

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі ұсынған

Н.А. Закирова
Р.Р. Аширов

ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептердің
қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы
11-сыныбына арналған оқулық

11



ӘОЖ 373.167.1
КБЖ 22.3я72
3-16

Закирова Н.А., Аширов Р.Р.
3-16 **Физика:** Жалпы білім беретін мектептердің қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы 11-сыныбына арналған оқулық /Н.А. Закирова, Р.Р. Аширов. Нұр-Сұлтан: «Арман-ПВ» баспасы, 2020 – 240 б.

ISBN 978–601–318–293–3

«Физика» оқулығы жалпы білім беретін мектептің қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы 11-сыныбына арналған жаңартылған мазмұндағы үлгілік оқу бағдарламасына сәйкес жазылды. Материалдарды мазмұндауда оқытудың ғылыми ұстанымдары мен оқушылардың жас ерекшеліктері ескерілген.

ӘОЖ 373.167.1
КБЖ 22.3я72

ISBN 978–601–318–293–3

© Закирова Н.А.,
Аширов Р.Р., 2020
© «Арман-ПВ» баспасы, 2020

Барлық құқығы қорғалған. Баспаның рұқсатынсыз көшіріп басуға болмайды.

Шартты белгілер

Анықтамалар

Бақылау сұрақтары

Теориялық материал бойынша өзін тексеруге арналған сұрақтар

★ Жаттығу

Сыныпта орындалатын жаттығулар

Эксперименттік тапсырмалар

Зерттеу жұмыстарына арналған тапсырмалар

Шығармашылық тапсырма

Шығармашылық деңгейдегі тапсырмалар

Физика біздің өмірімізде

Халықаралық зерттеулер (TIMSS, PISA) форматындағы тапсырмалар

? Жауабы қандай?

Физикалық құбылыстардың мәнін түсіндіруді талап ететін сұрақтар

↻ Тапсырма

Сыныпта орындалатын тапсырмалар

⌚ Өз тәжірибең

Сыныпта орындалатын эксперименттік тапсырмалар

✓ Есте сақтаңдар!

Жадынама

👁 Бұл қызық!

Тақырыпқа қатысты қосымша ақпараттар

🔗 Маңызды ақпарат

Жаратылыстану ғылымдарынан ақпарат

🔗 Естеріңе түсіріңдер!

Меңгерілген материалды қайталауға арналған тапсырмалар

⚠ Назар аударыңдар!

Жаттығуды орындау кезінде қиындықтар туындайтын оқу материалы



Назар аудар

Электронды қосымша жүктелген CD қолжетімсіз болған жағдайда, қосымшаны *arman-pv.kz* сайтынан тауып, өз компьютеріңе жүктеп алуыңа болады

Алғы сөз

Физиканың негізгі философиялық құндылығы – миға сенім артуға болатын шынайылықты беретіні. Егер сендер дұрыс емес пікірде болсаңдар, табиғаттың өзі бұл туралы бірден хабар береді.

Дж. Максвелл

Құрметті оқушылар!

Сендер биыл орта мектепке арналған физика курсын аяқтайсыңдар. Физика – табиғат туралы ең қызықты ғылымдардың бірі. Оның заңдарын тек мамандар ғана емес, күнделікті өмірде әрбір адам білуі қажет. Физика – ең күрделі ғылымның бірі, ол ойлауға үйретеді, логиканы дамытады. Оның негізін терең зерттей отырып, көптеген мәселелердің шешімін табасыңдар, табиғат жұмбақтарына жауап іздейсіңдер.

10-сыныптың физика курсында сендер классикалық механика мен электрдинамиканы оқуды жалғастырдыңдар. 11-сынып курсының басым бөлігі – ХХІ ғасырдың физикасына арналады. Оқулықта салыстырмалылық теориясы, кванттық теория, атом ядросының физикасы және элементар бөлшектер туралы ұғымдар беріледі. Қазіргі физиканың классикалық физикадан айырмашылығы – уақыт өте келе өзгеруі мүмкін гипотезалар, постулаттар көп. Сендер әлі жауабы табылмаған көптеген сұрақтармен таныс боласыңдар. Жаңа сандық технологиялар радиотехникалық және оптикалық құралдарды түбегейлі өзгертті. Мол ақпарат ағынын алуға және алмасуға мүмкіндік беретін техникалық құралдар жоғары және өте жоғары жиіліктер диапазонында жұмыс істейді, бұл да аспаптар мен құрылғылар құрылымының өзгеруіне әсер етті. Физика табиғат туралы ғылым ретінде дами береді, оның мақсаты – табиғатта болып жатқан құбылыстарды түсіндіру және олардың заңдылықтарын анықтау. Бізді қоршаған орта үнемі даму барысында үздіксіз өзгеріп отырады соған байланысты алдымызда жаңа міндеттер мен мәселелер туындайды.

Оқулықтың құрылымы мынадай: әр параграфтан кейін бақылау сұрақтары, жаттығулар, эксперименттік және шығармашылық тапсырмалар берілген. Қазіргі заманғы физиканы бір оқулық аясында ашу мүмкін емес, ол қосымша материалды игеруді қажет етеді. Осы мақсатта шығармашылық тапсырмалар, берілген тақырыптар бойынша мультимедиялық және қарапайым презентация түрінде хабарламалар дайындау ұсынылған. Параграфтың мәтініне «Жауабы қандай?», «Бұл қызық!», «Өз тәжірибең», «Назар аударыңдар!», «Есте сақтаңдар!» деген айдарлар енгізілген, олар мәтіндік материалды түсінуге мүмкіндік береді.

Оқулықтағы зертханалық жұмыстарды орындау алған білімдеріңді бекітуге көмектеседі. Жаттығулардың жауаптары оқулықтың соңында берілген.

Физиканы оқуда сәттілік тілейміз.

Авторлар



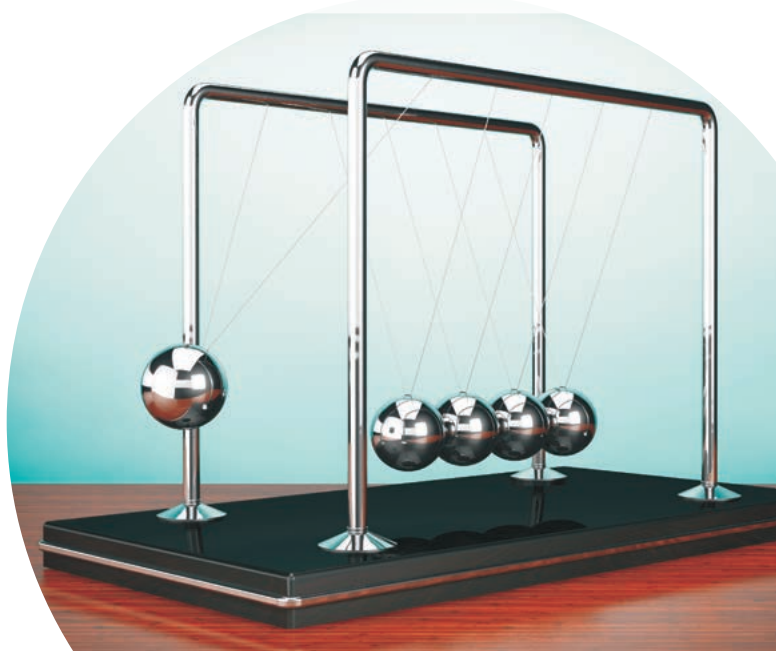
1-ТАРАУ

МЕХАНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР

Тербелмелі қозғалыс – табиғатта ең көп таралған қозғалыс түрлерінің бірі. Тербелістерді зерттеу – микроәлем мен ғарыштық процестерді танып-білу құралы. Табиғатта ең көп таралған механикалық процестерге Жердің өз өсінен айналуы және Күнді айнала қозғалуы, сағат тілінің айналуы, тірі ағзалардың функционалдық белсенділігі сияқты қайталанатын қозғалыстар жатады.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- эксперименттік, аналитикалық және графиктік тәсілдермен гармоникалық тербелісті ($x(t)$, $v(t)$, $a(t)$) зерттеуді үйренесіңдер.



§ 1. Гармоникалық тербелістердің теңдеулері мен графиктері

Күтілетін нәтиже:

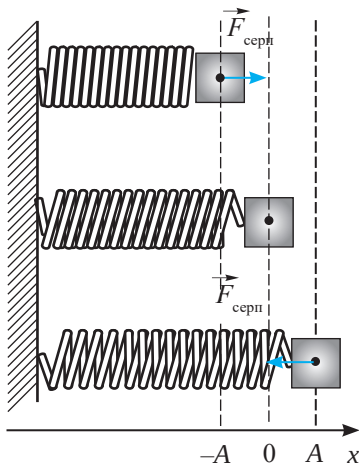
Осы параграфты игергенде:

- $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ гармоникалық тербелістерін эксперименттік, аналитикалық және графиктік түрде зерттей аласыңдар.



1-тапсырма

1. Тербелмелі қозғалыс жасайтын денелерге мысал келтіріңдер.
2. Көрсетілген денелер ішінен еркін тербеліс жасайтын денелерді таңдаңдар: іштен жану қозғалтқышы (ІЖҚ) цилиндрінің поршені, механикалық сағат маятникі, желдің әсерінен қозғалатын тал бұтақтары, балалар өткеншегі, жүріп келе жатқан адамның қолы.



1-сурет. Серіппелі маятникте тербеліс тудыратын күш

I Еркін гармоникалық тербелістердің пайда болу шарттары

Тепе-теңдік күйден ауытқыған денеге ығысуға пропорционал және тепе-теңдік күйіне бағытталған күш әсер еткен жағдайда, ол еркін гармоникалық тербеліс жасайды.

Тепе-теңдік күйі деп денеге әсер ететін барлық күштердің векторлық қосындысын құрайтын теңәсерлі күші нөлге тең болатын дененің күйін айтады.

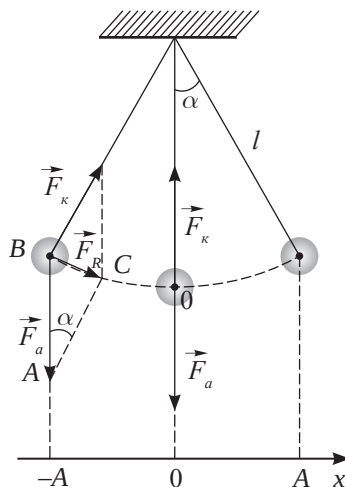
Тепе-теңдік күйден ауытқыған серіппелі маятниктегі денеге гармоникалық тербелістердің пайда болу шарттарын қанағаттандыратын серпімділік күші әсер етеді: (1-сурет):

$$F_x = -kx. \quad (1)$$



2-тапсырма

Математикалық маятниктің тербелісі ығысуға пропорционал және тепе-теңдік күйіне бағытталған теңәсерлі күштің әсерінен болады (2-сурет): $F_R = -kx$. 2-суретті қолданып, математикалық маятникке әсер ететін теңәсерлі күш пен ығысу арасындағы пропорционалдық коэффициенті $k = \frac{mg}{l}$ (2) екенін дәлелдендер.



2-сурет. Математикалық маятникте тербеліс тудыратын күштер

II Гармоникалық тербеліс заңдары

Математикалық және серіппелі маятниктерде синус немесе косинус заңдарына бағынатын еркін гармоникалық тербелістер орындалады.

Үйкеліс және кедергі күштерін ескермесек, гармоникалық тербеліс заңдары мына түрге келеді:

$$x = A \cos \omega_0 t, \quad (3)$$

$$x = A \sin \omega_0 t, \quad (4)$$

мұндағы A – ығысудың амплитудалық мәні, ω_0 – меншікті циклдік жиілік.

Дене өз қозғалысын $x = A$ максимал ауытқу күйінен бастаған кезде (3) қозғалыс заңы қолданылады. Егер дене қозғалысы $x = 0$ тепе-теңдік күйден басталса, онда (4) қозғалыс заңы қолданылады.



Есте сақтаңдар!

Жүйенің меншікті жиілігі, циклдік жиілігі, периоды оны сипаттайтын шамаларға: жүктің m массасына және серіппелі маятник үшін серіппенің k қатандығына, математикалық маятник үшін оның жібінің l ұзындығына, еркін түсу үдеуіне тәуелді. Тербелістің меншікті жиілігі *тербеліс амплитудасына тәуелді емес*.



Есте сақтаңдар!

Жалпы жағдайда гармоникалық тербеліс заңдары мына түрге ие:

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0),$$

мұндағы φ_0 – бастапқы фаза, ω_0 – меншікті циклдік жиілік.



3-тапсырма

Ағаш текшені тербелмелі қозғалысқа келтіретін күштің пропорционалдық коэффициентінің ығысуға тәуелділігін анықтаңдар.

III Тербеліс фазасы. Гармоникалық тербеліс фазасының периодпен байланысы

(3) және (4) қозғалыс заңдарындағы косинус немесе синус функциясының φ аргументін *тербеліс фазасы* деп атайды:

$$\varphi = \omega_0 t. \quad (5)$$

Фазаның өлшем бірлігі – радиан, $[\varphi] = 1 \text{ рад}$.

Егер жүйенің тербелісін кез келген уақыт мезетінен бастап бақыласа, онда бастапқы тербеліс фазасы нөлге тең болмайды. Бұл жағдайда тербеліс фазасы мына формуламен анықталады:

$$\varphi = \omega_0 t + \varphi_0, \quad (6)$$

мұндағы φ_0 – бастапқы тербеліс фазасы. $t = 0$ болғанда, тербеліс фазасы бастапқы тербеліс фазасына тең: $\varphi = \varphi_0$.

Циклдік жиіліктің тербеліс периодымен байланысы $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ екенін ескерсек, онда (5) формуладан шығатыны:

$$\varphi = 2\pi \frac{t}{T}. \quad (7)$$



Естеріңе түсіріңдер!

$$T = \frac{1}{\nu}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}};$$

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

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad \nu_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}};$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}; \quad \omega_0 = 2\pi\nu;$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$



4-тапсырма

(7) формуланы қолданып, мына уақыт аралықтарына сәйкес тербеліс фазасын анықтаңдар: $t = \frac{T}{4}$; $t = \frac{T}{2}$; $t = \frac{3T}{4}$; $t = T$.

Тербеліс фазасы – уақыт мезетіндегі тербелісті сипаттайтын және периодтың үлесімен өрнектелген уақыттың бұрыштық өлшемі.

IV Гармоникалық тербеліс теңдеуі

Дененің үдемелі қозғалысы үшін Ньютонның екінші заңы орынды: $ma = F$. (8)

Маятникті қозғалтатын күштерді есептейтін (1) және (2) өрнектерді ескерсек, серіппелі маятник үшін Ньютонның екінші заңы мына түрге келеді: $ma = -kx$, (9) математикалық маятник үшін:

$$ma = -\frac{mg}{l}x. \quad (10)$$

Түзу бойымен қозғалатын дененің жылдамдығы – дене координатасының өзгеру шапшаңдығы: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, ал үдеу – дене жылдамдығының өзгеру шапшаңдығы: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ екені белгілі, Δt -ның аз мәнінде жылдамдық дене координатасының бірінші ретті туындысы болады: $v = x'$, ал үдеу оның жылдамдығының бірінші ретті туындысы ретінде $a = v'$ қарастырылады. Демек, үдеу дене координатасының екінші ретті туындысы болады:

$$a = x''. \quad (11)$$

(11) теңдеуді ескерсек, (9) бен (10) өрнектер мынадай түрге келеді:

$$x'' = -\frac{k}{m}x, \quad (12)$$

$$x'' = -\frac{g}{l}x. \quad (13)$$

(12) және (13) өрнектерін мына түрде жазайық:

$$x'' = -\omega_0^2 x. \quad (14)$$

Осы (12), (13) және (14) өрнектерді *серпінділік және ауырлық күштерінің әсерінен тербелетін дененің теңдеулері* деп атайды.



Есте сақтаңдар!

Фазалар айырымын анықтау үшін келтіру формулаларын қолданып, шамалардың уақытқа тәуелділігін бірдей тригонометриялық функция арқылы өрнектеу керек.

V Тербелмелі қозғалыстағы дененің жылдамдығы мен үдеуі

Қозғалыс заңдарынан жылдамдық пен үдеуді есептеу формуласын оңай алуға болады:

$$v = x' = (A \cos \omega_0 t)' = -A\omega_0 \sin \omega_0 t, \quad (15)$$

$$v = x' = (A \sin \omega_0 t)' = A\omega_0 \cos \omega_0 t, \quad (16)$$

$$v_{\max} = A\omega_0, \quad (17)$$

мұндағы $v_{\max}$ – жылдамдықтың амплитудалық мәні.

$$a = x'' = -A\omega_0^2 \cos \omega_0 t, \quad (18)$$

$$a = x'' = -A\omega_0^2 \sin \omega_0 t, \quad (19)$$

$$a_{\max} = A\omega_0^2, \quad (20)$$

мұндағы $a_{\max}$ – үдеудің амплитудалық мәні.



5-тапсырма

(17) және (20) формулаларды қолданып, жылдамдық пен үдеудің максимал мәндерінің тербеліс периоды мен жиілігіне тәуелділік формулаларын жазыңдар.



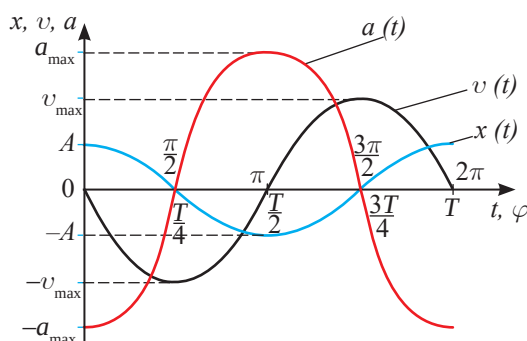
Жауабы қандай?

1. Неге тепе-теңдік күйінен максимал мәнге ауытқу сәтінде тербелістеги дененің жылдамдығы нөлге тең?
2. Неге ығысудың оң мәндерінде үдеу теріс мәнге ие?
3. Не себепті ығысу нөлге тең болса, үдеудің мәні де нөлге тең?

VI Гармоникалық тербеліс графиктері. Фазалар ығысуы

Бастапқы фазаның мәнін нөлге тең $\varphi_0 = 0$ деп алып, (3, 15, 18) теңдіктерді қолданып, бір период ішіндегі $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ тербеліс графиктерін тұрғызайық.

3-суреттен шамалардың тербелісі фазалар ығысуымен орындалатынын көреміз.



3-сурет. Координаты, скорости, ускорения в зависимости от времени и фазы колебания



Өз тәжірибең

Серіппелі маятниктің амплитудасы мен периодын, жылдамдық пен үдеудің, денеге әсер ететін күштің максимал мәнін анықтаңдар. Алынған мәліметтер бойынша маятник үшін координаты, жылдамдықтың және үдеудің уақытқа тәуелділік графиктерін тұрғызыңдар.

Жылдамдықтың тербелісі координата тербелісінен $\varphi = \frac{\pi}{2}$ -ге озады. Үдеу тербелісі координата тербелісіне қарсы фазада жүреді.

Үдеу үшін $\varphi_0 = 0$ болса, (20) формуланы ескеріп, (18) формуладан табатынымыз:

$$a = -a_{\max} \cos \omega_0 t = a_{\max} \cos(\omega_0 t + \pi).$$

Үдеудің тербелісі фаза бойынша координата тербелісін $\varphi = \pi$ -ға басып озады:

$$\Delta\varphi = (\omega_0 t + \pi) - \omega_0 t = \pi.$$

Алгебралық және графиктік жолмен табылған нәтижелер өзара сәйкес келеді.

Бірдей тригонометриялық функциямен өрнектелген, бірдей жиіліктегі гармоникалық тербелістердің фазаларының айырымы фазалар ығысуы деп аталады.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Математикалық маятник $x = 0,02 \sin\left(3\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ теңдеуі бойынша тербеліс жасайды. Тепе-теңдік жағдайынан $t = \frac{3T}{4}$ уақыт өткендегі жүктің ығысу амплитудасын және жылдамдықтың максимал мәнін анықтаңдар.

Берілгені:

$$x = 0,02 \sin\left(3\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$t = \frac{3T}{4}$$

$x = ?$ $v_{\max} = ?$

Шешуі:

Берілген циклдік жиілікті $\omega_0 = 3\pi$ бұрыштық жиілік $\omega = \frac{2\pi}{T}$ деп тербеліс периоды арқылы өрнектеп, уақыт мәнімен бірге берілген теңдеуге қойып, жүктің ығысуының мәнін табамыз:

$$x = 0,02 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{3T}{4} + \frac{\pi}{2}\right) = 0,02 \sin\left(\frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{2}\right) = 0.$$

Тербеліс жылдамдығының максимал мәнін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$v_{\max} = A \cdot \omega_0 = 0,02 \cdot 3\pi = 0,06\pi \approx 0,18 \text{ м/с}.$$

Жауабы: $x = 0$; $v_{\max} \approx 0,18 \text{ м/с}.$

Бақылау сұрақтары

1. Қандай тербелістерді гармоникалық тербелістер деп атайды?
2. Тербелістің косинус немесе синус заңдарымен орындалу шарттарын атаңдар.
3. Тербеліс фазасы деп нені атайды? Фазалар ығысуы дегеніміз не?
4. Шамалардың тербеліс фазаларының ығысуы қандай шарттарда орындалады?

★ Жаттығу

1

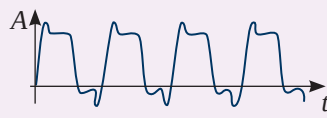
1. Тербелістің бастапқы фазасы 180° . $t = \frac{T}{2}$ болатын уақыт мезетінде гармоникалық тербелістердің фазасы неге тең? Жауапты радианмен көрсетіндер.
2. Ұзындығы 0,1 м математикалық маятниктің тербеліс амплитудасы 0,5 см-ді құрайды. Гармоникалық тербеліс кезіндегі математикалық маятник жылдамдығының максимал мәні қандай болады?
3. Серіппелі маятниктің тербелісі $0,05 \sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ теңдеуімен анықталады. $t = \frac{T}{4}$ болатын уақыт мезетінде жүктің тепе-теңдік жағдайынан ығысуы мен жылдамдық амплитудасын табыңдар.
4. Математикалық маятник $x = 0,02 \sin \frac{\pi}{2} t$ теңдеуі бойынша гармоникалық тербеліс жасайды. $t = \frac{T}{4}$ болатын уақыт мезетінде нүктенің тепе-теңдік қалпынан ығысуы мен үдеу амплитудасын анықтаңдар.
5. Серіппеге ілінген массасы 200 г жүк ұзындығы 0,2 м математикалық маятниктің жиілігімен тербеледі. Серіппенің қатаңдық коэффициентін табыңдар.

Эксперименттік тапсырма

Сағат маятнигінің тербеліс амплитудасы мен периодын анықтаңдар. Алынған нәтижелер бойынша маятник үшін координатаның, жылдамдықтың және үдеудің уақытқа тәуелділік графиктерін тұрғызыңдар.

Шығармашылық тапсырма

«Гармоникалық тербеліс және музыка» тақырыбында хабарлама дайындаңдар.



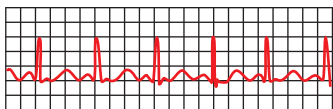
Музыкалық аспаптар және олардың дыбыс тербелістері

Энциклопедиялық сөздікте жүректің соғуына мынадай анықтама берілген:

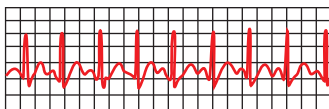
Жүректің соғуы – артерия қабырғаларының жүректің жиырылуымен бірге периодты түрде соққы тәріздес ұлғаюы. Тыныштық күйінде ересек адамның жүрегі 1 минут ішінде 60–80 рет соғады.

5–7-суреттерде жүректің қалыпты соғуының, жүректің үдемелі және баяу соғуының кардиограммалары берілген. Қалыпты жағдайда жүрек минутына 60 рет соғады деп санап, тахикардия мен брадикардия кезіндегі жүрек соғысының периоды мен жиілігін анықтаңдар.

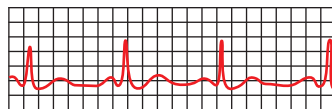
Жүректің жиырылуы гармоникалық тербеліске жата ма?



4-сурет. Жүректің қалыпты соғуы



5-сурет. Тахикардия – жүректің үдемелі соғуы



6-сурет. Брадикардия – жүректің баяу соғуы



Бұл қызық!

Жер қыртысының тербелісі

1. 1887 жылы 7,3 магнитудалы жер сілкінісі салдарынан шамамен 2000 км² ауданды алып жатқан құрылыс ғимараттары бұзылды. Тербеліс центрі Верный қаласынан (қазіргі Алматы) оңтүстікке қарай 10–12 км қашықтықта орналасты (7-сурет).
2. Верный қаласының құрылысы үшін жаңа орын таңдау Петербург тау-кен институтының профессоры И.В.Мушкетовқа тапсырылды.
3. Алматы және оның айналасындағы аймақ сейсмобелсенді аймаққа жатады.
4. Жер сілкінісін зерттеу және болжаумен Алматы қаласындағы ҚР БҒМ сейсмология институты айналысады.
5. ҚР БҒМ сейсмология институты статистикасына сәйкес 2015 жылы 11,5 мың жер сілкінісі тіркелген, 2016 жылы бұл көрсеткіш мыңға төмендеген.



7-сурет. Верный қаласының жер сілкінісінен кейінгі көрінісі, 1887 ж.

1-тараудың қорытындысы

Механикалық тербелістер	
Қозғалыс теңдеуі	$x'' = -\omega_0^2 x$, $x'' = -\frac{k}{m} x$; $x'' = -\frac{g}{l} x$
Қозғалыс заңы	$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$, $x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$
Тербелмелі қозғалыс жылдамдығы. Максимал жылдамдық	$v = x' = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$, $v = x' = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ $v_m = A\omega_0$
Тербелмелі қозғалыс үдеуі. Максимал үдеу	$a = x'' = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$, $a = x'' = -A\omega_0^2 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ $a_{\max} = A\omega_0^2$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
a	үдеу	m/c^2	v	жылдамдық	m/c
$a_{\max}$	үдеудің максимал мәні	m/c^2	$v_{\max}$	жылдамдықтың максимал мәні	m/c
x	ығысу	m	A	амплитуда	m
k	қатандық коэффициенті	H/m	φ_0	бастапқы фаза	rad
m	жүктің массасы	kg	$\varphi = \omega_0 t + \varphi_0$	фаза	rad
l	жіптің ұзындығы	m	ω_0	меншікті циклдік жиілік	rad/c
T	период	s	ν	жиілік	$Гц$

Глоссарий

Тепе-теңдік күйі – денеге әсер ететін барлық күштердің векторлық қосындысын құрайтын теңәсерлі күші нөлге тең болатын дененің күйі.

Фазалар ығысуы – бірдей тригонометриялық функциямен өрнектелген, бірдей жиіліктегі гармоникалық тербелістердің фазаларының айырымы.

Тербеліс фазасы – уақыт мезетіндегі тербелісті сипаттайтын және периодтың үлесімен өрнектелген уақыттың бұрыштық өлшемі.

ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР

Электрмагниттік тербелістердің механикалық тербелістермен ұқсастықтары өте көп: олар бірдей сандық заңдарға бағынады. Электрмагниттік тербелістер – зарядтың, ток күші мен кернеудің периодты түрде өзгеруі.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- еркін және еріксіз тербелістердің пайда болу шарттарын сипаттауды;
- механикалық тербелістер мен электрмагниттік тербелістерді сәйкестендіруді үйренесіңдер.



§ 2. Еркін және еріксіз электрмагниттік тербелістер. Механикалық және электрмагниттік тербелістердің ұқсастықтары

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- еркін және еріксіз тербелістердің пайда болу шарттарын сипаттай аласыңдар.
- механикалық тербелістер мен электрмагниттік тербелістерді сәйкестендіруді үйренесіңдер.



Естеріңе түсіріңдер!

1. Өзара тұйықталған тізбекке жалғанған конденсатор мен индуктивтілік шарғысы электрмагниттік тербелістер орындалатын *тербелмелі контур* болып табылады.
2. Ток күші – уақыт бірлігі ішінде өткізгіштің көлденең қимасы арқылы өтетін заряд мөлшері: $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$.
 Δt уақыттың аз мәндерінде ток күші зарядтың бірінші ретті туындысы болады: $i = q'$.

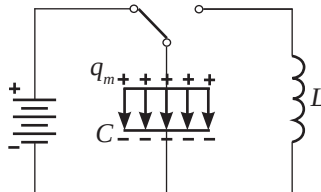


1-тапсырма

1. 1-параграфтағы механикалық тербелістерді сипаттайтын (14) теңдеуді электрмагниттік тербелістерді сипаттайтын (6) теңдеумен салыстырыңдар.
2. Шамалардың ұқсастықтары негізінде конденсатор астарындағы зарядтардың өзгеру заңдарын жазыңдар.

I Еркін электрмагниттік тербелістер. Еркін тербелістер теңдеуі

Контурда тербелмелі процесс тудыру үшін екі тәсілді қолдануға болады: конденсаторды зарядтау (8-сурет) немесе сыртқы айнымалы магнит өрісімен шарғыда индукция ЭҚК-сын тудыру.



8-сурет. Тербелмелі контур конденсаторының зарядталуы

Еркін электрмагниттік тербелістер – шарғыдағы ток күшінің және конденсатор астарлары арасындағы кернеудің сырттан энергия алмай периодты түрде қайталанатын өзгерісі.

Тербелмелі контур үшін Ом заңын жазамыз:

$$u + iR_L = e_{is}, \quad (1)$$

мұндағы u – конденсатор астарындағы айнымалы кернеу, e_{is} – шарғының өздік индукциясының ЭҚК-сы, i – тұйықталған контурдағы ток күші, R_L – шарғының активті кедергісі.

Тербелмелі контурды идеал контур деп есептесек, яғни $R_L \rightarrow 0$, кернеуді конденсаторға берілген заряд арқылы өрнектесек: $u = \frac{q}{C}$, ал өздік индукцияның ЭҚК-сын шарғыдағы тоқтың өзгерісі арқылы жазсақ:

$$e_{is} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = -Li', \quad (1) \text{ өрнек мына түрге келеді:}$$

$$\frac{q}{C} = -Li'. \quad (2)$$

Идеал тербелмелі контур – активті кедергісі нөлге тең, конденсаторда энергия шығынына алып келетін өткізгіш ток және басқа құбылыстар жоқ тербелмелі контур.

Аргументтің, яғни уақыт аралығы өзгерісінің аз мәндерінде, $i = q'$, онда

$$i' = q'' . \quad (3)$$

(3) өрнекті (2) өрнекке қойып, идеал тербелмелі контурда орындалатын процестерді сипаттайтын теңдеуді немесе тербелмелі контур үшін Ом заңын жазалық:

$$q'' = -\frac{1}{LC} q . \quad (4)$$

«Тербелістің меншікті циклдік жиілігі» ұғымын енгізілік:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} , \quad (5)$$

онда (4) формула мына түрге келеді:

$$q'' = -\omega_0^2 q . \quad (6)$$

Алынған (6) теңдеу контурдағы электрмагниттік тербелістерді сипаттайды.

II Тербелмелі контурдағы еркін тербелістерді сипаттайтын шамалар

Тербелмелі контурда орындалатын процестер период, меншікті жиілік, циклдік жиілік, заряд, ток күші, кернеу сияқты шамалармен сипатталады.

Тізбектегі ток күшінің лездік мәнін (7) және (8) теңдеулер бойынша, зарядтан бірінші ретті туынды алу арқылы анықтаймыз:

$$i = q' = -q_m \omega_0 \sin \omega t = -I_m \sin \omega_0 t$$

$$\text{немесе} \quad i = q' = q_m \omega_0 \cos \omega_0 t = I_m \cos \omega_0 t . \quad (10)$$

Осы өрнектерден контурдағы ток күшінің максимал мәні зарядтың максимал мәніне тәуелді екені шығады:

$$I_m = q_m \omega_0 . \quad (11)$$

Конденсатор астарында зарядтар көп болса, олардың арасындағы кернеу де жоғары болады:

$u = \frac{q}{C}$. Тербелмелі контурда кернеу мен заряд бірдей мәндегі заңдар бойынша өзгереді:

$$u = \frac{q_m}{C} \cos \omega_0 t \text{ немесе } u = \frac{q_m}{C} \sin \omega_0 t . \quad (12)$$

Тербелмелі контурда зарядтың, ток күші мен кернеудің өзгеруі синус және косинус заңдары бойынша жүреді.



Жауабы қандай?

1. Қандай шарттар орындалғанда конденсатор астарындағы зарядтың өзгеруі мына заңмен сипатталады:
 $q = q_m \cos \omega_0 t$? (7)
2. $q = q_m \sin \omega_0 t$ (8) заңын қолдану үшін қандай шарттар қажет?
3. Қандай шарттар орындалғанда заңдар мына түрге келтіріледі:
 $q = q_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$
немесе
 $q = q_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$? (9)



2-тапсырма

Меншікті циклдік жиілік формуласын (5) қолданып, электрмагниттік тербелістердің периоды мен жиілігін есептеу формулаларын жазыңдар.



Есте сақтаңдар!

Электрмагниттік тербелістердің периоды мен меншікті жиілігі тек конденсатордың C сыйымдылығына және шарғының L индуктивтілігіне тәуелді. Тербелістердің периоды мен меншікті жиілігі өрістегі зарядтан, ток күшінен және кернеуден тәуелсіз болады.

Электрмагниттік тербелістер – электр және магнит өрістерінде зарядтың, ток күші мен кернеудің периодты түрде өзгеруі.

III Механикалық және электрмагниттік тербелістерді сипаттайтын шамалар арасындағы ұқсастықтар

Механикалық тербелістерді сипаттайтын барлық шамаларға электрмагниттік тербелістерді сипаттайтын шамалар арасынан ұқсас шамаларды табуға болады (1-кесте).

1-кесте. Механикалық және электрмагниттік тербелістерді сипаттайтын шамалардың ұқсастықтары

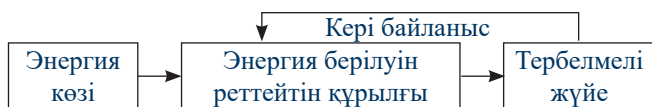
Механикалық тербелістер	Электрмагниттік тербелістер
Ығысу x	Заряд q
Тербеліс амплитудасы A	Максимал заряд q_m
Жылдамдық $v = x'$	Ток күші $i = q'$
Үдеу $a = v' = x''$	Ток күшінің өзгеру жылдамдығы $i' = q''$
Масса m	Индуктивтілік L
Қатандық коэффициенті k	Сыйымдылыққа кері шама $\frac{1}{C}$
Күш $F = ma$	Кернеу $u = e_i = Li'$

IV Тербелмелі жүйенің энергиясы

Шамалардың ұқсастықтары механикалық тербеліс формулаларына қарап, электрмагниттік тербелістер формулаларын жазуға мүмкіндік береді. Мысалы, серіппелі маятниктің кинетикалық энергиясы дененің массасы мен жылдамдығы арқылы анықталады: $W_k = \frac{mv^2}{2}$. Электрмагниттік толқындар үшін алатынымыз: $W_{м.о.} = \frac{Li^2}{2}$. Серіппелі маятниктің потенциалдық энергиясы тепе-теңдік күйінен ауытқуымен анықталады: $W_p = \frac{kx^2}{2}$. Шамалардың ұқсастығы негізінде электрмагниттік толқындар үшін: $W_{э.о.} = \frac{q^2}{2C}$. Демек, потенциалдық энергия зарядталған конденсатордың электр өрісінің энергиясына ұқсас, кинетикалық энергия индуктивтілік шарғысының магнит өрісінің энергиясына ұқсас.

V. Автотербелмелі жүйелер. Еріксіз тербелістер

Автотербелмелі жүйелер жиіліктері әртүрлі өшпейтін тербелістер алуға мүмкіндік береді. Бұл жүйелерде белгілі бір уақыт мезетінде энергия шығынының орнын толтырып отыратын энергия көздері бар. Автотербелмелі жүйенің негізгі элементтері төмендегі суретте көрсетілген (9-сурет).



9-сурет. Автотербелмелі жүйенің жұмыс істеу сұлбасы



Естеріңізге түсіріңдер!

Еріксіз тербелістер – периодты түрде әсер ететін сыртқы күштің әсерінен болатын тербелістер.



3-тапсырма

9-суретте берілген автотербелмелі жүйе құрылғысының жұмыс істеу сұлбасын қарастырыңдар. Автотербелмелі жүйенің жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.

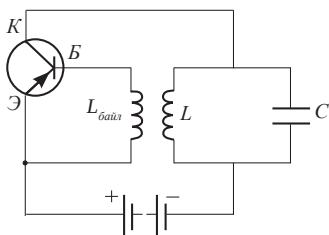


Жауабы қандай?

1. Автотербелісті еркін тербеліс деп санауға бола ма? Неге?
2. Автотербелісті еріксіз тербеліс деп санауға бола ма? Неге?
3. Неге тербелмелі контурда ток күші артқанда байланыс шарғысындағы индукциялық токтың бағыты қарама-қарсы мәнге ие болады?
4. Неге автотербелмелі жүйелерде ток көзінен энергия беру қатаң белгіленген уақытта жүргізілуі тиіс?

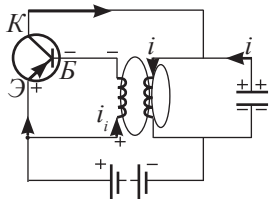
VI Транзисторлы генератор

10-суретте «транзисторлы генератор» атауына ие болған автотербелмелі электр жүйесінің сұлбасы берілген. Онда клапанның рөлін транзистор атқарады. Кері байланысты байланыс шарғысы $L_{байл}$ жүзеге асырады.

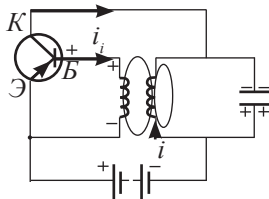


10-сурет. Автотербелмелі электр жүйесінің сұлбасы

Егер $p-n-p$ транзистордың эмиттеріне оң потенциал берілсе, эмиттер – база өтуі ($p-n$) тура, ал база – коллектор өтуі ($n-p$) – кері болады. Егер базадағы потенциал теріс болса, онда тізбекте ток пайда болады (11-сурет). Базадағы потенциал оң болған кезде ток тоқтайды. Базадағы теріс потенциал байланыс шарғысында индукциялық ток тудырады (12-сурет).



11-сурет. Эмиттер – база өтуі ашық. Конденсатордың зарядталуы орындалуда



12-сурет. Эмиттер – база өтуі жабық. Конденсатордың зарядталуы аяқталуда



Есте сақтаңдар!

Автотербелмелі жүйелер – жүйенің ішінде энергия берілісі арқылы өшпейтін тербелістер жасалынатын жүйелер.



Естеріңе түсіріңдер!

Транзистор – екі $p-n$ -өтуі бар жартылайөткізгішті аспап. Транзистор инерциалды емес, жиілігі кГц-тен ТГц-ке дейінгі жоғары жиілікті сигналдармен жұмыс істеу үшін қолданылады.



4-тапсырма

Ленц ережесіне сүйеніп, транзистор базасындағы потенциалдың өзгеруін түсіндіріңдер (11-12-суреттер).



5-тапсырма

Транзисторлы генератор тудырған тербелістің жиілігін анықтаңдар. Тербелмелі контур сыйымдылығы $C = 0,1$ мкФ конденсатордан және индуктивтілігі $L = 10^{-10}$ Гн шарғыдан тұрады.



Естеріңе түсіріңдер!

Индукциялық ток әрқашан оның магнит өрісінде осы токты тудыратын магнит ағынының өзгерісіне қарсы әрекет ететіндей бағытталады.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Конденсатордың астарындағы максимал заряд 6 мкКл, ток күшінің амплитудасы 2 мА болғандағы тербеліс периоды мен жиілігін анықтаңдар.

Берілгені:

$$q_{\max} = 6 \text{ мкКл}$$

$$I_{\max} = 2 \text{ мА}$$

$$T = ?$$

$$\nu = ?$$

ХБЖ

$$6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$2 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Шешуі:

Ток күші мен зарядтың максимал мәндерінің байланысы төмендегідей формуламен беріледі:

$$I_{\max} = q_{\max} \cdot \omega = q_{\max} \cdot \frac{2\pi}{T}. \text{ Осы формуладан периодты}$$

$$\text{табамыз: } T = \frac{q_{\max} \cdot 2\pi}{I_{\max}}. T = \frac{6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot 2 \cdot 3,14}{2 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 18,82 \text{ мс; Тербеліс жиілігі пери-}$$

$$\text{одқа кері шама болып табылады: } \nu = \frac{1}{T}. \nu = \frac{1}{18,82 \cdot 10^{-3} \text{ с}} \approx 53 \text{ Гц}.$$

Жауабы: $T = 18,82 \text{ мс; } \nu \approx 53 \text{ Гц}.$

Бақылау сұрақтары

1. Қандай тербелістерді электрмагниттік деп атайды?
2. Электрмагниттік тербелісті сипаттайтын шамаларды атаңдар.
3. Тербелмелі жүйедегі процесті сипаттау үшін қай заңдар қолданылады?
4. Автотербелмелі жүйе дегеніміз не? Оның негізгі элементтерін атаңдар.
5. Автотербелмелі электр жүйесіндегі транзистордың рөлі қандай?
6. Транзисторлы генераторда кері байланыс қалай орындалады?



Жаттығу

2

1. Тербелмелі контурдың индуктивтілігі 100 мкГн болса, еркін электрмагниттік тербелістердің жиілігі 2 МГц-ке тең. Электрсығымдылық өзгермесе, контурдағы тербелістердің жиілігі 4 МГц болуы үшін контурдың индуктивтілігі қандай мәнге ие болуы керек?
2. Тербелмелі контур индуктивтілік шарғысы мен параллель жалғанған екі бірдей конденсатордан тұрады. Егер конденсаторларды тізбектей жалғаса, онда контурдағы еркін электр тербелістерінің жиілігі неше есе артады?
3. Тербелмелі контурдағы электр заряды $q = 10 \cos 20\pi t$ мкКл теңдеуі бойынша тербеледі. Сыйымдылығы 2 мкФ конденсатор астарындағы тербелістің периодын және кернеудің максимал мәнін анықтаңдар.
4. Тербелмелі контурдағы конденсатор астарында электр заряды $q = 10^{-6} \sin \left(100\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ Кл теңдеуі бойынша тербеледі. Контурдағы ток күші өзгерісінің теңдеуін жазыңдар және тербеліс периодын табыңдар.
5. Тербелмелі контурдағы конденсатор астарында электр зарядының максимал мәні 1 мкКл, ток күшінің амплитудасы 1 мА. Тербеліс периодын анықтаңдар.
6. Идеал тербелмелі контурдағы конденсатор астарында электр заряды $q = 10^{-3} \cdot \sin 100\pi t$ Кл теңдеуі бойынша тербеледі. Егер конденсатордың электр сыйымдылығы 10 мкФ болса, ондағы электр өрісі энергиясының максимал мәнін табыңдар.

Транзисторлы радиотаратқыш

Өшпейтін электромагниттік тербелістер тудыратын ең қарапайым құрылғы – транзисторлы генератор. Ол радиотаратқыш құрылғы ретінде қолданылады. 2-кестеде ҚР аумағында жұмыс жасайтын кейбір радиолардың жұмыс істеу жиіліктері берілген.



6-тапсырма

2-кестеде берілген жиіліктерді алу үшін индуктивтілігі 1 мкГн шарғыға жалғанатын конденсатордың сыйымдылығын анықтаңдар.

2-кесте

	Қазақ радиосы <i>Нұр-Сұлтан қ.</i> <i>106,8 МГц</i>		Астана радиосы <i>Нұр-Сұлтан қ.</i> <i>101,4 МГц</i>
	Петро FM <i>Алматы қ.</i> <i>107 МГц</i>		DALA FM <i>Алматы қ.</i> <i>100,2 МГц</i>



Бұл қызық!

«Адам – тербелмелі контур»

1. Тірі жасушаны электр сыйымдылығы және кедергісі бар тербелмелі контур түрінде елестетуге болады. Жасушаның сыйымдылығы еркін радикал реакциялармен және антиоксиданттық қорғаныс жүйесімен, кедергісі ферментативті қышқылданумен анықталады.
2. Тербелмелі контур ретінде тек жасушаны ғана емес, сонымен қатар бауырды да, қан айналым жүйесін де қарастыруға болады (13-сурет).
3. Жүйке жүйесі барлық ағзаның жұмысын басқарады.
4. Адам мүшелерінің электрлік потенциалының ырғағы: асқазан мен ішектің – 0,01...0,05 Гц; өкпенің – 0,2...0,3 Гц; жүректің – шамамен 1,2 Гц; жүйке жүйесінде – 10...1000 Гц; бас миының электрлік потенциалының ырғағы – 8... 100 Гц.



13-сурет. Қан айналымы жүйесінің тербелістері

2-тараудың қорытындысы

Еркін электрмагниттік тербелістер

Еркін тербелістер теңдеуі	$q'' = -\omega_0^2 q; q'' = -\frac{1}{LC} q$
Электрмагниттік тербеліс заңы	$q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0); q = q_m \sin(\omega t + \varphi_0)$
Ток күші	$i = -I_m \sin \omega t; I_{\max} = q_{\max} \omega$
Период	$T = 2\pi\sqrt{LC}$
Меншікті жиілік	$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
Меншікті циклдік жиілік	$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$
Тербелмелі контурдың толық энергиясы	$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$
Энергияның сақталу заңы	$W_{\text{э.ө.}} + W_{\text{м.ө.}} = \text{const}$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
q	зарядтың лездік мәні	$Кл$	$I_{\max}$	ток күшінің максимал мәні	A
i	ток күшінің лездік мәні	A	φ_0	бастапқы фаза	$рад$
$\frac{\Delta I}{\Delta t}$	ток күші өзгерісінің шапшаңдығы	A/c	$\varphi = \omega_0 t + \varphi_0$	фаза	$рад$
$q_{\max}$	зарядтың максимал мәні	$Кл$	ω	циклдік жиілік	$рад/с$
L	шарғы индуктивтілігі	$Гн$	ω_0	меншікті циклдік жиілік	$рад/с$
C	конденсатор сыйымдылығы	Φ	$W_{\text{э.ө.}}$	электр өрісі энергиясы	$Дж$
T	период	$с$	$W_{\text{м.ө.}}$	магнит өрісі энергиясы	$Дж$
π	$\pi = 3,14$ тұрақтысы	$\pi = 3,14$	ν_0	меншікті жиілік	$Гц$

Глоссарий

Еріксіз тербелістер – периодты түрде әсер ететін сыртқы күштің әсерінен болатын тербелістер.

Идеал тербелмелі контур – активті кедергісі нөлге тең, конденсаторда өткізгіш ток және энергия шығынына алып келетін басқа құбылыстар жоқ тербелмелі контур.

Автотербелмелі жүйелер – жүйенің ішінде энергия берілісі арқылы өшпейтін тербелістер жасалатын жүйелер.

Электрмагниттік тербелістер – зарядтың, ток күшінің және кернеудің периодты түрде өзгеруі.

Еркін электрмагниттік тербелістер – шарғыдағы ток күшінің және конденсатор астарлары арасындағы кернеудің сырттан энергия алмай периодты түрде қайталанатын өзгерісі.



3-ТАРАУ

АЙНЫМАЛЫ ТОК

Генератор тудырған айнымалы магнит өрісі әсерінен өндірістік желіде айнымалы ток пайда болады, ол зарядталған бөлшектердің тербелмелі қозғалысы болып табылады.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- генератор моделін қолданып, айнымалы ток генераторының жұмыс істеу принципін зерттеуді;
- физикалық шамаларды (период, жиілік, кернеу, ток күші және электр қозғаушы күшінің максимал мен әсерлік мәндерін) қолданып, айнымалы токты сипаттауды;
- резонанс шартын түсіндіруді және оның қолданылуына мысал келтіруді;
- резонанстық жиілікті есептеуді;
- электр энергиясын тасымалдау үшін жоғары кернеудегі айнымалы токтың экономикалық артықшылықтарын түсіндіруді;
- трансформатор орамаларындағы орам санын тәжірибе жүзінде анықтауды;
- Қазақстандағы электр энергиясы көздерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалауды үйренесіңдер.



§ 3. Айнымалы ток генераторы

Күтілетін нәтиже:

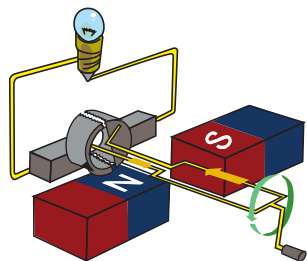
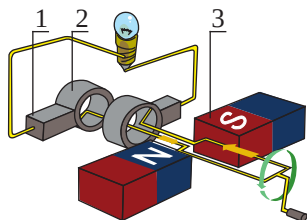
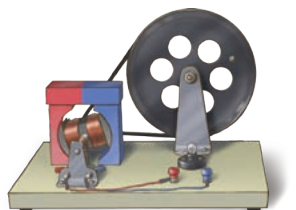
Осы параграфты игергенде:

- генератор моделін қолданып, айнымалы ток генераторының жұмыс істеу принципін зерттей аласыңдар.



Өз тәжірибең

Айнымалы токтың және тұрақты токтың индукциялық генераторларының жұмысын бақылаңдар (14-сурет).



14-сурет. Тұрақты ток және айнымалы токтың индукциялық генераторларының модельдері: 1 – щеткалар, 2 – сақиналар, 3 – рама

I Айнымалы токтың индукциялық генераторының өндірістік желідегі орны

Тұрмыста және өндірісте қуаттары әртүрлі электр аспаптары қолданылады, оларды қуаттандыру үшін жиілігі 50 Гц айнымалы ток желісі пайда болды.

Айнымалы ток – өткізгіштегі зарядталған бөлшектердің периодты түрде өзгеріп отыратын сыртқы электр қозғаушы күш әсерінен болатын еріксіз тербелістері.

Бұл желідегі ток көзі электрстансыларда орналасқан айнымалы токтың индукциялық генераторлары болып табылады. Айнымалы ток электртасымалдаушы сымдар арқылы тұтынушыларға жіберіледі.

Индукциялық генератор – механикалық энергияны электр энергиясына айналдыратын құрылғы.



1-тапсырма

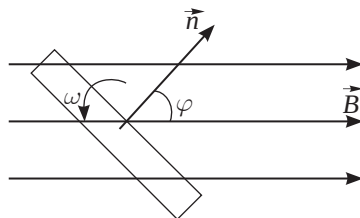
- 14-суреттегі тұрақты және айнымалы ток генераторлары модельдерін көрсетіндер. Модельдердің негізгі айырмашылықтарын анықтандар.
- Индукциялық ток генераторының негізгі бөліктерін атаңдар.
- Индукциялық ток генераторының жұмыс принципін түсіндіріңдер.



Естеріңе түсіріңдер!

Тұйықталған өткізгіш контурды тесіп өтетін магнит ағынының өзгерісі кезінде онда индукциялық ток пайда болады.

Ауданы S бетті тесіп өтетін Φ магнит ағыны мынаған тең: $\Phi = BS \cos \varphi$ (1), мұндағы φ – рама жазықтығына түсірілген $\vec{n}$ нормаль мен $\vec{B}$ магнит индукция векторы арасындағы бұрыш (15-сурет).



15-сурет. Тұйықталған контурдан тесіп өтетін магнит ағынының өзгерісі, $\vec{n}$ – рама жазықтығына түсірілген нормальдің бірлік векторы



Жауабы қандай?

1. Индукциялық генераторларда магнит ағынын өзгертудің қандай әдісі қолданылады? Тұйықталған өткізгіш контурды тесіп өтетін магнит ағынын өзгерту әдістерін атаңдар.
2. Нәліктен техникада аталған магнит ағынын өзгерту әдістерінің бірі ғана қолданылады?
3. 15-суретте магнит ағынын өзгертудің қандай әдісі көрсетілген?



Естеріңізге түсіріңдер!

Тұйықталған контур үшін электрмагниттік индукция

$$\text{заңы: } \varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

N орамнан тұратын контур үшін:

$$\varepsilon_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

мұндағы $\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ – магнит ағынының өзгерісі.

II Айнымалы ток генераторы тудырған индукция ЭҚК-сы

Айнымалы ток генераторының жұмыс істеу принципі электрмагниттік индукция заңына негізделген: тұйықталған өткізгіш раманы тесіп өтетін айнымалы магнит ағыны құйынды электр өрісін тудырады, рамада индукциялық ток пайда болады.

Δt уақыт аралығының өте аз мәнінде тұйықталған контур үшін электрмагниттік индукция заңы мына түрге келеді:

$$e_i = - \frac{d\Phi}{dt} = -\Phi', \quad (3)$$

мұндағы e_i – индукция ЭҚК-сының лездік мәні.

Магнит ағынының туындысын анықтайық:

$$e_i = -\Phi' = -(BS \cos \omega t)' = BS\omega \sin \omega t \quad (4)$$

немесе

$$\varepsilon_{im} = BS\omega \quad \text{болғандықтан,} \quad (5)$$

$$e_i = \varepsilon_{im} \sin \omega t, \quad (6)$$

мұндағы ε_{im} – ЭҚК-ның максимал мәні.

Генератор роторы көптеген рамалардан тұрады. Егер ротордағы рама саны N болса, онда ЭҚК-ның максимал мәні мынаған тең:

$$\varepsilon_m = N \varepsilon_i$$

немесе

$$\varepsilon_m = NBS\omega. \quad (7)$$



Есте сақтаңдар!

Раманың ω бұрыштық жылдамдықпен айналуы кезінде бұрылу бұрышының мәні $\varphi = \omega t$ формуласымен анықталады. Осы өрнекті ескерсек, магнит ағынын есептеу формуласы (1) мына түрге келеді:

$$\Phi = BS \cos \omega t. \quad (2)$$


2-тапсырма

1. Индукциялық генератор ЭҚК-сының лездік мәнінің уақытқа тәуелділік теңдеуін жазыңдар. Раманы тесіп өтетін магнит ағынының тәуелділік теңдеуі мына түрге ие болады:
 $\Phi = 0,5 \cdot \cos 100\pi t \text{ мВб}.$
2. Рамадағы ЭҚК-ның максимал мәнін анықтаңдар.
3. ЭҚК-ның максимал мәні 30 В-қа тең болуы үшін роторда неше рама болуы керек?



Жауабы қандай?

Не себепті N орамнан тұратын ротор ЭҚК-сы бір орамның ЭҚК-сының орам санына көбейтіндісі ретінде анықталады?

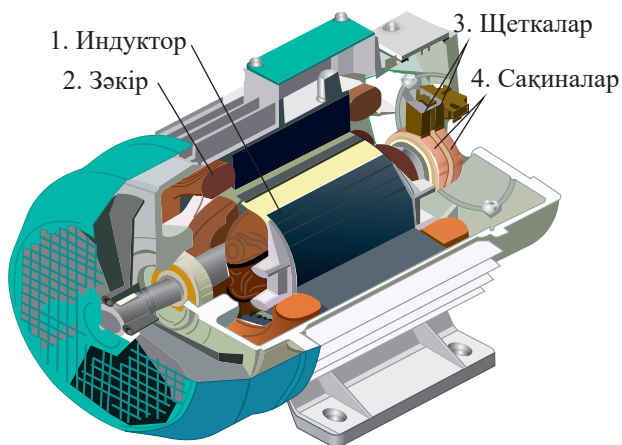


3-тапсырма

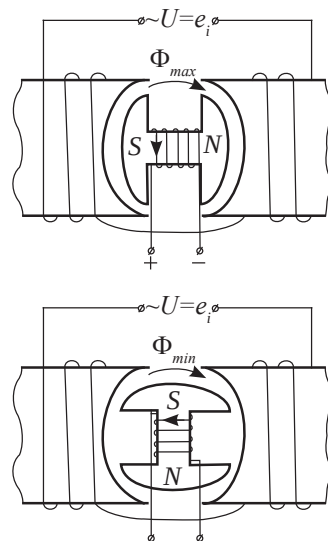
12 полюс жұбы бар генератор роторының айналу жиілігін анықтаңдар. Генератор өндірістік жиілігі 50 Гц тербеліс тудырады.

III Айнымалы тоқтың индукциялық генераторы

Генератор: 1) индуктор – магнит өрісін тудыратын құрылғыдан; 2) зәкір – ЭҚК индукцияланатын орамалардан; 3) щеткалар және 4) сақиналар – генератордың айналмалы бөліктерінен токты шығарып алатын немесе жіберілетін құрылғыдан тұрады (16-сурет).



16-сурет. Айнымалы тоқтың индукциялық генераторының негізгі бөліктері



17-сурет. Зәкірді тесіп өтетін магнит ағынының нәтижесінде индукция ЭҚК-сының пайда болуы

Генератордың айналмалы бөлігін *ротор*, қозғалмайтын бөлігін *статор* деп атайды. Қуатты генераторларда ротор индуктор ретінде, ал статор зәкір ретінде қолданылады. Себебі ротордағы ток күші жылжымалы контактілер қызғанда бәсеңдейді, ал зәкірде пайда болған мәндері жоғары токтарды қозғалмайтын орамалар арқылы түсіру ыңғайлы. Индукцияның ЭҚК-сын арттыру үшін статордың орамдары көп орамасы қолданылады. Магнит ағынын арттыру үшін индуктор мен зәкірдің орамаларын болат өзекшелерге орайды, олардың арасына айналу үшін қажетті қуыс қалдырылады. Ротордың айналуы кезінде зәкірді тесіп өтетін магнит ағыны өзгереді, индукция ЭҚК-сы пайда болады (17-сурет).

IV Генератор шығысындағы кернеу

Егер статор орамасының кедергісі сыртқы тізбектің кедергісімен салыстырғанда біршама аз болса, онда кернеу индукция ЭҚК-ның сандық мәніне тең, яғни $u = e_i$ деп саналады, бұдан:

$$u = e_i = NBS \omega \sin \omega t. \quad (8)$$

(8) теңдеуден индукция ЭҚК-ның максимал мәні мен генератор шығысындағы кернеудің өзара тең болатыны шығады:

$$U_m = \varepsilon_m = NBS \omega, \quad (9)$$

мұндағы N – зәкірдегі орам саны.

Электрстансы генераторлары бірнеше мыңдаған вольт кернеу тудырады.

V Генератор роторының айналу жиілігі

Жиілігі 50 Гц айнымалы ток алу үшін ротор полюстерінің бір жұбы 50 айн/с немесе 3000 айн/мин жиілікпен айналуы керек. Роторға мұндай айналу жылдамдығын бу және газ турбиналары бере алады. Су электрстансыларында тыныш жүрісті су турбиналары пайдаланылады, сондықтан стандартты жиілікті айнымалы ток алу үшін полюстерінің жұбы көп болатын роторлы генераторлар қолданылады. Полюстерінің 24 жұбы бар ротор 125 айн/мин немесе жуық шамамен 2 айн/с жиілікпен айналады:

$$\nu_p = \frac{50 \text{ Гц}}{n},$$

мұндағы n – индуктордағы полюстер жұбының саны.



Жауабы қандай?

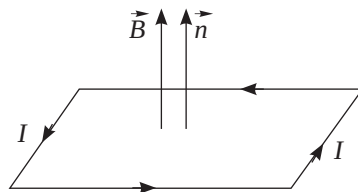
1. Генератор шығыстарындағы кернеуді неліктен ондағы индукция ЭҚК мәніне тең деп алуға болады?
2. Неліктен айнымалы ток генераторының индукторында бірнеше полюстердің жұптары бар?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

1-есеп. 160 орам саны бар және ауданы 200 см^2 рама индукциясы $2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ болатын магнит өрісінде айналады. Егер индукция ЭҚК-ның максимал мәні 16 В болса, онда раманың айналу жиілігін анықтандар.

Берілгені: $S = 200 \text{ см}^2$ $N = 160$ $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ $\varepsilon_{\max} = 16 \text{ В}$	ХБЖ $2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	Шешуі: Генератор ЭҚК-ның максимал мәні: $\varepsilon_{\max} = NBS\omega = NBS \cdot 2\pi\nu$. Осы формуладан жиілікті табалық: $\nu = \frac{\varepsilon_{\max}}{2\pi NBS}$; $\nu = \frac{16 \text{ В}}{2 \cdot 3,14 \cdot 160 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} = 39,8 \text{ Гц}.$ Жауабы: $\nu \approx 39,8 \text{ Гц}.$
$\nu - ?$		

2-есеп. Ауданы $S = 200 \text{ см}^2$ рама индукциясы $B = 0,2 \text{ Тл}$ магнит өрісінде $\nu = 8 \text{ с}^{-1}$ жиілікпен айналады: а) рамадан тіке өтетін магнит ағынының өзгеру заңын; ә) рамада пайда болатын индукция ЭҚК-ның өзгеру заңын жазыңдар. Бастапқы уақыт мезетінде рама магнит өрісіне перпендикуляр орналасқан (18-сурет).



18-сурет

Берілгені: $S = 200 \text{ см}^2$ $\nu = 8 \text{ с}^{-1}$ $B = 0,2 \text{ Тл}$	ХБЖ $0,02 \text{ м}^2$	Шешуі: $\vec{B} \parallel \vec{n}$ болғанда бастапқы фаза $\varphi_0 = 0$. Магнит ағыны: $\Phi = BS \cos 2\pi \nu t$ заңы бойынша өзгереді.
$\Phi(t) - ?; e(t) - ?$		

$$\Phi = 0,2 \text{ Тл} \cdot 0,02 \text{ м}^2 \cos 16\pi t; \Phi = 4 \cdot 10^{-3} \cos 16\pi t \text{ Вб}.$$

Магнит ағынынан туынды алып, ЭҚК-ның өзгеру заңын анықтайық:

$$e(t) = -\Phi' = -(4 \cdot 10^{-3} \cos 16\pi t)';$$

$$e(t) = 64\pi \cdot 10^{-3} \sin 16\pi t$$

$$e(t) = 0,2 \sin 16\pi t = -0,2 \cos \left(16\pi t + \frac{\pi}{2} \right).$$

Жауабы: $\Phi = 4 \cdot 10^{-3} \cos 16\pi t \text{ Вб}; e(t) = 0,2 \sin 16\pi t.$

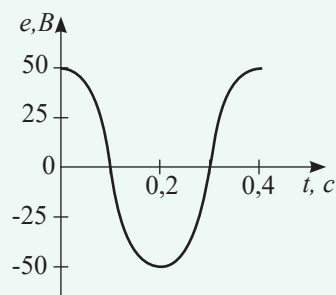
Бақылау сұрақтары

1. Айнымалы токтың индукциялық генераторының негізгі бөліктерін және олардың қызметтерін атаңдар.
2. Айнымалы ток генераторының жұмыс принципі қандай құбылысқа негізделген?
3. Генератор роторының айналу жиілігін қандай әдіспен азайтады? Бұл не үшін қажет?

★ Жаттығу

3

1. Айнымалы токтың ЭҚК-сының лездік мәні $e = 100 \sin \frac{2\pi}{T} t$ теңдеуі бойынша өзгереді. Периодтың жартылай $t = \frac{T}{2}$ уақыт мезетінде ЭҚК-ның максимал мәнін және лездік мәнін анықтаңдар.
2. Индукциясы $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ магнит өрісінде 200 орамнан тұратын ауданы 300 см^2 рама айналады. Егер индукция ЭҚК-ның максимал мәні $14,4 \text{ В}$ болса, раманың айналу периодың табыңдар.
3. График бойынша (19-сурет) айнымалы ЭҚК-ның амплитудалық мәнін, периодың және жиілігін анықтаңдар. ЭҚК-ның уақыт өте келе өзгеру заңын жазыңдар.
4. Қимасы $S = 400 \text{ см}^2$, $N = 100$ орамнан тұратын сымды индукциясы $B = 0,01 \text{ Тл}$ біртекті магнит өрісінде $\omega = 1 \text{ рад/с}$ бұрыштық жылдамдықпен бірқалыпты айналдырады. Күш сызықтары айналу өсіне перпендикуляр. ЭҚК-сының максимал мәнін анықтаңдар.
5. Айнымалы ток генераторының роторы полюстерінің сегіз жұбы бар: $n = 8$. Генератор $\nu = 50 \text{ Гц}$ стандартты жиілікті ток өндіретін болса, ротордың айналу саны қандай болуы керек?



19-сурет. ЭҚК-ның уақыт өте келе өзгеру графигі

Эксперименттік тапсырма

Ойыншық мәшине қозғалтқышы негізінде жарық диодты шам үшін индукциялық генератор құрастырыңдар.

Шығармашылық тапсырма

«Электр энергиясының жаңартылатын көздері» тақырыбына хабарлама дайындаңдар.



20-сурет. Күн батареялары бар автобус аялдамасы, Нұр-Сұлтан қ.



21-сурет. Күн батареялары бар көше шамдары

§ 4. Еріксіз электрмагниттік тербелістер

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- физикалық шамаларды (период, жиілік, кернеу, ток күші және электр қозғаушы күшінің максимал мен әсерлік мәндерін) қолданып, айнымалы тоқты сипаттай аласыңдар.

I Айнымалы ток еріксіз электрмагниттік тербелістер мысалы ретінде

ЭҚК-сы $e_i = \varepsilon_{im} \sin \omega t$ немесе $e_i = \varepsilon_{im} \cos \omega t$ (1) айнымалы ток генераторы тудырған айнымалы электр өрісі әсерінен тізбекте айнымалы ток пайда болады. Ол зарядталған бөлшектердің тербелмелі қозғалысын білдіреді. Мұндағы e_i – индукция ЭҚК-сының лездік мәні, ε_{im} – ЭҚК-ның максимал мәні.

ҚР-да өндірістік ток жиілігі 50 Гц және циклдік жиілігі $\omega = 2\pi\nu$ -ға тең болса, онда циклдік жиілік $\omega = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ -ты құрайды, демек, тізбек бөліктеріндегі кернеу мына заңдарға сәйкес тербеледі:

$$u = U_m \sin 100\pi t \text{ немесе } u = U_m \cos 100\pi t, \quad (2)$$

мұндағы u – кернеудің лездік мәні, U_m – кернеудің максимал мәні.

Егер кернеу тербелісі бастапқы фазаға φ_0 сәйкес келетін уақыт мезетінен бастап қарастырылса, онда (2) формула мына түрге келеді:

$$u = U_m \sin(100\pi t + \varphi_0)$$

$$\text{немесе } u = U_m \cos(100\pi t + \varphi_0). \quad (3)$$

Ток күшінің уақытқа тәуелділігін Ом заңы негізінде өрнектейміз, ол гармоникалық функцияны береді:

$$i = I_m \sin(100\pi t + \varphi_y)$$

$$\text{немесе } i = I_m \cos(100\pi t + \varphi_y), \quad (4)$$

мұндағы i – ток күшінің лездік мәні, I_m – ток күшінің максимал мәні, φ_y – ток күші мен кернеу тербелістерінің арасындағы фазалардың ығысуы.



Жауабы қандай?

1. Тұрмыстық аспаптар жұмысында қандай ток қолданылады (22-сурет)?
2. Тұрмыстық аспаптар қандай кернеуге есептелінген?



22-сурет. Тұрмыстық электраспаптар



1-тапсырма

Өндірістік ток желісіндегі зарядталған бөлшектер тербелісінің периодын анықтаңдар.



Назар аударыңдар!

ЭҚК, ток күші және кернеу шамаларын белгілеу:

e, i, u – лездік мәндер;

ε, I, U – әсерлік мәндер;

ε_m, I_m, U_m – максимал мәндер.



2-тапсырма

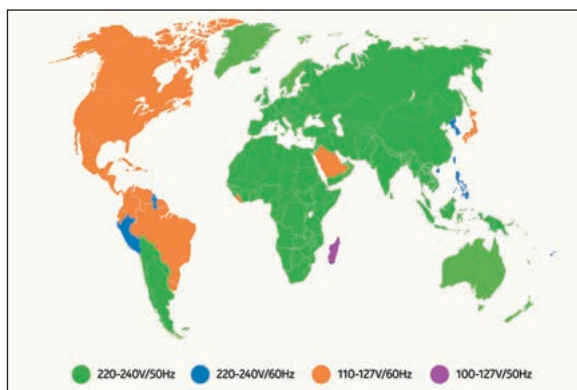
$u = 308 \cos 100\pi t$ заңы бойынша өзгертін кернеудің тербелістен кейінгі $t_1 = 0,25$ с және $t_2 = 1$ с уақыт аралықтарындағы лездік мәндерін анықтаңдар.

Кернеудің максимал мәні неге тең? Қандай уақыт мезеттерінде кернеу максимал мәнге жетеді?



Бұл қызық!

Әлемде кернеу мен жиіліктің екі стандарты көп таралған. Олардың бірі америкалық стандарт – 100–127 В, 60 Гц. Екіншісі еуропалық стандарт – 220–240 В, 50 Гц (23-сурет).

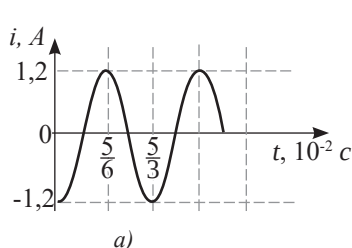


23-сурет. Әртүрлі мемлекеттердегі кернеу мен жиілік стандарты

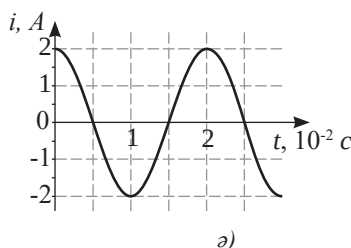


3-тапсырма

Токтың уақытқа тәуелділік графиктері бойынша (24 а, ә-суреттер) периодты, жиілікті, циклдік жиілікті, ток күшінің максимал мәнін анықтаңдар. Ток күшінің уақытқа тәуелділік теңдеуін жазыңдар. 24, а-суреттегі график үшін 25 мс уақыт мезетіндегі ток күшін анықтаңдар.



а)



ә)

24-сурет. Ток күшінің уақытқа тәуелділік графигі

III Айнымалы токты сипаттайтын шамаларды өлшеу

Тұрақты токқа арналған өлшеуіш аспаптарды айнымалы токты сипаттайтын шамаларды өлшеу үшін қолдануға болмайды. Себебі тұрақты ток аспабындағы тілшенің бірде нөлден оңға қарай, бірде солға қарай ауытқуымен байланысты. Айнымалы токқа арналған аспаптардың тілшесі тек бір бағытта ғана ауытқиды. Аспап тілшесі өзінің инерттілігі салдарынан жиілігі 50 Гц тербеліс жасай алмайды, ол бір орында «дірілдейді». Егер тізбектердегі токтардың әсері бірдей болса, онда айнымалы ток аспабының көрсеткіші тұрақты ток аспабының



Жауабы қандай?

1. Неліктен айнымалы ток үшін өлшеу аспаптарының тілшесі ток күшінің максимал мәнінде максимал ауытқу бұрышына жетпейді?
2. Неліктен тұрақты ток тізбегіндегі ток күші мен кернеуді өлшеуге арналған амперметр мен вольтметрді айнымалы ток тізбегінде қолдануға болмайды?

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad (5)$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad (6)$$

Жоғары кернеу → HV
 Тұрақты кернеу → DCV
 Кедергіні өлшеу → Ω
 Транзисторды тексеру → hFE
 Айнаымалы кернеу → ACV
 Тұрақты ток → DCA
 10 А-ге дейінгі тұрақты ток → 10A
 Жартылайөткізгіштер мен сымдарды тексеру → Diode Test
 200 мА-ге дейінгі тоқты, кернеуді және кедергі өлшеу. → 200mA, 200V, 20kΩ
 Термопараны қосу → 10ADC, VmA, COM
 Ортақ клемма → COM



«Мультиметрмен ток күші мен кернеуді өлшеу» (25-сурет).



Мультиметр панелінде дисплей (аналогты мультиметр шкаласы) және жұмыс тәртібін реттеуіш, жалғағыш сымдардың түйісу орындары көрсетілген (26-сурет).

- OFF – аспап өшірулі;
- ACV – айнымалы кернеуді өлшеу;
- DCV – тұрақты кернеуді өлшеу;
- ACA – айнымалы тоқты өлшеу;
- DCA – тұрақты тоқты өлшеу;
- Ω – кедергіні өлшеу;
- hFE – транзистор параметрлерін өлшеу.

30



4-тапсырма

1. Максимал мәні 308 В-қа жететін тізбектегі кернеудің әсерлік мәнін анықтаңдар.
2. Амперметр көрсеткіші 2 А болғандағы айнымалы ток тізбегіндегі ток күшінің максимал мәнін анықтаңдар.

Бақылау сұрақтары

1. Айнымалы ток дегеніміз не?
2. Айнымалы ток тізбегіндегі тербелісті сипаттайтын негізгі шамаларды атаңдар.
3. Айнымалы ток тізбегін сипаттайтын шамалар өзара қалай байланысқан?
4. Қандай тербелістерді гармоникалық деп атайды?



Жаттығу

4

1. Тізбектегі ток күші мына теңдеу бойынша өзгереді: $i = 8,5 \sin(314 t + 0,661)$. Ток күшінің амплитудалық мәнін, оның бастапқы фазасы мен жиілігін анықтаңдар.
2. Тізбектегі ток күші уақыт өткен сайын мына теңдеу бойынша өзгереді: $i = 4 \sin(314 t + \pi/6)$. Ток күшінің әсерлік мәнін, оның бастапқы фазасын және ток тербелісінің периодын анықтаңдар.
3. Өлшеу кезінде вольтметр 127 В, амперметр 10 А мәндерін көрсеткен болса, тізбектегі кернеу мен ток күшінің максимал мәнін табыңдар.
4. ҚР-да өндірістік желі үшін кернеудің уақытқа қатысты өзгеру заңын жазыңдар. Өндірістік ток жиілігі 60 Гц, максимал кернеу 127 В болатын елдерде өндірістік желі үшін кернеу заңы қалай өзгереді?

Шығармашылық тапсырма

1. Интернет желісі материалдарын пайдаланып, мультиметрді қолдану ережелерімен танысыңдар. Кернеуді, ток күшін және кедергіні өлшеу үшін жадынама құрастырыңдар.
2. Еріксіз магниттік тербелістерге байланысты есеп құрастырыңдар.

§ 5. Электр тізбегіндегі кернеулердің резонансы

Күтілетін нәтиже:

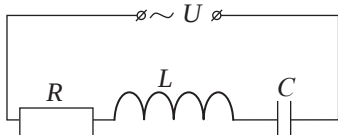
Осы параграфты игергенде:

- резонанс шартын түсіндіріп, оның қолданылуына мысал келтіре аласыңдар, резонанстық жиілікті есептей аласыңдар.



Естеріңе түсіріңдер!

Айнымалы ток тізбегінде резонанс ток күшінің тербеліс амплитудасының бірден артуы кезінде байқалады.



27-сурет. Айнымалы токтың тізбектей жалғану схемасы

I Резонанс шарты. Резонанстық жиілік

Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивтілік шарғысының және конденсатордың кедергілері токтың циклдік жиілігінен тәуелді болады:

$$X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}, \quad (1)$$

мұндағы X_L – индуктивтілік кедергісі, X_C – сыйымдылық кедергісі.

Индуктивтілік шарғысы мен конденсатор электр-магниттік өрістің энергиясын энергияның басқа түрлеріне айналдырмай жинақтауға қабілетті, сондықтан олардың кедергілері *реактивті кедергі* деп аталады және X әрпімен белгіленеді.

Резистордан, индуктивтілік шарғысынан және конденсатордан тұратын тізбектің (27-сурет) толық кедергісі төмендегі теңдікпен анықталады:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \quad (2)$$

мұндағы R – резистордың активті кедергісі, Z – айнымалы ток тізбегіндегі толық кедергі.

Тізбектегі сыйымдылық кедергісі мен индуктивтілік кедергісі өзара тең болған жағдайда толық кедергі ең төмен мәндерді қабылдайды:

$$X_L = X_C, \quad (3)$$

Бұл жағдайда тізбектегі толық кедергі активті кедергіге тең болады: $Z = R$ және ток күшінің амплитудалық мәні максимал мәнге жетеді:

$$I_m = \frac{U_m}{R}. \quad (4)$$

Ток күші максимал мәнге жететін еріксіз тербелістердің жиілігін анықтайық.

(1) теңдіктен:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \text{ немесе } \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

екені шығады. Осыдан циклдік жиілік былай өрнектеледі:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (5)$$

(5) формуладан, тізбектей жалғанған резистордан, шарғыдан және конденсатордан тұратын тізбекте резонанс сыртқы кернеудің циклдік жиілігі мен тізбектің меншікті циклдік жиілігі өзара тең болған кезде орындалатыны шығады:

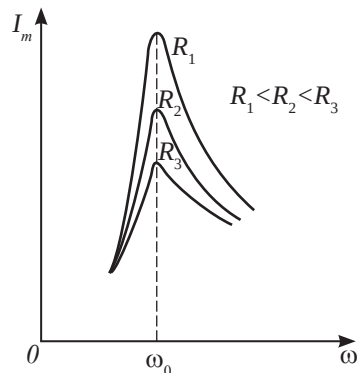
$$\omega = \omega_0. \quad (6)$$

28-суретте ток күшінің амплитудалық мәндерінің резонанстық қисықтары берілген. Активті кедергі неғұрлым аз болса, резонанс та соғұрлым анық байқалады.

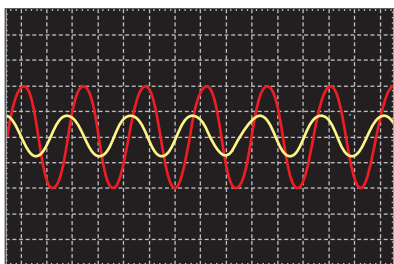


Өз тәжірибең

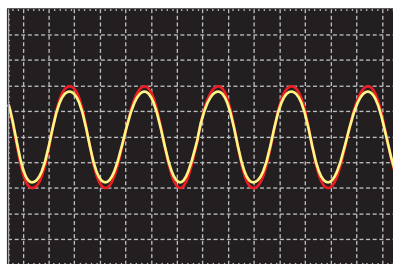
Айнымалы жиілік генераторынан (4 В), резистордан, индуктивтілік шарғысынан (1 мГн) және конденсатордан (1 мкФ) тұратын тізбек құраңдар. Тізбек элементтерінің параметрлері ток көзінің жиілік диапазонымен анықталады. Айнымалы жиілік генераторы мен резисторы үшін осциллограмма алыңдар. Резисторда кернеу мен ток күші бірдей фазада өзгертін болғандықтан, резистордан алынған кернеу тізбектегі ток күшінің өзгерісі туралы ақпарат береді. 29, а, ө, б-суреттерде айнымалы ток генераторынан алынған сигналдар қызыл түспен, резистордан алынған сигналдар сары түспен көрсетілген осциллограммалар берілген. 29, в-суретте конденсатордан резонанс кезінде алынған кернеу көрсетілген.



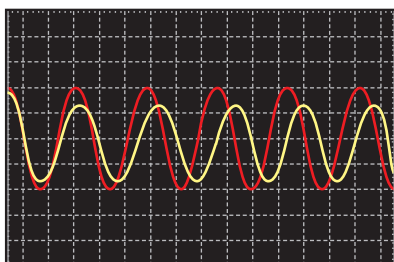
28-сурет. Ток күшінің амплитудалық мәндерінің резонанстық қисықтары



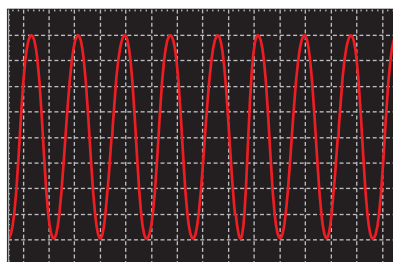
а) Сигнал жиілігі 2 кГц. Ток күшінің тербелісі кернеу тербелісін басып озады. Төменгі жиіліктерде сыйымдылық кедергі басым болады.



ә) Сигнал жиілігі 4,78 кГц. Индуктивті кедергі сыйымдылық кедергіге тең, резонанс байқалады. Кернеу мен ток күшінің тербелістері фаза бойынша сәйкес келеді, ток күшінің амплитудасы артады.



б) Сигнал жиілігі 7,2 кГц. Кернеудің тербелісі ток күшінің тербелісін басып озады. Жоғары жиіліктерде индуктивті кедергі басым болады



в) Резонанс жағдайында конденсатор мен индуктивтілік шарғысындағы кернеу 10 В, бұл кірістегі кернеу мәнінен артық.

29-сурет. Тізбектей жалғанған айнымалы ток тізбегіндегі кернеу резонансы

II Ток күшінің амплитудалық мәнін арттырудың кернеу резонансы деп аталуының себебі

Индуктивтілік шарғысы мен конденсатордағы кернеулердің тербелісі қарсы фаза-ларда жүреді. $X_L = X_C$ резонанс жағдайында конденсатордағы және шарғыдағы кернеулер өзара тең: $U_{Lрез} = U_{Cрез}$.

Векторлық қосу кезінде олардың жалпы кернеуі нөлге тең және барлық кедергілер толығымен активті кедергіге беріледі: $U_{кіріс} = U_R$.

Нәтижесінде тізбектегі ток артады. Онымен бірге шарғыдағы және конденсатордағы кернеу де артады:

$$U_{Lрез} = I_{рез} X_L = \frac{U_{кіріс}}{R} \omega_{рез} L = U_{кіріс} \frac{L}{\sqrt{LC} \cdot R} = U_{кіріс} \frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}};$$

$$U_{Cрез} = I_{рез} X_C = \frac{U_{кіріс}}{R\omega_{рез} C} = \frac{U_{кіріс}}{R} \frac{\sqrt{LC}}{C} = U_{кіріс} \frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}}.$$

Реактивті кедергідегі кернеудің артуын әдетте 1-ден үлкен болатын $\frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}}$ шамасы арқылы есептеуге болады.

Активті кедергісі жоғары тізбектерде резонанс байқалуы мүмкін емес.

III Айнымалы ток тізбегінде резонансты қолдану

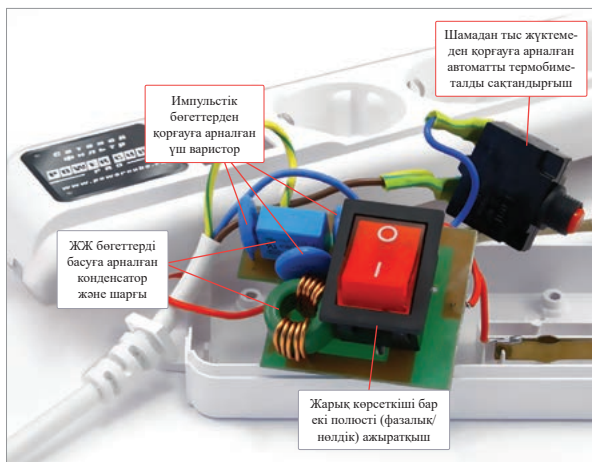
Радиоқабылдағыш. Кез келген радиоқабылдағыштың кіріс тізбегі реттелетін тербелмелі контурды береді. Оның конденсатор сыйымдылығын реттеу арқылы өзгертуге болатын резонанстық жиілігі радиостансы сигналының жиілігімен сәйкес келеді (30-сурет).

