергиясын оған сыртқы периодты түрде өзгеріп отыратын күшпен әрекет ету арқылы толықтыруға болады. Жүйенің энергиясы **сыртқы периодты күш** жұмысының есебінен толығады.

$$F = F_m \cos \omega^* t.$$

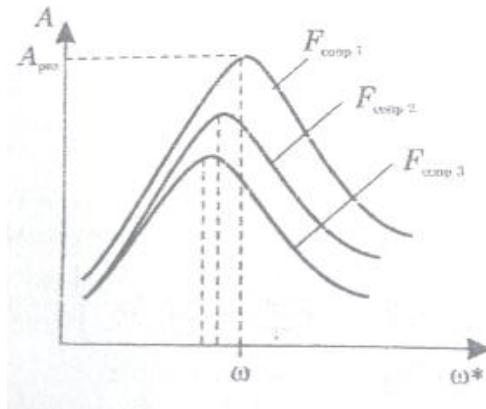
Бұл кезде тербеліс мәжбүр етуші күштің ω^* жиілігімен өтеді және **мәжбүр тербелістер** деп аталады.

Мәжбүр тербелістердің теңдеуі

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0).$$

Мәжбүр тербелістердің A амплитудасы мәжбүр етуші күштің F_m амплитудасына ғана емес, сонымен бірге мәжбүр етуші күштің ω^* жиілігі мен жүйенің меншікті ω тербеліс жиілігінің қатынасына да тәуелді. Егер ω^* жиілік ω жиілікке жуық болса, **резонанс құбылысы** пайда болады.

Резонанс құбылысы – мәжбүр етуші күштің тербеліс жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі дәл келген кездегі еріксіз тербелістер амплитудасының кенет арту құбылысы.



4.8. сурет

Резонанс аумағында амплитуданың мәні жүйеге әсер ететін кедергі күшіне тәуелді. Кедергі күші неғұрлым аз болса, резонанс амплитудасы соғұрлым көп болады ($F_{кед1} < F_{кед2} < F_{кед3}$) (8-сурет).

✓ Мәжбүр етуші күштің тербеліс жиілігі мен тербелмелі жүйенің меншікті жиілігі дәл келген кезде ішкі және сыртқы күштер синхронды әсер етеді. Сондықтан олардың әсері артып, тербеліс амплитудасының артуына алып келеді.

6.2. Механикалық толқындар

Уақыт және кеңістік бойынша периодты, тұтас ортада тербелістің таралу үдерісі **толқын** деп аталады.

✓ Толқынның таралуы кезінде зат тасымалдануы болмайды. Бөлшектер тепе-теңдік күйінің маңында тербеледі. Толқындардың таралуы тербелетін дененің ортаның бір нүктесінен екінші нүктесіне энергия тасымалдауымен жүреді.

Толқын шебі – тербеліс үдерісі өтіп жатқан бетті тербеліс жоқ беттен бөліп тұратын шекаралық бет.

Толқындық (фазалық) бет – бұл тербеліс фазалары сәйкес келетін нүктелердің геометриялық орны.

Толқындар қума және көлденең болып бөлінеді.

Ортаның бөлшектерінің тербеліс бағыты толқындардың таралу бағытына сәйкес келсе толқындар **қума** деп аталады.

✓ Қума толқындар созылу және сығылу деформацияларымен байланысты және қатты, сұйық және газ тәрізді денелерде таралады.

Ортаның бөлшектері толқындардың таралу бағытына перпендикуляр бағытта тербеліс жасаса, толқындар **көлденең** деп аталады.

✓ Көлденең толқындар тек қатты ортада байқалады. Себебі көлденең толқындарда қабаттардың бір-біріне қатысты ығысуы жүреді.

6.2.1. Толқын теңдеуі

Толқын y осі бағытында таралсын, сонда толқынның теңдеуі былай жазылады:

$$x = A \sin\left[\omega\left(t - \frac{y}{v}\right)\right] = A \sin[\omega t - ky],$$

мұндағы x – толқын нүктесінің тепе-теңдік күйінен ығысуы;

A – толқын амплитудасы;

ω – толқын нүктелері тербелісінің циклдік жиілігі;

y – тербеліс көзінен бақыланатын нүктеге дейінгі қашықтық;

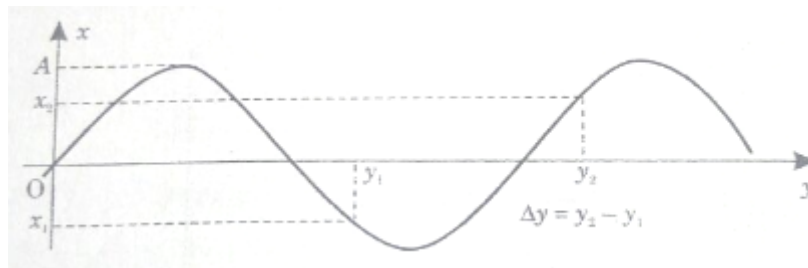
$\varphi = \omega\left(t - \frac{y}{v}\right) = \omega t - ky$ - ортаның берілген нүктесіндегі толқын фазасы;

$k = \frac{\omega}{v}$ - толқындық сан;

v – толқынның таралу жылдамдығы.

✓ Толқын амплитудасы – тербеліс кезінде толқын нүктесінің тепе-теңдіктен ең үлкен ығысуы.

✓ Толқын нүктесінің тербеліс жиілігі тербеліс көзінің жиілігімен анықталады:



4.9.сурет

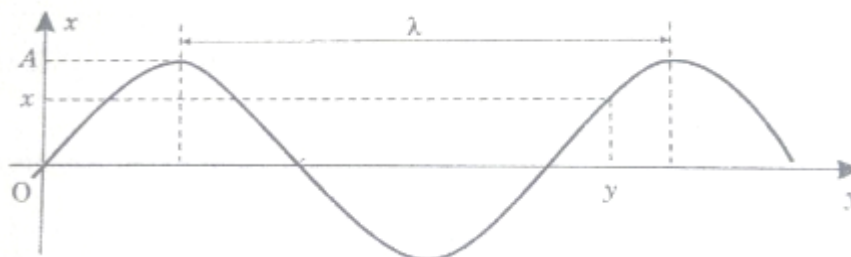
Толқынның екі нүктесінің фазалар айырымы мынаған тең:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = (\omega t - ky_1) - (\omega t - ky_2) = \frac{\omega}{v}(y_2 - y_1) = \frac{\omega}{v}\Delta y.$$

6.2.2. Толқын ұзындығы

Толқын ұзындығы λ – T периодқа тең уақыт аралығында толқын таралатын арақашықтық. Басқаша айтқанда, **толқын**

ұзындығы деп толқын ішіндегі бірдей қозғалатын және тепе-теңдік күйінен ауытқулары да бірдей болатын бір-біріне ең жақын жатқан екі нүктенің арақашықтығын айтамыз.



4.10.сурет.

$$\lambda = \nu T \Rightarrow \lambda = \frac{\nu}{\nu} \Rightarrow \nu = \lambda \nu.$$

Толқындық санды толқын ұзындығы арқылы өрнектеуге болады:

$$k = \frac{\omega}{\nu} = \frac{2\pi\nu}{\lambda\nu} = \frac{2\pi}{\lambda}.$$

$$x = A \sin[\omega t - ky] = A \sin[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} y].$$

Толқынның екі нүктесінің фазалар айырымы мынаған тең:

$$\Delta\varphi = \frac{\omega}{\nu} \Delta y = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta y.$$

6.2.3. Дыбыс толқындары

Дыбыс толқындары – жиілігі 16 Гц-тен 20 000 Гц-ке дейінгі серпімді толқындар. Адамның есту мүшесі әсер етеді.

Жиілігі $\nu > 2 \cdot 10^4$ Гц-тен жоғары толқындар **ультрадыбыстар**, ал $\nu < 16$ Гц-тен төмені **инфрадыбыстар** деп аталады. Бұл дыбыстарды адам құлағы қабылдамайды.

Дыбыс толқындарының сипаттамалары:

- тербеліс амплитудасымен сипатталатын дыбыс күші;
- дыбыс жиілігіне тәуелді тон биіктігі;
- ортаның механикалық қасиетіне және оның температурасына тәуелді таралу жылдамдығы;
- бірлік уақытта бірлік ауданнан толқынның таралу бағытына перпендикуляр тасымалданатын қуатпен анықталатын дыбыс интенсивтілігі.

ХБ жүйесінде дыбыс интенсивтілігі 1 Вт/м^2 -пен өлшенеді.

Дыбыс интенсивтілігінің деңгейі L_p (қаттылық деңгейі) мына формуламен анықталады:

$$L_p = 10 \cdot \lg\left(\frac{I}{I_0}\right),$$

Мұндағы I – берілген дыбыстың интенсивтілігі;

$I=1 \text{ пВт/м}^2$ – адам құлағы еститін дыбыстың минимал интенсивтілігі.

- ✓ Дыбыс интенсивтілігі деңгейінің бірлігі $[L_p]=1 \text{ Б}$ (бел).
- ✓ Көбінесе дыбыс интенсивтілігі деңгейінің бірлігі ретінде мынаны қолданады $[L_p]=1 \text{ дБ}$ (децибел) $=0,1 \text{ Б}$.

6.2.4. Допплер эффектісі

Допплер эффектісі – толқын көзі мен қабылдағыш толқын тарайтын ортамен салыстырғанда қабылдағыш қабылдайтын тербеліс жиілігінің өзгеру құбылысы. Дыбыс және қабылдағыш көздері бір түзудің бойымен қозғалсын делік.

1. Толқын көзі мен қабылдағыш толқын ортаға қатысты тыныштықта болсын. Толқын ортада тарай отырып, қабылдағышты қуып жетеді және жиілігі мынадай тербеліс тудырады:

$$v = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{vT} = \frac{1}{T} = v_0,$$

мұндағы v_0 – толқын көзінің тербеліс жиілігі.

2. Қабылдағыш толқын көзіне қарай жақындасын, ал толқын көзі тыныштықта болсын. Қабылдағышқа қатысты толқынның таралу жылдамдығы артады және мынаған тең $v+v_{\text{қаб}}$. Сонда

$$v = \frac{v + v_{\text{қаб}}}{\lambda} = \frac{v + v_{\text{қаб}}}{vT} = v_0 \frac{v + v_{\text{қаб}}}{v}.$$

3. Толқын көзі қабылдағышқа қарай жақындасын, ал қабылдағыш тыныштықта болсын. T периодқа тең уақыт аралығында шығарылған толқын $\lambda_1=vT$ аралығын жүреді. Осы уақыт ішінде толқын көзі толқын бағытында $\lambda_2=vT$ аралығын өтеді. Сондықтан толқын көзі бағытында таралатын толқын ұзындығы мынаған тең: $\lambda=\lambda_1-\lambda_2=(v-v_{\text{көз}})T$. Сонда

$$v = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{(v - v_{\text{кoз}})T} = v_0 \frac{v}{v - v_{\text{кoз}}}.$$

4. Толқын көзі мен қабылдағыш бір-біріне қатысты қозғалса:

$$v = v_0 \frac{(v \pm v_{\text{каб}})}{(v \pm v_{\text{кoз}})}.$$

«+» таңбасы қолданады, егер толқын көзі мен қабылдағыш бір-біріне қарай қозғалса, ал «-» таңбасы қолданады, егер толқын көзі мен қабылдағыш бір-бірінен қашықтаса.

ТЕСТ

1. Математикалық маятниктің Жердегі тербеліс периоды T_0 . Егер басқа бір планетада еркін түсу үдеуі Жердегіден n есе үлкен болса, онда сол планетада маятниктің тербеліс периоды

- A) nT_0 .
- B) n^2T_0 .
- C) $\sqrt{nT_0}$.
- D) $\frac{T_0}{\sqrt{n}}$
- E) $\frac{T_0}{n}$

{Дұрыс жауап} = D

2. 3 с ішінде маятник 6 тербеліс жасайды. Тербеліс периоды

- A) 6 с
- B) 3 с
- C) 2 с
- D) 0,5 с
- E) 18 с

{Дұрыс жауап} = D

3. Бақылаушы биік таудың баурайынан 200 м қашықтықта тұр. Өзінің қатты дауыстаған сөзінің жаңғырығын еститін уақыты (дыбыстың таралу жылдамдығы 340 м/с)

- A) $\approx 0,6$ с.
- B) $\approx 0,06$ с .
- C) ≈ 2 с.
- D) $\approx 1,2$ с.
- E) $\approx 1,7$ с.

{Дұрыс жауап} = D

4. Аңшы мылтық даусының жаңғырығын 4,5 с өткен соң естиді. Мылтық даусын шағылдыратын бөгеттің орналасу қашықтығы

(дыбыстың таралу жылдамдығы 340 м/с)

- A) 365 м.
- B) 465 м.
- C) 565 м.
- D) 665 м.
- E) 765 м.

{Дұрыс жауап} = E

5. Жақын орналасқан екі жартастың ортасында тұрған адам қатты дауыстады. Ол екі жаңғырық естіді – біріншісін 1 с, екіншісін 1,5 с өткен соң. Жартастардың ара қашықтығы (дыбыстың таралу жылдамдығы 340 м/с)

A) 300 м.

B) 465 м.

C) 425 м.

D) 625 м.

E) 700 м.

{Дұрыс жауап}= C

6. Серіппеде жүк 9 с–та 180 тербеліс жасайды. Тербеліс периоды мен жиілігі

A) 0,05 с, 2 Гц.

B) 0,5 с, 20 Гц.

C) 0,05 с, 20 Гц.

D) 0,5 с, 2 Гц.

E) 5 с, 20 Гц.

{Дұрыс жауап}= C

7. Нүкте тербелісінің қозғалыс теңдеуі $x = 0,5 \sin \frac{\pi}{3} t$. Нүктенің орын ауыстыруы тербеліс амплитудасының жартысына тең болу уақыты

A) 6 с.

B) 1 с.

C) 0,5 с.

D) 0,3 с.

E) 3 с.

{Дұрысжауап}=C

8. Синусойдалы тербеліс жасаған нүкте $\pi/6$ фазасында 2 см –ге орын ауыстырады. (Тербеліс тепе-теңдік жағдайдан басталады). Тербеліс амплитудасы

A) 2 см.

B) 4 см.

C) 16 см.

D) 8 см.

E) 1 см.

{Дұрыс жауап}=B

9. Дене 4 мин-та 60 тербеліс жасайды. Тербеліс периоды мен жиілігі

A) 15 с және $0,2 \text{ с}^{-1}$.

B) 4 с және 6 с^{-1} .

- C) 6 с және $0,6 \text{ с}^{-1}$.
- D) 4 с және $0,25 \text{ с}^{-1}$.
- E) 3 с және 2 с^{-1} .

{Дұрыс жауап}=D

10. Амплитудасы 4 см дене 2 с период бойы тербеледі. Дененің тербеліс теңдеуі

- A) $x = 4\sin\pi t$.
- B) $x = 0,02\sin\frac{\pi}{2}t$.
- C) $x = 0,04\sin\frac{\pi}{2}t$.
- D) $x = 4\sin 2\pi t$.
- E) $x = 0,04\sin\pi t$.

{Дұрыс жауап}=E

11. Нүкте $x = 0,05\sin 157t$ қозғалыс теңдеуімен тербеледі. Тербеліс басталғаннан соң 0,01 с уақыттан кейінгі нүктенің жылдамдығы

- A) 0.
- B) 7,85 м/с.
- C) 1,57 м/с.
- D) 1 м/с.
- E) 5 м/с.

{Дұрыс жауап}=A

12. Нүктенің тербелісінің қозғалыс теңдеуі берілген: $x = 0,6\cos 157t$. Тербелістің периоды

- A) 0,6 с.
- B) 0,04 с.
- C) 1,57 с.
- D) 4 с.
- E) 2 с.

{Дұрыс жауап}=B

13. Нүктенің тербелісінің қозғалыс теңдеуі берілген: $x = 0,5\sin \varphi$.

Нүктенің орын ауыстыруы тербеліс амплитудасының жартысына тең болу фазасы

- A) $\frac{\pi}{18}$.
- B) $\frac{\pi}{9}$.
- C) $\frac{\pi}{3}$.

D) $\frac{\pi}{6}$.

E) $\frac{\pi}{2}$.

{Дұрыс жауап}=D

14. Нүктенің тербелісінің қозғалыс теңдеуі берілген: $x = 0,5 \sin 314t$.

Тербеліс периоды

A) 0,25 с.

B) 0,125 с

C) 0,02 с.

D) 1 с.

E) 0,2 с.

{Дұрыс жауап}=C

15. Массасы 2 кг пружинаға ілінген жүктің қозғалыс заңының теңдеуі берілген: $x = 0,1 \cos 2t$. Пружинадағы серпінділік күштің өзгеріс заңдылығы:

A) $F_{\text{спр}}(t) = -0,8 \cos 2t$.

B) $F_{\text{спр}}(t) = 0,1 \sin 2t$.

C) $F_{\text{спр}}(t) = -0,1 \cos t$.

D) $F_{\text{спр}}(t) = 0,8 \sin t$.

E) $F_{\text{спр}}(t) = -0,8 \sin 2t$.

{Дұрыс жауап}=A

16. Жүк серіппеде тербеліп тұр, оның қатандығы 1200 Н/м. Тербеліс амплитудасы 4,8 см. Жүктің жылдамдығы нөлге тең болған мезеттегі оған әрекет етуші күш модулі

A) 87,6 Н.

B) 67,6 Н.

C) 57,6 Н.

D) 47,6 Н.

E) 37,6 Н.

{Дұрыс жауап}= C

17. Серіппеге ілінген жүк 2 мин ішінде 60 тербеліс жасайды. Егер серіппенің қатандығы 4,9 Н/м болса, онда жүктің массасы

A) 0,5 кг.

B) 5 кг.

C) 3 кг.

D) 0,3 кг.

E) 4 кг.

{Дұрыс жауап}= А

18. Егер Айда ұзындығы 1 м маятниктің тербелістерінің периоды 4,9 с болса, ондағы еркін түсу үдеуі

A) 9,8 м/с².

B) 10 м/с².

C) 1,6 м/с².

D) 1м/с².

E) 0,8 м/с².

{Дұрыс жауап}= С

19. Серіппеге ілінген жүктің массасын 9 есе артты. Серіппеге маятниктің жиілігі

A) 9 есе артады.

B) 9 есе кемиді.

C) 3 есе артады.

D) 3 есе кемиді.

E) өзгерміді.

{Дұрыс жауап}=D

20. Математикалық маятниктің тербеліс периодын $\sqrt{2}$ есе арттыру үшін, жіптің ұзындығын

A) 2 есе кемиді.

B) 2 есе артады.

C) $\sqrt{2}$ есе кемиді.

D) $\sqrt{2}$ есе артады.

E) $2\sqrt{2}$ есе кемиді.

{Дұрыс жауап}=B

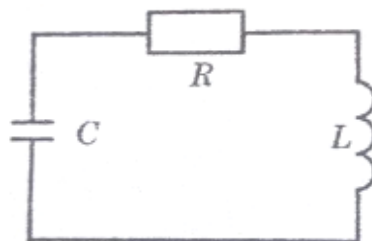
ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР МЕН ТОЛҚЫНДАР

7.1. Электромагниттік тербелістер

7.1.1. Тербелмелі контур

Қарапайым электрлік тербелмелі жүйе **тербелмелі контур** болып табылады. Бұл тізбек тізбектей жалғанған индуктивтігі L катушқадан, сыйымдылығы C конденсатордан және кедергісі R резистордан тұрады (11-сурет). Егер контурдың кедергісі $R=0$ болса, онда контур **идеал** деп аталады.

Контурдағы еркін электромагниттік тербелістер – конденсатордағы q зарядтың, оның ұштарындағы u кернеудің, индуктивті катушка мен резистордағы i ток күшінің периодты өзгерістері.



5.1. сурет.

✓ Контурда тербеліс пайда болуы үшін конденсатор астарларына қандай да бір бастапқы заряд беру керек немесе индуктивті катушқадан электр тогы жүруі керек (мысалы, катушка орамдарына сыртқы магнит өрісін қосу жолымен). Бұндай тізбекте тербеліс үдерісі өздік индукция ЭҚК-і әсерінен конденсатордың қайта зарядталуы арқылы жүреді.

7.1.2. Идеал тербелмелі контур

Идеал тербелмелі контурда **өшпейтін гармониялық тербеліс** жүзеге асады, мұнда q заряд, u кернеу және i ток күші мына заңдармен өзгереді:

$$q = q_m \cos \omega_0 t;$$

$$u = \frac{q}{C} = \frac{q_m \cos \omega_0 t}{C} = U_m \cos \omega_0 t;$$

$$i = q' = q_m \omega_0 \cos(\omega_0 t - \frac{\pi}{2}) = I_m \cos(\omega_0 t - \frac{\pi}{2}),$$

мұндағы q u i – сәйкесінше зарядтың, кернеудің және ток күшінің лездік мәндері;

$q_m, U_m = \frac{q_m}{C}, I_m = q_m \omega$ - сәйкесінше зарядтың, кернеудің және ток күшінің амплитудалық мәндері;

ω_0 – контурдағы еркін тербелістің циклдік жиілігі.

✓ Заряд пен кернеудің тербелісі бір фазада өтеді, ал ток күшінің тербелісі конденсатордағы кернеу фазасынан $\frac{\pi}{2}$ -ге қалып отырады.

Идеал тербелмелі контурдағы **Томсон формуласымен** анықталады:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Еркін электромагниттік тербеліс жиілігі

$$\nu_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Еркін электромагниттік тербелістің циклдік жиілігі

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 2\pi\nu_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Контурдағы тербеліс кезінде конденсатордағы электр өрісінің энергиясы индуктивті катушкадағы магнит өрісінің энергиясына айналады және керісінше. Өшпейтін тербеліс кезінде бастапқы уақыт мезетінде тербелмелі контурдағы энергия уақыт өтуіне қарай өзгермейді және мынаған тең:

$$W = \frac{CU_m^2}{2} = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} = const.$$

7.1.3. Нақты тербелмелі контур

Кез келген нақты тербелмелі контурда R кедергі (индуктивті катушка мен жалғағыш сымдардың активті кедергісі) нөлден өзгеше болады. Сондықтан бұндай контурда энергия шығыны (контурда жинақталған энергия ішкі энергияға алмасады) болып, уақыт өтуіне қараай тербелістер өшеді.

Өшетін тербелістердің циклдік жиілігі меншікті тербелістердің ω_0 жиілігінен аз болады.

Жалпы жағдайда өшетін тербеліс тердің периоды былай анықталады:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}.$$

Егер R кедергі өте аз болса (тербелістің өшуі елемеуге болатын болса), онда төмендегі формулаларды қолдануға болады:

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

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}};$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

7.1.4. Мәжбүр электромагниттік тербелістер

Нақты тербелмелі контурда өшпейтін тербелістерді контурды үздіксіз энергиямен толтырудың нәтижесінде алуға болады. Бұл үшін контурдың элементтеріне айнымалы ЭҚК-ін тізбектей қосу немесе тұйық контурды үзіп, ұштарына айнымалы кернеу түсіру жеткілікті:

$$u = U_m \cos \omega t,$$

мұндағы u – кернеудің лездік мәні;

U_m – кернеудің амплитудасы;

ω – айнымалы кернеудің циклдік жиілігі.

Контурдағы тізбекті тұйықтағаннан кейін жиілігі түсірілген кернеудің жиілігіне сәйкес келетін токтың мәжбүр тербелістері пайда болады:

$$i = I_m \cos(\omega t + \varphi),$$

мұндағы i - ток күшінің лездік мәні;

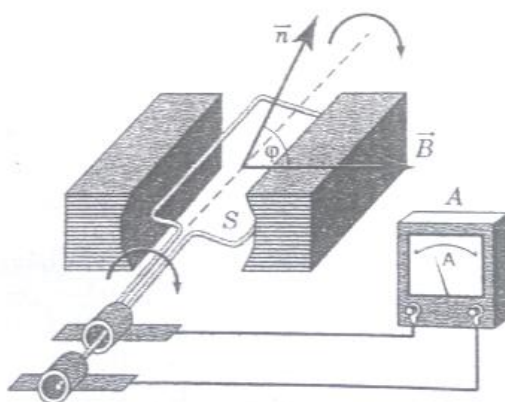
I_m – ток күшінің амплитудалық мәні;
 φ – ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуы.

7.1.5. Айнымалы электр тогы

Уақыт бойынша өзгертін кез келген ток **айнымалы** деп аталады. Гармониялық заң бойынша өзгертін ток **айнымалы электр тогы** деп аталады.

✓ Айнымалы ток пайда болу үшін қажетті айнымалы кернеу айнымалы ток генераторы көмегімен алынады.

Генератордың қарапайым моделінде біртекті магнит өрісінде бірқалыпты айналатын кедергісі R тұйық рамада айнымалы кернеу қоздырылады (12-сурет).



5.2.сурет

Бұл жағдайда рамадағы айнымалы ток күші Ом заңымен анықталады:

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t, \quad I_m = \frac{U_m}{R}.$$

Актив кедергідегі кернеу тербелісі фаза бойынша ток күші тербелісімен сәйкес келеді.

Айнымалы ток әсерінің сипаттамалары үшін I ток күшінің әсерлік және U кернеудің әсерлік мәндері енгізіледі.

Айнымалы ток күшінің әсерлік мәні I деп бірдей уақыт ішінде активті кедергіде айнымалы ток жүргенде бөлініп шығатын жылуға тең жылу мөлшерін бөліп шығаратын тұрақты ток күшіне тең шаманы айтады.

Айнымалы кернеудің әсерлік мәні U деп бірдей уақыт ішінде активті кедергіде айнымалы ток жүргенде бөлініп шығатын жылуға тең жылу мөлшерін бөліп шығаратын тұрақты кернеуге тең шаманы айтады.

