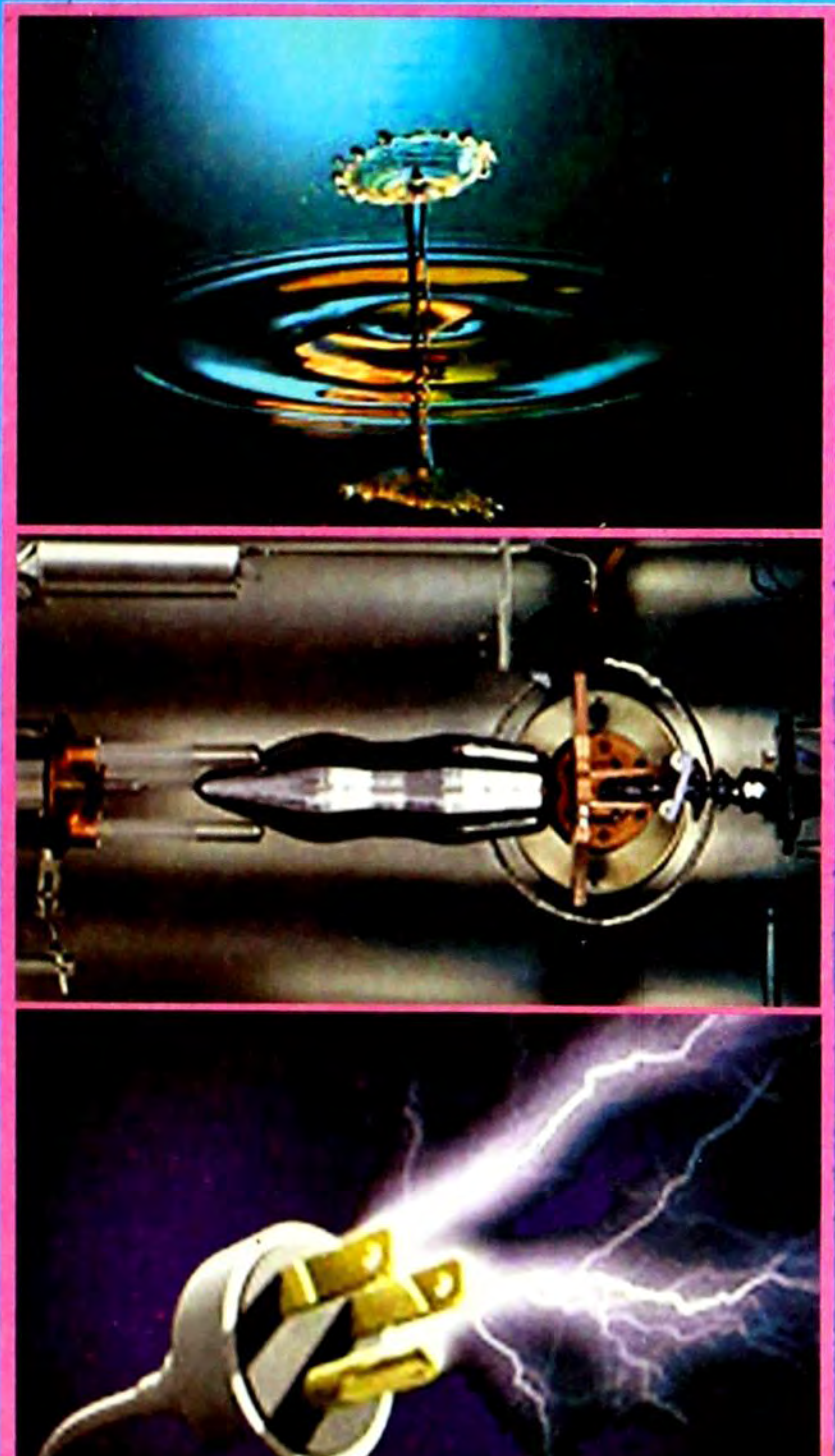
С. Т. Токтогулов

ФИЗИКА 9



С. Т. Токтогулов

ФИЗИКА

Орто мектептин 9-классы үчүн окуу китеби

Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлиги бекиткен

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТРЛИГИ, ОШ ОБЛУСУ КАРАСУУ РАЙОНУ
КАРАСУУ РАЙОНУНДАГЫ ... №1 ТАЛАНТТУУ БАЛДАРДЫН ГИМНАЗИЯ-ИНТЕРНАТЫ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ... ГИМНАЗИЯ-ИНТЕРНАТ ... ДЕТЕЙ
ИНН 01411200...10034
№ 10

«Инсанат»
Бишкек – 2012

УДК 373.167.1
ББК 22. 3 я 721
Т 51

Рецензенттери: **Аракеев Ы. Н.**, Жалал-Абад областынын Ала-Бука районундагы А. Жуманазаров атындагы орто мектебинин физика мугалими, Кыргыз Республикасынын билим берүү отличниги

Курманкулова В. И., Жалал-Абад областынын Базар-Коргон районундагы М. Алыкулов атындагы № 11 мектеп-гимназиянын физика мугалими, Кыргыз Республикасынын билим берүү отличниги

Токтогулов С. Т.
Т 51 Физика. Орто мектептин 9-классы үчүн окуу китеби.– Б.: «Инсанат», 2012. – 176 б.

ISBN 978–9967–452–62–6

Шарттуу белгилер:

? – Бышыктоо үчүн суроолор.

▲ – Сапаттык маселелер.

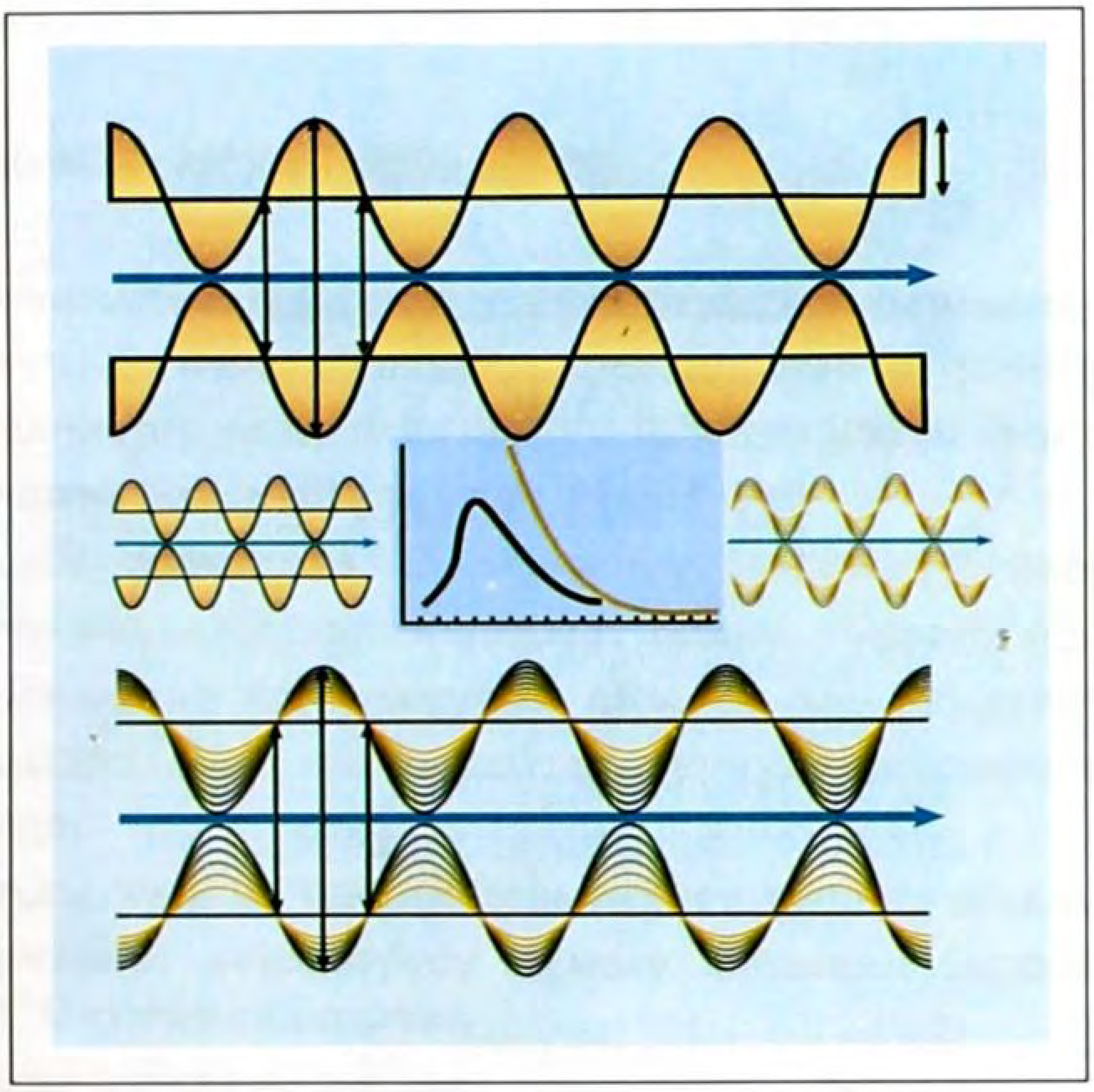
■ – Көнүгүүлөр.