Электрлік сүзгілер. Кернеулердің резонансы құбылысын электрлік сүзгілерде (31-сурет) қолданады. Егер жіберілетін сигналдан қандай да бір жиіліктегі ток құраушысын алып тастау керек болса, онда қабылдағышқа параллель, өзара тізбектей жалғанған конденсатор мен индуктивтілік шарғысын жалғайды (32-сурет). Резонанстық жиілік тогы LC-тізбек арқылы өтеді, басқа жиіліктегі ток қабылдағыш арқылы өтеді.



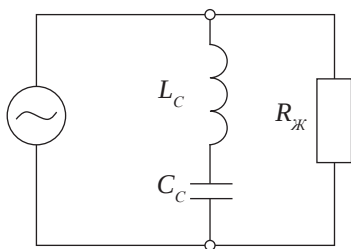
30-сурет.

Радиоқабылдағышты резонанстық жиілікке баптау

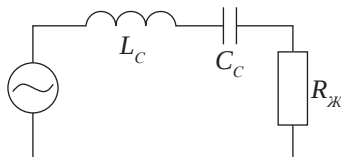


31-сурет. Компьютерге арналған желілік сүзгі

Егер қабылдағыш арқылы тек белгілі бір жиіліктегі ток өтсе, онда LC -тізбек қабылдағышқа тізбектей жалғанады (33-сурет). Бұл жағдайда сигналдың резонанстық жиіліктегі құраушысы жүктемеге шығынсыз өтеді, басқа жиіліктердің сигналдары әлсірейді.



32-сурет. Резонанстық жиіліктегі сигналды ұстайтын сүзгі



33-сурет. Резонанстық жиіліктегі сигнал шығаратын сүзгі

IV Резонанстың зиянды әсерлері

Резонанс жағдайында шарғы мен конденсатордағы кернеу актив кедергінің төмен мәндерінде кірістегі кернеуден бірнеше есе артық болуы мүмкін. Мұны диэлектрик қабатының тесілуін және шарғы оқшаулағышының жануын болдырмау үшін үнемі ескерген жөн.

Электр энергетикада кернеулер резонансы тұтынушыны жүктемесі жоқ ұзын кабельді желі генераторына жалғау жағдайында орындалады. Бұл желіге қосымша жүктеме жалғауға мүмкіндік береді.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Сыйымдылығы $C = 0,1$ мкФ конденсатор, индуктивтілігі $L = 6$ мГн болатын шарғы және актив кедергісі $R = 20$ Ом реостат өзара тізбектей жалғанған. Резонанстық жиілікті, конденсатордағы және шарғыдағы резонанстық жиіліктегі кернеудің максимал мәндерін есептеңдер. Тізбекке берілетін кернеудің максимал мәні $U_{\max} = 4$ В.

Берілгені:	ХБЖ	Шешуі:
$C = 0,1 \text{ мкФ}$	$0,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$	Тербелістердің резонанстық жиілігі: $\nu_{\text{рез}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
$L = 6 \text{ мГн}$	$6 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$	Резонанстық жиіліктегі конденсатор мен шарғыдағы кернеудің максимал мәні:
$R = 20 \text{ Ом}$		$U_{L\max} = U_{C\max} = U_{\max} \cdot \frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}}$.
$U_{\max} = 4 \text{ В}$		Белгісіз шамаларды есептейік:
$\nu_{\text{рез}} - ?$	$U_{C\max} - ?$	
$U_{L\max} - ?$		

$$\nu_{\text{рез}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{6 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}} \approx 6,5 \text{ кГц};$$

$$U_{L\max} = U_{C\max} = 4 \text{ В} \cdot \frac{\sqrt{6 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}}}{20 \text{ Ом} \cdot \sqrt{0,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}} \approx 49 \text{ В}.$$

Жауабы: $\nu_{\text{рез}} \approx 6,5 \text{ кГц}; U_{L\max} = U_{C\max} \approx 49 \text{ В}.$

Бақылау сұрақтары

1. Резонанс құбылысы қайда және қандай тізбектерде байқалады?
2. Ток және кернеу резонансы қандай шарттар орындалғанда пайда болады?
3. Резонанстық жиілік қалай анықталады?
4. Кернеу резонансы құбылысының қалай алдын алуға болады?

★ Жаттығу

5

1. Конденсатор мен шарғы тізбектей жалғанған. Сыйымдылық кедергі $X_c = 5000$ Ом. Егер $\nu = 20$ кГц жиілікте кернеу резонансы байқалатын болса, тізбекке жалғанған шарғының индуктивтілігін анықтаңдар.
2. Тербелмелі контурдағы сыйымдылығы $C_1 = 1$ мкФ конденсаторда тербеліс жиілігі 400 Гц болғанда резонанс пайда болады. Сыйымдылығы C_1 конденсаторының орнына сыйымдылығы C_2 конденсаторды жалғағанда резонанстық жиілік 100 Гц болады. Екінші конденсатордың сыйымдылығын табыңдар.
3. Активті кедергісі $R = 100$ Ом реостат, индуктивтілігі $L = 5$ мГн шарғы және сыйымдылығы $C = 0,05$ мкФ конденсатор тізбектей жалғанған. Резонанстық жиілікті, резонанстық жиілік кезіндегі конденсатор мен шарғыдағы кернеулердің максимал мәндерін анықтаңдар. Тізбекке берілген кернеудің әсерлік мәні $U = 10$ В.
4. Активті кедергісі $R = 2$ Ом және индуктивтілігі $L = 75$ мГн шарғы айнымалы сыйымдылықты конденсатормен бірге кернеуінің әсерлік мәні $U = 50$ В, жиілігі $\nu = 50$ Гц желіге тізбектей жалғанған. Кернеулер резонансы кезінде конденсатордың C сыйымдылығын және шарғыдағы U_L кернеу мәнін, конденсатордағы U_C кернеу мәнін табыңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Ток резонансы мен кернеу резонансының айырмашылығы неде?
2. Ток және кернеу резонансының электртехника мен радиотехникада қолданылуы.

§ 6. Электр энергиясын өндіру, тасымалдау және қолдану. Трансформатор

Күтілетін нәтиже:

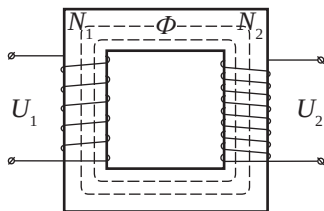
Осы параграфты игергенде:

- электр энергиясын тасымалдау үшін жоғары кернеудегі айнымалы токтың экономикалық артықшылықтарын түсіндіре аласыңдар.



Назар аударыңдар!

Тұрмыста және техникада қуаттары әртүрлі электр аспаптары қолданылады, қуат беру үшін жиілігі 50 Гц айнымалы токтың өндірістік желісі пайдаланылады. Бұл желідегі ток көздері электрстансыларында болатын айнымалы токтың индукциялық генераторлары болып табылады. Айнымалы ток тұтынушыларға электр желісінің сымдары арқылы беріледі.



35-сурет. Трансформатордың принциптік сұлбасы

I Трансформатор, тасымалдау коэффициенті

Тұтынушылар әртүрлі кернеулерді қажет етеді, сондықтан оны түрлендіру қажеттілігі туындады.

Айнымалы ток кернеуін түрлендіру үшін қолданылатын аспап *трансформатор* деп аталады (34-сурет).



34-сурет. Күш трансформаторы, ҚР, Кентау қаласы

Трансформатор тұйықталған болат өзекшеден және орам сандары әртүрлі екі немесе бірнеше орамдан тұрады (35-сурет). Трансформатордың жұмыс істеу принципі электрмагниттік индукция құбылысына негізделген. Трансформатордың бірінші реттік орамасын кернеуі U_1 айнымалы ток тізбегіне жалғанда, орама арқылы өзекшеде Φ айнымалы магнит ағынын тудыратын i_1 ток өтеді. Бұл магнит ағыны трансформатор орамаларындағы электр қозғаушы күштері болып табылады:

$$e_1 = -N_1\Phi' \text{ және } e_2 = -N_2\Phi', \quad (1)$$

мұндағы N_1 – бірінші реттік орамадағы орам саны, N_2 – трансформатордың екінші реттік орамасындағы орам саны. Трансформатор орамаларында ЭҚК қатынасы орамдар санымен анықталады:

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{-N_1\Phi'}{-N_2\Phi'} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (2)$$

Алынған қатынас ЭҚК-ның әсерлік мәндері үшін орындалады, себебі орамалар өзекшелеріндегі ағын бірдей фазада өзгереді:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (3)$$

Ом заңының негізінде активті кедергісі аз бірінші реттік орамаға түсірілген кернеу теріс таңбамен алынған индукция ЭҚК-сына тең:

$$u_1 + e_{11} = 0$$

немесе $u_1 = -e_{11}$.

Кернеудің және ЭҚК-ның әсерлік мәндері мынаған тең:

$$U_1 = \varepsilon_1. \quad (4)$$

Екінші реттік шарғы үшін ε_2 индукция ЭҚК-сы шарғыға:

$$\varepsilon_2 = U_2 \quad (5)$$

жүктеме қосылған кезде, шығыстағы U_2 кернеуге тең. Бұл жағдайда трансформатор бос жүріс тәртібінде болады. (4) және (5) өрнектерді ескерсек, (3) теңдеу мына түрге келеді:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (6)$$

Трансформатордың бірінші реттік орамасындағы орамдар санының екінші реттік орамадағы орамдар санына қатынасын *тасымалдау коэффициенті* деп атайды:

$$k = \frac{N_1}{N_2}. \quad (7)$$



Есте сақтаңдар!

Егер шарғының активті кедергісі ескеруге тұрарлықтай және екінші ретті орамаға жүктеме жалғанған болса, онда бірінші орамаға түсірілген кернеу мынаған тең:

$$U_1 = \varepsilon_1 + I_1 R_{L1} \quad (8)$$

Екінші ретті орамадағы ЭҚК:

$$\varepsilon_2 = U_2 + I_2 R_{L2}, \quad (9)$$

мұндағы $U_2 = I_2 R_2$ – жүктемедегі кернеу, I_2 – трансформатордың екінші ретті орамасындағы токтың әсерлік мәні. Онда (3) формула мына түрге келеді:

$$\frac{U_1 - I_1 R_{L1}}{U_2 + I_2 R_{L2}} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (10)$$



Жауабы қандай?

1. Трансформаторлар не үшін қажет?
2. Неліктен тізбекте электрберілісі желісіндегі кернеу сымдарға қарағанда жоғары болады?
3. Инвертордың қолданылу мақсатын анықтаңдар.



Есте сақтаңдар!

Егер тасымалдау коэффициенті 1 санынан артық $k > 1$ болса, онда трансформатор төмендеткіш: $U_2 < U_1$. Ал $k < 1$ болса, трансформатор жоғарылатқыш: $U_2 > U_1$ болады.



Жауабы қандай?

Жоғарылатқыш трансформаторды төмендеткіш трансформатор ретінде және керісінше қолдануға бола ма?

II Трансформатордағы ток күші мен ток қуаты

Токты тасымалдау кезінде тербеліс жиілігінің кернеуі сақталады. Ток қуаты өзгермейді. Трансформатордың ПӘК-і 99%-ке жетеді. Орамаларды қыздыру және өзекшесінің қайта магниттелуі кезінде аз ғана энергия шығындалады. $P_1 \approx P_2$ деп санап,

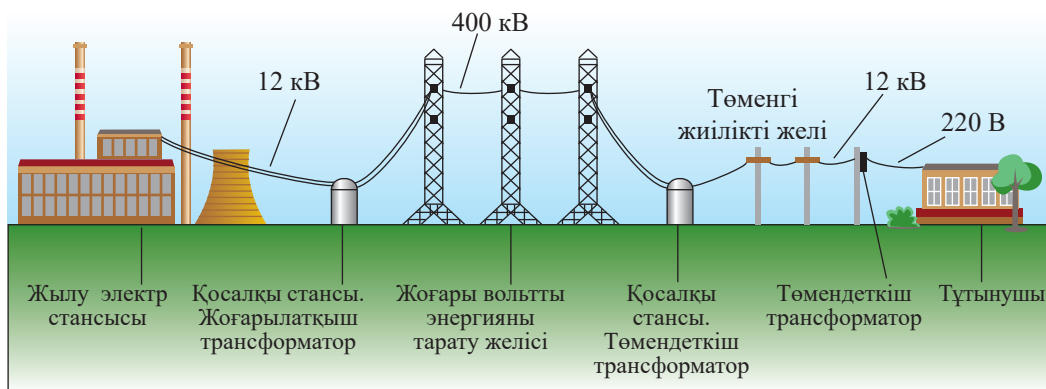
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (11)$$

екенін дәлелдеу қиын емес. Кернеудің тасымалдануы кезінде ток күшінің де тасымалдануы орындалады.

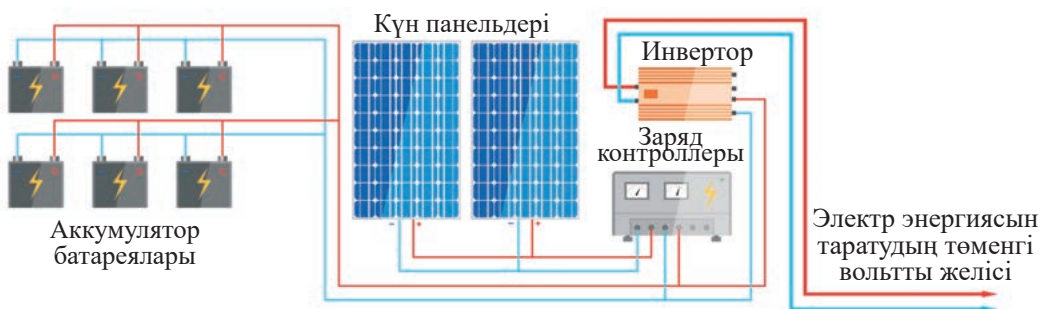


1-тапсырма

36 және 37-суреттерде бейнеленген электр энергиясының берілу сұлбаларын қарастырыңдар. Олардың айырмашылығы неде?



36-сурет. Индукциялық генераторда электр энергиясының өндірілуі және тұтынушыларға берілуі



37-сурет. Күн батареясынан өндірістік желі арқылы электр энергиясының өндірілуі және тұтынушыларға берілуі

III Электртасымалдаушы желілер (ЭТЖ)

Барлық электрстансылар Жерде бірқалыпты таралмаған табиғи энергия қорларының маңында орналасқан, сондықтан бір аймақтардан алынған электр энергиясы басқа аймақтарға электртасымалдаушы желілер арқылы беріледі. Электртасымалдаушы желі сымдары меншікті электр кедергісі аз металдардан жасалатынына қарамастан, олардың кедергілері жоғары мәнге ие болады.



Жауабы қандай?

Негізгі электртасымалдаушы желілерде энергия шығынын сымның қалыңдығын арттыру арқылы төмендетпейді?

Жүздеген және мыңдаған километрлерге электр энергиясын тасымалдау барысында энергияның жылудық шығыны жоғары болса, электр энергиясы тұтынушыға жетпей қалады. Электр энергиясын тасымалдау кезінде энергия шығынын азайту практикалық маңыздылыққа ие болып отыр. Джоуль – Ленц заңы:

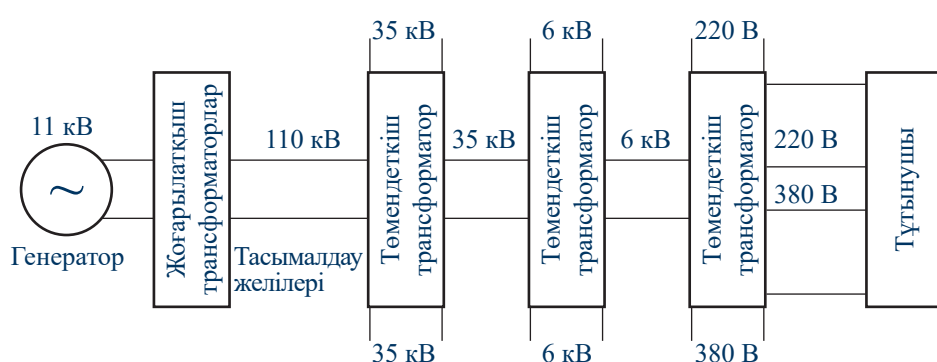
$$Q = I^2 R t \quad (12)$$

электр тасымалдаушы желілердегі ток күшін кеміту шығын мәселесін шешудің ең тиімді жолы екенін көрсетеді. Ток күшін он есе кеміту энергия шығынын жүз есе кемітуге мүмкіндік береді.



2-тапсырма

1. Диаметрі 1 мм алюминий екі сымнан тұратын электр тасымалдаушы желілердің әрбір километрiнiң кедергiсi 20 Ом екенiн дәлелдендер.
2. Кернеу 12 кВ-тан 400 кВ-қа артқанда энергия шығыны неше есе азаяды?
3. 38-суретте бейнеленген электр тасымалдаушы желілердің принциптік сұлбасын түсіндіріңдер.



38-сурет. Электр тасымалдаушы желілердің принциптік сұлбасы

Бақылау сұрақтары

1. Трансформатор деген не және ол неден құралады?
2. Трансформатор не үшін қолданылады?
3. Трансформатордың бірінші реттік орамасы тізбегіндегі ток көзінен екінші реттік орамасындағы жүктемеге энергия беру қалай орындалады?
4. Энергияны тасымалдау желілері қандай мақсаттарда қолданылады?



Жаттығу

6

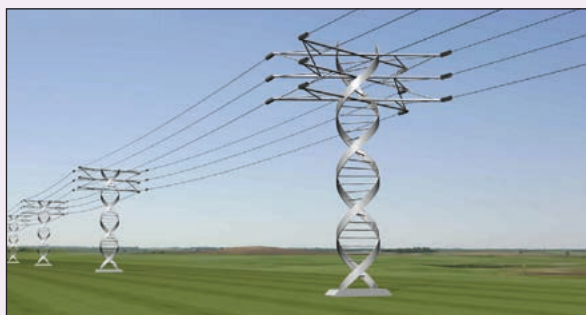
1. Трансформатордың орам саны $N = 200$ екінші реттік орамасынан уақыт бойынша $\Phi = 0,02 \cos 100\pi t$ заңымен өзгертін магнит ағыны өтеді. Екінші реттік орамадағы ЭҚК-ның уақытқа тәуелділігінің формуласын жазыңдар және ЭҚК-ның әсерлік мәнін анықтаңдар.
2. Трансформатордың бірінші реттік орамасындағы ток 0,5 А, ал оның ұштарындағы кернеу 220 В. Трансформатордың екінші орамасындағы ток 11 А, ал оның ұштарындағы кернеу 9,5 В. Трансформатордың пайдалы әсер коэффициентін табыңдар.

3. Трансформатордың бірінші реттік орамасын айнымалы ток тізбегіне жалғағанда екінші реттік ораманың ұштарында 30 В кернеу пайда болады. Осы айнымалы ток тізбегіне екінші реттік ораманы жалғағанда бірінші реттік ораманың ұштарында 120 В кернеу болады. Бірінші реттік ораманың орамдар саны екінші реттік ораманың орамдар санынан неше есе артық?
4. Трансформатордың қуаты 132 Вт. Бірінші орамада 60 орам бар және оған әсерлік мәні 12 В болатын кернеу берілген. Тізбекте әсерлік мәні 0,6 А болатын ток болса, онда екінші реттік ораманың орамдар саны неше болады? Энергия шығынын елемеуге болады.
5. Егер электр желілеріндегі ток күші 20 есеге кемісе, онда электр энергиясының шығыны қанша есе кемиді? ЭТЖ ток күшін азайту үшін қандай құрылғы қолданылады?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар.

1. Трансформаторлардың жасалу тарихы. Трансформаторлардың тарихы. ҚР-дағы трансформатор өндірісі.
2. Қазақстандағы және әлемдегі электртасымалдаушы желілердің (ЭТЖ) негізгі сипаттамалары (39-сурет).



39-сурет. Электртасымалдаушы желілердің тіреуіштері

§ 7. Қазақстандағы және әлемдегі электр энергиясының өндірісі мен қолданылуы

Күтілетін нәтиже:

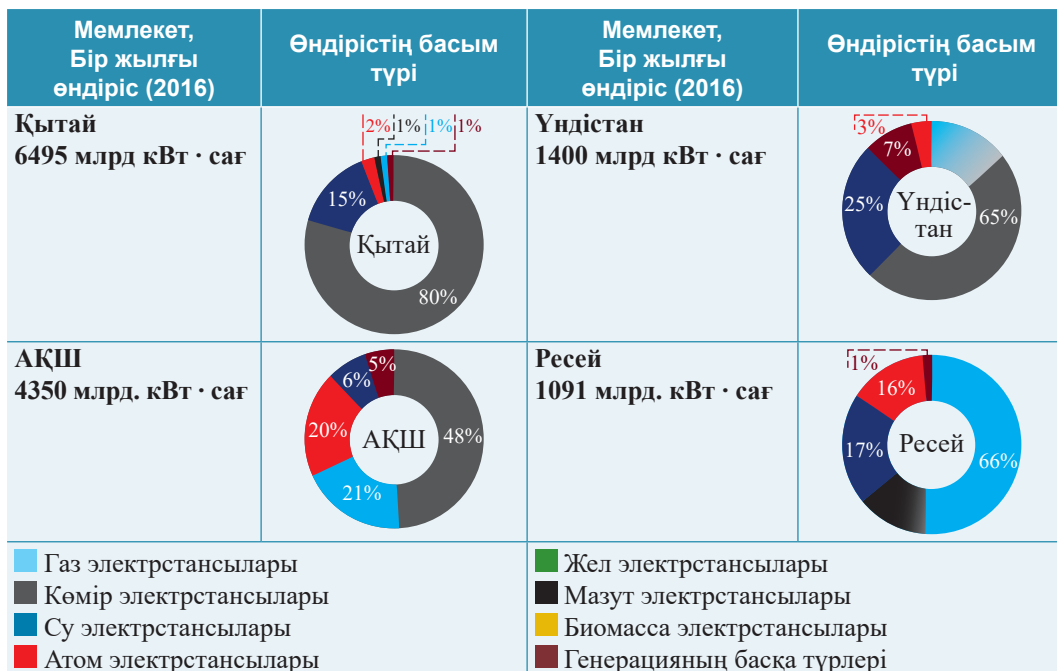
Осы параграфты игергенде:

- Қазақстандағы электр энергиясы көздерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалай аласыңдар.

I Қазақстандағы және әлемдегі электр энергиясын өндіру технологиясы. Электр энергиясын өндіру саласының көшбасшылары

XX ғасырдың соңына дейін көптеген мемлекеттерде электр энергиясын өндіру айнымалы ток генераторын қолдану арқылы жүзеге асты. Генераторларда құлаған су және мұнай, газ, көмір, шымтезек сияқты органикалық отын энергиялары мен атом энергиясы

электр энергиясына айналады. XXI ғасырда адамзат энергияның баламалы көздерін қолдануға көшті. Әлемдік энергетиканың статистикасы электр энергиясын өндіру бойынша Қытай, АҚШ және Үндістан көш бастап тұрғанын көрсетті. 40-суретте көш басындағы мемлекеттердің өндіріс технологиясы бойынша 2016 жылғы статистика берілген.



40-сурет. Көшбасшы мемлекеттердегі электр энергиясын өндіру технологиясы

Бұл қызық!

Адамзаттың электр энергиясын өндіруі 1870 жылдардың соңында басталды. Осы кезде бавариялық инженер З.Шуккерт Этталь қаласында алғашқы электрстансысын тұрғызған болатын. Ол Линдерхоф сарайы бақшасында орналасты. Себебі оның ішінде жарықтандыру қажет болған Венера үңгірі бар еді. Жарықтандыру үшін шам жеткіліксіз болды да, Шуккерт тәжірибе жасауға бел буды. Оның электрстансысы 24 бу қозғалтқышына жалғанған 24 динамоэлектрлік генератордан тұрды.

Электр энергиясын өндіру Қазақстанда 2016 жылы 92 млрд кВт · сағ-ты құрады, рейтингте Қазақстан елі 35-орында болды.

2018 жылы «Қазақстанның электр энергетикасы саласының ұзақмерзімді даму стратегиясы» атты энергетикалық форум өтті. Онда энергетика саласының дамуына әсер ететін тұтынушылар тарапынан электржабдықталу сапасы мен сенімділігіне қойылатын талаптардың, экологиялық және өндірістік қауіпсіздік талаптарының артуы, жаңартылатын энергия көздерін дамыту, энергетикалық жүйені жаһандандыру сияқты негізгі мақсаттар анықталды. «Электр желілерін басқару жөніндегі Қазақстан компаниясының» төрағасы әлемдік электр энергиясын дамытудың жаңа тұжырымдамасы – Smart Grid интеллектуалды энергожүйе тұжырымдамасы осы мақсаттарға сәйкес келетінін атап өтті. Интеллектуалды энергожүйенің негізі – заманауи сандық технологиялар және энергожүйенің басқарылатын күштік элементтері. 2017 жылы XI Еуразиялық KAZENERGY форумында Қазақстанның стратегиясында дәстүрлі энергияның жоғары көрсеткіштерімен қатар баламалы, оның ішінде жаңартылатын энергия көздерінің кезеңдер бойынша дамуына да басты назар аударылатыны туралы айтылды. Онда Қазақстан баламалы және жаңартылатын көздерді энергия балансына тарту арқылы олардың жалпы энергия көлеміндегі үлесі 2020 жылға қарай 3 %-ті, 2030 жылдарға қарай 10 %-ті, 2050 жылдарға қарай 50 %-ті құрауы керек екені көрсетілген. Жасыл экономикаға өту мәселелерімен ЭКСПО-2017 базасында құрылған Жасыл технологиялардың халықаралық орталығы айналысады.



1-тапсырма

1. «Электр энергиясының дәстүрлі және дәстүрлі емес көздері» кестесін құрыңдар.
2. Электр энергиясын алу-дың дәстүрлі әдістерінің артықшылығы неде? Кемшіліктері неде?
3. Қазақстанда электр энергиясын өндіруде қандай технологиялар қолданылады?



2-тапсырма

1. Берілген 2016 жылғы электр энергиясын өндіру рейтингісінің негізінде «Жапониядағы, Германиядағы және Қазақстандағы электр энергиясы өндірісіндегі басым технологиялар» тақырыбында диаграмма құрастырыңдар.
2. Интернет желісінен өткен жылға арналған статистика мәліметтерін тауып, 2016 жылғы статистикамен салыстырыңдар. Көрсетілген мемлекеттерде электр энергиясы өндірісінің көлемі және технологиялары бойынша қандай өзгерістер орын алған?

Жанғыш отын			Су электрстансысы			Ядролық энергия		
№	Мемлекет	млн кВт · сағ	№	Мемлекет	млн кВт · сағ	№	Мемлекет	млн кВт · сағ
1	ҚХР	3942347	1	ҚХР	1208383	1	Франция	449263
2	Үндістан	1110531	2	Канада	342427	2	Жапония	288230
3	Жапония	765570	3	Бразилия	333763	3	Ресей	189006
4	Ресей	640390	4	Ресей	169984	4	Оңтүстік Корея	174030
5	Германия	347000	5	Норвегия	140698	5	Қытай	153463
6	Оңтүстік Корея	334942	6	Үндістан	116980	6	Канада	11917
7	Иран	262934	7	Жапония	71909	7	Германия	96968
8	Мексика	193012	8	Италия	64991	8	Үндістан	37976

Жанғыш отын			Су электрстансысы			Ядролық энергия		
9	Аустралия	190406	9	Франция	60528	9	Чехия	29905
10	Египет	164662	10	Парагвай	50175	10	Бельгия	24762
17	Қазақстан	98233	35	Қазақстан	8795		Қазақстан	—
Күн энергиясы			Жел энергиясы			Геотермальды энергия		
1	Германия	41102	1	ҚХР	170959	1	Филиппин	11012
2	ҚХР	24814	2	Германия	63006	2	Индонезия	9357
3	Италия	23023	3	Канада	26875	3	Жаңа Зеландия	8043
4	Үндістан	6491	4	Үндістан	18911	4	Италия	5231
5	Греция	3936	5	Бразилия	17840	5	Мексика	4054
6	Франция	3291	6	Франция	17064	6	Исландия	2402
7	Оңтүстік Корея	2960	7	Италия	15459	7	Кения	1559
8	Чехия	2213	8	Дания	15035	8	Жапония	1556
9	Румыния	2181	9	Аустралия	12544	9	Коста-Рика	645
10	Канада	2013	10	Португалия	12208	10	Сальвадор	466
	Қазақстан	—	54	Қазақстан	21		Қазақстан	—

II Дүниежүзіндегі жаңартылатын энергия көздерінен электр энергиясын өндірудің табысты технологиялары

Ең тиімді жаңартылатын энергия көзі Күн энергиясы болып табылады. Егер алғашқы батареялардың ПӘК-і 1–2%-ті құраса, ХХІ ғасырдың басында олардың ПӘК-і 30%-ке жетті.

Еуропада жел және Күн энергетикасы қарқынды дамуда. Желқондырғылары және гелиоқондырғылары энергия өндіру тұрақсыздығына байланысты ірі электр желілерінің негізгі элементтері бола алмады. Олардың энергожүйедегі үлесі 20%-тен асуда, бұл қосымша қуат реттеуіштерді енгізуді талап етеді. Қазіргі кезеңде ірі электр желілерінің қуатын реттеуші рөлін үлкен су электр стансылары (СЭС) атқаруда. Еуроодақ «жасыл энергетикадағы» қуатты реттеуіштер мен жинақтауыштар мәселелерін шеше алды: Батыс Еуропада «аккумулятор батереясы» рөлін көп су жинақтаушы электрстансылары (СЖЭС) бар Норвегия елі атқарды. Электр энергиясының жетіспеушілігі орын алған кезде СЖЭС-тардағы сорғылар су қоймасының төменгі бьефтарындағы суды жоғары бьефтарына тартады. Электр тұтынудың көрсеткіші максимал болғанда су жоғарыдан қайта төменгі бьефтарға жіберіліп, генераторды қозғалысқа келтіреді. Норвегия жоғарывольтты ЭТЖ-мен Швециямен, Даниямен және Нидерландымен жалғанған. 2020 жылы бұл желіге Германия қосылады. Қуаты 1400 МВт, ұзындығы 623 километр жалғастырушы ЭТЖ-ны жүргізу туралы келісімге 2015 жылы ақпанда қол қойылды. Бұл ЭТЖ Германияда тұтылатын электр энергиясының 3%-ін қамтамасыз етеді.



Жауабы қандай?

Қандай мемлекеттер электр энергиясы өндірісіне «жасыл технологияларды» енгізуде?



3-тапсырма

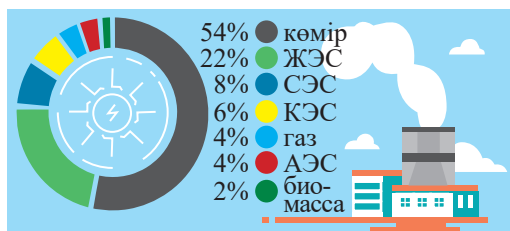
Өздеріңе белгілі дүние жүзіндегі жаңартылатын энергия көздерінен электр энергиясын өндірудің табысты технологияларына мысал келтіріңдер.

Исландияда электр энергетиканың басым бөлігі геотермальды көздерді қолданады. 2014 жылы жалпы еуроодақта жылдық энергетикалық статистика бойынша (Global Energy Statistical Yearbook 2015) КЭС-ті қоса алғанда жаңартылатын энергия көздерінің үлесі 30%-ті құрады, кейбір елдерде, мысалы Норвегияда 98%-ке дейін жетті. АҚШ пен Бразилияда жаңартылатын энергия көздерінің ең көп қолданысқа ие түрі – биомасса. Бұл елдер дүниежүзінде қолданылатын биоотын – биоэтанолдың 2/3 бөлігін өндіреді. АҚШ-та жүгеріні отынға түрлендіру жұмыстары жүргізілсе, Бразилияда қант қамысы өсіріледі. Биоэтанол жанғанда атмосфераға шығарылатын зиянды қалдықтардың көлемі қарапайым бензинге қарағанда өте аз. Қант қамысынан алынған этанолдың парниктік газ түріндегі зиянды қалдықтары басқа отын түрлеріне қарағанда шамамен 80%-ке, ал жүгеріден алынған этанол 30%-ке дейін азайтады.

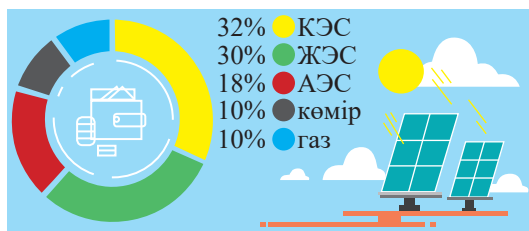
III 2040 жылға дейін Азиядағы энергетиканың дамуына болжам

Әлемдегі көмірді тұтынатын ЖЭС-нің басым бөлігі орналасқан Азияда көмір күні бүгінгі дейін негізгі энергия көзі болып отыр. 2016 жылы көмір стансыларының үлесі 54%-ті құрады (41-сурет).

2040 жылдарға қарай көмір стансыларында электр энергиясын өндіруге бөлінетін инвестиция үлесін 10%-ке дейін азайтып, Күн энергиясы және жел сияқты жаңартылатын көздерден электр энергиясын алуға жұмсалатын шығынды арттыру көзделіп отыр (42-сурет). Жылу стансыларында негізінен көмірді қолданатындықтан, парниктік газдар шығарудан Қытай алдыңғы орында тұр. Дегенмен ол 2013 жылы алғаш рет «жасыл энергетикаға» салынған инвестиция жағынан көшбасшы болды. Қытайдың осындай белсенді әрекеттері нәтижесінде 2014 жылы алғаш рет әлемдік экономиканың дамуымен қатар жүретін көмірқышқыл газының бөлінуінің артуы процесі байқалмады. Бұны БҰҰ аясында жұмыс жасайтын «XXI ғасырға арналған жаңартылатын энергия саясатының жүйесі» ұйымы ұсынған есептен көруге болады. Бүгінгі күні тек дамыған елдердің ғана емес, дамушы елдердің де энергетикалық даму жоспарларының маңызды бөлімі жаңартылатын энергия көздерін арттыру болып табылады.



41-сурет. Азия елдеріндегі алынатын электр энергиясының құрылымы, 2016 жыл



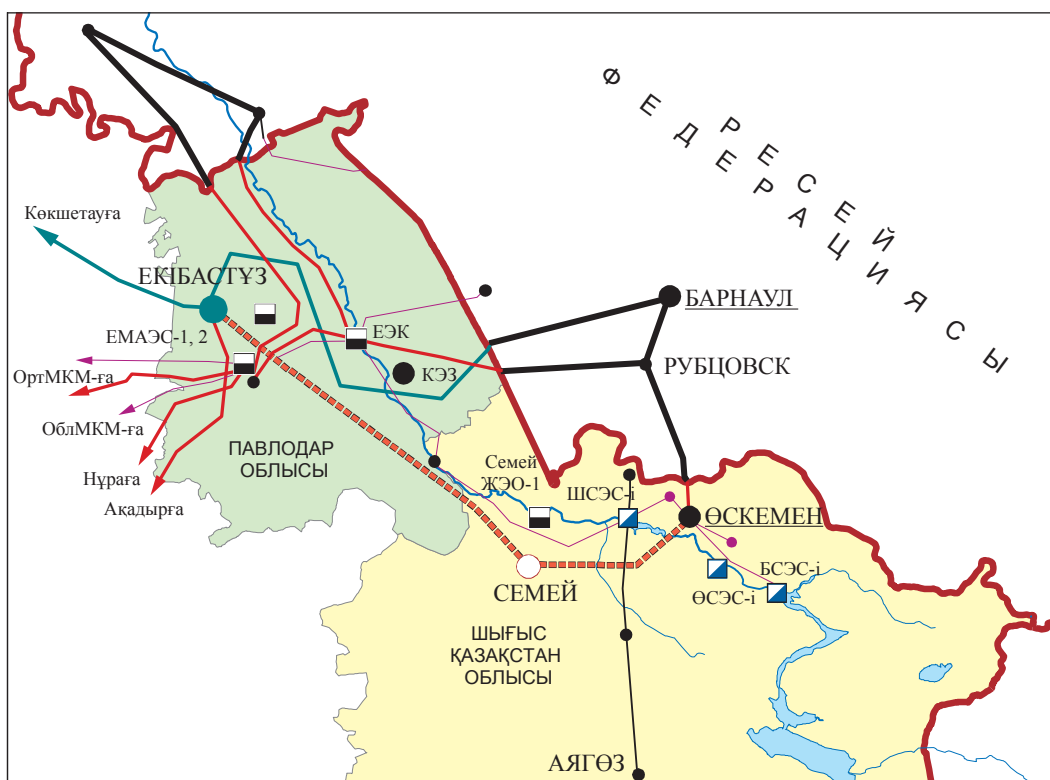
42-сурет. Электр энергиясы өндірісінің әртүрлі технологияларын дамытуға жоспарланған инвестицияның үлесі

IV Қазақстанда электр энергиясын өндіру және тасымалдау мәселелері

Қазақстан экономикасының дамуы электр энергия өндірісінің қосымша көлемін талап етеді. Электр энергиясын тұтыну соңғы жылдары Қазақстанда жылына 4–5%-ке

артуда. KazEnergy болжамдары бойынша экономика дамуының оң динамикасы сақталған жағдайда 2030 жылы электр энергиясын тұтыну 144,7 млрд кВт·сағ-ты құрайды, бұл 2015 жылмен салыстырғанда 58%-ке артық. Электр энергиясын тұтынудың артуын 2030 жылдары құрылғылардың қайта жабдықталуы, қолданыстағы электрстансыларының, оның ішінде Балқаш ЖЭС-ның, Торғай ЖЭС-ның қуатын арттыру және жаңа электр стансыларын тұрғызу арқылы қамтамасыз ету жоспарланып отыр.

Электр энергиясын қолдану тиімділігі көп жағдайларда электр энергиясын тасымалдау жүйесінің тиімділігіне тәуелді. Қазақстанда ЭТЖ-ң басым бөлігі кеңестік кезеңде тұрғызылған және қатты тозған, коррозиядан кедергі жоғарылап, электроқшаулау әлсіреген. Электр энергиясын тасымалдау және бөлу кезінде энергия шығыны 21,5%-ті құрайды, ал ауылдық жерлердегі желілердің энергия шығыны деңгейі 25–50%-ке жетеді. Ұлттық энергетикалық жүйенің (ҰЭЖ) алдына қойылған шешімін табу керек міндеттердің бірі – Солтүстік–Оңтүстік және Солтүстік–Шығыс негізгі бағыттары бойынша желілердің өткізу қабілетін төмендету, Республиканың бірыңғай электр жүйесімен Батыс Қазақстанның байланысының жоқтығы, техникалық жабдыкталудың жеткіліксіздігі. 2017 – 2018 жылдары ұзындығы 678 км «Екібастұз – Семей – Өскемен» (43-сурет) және ұзындығы 883 км «Семей – Ақтоғай – Талдықорған – Алматы» электр тасымалдау желісінің құрылысы аяқталды (44-сурет).



43-сурет. «Екібастұз – Семей – Өскемен» ЭТЖ-лері



44-сурет. «Семей – Ақтоғай – Талдықорған – Алматы» ЭТЖ

----- Қолданыстағы ЭТЖ,

==== 2018 жылы салынған ЭТЖ.



Бұл қызық!

1. 2010 жылдан бері Қазақстанның тұтынатын энергия мөлшері өндіретін энергия мөлшерінен көп. Солтүстік Қазақстан Екібастұз 1-ЖЭС-да өндірілген электр энергиясын Ресейге экспорттайды, ал оңтүстік электр энергиясын Қырғызстан мен Өзбекстаннан сатып алады. 2010 жылы Қазақстанда 6,2 млрд кВт·сағ электр энергиясы импортталып, 4,7 млрд кВт·сағ электр энергиясы экспортталған.
2. «Екібастұз – Көкшетау» электр тасымалдау желісі жобалық кернеуі 1150 кВ «Сібір – Орталық» жоғарывольтты электр тасымалдау желісіне кіреді (45-сурет). Әлемде мұндай жоғары кернеумен жұмыс істейтін басқа желі жоқ. 1988–1991 жылдары Екібастұз – Көкшетау – Қостанай ЭТЖ-сі 1150 кВ номинал кернеумен жұмыс жасады. Қазіргі кезде ол 500 кВ кернеумен жұмыс жасайды. Ұзындығы 432 км желі бөлігі орташа биіктігі 45 м электр тіректерінде орналасқан. Сымдардың салмағы шамамен 50 мың тонна. Желі 2009 жылы Саян–Шушен СЭС-ындағы апаттан кейін Сібір аймағындағы қуаттардың түсуін болдырмау үшін қолданған.



45-сурет. Жобалық кернеуі 1150 кВ болатын «Екібастұз – Көкшетау» ЭТЖ

Бақылау сұрақтары

1. Электр энергиясын алу үшін дүниежүзі елдерінде энергияның қандай түрлері қолданылады?
2. Неліктен ХХІ ғасырда жаңартылатын энергия көздерін қолдану өзекті бола түсті?
3. Әлемде электр энергиясын өндіру бойынша қандай жаһандық өзгерістер орын алуда?
4. Қазақстанда электр энергиясын өндіру мен тасымалдаудағы мәселелер қалай шешілуде?



Жаттығу

7

1. Параграфта берілген кесте бойынша Германияда, Оңтүстік Кореяда, Мексикада және Қазақстанда өндірілген электр энергиясының жаңартылатын көздерден алынған үлесін анықтаңдар.
2. Алынған нәтижелер бойынша диаграмма құрастырыңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Қазақстандағы электр энергиясын өндіру мен тұтыну.
2. Жаңартылатын және баламалы энергия көздері мен олардың ҚР-дағы даму болашағы.
3. Дүниежүзі елдеріндегі атомдық энергетика. ҚР-дағы атомдық энергетиканың даму болашағы.

1-кесте. Биоотын – этанолдың мемлекеттер және шикізат түрі бойынша шығарылуы

Ауылша- руашылық дақылы	Дүниежүзілік бағалау/Елдер бойынша бағалау	Биоотын	Дақылдың өнімділігі (тонна/га)	Түрлену тиімділігі (литр/тонна)	Биоотын өндірілімі (литр/га)
Қант қамысы	Бразилия	Этанол	73,5	74,5	5476
Қант қамысы	Үндістан	Этанол	60,7	74,5	4522
Жүгері	АҚШ	Этанол	9,4	399	3751
Жүгері	Қытай	Этанол	5,0	399	1995
Маниока	Бразилия	Этанол	13,6	137	1863
Маниока	Нигерия	Этанол	10,8	137	1480

2-кесте. Биоотын өндіретін елдердегі халық және жеңіл автокөліктердің автопарк саны

№	Мемлекет	Автокөлік/1000 адам	Жылы	Халық саны
1	АҚШ	809	2018	327 631340
2	Бразилия	249	2016	206081432
3	Қытай	154	2016	1395000000



Жауабы қандай?

1. Этанолды қандай шикізаттан өндіреді?
2. Қай мемлекетте шикізатты этанолға түрлендіру тиімділігі жоғары? Ол немен байланысты?



Тапсырма

Мәшинелер толығымен этанол қолданған жағдайда АҚШ, Бразилия және Қытай үшін отынның жылына тұтынылатын мөлшерін анықтаңдар. Мәдени өсімдіктерді егу үшін қандай аудан қажет? Барлық ауданды суару үшін қажетті су шығынын анықтаңдар. Есептеулерде 100 км үшін этанолдың орташа шығынын 8 л деп алыңдар, бір автокөліктің жылына орташа жүретін жолы 17 мың км. Өсімдіктердің өнімділігі жоғары болуы үшін олардың тұтынатын маусымдық су көлемі шамамен 1100–1500 м³/га.



Бұл қызық!



46-сурет.

1998 жылы Алматыда LG Electronics зауыты салынды. Ол – Орталық Азиядағы әлемдік деңгейдегі электроника өндіретін алғашқы және жалғыз зауыт болды. Суреттерде теледидар жинау және мөрлік тақша жасау желілері көрсетілген (46-сурет).

3-тараудың қорытындысы

Айнымалы тоқты өндіру және тасымалдау

Генератор ЭҚК-сы	$e_i = \varepsilon_{\max} \sin \omega t ;$ $\varepsilon_{\max} = BS\omega N$	Кернеу және ток күшінің әсерлік мәндері	$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} ; I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
Генератор роторының айналу жиілігі	$\nu_p = \frac{50 \text{ Гц}}{n}$	Индуктивтілік кедергісі	$X_L = \omega L$
Айнымалы ток тізбегіндегі кернеудің лездік мәндері	$u = U_m \sin(100 \pi t + \varphi_0) ;$ $u = U_m \cos(100 \pi t + \varphi_0)$	Сыйымдылық кедергісі	$X_C = \frac{1}{\omega C}$
Айнымалы ток тізбегіндегі ток күшінің лездік мәндері	$i = I_m \sin(100 \pi t + \varphi_c) ;$ $i = I_m \cos(100 \pi t + \varphi_c)$	Резонанс шарты	$X_L = X_C ;$ $\omega = \omega_0$
Резонанс кезіндегі ток күшінің максимал мәні	$I_m = \frac{U_m}{R}$	Тасымалдау коэффициенті	$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
e_i	индукцияның ЭҚК-сының лездік мәні	B	U, I	кернеу және ток күшінің әсерлік мәндері	B, A
$\varepsilon_{\max}$	ЭҚК-ның максимал мәні	B	u, i	кернеу және ток күшінің лездік мәндері	B, A
B	магниттік индукция	$Tл$	U_m, I_m	кернеу және ток күшінің максимал мәндері	B, A
S	рама ауданы	$м^2$	R_L	шарғының активті кедергісі	$Ом$
N	генератор рамасындағы, трансформатор орамасындағы орам саны		R	активті кедергі	
ω	циклдік жиілік	$рад/с$	X_L	индуктивтілік кедергісі	$Ом$
ν_p	генератор роторының айналу жиілігі	$Гц$	X_C	сыйымдылық кедергісі	$Ом$
n	полустер жұптарының саны		k	тасымалдау коэффициенті	

Глоссарий

Индукциялық генератор – механикалық энергияны электр энергиясына айналдыратын құрылғы.

Тасымалдау коэффициенті – трансформатордың бірінші ретті орамасындағы орамдар санының екінші ретті орамадағы орамдар санына қатынасына тең шама.

Айнымалы ток – өткізгіштегі зарядталған бөлшектердің периодты түрде өзгеріп отыратын сыртқы электр қозғаушы күш әсерінен болатын еріксіз тербелістері.

ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР

«Электрмагниттік тербелістер» және «Айнымалы ток» тарауларында индукциялық генератор тудырған төменгі жиілікті электрмагниттік тербелістермен таныстыңдар. Олар электртехникада кең қолданысқа ие болды, төменгі жиілікті электрмагниттік тербелістердің энергиясын алу, тасымалдау және қолдану үшін құрылғылар жасалды.

Бұл тарауда радиотехниканың негіздері қарастырылады. Радиотехникада электрмагниттік толқындар көмегімен жоғары жиілікті тербеліс көзі мен қабылдағыш арасында сымсыз байланыс орнатылады.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

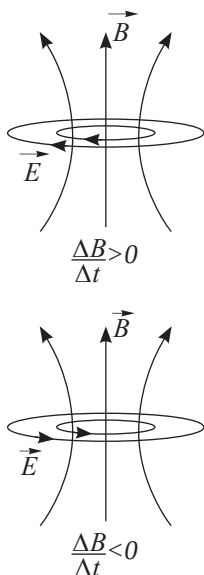
- электрмагниттік толқындардың пайда болу шарттарын түсіндіруді және олардың қасиеттерін сипаттауды;
 - жиіліктері жоғары электрмагниттік тербелістерді модуляциялауды және детекторлауды сипаттауды;
 - радиобайланыстың жұмыс істеу принципін түсіндіруді;
 - аналогтықпен салыстырғанда сандық форматтағы сигналды жіберудің артықшылықтарын түсіндіруді;
 - байланыс құралдарын жүйелеу және оларды жетілдірудің жолдарын ұсынуды үйренесіңдер.
- 

§ 8. Электрмагниттік толқындардың жұтылуы мен шығарылуы

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- электрмагниттік толқындардың пайда болу шарттарын түсіндіре аласыңдар және олардың қасиеттерін сипаттай аласыңдар.



47-сурет. Құйынды электр өрісінің күш сызықтары



1-тапсырма

Құйынды электр өрісінің кернеулігі кемігенде ол магнит индукциясы векторымен оң бұранда құрайтынын Ленц ережесінің негізінде дәлелдендер (47-сурет).



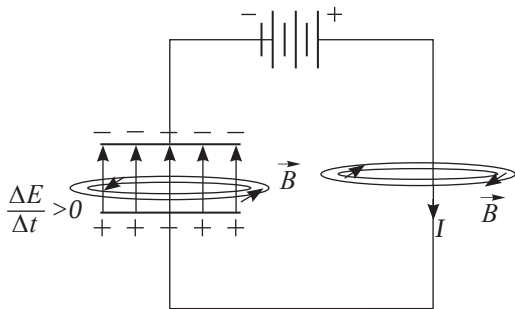
Жауабы қандай?

1. Қандай шарттар орындалғанда электрмагниттік өріс пайда болады?
2. Неліктен кеңістіктің берілген нүктесінде тек электр өрісі немесе тек магнит өрісі болады деген қорытынды нақты емес?

I Құйынды өріс. Максвелл гипотезасы

Электрмагниттік индукция құбылысын бақылап, М. Фарадей магнит өрісі өзгергенде күш сызықтары тұйықталған құйынды электр өрісін тудырады деп тұжырымдады. Олардың күш сызықтарының басы да, ұшы да жоқ, олар магнит индукция сызықтарын қамтиды. Құйынды өрістің күш сызықтарының бағытын Ленц ережесі бойынша анықтайды. Магнит индукциясы артқанда кернеулік векторы $\vec{E}$ магнит индукция векторымен $\vec{B}$ сол бұранда, кемігенде – оң бұранда құрайды (47-сурет).

Электр және магнит өрістерінің қасиеттерін зерттеп, Максвелл электр өрісі өзгертін барлық жағдайларда ол айнымалы магнит өрісін тудырады деп болжады. Максвелл гипотезасына сәйкес, конденсатор зарядталғанда магнит өрісі тек тогы бар өткізгіш айналасында ғана емес, конденсатор астарлары арасында да пайда болады (48-сурет). Осы кезде пайда болған өрістің магнит индукциясы векторы $\vec{B}$ кернеулік векторымен $\vec{E}$, егер электр өрісінің кернеулігі артса $\frac{\Delta E}{\Delta t} > 0$, оң бұранда құрайды, егер кернеулік кемісе $\frac{\Delta E}{\Delta t} < 0$, сол бұранда құрайды.



48-сурет. Конденсатор астарлары арасында айнымалы электр өрісі тудырган магнит өрісінің күш сызықтары



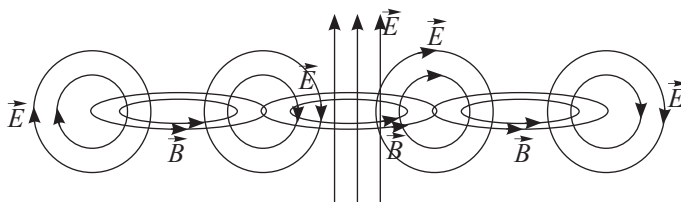
Естеріңе түсіріңдер!

Электрленген денелердің айналасында электрстатикалық өріс, тогы бар өткізгіш айналасында магнит өрісі пайда болады.

II Электрмагниттік толқындар.

Электрмагниттік толқындардың сәулелену шарттары

1865 жылы Максвелл теория жүзінде айнымалы электрмагниттік өріс кеңістікте электрмагниттік толқындар түрінде таралуы керек деп болжады. *Кеңістіктің қандай да бір нүктесінде электр өрісінің кез келген өзгерісі айнымалы магнит өрісін тудырады, ол өз кезегінде құйынды электр өрісін тудырады.* Электр өрісі кернеулігінің және магнит өрісі индукциясының тербелістерін кеңістіктің бір нүктесінен екіншісіне тасымалдағанда электрмагниттік өріс пайда болады (49-сурет).



49-сурет. Электрмагниттік толқынның таралуы

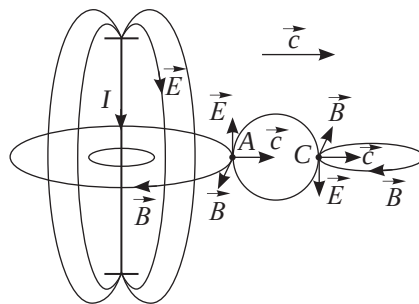
Электр өрісінің кернеулігі зарядталған бөлшектердің үдемелі қозғалысы кезінде өзгереді, демек, айнымалы ток электрмагниттік толқын көзі болуы мүмкін. Бірақ айнымалы токтың стандартты 50 Гц жиілігі жоғары энергиялы толқын тудыруға жеткіліксіз, зарядталған бөлшектердің тербеліс қарқындылығы өте аз. *Электрмагниттік толқындар тудыру үшін қажетті шарттардың бірі электрмагниттік тербелістердің ондаған мегагерц шамасындағы жоғары жиілігі болып табылады.* Мұндай жиіліктегі тербелістер тербелмелі контурда орындалады, бірақ жабық контур энергия шығармайды және толқын тудырмайды.

Толқын тудыру үшін тізбектің шарғыдағы қарсы фазалы токтың тербелістері бар бөлігін ажыратып, конденсатор астарларының арақашықтығын арттыру қажет. Бұл үшін шарғы орамдарын түзулеп, конденсатор астарлары аралығын ашу керек, *яғни ашық тербелмелі контур жасау қажет (50-сурет).* Осы шарттар орындалғанда жоғары жиілікті тербелістер тудыратын электрмагниттік өрістің энергиясы ашық тербелмелі контурдың кеңістігіне таралады.



2-тапсырма

Конденсатордың зарядталуы және разрядталуы кезіндегі электр және магнит өрістерінің күш сызықтарын бейнелеңдер. Олардың бағыттарын көрсетіңдер.



50-сурет. Ашық тербелмелі контурдың электр және магнит өрістері энергияларының таралуы

III Электрмагниттік толқын – көлденең толқын. Толқын жылдамдығы

50-суретте электр өрісінің $\vec{E}$ кернеулігі мен магнит өрісінің $\vec{B}$ индукция векторларының бағыттары, толқынның A және C нүктелеріндегі таралу жылдамдығы көрсетілген. Егер бұрданы оң қимасымен $\vec{E}$ векторынан $\vec{B}$ векторына қарай айналдырса, онда бұрданың ілгерілемелі қозғалысы толқынның таралу жылдамдығы $\vec{c}$ векторымен сәйкес келеді. Кернеулік және магнит индукциясы тербелістері векторларының бағыты толқынның таралу бағытына перпендикуляр. Электрмагниттік толқын – көлденең толқын (51-сурет).

Максвелл толқынның таралу жылдамдығы мен кернеулік және магнит индукциясы арасында байланыс орнатты:

$$c = \frac{E}{B}. \quad (1)$$

Электрмагниттік толқынның таралу жылдамдығы электр өрісі кернеулігінің магнит өрісі индукциясына қатынасына тең.

Өз есептеулерінде ол вакуумдағы электрмагниттік толқынның таралу жылдамдығын анықтады:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}. \quad (2)$$

Осы есептеулерге сәйкес басқа орталарда электрмагниттік толқынның таралу жылдамдығы n есе кемиді:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}}, \quad (3)$$

мұндағы ε – ортаның диэлектрлік өтімділігі, μ – ортаның магнит өтімділігі, n – ортаның сыну көрсеткіші.

IV Толқын ұзындығының антенна ұзындығымен байланысы. Тербеліс жиілігі

Вибратор немесе антенна деп аталған ашық тербелмелі контурда зарядтардың тығыздығы оның ұштарында максимал, ал ортасында нөлге тең (49-сурет). Ток күші, керісінше, ортасында максимал мәнге және ұштарында нөлге тең. Антенна ұштарын қайта зарядтау $t = \frac{T}{2}$ жарты период ішінде орындалады, демек, таралатын толқын ұзындығы антенна ұзындығынан екі есе артық:

$$\lambda = 2l, \quad (4)$$

мұндағы λ – таралатын толқын ұзындығы; l – антенна ұзындығы.

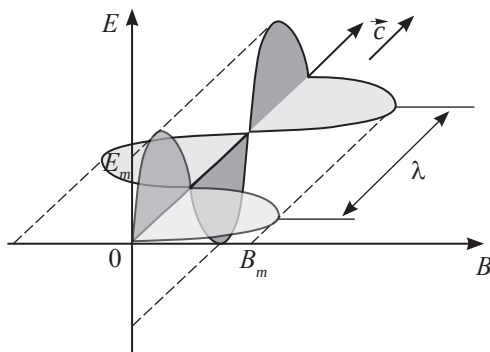
Толқын ұзындығының мәні белгілі болса, толқын тарататын антеннаның меншікті тербеліс жиілігін анықтау қиын емес:

$$\nu = \frac{c}{2l}. \quad (5)$$



Жауабы қандай?

Неліктен еркін электрлік тербелістер ашық контурда жабық контурға қарағанда тез өшеді?



51-сурет. Электрмагниттік толқын



52-сурет. Ұялы телефондардың ішкі антеннасы



3-тапсырма

Ұялы телефон антеннасының ұзындығын анықтаңдар. Қазақстандағы Билайн және Kcell/Activ 3G ұялы байланыс жиілік диапазоны 2100 МГц.

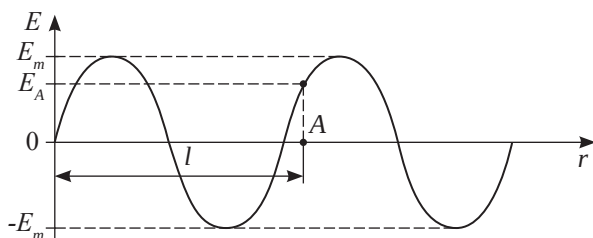
V Электрмагниттік толқынның күштік сипаттамалары

Кеңістікте таралатын электрмагниттік толқындар құма толқындар болып табылады. Демек, таңдалған өс бойымен орналасқан кеңістіктің қандай да бір нүктесінде кернеулікті немесе магнит индукциясын құма толқын теңдеуімен анықтауға болады:

$$E = E_m \sin \omega(t - \Delta t), \quad (6)$$

$$B = B_m \sin \omega(t - \Delta t), \quad (7)$$

мұндағы $\Delta t = \frac{l}{c}$ – таңдалған өс бағыты бойынша толқын көзінен l арақашықтықта орналасқан кеңістіктің A нүктесіне толқынның жететін уақыты (53-сурет).



53-сурет. Құма электрмагниттік толқынның графигі



Жауабы қандай?

Неліктен электрмагниттік толқын барлық ашық контурға перпендикуляр бағытта таралады?



4-тапсырма

Алынған өске кері бағытта таралатын құма толқын теңдеуін жазыңдар.

VI Электрмагниттік толқынның энергиясы, энергия тығыздығы және қарқындылығы

Жарықтың қарқындылығы толқын энергиясымен анықталады.

Толқын қарқындылығы I немесе энергия ағынының беттік тығыздығы – толқындардың таралу бағытына перпендикуляр орналасқан бірлік бет арқылы бірдей уақыт ішінде тасымалдайтын энергиясына тең физикалық шама.

$$I = \frac{W}{St}. \quad (8)$$

Қарқындылықтың өлшем бірлігі: $[I] - 1 \text{ Bm} / \text{m}^2$.

Толқын энергиясын энергияның көлемдік тығыздығы w арқылы өрнектейік:

$$W = w \cdot V, \quad (9)$$

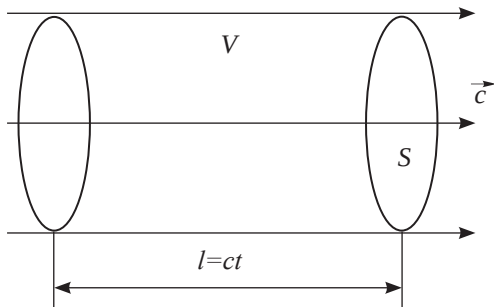
мұндағы V – t уақыт ішінде ауданы S бет арқылы өтетін энергия жиналатын кеңістік көлемі (54-сурет). Кеңістік көлемін толқынның таралу жылдамдығы арқылы өрнектейік:

$$V = Sl = Sct. \quad (10)$$

(9) және (10) формулаларды ескеріп, (8) өрнектен табатынымыз:

$$I = w c. \quad (11)$$

Электрмагниттік толқынның қарқындылығы электрмагниттік энергия тығыздығы мен толқынның таралу жылдамдығының көбейтіндісіне тең.



54-сурет. S бетті тесіп өтетін электрмагниттік толқындар ағыны



Назар аударыңдар!

Электрмагниттік толқын-да магнит өрісінің энергия тығыздығы электр өрісінің энергия тығыздығына тең:

$$\frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} \text{ немесе}$$

$w_{э.ө} = w_{м.ө}$, яғни келесі теңдіктер орындалады:

$$w = 2w_{э.ө}; w = 2w_{м.ө}.$$

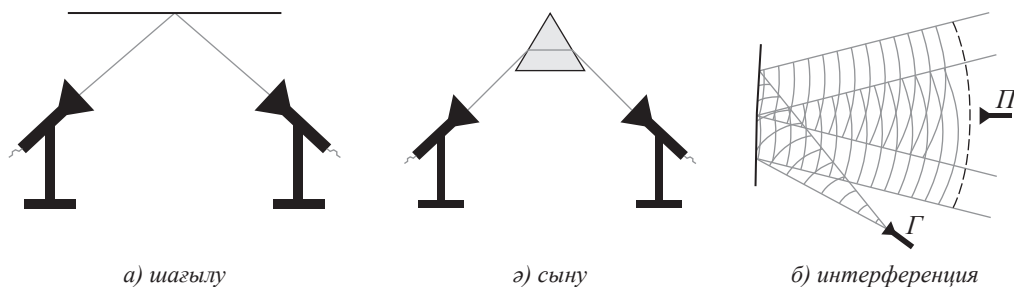


Жауабы қандай?

Сигналды тұрақты түрде қабылдау үшін неліктен қабылдау антеннасын таратушы антеннаға параллель орнатады?

VII Электрмагниттік толқындардың қасиеттері

Сендерге 9-сынып курсынан электрмагниттік толқындар шағылатыны, сына-тыны, кедергілерді орап өтетіні белгілі. Жоғары жиілікті электрмагниттік толқындар генераторы және рупорлы антенналардың қабылдағышы электрмагниттік толқын-дардың қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік береді. Өткізгіштер электрмагниттік тол-қындарды шағылдыратынын (55, а-сурет), диэлектриктер оларды жұтатынын және сындыратынын (55, ә-сурет), когерентті электрмагниттік толқындар орнықты интер-ференциялық көрініс беретінін (55, б-сурет) дәлелдеу қиын емес.



55-сурет. Толқындардың қасиеттері



Өз тәжірибең

55, а, ә, б-суреттерде көрсетілген тәжірибелерді қайталаңдар. Электрмагниттік толқын-дардың сыну және шағылу заңдарын тұжырымдаңдар. П рупорлы антенна көмегімен (55, б-сурет) Г генератордан шығып, екі металл пластинадан шағылған толқындар интерфе-ренциялық көрініс беретінін қалай дәлелдеуге болады?

Толқындар дифракциясын бақылауға және олардың көлденеңдігін дәлелдеуге арналған тәжірибе қойылымын ойластырыңдар.



5-тапсырма

Тақырып мәтініне сүйене отырып, кестені толтырыңдар:

Электрмагниттік толқындардың қасиеті	Электрмагниттік толқындарды сипаттайтын шамалар

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

1-есеп. Радиоқабылдағыш $\nu = 2$ ГГц жиілікке бапталған. Таралатын толқынның ұзындығын және радиотолқындарға арналған антенна ұзындығын анықтаңдар.

Берілгені: $\nu = 2$ ГГц $\lambda - ?$ $l - ?$	ХБЖ $2 \cdot 10^9$ Гц	Шешуі: Толқын ұзындығын тербеліс периоды арқылы өрнектейік және периодтың жиілікке кері шама екенін ескереміз:
--	---------------------------------	--

$$\lambda = c \cdot T = c \cdot \frac{1}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{2 \cdot 10^9 \text{ Гц}} = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 0,15 \text{ м}.$$

Антенна ұзындығы таралатын толқын ұзындығының жартысына тең:

$$l = \frac{\lambda}{2} = 0,075 \text{ м}.$$

Жауабы: 0,15 м; 0,075 м.

2-есеп. Берілген уақыт мезетінде кеңістіктің белгілі бір нүктесінде электрмагниттік толқын энергиясының тығыздығы $w = 5,2$ мкДж/м³. Осы сәттегі және осы нүктедегі кернеулік және электрмагниттік индукция векторларының модулін анықтаңдар.

Берілгені: $w = 5,2$ мкДж/м ³ $\varepsilon = 2$ $\mu = 1$ $B - ?$ $E - ?$	ХБЖ $5,2 \cdot 10^{-6}$ Дж/м ³	Шешуі: Электрмагниттік толқын энергиясының тығыздығы электр және магнит өрістері энергиялары тығыздықтарының қосындысына тең: $w = w_{\text{э.о}} + w_{\text{м.о}}$.
---	---	---

Магнит және электр өрістері энергияларының тығыздықтары өзара тең: $w_{\text{э.о}} = w_{\text{м.о}}$.

Сонда $w = 2w_{\text{э.о}}$; $w = 2w_{\text{м.о}}$ арақатынасы орындалады.

Электрмагниттік өріс энергиясының тығыздығын электр өрісі энергиясының

$$\text{тығыздығы арқылы өрнектейміз: } w = \frac{2\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \varepsilon\varepsilon_0 E^2, \text{ бұдан } E = \sqrt{\frac{w}{\varepsilon\varepsilon_0}}.$$

$$\text{Демек, } E = \sqrt{\frac{5,2 \cdot 10^{-6} \text{ Дж/м}^3}{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}}} \approx 767 \text{ В/м}.$$

Электрмагниттік өріс энергиясының тығыздығын магнит өрісі энергиясының

$$\text{тығыздығы арқылы өрнектейміз: } w = \frac{2B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{B^2}{\mu\mu_0}, \text{ бұдан } B = \sqrt{\mu_0 w}.$$

Демек, $B = \sqrt{1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м} \cdot 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ Дж/м}^3} = 2,56 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}.$

Жауабы: $E = 767 \text{ В/м}; B = 2,56 \text{ мкТл}.$

Бақылау сұрақтары

1. Қандай өрісті құйынды өріс деп атайды?
2. Электрстатикалық және құйынды магнит өрісінің арасында қандай айырмашылық бар?
3. Максвелдің электрмагниттік өріс теориясының негізгі идеясы қалай тұжырымдалады?
4. Қандай шарттар орындалғанда электрмагниттік толқын пайда болады?
5. Электрмагниттік толқынның таралу бағытын қалай анықтайды?
6. Электрмагниттік толқын қандай қасиеттерге ие?
7. Электрмагниттік толқынды сипаттайтын шамаларды атаңдар.

★ Жаттығу

8

1. «Восток» ғарыш кемесінің бортында орналасқан таратқыш $\nu = 20 \text{ МГц}$ жиілікте жұмыс жасайды. Таратқыш шығаратын радиотолқындардың таралу уақытын және ұзындығын анықтаңдар.
2. Ашық тербелмелі контурдағы ток күші $I = 0,1 \cos 6 \cdot 10^5 \pi t$ заңы бойынша уақытқа тәуелді. Таралатын толқын ұзындығын табыңдар.
3. Электрмагниттік толқын қандай да бір ортада $2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ жылдамдықпен таралады. Вакуумдағы жиіліктері 1 МГц электрмагниттік тербелістердің осы ортада тудыратын электрмагниттік толқындарының ұзындығы қандай?
4. Толқын көзінен 100 м арақашықтықтағы сәулелену тығыздығымен салыстырғанда сәулелену ағынының тығыздығы толқын көзінен қандай арақашықтықта 100 есе кемиді?
5. Кернеулік векторының максимал мәні $0,6 \text{ кВ/м}$ болғанда электрмагниттік толқынның магнит индукциясы векторының максимал мәнінің модулін анықтаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Әртүрлі кезеңдегі ұялы телефондардың кіріктірілген және ішкі антенналары.
2. Электрмагниттік толқындардың адам ағзасы мен басқа тірі ағзаларға әсері.

§ 9. Радиобайланыс. Детекторлы радиоқабылдағыш

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- жиіліктері жоғары электромагнитті тербелістерді модуляциялауды және детекторлауды сипаттай аласыңдар;
- радиобайланыстың жұмыс істеу принципін түсіндіресіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен бір дыбыс көзінің дыбыс қаттылығы кеңістікте бөлмеге қарағанда аз болады?
2. Неліктен дыбыс толқындары үлкен арақашықтықтарға тарай алмайды?



1-тапсырма

Жиіліктері 100 Гц және 100 МГц сигналдар тарататын тербеліс көздерінен қабылдағышқа дейінгі қашықтық бір-бірінен неше есе ерекшеленетінін анықтандар.

I Толқын қарқындылығы мен жиілігі

Адамның дауысының дыбысы алыс қашықтыққа тарала алмайды. Демек, жуан дауыстан (80 Гц) сопраноға (1400 Гц) дейінгі аралықтағы толқындар қарқындылығы немесе толқын ағынының тығыздығы төмен толқындар болып табылады. Сигналдың таралу қашықтығын арттыру үшін энергия тығыздығы жоғары толқындар қажет.

Сфералық толқын ағынының қарқындылығы арақашықтық квадратына пропорционал кемитінін дәлелдеу қиынға соқпайды:

$$I = \frac{W}{tS} = \frac{W}{t4\pi R^2}, \quad (1)$$

мұндағы $S = 4\pi R^2$ – толқын шебінің беттік ауданы.

Алыс арақашықтықтарға тарату мәселелерін шешу үшін мынадай тұжырымды қарастырамыз:

энергия тығыздығы электр өрісі кернеулігінің квадратына $w_{э.ө} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}$ және магнит индукциясының квадратына $w_{м.ө} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$ пропорционал.

Электромагниттік өрістің кернеулігі $\vec{E}$ және магнит индукциясы $\vec{B}$ толқынның күштік сипаттамалары болып табылады. Ньютонның екінші заңы негізінде олар толқынды тудырған зарядталған бөлшектердің үдеуіне тәуелді: $a = \omega^2 A \cos \omega t$, ал үдеу өз кезегінде тербеліс жиілігіне тәуелді. Энергия тығыздығы төртінші дәрежелі тербеліс жиілігіне пропорционал:

$$w \sim \omega^4, \quad (2)$$

Электромагниттік толқын ағынының қарқындылығы энергия тығыздығына тура пропорционал $I = wc$, демек, ол жиіліктің төртінші дәрежесіне пропорционал:

$$I \sim \omega^4. \quad (3)$$

Сигнал жиілігі жоғарылағанда таратқыш антеннаның әрекет ету радиусы артады. Тербеліс жиілігін 2 есе арттыру электромагниттік толқын ағыны қарқындылығын 16 есе арттырады, ал тербеліс жиілігін 4 есе арттыру электромагниттік толқын ағыны қарқындылығын 256 есе артуына алып келеді.

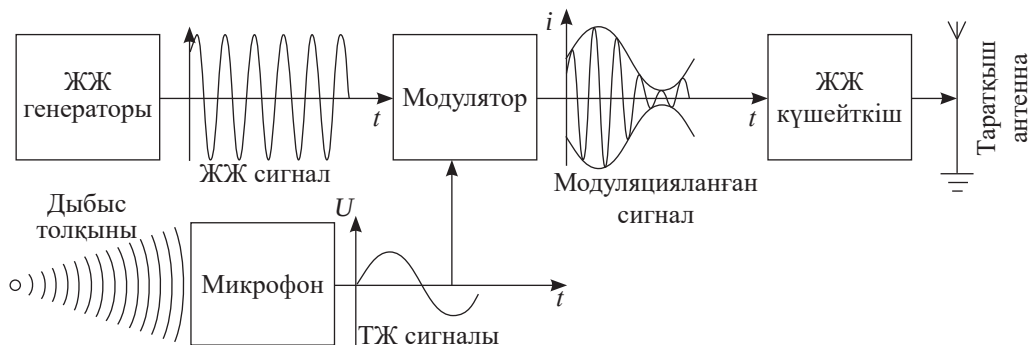
II Тасымалдаушы жиіліктегі сигнал модуляциясы. Радиотаратқыштың жұмыс істеу принципі

Радиотелефондық байланыста ақпаратты алыс қашықтықтарға дыбыстық жиілік тербелістерін транзисторлы генератордың жоғары жиілікті сигналына қабаттастыру арқылы тасмалайды.

Жоғары жиілікті генератор тудырған тербеліс жиілігін **тасымалдаушы жиілік** деп атайды.

Дыбыс жиілігіндегі толқында жоғары жиілікті сигналмен қабаттастыру **модуляция** деп аталады.

Модуляцияны амплитуда (МА) немесе жиілік (FM) бойынша өзгертуге болады. Амплитудалы-модуляцияланған сигналдар шығаратын радиотаратқыштың жұмыс істеу сұлбасы 56-суретте көрсетілген.



56-сурет. Радиотаратқыштың жұмыс істеу сұлбасы

Күшейткіштері жоқ транзистордағы қарапайым радиотаратқыш сұлбасы 57-суретте көрсетілген. Бейнеленген радиотаратқышта трансформатор модулятор рөлін атқарады. Оның орамаларының бірі генератордың тербелмелі контурымен тізбектей жалғанады. Екінші орамасына микрофон шығысынан дыбыс жиілігінің кернеуі беріледі. Трансформатордың екінші шарғысындағы айнымалы ток бірінші шарғының ұштарында айнымалы кернеуді индукциялайды. Эмиттер мен коллектор арасындағы кернеудің өзгеруі дыбыс толқыны жиілігіндегі тізбектегі ток күшінің өзгеруіне алып келеді. Таратқыш антеннадағы токтың жоғары жиілікті модуляцияланған тербелістері электромагниттік толқын тудырады.

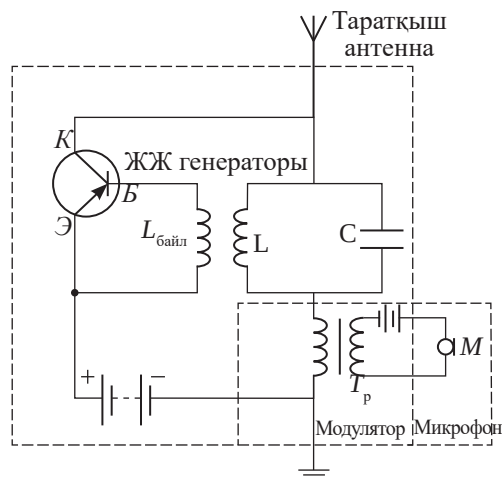
III Детекторлы радиоқабылдағыш. Оның жұмыс істеу принципі

Радиоқабылдағыш антенна бір уақытта жұмыс жасайтын көптеген стансылар сигналдарынан резонанстық жиіліктегі біреуін ғана бөліп алады (58-сурет). Резонанс жағдайында сигнал қабылдауға радиоқабылдағыштағы тербелмелі контурдың айнымалы



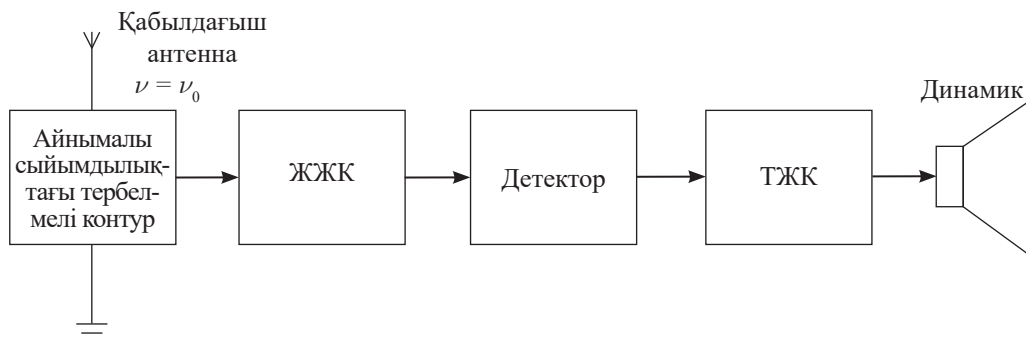
2-тапсырма

1. Аналогты радиотаратқыштың жұмыс істеу сұлбасын қарастырыңдар. Оның жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.
2. 57-суретте көрсетілген транзисторлы радиотаратқыш құрылғысының сұлбасы мен оның жұмыс істеу принципін салыстырыңдар. Радиотаратқыштың әрбір блогын құрайтын құралдарды атаңдар.



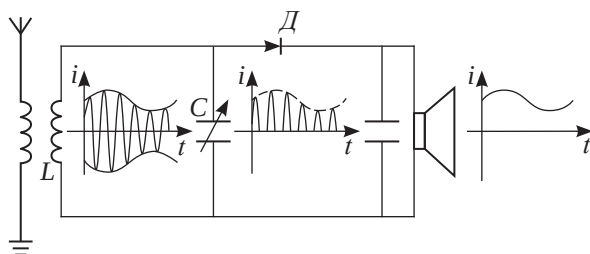
57-сурет. Транзисторлы радиотаратқыш құрылғысының сұлбасы

сыйымдылықты конденсаторы мүмкіндік береді. Қабылданған сигнал жоғары жиілікті күшейткіш (ЖЖК) арқылы өтіп, жоғары жиілікті модуляцияланған тербелістерден төменгі жиілікті тербелістерді бөліп алатын детекторға түседі. Төменгі жиілікті күшейткіштен (ТЖК) кейін тербеліс телефонда немесе динамикте дыбыстық тербеліске түрленеді.



58-сурет. Радиоқабылдағыштың жұмыс істеу сұлбасы

Күшейткіштері жоқ қарапайым радиоқабылдағыштың сұлбасы 59-суретте бейнеленген. Радиоқабылдағышта детектор рөлін осы аспаптың біржақты өткізгіштігі әсерінен пульсирленген ток өтетін диод атқарады. Телефонға параллель жалғанған конденсатор жарты периодта зарядталады, сосын жарты периодта телефон немесе динамик арқылы разрядталады, соның нәтижесінде пульсирленген сигналды бір қалыпқа түсіреді. Телефон арқылы радиотаратқыш микрофонындағы жиіліктегідей ток өтеді. Осылайша, телефон электр тербелістерін механикалық тербелістерге түрлендіріп, жіберілген дыбыс толқындарын тыңдауға мүмкіндік береді.



59-сурет. Қарапайым радиоқабылдағыш сұлбасы

? Жауабы қандай?

1. Неліктен радиоқабылдағыштың тербелмелі контурындағы конденсатор сыйымдылығы айнымалы?
2. Қарапайым радиоқабылдағыш тізбегінде қандай аспап детектордың рөлін атқарады?
3. Неге диод арқылы өткеннен кейін сигнал пульсирленеді?
4. Динамикке жалғанған конденсатордың рөлі қандай?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Индуктивтілігі $L = 2$ мкГн шарғыдан тұратын қабылдаушы антеннаның тербелмелі контуры ұзындығы 30 см толқынның сигналына сәйкестендірілген. Конденсатор сыйымдылығын анықтаңдар.

Берілгені:	ХБЖ	Шешуі:
$\lambda = 30 \text{ см}$	$0,3 \text{ м}$	Толқын ұзындығын тербеліс периоды арқылы өрнектейік: $\lambda = c \cdot T = c \cdot 2\pi\sqrt{LC}$,
$L = 2 \text{ мкГн}$	$2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$	
$C = ?$		

иррационалдықтан құтылу үшін түбір астынан өрнекті квадраттау арқылы конденсатор сыйымдылығын табамыз: $C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 \cdot c^2 \cdot L} \quad (\pi^2 \approx 10)$.

$$C \approx \frac{0,09 \text{ м}^2}{40 \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}} \approx 1,25 \cdot 10^{-14} \text{ Ф}.$$

Жауабы: $C \approx 1,25 \cdot 10^{-14} \text{ Ф}$.

Бақылау сұрақтары

1. Радиотолқындардың таралу қашықтығын қандай әдіспен арттыруға болады?
2. Радиотаратқыштың жұмыс істеу принципі қандай?
3. Транзисторлы радиотаратқышта тасымалдаушы жиілікті тербелістердің амплитудалық модуляциясы қалай жүргізіледі?
4. Радиоқабылдағыштың жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.

★ Жаттығу

9

1. Сигнал жиілігін 10 есе арттырса, электромагниттік толқынның қарқындылығы неше есе артады?
2. Сигнал жиілігін 3 есе арттырса, электромагниттік толқынның қарқындылығы және таратушы антенналардың әрекет ету радиусы неше есе артады?
3. Электромагниттік толқындар жіберілетін нүктелік көзден арақашықтықты 4 есе арттырғанда сигнал қарқындылығы неше есе кемиді? Сигнал қарқындылығын бастапқы мәнге дейін арттыру үшін сигнал көзінен келетін тербеліс жиілігін неше есе арттыру қажет?
4. Ұзындықтары 24 м-ден 26 м-ге дейінгі аралықтағы толқындарды қабылдайтын радиоқабылдағыштың жиілік диапазонын анықтаңдар.
5. Қабылдағыш тербелмелі контур индуктивтілігі $L = 2 \text{ мкГн}$ шарғыдан және сыйымдылығы $C = 1800 \text{ пФ}$ конденсатордан тұрады. Контур қандай ұзындықтағы толқынға арналған?
6. Қабылдағыш контур шарғысының индуктивтілігі 1 мкГн . Сигнал $\lambda = 1000 \text{ м}$ толқын ұзындығында жұмыс жасайтын стансыдан қабылданады деп алып, конденсатордың сыйымдылығын табыңдар.