Ток күшінің I және кернеудің U әсерлік мәндері мына формулалармен анықталады:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}};$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

мұндағы I U – ток пен кернеудің әсерлік мәндері;

I_m, U_m - ток пен кернеудің амплитудалық мәндері.

✓

Айнымалы токтың электр тізбегіне жалғанған амперметр мен вольтметр ток күші мен кернеудің әсерлік мәндерін өлшейді.

7.1.6. Айнымалы токтың толық тізбегі үшін Ом заңы

Бір-біріне тізбектей жалғанған индуктивтігі L катушкадан, сыйымдылығы C конденсатордан және кедергісі R резистордан тұратын тізбектің қысқыштарына $u=U_m \cos \omega t$ айнымалы кернеу түсірейік, тізбектей жалғанған тізбектің барлық бөлігінде мынадай ток пайда болады:

$$i = I_m \cos(\omega t + \varphi),$$

мұндағы φ - ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуы.

Ток күшінің амплитудасы **Ом заңымен** анықталады:

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{U_m}{Z}.$$

Бұл теңдік ток күші мен кернеудің әсерлік мәндері үшін де жазылады:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{U}{Z}.$$

$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ шамасы **айнымалы ток тізбегінің толық кедергісі** деп аталады.

R шамасы актив кедергі;

$X_L = \omega L$ шамасы индуктивті кедергі;

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ шамасы сыйымдылық кедергі;

$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ шамасы реактивті кедергі.

✓ R кедергіні айнымалы ток тізбегінде активті кедергі деп аталу себебі, бұнда Джоуль-Ленц заңына сәйкес жылу энергиясы бөлінеді. Айнымалы ток тізбегінде X реактивті кедергіде жылу бөлінбейді, тек электр өрісі энергиясының энергиясы магнит өрісі энергиясына алмасып отырады.

Ток пен кернеу арасындағы φ фаза ығысуы былай анықталады:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}.$$

Айнымалы ток тізбегіндегі P лездік қуат

$$P = iu = I_m \cos(\omega t - \varphi) U_m \cos \omega t = \frac{1}{2} I_m U_m (\cos \varphi + \cos(2\omega t - \varphi)).$$

Қуаттың орташа мәні былай анықталады:

$$\bar{P} = \frac{1}{2} I_m U_m \cos \varphi = IU \cos \varphi.$$

$\cos \varphi$ шамасы қуат коэффициенті деп аталады.

7.1.7. Айнымалы ток тізбегіндегі активті кедергі

Егер айнымалы ток тізбегіне тек R активті кедергі жалғанса ($X_L=0$, $X_C=0$), Ом заңы былай жазылады:

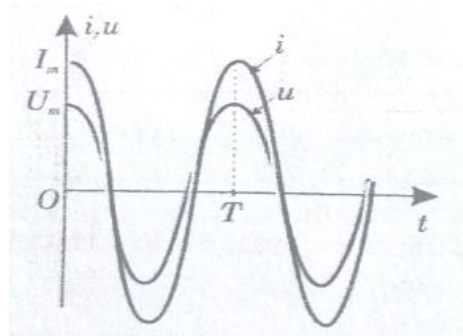
$$I_m = \frac{U_m}{R}, \text{ немесе } I = \frac{U}{R}.$$

Ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуы

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{0}{R} = 0 \Rightarrow \varphi = 0.$$

Ток күші мына заң бойынша өзгереді:

$$i = I_m \cos \omega t = \frac{U_m}{R} \cos \omega t.$$



5.3.сурет.

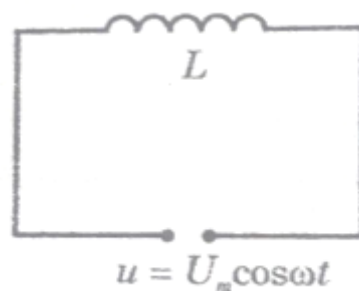
Орташа ток қуаты

$$\bar{P} = \frac{1}{2} I_m U_m = IU.$$

7.1.8. Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивті кедергі

Егер айнымалы ток тізбегіне тек X_L индуктивті кедергі жалғанса ($R \rightarrow 0$, $X_C = 0$), Ом заңы былай жазылады (14-сурет):

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}, \text{ немесе } I = \frac{U}{\omega L}.$$



5.4.сурет.

✓ Айнымалы токтың нақты тізбегінде әруақытта R активті кедергі болады. Сондықтан $R \rightarrow 0$ шарты егер $\omega L \gg R$ болғанда орындалады.

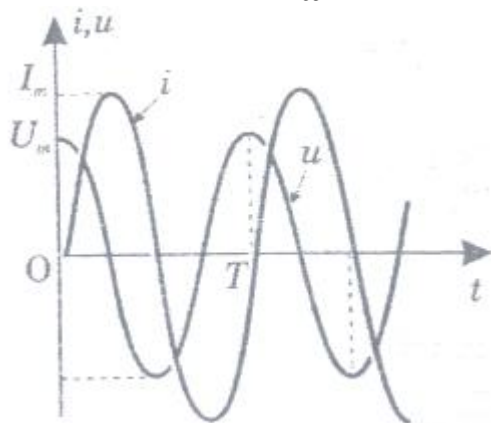
Ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуы

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R} \rightarrow +\infty \Rightarrow \varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}.$$

✓ Индуктивті кедергіде кернеу ток күшінен фаза бойынша $\frac{\pi}{2}$ -ге озып отырады (15-сурет).

Ток күші мына заң бойынша өзгереді:

$$i = I_m \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = \frac{U_m}{\omega L} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}).$$



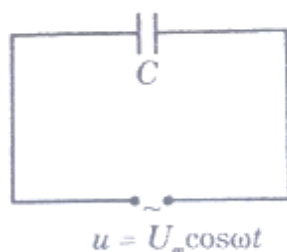
5.5. сурет

Орташа ток қуаты $\bar{P} = 0$.

7.1.9. Айнымалы ток тізбегіндегі сыйымдылық кедергі

Егер айнымалы ток тізбегіне тек X_C сыйымдылық кедергі жалғанса ($R \rightarrow 0, X_L = 0$), Ом заңы былай жазылады (16-сурет):

$$I_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}} = \omega C U_m, \text{ немесе } I = \omega C U.$$



5.6. сурет

✓ Айнымалы токтың нақты тізбегінде әруақытта R активті кедергі болады. Сондықтан $R \rightarrow 0$ шарты егер $\frac{1}{\omega C} \gg R$ болғанда орындалады.

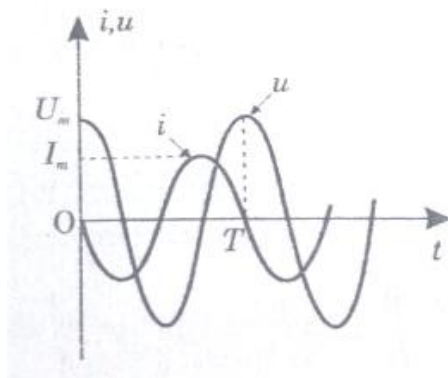
Ток пен кернеу арасындағы фаза ығысуы

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_C}{R} \rightarrow -\infty \Rightarrow \varphi \rightarrow -\frac{\pi}{2}.$$

✓ Сыйымдылық кедергіде ток күші кернеуден фаза бойынша $\frac{\pi}{2}$ -ге озып отырады (17-сурет).

Ток күші мына заң бойынша өзгереді:

$$i = I_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \omega C U_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right).$$

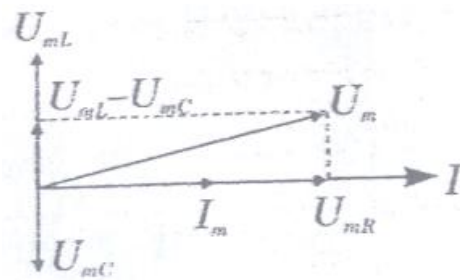


5.7.сурет.

Орташа ток қуаты $\bar{P} = 0$.

7.1.10. Векторлық диаграммалар тәсілі

Айнымалы ток тізбегіне тізбектей жалғанған индуктивтігі L катушкадан, сыйымдылығы C конденсатордан және кедергісі R резистордан тұратын тізбекті қарастыралық. Тізбектегі ток күшінің I_m амплитудалық мәнін анықталық.



5.8.сурет

Ток күшінің мәні тізбектей жалғанған тізбектің барлық бөлігінде бірдей болады. Ток күшінің амплитудалық мәнін анықтау үшін векторлық диаграммалар тәсілін қолданалық. Векторлық диаграмма тұрғызалық. Ток осін горизонталь бағытталаық. Резистордағы кернеу тербелісі ток күшінің тербелісімен фаза бойынша сәйкес келеді, сондықтан U_{mR} векторының бағыты ток осімен сәйкес келеді. Катушкада кернеу мен ток күші арасындағы фаза ығысуы $\frac{\pi}{2}$ -ге, ал конденсаторда кернеу мен ток күші арасындағы фаза ығысуы $-\frac{\pi}{2}$ -ге тең. Сондықтан U_{mL} векторын ток осіне қатысты $\frac{\pi}{2}$ бұрыш жасай сағат тіліне қарсы бағытта, ал U_{mC} векторын ток осіне қатысты $\frac{\pi}{2}$ бұрыш жасай сағат тілі бағытында бұрамыз (18-сурет). Диаграммадан көріп отырғанымыздай U_m кернеу модулі мынаған тең:

$$U_m^2 = U_{mR}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2 = (I_m R)^2 + (I_m X_L - I_m X_C)^2;$$

$$U_m^2 = I_m^2 (R^2 + (X_L - X_C)^2) = I_m^2 (R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2);$$

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{U_m}{Z}.$$

Векторлық диаграммалар тәсілін қолдана отырып, айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңын алдық.

7.1.11. Айнымалы токтың электр тізбегіндегі резонанс

Айнымалы ток тізбегінің тізбектелген бөлігі үшін Ом заңы былай жазылады:

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

Бұдан айнымалы токтың амплитудасы тізбектің R, L, C, U_m параметрлерінен басқа айнымалы токтың ω жиілігіне де тәуелді екендігін көруге болады.

Егер $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ болса, онда толық кедергі минимал мәнге ие болады $Z=R$. Толық кедергі минимал болғандықтан, ток күшінің амплитудасы максимал болады:

$$I_m = \frac{U_m}{R}.$$

Бұл шарт орындалатын жиілік меншікті тербелістердің жиілігіне тең болады:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0.$$

Яғни мәжбүр кернеудің жиілігі меншікті тербелістің жиілігімен тең болғанда, ток күшінің амплитудасы күрт артады.

Тізбекке түсірілген сыртқы периодты кернеудің жиілігі тізбектің меншікті жиілігіне тең болғанда, ток күші амплитудасының күрт артуы **электр тізбегіндегі резонанс** деп аталады.

Резонанс кезінде ток күші амплитудасының артуымен біруақытта конденсатор мен индуктивті катушкадағы амплитудалық кернеу де күрт артады. Бұл кернеулер $\omega = \omega_0$ теңдігі кезінде бірдей болады:

$$U_{mL}^{pez} = I_m X_L = \omega L \frac{U_m}{R} = \omega_0 L \frac{U_m}{R} = \frac{L}{\sqrt{LC}} \frac{U_m}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} U_m;$$

$$U_{mC}^{pez} = I_m X_C = \frac{1}{\omega C} \frac{U_m}{R} = \frac{1}{\omega_0 C} \frac{U_m}{R} = \frac{\sqrt{LC}}{C} \frac{U_m}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} U_m.$$

$Q_0 = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ шамасы контурдың беріктігі деп аталады.

Егер $Q_0 \gg 1$ болса, конденсатордағы немесе катушкадағы кернеу мәжбүр кернеуден бірнеше есе өсуі мүмкін. Сондықтан айнымалы токтың тізбектелген тізбегіндегі электр резонансы **кернеулер резонансы** деп аталады.

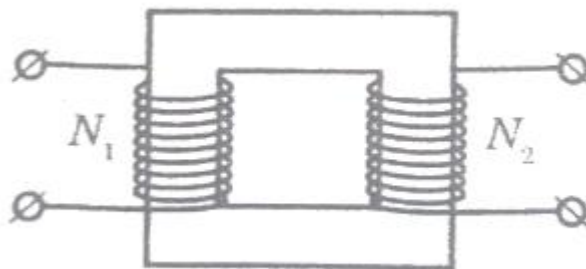
Резонанс кезінде $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ болса, онда

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = 0 \Rightarrow \varphi = 0.$$

✓ Резонанс кезінде i ток күші мен u кернеу арасындағы φ фаза ығысуы нөлге тең болады.

7.1.12. Трансформатор

Қуаттың тұрақты дерлік мәнінде айнымалы ток U кернеуінің I ток күшімен қатар өзгеруін айнымалы токтың трансформациясы дейді. Айнымалы токтың трансформациясын жүзеге асыратын құрал **трансформатор** деп аталады



5.9.сурет

Қарапайым трансформатор екі өзекшеден тұрады, біреуі бірінші ретті, ал басқасы екінші ретті деп аталады (19-сурет).

Трансформатордың орамалары жалпы өзекшеге орналастырылады. Бірінші орамаға кіріс кернеуі түсіріледі, ал екінші орама арқылы түрлендірілген кернеу алынады.

✓ Трансформатордың жұмысы электромагниттік индукция құбылысына негізделген.

Трансформатордың бірінші орамасы ЭҚК-і U_1 тең айнымалы ток көзіне қосылады ($\varepsilon_1 = U_1$). Орамалар жалпы өзекшеде орналасқандықтан, айнымалы ток арқылы бірінші орамада пайда болған магнит ағыны екінші орамаға да өтеді. Фарадей-Ленц заңы бойынша

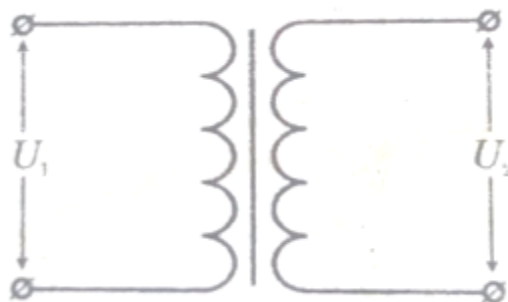
$$\varepsilon_1 = -N_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{және} \quad \varepsilon_2 = -N_2 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{-N_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}{-N_2 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}} = \frac{N_1}{N_2},$$

мұндағы N_1 және N_2 – бірінші және екінші реттік катушкалардағы орама саны.

7.1.13. Жүктемесіз трансформатор

Екінші реттік орамаға жүктеме қосылмасын, яғни трансформатор зая жүрісте болсын. Онда екінші реттік орамада ток жүрмейді, сондықтан оның қысқыштарындағы кернеу $U_2 = \varepsilon_2$ тең болады (20-сурет).



5.20.сурет

Трансформация коэффициенті k - екінші және бірінші реттік катушкалардың орам сандарының қатынасына тең шама.

$$k = \frac{N_1}{N_2}.$$

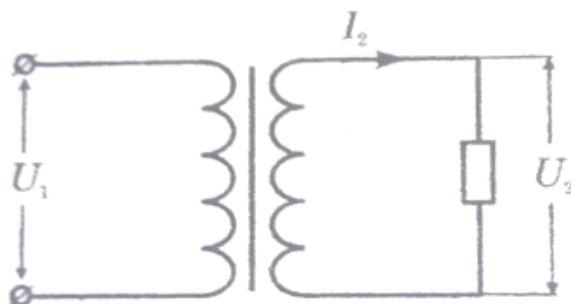
Трансформатордың зая жүрісінде трансформация коэффициенті мынаған тең:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2}.$$

Егер $k > 1$ болса, трансформатор төмендеткіш, ал $k < 1$ болса, трансформатор жоғарылатқыш деп аталады.

7.1.14. Жүктемелі трансформатор

Жүктемелі трансформатор деп екінші реттік тізбекке қандай да бір жүктеме қосылған тізбекті айтады (21-сурет).



5.21. сурет

Бұл жағдайда трансформация коэффициенті кмынаған тең:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2 + I_2 r},$$

мұндағы I_2 – екінші реттік орамадағы ток күшінің әсерлік мәні;
 r - екінші ораманың кедергісі.

Трансформатордың ПӘК-і

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1},$$

мұндағы P_1 – бірінші ораманың тұтынатын қуаты;
 P_2 – екінші орамадан бөлінетін қуат.

Трансформаторда қуаттың шығыны өте аз болғандықтан (қазіргі қуатты трансформаторларда бар болғаны 2-3%), энергияның сақталу заңы бойынша былай жазуға болады:

$$I_1 U_1 \approx I_2 U_2 \text{ немесе } \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1},$$

мұндағы I_1 және I_2 – бірінші және екінші реттік орамадағы ток күшінің әсерлік мәндері.

✓ Трансформатордың көмегімен кернеуді неше есе арттырсақ, ток күші сонша есе кемиді немесе керісінше.

7.2. Электромагниттік толқындар

Электромагниттік толқындар дегеніміз айнымалы электромагниттік өріс тербелістерінің кеңістікте таралуы.

Электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы \vec{E} кернеулік және \vec{B} индукция векторлары жатқан жазықтықтарға перпендикуляр орналасады. Яғни электромагниттік толқындағы және векторлары

бір-біріне және толқынның таралу жылдамдығының бағытына перпендикуляр.

Вакуумда электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы жарық жылдамдығына тең ($c=3 \cdot 10^8$ м/с). Электромагниттік толқынның ортадағы таралу жылдамдығы

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}},$$

мұндағы ϵ және μ – ортаның диэлектрлік және магниттік өтімділігі.

Басқа толқындар сияқты электромагниттік толқындар үшін де мына қатынастар орындалады:

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu} \Rightarrow v = \lambda\nu = \frac{\lambda}{T},$$

мұндағы λ – толқын ұзындығы; ν – жиілік; T – электромагниттік тербеліс периоды.

Электромагниттік толқынның көздері айнымалы ток және тербелетін (үдемелі қозғалатын) электр зарядтары болып табылады.

Электромагниттік толқындар үшін басқа да толқындық үдерістер сияқты шағылу, сыну, интерференция, дифракция, поляризация және т.б. құбылыстары орындалады.

7.2.1. Электромагниттік толқындардың шкаласы

Кестеде электромагниттік толқындардың жиіліктеріне (толқын ұзындықтарына) байланысты классификациясы көрсетілген.

Сәулелену түрлері	Жиілік, Гц	Толқын ұзындығы, м
Төменгі жиілікті толқындар	$<3 \cdot 10^3$	$>10^5$
Радиотолқындар	$3 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^9$	$10^5 - 10^{-1}$
Микротолқындар	$3 \cdot 10^9 - 10^{12}$	$10^{-1} - 10^{-4}$
Инфрақызыл сәулелер	$10^{12} - 4,3 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-4} - 7 \cdot 10^{-7}$
Көрінетін жарық	$4,3 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$
Ультракүлгін сәулелер	$7,5 \cdot 10^{14} - 10^{16}$	$4 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-8}$
Рентген сәулелер	$10^{16} - 3 \cdot 10^{18}$	$3 \cdot 10^{-8} - 10^{-10}$
Гамма сәуле шығару	$3 \cdot 10^{18} - 3 \cdot 10^{29}$	$10^{-10} - 10^{-21}$

7.2.2. Радиотолқындардың классификациясы

Радиотолқын түрлері	Жиілік, Гц	Толқын ұзындығы, м
Аса ұзын толқын	$<3 \cdot 10^4$	$>10^4$
Ұзын толқын	$3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^5$	$10^3 - 10^4$
Орташа толқын	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$	$10^2 - 10^3$
Қысқа толқын	$3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^1 - 7 \cdot 10^2$
Ультрақысқа толқын	$3 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^9$	0,1-10

ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

1. Периоды 1,57 мс электромагнитті тербеліс тудыру үшін, сыйымдылығы 2,5 $\mu\text{кФ}$ конденсаторды жалғауға болатын катушка индуктивтілігі?

Шешуі:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow C = T^2 / 4\pi^2 L = 1.57 \cdot 10^{-3} \text{ с} / 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 4\pi^2 = 25 \text{ мГн}$$

2. Периоды 1,7 мс электромагнитті тербеліс тудыру үшін, сыйымдылығы 2 $\mu\text{кФ}$ конденсаторды жалғауға болатын катушка индуктивтілігі?

Шешуі:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow C = T^2 / 4\pi^2 L = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ с} / 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 4\pi^2 = 22 \text{ пГн}$$

3. Радиостанция 75 МГц жиілікте (УҚТ) хабар жүргізіп отыр. Толқын ұзындығын табыңдар.

Шешуі: $\lambda = Tc = 3 \cdot 10^8 \cdot 75 \cdot 10^6 = 225 \cdot 10^{14} \text{ м}$

ТЕСТ

1. Контур конденсаторы $0,0785$ с периодты тербелісте 2 кОм сыйымдылық кедергіге ие болады. Конденсатор сыйымдылығы

A) $3,14$ пФ.

B) $2,5 \cdot 10^{-7}$ Ф.

C) $6,25$ мкФ.

D) $4,8 \cdot 10^{-5}$ Ф.

E) 300 нФ.

{Дұрыс жауап}=C

2. Тербелмелі контур $\frac{1}{5\pi} \cdot 10^8$ Гц резонанстық жиілікті катушкадан

және сыйымдылығы C конденсатордан тұрады. Резонанс кезіндегі индуктивтілік кедергісі $0,5$ кОм-ға тең. Конденсатор сыйымдылығы

A) 25 мкФ.

B) $2,5 \cdot 10^{-11}$ Ф.

C) 1 пФ.

D) 50 пФ.

E) 10^{-8} Ф.

{Дұрыс жауап}=D

3. Тербелмелі контур конденсаторына сыйымдылығы 3 есе артық тағы бір конденсаторды параллель жалғаса, контурдың резонанстық жиілігі

A) $\sqrt{2}$ есе артады.

B) 2 есе кемиді.

C) 4 есе артады.

D) 3 есе кемиді.

E) $\sqrt{3}$ есе артады.

{Дұрыс жауап}= B

4. Тербелмелі контур конденсаторының сыйымдылығын 60% -ға артты, катушка индуктивтілігін 40 есе кемітсе, контурдың резонанстық периоды

A) 60% -ға артады.

B) 80% -ға кемиді.

C) 40% -ға артады

D) 20% -ға кемиді.

E) 50% -ға артады.

{Дұрыс жауап}=B

5. Тербелмелі контур катушкасының индуктивтілігін 25%-ға, ал конденсатор сыйымдылығын 5 есе артырса, онда контурды резонанстық жиілігі

A) 60%-ға кемиді.

B) 40%-ға артады.

C) 75%-ға кемиді.

D) 60 %-ға артады.

E) 40%-ға кемиді.

{Дұрыс жауап}=A

6. Тербелмелі контур конденсаторына сыйымдылығы 15 есе кем тағы бір конденсаторды тізбектей жалғаса, контурды резонанстық периоды

A) 25%-ға кемиді.

B) 50%-ға артады.

C) 50%-ға кемиді

D) 75%-ға артады.

E) 75%-ға кемиді.

{Дұрыс жауап}=E

7. Индуктивтілігі 0,2 Гн-ге шарғы орамасы бойымен 50 А ток өтеді. Шарғының магнит өрісінің энергиясы

A) 5 Дж.

B) 12500 Дж.

C) 250 Дж.

D) 500 Дж.

E) 12000 Дж.

{Дұрыс жауап}= C

8. Егер 5 А-ге тең ток күші кезінде магнит өрісінің энергиясы 1,5 Дж тең болса, онда шарғының индуктивтілігі

A) 0,3 Гн.

B) 0,12 Гн.

C) 0,6 Гн.

D) 7,5 Гн.

E) 37,5 Гн.

{Дұрыс жауап}= B

9. Егер магнит өрісінің энергиясы 6 Дж, ал шарғының индуктивтілігі 0,3 Гн-ге тең болса, онда оның орамасындағы ток күші

A) 6,3 А.

B) 1,8 А.

C) 0,05 А.

D) 20 А.

E) 40 А.

{Дұрыс жауап}= А

10. Вакуумде жиілігі 2 МГц электромагнитті толқын, біртекті ортада $2,4 \cdot 10^5$ км/с жылдамдықпен тарайды. Біртекті ортада тарайтын толқын ұзындығы

A) 150 м.

B) 120 м.

C) 200 м.

D) 48 м.

E) 480 м.

{Дұрыс жауап}= В

11. Біртекті ортада $2 \cdot 10^5$ км/с жылдамдықпен тарайтын толқын ұзындығы 40 м. Толқынның вакуумдегі жиілігі

A) 500 м.

B) 100 м.

C) 300 м.

D) 400 м.

E) 150 м.

{Дұрыс жауап}= А

12. Біртекті ортада $2,1 \cdot 10^5$ км/с жылдамдықпен тарайтын электромагниттік толқын ұзындығы 280 см. Толқынның вакуумдегі ұзындығы

($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

A) 500 м.

B) 100 м.

C) 300 м.

D) 400 м.

E) 150 м.

{Дұрыс жауап}= D

13. Электромагниттік толқынның вакуумдегі ұзындығы 60 м, ал біртекті ортада - 40 м. Электромагниттік толқынның біртекті ортада тарайтын жылдамдығы

($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

A) $1,5 \cdot 10^8$ м/с.

B) $2 \cdot 10^9$ м/с.

C) $1,5 \cdot 10^7$ м/с.

D) $2,4 \cdot 10^9$ м/с.

E) $2 \cdot 10^8$ м/с.

{Дұрыс жауап}=E

14. Электромагниттік толқынның вакуумнен біртекті ортаға өткенде...

A) жиілігі өзгермейді, жылдамдығы артады, толқын ұзындығы кемиді.

B) жиілігі кемиді, жылдамдығы артады, толқын ұзындығы өзгермейді.

C) жиілігі кемиді, жылдамдығы өзгермейді, толқын ұзындығы артады.

D) жиілігі өзгермейді, жылдамдығы кемиді, толқын ұзындығы кемиді.

E) жиілігі артады, жылдамдығы кемиді, толқын ұзындығы өзгермейді.