Т 4306021200-12

УДК 373.167.1
ББК 22. 3 я 721

ISBN 978–9967–452–62–6

© Токтогулов С. Т., 2012.
© Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлиги, 2012.
© «Инсанат» басмасы, 2012.



МЕХАНИКАЛЫК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

МЕХАНИКАЛЫК ТЕРМЕЛҮҮ ДЕГЕН ЭМНЕ?

I глава

МЕХАНИКАЛЫК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

§ 1. Эркин жана аргасыз термелүүлөр

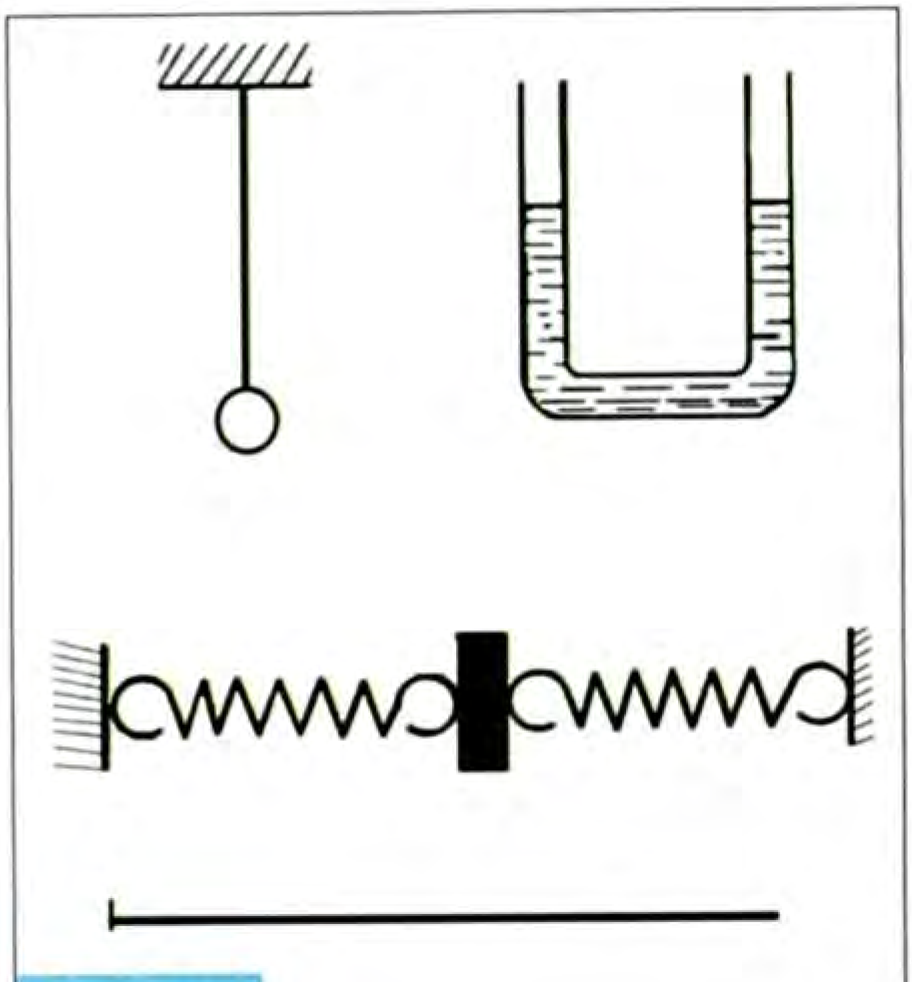
Механикалык термелүү – механикалык кыймылдын бир түрү болуп саналат. Убакыттын өтүшү менен, мейкиндикте башка телолорго салыштырмалуу телонун абалынын өзгөрүшү механикалык кыймыл деп аталат.

Ал эми, механикалык термелүү – мезгилдүү кайра кайталануучу механикалык кыймыл. Башка түрдөгү механикалык кыймылдан термелүүнүн айырмасы – бирдей убакыт ичинде кыймылдын кайра кайталануучулук касиетке ээ болгондугунда.

Мисалы, селкинчектин термелүүсү менен, жипке илинген шарчанын термелүүсү мүнөзү жагынан бирдей болот (1-сүрөт). Окуучу селкинчектин жибине олтуруп, тең салмактуу абалынан чыгарылгандан кийин, селкинчек кыймылга келе баштайт. Бир нече убакыт өткөндөн кийин, селкинчек кайра калыбына келет.

1-сүрөт.

Айлана боюнча кыймылдан термелүүнүн айырмасы, термелүү – тең салмактуу абалына багытталган айлананын жаасы боюнча кайта-

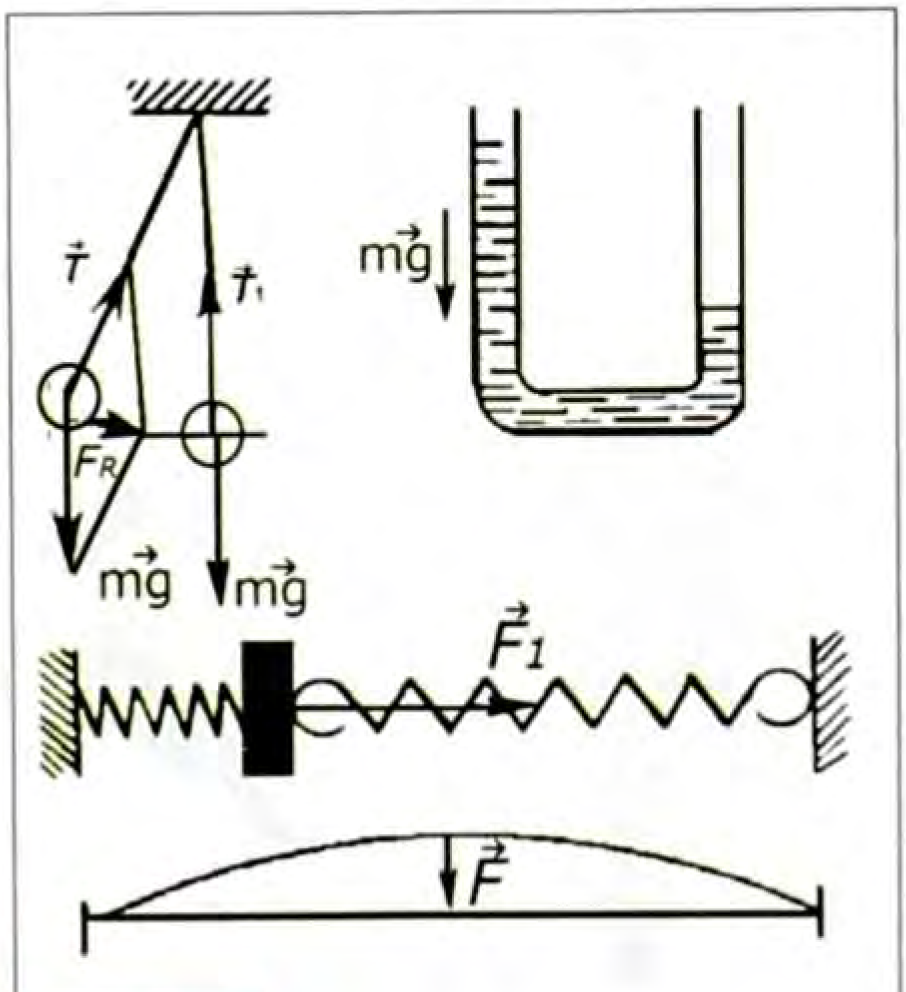

2-сүрөт.

ланууучу кыймыл болуп саналат.

Убакыттын барабар бөлүгүндө, телонун кайра кайталануучу кыймылы **механикалык термелүү** деп аталат.

Механикалык термелүүлөр: эркин жана аргасыз термелүүлөр – болуп бөлүнөт. Тең салмактуу абалынан чыгарылгандан кийин, ички күчтөрдүн аракетинен пайда болгон термелүүлөр – **эркин термелүү** деп аталат. Эркин термелүүдө пайда болгон ички күчтөрдүн себебин аныктоо үчүн төмөнкү мисалдарды карап көрөлү.

Мисалы, жипке илинген шарча, катыш идиштеги суу, эки пружинанын ортосундагы жүк, комуздун кылы тең салмактуу абалда турат (2-сүрөт).



3-сүрөт.