§ 10. Аналогты-сандық түрлендіргіш. Байланыс арналары

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- аналогтықпен салыстырғанда сандық форматтағы сигналды жіберудің артықшылықтарын түсіндіре аласыңдар.

I Радиобайланыс арналары

Радиостансылардың сигналдары жиіліктерінің диапазоны бір-біріне жақын болмауы керек, себебі бір стансының сигналын қабылдауға басқа стансылардың сигналдары кедергі болуы мүмкін. Сондықтан аналогты радиобайланыс каналдарының саны шектеулі.

Жиілікті радиобайланыс каналы деп радиотолқындардың нақты тұтынушылар арасындағы радиобайланыс үшін қолданылатын және ерекшеленген жиілігін айтады.

Жиілікті каналдың ені жіберілетін ақпарат көлемімен анықталады. Ені ең үлкен сигналдар теледидарда дыбыс, бейне және дыбыс пен бейнені сәйкестендіру сигналын жіберу үшін қолданылады. Жіберілуі мен қабылдануы тура бағыттарда ғана мүмкін болатын ультрақысқа толқындарды (УҚТ) қолданғанда, ақпарат көлемі өзгермесе, сигналдың ені сығылады. Серіктік байланыс пайда болғалы бері УҚТ-ның бұл кемшілігі оның артықшылығына айналды. Жасанды серікке бағытталған УҚТ-дағы радиосигналдар борттық ретранслятормен күшейтіледі және планетаның қажетті аймағына, жіберілу аймағынан жүздеген және мыңдаған километр қашықтыққа таралады.

УҚТ жұмыс істеу аумағының шектеулі болуына байланысты ұялы байланыс жүйесінде кең қолданысқа ие болды. Бірдей жиілікті арналар әртүрлі елдер аумағында ғана емес, бір мемлекеттің ішінде де қолданылады.

II Электрмагниттік толқындардың жиіліктері бойынша халықаралық классификациясы

Толқынның жиілігіне (ұзындығына) тәуелділігіне қарай оның таралу, шағылу, сыну қасиеттері және дифракция түрліше бақыланады, сондықтан халықаралық деңгейде радиотолқындардың классификациясы бекітілді.

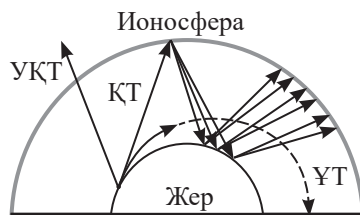
Жиілік диапазонының атауы	Диапазон шекарасы	Толқындық диапазон атауы	Диапазон шекарасы
Шекті қысқа, ШҚЖ	3–30 Гц	Декамегаметрлік	100–10 Мм
Аса төмен, АТЖ	30–300 Гц	Мегаметрлік	10–1 Мм
Инфра төмен, ИТЖ	0,3–3 кГц	Гектокилометрлік	1000–100 км
Өте төмен, ӨТЖ	3–30 кГц	Асаұзын километрлік	100–10 км
Төмен жиілікті, ТЖ	30–300 кГц	Ұзын километрлік	10–1 км
Орташа, ОЖ	0,3–3 МГц	Орташа километрлік	1–0,1 км
Жоғары жиілікті, ЖЖ	3–30 МГц	Қысқа декаметрлік	100–10 м
Өте жоғары, ӨЖЖ	30–300 МГц	Ультрақысқа метрлік	10–1 м
Ультражоғары, УЖЖ	0,3–3 ГГц	Дециметрлік	1–0,1 м
Аса жоғары, АЖЖ	3–30 ГГц	Сантиметрлік	10–1 см
Шекті жоғары, ШЖЖ	30–300 ГГц	Миллиметрлік	10–1 мм
Гипержоғары, ГЖЖ	300–3000 ГГц	Децимиллиметрлік	1–0,1 мм

Асаузын, ұзын және орташа толқындар Жерді және кедергіні орап өтіп, ионосферадан шағылады да, үлкен арақашықтықтарға таралады (60-сурет).

Қысқа толқындар ионосферадан және Жер бетінен бірнеше рет шағылып, алыс қашықтықта байланыс орнатуға мүмкіндік береді. Сигналды қабылдау ионосфера күйіне тәуелді және тәулік ішінде біршама өзгеруі мүмкін. Атмосфераның жоғарғы қабаттарының иондалуы Күн сәулелерінің әсерінен болады, атмосферадағы иондардың шоғырлануы Күннің жарық жағында оның көлеңкесіндегі иондардың шоғырлануынан 20 есе артық.

Ультрақысқа толқындар кедергілерді орап өтпейді, ионосферадан шағылмайды, одан кедергісіз өтеді. УҚТ диапазонында радиобайланыс орнату тура көрінетін бағыттарда ғана мүмкін болады. Ультрақысқа толқындардың басты артықшылығы олар ақпараттың көп мөлшерін тасымалдай алады.

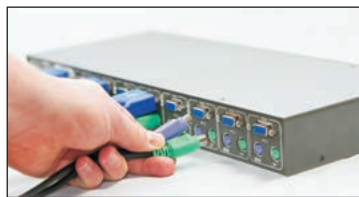
Сантиметрлік, миллиметрлік және децимиллиметрлік толқындар қысқа толқындар деп аталады, оларды параболалық шағылдырғышы бар антенналар жасауда қолданады.



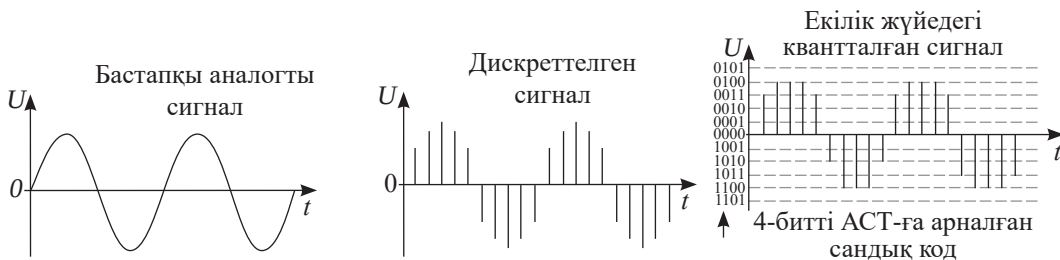
60-сурет. Радиотолқындардың таралуы

III Сандық технологиялар. Аналогты-сандық түрлендіргіш

Жиілікті арналардың бөлінуі радио және теледидарлық стансылар арасында радио мен телебағдарламалар санын шектеді. Сандық технология пайда болған соң жағдай өзгерді. Сигналды аналогты-сандық түрлендіргіштерде сандық кодтау (61-сурет) бір жиілікте бірнеше стансымен жұмыс жасауға мүмкіндік берді, бағдарламалардың саны ондаған есе артты. Дыбыстық және теледидарлық сигнал сандық технологиялар көмегімен екілік жүйеде кодталады да (62-сурет), әртүрлі кедергілерден аз зақымдалған дестемен (пакетпен) беріледі. Сигналдың қабылдағыш құрылғыда декодталу кезіндегі сапасы аналогты радиобайланыс орнату кезіндегі сигналдың сапасынан біршама артық болады.



61-сурет. АСТ – аналогты-сандық түрлендіргіш



62-сурет. Компьютерлік өңдеу үшін аналогты сигналды кодтау



1-тапсырма

62-суретті қараңдар. Аналогты сигналды екілік жүйеде кодтау принципін түсіндіріңдер. 0001, 0010, 0011 кодтарға кернеудің қандай мәні сәйкес келеді?

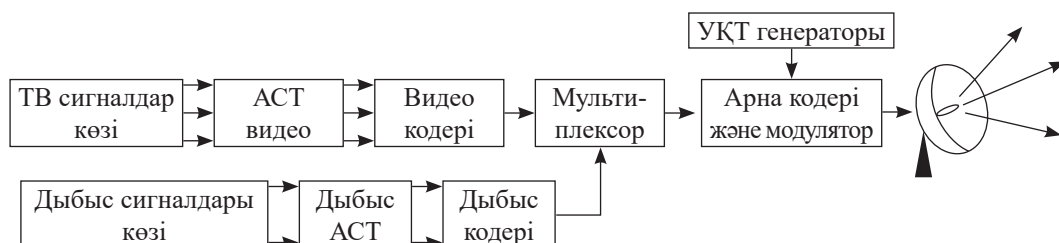


2-тапсырма

Интернет желісі материалдарын қарастырып, 8-битті АСТ қолдану 4-битті АСТ-ға қарағанда берілген ақпараттың дәлдігін неше есе арттырады?

IV Сандық теледидар принципі

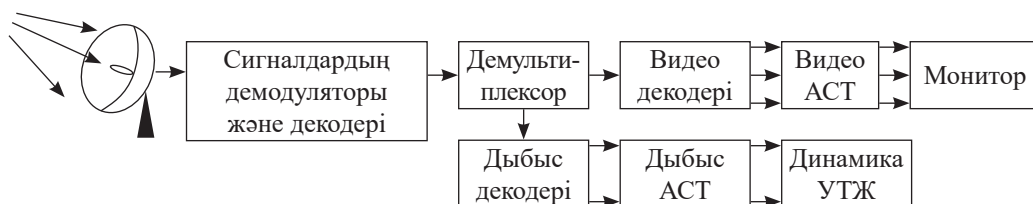
Заманауи теледидар сандық технологияға негізделген. Сандық теледидарлық жүйенің құрылымдық сұлбасы 63-суретте көрсетілген. Жүйенің негізгі бөліктерін қарастырайық.



63-сурет. Тасымалдаушы сандық теледидарлық жүйенің құрылымдық сұлбасы

Аналогты теледидарлық сигналдардың көзі аналогты-сандық түрлендіргішке түсетін түрлі түсті бейне құрайды. Жүйенің кескін немесе видео кодері деп аталатын келесі бөлігінде стандартты байланыс арналарына жіберу үшін видеоақпараттарды кодтау жүзеге асады. Дыбыстық сигналдар да сандық пішімге түрленеді. Дыбыстық информация дыбыс кодерінде сығылады. Бейненің және дыбыстың кодталған мәліметтері, сондай-ақ қосымша ақпараттар мультиплексорда мәліметтердің бірыңғай ағынына біріктіріледі. Арна кодерінде берілетін мәліметтер кедергіге төтеп бергіштігін арттыру үшін тағы да кодталады. Бірнеше кодтау кезеңінен кейін алынған сандық сигналмен қолданылатын байланыс арнасының тасушы жиілігін реттейді.

Жүйенің қабылдаушы бөлігінде (64-сурет) барлық процестер кері ретпен жүреді: қабылданған жоғары жиілікті сигналдың демодуляциясы және арналық кодтаудың декодталуы.



64-сурет. Қабылдаушы сандық теледидарлық жүйенің құрылымдық сұлбасы

Содан кейін демультимплексорда мәліметтер ағыны кескінге және дыбысты мәліметтерге, қосымша ақпараттарға бөлінеді. Бұдан соң мәліметтердің декодтауы орындалады. Нәтижесінде кескін декодері шығысында аналогты-сандық түрлендіргіште (АСТ не сандық-аналогты түрлендіргіште САТ) ұқсас пішімге түрленіп, экранында

түрлі түсті кескін көрінетін мониторға берілетін сандық сигнал алынады. Дыбыс декодері шығысында аналогты пішінге түрленген дыбыс сигналдары алынады. Бұл сигналдар дыбыс жиілігін күшейткішке, одан соң динамиктерге түседі.

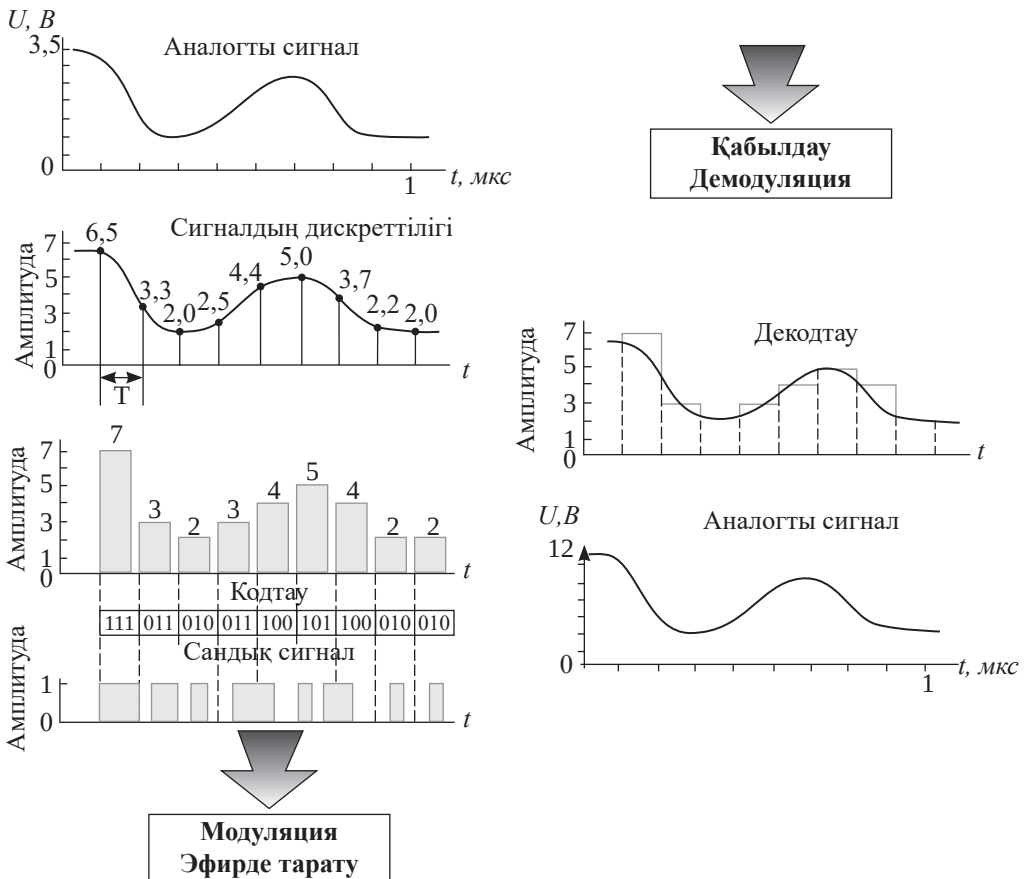
Бұл қызық!

Экрандағы кескін әртүрлі түстердің пиксельдері нүктелерінің жиынтығын білдіреді. Ақ-қара түсті кескін үшін бір нүктенің ақпараттық көлемі бір битке тең: немесе қара – 1, немесе ақ – 0. Монитор экранында түрлі түсті кескін үш негізгі: қызыл, жасыл және көк түстерді араластыру барысында алынады. Түстерге бай палитра алу үшін негізгі түстерге әртүрлі қарқындылық берілуі мүмкін. 256 түс үшін ақпарат көлемі 8 бит немесе 1 байт, 294 967 296 түс үшін – 32 бит немесе 4 байт.

V Сандық радиохабар тарату принципі

3-тапсырма

65-суретке қараңдар. Сандық радиохабар тарату үшін дыбыс сигналын түрлендіру принципін түсіндіріңдер. Сигналды кодтау үшін неше бит қолданылды?



65-сурет. Сандық радиохабар тарату үшін дыбыс сигналын түрлендіру принципі



Назар аударыңдар!

АСТ аудиокартасы дыбысты өте аз уақыт бөліктеріне бөледі және олардың әрбірінің қарқындылық деңгейін екілік кодта кодтайды. Мұндай бөлуді *дискреттілік* деп атайды. Дискреттілік жиілігі неғұрлым жоғары болса, жазба да сапалы болады. Егер АСТ дыбыстық картасы (цифрланған сигналды оқуға арналған құрылғы) дискреттіліктің жоғары деңгейін қарастырмаса, сигнал оқылмайды.

Бақылау сұрақтары

1. Радиобайланыс арнасы деп нені атайды?
2. Ұзындықтары әртүрлі радиотолқындар қалай таралады? Ұзын, қысқа, ультра-қысқа толқындардағы радиобайланыс кезінде қандай мәселелерді ескеру қажет?
3. АСТ-да қандай процестер орындалады?
4. Телерадио хабар таратудың сандық технологиясының артықшылығы неде?



Жаттығу

10

Кестеде ҚР-ның байланыс операторларының жиілік диапазоны көрсетілген. Байланыс жүзеге асатын толқын ұзындықтарын анықтаңдар. Электрмагниттік толқындардың халықаралық классификациясына сәйкес байланыс операторлары жұмыс жасайтын толқын диапазонын көрсетіңдер.

Байланыс операторлары		2G	3G
	Altel	900 МГц	850 МГц, 900 МГц*
 Beeline™	Beeline	900 МГц	2100 МГц
 Kcell	Kcell/Activ	900 МГц	2100 МГц

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Ұялы байланыстың аналогты және сандық стандарты.
2. Серіктік байланыс түрлері.
3. Қазақстан Республикасының коммуникациялық дамуы.

§ 11. Байланыс құралдары

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- байланыс құралдарын жүйелер аласыңдар және оларды жетілдірудің жолдарын ұсына аласыңдар.



Назар аударыңдар!

2012 жылы Көлік және коммуникациялар министрлігі «Ақпаратты Қазақстан – 2020» бағдарламасын құрастырды. Бағдарламаның негізгі мақсаты – ақпараттық қоғам қалыптастыру. Негізгі міндеттері: мемлекеттік басқару жүйесінің тиімділігін, ақпаратты-коммуникациялық инфрақұрылымның қолжетімділігін қамтасыз ету, қоғамның әлеуметтік-экономикалық және мәдени дамуы үшін ақпараттық орта құру, отандық ақпараттық кеңістікті дамыту. Бағдарламаны жүзеге асыру заманауи байланыс құралдарын дамытуды, халықтың компьютерлік сауаттылығын арттыруды және желілік технологияны меңгеруін талап етеді.



Жауабы қандай?

Интернет желісіне кеңжолақты жалғану үшін үйлеріңде қандай технология қолданылатынын анықтаңдар.

I Заманауи байланыс құралдарын дамыту. Ғаламтор желісі

ҚР-да «Телекоммуникация желілерін салу және NGN технологиясына көшіру» бағдарламасын жүзеге асыру бір желі арқылы ұялы байланыстың, Интернетке қолжетімділіктің, кабельді теледидардың және сымды радиохабар таратудың барлық қызмет түрлерін бір мезгілде көрсетуді қамтамасыз етеді. Телекоммуникация саласының негізгі тенденциясы телерадиохабар таратуға сандық технологияларды енгізу және дамыту болып табылады. Қазақстан Республикасында ADSL, CDMA/EVDO, FTTH, 3G, 4G заманауи технологияларын қолданып, Ғаламтор желісіне кеңжолақты жалғану дамып келеді.

Интернет желісіне жоғары сапалы кеңжолақты жалғану сұраныстарын қанағаттандыру және ұсынылатын қызметтер санын арттыру мақсатында 2011 жылы FTTH талшықты-оптикалық желінің құрылысы басталған. Жоба Нұр-сұлтан, Алматы қалаларындағы және ҚР-ның барлық облыс орталықтарындағы көпқабатты үйлер мен коттедж құрылыстарын толық қамтуды көздеді. Талшықты-оптикалық желілердің төмендегідей артықшылықтары бар:

- алыс қашықтықтарда өткізу қабілетінің жоғарылығы;
- желіге рұқсатсыз кіруден қорғау: талшықты-оптикалық желіні бұзбай ақпаратты «тыңдау» мүмкін емес;
- қашық аймақтарда орналасқан офистер мен корпорацияларды біріктіру мүмкіндігі.

ҚР-ның ауыл тұрғындарының Интернет желісіне кеңжолақты қосылуы үшін CDMA технологиясы қолданылады.



Есте сақтаңдар!

NGN (Next Generation Network) – келешек ұрпақтың байланыс желісі.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) – асимметриялы сандық абоненттік желі.

CDMA (Code Division Multiple Access) – кодтық модуляциясы бар бірнеше мәрте қолжетімділік.

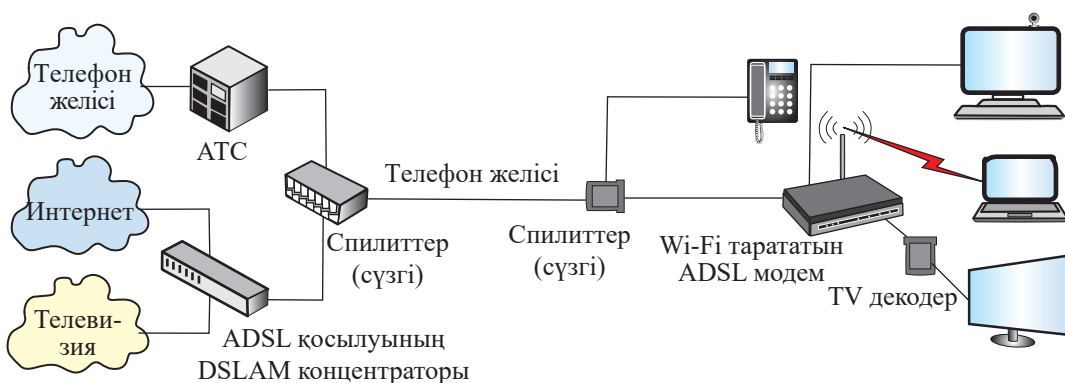
EVDO (Evolution Data Optimized) – жақсартылған, оптимизацияланған;

FTTH (Fiber to the Home) – үйге жалғанған оптоалшықты кабель.

CDMA – тарату арналарының жолақ жиілігі бірдей, ал кодтық модуляциясы әртүрлі болатын байланыс технологиясы. 2011 жылдан бері ол EVDO платаларымен жабдыкталуының арқасында дамып келеді. CDMA 450/EVDO технологиясы арқылы тасымалданатын мәліметтер сандық ақпараттарды сығудың жаңа алгоритмдері арқасында жоғары жылдамдыққа ие болады.

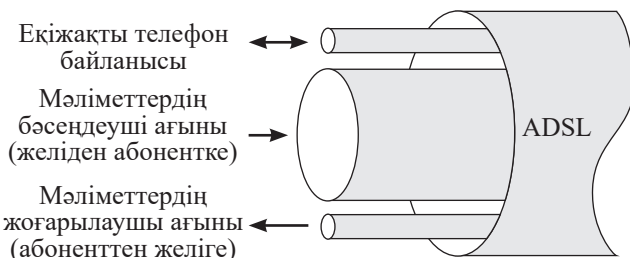
II Сандық телерадиохабар тарату

ADSL технологиясы ақпаратты жылдам тасымалдау үшін жасалған, ол телефон сымдарын мәліметтерді тарататын жоғары жылдамдықты желі ретінде қолдануға негізделген. Екі модемді телефон желісіне жалғайды (66-сурет). Бір желіде бір мезетте бірнеше сигнал жіберу үшін сплиттер – арналардың жиілік бойынша бөлінуіне қажетті электрлік сүзгі қолданылады. Әрбір қолданушының арнайы түрлендіргіші бар, ол сигналды декодтауға және теледидар экранында әртүрлі бағдарламаларды көруге мүмкіндік береді.



66-сурет. ADSL технологиясы көмегімен Интернет, теледидар және телефон қызметтерін ұсыну

Мәліметтерді тасымалдау жылдамдығы сымдардың диаметрі мен олардың ұзындығына тәуелді. Желінің ұзындығы артып, сымның диаметрі кеміген кезде желідегі сигналдың өшуі артады. ADSL үшін сымдардың қалыңдығы 0,5 мм, ұзындығы 3,5–5,5 км абоненттік желі болып табылады. Қазіргі уақытта ADSL желіден абонентке берілетін мәліметтердің бәсеңдеуші ағыны 1,5 Мбит/с-тан 8 Мбит/с-қа дейінгі жылдамдықпен берілуін қамтамасыз етеді. Желіден абонентке берілетін мәліметтердің жоғарылаушы ағынының жылдамдығы 640 Кбит/с-тан 1,5 Мбит/с-қа жетеді. ADSL ағымдағы қарапайым телефон байланысын үзбей, осы телефон желісі қолданылатын жоғары жылдамдықты видеосигнал жіберуді қамтамасыз ете алады (67-сурет).



67-сурет. Телефон желісінде ақпарат ағынының бөлінуі



1-тапсырма

67-суретті қараңдар. ADSL технологиясы бойынша ақпараттың тасымалдануы қалай жүзеге асады? Тұтынушыға қандай қызметтер ұсынылған? Мектептеріңде сендерге байланыс қызметтерінің қандай түрлері ұсынылған?

III Ұялы байланыс

Қазақстанның барлық ұялы байланыс операторлары 2012 жылға дейін 3G желісін қолданған. 3G технологиясының біршама артықшылықтары бар: жоғары жылдамдығының арқасында мультимедиалардың жүктелу және жіберілуі аз ғана секундтар ішінде орындалады. Сұхбаттасушыны тек есту ғана емес, көруге де болады, видеоконференция және видеотрансляция жүргізу мүмкіндігі бар. 3G технологиясының арқасында *есту қабілеті нашар жандар видеоқоңырау арқылы қарым-қатынас жасау мүмкіндігіне ие болды.*

2012 жылдан бастап 4G стандартты желілер салу жобасы іске аса бастады. 4G технологиясы мәліметтерді тасымалдау пакеті оптимизацияланған ұялы байланыс жүйесін құруды қамтамасыз етеді.

IV Желілік технологиялар. Дата-орталық

Телекоммуникация және байланыс саласы еліміздің экономикасының дамушы және байланыстырушы саласы болып табылады, ол еңбек өнімділігінің артуына және отандық өнеркәсіптердің қарқынды дамуына қолайлы жағдай жасауға, олардың әлемдік экономикаға шығарылуына әсер етеді.

2012 жылы желтоқсанда Павлодарда ТМД елдеріндегі ең алғашқы аса үлкен Дата-орталық іске қосылды. Ол желілік және есептеу құрылғыларының және арнайы программалық жабдықтама кешені болып табылады. Құрылған центр базасында орта және шағын бизнеске ұсынылған IT-қызметтер: мәліметтерді сақтаудың бұлттық жүйесі, мәліметтерді өңдеудің виртуал резервтік орталығы, бизнеске арналған программалық жабдықтау, интербелсенді қарым-қатынас және ақпараттармен алмасу жүйесі, бұлттық серверлік орталық іске қосылды.

Жоба «Қазақтелеком» АҚ мен дата-орталықтар тұрғызуда әлемдік көшбасшы Калифорнияның Hewlett-Packard компаниясының серіктестігі арқылы жүзеге асты. 16 дата-орталықтан тұратын желі «Қазақтелеком» АҚ-на тиесілі және республиканың барлық аумағын қамтиды. 68-суретте Алматы қаласындағы дата-орталық көрсетілген.



68-сурет. Алматы қаласындағы дата-орталық

V Бұлттық технологиялар

Қазақстанға бұлттық технологияларды енгізумен байланыс операторларының көшбасшысы «Қазақ-телеком» АҚ айналысуда. 2011 жылы маусымда Microsoft компаниясымен келісімге қол қойылды. 2012 жылдың бірінші жартысында Microsoft Hosted Exchange және Microsoft Share Point Hosting сияқты бұлттық технологиялар іске қосылды.

Microsoft Hosted Exchange негізгі функциялары – пошта хабарламаларын өңдеу және жеткізу, ұялы құрылғыларды және интернетке қолжеткізуді іске асыру, дыбыстық хабарламалар жүйесін интеграциялау, сондай-ақ жылдам хабарламалармен алмасу жүйесін іске асыру.

Share Point Hosting – Microsoft компаниясының ақпаратпен алмасу және бірігіп жұмыс жасауға арналған ұжымдық ресурстар құруға арналған техникалық платформасы.

Share Point платформасында өзгерістерді, блогтарды, форумдар мен сауалнамаларды, wiki-беттерді қадағалап отыру мүмкіндігі бар Office құжаттар құруға болады.



Жауабы қандай?

1. Неліктен сарапшылар орта және шағын бизнес дата-орталықтың IT-қызметтерін қолданатынына сенімді?
2. Электронды поштаның бұлттын қалай қолданады?
3. Блогты қалай құрады?

VI Желілік әлеуметтік жобалар

Халықтың компьютерлік сауаттылығының жоғарылауы және желілік әлеуметтік жобаларға қатысуы байланыс қызметтерін одан да қарқынды қолдануға алып келеді. Электронды құжат айналымы, Интернет желісі арқылы әртүрлі мемлекеттік мекемелерге өтініш беру және төлемдер жасау мүмкіндігі, интернет-сауда дамып келеді.

e.gov.kz порталында азаматтар мемлекеттік органдар туралы ақпараттарға тегін қол жеткізе алады, оның ішіне Қазақстанның заңнамалық базасы да кіреді. Портал арқылы мемлекеттік органдардың азаматтарға, кәсіпкерлік пен мемлекеттік органдарға халыққа қызмет көрсету және ақпарат тарату міндеттері шешілді.



Жауабы қандай?

1. Неліктен ҚР-да ақпараттық қоғам құруға басты назар аударылуда?
2. Неліктен Үкімет e.gov.kz порталына халықтың басым бөлігі тіркелген?



2-тапсырма

Параграфта берілген ақпараттарды «Ақпаратты Қазақстан-2020» бағдарламасының мақсаттары және міндеттерімен салыстырыңдар. Барлық қойылған мақсаттар мен міндеттерге қол жеткізілді ме?



Жауабы қандай?

1. Өз аймақтарыңда заманауи байланыс құралдарын пайдалануға қандай өзгерістер енгізілген?
2. Сендер қандай өзгеріс енгізер едіңдер? Қандай мақсатта? Ол үшін не істеу қажет? Ұсыныстарыңды жүзеге асыру мүмкіндігі бар ма?

Бақылау сұрақтары

1. «Ақпаратты Қазақстан – 2020» бағдарламасының басты мақсаты қандай?
2. ҚР-да Интернетке кеңжолақты қосылу қалай қамтамасыз етілуде?
3. Талшықты-оптикалық байланыс желілерінің артықшылығы неде?
4. 3G байланыс желісі қандай мүмкіндіктерге ие? 4G байланыстың артықшылығы неде?
5. Дата-орталықтар қандай мақсаттарда құрылады?
6. ҚР-да қолданысқа ие болған қандай бұлттық технологиялар мен желілік әлеуметтік жобалар бар?



Жаттығу

11

Ұялы телефон қолданушы айына 320 минут сөйлесу уақытын қолданады және 450 хабарлама жібереді. Ұялы байланыс операторы шарттары кестеде көрсетілген үш түрлі тариф ұсынады.

Тарифтық жоспар	Абоненттік төлем, тенге	1 мин құны, тенге	1 SMS құны, тенге	Ескерту
Стандарт	Жоқ	8,5	7,5	Жоқ
Қонақтарға арналған	1000	150 минуттан асқан кезде әр минут үшін 6 тг	9	Алғашқы 150 минут тегін
Шектеусіз	3500	300 минуттан асқан кезде әр минут үшін 4 тг	12,5	Алғашқы 300 минут алғашқы 300 SMS тегін

Егер тұтынушы ең тиімді тарифті таңдаса, онда айына қанша теңге төлейді?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар:

1. ADSL технологиясының мүмкіндіктері.
2. «Алматы» арнайы экономикалық аймағының «Инновациялық технологиялар паркінің» Smartcity бағдарламасы аясындағы перспективалары.
3. Ұялы телефондардың жасалу тарихы.
4. Жылжымалы байланыс құралдары.

Спорттық радиопеленгациядан XVII әлем чемпионаты

2014 жылы Ақмола облысында Бурабай ауылында спорттық радиопеленгациядан XVII әлем чемпионаты өтті. Жарысқа әлемнің 25 елінен 300 қатушысы келді. Ең үлкен командалар Қытай – 64, Ресей – 40, Чехия – 37, Қазақстан – 30, Жапония – 25 қатысушыдан құралды.

Спорттық радиопеленгация «Түлкі аулау» ретінде белгілі, ол радиоспорттың бір түрі. Ол Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін Ұлыбритания мен Данияда пайда болды. Спорттың бұл түрінде спортшылар аймақтың картасы, тұсбағар және бағытталған антеннасы бар радиоқабылдағыш көмегімен берілген уақыт ішінде «түлкі» радиотаратқыштардың барынша көп санын (3-тен 5-ке дейін) табуы керек. Жарыс таулы, батпақты, жүріп өтуге қиын аймақтарда ұйымдастырылады. «Түлкі» радиотаратқыштары 4 минут сайын сигнал жіберіп отырады. Жарысқа қатысу тек жақсы шынығуды ғана емес, аймақта бағдар таба білу мен картамен жұмыс жасау және радиоқабылдағышты пайдалану қабілеттерін қажет етеді.

Сигнал жіберу үшін қолданылатын толқын диапазоны: 3,5 МГц, 28 МГц және 144 МГц (69-70-суреттер).



69-сурет. Спортшының диапазоны 144 МГц радиопеленгатормен жүгіруі



70-сурет. Диапазоны 3,5 МГц радиопеленгатор



1-тапсырма

Радиотаратқышта сигналдар берілетін толқын ұзындығын анықтаңдар. Неліктен 144 МГц жиілікте сигнал беретін радиотаратқышты 3,5 МГц жиілікте сигнал беретін радиотаратқышқа қарағанда табу қиынырақ? Спортшылар радиотаратқыштың орнын қалай анықтайды? Картада оның орнын көрсету үшін неше пеленг түсіру керек?



2-тапсырма

Ұялы байланыс операторлары

1. Ұялы байланыс операторлары ұсынған тариф қызметтерін салыстырыңдар. Әрбір ұсыныстың қандай артықшылығы бар?

ҚР-дағы ұялы байланыс операторларының тарифтық жоспарлары				
Қызметтер	TELE2 «Супер +»	ALTEL «Супер SMART +»	BEELINE «Бәрі бар М»	АСТІВ «Алло, Қазақстан 2»
Абоненттік төлем	880 тг/айына	990 тг/айына	1470 тг/айына	1490 тг/айына
Желі ішіндегі SMS лимиті	9000 SMS/ айына	9000 SMS/ айына	3000 SMS/ айына	500 SMS/айына
Айлық мобильді интернет	5 ГБ	лимит жоқ	450 ГБ	10 ГБ (5 ГБ түнде және 5 ГБ күндіз)
Лимиттен кейінгі желі ішіндегі қоңырау шалу бағасы	0 тг/мин	0 тг/мин	8 тг/мин	5 тг/мин
Лимиттен кейінгі желі ішіндегі қоңырау шалу бағасы	11 тг/мин	10 тг/мин	18 тг/мин	5 тг/мин
Желі ішіндегі қоңырау шалу лимиті	лимит жоқ	лимит жоқ	3000 айына	1490 мин/ айына желі ішіндегі және
Басқа операторларға қоңырау шалу лимиті	90 мин/айына	100 мин/ айына	—	желіден тыс қоңырауларға ортақ лимит

2. Ұялы байланыс операторлары қызметтеріне қандай өзгерістер енгізілді?
3. Қазақстан елінде қызмет көрсететін қандай ұялы байланыс операторлары тізімге енген жоқ? Олар қандай қызметтер ұсынады?



3-тапсырма

1990 жылдан қазіргі кезеңге дейінгі байланыстың даму тарихын зерделендер. Байланыстың қандай түрі қазіргі уақытта қолданыстан шықты? Қандай түрі танымал?

4-тараудың қорытындысы

Электрмагниттік толқын теңдеуі

$$E = E_m \sin \omega(t - \Delta t);$$

$$B = B_m \sin \omega(t - \Delta t);$$

$$E = E_m \sin \omega(t + \Delta t);$$

$$B = B_m \sin \omega(t + \Delta t)$$

Электрмагниттік толқынды сипаттайтын шамалар

Жылдамдық	$c = \frac{E}{B};$ $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с};$ $v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}}$
Толқын ұзындығы	$\lambda = cT;$ $\lambda = \frac{c}{\nu}$
Қарқындылық	$I = \frac{W}{St};$ $I = w c$
Энергия тығыздығы	$w = w_{\text{э.о}} + w_{\text{м.о}} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu\mu_0};$ $w = 2w_{\text{э.о}};$ $w = 2w_{\text{м.о.}}$

Толқын ұзындығы мен антенна ұзындығының қатынасы

$$\lambda = 2l$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
E	электрмагниттік толқын-дардың кернеулігі	$B/\text{м}$	n	сыну көрсеткіші	
B	магниттік индукция	$Tл$	λ	толқын ұзындығы	$м$
c	жарық жылдамдығы $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$м/с$	I	толқын қарқындылығы	$Bm/\text{м}^2$

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
ε	ортаның диэлектрлік өтімділігі		W	толқын энергиясы	$Дж$
ε_0	электрлік тұрақтысы $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/\text{Н} \cdot \text{м}^2$		w	энергия тығыздығы	$Дж/м^3$
μ	ортаның магниттік өтімділігі		$w_{э.ө.}$	электр өрісі энергиясының тығыздығы	$Дж/м^3$
μ_0	магниттік тұрақтысы $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$		$w_{м.ө.}$	магнит өрісі энергиясының тығыздығы	$Дж/м^3$
T	период	c	ν	жиілік	$Гц$

Максвелл гипотезасы

Кеңістіктің қандай да бір нүктесінде электр өрісінің кез келген өзгерісі айнымалы магнит өрісін тудырады, ол өз кезегінде құйынды электр өрісін тудырады.

Глоссарий

Толқын қарқындылығы – толқындардың таралу бағытына перпендикуляр орналасқан бірлік бет арқылы бірдей уақыт ішінде тасымалдайтын энергиясына тең физикалық шама.

Модуляция – дыбыс жиілігіндегі толқынды жоғары жиілікті сигналмен қабаттастыру.

Тасымалдаушы жиілік – жоғары жиілікті генератор тудырған тербеліс жиілігі.

Жиілікті радиобайланыс каналы – радиотолқындардың нақты тұтынушылар арасындағы радиобайланыс үшін қолданылатын және ерекшеленген жиілігі.

ТОЛҚЫНДЫҚ ОПТИКА

Толқындық оптика – оптикалық құбылыстарды жарықтың толқындық табиғаты негізінде түсіндіретін оптика бөлімі. Жарық толқындары электрмагниттік толқындарға жатады. Оларға электрмагниттік толқындардың барлық қасиеттері тән. Толқындық оптика бөлімінде жарықтың интерференция, дифракция және поляризация құбылыстары қарастырылады.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- жарықтың интерференция, дифракция құбылысын бақылау шарттарын анықтауды;
- жарықтың толқын ұзындығын дифракциялық тордың көмегімен анықтауды;
- жарықтың поляризация құбылысын эксперимент арқылы зерттеуді үйренесіндер.



§ 12. Жарықтың интерференциясы. Жарықтың дифракциясы

Күтілетін нәтиже:

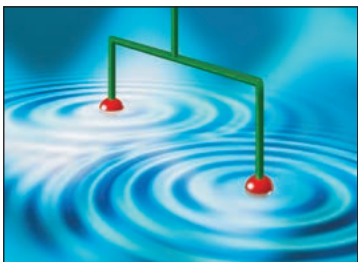
Осы параграфты игергенде:

- жарықтың су бетінде екі көзден пайда болған дифракциясы мен интерференциясын бақылауға қажетті шарттарды анықтай аласыңдар.

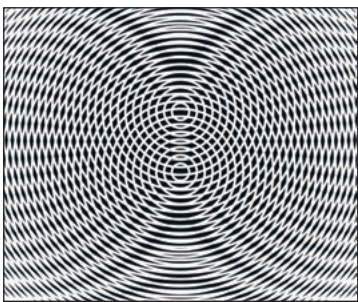


Жауабы қандай?

- Неліктен сабын көпіршіктерінде жалтырайтын ерекше түстер бар?
- Неліктен CD-дискілер күн сәулесінде түрлі түстер құрайды?



71-сурет. Екі толқын көзі тудырған толқындардың қабаттасуын бақылау



72-сурет. Когерентті көздер тудырған толқындардың қабаттасуының нәтижесі

I Механикалық толқындардың интерференциясы

Бірнеше толқын көзі қандай да бір ортада механикалық толқын тудыратын болса, онда олар бір-біріне тәуелсіз таралады. Органың барлық бөлшектері әр толқын жеке тудырған тербелістерге қатысады. Толқындардың қабаттасуы нәтижесінде орта бөлшектерінің тербелісінің максимумдары мен минимумдары кезектескен орнықты бейне пайда болу құбылысын *интерференция* деп атайды.

Тек фазалық ығысулары тұрақты және бірдей жиілікке ие толқындар ғана интерференциялана алады. Ондай толқындарды *когерентті* деп атайды, оларды фазалық ығысулары тұрақты, бірдей жиілікте тербелетін толқын көздері тудырады.

Толқындардың интерференциясы - екі немесе бірнеше когерентті толқынның қабаттасуы кезінде олардың қорытқы амплитудаларының артуы немесе кемуі.



Есте сақтаңдар!

Егер толқын көздері фазалық ығысулары тұрақты бірдей жиілікті тербелістер жасайтын болса, мұндай толқындарды *когерентті* деп атайды.

II Екі толқынның интерференциясы кезіндегі максимум және минимум шарты

Толқындардың қабаттасуы кезінде тербеліс амплитудасы суперпозиция принципіне сәйкес анықталады (73, а-сурет). Егер ортаның қандай да бір нүктесінде когерентті толқындардың жотасы қабаттасатын болса, онда



Өз тәжірибең

Судағы тербелетін бір дене және жиілігі мен амплитудасы бірдей тербеліс жасайтын тербелетін бір-екі дене тудырған толқындарды бақылаңдар. Бұлар бір өзекке бекітілген екі өзек болуы мүмкін (71-сурет). Су бетіндегі толқындардың қабаттасу аймағында неліктен нүктелердің жартысы – ыдыстағы сұйық деңгейінен жоғары, жартысы – ыдыстағы сұйық деңгейінен төмен өзгеріссіз бейне бақыланады (72-сурет)?

тербеліс күшейеді, амплитуда барлық амплитудалардың қосындысына тең мән қабылдайды. Егер бір толқынның жотасын екінші толқынның ойысымен қабаттастырса, онда жекелей алынған толқындардың амплитудалары тең болған кезде кеңістіктің осы нүктесі тербеліс жасамайды (73, ә-сурет). Егер амплитудалар әртүрлі болса, онда осы нүктеде амплитудасы таралатын толқындардың амплитудаларының айырымына тең тербеліс жасалады.

С нүктесінен l_1 және l_2 қашықтықтарда орналасқан А және В екі көзден таралатын толқындардың интерференциясы нәтижесін көру үшін толқындардың таралу жолдарының айырымын анықтау және оны толқын ұзындығымен салыстыру жеткілікті. Егер таралу жолдарының айырымы бүтін санға тең болса, онда С нүктесінде жоталардың немесе ойыстардың қабаттасуы орындалады, тербеліс амплитудасы артады (74-сурет).

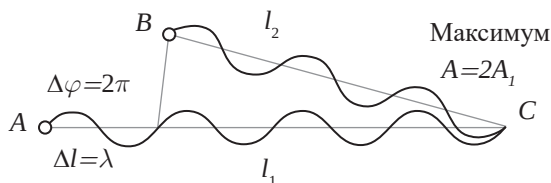
Максимум шарты орындалады:

$$\Delta l = l_1 - l_2 = k\lambda, \quad (1)$$

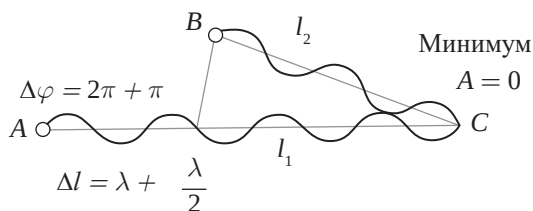
мұндағы Δl – толқындардың таралу жолдарының айырымы, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ тең натурал сан.

Толқындардың таралу жолдарының айырымы тербелістердің фазалар айырымына сәйкес келеді:

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot t = \frac{2\pi}{T} \cdot T = 2\pi. \quad (2)$$



74-сурет. Тербелістердің С нүктесіндегі максимум шарты

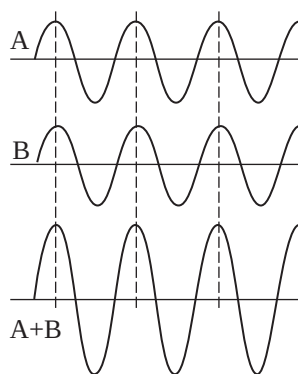


75-сурет. Тербелістердің С нүктесіндегі минимум шарты

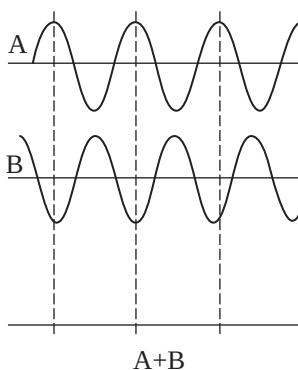
Толқын период ішінде λ толқын ұзындығына тең арақашықтықты жүріп өтетін болғандықтан, Т

периодқа $\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot t = \frac{2\pi}{T} \cdot T = 2\pi$ фаза сәйкес келеді.

Ортаның қарастырылып отырған нүктесіндегі тербелістердің минимумы екі когерентті көздерден фазалық ығысуы тақ π санына тең толқындар таралғанда, ал



а) Толқындардың қабаттасуы



ә) Тербелістердің өшуі

73-сурет. Толқындар тербілісі



Есте сақтаңдар!

Толқындардың интерференциясы тербеліс энергиясының орта бөлшектер арасында бөлуіне алып келеді. Бұл энергияның сақталу заңына қайшы келмейді, себебі орта есеппен алғанда кеңістіктің үлкен аумағы үшін қорытқы толқынның энергиясы интерференцияланатын толқындардың энергияларының қосындысына тең.

таралу жолдарының айырымы жартытолқындардың бүтін санына тең болатын жағдайда байқалады. Бұл жағдайда тербелістер қарсы фазаларда орындалады (75-сурет):

Минимум шарты:

$$\Delta l = l_1 - l_2 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

немесе $\Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = (2k + 1) \cdot \pi$. (4)

III Толқындардың таралуы.

Гюйгенс – Френель принципі

Кеңістіктің ауытқу жеткен барлық нүктелері екінші ретті толқын көздері болып табылады деген Х.Гюйгенс принципі негізінде екінші ретті толқын көздері неліктен тек толқынның таралу бағыты бойынша ғана толқын шебін құратынын түсіндіру мүмкін емес. Толқындардың таралу құбылысын түсіндіру үшін 1815 жылы француз физигі О.Френель Х.Гюйгенс принципін екінші ретті толқындардың когеренттілігі мен интерференциясы туралы түсінікпен толықтырды. Оған сәйкес: екінші ретті толқындарды қабаттастыру кезінде интерференция орындалады, нәтижесінде тербеліс амплитудасы кеңістіктің әртүрлі мәндерінде түрліше болады: толқындардың таралу бағыты бойынша толқындар күшейеді, ал кері бағытта – әлсірейді. *Екінші ретті толқындардың орағытып өтетін шеңбері қорытқы толқынның шебі болып саналады (76, а, ә-сурет).*



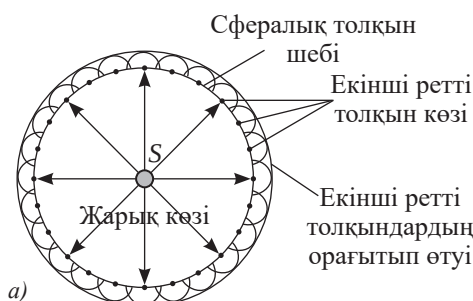
Есте сақтаңдар!

Жарықтандыруға арналған жарық көздері когерентті толқындарды шығармайды, оларда жиілігі мен фазалар айырымы әртүрлі толқындар болады. Жарық көзі 400 нм-ден 750 нм-ге дейінгі диапозонындағы жиіліктері $4 \cdot 10^{14}$ Гц-тен $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц аралығындағы көрінетін сәулелер шығарады. Атомның сәулеленуі толқынның «бөлігін» береді, ол *цуг* деп аталады. Атомның қозған күйден қозбаған күйге өтуі шамамен 10 нс өте аз уақыт аралығында орындалады, демек, цугтың ұзындығы шамамен $l = ct \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 10 \cdot 10^{-9} \text{ с} = 3 \text{ м-ге}$ жетеді, ал цугтар арасындағы фазалар еркін мәнге ие болады.



Тапсырма

Гюйгенс және Френель принциптері негізінде 76-сурет бойынша сфералық және жазық толқындардың таралуын түсіндіріңдер. Осы принциптерге сүйеніп, цилиндрлік толқынның таралу моделін бейнелеңдер.



а) сфералық толқын шебі

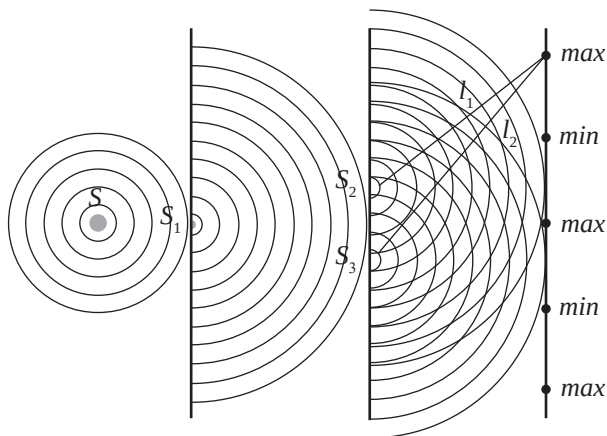


ә) жазық толқын шебі

76-сурет. Толқын шебі

IV Жарық толқындарының интерференциясын бақылауға арналған Т.Юнг тәжірибесі

Ағылшын физигі Т.Юнг 1802 жылы бір монохроматты көзден шығарылатын жарық интерференциясын толқын шептерін бөлу әдісімен анықтады, ол бір немесе екі орташа саңылауы бар екі кедергіні қолданды (77-сурет). Т.Юнг экранда ашық және қою жолақтардың қатарласуын бақылады, олар сәулелердің таралу жолдарының айырымымен анықталды. Экранның берілген нүктесіне екі жарықта фазалары бірдей тербелістермен жеткен жағдайда жарықтың күшеюі орындалады. Бұл кезде бір толқынның жотасы екінші толқынның жотасымен қабаттасады.



77-сурет. Жарық толқындарының интерференциясын бақылауға арналған Т.Юнг тәжірибесі

Томас Юнг (1773–1829) – ағылшын физигі, механик, дәрігер, астроном және шығыстанушы, жарық теориясын құрастырушылардың бірі. Бала кезінен ерекше қабілеттерімен көзге түскен, таңғаларлық есте сақтау қабілетіне ие болған, 2 жасында әріп танып, 14 жасында дифференциалдық есептеулермен танысқан. Оның жұмыстарының ең маңызды бағыты – оптика, механика, көру физиологиясы. Юнг толқындардың суперпозициясы мәселелерін қарастырғаннан кейін интерференция принципін ашты. Ол жарық толқынының ұзындығын анықтауға арналған тәжірибелерді бірінші болып сипаттады. Жарық толқындарының көлденеңдігі туралы гипотеза жасады, түрлі түсті көру теориясын құрастырды.



Жауабы қандай?

1. Кедергінің өлшемдері кішкентай болғанда, неліктен көлеңкенің ортасында ашық түсті дақ (жолақ) пайда болады?
2. Неліктен саңылау кішкентай болғанда, экрандағы дақтың ортаңғы бөлігінде қою түсті дақ (жолақ) пайда болады?
3. Неліктен кедергілердің өлшемдерін арттырғанда жолақтар жоғалады?

V Жарықтың максимум және минимум шарты

Жарық толқындары интерференциясының максимумы және минимумы механикалық толқындардікіне ұқсас келеді.

Жарық толқындарының максимум шарты біртекті ортада когерентті жарық толқындарының таралу жолдарының айырымы толқын ұзындығының бүтін санына қалдықсыз бөлінген жағдайда бақыланады.

$$\Delta l = k \lambda, \quad (5)$$

мұндағы $\Delta l = l_2 - l_1$ – жарық толқындарының таралу жолдарының айырымы, λ – толқын ұзындығы, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$.

Мұндай тербелістердің фазалар айырымы 2π -ге қалдықсыз бөлінеді.

Жарық толқындарының минимум шарты біртекті ортада когерентті толқындарының таралу жолдарының айырымы жарты толқын ұзындығының тақ санына қалдықсыз бөлінген жағдайда бақыланады.

$$\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (6)$$

Мұндай тербелістер фазалары минимумдарының айырымы 2π -ге қалдықсыз бөлінеді.



Жауабы қандай?

Неліктен ғимаратта екінші жарық көзін қосқанда жарқыраудың максимумы мен минимумы байқалмайды, жарқырау ашық кеңістікте күшейеді?



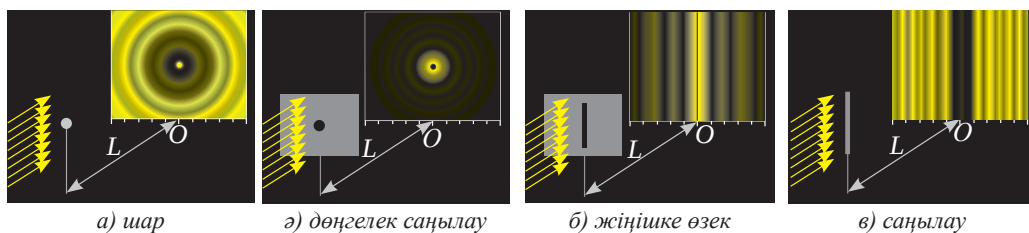
Бұл қызық!

Дөңгелек диск көлеңкесіндегі кезекпен орналасқан сақиналарды ең алғаш рет италиялық ғалым Франческо Гримальди бақылады және 1765 жылы оны өзінің «Жарық, түстер және кемпірқосақ туралы физикалық ілім» жинағында сипаттады. Ф.Гримальди жарық толқындардың судағы толқындарға ұқсас кедергілерді орағытып өтуін дифракция (лат. *diffractus* – орағытып өту) деп атады.



Өз тәжірибең

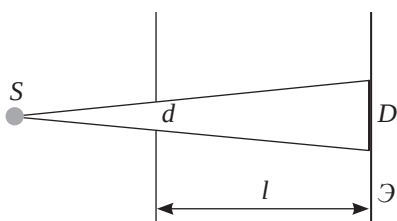
1. Өлшемдері кішкентай саңылаулары бар денелерді экраннан бірнеше метр арақашықтыққа орналастырып (78-сурет), оларда:
 - шардан және саңылаудан ашық және қою түсті сақиналар (78, а, ә-суреттер);
 - жіңішке өзекше және саңылаудан ашық және қою түсті жолақтар (78, б, в-суреттер) алындар. Монохроматты жарық көзін қолданыңдар.
2. Кедергі мен экранның арақашықтығын өзгертіп, шар (өзек) көлеңкесінің центрінде ақтың, саңылаудан алынған ашық түсті дақтың ортасында қою түсті дақтың пайда болуына қол жеткізіндер.



78-сурет. Жарықтың максимумдары мен минимумдарының экрандағы көрінісі

VI Жарық дифракциясы

Геометриялық оптикаға сәйкес экранда жарық сәулелерінің диаметрі d саңылаудан өтуі нәтижесінде диаметрі D ашық түсті дақ пайда болады (79-сурет).



79-сурет. Дөңгелек саңылауды жарықтандыру кезінде экранда ашық түсті дақтың пайда болуы



Жауабы қандай?

Т. Юнгтың жарықтың интерференциясын бақылау құбылысын (79-сурет) түйісетін сәулелердің дифракциясына мысал ретінде келтіруге бола ма?

Саңылаудың d диаметрін кішірейтіп, экранға дейінгі l арақашықтықты арттырсақ, кескін өзгереді. Ол ортасында ашық түсті де, қою түсті де дақ болуы мүмкін ашық және қою түсті кезекпен орналасқан сақиналарды береді. Өлшемдері кішкентай денелерді жарықтандырғанда да осындай кескін бақыланады.

Жарық дифракциясы – жарықтың өлшемдері кішкентай денелерді орағытып өтіп, оның геометриялық көлеңке аймағына өтуі.

Жарық дифракциясының екі түрі бар: түйісетін сәулелердегі Френель дифракциясы және параллель сәулелердегі Фраунгофер дифракциясы (78, а, ә -сурет).

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Екі когерентті көзден жиіліктері $5 \cdot 10^{14}$ Гц болатын жарық толқындары шығарылады. Таралу жолдарының айырымы 1,5 мкм болатын нүктеде жарықтың күшеюі немесе әлсіреуі байқала ма?

Берілгені:	ХБЖ	Шешуі:
$\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц	$1,5 \cdot 10^{-6}$ м	Когерентті толқындардың таралу жолдарының айырымына қандай ұзындықтағы толқын сыятынын анықтайық:
$\Delta l = 1,5$ мкм		$\Delta l = k\lambda$ (1)
$k - ?$		мұндағы $\lambda = \frac{c}{\nu}$ (2)

Осы (1) және (2) өрнектен $k = \frac{\Delta l \nu}{c}$ екені шығады. $k = \frac{1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 2,5$.

Толқындардың таралу нәтижесінде тақ сан – 5 жартыұзындықтағы толқын сыятыны анықталды.

Жауабы: толық өшу болады.

Бақылау сұрақтары

1. Жарықтың интерференциясы деген не? Ол қалай байқалады?
2. Қандай шарттар орындалғанда жарықтың минимумы мен максимумы бақыланады?
3. Жарық дифракциясы деп нені атайды?
4. Ол қандай шарттар орындалғанда бақыланады?



Жаттығу

12

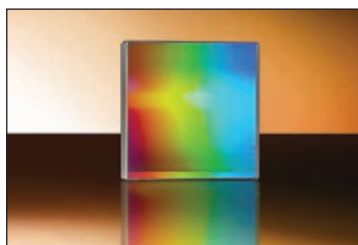
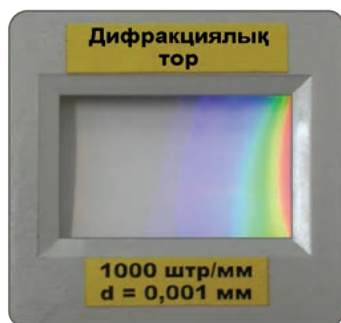
1. Екі интерференцияланатын оптикалық толқындардың жүру жолының айырымы $0,2\lambda$ тең. Фазалар айырымын анықтаңдар, оны градуспен жазыңдар.
2. Когерентті көздерден шығатын екі толқынның таралу жолдарының айырымы $0,5\lambda$ болады. Толқындардың таралу жолдарының айырымына сәйкес келетін тербеліс фазаларының айырымын анықтаңдар.
3. Тербелістердің күшеюі орын алатын кеңістіктің кейбір нүктесінде когерентті көздерден таралатын толқындардың фазалары айырымының минимум мәнін табыңдар.
4. Толқындардың қабаттасуы нәтижесінде олардың максимал әлсіреулері байқалатын серпімді ортада екі когерентті толқындардың серпімді орта нүктелеріне дейінгі таралу жолдарының айырымын анықтаңдар. Толқын көздері $0,4$ кГц жиілікпен бірдей фазада тербеледі. Толқынның берілген ортада таралу жылдамдығы 240 м/с.
5. Екі когерентті толқынның берілген ортаның бірінші толқын көзінен 16 м және екіншісінен 31 м қашықтықта орналасқан нүктесіндегі интерференция нәтижесі қандай? Толқын көздері 20 мс периодпен бірдей фазада тербеледі. Толқынның таралу жылдамдығы $1,5$ км/с.

§ 13. Дифракциялық торлар

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- толқын ұзындығын анықтау үшін дифракциялық торды қолдануды түсіндіресіңдер.



80-сурет. Шағылдыратын және мөлдір дифракциялық торлар

I Дифракциялық тор

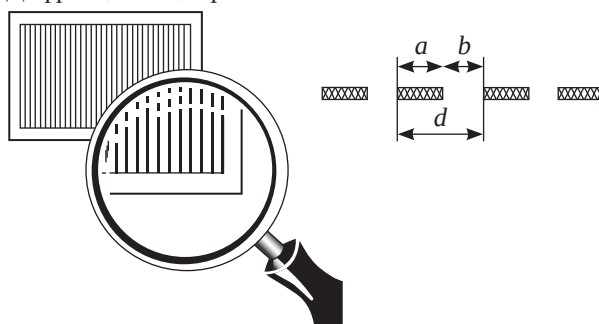
Мөлдір және шағылдыратын дифракциялық торлар бар (80-сурет). Бірөлшемді дифракциялық тор – ендері бірдей, өзара параллель орналасқан және түссіз, ендері бірдей мөлдір емес аралықтармен бөлінген экрандағы саңылаулардың N санынан тұратын жүйе.

Арнайы бөлгіш мәшине шыны пластинада өзара бірдей қашықтықта орналасқан түссіз параллель штрихтар салады, олардың 1 мм-дегі саны 3600-ден асады.

Түссіз саңылау ені a мен жағылған штрихтардың енінің b қосындысына тең тордың тұрақтысы (периоды) d аспаптың сапасын анықтайды (81-сурет):

$$d = a + b. \quad (1)$$

Дифракциялық тор



81-сурет. Мөлдір дифракциялық тордағы үзікті сызықтар

Шыны пластина енінің L және жағылған жолақтар санының мәні N белгілі болғанда дифракциялық тор тұрақтысын мына формула бойынша анықтайды:

$$d = \frac{L}{N}. \quad (2)$$

Шағылдырушы дифракциялық торларда жолақтар металл пластинаға жылтыр кескіштермен жағылады.

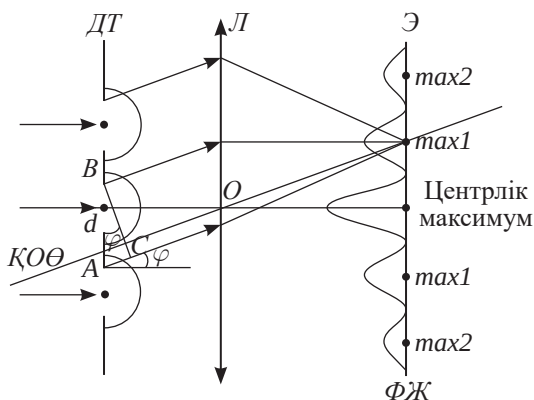
Дифракциялық тор мөлдір емес аралықтармен бөлінген жіңішке саңылаулардың жиынтығын білдіреді.

II Дифракциялық тор үшін максимум шарты

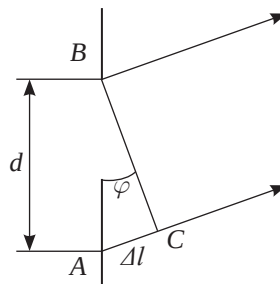
Дифракциялық торда (ДТ-да) барлық саңылаулардан өтетін параллель когерентті жарық шоғының көпсәулелі интерференциясы орындалады.

ДТ арқылы тесіп өтетін жарық толқындарының таралу жолын қарастырайық. Торға жазық монохроматты сәуле түссін (82, а-сурет). Гюйгенс принципіне сәйкес екінші ретті жарық көздері саңылауларда сфералық толқындық беттер тудырады,

олар кедергілерді орап өтеді және барлық бағыттарда таралады. Егер тордың артына Л жинағыш линзаны қойсақ, онда саңылаулардан өтетін барлық параллель сәулелер линзаның фокалдік жазықтығында бір жолаққа жинақталады.



а) Толқындардың таралу жолдары;



б) Толқындардың таралу жолдарының айырымы

82-сурет. Дифракциялық тор арқылы өтетін толқындар

$\triangle ABC$ үшбұрышынан көршілес саңылаулардан өтетін толқындардың таралу жолдарының айырымын анықтайық (82, ә-сурет):

$$\Delta l = d \sin \varphi, \quad (3)$$

мұндағы φ – жарық толқындарының тор жазықтығына түсірілген перпендикулярдан ауытқуы. Егер толқындардың таралу жолдарының айырымы толқын ұзындығының бүтін санына бөлінсе, онда экранда жарықтың максимумы байқалады, келесі катынас орындалады:

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad (4)$$

мұндағы k – дифракциялық максимум реті.

Алынған теңдеуден әртүрлі толқын ұзындықтары үшін максимум шарты дифракция бұрышының белгілі бір мәнінде орындалатыны шығады. Толқын неғұрлым ұзын болса, ауытқу бұрышы да соншалықты үлкен. Дифракциялық торды ақ жарықпен жарықтандырғанда жарықтың максимумдары экранда күлгіннен бастап, қызылға дейінгі түрлі түстерге боялады, центрлік максимум ақ болып қалады. Спектр реті артқан сайын жарықтың қарқындылығы төмендейді (83-сурет).

$k=3$

$k=2$

$k=1$

$k=0$

$k=1$

$k=2$

$k=3$



83-сурет. Дифракциялық торды ақ жарықпен жарықтандырғанда пайда болған спектрлер



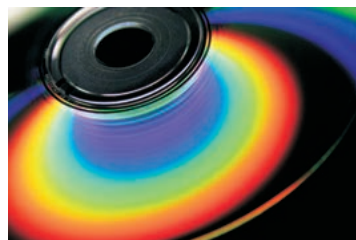
Жауабы қандай?

1. Егер тор тұрақтысын өзгертпей, оның жолақтарының санын арттырса, дифракциялық көрініс қалай өзгереді?
2. Дифракциялық тор спектрінің ең көп санын қалай анықтайды?
3. Тордан экранды алып тастағанда дифракциялық көрініс қалай өзгереді?
4. Неліктен дифракциялық тордағы штрихтар бір-біріне жақын орналасады?



Бұл қызық!

1. Қарапайым шағылыстырғыш дифракциялық тор (ДТ) – компакт-диск (84-сурет). Оның бетіне спираль түрде шашырай түсетін жарық 0,5 мкм қалыңдықпен ойылып жазылады. Ені 1,1 мкм бос төсеніш сәулелерді шағылдырады. Компакт-диск периоды 1,6 мкм шағылыстырғыш дифракциялық тор болады. ДТ-дың басқа мысалына әртүрлі голограммалар жатады.
2. Сапалы ДТ-ды алу үшін өте жоғары дәлдікті сақтау керек. Бір штрихқа немесе ойыққа қателесу бұйымды бірден жарамсыз етеді. Дайындау үшін алмаз кескіштері бар, арнайы ірі іргетасқа бекітілген ерекше бөлгіш машина қолданылады. Жазу басталғанға дейін бұл жабдық барлық тораптарды тұрақтандыру үшін бос режимде 5-тен 20 сағ дейін жұмыс істеуі тиіс. Әрбір штрихтың ойылып жазылуына 3 с уақыт кетуіне қарамастан, бір ДТ-ды 7 тәулік жасайды.
3. ДТ спектроскопиядағы маңызды және таптырмайтын құрал болып табылады, сондықтан оның көмегімен, мысалы, алыс жұлдыздың химиялық құрамын білуге болады.



84-сурет

Бақылау сұрақтары

1. Дифракциялық тор (ДТ) дегеніміз не?
2. Оның түрлері қандай?
3. Тор периоды дегеніміз не?
4. Дифракциялық тордың максимум шарты қандай?



Жаттығу

13

1. Тұрақтысы 0,004 мм дифракциялық тор толқын ұзындығы 687 нм жарықпен жарықтандырылады. Екінші ретті спектрді көру үшін торға бақылауды қандай бұрышпен жүргізу керек?
2. ДТ экранға параллель одан 0,7 м қашықтықта орналасқан. Осы ДТ-дың 1 мм үшін штрихтар санын анықтаңдар. Толқын ұзындығы 430 нм жарық шоғының қалыпты түсуі кезінде бірінші дифракциялық максимум центрлік жолақтан 3 см арақашықтықта орналасады. $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$ деп алыңдар.
3. Төртінші ретті максимумға сәйкес келетін толқын ұзындығы 440 нм жарық үшін бесінші ретті максимум сызығына сәйкес келетін жарық торына қалыпты түсетін толқын ұзындығын анықтаңдар.
4. Егер ДТ тұрақтысы $d = 2$ мкм болса, онда толқын ұзындығы 589 нм сары түс спектрінің ең үлкен k ретін табыңдар.
5. Тұрақтысы $d = 0,01$ мм ДТ-мен алынған бірінші ретті спектрдің ені неге тең? Толқын ұзындықтарының диапазоны 0,38 мкм-ден 0,76 мкм аралығында болады. ДТ-дан экранға дейінгі қашықтық $L = 0,5$ м.

Эксперименттік тапсырма

Капрон матада, компакт-дискте алынған дифракциялық көріністерді бақылаңдар. Компакт-диск дифракциялық тордың қандай түріне жатады?

§ 14. Жарықтың поляризациясы

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- жарықтың поляризациясын эксперимент арқылы зерттейсіңдер.



85-сурет. Кристалды турмалин



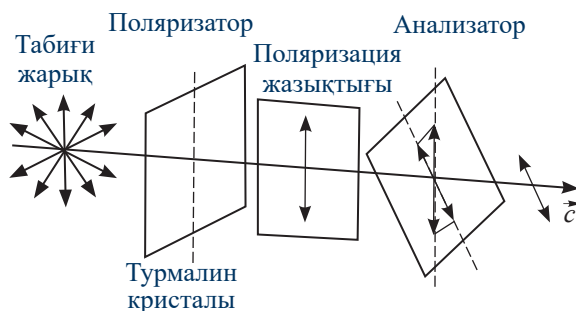
Маңызды ақпарат

Т.Юнг және О.Френель ұзақ уақыт бойы жарық толқындарын бізді қоршаған кеңістікті және денелерді тесіп өтетін бойлық толқындар серпімді эфирде таралатын дыбыс толқындары сияқты деп санады.

I Жарықтың поляризациясы

Поляризация құбылысы ең алғаш жарық сәулелері шоғының турмалин пластинадан өтуі барысында байқалды.

Турмалин – қызыл, көк немесе жасыл түсті қатты білінетін бірөсті анизотропты мөлдір кристалл (85-сурет). Жүргізілген тәжірибелерде пластинаның қырлары осы өске параллель. Жарықтың таралу бағытына перпендикуляр жазықтықта бір пластинаның айналуы оның қарқындылығына әсер етпейді (86-сурет). Осы жазықтықта екі турмалин пластина бір-біріне қатысты айналғанда жарық шоғының қарқындылығы төмендейді, пластина өстерінің перпендикуляр орналасу сәтінде жарық толығымен сөнеді. Қарапайым жарық сәулесі қалыңдығы шамамен 1 мм турмалин пластинамен толығымен жұтылады.



86-сурет. Жарық поляризациясы

Жарықты көлденең толқын деп санап, поляризация құбылысын түсіндіруге болады.

Табиғи жарықтың кристалл арқылы өтуі кезінде тербелістің барлық бағыттарының кристалл өсіне параллель поляризация орындалатын біреуі ғана ерекшеленеді. Бұл жағдайда турмалин кристалын *поляризатор* деп атайды.

Егер екінші пластина арқылы өту кезінде тербеліс кристалдың өсі бойымен орындалатын болса, онда поляризацияланған жарық тербелісінің амплитудасы мен қарқындылығы өзгермейді. Екінші пластина бірінші пластинаға қатысты α -бұрышқа бұрылғанда кернеуліктің тербеліс амплитудасы мына мәнге дейін төмендейді:

$$E = E_{\max} \cdot \cos \alpha.$$

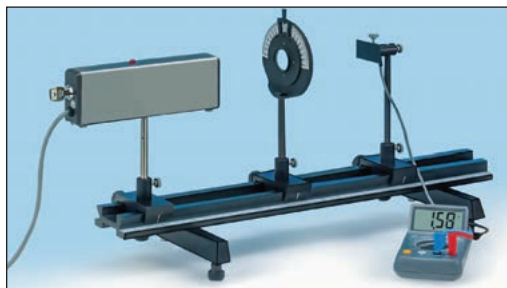
$\alpha = 90^\circ$ бұрышқа бұрылған кезде жарық толқынының кернеулігі нөлге тең болады: $E = 0$, мұндай поляризатор мен анализаторды айқастырыла орналастырылған дейді. Турмалинның екінші пластинасы табиғи жарықтан поляризацияланған жарық алуға мүмкіндік береді, сондықтан оны *анализатор* деп атайды.

Турмалинмен жүргізілген тәжірибе *жарық толқынының көлденең екенін және қарқындылығы турмалин пластинаның айналуына тәуелді емес болатындықтан, таралу бағытына қатысты симметриялы екенін көрсетті.*



Өз тәжірибең

Оптикалық орындықты пайдаланып, поляризатормен және анализатормен тәжірибе жүргізіңдер (87-сурет). Анализатор және поляризатор естері бір-біріне қатысты бұрылғанда экранның жарықтандырылуы қалай өзгереді?



Жауабы қандай?

Неліктен бойлық толқын поляризацияланбайды?

87-сурет. Поляризацияланған жарық көзі, анализаторы, экраны және өлшеу аспабы бар оптикалық құрал

II Поляризаторлар мен поляроидтар

Поляризатор – толығымен немесе жартылай поляризацияланған жарық алуға арналған құрылғы. Поляризация қасиеттеріне бағытқа бағдарланған ұзын молекулалары бар полимерлі пленкалар, оптикалық анизотропиялы турмалин, кварц және шпат кристалдарынан жасалған призмалар мен пластиналар ие. Ылғалдық пен механикалық зақымдалудан қорғану үшін екі мөлдір пластиналар арасына жапсырылған жұқа поляризацияланған пленканы поляроид деп атайды.

Жарықтың поляризациясы құбылысы кең практикалық қолданысқа ие. Поляроид әртүрлі мақсаттарда суретке түсу кезінде дақтарды тазарту үшін, 3D кескін құру үшін, сұйықкристалды экран жасау үшін, көлік жүргізушілеріне басқа көлік шамдарының жарығының әсерін жою үшін қолданылады. Поляризация құбылысын қолданып, жарық сәулелерінің қарқындылығын баяу реттеуге болады. Екі поляризатор жарықтандыру қарқындылығын баяу түрде 100 000 есе өзгертуге мүмкіндік береді.

III Поляризаторлардың қолданылуы

Поляризацияланған жарықты тегіс беттерден шағылған жарықты сөндіру үшін қолданады. *Поляроидты күн көзілдіріктері* осы принципке негізделген. Осы принцип фототүсірілім кезінде де қолданылады. Фото және видеотүсірілім кезінде поляризацияланған сүзгілер (88-сурет) дақтар мен металдардан басқа шағылдырушы беттерден шағылуларды жояды. Күн ашық болғанда ол аспанды «бұлттандыра» алады. Шағылған жарық су астында орналасқан заттарды көруге кедергі жасайды. Поляризацияланбаған табиғи жарық су қоймасының бетіне түскенде оның жартысы айналық түрде шағылады және поляризацияланады. Егер суға арнайы поляризатор арқылы қарасақ, онда айналық шағылған жарықтың басым бөлігі жұтылады да, су асты нысандарының көрінуі біршама артады (89-сурет).



88-сурет. Фото және видеотүсірілімдерге арналған поляризацияланған сүзгілер

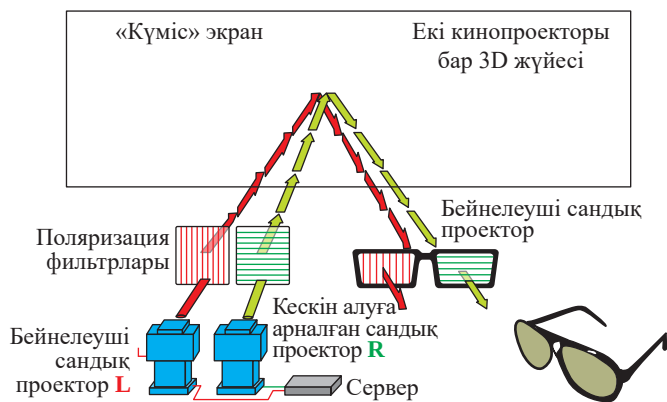


89-сурет. Табиғаттың поляризаторсыз және поляризатормен түсірілген фотосуреті

Поляризацияланған көзілдіріктерді көлемділік иллюзиясын беретін 3D стерео кинода қолданады (90-сурет). Иллюзия негізінде оң және сол көздердің көру бұрыштарына сәйкес келетін әртүрлі бұрыштармен түсірілген екі сурет – стереожұптар жатыр. Оларды әр көз өзіне арналған суретті ғана көретіндей қарастырады. Сол көзге арналған суретті вертикаль өткізгіш өсі бар поляроид арқылы экранға проекциялайды, ал оң көз үшін горизонталь өткізгіш өсі бар поляроид арқылы экранға проекциялайды да, оларды экранда біріктіреді (91-сурет).



90-сурет. Поляроид көзілдіріктердегі көлемді көрініс иллюзиясы



91-сурет. Поляризацияланған көзілдіріктерді қолданып, 3D көрінісін құру принципі



1-тапсырма

91-суретті қараңдар. Екі кинопроекторы бар 3D жүйесінің жұмыс принципін түсіндіріңдер.



Жауабы қандай?

1. Көлемді көрініс алу көздің қандай қасиеттеріне негізделген?
2. Неліктен көзілдіріксіз көргенде экрандағы көрініс бұлдырлап көрінеді?
3. 2D режимінде 3D фильм көру үшін көзілдірік құрылымында нені өзгерту керек?
4. Көлемді көрініс алудың берілген әдісінің қандай кемшіліктері бар?
5. Неліктен экрандағы кадрлардың ауысу жылдамдығы екі есе артып, секундына 48 кадрға жетеді?

Бақылау сұрақтары

1. Поляризацияланған жарықтың табиғи жарықтан қандай айырмашылығы бар?
2. Неліктен поляризатордың айналуы кезінде жарықтың қарқындылығы өзгермейді?
3. Қандай заттарды поляризаторлар деп атайды, олар қандай қолданысқа ие болды?
4. 3D-көріністерді қалай құрайды?



Жаттығу

14

1. Су бетінен шағылған жарық жартылай поляризацияланған болып табылады. Поляроид арқылы бұған қалай көз жеткізуге болады?
2. Жарық толығымен өшетіндей бағдарланған екі поляроидқа табиғи жарық түседі. Олардың арасына үшінші поляроидты орналастырса не болады?
3. Егер анализатор өсі поляризатор өсімен $\alpha = 45^\circ$ бұрыш құраса, онда поляризацияланған жарықтың кернеулігінің тербеліс амплитудасы неше есе өзгереді?
4. Анализатор өсі мен поляризатор өсі арасындағы бұрыштың қандай мәнінде жарықтың қарқындылығы екі есе кемиді?

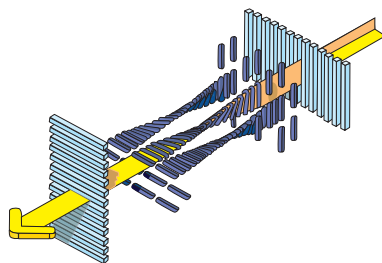
Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

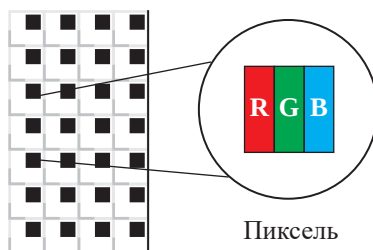
1. Көздің поляризацияланған микроскопиясы.
2. Жарық поляризациясының мәшине жасау мен құрылыс саласында қолданылуы.
3. Дифракциялық спектрограф, спектроскоп, спектрометр құрылғылары және олардың жұмыс істеу принциптері.
4. Екіөлшемді және кеңістіктік дифракциялық торлар.

Сұйықкристалды экран

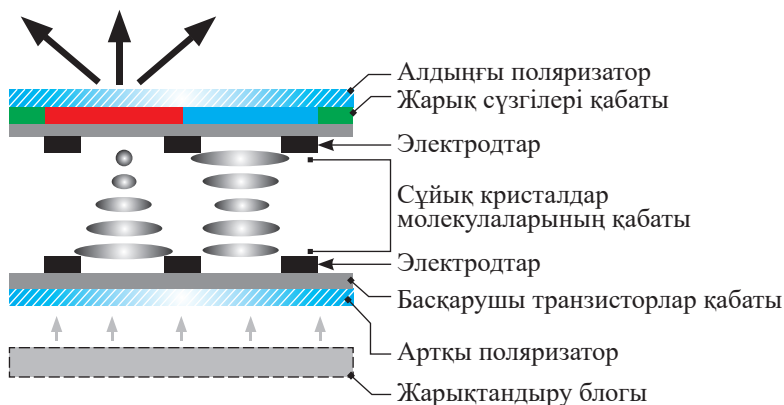
Сұйықкристалды экранда екі поляризаторды олардың арасынан жарық өтетіндей өзара перпендикуляр орналастырады. Поляризаторлар арасына сұйық кристалл орналастырылады (92-сурет). Сұйық кристалдағы молекулалар кристалдық тормен бекітілмеген, олар электр өрісінің әсерінен айнала алады. Оған қоса, кристалл молекулалары нақты құрылымға біріккен, олар қабаттар түрінде орналасады, әр қабат алдыңғы қабатқа қатысты шиыршықталады. Молекулалардың шиыршықталған қабаттары оны тесіп өтетін жарық поляризациясының бағытын өзгертеді. Сұйықкристалды дисплейлерде 90° -қа бұру құрылымын қолданады. Молекулалар жарық поляризациясы бағытын 90° -қа өзгертеді, ол толығымен екінші поляризацияланған сүзгі арқылы өтеді. Поляризаторлардың екі жағында орналасқан электродтарға берілетін кернеу әсерінен сұйық кристалдардағы молекулалардың орналасуы өзгереді. Поляризацияланған жарық үштүсті ұяшық – пикселден тұратын жарық филтрге түседі (93-сурет). Кернеуге тәуелділігіне қарай әр түс жекелей өзінің мөлдірлігін өзгерте алады, көк, қызыл және жарық түстердің үйлесімінен экранда түрлі түсті көрініс алынады.



92-сурет. Екі поляризатор арасындағы сұйық кристалл молекулалары



93-сурет. Жарық сүзгісінің құрылымы



94-сурет. Сұйықкристалды дисплей құрылғысының сұлбасы



1-тапсырма

94-суретте берілген сұйықкристалды дисплей құрылғысының сұлбасын қарастырыңдар. Оның жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер.

Толқындық құбылыстар



2-тапсырма

1. 95-суретте бейнеленген құбылыстарды атаңдар.
2. Жарықтың толқындық қасиеттерінің: интерференция, дифракция, поляризация, дисперсияның табиғаттағы, тұрмыстағы, техникадағы көрінісіне мысалдар келтіріңдер.