{Дұрыс жауап}=D

15. Электромагниттік толқынның біртекті ортадан вакуумге өткенде...

A) жиілігі өзгермейді, жылдамдығы артады, толқын ұзындығы кемиді.

B) жиілігі кемиді, жылдамдығы артады, толқын ұзындығы өзгермейді.

C) жиілігі өзгермейді, жылдамдығы артады, толқын ұзындығы артады.

D) жиілігі кемиді, жылдамдығы өзгермейді, толқын ұзындығы артады.

E) жиілігі артады, жылдамдығы кемиді, толқын ұзындығы өзгермейді.

{Дұрыс жауап}=C

16. Радиолокатордан жіберілген сигнал 0,0002 с кейін қайтадан оралады. Бақылаушы адамға дейінгі ара қашықтық ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

A) 20 км.

B) 30 км.

C) 60 км.

D) 110 км

E) 150 км.

{Дұрыс жауап}=B

17. Радиолокатор секундына 4000 импульс жібереді. Локатордың әсер ету қашықтығы ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

A) 37,5 км.

B) 50 км.

C) 75,3 км.

D) 200 км.

E) 2000 м.

{Дұрыс жауап}=A

18. Радиолокациялық станциядан жіберілген импульс ұзақтығы 1 мкс. Локатордың нысананы барлау қашықтығы ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

A) 1 км.

B) 5 км.

C) 500 м.

D) 150 м.

E) 100 м.

{Дұрыс жауап}=D

19. 1 с уақытта 30 км қашықтықтағы нысанаға дөп түсу үшін радиолокатордың жіберетін импульстер саны ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

A) 300.

B) 10000.

C) 50.

D) 2000.

E) 5000.

{Дұрысжауап}=E

20. Радиолокация станциясынан жіберілген импульс ұзақтығы 0,5 мкс.

Импульс қуаты 90 кВт болса, онда бір импульстің энергиясының мәні

A) 14 кДж.

B) $1,4 \cdot 10^8$ Дж.

C) 45 мДж.

D) 0,55 МДж.

E) $5,5 \cdot 10^{-7}$ Дж.

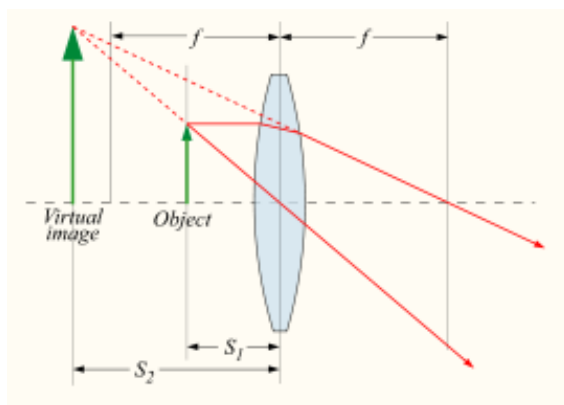
{Дұрысжауап}=C

ОПТИКА

8.1. Геометриялық оптика

Геометриялық оптика — оптиканың жарықты геом. сызық ретінде қарастыра отырып, жарықтың таралу заңдарын зерттейтін бөлімі.

Сызық бойымен жарық энергиясы ағыны таралатын геом. сызық жарық сәулесі деп аталады. Жарық сәулесі түсінігін оптикалық біртекті емес ортада жарық дифракциясы ескерілмеген жағдайда ғана пайдалануға болады. Ал бұл жарық толқынының ұзындығы біртекті емес орта мөлшерінен көп кіші болған жағдайда мүмкін.



6.1. сурет. "Геометриялық оптика"

Геометриялық оптика заңдары көп ретте оптикалық жүйелердің жеңілдетілген, бірақ көп жағдайда дәл теориясын жасауға мүмкіндік береді. Геометриялық оптика, негізінен, оптикалық кескіннің пайда болуын түсіндіреді, оптикалық жүйелер абберацияларын есептеп шығаруға және оларды түзету әдістерін жетілдіруге, оптикалық жүйелер арқылы өтетін сәулелер шоғының энергет. қатысын табуға мүмкіндік береді. Дегенмен, барлық толқындық құбылыстар, сондай-ақ, кескіннің сапасына ықпал ететін және оптикалық приборлардың ажыратқыштық шамасын анықтайтын дифракциялық құбылыстар Геометриялық оптикада қарастырылмайды.

Тәуелсіз таралатын жарық сәулелері туралы түсінік ежелгі ғылымда пайда болды. Ежелгі грек оқымыстысы Евклид жарықтың түзу сызық бойымен таралуын және оның айнадан шағылу заңдарын тұжырымдады. 17 ғ-да бірқатар оптикалық приборлардың (көру

түтігі, телескоп, микроскоп, т.б.) жасалуына және олардың кең қолданылуына байланысты Геометриялық оптика қарқынды дамыды. Голланд математигі В. Снелл және Р. Декарт жарық сәулелерінің екі ортаның шекаралық бөлігіндегі таралу заңдарын тәжірибелік жолмен анықтады. Геометриялық оптиканың теориялық негізі 17 ғ-дың соңында Ферма принципі ашылғаннан кейін қалыптасты. Ертеректе ашылған жарық сәулелерінің түзу сызық бойымен таралу, айнадан шағылу және сыну заңдары осы принциптің салдары болып табылады. 18 ғ-дан бастап геометриялық оптика оптикалық жүйелерді есептеу әдістерін жетілдіре отырып, қолданбалы ғылым ретінде дамыды. Классикалық электр динамикасы жасалғаннан кейін, геометриялық оптиканың формулаларын Максвелл теңдеулерінен алуға болатындығы дәлелденді. Геометриялық оптика теориясы іргелі түсініктері мен заңдарының (жарық сәулелері туралы түсінік, шағылу және сыну заңдары) аздығына қарамастан көптеген практикалық нәтиже алуға мүмкіндік беретін теория үлгісі болып есептеледі. Оптикалық құрылғылар теориясының көптеген есептері осы кезге дейін геометриялық оптикаға негізделген. Жарықтың түзу сызықтық таралу заңы. Жарық сәулелері біртекті ортада түзу сызық бойымен таралады. Бұл заңды тек дифракция құбылыстары есепке алынбайтын жағдайларға ғана қолдануға болады. Жарық шоқтарының тәуелсіздік заңы. Жарықтың бір шоғының әсері басқа шоқтарының әсерлеріне тәуелді емес, яғни жарық шоқтары бір-біріне ықпалын тигізбейді. Бұл заң когерент емес сәулелер шоқтары үшін ғана дұрыс орындалады.

8.1.1. Ферма принципі

Ферма принципі - геометриялық оптиканың жарық сәулесінің кеңістіктің белгілі бір нүктесінен екінші нүктесіне ең аз уақыт кететіндей жолмен (олардың арасын қосатын басқа жолдармен салыстырғанда) таралатындығын тұжырымдайтын негізгі принципі. Ферма бұл принципті 1660 жылы тұжырымдаған. Ферма принципінен геом. оптиканың негізгі заңдары - жарықтың түзу сызық бойымен таралу, шағылу және сыну заңдары қорытылады. Толқындық оптикада Фермапринципі Гюйгенс-Френельпринципінің дифракцияны ескермеуге болатын шекті жағдайының салдары болып табылады. Дифракцияны ескермеуге болмайтын жағдайларда Ферма принципі қолданылмайды.

8.1.2. Жарықтың шағылу заңдары

Жарықтың шағылу заңдары

а) Бетке түскен сәуле, одан шағылған сәуле және сол бетке түсу нүктесі арқылы жүргізілген нормаль бір жазықтықта жатады.

б) Шағылу бұрышы (i') мен түсу бұрышы (i) өзара тең.

8.1.3. Жарықтың сыну заңдары.

Жарықтың сыну заңдары:

а) Түскен сәуле; сынған сәуле және түсу нүктесі арқылы екі ортаның шекара бетіне жүргізілген нормаль бір жазықтықта жатады.

б) Түсу бұрышы (i) синусының сыну бұрышы (r) синусына қатынасы берілген екі орта үшін тұрақты шама болады:

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

мұндағы n – екінші ортаның бірінші ортаға қатысты сыну көрсеткіші деп аталады, ол шекарасынан жарық өтетін орталардың қасиеттеріне тәуелді, i мен r бұрыштарының үлкен-кішілігіне байланысты емес.

8.1.4. Жарықталыну

Өздері жарық шығармайтын денелер оларға жарық түссе ғана көрінеді, өйткені ондай денелерге түскен жарық азды-көпті ағылып жан-жағына шашырайды, дене дербес жарық көзі тәрізді болады. Дене неғұрлым күштірек жарықталса, соғырлым одан жарық көп шашырайды. Дененің жарық болу дәрежесін сипаттау үшін жарықталыну деген шама пайдаланылады. Сонда *жарықталыну (E) деп жарық түскен dS беттің аудан өлшеу бірлігіне келетін жарық ағыны айтылады, яғни,*

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (6)$$

Мұндағы $d\Phi$ – дененің бетіне түскен жарық ағыны.

Жарық көзі тұрған орыннан қарағанда dS бетікөрінер денелік бұрыш $d\Omega$ болсын, сонда бұл бетке түсетін жарық ағыны $d\Phi$ мынаған тең болады:

$$d\Phi = Id_{\Omega}$$

мұндағы I-жарық күші. Денелік бұрыш мынаған тең:

$$d_{\Omega} = \frac{dS_n}{r^2} = \frac{dS}{r^2} \cos \varphi$$

Олай болса жарық ағыны мынаған тең болады:

$$d\Phi = \frac{IdS}{r^2} * \cos i$$

Жарық ағының осы мәнін (5.6) теңдіктегі орынына қойсақ, мынау шығады:

$$E = \frac{d\hat{\Phi}}{dS} = \frac{I}{r^2} \cos \varphi \quad (7)$$

Сөйтіп, беттің жарықталынуы жарық күшіне, түсу бұрышы косинусына тура пропорционал, жарық көзі мен беттің ара қашықтығының квадратына кері пропорционал. Жарықталудың бұл заңы тек жарық көзінің өлшемдері жарық түскен бет арақашықтығымен салыстырғанда өте кішкене, яғни жарық көзі нүктедей болса ғана дұрыс орындалады.

Жарықтылық пен жарық күші бірімен бірі байланысты. Расында (5.10) өрнекке енген $\frac{d\Phi}{d\Omega} = I$, ендеше ол өрнекті былай жазуға болады:

$$B_{\Omega} = \frac{I}{dS \cos \alpha} = \frac{I}{dS_n} \quad (11)$$

Сөйтіп, *жарықтылық шамасы жарық көзі бетінің бірлігінен нормаль бағыты бойынша шығатын жарық күшіне тең.*

Егер жарықтылық шамасы жарық таралатын бағытқа тәуелді болмаса, онда жарқырауық ауданнан элементар d_{Ω} денелік бұрыш ішінде таралатын жарық ағыны $\cos \alpha$ -ға пропорционал болады, яғни (10) теңдік бойынша:

$$d\Phi = B dS d_{\Omega} \cos \alpha \quad (12)$$

осы шарт орындалатын жарқырауық денелер косинустік жарық көздері деп аталады. Осындай жарық көздерінің жарықтылығы тұрақты болады.

Белгілі өлшемдері бар косинустік жарық көздерінің жарқырауы (R) мен жарықтылығы (B) өзара байланысты, атап айтқанда:

$$R = \pi B \quad (13)$$

Яғни жарқырау шамасы жарықтылықтан $\pi = 3.14$ есе артық.

8.1.5. Жарық бірліктері

Жарық күшінің бірлігі — Кандела (қысқаша кд). Өлшеуіштер мен таразылар жайындағы XIII Бас конференциясының ұйғаруы бойынша: "Кандела дегеніміз платинаның қату температурасында толық сәуле шығарғыштың жарықтылығы оның әрбір квадрат сантиметр бетіне 60 канделадан келген жағдайдағы жарық күші". Басқаша айтқанда, кандела дегеніміз платинаның қату температурасында, 2046,6 К-да, абсолют қара дененің 1 квадрат сантиметр бетінің оған жүргізілген нормаль бағыты бойынша шығаратын жарық күшінің $\frac{1}{60}$ үлесі болады.

Жарық ағынының бірлігі-люмен (қысқаша лм). Люмен дегеніміз жарық күші 1кд-ға тең жарық көзінен шығып 1 стерадианға тең денелік бұрыш ішінде таралатын жарық ағыны. Сонда (4) формула бойынша:

$$I_{\text{лм}} = I_{\text{кд}} \cdot I_{\text{стер}}$$

Жарықталыну бірлігі- люкс (қысқаша лк.). Люкс дегеніміз 1 квадрат метр бетке 1 люмен жарық ағыны келген беттің жарықталынуы. (6) формула бойынша :

$$I_{\text{лк}} = \frac{I_{\text{лм}}}{1\text{м}^2}.$$

Жарқырау бірлігі ретінде әрбір квадрат метр бетінен 2 π стерадианға тең денелік бұрыш ішінде барлық жаққа 1 люмен жарық ағыны таралатын беттің жарқырауы қолданылады (8) формулаға сәйкес жарқырау бірлігінің атауы $1 \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$ болады.

Жарықтылық бірлігі ретінде 1 квадрат метр ауданы нормаль бағыт бойынша күші 1кд-ға тең жарық беретін беттің жарықтылығы алынады; ол (11) формула бойынша мынаған тең:

$$\frac{1\text{кд}}{1\text{м}^2}$$

Жарықтылық стильб (қысқаша *сб*) деп аталатын бірлікпен де өлшенеді. Әр түрлі жарқырауық денелердің жарықтылықтары түрліше болады.

Жарық ағынының орнына сәулелік энергия ағыны деген ұғымды пайдаланып, осы айтылған жарық шамаларына сәйкес энергетикалық жарық күші (I_3), энергетикалық жарықталыну (E_3), энергетикалық жарқырау (R_3), энергетикалық жарықтылық (B_3) деп аталатын шамалар да қалданылады. Бұлар механикалық бірліктермен өлшенеді. Мысалы, сәулелік энергия ағыны Bm -пен, энергетикалық жарық күші $\frac{Bm}{стер}$ пен, энергетикалық жарықталыну $\frac{Bm}{м^2}$ -пен өлшенеді.

8.1.6. Жарық шамаларын өлшеу

Жарық энергиясын, оған байланысты шамаларды өлшеу әдістері мен тәсілдері қарастырылатын оптика тарауы фотометрия деп аталады. Жарық шамаларын тікелей көзбен бақылап (визуальдық әдістер қолданып) немесе басқа жарық қабылдағыштарды пайдаланып (объективті әдістер қолданып) өлшеуге болады. Жарық шамаларын өлшеуге арналған аспаптар фотометрлер деп аталады. Олар қолданылатын әдістерге сәйкес визуальдық және объективтік фотометрлер деп екі түрге бөлінеді.

Визуальдық әдістер жапсарлас екі беттің жарықтылығын, демек олардың жарықталынуын көзбен бақылап салыстыруға негізделеді, адамның көзі бір түсті жарық түскен ондай екі беттің жарықтылығы тең екендігін дәл айыра алады. Бірқатар фотометрлердің қызмет істеуі осы принципке негізделген.

Объективтік әдістер қолданып жарық шамаларын өлшегенде көмекші жарық қабылдағыш, мысалы, фотоэлемент орнатылған фотометрлер пайдаланылады. Осындай фотоэлектрлік фотометрлердің қызмет істеу принципі фотоэлектрлік токтың фотоэлементке түскен жарық ағынына пропорционал болатындығына негізделген. Фотоэлементпен жалғастырылған гальванометрдің шкаласы жарық бірліктерін, мысалы, люкс санын, көрсетерлік етіп градуирленеді. Осындай аспап *люксметр* деп аталады. Люксметрдің фотографияға түсірілетін нәрсенің жарықталынуын білу үшін, демек

экспозиция уақытын анықтау үшін пайдаланылатын бір түрі фотоэлектрлік экспонометр деп аталады.

8.1.7. Жарық толқындарының интерференциясы

Жарық интерференциясы дегеніміз толқындар интерференциясының жалпы құбылысының дербес жағдайы. Жарық сәулесінің энергиясы электромагниттік толқындардың суперпозициясы кезінде кеңістікте таралады. Кез келген толқындар үшін интерференция болуының қажетті шарты олардың когеренттілігінде. Когеренттілік дегеніміз - уақыт аралығында кеңістікте бірнеше тербелістердің немесе толқындық процесстердің өзара үйлесуі.

Тек қана жиіліктері, амплитудалары және бастапқы фазалары тұрақты және уақыт аралығында кеңістікте шектелген монохромат толқындар шын когерентті бола алады. Монохроматты толқындардың осы сипаттамалары шектелген уақытта тұрақты. Кез келген нақты жарық көзінен шыққан жарықтың қасиеттері осындай бола бермейді.

Жарық көзінің сәулеленуі көптеген атомдардан шығатын толқындардан құралады. Кез келген атом жарықты жеке қысқа импульстар - **толқындық цугтар** түрінде шығарады. Олардың ұзақтығы 10^{-8} с-тан аспайды. Жеке цугтар арасында сәйкестік болмайды, яғни олар когерентті емес. Осы себептен макроскопиялық көзден шыққан жарық монохроматты болмайды.

Монохроматты емес жарықты бір-бірін ауыстыратын тәуелсіз цугтардың жиынтығы ретінде көрсетуге болады. Бір цугтың орташа ұзақтығы τ_c - **когеренттілік уақытпен** анықталады; егер толқынды екі шоққа бөлгеннен кейін оның біреуінің кешігу уақыты жеке цугтың ұзақтығынан үлкен болса, онда осындай екі шоқтар интерференция бермейді, яғни олар өзара когерентті болмайды.

Сондықтан когеренттілік тек бір цуг шегінің ішінде болады және когеренттілік уақыты атомның жарықтану уақытынан артық болмайды: $\tau_c < \tau$. Толқын вакуумда когеренттілік уақыты бойынша Δ_c ара қашықтық өтеді. Осы ара қашықтықты **когеренттілік ұзындығы** деп атайды:

Уақыттық когеренттілік. Толқын монохроматтылыққа жақын болған сайын, $\tau_{\text{ког}}$ (және $l_{\text{ког}}$) үлкен болады. Толқындардың монохроматтық дәрежесін анықтайтын, кеңістіктің бірдей нүктесінде жүретін тербеліс когеренттілігін уақыттық когеренттілік деп атайды.

Кеңістіктік когеренттілік. Өлшемдері мен өзара орналасылары интерференцияны бақылауға мүмкіндік беретін екі жарық көздері кеңістіктік когерентті деп аталады.

Жарық интерференциясы екі немесе бірнеше когерентті жарық толқындарының беттесуі кезіндегі жарық ағынының қайта үлестірілуі; нәтижесінде бір жерлерде интенсивтіліктің максимумдары, ал басқа жерлерде — минимумдар бақыланады.

Жарық толқындары интерференциясының пайда болу шарттары. Когерентті шоқтарды алу үшін бір жарық көзінен шығып жатқан жарықты екі бөлікке бөлу керек (немесе бірнеше), сосын интерференцияланатын сәулелердің арасындағы жол айырымы когеренттіліктің ұзындығынан аз болатындай етіп, оларды бірінің үстіне бірін қабаттастыру керек. Толқындық шепті бөлу арқылы когеренттік шоқтарды алу әдісінің мәні мынада: негізгі жарық көзінен шығып жатқан шоқ екіге бөлінеді, мысалы бір-біріне жақын орналасқан саңылау немесе айнаның беті арқылы шағылу т.с.с.

Екі когерентті толқындардың жүріс айырымы. $\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$, мұндағы λ_0 – вакуумдағы толқын ұзындығы. Берілген ортада жарық толқынының ұзындығы S -пен осы ортаның сыну көрсеткіші – n -нің көбейтіндісі **Жолдың оптикалық ұзындығы** деп, ал $\Delta = L_2 - L_1$ оптикалық ұзындықтың айырымы – **жолдың оптикалық айырымы** деп аталады.

8.1.8. Интерференциялық максимум және минимум шарттары.

Егер вакуумда оптикалық жол айырымы толқын ұзындығының бүтін санына тең болса, $\Delta = \pm m \lambda_0$ ($m = 0, 1, 2$), онда $\delta = \pm 2m\pi$ және M нүктеде қоздырылған тербеліс бір фазада болады. Сондықтан осы өрнек интерференцияның максимумына сәйкес.

Егер оптикалық жол айырымы $\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2}$ ($m = 0, 1, 2$), онда $\delta = \pm (2m + 1)\pi$, және M нүктеде екі толқынмен қоздырылған тербеліс қарама-қарсы фазада болады. Осыдан бұл өрнек интерференцияның минимумына сәйкес болады.

Екі көзден пайда болған интерференциялық бейнені есептеу. Егер центрлік максимумнан бақылау нүктесіне дейінгі арақашықтық

$x_{\max} = \pm m \frac{l}{d} \lambda_0$, ($m = 0, 1, 2, \dots$) болса, интенсивтіліктің максимумы, ал

$x_{\min} = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{l}{d} \lambda_0$, ($m = 0, 1, 2, \dots$) болғанда минимумы бақыланады.

Екі көрші максимум (минимум)дардың арасындағы арақашықтықты **интерференциялық жолақтың ені** деп атайды. Оны келесі өрнекпен келтіреді $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda_0$.

Жазық параллель пластинкадан пайда болатын интерференция. Интерференциялық максимум және минимум шарттары:

$$2dn \cos r \pm \frac{\lambda_0}{2} = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2} = m \lambda_0, \text{ (максимум);}$$

$$2dn \cos r \pm \frac{\lambda_0}{2} = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2} = (2m + 1) \lambda_0, \text{ (минимум).}$$

(d — қабыршақ қалыңдығы; n — оның сыну көрсеткіші; i — түсу бұрышы; r — сыну бұрышы; $m = 1, 2, 3, \dots$)

Жазық параллель пластинкаға тең бұрышта түскен сәулелердің қабаттасуы нәтижесінде пайда болатын интерференциялық жолақтар **тең көлбеу жолақтар** деп аталады.

8.1.9. Ньютон сақиналары

Пластинка мен линзаның түйіскен орнында (центрі) қараңғы дақ байқалады, ол ауа саңылауының төменгі бетінен шағылғанда толқын фазасы π -ге өзгеруімен байланысты. Сақиналардың сәйкес радиустарын өлшей отырып, λ_0 арқылы линзаның қисықтық радиусын табуға болады.

Егер жарық пластинкаға бірқалыпты түссе, қалыңдығы бірдей жолақтар сынаның жоғарғы бетінде жиналады. Қалыңдығы бірдей жолақтың мысалы ретінде **Ньютон сақиналары** алынады. Ол центрлес сақиналар.

Линзаның жазық беті пластинканың бетіне параллель және жарық осы бетке қалыпты түссе, Ньютон сақиналарының центрлері линза мен пластинканың түйіскен O нүктесіне сәйкес келеді.

Шағылған жарықта оптикалық жол айырымы сәкесінше мұндағы ауаның сыну көрсеткіші $n=1$, түсу бұрышы $i=0$ және d — саңылау ені:

$$\Delta = 2d + \lambda_0 / 2$$

$R^2 = (R-d)^2 + r^2$, мұндағы R —линзаның қисықтық радиусы, r — барлық нүктелерге бірдей d саңылауы сәйкес келетін шеңбердің қисықтық радиусы. d аз екенін ескере отырып, $d = r^2 / (2R)$ аламыз. Онда $\Delta = r^2 / R + \lambda_0 / 2$.

m -ші қараңғы сақина радиусы үшін:

$$r_m = \sqrt{m\lambda_0 R} \quad (m=0, 1, 2, \dots)$$

және m -ші жарық сақина үшін:

$$r_m = \sqrt{(m-1/2) \cdot \lambda_0 R} \quad (m=1, 2, 3)$$

Пластинка мен линзаның түйіскен орнында (центрі) қараңғы дақ байқалады, ол ауа саңылауының төменгі бетінен шағылғанда толқын фазасы π -ге өзгеруімен байланысты. Сақиналардың сәйкес радиустарын өлшей отырып, λ_0 арқылы линзаның қисықтық радиусын табуға болады.

Интерференция құбылысы **интерферометрлердің** – оптикалық қондырғылардың құрылысы негізінде жатады, интерферометрлердің көмегімен кеңістікте жарық шоғын екі немесе одан да көп когерентті шоқтарға бөлуге және олардың арасына анықталған жол айырымын құруға болады. Осы шоқтар қосылғанда интерференциялық бейне пайда болады. Когерентті шоқтар алу әдістері көп, сондықтан интерферометрлердің конструкциялары да көп. Интерференцияланатын жарық шоқтарының санына байланысты интерферометрлер екісәулелі (Майкельсон интерферометрі) және көпсәулеліге (Фабри-Перо интерферометрі) бөлінеді.

Жарық толқынының дифракциясы - бұл мөлдір емес кедергі шетімен тар саңылаудан өткендегі жарықтың толқындық табиғатымен байланысты жарықтың таралуында бақыланатын құбылыстардың жиынтығы. Әдетте жарық дифракциясы деп геометриялық оптика сипаттайтын жарықтың таралу заңдарынан ауытқуды айтады.

Дифракция құбылысы толқындық процестерге ортақ, ал жарық үшін ерекшелігі: толқын ұзындығы λ бөгеттердің (немесе саңылаудың) d өлшемдерінен көп кішілігінде. Дифракцияны

бөгеттерден l ара-қашықтықтар едәуір үлкен болғанда ғана бақылауға болады.

8.1.10. Гюйгенс-Френель принципі

Гюйгенс-Френель принципі бойынша, S жарық көзінен шыққан жарық толқыны - жалған көздерден шыққан когеренттік екінші ретті толқындардың суперпозициялық нәтижесі деп қарастырылады. Мұндай жарық көздерінің ролін S көзін қамтитын кез келген тұйықталған беттің шексіз кішкене элементтері атқарады.

8.1.11. Френель зоналары.