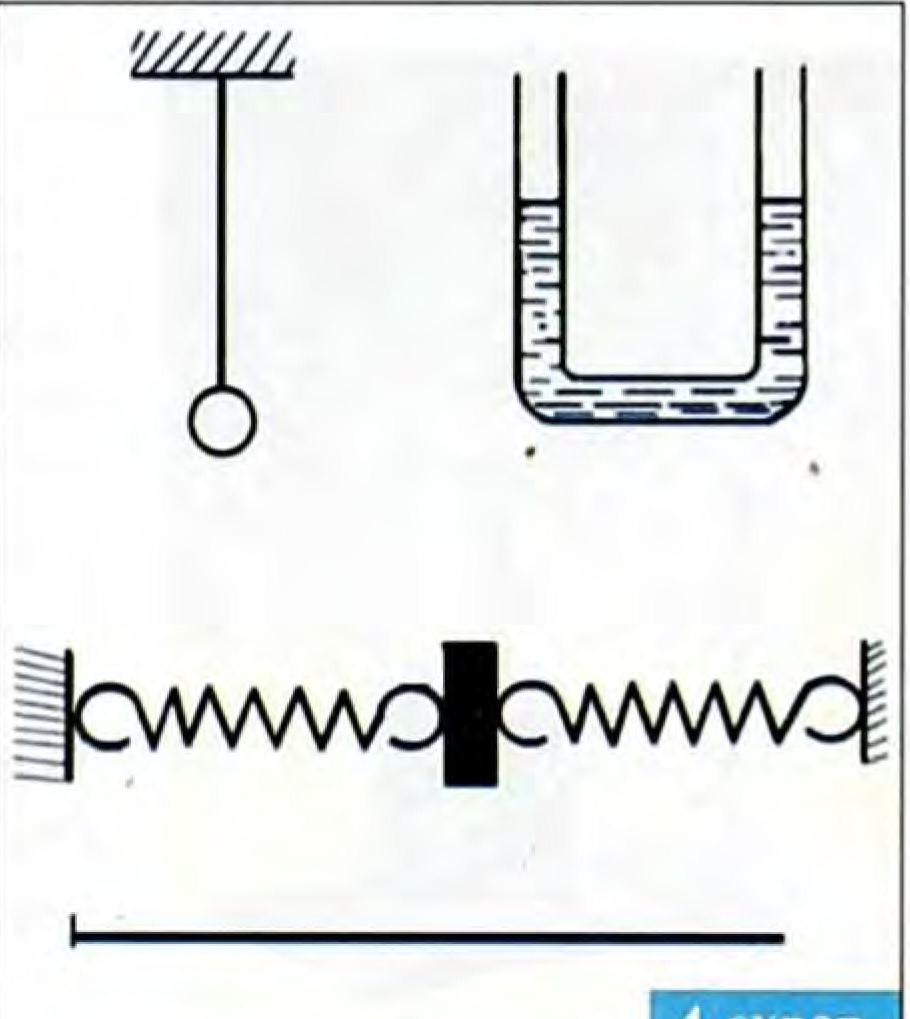
Тең салмактуу абалдан чыгарылгандан кийин:

– жипке илинген шарчага аракет эткен күчтөрдүн тең салмактуулугу бузулгандыктан, тең салмактуу абалына багытталган күч пайда болот;

– катыш идиштин бир бутагындагы суунун деңгээли жогору көтөрүлгөндөн кийин, андагы суунун катмары тең салмактуу абалына багытталган оордук күчүн пайда кылат;

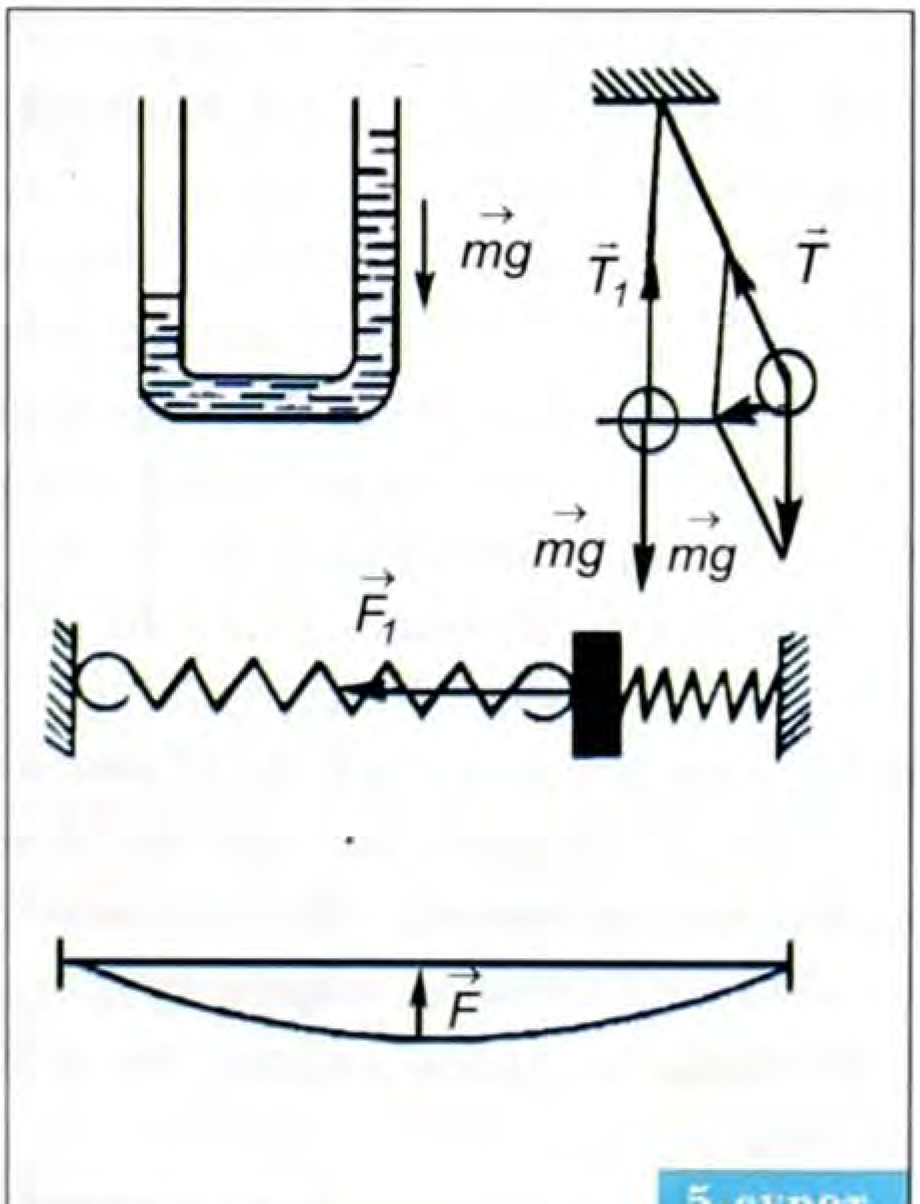
– жүктүн бир жагындагы пружинанын кысылышында жана анын экинчи жагындагы пружинанын созулушунан, тең салмактуу абалына багытталган серпилгич күчүн пайда кылат;

– комуздун кылынын созулушунан пайда болгон серпилгич күчү тең салмактуу абалына багытталат (3-сүрөт).



4-сүрөт.

Келип чыгуу себептери менен айырмаланган ички күчтөрдүн аракеттери менен термелүүчү система (шарча, суу, жүк, комуздун кылы) тең салмактуу абалына келгенде, бул күчтөр жок болуп кетет (4-сүрөт). Бирок, термелүүчү система белгилүү бир ылдамдыкка ээ болуп калгандыктан, карама-каршы жакка кыймылга келет (5-сүрөт).



5-сүрөт.

Натыйжада тең салмактуу абалына багытталган күч пайда болуп, анын мааниси чоңоё баштайт. Термелүү кайра кайталанат.

Демек, тең салмактуу абалдан чыгарылгандан кийин, тең салмактуу абалына багытталган күчтөрдүн аракети менен эркин термелүү пайда болот.

6-сүрөт.

Андан тышкары, термелүүчү системанын чөйрөсүнүн сүрүлүүсү эң кичине мааниге ээ болсо, эркин термелүү пайда болот, б. а. эркин термелүүдө чөйрөнүн каршылыгы эске алынбайт. Бирок, термелүүчү система башка күчтөрдүн аракети менен да термелиши мүмкүн.

Тышкы мезгилдүү күчтүн аракети астындагы термелүүчү системанын кыймылы – **аргасыз термелүү** деп аталат.

Мисалы, пружинага илинген металл цилиндрине жакын аралыкта, өзгөрүлмө электр тогуна туташтырылган электромагниттин таасири менен, металл цилиндри аргасыз термелүү жасайт (6-сүрөт). Ичтен күйүүчү кыймылдаткычтарындагы поршендин кыймылы да аргасыз термелүүнүн мисалына кирет.

Механиканын негизги маселесин, механикалык термелүү үчүн чечүүдө, убакыттын ар бир көз ирмеминде термелүүчү телонун координатасын аныктоо болуп саналат.