95-сурет

5-тараудың қорытындысы

Жарықтың біртекті ортадағы интерференциясы	Максимум шарты: $\Delta l = k \lambda$ Минимум шарты: $\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$
Тордағы дифракция	Максимум шарты: $d \sin \varphi = k \lambda$ Тор тұрақтысы: $d = \frac{L}{N}$
Поляризация	$E = E_{\max} \cos \alpha$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
Δl	сәулелердің таралу жолдарының айырымы	m	L	тордың ені	m
k	бүтін сандар 0,1,2...		N	штрихтар саны	
λ	толқын ұзындығы	m	E	поляризацияланған жарықтың кернеулігі	V/m
d	тор тұрақтысы	m	$E_{\max}$	поляризацияланбаған жарықтың кернеулігі	V/m
φ	сәулелердің ауытқу бұрышы	$rad, ^\circ$	α	поляризатордың бұрылу бұрышы	$rad, ^\circ$

Глоссарий

Дифракция – жарықтың өлшемдері кішкентай денелерді орағытып өтіп, оның геометриялық көлеңке аймағына өтуі.

Жарықтың интерференциясы – жарық толқындарын қабаттастырғанда жарықтың күшеюі немесе әлсіреуі.

Когерентті толқындар – фазалық ығысулары тұрақты, жиіліктері бірдей толқындар.



6-ТАРАУ

ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ОПТИКА

Жарық толқындары немесе жарық деп көзге көрінетін жарықты ғана емес, зерттеуге арналған әдістері мен аспаптары бірдей болғандықтан, оған жанасатын инфрақызыл және ультракүлгін сәулеленудің кең аймақтарын да айтады. Сәулеленуді фокустау үшін көрінетін жарықты зерттеу кезінде линзалар мен айналарды пайдаланады. Телескопты және спектроскопты ойлап табу көзге көрінбейтін ғаламдағы құбылыстардың ғажайып және бай әлемін адамзат үшін ашты; микроскоп биологияда революция жасады. Оптикалық зерттеулер негізінде XX ғасырдың негізгі физикалық теориялары: салыстырмалылық теориясы және кванттық физика пайда болды, олар жоғары дәрежеде дамыды. Лазерлердің пайда болуы оптикада және ғылым мен техниканың жеке салаларында жаңа мүмкіндіктерді ашты. Оптиканың практикалық маңызы және оның білімнің басқа салаларына әсері өте зор болды.

Тарауды оқып-білу арқылы сендер:

- жарық сигналдарын тасымалдауда оптоалшықты технологияның артықшылығын түсіндіруді;
- шынының сыну көрсеткішін эксперименттік жолмен анықтауды;
- телескоп, микроскоп және лупадағы сәулеленің таралу жолын салуды және оны түсіндіруді үйренесіңдер.



§ 15. Геометриялық оптика заңдары. Жарықтың толық шағылуы. Жарықжол

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- жарық сигналдарын тасымалдауда опто-талшықты технологияның артықшылығын анықтай аласыңдар.



Бұл қызық!

Жарықтың сыну заңын XVII ғ. басында голланд математигі В.Снеллиус тәжірибелік жолмен ашты.

Сынудың абсолюттік көрсеткішінің түсу бұрышының синусына көбейтіндісі тұрақты шама бола отырып, жарықтың бір ортадан екіншісіне өтуі кезінде «оптикалық инвариант» болып қалады:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma, \quad (3)$$

мұндағы n_1, n_2 – сынудың абсолюттік көрсеткіші, α – түсу бұрышы, γ – сыну бұрышы.



96-сурет. Оптикалық диск арқылы шынының сыну көрсеткішін анықтау

I Абсолют және салыстырмалы сыну көрсеткіші

Сыну заңы сынудың абсолюттік және салыстырмалы көрсеткіштерімен байланысты. Сынудың абсолюттік көрсеткіші ортаның магниттік және диэлектрик өткізгіштігіне байланысты, ол ортаның жарық толқынының таралуына кедергі жасау қабілетін сипаттайды:

$$n = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}. \quad (1)$$

Абсолют сыну көрсеткіші – жарықтың вакуумда таралу жылдамдығы берілген ортада таралу жылдамдығынан неше есе артық екенін көрсететін физикалық шама.

$$n = \frac{c}{v}, \quad (2)$$

мұндағы n – ортаның абсолют сыну көрсеткіші, c – вакуумдағы жарық жылдамдығы, v – ортадағы жарық жылдамдығы. *Оптикалық тығыздығы төмен ортаның сыну көрсеткіші де төмен болады.*

Салыстырмалы сыну көрсеткіші – жарықтың бірінші ортадағы таралу жылдамдығы екінші ортадағы таралу жылдамдығына қарағанда неше есе артық екенін көрсететін физикалық шама.

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (4)$$



Өз тәжірибен

- 96-суретте бейнеленген құрылғыны жинаңдар. Ескерту: тәжірибені екі транспортер және лазерлік көрсеткіш арқылы жүргізуге болады.
- Сыну заңын пайдаланып, шынының сыну көрсеткішін анықтаңдар. Ауаның сыну көрсеткішін $n_1=1$ деп алыңдар.
- Әрбір топта алынған нәтижелер бойынша шынының сыну көрсеткішінің орташа мәнін анықтаңдар.
- Призма (жұмыста пайдаланылған өнім) шынының қандай сұрыпқа жататынын анықтаңдар.



Естеріңе түсіріңдер!

Геометриялық оптика заңдары

Жарықтың шағылу заңы: Жарықтың түсу бұрышы оның ортадан шағылу бұрышына тең: $\angle \alpha = \angle \beta$. Түскен сәуле, шағылған сәуле және сәуленің түсу бұрышына түсірілген перпендикуляр бір жазықтықта жатады.

Жарықтың сыну заңы: Түсу бұрышының синусының сыну бұрышының синусына қатынасы берілген екі орта үшін тұрақты шама болып табылады:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2} \text{ немесе } \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} \text{ немесе } \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{2,1}. \quad (5)$$

Түскен сәуле, сынған сәуле және сәуленің түсу бұрышына түсірілген перпендикуляр бір жазықтықта жатады.

II Жазықпараллельді пластинадағы сыну

Қалыңдығы d және сыну көрсеткіші n_2 болатын мөлдір жазықпараллельді пластинаға сыну көрсеткіші n_1 ортадан AB сәулесі түседі (97-сурет). AB сәулесі екі ортаның шекарасындағы B және C нүктелерінде екі рет сынады. Бірінші ортадан екінші ортаға өту кезіндегі сыну заңын жазалық:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (6)$$

Екінші ортаның шекарасында сыну заңы мына

түрде жазылады:

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2} = \frac{n_1}{n_2}. \quad (7)$$

(6) және (7) формулаларынан мына өрнекті табамыз:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{\sin \gamma_2}{\sin \alpha_2}. \quad (8)$$

γ_1 және α_2 бұрыштары ішкі айқас бұрыштар ретінде өзара тең. Бұрыштар теңдігін ескеріп, (8) өрнектен мына теңдікті табамыз:

$$\alpha_1 = \gamma_2. \quad (9)$$

Осыдан, AB және CD сәулелері параллель деген тұжырым жасаймыз.

Жазықпараллельді пластинада ығысу болса да, жарық сәулесінің таралу бағыты өзгермейді.

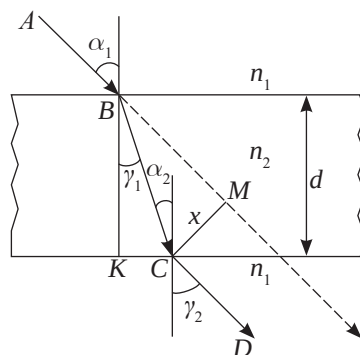
Жарық сәулесінің ығысуы x мәнін пластина қалыңдығы арқылы өрнектейік. Ол үшін тікбұрышты ΔBKC және ΔBCM үшбұрыштарын қарастырамыз, BC кесіндісі гипотенуза болып табылады. ΔBKC үшбұрышынан қабырға мен бұрыштардың қатынасын анықтаймыз:

$$BC = \frac{d}{\cos \gamma_1}. \quad (10)$$



Өз тәжірибең

Сәуле бағытын қарама-қарсыға өзгертіндер (96-сурет). Бұрыштың қандай мәнінде сыну болмайтынын анықтаңдар. Тәжірибе нәтижесі бойынша шынының сыну көрсеткішін анықтаңдар.



97-сурет. Жазықпараллельді пластинадағы сәулелердің таралу жолы



1-тапсырма

Жазықпараллельді пластинада жарық сәулесінің ығысуын қолдануға мысал келтіріңдер. Сәуленің ығысуын практикада қолдануға ұсыныс айтыңдар.

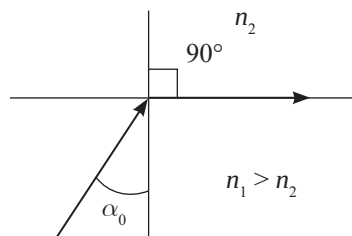
ΔBCM үшбұрышынан мына теңдікті жазамыз:

$$BC = \frac{x}{\sin(\alpha_1 - \gamma_1)}. \quad (11)$$

(10) және (11) теңдіктерді ескеріп, сәуленің ығысуын табамыз:

$$x = \frac{d \sin(\alpha_1 - \gamma_1)}{\cos \gamma_1}. \quad (12)$$

Осы теңдіктен пластина қалың болған сайын, сәуленің ығысуы да көп болатынын байқаймыз.



98-сурет. Жарықтың толық шағылуы

III Жарықтың толық ішкі шағылуы

Егер жарық сәулесін оптикалық тығыз ортадан тығыздығы төмен ортаға бағыттаса, онда сыну бұрышы түсу бұрышынан үлкен болады. 90° -қа тең сыну бұрышының ең үлкен мәніне α_0 түсу бұрышы сәйкес келеді, ол *толық ішкі шағылудың шекті бұрышы* деп аталған. Сәуле екі ортаның шекарасына толық шағылудың шекті бұрышына үлкен бұрышпен түскенде $\alpha > \alpha_0$, сынған сәуле жоғалып кетеді, жарықтың толық шағылуы орындалады (98-сурет).

Шекті бұрыш үшін сыну заңы мына түрге келеді:

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (13)$$

Алынған теңдіктен, ығысудың шекті бұрышы екінші орта вакуум немесе ауа болған жағдайда ортаның сыну көрсеткішімен анықталатындығы шығады:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n_1}. \quad (14)$$



Жауабы қандай?

1. Неліктен ыстық күндері көлік жүргізушілер қызған асфальттан жақындағанда жоғалып кететін «шалшықтарды» көреді?
2. Неліктен жүзуші аяғының астындағы су түбін көре алады, ал маңайындағы су түбін көре алмайды?



2-тапсырма

1. Шөлдерде сағымның пайда болуының себебін түсіндіріңдер (99-сурет).
2. Шөлдегі сағым үшін жарық сәулелерінің таралу жолдарын бейнелеңдер.



99-сурет. Шөлдегі сағым

IV Жарықжол. Жарық сигналын таратуда оптоталшықты технологияның артықшылығы

Екі нүкте арасында ақпарат таратудың қарапайым оптоталшықты жүйесі үш негізгі элементтен тұрады: оптикалық таратқыш, оптоталшықты кабель және оптикалық қабылдағыш.

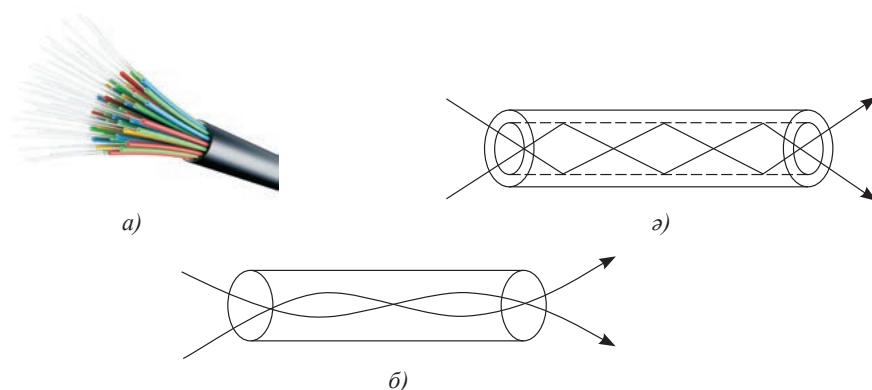
Оптикалық таратқыш электр сигналын оптоталшық арқылы жіберілетін жарық ағынына айналдырады. Жарық көзі ретінде жарықдиодтар мен жартылайөткізгіш лазерлер қолданылады. Сәулелену толқынының ұзындығы талшықтың материалының максимал мөлдірлігін және фотодиодтардың жоғары сезімталдығын ескере отырып таңдалған. Оптикалық таратқыштар инфрақызыл сәулелердің толқын ұзындығы 850, 1300 және 1550 нм диапазонында жұмыс жасайды.

Оптикалық қабылдағыш жарық сигналын бастапқы электр сигналының көшірмесіне түрлендіреді. Оптикалық қабылдағышта сезімтал элемент ретінде фотодиодты қолданады.

Жарықжол (оптоталшықты кабель) – жарықтың белгілі бағыт бойымен таралуын қамтамасыз ететін жабық құрылғы.

Ашық кеңістікте жарықтың таралуы ауаға шашырау, жұтылу және жинақталмауы нәтижесінде көп шығындалады. Жабық кеңістікте ішкі толық шағылу есебінен жарық бағыт бойынша шығынсыз таралады. Қазіргі кезде шыны ішіндегі жарықтың таралуы кең қолданысқа ие болды, өйткені шынының өзегіндегі жарықтың сыну көрсеткішінің мәні үлкен.

Оптоталшықты кабель сыну көрсеткіштері радиус бойымен сатылы немесе баяу өзгеретін бір немесе бірнеше шыны талшықтардан тұрады (100, а-сурет). Сыну көрсеткіші сатылы профильді талшық сыну көрсеткіші өте төмен шыны қабатпен оралған, оптикалық шығыны төмен шыныдан жасалған өзекшесі бар (100, ә-сурет). Баяу профильді оптоталшық тек бір сұрыпты шыныдан ғана тұрады, ол сыну көрсеткіші талшық центрінен бетінен қарай баяу кемитіндей өңделген. Осы жарықөткізгіш шыны бойымен таралатын жарық центрге қарай ығысады (100, б-сурет).



100-сурет. Сыну көрсеткіші сатылы және баяу профильді оптоталшықтарда жарықтың таралуы

Талшық санына қарай кабельдерді бір талшықты, көпталшықты және көпмодалы деп бөледі. Көпмодалы кабель жарық толқындарының *мода* деп аталатын бірнеше жол бойынша таралуына мүмкіндік береді.

Көпмодалы талшықтарда әрбір жарық толқыны өз бұрышымен таралады. Толқындар қабаттан әртүрлі шағылып, қабылдағышқа әртүрлі уақытта түседі. Бір көпмодалы кабельде шамамен 80–100 мода болады. Көпталшықты кабельдерде диаметрлері 8–10 мкм бірнеше жеке талшықтарды қолдануға болады. Көпмодалы және көпталшықты кабельдер бірталшықты кабельмен салыстырғанда, шамамен 2 м-ге жуық қашықтықтарда үлкен өткізгіштікті қамтамасыз етеді, ал одан артық болса, кедергілер пайда болады. Бірталшықты кабельдер көбінесе алыс қашықтықтағы телекоммуникациялық желілерде қолданылады.



Жауабы қандай?

1. Оптикалық талшықтың жұмыс істеу принципі қандай құбылысқа негізделген?
2. Оларды қандай материалдардан дайындайды?
3. Неліктен оптикалық талшықты төсеу кезінде қатты бүгілуді болдырмау керек (бүгілу радиусы 2,5 см-ден кем болмауы керек)?



Бұл қызық!

Қазіргі кезде ұзақ қашықтықтарға мәліметтер тасуға мүмкіндік беретін өткізгіштік қабілеті 100 Гбит/с оптоталшықты кабельдер қолданылады. WDM каналдары спектрлік тығыздалған оптоталшықты кабельдің максимал өткізгіштік қабілеттілігі 9,6 Тбит/с-қа жетеді, ол мәліметтерді бірден 96 арнаға таратуға қабілетті.



3-тапсырма

«Оптикалық кабельдер түрлері» кестесіндегі суреттерді қараңдар. Олардың құрылымындағы, жарық сигналының өтуіндегі негізгі айырмашылықтарды атаңдар. Қай кабельде сигнал көбірек бұрмаланады?

«Оптикалық кабельдер түрлері» кестесі

Бірталшықты, диаметрі 125 мкм	Көпмодалы, диаметрі 125 мкм	Көпталшықты, диаметрі 125 мкм
Оптоталшықты кабельде сигналдың таралуы		
Алынған сигналдың сапасы		

Оптикалық кабельдердің қарапайым сымдар мен кабельдерге қарағанда бір-қатар артықшылықтары бар:

- көп мөлшердегі ақпаратты жоғары жылдамдықпен тасымалдай алады;
- өткізгіштік қабілеті бірдей мыс сымдарға қарағанда жіңішке әрі жеңіл;
- найзағай жарқылдарын қоса алғанда сыртқы әсерлерден зақымданбайды;
- коррозия тудыратын агрессивті химиялық заттармен әрекеттеспейді;
- электр тогын өткізбейді, жоғарывольтты электраспаптарымен тікелей байланыса алады, жөндеу кезінде электр ток соғу қаупі жоқ;
- электромагниттік сәулелендіру тудырмайды;
- ақпарат қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, кабельге рұқсатсыз қосылуды анықтау өте оңай.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Сыну көрсеткіші 1,25 болатын сұйыққа батырылған шыны үшін толық шағылудың шекті бұрышы 30° . Шыныдағы жарық жылдамдығын анықтаңдар.

Берілгені: $n_2 = 1,25$ $\alpha_0 = 30^\circ$ $\gamma = 90^\circ$	Шешуі: Сыну заңы бойынша: $\frac{\sin \alpha_0}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$. Шынының сыну көрсеткішін табайық: $n_1 = \frac{n_2 \sin \gamma}{\sin \alpha_0}$; $n_1 = \frac{1,25 \sin 90^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{1,25 \cdot 1}{0,5} = 2,5$. Шыныдағы жарық жылдамдығы: $v = \frac{c}{n_1}$; $v = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{2,5} = 1,2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Жауабы: $v = 1,2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.
$v = ?$	

Бақылау сұрақтары

1. Жарықтың сыну заңының мәнісі неде?
2. Абсолют сыну көрсеткіші деп нені атайды? Салыстырмалы сыну көрсеткіші деп ше?
3. Қандай шарттар орындалғанда толық ішкі шағылу орындалады? Бұл құбылыс қандай қолданысқа ие болды?
4. Жазықпараллельді пластина арқылы өтетін жарық сәулесі қандай өзгеріске ұшырайды?
5. Жарық сигналдарын таратуда оптоалшықты технологияның артықшылығы неде?

★ Жаттығу

15

1. Жарық сыну көрсеткіші 1,5 болатын сұйықтан шыныға өтеді. Өту кезінде жарық сәулесінің жылдамдығы 1,2 есе кемиді. Шынының абсолютті сыну көрсеткішін анықтаңдар.

2. Сыну көрсеткіші 1,4 болатын сұйықтағы жарық сәулесінің ұзындығын табыңдар. Вакуумдағы жарық толқынының ұзындығы 602 нм.
3. Синудың абсолютті көрсеткіші 1,2 болатын сұйықта таралатын жарық сәулесі шынының жазық бетіне түседі. Түсу бұрышының синусы 0,8-ге тең. Шыныдан шағылған және сынған сәуле арасындағы бұрыш тік болады. Шынының абсолютті сыну көрсеткіші қандай?

Эксперименттік тапсырма

Аквариумда қалқып шығатын ауа көпіршіктерін бақылаңдар (101-сурет). Қандай шарттар орындалғанда көпіршіктердің беті айналық болады? Осы сәтте қандай құбылыс байқалады? (Ауа көпіршіктерін суы бар стақанды және ауа үрлейтін түтікшені қолданып тудыруға болады).



101-сурет. Аквариумдағы ауа көпіршіктері

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Ақпаратты тасымалдаудың оптикалық жүйелеріндегі жарық сигналдары модуляциясының түрлері.
2. Оптикалық талшықтар үшін MIMO технологиясы.
3. Оптикалық байланыс жүйелері арқылы 5G жобасын жүзеге асыру.

§ 16. Оптикалық аспаптар

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- телескоп, микроскоп және лупадағы сәуленің таралу жолын салып, оны түсіндіре аласыңдар.



Естеріңе түсіріңдер!

Көздің тор қабығында алынған кескін әрқашан шын, кішірейтілген, төңкерілген. Жинағыш линзаның рөлін көзбұршағы атқарады. Кескіннің айқындылығы көздің *аккомодация* – көзбұршағы беттерінің қисықтығын өзгерту қабілетімен қамтамасыз етіледі. Көз торқабығында алынған кескін әрқашан шын, төңкерілген, кішірейтілген.

I Оптикалық аспаптың бұрыштық ұлғайтуы

Лупаның, микроскоптың және телескоптың негізгі міндеті – қарастырылатын нысандардың көру бұрышын ұлғайту.

Оптикалық аспаптың бұрыштық ұлғайтуы – денені оптикалық аспаппен қарағандағы көру бұрышының тангенсінің жай көзбен көрінетін ең жақсы қашықтықтан қарағандағы көру бұрышының тангенсіне қатынасы.

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (1)$$

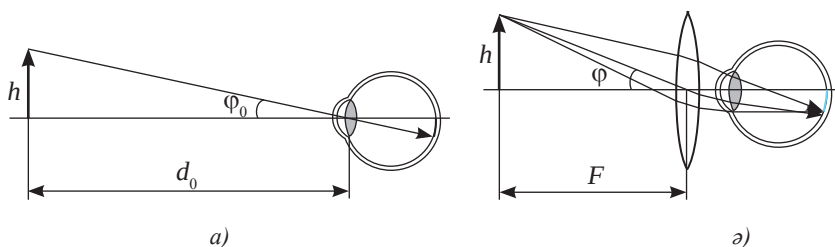
Оптикалық жүйенің айыру қабілеттілігі – бақыланатын нысанның бір-бірінен ерекшеленуі мүмкін элементтері арасындағы қашықтық.

Оптикалық аспап және бақылаушының көзі бірыңғай оптикалық жүйені құрайды. Жүйенің оптикалық күші осы жүйеге кіретін аспаптардың оптикалық күштерінің қосындысымен анықталады.

II Көз оптикалық аспап ретінде

Қалыпты көз тыныштық күйінде алыстағы заттардың кескінін береді. Затты бақылаушы көзіне жақындатқанда, көзбұршағының қисықтығы артады, фокустық арақашықтық кемиді, зат көрінетін бұрыш φ – көру бұрышы артады. Қалыпты көз үшін анық көру арақашықтығы $d_0 = 25$ см. Ешқандай аспапсыз, жай көзбен қарағанда көру бұрышы анық көру арақашықтығымен анықталады (102, *a-сурет*):

$$\varphi_0 = \operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{h}{d_0}. \quad (2)$$



102-сурет. Лупада көру бұрышының өзгеруі

Көздің аккомодация қабілеті шектеулі, сондықтан затты тікелей көзге жақындату мүмкін емес, мұндай жағдайда оптикалық аспаптар қолданылады.

III Лупа

Егер затты линзаның фокусына, яғни $d = F$ болатындай орналастырса, онда фокус арқылы өткеннен кейін сәулелер адам көзіне параллель шоғы түрінде түседі. Мұндай шарттарда қалыпты көз жарық шоғын торқабықтағы нүктеге аккомодациясыз түсіреді, көз шаршамайды. Осы кезде торқабықтағы кескін және φ көру бұрышы артады, көру бұрышы мынаған тең болады (102, ә-сурет);

$$\varphi = \text{tg } \varphi = \frac{h}{F}. \quad (3)$$

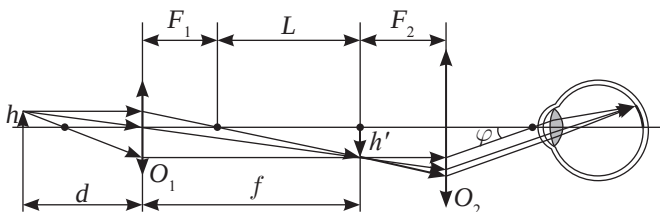
(2) және (3) формулаларды (1) формулаға қоямыз. Лупаның бұрыштық ұлғаю формуласы мына түрге келеді:

$$\gamma = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \varphi_0} = \frac{\varphi}{\varphi_0} \text{ немесе } \gamma = \frac{d_0}{F}. \quad (4)$$

Лупаның бұрыштық ұлғайтуы анық көру арақашықтығының линза фокусына қатынасымен анықталады.

IV Микроскоп

Микроскоптың оптикалық жүйесі O_1 объективтен және O_2 окулярдан (103-сурет) тұрады. Қалыпты көз үшін ең жақсы жағдай h' аралық кескін O_2 окулярдың алдыңғы фокалдік жазықтығында орналасқанда орындалады. Бұл жағдайда зат шексіздікке алыстайды, көз сәулелерді торқабыққа аккомодациясыз түсіреді.



103-сурет. Микроскоптағы сәулелердің таралу жолдары

Белгілі формула бойынша бұрыштық ұлғаюды анықтаймыз:

$$\gamma = \frac{\varphi}{\varphi_0}, \quad (5)$$

мұндағы $\varphi_0 = \frac{h}{d_0}$ (6) – аспапсыз қарағандағы көздің көру бұрышы, $\varphi = \frac{h'}{F_2}$ (7) – окулярдың фокалдік жазықтығында объектив кескінінің орналасуы шартында микроскоп арқылы қарағандағы көру бұрышы. (6) және (7) формулаларды (5) формулаға қойып, бұдан табатынымыз:

$$\gamma = \frac{h'd_0}{F_2 h}. \quad (8)$$



Жауабы қандай?

Неліктен сызықтық ұлғайтуы 40-тан артық линзалар практикада қолданысқа ие болмады?



Бұл қызық!

Оптикалық микроскоп элементтер арасындағы 0,20 мкм-ге дейінгі қашықтықтың құрылымын ажыратуға мүмкіндік береді, мұндай микроскоптың айыру қабілеті шамамен 0,20 мкм немесе 200 нм. Микроскоптың шекті айыру қабілетінің жарықтың толқындық қасиеттеріне тәуелді шегі бар, ол мәнге мың еселенген сызықтық ұлғаюда жету мүмкін болады.

(8) формулада $\frac{h'}{h}$ қатынасы объективтің сызықтық ұлғаюы, оны линзадан кескінге және затқа дейінгі арақашықтықтардың қатынасы ретінде аламыз:

$$\Gamma_{об} = \frac{h'}{h} = \frac{f}{d} \approx \frac{F_1 + L}{F_1}, \quad (9)$$

мұндағы L – объектив пен окуляр фокустары арасындағы қашықтық.

Микроскоптарда объектив қысқафокусты болғандықтан, $F_1 \ll L$ болады да, (9) формула мына түрге келеді:

$$\Gamma_{об} = \frac{L}{F_1}. \quad (10)$$

(10) формуланы (8) формулаға қойып, одан табатынымыз:

$$\gamma = \frac{Ld_0}{F_1 F_2}, \quad (11)$$

мұндағы d_0 – анық көру арақашықтығы; F_1, F_2 – объектив пен окулярдың жеке фокустық арақашықтықтары; L – объектив пен окуляр фокустары арасындағы қашықтық – микроскоп тубусының оптикалық ұзындығы.

(10) және (4) формулаларды ескерсек, (11) формуладан табатынымыз:

$$\gamma = \Gamma_{об} \cdot \Gamma_{ок}. \quad (12)$$

Оптикалық микроскоптың бұрыштық ұлғаюы объектив пен окулярдың сызықтық ұлғаюларының көбейтіндісімен анықталады.

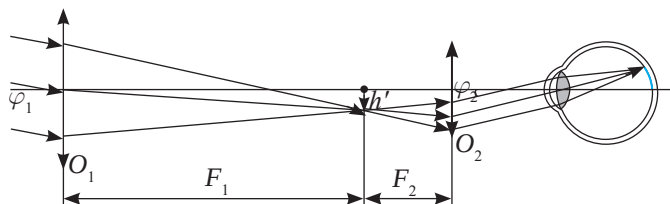
Оптикалық микроскоптың сызықтық ұлғаюы объектив пен окулярдың сызықтық ұлғаюларының көбейтіндісімен анықталатынын дәлелдеу қиын емес:

$$\Gamma = \Gamma_{об} \cdot \Gamma_{ок}.$$

V Телескоп

Телескоп – аспан денелерін бақылауға арналған көру түтігі – алыстағы заттарды көруге арналған аспап. Линзалардан жасалған телескопты рефрактор деп атайды. Объективі ойыс айнаға алмастырылған телескопты рефлектор дейді.

Аспаптың объективі мен окуляры тубуста объективтің O_1 артқы фокусы окулярдың O_2 алдыңғы фокусымен сәйкес келетіндей орналасады. Фокустар сәйкес келгенде сәулелер окулярдан параллель сәулелер түрінде өтеді, бұл нысанды аккомодациясыз, яғни көз бұлшық еттеріне күш түсірмей бақылауға мүмкіндік береді (104-сурет). Объектив лупадағыдай окулярмен қаралатын алыстатылған h' заттың кішірейтілген кескінін береді.



104-сурет. Көру түтігіндегі сәулелердің таралу жолдары



Жауабы қандай?

1. Неліктен оптикалық аспаптарда шексіз ұлғайтуға қолжеткізу мүмкін емес?
2. Неліктен микроскоп объективі қысқафокусты, ал көру түтігінің объективі ұзын фокусты болады?

φ_1 бұрышын сәл ғана алыстатылған денеге жай көзбен қарағандағы көру бұрышына тең деп алуға болады. φ_1 және φ_2 бұрыштарын объектив кескінінің h' биіктігі арқылы өрнектейік:

$$\varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{h'}{F_1} \text{ және } \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{h'}{F_2}.$$

Оптикалық аспаптың бұрыштық ұлғайтуы оптикалық аспап арқылы көру бұрышының тангенсінің жай көзбен қарағандағы көру бұрышының тангенсіне қатынасына тең:

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{h'}{F_2} \cdot \frac{F_1}{h'} \quad \text{немесе} \quad \gamma = \frac{F_1}{F_2}. \quad (13)$$

Көру түтігінің бұрыштық ұлғайтуы объектив пен окулярдың фокустық арақашықтықтарының қатынасына тең.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІЛЕРІ

1-есеп. Бала көзілдірігін шешіп кітап оқиды. Ол кітапты көзінен $d = 16$ см арақашықтықта ұстайды. Оның көзілдірігінің оптикалық күшін анықтаңдар.

Берілгені: $d = 16$ см $D_1 - ?$	ХБЖ 0,16 м	Шешуі: Жай көзбен қарағанда $D_2 = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$	(1)
---	----------------------	--	-----

мұндағы f – көзбұршағынан торқабыққа дейінгі арақашықтық, D_2 – көздің оптикалық күші.

Егер көзілдірікті кесе, онда
$$D_1 + D_2 = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f}, \quad (2)$$

мұндағы $d_0 = 25$ см – анық көру арақашықтығы.

(1) және (2) теңдеулерді қатар шешіп, көзілдіріктің оптикалық күші үшін алаты-

нымыз:
$$D_1 = \frac{d - d_0}{dd_0}.$$

$$D_1 = \frac{0,16 \text{ м} - 0,25 \text{ м}}{0,16 \text{ м} \cdot 0,25 \text{ м}} = -2,25 \text{ дптр}.$$

Жауабы: $-2,25 \text{ дптр}.$

2-есеп. Ұлғайтуы он екі еселенген және ұзындығы 26 см көру түтігін құрастыру үшін қандай линзалар керек?

Берілгені: $\gamma = 12$ $l = 26$ см $F_1 - ?$ $F_2 - ?$	Шешуі: Көру түтігі үшін линза фокустарының төмендегідей арақатынасы орындалады: $\frac{F_1}{F_2} = \gamma.$	(1)
---	--	-----

Есеп шарты бойынша:

$$F_1 + F_2 = l. \quad (2)$$

Бірінші линзаның фокусын (1) өрнектен табамыз:

$$F_1 = \gamma \cdot F_2. \quad (3)$$

(3) өрнекті (2) өрнекке қоямыз: $\gamma \cdot F_1 + F_2 = l$.

F_2 қатысты теңдеуді шешеміз:

$$F_2(\gamma + 1) = l; \quad F_2 = \frac{l}{\gamma + 1}; \quad F_2 = \frac{26 \text{ см}}{12 + 1} = 2 \text{ см}.$$

(2) өрнектен бірінші линзаның фокусын табамыз:

$$F_1 = l - F_2;$$

$$F_1 = 26 \text{ см} - 2 \text{ см} = 24 \text{ см}.$$

Жауабы: $F_1 = 24 \text{ см}$; $F_2 = 2 \text{ см}$.

Бақылау сұрақтары

1. Оптикалық жүйе дегеніміз не?
2. Бұрыштық ұлғайтудың сызықтық ұлғайтудан айырмашылығы неде?
3. Лупаның, микроскоптың, телескоптың бұрыштық ұлғайтуы неге тең?



Жаттығу

16

1. Лупа ретінде оптикалық күші $+8 \text{ дптр}$ линза қолданылған. Осы линзаның ұлғаюын анықтаңдар.
2. Микроскоп объективінің фокустық арақашықтығы $F_{об} = 0,5 \text{ см}$, ал микроскоп объективі мен окуляры арасындағы қашықтық $L = 16 \text{ см}$. Микроскоптың ұлғаюы $\Gamma = 200$. Окулярдың ұлғайтуын табыңдар.
- 3.* Көру қабілеті қалыпты адам оптикалық күші $D = +5 \text{ дптр}$ көзілдірік арқылы терезеге қарап тұр. Егер адам нысанды анық көретін болса, онда ол қандай арақашықтықта орналасқан?

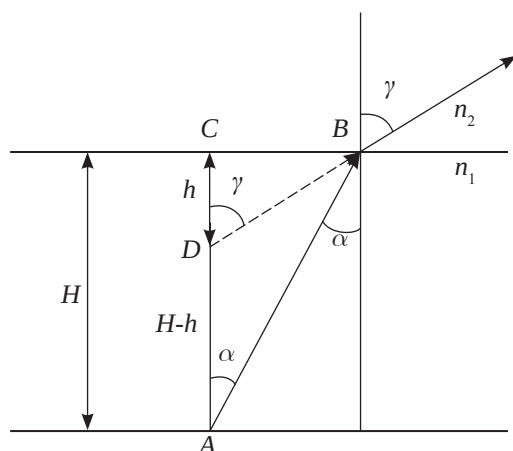
Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Галилей мен Кеплердің көру түтіктерінің ұқсастықтары мен айырмашылықтары.
2. Телескоп түрлері.



105-сурет. Найзамен балық аулау



106-сурет. Жарық сәулесінің суда таралу жолдары



Жауабы қандай?

- 1) су қоймасының болжам бойынша алынған тереңдігі шын мәнінен 1,33 есе кіші;
- 2) ұшып бара жатқан құс сүңгуір адам үшін су бетінен шын мәніндегі биіктігінен 1,33 есе артық биіктікке алыстатылғандай болып көрінеді деп тұжырымдауға бола ма?



Жауабы қандай?

1. Неліктен су қоймасының тереңдігі бізге шын мәніндегі тереңдігінен таяз болып көрінеді?
2. Неге найзамен балық аулауды үйренуде бастапқыда балықты дәлдеу қиындық тудырады (105-сурет)?



Тапсырмалар

1. 106-суретті қараңдар. Суретте бейнеленген жарықтың таралу жолын түсіндіріңдер.
2. Су қоймасының шын мәніндегі тереңдігі H оның болжам бойынша алынған h тереңдігінен неше есе артық екенін анықтаңдар.

ҰСЫНЫС:

1. Салулар нәтижесінде алынған ΔACB және ΔDCB қарастырайық.
2. Үшбұрыштардың ортақ CB қабырғаларын H және h катеттері арқылы өрнектейміз.
3. Алынған теңдеулердің оң жақ бөліктерін теңестіріп, тереңдіктердің $\frac{h}{H}$ қатынасын жазыңдар.
4. Су қоймасы түбіндегі құбылыс кіші сыну бұрышымен орындалады деп алып,

$$\frac{h}{H} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$
 екенін дәлелдейміз.

6-тараудың қорытындысы

Оптикалық аспаптар	Негізгі формулалар	
Аспаптардың оптикалық жүйесінің ұлғаюы		
	Бұрыштық	Сызықтық
Оптикалық аспаптар	$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_0}$	$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$
Лупа	$\gamma = \frac{d_0}{F}$	$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$
Микроскоп	$\gamma = \frac{Ld_0}{F_1 F_2}$	$\Gamma = \Gamma_{ок} \cdot \Gamma_{об}$
Телескоп	$\gamma = \frac{F_1}{F_2}$	
Құбылыс	Заңдар мен формулалар	
Сыну	$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2};$ $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1};$	$n = \frac{c}{v};$ $n_{1,2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$
Шағылу, толық ішкі шағылу	$\angle \alpha = \angle \beta ,$ $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n_1}$	

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
φ	оптикалық аспап арқылы затты көру бұрышы	рад, °	f	линзадан кескінге дейінгі қашықтық	м
φ_0	затты көзбен көру бұрышы	рад, °	d	линзадан затқа дейінгі қашықтық	м
γ	бұрыштық ұлғаю		α	түсу бұрышы	рад, °
d_0	көзбен көрудің ең жақсы қашықтығы, 25 см	м	α_0	толық шағылудың шекті бұрышы	рад, °
F	линзаның фокусы	м	β	шағылу бұрышы	рад, °

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
L	микроскоптағы объектив пен фокус және окуляр арасындағы қашықтық	m	γ	сыну бұрышы	$рад, ^\circ$
Γ	сызықтық ұлғаю		n, n_2	абсолют сыну көрсеткіші	
H	кескіннің биіктігі	m	n_{21}	салыстырмалы сыну көрсеткіші	
h	заттың биіктігі	m	v_1, v_2	түрлі ортадағы жарық жылдамдығы	$м/с$

Заңдар

Шағылу заңы: Жарықтың түсу бұрышы шағылу бұрышына тең $\angle \alpha = \angle \beta$.

Сыну заңы: Екі орта үшін түсу бұрышының синусының сыну бұрышының синусына қатынасы тұрақты шама. Ол екінші ортаның бірінші ортаға қатысты салыстырмалы сыну көрсеткішіне тең.

Түскен жарықтың сәуле, сынған сәуле және сәуленің түсу нүктесіне тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады.

Глоссарий

Абсолют сыну көрсеткіші – жарықтың вакуумда таралу жылдамдығы берілген ортада таралу жылдамдығынан неше есе артық екенін көрсететін физикалық шама.

Микроскоп тубусының оптикалық ұзындығы – объектив пен окуляр фокустары арасындағы қашықтық.

Салыстырмалы сыну көрсеткіші – жарықтың бірінші ортадағы таралу жылдамдығы екінші ортадағы таралу жылдамдығына қарағанда неше есе артық екенін көрсететін физикалық шама.

Телескоп – аспан денелерін бақылауға арналған аспап.

Сызықтық ұлғаю – кескін биіктігінің дене биіктігіне қатынасына тең физикалық шама.

Оптикалық аспаптың бұрыштық ұлғайтуы – бұл денені оптикалық аспаппен қарағандағы көру бұрышы тангенсінің жай көзбен көрінетін ең жақсы қашықтықтан қарағандағы көру бұрышы тангенсіне қатынасы.

АТОМДЫҚ ЖӘНЕ КВАНТТЫҚ ФИЗИКА

Кванттық теория қатты дененің жылулық сәулеленуін түсіндіру барысында классикалық электродинамика мүмкіндігінің шектеулі болуына байланысты пайда болды. Максвелл теориясына сәйкес, жылытылған дене энергияны үздіксіз жоғалтып, абсолют нөлге дейін салқындауы керек. Планк ұсынған гипотеза бойынша атомдар электрмагниттік энергияны квант түрінде шығарады. Жарықтың кванттық табиғатын А.Эйнштейн дамыта түсті: жарық квант түрінде таралады және жұтылады.

Тарауды оқып білу арқылы сендер:

- электрмагниттік сәулеленудің корпускулалық және толқындық табиғатына (элементар бөлшектердің толқындық табиғатына) дәлелді мысалдар келтіруді;
- спектрлік талдау әдісін және олардың қолданылуын сипаттауды;
- электрмагниттік сәулеленуді олардың пайда болуы және заттармен өзара әрекеттесуі арқылы ажыратуды;
- фотоэффектінің табиғатын түсіндіру және оның қолданылуына мысал келтіруді;
- фотосинтез процестері мысалында жарықтың химиялық әсерін сипаттауды;
- компьютерлік және магнит-резонанстық томографияны салыстыруды;
- лазердің қолдану және әрекет ету принципін түсіндіруді;
- голографияның даму перспективаларын талқылауды үйренесіңдер.

§ 17. Жарықтың корпускулалық-толқындық табиғатының біртұтастығы

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- *электрмагниттік сәуле шығарудың корпускулалық және толқындық табиғатын дәлелдейтін мысалдар келтіре аласыңдар.*



Тапсырма

1. Төменде көрсетілген құбылыстарды үш топқа бөліңдер:
 - а) Жарық электрмагниттік толқын ретінде көрінетін құбылыстар;
 - ә) Жарық – бөлшектер ағыны ретінде оңай түсіндірілетін құбылыстар;
 - б) Жарық – бөлшектер ағыны, жарық – электрмагниттік толқын деген кез келген көзқарас тұрғысынан оңай түсіндірілетін құбылыстар. Жарықтың шағылуы, сынуы, таралуы, поляризациясы, интерференциясы, жарықтың қысымы, дифракциясы, жұтылуы, фотосинтез, фотосуретке түсіру, дисперсия, тұтас және сызықтық спектрлерді бақылау, фотоэффект, люминесценция.
2. Неге олай бөлгендеріңді түсіндіріңдер.

I Жарықтың табиғаты

Жарықтың табиғатына қатысты алғашқы ойлар XVII ғ. айтылған. Ұзақ уақыт бойы ғалымдар арасында дау тудырған екі теория қарастырылды. Олардың біреуінде *жарық – корпускулалар ағынынан тұратын зат*, екіншісінде *жарық – толқын* делінді. И.Ньютон механикалық толқындардың кедергіні орағытып өту және тығыз ортада таралу қасиеттеріне сүйеніп, толқындық емес жарықтың заттық теориясына тоқталды. 1672 жылы жасалған Ньютон теориясына сәйкес жарық жарқырайтын дене шығаратын ұсақ бөлшектерден тұрады. Макроскопиялық бөлшектер секілді жарық бөлшектері өздерінен көлеңке қалдырып, кедергілерді орағытып өтпей, түзу сызықты қозғалады. Жарық бөлшектері де лақтырылған доп сияқты серпімді ортаны қажет етпейді.

Христиан Гюйгенс жарықтың толқындық теориясын ойлап тапты. Ол қысқа толқындар кеме бортына ұрылып, оны орағытып өте алмайтыны сияқты жарық толқындары да кедергілерден өте алмайды деп есептеді. Барлық кеңістікті толтыратын және барлық денелердің ішіне ене алатын тығыз орта – эфир бар деп болжады. Х.Гюйгенс алғаш рет толқындық теория тұрғысынан жарықтың таралу, шағылу, сыну процестерін 1690 жылы шыққан «Жарық туралы трактат» шығармасында баяндады.

Корпускулалық және толқындық теория ұзақ уақыттар бойы қатар өмір сүріп келді. Оптиканың сол кездегі әйгілі заңдары екі теориямен де азды-көпті түсіндіріліп келді. Жарық бөлшектері кеңістікте қиылысқанда шашырамайтынын корпускулалық теорияға сүйеніп түсіндіру қиындық туындатып, толқындық теория арқылы оңай түсіндірілді. Толқындық теория негізінде XIX ғ. басында *жарық интерференциясы – жарық толқындарын түсіргенде жарықтың күшеюі немесе әлсіреуі; дифракция – жарықтың кедергілерді айналып өтуі*, сондай-ақ жарықтың поляризациясы құбылыстары түсіндірілді.

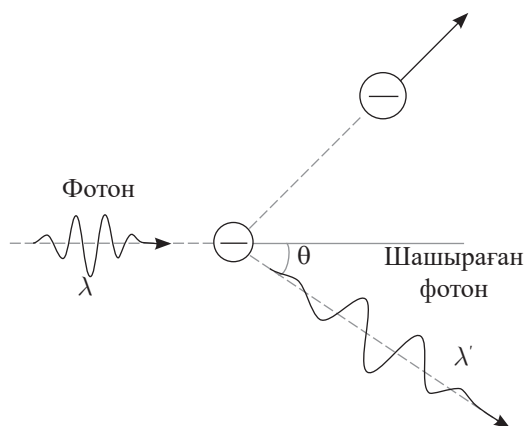
XIX ғ. екінші жартысында Дж.Максвелл электрмагниттік толқындар теориясын ойлап тапты. Жарық толқыны жылдамдығының электрмагниттік толқындар жылдамдығымен сәйкестігі жарық толқындары электрмагниттік толқындардың жеке

түрі болып табылатындығын растады. Толқындық теория корпускулалық теориядан басым түсті деп айтуға болатын еді, алайда XX ғасырдың басында ғалымдар жарық бөлшектер ағыны сияқты сәуле шығаратынын және жұтылатынын байқады.

II Комптон эффектісі – жарықтың кванттық табиғатын растайтын құбылыс

Сәуле шығарудың жиілігінің азаюымен қатар жүретін электромагниттік сәулелердің бос электронда шағылуын 1923 жылы А.Комптон ашты. Бұл процесте электромагниттік сәуле шығару жеке бөлшектер ағыны – корпускулаларға ұқсайды, классикалық электродинамика тұрғысынан жиіліктің өзгеруі кезінде сәуленің шашырауы мүмкін емес.

Фотон тыныштықтағы электронда шашырап, оған энергиясының және импульсінің бір бөлігін беріп, қозғалыс бағытын өзгертеді, электрон шашырау нәтижесінде қозғала бастайды (107-сурет).



107-сурет. Комптон эффектісі



Артур Комптон (1892–1962) – америкалық физик. 1922 жылы электрондар әсерінен рентген сәулеленуі толқындарының өзгеру эффектісін түсіндірді. Нобель сыйлығының лауреаты (1927 жыл). 20-дан астам шетелдік ғылыми қауымдас-тықтардың мүшесі.

Шашырауға дейінгі энергиясымен және жиілігімен салыстырғанда шашыраудан кейін фотон энергиясы мен жиілігі азырақ болады, сәйкесінше шашыраудан кейін толқын ұзындығы ұзарады. Комптон толқын ұзындықтарының айырымы шашырап отырған заттың табиғатына да, түскен жарық толқындарының ұзындығына да емес, түсетін және шағылатын жарықтың бағыттары арасындағы шашырау бұрышы θ -ге ғана тәуелді екенін анықтады. Бұл тәжірибе жүзінде анықталған тәуелділік мынадай түрге ие:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\lambda_K \sin^2 \frac{\theta}{2} = \lambda_K (1 - \cos \theta), \quad (1)$$

мұндағы λ – түсетін жарықтың толқын ұзындығы; λ' – шашыраған жарық толқынының ұзындығы; θ – фотонның электронда шашырау бұрышы; $\lambda_K = 2,43 \cdot 10^{-12}$ м шашырау бөлшегі – электрон үшін комптондық толқын ұзындығы:

$$\lambda_K = \frac{h}{m_e c}. \quad (2)$$

III Жарықтың корпускулалық-толқындық теориясының біртұтастығы

Оптиканың дамуы электрмагниттік өріске тән үздіксіздік қасиеттерін фотондарға тән дискреттілік қасиетіне қарама-қарсы қоюға болмайтынын көрсетті. Жарық екі түрлі корпускулалық-толқындық табиғатқа ие. Заманауи көзқарастарға сай *жарық толқындық та, корпускулалық та қасиеттерге ие. Фотонның корпускулалы сипаттамалары: энергия, масса, импульс толқындық сипаттама – жиілікпен өзара байланысты.*

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}; \quad (3)$$

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}; \quad (4)$$

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (5)$$

Жарық бір мезгілде корпускулалық-толқындық қасиеттерге ие бола отырып, олардың көрініс беруінде белгілі бір заңдылықтар байқалады. Жарықтың толқындық қасиеттері оның таралуы, интерференциясы, дифракциясы, поляризациясы кезінде, ал корпускулалық қасиеттері затпен өзара әрекеттесуінде байқалады. Толқынның ұзындығы неғұрлым ұзынырақ болса, фотонның импульсі және энергиясы соғұрлым аз және жарықтың кванттық қасиеттері де азырақ болады. Керісінше, толқын неғұрлым қысқа болса, энергия мен импульс соғұрлым көбірек және жарықтың толқындық қасиеттерінің соғұрлым байқалуы қиын болады.

IV Бөлшектердің толқындық қасиеттері. де Бройль толқындары

Француз ғалымы Луи де Бройль табиғи симметрия және әлемнің екіжақты корпускулалық-толқындық табиғаты туралы түсініктерді дамытып, 1923 жылы корпускулалық-толқындық дуализмнің әмбебаптығы туралы гипотеза ұсынды. Ол тек фотондар ғана емес, сонымен қатар электрондар мен бөлшектер де корпускулалық және толқындық қасиеттерге ие екенін айтты. де Бройльға сәйкес әрбір микробөлшектер бір жағынан корпускулалық сипаттамалармен: энергия және импульспен, ал екінші жағынан толқындық сипаттамалармен: толқынның жиілігі мен ұзындығы арқылы анықталады. Импульсі бар барлық бөлшектер толқындық қасиеттерге ие, демек, интерференция мен дифракцияға бейім болады. Луи де Бройль заттың қозғалатын бөлшектерімен байланысты λ толқын ұзындығының p бөлшектің импульсіне тәуелділігін анықтады:

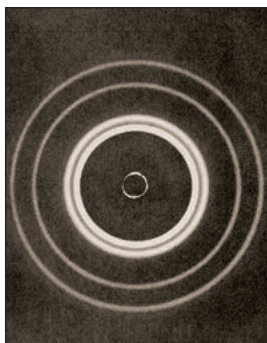
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}, \quad (6)$$

мұндағы m – бөлшектің массасы, v – оның жылдамдығы, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – Планк тұрақтысы.

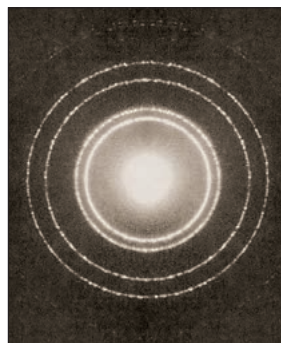
Бұл толқындарды *де Бройль толқындары* деп атайды. де Бройль формуласы электрондар мен кристалдардағы бөлшектердің шашырауы және басқа да бөлшектердің заттар арқылы өтуі бойынша тәжірибелермен расталады.

V Бөлшектердің толқындық қасиеттерін тәжірибелік түрде растау

1927 жылы америкалық ғалымдар К.Дэвиссон мен Л.Джермер алғаш рет никель монокристалында электрондардың дифракциясын байқады. 1928 жылы ағылшын физигі Дж.Томсон және кеңестік физик П.Тартаковский бір-бірінен тәуелсіз жұқа поликристалл пленканы пайдаланып тәжірибелер жүргізді. 1937 жылы К.Дэвиссон «электрондардың кристалдағы дифракциясын тәжірибе жүзінде ашқаны үшін» физикадан Нобель сыйлығын алды. Рентгенография және электрография нәтижесінде алынған дифракция суреттерін салыстыру олардың ұқсастығын көрсетті (108, 109-суреттер).



108-сурет. Рентгенограмма



109-сурет. MgO ұнтағының электронограммасы

Бөлшектер дифракциясы – зат молекулаларында (атомдарында) бөлшектердің шашырау процесі, осы кезде бөлшектерде толқындық қасиеттер байқалады.

Бөлшектердің толқындық қасиеттері нысанмен өзара әрекеттесу нәтижесінде тербелу ықтималдығы әртүрлі болғанда білінеді: бөлшектердің дифракциясы максимум болатын аймаққа қарай ауытқу ықтималдығы басым, ал бөлшектердің дифракциясы минимум болатын аймаққа қарай ауытқу ықтималдығы аз болып келеді.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Парафинді рентген сәулесімен сәулелендіргенде 60° бұрышпен шашыраған толқын ұзындығы 10 пм болды. Парафинге түсірілген толқын ұзындығын анықтаңдар.

Берілгені: $\theta = 60^\circ$ $\lambda' = 10 \text{ пм}$ $\lambda_k = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ $\lambda - ?$	ХБЖ $10 \cdot 10^{-12} \text{ м}$	Шешуі: Комптон эффектісінің формуласын жазамыз: $\lambda' - \lambda = 2\lambda_k \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}.$
--	---	---

Ізделінді шаманы осы өрнектен табамыз:

$$\lambda = \lambda' - 2\lambda_k \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}.$$

$$\lambda = 10 \cdot 10^{-12} \text{ м} - 2 \cdot 2,43 \cdot 10^{-12} \sin^2 \frac{60^\circ}{2} \text{ м} = 8,785 \cdot 10^{-12} \text{ м} = 8,785 \text{ нм}.$$

Жауабы: $\lambda = 8,785 \text{ нм}$.

Бақылау сұрақтары

1. Жарықтың кванттық теориясын растайтын құбылыстарға мысал келтіріңдер.
2. Элементар бөлшектер ағынының толқындық қасиеті қандай құбылыстарда байқалады?



Жаттығу

17

1. Графитті рентген сәулелерімен сәулелендіргенде 45° -та шашыраған сәуле шығарудың толқын ұзындығы $\lambda' = 10,7 \text{ нм}$ болған. Түсірілген сәулелердің ұзындығы қандай?
2. Протонның қозғалыс жылдамдығы 1 Мм/с . Протонның толқындық қасиетін сипаттайтын де Бройль толқынының ұзындығын анықтаңдар. Планк тұрақтысы $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$, протон массасы $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.
3. $\lambda = 380 \text{ нм}$ толқын ұзындығына сәйкес келетін фотонның энергиясын, массасын және импульсін табыңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. А.Комптонның өмірбаяны.
2. «Жарықтың және элементар бөлшектердің корпускулалық-толқындық дуализмі» кластерін құру.

§ 18. Сәулелену түрлері.

Спектрлер, спектрлік құралдар, спектрлік талдау

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- сәулеленудің көздері мен түрлерін жіктеуді, спектрлік құралдардың жұмыс істеу принциптерін және олардың қолданылу аймақтарын сипаттай аласыңдар.



Назар аударыңдар!

Фотолюминесценция кезінде шығарылатын жарық жарқырауды қоздыратын жарыққа қарағанда ұзынырақ болып келеді.

- *электрлюминесценция*, люминофор тұрақты және айнымалы электр өрісінің әсерінен қозады;
- *фотолюминесценция*, люминофор көрінетін жарық, ультракүлгін немесе инфрақызыл сәулелер арқылы қозады;
- *хемилюминесценция*, люминофор энергия бөлінуімен қатар жүретін химиялық реакциялар нәтижесінде қозады.

I Сәулелену түрлері. Жарық көздері

Зат атомдары сыртқы көздерден энергия алып сәуле шығарады. Сәулелену заттың ішкі энергиясының өзгерісіне байланысты *жылулық сәулелену* және *люминесценция* деп бөлінеді. *Люминесценция* – салқын сәулелену.

Жарықтану ұзақтығына сәйкес люминесценцияның барлық түрлері *флуоресценция* және *фосфоресценция* деп бөлінеді. *Флуоресценция* – атомдардың қозуы тоқтағаннан кейін 10^{-8} с аралығында лезде өшетін жарықтану. *Фосфоресценция* – біршама уақыт аралығына созылатын жарықтану. «Салқын жарық» шығара алатын заттар *люминофорлар* деп аталады.

Люминесценция түрлері люминофорлардың қозу әдісіне қарай ажыратылады:

- *катодлюминесценция*, люминофор шоғырланған электрондар соққыларының әсерінен қозады;



1-тапсырма

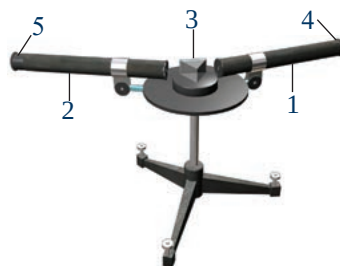
Сәулелену түрі, атомдардың қозу әдісі және жарық көздерінің мысалдары арасындағы сәйкестікті көрсетіңдер.

Сәулелену түрі	Қозу әдісі	Жарық көздерінің мысалдары
Жылулық сәулелену	Электр өрісінің энергиясы	Солтүстік поляр шұғыласы, жарнамалық жазбаларға арналған түтікшелер
Электрлюминесценция	Электрондар шоғының соққылары	Күндізгі жарық шамдары, жарқыраушы бояулар, түнде көру аспаптары
Хемилюминесценция	Жылу энергиясы	Теледидидар экрандары, осциллографтар, компьютер мониторлары
Катодлюминесценция	Ультракүлгін және көрінетін сәулелермен сәулелендірілу	Қараңғыда жарқырайтын қоңыз, шіріп жатқан ағаш, тереңде мекендейтін бактериялар, жәндіктер, балықтар
Фотолюминесценция	Химиялық реакциялар энергиясы	Күн, қыздыру шамы, жалын

- *биолюминесценция* атауы козу түріне емес, жарық бөлетін нысандардың атауына байланысты қойылды. Жарықтану себебі алуан түрлі болуы мүмкін. Бактериялардың кейбір түрлері хелюминесценция есебінен жарық бөледі, жеке топтар фотолюминесценцияға ие, олар ультракүлгін түспен сәулелендіру кезінде жарық бөледі.

II Түрлі көздердің сәуле шығаруларын зерттеу

Жарық көздерінің біреуі де қатал түрде белгіленген ұзындықтағы толқыны бар монохроматты жарық шығармайды. Жарықты призма арқылы спектрге жіктеу, интерференция және дифракция бойынша тәжірибелер айтылған тұжырымдаманың дәлелдемесі болып табылады. Жарық жылдамдығы жарықтың толқын ұзындығы мен сәуле шығару жиілігінің көбейтіндісімен анықталатындықтан, жарық бөлетін энергия жарық шоғының құрамына кіретін барлық ұзындықтағы толқындарға немесе жиіліктерге таралады. Сәуле шығаруларды зерттеуде спектрлік құралдар қолданылады.

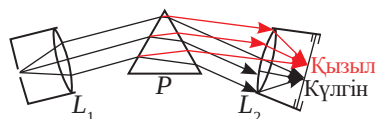


110-сурет. Спектроскоп

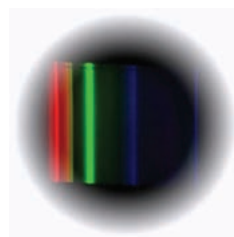
III Спектрлік құралдар

Спектроскоптың негізгі элементтері: коллиматор – 1, көру түтігі – 2, окуляр – 5, үшбұрышты призма – 3 (110-сурет). Коллиматорда зерттеліп отырған сәуле шығару көзінен жарық өтетін саңылау бар – 4.

L_1 линзаның фокусында орналасқан коллиматорлық түтіктің саңылауынан жарық сәулелері алшақтанған шоғымен линзаға түседі де, сынады, одан соң параллель сәулелер түрінде P призманың бүйіріне түседі (111-сурет). Призмада екі рет сынып, жарық шоғы әртүрлі түстегі параллель жарық шоғына ыдырайды. Көру түтікшесінің объективі L_2 параллель шоғының әрқайсысын фокалдік жазықтықтың жеке нүктесіне фокустайды. Саңылаудың түрлі түстегі бейнелері спектрді құрайды (112-сурет). Спектрді көру түтігіндегі окуляр арқылы, лупа секілді бақылайды. Бейне алу үшін фотосезімтал пленканы немесе пластинаны фокалдік жазықтыққа орналастырады, құрал бұл жағдайда *спектрограф* деп аталады.



111-сурет. Спектроскоптағы сәулелердің жүру жолы



112-сурет. Сәуле шығару спектрі

Спектроскоп – күрделі жарықты жіктеуге және спектрді бақылауға арналған құрал.



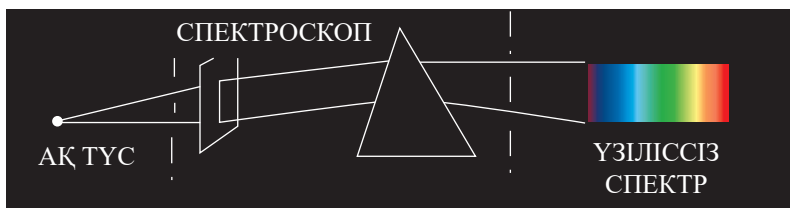
Өз тәжірибең

Қыздыру шамы қылының сәуле шығару спектрін призма және спектроскоп арқылы бақылаңдар. Бақыланып отырған спектрлерді салыстырыңдар. Спектроскоп арқылы бақыланып отырған спектрдің артықшылығы неде?

Спектрограф – күрделі жарықты жіктеуге және спектрді фотоға түсіруге арналған құрал.

IV Спектр түрлері

Призмдан өткенде ақ түс қызылдан күлгінге дейінгі барлық кемпіркосақ түстерінен тұратын спектрге жіктеледі, олардың аралығы ажырамаған: қызыл түс қызғылт түске, қызғылт сары түске және т.с.с. ұласады (113-сурет). Мұндай жолақты *үзіліссіз* немесе *тұтас спектр* деп атайды. Қызған қатты денелер, қыздырылған сұйықтар және қысылған газдар ақ түстің көзі болып табылады.



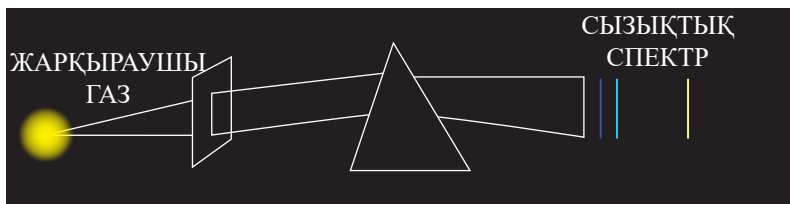
113-сурет. Үзіліссіз спектр

Төмен қысымда атомарлы күйдегі қыздырылған газ және түрлі химиялық элементтердің булары көрінетін диапазонның электромагниттік толқындарын шығара отырып, жарық шығара алады.

Сиретілген газ сәулеленуінің спектрі үзіліссіз спектрден өзгеше, онда тек бірнеше түрлі түсті сызықтар байқалады (114-сурет). Мысалы натрийдің қыздырылған булары көрінерлік диапазонда бір-біріне қосылып кететін екі жіңішке сары сызық шығарады, ал сутек атомдары қызыл, жасыл, көк және күлгін – төрт сызық шығарады. Зерттеулер барлық химиялық элементтердің сиретілген булары спектрінде осы элементке ғана тән жеке сызықтары бар сәуле шығаратынын көрсетті, сондықтан сиретілген атомарлық газдар мен булардың спектрін *сызықтық спектр* деп атайды.

Сызықтық спектрлер – жеке спектрлік сызықтардан тұратын атомдардың ұшып шығуы мен жұтылуының оптикалық спектрлері.

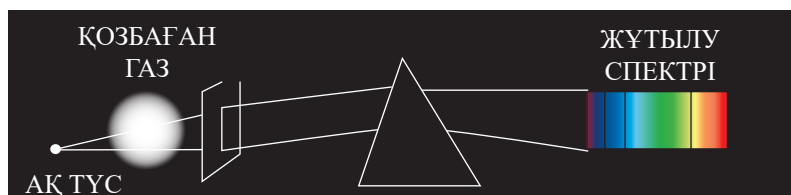
Газдардың спектрлері, жұлдыздар атмосферасы спектрі, тұмандықтар спектрлері сызықтық спектрлер болып табылады.



114-сурет. Сызықтық спектр

Аустрия ғалымы И.Фраунгофер Күн спектрін спектроскоппен бақылағанда шын мәнінде ол үзілісті болатынын байқады (115-сурет). Күн спектрін кейіннен

«фраунгофер» сызықтары деп аталып кеткен қара сызықтар кесіп өтеді. Неміс ғалымдары Г.Кирхгоф пен Р.Бунзен Күн спектріндегі бұл сызықтарға түсініктеме берді. Олар тәжірибе жүзінде әртүрлі заттардың қыздырылған буларының атомдары шығаратын сызықтық спектрлері олардың салқын күйіндегі жұту спектрлерімен сәйкес келетінін анықтады. Күн сәулеленуі спектріндегі фраунгофер сызықтары Күн атмосферасының жұтылу спектрі болып табылады, себебі атмосфера температурасы Күннің температурасынан төмен.



115-сурет. Жұтылу спектрі

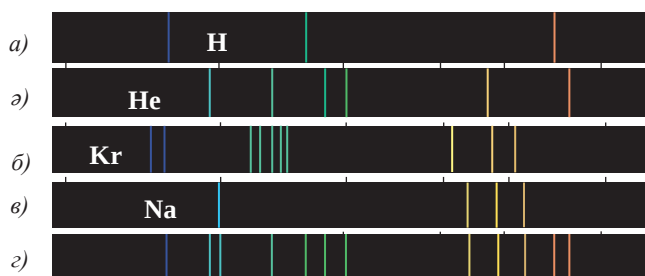


2-тапсырма

Қандай спектрді жолақ спектр деп атайтынын анықтаңдар. Қандай жарық көзі жолақ спектр береді? Жолақ спектрдің сызықтық спектрден қандай айырмашылығы бар?

V Спектрлік талдау

Г.Кирхгоф және Р.Бунзен ашқан ғылыми жаңалықтар Күн атмосферасының құрамын анықтауға мүмкіндік берді. 1859 жылы ғалымдар заттың химиялық құрамына спектрлік талдау жасау әдісін ойлап тапты. Берілген химиялық элементтің атомына тән спектрлік сызықтардың орналасуын білу сәуле шығару және жұтылу спектрлері бойынша зерттелетін заттың құрамын анықтауға мүмкіндік береді. Барлық белгілі элементтердің сәулелену спектрін фраунгофер сызықтары бар Күн спектрімен салыстыру Күн атмосферасында табылған элементтердің көпшілігі Жерде бар екенін көрсетті. Бірақ спектрде зерттеушілерге белгісіз сызықтар да болды, жаңа затты гелий (грек. *helios* – Күн) деп атады. Шамамен ширек ғасыр өткен соң бұл газ Жерден табылды. Спектрлік талдау әдісі зертханалық зерттеулерде әлі күнге дейін қолданылады.



116-сурет. Сутегі, гелий, криптон, натрий булары және газ қоспаларының спектрлері



3-тапсырма

116, а–в-суреттерінде берілген газдардың сәуле шығаруларының сызықтық спектрлерін қарастырыңдар. 116, г-суретте спектрі бейнеленген газ қоспаларының құрамын анықтаңдар.

Бақылау сұрақтары

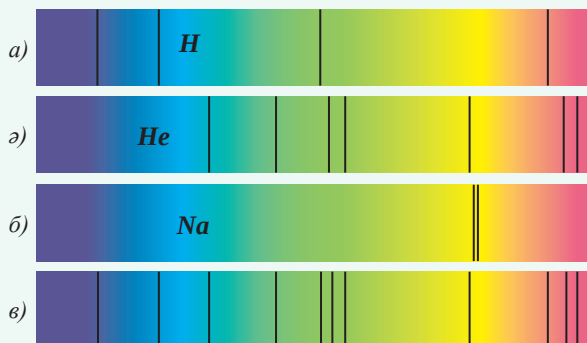
1. Сендерге сәуле шығарудың қандай түрлері белгілі?
2. Сәуле шығару түрлеріне тән жарық көздерін атаңдар.
3. Спектрлік құралдар не үшін қажет? Олардың құрылысы қандай?
4. Сендерге спектрлердің қандай түрлері белгілі? Әртүрлі спектрлердің сәуле шығару көздерін атаңдар.
5. Қандай спектрді сызықтық спектр деп атайды?
6. Спектрлік талдау әдісінің мәні неде?



Жаттығу

18

1. 117, а, ә, б-суретте жұтылу спектрлері берілген, 117, в-суретте жұтылу спектрі көрсетілген газ қоспасының құрамын анықтаңдар.



117-сурет. Сутегінің, гелий, натрий және газ қоспаларының жұтылу спектрлері

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Астрофизиканың дамуындағы спектроскопияның рөлі.
2. Өндірістегі спектрлік талдау.
3. Спектрометр түрлері, олардың жұмыс істеу принциптері.

§ 19. Инфрақызыл және ультракүлгін сәулелену. Рентген сәулелері. Электрмагниттік толқындар шкаласы

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- электрмагниттік сәулеленулерді олардың пайда болу табиғатына және затпен әрекеттесуіне қарай ажыратуды үйренесіңдер.



1-тапсырма

Оқулық мәтінін қолдана отырып, толқын ұзындығының (жиілігінің) диапазоны, кім және қашан ашқаны туралы, сәулеленудің пайда болу табиғаты, сәулелену көздері, заттармен өзара әрекеттесуі параметрлеріне сәйкес инфрақызыл, ультракүлгін, рентген сәуле шығарулар кестесін құрыңдар.



2-тапсырма

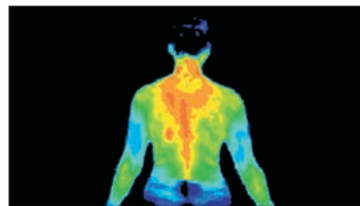
«Бұл қызық!» айдарынан ультракүлгін, инфрақызыл, рентген сәулеленулердің қолданылуы туралы сендерге бұрын таныс болмаған мысалдарды дәптерге көшіріп алыңдар.



Бұл қызық!

Адам өміріндегі және табиғаттағы инфрақызыл сәуле шығару.

1. Жер – инфрақызыл сәуле шығарудың көзі. Жердің беті мен бұлттар Күн сәулесін жұтып, оны инфрақызыл сәулеге айналдырып, атмосфераға таратады.
2. Термография – нысандардың инфрақызыл (ИК) бейнесі. Термография медицинада, құрылыста, әскери техникада, өнеркәсіпте, ғылымда аса кең қолданысқа ие (118-сурет). Инфрақызыл сәуле шығару қарқындылығы пирометрмен немесе тепловизормен өлшенеді.
3. ИК-лазерлер оптоалшықты байланыс жүйелерінің жарық көздері ретінде қолданылады.
4. Инфрақызыл сәуле шығару спектроскопияда органикалық қоспалардың құрамы мен құрылымын анықтауда қолданылады. Бұл технология заттардың үлгі молекуласының ішіндегі бүгілу мен созылуға тәуелді болатын белгілі бір жиіліктерді жұту қабілетіне негізделген.



118-сурет. Термография – ауруды анықтау әдістерінің бірі

II Ультракүлгін сәуле шығару

Ультракүлгін сәуле шығару (УК-сәуле шығару) – көрінетін және рентгендік сәуле шығарулар арасындағы диапазонда орналасқан электромагниттік толқындар. Ультракүлгін сәуле шығарудың толқын ұзындығы 10 нм-ден 400 нм-ге, жиілік диапазоны $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц-тен $3 \cdot 10^{16}$ Гц-ке дейін аралықтарды құрайды. Биологтар кейде өз жұмыстарындағы маңызды диапазондар ретінде мыналарды атап өтеді: жақын ультракүлгін, УК-А сәулелер (UVA, 315–400 нм); орта ультракүлгін УК-В сәулелер (UVB, 280–315 нм); алыс ультракүлгін, УК-С сәулелер (UVC, 100–280 нм). Жер бетіне жететін Күн радиациясында едәуір дәрежеде жақын ультракүлгін УК-А бар, басқа диапазонды іс жүзінде толықтай атмосфера жұтады.

Ультракүлгін сәулеленуді неміс физигі В.Риттер анықтаған. Ол жасаған тәжірибеде көрінетін спектрдің күлгін бөлігінің сыртындағы көрінбейтін сәулелену күміс хлоридінің ыдырау процесін тездетті. Ультракүлгін сәулелену көзіне Күн және жасанды көздер жатады. Жасанды көздерге лазерлер, алуан түрдегі және қолданылу мақсаты әртүрлі ультракүлгін люминесценттік шамдар (УКЛШ), мысалы: кварцтік, толық спектрлік шамдар, «жасанды солярий» жатады. Сәулелер заттың қозған атомдарының электрондарын шығарады.

Ультракүлгін сәулелену заттың химиялық құрамын өзгерте отырып жұтылады, ол аса үлкен химиялық белсенділікке ие. УК-сәулелену әрекетінен термопластиктер: оргәйнек, полиэтилен ыдырайды. Ультракүлгін сәулелену нәтижесінде микроағзалар жойылады, себебі олар өсіп-өну қабілетінен айырылады. УК сәулеленуді әйнек жақсы жұтады.

III Рентген сәулелері

1895 жылы неміс физигі Вильгельм Рентген төмен қысым мен жоғары кернеу кезіндегі газразрядты түтікшенің электродтары арасындағы катод сәулелері қасиеттерін зерттеу барысында кездейсоқ рентген сәулелерін анықтады. Рентгендік түтікше жанындағы флуоресцентті экранның жарқырағанына назар аударды. Түтікше қағаздан, ағаштан, әйнектен, тіпті қалыңдығы 1,5 см алюминий пластинасынан өте



Өз тәжірибең

Призманың көмегімен шамның қыздыру қылының жарық шоғын құрауыштарға жіктеңдер. Жарық шоғын экранға бекітілген қара жолаққа бағыттаңдар. Көрінетін сәулеленудің орта бөлігінен және инфрақызыл сәулеленудің бойынан түсетін экрандағы жолақтар температураларының мөнін салыстырыңдар. *Ескерту:* температураны анықтау үшін электронды термометрді пайдаланыңдар.



Бұл қызық!

Адам өміріндегі және табиғаттағы ультракүлгін сәуле шығару

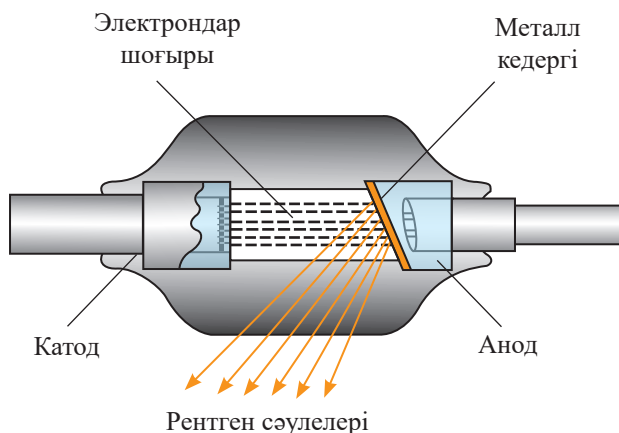
1. Құнды қағаздарды қолдан жасап шығарудан қорғау мақсатында оларды люминесцентті белгімен жабдықтайды, олар тек УК жарық түсіргенде көрінеді.
2. УК шамдар бөлмелерді (119-сурет), суды, ауаны және басқа да беттерді залалсыздандыруда қолданылады.
3. Картиналардың қалпына келтірілген бөліктері және қолдан көшірілген қолтаңбалар ультрафиолетті сәуле түсіргенде қара дақтармен ерекшеленеді.
4. УК сәуле шығару биотехнологияда гендік мутация, жаңа өсімдіктердің селекциясын алуда қолданылады.



119-сурет. Ауруханада қолданылатын кварцтық шам

алатын сәуле шығарулардың көзі екені анықталады. Рентген газразрядты түтікше сәулеленудің жана түрінің көзі деген тұжырымдама жасады.

Зерттеулер *рентген сәулелері толқын ұзындықтарының аралығы* ультракүлгін және гамма сәулеленуі 10^{-3} нм – 100 нм болатын спектрлік аралықты алатынын, ал жиілігі $3 \cdot 10^{11}$ Гц-тен $4 \cdot 10^{14}$ Гц аралықтағы сәулеленуге сәйкес келетінін көрсетті. Толқын ұзындықтары шкаласында рентген сәулелерінің төменгі және жоғарғы диапазонын анықтаудың белгіленген шегі жоқ, қатаң ультракүлгін сәулеленуді әлсіз рентген сәулеленуі ретінде қарастыруға болады. Әлсіз рентген сәулелену толқын ұзындығын шартты түрде 0,2 нм-нан жоғары, ал қатаң рентген сәулелену толқын ұзындығын 0,2 нм-нан төмен деп санайды. Қатаң жоғары жиілікті рентген сәулелену фотондары жоғары өту қасиетіне ие болады.



120-сурет. Рентгендік түтікше



Естеріңізге түсіріңдер!

Рентген сәуле шығару көзі ішінде вакуумы бар анод пен катодтан тұратын түтікше болып табылады. Олардың арасындағы кернеу 10–100 кВ құрайды. Электрондар катодтан ұшып шығып, анодпен соқтығысады. Осылай пайда болатын рентгендік сәуле шығару *тежегіш* деп аталады. Осы кезде анод материалына тәуелді түрде өзіне тән сәуле шығару қатар жүреді (120-сурет).



Жауабы қандай?

1. *Тежегіш рентгендік сәуле шығару неге монохроматы болмайды?*
2. *Сипаттамалық рентгендік сәуле шығару не себептен анод материалына тәуелді?*

Қатаң сәулелену обыр, ісік ауруына әкелетін толыққанды иондаушы радиация болып табылады. Сәулелену адам денесінің ұлпаларын құрайтын ақуыз молекулаларын, сондай-ақ ДНҚ гендік молекулаларды ыдыратады, олар мутагенді және канцерогенді белсенділікке ие болады. Сәулелердің өту қабілеттілігі өте жоғары. Басқа аспан денелерінде туындайтын рентген сәулелері толықтай атмосферада жұтылатындықтан, Жер бетіне жете алмайды.

Тежегіш рентгендік сәуле шығару рентген түтікшесінің арасындағы кернеу айырымымен анықталады. Өрістегі электрондардың орын ауыстыру жұмысы қозғалыстағы электрондардың кинетикалық энергиясына айналады да, анодпен соқтығысқанда рентгендік сәуле шығару фотондар энергиясына түрленеді.

$$A = E_{\kappa} = E_{\phi}.$$

Рентгендік сәуле шығару фотондарының максимал жиілігі рентгендік түтікшедегі потенциалдар айырымымен анықталатын тежегіш электрондардың максимал кинетикалық энергиясына сәйкес келеді:

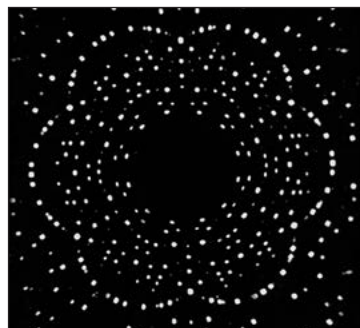
$$eU = \frac{m_e v_{\max}^2}{2} = h\nu_{\max}.$$



Бұл қызық!

Адам өміріндегі және табиғаттағы рентгендік сәуле шығару

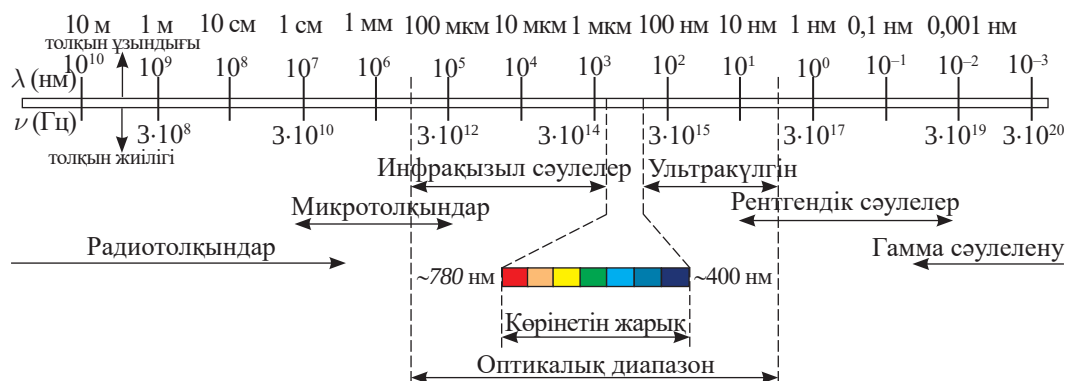
1. Сәуле шығару медицинада флюорография, рентгенография көмегімен диагностика жасауда, сондай-ақ сәулелік терапияда қолданылады.
2. Әуежай мен теміржол вокзалдарында рентген сәулелері қолжүгі мен жүк ішін көруде пайдаланылады.
3. Рентгендік дефектоскопия әдісі бұйымдардағы, мысалы рельстердегі немесе басқа құрылымдардағы дөнекерлеу қапсырмасындағы микрожарықшаларды анықтауға мүмкіндік береді.
4. Сәуле шығарудың дифракциялық шашырауы материалтануда, кристаллографияда, химияда, биохимиядағы заттың құрылымын анықтауда кең қолданысқа ие болды. Кристалдағы рентген сәулелерінің шашырауының нәтижесінде пайда болған дифракциялық картиналар неміс физигі Макс фон Лауэнің құрметіне лауэграммалар деп (121-сурет), ал әдістің өзі – рентгенқұрылымдық талдау деп аталды.



121-сурет. Берилл кристалы лауэграммасы

IV Электрмагниттік толқындар шкаласы

122-суретте түрлі сәулеленулердің жиілігі мен толқын ұзындықтары көрсетілген электрмагниттік толқындар шкаласы бейнеленген. Электрмагниттік толқындардың ұзындығы 10^3 м-ден 10^{-10} м-ге дейінгі кең диапазонда өзгеріп отырады. Әдетте олар жиілігі төмен сәуле шығару, радио сәуле шығару, инфрақызыл сәулелер, көрінетін жарық, ультракүлгін сәулелер, рентген сәулелері, γ -сәуле шығару деп бөлінеді. Негізінде жеке сәуле шығарулар арасында айырмашылықтар жоқ. Вакуумда кез келген ұзындықтағы толқынның сәуле шығаруы 300000 км/с жылдамдықта таралады. Сәуле шығару шкаласының жеке аймақтарының шекаралары шартты түрде болады. Түрлі ұзындықтағы толқындардың сәуле шығаруы бір-бірінен өндіру тәсілімен және тіркеу әдісімен ерекшеленеді.



122-сурет. Электрмагниттік толқындар шкаласы

Қысқа толқынды сәулеленулер: рентгендік және γ -сәулелер әлсіз жұтылады. Заттың оптикалық диапазоны үшін мөлдір келетін толқындар бұл сәуле шығарулар үшін мөлдір емес.