Френель толқындық бетті сақиналық зоналарға бөлуді ұсынды. Сақиналық зоналардың өлшемдері көршілес зоналардың сәйкес нүктелерінен M бақылау нүктесіне келген жарық тербелістерінің жол айырымы $\lambda/2$ -ге тең. M нүктесінде қоздырылған екі көршілес зонаның фазалары қарама-қарсы, себебі тиісті сәулелердің осы зоналардан M бақылау нүктесіне дейінгі жол айырымы $\lambda/2$ -ге тең, сондықтан қабаттасу кезінде тербелістер бір-бірін әлсіретеді.

Френельдің m -ші зонасының ауданы $\Delta\sigma_m = \sigma_m - \sigma_{m-1} = \frac{\pi ab\lambda}{a+b}$, яғни m -ге тәуелді емес, Френель құрылымы сфералық толқынның толқындық бетін тең шамалы зоналарға бөледі. $\sigma_m = 2\pi ah_m = \frac{\pi abm\lambda}{a+b}$.

Жарық тербелістерінің қорытқы амплитудасы:

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2} \right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2} \right) + \dots = \frac{A_1}{2}.$$

m -ші Френельдің зонасының сыртқы шекарасының радиусы

$$r_m = \sqrt{\frac{abm\lambda}{a+b}}.$$

Жарықтың кішкене дөңгелек саңылаудан өткенде дифракцияға ұшырауы. Мысалы, S нүктелік жарық көзінен таралатын монохроматты сфералық толқынды қарастырайық. Оның жолында дөңгелек саңылауы бар экран орналасқан (5 сурет).

Дифракциялық кескін S саңылауының центрінен өтетін түзудің бойында жатқан B нүктесінде бақыланады. Экран саңылаудан b қашықтықта орналасқан және оған параллель. Дифракциялық кескіннің түрі саңылау жазықтығындағы толқындық беттің ашық бөліктеріне сыйған Френель зоналарының санына тәуелді. B нүктесіндегі әсер ететін Френель зоналар сандарының жұп немесе

тақ болуы саңылау өлшемі мен толқынның λ ұзындығына байланысты.

B нүктесінде барлық зоналар қоздырған қорытқы амплитудасы $A=A_1/2 \pm A_m/2$, мұндағы қосу таңбасы тақ m -ге, ал алу – жұп m -ге сәйкес.

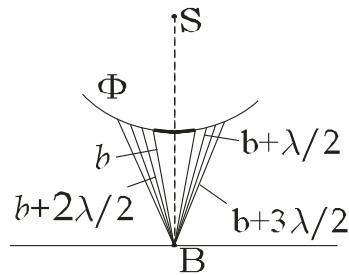
Егер саңылаудың ауданына сыйған Френель зоналардың саны тақ болса, B нүктесінде максимум, ал егер жұп болса, минимум бақыланады. Тесікке бір ғана зона сиятын болса, онда B нүктеде интенсивтілік максимал болады. Шынында, берілген жағдайда қорытқы тербелістің амплитудасы $A=A_1$, яғни саңылаулы мөлдір емес экран болмаған жағдайдан 2 есе артық. Егер тесікке екі зона ғана сыйса, онда B нүктедегі интенсивтілік өте әлсіз болады.

Экранның осьтен тыс бөліктерінде қорытқы тербелістердің амплитудасын есептеу күрделірек (сәйкес Френель зоналары мөлдір емес экранмен бөліктеп жабылады). Бірақ дифракцияға ұшырайтын саңылаудың симметриясына байланысты B нүктесіндегі дифракциялық кескін жарық және қара центрлес сақиналар жүйесінің түрі ретінде бақыланады және де m жұп болған кезде центрде қара, ал m тақ болған кезде жарық сақина болады. B нүктеден қашықтаған сайын максимумдардың интенсивтілігі кемиді. Саңылау монохроматикалық емес ақ сәулемен жарықталатын болса сақиналар боялады.

Саңылауға сиятын Френельдің зоналар саны саңылаудың диаметріне байланысты. Саңылаудың диаметрі үлкен болғанда $A_m \ll A_1/2$ және толық ашық толқындық шептегідей қорытынды тербелістің амплитудасы $A=A_1/2$ -ге тең болады. Берілген жағдайда дифракция бақыланбайды, жарық саңылау жоқ кездегідей түзу сызықты таралады.

8.1.12. Дискідегі дифракция.

S нүктелік жарық көзінен таралатын монохроматты сфералық толқынды қарастырайық. Оның жолында дөңгелек, мөлдір емес диск орналасқан. Дифракциялық кескін S пен дисктің центрінен өтетін түзудің бойында жатқан \mathcal{E} экранның B нүктесінде бақыланады. Берілген жағдайда дискпен жабылған толқындық беттің бөлігін қарастырмаймыз, б-суретте көрсеткендей ашық Френель зоналары дисктің шетінен бастап құрылады.



6.6.сурет. Френель зоналары.

Барлық ашық Френель зоналары қоздырған қорытқы тербелістің амплитудасын B нүктесіндегі бірінші ашық зона қоздырған амплитуданың жартысына тең деп аламыз. Сондықтан B нүктесінде бірінші ашық Френель зонасының әсерінің жартысына сәйкесті әрқашанда максимум бақыланады (жарық дағы Пуассон дағы деп аталады). Максимумды жарық немесе қара сақиналар қоршап тұрады.

Максимумдардың интенсивтілігі B нүктесінен қашықтаған сайын кему береді. Егер дискке ақ сәуле түсетін болса, онда центрлік ақ дақты центрлес түрлі түсті сақиналар қоршап тұрады.

Дисктің диаметрін үлкейткенде, B нүктесінен бірінші ашық Френель зонасы алыстайды және зона бетіне түсірген нормаль мен B нүктесіне бағыты арасындағы φ_m бұрышы. Сондықтан Пуассон дағының жарқырауы дисктің өлшемдерін үлкейткенде кемиді. Дисктің өлшемі үлкен болғанда, оның артында көлеңке бақыланады. Көлеңке шекарасы маңайында әлсіз дифракция кескіні бақыланады.

8.1.13. Фраунгофер дифракциясы.

Егер бөгетке жазық толқын түссе, ал дифракциялық бейне жинағыш линзаның фокальдық жазықтығында бөгеттен кейін орналасқан экранда бақыланса оны параллель сәулелер дифракциясы деп атаймыз. Осы типті дифракцияны зерттеген Фраунгофер, сондықтан оны Фраунгофер дифракциясы деп аталады (немесе параллель сәулелер дифракциясы). Бұл құбылыс жарық көзі және бақылау нүктесі, дифракция тудыратын бөгеттен шексіз алыстатылған жағдайда бақыланады.

Саңылаудағы Фраунгофер дифракциясы үшін максимум және минимум шарттары.

Егер Френель зоналар саны жұп болса, яғни

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

онда B нүктеде дифракциялық минимум (толық қараңғы), бақыланады.

Егер Френель зоналар саны тақ болса, яғни

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

онда дифракциялық максимум бақыланады.

$\varphi = 0$ бағытта центрлік максимум бақыланады, өйткені B нүктесінде саңылаудың кез-келген бөліктері беретін тербелістер (1)-ші шарттан экрандағы амплитудасы нольге тең нүктелердің бағытын анықтауға болады. Ал (2)-ші шарттан максимумдар бағытын анықтауға болады. Бірақта Френель зоналары көмегімен дифракциялық бейнені есептеу жуықтау әдісі болып табылатындығын білуіміз қажет.

Экранда интенсивтіліктің таралуының дифракция бұрышына тәуелділігі. дифракциялық спектрді береді. Жарық энергиясының негізгі бөлігі центрлік максимумда орналасады.

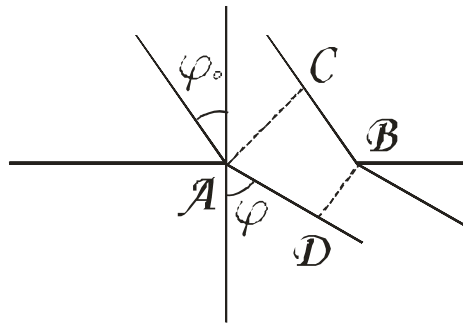
Дифракция бұрышы өскен сайын қосымша максимумдар интенсивтілігі кілт төмендейді, (максимумдардың салыстырмалы интенсивтілігі $I_0:I_1:I_2:\dots = 1:0.047:0.017:\dots$).

Саңылауды монохромат емес ақ жарықпен жарықтандырғанда центрлік максимум ақ жолақ болып көрінеді, ал қосымша максимумдар түрлі-түсті болады. (2)-ші шарттан кез-келген m үшін максимум шарты әр λ -ға әр түрлі болады. Сондықтан центрлік максимумның оң жағы мен сол жағында 1-ші ретті ($m=1$), екінші ретті ($m=2$) және одан жоғарғы ретті максимумдар байқалады. Олардың күлгін шеттері дифракциялық бейненің центріне бағытталған.

Саңылау ені кемігенде центрлік максимум теңеледі. (1-ші теңдеу бойынша $\varphi = \arcsin(\lambda/a)$ бұрыштар өседі, олар бірінші ретті максимумға сәйкес болғандықтан центрлік максимумды шектейді); Бұл кезде жарықтылық кемиді.

Осы тұжырымдар басқа максимумдарға да жатады. Саңылау ені өскен сайын ($a > \lambda$) дифракциялық жолақтар жіңішке, интенсивті болады және жолақтар саны өседі. $a \gg \lambda$ үлкен болса, жарық түзу сызықпен таралады; $a = \lambda$ тең болса, (ол $\sin \varphi = 1$ және $\varphi = \pi/2$)

центрлік максимум шексіздікке жайылады және экран бір қалыпты жарықталады.



6.7.сурет

Саңылауға жарықтың параллель жарық шоғы көлбеу түскенде (6.7-сурет) минимумдер (максимумдер) бағыттарын бұрын көрсеткендей есептеу керек. Суретте көрсетілген екі сәулелердің жол айырымы:

$$AD - CB = a \sin \varphi - a \sin \varphi_0 = a(\sin \varphi - \sin \varphi_0)$$

Мұндағы φ_0 -жарық шоғының саңылаудың бетіне түсу бұрышы, осыдан дифракциялық минимумның (1)-шарты келесіге түрге ауысады:

$$a(\sin_0 \varphi - \sin \varphi) = \pm m\lambda \quad (m=1,2,3,\dots).$$

Саңылаудағы Фраунгофер дифракциясы үшін экранда интенсивтіліктің таралуы дифракцияланатын шоқтардың бағытымен анықталады.

Екі саңылаудағы дифракциялық бейне келесі шартпен анықталады.

Бас минимумдар $a \sin \varphi = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$

Қосымша минимумдар $d \sin \varphi = \lambda/2, 3/2\lambda, 5/2\lambda, \dots$

Бас максимумдар $d \sin \varphi = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots,$

яғни екі бас максимумдар арасында қосымша минимум орналасады, ал максимумдар бір саңылау жағдайынан гөрі жіңішкерек болады.

Аналогия бойынша саңылау саны N болғанда, қосымша минимумдар саны $(N - 1)$ -ге тең болады. Бір жазықтықта жатқан және мөлдір емес аралықтармен бөлінген ендері тең параллель саңылаулар жүйесін **бір өлшемді дифракциялық тор** деп атайды. Саңылау мен оның мөлдір емес аралықтарының **ажәне вендерінің қосындысы** ($d=a+b$) **дифракциялық тордың тұрақтысы** деп аталады. Тордағы дифракция бейнесі саңылаулардан келген толқындардың өзара интерференциясы нәтижесімен анықталады.

Дифракциялық тордағы жарық дифракциясының:

– бас минимум шарттары $a \sin \varphi = \pm 2m\lambda$, ($m = 1, 2, 3, \dots$);

– бас максимум шарттары $d \sin \varphi = \pm 2m \frac{\lambda}{2} = \pm m\lambda$,

($m = 0, 1, 2, \dots$);

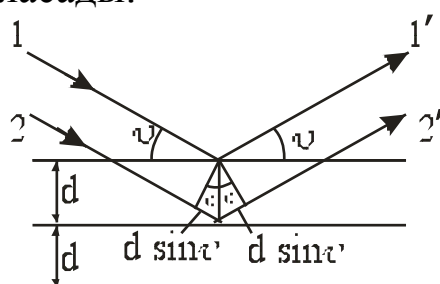
– қосымша минимум шарттары $d \sin \varphi = \pm m' \frac{\lambda}{N}$, мұндағы

$m' = 1, 2, 3, \dots$, басқа $0, N, 2N, \dots$, d —дифракциялық тор периоды; N —тордағы штрихтар саны

8.1.14. Кеңістіктік тор. Рентген сәулелерінің дифракциясы

Лауэнің зерттеулері бойынша кеңістіктік тор ретінде кристалдарды алуға болады. Кристалдарда атомдар арақашықтықтары $\approx 10^{-10}$ м-тең болғандықтан, осындай торда рентген сәулелері ($\lambda \approx 10^{-12} - 10^{-8}$ м) дифракцияға ұшырауы мүмкін. Себебі кристалдың немесе тордың тұрақтылығы мен оған түсетін сәуленің толқын ұзындықтары бір біріне сәйкес болуы қажет.

Кристалдардағы рентген сәулелерінің дифракциясын рентген сәулелерінің интерференциясы деп түсінуге болады. Рентген сәулелері параллель орналасқан кристаллографиялық жазық жүйелерінен шағылып интерференцияға ұшырайды. Кристаллографиялық жазықтықтарда кристалдық тордың атомдары немесе түйіндері орналасады.



6.8.сурет. Кеңістіктік тор

Бір-бірінен d қашықтықта орналасқан параллель кристаллографиялық жазықтықтар жиынтығы кристалды береді. d — жазықтықтар арасындағы қашықтық.

Монохроматты рентген сәулелерінің шоғы (суретте параллель 1 және 2 сәулелер көрсетілген) **сырғанау**, **бұрышпен** кристалл бетіне түссін.

Сырғанау ϑ **бұрышы** дегеніміз түсетін сәулемен кристалло-графикалық жазықтықтың арасындағы бұрыш. Түскен рентген сәулесі кристал түйінінде орналасқан атомдарды қоздырады. Осының нәтижесінде қозған атомдар $1'$ және $2'$ екінші ретті когерентті толқындардың көзі болып табылады және олар бірін–бірі интерференцияға ұшыратады. Толқындардың интерференциясы олардың жол айырымдарымен анықталады. Суреттен жол айырымы $2d \sin \vartheta$ -ға тең. Интенсивтіліктің максимумдарын **дифракциялық максимумдар** деп атайды. Интенсивтіліктер максимумдары атомдар жазықтықтарынан шағылған фазалары бірдей толқындардың бағыттарында байқалады.

Сәулелердің шағылуы **Вульф–Брэгг өрнегін** қанағаттандыратын шарт бойынша орындалады:

$$2d \sin \vartheta = m\lambda (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (8)$$

Жазықтықтардың кристалдағы саны өте көп болғандықтан оны өте көп саңылаулы дифракциялық тор ретінде қарастыруға болады: максимумдар өз орындарында қалады, алайда олар әлдеқайда сүйір болып келеді.

Егер монохроматты рентген сәулелері кез келген бағытта түсетін болса дифракция байқалмайды.

Дифракция пайда болуы үшін кристалды бұра отырып, сырғанау бұрышын табу қажет.

Кристалды орнынан қозғалтпаған жағдайда тұтас рентген сәулесін түсіру арқылы дифракциялық бейнені алуға болады. Рентген сәулесінің тұтас спектрін алу үшін арнайы рентген түтіктерін пайдаланады. Осы жағдайларда (8)-ші өрнекті қанағаттандыратын рентген сәулесінің әйтеуір бір λ - толқын ұзындығы табылады.

Вульф–Брэгг өрнегіне рентгенқұрылымдық талдау және рентгендік спектроскопия негізделеді.

1. Рентгенқұрылымдық талдау

Рентгенқұрылымдық талдау бойынша рентген сәулелерінің дифракциясының заңдылығына сүйене отырып зерттелетін заттардың құрылымы – структурасы анықталады. Толқын ұзындығы белгілі рентген сәулесін кристалға түсіре отырып, дифракция құбылысынан ϑ мен m – ды өлшеп, жазықтықтар арақашықтығын – d - ны табуға болады.

Вульф–Брэгг өрнегі электрондар мен нейтрондардың дифракциялары үшін де орындалады – осы әдістерді электронография, нейтронография деп атайды.

2. Рентгендік спектроскопия – жазықтық арақашықтары белгілі торға түсетін рентген сәулелерінің толқын ұзындықтарын табу әдісі болып табылады. Сырғанау бұрышы θ мен m өлшей отырып, белгілі d – ның мәні арқылы кристалға түсетін рентген сәулесінің толқын ұзындығын есептеп табуға болады.

Оптикалық құралдардың ажырату қабілеті

Оптикалық құралдарда жарық шоқтарын шектеу қажеттілігі туады. Ол үшін апертуралық диафрагма қолданылады. Бұл диафрагмалар арқылы заттың кескінін бейнелейтін жарық шоқтары бөлініп алынады. Мұндай диафрагмалар ретінде линза мен басқа да оптикалық құралдардың оправасы, фотоаппараттардың диафрагмалары алынады. Диафрагма радиусын кішірейту арқылы заттың кескінінің сапасын арттыруға болады. Сол кезде шеткі сәулелерді жойып, (өйткені бұл сәулелер кескін көрінісін нашарлатады) кескіннің анық көрінісін ұлғайтуға болады.

Жарықтың толқындық табиғаты болғандықтан оптикалық жүйе құрған нүктелік жарық көзінің кескіні нүкте емес жарық дақ болып көрінеді. Сол жарық дақ қара және ақ сақиналармен қоршалады, егер жарық монохроматты болса, ал егер ақ жарық болса, онда түрлі түсті сақиналармен қоршалады.

Оптикалық құралдардың ажырату қабілеті дегеніміз дененің өте жақын орналасқан нүктелерінің кескіндерін ажыратып көрсететін қабілетті атайды.

Дифракциялық құбылыстар арқылы кескіндерді ажыратып көру тек шартты түрде болады. Ажырату қабілетінің ең төменгі шегін бекіту үшін **Рэлей критерийі** алынады.

Объективтің ажырату қабілеті (ажырату критерийі).

$$R = 1/(\delta\psi) \quad (9)$$

Мұндағы $\delta\psi$ әліде болса ажыратылып көріне алатын екі нүкте арасындағы минималды бұрыш.

Рэлей критерийі бойынша $\varphi = \varphi_{\min}$, яғни $m\lambda_2 = m\lambda_1 + \frac{\lambda_1}{N}$ немесе $\frac{\lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)} = mN$ λ_1 мен λ_2 жақын болғандықтан ажырату күші $\lambda_2 - \lambda_1 = \delta\lambda$, осыдан:

$$R = \lambda / (\delta\lambda) \quad (4)$$

$$R_{\text{диф тор.}} = mN \quad (12)$$

өрнектерге сай.

Сонымен дифракциялық тордың ажырату қабілеті спектрдің m ретіне, саңылаулардың N -санына пропорционал.

Голография (“толық жазу”, грекше айтқанда: голос – барлық, графо - жазу) дегеніміз нәрседен шашыраған жарық толқындарының құрлымын фотопластинкада ерекше тәсілмен тіркеу болып табылады. Пластинканы (голограмманы) жарық шоғымен жарықтандырғанда, ондағы толқын өзінің алғашқы күйінде жаңғырып (түзеліп) сол нәрсені адам көзбен қарағандағыдай түйсік тудырады. Голографиялық процесте нәрсенің кескінін алуға екі сатылы әдіс қолданылады: 1) толығымен толқын шебін (бетін) тіркеу жүзеге асырылады да, ол одан әрі пайдаланылады; 2) екінші сатысында толқын бетін келтіру.

8.1.15. Жарықтың толық ішкі шағылуы.

Жарықтың оптикалық тығыз ортадан оптикалық тығыздығы аз ортаға өтуін қарастырайық. Бұл жағдайда сәуленің түсу бұрышы сәуленің сыну бұрышынан кіші болады. Сәуленің түсу бұрышы өскен сайын сыну бұрышының артатынын білеміз. Белгілі бір мезетте α түсу бұрышына сәйкес сыну бұрышы 90° -қа тең болсын. Бұл жағдайда жарық сәулесі екі ортаның шекарасы бойымен кетеді. Мұндай құбылыс толық ішкі шағылу деп аталады. Сәуле α_0 -ден үлкен бұрышпен түссе жарық сәулесі бірінші ортадан шықпайды. Жарық сәулесінің сыну заңы толық ішкі шағылу жағдайы үшін төмендегідей жазылады:

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{немесе} \quad \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

Ауа және вакуум үшін $n_2 = 1$. Сондықтан формуладан жарықтың қандай да бір ортаға ауаға не вакуумге өтуі былай

болады: $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n_1}$. Осы формуладан ортаның абсолют сыну

көрсеткішінің шамасын табамыз: $n = \frac{1}{\sin \alpha_0}$

Толық ішкі шағылу құбылысының талшықтық оптикада пайдаланады. Оны түрлі түсті субұрқағын жасау үшін жиі қолданады.

8.1.16. Жазық параллель пластинка

Жазық параллель пластинкалар дегеніміз – екі жағы параллель беттермен шектелген мөлдір дене. Мұндай пластиналардан өткеннен кейін жарық сәулелері түскен сәулеге параллель қалғанымен, біраз қашықтыққа ығысады.

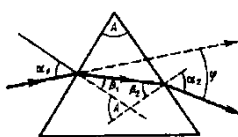
Пластинканың астыңғы және үстіңгі жағында абсолют сыну көрсеткіші n_1 болатын бірдей орта бар. Пластинка затының абсолют сыну көрсеткіші n_2 дейік. Сонда жарықтың сыну заңына сәйкес А

нүктесі үшін (сәуленің пластинкаға кіру нүктесі) $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$, ал В нүктесі үшін (сәуленің пластинкадан шығу нүктесі) $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{n_1}{n_2}$ болады.

Бұл екі формуланы салыстырсақ, $\alpha = \alpha_2$ аламыз. Демек, жарық сәулесі жазық параллель пластинкадан өткенде таралу бағытын өзгертпейді, бірақ ығысады. СВ сәулесінің СВ = x ығысу шамасын табайық. ABC тікбұрышты үшбұрышынан $x = AB \sin \varphi$, мұндағы $\varphi = \alpha - \beta$. АД тікбұрышты үшбұрышынан

$AB = \frac{H}{\sin \beta}$. Сонда сәуленің ығысу шамасы $x = H \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$ формуласымен анықталады.

Бұл формуладан пластинка неғұрлым қалың немесе түсу бұрышы үлкен болса, сәуленің үлкен шамаға ығысатынын көреміз. Призмалық спектографтардың жұмыс істеу принципі қалыпты дисперсия құбылысына негізделген. Сәулелердің призмадан ауытқу бұрышы сыну көрсеткішіне тәуелді, ал ол өз кезегінде толқын ұзындығына тәуелді. Сол себепті призма ақ жарықты спектрге жіктейді, бұл жағдайда қызыл сәулелер (толқын ұзындығы ұзын) азырақ, ал күлгін сәулелер (толқын ұзындығы қысқа) көбірек бұрышқа аутқиды.



6.9.сурет. Призмада жарықтың жіктелуі

8.1.17. Линзалар

Линза дегеніміз - екі жақы сфералық беттермен шектелген мөлдір дене. Олар шашыратқыш және жинағыш болып келеді. Линзаның сфералық беттерінің қисықтық центрлері арқылы өтетін түзуді линзаның бас оптикалық осі деп атайды. Линзаның оптикалық осінің центріндегі нүктені оптикалық центр дейміз. Линзаның қалыңдығы сфералық беттердің қисықтық радиусына шамалас тең болған жағдайда, бұл қалың линза болып табылады, ал әлдеқайда кішірек болса, онда бұл жұқа линза болып табылады. Жинағыш линзалардың тобына ортасы жуан линзалар кіреді, олардың ортасы жиектеріне қарағанда жуан болып келеді, ал шашыратқыш линзалардың кері болады. Бірақ кейбір кезде шашыратқыш линзаларда жуан болып келуі мүмкін, мысалға судың астындағы ауа көпіршігі, шашыратқыш линзаға жатады.

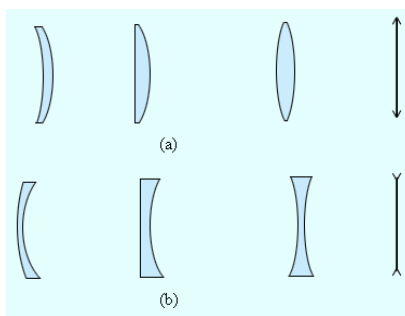
Линзалардың түрлері:

1.1. Жинағыш линзалар қатарына жатады.

1. Екі жақты дөңес линза
2. Жазық дөңес линза
3. Дөңес ойыс линза

1.2. Шашыратқыш линзалар қатарына жатады.

1. Екіжақты ойыс линза
2. Жазық ойыс линза
3. Дөңес ойыс линза



6.9.сурет. Жинағыш және шашыратқыш линзалар

Линзалардың негізгі кемшіліктері:

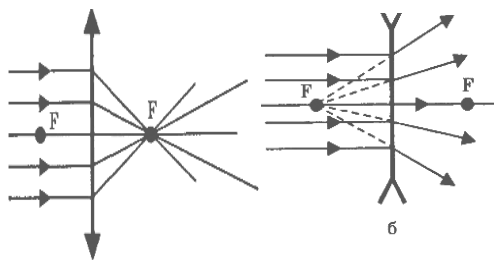
Сфералық абберрация (лат. aberratio — ауытқу) — жалпақ параллель сәулелер шоғын қолданғанда линзада бір фокустың орнына бірнеше фокустың пайда болуы. Сфералық абберрацияны жою үшін арнайы линзалар, диафрагма және линзалар жүйесі қолданылады.