Тригонометрияда мезгилдүүлүк касиетине синус жана косинус функциялары ээ болот. Ошондуктан, термелүүчү телонун координатасын жана ылдамдыгын, ылдамдануусун, б. а. термелүү процессин синус же косинус функцияларынын жардамы менен изилдөөгө болот.

Синус же косинус закону боюнча жүргөн термелүү **гармоникалык термелүү** деп аталат.

Гармоникалык термелүүдө, координатанын убакыттан көз карандылыгы синус же косинус закону боюнча аныкталат.

$$x = x_0\cos\omega t \quad (1)$$

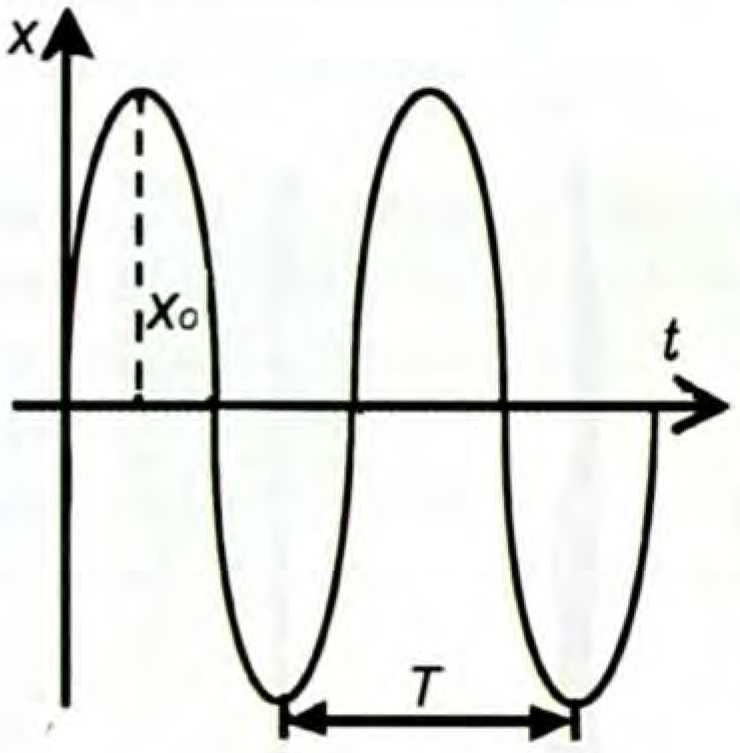
Гармоникалык термелүү 5 чоңдук менен мүнөздөлөт (7-сүрөт):

1. Термелүү амплитудасы (x_0) – тең салмактуу абалынан максималдуу четтеген аралык;

2. Термелүү мезгили (Т) – бир толук термелүүгө кеткен убакыт;

3. Термелүү жыштыгы (ν) – 1 *с* ичиндеги термелүүнүн саны;

4. Циклдык жыштык (ω) $2\pi c$ ичиндеги термелүү саны:



7-сүрөт.

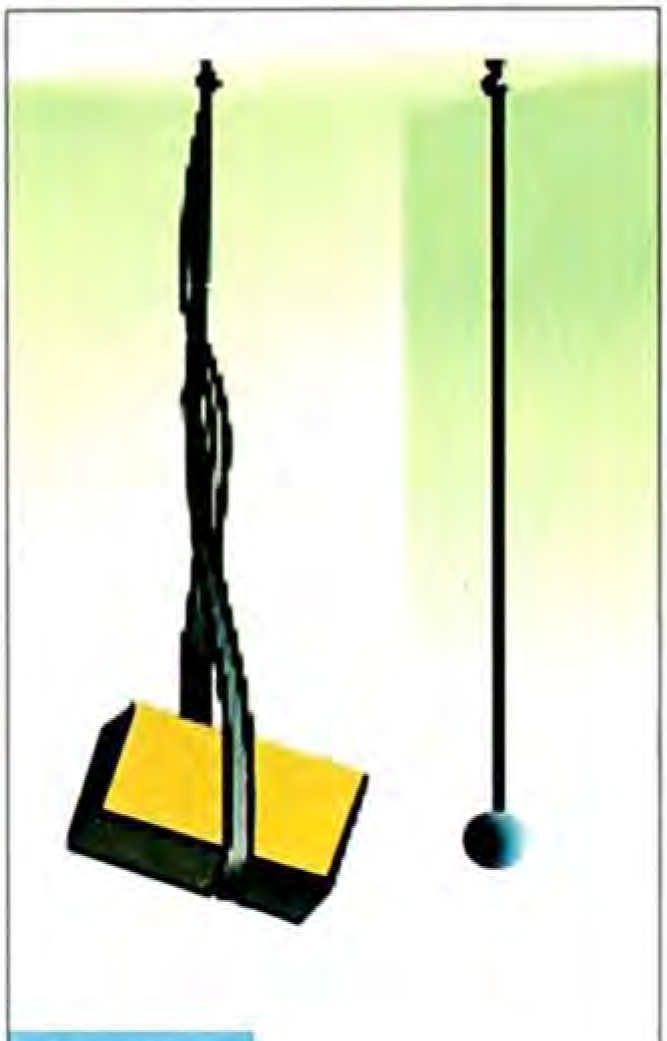
$$\omega = 2\pi \cdot \nu, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}.$$

5. Термелүү фазасы (φ) – синус же косинустун белгисинин ичиндеги чоңдук; $\varphi = \omega \cdot t$ (1) – формуладагы телонун координаттарынын убакыттан көз карандылыгын косинус закону боюнча аныкталган көз карандылыкты график түрүндө көрсөтүүгө болот.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Механикалык термелүүгө аныктама бергиле.
2. Эркин термелүү деп эмнени айтабыз?
3. Эркин термелүү кандай шарттарда аткарылат?
4. Аргасыз термелүү деп эмнени айтабыз?
5. Гармоникалык термелүү деп эмнени айтабыз?
6. Гармоникалык термелүү кандай чоңдуктар менен мүнөздөлөт?
7. Гармоникалык термелүүнүн графигинин физикалык маңызын чечмелеп бергиле.

§ 2. Математикалык маятниктин термелүүсү



8-сүрөт.

Эркин термелүүнүн пайда болушунун себептерин иликтөө үчүн, математикалык маятниктин жана пружинага илинген жүктүн термелүүлөрүнүн мисалдарында карап көрөлү.

Кыймылсыз окто, илинүү чекитинен оордук күчү төмөн жайланышкан телолор **маятниктер** деп аталат.

Мисалы, селкинчектеги кыз, шыпта илинген лампалар, жипке асылып коюлган предметтер (8-сүрөт). Жиптин узундугун L, шарчанын сызыктуу өлчөмүн d деп белгилесе болот.

Эгерде, $L >> d$ болсо, б. а. жиптин узундугу, телонун сызыктуу өлчөмүнөн бир нече эсе чоң болсо, телонун сызыктуу өлчөмүн эсепке албай материалдык чекит деп караса болот. Ошондуктан, жиптин чоюлуусу да эсепке алынбаса, жипке илинген шарча – **математикалык маятник** деп аталат.

Эгерде, шарчаны тең салмактуу абалынан чыгарып, коё берсе шарча термелет. Кандай күчтүн аракети менен термелет? Термелүүнүн себептерин аныктоо үчүн, шарчага кандай күчтөр аракет этип жаткандыгын карап көрөлү:

Жипке шарча илингенде, шарчага оордук күчү аракет этет (8-сүрөт). Натыйжада, жип чоюлат да, жиптин узундугу боюнча оордук күчүнө карама-каршы багытта пайда болгон серпилгич күчү улам жогорулап, качан оордук күчүнө барабар болгондо, жип чоюлбай калат.

Бул учурда шарчага аракет эткен, багыттары карама-каршы болгон оордук күчү серпилгич күчүнө чоңдугу боюнча барабар болот.

Ошондуктан, шарча тең салмактуу абалда болот.