Бақылау сұрақтары

1. Толқын ұзындығының қандай диапазондарын инфрақызыл, ультракүлгін, рентгендік сәуле шығару деп атау қабылданған?
2. Инфрақызыл, ультракүлгін, рентген сәулеленудің пайда болу себептерін атаңдар.
3. Берілген толқын ұзындығы интервалындағы рентгендік сәуле шығару қалай пайда болады?
4. Инфрақызыл, ультракүлгін, рентген сәуле шығарулар затпен қалай өзара әрекеттеседі?
5. Сәуле шығарулар іс жүзінде қандай қолданысқа ие болды?



Жаттығу

19

1. 2 кВ және 20 кВ рентген түтікшелерінің электродтары арасындағы кернеулер үшін рентген сәуле шығарудың толқын ұзындығының минимум мәндерін анықтаңдар.
2. Тежегіш спектр сәуле шығаруында ұзындығы 0,015 нм сәулелер пайда болатын минимум кернеуді табыңдар.
3. Түтікшенің рентгендік спектріндегі ең қатты сәулелердің жиіліктері $\nu = 10^{19} \text{ Гц}$ болса, рентген түтікше қандай кернеумен жұмыс істейді?
4. Сәулелер шкаласында инфрақызыл, көрінетін ультракүлгін және рентген сәулелердің берілген диапазонда толқын ұзындығын және жиілігін бейнелеңдер. Өз шкаланың электрмагниттік сәулелену шкаласымен салыстырыңдар. Ол шкаланың қандай бөлігін алады? Сендер қандай сәулеленуді білесіңдер? Қандай сәулелену тірі ағзаға үлкен қауіп төндіреді?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Инфрақызыл сәулелердің техникада, өнеркәсіпте, ғылымда қолданылуы.
2. Инфрақызыл, ультракүлгін, рентген сәулелерінің медицинадағы рөлі.
3. УК-А (UVA); УК-В (UVB); УК-С (UVC) сәулелердің ерекшеліктері.

§ 20. Фотоэффект. Фотоэффектіні қолдану

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- фотоэффект табиғатын түсініп, оның қолданылуына мысалдар келтіре аласыңдар.



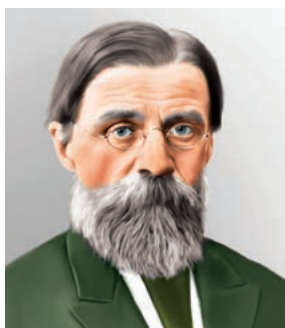
Естеріңе түсіріңдер!

Фотоэффект – жарық немесе басқа кез келген электромагнитті сәулелің әсерінен заттан электрондарының ұшып шығуы.



1-тапсырма

Фотоэффект жайлы тұжырымдарды жарықты электромагниттік толқын ретінде түсіндіру, яғни Максвелл теориясы негізінде түсіндіріңдер.



Александр Григорьевич Столетов (1839–1896) – орыс физигі. Сыртқы фотоэффектіні зерттеп, фотоэффектінің бірінші заңын ашты. Газдық разряд, шектік күйді зерттеп, темірдің магниттелу қисығын алды.



Жауабы қандай?

Баллоннан ауаны неге сорып алады?

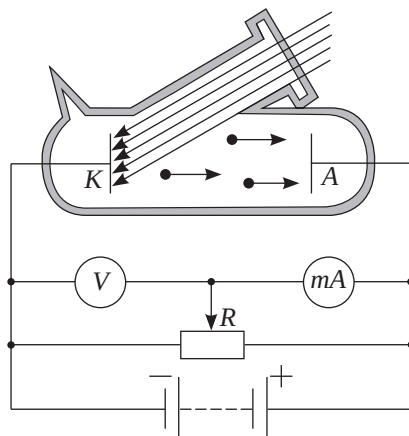
I Фотоэффектінің классикалық электрдинамика тұрғысынан қарастырылуы

Толқындық теория негізінде мынадай тұжырым жасауға болады:

- жарық толқынның кез келген ұзындығында электронды металдан жұлып шығара алады;
- электронды металдан жұлып шығаруға белгілі бір уақыт кетеді;
- жұлып алынған электрондар саны және олардың энергиясы жарық қарқындылығына пропорционал.

II Фотоэффектіні зерттеуге арналған заманауи құрылғы

Фотоэффектіні зерттеу үшін ішінен ауасы шығарылған шыны баллонға орналастырылған екі электродтан тұратын заманауи құрылғы қолданылады (123-сурет). Электродтардың біреуіне кварцтық «терезе» арқылы жарық түседі. Кәдімгі әйнекке қарағанда кварц ультракүлгін сәулеленуді өткізеді. Электродтарға кернеу беріледі, оны R потенциометр көмегімен өзгертуге және V вольтметрмен өлшеуге болады.



123-сурет. Фотоэффектінің сыртқы сәулеленуіне арналған эксперименттік құрылғы

Жарық түсіріліп отырған электрод К катодқа батареяның теріс полюсін жалғайды. Жарық әсерінен катодтан электрондар ұшып шығады, олар электр өрісі әсерінен анодқа қарай жылжиды, нәтижесінде электр тогы пайда болады. Ток күші миллиамперметр құралымен өлшенеді.

III Столетовтың фотоэффект заңдары

А.Г.Столетов және неміс ғалымы Ф.Ленард жүргізген зерттеулер фотоэффект заңдары классикалық түсініктерге сәйкес келмейтінін көрсетті. 124-суретте электродтар арасындағы кернеудің әртүрлі мәндерін есептеу нәтижесінде алынған вольт-амперлік сипаттама бейнеленген.

Графиктен мынадай қорытынды жасауға болады:

1. Кернеу белгілі бір U_k мәніне жеткенде, I_k фототок күші кернеуге тәуелсіз болады.

Ток күшінің максимум мәні I_k қанығу тогы деп аталады.

Қанығу тогының күші – фотоэлектронның уақыт бірлігінде тасымалдайтын максимал зарядтары:

$$I_k = \frac{q_m}{t} = \frac{N|e|}{t} = n|e|, \quad (1)$$

мұндағы n – жарық арқылы металл бетінен 1 с ішінде ұшып шығатын фотоэлектрондар саны, e – электрон заряды.

2. Фототок күші кернеудің нөлдік мәні кезінде нөлге тең емес.
3. Катодты ток көзінің оң полюсіне, анодты теріс полюсіне жалғап, электр өрісінің бағытын өзгертсе, кернеудің теріс мәнінің жоғарылауынан ток күші азаяды.

$U_{\text{кідірткіш}}$ кідірткіш кернеудің қандай да бір мәнінде фототок тоқтайды.

Кинетикалық энергия теориясына сәйкес кідірткіш кернеуге қатысты электр өрісінің жұмысы фотоэлектрондардың кинетикалық энергиясы өзгерісіне тең:

$$A = \Delta E_k$$

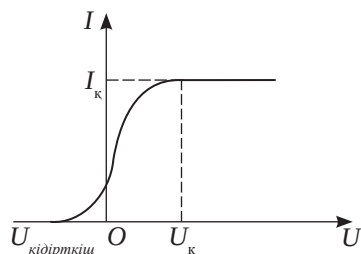
немесе
$$eU_{\text{кідірткіш}} = \frac{mv_m^2}{2}. \quad (2)$$

$U_{\text{кідірткіш}}$ белгілі болса, фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясын табуға болады.

Катодқа жиіліктері бірдей және қарқындылығы әртүрлі жарық ағындарымен сәулелер жіберілген кездегі фотоэффектіні зерттеу 125-суреттегі вольт-амперлік сипаттамада бейнеленген нәтижені берді.

Жауабы қандай?

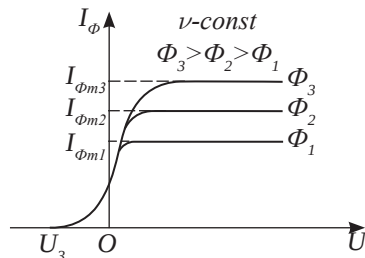
1. Сәуле шығару жиілігі бірдей, қарқындылығы әртүрлі жарықты қалай алуға болады?
2. Сәуле шығару жиілігі әртүрлі, қарқындылығы бірдей жарықты қалай алуға болады?



124-сурет. Вакуумды шам электродындағы фототок күшінің кернеуге тәуелділігі

Жауабы қандай?

1. Қанығу фототогының күші неге тұрақты мәнге ие болады?
2. Кернеудің нөлдік мәнінде неліктен фототок күші нөлге тең емес?
3. Фототок күші неліктен электр өрісінің бағыты өзгергенде азаяды?
4. Қандай шартта фототок тоқтайды? Неліктен?

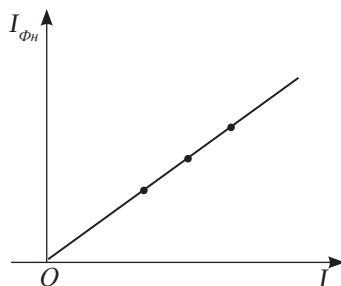


125-сурет. Әртүрлі жарық ағыны фотоэффектісінің вольт-амперлік сипаттамасы

Түсірілген жарық қарқындылығы артқан сайын фототок күші артады. Бұл мәліметтерді пайдаланып, қанығу тогы күшінің жарық қарқындылығына тәуелділік графигін құратын болса, координаталар басынан өтетін тік сызықты аламыз (126-сурет). Демек, қанығу тогының күші катодқа түсірілген жарықтың қарқындылығына тура пропорционал: $I_{\phi} \sim I$.

Кернеудің шамасы жарық қарқындылығына тәуелсіз, барлық ағындар үшін ол бірдей мәнге ие.

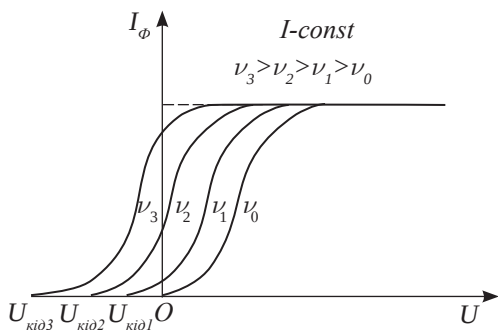
Катодқа бірдей қарқындылықтағы, жиілігі әртүрлі жарық сәулелерін түсіру 127-суретте көрсетілген вольт-амперлік сипаттамалар сериясын береді. Графиктерден көретініміз $U_{\text{кідірткіш}}$ кідірткіш кернеудің өлшемі түсірілген жарықтың жиілігі азайған сайын азаяды, ал қандай да бір ν_0 жиілікте кернеу мәні: $U_{\text{кідірткіш}} = 0$ нөлге тең. Төмен жиіліктерде фотоэффект байқалмайды.



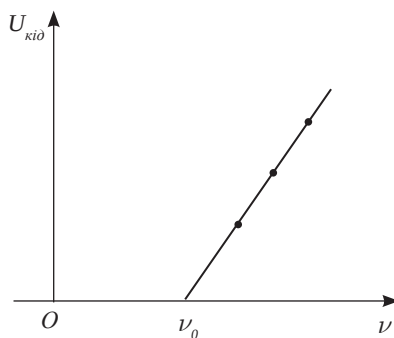
126-сурет. Фототок күшінің жарық ағынының қарқындылығына тәуелділігі

Түсірілген жарықтың фотоэффект құбылысы мүмкін болатын ν_0 минимал жиілік фотоэффектінің қызыл шекарасы деп аталады.

127-суреттегі график мәліметтері негізінде кідірткіш кернеудің минимал мәні болатын жапқыш кернеудің түскен жарық жиілігіне тәуелділік графигін $U_{\text{кідірткіш}}(\nu)$ сызуға болады (128-сурет).



127-сурет. Жиіліктері әртүрлі жарық сәулелер фотоэффектісінің вольт-амперлік сипаттамасы



128-сурет. Кідірткіш кернеудің жарық жиілігіне тәуелділік графигі

Тәжірибелік мәліметтер негізінде Столетов фотоэффект заңдарын тұжырымдады:

1. Фототок күші жарық ағынының қарқындылығына тура пропорционал.
2. Жиілікке қатысты жарық әсерінен ұшып шыққан электрондардың максимал энергиясы жарық жиілігімен бірге сызықты түрде артады және қарқындылыққа тәуелсіз болады.
3. Әр зат үшін фотоэффектінің қызыл шекарасы болады, яғни фотоэффект мүмкін болатын минимал жарық жиілігі ν_0 (максимал ұзындығы λ_{max}) болады, егер $\nu < \nu_0$ болса, фотоэффект болмайды.

IV Фотоэффектінің кванттық теориясы

Фотоэффектінің теориялық негіздемесін 1905 жылы А.Эйнштейн берген болатын. Ол Планк айтқандай жарық кванттармен бөлініп қана қоймай, сонымен қатар үлестермен де таралып жұтылады, яғни фотондар деп аталатын, энергиясы $E = h\nu$ болатын бөлшектер ағынынан тұрады деп болжады.

Фотоэффект – жарық бөлшектері металл электрондарымен соқтығысып, оларға өз энергиясын және импульсін беріп, өздерінің жойылып кетуіне негізделген құбылыс. Затқа түсірілген жарық кванттарының энергиясы заттағы электронның оң зарядталған бөлшектерінің өзара тартылыс күшіне қарсы атқарылатын жұмысынан артық болса, онда электрон заттан ұшып шығады. Сол кезде фотоэффектінің қызыл шекарасының мәні түсінікті болады: электрондар металдан ұшып шығу үшін кванттар энергиясы $E = h\nu_{\min}$ -дан кем болмауы керек. Бұл энергия электрондардың берілген металдан ұшып шығу жұмысына тең. Кванттардың энергиясы шығу жұмысынан көп болған жағдайда электрондардың максимал кинетикалық энергиясы фотондар энергиясы мен шығу жұмысының айырымына тең.

$$E_k = E_{\phi} - A_w. \quad (3)$$

Бұл – фотоэффект үшін Эйнштейн формуласы. Әдетте ол мына түрде жазылады:

$$h\nu = A_w + \frac{mv_{\max}^2}{2}. \quad (4)$$

Фототок күшінің жарық қарқындылығына тәуелділігін Эйнштейн былай түсіндірді: уақыт бірлігінде ұшып шыққан электрондар саны жарық қарқындылығына пропорционал, өйткені қарқындылық уақыт бірлігінде жарық көзінен бөлінетін кванттар санымен анықталады. Қуатты шам көбірек квант бөледі, демек, мұндай шамнан жарық арқылы ұшып шыққан электрондар саны қуаты азырақ жарыққа қарағанда көбірек болады.

Ұшып шыққан электрондар энергиясы шам жарығының күшіне емес, жиілігі қандай жарық шығаратынына тәуелді болады. Фотон энергиясы және фотоэлектронның кинетикалық энергиясы осыған байланысты болады.

V Фотондар, энергия, масса және фотон импульсі

Фотон – жарық бөлшегі. Ол бөліктерге бөлінбейді: шығарылады, шағылады, сынады және бүтін квантпен жұтылады. Жарық бөлшегінің тыныштық массасы жоқ, оның қозғалмайтын фотондары болмайды.

$$\text{Фотон энергиясы: } E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \hbar\omega, \quad (5)$$

мұндағы $\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{6,28} = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – Планк тұрақтысы, ω – циклдiк жиілік.

Фотон массасы. Фотон массасын масса мен энергияның өзара байланыс заңына сүйеніп анықтайды:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}. \quad (6)$$



2-тапсырма

Столетов тұжырымдарын классикалық физика тұжырымдарымен салыстырыңдар. Айырмашылықтары неде?



3-тапсырма

Фотоэффект үшін Эйнштейн формуласы берілген құбылысқа қолданылатын сақталу заңы болып табылатынын дәлелдендер.



Назар аударыңдар!

Планк тұрақтысын оның өлшемділігіне $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ сәйкес әрекет ету кванты деп атайды.

Фотон массасын анықтау мүмкін емес, электромагниттік өрістің энергиясы болатынына негіздеп, оны өрістік масса ретінде қарастыруға болады.

Фотон импульсі. Фотон – жарық бөлшегі, демек, оның импульсі мынаған тең:

$$p = mc = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (7)$$

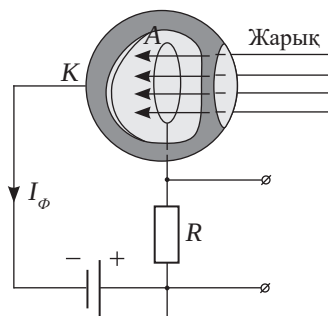
VI Фотоэффектінің техникада қолданылуы

Фотоэлементтер. Жұмыс істеу принципі фотоэффект құбылысына негізделген құрылғылар *фотоэлементтер* деп аталады. Фотоэлемент құралы 129-суретте бейнеленген. Ауасы сорып алынған шыны баллонның ішкі беті К (катод) өте сезімтал, жарық түсуге арналған шағын мөлдір бөлігі бар қабатпен қапталған.

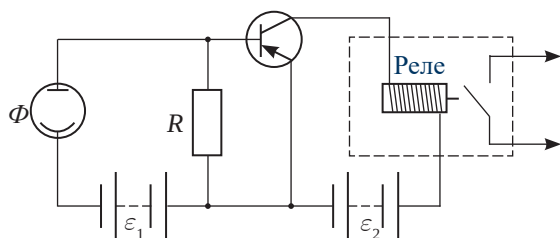
Баллон центріңде металл сақина А (анод) орналасқан. Электродтардан фотоэлементті электр тізбегіне жалғауға арналған өткізгіштер жасалған. Жарыққа сезімтал қабат ретінде шығу жұмысы аз, сілтілік металдардан жасалған тозаңдалған қабаттар қолданылады.

Фотоэлементтерді электр тізбегін жарық шоғының көмегімен автоматты түрде басқаруда қолданылады.

Фотореле. Фотоэлектрлік реле фотоэлементке түсетін жарық ағыны тоқтағанда жұмыс істей бастайды (130-сурет). Фотореле фототок күшейткіші Ф фотоэлементтен, транзистор коллекторының тізбегіне жалғанған электромагнитті реле мен жартылай өткізгіш триодтан тұрады. Фотоэлементке кернеу ε_1 ток көзінен, транзисторға ε_2 ток көзінен беріледі. Эмиттер мен база арасында R жүктемелік резистор жалғанған.



129-сурет. Фотоэлемент құрылғысы



130-сурет. Фотореле сұлбасы

Фотоэлементке жарық түсірілгенде, оның R резисторы бар тізбегінде әлсіз ток жүреді, транзистор потенциалы эмиттер потенциалынан жоғары коллекторлы тізбекте ток болмайды.

Фотоэлементке түсетін жарық ағыны тоқтаған жағдайда оның тізбегіндегі ток бірден тоқтайды, эмиттер – база ауысуы негізгі тасымалдаушылар үшін ашылады да, коллектор тізбегіне жалғанған реле орамы бойымен ток жүреді. Реле жұмыс жасап, оның контактілері атқарушы тізбекті тұйықтайды. Оның қызметтеріне әрекет ету аймағына адам қолы тап болған жағдайда престі тоқтату, метро турникетіндегі кедергіні жылжыту, көшедегі жарықты автоматты түрде қосу жатады.



4-тапсырма

Автоматты тізбектегі фотоэлементтің әрекет ету принципін түсіндіріңдер.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Жарық фотонының $p = 5,7 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с импульсі арқылы палладий бетін сәулелендіреді. Фотоэлектрондардың максимал жылдамдығын анықтандар. Палладий үшін шығу жұмысы $A = 2$ эВ.

Берілгені:

$$p = 5,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг·м/с}$$

$$A_{\text{ш}} = 2 \text{ эВ}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$v = ?$

ХБЖ

$$3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Шешуі:

Эйнштейн теңдеуі арқылы энергияны фотондар импульсімен өрнектейміз:

$$pc = A_{\text{ш}} + \frac{m_e v^2}{2}.$$

Өрнекті жылдамдыққа қатысты шешеміз: $v = \sqrt{\frac{2}{m_e}(pc - A_{\text{ш}})},$

$$v = \sqrt{\frac{2(5,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг·м/с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - 3,2 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 1,73 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

Жауабы: $v = 1,73 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$

Бақылау сұрақтары

1. Фотоэффект деп нені айтады?
2. Толқындық теория және жарықтың кванттық теориясының негізінде фотоэффект құбылысы туралы қандай көзқарастар қалыптасқан?
3. Столетов заңдары неге негізделген?
4. Эйнштейн фотоэффект құбылысын қалай түсіндірді?
5. Фотоэффектінің қызыл шекарасы дегеніміз не?
6. Фотондар қандай қасиеттерге ие?
7. Фотоэлементтер қандай қолданысқа ие болды?



Жаттығу

20

1. Энергиясы $E_{\phi} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ болатын фотонның жиілігін анықтандар.
2. Толқын ұзындығы $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ фотонның импульсін, массасын, энергиясын анықтандар.
3. Фотоэлектрондардың максимал жылдамдығы $c = v = 3000 \text{ км/с}$ болу үшін вольфрам пластинасының бетін қандай жиіліктегі жарықпен сәулелендіру керек?

Шығармашылық тапсырма

Таңдау бойынша келесі тақырыптарға хабарлама дайындаңдар:

1. Столетов тәжірибесі.
2. Күн батареясының ПЭК-і, оның қолданылуының даму болашағы.

§ 21. Жарық қысымы. Жарықтың химиялық әсері. Фотография

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- фотосинтез мысалында және фотографиядағы процестер мысалында жарықтың химиялық әсерін сипаттай аласыңдар.



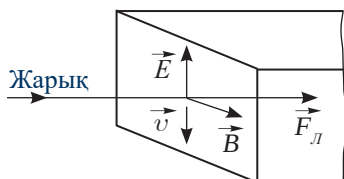
1-тапсырма

- Жарықтың ақ бетке түсіретін қысымы $p = \frac{2I}{c}$, қара бетке түсіретін қысымы $p = \frac{I}{c}$ болатынын дәлелдендер. Дәлелдеу кезінде ақ беттің шағылу коэффициенті $\rho = 1$, қара беттің шағылу коэффициенті $\rho = 0$ деп алыңдар.
- Энергияның тығыздығын және қысымының өлшем бірліктерін жазыңдар. Олардың тең екенін дәлелдендер.



Жауабы қандай?

Лоренц күші жарық қысымының күші деп тұжырымдауға бола ма?



131-сурет. Зат бөлшектеріне әсер ететін Лоренц күшінің бағыты

I Жарық қысымын кванттық теория тұрғысынан түсіндіру

Кванттық теория тұрғысынан алғанда жарық қысымы фотондардың дене бетіне соққысынан туындайды. 1 секунд ішінде N жарық бөлшектері ауданы 1 м^2 бетке перпендикуляр түседі деп алайық. Олардың бір бөлігі дене бетімен жұтылады және осы бетке

$$p = \frac{h\nu}{c} \quad (1)$$

импульс береді. Беттен шағылған фотондар екі есе көп импульс береді:

$$p = \frac{2h\nu}{c}. \quad (2)$$

Бетке түсірілген жарықтың қысымы 1 с ішінде ауданы 1 м^2 дене бетіне түсетін барлық N фотондар беретін импульстерге тең болады. Егер ρ – жарықтың беттен шағылу коэффициенті болса, ρN – шағылған фотондар саны, ал $(1 - \rho)N$ – жұтылған фотондар саны. Демек, барлық бөлшектер тудырған жарық қысымы мынаған тең:

$$p = \frac{2h\nu}{c} \cdot \rho N + \frac{h\nu}{c} \cdot (1 - \rho)N = (1 + \rho) \frac{Nh\nu}{c}.$$

N – ауданы 1 м^2 бетке 1 секунд ішінде түсетін жарық бөлшектерінің саны болғандықтан:

$$Nh\nu = \frac{W}{St} = I.$$

Осылайша, жарықтың қысымы мынаған тең екені шығады:

$$p = (1 + \rho)w = (1 + \rho) \frac{I}{c}. \quad (3)$$



2-тапсырма

131-суретті қарастырыңдар: $\vec{E}$ және $\vec{B}$ – жарық толқынының бетіне түсірілген кернеулік пен магнит индукциясы векторлары. Теріс зарядталған бөлшектердің кернеулік векторының әсерінен болатын қозғалысының бағыты $\vec{v}$ векторымен көрсетілген. Сол қол ережесін қолданып, Лоренц күшінің бағытын анықтаңдар. Алынған нәтижені 127-суретте көрсетілген Лоренц күшінің бағытымен салыстырыңдар.

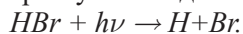
II Лебедев тәжірибесі

Орыс ғалымы П.Н.Лебедев 1900 жылы алғаш рет жарықтың қатты денелерге түсіретін қысымын, 1907–1910 жылдар аралығында жарықтың газдарға түсіретін қысымын өлшеді.

Лебедев сезімтал айналмалы таразы жасады, оның қозғалмалы бөлігі жіңішке жіпке ілінген жеңіл рама болды, оған металл фольгадан жасалған диаметрі 5 мм және 0,01 мм қара және ақ дискілерден тұратын қанатшалар бекітілді. Ішіне жеңіл шыны жіпке рама ілінген ыдыстан ауа сорып шығарылған. Қанатшаларға түсірілген жарық ақ және қара дискілерге әртүрлі қысыммен әсер еткен, нәтижесінде рамаға аспа жібін бұратын айналу моменті әсер етті (132-сурет). Жіптің бұралу бұрышы бойынша Лебедев жарықтың қысымын есептеді. Тәжірибелік және теориялық есептеулер бірдей нәтиже берді.

III Фотохимиялық реакциялардың жүру шарттары

Фотохимиялық реакциялардың жүру шарттары. Көрінетін жарықтың және ультракүлгін сәулелердің әсерімен жүретін химиялық процестер фотохимиялық реакциялар деп аталады. Химиялық өзара әрекеттесу бір фотон энергиясы молекуланың ыдырау энергиясынан $E_{\text{б}}$ кем болмаса ғана болады. Демек, химиялық белсенді сәуле шығарудың ең аз жиілігі мынаған тең: $\nu_0 = \frac{E_{\text{б}}}{h}$, аз жиіліктегі сәуле шығарулар химиялық тұрғыдан белсенді емес. Мұндай реакцияларға мысал ретінде бромды сутектің бөлшектенуін көрсетуге болады:



Сутектің және бромның бос атомдары бөлшектенгеннен кейін молекулаларға бірігеді:



Өсімдіктегі көміртектің фотосинтезі, фотопластинаның сезімтал қабатындағы бромды күмістің бөлшектенуі, хлор мен сутектің қоспасы HCl-ді құра отырып, жарық арқылы өзара әрекеттесуі фотохимиялық реакцияларға мысал бола алады.

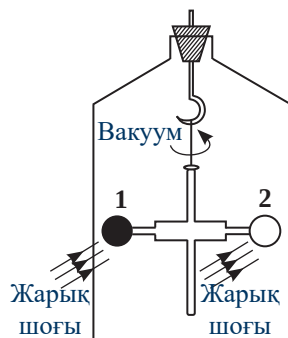
IV Фотосинтез

Фотосинтез. Өсімдіктердің жасыл жапырақтарындағы органикалық заттардың пайда болу процесі Жердегі тіршіліктің барлығы үшін аса маңызды процесс болып табылады. Олар бізге дем алуға қажетті оттегін және азық береді. Бұл процесс *фотосинтез* деп аталады, ол өсімдік жапырақтарында катализаторлар – хлорофилл көмегімен жарықты жұту барысында жүреді. Фотосинтез нәтижесінде Жер қойнауы және Жер бетінде таскөмір, мұнай, жанғыш газдар, тақтатас, шымтезек сияқты өнімдер жиналды, ал атмосфера оттегімен байытылды.



Бұл қызық!

Максвелл есептеулері бойынша Күн жарығы Жерде орналасқан қара пластинаға $p = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$ қысым түсіреді. Жарықты шағылдыратын бетке түсірілетін қысым екі есе көп.



132-сурет. Лебедев тәжірибесіндегі айналмалы таразылардың қозғалмалы рамасы



3-тапсырма

Жарықтың химиялық әсеріне мысалдар келтіріңдер.



Жауабы қандай?

Органикалық отын – Күн энергиясының өңдеген өнімі деп айтуымызға бола ма?

III Фотография

Фотография. Фотография сөзі грек тілінен «фото» – жарық, «графо» – бейнелеймін, жазамын сөздерінен пайда болған.

Фотоматериалдар (пленка, пластина, қағаз) қабаттар, жарық сезгіш эмульсияға қарсы, қорғаныш қабаттары жағылатын төсеніштен тұрады (133-сурет). Жарық сезгіш қабат микроскопиялық кіші күміс тұзының жарық сезгіш кристалдарынан тұрады, олар мөлдір желімде (желатинде) біркелкі орналасады.

Мөлдір желім галогенид кристалдарын байланыстырады және олар төсенішке бекітіледі.

Пленка бетіндегі қабат эмульсиялық қабатты төсенішті ұстап тұру үшін, ал фотоқағазда эмульсия-бояудың қағаздың кеуекті құрылымына енуін сақтау үшін қажет. Сәулеленуге қарсы тағы бір қабат пленка арқылы өткен және төсенішінің ішкі бетінен шағылысқан кезде пайда болатын ішкі қабат сәулелерді сіңіруге арналады. Пленка фототүсірілім кезінде жарықтың әсеріне ұшырайды.

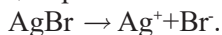
Түрлі-түсті фотоматериалдар ақ-қара түске қарағанда үш эмульсиялық қабаттан тұрады, олардың әрқайсысы көрінетін спектрдің бөлігіне сезімтал келеді.

Түрлі-түсті негативті пленканың стандартты құрылымы: қорғаныш қабаты, көгілдір түске сезімтал қабат, (сары түсті) сүзу қабаты, аралық желім қабаты, жасыл түске сезімтал қабат, қызыл түске сезімтал қабат, ішкі қабат, төсеніш қабаты, сәулеленуге қарсы қабаты болады.

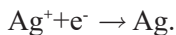
Қара-ақ пленкалардағы сурет металл күмісті түзеді, ол күміс галогенидінің түзілу процесінде пайда болады.

Түрлі-түсті жарық сезгіш материалдардағы сурет жарық әсер ететін күміс галогенидінің жанында орналасқан, зат бейнесінің тотыққан пішінінен және молекуланың жартысынан тұрады.

Жарық әсерінен эмульсиялық қабатта иондардың өте ұсақ бөлшектері пайда болады, олар жасырын кескіннің центрі болып табылады:



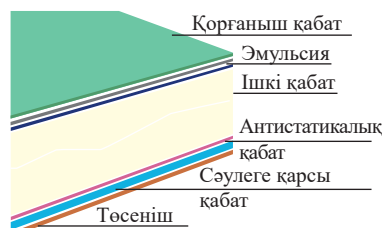
Пленкадағы бейне айқындаушы арқылы көрінеді, ол иондарды таза металдық күміске айналдырады:



Пленкада кескін пайда болады. Кескінді эмульсиялық қабаттан тұратын реактивте бекіткенде химиялық реакциялардың нәтижесінде күміс тұздарының қалдықтары шайылады.

IV Фотографияның қолданылуы

Фотография ғылымда және техникада кең қолданыс тапқан. Жердің, Айдың және басқа планеталардың бейнелері, минералдардың кристалды торының, тірі жасушаның бейнесі алынды. Жиілігі секундына 10000 кадр болатын жоғары жылдамдықтағы



133-сурет. Ақ-қара пленка құрылысы

фототүсірілім жылдам жүретін процестерді, мысалы, үдеткіштердегі элементар бөлшектердің қозғалысын зерттеуде кеңінен қолданылады (134-сурет) және керісінше, баяу өтетін процестердің динамикасын, мысалы, кристалдардың өсімін, фотопленкаға автоматты түрде ұзақ процесті тіркеу және ақпаратты «сығу» арқылы бақылауға мүмкіндік береді.

Фотография ғылым мен техникада қолданылуымен қатар, өнер түрі ретінде кең қолданысқа ие болды (135-сурет).



134-сурет. Элементар бөлшектердің қозғалыс траекториясының фотосуреті



135-сурет. Үлкен Алматы көлі. Іле Алатауы

Бақылау сұрақтары

1. Кванттық теория тұрғысынан жарық қысымы қалай пайда болады?
2. Жарықтың толқындық теориясы тұрғысынан қандай күш жарық қысымының пайда болуының себебі болып табылады?
3. Лебедев тәжірибесінің мәні неде?
4. Қандай шарттар орындалғанда фотохимиялық реакция жүреді?
5. Фотосинтез деп қандай реакцияны айтады?
6. Фотосуретке түсіру процесі қандай құбылысқа негізделген?

★ Жаттығу

21

1. Фотосинтез реакциясын жазыңдар.
2. Қара-ақ пленканы өңдеу кезінде пайдаланылатын күміс тұздарының мысалдарын келтіріңдер. Жарық әсерінен болатын реакцияны жазып көрсетіңдер.

Шығармашылық тапсырма

Хабарлама дайындаңдар:

1. Фотография тарихынан: камерадан сандық фотоаппаратқа дейінгі даму.
2. Фотосуретті өндіру технологиясы.

§ 22. Томография

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- компьютерлік және магниттік-резонанстық томографияны салыстыра аласыңдар.

Бұл қызық!

Нысанның ішкі құрылысын зерттеу әдісін 1972 жылы британ инженер-электригі Годфри Хаунсфилд және оңтүстік африкалық физик Аллан Кормак ұсынды. Олар осы әдіс үшін 1979 ж. Нобель сыйлығына ие болды.

I Компьютерлік рентгендік томография. Томографтар

Компьютерлік томография – рентгендік диагностика әдісі, ол тығыздығы әртүрлі ұлпалардың рентгендік сәуле шығаруларының әлсіреуін компьютерлік өңдеуге және өлшеуге негізделген. Оның рұқсат беру шешімі қуаттылығымен сипатталады және жұмсақ ұлпалардың жіңішке өзгерістерін айыруға көмектеседі, науқастарды тексеру процесіндегі қабылданатын рентген сәулеленудің мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді.

Бірінші буындағы аппараттар 1973 жылы пайда болды, ол компьютерлік томограф цилиндрлік рамаға жалғанған арнайы рентген түтікшесінен тұратын. Рама ортасындағы науқасқа рентген толқындардың жіңішке шоғы түсіріледі. Адам денесін 180° градусқа айнала алатын раманың қарама-қарсы бетіне екі детектор жалғанған. Детекторлар түрлі

мүшелердің жұту көрсеткіштерін қабылдап, жазып алатын. Бірінші буын томографтарында қолданылатын рентгендік түтікше сканерленетін жазықтық бойымен сызықты қозғалыс жасауы барысында 160 жазба жасалады. Содан соң рама 10° -қа бұрылады да, процедура қайталанады. Рама 180° -қа бұрылғанша жазба тоқтамайды. Зерттеу барысында әр детектор $28\ 800$ кадр түсіреді. Ақпарат компьютерде өңделеді және арнайы компьютерлік программа көмегімен таңдалған қабаттың бейнесі жасалынады.

Компьютерлік томографтардың екінші буыны рентген сәулелерінің бірнеше шоғын және 30 детекторға дейін қолданады. Ол зерттеу процесін 18 секундқа дейін жылдамдатуға мүмкіндік береді.

Компьютерлі томографтардың үшінші буынында жаңа принцип қолданылды. Желпуіш түріндегі рентген сәулелерінің кең шоғы зерттеліп отырған нысанды жауып тұрады, денеден өткен рентген сәулелерін бірнеше жүз детекторлар жазып алады. Зерттеуге жұмсалатын уақыт 5 - 6 секундқа дейін қысқарды.

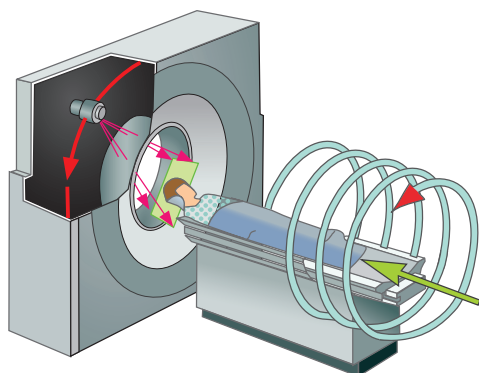
Төртінші буын 1088 люминесцентті датчиктерден тұрады, олар аппараттың сақинасының бойына орналасады, тек рентген түтікшесі ғана айналды. Бұл әдістің арқасында айналу уақыты $0,7$ секундқа дейін қысқарады. Үшінші буын томографтарымен салыстырғанда бейне сапасында айтарлықтай айырмашылықтар жоқ.

II Компьютерлік томографияның заманауи әдістері

1) **Спиральді (шиыршықты) компьютерлік томография (КТ).** Спиральді КТ клиникада іс жүзінде 1988 жылдан бері қолданылады, сол кезде Siemens Medical Solutions компаниясы алғашқы шиыршықты компьютерлік томографияны ұсынды (*136-сурет*). Спиральді сканерлеу екі әрекеттің: рентген түтікшесінің науқас денесінің маңында үздіксіз айналуының және үстелдің сканерлеу өсі бойымен үздіксіз ілгерілемелі қозғалуының бір мезгілде орындалуына негізделеді. Бұл жағдайда

науқас жатқан үстелдің қозғалыс бағытына қатысты рентгендік түтікшенің қозғалу траекториясы спираль түрінде болады.

2) **Көпқабатты компьютерлік томография (КҚКТ).** КҚКТ үшін томографтарды Израильдің Elscint компаниясы 1992 жылы ұсынды. Томографтардың айырмашылығы: рентген сәулелерін шеңбер түрінде екі немесе одан да көп ретпен орналасқан детекторлар арқылы қабылдайды. 1992 жылы алғашқы екі қатарлы детекторлары бар және екі қималы томографтар пайда болды. Ал 1998 жылы төрт-қималы және төрт қатарлы детекторлары бар томографтар жасалды (137-сурет).



136-сурет. Спиральді компьютерлік томограф



137-сурет. Мультиқималы компьютерлік томограф

Жоғарыда көрсетілген ерекшеліктерден бөлек рентген түтікшенің айналым саны секундына бір айналымнан екі айналымға дейін арттырылды. Бесінші буынның төртспиральді томографтары бүгінгі күнде төртінші буынның кәдімгі КТ-томографтарына қарағанда әлдеқайда жылдамырақ. 2004–2005 жылдары 32-, 64- және 128-қималы көпқабатты, сондай-ақ екі рентген түтікшесі бар томографтар ұсынылды. 2007 жылы Toshiba компаниясы 320-қималы компьютерлік томографтар жасады, олар рентгендік компьютерлік томографияның даму тарихының жаңа белесі болып табылады. Олар тек бейнені алуға ғана емес, ми мен жүректе жүретін физиологиялық процестерді бақылауға мүмкіндік береді.



Есте сақтаңдар!

Магниттік-резонанстық томография – адамның ішкі мүшелерін және ұлпаларын магниттік резонанстың физикалық құбылысын қолдану арқылы зерттеу әдісі. Әдіс кернеуі жоғары тұрақты магнит өрісіндегі қозған атомдардың түрлі құбылыстарды өлшеуіне негізделген.

III МРТ-ның диагностика әдісі ретіндегі әрекет ету принципі және артықшылықтары

Магниттік-резонанстық томографтың сыртқы көрінісі компьютерлік томографқа ұқсайды. Зерттеу компьютерлік томография сияқты жүреді. Үстелше сканер бойымен баяу қозғалады (138-сурет).

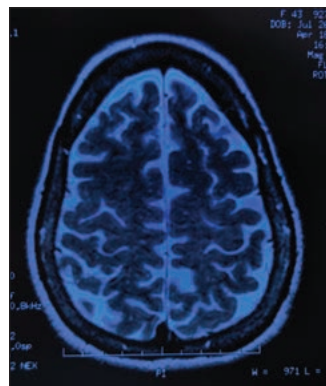
Диагностика негізінде сутек атомдарына сыртқы магнит өрісінің әсер етуі жатыр: сутек ядросындағы протондар айналу бағытын өзгертеді. Сыртқы магнит

өрісі болмаған жағдайда протондар қайтадан бастапқы қалпына келеді. Құбылыс арнайы жүйемен тіркелетін энергияның бөлінуімен қатар жүреді. Алынған мәліметтер компьютерлік программа арқылы өңделеді, нәтижесінде зерттеліп отырған организм жасушалары тобының бірнеше қималарда және әртүрлі жазықтарда жақсы көрінетін суреттері алынады. Магнит өрісінің әсері обыр жасушаларында ұзағырақ болатыны анықталған. Олардың құрамында су көп, сондықтан онда сутек атомдары көбірек болады.

МРТ кескіні – радиосигналдардың компьютерлік кескіні (адам денесінің сәуле шығаруы, таратуы). 138-суретте МРТ компьютерінде алынған суреттер бейнеленген.

МРТ мүмкіндіктері бойынша компьютерлік томографиядан озық, себебі КТ-дағыдай иондалған сәулеленуді емес, қауіпсіз электромагнитті толқындарды қолдануға негізделген.

Қазіргі уақытта МРТ медицинаның бөлек саласына айналды, онсыз диагностиканы елестету мүмкін емес. Ол аурулардың ауыр түрлерін және патологиялардың бастапқы кезеңдерінде: тамырлардың, жүрек, мидың, ағзаның ішкі құрылысының қызметінің бұзылулары, омыртқаның өзгерісі, омыртқа арасындағы жарықтар, остеохондроз, сыну, басқа да жарақаттар, қабыну және инфекциялық процестерді анықтауға мүмкіндік береді. Одан бөлек томография адам мүшелерінің (органдарының) және организм жасушаларының құрылысын визуалдауға, жұлындағы сұйық ағынын, қанның жылдамдығын өлшеуге, ұлпалардағы диффузия мөлшерін бағалауға, мүшелердің қызмет ету кезінде ми қыртыстарының белсенділігін анықтауға мүмкіндік береді. Функционалдық МРТ өткен ғасырдың 90-жылдарынан бастап ми процестерін визуалдау саласында маңызды рөл атқара бастады.



138-сурет. Мидың МРТ бейнесі



Жауабы қандай?

1. Неге МРТ-ны рентген және флюорографияға қарағанда қысқа уақыт аралығында бірнеше рет тағайындауға болады?
2. Неге МРТ диагностикасы басқа әдістерге қарағанда нақтырақ болады?

IV Магнит өрісінің қуаты және бейне сапасына әсер ететін факторлар

Заманауи томографтардың күшті магнит өрісінің қуатты көздері бар. Осындай көздер ретінде электромагниттер қолданылады, олар туындатқан өрістің магниттік индукциясы 1 Тл бастап, 3 Тл-ға дейін жетеді. Тұрақты магнит өрісінің магниттік индукциясы 0,7 Тл-ға жетеді.

1 тесладан төмен МРТ құрылғысында ішкі мүшелер және кіші жамбас мүшелерінің томографиясы сапалы түрде жасалмайды, өйткені бұл құрылғылардың қуаты өте төмен. Магнит индукциясы 1 тесладан кем төмен өрісті МРТ құрылғыларында жай сападағы бейнелер алынатын бас, омыртқа және буындардың зерттеулерін жүргізуге болады.

Тұрақты магниттер МРТ-ның тунельдік-жабық түрін ғана емес, сондай-ақ ашық түрін де құруға да мүмкіндік береді, ол өз кезегінде қозғалыста, түрегеп тұрған күйде зерттеулер жүргізуге және де зерттеу кезінде дәрігерлердің науқасты бақылауын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Науқастарды вертикаль күйде және отырғанда зерттеулер жасайтын құрылғылар пайда болды.

МРТ сапасы өріс кернеулігіне ғана емес, алынған бейнені бағалайтын және дерттің бар болуын анықтай алатын маманға, зерттеу параметрлеріне, контрасты қолдануға да байланысты болады. МРТ кезіндегі контраст ретінде гадолиний қолданылады.

Диагностиканың нақтылығы мен уақыттылығы магниттік-резонанстық томографияны ем тағайындауда ұтымды әдіс етеді.

V Қазақстандағы МРТ және компьютерлік томография

Компьютерлік томография Қазақстанның көптеген медициналық орталықтарында қолданылады. Алматы қаласындағы Компьютерлік және магниттік-резонанстық томография орталығы ең заманауи құрылғылармен жабдықталған. Клиникада орнатылған Siemens компаниясының MAGNETOM Essenza магниттік-резонанстық (MP) томографы Қазақстандағы жалғыз томограф болып табылады. Магниттік-резонанстық томография (МРТ) мүшелер мен жүйелердің ажыратымдылығы жоғары бейнелерін алуға мүмкіндік береді. МРТ-ның кең таралған түрлері: мидың, омыртқаның, жұлынның, буындардың, кіші жамбас және іш қуысының мүшелерінің МРТ-лары. Диагностика Орталығында сонымен қатар Siemens фирмасының SOMATOM Emotion 16 көп кималы компьютерлік томографы қолданылады. Компьютерлік томография сырқаттарды бастапқы кезеңдерінде анықтауға мүмкіндік береді. КҚКТ барлық медицина салаларында: травматологияда, хирургияда, онкологияда, неврологияда, пульмонологияда, стоматологияда кең қолданысқа ие болды.



Есте сақтаңдар!

Клиникада құрылғылардың қуаты бойынша мынадай градациялары қолданылады: төмен өрісті 0,1 Тл-дан 0,5 Тл-ға дейін; орташа өрісті 0,5 Тл-дан 0,9 Тл-ға дейін; жоғары өрісті 1 Тл-дан жоғары; аса жоғары өрісті 3,0 Тл және 7,0 Тл болады.



Бұл қызық!

Жануарлар үшін МРТ жасау адамдарға қарағанда әлдеқайда қымбатырақ. Бұл жануарларға жалпы анестезия жасау қажеттілігіне байланысты (139-сурет). Бір зерттеу адам үшін 15 минут болса, жануарлар үшін 40-60 минут уақыт аралығында болады, МР-томографты оқитын дәрігерлер мен ветеринар-томографтардың саны әзірше өте аз.



139-сурет. МРТ-дағы арыстан



Тапсырма

Интернет желісін пайдаланып, сендердің аймақтарыңда қандай мекемелер МРТ және КТ құрылғыларымен жабдықталғанын анықтаңдар.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Индукциясы $B = 0,1$ Тл өрісті МРТ-да тудыру үшін ток күші мен қуаттың болжамды мәндерін бағалаңдар. Оңайлату үшін магнит ұзындығы $L = 1,5$ м, диаметрі $D = 1$ м соленоид түрінде жасалған деп санаңдар. Мыс сымның қимасын $S = 100$ мм², қимадағы токтың тығыздығын $j = 2$ А/мм² деп алыңдар. Мыстың меншікті кедергісі $\rho = 0,056$ Ом·мм²/м.

Берілгені:	ХБЖ	Шешуі:
$B = 0,1$ Тл		Ток күшін оның тығыздығы арқылы өрнектейміз:
$D = 1$ м		$I = jS$. (1)
$L = 1,5$ м		Токтың қуаты:
$S = 100$ мм ²	10^{-4} м ²	$P = I^2 R$. (2)
$j = 2$ А/мм ²	$2 \cdot 10^6$ А/м ²	Өткізгіштің кедергісі:
$\rho = 0,056$ Ом·мм ² /м	$5,6 \cdot 10^{-8}$ Ом·м	$R = \frac{\rho l}{S}$. (3)
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Н / А ²		
$I - ?$		
$P - ?$		

Өткізгіштің ұзындығы соленоид шеңберінің ұзындығын орам санына көбейткенге тең болады:

$$l = \pi D \cdot N. \quad (4)$$

Соленоидтың магниттік индукциясы формуласынан орам санын табамыз:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{L}, \text{ осыдан } N = \frac{BL}{\mu_0 I}. \quad (5)$$

(3) пен (4) өрнекті (2) өрнекке қойып, мына өрнекті жазамыз:

$$P = \frac{I \rho \pi D B L}{\mu_0 S}. \quad (6)$$

Алдымен ток күші мен қуатты есептейміз:

$$I = 2 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 200 \text{ А}.$$

$$P = \frac{200 \text{ А} \cdot 5,6 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot \pi \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ Тл} \cdot 1,5 \text{ м}}{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 42000 \text{ Вт} = 42 \text{ кВт}.$$

Жауабы: $I = 200$ А; $P = 42$ кВт.



Маңызды ақпарат

Магниттік-резонанстық томографияның (МРТ) даму тарихы.

1973 жылы АҚШ ғалымы Пол Лотербур магниттік-резонанстық томограф ойлап тапты.

1977 жылы 5 сағат көлемінде адам денесінің алғашқы көшірмесі жасалды.

1978 жылы алғаш кеуде обыры бар ауру сканері жасалды.

1980 жылы түсірімге тек 5 минут жұмсап, адам ағзасының бейнесі алынды.

1986 жылы бейне сапасын жоғалтпастан, көрініс түсіру уақыты 5 секундқа дейін қысқартылды.

1988 жылы Думоулин МРТ-ангиография әдісін жетілдірді, ол рентгендік құралдарды пайдаланбай, қан ағысының бейнесін көрсетті.

1989 жылы қозғалыс және ойлау қабілетіне жауап беретін ми бөліктерін визуалдау үшін қолданылатын планарлы томография әдісі ұсынылды.

Бақылау сұрақтары

1. Рентген сәуле шығаруды қолданатын диагностика түрлерін атаңдар. Олардың ерекшеліктері неде?
2. Томографтың жұмыс істеу принципін түсіндіріңдер. КТ үшін қандай құрылғылар бар?
3. КТ-ның артықшылығы неде?
4. КТ-ның МРТ-дан айырмашылығы неде?
5. МРТ сапасына магнит өрісінің индукциясынан бөлек қандай параметрлер әсер етеді?
6. МРТ-ны неге диагностиканың қауіпсіз түрі деп есептейді?



Жаттығу

22

1. Магнит өрісінің магниттік индукциясының минимал мәні 0,1 Тл, Жердің магнит өрісінің магниттік индукциясының максимал мәні 65 мкТл.
 - а) МРТ-ның магнит өрісі Жердің магнит өрісінен неше есе көп?
 - ә) Күшті магнит өрісінің ұзақ әрекеті адам ағзасына қалай әсер ететінін анықтаңдар.
2. 100 А ток өткенде магнит өрісінде 0,2 Тл индукция тудыратын соленоидтың 1 см ұзындығындағы орамдар санын табыңдар. Магнит тұрақтысы $\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$.

Шығармашылық тапсырма

Таңдау бойынша хабарлама дайындаңдар:

1. Томографтардың заманауи үлгілері.
2. МРТ-ның диагностика әдісі түріндегі артықшылықтары мен қауіптілігі.
3. Жоғары өткізгішті МРТ-ның магниттік жүйесі.

§ 23. Лазерлер. Голография

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- лазерді қолдану, оның әрекет ету принципін түсіндіре аласыңдар;
- голографияның даму перспективаларын талқылай аласыңдар.

Есте сақтаңдар!

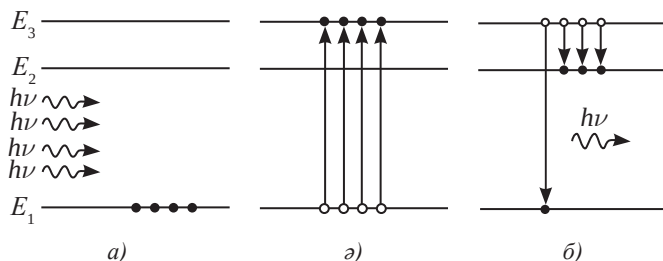
1916 жылы А.Эйнштейн сәуле шығару еріксіз немесе индукцияланған болуы мүмкін деген болжам айтты. «Лазер» сөзі – «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» деген ағылшын сөз тіркесінің аббревиатурасы – еріксіз сәуле шығарудан жарықтың күшеюі дегенді білдіреді.

Жауабы қандай?

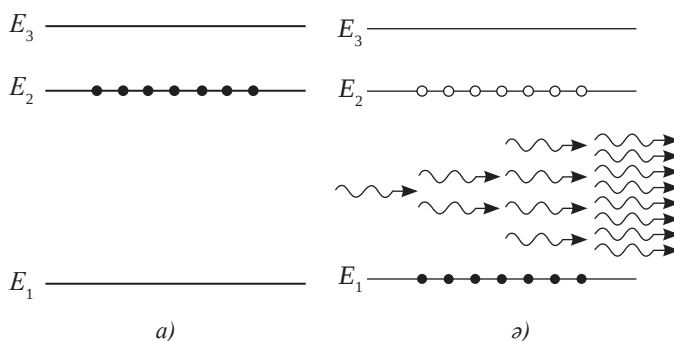
1. Неге лазерлік жарық шоғы басқа жарық көздерінің қуаттылығынан асып түсетін қуатқа ие болады?
2. 141, а, ә-суреттерін пайдаланып, лазерлік сәуле неліктен когерентті жарық шоғы болып табылатынын, оның жиілігі, фазасы және барлық фотондардың қозғалыс бағыты бірдей болатынын түсіндіріңдер.

I Еріксіз сәулелену

1939 жылы кеңес физигі В.А.Фабрикант еріксіз сәулелену құбылысын пайдалану негізінде жарықты күшейту әдісін ұсынды. Кейбір заттардың атомдары бірнеше секундқа дейін қозған стационар күйінде болуы мүмкін, бұл күй метатұрақты деп аталады. Ондай затқа алюминий оксиді Al_2O_3 мысал бола алады, онда алюминий атомдарының бөлігі метатұрақты жағдайы бар хром иондарымен алмастырылады. Сәулеленген кезде хром ионы қозады және E_3 энергиясымен тұрақты күйге ауысады (140, а, ә-суреттер). Аз уақыт 10^{-8} с өткенде қозған атомдардың көпшілігі өздігінен E_2 метатұрақтылық деңгейге өтеді, онда олар «өмір сүру уақытынан» 100 000 есе асатын уақыт ішінде қозған күйде болуы мүмкін (140, б-сурет). Осылайша, метатұрақты деңгейдің жоғарылауы орын алады, бұл процесс *толтыру* деп аталады (141, а-сурет).



140-сурет. Атомның қозған күйге ауысуы



141-сурет. а) метатұрақты деңгейдің шамадан тыс болуы; ә) индукцияланған сәулелену

E_3 деңгейден E_2 деңгейге өту сәулеленумен қатар жүрмейді; өйткені артық энергия кристалдық торға беріледі, нәтижесінде кристалл температурасы артады. E_2 деңгейден E_1 деңгейге өту мәжбүрлі немесе индукцияланған болып табылады. Лағыл

өзекшесін саңылау арқылы жарықтың әлсіз шоғымен жарықтандырғанда энергиясы метатұрақты және негізгі күйлердегі хром ионы энергияларына тең фотондар осы иондардың E_2 күйден E_1 күйіне ауысуын және энергиялары осындай фотондардың шығарылуын тудырады:

$$h\nu = E_2 - E_1.$$

II Лазерлік сәулеленудің қасиеттері

Лазерлік сәулелену жоғары монохроматтылық, когеренттілік, тар бағыттылық қасиеттеріне ие, жоғары қуатқа ие болуы мүмкін.

Үздіксіз режимде лазерлік сәулелену қуаты 10^5 – 10^6 Вт аралығында, импульстік режимде 10^{13} Вт болуы мүмкін, осы кезде шамамен 10^{16} Вт/см² қарқындылыққа қол жеткізуге болады. Қуат өте тар спектральді және уақыт аралықтарында шоғырланады.

Лазерлік сәулелену импульсінің жинақталу уақыты 10^{-12} с-тан 10^{-13} с-қа дейін жетеді. Лазерлік сәулеленудің жоғары монохроматтылығы мен когеренттілігі сәуленің тар бағытын анықтайды: сәулелер толқын ұзындығына тең кіші өлшемдегі дақтарға шоғырланады. Тар бағыттылықтың арқасында лазерлік жарық көздері *өте жоғары жарықтылыққа* ие болады. Лазерлік сәулеленудің қарқындылығы Күн сәулесінің толқын ағынының тығыздығынан ондаған мың есе артық болуы мүмкін. Аталған қасиеттер лазерлерді бірегей жарық көздері ретінде ерекшелейді және олардың көптеген салаларда қолданылуына мүмкіндік береді.



Бұл қызық!

Мичиган университеті (АҚШ) ультражылдам оптикалық құбылыстар орталығының «Геркулес» қондырғысының қарқындылығы әлемдік рекордқа $2 \cdot 10^{22}$ Вт/см²-ге жетті.



Тапсырма

«Геркулес» қондырғысының қарқындылығын Күн сәулесінің 63 МВт/м² қарқындылығымен салыстырыңдар.

III Лазер түрлері және олардың ерекшеліктері

Лазерлер – оптикалық диапазондағы когерентті сәулеленудің генераторлары мен күшейткіштері. Олардың жұмыс істеуі кванттық жүйелердің: атомдардың, иондардың, молекулалардың индукцияланған сәулеленуіне негізделген.

Лазерлердің жұмыс денесінің материалы және энергиямен толықтыру тәсілі бойынша жіктеуге болатын алуан түрлері бар. Лазерлердің бірнеше түрімен танысайық.

Қатты денелі лазерлер. Алғашқы қатты белсенді орта лағыл – Cr^{+++} хром иондарының аздаған қоспасы бар Al_2O_3 корунд кристалы болды.

Сондай-ақ, Nd неодим қоспасы бар шыны, хром, неодим қоспасы бар $Y_2Al_5O_{12}$ алюмо-иттридті гранаты және сирек кездесетін өзек түріндегі элементтер кеңінен қолданылады. Қатты денелі лазерлерді толтыру үшін шамамен 10^{-3} с жарқырайтын импульстік шамды пайдаланады..

Газ лазерлері. Газ лазерлерінің белсенді ортасы төменгі қысымдағы (сынап бағанының жүздік үлесінен бірнеше миллиметрге дейін) газдар болып табылады, олар дәнекерленген электродтары бар шыны түтікті толтырып тұрады. Газ лазерлерін жоғары жиілікті генератормен қоректенетін электр разряды арқылы толтырады. Сәулелену қатты денелі лазердегідей өтеді, бірақ газ лазерлері әдетте үзіліссіз сәулеленеді. Газдардың тығыздығы өте аз болғандықтан, белсенді зат массасы жоғары

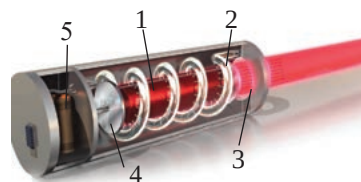
қарқынды сәулеленуге ие болуы үшін белсенді ортасы бар түтікше қажетінше ұзын болуы керек.



Маңызды ақпарат

Лағыл лазерінің құрылғысы

Лағыл лазері (142-сурет) лағыл кристалынан (1) цилиндр пішіндегі аздаған хром қоспасынан тұрады. Цилиндр (3) және (4) шеттері бір-біріне қатаң параллель орналасады, оларға шағылатын айналы қабат салынған, бұл қабаттардың бірі жартылай мөлдір болады: одан жарықтың шамамен 8% өтеді, ал 92% шағылады. Қозған сәулелену көзі болып табылатын импульсті спиральді газразрядтық немесе толтыру шамының (2) ішінде лағыл өзегі орналасқан. Шамдағы жарықтың жарқылы конденсаторлар батареясымен (5) жасалады. Лағыл лазері импульстік режимде жұмыс істейді.



142-сурет. Лағыл лазерінің құрылысы



Бұл қызық!

Табиғаттағы лазерлер

Әлемде табиғи лазерлер табылды. Конденсирленген газдардың үлкен жұлдызаралық бұлттары белсенді орта болып табылады. Ғарыш сәулелері өзара жақын жұлдыздардың жарығы. Белсенді ортаның үлкен ұзындығына байланысты толқындардың бірнеше сантиметрден микронға дейінгі ұзындық диапазонында мәжбүрлі электр-магниттік сәулелену оларда толқынның бір рет өтуі кезінде пайда болады.

Сұйықтық лазерлері немесе бояғыштардағы лазерлер. Бұл лазерлердің белсенді ортасы ерітінділер түріндегі түрлі органикалық қосылыстар болып табылады. Белсенді заты бар өлшемдері кішкентай кюветтер 20 Вт-қа дейін өте қуатты сәулеленеді. Олар импульстік және үзіліссіз режимде жұмыс істейді, сұйықтық лазерлерін толтыру импульстік шамдар арқылы жүзеге асырылады. Бояғыштардың молекулаларының козу деңгейлерінің ені (көлденеңі, жалпақтығы) үлкен болады. Бояғыш ерітінділері бар кюветтерді ауыстырып, лазердің сәулеленуін өте кең ауқымда өзгертуге болады.

Жартылайөткізгішті лазерлер. Ең көп таралған лазерлік жартылайөткізгішті материал – GaAs галлий арсениді. Жартылайөткізгішті лазер тұрақты электр тогымен толтырылады, оның энергиясы 50 %-тен 100 %-ке дейін сәулеленуге айналады. Жартылайөткізгішті лазерлер қуатты лазерлік сәулелер шығарады.

IV Голографияның физикалық принциптері

Голография (грек. «holos» - бүкіл және «grapho» – жазу деген мағынаны береді) когерентті сәулелену көмегімен толқынды өрістерді жазудың, қайта шығарудың және түрлендірудің фотографиялық әдісі.

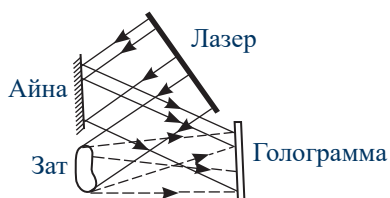
Голографиялық әдіс екі кезеңнен тұрады: голограмманың жазбасы жарық толқындарының интерференциясы құбылысына негізделеді, ал бейнені оқу үшін толқындардың дифракциясы құбылысына сүйенеді.

Голограммасы алынатын нысанға лазерден жарық түсіреді (143-сурет). Нысаннан шашыраған жарық толқыны немесе жарық шоғы фотопластинаға түседі. Сол пластинаға тірек шоғы – айнадан шағылысқан лазер жарығының бөлігі түседі. Фотопластиналы голограммаға түсіріліп өңделгеннен кейін, онда екі жарық шоқтарын (амплитудалық, әрі фазалық) қабаттастыру нәтижесінде ақпарат сақталады. Голограмманың сыртқы бетінің

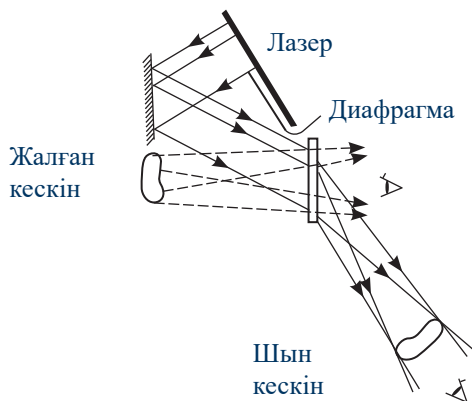
біркелкі жарықталған фотопластинадан айырмашылығы болмайды.

Нысаннан шашыраған толқынды қалпына келтіру үшін нысанның орнына голограмманы орналастырады (143-сурет). Егер лазерді қосса, онда бақылаушы терезе арқылы затты көргендей, голограмма арқылы нысаннан айырмашылығы жоқ жалған көлемді бейне көреді. Суреттегі заттың бөліктерін жақыннан және алыстан қарауға болады.

Заттың жалған бейнесінен басқа, оның шын бейнесі бар болады. Ол голограмманың жалған бейнесінің басқа жағына орналасады. Егер түзілетін жазықтыққа шын кескін, фотопластина немесе қара шыны орнатылса, онда оның екіөлшемді проекциясын алуға болады. Шын бейненің бірқатар ерекше қасиеттері болады. Олардың ішіндегі ең қызығы – жалған көшірме, ол шынайы бейненің бастапқы рельефіне кері болады: дөңес орындар бүгілген, ойыс орындар шығыңқы бейнеде болып келеді.



а) Голограмма жазу



б) Голограмма бейнесін оқу

143-сурет. Галографиялық кескін

V Голограмманың негізгі қасиеттері

- 1) Голограмманың кез келген фрагменті нысан туралы барлық ақпаратты сақтайды. Егер пластинаны кесектерге кесетін болса, онда олардың әрқайсысы қайтадан барлық нысанның голограммасын бере алады. Бұл кеңістіктің кез келген нүктесінде электромагниттік өріс нысанның барлық көзге түсетін, көрінетін нүктелерінен келетін сәулелену жиынтығы болуымен түсіндіріледі. Голограмма өзін сурет немесе әдеттегі фотосурет ретінде емес, біз нысанға терезе арқылы қарайтындай көрсетеді.
- 2) Егер голограммаларды жазу және қалпына келтіру үшін шашырайтын толқындар шебін қолданса, онда нысанның үлкейтілген немесе кішірейтілген бейнесін алуға болады.
- 3) бір фотопластинада бірнеше көлемді тіркей алады, мысалы, 50 бетке дейінгі мәтін сияды. Олардың барлығы бір мезгілде қалпына келтіріледі. Егер оларды ойнату кезінде бөліктеу қажет болса, онда әрбір нысан үшін тірек сәулесінің бағытын сәл өзгерту керек болады.



Маңызды ақпарат

1947 жылы ағылшын физигі Д.Габор «голограмма» терминін енгізді. Габор көлемді бейнені алу идеясын айтып және оны жүзеге асыру әдісін түсіндірді. Бейнелер когерентті толқындардың көзі болғанына байланысты олардың сапасы нашар болды. 1962 жылы америкалық физиктер Э.Лейтпен және Ю.Упатниекспен алғашқы лазерлік голограммаларды алады.

VI Голографияны қолдану

Голография әдістері – үшөлшемді ортада голограмманы жазу, түрлі-түсті және панорамалы голографтау даму және қолдану аясын кеңейту үстінде. Ол голограф жадысы, голографиялық электронды микроскоп, голографиялық кино және теледидар, голографиялық интерферометриясы бар ЭЕМ-де қолданылады. Үшөлшемді голограмма көмегімен қалпына келтірілген бейнелердің үшөлшемді қасиеттері жарнамада, дәрістік көрсетілімдерде, көркем панельдерді құрастыруда, өнер туындыларының көшірмелерін жасауда, голографиялық портреттерді тіркеуде пайдаланылады. Ақпаратты голографиялық кодтау мүмкіндігін криминалистикада кеңінен қолдануға болады.

Бірнеше технологиялық процестерде голограммалармен жасалған шынайы бейнелерді пайдалануға болады. Голограмма арқылы қуатты лазермен жарықтандыру кезінде өңделетін беттерге күрделі өрнектерді салуға болады. Голограммалар микрорезисторды сұлбаларды түйіспей (контактсіз) жазу үшін де қолданылады.



Жауабы қандай?

1. Неге голографиялық әдіс заттың көлемді бейнесін алуға мүмкіндік береді?
2. Неге голограмма алу үшін нысандық толқынынан басқа, тірек толқын қажет?
3. Голограмманың шағын бөлігі арқылы қаралса, голографиялық бейненің сапасы қалай өзгереді?



Назар аударыңдар!

Деректерді голографиялық сақтау

Голографиялық тасымалдағыштар идеясы – лазерлік сәуленің көмегімен ақпаратты үш өлшемді төсенішке жазу. Жаңа технология тек дискінің бетіне ғана емес, көлемі бойынша да жазба жүргізуге мүмкіндік береді. Мұндай төсеніш көлемі компакт дискіден артық болмайтын тасымалдағышта бірнеше гигабайт орнына бірнеше терабайт деректерді сақтайды. Голографиялық деректер өте жоғары жылдамдықпен шапшаң оқылады.

Голографиялық жазбаның артықшылықтары:

- жазудың жоғары тығыздығы және оқудың жоғары жылдамдығы;
- ақпараттарды параллель (бір биттен емес, тұтас беттермен) жазу;
- беттерді оқудың жоғары дәлдігі;
- деректерді қалпына келтіруде шуылдың төмен болуы;
- зақым келтірмей оқу;
- деректерді сақтаудың ұзақ мерзімі: 30–50 жыл және одан да ұзақ.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Импульстік режимде жұмыс істейтін лазердің тұтыну қуаты $P = 1$ кВт. Бір импульстің жинақталу уақыты $\tau = 5$ мкс, $t = 1$ с шығатын импульстер саны $N = 200$ болады. Талап етілген сәулелену қуатының 0,1% ғана жұмсалғандағы сәулелену энергиясы мен бір импульстің қуатын анықтаңдар.

Берілгені:

$$P = 1 \text{ кВт}$$

$$\tau = 5 \text{ мкс}$$

$$t = 1 \text{ с}$$

$$N = 200$$

ХБЖ

$$10^3 \text{ Вт}$$

$$5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Шешуі:

Лазердің пайдалы әсер коэффициентін шығарылатын энергияның тұтынылатын энергияға қатынасы

$$\text{түрінде анықтаймыз: } \eta = \frac{E_{\text{ш}}}{E} \cdot (1)$$

$\eta = 0,1\%$	0,001	1 секундта тұтынылатын энергия мына формула бойынша табылады: $E = P \cdot t$. (2)
$E_1 - ?$		Сәулелену энергиясы бір импульстің қуатымен,
$P_1 - ?$		t уақыт ішінде оның ұзақтығымен және импульстер санымен анықталады: $E_{\text{и}} = P_1 \cdot \tau \cdot N$. (3)

(2) және (3) өрнекті (1) қойып, $\eta = \frac{P_1 \cdot \tau \cdot N}{P \cdot t}$ және $P_1 = \frac{\eta \cdot P \cdot t}{\tau \cdot N}$ (4) табамыз.

Бір импульстің энергиясы: $E_1 = P_1 \cdot \tau$. (5) Бір импульстің қуаты мен энергиясын есептейміз: $P_1 = \frac{0,001 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ с}}{5 \cdot 10^{-6} \text{ с} \cdot 200} = 1 \text{ кВт}$. $E_1 = 1000 \text{ Вт} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 5 \text{ мДж}$.

Жауабы: $P_1 = 1 \text{ кВт}$, $E_1 = 5 \text{ мДж}$.

Бақылау сұрақтары

1. Лазер деп нені атайды? Лазерлердегі жарықты күшейту әдісін түсіндіріңдер.
2. Лазерлік сәуле қандай қасиеттерге ие?
3. Лазер түрлерін атаңдар. Лазерлерді қандай принцип бойынша жіктейді?
4. Лағыл лазердің негізгі бөліктерін атаңдар.
5. Голография, голограмма деп нені атайды?
6. Голографиядағы жазу және оны оқу әдісін түсіндіріңдер.
7. Голограмманың қандай қасиеттері бар?

★ Жаттығу

23

1. Үздіксіз режимде жұмыс істейтін гелий – неонды газ лазері 40 мВт қуатпен, толқын ұзындығы 630 нм монохроматикалық жарықты шығарады. Осы лазер 1 с ішінде қанша фотон шығарады?
2. Қуаты $P = 2 \text{ кВт}$ болғанда $t = 2 \text{ с}$ уақыт ішінде лазер 300 жарық импульстерін шығарады. Әрбір импульстің жинақталу уақыты $\tau = 4 \text{ мкс}$ құрайды. Тұтынылатын энергияның $h = 0,3\%$ -і сәулеленуге кетеді. P_1 қуатын және бір импульстің E_1 энергиясын анықтаңдар.
3. Лазердің тұтыну қуаты 100 Вт, шығаратын жарық толқын ұзындығы 600 нм. Егер оның ПӘК-і $\eta = 0,1\%$ болса, онда лазер секундына қанша квант шығарады?

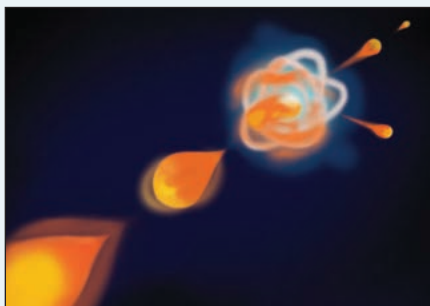
Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Лазерлерді практикалық қолдану.
2. Голограмманы криминалистикада қолдану.
3. Голографиялық теледидар, оның даму болашағы.

Атом модельдері

Жыл	Модель авторы	Модель
1903 ж.	Д. Томсон	«Мейізді пудинг» моделі Теріс зарядталған электрондар оң зарядталған қабықшаның бетінде орналасқан, электрондардың жиынтық заряды оң зарядтарға тең.
1911 ж.	Э. Резерфорд	«Планетарлық» модель Барлық оң заряд және атомның барлық массасы ядрода шоғырланған. Электрондар ядро айналасында айналады.
1913 ж.	Н. Бор	«Тұрақты орбиталы Планетарлық» модель Барлық оң заряд және атомның барлық массасы ядрода шоғырланған. Электрондар ядро айналасында тұрақты орбита бойымен қозғалады. Электрон үлкен кванттық саны бар тұрақты орбитадан аз кванттық саны бар орбитаға өткенде энергия квант түрінде бөлінеді.



1-тапсырма

- Бөлім материалдары мен қосымша әдебиеттерді пайдаланып, Д. Томсон, Э. Резерфорд және Н. Бордың ұсынған атом модельдері негізінде оңай түсіндірілетін физикалық құбылыстарға мысалдар келтіріңдер.
- Н. Бордың атом моделі туралы білім негізінде қандай құрылғылар жасалды?



2-тапсырма

Физикалық сипаттамасы бойынша лазер түрлерінің салыстырмалы кестесін құрыңдар. Лазерлер қолданылатын салаларды көрсетіңдер.



3-тапсырма

Фотоэлементпен басқарылатын шамдардың тізбегін құрастырыңдар.

7-тараудың қорытындысы

Затпен өзара әрекеттесудің сәулеленуі		
Фотоэффект	Комптон эффектісі	
$h\nu = A_{ш} + \frac{mv_{\max}^2}{2}, eU_{\text{кідірткіш}} = \frac{mv_m^2}{2}$	$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\lambda_k \sin^2 \frac{\theta}{2}, \Delta\lambda = \lambda_k (1 - \cos \theta)$	
Фотондар мен элементар бөлшектердің толқындық қасиеттері		Рентгендік сәулелену жиілігі
$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$	Де Бройль толқын ұзындығы $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$	$eU = \frac{m_e v_{\max}^2}{2} = h\nu_{\max}$
$p = mc = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$		
$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \hbar\omega$		

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
h	Планк тұрақтысы $6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с	Дж · с	λ	шашырайтын жарық толқынының ұзындығы	м
$A_{ш}$	шығу жұмысы	Дж	λ'	түскен жарық толқынының ұзындығы	м
m	бөлшек пен электронның массасы $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг	кг	λ_k	комптондық толқын ұзындығы $2,43 \cdot 10^{-12}$ м	м
$v_{\max}$	фотоэлектронның жылдамдығы	м/с	θ	фотонның шашырау бұрышы	рад, °
e	электрон заряды $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл	Кл	E	фотон энергиясы	Дж
U_k	кідірткіш кернеу	В	p	фотон импульсі	кг·м/с
$c = 3 \cdot 10^8$ м/с	жарық жылдамдығы	м/с	ν	фотон жиілігі	Гц

Глоссарий

Голография – когерентті сәулелену көмегімен толқынды өрістерді жазудың, қайта шығарудың және түрлендірудің фотографиялық әдісі.

Фотоэффектінің қызыл шекарасы – фотоэффект мүмкін болатын жағдайда түсірілген жарықтың ν_0 ең аз жиілігі.

Лазерлер – бұл оптикалық диапазондағы когерентті сәулеленудің генераторлары мен күшейткіштері. Олардың әсері кванттық жүйелердің: атомдардың, иондардың, молекулалардың индукцияланған сәулеленуіне негізделген.

Сызықтық спектрлер – жекелеген спектрлік сызықтардан тұратын атомдарды шығару және жұтудың оптикалық спектрлері.

Спектрограф – күрделі жарықты жіктеуге және спектрлерді суретке түсіруге арналған аспап.

Спектроскоп – күрделі жарықты ыдыратуға және спектрлерді бақылауға арналған құрал.

Фотоэффект – жарықтың немесе кез келген басқа электромагниттік сәулеленің әсерінен заттан электрондарды шығару.

Комптон эффектісі – бос электронда электромагниттік сәулеленудің шашырауы, сәулелену жиілігінің азаюы.

АТОМ ЯДРОСЫНЫҢ ФИЗИКАСЫ

Беккерельдің табиғи радиоактивтілікті ашуына және Резерфордтың атом ядросының өлшемдерін бағалауына байланысты басталған атом ядроларының зерттеулері XX ғасырдың басынан бері қарай бірқатар жаңалықтарға қол жеткізді. Жасанды ядролық реакциялардың нәтижесінде ядролардың бөлшектері: протондар мен нейтрондар, көптеген химиялық элементтердің радиоактивті изотоптары алынды, түрлі қасиеттері бар элементар бөлшектер табылды. Ядроларды және ядроішілік процестерді зерттеу ядролық энергияны іс жүзінде пайдалануға әкелді; жасанды радиоизотоптар адам қызметінің түрлі салаларында кеңінен қолданылды.

Тарауды оқып білу арқылы сендер:

- радиоактивті ыдырау заңы негізінде ядролық қалдықтармен аймақтың зақымдануының ұзаққа созылу себептерін түсіндіруді;
- радиоактивті ыдыраудың формуласын есептерді шешуде қолдануды;
- атомдық ядроның байланыс энергиясын есептеу және меншікті байланыс энергиясының ядроның массалық санына тәуелділігін түсіндіруді;
- ядролық реакцияны жазу кезінде массалық және зарядтық санның сақталу заңын қолдануды;
- ядролық синтездің және табиғи радиоактивтіліктің табиғатын түсінуді;
- магнит өрісіндегі зарядталған бөлшектердің қозғалыс сипатын түсіндіруді;
- α -, β - және γ -сәулелерінің табиғатын, қасиеттерін және биологиялық әсерін түсіндіруді;
- ядролық реакторлардың құрылысы мен жұмыс істеу принципін сипаттауды;
- ядролық энергетиканың даму кезеңін талқылауды үйренесіңдер.

§ 24. Табиғи радиоактивтілік. Радиоактивті ыдырау заңдары

Күтілетін нәтиже:

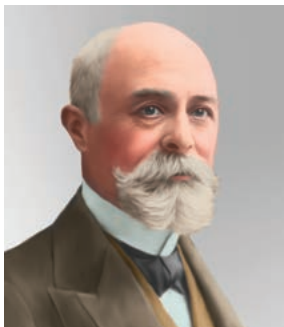
Осы параграфты игергенде:

- радиоактивті (α -, β -, γ -) ыдырау және жартылай ыдырау периоды терминін түсіндіре аласыңдар.

I Табиғи радиоактивтілік

Табиғи радиоактивтілікті француз физигі А.А. Беккерель 1896 жылы ашты. Ол уран тұздары салқын жарқыл – люминесценцияны тудыратын, мөлдір емес заттардың қабаттары арқылы өтіп, газдарды иондайтын, фотографиялық пластиналарды қара түске бояуға қабілетті көзге көрінбейтін сәулелерді шығаратынын тапты. П.Кюри мен М.Склодовская-Кюри жүргізген одан кейінгі зерттеулер табиғи радиоактивтілік тек уранға ғана емес, сонымен қатар көптеген ауыр химиялық элементтерге, атап айтқанда, актинийге, торийге, полонийге және радийге тән екенін көрсетті. Соңғы екі элементті 1898 жылы Пьер және Мария Кюри ашты. Бұл элементтердің барлығы *радиоактивті*, ал олар шығаратын сәулелер – *радиоактивті сәулелер* деп аталды.

Табиғи радиоактивтілік – радиоактивті сәуле шығару арқылы бір ядролардың өздігінен басқа ядроларға айналуы.



Антуан Анри Беккерель (1852–1908) – француз физигі, радиоактивтілікті алғаш ашқандардың бірі, ядролық сәулеленудің спонтандық сәуле шығаруын зерттеді. 1903 жылы физика бойынша Нобель сыйлығын алды.



Мария Склодовская – Кюри (1867–1934) – поляк ғалым-экспериментші, қоғам қайраткері. Нобель сыйлығының екі мәрте: физика және химия салалары бойынша лауреаты. Парижде және Варшавада Кюри институтын құрды.



Пьер Кюри (1859–1906) – француз ғалымы-физик, радиоактивтілікті зерттеушілердің бірі, француз Ғылым академиясының мүшесі, 1903 ж. физика бойынша Нобель сыйлығының лауреаты.

II Радиоактивті сәулелердің қасиеттері

Альфа сәулелерінің қасиеттері. Тәжірибе нәтижесінде радиоактивті элементтердің ядроларынан α -бөлшектер 14 000 км/с-тан 20 000 км/с-қа дейінгі жылдамдықпен екі қарапайым оң заряд $+2e$ ұшып шығады және 4 массалық санға ие болады, олар ${}^4_2\text{He}$ гелий атом ядроларының ағыны болып табылады. Заттағы α -бөлшектердің тоқтағанға дейінгі жолды жүруі *өту қабілеті* деп аталады, ал жолда құрылған иондар жұптарының саны *иондау қабілеті* деп аталады. Бөлшектің иондау қабілеті неғұрлым көп болса, оның өту жолы соғұрлым аз болады. Ауадағы α -бөлшектің өту жолы қалыпты қысымда 3 см-ден 9 см-ге дейін, ал иондау қабілеті 100 000-нан 250 000 жұп иондарды құрайды. α -сәулелер кәдімгі қағаз парағымен толық жұтылады.

Бета сәулелерінің қасиеттері. β -сәулелер β -бөлшектер деп аталатын шапшаң электрондар ағыны, олардың массасы α -бөлшектер массасынан 7350 есе аз. β -бөлшектің орташа жылдамдығы 160 000 км/с-қа жуық. β -сәулеленудің α -сәулеленуден айырмашылығы электрондар энергиясы барлық мәндерге ие болады. Бір радиоактивті элементтің ядросы β -бөлшектерді нөлге жақын жылдамдықпен де, сондай-ақ жарық жылдамдығына жақын жылдамдықпен де лақтырады. Жоғары энергия электронының өту жолы ауада 40 м, алюминий пластинасында 2 см болады.

Гамма сәулелерінің қасиеттері. γ -сәулелер өте жоғары жиіліктегі 10^{20} Гц фотондар ағыны болып табылады, бұл қысқа толқынның ұзындығына 10^{-12} м сәйкес келеді. Олар электр және магнит өрістерінде ауытқымайды әрі жарық жылдамдығымен таралады. Иондаушы сәулелену қабілеті шамалы; ауада шамамен 100 жұп иондары бар. Гамма-сәулелер ең өткір сәулелердің бірі. Ең қатаң γ -сәулелер қалыңдығы 5 см қорғасын қабаты арқылы немесе қалыңдығы бірнеше жүздеген метр ауа қабаты арқылы өте алады; адамның денесін тесіп өтеді.