Хроматтық аберрация дегеніміз — линзалар жарық сәулелерін фокусқа жинағанда түске боялған дақтардың пайда болуы. Жарық толқындарының сынуы олардың ұзындықтарына тәуелді (толқынның ұзындығы үлкен болған сайын оның сынуы кіші) болғандықтан аталған кемшілік байқалады. Хроматтық аберрацияны арнайы линзалар жүйелерінің (ахроматтар мен анахроматтар) көмегімен түзетеді.

Астигматизм — линзаның ұзын және көлденең өлшемдеріне, яғни линзаның қисықтығына тәуелді болатын ақау. Егер дөңгелек линзалар қолдансақ, онда астигматизм жойылады.

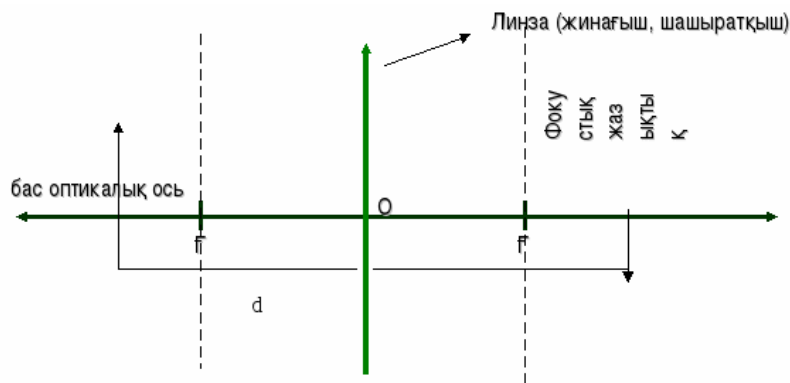
Дисторсия (лат. *distorsio* — қисаю) дегеніміз — кескіннің қисаюы. Бұл қисаю көру аймағы шегінде линзаның көлденең ұлғаюының бірдей болмауынан туады. Осы жағдайда нәрсе мен оның кескінінің геометриялық ұқсастығы бұзылады. Мысалы, линза берген квадраттың кескіні көпшік немесе бөшке тәріздес болып шығуы мүмкін. Геодезия мен ұшақтан суретке түсірген кезде дисторсияны болдырмауға ерекше назар аударылады.

Егер бас оптикалық оське параллель жарық сәулелерін түсірсек линзаның бас F фокусында жиналады. Бұл нүкте линзаның бас оптикалық осінде жатады. Линзаның екі жағында орналасқан екі бас фокусы бар. Линзаның фокустық жазықтығы деп линзаның бас фокусы арқылы линзаның бас осіне перпендикуляр жүргізілген жазықтықты айтады. Линзада фокустық жазықтық екеу, ал қосымша окустар жазықтығы шексіз. Жинағыш линзаны « \updownarrow », ал шашыратқыш линзаны « $\left| \right\rangle$ » белгілеу енгізілген.



6.9. Жинағыш линза « \updownarrow » және шашыратқыш линза « $\left| \right\rangle$ »

Дөңес линза өзі арқылы өткен жарықты бір нүктеге жинайды, сол себепті дөңес линза жинағыш д.а. Шашыратқыш линзалардың шеті қалың ортасы жұқа болып келеді. Өзі арқылы өткен жарықты шашыратады. Жұқа линзаның формуласымен таныспас бұрын оны кескіндеу түрімен танысайық.



6.10.сурет. Линза кескін алу

F-линзаның бас фокусы

O- линзаның оптикалық центрі

Жұқа линзаның формуласы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

Енді осы өрнекті түрлендірейік, себебі ҰБТ көбінесе осы өрнектер арқылы есептейміз.

1 өрнектен f- линзадан нәрсеге дейінгі қашықтықты табайық:

$$f = \frac{Fd}{d - F}$$

Ал d- ны тапсақ:

$$d = \frac{Ff}{f - F}$$

Ал енді линзаның бас фокусын есептейтін формула:

$$F = \frac{df}{d + f}$$

8.1.18. Линзаларда кескін салу

Дененің линзадағы кескінін салу келесі сәулелердің көмегімен атқарылады:

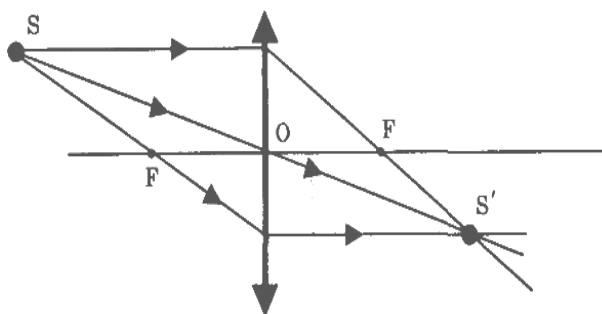
1. линзаның оптикалық центрінен өтетін және өз бағытын өзгертпейтін сәуле;

2. бас оптикалық оське параллель жүргізілетін сәуле; линзадан сынған соң бұл сәуле (немесе оның жалғасы) линзаның екінші фокусы арқылы өтеді;

3. линзаның бірінші фокусы арқылы өтетін сәуле (немесе оның жалғасы); сынған соң ол бас оптикалық оське параллель линзадан шығады.

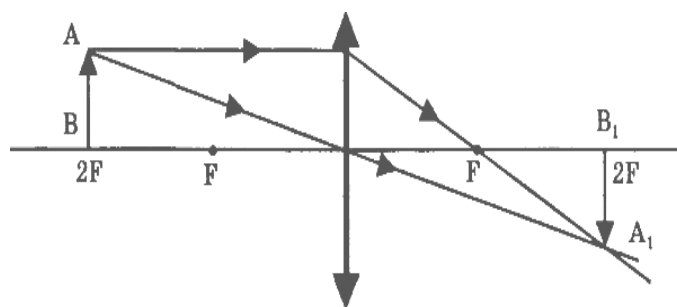
Дененің жинағыш және шашыратқыш линзадағы кескін салу мысалдары 7-суретте келтірілген: шын (*a*) және жалған (*b*) кескіндер — жинағыш линзадағы, жалған — шашыратқыштағы.

Бас оптикалық оське параллель сәулелер линзадан сынғаннан кейін оның фокусы арқылы өтеді. Линзаның оптикалық центрі арқылы өтетін сәуле сынбайды. Линзаның бас фокусы арқылы өтетін сәуле линзадан сынғаннан кейін бас оптикалық оське параллель кетеді



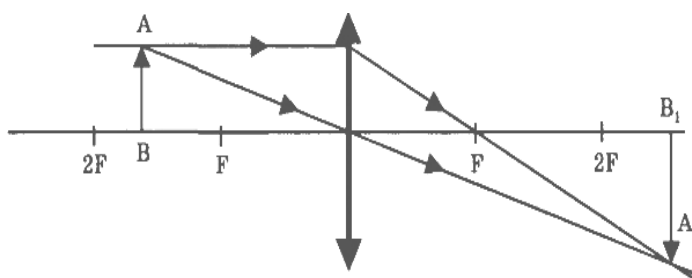
6.12.сурет.

Егер дене $2F$ фокуста орналасса, онда кескін шын, тең, төңкерілген болады.



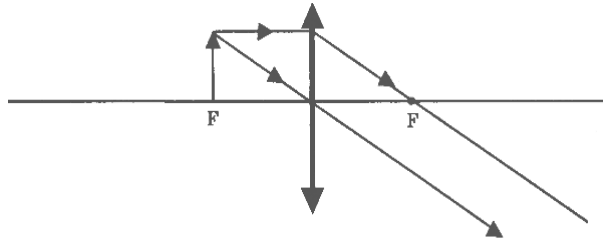
6.13.сурет.

Егер дене F пен $2F$ фокус аралығында орналасса, онда кескін шын, кері, үлкейтілген болады.



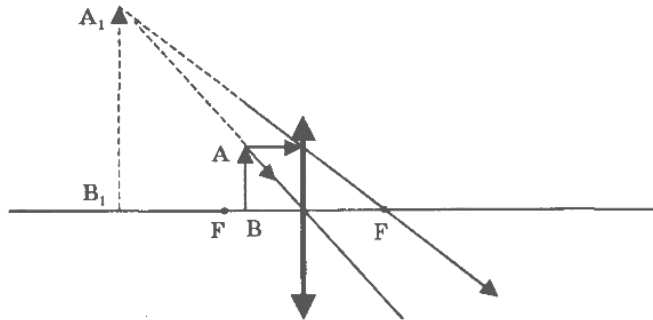
6.14.сурет.

Егер дене F фокуста орналасса, онда кескін болмайды.



6.15.сурет.

Егер дене фокус пен оптикалық центр арасында орналасса, онда кескін жалған, тура, үлкейтілген болады.



6.16.сурет

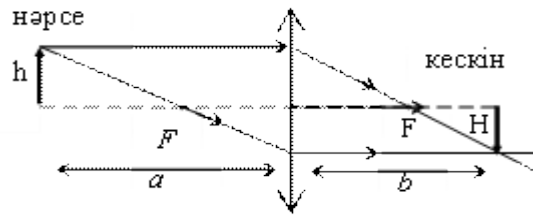
Γ – линзаның сызықтық үлкейтуі

$$\Gamma = \frac{H}{h} \quad \text{немесе} \quad \Gamma = \frac{b}{a}$$

Жұқа линзаның формуласы келесі түрде жазылады:

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{a} \pm \frac{1}{b},$$

мұндағы: a - нәрседен линзаның центріне дейінгі қашықтық, b - линзаның центрінен кескінге дейінгі қашықтық, b алдындағы минус таңбасы кескін жорамал болғанда, $\frac{1}{F}$ алдындағы минус таңбасы линзаның фокусы жорамал болғанда алынады.



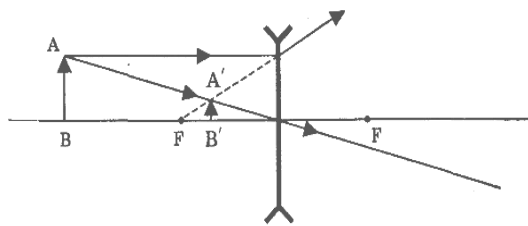
6.17.сурет

Линзаның фокустық ара қашықтығына кері шаманы линзаның оптикалық күші деп атайды. Өлшем бірлігі $[D]=1$ диоптрия (дптр).

$$\pm D = \pm \frac{1}{F}$$

$$D = (n_{21} - 1) \left(\pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right)$$

Шашыратқыш линзада кескін салу:



6.18.сурет

Осы аталғандарды линзадағы кескіндерді салуға арналған интерактивті демонстрацияны пайдаланып оқушыларға көрсетіп есте сақтауларын ескертеміз.

Линзаның оптикалық күші деп бас фокус арақашықтығына кері шаманы айтады:

$$D = \frac{1}{F}$$

D – линзаның оптикалық күші дптр= 1 м^{-1}

Линзаның ұлғайтуы деп кескіннің сызықтық шамасының нәрсенің сызықтық шамасына қатынасымен анықталатын физикалық шаманы айтады.

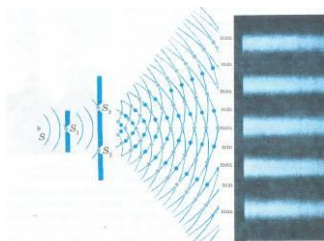
$$k = \frac{f}{d} = \frac{H}{h}$$

8.2. Толқындық оптика

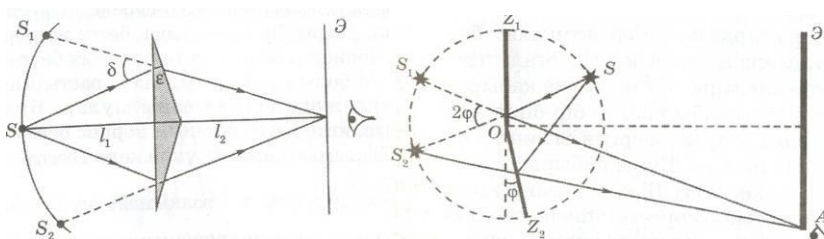
8.2.1. Жарық интерференциясы

Екі немесе одан да көп когерентті жарық толқындарының кеңістікте қабаттасуынан пайда болатын құбылыс жарық интерференциясы деп аталады. Жарық толқындарының кеңістікте қабаттасуының нәтижесінде кеңістіктің әр түрлі нүктелерінде қорытқы толқынның амплитудасы күшейеді немесе әлсірейді. Интерференция құбылысын 1675 жылы Ньютон, одан кейін Юнг және Френель байқаған.

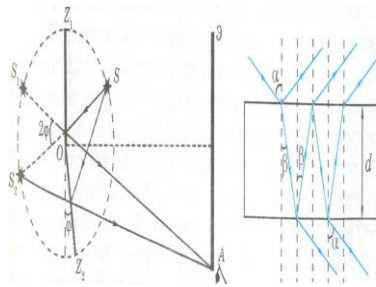
Жарық толқынының интерференциясы тек когерентті толқындар қабаттасқанда ғана пайда болады. Интерференцияны іске асыру әдістері:



6.20.сурет. Юнг әдісі.



6.21.сурет. Френель әдісі.



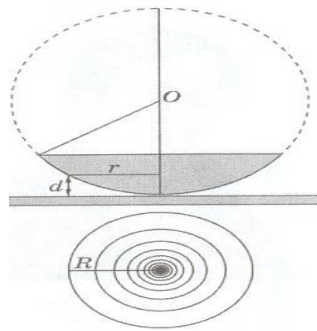
6.22.сурет. Жұқа пленка әдісі.

Ньютон сақиналары.

R –линза қисығының радиусы,

d –жазық шынының бетінен линзаның жарық сынатын бетіне дейінгі ара қашықтық

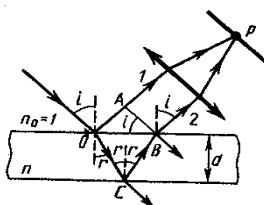
r –сақина радиусы.



6.23.сурет.

8.2.2. Жұқа қабыршықтағы жарық интерференциясы

Мұнайдың жұқа қабыршығымен қапталған су бетінде, сабын қабыршығының бетінде және т.б. бақыланатын жұқа қабыршықтардың кемпірқосақ тәрізді түсі жұқа қабыршықтағы интерференциямен түсіндіріледі (6.24-сурет).



6.24.сурет.

Параллель сәулелер шоғы қалыңдығы d мөлдір қабыршық бетке i бұрышымен түскенде,

жарық бұл беттен жартылай шағылып, жартылай қабыршық арқылы өтіп, екінші беттен шағылады, қабыршық арқылы қайта өтедіде қабыршықтан шығып бірінші

беттен шағылған жарықпен кездеседі. Бұл сәулелердің жүріс жол айырымы Δ суреттен мынаған тең екендігін

байқаймыз: $2dn \cos r$. Мұндағы n қабыршықтың сыну коэффициенті. Өйткені $\Delta = n(OC + CB) - (OA \pm \lambda_0/2)$

Қабыршықты қоршаған ортаның сыну көрсеткіші $n_0 = 1$ -ге тең деп алынған, ал $\pm \lambda_0/2$ жарықтың бөлік шекарасында шағылуымен байланысты жарты толқын ұзындығын жоғалтуынан. Егер $n > n_0$ болса, онда жарты толқын O нүктесінде жоғалады да жоғарыда аталған мүше таңбасы минус болады; егер $n < n_0$ болса, онда жарты толқын C нүктесінде жоғалады. Онда, $\lambda_0/2$ таңбасы плюс болады. Жарықтың сыну заңын ескерсек ($\sin i = n \sin r$), онда $n > n_0$ үшін мынаны аламыз:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \lambda_0/2 \quad (1)$$

Жұқа қабыршақтағы интерференциялық максимум шарты мынандай:

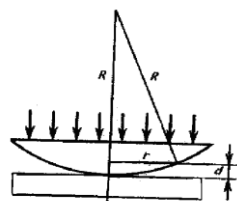
$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \lambda_0/2 = m\lambda_0 \quad (m=0,1,2,\dots) \quad (2)$$

Ал минимум шарты мынадай:

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \lambda_0/2 = (2m+1)\lambda_0/2 \quad (m=0,1,2,\dots)$$

1. Тең көлбеулік жолақтар (жазық параллель пластинкадағы алынған интерференция) Берілген λ_0 , d және n үшін сәулелердің әрбір i көлбеулігіне интерференциялық жолағы сәйкес келеді. Жазық параллель пластинкаға бірдей бұрыштармен түскен сәулелердің қосылуынан пайда болған интерференциялық жолақтар тең көлбеулік жолақтар деп аталады.

2. Тең қалыңдықты жолақтар (қалыңдығы айнымалы платинкадан алынған интерференция). Егер қабыршықты экранға экранда қабыршық кескіні алынатындай етіп линза арқылы проекцияласа, онда қабыршықтың тең қалыңдықтарына сәйкес нүктелер бойынша өтетін жолақтармен жабылады.



6.25.сурет.

1. Тең қалыңдықты жолақтардың классикалық мысалына Ньютон сақиналары жатады. Бұл сақиналар жарықтың жазық параллель пластинкамен оған жанасқан қисықтық радиусы үлкен жазық дөңес линзаның (6.25-сурет)

ағы ауа саңлауында бақыланады. Жарықтың параллель шоғы линзаның жазық бетіне тік түседі де, линза мен пластинка арасындағы ауа қабатының

жоғарғы және төменгі беттерінен жартылай шағылады. Шағылған сәулелер қосылғанда тең қалыңдықты жолақтар пайда болады. Жарық тік түскенде ол жолақтардың пішіні концентрлі шеңбер болады.

Шағылған жарықта оптикалық жүріс жол айырымы мынаған тең болады ($n=1$ ауа үшін және $i=0$) $\Delta = 2d + \lambda_0/2$, d – саңлау ені. Суреттен d –ның аз екендігін ескеріп мынаны аламыз: $\Delta = r^2/R + \lambda_0/2$ Онда интерференциялық максимум және минимум шарттарына сәйкес m –ші жарық және сәйкес m –ші қараңғы сақиналар. Радиустері тиісінше мынадай болады:

$$r_m = \sqrt{(m - 1/2)\lambda_0 R} \quad (m=0, 1, 2, \dots), \quad r_m^{\text{II}} = \sqrt{m\lambda_0 R} \quad (m=1, 2, 3, \dots)$$

Қазіргі объективтерде пайдаланылатын линзалар саны өте көп болғандықтан, олардан шағылу да көп. Сондықтан жарық ағынының шығыны да үлкен болып келеді. Өткен жарықтың интенсивтігі әлсірейді, оптикалық аспаптың жарық күші кемиді. Бұл кемшілікті болдырмас үшін оптиканың жарықталынуын жүзеге асырады. Ол үшін линзаның бос бетіне сыну көрсеткіші линза материалының сыну көрсеткішінен аз жұқа қабатымен қаптайды.

8.2.3. Жарықтың шашырауы

Жарықтың шашырауы дегеніміз түскен жарықтың әртүрлі бағытта таралуы немесе жарықтың шашырауының мәні мынада: ұсақ бөлшектер, молекулалар мен электрондарға шейін, жарықтың әсерінен 2-ші ретті сәулелер сәулелендіре бастайды.

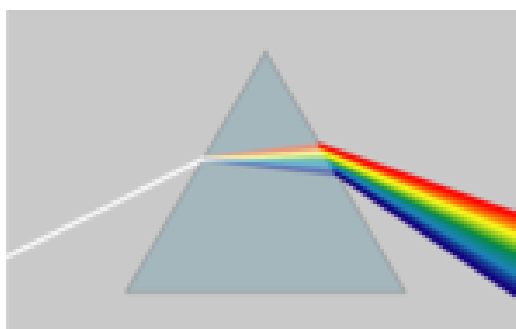
Жарық толқындары біртекті емес орта арқылы өткен кезде, зат атомдары когерентті емес 2-ші ретті жарық толқындарын сәулелендіріп, ортаның 2-ші ретті бірқалыпты жарқырауын тудыратын болса, ондай құбылыс жарықтың шашырауы деп аталады. Жарық біртексіздік ортада шашырайды, егер ортаның біртексіздік өлшемдері түскен жарықтың толқын ұзындығындай болса. Егер ортаның біртексіздігі ретсіз орналасқан бөгде бөлшектерден құралса, жарықтың осындай шашырауы Тиндаль құбылысы деп аталады, ал орта лайлы орта деп аталады, мысалы, тұман, түтін, эмульсиядағы түрлі қалықтаған бөлшектер т.т. Осындай құбылыстың тағы бір көрінісі- күн сәулесінің жіңішке шоғыры шаң атмосфера арқылы өткенде, жарық осы шаңдардан шашырап, барлық шоғыр кез келген жақтан бақыласа да жақсы көрінеді.

Жарық шашыраған кезде оның энергиясы өзінің электромагниттік табиғатын сақтайды және шашыраған жарықтың толқын ұзындығы өзгермейді. Шашыраған жарықтың интенсивтілігі соғұрлым жоғары болады, егер ортаның біртексіздік өлшемдері жарықтың толқын ұзындығымен салыстырғанда неғұрлым кіші болса. Шашырау интенсивтілігі жарықтың толқын ұзындығына байланысты: қысқа жарық толқындары ұзын толқындарға қарағанда күштірек шашырайды.

Жарық атомдар мен молекулалардың жылулық қозғалысына байланысты заттың тығыздығының лездік біртексіздігі кезінде біртекті ортада да шашырайды. Мысалы, жылулық қозғалыс кезінде таза газда молекулалар газ көлемінің бір нүктесінде жақындап, екінші бір нүктесінде алшақтайды. Осындай шашырау молекулалық деп аталады.

8.2.4. Дисперсия

Дисперсия (лат. dispersion - шашырау).



6.26.сурет

1. Электромагниттік сәуле шығарудың дербес спектрлік құрамының қандай да бір уақыт ішінде шашырауы. Модальқ дисперсия, материал дисперсиясы, сәулежел дисперсиясы деп ажыратылады.

2. Символдар арасындағы интерференциямен оптикалық талшық арқылы өткенде импульстер ұзақтығының артуына байланысты пайда болатын эффект. Дисперсия оптикалық талшықтың еткізу жолағының шектелуіне әкеледі.

Есептер шығару үлгілері

1. Жазық айнаға түскен сәуле $\beta = 15^\circ$ бұрышпен шағылған. Горизонталь айнаны қандай γ бұрышқа бұрғанда, сәуленің шағылу бұрышы 3 есе ұлғаяды?

Шешуі. Айна γ бұрышқа бұрылғанда сәуленің түсу нүктесінде айнаға тұрғызылған нормаль γ бұрышқа бұрылады. Сондықтан сәуленің шағылу бұрышы $\beta' = \beta + \gamma$. Ал $\beta' = 3\beta$ болуы керек. Осыдан $3\beta = \beta + \gamma$; $\gamma = 2\beta$; $\gamma = 2 \cdot 15^\circ = 30^\circ = 0,53$ рад.

2. Жарық сәулесі екі жазық айнадан кезек шағылып, түскен бағытына параллель кері тарауы үшін, айналарды қалай орналастыру керек?

Шешуі. Айналарды бір-біріне тік бұрыш арқылы орналастыру керек. Сонда $\gamma + \delta = \alpha + \Theta = 90^\circ$. Бұдан $\beta + \varepsilon = 360^\circ - (\alpha + \gamma + \delta + \Theta) = 180^\circ$. Олай болса, екі айна өзара тік бұрыш жасай орналасқан болса, онда екі айнадан кезек шағылған сәуле түскен сәулеге параллель болады.

3. Параллель жарық шоғы қалың параллель жазық шыны пластинкаға $\alpha = 60^\circ$ бұрышпен түседі. Ауадағы жарық шоғының диаметрі 10 см. Шыныға өткен жарық шоғының диаметрін табу керек.

Шешуі. Ауадағы жарық шоғының диаметрін d_1 деп,

$$d_2 = d_1 \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{n \cos \alpha} = 0,16 \text{ м}$$

ал шыныдағы диаметрін d_2 деп белгілесек

4. Нәрсе мен оның линзадағы жорамал кескінінің арасындағы қашықтық $L = 5$ см. Линзаның үлкейтуі $k = 0,5$. Нәрсенің кескінін салып, линзаның түрін анықтап, оның оптикалық күшін табу керек.

Шешуі. Нәрсенің кескінін табу үшін алдымен бас оптикалық ось арқылы белгілеген масштабта нәрсені және оның кескінін бір-бірінен 5 см қашықтықта орналастыру керек. Енді нәрсенің А нүктесі мен оның кескіні А' нүктесі арқылы түзу жүргізсек, осы түзумен бас оптикалық осьтің қиылысқан О нүктесі линзаның оптикалық центрі болады. Нәрсенің А нүктесінен бас оптикалық оське параллель жүргізілген сәуле линзада сынған соң А' нүктесінен өтпейтіні көрініп тұр. А' нүктесі арқылы сынған сәуленің кері бағыттағы созындысы ғана өтеді. Осы созындының бас оптикалық осьпен қиылысқан нүктесі линзаның фокусы болады. Суретте көрсетілген линза — шашыратқыш линза.

$$D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = - \frac{(1-k)^2}{kL} \quad D = -10 \text{ дптр.}$$

5. Жақыннан көретін кісі кітапты көзілдіріксіз 10 см қашықтықтан оқи алады. Кісіге керек көзілдіріктің оптикалық күші қандай болуы керек?