Шарча тең салмактуу абалынан чыгарылган учурду карап көрөлү:

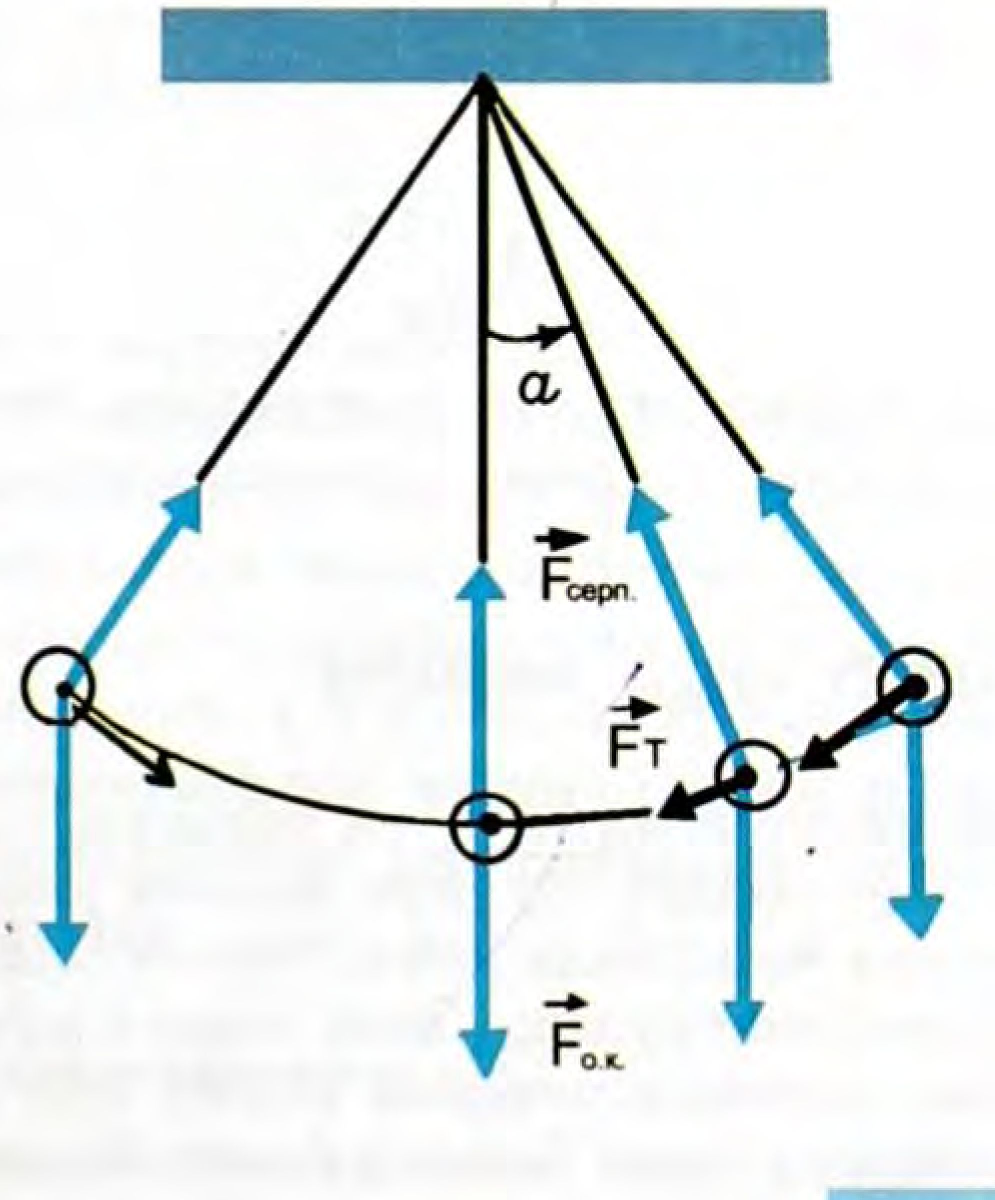
Шарча тең салмактуу абалынан чыгарылганда, серпилгич күчү жипти бойлото багытталса, оордук күчү тик ылдый багытталат, б. а. бул эки күчтүн тең салмактуулугу бузулат.

Шарчанын бул абалында, кандай күчтөр пайда боло тургандыгын аныктоо үчүн, оордук күчү 2 түзүүчүгө ажыратылат:

1. Тангенциалдуу түзүүчү ($F_т$).

2. Нормалдык түзүүчү ($F_н$).

Демек, шарча тең салмактуу абалынан чыгарылганда, шарчага үч күч аракет этет: бирок, оордук күчүнүн нормалдуу түзүүчүсү серпилгич күч менен бир түз сызык боюнча, багыты карама-каршы багытта болот (9-сүрөт).



9-сүрөт.

Мына ошондо, шарчага аракет эткен бир гана күч калат. Бул – оордук күчүнүн тангенциалдык түзүүчүсү. Мына ушул күч – шарчанын тең салмактуу абалына багытталган.

Сүрөттөгү үч бурчтуктан $F_T = F \cdot \sin\alpha = mg\sin\alpha \approx \frac{mgx}{\ell}$ жана Ньютондун 2-закону боюнча $F_т = ma_т$.

Жылышуу аралыгы (x) жана оордук күчүнүн тангенциалдык түзүүчүсүнүн ($F_т$) багыттары карама-каршы экендиги эске алынса, 1-теңдеме төмөндөгүдөй көрүнүшкө ээ болот.

$$ma_T = -\frac{mg}{\ell} \cdot x\,.$$

Эгерде, $\omega_0{}^2 = \frac{g}{\ell}$ деп белгиленсе, $a_T = -\omega_0{}^2 \cdot x$ **(1)**

математикалык маятниктин кыймылынын теңдемеси келип чыгат. Математикалык маятниктин термелүү мезгили (T) төмөнкүдөй аныкталат.

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}; \qquad (2)$$

мындан

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}\,. \qquad (3)$$

Мында: ℓ – математикалык маятниктин узундугу;
g – эркин түшүүнүн ылдамдануусу.

§ 3. Пружинага илинген жүктүн термелүүсү

Пружинага илинген жүктүн тең салмактуу абалда болушунун себеби, жүк оордук күчүнүн аракети менен пружинаны чоёт. Пружина чоюлганда пайда болгон серпилгич күчүнүн мааниси улам жогорулап, качан оордук күчүнө барабар болуп калганда, пружина чоюлбай калат. Бул учурда, оордук күчү серпилгич күчүнө барабар болот. Эгерде пружинадагы жүктү чоюп, аны тең салмактуу абалдан чыгарса, тең

салмактуу абалын көздөй багытталган серпилгич күчүнүн аракети менен пружина кыймылга келе баштайт.

Жүк тең салмактуу абалын көздөй кыймылга келе баштаганда, ага чейинки аралык азайган сайын, сүрүлүү күчүнүн мааниси да азая баштайт.

Жүк тең салмактуу абалына кайра келгенде, серпилгич күчү жок болот. Бирок, жүк ылдамдыктын эсебинен, өзүн токтото албай пружинаны белгилүү бир аралыкка чейин кысат. Кысылган пружинада дагы серпилгич күчү пайда болуп, анын аракети менен жүк кайра баштапкы абалына келет. Мындай термелүүдө жүк Ньютондун 2-закону боюнча: $F_x = m_o a x$; серпилгич күчү: $F = -k \cdot x$ болгондуктан,

$$m \cdot a_x = -k \cdot x \qquad a_x = -\frac{k}{m} \cdot x \qquad \text{же} \qquad a_x = -\omega_o^2 \cdot x. \qquad (4)$$

Мында $\omega^2 = \dfrac{k}{m}$.

3-теңдеме – пружинага илинген жүктүн кыймылынын теңдемеси. Пружинага илинген жүктүн термелүү мезгили төмөнкүдөй аныкталат.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \qquad (5)$$

Мында: m – жүктүн массасы;

k – пружинанын катуулук коэффициенти.

Математикалык маятник (1) менен пружинага илинген жүктүн кыймылынын теңдемелеринин (4) физикалык маңызы бирдей экендиги көрүнүп турат. Ал эми, бул теңдемелердин чечими болуп $x = x_0 \cos \omega t$ (1) эсептелет.

Демек, математикалык маятник жана пружинага илинген жүктүн термелүүлөрү, гармоникалык термелүүнүн түрлөрү болуп саналат.

? Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Кандай телолорду маятник деп атоого болот?
2. Математикалык маятник деп эмнени айтабыз?

3. Шарча тең салмактуу абалынан чыгарылгандан кийин, кайсы күчтүн аракети менен термелүү жасайт?
4. Математикалык маятниктин теңдемесинин физикалык маңызын айтып бергиле.
5. Математикалык маятниктин термелүү мезгилин кандай аныктоого болот?
6. Пружинага илинген жүктүн теңдемесинин физикалык маңызын аныктагыла.
7. Пружинага илинген жүктүн термелүү мезгилин кандай аныктоого болот?

Сапаттык маселелер:

1. Селкинчекти бир бала эмес, эки бала тепсе, селкинчектин термелүү мезгили өзгөрөбү?
2. Экватордогу селкинчекти, түндүк уюлга алып барып тепсе, анын термелүү мезгили кандай өзгөрөт?
3. Эгерде суунун каршылыгы нөлгө барабар болгондой маятниктин формасы өзгөртүлсө, маятниктин термелүү мезгили суунун ичинде өзгөрөбү?