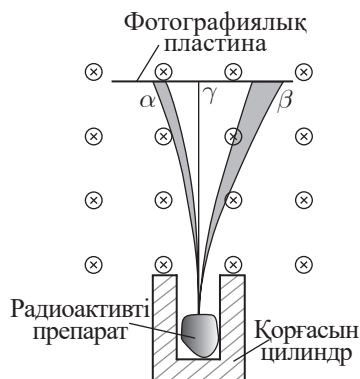
Жауабы қандай?

1. β -сәуле шығару орбиталық электрондардың ағыны болып табыла ма?
2. α -, β -ыдырау кезінде радиоактивті элементтің ядросында қандай өзгеріс болады?
3. Неліктен өту қабілеті аз бөлшектер жоғары иондау қабілетіне ие болады?



Естеріңе түсіріңдер!

Өзінің құрамы бойынша радиоактивті сәулелену күрделі мәселе: оған альфа-, бета- және гамма-сәулелердің атауын алған сәулеленудің үш түрі кіреді. 144-суретте магнит өрісінде радиоактивті сәулеленудің үш құрамдас бөлікке жіктелуі бейнеленген.



144-сурет. Магнит өрісіндегі α -, β - және γ -сәулелері



1-тапсырма

1. Сол қол ережесін айтыңдар.
2. Магнит өрісінде бөлшектердің ауытқу бағыты бойынша α - және β -сәулелердің қандай зарядқа ие болатынын анықтаңдар (144-сурет).



2-тапсырма

α -, β - және γ -сәулелердің жұтылу және иондау қабілетін салыстырыңдар.



Естеріңе түсіріңдер!

Соддидің ығысу ережесі

α -ыдырау	Электрондық β -ыдырау	Позитрондық β -ыдырау
α-ыдырау кезінде түзілген элементтің массалық саны төрт бірлікке кеміп, Менделеевтің периодтық кестесінде екі нөмірге солға ығысады: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4He.$ Мысалы: ${}_{84}^{210}Po \rightarrow {}_{82}^{206}Pb + {}_2^4He.$	Электрондық β-ыдырауда қайта алынған элемент массалық санын өзгертпей, Менделеевтің периодтық кестесінде кестенің соңына қарай бір нөмірге ығысады: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e + {}_0^0\bar{\nu}.$ Мысалы: ${}_{83}^{210}Bi \rightarrow {}_{84}^{210}Po + {}_{-1}^0e + {}_0^0\bar{\nu}.$ Электрондық β-ыдырау нейтронның протонға айналуы нәтижесінде, электрон мен антинейтрино шығару арқылы жүреді: ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e + {}_0^0\bar{\nu}.$	Позитрондық β-ыдырауда бастапқы ядроға қарағанда реттік нөмірі бір бірлікке аз ядро түзіледі, элемент Менделеев кестесінің басына қарай бір торға ығысады: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_{+1}^0e + {}_0^0\nu.$ Мысалы: ${}_6^{11}C \rightarrow {}_5^{11}B + {}_{+1}^0e + {}_0^0\nu.$ Позитрондық β-ыдырау протонның нейтронға айналуы нәтижесінде, позитронды және нейтриноны шығару арқылы жүреді: ${}_1^1p \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0e + {}_0^0\nu.$

III Радиоактивті ыдырау заңы

Радиоактивті ыдырау радиоактивті элемент атомдары санының біртіндеп азаюына әкеледі. Аз t уақыт ішінде ыдырайтын dN атомдар санының кемуі уақыт пен радиоактивті элемент атомдарының жалпы N санына пропорционал:

$$dN = -\lambda N \cdot dt, \quad (1)$$

мұндағы λ – осы элементтің тұрақты ыдырауы деп аталатын пропорционалдық коэффициенті, ол уақыт бірлігі ішінде радиоактивті ыдырау ықтималдығын сипаттайтын шама. «Минус» таңбасы уақыт өте келе радиоактивті элемент атомдарының азаюын көрсетеді. Жазылған өрнектегі айнымалыларды өзара бөлеміз:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt. \quad (2)$$

(2) теңдеуді уақыттың $t = 0$ бастап, t -ға дейінгі, бөлшектер санының N_0 -ден бастап, N дейінгі өзгеру аралығында интегралдап, мына өрнекті табамыз:

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda t, \quad (3)$$

бұдан

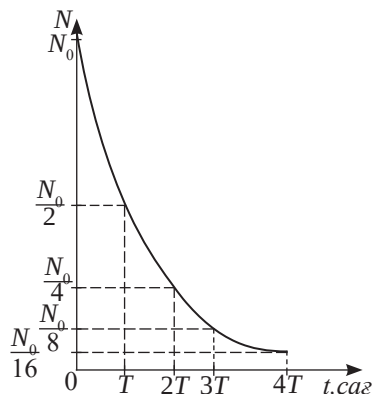
$$N = N_0 e^{-\lambda t}.$$

Табылған өрнек радиоактивтік ыдырау заңы болып табылады, N_0 – бастапқы уақыт мезетіндегі элементтегі атомдардың саны; t уақыт өткеннен кейін осы элементтегі қалған атомдардың саны – N . Радиоактивті ыдырау заңының графигі 145-суретте көрсетілген.



Есте сақтаңдар!

α - және β -ыдырау процестерінде массаның, зарядтың, энергияның сақталу заңдары орындалады.



145-сурет. Радиоактивті ыдырау заңының графигі

IV Жартылай ыдырау периоды. Радиоактивті атомның орташа өмір сүру ұзақтығы

Радиоактивті атомның жартылай ыдырау периоды T деп бастапқы элемент атомдарының саны екі есе азаю уақытын айтады.

(3) теңдіктен $t = T$ болғанда төмендегі теңдік орындалады:

$$e^{-\lambda T} = \frac{1}{2}.$$

Осыдан λ тұрақты ыдырау мен T жартылай ыдырау периодының өзара байланысы мына түрде болады:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}. \quad (4)$$

(4) теңдіктен λ тұрақты ыдырауды тауып, оны (3) формулаға қоямыз:

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}. \quad (5)$$

(5) формула жартылай ыдырау периодының мәні бойынша радиоактивті элементтің ыдырамаған атомдарының санын анықтауға мүмкіндік береді.

T жартылай ыдырау периоды түрлі радиоактивті элементтерде әртүрлі. Жартылай ыдырау периоды $T = 4,5 \cdot 10^9$ жыл болатын уран ${}^{238}_{92}\text{U}$ сияқты «ұзақ өмір сүретін» радиоактивті элементтермен қатар «қысқа өмір сүретін» элементтер де кездеседі. Мысалы, ${}^{214}_{84}\text{Po}$ полонийдің жартылай ыдырау периоды $T = 103$ жыл. ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ радонның жартылай ыдырау периоды 3,8 тәулік.

Ыдырау заңы кездейсоқ сипатқа ие, атомның қашан және қалай ыдырайтынын болжауға болмайды. Әрбір атомның белгілі бір уақыт аралығында ыдырау ықтималдығы туралы ғана айтуға болады.

V Семей ядролық полигонындағы ядролық сынақтардың салдары

1949 жылдан бастап Семей полигонында 468 ядролық сынақ өткізілді. Қазақстан Республикасының тұңғыш Президенті Н.А.Назарбаев жарлығымен полигон 1991 жылы 29 тамызда жабылды. Бірақ полигон аумағында ластанған аймақ және оған жақын орналасқан өңірлер қалды. Ядролық және сутекті жарылғыш құрылғыларды сынауды тоқтату қоршаған ортадағы қиратушы процестердің мүлдем тоқтауын білдірмейді. Ядролық полигон тоқтатылмайды, себебі ондағы плутонийдің жартылай ыдырау периоды 25 мың жыл екенін ескерсек, оның салдары миллион жылдай әсер етеді. Алғашқы ядролық және сутекті жарылыс құрылғыларында зарядтар массасының 30-40% жарылған. Зарядтың қалған бөлігі, ал бұл негізінен тіршілікке зиянды плутоний изотопының қоршаған ортаға шашырауы өте қауіпті. 300 шаршы километрдегі аумақ мүлдем ешнәрсеге жарамсыз деп саналады. Шаған өзенінде ауыз су үшін нормативтік мәндерден 100 есе асатын өте жоғары тритий концентрациясы табылды. Жасанды «атом көлінің» жағалауы сәулелену деңгейі жағынан іс жүзінде радиоактивті қалдықтарға теңестіріледі. Осы көл 1965 жылы қуаттылығы 140 килотонна болатын термоядролық оқзарядтың жарылысы нәтижесінде пайда болды.

Семей ядролық полигоны әлемдегі көптеген ядролық полигондардың халық өмір сүретін және оны ауыл шаруашылығы мақсатында пайдаланатын жалғыз полигон болып отыр. Радиацияға ұшыраған өңірдегі әрбір жиырмасыншы бала жарымжан

болып туылады. Бұдан басқа, 1990 жылдың басынан бастап «Балапан» сынақ алаңынан 10-20 километр қашықтықта «Қаражыра» көмір кені игеріле бастады, оның өнімі Ресей, Қазақстан және Қырғызстан электр стансылары мен кәсіпорындарына жеткізіледі.

Бақылау сұрақтары

1. Табиғи радиоактивтілік деп нені айтады?
2. α -, β - және γ -сәулелердің негізгі қасиеттерін атаңдар.
3. Радиоактивті ыдырау заңын тұжырымдаңдар.
4. Жартылай ыдырау периоды деген не? Жартылай ыдырау периоды тұрақты ыдыраумен, өмір сүру уақытының орташа мәнімен және элементтің белсенділігімен қалай байланысады?
5. Элемент активтілігінің физикалық мәні қандай?



Жаттығу

24

1. Төрт α -ыдыраудан және екі электрондық β -ыдыраудан кейін ${}^{232}_{90}\text{Th}$ торийден қандай изотоп пайда болады?
2. ${}^{235}_{92}\text{U}$ уран ядросының ${}^{211}_{83}\text{Bi}$ висмут ядросына түрленуінде қанша α - және β -бөлшектер шығарылады?
3. Радиоактивті изотоптың жартылай ыдырау периоды T . Ядролардың қандай бөлігі $t = 3T$ уақыт ішінде ыдырады?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар:

1. Семей полигонының тарихы.
2. «Невада–Семей» қозғалысы.
3. Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының бұрынғы полигон аумағындағы ядролық сынақтардың салдарларын зерттеу нәтижелері.

§ 25. Атом ядросы. Ядроның нуклондық моделі.

Изотоптар. Ядродағы нуклондардың байланыс энергиясы

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- атомдық ядроның байланыс энергиясын есептеуді үйренесіңдер және меншікті байланыс энергиясының ядроның массалық санына тәуелділігін түсіндіре аласыңдар.



Естеріңе түсіріңдер!

1919 жылы Э.Резерфорд протонды ашты. Протон заряды $p = |e| = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, тыныштық массасы $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. 1932 жылы Дж.Чедвик нейтронды ашты. Нейтронда заряд жоқ. Нейтрон массасы: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.



Жауабы қандай?

1. Э.Резерфорд атомның қандай моделін ұсынды?
2. Резерфорд атомдағы массаны және зарядты қалай үлестірді?



1-тапсырма

1. Протон мен нейтрон массасын кг-нан м.а.б.-ке аударыңдар.
2. ${}^{14}_7\text{N}$ және ${}^{16}_8\text{O}$ атомдары ядроларын бейнелендер.

I Атом ядросы. Ядроның нуклондық моделі

1932 жылы Кеңес Одағы ғалымы Д.Д.Иваненко және одан тәуелсіз неміс ғалымы В.Гейзенберг ұсынған гипотезаға сәйкес, барлық атом ядроларының құрамына элементар бөлшектердің екі түрі: p протондар және n нейтрондар кіреді. Осы бөлшектердің жалпы атауы – нуклондар.

Элементар зарядпен көрсетілген кез келген химиялық элементтің атом ядросының заряды Менделеев кестесіндегі оның реттік нөміріне тең. Ядро заряды протондар зарядынан пайда болғандықтан, элементтің атом ядросындағы N_p протондар саны осы элементтің Z атомдық нөміріне тең:

$$N_p = Z. \quad (1)$$

Ядролардың және элементар бөлшектердің массасын масс-спектрограф көмегімен жоғары дәлдікпен анықтауға болады. Атомдық физикада массаны – массаның атомдық бірлігімен (м.а.б.) өрнектейді.

Массаның атомдық бірлігі ${}^{12}\text{C}$ көміртегі атомының массасының $\frac{1}{12}$ бөлігіне тең деп қабылданды: $1 \text{ м.а.б.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ құрайды.

Демек, $m_p = 1,00728 \text{ м.а.б.}$ және $m_n = 1,0086 \text{ м.а.б.}$ Осыдан,

$$m_p \approx m_n \approx 1 \text{ м.а.б.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}. \quad (2)$$

Ядроның массасы ядроға кіретін барлық нуклондардың массасынан құралатындықтан, N_p протондар мен N_n нейтрондар санының қосындысы массаның атомдық бірлігімен (м.а.б.) өрнектелетін атом массасына жуық бүтін санға тең болуы тиіс:

$$N_p + N_n = A$$

немесе (1) формуланы ескере отырып,

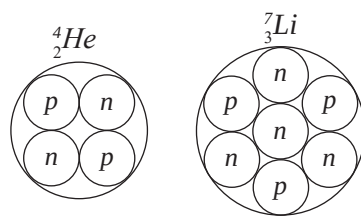
$$Z + N_n = A. \quad (3)$$

Демек, атом ядросының нейтрондар саны массалық сан мен элементтің атомдық нөмірінің айырымына тең:

$$N_n = A - Z. \quad (4)$$

Осылайша, химиялық элементтің массалық саны мен атомдық нөмірі бойынша протондар санын және осы элементтің атом ядросындағы нейтрондардың санын тікелей анықтауға болады.

Химиялық элементтердің атом ядросы A_ZX символымен белгіленеді, мұндағы X – элементтің символы, A – массалық саны, Z – реттік нөмірі. Мысалы, оттегі атомының ядросын белгілеу – ${}^{16}_8O$, азот – ${}^{14}_7N$. 146-суретте 4_2He гелий және 7_3Li литий атомдарының ядросы сұлбалық түрде бейнеленген.



146-сурет. Гелий 4_2He және литий 7_3Li атомдарының ядролары

II Изотоптар

Изотоптар Менделеев кестесінде бір торда орналасады. Мысалы, сутегінің үш изотопы бар: H протий – жеңіл сутегі, D дейтерий – ауыр сутегі, T тритий – аса ауыр сутегі. 1_1H протий ядросы – массалық саны $A = 1$ болатын протон, бір протоннан тұрады; 2_1H дейтерий ядросы – массалық саны $A = 2$ дейтрон, ол протон мен нейтроннан тұрады; 3_1H тритий ядросы – тритонның массалық саны $A = 3$, протон мен екі нейтроннан тұрады. Оттегімен қосылыста дейтерий ауыр су D_2O , ал тритий аса ауыр су T_2O түзеді.

Изотоптар – ядроларындағы протондар саны бірдей, бірақ нейтрондар саны әртүрлі атомдар.

Бір химиялық элементтің барлық изотоптарының электрондық қабықшаларының құрылымы бірдей. Сондықтан осы элемент изотоптарының химиялық қасиеттері мен электрондық қабықшаның құрылымына негізделген физикалық қасиеттері де бірдей болады. Ядроның құрылымымен байланысты физикалық қасиеттері, мысалы, радиоактивтілік қасиеті айтарлықтай өзгеше болады.

Қазіргі кезде табиғатта кездесетін химиялық элементтердің көпшілігі изотоптардың қоспасы болып табылады. Жалпы табиғи сутектің 99,985 %-і протийден және 0,015 %-і дейтерийден тұрады.

III Ядролық күштер және олардың қасиеттері

Ядроға нуклондарды ұстап тұратын ядролық күштер бірқатар қасиеттерге ие болады. 9-сынып курсынан олар өте қысқа қашықтықтарда әсер ететіні белгілі: ядроның ішінде ғана әсер етеді, кулондық күштерден шамамен жүздеген есе артық. Осы қасиеттері үшін ядролық күштер «қысқа қолды батырлар» деп аталады. Олар зарядтарға тәуелсіз және қанығу қасиетіне ие. Қанығу қасиеті тек көршілес нуклондардың өзара әрекеттесуі кезінде ғана байқалады. Кулондық күштер мен гравитация күштерінен айырмашылығы – ядролық күштер центрлік күштерге жатпайды.

Ядролық күштердің табиғаты мен олардың қасиеттері әлі де жеткілікті зерттелмеген. Қазіргі кезде мойындалған жапондық физик Х.Юкава құрастырған ядролық күштердің мезондық немесе нуклондық алмасу теориясы болып саналады.



2-тапсырма

1. Менделеев кестесінің бастапқы он элементі үшін изотоптар кестесін құрастырыңдар. Ақпарат көзін өздерің таңдаңдар.
2. Қандай элементтің изотопының саны көп?



Жауабы қандай?

Неге ядро протондары арасындағы кулондық күштер ядроның тұтастығын бұза алмайды?



3-тапсырма

Х.Юкава ұсынған күш алмасу теориясына сәйкес ядро моделін бейнелеңдер.

Нуклондық алмасу күштері теориясына сәйкес, нуклондар бір-бірімен ерекше элементар бөлшектер – π -мезондармен алмасу арқылы әрекеттеседі.

IV Байланыс энергиясы. Атом ядросы массасының ақауы

Атом ядросындағы нуклондар ядролық күштермен тығыз байланысты. Бұл байланысты үзіп шығу үшін қандай да бір энергия мөлшерін жұмсау қажет, яғни жұмыс істеу керек.

Ядроның байланыс энергиясы – ядроны нуклондарға ыдыратуға қажетті энергия.

Энергияның сақталу заңына сәйкес ядродағы байланысқан нуклондардың энергиясы ыдыраған нуклондардың энергиясынан $E_{байл}$ байланыс энергиясы мәніне кем болуы тиіс. Эйнштейн теңдеуінен жүйе энергиясының өзгерісі жүйенің ΔM массасына пропорционал өзгеретіні анықталады:

$$\Delta E = \Delta M c^2, \quad (5)$$

мұндағы c – вакуумдағы жарық жылдамдығы. Қарастырылып отырған жағдайда ΔE энергия ядроның $E_{байл}$ байланыс энергиясы болса, онда атом ядросының массасы ядроны құрайтын нуклондар массасының қосындысынан ядроның масса ақауы деп аталатын ΔM шамаға кем болуы тиіс:

$$\Delta M = (Z m_p + N_n m_n) - M_{я}, \quad (6)$$

мұндағы Z – протондар саны, N_n – нейтрондар саны, $M_{я}$ – ядро массасы.



Жауабы қандай?

1. Ядролық байланыстағы нуклондар энергиясы неге ажыратылған нуклондар энергиясынан аз?
2. Неге (9) және (10) формулаларын өлшем бірлігімен жазу қажет?
3. Атом массасының белгілі мәні арқылы ядро массасын қалай анықтауға болады?

Масса ақауы – ядроны құрайтын нуклондардың тыныштық массаларының қосындысы мен атом ядросының тыныштық массасының айырмасына тең шама.

Қазіргі кезде атом ядроларының массалары масс-спектрограф арқылы жоғары дәлдікпен анықталған. Бұл кез келген ядроның масса ақауын және байланыс энергиясын анықтауға мүмкіндік береді. Килограммен өрнектелген масса ақауы бойынша байланыс энергиясын есептеу формуласы:

$$E_{байл} = c^2 [(Z m_p + N_n m_n) - M_{я}] \quad (7)$$

$$\text{немесе } E_{байл} = c^2 [Z M({}_1^1H) + N_n m_n - M_a], \quad (8)$$

мұндағы $M_{я}$ – ядроның массасы, M_a – атомның массасы, $M({}_1^1H)$ – сутек атомының массасы.

Егер масса ақауы массаның атомдық бірлігімен өрнектелсе, онда (7), (8) теңдеулер басқа түрге келеді, оларды жазу үшін $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ екенін ескеріп, массасы 1 м.а.б. бөлшектің тыныштық энергиясын МэВ – мегаэлектронвольт арқылы өрнектейік:

$$E_1 = c^2 \cdot 1 \text{ м.а.б.} = \frac{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/эВ}} = 931,5 \text{ МэВ}.$$



4-тапсырма

1. (7)–(10) формулаларын салыстырыңдар.
2. (7) және (8) формулаларының айырмашылығы неде? (7) және (9) формулаларының ше? (8) және (10) формулаларының ше?

Ядродағы нуклондардың байланыс энергиясын есептеу формулаларын МэВ арқылы мына түрде жазамыз:

$$E_{\text{байл}} = (Zm_p + N_n m_n - M_{\text{я}}) \cdot 931,5 \text{ МэВ} \quad (9)$$

немесе

$$E_{\text{байл}} = [ZM({}_1^1\text{H}) + N_n m_n - M_a] \cdot 931,5 \text{ МэВ}. \quad (10)$$

V Ядролардың меншікті байланыс энергиясы

Бір нуклонға келетін ядроның байланыс энергиясын $E_{\text{менш}}$ меншікті байланыс энергиясы деп атайды:

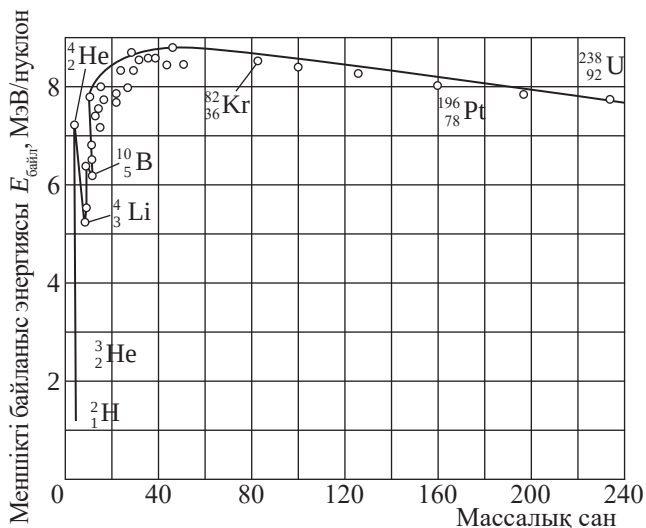
$$E_{\text{менш}} = \frac{E_{\text{байл}}}{A}. \quad (11)$$

Меншікті байланыс энергиясы атом ядроларының орнықтылығын сипаттайды: $E_{\text{менш}}$ неғұрлым көп болса, ядро соғұрлым орнықты. Ядролардың меншікті байланыс энергияларын есептеу нәтижелерінің графигі 147-суретте көрсетілген.

Ордината өсі бойына меншікті байланыс энергиясы, абсцисса өсі бойына A массалық сандар орналасқан.

Графиктен массалық сандары 30–100 аралығындағы ядроларда меншікті байланыс энергиясы максимал шамамен $8,65 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$ болатынын байқаймыз. Ауыр және жеңіл ядроларда меншікті байланыс энергиясының мәні біршама аз, мысалы, уран үшін $7,8 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$; гелий үшін $7,2 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$. ${}_1^1\text{H}$ сутек атомы ядросының меншікті байланыс энергиясы нөлге тең, себебі ол тек бір нуклоннан тұрады.

Ауыр элементтердің ядроларының орнықтылығының төмен болуы оларда протондар санының көп болуымен байланысты. Бұл кулондық күштердің артуына әкеледі. Жеңіл ядроларда меншікті байланыс энергиясының кемуі және ядролардың орнықтылығының төмен болуы нуклондар санының аз болуына байланысты. Ядроның бетінде орналасқан нуклондардың меншікті байланыс энергиясы аз, өйткені олар саны жағынан аз нуклондармен өзара әрекеттеседі. Жеңіл ядроларда беттік нуклондарының үлесі олардың ядродағы жалпы санынан артық болып келеді.



147-сурет. Ядроның меншікті байланыс энергиясының массалық саннан тәуелділігінің графигі



5-тапсырма

147-суреттегі графикті пайдаланып, массалық саны 40, 160 және 200 м.а.б. болатын атомдардың байланыс энергиясын анықтаңдар.

Бақылау сұрақтары

1. Атом ядросы қандай бөлшектерден тұрады?
2. Изотоптар дегеніміз не? Олардың айырмашылығы неде?
3. Бір элементтің изотоптарының химиялық қасиеттері неге бір-бірінен ерекшеленбейді?
4. Ядрода нуклондарды қандай күштер байланыстырады? Олар қандай қасиеттерге ие?
5. Байланыс энергиясын қалай анықтайды?
6. Масса ақауы деп нені атайды?
7. Атом ядроларының орнықтылығын сипаттайтын шаманы көрсетіндер?
8. Атом физикасында ядролардың массасын, энергиясын, өлшемдерін өлшеу үшін қандай өлшем бірліктері қабылданған?



Жаттығу

25

1. ${}^7_3\text{Li}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{235}_{92}\text{U}$ ядролардың құрамына кіретін нуклондар, протондар және нейтрондар саны қандай?
2. Алтынның $m = 1 \text{ мг}$ массасында қанша протондар мен нейтрондар бар?
3. ${}^7_3\text{Li}$ литий ядросы үшін масса ақауын массаның атомдық бірліктері және килограмм есебімен табыңдар.
4. ${}^2_1\text{H}$ дейтерий ядросы үшін масса ақауы мен байланыс энергиясын анықтаңдар.
5. Үш протоннан және екі нейтроннан тұратын атом ядросының байланыс энергиясы $E_{\text{байл}} = 26,3 \text{ МэВ}$. Меншікті байланыс энергиясы мен ядроның массасын анықтаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Нейтронның ашылу тарихы.
2. Масс-спектрографтың құрылымы және жұмыс істеу принципі.
3. Ядролардың өлшемін анықтаудың заманауи әдістері.
4. Ядролық физикадағы Гейзенберг және Иваненко зерттеулері.

§ 26. Ядролық реакциялар. Жасанды радиоактивтілік. Ауыр ядролардың бөлінуі. Тізбекті ядролық реакциялар. Критикалық масса. Термоядролық реакция

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- ядролық ыдырау мен бірігу процесін түсіндіре аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Бір химиялық элементті басқа элементке қалай айналдыруға болады?
2. Химиялық реакция арқылы бір элементті басқа элементке айналдыру мүмкін бе?



Есте сақтаңдар!

$a + A \rightarrow B + b$ түрінде жазылған ядролық реакцияны қысқаша жазуды $A(a, b)B$ пайдалануға болады, мұндағы A – бастапқы ядро, a – атқылаушы бөлшектер, B – түрленген ядро, b – ядродан ұшып шыққан бөлшектер.



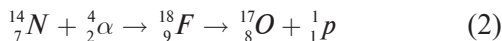
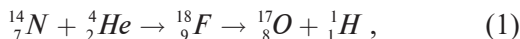
Тапсырма

(3) және (4) реакцияларды қысқаша $A(a, b)B$ түрде жазыңдар.

I Ядролық реакция

Алғашқы ядролық реакцияны 1919 жылы Э.Резерфорд жүзеге асырды, нәтижесінде азот атомының ядроларынан оттег атомының ядролары алынды. Атқылаушы бөлшектер ретінде α -бөлшектер қолданылды.

α -бөлшекпен соқтығысқан $^{14}_7N$ азот ядросы α -бөлшекті жұтады да, $^{18}_9F$ фтор изотопы ядросын түзеді. Ол орнықсыз болғандықтан, бір протонның шапшаң ұшып шығуы нәтижесінде $^{17}_8O$ оттегі изотопының атом ядросына айналады. Реакцияны мына түрде жазуға болады:



немесе қысқаша жазылуы: $^{14}_7N(\alpha, p)^{17}_8O$.

Ядролық реакция – элементар бөлшектердің немесе басқа атом ядроларының әсерінен атом ядроларының басқа ядроға айналу процесі.

II Жасанды радиоактивтілік

Көптеген ядролық реакциялардың өнімдері радиоактивті болып табылады, оларды *жасанды радиоактивті изотоптар* деп атайды. Жасанды радиоактивтілік құбылысын 1934 жылы француз физиктері Фредерик пен Ирен Жолио-Кюри ашты. Табиғи радиоактивті заттар сияқты жасанды-радиоактивті изотоптарға α -, β -, γ -ыдыраулар тән болып келеді. Алайда, нейтрондық және позитрондық ыдырауға ие болатын жасанды-радиоактивті изотоптар да бар. Позитронды-радиоактивті изотоптың ыдырауын

Жолио-Кюри ашқан, мысалы: $^{27}_{13}Al$ алюминий ядросын α -бөлшектермен атқылау реакциясы. Бұл жағдайда $^{27}_{13}Al$ алюминий ядросы нейтрон шығарады және жартылай ыдырау периоды $T = 2,5$ мин болатын $^{30}_{15}P$ фосфор изотопының радиоактивті ядро-



Жауабы қандай?

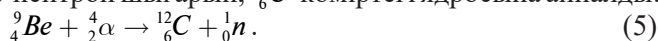
Ауыр ядролы химиялық элементтердің α -бөлшектермен соқтығысуы нәтижесінде ядролық реакциялар жасау неге қиын?

сына айналады. Бұл изотоп ${}_{+1}^0e$ позитрон шығарып, тұрақты ${}_{14}^{30}\text{Si}$ кремний изотопына айналады. Реакция мына тізбек бойынша жүреді:

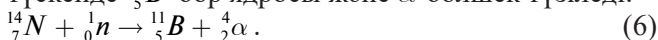


III Нейтронның ашылуы

Нейтрон 1932 жылы ағылшын физигі Д.Чедвик жүргізген тәжірибелер нәтижесінде ашылды. Бериллий пластинаны α -бөлшектермен атқылағанда ${}_4^9\text{Be}$ бериллий ядросы α -бөлшектерді жұтып, n нейтрон шығарып, ${}_6^{12}\text{C}$ көміртегі ядросына айналды:



Нейтрон ${}_{7}^{14}\text{N}$ азот ядросына түскенде ${}_{5}^{11}\text{B}$ бор ядросы және α -бөлшек түзіледі:



Еркін нейтрон радиоактивті, ол β -бөлшек және антинейтрино шығара отырып, протонға айналады:



Тәжірибелік деректерге сәйкес, нейтронның жартылай ыдырау периоды 11,7 минутты құрайды.

IV Ауыр ядролардың бөліну механизмі

Нейтронның ашылуы ауыр ядролар көп энергия бөле отырып бөлінетін ядролық реакцияларды мүмкін етті. Нейтронды жұтқан ауыр ядро козады да, тербеле отырып, созылыңқы күйге өтеді. Созылыңқы ядроның кулондық итергіш күштері ядролық күштерден көп болса, онда ядро екіге бөлінеді (148-сурет).

Ауыр ядроның бөліну процесінде әрдайым басқа ядролардың бөлінуін тудыратын бірнеше нейтрондар шығарылады, уран үшін әдетте 2-3 нейтрон ұшып шығуы мүмкін. Дәл осы нейтрондар іс жүзінде басқарылатын тізбекті ядролық реакцияны жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

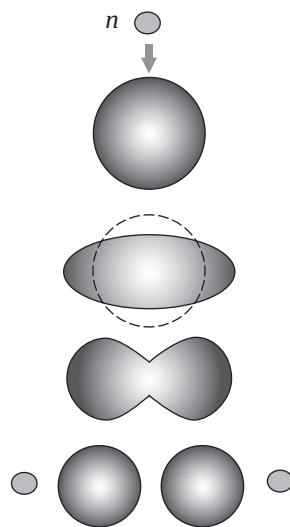
Нейтрондардың бөлетін энергетикалық спектрі 1 эВ бастап, 10 МэВ аралығында болады. 1,5 МэВ энергияға ие нейтрондар шапшаң нейтрондар деп аталады. Энергиясы аз нейтрондар баяу нейтрондар деп аталады, ал энергиясы жылулық қозғалыс энергиясымен салыстырғанда өте аз нейтрондар жылулық нейтрондар деп аталады. Барлық ауыр элементтердің ядролары нейтрондардың әсерінен екі жарықшаққа бөліну қасиетіне ие. Бөлінуі практикалық тұрғыдан маңызды материалдарға: уран ${}_{92}^{238}\text{U}$, актиноуран ${}_{92}^{235}\text{U}$, уранның жасанды изотопы ${}_{92}^{233}\text{U}$ және плутоний ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ жатады. ${}_{92}^{235}\text{U}$, ${}_{92}^{233}\text{U}$ және ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ ядролары шапшаң және баяу нейтрондардың әсерінен, ал ${}_{92}^{238}\text{U}$ ядросы тек шапшаң нейтрондардың әсерінен ғана бөлінеді.

Ауыр ядролар бөлінгенде алынатын өнімдер әртүрлі болады: олардың массалық сандары 70-тен 160-қа дейінгі аралықта болады.



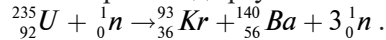
Жауабы қандай?

Ауыр ядролы химиялық элементтердің α -бөлшектермен соқтығысуы нәтижесінде ядролық реакциялар жасау неге қиын?



148-сурет. Ауыр ядроның бөліну механизмі

Алайда көбінесе ядроның жарықшақтарының массалары 2 : 3 қатынасы түрінде бөлінеді. Мұндай бөлінуге уран-235 ядросының үш нейтрон шығара отырып, криптон және барий изотоптарына ыдырауы мысал бола алады:



V Ядролық реакцияның шығу энергиясы

Реакцияға түскен ядролардың m_1 массасының және реакцияның нәтижесінде алынған ядролардың m_2 массасының мәндері белгілі болған кезде шығу энергиясын Эйнштейн формуласы бойынша анықтайды:

$$E_{\text{ш}} = (m_1 - m_2) \cdot c^2. \quad (8)$$

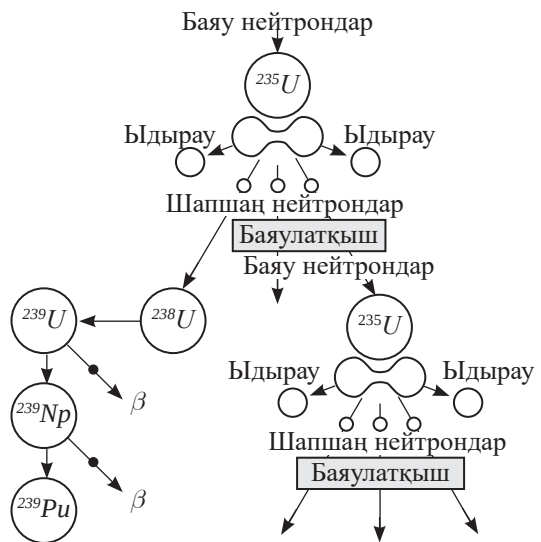
(2) формула ядролардың массалары килограммен өрнектелгенде қолданылады. Осы кезде шығу энергиясы Дж (джоульмен) есептеледі. Егер ядролардың массалары массаның атом бірлігімен көрсетілсе, онда аудару коэффициентін ескеріп, шығу энергиясы МэВ-пен (мегаэлектронвольт) мына формула бойынша анықталады:

$$E_{\text{ш}} = (m_1 - m_2) \cdot 931,5 \text{ МэВ}. \quad (9)$$

VI Тізбекті ядролық реакция

Ядролық энергияның үлкен мөлшерін алу үшін ядролардың құрамында «ядролық отын» бар едәуір бөлігі ыдырауы қажет. Сондықтан ядролық бөліну реакциясы өздігінен дамиды немесе тізбекті болуы тиіс: ядролардың әрбір бөлінуі кезінде элементтің ауыр ядроларын ыдырататын жаңа нейтрондар пайда болуы тиіс.

Ең қарапайым тізбекті реакция уран-235 ядросында баяу нейтрондар әсерінен жүзеге асырылады. Кездейсоқ жылулық нейтронның уран-235 ядросына түсуі оның бөлінуіне алып келеді (149-сурет). Осы кезде пайда болатын 2–3 нейтрон уранның 2–3 басқа ядроларына түсіп, олардың бөлінуін тудырады. Нәтижесінде уранның келесі 4–9 ядросының бөлінуін тудыруға қабілетті 4–9 нейтрон пайда болады. Уранның әрбір ядросының бөлінуі кезінде 2–3 нейтрон пайда болатынына қарамастан, олардың барлығы басқа ядролардың ыдырауын болдырмайды; нейтрондардың бір бөлігі бөлінбейтін ядроларға немесе ядролық отын құрамындағы бөлінуі қиын қоспаларға жұтылады, нейтрондардың бір бөлігі оның ядроларына түспей, ядролық отын көлемінің бетінен ұшып кетуі мүмкін.



149-сурет. Уран-235 ядросының бөлінуі

VII Көбею коэффициенті және критикалық масса

Тізбекті реакцияның дамуы нейтрондардың k көбею коэффициентімен сипатталады.

Нейтрондардың көбею коэффициенті – бұл реакция кезеңдерінің бірінде зат ядроларының бөлінуіне септесетін нейтрондар санының реакцияның алдыңғы кезеңінде бөлінуіне септесетін нейтрондар санына қатынасы: $k = \frac{N_i}{N_{i-1}}$.

Мысалы, 149-суретте бейнеленген тізбекті реакция нейтрондардың $k=3$ көбеюіне сәйкес келеді. Көбею коэффициенті бөлінетін заттардың табиғатына және санына, сондай-ақ олардың көлемінің геометриялық пішініне байланысты.

Тізбекті реакция коэффициенті $k=1$ болғанда бөлінетін заттың массасы осы заттың критикалық массасы деп аталады. Таза актиноуран үшін критикалық масса көлемі шар тәріздес пішінде шамамен 40 кг-ды құрайды. Егер ядролық отынның массасы критикалық массада аз болса, $k < 1$, онда бөліну реакциясы жүрмейді, ол өшеді. Егер ядролық отынның массасы критикалық массаға тең болса, $k=1$, онда тізбекті реакция тұрақты қарқындылықпен жүреді; мұндай реакция ядролық реакторларда болады. Егер ядролық отынның массасы критикалық массада көп болса, $k > 1$, онда тізбекті реакция қарқынды, жарылыс түрінде жүреді.



Жауабы қандай?

1. Неліктен бір ядролық отын үшін критикалық масса әртүрлі болуы мүмкін?
2. Неге табиғи уран кенішінде тізбекті реакция жүрмейді?

VIII Синтездеу термоядролық реакциясы және оны жүзеге асыру шарттары

Екі ядроны бір ядроға біріктіру үшін Кулон күшін еңсеріп, оларды 10^{-13} см қашықтыққа жақындату қажет. Сол кезде оларды одан әрі біріктіруге ядролық күштер жұмсалады. Бұл синтездеу реакциясын жүзеге асырудың қажетті шарты болып табылады.

Есептеулер барысы гелийде дейтерий мен тритийді синтездеу реакциясын жүзеге асыру үшін дейтрондар мен тритондар $0,01 \text{ МэВ}$ кинетикалық энергиясына ие болуы тиіс екендігін көрсетеді. Бұл атомдардың жылу қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы $0,01 \text{ МэВ}$ мәніне жақындай түсетін қоспаның жоғары температурасында жүзеге асады. Мұндай температура ондаған миллион кельвинмен өлшенеді. Бөлшектердің жылу қозғалысының W орташа кинетикалық энергиясын есептеу

формуласын пайдаланып: $\langle W \rangle = \frac{3}{2} \cdot kT$, мұндағы k – Больцман тұрақтысы.

Қоспаның температурасын анықтайық:

$$T = \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,01 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,38 \cdot 10^{-23}} \text{ К} = 77000000 \text{ К}.$$

Синтездеу реакциясы ондаған миллион кельвин температурада ғана жүре алады, осыған байланысты ол термоядролық реакция деген атау алды. Бұл температурада қоспа плазмалық күйде болады, ол ядролардан және бос электрондардан тұрады.

Термоядролық реакция – жүздеген миллион кельвин температура-сында жеңіл ядролардың бірігу реакциясы.



Жауабы қандай?

Неліктен Күн ядросында 15 миллион кельвин болатын есептеу температурасынан 5 есе кем температурада сутегі ядролары бірігуінің термоядролық реакциясы мүмкін болады?

Бақылау сұрақтары

1. Қандай процесс ядролық реакция деп аталады?
2. Протон мен нейтрон қандай ядролық реакциялардың нәтижесінде табылды? Бұл реакцияларды кім жасады?
3. Ауыр ядролардың бөліну реакциясы қандай жағдайда болады?
4. Ядролық отын ретінде қандай ядролар қолданылады?
5. Ядролық реакциялардың шығу энергиясын қалай есептейді?
6. Тізбекті реакцияның дамуын қандай шама сипаттайды?
7. Критикалық масса деп нені атайды?
8. Қандай реакцияларды термоядролық дейді?
9. Жеңіл ядроларды синтездеу реакциясының өту шарттары қандай?



Жаттығу

26

1. ^{235}U уран ядросының әрбір бөлінуі кезінде $E_0 = 200 \text{ МэВ}$ энергия босатылады деп есептеп, $m = 1 \text{ кг}$ уранның жануы кезінде бөлінетін энергияны, уранның 1 кг жылу қатынасына баламалы m_1 тас көмір массасын анықтаңдар.
2. Реакциялар нәтижесінде жұтылған немесе бөлінген энергияны табыңдар:

$$^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^1_1\text{H} + ^{17}_8\text{O},$$

$$^9_4\text{Be} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n},$$

$$^7_3\text{Li} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^8_4\text{Be} + ^1_0\text{n},$$

$$^7_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^4_2\text{He}$$
3. Келесі термоядролық реакцияларда бөлінген энергияны есептеңдер:

$$^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^1_1\text{H} + ^3_1\text{H}; \quad ^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^1_0\text{n}.$$

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптар бойынша хабарлама дайындаңдар:

1. Ядролық реакцияларды зерттеу тарихы.
2. Жолио-Кюри, П. Савич, О. Ганн, Ф. Штрассман, О. Фриш, Л. Мейтнер сияқты ғалымдардың ядролық реакцияларды зерттеудегі жетістіктері.
3. Жұлдыздар қойнауындағы термоядролық синтездеу реакциялары.

§ 27. Радиоактивті сәулелердің биологиялық әсері. Радиациядан қорғану

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- иондалу эффектісінің табиғатын және радиоактивті сәулеленудің өту қабілетін түсіндіре аласыңдар;
- Радиоактивті материалдарды өңдеу, қолдану, сақтау және қауіпсіздік шараларын сипаттайсыңдар.



Жауабы қандай?

Неге радиоактивті сәуле адамзат пен тірі ағзалар үшін қауіп төндіреді?



Жауабы қандай?

1. Неге сыртқы сәулелену кезінде өту қабілеті жоғары бөлшектер, ішкі сәулелену кезінде – жоғары иондаушы қабілеті бар бөлшектер үлкен қауіп төндіреді?
2. Жоғары өткізгіш қабілеті және жоғары иондаушы қабілеті бар бөлшектерді атаңдар.

I Сәулелену көздер

Жер шарының тұрғындары сәулеленудің негізгі бөлігін табиғи радиация көздерінен алады. Жердің радиациялық фоны ғарыштық сәулеленуден және жер қыртысына, ауаға, суға, адам денесіне және басқа да сыртқы орта нысандарына шашырайтын табиғи радионуклидтердің сәулеленуінен құралады. Адам ағзасының радиоактивті сәулеленуі сыртқы және ішкі болуы мүмкін. Сыртқы сәулеленуде жоғары өткіш қабілеттілігі бар сәулеленудің түрлері қауіп төндіреді. Ішкі сәулелену кезінде жартылай ыдырау периоды үлкен және жоғары иондаушы қабілеттілігі бар радиоактивті изотоптар аса қауіпті болып табылады.

Табиғи сәулеленуге сыртқы және ішкі сәулеленудің антропогендік көздері қосылды. Ядролық жарылыстар, ядролық энергетика кәсіпорындарының радионуклидтер шығаруы және өнеркәсіптің әртүрлі салаларында, ауылшаруашылығында, медицинада және ғылыми зерттеулерде иондаушы сәулелену көздерінің кеңінен қолданылуы жер шары тұрғындарының сәулеленуінің артуына алып келді. Жердің барынша радиациялық ластануы полигондардағы ядролық жарылыстардан және АЭС-тағы апаттардан кейін болады (150-сурет).



150-сурет. Семей ядролық полигоны

Ядролық жарылыс болған аймақта ядролық зақымдану ошағы пайда болады. Радиоактивті бұлттың ауа ағындарымен орын ауыстыруы нәтижесінде аймақ радиоактивті зақымданады. Зақымданудың бастапқы кезеңіндегі ең қауіпті

радионуклид – радиоактивті йод, одан кейін ұзақ мерзімді өмір сүретін радионуклидтер – цезий-137 және стронций-90. Жер бетіне түскен радионуклидтер α -, β -және γ -сәулелердің ұзақ мерзімді сәулелену көздеріне айналады.

II Сәулелену дозалары және олардың өлшем бірліктері

Сәулелену дозалары олардың қоршаған ортада шоғырлануы туралы деректер бойынша емес, адам денесіндегі радиоактивті заттардың мөлшері мен құрамы бойынша анықталады. Тіпті аз ғана радиоактивті ластану зиянды заттардың ағзаға енуіне жағдай жасайды. Сәулелендіру әсері жұтылған доза көлеміне, сәулеленген ұлпалар мен дене мүшелерінің көлеміне, сәулелену түріне байланысты болады. Сәулелену дозасының төмендеуі биологиялық әсерді азайтады, нәтижесінде ағзаны қайта қалпына келтіру мүмкіндігі пайда болады.

Жұтылған сәулелену дозасы – сәулеленетін дене массасының бірлігімен жұтылған сәулелену энергиясына тең шама.

$$D = \frac{E}{m}.$$

Халықаралық бірліктер жүйесінде жұтылған сәулелену дозасының өлшем бірлігі ретінде 1 Гр (грей) қабылданды:

$$1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

1 Гр доза – адамның табиғи немесе медициналық сәулелену кезінде қабылдайтын радиация дозасынан әлдеқайда көп жұтылған радиация мөлшері. 10–20 Гр дозаны бір рет қабылдау адам өліміне алып келеді.

Практикада шамамен экспозициялық сәулелену дозасының өлшем бірлігі 1 Р (рентгенге) тең жүйеден тыс өлшем бірлігі 1 рад қолданылады:

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 100 \text{ Р}.$$

Ұлпалардың және дене мүшелерінің түрлі иондаушы сәулеленулермен зақымдану дәрежесі әртүрлі болады. Осыған байланысты «сәулеленудің эквивалентті дозасы» ұғымы енгізілді. Оны иондаушы сәулелердің салыстырмалы биологиялық тиімділік коэффициенті арқылы есептейді. Мысалы, гамма-сәулелену және рентгендік сәулелер әсерінен зақымдану альфа-бөлшектермен сәулеленуден болатын зақымданудан 20 есе әлсіз. Сәулеленудің эквивалентті дозасын оның жұтылған сәулелену дозасы мен радиоактивті бөлшектердің салыстырмалы биологиялық тиімділік коэффициентінің (СБТК) көбейтіндісі түрінде анықтайды: $D_{\text{экв}} = k \cdot D$.

Рентген сәулелері және гамма-сәулелері үшін СБТК бірге тең: $k = 1$, α -бөлшектер үшін $k = 20$. ХБЖ-да радиацияның эквивалентті дозасының өлшем бірлігі – 1 зиверт (Зв), ол 1 грейге тең, практикада жүйеден тыс өлшем бірлігі – рентгеннің биологиялық эквиваленті (бэр) қолданылады:

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} = 100 \text{ бэр}.$$



Есте сақтаңдар!

1. ҚР-да ядролық сынақтарға арналған аумақ ауданы 18500 км² құрады.
2. 1953 жылы термоядролық зарядтың жарылысы кезінде пайда болған ядролық саңырауқұлақтың диаметрі 30 км-ге жетті, оны 59 елді мекеннің тұрғындары бақылады, жарылыс толқыны эпицентрден 200 км-де орналасқан ғимараттардың әйнектерін сындырды.
3. 1949 жылдан бастап, 1989 жылға дейін полигонның жұмыс мерзімінде жалпы қуаты 38000 килотонна болатын 616 снаряд жарылған.

Радиоактивті сәулелену қарқындылығы бірлік уақыт ішінде жұтылған доза – сәулелену дозасының қуатымен сипатталады:

$$P = \frac{D}{t}; \quad P_{экв} = \frac{D_{экв}}{t}.$$

Жұтылған доза қуатының өлшем бірліктері – Гр/с, рад/с, ал сәулеленудің эквивалентті дозасы қуатының өлшем бірліктері – Зв/с, бэр/с.

Адамның сәулелену дозасын білу сәуле ауруын оның алғашқы кезеңдерінде болжауда және диагностикалауда, аурудың негізгі симптомдарының дамуына дейінгі терапиялық тактиканы анықтауда шешуші рөл атқарады.

III Радиациялық сәулеленудің тірі ағзаларға әсері

Радиоактивті сәулеленудің басты қауіптілігі – оның әсері адамның сезім мүшелерімен байқалмайды. Радиоактивті заттар ағзаға радиоактивті заттармен ластанған ауаны жұту кезінде, зақымдалған тамақ, су немесе тері арқылы, сондай-ақ ашық жараның зақымдануы арқылы түседі. Сыртқы сәулелену кезінде зиянсыз альфа-сәулелер ағза ішіне түскен кезде қауіпті.

Сәулемен зақымдану нәтижесінде дене мүшелерінің қызметтері өзгеріп, зат алмасу бұзылады. Радиоактивті сәулелену әсерінен ағзада қан түзуші мүшелер қызметі тежеледі, қанның қалыпты ұюы бұзылады және қылтамырлардың үзілуі артады; асқазан-ішек жолы қызметі бұзылады және ағза әлсіреп, инфекциялық ауруларға қарсылығы төмендейді.

Жұтылған сәулелену дозасының артуы ісіктердің даму қаупін арттырып, өмір сүру ұзақтығын қысқартуға және мүшелер қызметінің бұзылуына әкеледі. Кейінгі ұрпақтарда генетикалық өзгерістер: кемтарлық, мутациялар байқалуы мүмкін. Сәулеленудің аз мөлшерін алған адамдарда хромосомалық бұзылыстары бар қан жасушалары байқалады. Зерттеулер радиацияның төмен деңгейінде 1 Гр доза нәрсетелерде елеулі зардаптарға әкелетін 1000-нан 2000-ға дейінгі мутациялардың пайда болуын индукциялайтынын көрсетті.

V Жергілікті халықты радиоактивті сәуледен қорғау құралдары

Халықты радиациядан қорғау мына іс-шараларды қамтиды:

- радиациялық қауіптілік туралы хабарлау;
- ұжымдық және жеке қорғану құралдарын пайдалану;
- халықтың радиоактивті заттармен залалданған аумақтағы жүріс-тұрыс режимін қадағалау;
- тамақ өнімдері мен суды радиоактивті зақымданудан қорғау;
- медициналық жеке қорғану құралдарын пайдалану;
- аумақтың зақымдану деңгейін анықтау;
- тұрғындардың сәулеленуін дозиметрлік бақылау;
- тамақ өнімдері мен судың радиоактивті заттармен зақымдануына сараптама жүргізу.

АЭС-та радиациялық белсенді препараттарды зертханалық зерттеулерде жұмыс істейтін адамдар үшін жалпы қорғану әдістері бар:

- оператор мен көз арасындағы қашықтықты ұлғайту;
- сәулелену алаңындағы жұмыс мерзімін қысқарту;

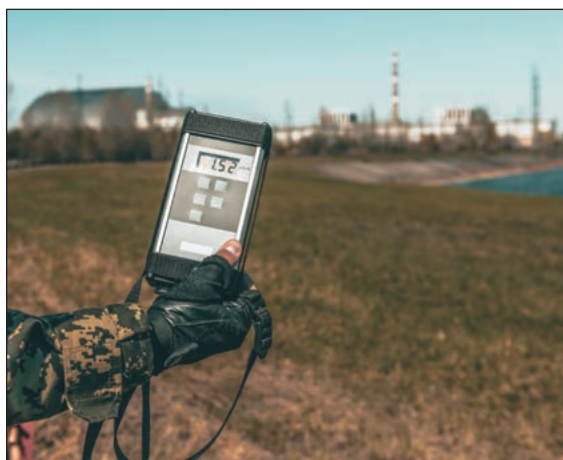


Жауабы қандай?

1. Радиация әсеріне қандай жануарлар көп ұшырайды?
2. Жануарлар үшін ең жоғары қауіпті доза қандай?

- сәулелену көзін экрандау;
- қашықтықтан басқару;
- манипуляторлар мен роботтарды пайдалану;
- технологиялық процесті толық автоматтандыру;
- жеке қорғану құралдарын пайдалану және радиациялық қауіптілік белгісімен ескерту;
- сәулелену деңгейін және жұмыскерлердің сәулелену дозаларын тұрақты бақылау.

Жұмыс кезінде радиация әсеріне ұшырайтын мамандар әдетте дозиметрлерді – радиацияның жалпы жиынтық дозасын анықтайтын арнайы құрылғыларды пайдаланады (151-сурет). Ғарышкерлер, атом электр стансыларының қызметкерлері, радиотерапиямен немесе радиоизотоптық диагностикамен айналысатын дәрігерлер, сондай-ақ дезактивациямен айналысатын дәрігерлер үнемі осы құрылғыны қолданады.



151-сурет. Дозиметр



Жауабы қандай?

1. Неге «радиациялық қауіп» дабылы бойынша тұрғындар қорғаныс құрылыстарын паналауы тиіс?
2. Неліктен жергілікті жерде радиацияның деңгейі жоғары болған жағдайда халыққа алғашқы медициналық көмек көрсетуге болмайды?
3. Залалданған көздерден неге тамақ, су ішуге және жерге жатуға болмайды?
4. Неге радиациядан қорғау үшін газқағарлар мен респираторлар, қорғасын қоспасынан жасалған арнайы костюмдер қолданылады (152-сурет)?



152-сурет. Залалданған аумақтың радиациялық сәулеленуін зерттеу

Бақылау сұрақтары

1. Қандай сәулелену көздерін білесіңдер?
2. Жұтылған сәулелену дозасы деп нені айтады? Оны қандай бірліктермен өлшейді?
3. Сәулеленудің эквивалентті дозасынан сәулелену дозасының айырмашылығы неде?
4. Сәулеленудің эквивалентті дозасын немен өлшейді?
5. Адам ағзасына радиациялық сәуле қалай әсер етеді?
6. Ағзадағы соматикалық және генетикалық өзгерістер неден болады?
7. Радиация бар аумақта халықтың жүріс-тұрыс режимі ережелері қандай?



Жаттығу

27

1. Рентген қондырғысымен жұмыс істейтін қызметкердің 1 сағат ішінде жұтатын сәулелену дозасының орташа мөлшері 7 мкГр. Егер сәулеленудің шекті рұқсат етілген мөлшері жылына 50 мГр-ге тең болса, онда қызметкердің жылына 200 күн бойы күніне 6 сағаттан жұмыс істеуі қауіпті ме?
2. Массасы 60 кг адамның жұтқан радиоактивті сәулелену энергиясы 1 Дж болады. Жұтылған сәулелену дозасын анықтаңдар. Егер эквивалентті сәулелену дозасы 0,051 Зв болса, онда адам сәулеленудің қандай түріне ұшырайды?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптар бойынша хабарлама дайындаңдар:

1. Чернобыль апатының зардаптары: радиоактивті ластану ошағындағы флора мен фауна.
2. Қазақстан Республикасындағы сынақ алаңдары: «Тәжірибелік алаң», «Дегелең», «Балапан», «Сарыөзен», «Ақтанберлі», «4», «4А», «Атом» көлі, «Телкем-1», «Телкем-2» алаңы. Олардың қазіргі жағдайы және болашағы.
3. Радиометриялық аспаптардың түрлері, олардың қызметі және жұмыс істеу принципі.
4. Әлемнің ең үлкен ядролық полигондары.
5. Радиоактивті материалдарды сақтау және тасымалдау кезіндегі қауіпсіздік шаралары.

§ 28. Ядролық реактор. Ядролық энергетика

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- ядролық реакторлардың құрылысы мен жұмыс істеу принципін сипаттай аласыңдар.
- ядролық энергетиканың даму кезеңдерін талқылай аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Ядролық реактор деп нені атайды?
2. Оларды қандай мақсатта пайдаланады?
3. Бірінші ядролық реактор қандай елде салынды?



1-тапсырма

Параграфтың 1 бөлімін пайдаланып, ядролық реактордың негізгі бөліктерін және оларды дайындау үшін қажетті материалдарды жазыңдар. Мәтінде келтірілгеннен басқа қандай материалдарды қолдануға болатынын анықтаңдар.

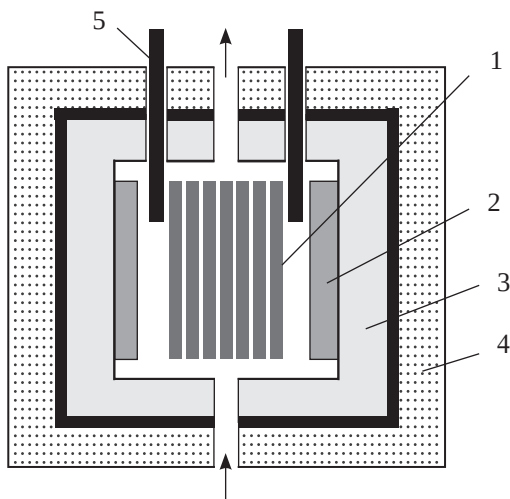


Бұл қызық!

1942 жылы шапшаң нейтрондармен реактор құру идеясын Э.Ферми айтқан. Алғашқы мұндай реактор 1951 жылы АҚШ-та пайда болды, ол бір мезгілде электр энергиясы мен жылуды бір құрылғыда өндіруге болатынын көрсетті.

I Баяу нейтрондардағы ядролық реактордың құрылысы және жұмыс істеу принципі

Баяу нейтрондармен жұмыс істейтін алғашқы реактор 1942 жылы АҚШ-та, 1946 жылы КСРО-да іске қосылды. Реактордың негізгі бөлігі – белсенді аумақ (1), мұнда ауыр ядролардың бөлінуі орындалады және ядролық энергия бөлінеді (153-сурет). Әдетте ол көлемі реактордың қолданылу мақсатына байланысты бірнеше см³-тан м³-қа дейін жететін цилиндр пішінді болады. Белсенді аумақ баяулатқышқа (2) батырылған уран немесе плутонийлі жылу шығарғыш элементтердің (ЖШЭ) жиынтығынан құралады. Баяулатқыш ретінде графит немесе су, оның ішінде D₂O ауыр су да қолданылады. Реактордың белсенді аумағын бериллийден және нейтрондарды толық шашыратуға қабілетті материалдан жасалған шағылдырғыш (3) қоршай орналасады. Бұл қабат тізбекті реакцияның өту жылдамдығын арттырып, критикалық массаны төмендетіп, белсенді аумақтан ұшып шығатын нейтрондарды кері қайтарады. Шағылдырғыштың айналасында реактордың сыртқы бөлігіндегі сәулеленуді рұқсат етілген деңгейге дейін төмендету үшін бетоннан жасалған радиациялық биологиялық қорғаныс қабаты (4) құйылады. Ядролық реакция нәтижесінде бөлінетін энергия белсенді аумақтан жылу тасымалдағыштар газ, су немесе басқа да белсенді аумақ арқылы үнемі өткізіліп отыратын, ЖШЭ-ны шайып өтетін заттар көмегімен шығарылады.



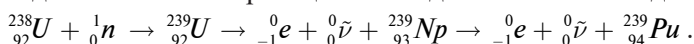
153-сурет. Ядролық реактор

Тізбектегі бөліну реакциясының өту жылдамдығын басқару үшін кадмийден немесе бордан жасалатын реттеуші өзектер (5) қолданылады. Оларды белсенді аймаққа енгізу тізбекті реакция жылдамдығын төмендетеді және қажет болған жағдайда оны толық тоқтатады. Белсенді аймақтан реттеуші өзектерді шығарғанда нейтрондарды сіңіру азаяды және тізбекті реакция өзін-өзі ұстап тұратын сатыға дейін жеткізілуі мүмкін. Ядролық реакторлар атомдық энергетикада және зерттеу мақсаттарында пайдаланылады.

II Шапшаң нейтрондардағы реактор жұмысының ерекшеліктері

Шапшаң нейтрондардағы реактордың артықшылығы табиғи урандағы негізгі изотопты – уран-238 пайдалану мүмкіндігі болып табылады. Бұдан басқа, реактор баяу нейтрондардағы ядролық реакторларға арналған элемент плутоний-239 өңдеуге мүмкіндік береді.

$^{238}_{92}\text{U}$ ядросы шапшаң нейтрондарды жұтып, γ -фотонды шығарып, жартылай ыдырау периоды $T = 23$ мин болатын радиоактивті изотоптың $^{239}_{92}\text{U}$ ядросына айналады. Өз кезегінде бұл ядро β -бөлшекті шығарып, жартылай ыдырау периоды $T = 23$ күн болатын трансуран элементінің $^{239}_{93}\text{Np}$ нептуний ядросына айналады. Нептуний ядросы β -бөлшекті шығарып, трансуран элементінің $^{239}_{94}\text{Pu}$ плутоний ядросына айналады. Сипатталған реакция төмендегі тізбекпен өтеді:



Плутоний $^{239}_{94}\text{Pu}$ баяу нейтрондардың әсерінен уранның $^{235}_{92}\text{U}$ ядроларына ұқсас бөлінеді, бөлу кезінде α -, β - және γ -сәулелер шығарады. Жартылай ыдырау периоды $T = 24100$ жыл болуының арқасында реакторда плутоний көп мөлшерде жиналады.

Шапшаң нейтрондардағы ядролық реакторлар жасанды-радиоактивті изотоптарды дайындау үшін пайдаланылады. Сәулеленуге тиіс заттар реактордың қорғаныс корпусында жасалған арнайы арналарға салынады. Олар ядролық отынның толығына мүмкіндік береді.

Шапшаң реакторлардың ерекшеліктеріне отынның жануының үлкен дәрежесін, ал кемшіліктеріне – қарапайым жылу тасығыш – суды пайдалану мүмкіндігінің болмауын, қымбаттылығын, сондай-ақ құрылғының күрделілігін жатқызуға болады. Энергетикаға ядролық шапшаң реакторларды жаппай енгізу басталған жоқ. 1980 жылдан кейін бүкіл әлемде шапшаң нейтрондармен жұмыс істейтін өнеркәсіптік реакторлар 3 елде ғана орнатылды: Францияда Superphenix, Жапонияда Monju және Ресейдегі Белояр АЭС БН-600. Баяу нейтрондардағы өнеркәсіптік реакторлар экономикалық жағынан неғұрлым тиімді.



Жауабы қандай?

1. Қазіргі кезде неге натрий, қорғасын-висмут және таза қорғасын жылу тасымалдағыштары бар жылдам нейтронды реакторлар дамыды?
2. Неге жеңіл ядролары бар сутек: су және көміртек қолданысқа енгізілмеген?



Бұл қызық!

Натрийлі жылу тасымалдағышы бар БН-350, БН-600, БН-800 салыстырмалы қуатты энергетикалық реакторлар 1970 жылдары КСРО-да салынды. Теңіз суын тұщыландыру үшін 1972 жылы Ақтау қаласында орнатылған БН-350 реакторы өнеркәсіптік ауқымда үлкен тәжірибелік алаң ретінде натрий жылу тасығышының технологиясын игеру, отын жинақтарын және басқа да элементтерді физикалық зерттеу және сынау үшін эксперименттік база болып табылды (154-сурет). Ол 2010 жылы ядролық реактордың пайдалану мерзімінің аяқталуына байланысты тоқтатылды.



154-сурет. Шапшаң нейтронды реактор БН-350, Ақтау қаласы



Назар аударыңдар!

Шапшаң нейтронды реакторларды енгізу уранды пайдалану тиімділігін алпыс есе арттырады. Шапшаң реакторлар жылу нейтрондары реакторларында бөлінбейтін ауыр элементтердің изотоптарын пайдалануға мүмкіндік береді. Табиғатта қорлары айтарлықтай көп ^{238}U , ^{232}Th және жылу нейтрондарындағы реакторлар үшін негізгі жанармай – ^{235}U изотоп құрамын отын ретінде қатыстыруға болады. Оның ішінде ^{235}U элементін байытудан кейін қалған «үйінді уранды» қайта қолдану мүмкіндігі іске асырылады.

III Термоядролық реакторлар

Басқарылатын термоядролық реакцияны жүзеге асыруда үлкен қиындықтар кездеседі. Плазманың он миллион кельвинге дейін қызуының реттелуін қамтамасыз етіп, оның ыдыс қабырғаларымен жанасуын болдырмау қажет. Технологияны іске асыру тәсілдерінің бірі плазмалық торда магнит өрісі ұстап тұратын және отын ретінде тритий мен дейтерийді пайдаланатын «Токамак» реакторын пайдалану болып табылады.

Токамак (магнитті шарғылары бар тор тәріздес камера) – басқарылатын термоядролық синтездеудің өтуі үшін қажетті жағдайларға жету мақсатында плазманы магнитті өрісте ұстап тұруға арналған тор тәріздес (тороидальды) қондырғы.



155-сурет. Қазақстандық Материалтану Токамағы

Алғашқы Токамак 1956 жылы Мәскеудегі И.В.Курчатов атындағы Атом энергиясы институтында салынған. Қазіргі уақытта Токамак басқарылатын термоядролық синтездеуді жүзеге асыру үшін ең перспективалы құрылғы болып саналады. Әлемде барлығы 300-ге жуық Токамак салынған, оның ішіне біздің еліміздегі Қазақстандық Материалтану Токамағы (ҚМТ) – эксперименттік термоядролық қондырғы да кіреді. Ол материалдарды зерттеу және сынау үшін Курчатов қаласында 2010 жылы қыркүйекте іске қосылды (155-сурет). Қазіргі кезде Токамактардағы плазманы ұстап қалу рекорды – 30 секунд. Ол 2013 жылы Қытайда қойылды.

Ядроны зерттеуші ғалымдар лазерлік сәуле көмегімен термоядролық реакция жүргізу мүмкіндігін қарастыруда – бұл бағыттағы зерттеулер әзірге зертханалық жағдайда жүргізілуде. Оның себебі, өте аз дейтерий мен тритий қоспасы бар шыны ампуласын барлық жағынан қуатты лазерлік импульстермен сәулелендіреді. Ампула буланады, ал будың реактивті қысымы оның ішіндегілерді термоядролық реакция «жанатындай» дәрежеге дейін қоспаны сығады. Бұл ретте 100 килограмм тротил жарылысына баламалы энергия шығады. Ол жоғары температураға дейін қыздырылған реакция өнімдері мен нейтрондар ағыны түрінде бөлінеді.

IV Ядролық энергетиканың болашағы

Ядролық энергетика деп өндірістік масштабта жүзеге асырылатын ядролық энергияның басқа: механикалық, электрлік және өндірістік әрі тұрмыстық қажеттіліктер үшін пайдаланылатын энергия түрлеріне түрлендіруін айтамыз. Ядролық энергетиканың пайда болуын 1954 жылы шілдеде КСРО-да қуаты 5000 кВт алғашқы атом электр станциясы (АЭС) пайдалануға берілген мерзімнен басталады. Қазір әлемде күшті АЭС салынған. Атом энергиясын пайдалану жөніндегі халықаралық агенттіктің (МАГАТЭ) қолда бар бағдарламаларына сәйкес бүкіл әлемде атом электр стансыларының жалпы қуаты тез өсіп келеді. Атом электр стансыларын пайдалану органикалық отын: көмір, мұнай, газ кен орындарынан алыста орналасқан және гидроресурстарға кедей аудандарда қолдану тиімді.

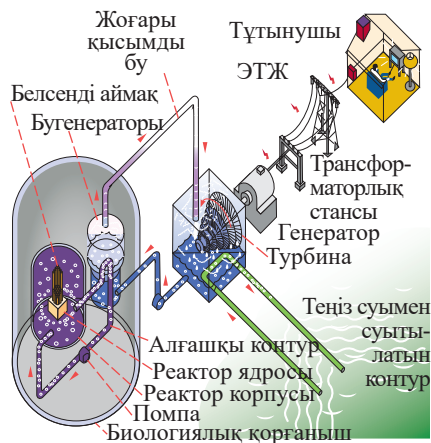
Көптеген зерттеушілер синтездеу энергиясын болашақ энергиясының негізгі көзі ретінде қарастырады. Электр энергиясын өндіру үшін термоядролық реакторды қолдануды қолдаушылар олардың пайдасына мынадай дәлелдер келтіреді:

1. Сутек – Жер мен ғарышта ең көп таралған, отын қоры ретінде таусылмайтын элемент.
2. Осы отынды кез келген теңіз суынан өндіруге болады, бұл бір немесе бірнеше елдердің отын ресурстарын монополияландыруына мүмкіндік бермейді.
3. Жану өнімдерінің болмауы.
4. Ядролық қаруды өндіру үшін қолданылатын материалдарды пайдаланудың қажеті жоқ.
5. Ядролық реакторлармен салыстырғанда жартылай ыдырау периоды қысқа радиоактивті қалдықтар шығарылады.
6. Аз отын шығыны: оймақтай дейтерий 20 тонна көмірге баламалы энергия өндіреді. Орташа көлемді көл кез келген елді жүздеген жылдық энергиямен қамтамасыз ете алады.
7. Синтездеу реакциясы жаһандық жылынудың басты себептерінің бірі болып табылатын көмірқышқылды атмосфераға шығармайды.



2-тапсырма

1. 156-суретті қарастырыңдар, ядролық энергияны басқа энергия түрлеріне түрлендіру сұлбасын түсіндіріңдер.
2. Интернет материалдары бойынша 1954 жылдан бастап, ағымдағы жылға дейін бүкіл әлемде АЭС қуатының даму диаграммасын құрыңдар.



156-сурет. АЭС-ның жұмыс істеу сұлбасы

- Жаңартылатын энергия көздері электрстансыларынан айырмашылығы термоядролық реакторларды кез келген жерде, оның ішінде көлікте де орнатуға болады. Су қоймаларын су басу, құстардың жел электрстансыларының қалақтарымен зақымдануы сияқты қоршаған ортаға қандай да бір мөлшерде зиян келтірмейді.
- Астероидтар белдеуі мен планеталардың күңгірт жақтарында Күн батареялары тиімсіз болғандықтан, ғарышта термоядролық реакторларды пайдалану қажет.



*157-сурет. Алатау зерттеу реакторы
(Ядролық физика институты), Қазақстан*



Бұл қызық!

Алатау реакторының базасында іргелі ядролық-физикалық және материалтану зерттеулері мен реактор сынақтары, медицина әрі өнеркәсіпке арналған радиоизотоптар өндірісі, гамма-дереккөздері, кремнийді нейтронды легирлеу, сондай-ақ нейтронды-белсендіруге талдау жүргізіледі (157-сурет).

Бақылау сұрақтары

- Ядролық реакторлар не үшін құрылды? Олар қалай құрылған?
- Реакторда ядролық реакцияны өшіру қалай жүзеге асырылады?
- Ядролық энергияны қайда қолданады?
- Ядролық энергетиканың даму болашағы қандай?



Жаттығу

28

- Тәулігіне $m = 220$ г уранның ^{235}U изотоптарын жұмсайтын және $\eta = 25\%$ болатын атом стансысының қуатын анықтаңдар. Уранның ^{235}U бір ядросын бөлу кезінде $Q = 200$ МэВ энергия бөлінеді деп санаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

- Ядролық энергетика мәселелері.
- Суасты атомдық кемелердің құрылу тарихы.
- Ядролық реакторлардың түрлері.
- Қазақстандағы ядролық энергетиканың даму болашағы.
- ITER (International Termonuclear Experimental Reactor) – Халықаралық эксперименттік термоядролық реактор.

Қазақстандағы атомдық энергетикаға көзқарас

Қолдаушылар пікірі	Қарсы пікірлер
Қазақстанда уранның үлкен қоры бар. Уран өндіру шамамен 22 мың тоннаны, барлық өндірілетін энергия ресурстарының 62%-ін құрайды. Қазақстанда уран таблеткалары мен жылу шығарғыш элементтердің (ЖШЭ) өндірісі игерілді, бұл елімізді ядролық отынмен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. АЭС-ы бар, уран өндіретін және ядролық отын өндіретін елдер тек көмір немесе газ энергетикасына негізделген елдерге қарағанда неғұрлым дамыған болып саналады. Ескі электрстансылардағы жабдықтардың 75 %-і тозған. Атмосфераның ластануы күрт төмендейді. Көмір тасымалдау қысқарады. Қазақстанның атом электрстансысын пайдалану тәжірибесі бар. 1972–1999 жылдары Ақтау маңында шапшаң нейтрондармен жұмыс істейтін реактор болды. Қазақстан бойынша электр энергиясын тұтыну көрсеткіші жыл сайын артуда.	АЭС-тардағы ірі радиациялық апаттардың орын алу ықтималдығы. Қазақстанда электр энергиясы тапшылығының болмауы. Құрылыстың қымбат болуы, АЭС-тың 1 ГВт белгіленген қуатының құны 5–5,5 миллиард долларды құрайды. Көмір генерациясының 1 ГВт құны шамамен бір миллиард долларды, ал газ генерациясы шамамен 900 миллион долларды құрайды. Энергетика министрлігінің болжамы бойынша тозған жабдықтарды ауыстыру үшін 4,3 ГВт жаңа қуаттарды енгізу қажет. Қуаты 1 ГВт АЭС құрылысы тозған энергия блоктарын толығымен алмастыра алмайды. Көмір генерациясына 5 миллиард доллар бөлу тиімді. Көмір сату және көмір өндірушілерді жұмысқа орналастыру туралы мәселе туындайды. Көмірді ядролық отынмен алмастыру мұқият ойластырылған жоспарды талап етеді.



Тапсырма

Атомдық энергетиканы қолдануға байланысты келтірілген дәлелдерді зерделеп, «Қазақстандағы өнеркәсіптік АЭС» тақырыбына эссе жазыңдар.

8-тараудың қорытындысы

Сәулелену дозасы	Радиоактивті ыдырау заңы	Шығу энергиясы
$D = \frac{E}{m}$	$N = N_0 e^{-\lambda t}$	$E_{ш} = (m_1 - m_2) \cdot c^2$
$D_{экв} = k \cdot D$	$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$	$E_{ш} = (m_1 - m_2) \cdot 931,5 \text{ МэВ}$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
D	жұтылған сәулелену дозасы	$Гр$	N	ыдырамаған бөлшектер саны	
$D_{экв}$	сәулеленудің эквиваленттік дозасы	$Зв$	N_0	бастапқы уақыт мезетіндегі бөлшектер саны	
E	сәулелену энергиясы	$Дж$	λ	ыдырау тұрақтысы	c^{-1}
k	биологиялық белсенділік коэффициенті		$E_{ш}$	шығу энергиясы	$Дж$
T	жартылай ыдырау периоды	c	m_1	реакцияға дейінгі ядро массасы	$кг$
t	ыдырау уақыты	c	m_2	реакциядан кейінгі ядро массасы	$кг$

Глоссарий

Радиоактивті элементтің белсенділігі – оның ядроларының ыдырау жылдамдығы.

Жұтылған сәулелену дозасы – сәулеленетін дене массасының бірлігінде жұтылған сәулені шығару энергиясына тең шама.

Табиғи радиоактивтілік – радиоактивті сәуле шығару арқылы бір ядролардың өздігінен басқа ядроларға айналуы.

Изотоптар – ядросы протондардың бірдей санынан, бірақ нейтрондардың әртүрлі санынан тұратын атомдар.

Жартылай ыдырау периоды – бастапқы элемент атомдарының саны екі есе кему уақыты.

Термоядролық реакция – жүздеген миллион кельвин температурасында жеңіл ядролардың бірігу реакциясы.

Токамак (магнитті шарғылары бар тор тәріздес камера) – басқарылатын термоядролық синтездеудің өтуі үшін қажетті жағдайларға жету мақсатында плазманы магнитті өрісте ұстап тұруға арналған тороидальды қондырғы.

Ядролық реакция – элементар бөлшектердің немесе басқа атом ядроларының әсерінен атом ядроларының басқа ядроға айналу процесі.

Ядролық реактор – ауыр ядролардың бөлінуі басқарылатын тізбекті ядролық реакция жүзеге асырылатын қондырғы.

НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ НАНОМАТЕРИАЛДАР

Наноматериалдарды әзірлеу мен дайындаудағы жетістіктер түрлі мақсатқа қажетті қасиеттерге сай ең жоғары дәрежеде атомдық дәлдіктегі құрылым мен өлшемде наноқұрылымдарды алуға мүмкіндік беретін технологиялардың даму деңгейімен анықталады. Ашылған құбылыстардың негізінде опто- және наноэлектроника, өлшеу техникасы, ақпараттық жаңа буын технологиялары, байланыс құралдары үшін кең функционалды мүмкіндіктері бар мүлде жаңа кванттық құрылғылар мен жүйелер құрылады. Қазіргі уақытта наноматериалдар мен нанотехнологиялар саласындағы даму физика, химия, биология, электроника, медицина және басқа да ғылымдардың бірқатар бағыттарын қамтиды. Көптеген болжамдар бойынша атом энергиясының ашылуы, лазер мен транзистордың пайда болуы сияқты өткен ғасырдың негізгі көрсеткіші болған ұқсас нанотехнологиялардың дамуы ХХІ ғасырдың бейнесін айқындайды.

Тарауды оқып білу арқылы сендер:

- наноматериалдардың физикалық қасиеттерін және оларды алу тәсілдерін түсіндіруді;
- нанотехнологияны қолдану саласын талқылауды үйренесіңдер.

§ 29. Нанотехнологиялардың негізгі жетістіктері, оның проблемалары мен даму болашағы

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- наноматериалдардың физикалық қасиеттерін және оларды алу тәсілдерін түсіндіре аласыңдар.
- нанотехнологияны қолдану саласын талқылай аласыңдар.



Бұл қызық!

МФТИ түлектері А.Гейм мен К.Новоселов 2010 жылы «екіөлшемді графен материалын зерттеудегі жаңашылдығы үшін» Нобель сыйлығын алды. Қазіргі уақытта Андрей Гейм шетелде нанотехнологиялық орталықтың директоры қызметін атқарады, Константин Новоселов – Британдық Манчестер университетінің профессоры (158-сурет).



158-сурет. А.Гейм, К.Новоселов – Нобель сыйлығының иегерлері

I Нанотехнологиялар (НТ)

Нанотехнологиялар – заттардан белгілі бір қасиеттерді алу мақсатында атомдық немесе молекулалық деңгейде өтетін манипуляциялау әдістерінің жиынтығы.

Нанотехнологияның міндеті: берілген құрылымдағы және қажет қасиеттері бар наноматериалдарды алу; наноматериалдарды олардың құрылымы мен қасиеттерін ескере отырып, белгілі бір міндетті шешу үшін қолдану; наноматериалдарды алу барысында да, оларды қолданғанда да құрылымы мен қасиеттерін зерттеуді жалғастыру.

Нанотехнологиялардың негізгі салалары: наноматериалдар, нанокұралдар, наноэлектроника, микроэлектромеханикалық жүйелер және нанобиотехнологиялар болып табылады.

II Наноматериалдар.

Наноматериалдардың физикалық қасиеттері

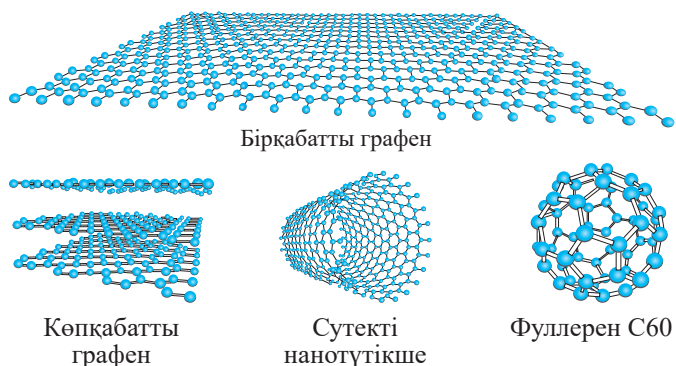
Наноматериалдар – геометриялық өлшемдері кемінде бір өлшемінде 100 нм-ден аспайтын, наноөлшемдерінің салдарынан сапалы жаңа қасиеттерге ие болатын материалдар.

Бір өлшемді (1D) және екі өлшемді (2D) наноматериалдар бар. Көміртекті нанотүтікшелер және наноталшықтар, наноөзектер, наносымдар бір өлшемді наноматериалдар деп аталады. Бір өлшемді наноматериал диаметрі бірнеше нанометр болатын, ұзындығы бірнеше микронға тең цилиндрлер. Екі өлшемді наноматериал – төсеніш бетіндегі бірнеше нанометр қалың қабат немесе пленкалар. Екі өлшемді материалдың қалыңдығы нанометр өлшемінде болуы тиіс.

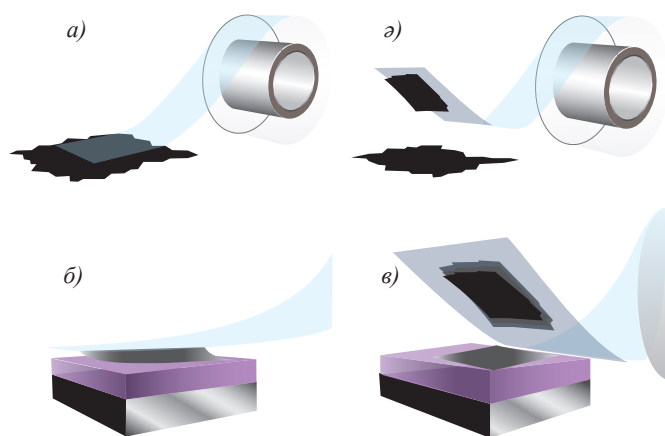
Наноматериалдар үлкен мөлшерден наноөлшемді кіші мөлшерге ауысқанда олардың механикалық, жылу және химиялық қасиеттері өзгереді. Бұл процестер аз уақыт аралығында өтеді, материалдар өте қатты немесе асқын қатты болуы мүмкін, заттың түсі, электр өткізгіштігі, жылу өткізгіштігі өзгереді.

Манчестер университетінің физиктері А.Гейм мен К.Новоселов ұсынған және зерттеген графен – болашағы зор наноматериалдардың бірі. Графен – көміртегі атомдарынан жасалған өте жұқа қабат, қалыңдығы – бір атом.