Шешуі. Сау көздің ең жақсы көретін қашықтығында ($d = 25$ см) тұрған нәрсенің көзілдіріктегі кескіні, жақыннаң көретін көздің ең жақсы көретін қашықтығында орналасуы керек. Сондықтан:

$$D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = - 6 \text{ дптр}$$

ТЕСТ

1. Екі ортаны бөліп тұрған шекараға сәуле $\alpha = 60^\circ$ бұрышпен түседі. Сынған сәуле мен шағылған сәуле арасындағы бұрыш $\varphi = 90^\circ$ болса, сыну көрсеткіші

- A) 1,41
- B) 0,71
- C) 0,87
- D) 2
- E) 1,73

{Дұрыс жауап}=E

2. Жарық сәулесінің түсу бұрышын 20° - қа арттырғанда түскен сәуле мен шағылған сәуленің арасындағы бұрыш

- A) 40° -қа артады
- B) 20° -қа артады
- C) 10° -қа артады
- D) Өзгермейді
- E) 15° -қа артады

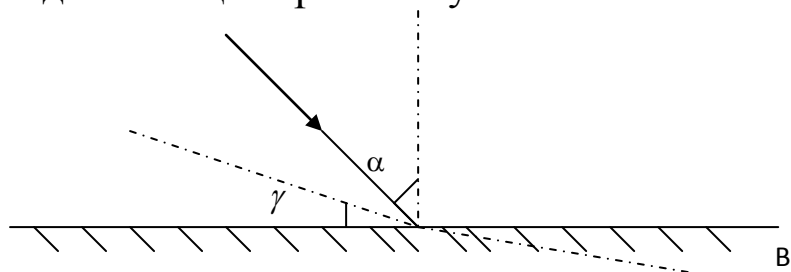
{Дұрыс жауап}=A

3. Шағылған сәуле түскен сәулемен 50° бұрыш жасау үшін сәуленің түсу бұрышы

- A) 20°
- B) 25°
- C) 40°
- D) 50°
- E) 100°

{Дұрыс жауап}=B

4. АВ жазық айнаға $\alpha = 30^\circ$ бұрышпен жарық сәулесі түседі. Айнаны $\gamma = 20^\circ$ -қа бұрады. Енді алғашқы түскен сәуле мен шағылған сәуле



арасындағы бұрыш

- A) 30°
- B) 40°
- C) 50°
- D) 60°

Е) 100°

{Дұрыс жауап}=Е

5. Айналық бетке жарық сәулесінің түсу бұрышы 20° . Шағылған сәулемен айна жазықтығы арасындағы бұрыш:

А) 90°

В) 40°

С) 70°

Д) 20°

Е) 80°

{Дұрыс жауап}=С

6. Сәуленің түсу бұрышы 10° -қа азайғанда түскен сәуле мен шағылған сәуленің арасындағы бұрыш

А) 15° -қа азаяды

В) 10° -қа азаяды

С) 5° -қа азаяды

Д) өзгермейді

Е) 20° -қа азаяды

{Дұрыс жауап}=Е

7. Вакууммен абсолют сыну көрсеткіші $n = 1,6$ мөлдір ортаға өткен кезде жарықтың таралу жылдамдығы (вакуумдегі абсолют сыну көрсеткіші $n_{\text{в}} = 1$)

А) 1,6 есе артады

В) 3,2 есе кемиді

С) 1,6 есе кемиді

Д) 3,2 есе кемиді

Е) Өзгермейді

{Дұрыс жауап}=С

8. Салыстырмалы сыну көрсеткіші 2-ге тең екі ортаның шекарасына түсетін сәуленің ішкі толық шағылу бұрышы

А) 45°

В) 50°

С) 70°

Д) 60°

Е) 30°

{Дұрыс жауап}=Е

9. Жинағыш линзаның фокус аралығы 0,2 м. Дененің кескіні өзінің биіктігіндей болу үшін дененің линзадан ара қашықтығы

А) 0,1 м

В) 0,2 м

- C) 0,4 м
 - D) 0,8 м
 - E) Мұндай жағдай болмайды
- {Дұрыс жауап}=C

10. Лупаның үлкейту шамасы 10 есе болса, нәрсені орналастыру қашықтығы

- A) 25 см
- B) 0,1 см
- C) 10 см
- D) 2,5 см
- E) 2,5 мм

{ Дұрыс жауап }=D

11. Қос ойыс линзаның фокус аралығы 10 см. Нәрсені 12 см ара қашықтыққа орналастырса, нәрсе кескіні линзадан орналасу қашықтығы

- A) 65 см
- B) 60 см
- C) 45 см
- D) 50 см
- E) 55 см

{Дұрыс жауап }=B

12.Астронавтардың Жердегі өлшемдері бойынша жұлдыздық кеменің жүрген жолының шамасы 2 есе азайған болса, кеменің жылдамдығы

- A) $2,6 \cdot 10^6$ км/с
- B) $2,6 \cdot 10^5$ км/с
- C) $2,6 \cdot 10^3$ км/с
- D) $2,6 \cdot 10^4$ км/с
- E) $2,6 \cdot 10^7$ км/с

{Дұрыс жауап} = B

13.Сәуленің шағылу бұрышы $\beta = 54^\circ$ -қа тең болса, онда жазық айнамен түскен сәуле арасындағы бұрыш

- A) $13,5^\circ$.
- B) 27° .
- C) 54° .
- D) 36° .

Е) 0^0 .

{Дұрыс жауап}= D

14. Солтүстік шұғыла мен газ разрядындағы жарқырау құбылысы

- А) люминесценция.
- В) фотолюминесценция.
- С) хемиллюминесценция.
- Д) катодоллюминесценция.
- Е) электролюминесценция.

{Дұрыс жауап}= E

15. Электрондармен атқылағанда қатты денелердің жарық шығару құбылысы

- А) люминесценция.
- В) фотолюминесценция.
- С) хемиллюминесценция.
- Д) катодоллюминесценция.
- Е) электролюминесценция.

{Дұрыс жауап}= D

16. Энергияны бөліп шығару арқылы жүретін кейбір химиялық реакцияларда осы энергияның бір бөлігі тікелей жарық энергиясына айналатын құбылыс

- А) люминесценция.
- В) фотолюминесценция.
- С) хемиллюминесценция.
- Д) катодоллюминесценция.
- Е) электролюминесценция.

{Дұрыс жауап}= C

17. Затқа түскен жарықтың біразы шағылады, ал біразы жұтылады. Бірақ кейбір денелер түскен жарықтың әсерінен өздері тікелей жарық шығара бастайтын құбылыс

- А) люминесценция.
- В) фотолюминесценция.
- С) хемиллюминесценция.
- Д) катодоллюминесценция.
- Е) электролюминесценция.

{Дұрыс жауап}= B

18. Абсолют қара дененің сәуле шығаруының қуаттылығы 17,3 Вт-қа тең. Осы дененің бет ауданын $3,05 \text{ см}^2$ -ге тең деп алсақ, онда $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ кезіндегі температураның мәні

A) 5670 К.

B) 567 К.

C) 950 К.

D) 1000 К.

E) 1100 К.

{Дұрыс жауап} = D

19. Ең жақсы көру қашықтығы 25 см-ге тең қалыпты көз үшін фокус аралығы $F = 4 \text{ см}$ -ге тең лупаның беретін үлкейтуі

A) 6,25 есе.

B) 6 есе.

C) 5,25 есе.

D) 4,25 есе.

E) 0,16 есе.

{Дұрыс жауап} = A

20. Ең жақсы көру қашықтығы 18 см-ге тең жақыннан көргіш көз үшін фокус аралығы $F = 3 \text{ см}$ -ге тең лупаның беретін үлкейтуі

A) 6,25 есе.

B) 6 есе.

C) 5,25 есе.

D) 0,5 есе.

E) 0,16 есе.

{Дұрыс жауап} = B

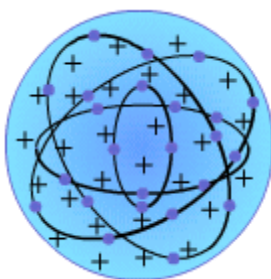
АТОМ ЖӘНЕ АТОМ ЯДРОСЫНЫҢ ФИЗИКАСЫ

9.1.1. Атомның ядролық моделі

Атомдық теорияны ХҮІІІ ғасырда жаңа қарқын алып дамыды. М.В.Ломоносов, А.Лавуазье, Д.Дальтон және т.б. ғалымдардың еңбектерінде атомдардың бар екені дәлелденді. Атом «бөлінбейді» деген мағынаны береді. Бұл кезде атомдар одан әрі бөлінбейтін бөлшек деп есептелді.

ХІХ ғасырдың аяғына қарай жылулық сәуле шығару, фотоэффект, рентгендік сәулелер, электронның ашылуы атомның құрамы күрделі екендігін анықтады.

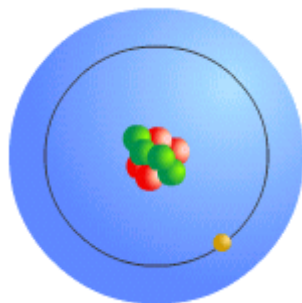
Атомды күрделі жүйе деп ұйғарып, оның алғашқы моделін ұсынған ғалым – Дж.Томсон. Томсон моделі бойынша атом дегеніміз радиусы шамамен 10^{-10} м болатын шар. Бұл шардың бүкіл көлемі оң зарядталған, ал теріс зарядталған электрондар оның ішінде су тамшысының ішінде жүзіп жүрген түйіршіктер тәрізді қозғалып жүреді (7.1.-сурет). Томсон моделі атомның бірқатар қарапайым қасиеттерін сәтті түсіндіргенімен көп жағдайда қиыншылыққа тірелетін.



7.1.сурет.

Осы тұрғыдан атом құпиясына тереңірек үңіліп, оның жаңа бір моделін ұсынған ғалым ағылшын оқымыстысы Э.Резерфорд болатын. Ол өз тәжірибелерінде аса шапшаң α -бөлшектер жұқа алтын фольгадан шашыраған кездегі бұрыштық таралуын зерттей келе **атомның планетарлық моделі** деп аталатын моделін ұсынды. Резерфордтың бұл моделі бойынша атомдағы оң зарядтар Томсон моделіндегідей бүкіл көлемде таралмай, керісінше, оның орталығында жинақталады. Оны атом ядросы деп атайды. Ал электрондар болса Күн жүйесіндегі планеталар тәрізді ядроны айнала қозғалып жүреді (2-сурет). Электрондардың массасы аса аз

болғандықтан атомның бүкілдей дерлік массасы ядроға шоғырланған. Ядроның сызықтық өлшемі 10^{-18} - 10^{-14} м, ал атомның өлшемі – 10^{-10} м. Ядроның өлшемі атомның өлшемімен салыстырғанда шамамен 10^5 еседей кіші.



7.2.сурет

! Резерфорд ұсынған атомның ядролық моделі классикалық физикаға қарама-қайшылық туғызды. Бұдан шығу үшін Н.Бор екі постулат ұсынды.

9.1.2. Сутегі атомның спектрі

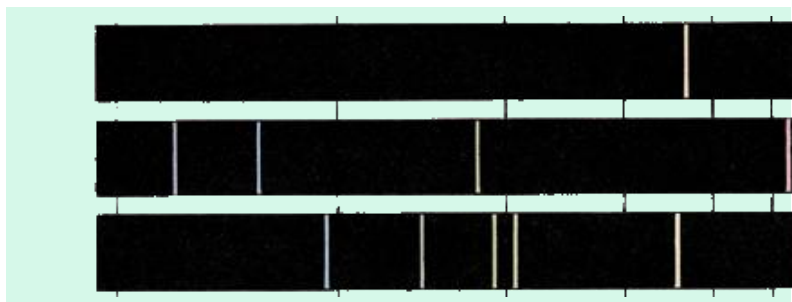
Спектр дегеніміз жарық сәулесінің жіктеліп, түрлі түсті жолақтар немес сызықтар түрінде көрінуі. Интерференция, дифракция және дисперсия тәрізді құбылыстар кезінде ақ жарықтың бірнеше түске жіктелетіні тәжірибеден белгілі. Дисперсия құбылысын пайдалана отырып, Ньютонның ақ жарықты жіктегенін білеміз. Тәжірибе жалпы спектрлерді мынадай бірнеше топқа бөлуге болатынын көрсетті: тұтас спектр, сызықтық спектр және жолақты спектрлер.

Қызған денелердің тығыздығы үлкен болған сайын олардың спектрлеріндегі түстер бір-біріне жалғаса ұласып жатады. Бұндай спектрлерді **тұтас спектрлер** деп атайды. Тұтас спектрді қатты дене, сұйық және сығылған газды жоғарғы температураға дейін қыздырған кезде береді. Тұтас спектр шартты түрде жеті түске бөлінеді: қызыл, қызғылт сары, сары, жасыл, көгілдір, көк және күлгін. Бұл түстердің арасында айқын шекара жоқ. Бір түс екінші түске бірте-бірте өтеді. Спектрдің тұтас болуы оның құрамында барлық толқын ұзындығындағы жарықтың бар екенін көрсетеді. Бұлай болуының басты себебі жарық шығарып тұрған атомдар бір бірімен күшті байланыста. Осы күшті байланыстың салдарынан әрбір атом шығарған монохроматты жарықтар ұйытқып, бір-бірімен тұтасып кетеді.

Тығыздығы өте аз қызған газдардың беретін кесінді сызық түрінде бір-бірінен алшақ орналасқан спектрлерді **сызықтық спектрлер** деп атайды. Бұл спектрлерді газдың жекелеген атомдары шығарады. Газ жақсы сиретілген болғандықтан оның атомдары бір-бірімен әсерлеспейді десе де болады. Ал мұндай сызықтық спектрдің болуы және бұл сызықтарға сәйкес келетін жиіліктің мәні Бордың теориясынан анықталады.

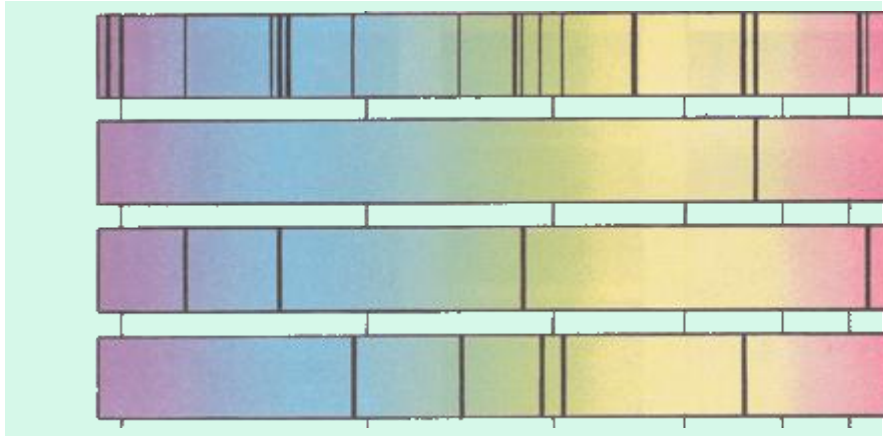
Егер жарық шығарып тұрған газдың тығыздығын бірте-бірте арттыратын болсақ, онда спектр сызықтарының ені бірте-бірте артып, тұтасып кетеді.

Тағы бір байқалатын спектрдің түрі жолақ спектрлер. Олар аралары бір бірінен бөлінген ені едәуір үлкен жолақтардан тұрады. Ажыратқыштық қабілеті жоғары спектроскоптың көмегімен жеке жолақтарды қарайтын болсақ, олардың өте тығыз орналасқан жеке сызықтардың жиынтығы екеніне көз жеткізуге болады. Сызықтық спектрлерді жеке атомдар беретін болса, жолақ спектрлерді бір-бірімен байланыспаған немесе әлсіз байланысқан молекулалар туғызады.



7.3.сурет

Осы кезге дейінгі қарастырғанымыз жарықтың шығару спектрлері (7.3-сурет). Жарықты атомдар тек белгілі жиілікте шығарып қана қоймайды, сонымен қатар осындай жиіліктерде жұтады да. Мысалы ақ жарықты температурасы төмен, өзінен жарық шығарып тұрмаған газ арқылы жіберетін болсақ, жарықтың үздіксіз спектрінің бетінде қара сызықтар пайда болады. Бұл жұтылу спектрлері (7.4-сурет).



7.4.сурет

Сызықтық спектр оны шығарып тұрған атомның құрлысымен тікелей байланысты. Ал әрбір заттың атомы бір-бірінен ерекше, олай болса әрбір заттың беретін спектрі де ерекше. Бұл белгісіз заттың спектрін зерттей отырып, оның химиялық құрамын анықтауға мүмкіндік береді.

Барлық сызықтық спектрлердің ішіндегі ең қарапайымы сутегінің спектрі. Тәжірибелердің нәтижелерін зерделей отырып, швейцариялық ғалым Бальмер сутегі спектрінің көрінетін бөлігіндегі барлық сызықтардың жиілігін және толқын ұзындығын анықтайтын формуланы тапты:

$$\nu = Rc\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right); \quad \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right),$$

мұндағы $R=1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ – Ридберг тұрақтысы; c – жарық жылдамдығы; n және k – бүтін сандар.

Толқын ұзындығы (жиілігі) бірдей n саныме, бірақ әртүрлі k санымен анықталатын сызықтар бір серияға жатады ($n=1$ Лайман сериясы, $n=2$ Бальмер сериясы, $n=3$ Пашен сериясы, $n=4$ Брэкетт сериясы, $n=5$ Пфунд сериясы, $n=6$ Хемфри сериясы). Әрбір серия үшін $k=n+1, n+2, n+3$ және т.б.

$k=n+1$ сәйкес сызық серияның бас сызығы деп, ал $n=\infty$ сәйкес сызықтар серияның шегі деп аталады.



7.5.сурет

Сутегі атомы және сутегі тәрізді иондардың негізгі серияларының пайда болу (шығарылу) сұлбасы 7.5-суретте көрсетілген. Лайманның барлық сериялары және Бальмердің кей бөлігі ультракүлгін облыста ($\lambda < 400$ нм), ал Бальмердің қалған сериялары спектрдің көрінетін бөлігінде ($\lambda = 400-760$ нм), қалған сериялар инфрақызыл облыста ($\lambda > 760$ нм) орналасқан.

9.1.3 Бор постулаттары

Бордың бірінші постулаты: атомда электрондар қозғалатын стационар орбиталар бар. Стационар орбитадағы электрондар электромагниттік сәуле шығармайды. Әрбір стационар орбитаға E_n энергия (n – орбита саны) сәйкес келеді. Стационар орбитадағы электрон үшін мына қатынас орындалады:

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi},$$

мұндағы m_e – электронның массасы; v_n – радиусы r_n стационар орбитадағы электронның жылдамдығы; $n=1, 2, 3, \dots$ - стационар орбитаның номері; h – Планк тұрақтысы.

Бордың екінші постулаты: электрон энергиясы E_k стационар орбитадан энергиясы E_n стационар орбитаға өткенде, энергия кванты жұтылады немесе шығарылады. Ол энергия мына түрде анықталады:

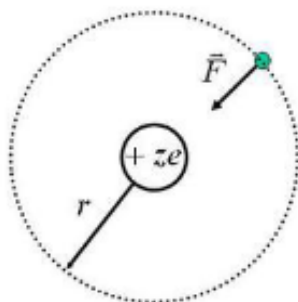
$$h\nu = E_n - E_k \Rightarrow \nu_{kn} = \frac{(E_k - E_n)}{h}.$$

! Бор теориясы сутегі спектріндегі сызықтардың жиілігін түсіндіргенмен, олардың интенсивтілігін түсіндіре алмады. Сондықтан ол атомдық құбылыстардың кванттық-механикалық теориясын құру жолындағы негізгілердің бірі болып табылады.

9.1.4 Сутегі тектес атом үшін Бор теориясы

Сутегі атомын қарастыралық. Сутегі атомы ядродан және оны айналып жүретін бір электроннан тұрады (7.6-сурет). Центрге тартқыш үдеу электронға кулондық тартылу күшін береді. Ньютонның екінші заңынан

$$m_e a_u = F \Rightarrow m_e \frac{v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2}.$$



7.6.сурет

Бор теориясы бойынша стационар орбиталар үшін мына қатынас дұрыс

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}.$$

Берілген теңдеулер жүйесін шеше отырып, n-ші стационар орбитадағы электронның жылдамдығын былай табуға болады:

$$\begin{cases} m_e \frac{v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2} \\ m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi} \end{cases} \Rightarrow v_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} \frac{1}{n}.$$

Сонда n-ші стационар орбитаның радиусы мынаған тең:

$$r_n = \frac{nh}{2\pi m_e v} = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2} n^2 = a_0 n^2,$$

мұндағы $a_0 = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2} = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ – бірінші бор орбитасының радиусы.

Электронның кинетикалық энергиясы

$$K_n = \frac{m_e v_n^2}{2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}.$$

Электронның ядромен өзара әсерлесуінің потенциалдық энергиясы

$$П_n = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} = -\frac{m_e e^4}{4\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}.$$

Сутегі атомының толық энергиясы

$$E_n = K_n + П_n = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} - \frac{m_e e^4}{4\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}.$$

Сутегі атомының энергиясы n-ші орбита номерімен анықталады. n саны бас кванттық сан деп те аталады. Негізгі күйдегі (n=1) сутегі атомының энергиясы $E_1 = -13,55$ эВ-қа тең. Алғашқы қозған күйде (n=2) – $E_2 = -3,38$ эВ, екінші қозған күйде (n=3) – $E_3 = -1,51$ эВ және т.б.

Сутегі атомының толық энергиясын мына түрде де беруге болады:

$$E_n = -13,55 \cdot \frac{1}{n^2} (\text{эВ}).$$

Бордың екінші постулаты бойынша атомның энергиясы E_k стационар күйден энергиясы E_n стационар күйге өткен кездегі жиілігі мынаған тең:

$$\nu_{kn} = \frac{(E_k - E_n)}{h} = \left(-\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} + \frac{m_e e^4}{4\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} \right) = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) = R c \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right),$$

мұндағы $R = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2 c} R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ – Ридберг тұрақтысы.

9.1 Атом ядросының физикасы

9.2.1. Атом ядросының құрамы

Ядролық физика – атом ядросының құрылымын, қасиеттерін, оның түрленулерін зерттейді, микроәлемде болып жататын құбылыстарды қарастырады.

Ядроның протонды-нейтронды моделіне сәйкес атом ядросы протондар мен нейтрондардан тұрады.

! Протондар мен нейтрондарды жалпылап нуклондар деп атайды.

! Протондар мен нейтрондарды ядрода ядролық күштер ұстап тұрады.

Протон $1p^1$ – заряды оң және мәні $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл элементар зарядқа тең, ал массасы

$$m_p = 1836,15 m_e = 1,00759 \text{ м.а.б.} = 938,28 \text{ МэВ},$$

мұндағы m_e – электрон массасы, м.а.б. – массаның атомдық бірлігі. $1 \text{ м.а.б.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 931,50 \text{ МэВ}.$

Нейтрон ${}_0n^1$ – заряды жоқ, ал массасы протонға жуық
 $m_n = 1838,68m_e = 1,00898$ м.а.б. = 939,55 МэВ,
протон массасынан 0,14% - ға немесе $2,5m_e$ -ге үлкен.

! Ядроның және элементар бөлшектердің массасын массалық атомдық бірлікпен (м.а.б.) сипаттайды. Массаның атомдық бірлігі ретінде көміртегі ${}_6C^{12}$ атомы массасының 1/12 бөлігі алынады. 1 м.а.б. = $1,65976 \cdot 10^{-27}$ кг.

! Барлық элементтердің атомдық массасын дәл өлшеу кезінде м.а.б.-пен өлшенген масса бүтін санға жақын болды, бұны А массалық сан деп атады.

Ядродағы Z протондар саны Менделеев кестесіндегі химиялық элементтің реттік номеріне, яғни зарядтық санға тең.

А массалық сан Z протондар мен N нейтрондардың жалпы санын анықтайды:

$$A = Z + N.$$

Ядродағы нейтрондар саны былай анықталады:

$$N = A - Z.$$

Ядроны белгілеу үшін ${}_Z X^A$ имволы қолданылады, мұндағы X элементтің химиялық таңбасы. Жоғары жағына оның А массалық саны, ал төменгі жағына Z зарядтық сан қойылады.

Z саны бірдей, А саны әр түрлі атомдық ядролар **изотоптар** деп аталады. Мысалы, ${}^{16}_8O$, ${}^{17}_8O$, ${}^{18}_8O$.

Массалық саны А бірдей атомдық ядролар **изобарлар** деп аталады. Мысалы, ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{20}Ca$.

N - нейтрон саны бірдей ядроларды **изотондар** деп атайды. Мысалы, ${}^{14}_7N$ және ${}^{13}_6C$.

Зарядталған бөлшектердің ядролардан шашырауы бойынша эксперименттерден ядроны бірінші жуықтауда сфера деп санауға, ал оның радиусын мына формуламен өрнектеуге болатындығы тағайындалған:

$$R = r_0 A^{1/3}$$

мұндағы А – берілген ядроның массалық саны,

$$r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ м} = 1,2 \text{ фм}. 1 \text{ фм} = 10^{-15} \text{ м}.$$

Осы формуладан маңызды қорытынды шығады: А массалық санмен анықталатын ядро массасы оның V көлеміне пропорционал, өйткені $v \sim R^3 \sim A$. Демек, барлық ядролардағы зат тығыздығы шамамен бірдей болады, және ол мынаған тең:

$$\rho \approx 2,7 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3.$$

9.2.2. Ядродағы нуклондардың байланыс энергиясы

Ядродағы нуклондарды ыдырап кетуден сақтап, оның берік байланысын қамтамасыз ететін күштер **ядролық күштер** деп аталады. Осы күштердің ерекше өзгешеліктерін атап өтейік (Х. Юкава, 1935):

1. Өте қуатты күштер (кулондық күштен 35 есе, ал гравитациялық күштен 10^{38} есе қуатты болды.

2. Ядролық күштер қысқа қашықтықта (10^{-15} м) ғана әрекет ететін күштер.

3. Ядролық күштер зарядтық тәуелсіздік байқатады; екі протон арасындағы, екі нейтрон арасындағы, нейтрон - протон арасындағы өзара әрекет ету күштері бірдей болады.

4. Ядролық күштер қанығу қасиеттеріне ие (әрбір нуклон оған ең жақын көрші нуклондардың шектеулі санымен өзара әрекеттеседі).