1-көнүгүү

1. Салмагы 0,25 *Н* маятник тең салмактуулук абалынан четтетилди. Эгерде жиптин серпилгич күчү 0,2 *Н* болсо, маятникти тең салмактуу абалына кайтаруучу күчтү аныктагыла.
2. Автомобилдин кыймылдаткычынын поршени 0,5 *мин* да 600 жолу термелсе, поршендин термелүү жыштыгын аныктагыла.
3. Учуп бара жаткан карганын канаттарынын термелүү жыштыгы 3 *Гц* болсо, 13 *м/с* ылдамдыкта 650 *м* жолду өтүү үчүн, канча жолу канаттарын кагат?
4. Катуулугу 0,49 *Н/м* болгон пружинага илинген 50 *г* жүк термелүүдө. Пружинага илинген жүктүн термелүү жыштыгы математикалык маятниктин термелүү жыштыгына барабар болушу үчүн, математикалык маятниктин жибинин узундугу канча болушу керек?
5. Пружинага илинген 5 *кг* жүк минутасына 45 термелүү жасайт. Пружинанын катуулук коэффициентин аныктагыла.
6. Лабораториялык иште маятниктин жибинин узундугу 80 *см* болсо, ал 3 *мин* да 100 жолу термелүү жасагандыгын окуучу

аныктаса, эркин түшүү ылдамдануусунун кандай маанисин эсептеген?

7. Материалдык чекиттин теңдемеси $x = 70 \sin 0{,}5\, t$ (*см*); $t = \pi/3$ убактысында чекиттин жылышуу аралыгын аныктагыла.

§ 4. Аргасыз термелүү. Механикалык резонанс

Эгерде селкинчектин термелүүсүн пайда кылуу үчүн, бир эле жолу тең салмактуу абалынан чыгарылса, бир нече жолу термелүүлөрдөн кийин селкинчектин кыймылы токтойт. Абанын каршылыгы жана селкинчектин илинген чекитинде пайда болгон сүрүлүү күчү, селкинчектин термелүүсүнүн өчүшүнө себеп болот.

Селкинчектин өчпөөчү термелүүсүн пайда кылуу үчүн, анын артынан тынымсыз ары-бери чуркай берүүнүн зарылчылыгы жок.

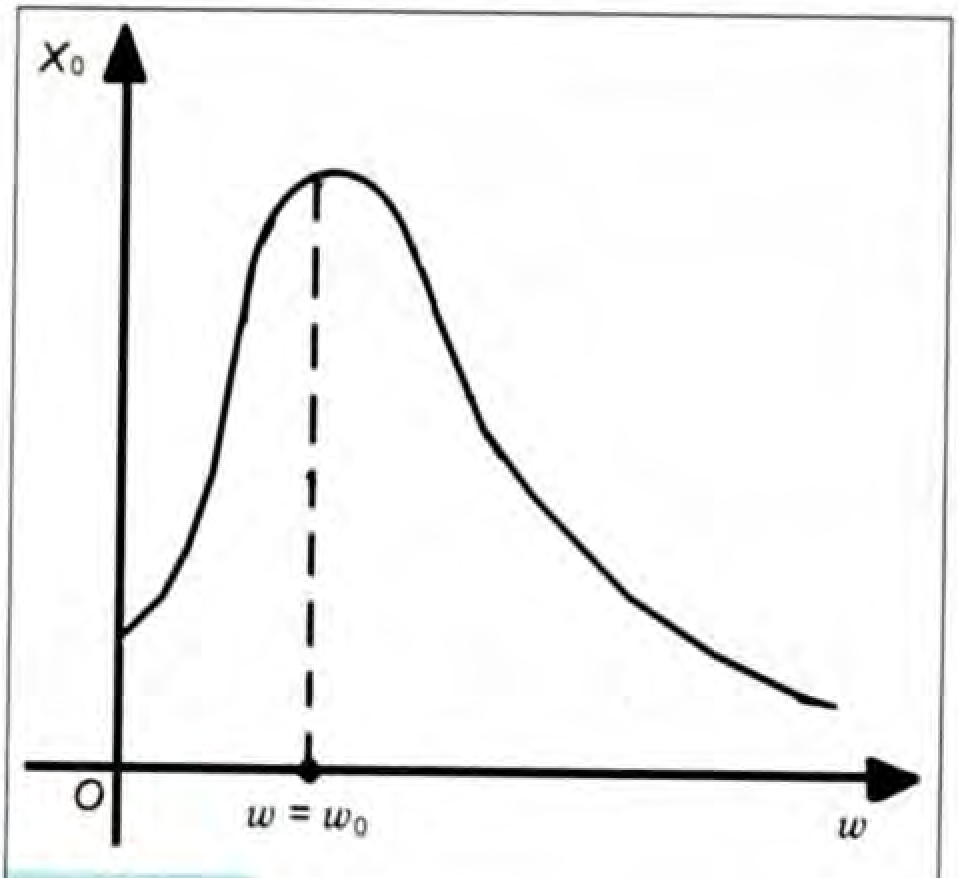
Селкинчек бир жолу толук термелүүдөн кийин, сырттан аракет болсо, селкинчектин термелүүсү тынымсыз улантылат. Мында, тышкы күчтүн аракети мезгилдүү мүнөзгө ээ болгондуктан, система аргасыз термелүү жасоого мажбур болот.

Тышкы мезгилдүү күчтүн аракети менен пайда болгон термелүү **аргасыз термелүү** деп аталат. Эгерде аргасыз термелүүнү пайда кылган тышкы мезгилдүү күч менен, термелүүчү системаны салыштырып көргөндө:

1. Термелүүчү система бир гана жыштык менен термелет. Бул жыштык – термелүүчү системанын **өздүк жыштыгы** деп аталат.

2. Тышкы мезгилдүү күчтүн жыштыгы өзгөрүлмө болуп, ар кандай мааниге ээ боло алат.

Айталы, аргасыз термелүүнү пайда кылган тышкы мезгилдүү күчтүн жыштыгы барган сайын жогорулап, системанын өздүк термелүү жыштыгына жакындап, барабар болуп, андан кийин көбөйө баштаган абалдарын график түрүндө карап көрөлү (10-сүрөт).



10-сүрөт.

Графикте аргасыз термелүүдө, система ээ болгон термелүү амплитудасынын жыштыктан көз карандылыгы чагылдырылган.

Графиктен көрүнүп тургандай, тышкы мезгилдүү күчтүн мааниси көбөйгөн сайын, системанын термелүү амплитудасы жогорулай берет.

Эгерде, тышкы мезгилдүү күчтүн жыштыгы, системанын өздүк термелүү жыштыгына барабар болсо, анын термелүү амплитудасы кескин өсүп, эң чоң мааниге ээ болуп калат.

Тышкы мезгилдүү күчтүн жыштыгы системанын өздүк термелүү жыштыгы менен дал келгенде, системанын амплитудасынын кескин өсүшү – **механикалык резонанс** деп аталат. Тышкы мезгилдүү күчтүн жыштыгынын андан кийинки жогорулашы, системанын термелүү амплитудасынын кескин төмөндөшүнө жана азайышына алып келет. Механикалык резонанс практикада терс көрүнүштөр аркылуу байкалат.

Мисалы, өз убактысында падышалар өздөрүнүн өзгөчөлүгүн көрсөтүү үчүн, каретадагы аттарын бирдей убакта басууга үйрөтүшкөн. Бирок, мындай аттарды басууга үйрөтүүнүн натыйжалары, көпүрөлөр аркылуу өткөндө анын кыйрашына алып келген. Азыр да, узун көпүрөлөрдөн өткөн жоокерлер, бирдей кадамда басышын токтотуп, жөнөкөй көчөдөгү адамдардай басып өтүп, андан кийин өздөрүнүн кыймылын белгиленген тартипте улантышат. Эмне үчүн?

Анын себеби, аттардын жана жоокерлердин бирдей убакытта бирдей кадам таштоолору тышкы мезгилдүү күчтү пайда кылат. Көпүрө дайыма узундугунан көз каранды болгон белгилүү бир жыштыкта термелип турат. Кыймылдын

мүнөзү өзгөрүлбөсө, бир нече убакыттан кийин механикалык резонанстын шарты аткарылгандыктан, көпүрө кыйроого учурайт. Ушундай эле кыйроо 1907-жылы Петербургда (Таврический дворецтин) шыбы кыйрап түшүп калган. Күнөөлүүлөрдү издегенде, ал абаны алмаштырып туруучу кичинекей электр кыймылдаткычы болгон.

Чамасы, кичинекей электр кыймылдаткыч күчү пайда кылган тышкы мезгилдүү күчтүн жыштыгы менен, шыптын өздүк термелүү жыштыгына дал келиши, анын кыйроосуна алып келген.

Бирок, өзгөрүлмө токтун жыштыгын өлчөөчү приборлордун бир түрү (частотомер) резонанс кубулушуна негизделген. Бул прибордо бири биринен термелүү жыштыгы боюнча айырмаланган металл пластиналары параллель жайланышкан. Эгерде прибор өзгөрүлмө токтун булагына туташтырылса, кайсы пластинанын өздүк термелүү жыштыгы өзгөрүлмө токтун жыштыгына дал келсе, мына ошол пластинанын термелүү амплитудасы кескин чоңоёт. Анын көрсөткөн жыштыгы боюнча өзгөрүлмө электр тогунун жыштыгы кандай мааниге ээ экендигин аныктоого болот.