Атомдар жалпы жақтары алтыбұрыштан тұратын гексагональды құрылымды құрайды (159-сурет). Графен мыстың электр өткізгіштігінен асатын жоғары электр өткізгіштікке ие. Болатпен салыстырғанда графен жүз есе мықты, оның үзілу беріктігі 42 Н/м. Ауданы бір шаршы метр және қалыңдығы бір атомды құрайтын графен парағы салмағы 4 килограмм затты ұстап тұруға қабілетті. Оның массасы 0,77 мг болады. Графенді қағаз майлық сияқты бүгуге, бұрауға, созуға болады. Егер қағаз майлық қолда жыртылса, графен беріктігін сақтайды. Іс жүзінде графен мөлдір материал, ол көрінетін спектрдің 2%-тен артығын жұтпайды. Оның тығыздығы соншалық, гелий және сутек сияқты жеңіл газдардың өзі графен қабаты арқылы өтпейді.



159-сурет. Нанотүтікшелер және наноматериалдар



160-сурет. Жабысқыш таспамен графен алу



Өз тәжірибен

160-суретті қарастырыңдар. Жабысқыш таспа мен графит ұнтағын пайдаланып, графенді алыңдар. Графиттің жұқа қабаты – қалыңдығы бір атом графен алу үшін жабысқақ таспаның графит жағылған ұшын екінші ұшымен бірнеше рет беттестіреді. Соңында алынған көгілдір түске ие болған жұқа қабатты шыны бетіне жапсырыңдар. Алынған қабатпен зерттеулер жүргізуге болады.



Жауабы қандай?

Графен алғанда ғалымдарға не үшін тотыққан кремнийден төсеніш қажет болды?

III Наноматериалдарды алу тәсілдері

Наноматериалдар өндірісінде екі негізгі тәсіл бар: үлкен өлшемді материалдарды наноөлшемге дейін ұсақтау немесе оларды атомдар мен молекулалардан өсіру арқылы наноматериалдар алу.

Наноматериалдарды алу әдістері механикалық, физикалық, химиялық және биологиялық болып бөлінеді. Осы топтау негізінде наноматериалдарды синтездеу

процесінің табиғаты жатыр. Наноматериалдарды алудың механикалық әдістерінің негізінде үлкен деформациялаушы жүктемелердің: үйкеліс, қысым, нығыздау, тербелістің әсері жатыр. Наноматериалдарды алудың физикалық әдістері физикалық түрленулерге: булану, конденсация, күрт салқындату немесе қыздыру, балқытпаның тозаңдануына негізделді. Химиялық әдістерге негізгі ыдырау кезеңдері электролиз, қалпына келтіру, жылулық ыдырау болып табылатын әдістер жатады. Наноматериалдарды алудың биологиялық әдістері ақуызда болатын биохимиялық процестерді қолдануға негізделген.

Екі өлшемді графенді әзірлеу кезінде К.Новоселов және А.Гейм тотыққан SiO_2 кремнийінің төсенішінде «қабаттарын аршу» немесе «қабыршақтау» әдісін қолданды. Осылайша, олар екі өлшемді пленканы тұрақтандыру мәселесін шешеді. «Қабаттарын аршу» әдісі қабатталған материалдармен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Графеннің ашылуы бірегей қасиеттері бар жаңа екі өлшемді материалдардың тұтас класын жасауға мүмкіндік береді: BN, MoS_2 , NbSe_2 – екі өлшемді кристалдар.

IV Нанотехнологияны қолдану салалары

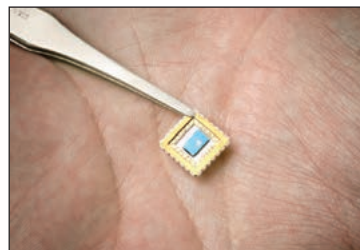
Нанотехнологиялар үлкен маңызға ие және барлық өнеркәсіп салаларында, атап айтқанда электроника, энергетика, медицина, құрылыс, автомобиль жасау салаларында қолданылуы мүмкін.

Электроника. Нанотехнологиялық процестің дамуы компьютерлік техникада микропроцессорлар үшін транзисторларды дайындау кезінде олардың көлемін 90 нм-ден 14 нм-ге дейін азайтуға мүмкіндік берді. Мұндай өлшемде кремнийдің 1 сантиметрінде миллиард транзисторларды орналастыруға болады. Наноэлектрониканың дамуы арқасында есте сақтау құрылғыларының элементар ұяшығы кішірейді. Наноматериалдарды пайдалану бірегей иілгіш, ылғал және соққыға төзімді қасиеттері бар құрылғыларды құруға мүмкіндік береді, олардың пайдалы әсер коэффициенті жоғары және қызмет ету мерзімі ұзақмерзімді болады. Ғалымдар графенді транзисторлар қазіргі заманғы кремний техникасына қарағанда шапшаң жұмыс істейтін болады деп болжайды (161-сурет). Графен түрлі салаларда оны таптырмайтын бірегей физика-химиялық қасиеттерге ие, ал оның базасында сенсорлық экрандар, икемді электрондық аспаптар жасауға болады (162-сурет). Микроэлектрониканың болашағы – графен, электрондық



Тапсырма

Ғалымдар графен қабатын төсеніштен қалай бөлгенін анықтаңдар?



161-сурет. А.Гейм алақанындағы графенді транзистор



162-сурет. Графенді иілгіш экраны бар Samsung телефоны



Бұл қызық!

Sunvault Energy компаниясы сыйымдылығы 10 мың фарад болатын әлемдегі ең ірі графенді суперконденсатор жасап шығарды. Графендік суперконденсаторлар – энергия жинақтау саласындағы революциялық серпіліс. Арзан күн панельдері мен графенді конденсаторлар миллиондаған адамдарға электрмен жабдықтау желілерінен энергетикалық тәуелсіз болу мүмкіндігін берді.

сұлбалардың элементтерін графен негізінде жасайтын болады, компьютерлерде өңделетін ақпараттың көлемі гигагерцтен терагерцке дейін артады.

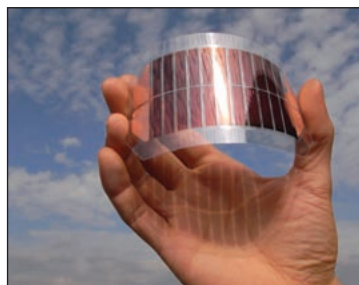
Энергетика. Нанотехнологиялар негізінде спектрдің инфрақызыл бөлігінде энергияны жұтатын Күн элементтері әзірленді. Кішкентай шаршы шиыршықтар түріндегі металл наноантенналар пластмасса төсенішке салынады. Мұндай конструкцияның ПӘК-і 80%-ке жетеді, стандартты күн батареяларының ПӘК-і тек 20% болады. Жерге сіңірілген Күн энергиясының бір бөлігі тәулік өткеннен кейін бірнеше сағат ішінде қарқынды түрде сәулеленеді; наноантенналар инфрақызыл сәулеленуге сезімтал және қарапайым Күн батареяларына қарағанда ұзақ әрекет етеді. Графеннен жасалған Күн батареялары кремний батареяларымен салыстырғанда тиімдірек, ал қалыңдығы қағаз парағындай болады (163-сурет).

Энергия жинағыштарды дайындауда үлкен перспективалар пайда болды. Кремний наноталшықтары, сондай-ақ графен негізінде жасалған зарядтау құрылғыларының сыйымдылығы бірнеше есе артты. Зарядтау уақыты 16 с-тан аспайтын графенді аккумулятор автомобильге қайта зарядтаусыз 1000 км қозғалуға мүмкіндік береді. Нанокөмпозиттердің иондық өткізгіштігін пайдаланып, шағын икемді батареялар жасалды. Көпшілік назары қайтадан ионисторларға – суперконденсаторларға ауды, нанотехнологиялар арқасында олар аккумуляторларды алмастырды. Суперконденсатордың артықшылығы бар: зарядтау үшін санаулы секунд қажет, конденсатор сыйымдылығы батарея сыйымдылығынан біршама артық (164-сурет).

Медицина. Электрониканың жетістіктерімен бірге биологиялық және медициналық білімнің үйлестірілуі нанотехнологиялар мен наноматериалдарды пайдаланып, адамның немесе жануардың денсаулығын бақылау үшін микроэлектронды құрылғылар (чиптер) жасауға мүмкіндік береді.

Болашақта нанобөлшектер ағзаның зақымданған бөлігіне дәрі-дәрмек жеткізу құралы ретінде пайдаланылады. Келешекте графен медицина саласында кеңінен, әсіресе супер төзімді имплантаттар дайындауда қолданылады.

Құрылыс. Өтас ұнтағы мен графен негізіндегі бояу материалдары ғимараттардың қасбеттерінің қорғаныш қасиеттерін арттырады, оларды атмосфералық әсерлерден, температуралардың кез келген өзгерісінен қорғауға мүмкіндік береді. Төтенше



163-сурет. Графенді күн элементтері



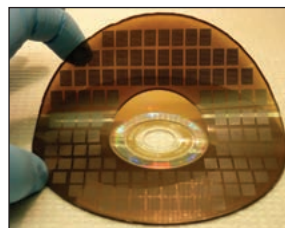
164-сурет. Ионистор – сыйымдылығы 3000 Ф суперконденсатор



Назар аударыңдар!

Графен оксиді ластанған судан радиоактивті заттарды тез жояды. Графен оксидінің үлпектері табиғи және жасанды радиоизотоптармен тез байланысады және оларды қатты заттарға айналдыра отырып конденсациялайды.

Графенді суды сүзу, теңіз суын тұщыландыру үшін пайдалануға болады.



165-сурет. CD-дискіде графен өндірісі

жағдайларда құрылыстың тозуы болмайды. Беріктігі жағынан бірегей конструкция, тростар, кабельдер және ғимараттардың арқалық элементтері классикалық құрылыс материалдарымен үйлесе отырып, әсем құрылыстар салуға мүмкіндік береді.



Бұл қызық!

Sunvault компаниясында қарапайым CD-дискіге графит жүзіп жүрген сұйық құйылды. Содан кейін диск DVD-жетекке салынды. Диск арнайы бағдарлама бойынша лазермен күйдіріліп, жұқа графен қабаты алынды (165-сурет). Фирма графенді энергия жинағыштарын 3D-баспада әдеттегі баспалық тәсілмен дайындауға қолжеткізуді көздеп отыр.

Бақылау сұрақтары

1. Нанотехнологиялар дегеніміз не?
2. Нанотехнологиялардың негізгі міндеті қандай?
3. Қандай материалдар «наноматериалдар» деп аталды?
4. Наноматериалдарды қандай жолмен алуға болады?
5. Графен дегеніміз не?
6. Наноматериалдарды практикалық қолдану мысалдарын келтіріңдер.



Жаттығу

29

1. Интернет желісінің материалдарын пайдаланып, графеннің «төлқұжатын» құрастырып, оның қасиеттері мен қолданылу саласын көрсетіңдер. Қасиеттері бойынша графенге қандай материалдар жақын?
2. Графеннің физикалық қасиеттері кестеде берілген. Қажетті мәліметтерді пайдаланып, диаметрі 1 нм, ұзындығы 1 мкм нанотүтікшенің массасын анықтаңдар. Түтікшені сындыру үшін қажет күшті бағалаңдар.

Тордың тұрақтылығы	0,246 нм
Беттік тығыздығы	0,77 мг/м ²
Юнг модулі	1 ТПа
Жылу өткізгіштігі	5,1·10 ³ Вт/(м · К)
Оптикалық өтімділігі	0,977

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптар бойынша ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар:

1. Медицинадағы нанотехнологиялар.
2. Наноматериалдарды алудың физикалық, химиялық және биологиялық әдістері.
3. Нанотүтіктердің қасиеттері және оларды қолдану.
4. «Үйде графенді қалай алуға болады» атты шеберлік сағатына дайындалу.

Графенді фильтрмен суды тазалау және тұщыландыру

Суды тез тазалайтын сүзгілерді жасау үшін бірқатар ғалымдар графенді пайдалануды көздейді. Графенді мембрананың артықшылығы – қалыңдығы 0,3 нм-ге жуық, бұл суды тазарту процесін жеделдетуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ол теңіз суын тұщытуға мүмкіндік береді. Осылайша, графен сүзгісі – теңіз саяхаттары мен сапарларда өте қажет құрал болады.

Бірақ мұндай жоғары технологиялық мембраналарды кеңінен қолдану кезінде жұқа материал бүлінуі, пайда болған саңылаулар арқылы ластану орын алуы мүмкін. Массачусетс технологиялық институтының инженерлері химиялық тұндыру нәтижесінде оларды полимерлермен толтырып, үзілуді қалпына келтіру тәсілін тапты, бірақ бұл әдіс әзірше мембрананың жай-күйі және тазалау процесіне тұрақты бақылау жүргізілетін зертханалық жағдайда ғана тиімді (166-сурет).

Сент-Луистегі Вашингтон университетінің инженерлері целлюлоза мен графен оксидінен тұратын биопленка жасап шығарды. Лас немесе тұздалған су қоймаларына жапқан кезде пленка сүзгі өзіне суды сіңіреді, одан кейін Күн сәулесінің әсерінен жоғарғы қабатта су буланады, сүзгіште – пленканың төменгі қабатында тұз бен қоспалар қалады. Биопленка арқылы бактерияларды жою үшін инженерлер графеннен да басқа нанокұрылымды материалдардың қоспасын қолдану керек деген шешімге келді. Кез келген ластанған көзден қауіпсіз ауыз су өндіру үшін пленка сапасын жақсарту жұмысы жалғасуда.



166-сурет. Суды тазарту және тұщыландыруға арналған графенді биопленка



Жауабы қандай?

Графенді мембраналарды өндіру процесі барынша қарапайым болған жағдайда суды тазарту және тұщыту технологиясы қалай өзгеруі мүмкін?

Нанотехнологияның даму тарихы

1974 жылы жапон физигі Н.Танигучи «нанотехнология» терминін енгізді.

1981 жылы неміс физиктері Г.Бинниг пен Г.Рорер сканерлейтін тунельдік микроскоп (СТМ) жасады, ол атомдық деңгейде заттың көшірмесін жасауға мүмкіндік берді.

1985 жылы фуллерен қосылыстарының жаңа класын ашқаны үшін америкалық химик Р.Керл, британдық химик Х.Крото және 1986 жылы америкалық физик Р.Смолли Нобель сыйлығын алды.

1986 жылы сканерлейтін атомдық-күштік микроскоптың шығуы зерттелетін материалдардың түрлерін кеңейтті.

1988 жылы француз және неміс ғалымдары А.Ферт және П.Грюнберг алып магниттік кедергі эффектісін ашты, содан бастап магниттік наноленкалар және наносымдар магнитті жазба құрылғыларын жасау үшін пайдаланылды.

1991 жылы жапон зерттеушісі С.Иидзума көміртекті нанотүтікшелерді ашты.

1998 жылы голландиялық физик С.Деккер нанотүтікшелер негізінде алғашқы транзистор құрды.

2004 жылы С.Деккер көміртекті нанотүтікшелерді ДНҚ-мен біріктіріп, бионанотехнологияларды дамыту бастамасына негіз салды.

2004 жылы Ресей физиктері: Нидерланд азаматы А.К.Гейм және Ұлыбритания азаматы К.С.Новоселов «графен» атты жаңа материал ашты, оның қасиеттерін зерттегендері үшін олар 2010 жылы олар Нобель сыйлығын алды.



Жауабы қандай?

Егер графенді мембраналарды өндіру процесі барынша қарапайым болған жағдайда суды тазарту және тұщыту технологиясы қалай өзгеруі мүмкін?

9-тараудың қорытындысы

Глоссарий

Графен – көміртегі атомдарынан жасалған өте жұқа қабат, қалыңдығы бір атом.

Нанотехнологиялар (НТ) – заттардан белгілі бір қасиеттерді алу мақсатында атомдық немесе молекулалық деңгейде өтетін манипуляциялау әдістерінің жиынтығы.

Наноматериалдар – кемінде бір өлшемдегі геометриялық өлшемдері 100 нм-нан аспайтын, наноөлшемдердің салдарынан сапалы жаңа қасиеттерге ие болатын материалдар.

КОСМОЛОГИЯ

Ғалымдардың айтуынша, Әлем Үлкен жарылыстан кейін 14 миллиард жыл бұрын пайда болды. Жыл сайын Әлем туралы білім кеңейе түсуде. Жерүсті және ғарыштық телескоптар барлық жұмбақтарды: жұлдыздың жарылысын, алып массалы қара құрдымдарды және аса жылдам газ ағындарын айқындауға мүмкіндік беретін сигналдарды тіркейді. XX ғасырдың басында телескоптар біздің галактикадан тыс әлемді тануға мүмкіндік берді. Әлемді соңына дейін тану мүмкін емес, оның жасы жүз миллиард жылдардан асады және миллиардтаған жарық жылдарына созылған көптеген галактикаларға толы. Космология – Әлем қасиеттері мен эволюциясын зерттейтін астрономияның бөлімі.

Тарауды оқып білу арқылы сендер:

- көрінерлік және абсолют жұлдыздық шамалар ұғымдарын ажыратуды;
- көрінерлік және абсолют жұлдыздық шамаларды анықтау үшін формулаларды қолдануды;
- жұлдыздар эволюциясын түсіндіру үшін Герцшпрунг – Рассел диаграммасын қолдануды;
- қара құрдымдар, нейтронды жұлдыздар және асқынжаңа жұлдыздардың қасиеттерін сипаттауды;
- арақашықтықты анықтау үшін «қарапайым май шамдар» әдісін пайдалануды сипаттауды;
- Әлемнің үдемелі кеңеюі мен қараңғы энергия туралы пікірталасты және берілген астрономиялық бақылауларға сүйене отырып, Әлемнің кеңеюі туралы болжамды талқылауды;
- Хаббл заңын қолданып, Әлемнің жасын бағалауды;
- микротолқынды фондық сәулелену туралы ақпаратты қолданып, Үлкен Жарылыс теориясын түсіндіруді үйренесіңдер.

§ 30. Жұлдыздар әлемі. Жұлдыздық шамалар. Айнымалы жұлдыздар

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- көрінерлік және абсолют жұлдыздық шамалар ұғымдарын ажырата аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Ертеректерде жұлдыздардың орналасуы туралы қандай түсінік болды?
2. Жұлдызды дұрыс сипаттау үшін неге оған дейінгі қашықтықты білу керек?

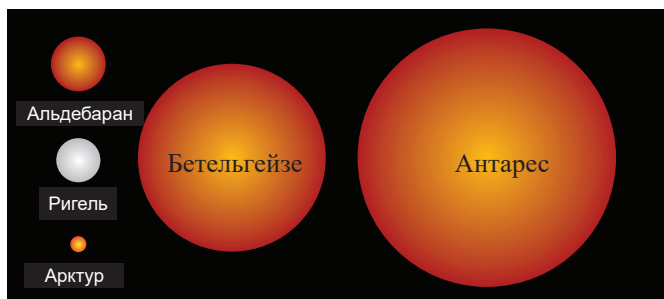


1-тапсырма

1. Интернет немесе анықтамалық әдебиетті пайдаланып, Антарес өлшемі мен массасы бойынша Күннен қанша есе үлкен екенін анықтаңдар?
2. Антарес Күннен қандай қашықтықта орналасқан?

I Жұлдыздар әлемі

XIX ғасырдың орта тұсында телескоптардың қуатының артуына байланысты жаңадан көптеген жұлдыздар ашыла бастады. 6-жұлдыздық шамаға дейінгі жұлдыздар саны 6000-дай, 11-жұлдыздық шамаға дейінгілер миллиондай, ал 24-жұлдыздық шамаға дейінгілер 2 миллиардқа жуық. XIX ғасырда ғалымдар жұлдыздардың шынайы жарықтылығы Күнмен бірдей, ал байқалатын жарықтығы олардың қашықтығына байланысты деп саналды. Бұл болжамдар қате тұжырымдарға алып келді, өйткені көптеген жұлдыздардың жарқырауы шын мәнінде Күннің жарықтығынан айтарлықтай асып түсті (167-сурет). Жұлдыздардың негізгі сипаттамалары: қашықтық, жарқырауы, түсі, өлшемі, салмағы, жасы, құрылысы бойынша жұлдыздарды зерттеу мен жіктеу оларға дейінгі қашықтықты анықтау мәселесін шешудің бірінші сатысы болды.



167-сурет. Жұлдыздар массасы мен өлшемі бойынша ерекшеленеді

II Жұлдыздардың негізгі сипаттамалары. Жұлдыздың көрінерлік және абсолют шамалары. Жұлдыздың жарқырауы

Жұлдыздардың көрінерлік жарықтығы оларға дейінгі қашықтық бойынша ғана емес, олардың жарқырау айырмашылығымен де ерекшеленеді.

Жұлдыздың жарқырауы L деп уақыт бірлігінде сәулеленген энергияны атайды.

Жұлдыздың жарқырауы – жарық энергиясының сәулелену қуаты.

Жарқырау Вт немесе Күн жарқырауының бірлігімен өлшенеді. Күн сәулесінің жарқырауы $3,86 \cdot 10^{26}$ Вт.

Егер екі жұлдыз бірдей жарқыраса, онда бізден алыс жұлдыздың көрінетін жарқырауы аз болады. Егер жұлдыздардың көрінерлік жарығын есептесе, онда **жұлдыздық шама** деп аталатын қандай да бір стандартты қашықтық үшін жұлдыздарды жарқырауы бойынша салыстыруға болады. Осы қашықтық 10 пк деп саналады.

Қандайда бір жұлдызды ойша Жерден 10 пк қашықтықта орналастырғанда оның көрінерлік жұлдыздық шамасы M абсолюттік жұлдыздық шама деген атау алды.



Жауабы қандай?

Неге астрономияда абсолют жұлдыздық шамасы ұғымы енгізілді?



2-тапсырма

1. Күннің абсолют шамасы 5-ке тең екенін дәлелдеңдер. Жұлдыздың көрінерлік шамасын $m = -26,6$ деп алыңдар.
2. Алтын балықтың S жарқырауын Вт-пен анықтаңдар.

1-шамадағы жұлдыздардың жарқырауы 6-шамадағы жұлдыздардан 100 есе жарық болса, онда бір жұлдыздық шамаға айырмашылығы бар жұлдыздардың көрінерлік жарқылы $\sqrt[3]{100} \approx 2,512$ есе ерекшеленеді. Екі жұлдыздың жарқырау қатынасы жұлдыздардың көрінерлік шамаларының арақатынасымен байланысты:

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}. \quad (1)$$

мұндағы m_1 және m_2 – көрінерлік жұлдыздық шамалар.



3-тапсырма

Аса жарқырауық кейбір жұлдыздардың көрінерлік және абсолют шамаларын кестеден қараңдар. Жұлдыздарды абсолют шамаларының кему ретімен орналастырыңдар. Күн қандай орынды иеленеді?

Жұлдыздардың аталуы	Көрінерлік жұлдыздық шама	Абсолют жұлдыздық шама
Күн	-26,72	+4,83
Сүмбіле А	-1,5	+1,44
Канопус	-0,74	-5,71
Арктур	-0,05	-0,3
Альфа Центавр А	+0,01	+4,38
Вега	+0,03	+0,58
Ригель	+0,13	-7,8
Процион А	+0,34	+2,6
Бетельгейзе	+0,5	-5,47
Альдебаран	+0,86	-0,6
Антарес А	+0,9	-5,15
Поллукс	+1,14	+1,08
Денеб	+1,25	-8,38

(1) формуланы пайдаланып, D және 10 парсекке тең қашықтықтағы бір жұлдыздың жарқырауы үшін мына қатынасты жазамыз, $D_0 = 10$ пк:

$$\frac{I}{I_0} = 2,512^{M-m}, \quad (2)$$

мұндағы M – абсолют жұлдыздық шама, m – көрінерлік жұлдыздық шама.

Жұлдыздардың жарқырауы немесе сәулелену қарқындылығы оған дейінгі қашықтық квадратына кері пропорционал, сондықтан мына қатынас орындалады:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{D_0^2}{D^2}. \quad (3)$$

(2) және (3) тендеулерді бірге шеше отырып, жұлдызға дейінгі қашықтық пен оның параллаксы арқылы жұлдыздың абсолют және көрінерлік шамалары арасындағы байланыс формулаларын табамыз:

$$M = m + 5 - 5 \lg D \quad (4)$$

немесе

$$M = m + 5 + 5 \lg p. \quad (5)$$

Күн үшін $M = 5$, демек, 10 пк қашықтықта Күн 5-шамадағы жұлдыз ретінде көрінеді.

Абсолют жұлдыздық шамасы бойынша Күннің жарықтылығы бірлігіндегі жұлдыздың жарқырауын есептеуге болады:

$$L = 2,512^{5-M}. \quad (6)$$

Зерттеулер жұлдыздардың жарқырауы бойынша бір-бірінен ондаған миллиард есе ерекшеленетінін көрсетеді. Жұлдыздық шамаларда бұл айырмашылық 26 бірлікке жетеді.

Жарқырауы өте жоғары жұлдыздардың абсолют шамалары теріс және $M = -9$ мәніне дейін жетеді. Мұндай жұлдыздар *алыптар* және *асқыналыптар* деп аталады. Алтын балық жұлдызының сәулеленуі Күннің сәулеленуінен 500 000 есе күшті, оның жарқырауы $L = 500\,000$ Күн жарқырауына тең. Ең аз сәулелену қуаты абсолют жұлдыздық шамалары $M = +17$ болатын ергежейлі жұлдыздарға тән және олардың жарқырауы $L = 0,000013$ Күн жарқырауына тең болады.

III Жұлдыздардың түсі, спектрлері және температурасы

Жұлдыздардың түстері әртүрлі. Бұл сәулелену спектрінде энергияның таралуы бойынша жұлдыздардың температурасын анықтауға мүмкіндік береді. Салыстырмалы салқын жұлдыздарда спектрдің қызыл аймағында сәулеленуі басым. M класты салқын қызыл жұлдыздардың спектрінде беткі температурасы 3000 К-ге жуық қарапайым екіатомды молекулалардың жұтылу жолақтары, көбінесе титан оксиді көрінеді. Басқа қызыл жұлдыздардың спектрінде көміртек немесе цирконий оксиді басым. Антарес, Бетельгейзе – M класының қызыл жұлдыздары.

G класты сары жұлдыздардың спектріндегі жұлдыздардың беткі температурасы 6000 К, оған Күн де жатады, металдардың: темір, кальций, натрий және т.б. спектрінің жұқа сызықтары басым, түсі және



Жауабы қандай?

1. Неліктен жұлдыздар спектрі әртүрлі?
2. Жұлдыздардың сәулеленуі бойынша нені анықтауға болады?

температурасы бойынша Күнге ұқсайтын жұлдыз Арбакеш шокжұлдызындағы жарқыраған Капелла болып табылады.

Сүмбіле (Сириус), Вега және Денеб сияқты A класты ақ жұлдыздардың спектрінде сутегі сызықтары өте күшті. Ал иондалған металдардың сызықтары әлсіз. Мұндай жұлдыздардың беткі температурасы, шамамен 10 000 К-ге жуық.

Температурасы, шамамен, 30 000 К ең ыстық, көгілдір жұлдыздардың спектрінде бейтарап және иондалған гелий сызықтары көрінеді.

Көптеген жұлдыздардың температурасы 3000 К-нен 30 000 К-ге дейінгі аралықта болады. Температурасы 100 000 К-ге жуық жұлдыздар саны аз.

Жұлдыздар спектрлерінің бір-бірінен айырмашылығы өте көп. Спектр бойынша жұлдыз атмосферасының химиялық құрамы мен температурасын анықтауға болады. Сәулеленудің спектрлерін зерттеу барлық жұлдыздардың атмосфераларындағы басым элементтер сутегі мен гелий екенін көрсетті. Жұлдызды спектрлердің айырмашылығы олардың химиялық құрамының әртүрлілігімен емес, жұлдызды атмосфералардағы температура мен басқа да физикалық шарттардың айырмашылығымен түсіндіріледі. Бір химиялық элементтің атомдары мен иондарының жұтылу сызықтарының қарқындылығын салыстыру жолымен олардың салыстырмалы санын теориялық тұрғыдан анықтайды. Жұлдыз спектрлерінің күңгірт сызықтары бойынша атмосфералардың температурасын анықтауға болады.

IV Айнымалы-қос жұлдыз.

Жұлдыздардың массалары мен өлшемдері

Егер қос жұлдыз үшін әрбір жұлдыздың орбитасын және оның айналу периодын анықтай алсақ, онда Кеплер заңдары мен сақталу заңдарын пайдалана отырып, жұлдыздардың массаларын есептеуге болады.

Ең көп зерттелген жүйелер – спектралды-қос жұлдыздар. Оларды айнымалы-қос жұлдыздар немесе β Персейдің типтік өкілінің атауы бойынша Алгольдер деп атайды. Қос жұлдыз ортақ массалар центрін айнала қозғалған кезде бір-бірін кезекпен жауып, тұтылады да, олардың жалтырауы өзгереді. Уақыт өте келе жалтыраудың қисықтық өзгеруін талдау жұлдыздардың өлшемдері мен жарықтылығын, орбитаның өлшемдерін, оның пішінін және көру сәулесінің көлбеулігін, сондай-ақ жұлдыздардың массасын анықтауға мүмкіндік береді. Ал осы уақытқа дейін дара жұлдыздың массасын анықтаудың тікелей әдісі жоқ, әдетте, нысанды түсі бірдей және осы спектральды кластағы жұлдыздармен салыстырып, жуықтап бағалайды.

Тұтылатын қос жұлдыз үшін тағы бір мүмкіндік бар. Егер құраушылардың орбиталық жылдамдықтарын анықтау мүмкін болса, онда радиус тұтылудың ұзақтығы бойынша анықталады. Әдістің ыңғайлылығы: алдын ала жұлдызға дейінгі қашықтықты анықтамай-ақ жұлдыздардың радиустарын өлшеуге болады.



Жауабы қандай?

Неге спектрлік қос жұлдыздар зерттелген?



4-тапсырма

1. Параграфтың IV бөлігін оқып, айнымалы жұлдыздардың түрлерін атаңдар. Оларды неге айнымалы деп атайды, жұлдыздармен (немесе жұлдыздарда) қандай процестер болады?
2. Айнымалыға жатқызуға болатын жұлдыздардың басқа түрлері бар ма? Бұл жұлдыздардың жарқырауының өзгеру себебі қандай?

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Сүмбіле Бетельгейзеге қарағанда қанша есе артық жарқырайды?

Берілгені:

$$m_1 = -1,5$$

$$m_2 = 0,5$$

$$\frac{I_1}{I_2} = ?$$

Шешуі:

Екі жұлдыздың көрінерлік жарықтылығын салыстыру олардың көрінерлік жұлдыздық шамаларының айырымымен анықталады:

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}.$$

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{0,5 - (-1,5)} = 2,512^2 = 6,31.$$

Жауабы: $\frac{I_1}{I_2} = 6,31$ есе.

Бақылау сұрақтары

1. Жұлдыздарды қандай сипаттамалары бойынша жіктейді?
2. Жұлдыздардың жарқырауы деп нені айтады?
3. Жұлдыздардың көрінерлік шамасы деп нені айтады? Жұлдыздардың абсолют шамасы деп ше?
4. Жұлдыздың шынайы жарқырауын қалай анықтайды?



Жаттығу

30

1. Сүмбіле Альдебаранға қарағанда, Күн Сүмбілеге қарағанда қанша есе артық жарқырайды?
2. Бір жұлдыз екіншісінен 16 есе артық жарқырайды. Олардың жұлдыздық шамаларының айырмашылығы неге тең?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар:

1. Жұлдыздың түзілуі, дамуы мен өшуі. Ақ ергежейлілер мен қара құрдым құпиялары.
2. Жұлдыз энергиясы.
3. Жаңа және асқынжаңа жұлдыздар – айнымалы жұлдыздар.

§ 31. Герцшпрунг – Рассел диаграммасы.

Асқынжаңа, нейтрондық жұлдыздар. Қара құрдымдар

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- жұлдыздар эволюциясын түсіндіру үшін Герцшпрунг – Рассел диаграммасын қолдана аласыңдар;
- қара құрдымдар, нейтронды жұлдыздар және асқынжаңа жұлдыздардың қасиеттерін сипаттай аласыңдар.

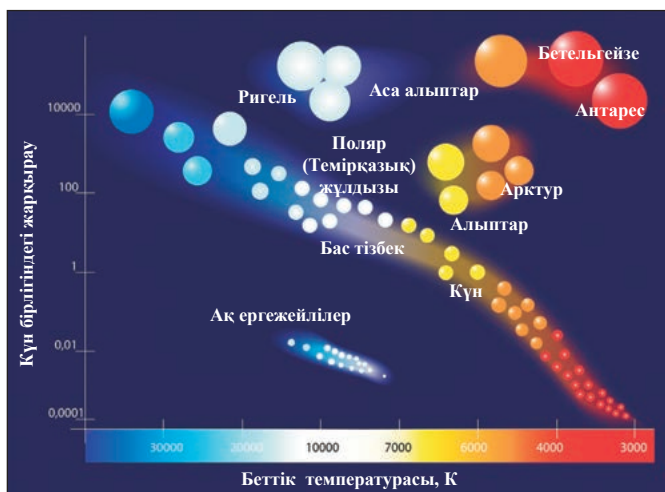
I Герцшпрунг – Рассел диаграммасы

Даниялық астроном Э.Герцшпрунг 1905 жылы абсолют жұлдыздық шама мен жұлдыздардың спектрлік класы арасындағы тәуелділікті анықтады. Жұлдыздардың жарқырауының олардың температурасына тәуелділігі графигінде жұлдыздар *бас тізбек деп* аталған тар жолақта орналасты, оның оң жақ ұшында – жарықтылығы мен температурасы аз жеңіл жұлдыздар, ал сол жақ ұшында температурасы мен жарықтылығы жоғары көлемді жұлдыздар орналасқан (168-сурет).



1-тапсырма

Герцшпрунг – Рассел диаграммасын қарастырыңдар. Жұлдыздардың жарқырауы қалай олардың температурасына байланысты екенін анықтаңдар. Неге бір спектрлік класс жұлдыздарының жарқырауы айтарлықтай ерекшеленеді? Диаграмма жұлдыздың эволюциясымен қалай байланысады: түзілуі, тіршілігі және оның өшуі.



168-сурет. Герцшпрунг – Рассел диаграммасы

Герцшпрунгтың өте маңызды нәтижесі – жұлдыздарды жарқырау кластары бойынша ергежейлі мен алыптарға бөлуі. Бір спектрлік кластағы жұлдыздардың жарқырауының бір-бірінен айырмашылығы мың есе болуы мүмкін. Беткі температурасы бірдей болғанда, оны тек радиустарының өте үлкен айырмашылығымен түсіндіруге болады. Герцшпрунг идеясын АҚШ-тағы Принстон университеті обсерваториясының директоры Генри Норрис Рассел дамытты, ол «спектр – абсолют жұлдыздық шама» диаграммасын зерттеді. Кейіннен бұл диаграмма *Герцшпрунг – Рассел диаграммасы* деп аталды.

Диаграмма жұлдыздардың орналасуы олардың күйі туралы ақпаратты жазудың көрнекі әрі ыңғайлы



Жауабы қандай?

1. Жұлдыздардың жарқырауы, өлшемі, массасы өзгереді ме?
2. Жұлдыздар қалай пайда болады?
3. Неліктен жұлдыздарда термоядролық реакциялар болады, ал планеталарда болмайды?

жолы ғана емес, Рассел диаграммада эволюциялық бірізділік бар деп болжады. Жұлдыз диаграмманың жоғарғы бөлігінде қызыл алыптар аймағынан бас тізбектегі көгілдір асқыналыптардың класына қарай қозғалып, гравитация әсерінен сығыла отырып, қызады. Содан кейін ол диагональ бағытта бас тізбекпен түсіп, қазір сары ергежейлі – Күн тұрған фазадан өтіп, қызыл ергежейлілер фазасына түсіп, ақ ергежейлілерге – көрінбейтін, жанып кеткен нысанға айналады. Бұл диаграмма жұлдыздық эволюция моделін жасаудың алғашқы талпыныстарының бірі болды.

II Жұлдыздардың эволюциясы

Астрофизикада жұлдыздардың тіршілік циклінің жалпы бейнесі бұрыннан белгілі: жұлдыздар түзіледі, тіршілік етеді және өледі.

Жұлдыздың түзілуі. Барлығы молекулалық бұлттан – сутегі молекуласы бар тығыз жұлдызаралық газдан басталады (169-сурет). Бұлтта гравитациялық күштің әсерінен ауырлық центрі қалыптасады. Бұл процесс жақын орналасқан асқынжаңа жұлдыздардың жарылысынан болатын соққы толқынының әсерінен болуы мүмкін. Қоршаған зат осы центр маңында айнала бастайды және оның бетінде қабаттар түзеді, температурасы мен жарқырауы үнемі артып отыратын сфералық ядро – «протожұлдыз» құрылады. Ядроның ішінде жоғары қысыммен температура миллион градусқа жеткенде, протожұлдыздар ортасындағы термоядролық реакция энергиясы оның бетіне жетеді. Әлемде толыққанды жас жұлдыз пайда болады.

Жұлдыз тіршілігі. Жұлдыз олардың өмір сүру уақытының 90%-н құрайтын ең ұзақ кезеңге енеді. Бұл Герцшпрунг – Рассел диаграммасындағы басты бірізділікке сәйкес келетін тұрақты жағдай. Бұл кезеңде термоядролық реакциялар аймағында сутегінің біртіндеп жануы орын алады.

Жұлдыздың өшуі. Жұлдыздарда сутегі толығымен жанып біткенде, одан әрі даму жарқылдың массасына тікелей байланысты. Жұлдыздың массасы неғұрлым аз болса, оның «өмірі» соғұрлым ұзақ болады.

Қызыл ергежейлілер – массасы Күн массасының жартысынан кем жұлдыздар, олар үлкен жарылыс болғаннан бері әлі өшпеді. Есептеулер мен компьютерлік модельдерге сәйкес, мұндай жұлдыздар термоядролық реакциялардың әлсіз қарқындылығынан ондаған миллиард жылдан он триллион жылға дейін өзіндегі сутекті біртіндеп жандырады, ал соңында бірден өшуі мүмкін.

Ақ ергежейлілердің түзілісі қызыл ергежейлілерге ұқсас – тыныштықта миллиард-триллион жыл бойы жанады, егер жақын жұлдыз-серіктес болса, онда оның есебінен ақ ергежейлілер өз массасын арттырады.

Күннің орташа массасының жартысынан бастап, он есеге дейін артық массасы бар сары жұлдыздардың центрінде сутек жанып біткеннен кейін құрамындағы неғұрлым ауыр химиялық элементтер – алдымен гелий, одан кейін көміртек, оттегі және одан



169-сурет. Жұлдыз түзілудің белсенді облысы №44/©ESO, NASA

кейін массасына байланысты темір-56-ға дейінгі элементтер жана бастайды. Сары жұлдыздар үшін Герцшпрунг – Рассел диаграммасындағы басты тізбектен кейінгі кезең – қызыл түсті алыптар сатысына өту. Жанатын отынның, яғни сутектің басқа заттарға алмасуы жұлдыздың айтарлықтай өзгеруіне әкеледі, бұл өшер алдындағы агония. Жұлдыз біресе жүздеген есе кеңейіп, қызыл болады, одан кейін қайтадан сығылады. Жарықтылығы мың есе артады, одан соң қайтадан кемиді. Осы процестің соңында қызыл алыптың сыртқы қабаты аршылып, планетарлық тұмандық қалыптасады (170-сурет). Ортасында жалаң ядро – шамамен жарты Күн массасындай және радиусы Жер радиусына тең ақ ергежейлі қалады.

Қызыл алыптар – шамамен 12 Күн немесе одан да көп массасы бар және ядро массасы 1,44 Күн массасына тең болатын, Чандрасекар шегінен асатын жұлдыз. Мұндай жұлдыздар асқынжаңа жұлдызға айналып, жиналған энергияны қуатты термоядролық жарылыс нәтижесінде шығарады (171-сурет). Көптеген жарық жылдарына кететін алыс қашықтыққа үлкен күшпен жұлдыздық заттарды шашатын асқынжаңа жұлдыз қалдықтарының ортасында ақ ергежейлі емес, радиусы 10-20 километрді құрайтын өте тығыз нейтронды жұлдыз қалады.

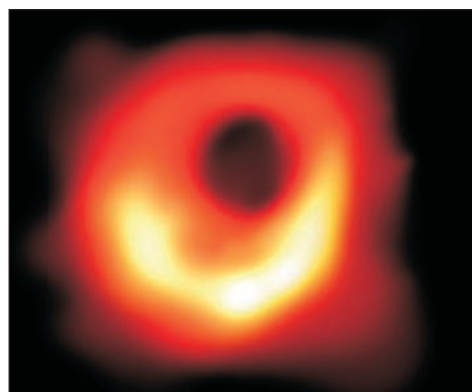
Қызыл аса алыптар массасы 30 Күн массасындай, ал ядросының массасы Күннің 2,5-3 еселік массасына тең Оппенгеймер-Волков шегінен асатын жұлдыз өзінен кейін жарылыс қалдығы ретінде қара құрдым қалдырады. Жарылған жұлдыз ядросының қатты сығылатыны соншалықты, коллапсқа тіпті нейтрондар да түседі және пайда болған қара құрдымның шегінен ештеңе, тіпті жарықта шыға алмайды. Қара құрдым суреті алғаш рет 2019 жылдың сәуір айына қарай ЕНТ-Event Horizon Telescope жобасының 25 жылдық жұмысының нәтижесінде алынды. Оңтүстік полюстен Испанияға дейін орналастырылған 8 радиотелескоп қара құрдымдар туралы деректер жинады (172-сурет).



170-сурет. Лира шоқжұлдызындағы планетарлық тұмандық M57



171-сурет. NGC 4526 галактикасының шегінде асқынжаңа жұлдыз SN 1994D /©NASA



172-сурет. M87 галактикасының центрінде Бикеш шоқжұлдызындағы қара құрдымның суреті.

Фото: Event Horizon Telescope Collaboration



Жауабы қандай?

Неге темірді кейде «термоядролық жану күлі» деп атайды?

Көгілдір аса алыптар – ерекше көлемді жұлдыздар – қызыл аса алыптар сатысынан секіріп өтіп, қара құрдымға айналатын асқынжаңа жұлдыздай жарылуы мүмкін.

III Асқынжаңа жұлдыздар

1919 жылы белгілі швед астрономы Лундмарк Галактикада «жаңа жұлдыздардан» басқа, жарқылының жиілігі өте үлкен, кейде жарқырауы ондаған мың есе көп жұлдыздар жарқырайды деген болжам айтты.

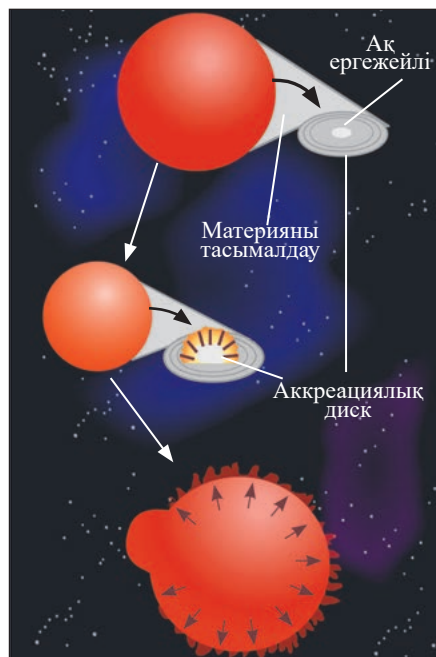
1934 жылы америкалық астрономдар Цвикки мен Бааде мұндай жұлдыздарды «асқынжаңа жұлдыздар» деп атауды ұсынды. Лундмарк пен оның ізбасарларының еңбектері біздің Галактикамызда соңғы 1000 жылда жоқ дегенде 6 асқынжаңа жұлдыздардың жарылыстары 1006, 1054, 1181, 1572, 1604 және 1667 жылдары болғанын дәлелдейді. Астрономия тарихында 1054 жылы жарылыс орнында шаян тәріздес тұмандықтың түзілуі асқынжаңа жұлдыздардың маңызы ерекше екенін көрсетеді.

Асқынжаңа жұлдыздар екі түрге бөлінеді: асқынжаңалардың I түрі – массасы салыстырмалы түрде шағын ескі аспан нысандары. Бұл көршілес жұлдыздар арқылы энергия массасын арттыратын ақ ергежейлілер (173, а-сурет). II түрі – массасы Күн массасынан айтарлықтай аса ауыр жас нысандар (173, ә-сурет).

2-түрдегі асқынжаңа жұлдыздар спиральді галактикалардың тармақтарында 1-түрдегілер эллипстік және «дұрыс емес» галактикалар түрінде тұтанады. Өйткені эллипстік галактикаларда жұлдызаралық орта жоқ, сондықтан жұлдыздың түзілу процесі бірден тоқтап қалады.

Демек, мұндай галактиканың жұлдыздық ортасы – массалары шағын өте ескі жұлдыздар. II түрдегі асқынжаңа жұлдыздар газдық шаңнан жұлдыз пайда болатын спиральді (шиыршықты) тармақтарда болады. Осы түрдегі асқынжаңа жұлдыздардың жасы бірнеше ондаған миллион жылдан аспайды.

I түрдегі асқынжаңа жұлдыздар спектрлерінің II түрдегілердің спектрлерінен маңызды айырмашылығы – біріншілердің сәуле шығару спектрінде сутектің қарқынды сызықтары



а) I түрдегі асқынжаңа жұлдыздар



ә) II түрдегі асқынжаңа жұлдыздар

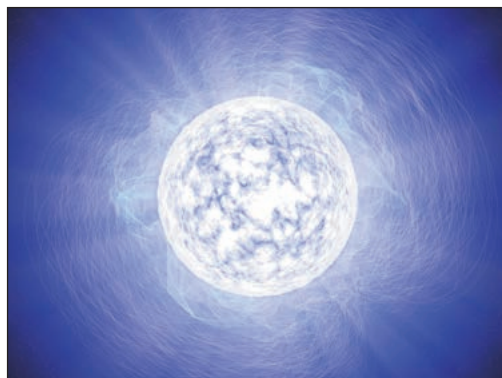
173-сурет.

болмайды, олар екіншілеріне ғана тән. Бұл I түрдегі асқынжаңа жұлдыздардың су-тектің жанып кеткен нысандары екенін көрсетеді.

IV Нейтрондық жұлдыздар

Асқынжаңа жұлдыздардың жарылыстары нейтрондық жұлдыздардың – ғарыштық объектілердің түзілуімен қатар жүретінін теоретиктер болжаған. Астрономдар нейтрондық жұлдыздар нақты анықталғанға дейін үш жүз жыл бұрын теоретиктер бізге арнап, олардың бар екендігін қағазға жазып кеткен болатын. Нейтрондық жұлдыздарды астрономиялық бақылаулармен табу қиын, себебі олардың өлшемі шамамен 10 км ғана. Нейтрондық жұлдыздарды оптикалық әдістермен анықтаудың барлық талпыныстары сәтсіздікке ұшырады.

Гравитациялық коллапс нәтижесінде пайда болған нейтронды жұлдыз бірнеше миллиард кельвинге тең аса жоғары температураға ие болуы тиіс. Виннің ығысу заңы бойынша сәулелену максимумы қатаң рентгендік сәулелену аймағына келеді. Рентгендік астрономияның пайда болуы нейтрондық жұлдыздарды анықтауға және сол арқылы олардың өмір сүруінің шынайылығын дәлелдеуге мүмкіндік берді (174-сурет).



174-сурет. Нейтрондық жұлдыз

V Қара құрдымдар

Қара құрдым – гравитациялық тар-тылыстың күштілігі соншалықты зат немесе сәулелену осы аймақты тастап кете алмайтын кеңістік аймағы.

Жарылыс болған нысанның радиусы «гравитациялық радиустан» аз болуы тиіс. Гравитациялық радиустың мәні әдеттегі физикалық денелердің өлшемімен салыстырғанда өте аз, мысалы, Күн үшін оның мәні 3 км, ал Жер үшін гравитациялық радиус 1 см-ді құрайды. Осы себепті зертханада қара құрдым моделін жасау және зерттеу іс жүзінде мүмкін емес, қара құрдымның қасиеттері тек теориялық тұрғыдан зерттеледі. Есептеулерге сүйенсек, ірі жұлдыздар термоядролық отын сарқылғаннан кейін өзіндік тартылыстың әсерінен гравитациялық радиус өлшеміне дейін сығылуы мүмкін. Қара құрдымның болу фактісі ешбір күмән туғызбайды, олардың қасиеттерін практикалық зерттеу әлі алдағы мәселелердің бірі болып отыр.

Бұл қызық!

Біздің Құсжолы галактикасының орталық бөлігінде қара құрдым Мерген А* бар. Оның салмағы Күн массасынан 4,31 миллион есе асып түседі. Мұндай нысандар басқа галактикалардың ең ірі спиральді және эллиптикалық түрлерінің орталық бөліктерінде кездеседі.



Жауабы қандай?

1. Неге көк және қызыл алыптарда планеталар табылған жоқ? Ақ ергежейлілерде ше?
2. Күннің ақ ергежейліге айналуы кезінде Күн жүйесінің планеталарында қандай болады?
3. Күн өз эволюциясында өшкенге дейін қандай кезеңдерден өтуі керек?

Қара құрдымдар туралы бірнеше математикалық теоремалар дәлелденген. Олардың екеуі мынадай:

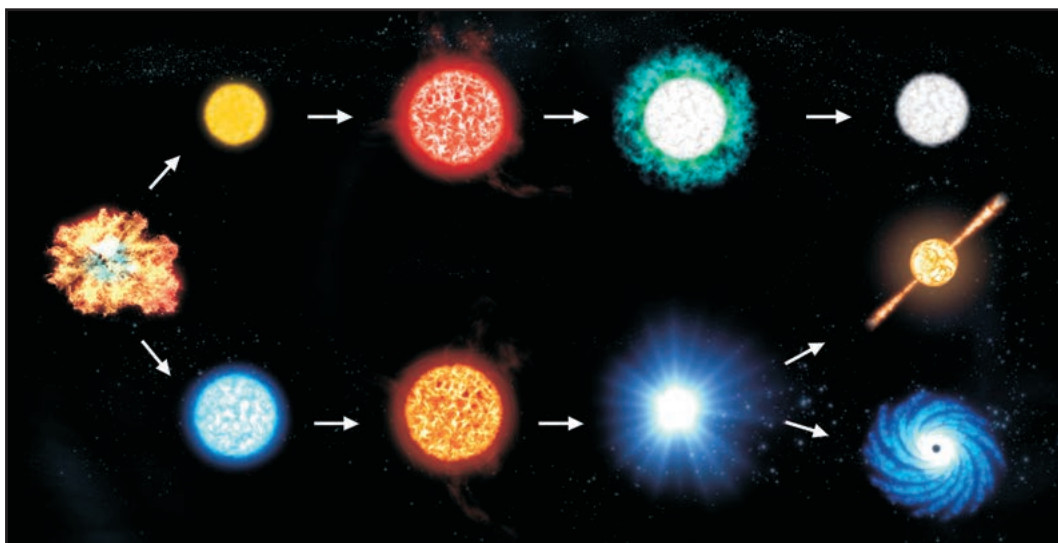
1-теорема. Түзілген қара құрдым ешқашан бұзыла алмайды. **2-теорема.** Бір қара құрдым ешқашан екі қара құрдымға бөлінбейді, бірақ кері процестің болуы мүмкін. Ағылшын теоретигі Хоукинг бірінші

теореманың дұрыс емес екенін көрсетті: қандай да бір жолдармен түзілген өте аз массадағы қара құрдымдар уақыт өте келе «буланады» және жоқ болады.



2-тапсырма

175-суретте бейнеленген аспан денелерінің атауын жазыңдар.



175-сурет. 2-тапсырмаға арналған

Бақылау сұрақтары

1. Рассел жұлдыз эволюциясының қандай моделін ұсынды?
2. Жұлдыз эволюциясы қандай шамаларға байланысты?
3. Асқынжаңа жұлдыз деп нені атайды?
4. Неге нейтронды жұлдыздарды тек рентген сәулелерінен табуға болады?
5. Қара құрдым қандай жағдайда пайда болады? Ол өзі қандай болады?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың бірі бойынша ppt-презентациясымен хабарлама дайындаңдар:

1. Жұлдыздың жасын анықтау әдістері.
2. Радиотолқындар диапазонында жұлдыздардың сәулеленуі.
3. Пульсарлар.

§ 32. Біздің Галактика.

Басқа галактикалардың ашылуы. Квazarлар

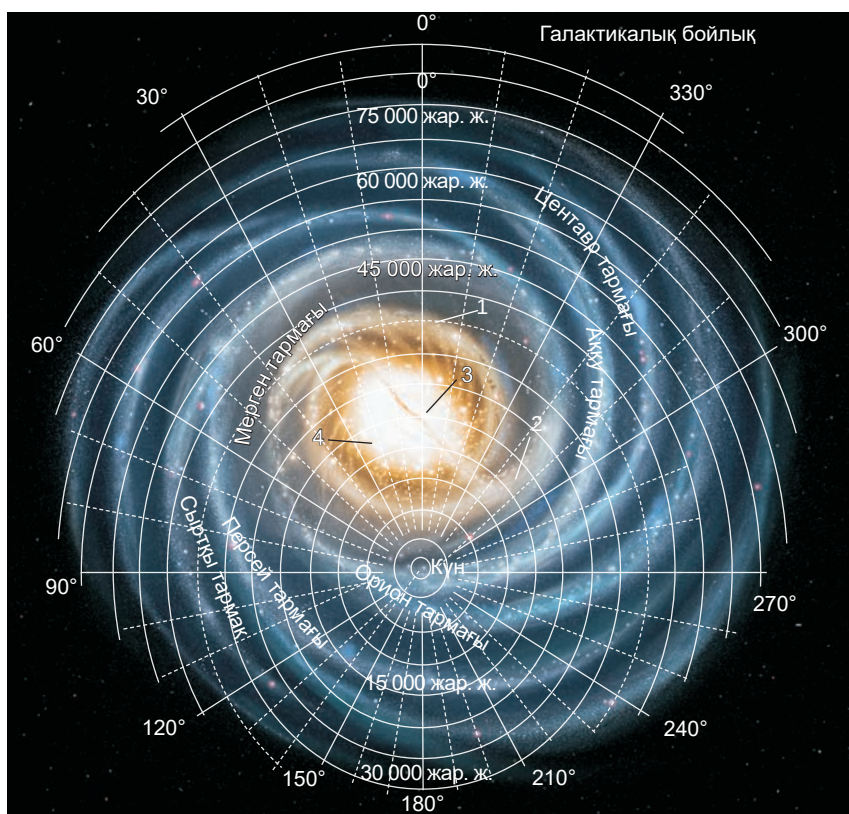
Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- Галактика және квазар түрлерін сипаттай аласыңдар.

I Біздің Галактика

Аспандағы жұлдыздардың барлығы спираль түріндегі «Құсжолы» жұлдызды жүйесін құрайды. Біздің Галактиканың ортасында қара құрдым бар, оның айналасында төрт тармақ жұлдыз шоғырлары созылып жатыр. Жұлдызаралық ғарыштық кеңістік шаңмен, газбен және қараңғы материямен толтырылған (176-сурет).



176-сурет. Құсжолының спираль бойымен созылған тармақтары
1 – Алыс Үшкілопарсек тармағы; 2 – Жақын Үшкілопарсек тармағы; 3 – Бөгет; 4 – Ұзын Бөгет



1-тапсырма

«Құсжолы» галактикасының сипаттамасын құрастырыңдар. 176-суреттен оның негізгі бөліктерін көрсетіңдер.



Жауабы қандай?

1. Неліктен біздің Галактика «Құсжолы» деп аталды?
2. Галактика неден тұрады?
3. Сендерге қандай галактика белгілі? Олар Құсжолынан қаншалықты алыс?

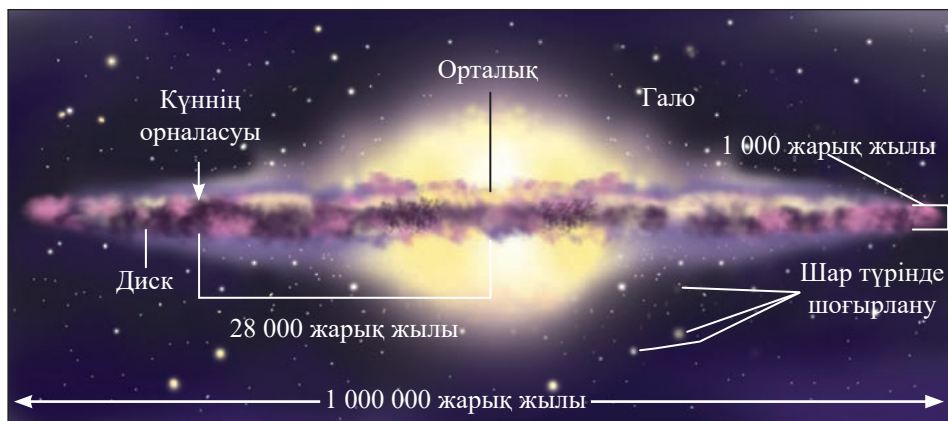
Галактика (грек. *galaxias* – сүт тектес қойнау) – жұлдыздардан және жұлдыз шоғырларынан, жұлдызаралық газ бен тозаңнан және қараңғы материядан тұратын гравитациялық байланысқан жүйе.

Күн жүйесі *галактикалық* деп аталатын Құсжолы жазықтығына жақын орналасқан. Галактика осы жазықтықтың бойымен 100000 жарық жылына созылады. Галактика Күн жүйесіне перпендикуляр бағытта, шамамен, 1000 жарық жылына тең қашықтыққа созылған (177-сурет).

Галактика екі негізгі ішкі жүйеден: гало және жұлдызды дисктен тұрады.

Гало центрінде заттардың тығыздығы жоғары, ал центрден алыстағанда төмендейді. Галактика центрінен бірнеше мың жарық жылы қашықтықтағы гало центрінің деңгейі ең тығыз орта *балдж* деп аталады, оның ішінде ядро орналасқан.

Диск ішіндегі жұлдыздар Галактика центрінің маңында оны айнала шеңбер траектория бойымен қозғалады. Жұлдыздық дискіде спираль бойымен созылған тармақтар арасында Күн орналасқан, ол Галактика ядросынан – 8 кпк, шамамен, 28 000 жарық жылы қашықтықта орналасқан (177-сурет).



177-сурет. Біздің Галактика құрылысы. Галактикадағы Күннің орналасуы

Күн орналасқан аймақта жұлдызаралық заттар өте көп, олар жарықты жұтады және жұлдыздық дискіні кейбір бағыттарда, әсіресе, ядро бағытында көрінетін спектр үшін көмкеріп тастайды.

Ядро жұлдыздар өте көп шоғырланған: әрбір куб парсекте мыңдаған жұлдыз бар. Егер біз Галактика ядросына жақын орналасқан жұлдыздың маңындағы планетада тұрсақ, онда аспанда жарықтылығын Аймен салыстыруға болатын ондаған жұлдыз көрінер еді. Галактика центрінде ірі қара құрдым бар деп болжанады.

Галактика массасы 200 миллиард Күн массасына тең деп бағаланады. Тоzaң мен газдарға байланысты шамамен $2 \cdot 10^9$ жұлдызды ғана бақылауға болады. Галактика өлшемдері алыс қашықтықтан көрінетін жұлдыздардың – цефеидтер мен ыстық аса алыптардың орналасуы бойынша анықталады. Біздің Галактикамыз – Құсжолының диаметрі 100 000 жарық жылына тең, яғни шамамен 30 кпк деп қабылданған. Диск және оны қоршаған гало тәжбен көмкерілген. Қазіргі уақытта Галактика тәжінің мөлшері диск өлшемінен 10 есе көп деп саналады.

Галактиканың барлық жұлдыздары оның центрін айнала қозғалады. Диск галомен салыстырғанда айтарлықтай жылдам айналады. Дискінің айналу жылдамдығы центрден әртүрлі қашықтықта түрліше болып келеді. Күн жүйесі Галактика центрінде маңында 250 км/с жылдамдықпен, шамамен, 200 млн жыл ішінде толық бір айналым жасайды.

Дискіде спиральді тармақтар бар. Жас жұлдыздар мен олардың түзілу ошақтары осы тармақтардың бойында орналасқан. Галактика эволюциясының алғашқы кезеңдерінде пайда болған нысандар: жасы 12 млрд жылдан асатын шар тәріздес жұлдыздар шоғыры галоны құрайды. Әдетте галоның жасы Галактика жасы ретінде қабылданады.

Біздің Галактикамыз өзі сияқты 40 галактикадан тұратын жергілікті топқа кіреді. Олардың ішіндегі ең ірілері – біздің Галактикамыз (Құсжолы) және одан ірілеу әрі тіпті қараңғыда құралсыз көруге болатын Андромеда тұмандығы болып саналады.

II Басқа галактикалардың ашылуы

1785 жылы Уильям Гершель Құсжолының өлшемі мен пішінін, Күннің галактикадағы орнын анықтауға тырысты, ол 1795 жылы NGC 1514 планетарлық тұмандығын бақылап, оның ортасында тұманды затпен қоршалған жалғыз жұлдызды байқады. NGC 1514 тұмандығын алғашқы тұмандықтан орталық жұлдыз түзілетін эволюцияның соңғы кезеңінің мысалы ретінде қарастырады. XVIII ғасырдың соңында Шарль Мессье 109 жарық тұмандықтан тұратын каталог құрастырды. XIX ғасырдың ортасында Джон Гершель тағы 5000 тұманды нысанды ашты. Ол тұмандықтар Құсжолы жүйесіне ұқсас алыс жұлдыздық жүйелер болуы мүмкін деп болжады. Осы тұмандықтардың табиғаты туралы пікірталастар каталог жарияланған сәттен бастап 1924 жылға дейін жалғасты.

1936 жылы Хаббл галактиканың жіктелуін құрастырды, ол қазіргі уақытта да пайдаланылады, оны «Хаббл тізбектілігі» деп атайды. Ешқандай құралсыз аспанда тек үш галактиканы көруге болады: солтүстік жартышардағы Андромеда тұмандығы, оңтүстік жартышардағы Үлкен және Кіші Магеллан бұлттары. Галактикалардың жеке жұлдыздар жүйесі түріндегі суретін көрсету XX ғасырдың басына дейін мүмкін болмады. 1990 жылдардың басында жеке жұлдыздары байқалған 30-ға жуық галактика тіркелді. «Хаббл» ғарыштық телескопы ұшырылғаннан кейін және 10 метрлік жерүсті телескоптары іске қосылғаннан кейін тіркелген галактикалардың саны күрт артуда.

Галактикалар әртүрлі болады. Олардың ішінде эллипстік, дискілі-спиральды, бөгеті бар галактика, линза тәрізді, ергежейлі, дұрыс емес галактикалар бар.

Эллипстік галактика (E) – дискілі құрамдас бөлігі жоқ немесе ондағы жұлдыздар шоғыры әлсіз галактика (178, *а-сурет*).

Спиральді (шиыршықты) галактика (S) – галактикада спиральді тармақтар бар. Кейде сақиналы тармақтар болуы мүмкін (178, *ә-сурет*).

Линза тәрізді галактика (S0) – нақты спиральді бейне болмағанымен, құрылымы бойынша спиральдан ерекшеленбейтін галактика. Бұл жұлдыздар

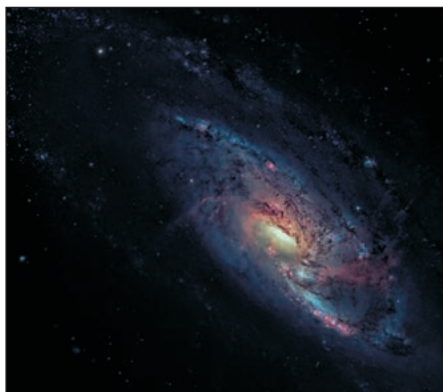


a)

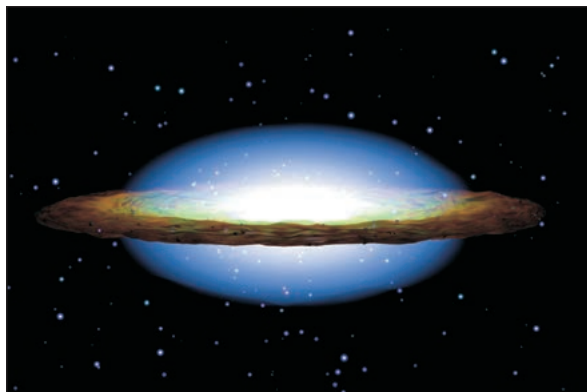
178-сурет. Галактика түрлері

аралығында газдардың аз болуымен, демек, жұлдыздың түзілу қарқынының төмендігімен түсіндіріледі (178, б-сурет).

Дұрыс емес галактика (Irr) – оларға түйдектелген құрылым тән. Әдетте, оларда жұлдызаралық газдар өте көп галактика массасының 50%-ын құрайды (178, в-сурет).



а)



б)



в)

178-сурет. Галактика түрлері

Әлемдегі галактикалардың көпшілігі өзара тартылыс күшімен байланысқан ондаған галактикалардан тұратын топтарға жинақталған. Осы топтарда ең ірі, басым галактика болады, ол өзіне көрші, ұсақ галактика немесе жұлдызаралық газдарды тартады. Топтар мен жекелеген галактикалар жүздеген галактикалардан тұратын шоғырларға біріктірілген. Сондай-ақ мыңдаған галактикалардың асқын шоғырлануы белгілі. Бұл деңгейде Әлемде асқын шоғырланған галактикалардың ұзақ тізбектері құралады. Ең ірі тізбектер қабырғалар деп аталады, олардың ең үлкені – Слоунның Ұлы қабырғасы.



Жауабы қандай?

1. Неліктен спиральді галактикада тармақтар пайда болды?
2. Неге Құсжолының өлшемдері мен массасы дәл анықталғанын айтуға болмайды?
3. Неліктен жаңа және аса жаңа жұлдыздар галактика тармақтарында пайда болады?

Тізбектер арасында галактикалары мүлдем жоқ алып аймақтар – войдтар бар. Олар Әлемнің ұяшықты құрылымының элементтері болып табылады.

III Квazarлар

Квazar (*ағыл. quasar QUASi stellar radio source* – «квази жұлдызды радиокөздері») – жарқырауының жоғары мәнімен және өте шағын бұрыштық өлшеммен ерекшеленетін Әлем нысандарының түрі. Оларды байқағаннан кейін бірнеше жыл бойы «нүктелік көздерден» – жұлдыздардан ажырата алмады. Квazarды алғаш рет 1962 жылы 5 тамызда астроном М.Шмидт анықтады. Соңғы 50 жылда 5000-нан астам квazar табылды. Олардың спектрлерінің қызыл ұшында сызықтардың ығысуы байқалады. Бұл Доплер заңдары бойынша квazarлар Жерден аса жоғары жылдамдықпен алыстайды дегенді білдіреді

Квazarлар – белсенді нысандар, олардың белсенділігі бірнеше миллион жылға созылады. Көптеген жағдайларда квazarлардың сәулеленуі өзі орналасқан галактиканы көмкеріп тастайтындай күшті болады. Оптикалық, инфрақызыл, ультракүлгін және рентгендік сәулеленуден басқа, магнит өрістерінде қозғалып, квazar радиосәулеленуін құрайтын шапшаң элементар бөлшектер ағынын – ғарыш сәулелерін шығарады. Бұл сәулелердің ағындары квazarдан оның қарама-қарсы жақтарында екі «радиобұлт» түзіп, екі түрлі бағытта таралатын ағын түрінде шығады (179-сурет).



179-сурет. Квazar

Оның бақыланатын қасиеттерін сипаттайтын ең ықтимал модель мынадай болуы мүмкін: айналмалы газ дискінің центріңде ірі тұтас нысан – қара құрдым орналасады. Оның орталық ыстық бөлігі – электрмагниттік сәулелену және тек диск өсінің бойымен таралатын шапшаң ғарыштық бөлшектердің көзі болып табылады. Осы теория – қазіргі уақыттағы ең танымал теория. Оған сәйкес, квazar энергиясы қара құрдымның гравитациялық өрісі есебінен қалыптасады. Қара құрдымның тартылыс күші оған жақын ұшатын жұлдыздарды, бүкіл галактикаларды да бұзуы мүмкін. Осы кезде пайда болған газдар қара құрдым маңында оны қоршайтын диск түзеді және уақыт өте келе оған тартылады. Дискінің центрлік бөлігінің сығылуы мен жылдам айналуына байланысты, газ қызады және қуатты сәуле шығарады. Дискідегі заттар қара құрдымға жұтылады, бұл кезде оның массасы артып, квazarдан тар бағытталған газ ағындары және ғарыштық сәулелер түрінде ішінара ұшып кетеді. Квazarдың бұл моделі мұқият зерттелуде, бірақ ол бақыланған барлық қасиеттерді түсіндіре алмайды. Квazarлардың қалыптасуы мен эволюциясы әлі де толық зерттелмеген.



2-тапсырма

1. Параграфта берілген квазарлар туралы ақпаратты кластер түрінде жүйелеңдер. Интернет желісі және қосымша әдебиеттер материалдарымен толықтырыңдар.
2. Квазар моделін ұсыныңдар. Сендердің модельдеріңнің астрофизиктер ұсынған үлгіден айырмашылығы неде?

Бақылау сұрақтары

1. Галактика деп нені айтады?
2. Біздің Галактиканың құрылымы қандай? Оны қалай деп атайды?
3. Галактика өлшемін қалай анықтайды?
4. Галактиканың қандай түрлері бар?
5. Квазар деп нені айтады? Бұл аспан денелерінің қасиеттері қандай?
6. Астрофизиктер квазардың қандай моделін ұсынады?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне хабарлама дайындаңдар:

1. Галактиканы зерттеу тарихы. Хаббл тізбегі.
2. Галактиканың қозғалысы, өзара әрекеті және қақтығысуы. Слоунның Ұлы қабырғасы.
3. Квазар – Әлемді жою нысаны.

§ 33. Галактикаға дейінгі қашықтықты өлшеу. Жұлдыздарға дейінгі қашықтық

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- арақашықтықты анықтау үшін «қарапайым май шамдар» әдісін қолдануды сипаттай аласыңдар.

Бұл қызық!

Веганың бір жылдық параллаксын өлшеуді алғаш рет 1837 жылы орыс академигі В. Я. Струве жүзеге асырды. Кейінірек тағы екі жұлдыздың параллаксы анықталды, олардың бірі α -Центавр болды. Бұл жұлдыз бізге жақын болды, оның жылдық параллаксы $p = 0,75''$. Мұндай бұрышпен көзбен көру арқылы қалыңдығы 1 мм сымды 280 м қашықтықтан көруге болады.

1-тапсырма

1. 1 рад тең бұрыштың мәнін бұрыштық секунд арқылы өрнектеңдер.
2. 4 жыл ішінде жарық α -Центаврдан Күнге дейінгі қашықтықты өтетінін дәлелдеңдер.
3. Өлшем бірліктерінің арақатынасының дұрыстығын дәлелдеңдер:
 $1 \text{ пк} = 3,26 \text{ жарық жыл} = 206 \text{ 265 а. б.} = 3 \cdot 10^{13} \text{ км.}$

I Аспан денелеріне дейінгі қашықтықты анықтау әдістері

Күн жүйесінен алыстығына байланысты ғарыш нысанының астрономиялық қашықтығын анықтаудың әртүрлі әдістері қолданылады (180-сурет). «Цефеидтер», «Стандартты шам», «Асқынжаңа» әдістері өзара ұқсас сәуле шығару көздеріне дейінгі қашықтық олардың жарқырауы мен жұлдыздың көрінерлік шамасы бойынша анықталады. Стандартты шам ретінде нысанды таңдау өлшенетін қашықтыққа тікелей байланысты.



180-сурет. Ғарыш нысандарына дейінгі қашықтықты анықтау әдісінің олардың алыстығынан тәуелділігі

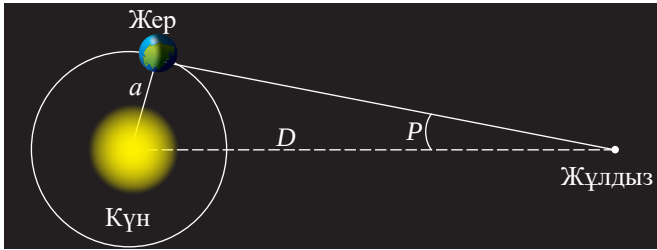
Астрономиядағы стандартты шамдар – жарқырауы анықталған ғарыш нысандары. Ең алыс нысандарға дейінгі қашықтық сәулелену спектріндегі қызыл ығысу бойынша анықталады. Жақын жұлдыздарға дейінгі қашықтықты анықтау үшін параллакс әдісі мен фотометрлік әдіс қолданылады.

II Жылдық параллакс және жұлдыздарға дейінгі қашықтық

Жұлдыздың жылдық параллаксы p деп Жер орбитасының радиусына перпендикуляр бағытта жұлдыздан Жер орбитасының орташа радиусындай ($a = 1 \text{ а.б.}$) қашықтықтан көрінетін бұрышты айтады.

Жұлдызға дейінгі қашықтық неғұрлым аз болса, оның параллакс мәні де аз. Егер жұлдыз эклиптика

полюстерінде орналасса, онда оның параллакстық ығысуы бір жыл ішінде кішкентай эллипс немесе шеңбер бойымен жүреді (181-сурет).



181-сурет. Жұлдыздардың жылдық параллаксы



Жауабы қандай?

1. Неге жұлдыздардың параллакстық ығысуын бақылау қиын?
2. Неліктен алыс жұлдыздардың жылдық параллаксын өлшеу мүмкін емес?

Параллакс белгілі болғанда жұлдызға дейінгі қашықтық мына формуламен өлшенеді:

$$D = \frac{a}{\sin p}, \quad (1)$$

мұндағы a – Жер орбитасының үлкен жарты өсі, D – жұлдызға дейінгі қашықтық. Кіші бұрыштарда p шамасы бұрыштық секундпен өрнектелсе, онда параллакс синусы мынаған тең:

$$\sin p = \frac{p}{206265''}, \quad (2)$$

бұдан, $a = 1$ а.б. деп алып, жұлдызға дейінгі қашықтықты табамыз:

$$D = \frac{206265''}{p} \text{ а.б.} \quad (3)$$

Мысалы, α -Центавр жұлдызына дейінгі қашықтық $D = \frac{206265''}{0,75''} \text{ а.б.} = 270000 \text{ а.б.}$

Жарық бұл қашықтықты 4 жыл ішінде өтеді, ал Күннен Жерге дейін жарық сәулесі 8 минутта, ал Айға дейін 1 секундта жетеді.

Жарықтың 1 жыл ішінде өтетін қашықтығын жарық жылы деп атайды.

Бұл бірлік парсекпен (пк) қатар жұлдызға дейінгі қашықтықты өлшеу үшін қолданылады.

Парсек – жұлдыздан Жер орбитасының орташа радиусы $1''$ (бір секунд) бұрышпен көрінетін қашықтыққа тең ұзындық бірлігі.

Парсек деген сөз «параллакс – секунда» деген сөздердің алғашқы үш әріптерінен құралған. Парсекпен берілген қашықтық секундтық доғамен өрнектелген жылдық параллакстың кері шамасына тең, мысалы, α -Центавр жұлдызына дейінгі қашықтық $0,75''(3/4'')$ немесе $4/3$ пк.

1 парсек = 3,26 жарық жылы = 206 265 а.б. = $3 \cdot 10^{13}$ км.

Жылдық параллаксты өлшеу арқылы қашықтық 100 пк-тен немесе 300 жарық жылынан аспайтын жұлдыздарға дейінгі аралықты дәл анықтауға болады.

III Алыс жұлдыздарға дейінгі қашықтықты «стандартты шам» әдісімен анықтау

Қазіргі кезеңде стандартты шам ретінде Ia типте асқынжаңа жұлдыздар қолданылады, олардың сәулеленуінде сутегі сызықтары жоқ, өйткені олардың жарқырау шамалары бірдей болады. Галактикалардың жарқырауы бойынша оларға дейінгі қашықтықты анықтау үлкен қателіктер береді. Асқынжаңа жұлдыздардың жарқырауын галактиканың жарқырауымен салыстыруға болады.

Цефеидтер өз атауын типтік өкілі δ Цефей жұлдызынан алды. Цефеидтер он минуттан бірнеше ондаған тәулікке дейінгі уақытта 1,5 жұлдыздық шамадан аспайтын жарықтылықтың өзгеру амплитудаларымен сипатталады. Жұлдызға дейінгі қашықтықты анықтау үшін пульсация кезеңі мен жұлдыз жарығының арасындағы тәуелділік пайдаланылады. δ Цефей жарықтылығының өзгеру периоды 5,37 тәулікті құрайды, жарықтылықтың өзгеру амплитудасы 3,7-ден 4,6 жұлдыздық шамаға дейін ауытқиды. Жарқыраудың өзгеру периоды тікелей бақылаумен анықталады. P тәулігіндегі цефеидтің жарықтығының өзгеру периоды мен M абсолют жұлдыздық шамасы арасындағы тәуелділік мынадай:

$$\langle M \rangle = a \cdot \lg P + b, \quad (4)$$

мұндағы $\langle M \rangle$ – цефеидтің орташа абсолюттік жұлдыздық шамасы, a және b мәндері спектрлік диапазонға тәуелді, мысалы, көріну аймағында $a = -2,87$ және $b = -1,01$.

Гарвард түлегі америкалық астроном Генриетта Суон Ливитт 2400-ден астам айнымалы жұлдыздарды ашқан, ол цефеидтің абсолют жұлдыздық шамасы мен P жарқырауының өзгеру периодының байланыстыратын формула қорытып шығарды:

$$M = -2,78 \cdot \lg P - 1,35. \quad (5)$$

Жарқыраудың өзгеру периоды бойынша абсолют жұлдыздық шаманы анықтағаннан кейін (4) формула бойынша цефеидке дейінгі қашықтықты анықтауға болады.

$$M = m + 5 - 5 \lg D, \quad (6)$$

мұндағы M – абсолют жұлдыздық шама, m – көрінерлік жұлдыздық шама.

IV Әлемнің кеңеюі. Хаббл заңы. Қызыл ығысу

Әлем кеңеюін растайтын тұжырымға галактика спектрінің қызыл ығысуы жатады. Қызыл ығысу шамасы сәулеленудің өзгертілген жиілігінің бас-тапқы сәулеленуге қатынасымен өлшенеді:

$$z = \frac{\nu - \nu_0}{\nu_0}. \quad (7)$$

Бақыланатын Галактикаға дейінгі қашықтық үлкен және оның сәулелерінің жылдамдығы көп болған сайын сәулелену жиілігінің өзгеруі болады (182-сурет). Хаббл заңы арқылы Галактикаларға дейінгі қашықтықты қызыл ығысумен анықтайды: $cz = H_0 D$, (8) мұндағы c – электромагниттік толқындардың жылдамдығы, z – қызыл ығысу, H_0 – Хаббл тұрақтысы, D – аспан денесіне дейінгі қашықтық. Қызыл ығысудың аз мәндерінде $cz = v$, мұндағы v – сәулелік жылдамдық. Бұл жағдайда Хаббл заңы мына түрге өзгереді:

$$v = H_0 D. \quad (9)$$



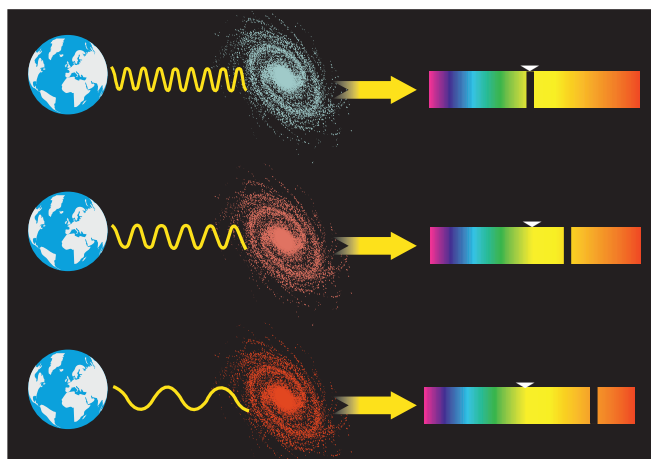
Жауабы қандай?

Неге стандартты шам ретінде сәулелену спектрінде сутегі сызықтары болмайтын жұлдыздарды пайдаланады?



Естеріңе түсіріңдер!

Асқынжаңа жұлдыздар жарылыстар жасайды, олардың екі түрі болады. I түрі – жарылыс жасайтын ақ ергежейлілер, II түрі – кәдімгі жұлдыздар, олар ядролық жанудан соң қызыл алыптар сатысына өтеді.



182-сурет. Спектрдің қызыл ұшына сызықтардың ығысуы



2-тапсырма

Генриет Суон Ливитт формуласын қолданып, δ Цефейге дейінгі қашықтықты анықтаңдар.



3-тапсырма

70 км/с · Мпк-ге тең Хаббл тұрақтысын ХБЖ-да жазыңдар. Оны (10) мәнімен салыстырыңдар.

Галактикалар жылдамдығы оларға дейінгі D арақашықтыққа байланысты.

Хаббл заңы: қызыл ығысу бойынша анықталған Галактиканың алыстау жылдамдығы оған дейінгі қашықтықтың артуына тура пропорционал.

Хабблдың параметрі уақытқа байланысты: ертедегі Әлемнің ұлғаюы қазіргіден әлдеқайда жылдам болды және Хаббл тұрақтысының мәні әлдеқайда көп шамада болды. Хаббл тұрақтысы уақыт өте келе өзгереді. Әлемдегі ең алыс нысандарға дейінгі қашықтықтар 2012 жылға дейін мынадай мәнмен анықталды:

$$H_0 = 73,8 \pm 2,4 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$$

немесе

$$H_0 \approx 2,3 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}. \quad (10)$$

2013 жылдан бастап, «Планк» ғарыштық телескобын пайдалану арқылы жүргізілген картографиялық жұмыстардан кейін $H_0 = 63,15 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$ нәтижесімен анықталады.



Жауабы қандай?

Біз Әлемнің кеңею орталығы ретінде біздің Галактика болады деп санай аламыз ба? Себебін түсіндіріңдер?



Назар аударыңдар!

1. 10–15 млн жарық жылы аралығындағы қашықтықты анықтау кезінде Хаббл заңы үлкен қателік береді.
2. Ғарыш нысаны біздің Галактикадан алыс қашықтықта орналасқан сайын, бақылаушыдан алыстау жылдамдығы соғұрлым көп болады.
3. Жарық жылдамдығының шекті мәні бар болғандықтан, ол мән біз қазіргі уақытта көре алатын Әлемнің соңғы жасына сәйкес келеді. Бұл ретте Әлемнің ең алыс байқалатын бөліктері оның эволюциясының ең ерте кезеңдеріне сәйкес келеді.