5. Ядролық күштердің шамасы нуклондардың спиндерінің бағытына тәуелді болады (дейтрон - дейтерий ядросы, егер нуклондарының спиндері параллель болса орнықты болады).

Ядро массасы ядроны құраушы нуклондардың массалары қосындысына тең болуы тиіс еді. Бірақ масс – спектрометриялық өлшеулер ядроның шын массасы осы қосындыдан кіші болатындығын көрсетеді. Атом ядросын түгелімен жеке нуклондарға ыдырату үшін қажетті ең аз энергияны **ядроның байланыс энергиясы** деп атайды.

$$E_{\sigma} = \Delta m c^2 = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}})c^2,$$

мұндағы Δm – ядроның массалар ақауы;

m_p , m_n және $m_{\text{я}}$ – сәйкесінше протонның, нейтронның және ядроның массалары.

Массалар ақауы – ядролық тарту күшінің жұмысы есебінен нуклондардан атом ядросы түзілгенде пайда болатын массалар айырымы.

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_a.$$

Z протон мен N нейтрон ядроға біріккен кезде бұлардың массасының Δm бөлігі жойылады да оның орнына оған пара – пар энергия $\Delta E = \Delta mc^2$ бөлінеді (әдетте γ -кванттар энергиясы түрінде). Осы энергияны берілген ядроның E_δ байланыс энергиясы деп атайды. Орнықты атомдық ядроны оны құраушы протондар мен нейтрондарға бөлшектеу үшін кем дегенде E_δ байланыс энергиясына тең энергия жұмсау керек.

Меншікті байланыс энергиясы – ядроның байланыс энергиясының A массалық санға қатынасын, яғни бір нуклонға сәйкес келетін байланыс энергиясы:

$$E_{м.б} = \frac{E_\delta}{A}.$$

! Ядроның меншікті байланыс энергиясы көп болған сайын ондағы нуклондар бір-бірімен берік байланысқан, яғни бұндай ядролар орнықты болады.

Егер элементтің ядросының емес атомының массасы белгілі болса, онда массалар ақауын (сәйкесінше байланыс энергиясын) есептеу үшін мына формуланы қолдануға болады:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - (m_a - Zm_e) = Zm_H + (A - Z)m_n - m_a$$

мұндағы m_e - электронның массасы;

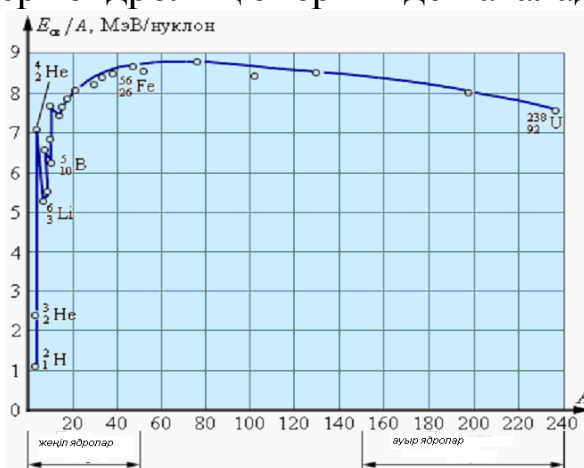
m_a - атом массасы;

m_H - сутегі атомының массасы.

E_δ / A меншікті байланыс энергиясының шамасы A массалық санға тәуелді. Осы тәуелділіктің графигі 7–суретте көрсетілген. Осы графигті талдау ядроның қасиеттері жайында және нуклондар арасындағы ядролық күштердің ерекшелігі жайында дамаңызды мәлімет береді.

Массалық сандары $A \sim 50 \div 60$ ядролар, яғни Cr-нан Zn-ке дейінгі элементтердің ядролары ең берік ядролар болып табылады. Осы ядролардың бір нуклонға келетін меншікті байланыс энергиясы E_δ / A 8,7 МэВ–ке жетеді. A өскенде де, кемігенде де меншікті

байланыс энергиясы кішірейеді. Сонда ауыр ядролардың жеңіл ядроларға бөлінуі энергетикалық тиімді. Ал, жеңіл ядроларға, керісінше, ауырырақ ядро құрап, бір – бірімен бірігуі тиімді. Екі жағдайда да энергия бөлінеді. Мысалы, ^{235}U ядросы бөлінген кезде $\sim 200\text{МэВ}$. Ал дейтрон тритонмен біріккенде, $17,6\text{ МэВ}$ энергия бөлініп, α – бөлшектер ^4He нуклиді ядроларының синтезі іске асады. Бірінші жағдайда бөлінген энергия атомдық, екінші жағдайда бөлінген энергия – термоядролық энергия деп аталады.



7.7.сурет

7-суретте E_{α}/A меншікті байланыс энергиясының A массалық санға тәуелділігі көрсетілген.

9.2.3. Радиоактивтілік құбылысы

Радиоактивтілік – бір атомдық ядролардың бір немесе бірнеше бөлшек шығарып өздігінен ыдырау (басқа ядроларға түрлену) құбылысы (А.Беккерель, 1896 ж.). Осындай ыдырауға тек орнықсыз ядролар ұшырайды және ыдырауға ұшырайтын ядролар және бұларға сәйкес нуклидтер радиоактивті деп аталады. Радиоактивті ядро аналық ядро деп, ал ыдырау нәтижесінде пайда болған ядролар туынды ядролар деп аталады.

Радиоактивтік табиғи және жасанды болып бөлінеді. Біріншіге табиғатта кездесетін табиғи – радиоактивті ядролар, екіншіге лабораториялық жағдайларда ядролық реакциялар арқылы алынған ядролар жатады. Негізінде бұлардың бір – бірінен айырмашылығы жоқ. Екі жағдайда да радиоактивті түрлену бірдей заңдылықтарға бағынады.

! Қазіргі кезде белгілі 1500 ядро ішінен шамамен 1/5 бөлігі орнықты, қалғандарының барлығы радиоактивті.

Радиоактивтік – ядро ішкі процесс. Бұл радиоактивтікке радиоактивті заттың химиялық қосылыс түрі, агрегаттық күйі, үлкен қысымдар, өте жоғары температуралар, электр және магнит өрістері, яғни атомның электрондық қабықшасы күйінің өзгерісін тудыра алатын сыртқы әсерлер ықпал ете алмайтындығын көрсетеді.

Радиоактивті ыдырауда энергияның сақталу заңы орындалады:

$$M_a c^2 = M_T c^2 + \sum m_i c^2 + E_k$$

мұндағы M_a және M_T – аналық және туынды ядролардың массалары, m_i – ыдырау кезінде шығарылатын бөлшектердің массалары, E_k – ыдырау өнімдерінің кинетикалық энергиясы. Бұл өрнек аналық ядро тыныштықта тұр деп ұйғарылып алынған.

Радиоактивті ыдырауда энергияның сақталу заңымен қатар, импульстің, импульс моментінің сақталу заңдары орындалуы тиіс.

Ыдырау өздігінен болуы үшін $E_k > 0$ болуы қажет. Бұл ыдырайтын ядро мен ыдырау өнімдері массалары мына шартты

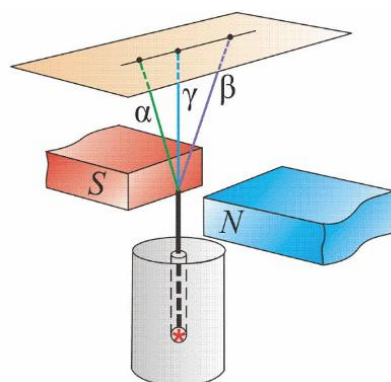
қанағаттандыруы тиіс екендігін білдіреді. $M_a > M_T + \sum_i m_i$

Демек, радиоактивті ыдырау болудың қажетті шарты: бастапқы ядро массасы ыдырау нәтижесінде пайда болған өнімдер массаларының қосындысынан үлкен болуы тиіс. Сондықтан, әрбір радиоактивті ыдырау энергия бөлінуімен өтеді.

Радиоактивті ыдырауда физикалық табиғаты әртүрлі радиоактивті сәулелер: α -, β - және γ - сәулелер шығарылатындығы тағайындалған (Резерфорд, П. Кюри, М. Складовская - Кюри). Бұдан кейінгі зерттеулерде α -сәулелері – гелий иондарының ағыны, β - сәулелері – электрондар ағыны, ал γ - сәулелері - өте қысқа толқынды ($\sim 10^{-11}$ - 10^{-13} м) электромагниттік кванттар ағыны екендігі анықталды.

9.2.4. Радиоактивті сәулелену

Радиоактивті ыдырау сәулелену арқылы жүзеге асады. Радиоактивті сәулеленудің құрамы күрделі. Магнит өрісінде радиоактивті сәулеленудің жіңішке ағыны α , β және γ -сәулелерге үш құраушыға жіктеледі (8-сурет).

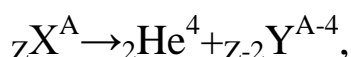


7.8.сурет

α-ыдырау

α-сәулелер шапшаң қозғалатын ${}^2\text{He}^4$ гелий ядросының ағыны болып табылады. Олардың иондаушы қабілеті өте жоғары, ал өтімділік қабілеті өте төмен.

α-ыдыраудың ығысу ережесі былай жазылады:



мұндағы X – аналық ядро;

Y – туынды ядро;

α-ыдырау болуы үшін қажетті шарт: аналық ядро массасы туынды ядро мен α-бөлшектің массаларының қосындысынан үлкен болуы керек.

α-бөлшекті тек ауыр ядролардың ($A > 200$, $Z > 82$) шығаратындығы белгілі. Ыдыраған ядродан ұшып шығатын α-бөлшектердің кинетикалық энергиясы бірнеше МэВ шамасында болады. α-бөлшектің кинетикалық энергиясы аналық ядроның тыныштық энергиясының туынды ядро мен α-бөлшектің тыныштық энергияларының қосындысынан үлкен болуы себепті пайда болады.

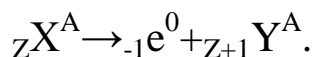
! α-ыдырау A массалық сандары өте жоғары ядролармен жүзеге асады.

β-ыдырау

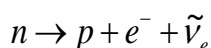
β – сәулелер шапшаң қозғалатын электрондар ағыны. α-бөлшекке қарағанда өтімділік қабілеті жоғары, ал иондау қабілеті айтарлықтай аз. β – ыдырау – ядроның электрон (позитрон) және антинейтрино (нейтрино) шығарып, массалық саны өзгермей, ал зарядтық саны $\Delta Z = \pm 1$ -ге өзгеріп, басқа ядроға айналуы. Осы үдерісте ядродағы нейтрондардың біреуі протонға түрленеді немесе протондардың біреуі нейтронға түрленеді.

β^- -ыдыраудың үш түрі болады: β^- - ыдырау, β^+ - ыдырау, электрондық қармау.

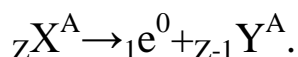
β^- - ыдыраудың (электрондық β^- - ыдырау) ығысу ережесі былай жазылады:



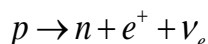
Электрондық β^- -ыдырау кезінде ядродағы нейтронның протонға айналуы жатады:



β^+ -ыдырау (позитрондық β^+ - ыдырау) мына схема бойынша өтеді:



β^+ - ыдырау негізіне ядродағы протонның нейтронға айналуы жатады:



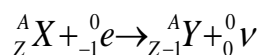
Нейтрино – электрлік бейтарап элементар бөлшек, спині $\frac{1}{2}$ (\hbar бірлігінде) және тыныштық массасы жоқ.

Нейтрино тек өзара әрекетке қатысады, сондықтан оны тікелей бақылау өте қиын.

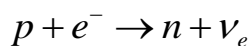
Антинейтрино – нейтриноға қатысты антибөлшек.

Электрондық қармау β^- -ыдыраудың үшінші түрі – электрондық қармау да ядро өз атомының электрондық қабығындағы электрондардың біреуін жұтады.

Электрондық қармау немесе К қармау мына схема бойынша өтеді:



Электрондық қармауды мына түрде көрсетуге де болады:



γ-сәулелену

γ-сәулелер толқын ұзындығы өте қысқа ($\lambda \leq 10^{-10}$ м) электромагниттік сәулелену кванты, магнит өрісінде ауытқымайды, демек оның заряды жоқ. γ-сәулесінің өтімділік қабілеті өте жоғары, иондау қабілеті өте нашар.

Өртүрлі ядролардың шығаратын γ –кванттар энергиясы E_γ мына аралықта жатады: $10\text{кэВ} \leq E_\gamma \leq 5\text{МэВ}$.

γ –сәуленің бұған сәйкес толқын ұзындығы $2 \cdot 10^{-13}\text{ м} \leq \lambda \leq 10^{-10}\text{ м}$ болады.

γ –кванттардың энергиялар бойынша үлестірілуі γ–спектр болады. Бұл сызықтық спектр атомдық ядролар күйлерінің дискреттігінің дәлелі болып табылады. Еркін нуклон γ –квант шығара алмайды, өйткені энергия мен импульстің сақталу заңдары бірдей бұзылған болар еді. Ядро ішінде бұл мүмкін болады, өйткені шығарылған γ –квант ядро нуклондарымен импульспен алмаса алады. Сондықтан β- ыдырау нуклон ішкі процесс болса, ал γ –сәуле шығару ядро ішкі процесс болады.

γ –сәулені туынды ядро шығарады. Туынды ядро өзінің түзілуі мезетінде қозған күйде болса, онда 10^{-13} - 10^{-14} с ішінде γ – сәуле шығарып негізгі күйге ауысады. Негізгі күйге ауысқанда қозған ядро бірқатар аралық күйлер арқылы өте алады. Сондықтан да бір радиоактивті изотоптың γ –сәулесі энергиялары бойынша өзгеше γ – кванттардың бірнеше тобынан тұратын болады.

γ –сәуле шығарылғанда А мен Z өзгермейді, сондықтан ол ешқандай ығысу ережелерімен сипатталмайды.

! γ-сәулелену кезінде ядроның А массалық саны мен Z зарядтық саны өзгермейді.

9.2.5. Радиоактивті ыдырау заңы

Радиоактивті ыдырау деп ядролардың өз бетімен түрленіп, альфа, бета және басқа да бөлшектер мен сәулелерді шығаруын айтады.

Радиоактивті ыдырау заңы былай жазылады:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \text{ немесе } N = N_0 e^{-\lambda t},$$

мұндағы N – уақыт мезетінде ыдырамаған ядролар саны;

N_0 - бастапқы уақыт мезетіндегі ядролар саны;

T - жартылай ыдырау периоды;

λ - радиоактивті ыдырау тұрақтысы ($\lambda = \ln 2 / T$);

e - натурал логарифм негізі ($e = 2,7183$).

Радиоактивті заттың негізгі сипаттамаларының бірі – радиоактивті ыдырау тұрақтысы λ . Бұл әрбір жеке атомдық ядроның ыдырау ықтималдығын анықтайтын шама.

Жартылай ыдырау периоды T деп осы уақыт ішінде бастапқы радиоактивті ядролардың жартысы ыдырайтын уақытты айтады. Осы анықтама бойынша

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \exp(-\lambda T_{1/2}).$$

Осы теңдіктен T анықталады:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Радиоактивті ядроның τ орташа өмір сүру уақыты. N_0 барлық ядролар ішінен $|dN| = \lambda N dt$ ядролар $(t, t + dt)$ уақыт аралығында ыдырайды. Демек, осы ядролардың әрқайсысының өмір сүру уақыты t -ға тең деп санауға болады. сонда, анықтама бойынша, ядроның орташа өмір сүру уақыты

$$\tau = \frac{\int_0^{\infty} t \lambda N dt}{N_0} = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$$

Сонымен, радиоактивті ядроның орташа өмір сүру уақыты $\tau = \frac{1}{\lambda}$. λ және τ мәндері сыртқы жағдайлардан тәуелсіз, тек атом ядросының қасиеттерімен анықталады.

Ыдырап кеткен ΔN ядролар санын былай табады:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}}),$$

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

! Радиоактивті ыдырау статистикалық (ықтималдық) үдеріс болып табылады.

! Радиоактивті ыдырау заңы анықталған уақыт аралығында ыдыраған атомдардың орташа санын анықтайды.

Радиоактивті заттың (препараттың) активтілігі – уақыт бірлігі ішінде ыдырайтын ядролар санымен анықталатын шама.

Егер Δt уақыт аралығында ΔN ядролар ыдыраған болса, онда активтілік мынаған тең:

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

Радиоактивті ыдырау заңынан мынаны аламыз:

$$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t},$$

мұндағы $A_0 = \lambda N_0$ – препараттың бастапқы активтілігі.

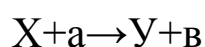
! Активтіліктің ХБЖ-дегі өлшем бірлігі $[A] = 1$ Бк (беккерель).

! Іс жүзінде қолданылатын активтіліктің өлшем бірлігі Ки (Кюри). $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

9.2.6. Ядролық реакциялар және элементар бөлшектер

Ядролық реакциялар - бұл атомдық ядроның элементар бөлшекпен немесе басқа ядромен күшті өзара әсерлесу процесі – ядролардың түрленуі қабаттаса өтетін процесс. Осы өзара әсерлесу бөлшектердің реттік шамасы 10^{-15} болатын қашықтыққа дейін жақындағандағы ядролық күштердің әрекеті арқасында пайда болады.

Ядролық реакцияның ең көп тараған түрі α бөлшек X ядромен әсерлеседі, осының нәтижесінде b бөлшек және Y ядро пайда болады. Ядролық реакцияны символдық түрде былайша жазады:



немесе қысқартылған түрде жазылады: $X(a, b)Y$,

мұндағы X – бастапқы немесе нысана ядро;

a – атқылаушы бөлшек;

Y – туынды ядро;

b – ядродан бөлінетін бөлшек.

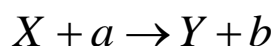
a және b бөлшектер рөлін көбінесе n нейтрон, p протон, d дейтрон, α – бөлшек және γ – квант атқарады.

Мысалы,



Реакцияны қысқартылған түрде жазғанда жақша ішіндегі бірінші орынға атқылаушы бөлшектің белгісі, екінші орынға – ұшып шығатын бөлшектің белгісі, ал жақша сыртына аяққы ядро белгісі жазылады.

1. Тікелей ядролық әсерлесулер, олар мына схема бойынша жүреді:



мұндағы X және Y – бастапқы және аяққы ядролар, a және b – атқылаушы және ядролық реакцияда шығарылатын бөлшектер;

2. Құрамды ядро түзілуімен екі кезеңнен өтетін реакциялар:



Бірінші кезең – бұл ядролық күштер әрекет ететін ($\sim 2 \cdot 10^{-15}$ м) қашықтыққа жақындаған a бөлшекті X ядроның қармап алуы, және C құрамды ядроның түзілуі. Бөлшек энергиясы қандай да бір нуклонға емес, құрамды ядроның нуклондарына үлестіріледі, ал ядро қозған күйде болып шығады. Құрамды ядроның өмір сүру уақыты $10^{-16} - 10^{-12}$ с, яғни $(10^6 - 10^{10})\tau$ болады, мұндағы τ -ядролық ерекше уақыт ($\sim 10^{-22}$ с). Бұл құрамды ядроның өмір сүру уақыты ішінде нуклондар көп қайтара өзара соқтығысады, нуклондар арасында энергия қайта үлестірілуі болады да нуклондардың біреуі (немесе бұлардың комбинациясы) ядродан ұшып шығуына жеткілікті энергия қабылдай алады. Осының нәтижесінде екінші кезең мүмкін болады – құрамды ядроның Y ядроға және b бөлшекке ыдырауы іске асады.

Ядролық реакцияларда энергияның, импульстің, импульс моментінің, электр зарядының және нуклондар санының сақталу заңдары орындалады.

Ядролық реакциялар үшін энергияның сақталу заңын жазайық:

$$E_{01} + E_{к1} = E_{02} + E_{к2},$$

мұндағы E_{01} мен E_{02} – реакцияға түскенге дейінгі және реакциядан кейінгі жүйелердің тыныштық энергиялары;

$E_{к1}$ және $E_{к2}$ – сәйкесінше олардың кинетикалық энергиялары.

Ядролық реакцияның ΔE **энергетикалық шығуы** дегеніміз бөлшектер мен ядролардың реакцияға түскенге дейінгі және реакциядан кейінгі тыныштық энергияларының айырымы.

$$\Delta E = E_{01} - E_{02} = E_{к2} - E_{к1}.$$

Егер $\Delta E > 0$ болса, онда реакцияда энергия бөлінеді. Мұндай реакция **экзотермалық** деп аталады.

Егер $\Delta E < 0$ болса, онда реакция кезінде энергия жұтылады. Осындай реакцияны **эндотермалық** деп атайды.

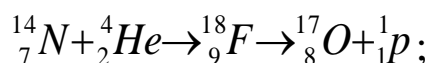
Ядролық реакциялар әр түрлі белгілер бойынша жіктеледі:

1. Реакцияларға қатысатын бөлшектердің түрі бойынша:

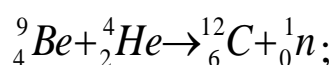
а) нейтрондардың әрекет етуімен өтетін реакциялар. Нейтрондар, электрлік бейтарап бөлшектер болғандықтан, кулондық тебіліске ұшырамайды, сондықтан да ядроға оңай еніп, ядролық түрлену туғызады;

б) зарядталған бөлшектердің әрекетінен болатын реакциялар (мысалы, протондар, α – бөлшектер). Мысалдар:

бірінші ядролық реакция (Э.Резерфорд, 1919):



алған нейтрондар алынған ядролық реакция:



в) γ -кванттар әрекетінен болатын реакциялар. γ -кванттардың энергиялары кіші болатын жағдайда бұлардың тек серпімді

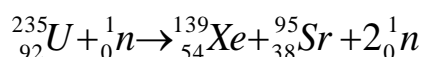
шашырауы байқалады; Ядродан нуклондардың бөлініп шығу энергиясынан үлкен энергиялар жағдайында фотоядролық реакциялар бақыланады - γ -кванттармен атомдық ядролардың жіктелуі байқалады.

Әдеттегі реакциялар: $(\gamma, n), (\gamma, p), (\gamma, 2n), (\gamma, np)$.

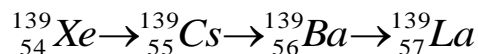
9.2.7. Ядроның бөліну реакция

Ядроның бөліну реакциясы – ауыр ядро нейтрондардың әрекетінен (және де басқа бөлшектердің әрекетінен) бірнеше (көбінесе екі) жеңіл ядроға (бөліну жарықшақтарына) бөлінеді. Бөліну жарықшақтары өзінің пайда болу мезетінде нейтрондары протондарынан артық болады. Сондықтан ауыр ядролардың бөліну реакциясы артық нейтрондардың – бөліну нейтрондарының шығарылуымен қабаттасады. Бірақ та осы процесс жарықшақ – ядролардың нейтрондармен асқын болуын толық жоймайды, сондықтан да жарықшақтар радиоактивті бола тұрып бірқатар β^- - ыдырау жасап алады, осының нәтижесінде жарықшақтағы нейтрондар мен протондардың қатынасы орнықты изотопқа сай шамаға жетеді.

Мысалы, ${}_{92}^{235}\text{U}$ уран ядросы бөлінген кезде



бөліну жарықшағы β^- - ыдыраудың үш актісі нәтижесінде ${}_{57}^{139}\text{La}$ орнықты изотопқа айналады:



Бұл реакция уранның бөлінуіне әкелетін бірден – бір реакция емес, өйткені жарықшақтар арқылы да болады.

Өртүрлі ядролық реакциялардың ішінде кейбір ауыр ядролардың бөліну реакциясының маңызы ерекше. Ауыр ядролар ондағы нейтронның ара салмағы үлкен болғандықтан орнықсыз болып келеді. Бұл ауыр ядролардың меншікті байланыс энергиясының орташа ядролармен салыстырғанда аз болатынан көрініп тұр. Сондықтан мұндай ядроларға тағы бір нейтрон келіп

қосылса ол бөлшектеніп кетеді. Осының бір мысалы, уран ядросының нейтрондармен атқылаған кезде бөліну реакциясы алғаш рет 1939 жылы ашылған болатын. Бастапқы ядрода нейтрондар артық болғандықтан реакция кезінде бөлшектенген ядролармен қатар бірнеше нейтрон да ұшып шығады. Мысалы уран бөлшектенген кезде бір бөлшектену актісінде 2-3 нейтрон бөлінеді. Егер дұрыс жағдай болса бұл нейтрондар уранның басқа ядроларына барып түсіп, оларды бөлшектейді. Сөйтіп бұл үрдіс тасқынды түрде күрт өседі. Бұлай жалғасқан реакцияны **тізбекті реакция** деп атайды.

Тізбекті реакцияны нақтылы жүзеге асыру оңай шаруа емес. Уранның бөлшектенуі кезінде бөлінетін нейтрондар тек уранның 235 изотопын ғана бөлшектей алады. Оның энергиясы 238 изотопты бөлшектеуге жеткіліксіз. Ал табиғи уранда 238 уранның үлесі 99,3% те 235 уранның үлесі бар болғаны 0,7%. Сондықтан біріншіден тізбекті реакцияны жүзеге асыру үшін 235 уранды таза түрде бөліп алу қажет. Екіншіден оның мөлшері жеткілікті болуы тиіс, себебі оның мөлшері аз болса реакция кезінде туындылайтын нейтрондар уран ядроларына жолықпай тысқары шығып кетеді. Тізбекті реакция басталатын ең аз массасын критикалық масса деп атайды. Мысалы 235 уран үшін оның мәні бірнеше ондаған килограмм. Тізбекті реакция кезінде орасан көп энергия бөлінеді. Уранның температурасы миллиондаған градусқа көтеріліп, пайда болған от шар маңындағының бәрін күйдіріп, қиратады.

ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

1. Бастапқыда радиоактивті ыдыраудың үлесі 150с ішінде ыдыраған. Элементтің жартылай ыдырау периодын анықта. Бұл есепті шешпес бұрын оның үлесі ыдыраса, ыдырамаған үлесі қалғанын біліп аламыз.