§ 5. Гармоникалык термелүүдөгү чекиттин ылдамдыгы. Механикалык термелүүдөгү энергиянын бири бирине айлануулары

Гармоникалык термелүүлөрдөгү телонун ылдамдыгы, гармоникалык термелүү жасаган телонун координатасы, бири биринен маанилери боюнча айырмасы бар.

Мисалы, тең салмактуу абалдан чыгарылган телонун координатасы максималдуу абалда болсо, тело кыймылсыз абалда болгондуктан, анын ылдамдыгы 0гө барабар болот. Тело кыймылга келип, тең салмактуу абалына келгенде, координатасы 0гө барабар болсо, анын ылдамдыгы максималдуу мааниге ээ болот.

ИНН 10034

Натыйжада, тело тең салмактуу абалынан четтегенден кийин токтоп, ички күчтүн (оордук күчүнүн тангенциалдуу түзүүчүсү) аракети менен, кайра тең салмактуу абалын көздөй кыймылдайт.

Гармоникалык термелүүдөгү телонун координатасын, ылдамдыгын, өз ара айырмасынын мүнөзүн формулада, графикте даана ажыратууга болот (11-сүрөт). 1-график чекиттин ылдамдыгын, 2-график чекиттин абалы мүнөздөйт.

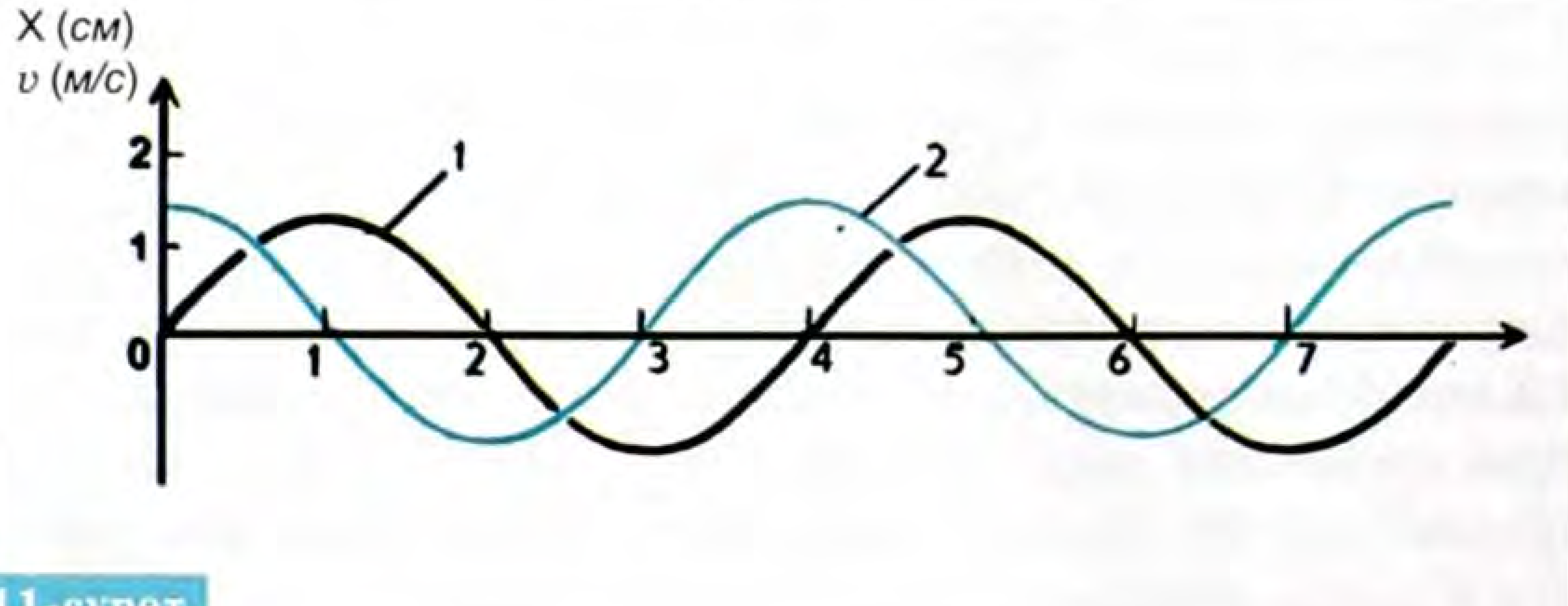
$$x = x_0 \cos \omega t ;$$

$$\upsilon = \upsilon_0 \cos\left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Демек, термелүүчү системасынын координатасы, анын ылдамдыгы фазасы боюнча айырмаланат.

Пружиналык маятниктин термелүү процессинде, тең салмактуу абалынан чыгарылган жүктүн абалында, анын кинетикалык энергиясы 0гө барабар болот. Телонун бул абалында, анын толук механикалык энергиясы бир гана потенциалдык энергиянын максималдык мааниси менен аныкталат.

Тең салмактуу абалына багытталган серпилгич күчтүн аракети менен, эң четки абалынан козголгон жүктүн ыл-



11-сүрөт.

дамдыгы улам жогорулоо менен, тең салмактуу абалында, анын потенциалдык энергиясы 0гө барабар болуп, кинетикалык энергиясы максималдуу болот. Бул абалда жүктүн толук механикалык энергиясы бир гана анын кинетикалык энергиясынын максималдуу мааниси менен аныкталат.

Демек,

$$E = K_{max} = П_{max}$$

же
$$E = \frac{m \cdot \upsilon_0^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$$

кыймылдын башка чекиттеринде

$$E = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2} + \frac{kx^2}{2}.$$

Демек, термелүүчү системанын энергиясы термелүү амплитудасынын квадратына түз пропорциялаш болот.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Аргасыз термелүүнүн өзгөчөлүгү эмнеде?
2. Механикалык резонанс деп эмнени айтабыз?
3. Механикалык резонанска мисалдар келтиргиле.
4. Гармоникалык термелген телонун координатасы менен анын ылдамдыгынын формула жана график түрүндөгү айырмасын көрсөтүп бергиле.
5. Гармоникалык термелүүчү телонун энергияларынын бири бирине айланышын айтып бергиле.

Сапаттык суроолор:

1. Эмне үчүн автобус ордунан жылгандан кийин ылдамдыктын бир маанисинде анын терезелери шалдырай баштайт?
2. Суу куюлган чаканы көтөргөн окуучу бир нече кадам баскандан кийин, чакадагы суу төгүлө баштайт. Эмне үчүн?

3. Баткактагы автомобилди жолго чыгаруу үчүн бир нече адам, бир адамдын буйругу менен автомобилди ары-бери түртүшүүдө. Буйрук берген адам тынымсыз кыйкыра береби же кыйкырган убактысы эмнеден көз каранды болот?

2-көнүгүү

1. Катуулугу 1 *кН/м* пружинага илинген жүк 2 *см* амплитуда менен термелет. $\pi/3$ рад фазасында жүктүн потенциалдык энергиясын аныктагыла.
2. 400 *г* жүк 250 *Н/м* катуулуктагы пружинада термелет. Эгерде, термелүү амплитудасы 15 *см* болсо, жүктүн потенциалдык энергиясын жана анын максималдуу ылдамдыгын аныктагыла.
3. Пружинага илинген жүк 4 *см* амплитуда менен термелет. Эгерде, катуулугу 1 *кН/м* ге барабар болсо, жүктүн толук механикалык энергиясын аныктагыла.

МЕХАНИКАЛЫК ТОЛКУНДАР

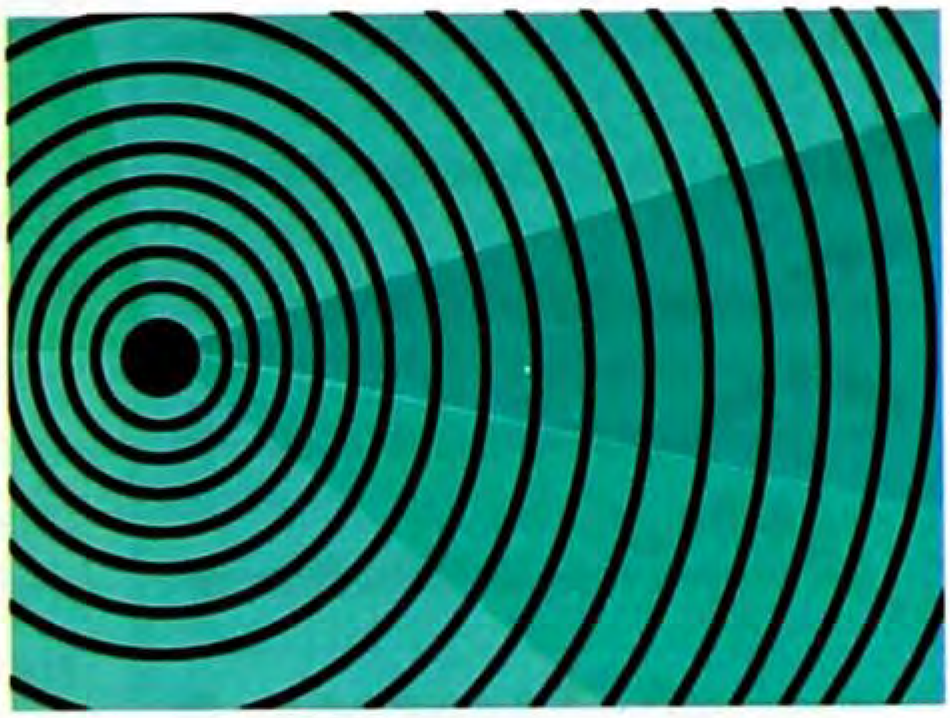
МЕХАНИКАЛЫК ТОЛКУНДАР КАНТИП ПАЙДА БОЛОТ?