ЕСЕП ШЫҒАРУ ҮЛГІСІ

Сүмбілеге дейінгі қашықтықты астрономиялық бірлікпен және метрмен анықтандар. Осы жұлдыздың жылдық параллаксы $0,37''$ екені белгілі болса, Сүмбіледен Жерге жарық қанша уақытта жетеді?

Берілгені: $p = 0,375''$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	Шешуі: Параллакс белгілі болғанда жұлдызға дейінгі қашықтық мына формуламен анықталады: $D = \frac{206265''}{p} \text{ а.б.}$ Жұлдыздан жарықтың Жерге жету уақыты: $t = \frac{D}{c}$. $D = \frac{206265''}{p} \text{ а.б.} = \frac{206265''}{0,375''} \text{ а.б.} = \text{а.б.} = 550040 \text{ а.б. м.} \approx$ $\approx 550040 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м} \approx 8,25 \cdot 10^{16} \text{ м.}$ $t = \frac{8,25 \cdot 10^{16} \text{ м}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} \approx 2,75 \cdot 10^8 \text{ с} \approx 8,72 \text{ жыл.}$ Жауабы: $D \approx 550040 \text{ а.б.} \approx 8,25 \cdot 10^{16} \text{ м. } t \approx 8,72 \text{ жыл.}$
$D - ? \quad t - ?$	

Бақылау сұрақтары

1. Аспан денелеріне дейінгі қашықтықты өлшеудің қандай әдістерін білесіңдер?
2. Қашықтықты өлшеу әдісін таңдау неден тәуелді?
3. Жылдық параллакс әдісі неден тұрады?
4. Аспан денелеріне дейінгі қашықтықты анықтау үшін стандартты шам ретінде нені қолданады?
5. Хаббл заңының мәні неде?



Жаттығу

31

1. Веганың параллаксы $0,11''$. Оның жарығы Жерге қанша уақытта жетеді?
2. Вега екі есе жақын болу үшін Лира шоқжұлдызына қарай 30 км/с жылдамдықпен қанша жыл ұшу қажет болады?
3. Біздің Галактикадан 8000 км/с жылдамдықпен алыстап бара жатқан галактикаға дейінгі қашықтықты анықтаңдар.

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар:

1. Әлемдегі аспан денелерінің өлшемі және олардың арақашықтығы.
2. Э.П.Хабблдың өмірі мен қызметі.

§ 34. Әлемнің қараңғы материясы және қараңғы энергия. Әлемнің үдемелі кеңеюі. Әлемнің модельдері

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- Әлемнің үдемелі кеңеюі мен қараңғы энергия туралы пікірталасты және берілген астрономиялық бақылауларға сүйене отырып, Әлемнің кеңеюі туралы болжамды талқылай аласыңдар.



Жауабы қандай?

1. Әлем қалай құрылған?
2. Ғарыш нысандары арасындағы қашықтық өзгере ме?
3. Біздің түсінігімізде «қараңғы материя» дегеніміз не?
4. Жарық асқынжаңа жұлдыздардан Жерге дейін қанша уақытта жетеді? Бұл сұраққа жауап беру үшін нені білу қажет?



Бұл қызық!

Қазіргі кезеңде зерттеушілердің бірнеше тобы зертханалық жағдайда зерттеу үшін қараңғы материяның бөлшектерін жасау жұмысымен айналысуда. Оларға зерттеуде үлкен адронды коллайдерді пайдаланатын CERN-де жатады.

I Әлемнің үдемелі кеңеюі

1998 жылы Әлемнің үдемелі кеңеюі Ia типті асқынжаңа жұлдыздарды бақылау кезінде ашылды. Осы еңбектері үшін 2011 жылы С.Перлмуттер, Брайан П.Шмидт пен А.Рисс физика бойынша Нобель сыйлығын алды. Ia типті асқынжаңа жұлдыздарды бақылау кеңею қарқынын анықтауға және оның уақытқа тәуелділігін бақылауға мүмкіндік береді. Өте алыс қашықтағы асқынжаңа жұлдыздар Әлем эволюциясының алғашқы кезеңдерінде – бірнеше млрд жыл бұрын жарылған. Бұл Әлемнің үдемелі кеңейіп отырғанын анықтауға мүмкіндік берді. Тартылыс күші үдемелі кеңеюді баяулатып, бір күні бүкіл Әлемнің кеңею процесін тоқтатуы мүмкін. Үдемелі кеңеюге қандай бір күш әсер ететіні анықталды. Әлем кең болған сайын, «осы күштің» әсері де көп болады. Ғалымдар оны қараңғы энергия деп атады.



Естеріңізге түсіріңдер!

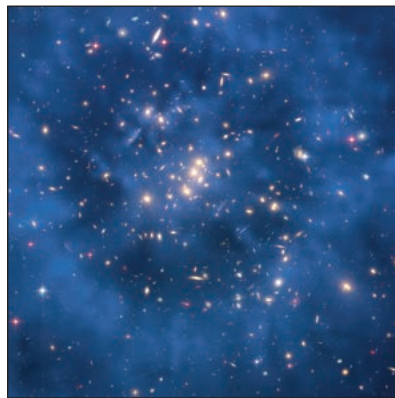
Ia типті асқынжаңа жұлдыздар – ақ ергежейлілер, олар маңындағы жұлдыз-затпен қоректенеді, Чандрасекар шегіне жетіп, содан кейін жарылады және нейтронды жұлдыздарға айналады. Барлық ақ ергежейлілер үшін Чандрасекар шегі бірдей мән қабылдайды. Ақ ергежейлілер бір-біріне ұқсас, сондықтан да ондағы жарылыстардың мөлшері де бір шамада болады. Басқа сөзбен айтқанда, Ia типті жұлдыздар «стандартты шам» болып табылады, сондықтан оларды қолданып: абсолют жарқырауды біле отырып, көрінерлік жарықтылықты өлшеп, олардың әрқайсысына дейінгі қашықтықты анықтауға болады. Сонымен қатар, Доплер эффектісі – қызыл ығысу арқылы асқынжаңа жұлдыздардың бізден алыстау жылдамдығын табуға болады.

II Әлемнің қараңғы материясы және қараңғы энергия

Космологиядағы қараңғы энергия – Әлемнің үдемелі кеңеюін түсіндіру үшін оның математикалық моделіне енгізілген энергияның гипотезалық түрі.

Қараңғы энергияның белгілі қасиеттері Эйнштейннің салыстырмалылық теориясында енгізілген космологиялық тұрақты шамамен сәйкес келеді. Тұрақты шама – гравитацияға қарама-қарсы әрекет ететін және кеңістікті өзгерістерден сақтайтын тебілу күші.

Галактикалар шоғырларындағы гравитациялық күштерді өлшеу галактикалардағы қараңғы материяның массасын және оның Әлемдегі жалпы массасын анықтауға мүмкіндік берді. Материяның 80 %-і Әлемнің кеңею қарқынын түсіндіру үшін жетпейтіні анықталды. Болжам бойынша бұның себебі: Әлемдегі материяның жаңа түрі – «қараңғы материяның» бар болуы (183-сурет). Қараңғы материя Жер жағдайында ашылмаған, затпен әлсіз әрекеттесетін, бірақ гравитациялық әрекеттесуге қатысатын элементар бөлшектерден тұрады деп болжанады.



183-сурет. CI 0024+17 галактикадағы қараңғы материяның бұлдыр сақинасы

III Әлемнің классикалық модельдері

Әлемнің ғарыштық модельдерінің негізінде белгілі бір дүниетанымдық алғышарттар жатыр, ал бұл модельдердің өздері үлкен дүниетанымдық мәнге ие.

Классикалық ғылымда Әлемнің стационарлық құрылымы теориясы деп аталатын теория болды, оған сәйкес, Әлем әрдайым қазіргідей болды. Астрономия статикалық болды: планеталар мен кометалардың қозғалысы зерттелді, жұлдыздар мен ғарыштық нысандар сипатталды, бірақ Әлемнің эволюциясы туралы мәселе шешілмеді.

Классикалық Ньютон космологиясы мына постулаттардан құрылды:

1. Космология Әлемді өз бетімен тіршілік етеді деп таниды.
2. Әлемнің кеңістігі мен уақыты абсолютті, олар материялық нысандар мен процестерге тәуелді емес.
3. Кеңістік пен уақыт шексіз.
4. Кеңістік пен уақыт біртекті және изотропты.
5. Әлем тұрақты, эволюцияға ұшырамайды. Нақты ғарыштық жүйелер өзгеруі мүмкін, бірақ жалпы Әлем өзгермейді.

Классикалық космологияда Әлемнің шексіздігі туралы постулатқа байланысты пайда болған екі қарама-қайшылық бар:

1. **Гравитациялық:** егер Әлем шексіз және ондағы аспан денелерінің саны шексіз болса, онда тартылыс күшінің әсерінен коллапстық жағдай орын алып, Әлемнің тіршілігі мәңгі болмауы тиіс.
2. **Фотометрлік:** егер аспан денелерінің шексіз саны болса, онда аспан шексіз жарық болуы керек, бірақ ол байқалмайды.

Ньютондық космология шеңберінде шешілмейтін бұл қайшылықтарды эволюцияға ұшырайтын Әлем және оның кеңеюі туралы түсініктері енгізілген қазіргі заманғы космология шешеді.

III Әлемнің заманауи модельдері

Қазіргі заманғы релятивистік космология Әлем моделін А.Эйнштейннің салыстырмалылық теориясы негізінде құрастырады. 1917 жылы А.Эйнштейн алғашқылардың бірі болып Әлем моделін ұсынды. Ол әлемдік кеңістік біртекті және изотропты, материя орта есеппен біркелкі таралған, материялардың гравитациялық тартылуы әмбебап ғарыштық тебілумен толықтырылады деп болжады. Эйнштейн моделі сол кездегі барлық белгілі фактілерге сәйкес құрылды.

1917 жылы нидерландтық астроном Виллем де Ситтер басқа модель ұсынды, оған сәйкес Әлемдегі материяның пайда болуы оларды бір-бірінен алыстауға және бүкіл жүйені ыдыратуға ұмтылатын материялар арасындағы ғарыштық тебілу күштерінің бір мезетте пайда болуымен қатар жүреді. Ситтер кеңею процесі өте үлкен қашықтықта ғана байқалады деп тұжырымдады.

Кейінгі зерттеулер ғалымдардың Әлемнің құрылысы мен дамуы туралы көзқарастарын өзгертті. 1922 жылы ресейлік математик және геофизик А.А.Фридман қазіргі кезде қабылданған Әлемнің пайда болуы мен эволюциясының космологиялық мәселесінің шешімін ұсынды.

А.А.Фридман теңдеулерінің шешімі үш мүмкіндікті қарастырды. Егер Әлемдегі зат пен сәулеленудің орташа тығыздығы қандай да бір критикалық шамаға тең болса, әлемдік кеңістік евклидтік кеңістік болып табылады және Әлем бастапқы нүктелік күйінен шексіз кеңейеді (184, 2-сурет). Егер тығыздық критикалық шамадан аз болса, кеңістік Лобачевский геометриясымен түсіндіріледі және шексіз кеңейеді (184, 3-сурет). Ақыр соңында, кеңістік тығыздығы критикалық шамадан артық болса, Әлемнің кеңістігі римандық болып табылады, қандай да бір кезеңде Әлемнің кеңеюі бастапқы нүктелік күйге дейін сығылуға ауысады (184, 1-сурет). Қазіргі мәліметтер бойынша, Әлемдегі материяның орташа тығыздығы критикалық шамадан аз, сондықтан Лобачевский моделі – шексіз кеңейетін Әлем ең ықтимал болып саналады. Орташа тығыздық шамасы үлкен мәнге ие және Әлемнің үдемелі кеңеюіне ықпал ететін материяның кейбір түрлерінің бар екені жоққа шығарылмайды. Бұл – қараңғы материя мен қараңғы энергия (184,4-сурет). Осыған байланысты Әлемнің ақыры немесе шексіздігі туралы қорытынды жасау әлі ертерек.

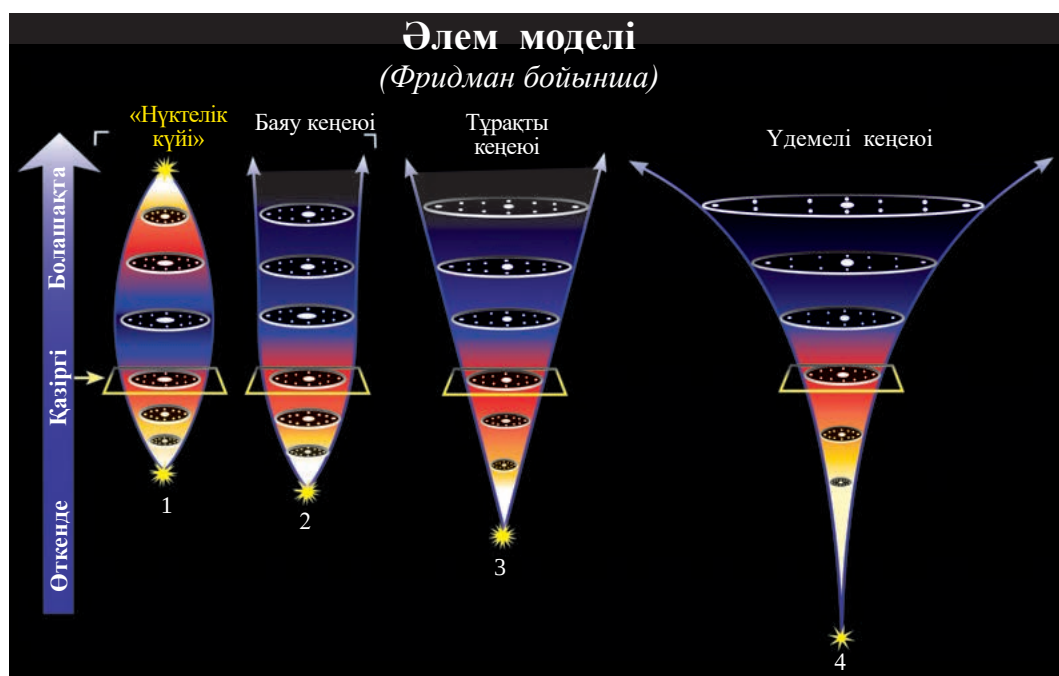


А. А. Фридман (1888 - 1925) – ресейлік және кеңестік математик, физик әрі геофизик, қазіргі физиканың космология бөлімінің негізін қалаушы, Әлемнің тарихи алғашқы стационарлық емес моделінің авторы. 1922 жылдан 1924 жылға дейін А.Фридман ғылыми зерттеулер барысында Эйнштейн теңдеулерінің стационарлық емес шешімдерін тапты, бұл Әлемнің тұрақсыздығы теориясының негізгі факторы болды. Оның Әлемнің үдемелі кеңеюі туралы теориясын 1929 жылы Эдвин Хаббл растады.



Тапсырма

Евклидтік кеңістігінің Лобачевский геометриясындағы кеңістіктен айырмашылығы туралы оқып-біліңдер.



184-сурет. Қараңғы энергия әсерінен Әлемнің үдемелі кеңеюінің ықтимал моделі

Бақылау сұрақтары

1. Әлемнің кеңею тұжырымдамасын қандай фактілер растайды?
2. «Қараңғы энергия» дегеніміз не?
3. Қараңғы материя қандай қасиетке ие?
4. Сендерге Әлемнің қазіргі заманғы қандай моделі белгілі?

Шығармашылық тапсырма

- Тақырыптардың біріне ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар:
1. Қараңғы материяны және қараңғы энергияны зерттеудегі заманауи жетістіктер.
 2. Әлемнің қазіргі заманғы моделі. Желі теориясы, Әлемнің тамшы түріндегі моделі.
 3. А.А.Фридманның өмірбаяны.

§ 35. Үлкен жарылыстар теориясы. Әлемнің эволюциясының негізгі кезеңдері.

Әлемдегі өмір және тіршілік иелері туралы ойлар

Күтілетін нәтиже:

Осы параграфты игергенде:

- Әлемнің кеңеюі мен қараңғылық энергиясы туралы пікірлерге және берілген астрономиялық бақылауларға сүйеніп, Әлемнің кеңеюі туралы болжамды талқылай аласыңдар.

I Үлкен жарылыстар

Үлкен жарылыстар тұжырымдамасы 1920 жылдары Хаббл заңының ашылуына байланысты пайда болды. Бұл заң бақылаулардың нәтижелерін сипаттайды, оған сәйкес Әлем кеңейеді және галактикалар бір-бірінен алыстайды. Бастапқы сәтте, миллиардтаған жыл бұрын, Әлемнің өте тығыз күйде болғанын елестету қиын емес. Әлемнің мұндай дамуы екі маңызды фактімен: ғарыштық микротолқынды әсерлермен және жеңіл элементтердің көп болумен расталады.

Ғарыштық микротолқынды әсер. 1964 жылы америкалық физиктер Арно Пензиас пен Роберт Уилсон Әлемнің реликтілік деп аталатын микротолқынды жиілік диапазонында электромагниттік сәулеленумен толтырылғанын анықтады. Одан кейінгі өлшеулер сәулеленудің -270°C (3 K) температурадағы нысандарға тән екенін көрсетті. Реликтілік сәулелену пештегі сөніп қалған көмірдің ыстығына ұқсас.

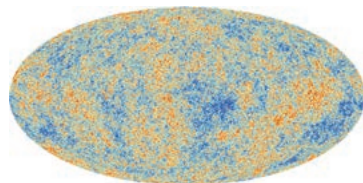
Арно Пензиас пен Роберт Уилсонның жаңалығы Әлемнің кеңею фактісін түсіндіріп, ғарыштық микротолқынды әсердің бар екенін түсіндіре алмайтын көптеген модельдердің ішінен Үлкен жарылыс теориясы таңдалуына негіз болды.

Жеңіл элементтердің көп болуы. Ертеде Әлем өте ыстық болды, жоғары температура мен қысымда жеңіл ядролардың синтезделу реакциялары орындалды. Алғашқы үш минутта пайда болған барынша көлемі үлкен ядролар бір-бірімен соқтығысу кезінде ыдырады. Ертедегі Әлемнің тарихына бұл кезең «жеңіл элементтер ядроларының пайда болуына мүмкіндік терезесі» ретінде енді. Алайда бұл кезең ұзаққа созылмады. Үлкен жарылыстан кейін алғашқы үш минуттың ішінде бөлшектер бір-бірінен алысқа ұшты, сондықтан олардың арасындағы қақтығыстар өте сирек болды, «ядролардың синтезделу терезесі» жабылды. Осы қысқа уақыт ішінде протондар мен нейтрондардың соқтығысуы нәтижесінде дейтерий, гелий-3, гелий-4 және литий-7 пайда болды. Олардан ауыр элементтер кейінірек – жұлдыздардың қалыптасуы кезінде пайда болды.

Үлкен жарылыс теориясы ертедегі Әлемнің температурасын, жеңіл элементтердің әртүрлі ядролары сандарының қатынасын анықтауға мүмкіндік берді. Есептеулерді жеңіл элементтердің нақты бақыланатын қатынасымен салыстыру арқылы үлкен жарылыстар болжамы дәлелденді.

II. Микротолқынды фон картасы

185-суретте Үлкен Жарылыстың «жаңғырығы» болатын Әлемнің микротолқынды сәулеленуінің қазіргі заманғы картасы бейнеленген. Карта 2009 жылдың мамыр айында іске қосылған Еуропалық Планк телескобынан алынған. Оның басты міндеті барлық аспанды екі рет сканерлеу болды. Бірінші сканерлеуді Планк 2010 жылдың шілде айында бітірді, ал толық деректер 2013 жылы алынды.



185-сурет. Әлемнің реликтілік сәулеленуі

Планк мәліметтері бойынша қалыпты материя 4,9%-ті құрайды. Қараңғы материя 26,8%-ті құрайды, ол гравитация эффектісі бойынша анықталды. Бұл алдыңғы алынған мәліметтермен салыстырғанда бестен бір үлеске көп. Керісінше, қараңғы энергия – Әлемнің кеңеюін жеделдетуге жауапты саналатын жұмбақ күш – 68,3%-ті құрайды, бұдан көп мөлшерде деп саналатын бұрынғы мәліметтерге қарағанда аз болып тұр.

III Әлемнің кеңеюі және кеңістіктің қисықтығы

Әлемнің кеңеюі процесінде кеңістіктің қисықтығы азаяды. Бірақ Әлемнің бақыланатын кеңеюі көрінетін қисықтықпен қамтамасыз етілуі үшін ертеректегі кеңістіктің қисықтығы радиусының мәніне түзетулер енгізу қажет: Үлкен жарылыстан бір секунд өткеннен кейін ол Әлемнің көрінерлік бөлігі радиусынан миллиардтаған есе көп.

Мұндай түзетулерсіз, бүгінгі күні қисықтықтың мәні біршама көп болар еді. Бұл мәселені шешу Әлемнің эволюциясының инфляциялық кезеңі туралы көзқарасқа алып келді. Алексей Старобинский және Алан Гут бір-біріне тәуелсіз ұсынған және Андрей Линденің, Андреас Альбрехт пен Пол Стейнхардттың жұмыстарында қалыптасқан инфляциялық теория бойынша: Әлем өзінің эволюциясының ең ерте кезеңінде өте жылдам, экспоненциалды кеңейді немесе ұлғайды, инфляцияға ұшырады (186-сурет). Инфляциялық кезең секундтың аз ғана үлесіне созылса да, осы уақыт ішінде Әлем ондаған немесе жүздеген есе созылып, кеңістіктің қисықтығы нөлдік мәнге дейін төмендейді. Кеңістік евклидтік болды. Әлемнің үш өлшемді кеңістігі қисықтығының өте аз шама екені реликтілік сәулелену картасын зерттеу арқылы дәлелденді.



*186-сурет. Кеңістіктің қисықтығын зерттеу
Әлемнің дамуындағы инфляциялық кезеңнің болуы
туралы қорытындыға алып келді*



Жауабы қандай?

1. Қандай шардың қисықтығы үлкен: радиусы үлкеннің бе немесе кішісінің бе?
2. Шексіз радиусы бар шардың шексіз кіші бөлігінде Евклид геометриясын қолдануға және Декарттық координаттар жүйесін пайдалануға бола ма? Өз жауаптарыңды түсіндіріңдер.

IV Әлемнің эволюциясы

Үлкен Жарылыстың жалпылама теориясы бойынша мамандар Әлемнің эволюциясын төрт негізгі кезеңге бөледі.

1. *Адронды дәуір.* Әлемнің пайда болуының алғашқы кезеңінде өте жоғары температура мен тығыздықта материя элементар бөлшектерден, ең алдымен,

адрондардан тұрды. Бұл кезең секундтың он мыңнан бір үлесіне созылды, бірақ осы кезде бөлшектер арасындағы өзара әрекеттесу аса қарқынды болды.

2. *Лептонды дәуір.* Бұл кезеңде электрондардың, позитрондардың және нейтриноның қарқынды түзілуін қамтамасыз ететін температура өте жоғары болды, дәл осы кезде арнайы атауға ие болған нейтронды теңіз пайда болды, оның нәтижесінде реликтілік сәулелену басталды.

3. *Фотонды дәуір.* Фотонды дәуір аяқталып, Әлемнің температурасы белгілі бір мәнге дейін төмендеп, антизаттан заттар бөлінгенде, Үлкен жарылыстың кең фазасы аяқталады. Адронды, лептонды және фотонды дәуірлер Әлем жасының шамамен отыз мыңнан бір бөлігін құрайды.

4. *Жұлдызды дәуір.* Қазіргі уақытта жалғасып жатқан Әлемнің тіршілігінің негізгі кезеңі. Бұл кезеңде Әлем кеңейді, заттардан жұлдыздар, планеталар, жұлдыздық жүйелер, галактикалар қалыптасты.

Кеңістік қисықтығының соңғы зерттеулеріне сәйкес (§ 50) адронды және лептонды дәуірлерін қамтитын инфляция кезеңі енгізілді. Хаббл тұрақтысы мәніне түзетулер енгізілді, ол Әлемнің ең алыс нысандарына дейінгі қашықтықты анықтаумен қатар, оның жасын да анықтауға мүмкіндік береді.

V. Әлемнің «жасы»

Хаббл заңы бақыланатын нысан Жерден қаншалықты алыс орналасса, ол соншалықты жоғары жылдамдықпен алыстайтынын, Әлем үдемелі кеңейетінін көрсетті. Хаббл заңы Әлемде бір кезеңдерде заттардың өте үлкен тығыздықтарда болғанын көрсетеді. Өте үлкен тығыздықтардан қазіргі тығыздыққа дейінгі уақыт аралығын шартты түрде Әлемнің жасы деп атауға болады.

Әлем жасы $t_0 = \frac{1}{H_0} \approx 13 \cdot 10^9$ жыл шамасымен анықталады.

Реликтілік сәулелену суреттері бойынша Хаббл тұрақтысы мәніне өзгертулер енгізілді. Бұл мән Әлем «жасына» әсер етті. Қазір ол 13,82 миллиард жыл деп есептелді.

Бақылау сұрақтары

1. Үлкен жарылыстың тұжырымдамасы неде? Ол қандай заңмен байланысты?
2. Әлемнің кеңею тұжырымдамасын қандай фактілер растайды?
3. Әлемнің үдемелі кеңеюі моделі негізінде Әлем эволюциясына қандай өзгерістер енгізілді?
4. Хаббл тұрақтысы қандай зерттеулердің негізінде өзгерді?

Шығармашылық тапсырма

Тақырыптардың біріне ppt-презентациямен хабарлама дайындаңдар:

1. Реликтілік сәулеленуді зерттеудің нәтижелері.
2. Әлемдегі өмір мен сана.

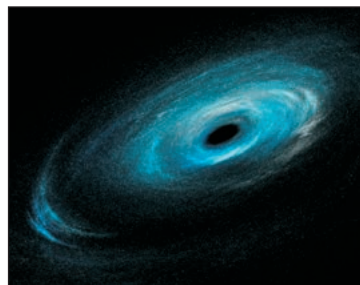
Ғарыштық телескоптар

«Хаббл» телескобы

«Хаббл» телескобы – NASA-ның Үлкен зертханалары қатарына кіретін NASA мен Еуропа ғарыш агенттігінің бірлескен жобасы. «Хаббл» телескобын орбитаға 1990 жылы 24 сәуірде «Discovery» ғарыш кемесі шығарды. Орбитаның биіктігі шамамен 569 км, айналу периоды 96–97 мин, орбиталық жылдамдығы, шамамен, 7500 м/с.

Ғарыш кеңістігінде телескоп орнату арқылы Жер атмосферасы мөлдір емес диапазондарда, ең алдымен инфрақызыл диапазонда электрмагниттік сәулеленуді тіркеуге болады. «Хаббл» арқылы алынған ақпараттар борттық жинақтаушы құрылғыларда сақталады, одан кейін геостационар орбитада орналасқан TDRSS коммуникациялық жасанды серіктер жүйесі арқылы Годдард ғарыштық ұшулар орталығына жіберіледі. «Хаббл» телескобы көмегімен 15 жыл ішінде аспан денелерінің – жұлдыздардың, тұмандықтардың, галактикалардың, планеталардың 1,022 млн суреті алынды (187-сурет). Оның бақылау процесі кезінде ай сайын тіркейтін ақпараттар ағыны 480 Гб-ты құрады. Телескоп жұмыс істеген барлық уақыт ішінде жинақталған ақпарат көлемі 50 терабайт. 3900 астроном оны бақылау үшін қолдануға мүмкіндік алды, ғылыми басылымдарда 4000-ға жуық мақалалар жарияланды.

«Хаббл» бағдарламасы ресми түрде 2021 жылдың 30 маусымына дейін ұзартылды, одан кейін оны «Джеймс Уэбб» ғарыштық телескобы алмастырады.



187-сурет. «Хаббл» телескобы түсірген сурет. Қара құрдым

«Планк» телескобы

«Планк» телескобы – Еуропалық ғарыш агенттігінің (ЕҒА) астрономиялық жасанды серігі, ғарыштық микротолқынды фон – реликтілік сәулеленудің вариацияларын зерттеу үшін құрылған. 2009 жылдың 14 мамырында «Ариан-5» зымыран-тасығышы іске қосылып, ұшырылды. 2009 жылдың қыркүйек айынан бастап, 2010 жылдың қараша айына дейін «Планк» өзінің зерттеу миссиясының негізгі бөлігін ойдағыдай аяқтап, қосымша кезеңге көшті. 2013 жылдың 23 қазанында ЕҒА Ұшуларды басқару орталығынан телескопты өшіру үшін соңғы команда жіберілді. Өшіру алдында «Планк» компьютерінің басқару жүйесі толығымен бұғатталды.



Тапсырма

Интернет желісінің материалдарын пайдаланып, мынаны анықтаңдар:

1. Ғарыш кеңістігін зерттеу үшін қай ұйымдар қандай ғарыштық телескоптарды іске қосты?
2. Зерттеудің мақсаты мен жетістіктері қандай?

10-тараудың қорытындысы

Жұлдызға дейінгі қашықтық	
1 парсек = 3,26 жарық жылы = 206 265 а. б. = $3 \cdot 10^{13}$ км	
$D = \frac{a}{\sin p}$	$D = \frac{206265''}{p} a.б.$
Жұлдыздық шамалар және жұлдыздарға дейінгі қашықтық	
$M = m + 5 - 5 \lg D$	$M = m + 5 + 5 \lg p$
Жұлдыздың жарқырауы	
$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}$	$L = \sigma T^4 \cdot 4\pi r^2$
Хаббл заңы	
$cz = H_0 D$	$v = H_0 D$

Халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) физикалық шамалардың белгіленуі, олардың өлшем бірліктері

Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ	Белгіленуі	Физикалық шамалар	ХБЖ
I_0	10 пк қашықтықтағы жұлдыздың сәулелену қарқындылығы	$Вт/м^2$	m	көрінерлік жұлдыздық шама	
I	сәулелену қарқындылығы	$Вт/м^2$	z	қызыл ығысу	
D	жұлдызға дейінгі қашықтық	$м$	ν	алыстап бара жатқан жарық көзінің сәулелену жиілігі	$Гц$
a	Жер орбитасының үлкен жарты өсі, 1 а.б. ≈ 150 млн.км	$м$	ν_0	сәулелену жиілігі	$Гц$
p	параллакс	$1''$	H_0	Хаббл тұрақтысы $\approx 2,3 \cdot 10^{-18} с^{-1}$	$с^{-1}$
M	абсолют жұлдыздық шама		v	сәулелену жылдамдығы	$м/с$

Глоссарий

Абсолют жұлдыздық шама M – 10 пк қашықтықтағы көрінерлік жұлдыздық шама.

Галактика – жұлдыздар және жұлдызды шоғырымен, жұлдызаралық газ және шаң-тозаңмен, қараңғы материямен гравитациялық байланысқан жүйе.

Космология – Әлемнің қасиеттері мен эволюциясын зерттейтін астрономия бөлімі.

Жылдық параллакс – аспан жұлдызынан орбита радиусына перпендикуляр бағытта Жер орбитасының орта радиусы көрінетін бұрыш.

Парсек – аспан жұлдызынан орбита радиусына перпендикуляр бағытта Жер орбитасының орта радиусы $1''$ бұрышпен көрінетін қашықтық.

Жарық жылы – жарықтың 1 жыл ішінде өтетін қашықтығы.

ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР ЖӘНЕ КЕСТЕЛЕР

- Зертханалық жұмыстарда оларды жүргізу мақсаты, қажетті құрал жабдықтар көрсетілген. Жұмыс барысы суреттер, кестелер және есептеу формулалары арқылы түсіндірілген.

1-қосымша. Зертханалық жұмыстар

№1 зертханалық жұмыс.

Трансформатор орамаларындағы орамдар санын анықтау

Жұмыстың мақсаты: екі вольтметр әдісімен трансформатордың орамаларындағы орам санын анықтау.

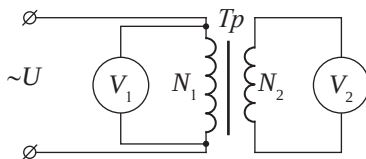
Қажетті құрал-жабдықтар: айнымалы ток көзі (аккумулятор, батарея), трансформатор, $0,75\text{ мм}^2 - 1\text{ мм}^2$ сымның қимасы, айнымалы кернеуді өлшеуге арналған екі вольтметр (мультиметрлер – электр тізбегіндегі ток күшін, кернеуді немесе кедергіні өлшеуге арналған аспаптар).

Қысқаша теория

Трансформатордың бос жүрісінде екінші реттік орама жүктелмеген, бірінші реттік орамадан номиналды токтың бірнеше процентіне тең магниттелу тогы өтеді. Бұл жағдайда трансформатордың шығысындағы кернеулер олардың ЭҚК-сіне тең деп санауға болады. Сонда ЭҚК мен кернеудің қатынасы трансформатор орамаларындағы орамдар санының қатынасына тең:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (1)$$

1-суретте трансформатор орамаларындағы кернеуді анықтауға арналған тізбек сұлбасы берілген, мұндағы Tr – трансформатор, N_1 – бірінші реттік орамадағы орамдар саны, N_2 – екінші реттік орамадағы орамдар саны, V_1 , V_2 – вольтметрлер. Өлшеулерді дәлдік класы 0,3 және 0,2 болатын аспаптармен жүргізу қажет. Бұл ретте аспаптардың көрсеткіштері шкаланың ортаңғы бөлігінде болуы тиіс. Шкаланың шекті мәндерін пайдалануға болмайды, бұл үлкен қателікке әкелуі мүмкін. Бірінші реттік орамадағы орамдар санын анықтау үшін шарғының екінші реттік орамасының үстінен орамдардың қандай да бір санын орау қажет.



1-сурет. Кернеуді анықтайтын тізбектің сұлбасы

Бірінші реттік және уақытша орамаға жалғанған вольтметр көрсеткіштерін анықтағаннан кейін бастапқы орамадағы орамдар санын есептеуге болады, содан кейін тасымалдау коэффициентінің мәні бойынша екінші реттік орамадағы орамдар санын анықтауға болады.

Жұмыстың орындалу реті

1-тапсырма. Бірінші реттік орамдар санын анықтау

1. Трансформатордың екінші реттік орамасына сымның 10 орамын орандар.
2. Тиісті жұмыс режимін және өлшенетін шамалардың аралықтарын көрсету арқылы вольтметрлерді немесе мультиметрлерді орамаларға жалғандар.

3. Айнымалы ток көзінен бірінші реттік орамаға кернеу беріндер. Кернеу номиналды шаманың 10-20%-ін құрауы тиіс.
4. Вольтметр көрсеткіштерін кестеге жазыңдар.
5. Бастапқы орамадағы орамдардың санын есептендер, оны 1-кестеге енгізіңдер.

1-кесте

Өлшенді			Есептелді
Уақытша орамадағы орамдар саны N_2	Уақытша орамадағы кернеу $U_2, В$	Бірінші реттік орамадағы кернеу $U_1, В$	Бірінші реттік орамадағы орамдардың жуық саны $N_{1жуық}$

2-тапсырма. Екінші реттік орамадағы орамдар санын анықтау

1. Екінші вольтметрді трансформатордың уақытша орамасынан екінші реттік орамасына ауыстырыңдар.
2. Вольтметр көрсеткіштерін 2-кестеге енгізіңдер.
3. Екінші реттік орамадағы орамдар санын есептендер.

2-кесте

Өлшенді			Есептелді
Бірінші реттік орамадағы кернеу $U_1, В$	Екінші реттік орамадағы кернеу $U_2, В$	Бірінші реттік орамадағы орамдардың жуықталған саны $N_{1жуық}$	Екінші реттік орамадағы орамдардың жуықталған саны $N_{2жуық}$

3-тапсырма. Өлшеу және есептеу қателігін бағалау, нәтижелерді қателікті ескеріп жазу

1. Кернеуді өлшеудің $\Delta_v = \Delta_a + \Delta_0$ абсолюттік қателігін анықтаңдар, мұндағы $\Delta_a = \frac{\text{өлшеу шегі} \cdot \gamma}{100}$ – аспаптық қателік, γ – аспаптың дәлдік класы (панельде көрсетілген), $\Delta_0 = \frac{c}{2}$ – есептеу қателігі, c – аспаптың бөліктері құны.
2. Орамдардың саны қателіксіз анықталғандықтан, бірінші реттік орамадағы орамдар санын есептеудің салыстырмалы қателігін $\varepsilon_{N_1} = \frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta U_2}{U_2}$ формуласы бойынша анықтаңдар.

- Орамдар санын анықтау кезінде абсолют қателікті мына формула бойынша есептеңдер: $\Delta N_1 = N_{1\text{жұық}} \cdot \varepsilon_{N_1}$.
- Екінші реттік орамадағы орамдар санын есептеудегі қателікті дәл осылай анықтаңдар. Есептеулерді орындай отырып, бірінші реттік орамадағы орамдардың санын анықтаудың қателігін ескеріңдер.
- Қателіктерді ескеріп, трансформатордың орамасындағы орамдар санының мәнін жазыңдар: $\varepsilon_{N_1} = \dots \%$ болғанда $N_1 = N_{1\text{жұық}} \pm \Delta N_1$. $\varepsilon_{N_2} = \dots \%$ болғанда $N_2 = N_{2\text{жұық}} \pm \Delta N_2$.

№ 2 зертханалық жұмыс. Дифракциялық тордың көмегімен жарықтың толқын ұзындығын анықтау

Жұмыстың мақсаты: дифракциялық тордың көмегімен жарық толқынының ұзындығын анықтау.

Қажетті құрал-жабдықтар: периоды $\frac{1}{100}$ мм немесе $\frac{1}{50}$ мм дифракциялық тор,

штатив, дифракциялық торды бекіткіш және өлшеуіш сызғышы бар үстел, жарық көзі, миллиметрлік шкаласы бар жіңішке тігінен саңылаулы қара экран.

Қысқаша теория

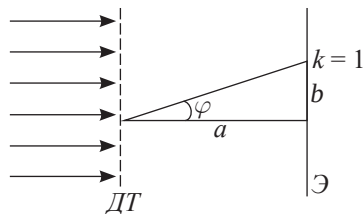
2-суретте қондырғының сұлбасы берілген: $ДТ$ – дифракциялық тор; $Э$ – экран; a – дифракциялық тордан экранға дейінгі қашықтық; b – центрдегі дақтан бірінші ретті максимумға дейінгі қашықтық.

λ толқын ұзындығын дифракциялық тордың максимум шартынан анықтаймыз: $\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}$, мұндағы

d – тор периоды, k – спектр реті, φ – сәйкес түс жарығының максимумы бақыланатын бұрыш. Бірінші және екінші ретті максимумдар бақыланатын бұрыштар 5° -тан аспайтындықтан, бұрыштардың синустарын тангенстерге алмас-

тыруға болады. 2-суреттен көретініміз: $\text{tg } \varphi = \frac{b}{a}$. Мұндағы a арақашықтығы – тордан экранға дейінгі аралық сызғышпен өлшенеді, b арақашықтығы – саңылаудан таңдалған спектр сызығына дейінгі аралық экран шкаласымен өлшенеді. Толқын

ұзындығын анықтау үшін қолданылатын формула мына түрге келеді: $\lambda = \frac{d b}{k a}$.

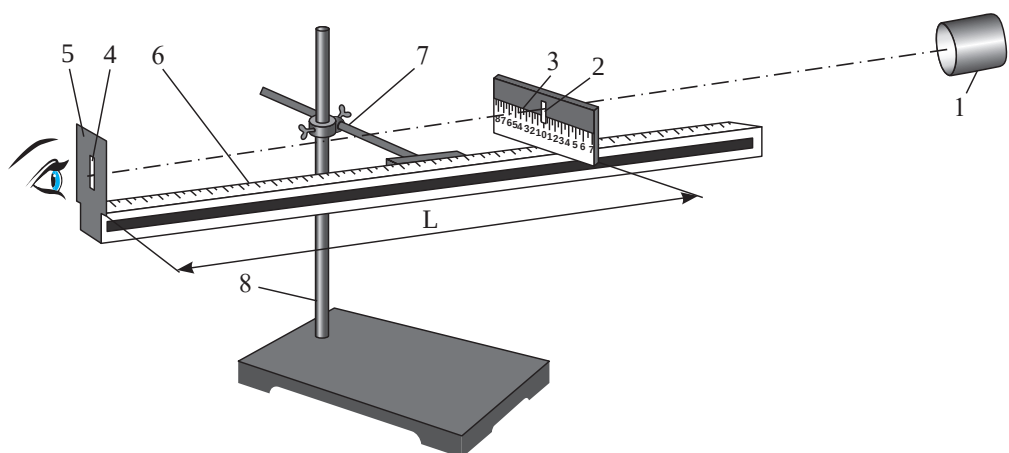


2-сурет. Тор мен экран

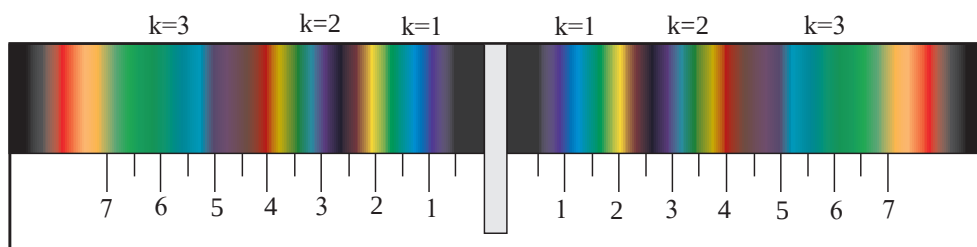
Тапсырма. Қызыл жарықтың максимал толқын ұзындығын және күлгін жарықтың минимал толқын ұзындығын анықтаңдар.

Жұмыстың орындалу реті

- 3-суретте көрсетілген қондырғыны жинаңдар. Штатив (8) қыстырғышына (7) көтергіш үстелді (6) бекітіңдер, бекіткішке (5) дифракциялық торды (4) орнатыңдар, тордан 50 см қашықтықта экранды (3) қойыңдар.
- Қондырғыдан қандай да бір қашықтықта (1) қыздыру қылы бар жарық көзін орналастырыңдар (май шам алауын қолдануға болады). Жарық сәулелері экран саңылауы (2) арқылы дифракциялық торға түсуі керек.



3-сурет. Толқын ұзындығын анықтауға арналған қондырғы



4-сурет. Дифракциялық спектрлер

3. Бекітілген торды дифракциялық спектрлер вертикаль түсетіндей етіп орналас-тырындар (3-сурет).
4. Саңылаудан бірінші және екінші ретті жарықтандыру максимумына дейінгі ара-қашықтықты өлшендер. Нәтижелерді 3-кестеге енгізіңдер.
5. Қызыл жарық толқынының максимал ұзындығын анықтаңдар. Нәтижелерді 3-кестеге енгізіңдер.
6. Күлгін жарық толқынының минимал ұзындығын анықтаңдар.

3-кесте

Спектр реті	Тор-дың пе-риоды $d, м$	Тордан экранға дейінгі қашықтық $a, м$	Саңылаудан жарықтандыру мак-симумы шекарасына дейінгі қашықтық $b, м$		Толқын ұзындығы $\lambda, м$	
			қызыл түсті жа-рықтың	күлгін түсті жа-рықтың	қызыл түсті жарықтың, λ_{max}	күлгін түсті жарықтың, λ_{min}
Сол жақтағы 1						
Оң жақтағы 1						
Сол жақтағы 2						
Оң жақтағы 2						

7. Қызыл және күлгін түстес толқындар ұзындығының орташа мәндерін анықтаңдар.
8. Алынған нәтижелерді берілген мәндермен салыстырыңдар: қызыл түс үшін толқын ұзындығы 750 нм, күлгін түс үшін толқын ұзындығы 400 нм.
9. Орындалған жұмыс бойынша қорытынды жасаңдар.

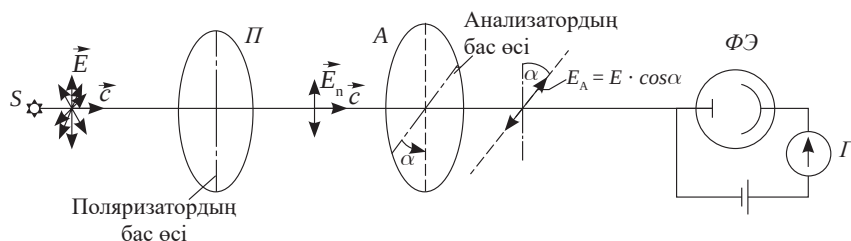
№3 зертханалық жұмыс. Жарықтың поляризациясын бақылау

Жұмыстың мақсаты: жарықтың поляризациясы құбылысын талдау арқылы жарықтың электромагниттік табиғатын тәжірибе жүзінде дәлелдеу.

Құрал-жабдықтар: Шыны пластиналар – 2 дана; қыздыру қылы тұзу шам, штангенциркуль (қара қатты қағазбен және жүзбен (лезвие) алмастыруға болады), дифракциялық тор, поляризатор, анализатор, фотоэлемент, гальванометр. Құбылыстарды зерттеуді қажетті құралдары бар оптикалық орындықта жүргізу ұсынылады.

Тәжірибелік қондырғының сипаттамасы

Тәжірибелік қондырғы S жарық көзінен, екі Π және A (поляризатор және анализатор) поляризаторлардан; Γ гальванометрлі ФЭ фотоэлементтен тұрады (5-сурет).



5-сурет. Жарық поляризациясын бақылауға арналған тәжірибелік қондырғы

S көзінен түскен жарық Π поляризатордан өткен соң, жазық поляризацияланған болады. Егер Π және A бас өстері параллель болса, ФЭ-ге түсетін жарық қарқындылығы максимал, егер перпендикуляр болса, онда жарық қарқындылығы нөлге тең. Басқа жағдайларда қарқындылық аралық мәндерге ие. Γ гальванометр мен ФЭ-дегі ток күші мәндерінен жарық қарқындылығын байқауға болады. Өлшеулерді қараңғыланған бөлмеде жүргізген дұрыс.

Жұмыстың орындалу реті

1. Γ гальванометрді ФЭ тізбегіне жалғап, оның тілшесін нөлге қойыңдар.
2. Жарық көзін қосыңдар.
3. A анализатордың айналуы арқылы гальванометр көрсеткішінің максимал мәнін алыңдар. Ол аспаптың өлшеу шегінен аспауы керек.
4. Анализаторды 90° -қа бұрып, гальванометр көрсеткішін анықтаңдар. Алынған ток күшінің мәнін келесі өлшеулердегі гальванометр көрсеткішінен азайтып отыру керек. Себебі олар ФЭ-ні жарықтандыратын басқа жарық көздерінен алынған. Жаксы қараңғыланған бөлмеде осы жағдайда гальванометр көрсеткіші нөлге тең болады.
5. Әрбір өлшеу кезінде анализатор өсінің көлбеулік бұрышын 15° -қа өзгертіп, ток күшін өлшеңдер. 0° -тан 360° -қа дейінгі толық бір айналым үшін өлшеу жүргізіп, нәтижелерді 4-кестеге енгізіңдер.

Тәжірибе №	α	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	I

- Кесте мәліметтері бойынша I фототок күшінің α бұрылу бұрышының квадратына тәуелділік графигін тұрғызыңдар.
- Сұраққа жауап беріп қорытынды жасаңдар: Жарық қарқындылығы (фототок күші) A және Π өстері арасындағы бұрылу бұрышына тәуелді бола ма?

№4 зертханалық жұмыс. Шынының сыну көрсеткішін анықтау

Жұмыс мақсаты: Тәжірибе жүзінде шынының сыну көрсеткішін анықтау және тәжірибенің жасалуын жақсарту жолдарын ұсыну.

Құрал-жабдықтар: шыны жазық параллель пластина, 4 дана ағылшын түйреуіші, ақ қағаз, транспортір.

Қысқаша теория

Шынының сыну көрсеткішін анықтауда Снеллиус заңын қолданамыз: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$.

Бірінші орта ауа үшін $n_1 = 1$ екенін ескере отырып және бұрыштардың синусын

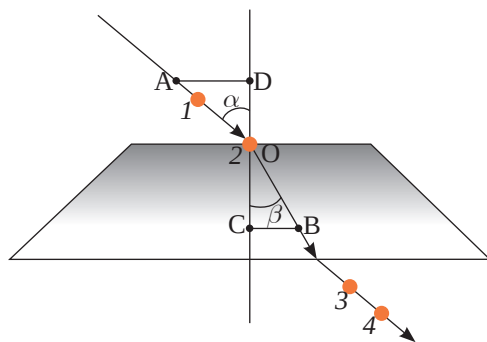
сәйкес бөліктердің қатынасына алмастырып, мынаны аламыз: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AD \cdot OB}{AO \cdot CB} = n_2$.

Егер құрастыру кезінде $AO = OB$ шарты орындалса, онда $n = \frac{AD}{CB}$.

Тапсырма. Сәуленің түсу бұрыштарының әртүрлі мәндері үшін шынының сыну көрсеткішін анықтау.

Жұмыстың орындалу реті

- Қағаз бетіне жазық параллель пластинаны қойып, оны айналдырып сызыңдар.
- Қағазға (1) және (2) түйреуіштердің бірін (2) пластинаға тақап, екіншісін өз қалауыңмен қадандар (6-суретті қараңдар).
- Пластинада екі рет сынғаннан кейін сәуле сызықтың бойымен жүретінін жарықтың түзу сызықты таралу заңын қолданып анықтаңдар. Ол үшін 3 және 4 түйреуіштерді пластина алдына олардың әрқайсысы бақылаушының көзіне жақын орналасқан түйреуіш артын көрінбейтіндей етіп қадандар.
- Қағаз бетінен түйреуішті де, пластинаны да алып тастаңдар. (1) және (2) нүктелері арқылы пластинаға түсетін сәулені жүргізіндер. (3) және (4) нүктелерден



6-сурет. Жазық параллель пластинадағы сәулелердің таралу жолдарын салу

пластинадан өтетін сәулені жүргізіндер. Түсу нүктесін сәуленің пластинадан шығу нүктесімен салыстырындар. Сызылған сызық – шыныдан өткенде сынған сәуле.

5. O сәуленің түсу нүктесінен бастап, түскен және сынған сәулелердің бойында AO және OB тең кесінділер сызындар. OB кесіндісі бірінші сынған сәуледе жатады. A және B нүктелерінен сәуленің O түсу нүктесі арқылы өтетін түзуге перпендикуляр түсіріндер.
6. Түсу бұрыштары әртүрлі екі тәжірибеде AD және CB кесінділерін өлшеп сыну көрсеткіштерін анықтаңдар. Нәтижелерді 5-кестеге енгізіндер:

5-кесте

Тәжірибе №	Өлшенді		Есептелді
	$AD, \text{ мм}$	$CB, \text{ мм}$	$n_{\text{сыну}} = \frac{AD}{CB}$
1.			
2.			

7. Екі тәжірибе үшін сыну көрсеткіштерінің жанама өлшеулерінің салыстырмалы

кателіктерін мына формуламен анықтаңдар: $\varepsilon_n = \frac{\Delta AD}{AD} + \frac{\Delta CB}{CB}$,

мұндағы $\Delta = \Delta_0 + \Delta_a$ – AD және CB кесінділерін өлшеудегі абсолют қателігі.

Δ_0 – есептеу қателігі, Δ_a – аспаптық қателік.

Δ_0 және Δ_a өлшеуіш құралы – сызғыш сызықтарының жартысына тең деп

санауға болады, сонда: $\Delta = \frac{c}{2} + \frac{c}{2} = c = 1 \text{ мм}$, $\varepsilon_n = \frac{1}{AD} + \frac{1}{CB}$.

8. Сыну көрсеткішін есептеудегі абсолют қателікті анықтаңдар: $\Delta n = n \cdot \varepsilon_n$
9. Екі тәжірибе үшін сыну көрсеткішін өлшеу нәтижелерін мына түрде жазындар:
 $\varepsilon_n = \dots \%$ болғанда $n = n_{\text{сыну}} \pm \Delta n$
10. Алынған аралықтарды түзу бойында бейнелендер және олардың сыну аймағының бар-жоғын анықтаңдар. Шынының сыну көрсеткішінің сәуленің түсу бұрышынан тәуелділігі туралы қорытынды жасаңдар.
11. Қойылған мақсатқа сай жасалған жұмысты қорытындылаңдар. Тәжірибе жасауды жақсарту, өлшемдер нақтылығын арттыру туралы ұсыныстар жасаңдар.

№ 5 зертханалық жұмыс. Жартылай ыдырау периодын анықтау

Жұмыстың мақсаты: жартылай ыдырау периодын графикалық әдіспен есептеу.

Құрал-жабдықтар: радиоактивті препараттың белсенділігінің уақытқа тәуелділігінің графиктері мен кестелері.

Ескерту: Гейгер санағышы болған жағдайда, қауіпсіздік техникасын сақтай отырып, жартылай ыдырау периодының мәні аз препараттардың белсенділігіне зерттеу жүргізу ұсынылады. Өлшеу кезінде табиғи фонды және ғарыштық сәулеленуді ескеру қажет. Препараттың белсенділігінің уақыттан тәуелділігі кестесін жасап, кесте бойынша жартылай ыдырау периодын анықтау.

Қысқаша теория

Жартылай ыдырау периоды T – бастапқы элемент атомдарының саны екі есе азайатын уақыт.

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Радиоактивті изотоптың белсенділігі – уақыт бірлігінде қанша ядролардың ыдырайтынын көрсететін шама, ол жартылай ыдырау периодымен байланысты:

$$A = \frac{N \ln 2}{T}.$$

Белсенділіктің өлшеу бірлігі – беккерель. Элемент белсенділігі ретінде бір беккерель бір секунд ішінде орташа бір радиоактивті ыдыраудың өтуін анықтайды.

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ с}^{-1}.$$

Белсенділікті өлшеуде 1 кюри – радийдің бір грамының белсенділігі қарастырылады:

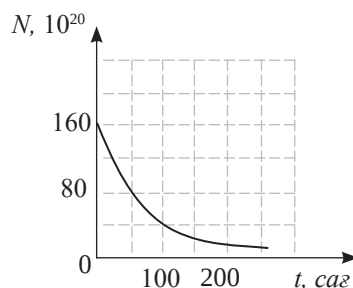
$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ ыдырау} / \text{с}.$$

Шамалар арасындағы байланыс: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$, $1 \text{ Бк} \approx 2,703 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$.

Жұмыстың орындалу реті

1-тапсырма. Ыдырамаған ядролар санының уақытқа тәуелділік графигі бойынша жартылай ыдырау периоды анықтаңдар.

7-суретте эрбий ${}_{68}^{160}\text{Er}$ элементінің белгілі бір уақыт ішінде ыдырамаған ядроларының n санына тәуелділік графигі берілген. Жартылай ыдырау периоды сағатқа қатысты анықтаңдар. Берілген графикте эрбийдің қандай изотопы бейнеленгенін анықтаңдар.



7-сурет. Эрбий элементінің ыдырамаған ядролар санының уақытқа тәуелділік графигі

2-тапсырма. Радиоактивті ыдырау нәтижесінде пайда болған ядролар санының бақылау уақытынан тәуелділік графигін сызу.

β -ыдырау кезінде ${}_{78}^{197}\text{Pt}$ платина ядроларынан жартылай ыдырау периоды 20 сағат болатын тұрақты алтын ядросы пайда болады. Бақылау басталғанда үлгіде $8 \cdot 10^{20}$ платина ядросы болды. Алтын ядролары санының уақытқа тәуелділігінің графигі координаттар бас нүктесінен басқа қандай нүктелер арқылы өтеді? (8-сурет)?

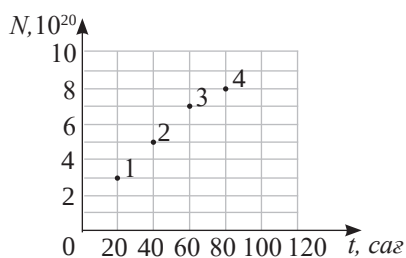
3-тапсырма. Ыдырамаған ядролардың салыстырмалы санының уақытқа тәуелділігінің графигі бойынша жартылай ыдырау периоды анықтау.

9-суретте кейбір изотоп үшін t уақыт ішінде ыдырамаған ядролардың N/N_0 салыстырмалы санына тәуелділік графигінің фрагменті бейнеленген (N_0 – ядролардың бастапқы саны, N – t уақыт мезетіндегі ыдырамаған ядролардың саны).

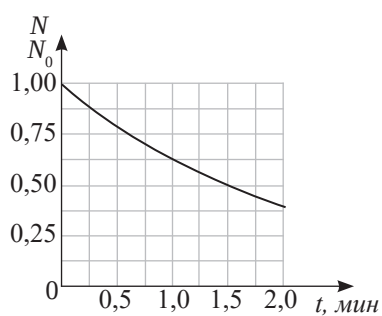
График арқылы осы изотоптың жартылай ыдырау периоды анықтаңдар.

4-тапсырма. Радиоактивті препарат белсенділігінің уақытқа тәуелділік графигін сызу. Жартылай ыдырау периоды анықтау.

6-кестеде радиоактивті элемент белсенділігінің уақытқа тәуелділігін өлшеу нәтижелері келтірілген.



8-сурет. 2-тапсырмаға



9-сурет. Ыдырамаған ядролардың салыстырмалы санының уақытқа тәуелділік графигі

6-кесте

$t, \text{сағ}$	0	3	6	9	12	15
$A \cdot 3,7 \cdot 10^7 \text{ Бк}$	21,6	12,6	7,6	4,2	2,4	1,8

Радиоактивті препараттың белсенділігінің тәуелділік графигін салыңдар.
Кесте бойынша жартылай ыдырау периодын анықтаңдар.
Орындалған жұмыс бойынша қорытынды жазыңдар.

2-қосымша. Кестелер

1-кесте. Тригонометриялық функциялардың мәндері

Бұрыштың шамасы (градуспен)	Синус	Косинус	Тангенс	Бұрыштың шамасы (градуспен)	Синус	Косинус	Тангенс
0	0,000	1,000	0,000	46	0,719	0,695	1,036
1	0,017	1,000	0,017	47	0,731	0,682	1,072
2	0,035	0,999	0,035	48	0,743	0,669	1,111
3	0,052	0,999	0,052	49	0,755	0,656	1,150
4	0,070	0,998	0,070	50	0,766	0,643	1,192
5	0,087	0,996	0,087	51	0,777	0,629	1,235
6	0,105	0,995	0,105	52	0,788	0,616	1,280
7	0,122	0,993	0,123	53	0,799	0,602	1,327
8	0,139	0,990	0,141	54	0,809	0,588	1,376
9	0,156	0,988	0,158	55	0,819	0,574	1,428
10	0,174	0,985	0,176	56	0,829	0,559	1,483
11	0,191	0,982	0,194	57	0,839	0,545	1,540
12	0,208	0,978	0,213	58	0,848	0,530	1,600
13	0,225	0,974	0,231	59	0,857	0,515	1,664
14	0,242	0,970	0,249	60	0,866	0,500	1,732
15	0,259	0,966	0,268	61	0,875	0,485	1,804
16	0,276	0,961	0,287	62	0,883	0,469	1,881
17	0,292	0,956	0,306	63	0,891	0,454	1,963
18	0,309	0,951	0,335	64	0,899	0,438	2,050
19	0,326	0,946	0,344	65	0,906	0,423	2,145
20	0,342	0,940	0,364	66	0,914	0,407	2,246
21	0,358	0,934	0,384	67	0,921	0,391	2,356
22	0,375	0,927	0,404	68	0,927	0,375	2,475
23	0,391	0,921	0,424	69	0,934	0,358	2,605
24	0,407	0,914	0,445	70	0,940	0,342	2,747
25	0,423	0,906	0,466	71	0,946	0,326	2,904
26	0,438	0,899	0,488	72	0,951	0,309	3,078
27	0,454	0,891	0,510	73	0,956	0,292	3,271
28	0,469	0,883	0,532	74	0,961	0,276	3,487
29	0,485	0,875	0,554	75	0,966	0,259	3,732
30	0,500	0,866	0,577	76	0,970	0,242	4,011
31	0,515	0,857	0,601	77	0,974	0,225	4,331
32	0,530	0,848	0,625	78	0,978	0,208	4,705
33	0,545	0,839	0,649	79	0,982	0,191	5,145
34	0,559	0,829	0,675	80	0,985	0,174	5,671
35	0,574	0,819	0,700	81	0,988	0,156	6,314
36	0,588	0,809	0,727	82	0,990	0,139	7,115
37	0,602	0,799	0,754	83	0,993	0,122	8,144
38	0,616	0,788	0,781	84	0,995	0,105	9,514
39	0,629	0,777	0,810	85	0,996	0,087	11,430

Бұрыштың шамасы (градуспен)	Синус	Косинус	Тангенс	Бұрыштың шамасы (градуспен)	Синус	Косинус	Тангенс
40	0,643	0,766	0,839	86	0,998	0,070	14,301
41	0,656	0,755	0,869	87	0,999	0,052	19,081
42	0,669	0,743	0,900	88	0,999	0,035	28,636
43	0,682	0,731	0,933	89	1,000	0,017	57,290
44	0,695	0,719	0,966	90	1,000	0,000	
45	0,707	0,707	1,000				

2-кесте. Халықаралық бірліктер жүйесінің (ХБЖ) дәрежелік көрсеткіштері

Дәреже	Еселіктік		Дәреже	Үлестік	
	Оқылуы	Белгіленуі		Оқылуы	Белгіленуі
10^{18}	экса	Э	10^{-1}	деци	д
10^{15}	пета	П	10^{-2}	сант	с
10^{12}	тера	Т	10^{-3}	милли	м
10^9	гига	Г	10^{-6}	микро	мк
10^6	мега	М	10^{-9}	нано	н
10^3	кило	к	10^{-12}	пико	п
10^2	гекто	г	10^{-15}	фемто	ф
10^1	дека	да	10^{-18}	атто	а

3-кесте. Заттардың абсолют сыну көрсеткіштері

Зат	Ауамен салыстырғандағы абсолюттік сыну көрсеткіштері	Зат	Ауамен салыстырғандағы абсолюттік сыну көрсеткіштері
Алмас	2,42	Глицерин	1,47
Су (20 °C)	1,33	Тұз	1,54
Ауа	1,00029	Кварц	1,54
Балқарағай майы (20 °C)	1,52	Скипидар	1,47
Мұз	1,31	Этил спирті	1,36
Плексиглас	1,5	Лағыл	1,76
Күкіртті көміртек (20 °C)	1,63	Шынының түрлері	1,47 бастап, 2,04 дейін

4-кесте. Электрондардың металдардан шығу жұмысы

Зат	Электрондардың шығу жұмысы $A_{\text{шығу}}$, эВ	Зат	Электрондардың шығу жұмысы $A_{\text{шығу}}$, эВ
Алюминий	4,25	Болат	4,3
Вольфрам	4,54	Барий	2,49
Алтын	3,30	Германий	4,76
Мыс	4,40	Кадмий	3,80
Қалайы	4,38	Калий	2,20

Зат	Электрондардың шығу жұмысы $A_{\text{шығу}}$ эВ	Зат	Электрондардың шығу жұмысы $A_{\text{шығу}}$ эВ
Сынап	4,52	Литий	2,38
Қорғасын	4,0	Натрий	2,35
Күміс	4,3	Рубидий	2,16
Мырыш	4,24	Цезий	1,81

5-кесте. Радиоактивті элементтердің жартылай ыдырау периоды

Изотоп	Жартылай ыдырау периоды	Қауіпсіз период
Сутегі-3	12,3 жыл	123 жыл
Вольфрам-181	145 күн	1450 күн
Вольфрам-185	74,5 күн	745 күн
Вольфрам-187	24 сағат	10 тәулік
Йод-131	8 тәулік	80 тәулік
Криптон-94	1,4 с	14 с
Кобальт-60	5,2 жыл	52 жыл
Қалайы-115	9,4 күн	94 күн
Радон-222	3.8 тәулік	38 тәулік
Рений-187	70 млрд жыл	700 млрд жыл
Хлор-38	37,7 мин	6,28 сағат
Уран-235	4,5 млрд жыл	45 млрд жыл
Көміртек-14	5730 жыл	57300 жыл

6-кесте. Химиялық элементтер мен элементар бөлшектер изотоптарының атомдық массалары

Элементар бөлшектер	Элементар бөлшек массасы, м.а.б.				
${}^0_{-1}e$	0,00055				
1_1p	1,00728				
Z_2	1,00866				
Изотоп	Атом массасы, м.а.б.	Изотоп	Атом массасы, м.а.б.	Изотоп	Атом массасы, м.а.б.
1_1H	1,00783	${}^{11}_6C$	11,00788	6_4Be	6,01738
2_1H	2,01410	${}^{12}_6C$	12,00000	7_4Be	7,01457
3_1H	3,01543	${}^{13}_6C$	13,00335	8_4Be	8,02168

Изотоп	Атом массасы, м.а.б.	Изотоп	Атом массасы, м.а.б.	Изотоп	Атом массасы, м.а.б.
${}^3_2\text{He}$	3,01605	${}^{14}_6\text{C}$	13,99961	${}^9_4\text{Be}$	9,01219
${}^4_2\text{He}$	4,00260	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307	${}^9_5\text{B}$	9,01038
${}^6_3\text{Li}$	6,01512	${}^{15}_7\text{N}$	15,00010	${}^{10}_5\text{B}$	10,01294
${}^7_3\text{Li}$	7,01600	${}^{16}_8\text{O}$	15,99491	${}^{11}_5\text{B}$	11,00930
${}^8_3\text{Li}$	8,02065	${}^{17}_8\text{O}$	16,99913	${}^{17}_9\text{F}$	16,99676
${}^{27}_{13}\text{Al}$	27,98154	${}^{235}_{92}\text{U}$	235,04418	${}^{238}_{92}\text{U}$	238,05113
${}^{239}_{93}\text{Np}$	239,05320	${}^{239}_{94}\text{Pu}$	239,05242		

7-кесте. Әліпбилер

Грек әліпбиі						Латын әліпбиі					
Α α	альфа	Ι ι	йота	Ρ ρ	ро	A a	a	J j	жи	S s	эс
Β β	бета	Κ κ	каппа	Σ σ	сигма	B b	бе	K k	ка	T t	тэ
Γ γ	гамма	Λ λ	лямбда	Τ τ	тау	C c	це	L l	эль	U u	у
Δ δ	дельта	Μ μ	мю	Υ υ	ипсilon	D d	де	M m	эм	V v	вэ
Ε ε	эпсilon	Ν ν	ню	Φ φ	фи	E e	э	N n	эн	W w	дубль-вэ
Ζ ζ	дзета	Ξ ξ	кси	Χ χ	хи	F f	эф	O o	о	X x	икс
Η η	эта	Ο ο	омикрон	Ψ ψ	пси	G g	же	P p	пэ	Y y	игрек
Θ θ	тета	Π π	пи	Ω ω	омега	H h	аш	Q q	ку	Z z	зет
						I i	и	R r	эр		

8-кесте. Салыстырмалы биологиялық тиімділік коэффициенті (СБТК)

Сәулелену түрлері	СБТК, к
Рентген сәулесі және γ -сәулесі	1
β -сәулесі	1
Жылу (баяу) нейтрондар	3
Шапшаң нейтрондар	10
Протондар	10
α -сәулесі	20

[illegible]

Жаттығулардың жауаптары

1-жәтт. 1. 6,28 рад. 2. 0,05 м/с. 3. $\approx 0,04$ м; 1,57 м/с. 4. 0,02 м; 0,05 м/с². 5. 10 Н/м.

2-жәтт. 1. $25 \cdot 10^{-6}$ Гн. 2. 2 есе. 3. 0,1 с; 5 В. 4. $i = 10^{-4} \pi \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ А. 0,02 с. 5. 6,28 мс. 6. 0,05 Дж.

3-жәтт. 1. 100 В; 0 В. 2. $\approx 0,04$ с. 3. $\varepsilon_m = 50$ В; $T = 0,4$ с; $\nu = 2,5$ Гц; $e(t) = 50 \cos 5 \pi t$. 4. $\varepsilon_m = 0,04$ В. 5. $n = 375$ айн/мин.

4-жәтт. 1. $I_m = 8,5$ А; $\varphi_0 = 0,661$ рад; $\nu = 50$ Гц. 2. $I = 2,8$ А; $\varphi_0 = \pi/6$; $T = 0,02$ с. 3. 179 В; 14,1 А.

4. $u_1(t) = 308 \cos 100\pi t$; $u_2(t) = 127 \cos 120\pi t$.

5-жәтт. 1. 0,04 Гн. 2. 16 мкФ. 3. 10 кГц; 44,7 В. 4. 133 мкФ, 593 В.

6-жәтт. 1. $e(t) = 1256 \sin 100\pi t$; ≈ 891 В. 2. 95%. 3. 2 есе. 4. $n = 1100$. 5. 400 есе, трансформатор.

7-жәтт. 19%; 0,6%; 0%; 0,02%.

8-жәтт. 1. 15 м; $5 \cdot 10^{-8}$ с; 7,5 м. 2. 1000 м. 3. 200 м. 4. 1 км. 5. 2 мкТл.

9-жәтт. 1. 10^4 есе. 2. 81 есе; 9 есе. 3. 16 есе; 2 есе. 4. $11,5 \text{ МГц} \leq \nu \leq 12,5 \text{ МГц}$. 5. ≈ 113 м.

6. $2,8 \cdot 10^{-7}$ Ф.

10-жәтт. 0,33 м; 0,35 м; 0,14 м; УЖЖ, дециметрлік.

11-жәтт. 5455 теңге, шектеусіз лимитті.

12-жәтт. 1. 72° . 2. π . 3. 0. 4. 0,3 м. 5. Толық әлсіреу.

13-жәтт. 1. 20° . 2. 100. 3. 550 нм. 4. 3. 5. 19 мм.

14-жәтт. 1. Су бетін поляроидпен бақылау. 2. Толық өшу болмайды. 3. $\approx 1,41$. 4. 45° .

15-жәтт. 1. 1,8. 2. 430 нм. 3. 1,6.

16-жәтт. 1. 2. 2. 6,25. 3. ≈ 11 см.

17-жәтт. 1. 10 пм. 2. 0,396 пм. 3. 3,27 эВ; $5,8 \cdot 10^{-36}$ кг; $1,74 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с.

18-жәтт. 1. Н және Не.

19-жәтт. 1. 0,6 нм; 0,06 нм. 2. 80 кВ. 3. 41 кВ.

20-жәтт. 1. $4,8 \cdot 10^{14}$ Гц. 2. $4,4 \cdot 10^{-36}$ кг; $1,32 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с; $4 \cdot 10^{-19}$ Дж. 3. $7,27 \cdot 10^{15}$ Гц.

21-жәтт. 1. $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. 2. $\text{AgBr}, \text{AgCl}, \text{AgI}; 2\text{AgCl} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{Cl}_2; 2\text{AgI} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{I}_2$.

22-жәтт. 1. 1538. 2. 16.

23-жәтт. 1. $1,3 \cdot 10^{17}$. 2. 10 кВт, 0,04 Дж. 3. $3 \cdot 10^{17}$.

24-жәтт. 1. $^{216}_{84}\text{Po}$. 2. 6α -бөлшек; 3β -бөлшек. 3. 7/8.

25-жәтт. 1. $A = 7, Z = 3, N = 4; A = 17, Z = 8, N = 9; A = 235, Z = 92, N = 143$.

2. $N_p = 2,37 \cdot 10^{20}; N_n = 3,54 \cdot 10^{20}$. 3. $\approx 0,042$ м.а.б; $7 \cdot 10^{-29}$ кг. 4. 0,0024 м.а.б.; 2,24 МэВ.

5. 5,26 МэВ/нуклон; 5,046 м.а.б.

26-жәтт. 1. $8,19 \cdot 10^{13}$ Дж; $2,7 \cdot 10^6$ кг. 2. 6,1 МэВ; 944 МэВ; 939,34 МэВ; 17,35 МэВ.

3. 4,6 МэВ; 3,25 МэВ.

27-жәтт. 1. 8,4 мГр, жоқ. 2. 0,017 Гр; 3. Жылулық нейтрондар.

28-жәтт. 1. 52 мВт.

29-жәтт. 2. $6 \cdot 10^{-31}$ кг; 2,32 мкН.

30-жәтт. 1. 2,1 есе; $1,25 \cdot 10^{10}$ есе. 2. ≈ 3 .

31-жәтт. 1. 29,5 жыл; 2. $\approx 1,48 \cdot 10^5$ жыл; 3. $3,48 \cdot 10^{24}$ м.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Жалпы орта білім беру деңгейінің жаратылыстану-математикалық бағытындағы 10-11-сыныптары үшін «Физика» пәнінен жаңартылған мазмұндағы үлгілік оқу бағдарламасы. Ы.Алтынсарин атындағы ҰБА, 2017.
2. Қазақша-орысша. Орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Физика және астрономия. – Алматы: «Қазақпарат» баспа корпорациясы, 2014. – 388 б.
3. Орысша-қазақша сөздік. А.Байтұрсынов атындағы Тіл білімі институты, – Алматы. Дайк-пресс – 2015.
4. Методика преподавания физики в средней школе. Молекуляр. физика. Электродинамика: Пособие для учителя/С.Я. Шамаш, Э.Е. Эвенчик, В.А. Орлов и др.; Под ред. С.Я. Шамаша. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1987. – 256 с.
5. Методика преподавания физики в средней школе. Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика: Пособие для учителя/ А.Т. Глазунов, И.И. Нурминский, А.А. Пинский. Под ред. А.А. Пинского – М.: Просвещение, 1989. – 270 с.
6. А.А. Ванеев, З.Г. Дубицкая, Е.Ф. Ярунина. Преподавание физики в 10 классе средней школы. Москва «Просвещение», 1978 г.
7. В.П. Орехов, А.В. Усова, И.К. Турышев и др. Методика преподавания физики в 8–10 классах средней школы. – М.: Просвещение, 1980.
8. Методика факультативных занятий по физике: Пособие для учителей/ О.Ф. Кабардин, С.И. Кабардина, В.А. Орлов и др.; – М.: Просвещение, 1980. – 191 с.
9. Тарасов Л.В., Тарасова А.Н. Вопросы и задачи по физике (Анализ характерных ошибок поступающих во втузы): учеб. пособие. – 4-е изд., стереотип. – М.: Высш. шк., 1990. – 256 с.
10. Эйнштейн А. Работы по теории относительности /Альберт Эйнштейн; [пер. с нем. И англ.] – СПб.: Амфора. ТИД Амфора, 2008. – 330 с.: ил. – (Серия «На плечах гигантов. Библиотека Стивена Хокинга»).
11. «Физика». Перевод с английского А.С. Ахматова и др. – М.: Наука, 1965.
12. Л. Эллиот, У. Уилкокс «Физика». Перевод с английского под редакцией проф. А.И. Китайгородского. М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1975.
13. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. Учеб. для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 1995.
14. Шахмаев Н.М. и др. Физика. Учеб. для 11 класса средних школ. – М.: Просвещение, 1991.

Иллюстрациялық материалдар сілтемелері

1. 7-сұрет. etoretro.ru; fishki.net
2. 20-сұрет. astana.gov.kz
3. 31-сұрет. tehznatok.com
4. 34-сұрет. v-tehnology.ru
5. 39-сұрет. metallopory.ru
6. 45-сұрет. zen.yandex.ru
7. 46-сұрет. profit.kz; poligraftorg.ru
8. 68-сұрет. wifi.kz
9. 69-сұрет. sport@aqmola.gov.kz
10. 70-сұрет. www.rstradehouse.com
11. 80-сұрет. robraz.ru; rostec.ru
12. 87-сұрет. www.resonance-ed.com
13. 96-сұрет. shopper.life
14. 105-сұрет. www.sanalbasin.com
15. 108-сұрет. rkc.org
16. 121-сұрет. school-collection.iv-edu.ru
17. 139-сұрет. www.catersnews.com
18. 142-сұрет. 300experts.ru
19. 150-сұрет. yandex.kz
20. 154-сұрет. bezrao.ru
21. 155-сұрет. factum.kz
22. 157-сұрет. vse.kz
23. 158-сұрет. eht.postimees.ee
24. 161-сұрет. rusrep.ru
25. 163-сұрет. www.alcimed.com
26. 165-сұрет. naked-science.ru
27. 171-сұрет. popularastronomy-technicacuriosa.com
28. 178-сұрет. www.astronet.ru
29. 183-сұрет. www.qwrt.ru
30. 185-сұрет. www.physics-astronomy.org

Мазмұны

Алғы сөз.....	4
1-ТАРАУ. Механикалық тербелістер	5
§ 1. Гармоникалық тербелістердің теңдеулері мен графиктері.....	6
2-ТАРАУ. Электрмагниттік тербелістер.....	13
§ 2. Еркін және еріксіз электрмагниттік тербелістер. Механикалық және электрмагниттік тербелістердің ұқсастықтары.....	14
3-ТАРАУ. Айнымалы ток.....	21
§ 3. Айнымалы ток генераторы.....	22
§ 4. Еріксіз электрмагниттік тербелістер.....	28
§ 5. Электр тізбегіндегі кернеулердің резонансы	32
§ 6. Электр энергиясын өндіру, тасымалдау және қолдану. Трансформатор.....	37
§ 7. Қазақстандағы және әлемдегі электр энергиясының өндірісі мен қолданылуы.....	42
4-ТАРАУ. Электрмагниттік толқындар.....	51
§ 8. Электрмагниттік толқындардың жұтылуы мен шығарылуы.....	52
§ 9. Радиобайланыс. Детекторлы радиоқабылдағыш	59
§ 10. Аналогты-сандық түрлендіргіш. Байланыс арналары	63
§ 11. Байланыс құралдары.....	68
5-ТАРАУ. Толқындық оптика.....	77
§ 12. Жарықтың интерференциясы. Жарықтың дифракциясы	78
§ 13. Дифракциялық торлар	85
§ 14. Жарықтың поляризациясы	88
6-ТАРАУ. Геометриялық оптика	95
§ 15. Геометриялық оптика заңдары. Жарықтың толық шағылуы. Жарықжол.....	96
§ 16. Оптикалық аспаптар.....	103
7-ТАРАУ. Атомдық және Кванттық физика	111
§ 17. Жарықтың корпускулалық-толқындық табиғатының біртұтастығы.....	112
§ 18. Сәулелену түрлері. Спектрлер, спектрлік құралдар, спектрлік талдау.....	117
§ 19. Инфрақызыл және ультракүлгін сәулелену. Рентген сәулелері. Электрмагниттік толқындар шкаласы.....	122
§ 20. Фотоэффект. Фотоэффектіні қолдану	127
§ 21. Жарық қысымы. Жарықтың химиялық әсері. Фотография.....	133
§ 22. Томография.....	137
§ 23. Лазерлер. Голография.....	143

8-ТАРАУ. Атом ядросының физикасы	151
§ 24. Табиғи радиоактивтілік. Радиоактивті ыдырау заңдары.....	152
§ 25. Атом ядросы. Ядроның нуклондық моделі. Изотоптар. Ядродағы нуклондардың байланыс энергиясы.....	157
§ 26. Ядролық реакциялар. Жасанды радиоактивтілік. Ауыр ядролардың бөлінуі. Тізбекті ядролық реакциялар. Критикалық масса. Термоядролық реакция	162
§ 27. Радиоактивті сәулелердің биологиялық әсері. Радиациядан қорғану.....	167
§ 28. Ядролық реактор. Ядролық энергетика.....	172
9-ТАРАУ. Нанотехнологиялар және наноматериалдар	179
§ 29. Нанотехнологиялардың негізгі жетістіктері, оның проблемалары мен даму болашағы	180
10-ТАРАУ. Космология	187
§ 30. Жұлдыздар әлемі. Жұлдыздық шамалар. Айнымалы жұлдыздар	188
§ 31. Герцшпрунг – Рассел диаграммасы. Асқынжана, нейтрондық жұлдыздар. Қара құрдымдар.....	193
§ 32. Біздің Галактика. Басқа галактикалардың ашылуы. Квazarлар.....	199
§ 33. Галактикаға дейінгі қашықтықты өлшеу. Жұлдыздарға дейінгі қашықтық.....	205
§ 34. Әлемнің қараңғы материясы және қараңғы энергия. Әлемнің үдемелі кеңеюі. Әлемнің модельдері	210
§ 35. Үлкен жарылыстар теориясы. Әлемнің эволюциясының негізгі кезеңдері. Әлемдегі өмір және тіршілік иелері туралы ойлар.....	214
ҚОСЫМШАЛАР. Зертханалық жұмыстар және кестелер	219
1-қосымша. Зертханалық жұмыстар	220
2-қосымша. Кестелер.....	229
Жаттығулардың жауаптары.....	234
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	235



Электрондық нұсқа



Назар аудар

Электронды қосымша жүктелген CD қолжетімсіз болған жағдайда, қосымшаны *arman-pv.kz* сайтынан тауып, өз компьютеріңе жүктеп алуыңа болады

Оқулық басылымы

Назифа Анваровна Закирова
Руслан Рауфович Аширов

ФИЗИКА

Жалпы білім беретін мектептердің қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы 11-сыныбына арналған оқулық

Суретшілері	А.Айтжанов, Е.Мищенко
Бас редакторы	К.Караева
Редакторы	М.Кенжебаева
Техникалық редакторы	В.Бондарев
Көркемдеуші редакторы	Е.Мельникова
Бильд редакторы	Ш.Есенқұлова
Суретші-безендіруші	О.Подопригора
Мұқаба дизайны	В.Бондарев, О.Подопригора
Беттеген	Л.Костина, С.Сұлейменова, Т.Макарова, Г.Илишева

Сатып алу үшін мына мекенжайларға хабарласыңыздар:

Нұр-Сұлтан қ., 4 м/а, 2 үй, 55 пәтер.

Тел.: 8 (7172) 92-50-50, 92-50-54. E-mail: astana@arman-pv.kz

Алматы қ., Ақсай-1А м/а, 28Б үй.

Тел.: 8 (727) 316-06-30, 316-06-31. E-mail: info@arman-pv.kz

«Арман-ПВ» кітап дүкені

Алматы қ., Алтынсарин к/сі, 87 үй. Тел.: 8 (727) 303-94-43.

Теруге 23.08.19 берілді. Басуға 02.07.20 қол қойылды. Пішімі 70 x 100 $\frac{1}{16}$. Қағазы офсеттік.
Қаріп түрі «Times New Roman». Офсеттік басылыс. Шартты баспа табағы 19,35. Таралымы 17500 дана.

Артикул 811-007-001к-20