Шешуі: Радиоактивті ыдырау заңы мына формуламен анықталады. $N = N_0 t = 150$ с бөлшектің бірдей негіздерін қысқартамыз.

$$t/k T 2^{-3} = \text{бұдан, } 3 = , T = 50 \text{ с}$$

Жауабы: Жартылай ыдырау периоды 50 сек.

2. Атом ядросында $7p$ және $7n$ бар. Бұл қандай элемент?

Шешуі: 1. Берілгені: Шешуі:

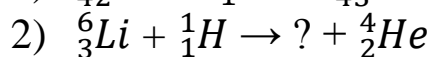
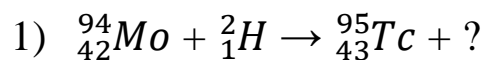
$$A = N - Z \quad N = 7 \quad A = 7 + 7 = 14 \quad {}^{14}_7N$$

Жауабы: ${}^{14}_7N$

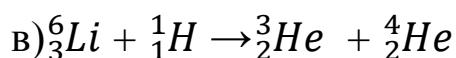
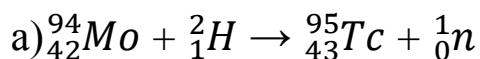
3. Бор ядросын ${}^{11}_5B$ протонмен атқылағанда берилий 8_4Be шығады. Осы реакция кезінде тағы да қандай ядро пайда болады?

$$\text{Шешуі: } {}^{11}_5B + {}^1_1p \rightarrow {}^8_4Be + {}^4_2He$$

4. Мына ядролық реакцияларды толық жазып, белгісіз бөлшектерді анықтандар?



Шешуі.



5. Радиоактивті элементтің активтілігі 3 тәулікте 8 есе кемиді. Жартылай ыдырау периоды неге тең?

$$1. : N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$2. \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}$$

3. Шешуі:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{8} = 2^{-3}$$

$$2^{-3} = 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$-3 = -\frac{t}{T}$$

$$T = \frac{t}{3}$$

$$T = \frac{3}{3} = 1 \text{ тәул}$$

6. Радиоактивті 4 г кобальттың 216 тәулікте қанша грамы ыдырайды? Кобальттың жартылай ыдырау периоды 72 тәулік.

Шешуі:

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{\Delta N}{N_0} \quad \Delta N = N_0 - N$$

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}} \quad N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\Delta N = N_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{N_0}{N_0}(1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = (1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\Delta m = m_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\Delta m = m_0(1 - 2^{-3}) = m_0\left(\frac{8-1}{8}\right) = \frac{7m_0}{8}$$

$$\Delta m = \frac{7 \cdot 4 \text{ г}}{8} = \frac{28}{8} \text{ г} = 3,5 \text{ г} \text{ Жауабы: } 3,5 \text{ г}$$

7. Егер полонийдің жартылай ыдырау периоды 150 тәулік болса, оның атомдарының 0,6-ы қанша уақыт ішінде ыдырайды?

Шешуі:

$$\Delta N = N_0 - N$$

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}} \quad N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \quad \Delta N = N_0 - N_0 2^{-\frac{t}{T}} = \Delta N = N_0 (1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\frac{\Delta N}{N_0} = \frac{(1 - 2^{-\frac{t}{T}}) \Delta N}{N_0} = (1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\frac{t}{T} \lg 2 = \lg 0,4 \quad t = - \frac{T \cdot \lg 0,4}{\lg 2}$$

$$0,6 = (1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$2^{-\frac{t}{T}} = 0,4$$

$$t = - \frac{150 \text{ тәул} \cdot 1,6021}{0,3010} = 198,28 \text{ тәул} = 198,3 \text{ тәул}$$

8. Гелий ${}^4_2\text{He}$ атомы ядросының байланыс энергиясын табыңдар.

Шешуі:

$$E_{\text{байл.}} = \Delta mc^2 \quad E_{\text{байл.}} = \Delta mc^2 = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\text{я}}) c^2 = (2 \cdot 1,0072765 + 2 \cdot 1,0086649 - 4,002603) \cdot 931 \text{ МэВ} = 27,2 \text{ МэВ}$$

Жауабы: 27,2 МэВ

1.Электрон мен нейтронның заряд таңбалары

- A) электрон — теріс, нейтрон — оң.
- B) электрон — оң, нейтрон — теріс.
- C) электрон және нейтрон — оң.
- D) электрон және нейтрон — теріс
- E) электрон — теріс, нейтрон бейтарап.

{Дұрыс жауап}= E

2.Атомдық ядросында 3 протон мен 4 нейтроны бар бейтарап атомның электрондық қабықшасындағы электрондар саны

- A) 1
- B) 3
- C) 4.
- D) 7
- E) 6.

{Дұрыс жауап}= B

3. Ядролық реакцияның энергетикалық шығуы дегеніміз

- A) ядроның байланыс энергиясы.
- B) ядролар мен бөлшектердің реакцияға дейінгі және реакциядан кейінгі тыныштық энергияның айырмашылығы.
- C) бір нуклонға келетін байланыс энергиясы.
- D) ядроның тыныштық энергиясы
- E) ядроның байланыс және тыныштық энергиялары.

{Дұрыс жауап}= B

4. Бір электронын жоғалтқан гелийдің бейтарап атомы

- A) оң ионға айналады.
- B) теріс ион айналады.
- C) молекула түзеді.
- D) атом ядросы деп аталады.
- E) дене деп аталады.

{Дұрыс жауап}= A

5. Протон – бұл

- A) $-1,6 \cdot 10^{19}$ Кл теріс зарядты, элементар бөлшек
- B) $+1,6 \cdot 10^{19}$ Кл оң зарядты, элементар бөлшек
- C) сутек ионы
- D) гелий ионы
- E) неон ионы

{Дұрыс жауап}= B

6.Ядроның байланыс энергиясы дегеніміз

- А) ядроны түгелімен жеке нуклондарға ыдырату үшін қажет энергия.
- В) ядродағы протондар мен нейтрондар санының қосындысы.
- С) ядроны түгелімен жеке протондарға ыдырату үшін қажет энергия.
- Д) ядроны түгелімен жеке нейтрондарға ыдырату үшін қажет энергия.
- Е) ядроның аз мөлшерін жеке нейтрондарға ыдырату үшін қажет энергия.

{Дұрыс жауап} = А

7. Ядролар мен бөлшектердің реакцияға түскенге дейінгі және реакциядан кейінгі тыныштық энергияларының айырымы

- А) ядролық реакция деп аталады.
- В) жарық энергиясы деп аталады.
- С) нейтрондағы ядролық реакциялар деп аталады.
- Д) ядролық реакцияның энергетикалық кіруі деп аталады.
- Е) ядролық реакцияның энергетикалық шығуы деп аталады.

{Дұрыс жауап} = Е

8. Егер уран ${}_{92}^{235}\text{U}$ ядросы бөлінгенде 200 МэВ энергия шығатын болса, 1 кг уранда бар ядролар толық ыдырағанда бөлінетін энергия ($M(\text{U}) = 235 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$; 1эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж)

- А) $\approx 8,3 \cdot 10^{11}$ Дж.
- В) $\approx 6,5 \cdot 10^{11}$ Дж.
- С) $\approx 8,3 \cdot 10^{13}$ Дж.
- Д) $\approx 6,5 \cdot 10^{13}$ Дж.
- Е) $\approx 8,3 \cdot 10^9$ Дж.

{Дұрыс жауап} = С

9. Тізбекті реакция бірқалыпты жүру үшін нейтрондардың көбею коэффициентінің шамасы

- А) $k = 1,04$.
- В) $k = 1,03$.
- С) $k = 1,02$.
- Д) $k = 1,01$.
- Е) $k = 1$.

{Дұрыс жауап} = Е

10. Элементар бөлшектер арасындағы реакциялар кезінде бөлшектердің жоғалып, түрленуінің аты

- А) антигелий.
- В) антинейтрон.

С) антипротон.

Д) антибөлшек.

Е) аннигиляция.

{Дұрыс жауап} = Е

11. Антипротонның заряды

А) оң.

В) теріс.

С) оң және теріс.

Д) анықталмаған.

Е) нөлге тең.

{Дұрыс жауап} = В

12. γ – квант қорғасын пластинкасынан өткен кезде пайда болатын кері процесті жұп-

А) электрон – нейтрон.

В) электрон – лептон.

С) электрон – протон.

Д) электрон – позитрон.

Е) электрон – электрон.

{Дұрыс жауап} = D

13. Антисат пен заттың аннигиляциясы кезінде заттың тыныштық энергиясы түзілетін γ – кванттардың

А) ішкі энергиясына түрленеді.

В) потенциалдық энергиясына түрленеді.

С) кинетикалық энергиясына түрленеді.

Д) жылулық энергиясына түрленеді.

Е) квазимеханикалық энергиясына түрленеді.

{Дұрыс жауап} = С

1. Бушок, Г.Ф., Венгер Е.Ф. Методика преподавания общей физики в высшей школе Киев «Освита Украины» 2009г.
2. Башарұлы Р., Токбергенов У., Казахбаева Д. Физика және астрономия. 7 - сынып. Алматы «Атамұра».
3. Дуйсембаев Б.М., Байжасарова Г.З. Медетбекова А.А.. Физика және астрономия. Мектеп. Алматы. 2008.
4. Байжасарова Г.З., Дуйсембаев Б.М., Медетбекова А.А. Физика және астрономия. Әдістемелік нұсқау. Мектеп. Алматы. 2008.
5. Башарұлы Р., Токбергенова У., Қазақбаева Д., Бексабар Н. Физика және астрономия. 9- сынып. Мектеп. 2009.
6. Кронгарт Б.А., Кем В.И. Физика. Әдістемелік нұсқау. Мектеп. Алматы. 2010.
7. Башарұлы Р., Токбергенова У., Қазақбаева Д. Физика және астрономия. 9 – сынып. Әдістемелік нұсқау. Мектеп. Алматы. 2005.
8. Туякбаев С., Нисохова Ш., Крончарт Б.А., Кем В.И., Загайнова В. Физика- 11. Алматы. Мектеп. 2007.
9. Туякбаев С., Нисохова Ш., Крончарт Б.А., Кем В.И., Загайнова В., Тазабекова Ж. Физика. Әдістемелік нұсқау. Алматы. Мектеп. 2011.
10. Малахова Г.И., Страут Е.К. Дидактический материал по астрономии. Изд. Просвещение. М. 1989.
11. Лаврентьев Г.В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов / Г.В. Лаврентьев, Н.Б. Лаврентьева, Н.А. Неудахина. Ч.2.– Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. – 232с.
12. Лаврентьева Н.Б. Педагогические основы разработки модульной технологии обучения. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1998. – 251с.
13. Закиров Н.А., Аширов Р.Р. 9-сыныбына арналған оқулық- Нұр-Сұлтан: «Арман-ПВ» баспасы, 2019. 336 б.
14. Физика. Справочник школьника и студента / Под ред. Проф. Р.Гебея; - М.: Дрофа, 2000.-368 с.
15. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Молекулярная физика. Термодинамика. – М.: Дрофа, 2010г.
16. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 класс. – М.: Илекса, 2005 г.
17. Касьянов В.А. Физика 10 класс. – М.: Дрофа, 2010.

18 Кабашев Р.А. ж. б. Жылу техникасы: Оқулық/ Р.А. Кабашев, А.К. Кадырбаев, А.М. Кекилбаев. -Алматы: «Бастау» баспаханасы, 2008. - 425 б.

19 Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность.Электроэнергетика.-М:Высшая школа, 1988г.

20 Мироваяэнергетика: прогнозразвитиядо 2020 г. / пер. сангл. – М.: Энергия, 1980. – 255 с.

21 М.О. Мусабеков, А.С. Шандаяков, М.А. Текебаев «Көлік технологиясының энергетикалық кондырғылары» ЖШС РПБК «Дәуір», 050009, Алматы қаласы, Гагарин д-лы, 93а, 9-25 беттер.

22 <https://baribar.kz/student/11034/dybystynh-taraluy/>

23 Большая энциклопедия школьника / Пер. с англ. У.В.Сапциной, А.И.Кима, Т.В.Сафроновой и др. – М.:ООО «Росмэн-Издат», 2000. – 664 с.

МАЗМҰНЫ

МЕХАНИКА	3
1.1. Кинематика негіздері	4
1.1.1. Материялық нүкте қозғалысын берудің тәсілдері.....	4
1.1.2. Жылдамдық.....	5
1.1.3. Үдеу.....	5
1.1.4. Қозғалыстың салыстырмалығы.....	6
1.1.5. Бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс.....	6
1.1.6. Бірқалыпты айнымалы қозғалыс.....	7
1.1.7. Дененің еркін түсу үдеуі.....	8
1.1.8. Горизонталь лақтырылған дененің қозғалысы.....	9
1.1.9. Горизонталь бұрыш жасай лақтырылған дененің қозғалысы.....	10
1.1.10. Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар.....	11
1.1.11. Шеңбер бойынша бірқалыпты қозғалыс.....	12
Есептер шығару үлгілері	14
Тест	21
2.1. Динамика	26
2.1.1. Ньютон заңдары.....	26
2.1.2. Серпімділік күші.....	27
2.1.3. Үйкеліс күші.....	29
2.1.4. Бүкіл әлемнің тартылыс күші.....	31
2.1.5. Жердің жасанды серігінің қозғалысы.....	33
2.1.6. Механиканың сақталу заңдары.....	35
2.1.7. Импульстің сақталу заңы.....	35
2.1.8. Жұмыс.....	35
2.1.9. Кинетикалық энергия.....	36
2.1.10. Потенциалдық энергия.....	36
2.1.11. Толық механикалық энергия.....	37
2.1.12. Толық механикалық энергияның сақталу заңы.....	37
2.1.13. Қуат.....	38
2.1.14. Пайдалы әсер коэффициенті.....	38
Есептер шығару үлгілері	40
Тест	47
СТАТИКА	52
3.1. Статика элементтері	52
3.1.1. Күш моменті.....	52

3.1.2. Ілгермелі қозғала алатын дене.....	53
3.1.3. Қозғалмайтын өске қатысты айналыстағы дененің тепе-теңдік шарты.....	53
3.1.4. Ілгермелі және айналмалы қозғалатын алатын дененің тепе-теңдік шарты.....	53
3.1.5. Ауырлық центрі.Массалар центрі.....	53
3.1.6. Қарапайым механизмдер.....	54
3.1.7. Рычаг.....	54
3.1.8. Көлбеу жазықтық.....	54
3.1.9. Блок.....	55
3.1.10. Механиканың алтын ережесі.....	56
3.1.11. Қысым.....	56
3.1.12.Гидростатикалық қысым.....	56
3.1.13. Паскаль заңы.....	57
3.1.14. Қатынас ыдыстар.....	57
3.1.15. Гидростатикалық процесс.....	58
3.1.16. Атмосфералық қысым.....	59
3.1.17. Архимед заңы.....	59
3.1.18. Дененің жүзу шарты.....	59
3.1.19. Гидродинамиканың элементтері.....	60
Тест.....	61

МОЛЕКУЛАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКА.....66

4.1. Молекулалық физика және термодинамика.....	66
4.1.1. Молекулалық –кинетикалық теорияның негіздері.....	66
4.1.2. Идеал газ.....	66
4.1.3. Менделеев –Клапейрон теңдеуі.....	67
4.1.4. Абсолюттік температура.....	67
4.1.5. Дальтон заңы.....	68
4.1.6. Изопроцестер.....	68
4.1.7. Термодинамика негіздері.....	70
4.1.8. Термодинамиканың бірінші заңы.....	70
4.1.9. Ішкі энергия.....	71
4.1.10. Газдың изобаралық процесі кезіндегі жұмыс істеуі.....	73
4.1.11. Термодинамиканың бірінші заңын изопроцестерге қолдану.....	73
4.1.12. Адиабаталық процесс.....	74
4.1.13. Фазалық алмасулар.....	74

4.1.14. Жылу қозғалтқыштары.....	75
4.1.15. Мұздатқыш қондырғы.....	76
4.1.16. Термодинамиканың екінші және үшінші бастамасы.....	76
4.1.17. Сұйықтар мен газдардың қасиеттері.....	77
4.1.18. Жылу байланысының теңдеуі.....	78
4.1.19. Ауа ылғалдылығы.....	78
4.1.20. Қатты денелердің қасиеттері.....	79
4.1.21. Кристалдар.....	80
4.1.22. Кеңістіктік тор.....	80
4.1.23. Балқу және кристалдану.....	82
Есептер шығару үлгілері.....	83
Тест.....	92

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА НЕГІЗДЕРІ.....	97
5.1.Электростатика.....	97
5.1.1. Электр зарядының қасиеті.....	97
5.1.2. Электр зарядының сақталу заңы.....	98
5.1.3. Кулон заңы.....	98
5.1.4. Электр өрісі.....	99
5.1.5. Электр өрісінің кернеулігі.....	99
5.1.6. Нүктелі зарядтың электр өрісінің кернеулігі.....	100
5.1.7. Суперпозиция принципі.....	100
5.1.8. Электр өрісінің кернеулік сызықтары.....	100
5.1.9. Электр өрісінің потенциалы.....	102
5.1.10. Нүктелік зарядтың электр өрісінің потенциалы.....	102
5.1.11. Екі нүктелік зарядтардың өзара әсерлесуінің потенциалдық энергиясы.....	103
5.1.12. Потенциалдар үшін суперпозиция принципі.....	103
5.1.13. Эквипотенциалдық беттер.....	103
5.1.14. Зарядты тасымалдау бойынша электростатика өрісінің жұмысы.....	104
5.1.15. Біртекті электростатикалық өріс үшін кернеу мен кернеуліктің арасындағы байланыс.....	105
5.1.16. Өткізгіштік зарядталған сферамен немесе шармен ток туғызатын электростатикалық өріс.....	105
5.1.17. Шексіз біртекті зарядталған жазықтықтың туғызатын электростатикалық өрісі.....	107
5.1.18. Оқшауланған өткізгіштің электрсійымдылығы.....	107
5.1.19. Конденсатордың электрсійық.....	108

5.1.20. Жазық конденсатор.....	109
5.1.21. Сфералық конденсатор.....	109
5.1.22. Жазық конденсатордың электр өрісінің кернеулігі.....	110
5.1.23. Конденсаторларды қосу.....	110
5.1.24. Зарядталған конденсатордың энергиясы.....	112
5.1.25. Зарядталған оқшауланған өткізгіштің энергиясы.....	112
5.1.26. Электр өрісінің энергиясы және энергиясының тығыздығы.....	113
5.2. Тұрақты электр тогы.....	113
5.2.1. Электр тогы.....	113
5.2.2. Электр тогының өмір сүру шарты.....	114
5.2.3. Ток күші.....	114
5.2.4. Ток тығыздығы.....	116
5.2.5. Тізбектің біртекті бөлігі үшін Ом заңы.....	116
5.2.6. Өткізгіштің кедергісі.....	117
5.2.7. Өткізгіштерді тізбектей және параллель қосу.....	119
5.2.8. Шунт.....	120
5.2.9. Қосымша кедергі.....	121
5.2.10. Токтың жұмысы және қуаты.....	121
5.2.11. Джоуль-Ленц заңы.....	122
5.2.12. Электр қозғаушы күш (ЭҚК).....	122
5.2.13. Тізбектің біртекті емес бөлігі үшін Ом заңы.....	123
5.2.14. Толық тізбек үшін Ом заңы.....	124
5.2.15. Ток көздерін тізбектей қосу.....	125
5.2.16. Ток көздерін параллель жалғау.....	126
5.2.17. Кирхгоф ережелері.....	126
5.2.18. Электролиттердегі электр тогы.....	127
5.3. Магнит өрісі.....	129
5.3.1. Магнит индукция векторы.....	129
5.3.2. Магнит индукциясының сызықтары.....	130
5.3.3. Тогы бар түзу өткізгіштегі магнит өрісі.....	131
5.3.4. Дөңгелек тоқтағы магнит өрісі.....	132
5.3.5. Соленоидтағы магнит өрісі.....	132
5.3.6. Тороидтағы магнит өрісі.....	133
5.3.7. Магнит өрісінің суперпозиция принципі.....	134
5.3.8. Ампер күші.....	134
5.3.9. Лоренц күші.....	135

5.3.10. Зарядталған бөлшектердің магнит өрісіндегі қозғалысы.....	136
5.4. Электромагниттік индукция.....	138
5.4.1. Магнит ағыны.....	138
5.4.2. Электромагниттік индукция.....	139
5.4.3. Фарадей-Ленц заңы.....	139
5.4.4. ЭҚК индукциясының пайда болу механизмдері.....	141
5.4.5. Қозғалмалы өткізгіште пайда болған ЭҚК индукциясы..	142
5.4.6. Магнит өрісінде орналастырылған дискі айналғандағы пайда болатын ЭҚК индукциясы.....	143
5.4.7. Айналмалы токқа қарапайым генератордың қозғалыс принципі.....	144
5.4.8. Өздік индукция. Индуктивтілік.....	144
5.4.9. Соленоидтың индуктивтілігі.....	146
5.4.10. Магнит өрісінің энергиясы.....	146
Есептер шығару үлгісі.....	147
Тест.....	154

МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР МЕН ТОЛҚЫНДАР.....

6.1. Механикалық тербелістер.....	161
6.1.1. Гармониялық тербелістердің сипаттамалары.....	161
6.1.2. Гармониялық тербелістің теңдеуі.....	161
6.1.3. Гармониялық тербелістің дифференциалдық теңдеуі.....	162
6.1.4. Серіппелі маятник.....	165
6.1.5. Математикалық маятник.....	164
6.1.6. Механикалық тербеліс кезіндегі энергияның түрленуі.....	166
6.1.7. Өшетін тербелістер.....	168
6.1.8. Мәжбүр тербелістер.....	169
6.2. Механикалық толқындар.....	170
6.2.1. Толқын теңдеуі.....	171
6.2.2. Толқын ұзындығы.....	171
6.2.3. Дыбыс толқындары.....	172
6.2.4. Допплер эффектісі.....	173
Тест.....	175

ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР МЕН

ТОЛҚЫНДАР.....	180
7.1. Электромагниттік тербелістер.....	180
7.1.1. Тербелмелі контур.....	180

7.1.2. Идеал тербелмелі контур.....	180
7.1.3. Нақты тербелмелі контур.....	181
7.1.4. Мәжбүр электромагниттік тербелістер.....	182
7.1.5. Айнымалы электр тогы.....	183
7.1.6. Айнымалы токтың толық тізбегі үшін Ом заңы.....	184
7.1.7. Айнымалы ток тізбегіндегі активті кедергі.....	185
7.1.8. Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивті кедергі.....	186
7.1.9. Айнымалы ток тізбегіндегі сыйымдылық кедергі.....	187
7.1.10. Векторлық диаграммалар тәсілі.....	188
7.1.11. Айнымалы токтың электр тізбегіндегі резонанс.....	189
7.1.12. Трансформатор.....	191
7.1.13. Жүктемесіз трансформатор.....	192
7.1.14. Жүктемелі трансформатор.....	192
7.2. Электромагниттік толқындар.....	193
7.2.1. Электромагниттік толқындардың шкаласы.....	194
7.2.2. Радиотолқындардың классификациясы.....	195
Есептер шығару үлгілері.....	195
Тест.....	196

ОПТИКА.....	201
8.1. Геометриялық оптика.....	201
8.1.1. Ферма принципі.....	202
8.1.2. Жарықтың шағылу заңдары.....	203
8.1.3. Жарықтың сыну заңдары.....	203
8.1.4. Жарықталыну.....	203
8.1.5. Жарық бірліктері.....	205
8.1.6. Жарық шамаларын өлшеу.....	206
8.1.7. Жарық толқындарының интерференциясы.....	207
8.1.8. Интерференциялық максимум және минимум шарттары.....	208
8.1.9. Ньютон сақиналары.....	209
8.1.10. Гюйгенс-Френель принципі.....	211
8.1.11. Френель зоналары.....	211
8.1.12. Дискідегі дифракция.....	212
8.1.13. Фраунгофер дифракциясы.....	213
8.1.14. Кеңістіктік тор. Рентген сәулелерінің дифракциясы.....	216
8.1.15. Жарықтың толық ішкі шағылуы.....	219
8.1.16. Жазық параллель пластинка.....	220
8.1.17. Линзалар.....	221
8.1.18. Линзаларда кескін салу.....	223

8.2. Толқындық оптика.....	227
8.2.1. Жарық интерференциясы.....	227
8.2.2. Жұқа қабыршықтағы жарық интерференциясы.....	228
8.2.3. Жарықтың шашырауы.....	230
8.2.4. Дисперсия.....	231
Есептер шығару үлгілері.....	232
Тест.....	234

АТОМ ЖӘНЕ АТОМ ЯДРОСЫНЫҢ ФИЗИКАСЫ.....239

9.1.Атомдық физиканың элементтері.....	239
9.1.1. Атомның ядролық моделі.....	239
9.1.2. Сутегі атомның спектрі.....	240
9.1.3. Бор постулаттары.....	243
9.1.4. Сутегі тектес атом үшін Бор теориясы.....	244
9.2. Атом ядросының физикасы.....	246
9.2.1. Атом ядросының құрамы.....	246
9.2.2. Ядродағы нуклондардың байланыс энергиясы.....	248
9.2.3.Радиоактивтілік құбылысы.....	250
9.2.4.Радиоактивті сәулелену.....	251
9.2.5.Радиоактивті ыдырау заңы.....	254
9.2.6.Ядролық реакциялар және элементар бөлшектер.....	256
9.2.7. Ядроның бөліну реакция.....	259
Есептер шығару үлгілері.....	261
Тест.....	264
Пайдаланылған әдебиеттер.....	267

Көлемі 17,5 б.т. Таралымы 100 дана. Офсет қағазы. Тапсырыс № 40

*М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университетінің
редакциялық баспа орталығы.*

Орал қаласы, Н.Назарбаев даңғылы, 162