II глава

МЕХАНИКАЛЫК ТОЛКУНДАР

§ 6. Толкундардын түрлөрү. Толкун узундугу

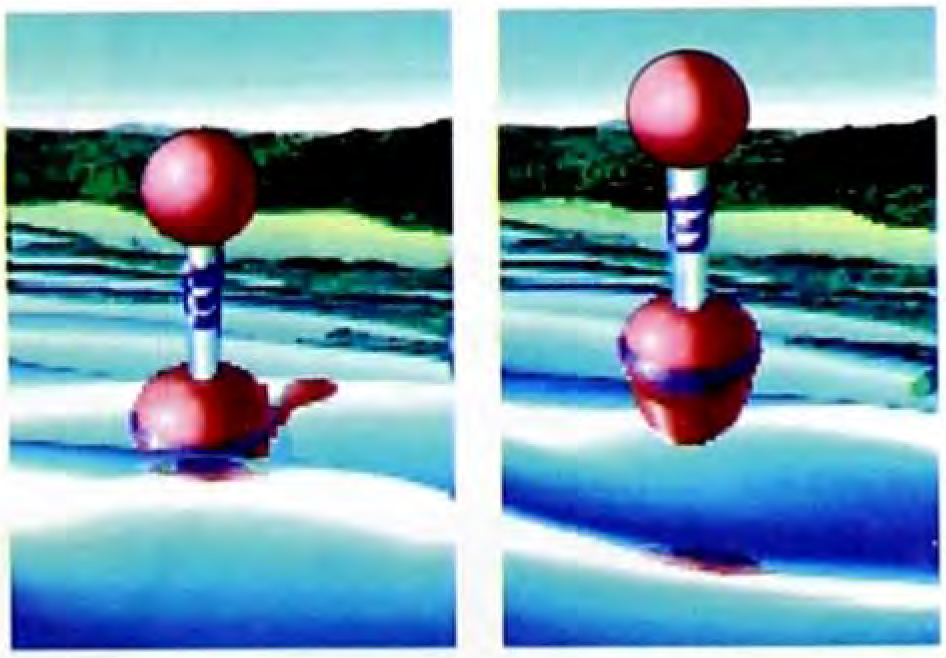
Аба, суу, тело – чөйрө деп эсептелинсе, чөйрө бөлүкчөлөрдөн турат. Ал эми, чөйрөнүн бөлүкчөлөрү бири-бири менен дайыма байланышта болот.



12-сүрөт.

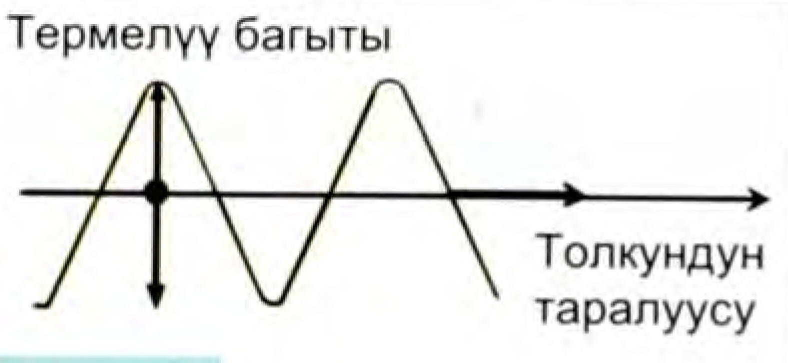
Эгерде, чөйрөнүн бир чекитинде термелүү пайда болсо, бул чекиттеги термелүү кошуна бөлүкчөлөрдүн термелүүсүн пайда кылат. Натыйжада, чөйрөдө термелүү тарала баштайт (12-сүрөт).

Убакыттын өтүшү менен, чөйрөдө механикалык термелүүлөрдүн таралышы **механикалык толкундар** деп аталат.

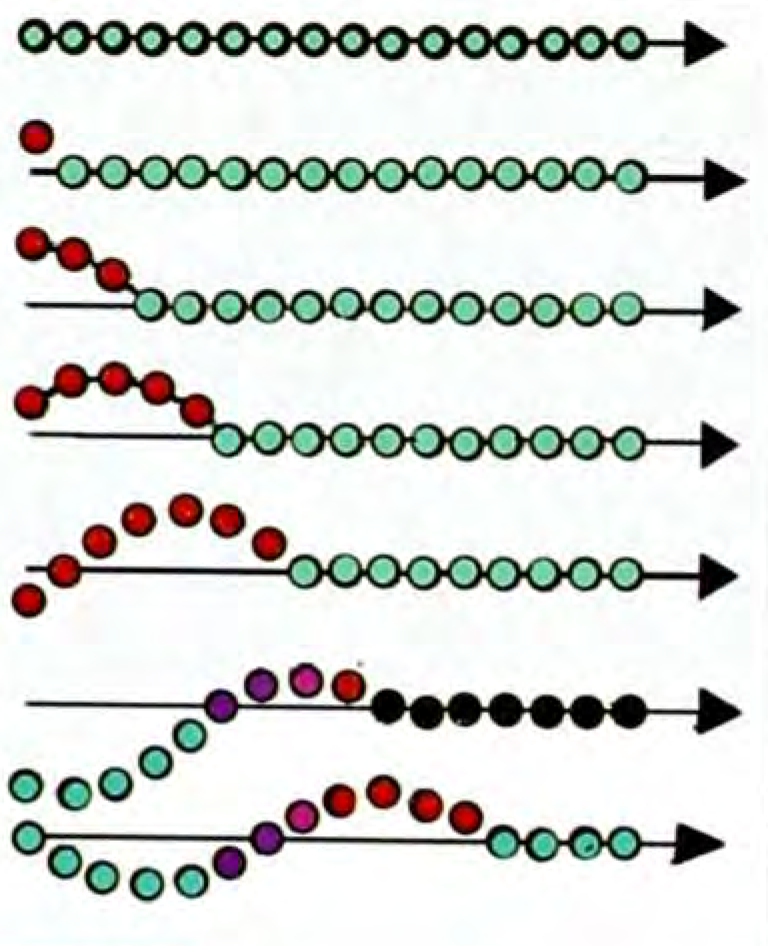


13-сүрөт.

Мисалы, чиймеде көлдө эс алуучулар үчүн тыюу салынган чекти көрсөтүүчү шар, тең салмактуу абалында термелип тургандыгы чагылдырылган. Мында толкун жээкке чейин таралып жатса да, шардын термелиши берилген (13-сүрөт).



14-сүрөт.



15-сүрөт.

Механикалык толкундар:

1. **Туурасынан кеткен толкундар.**

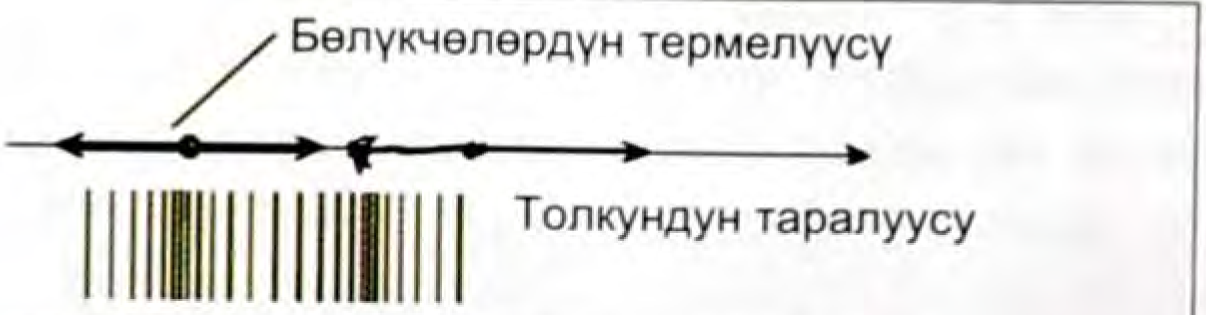
2. **Узатасынан кеткен толкундар** болуп экиге бөлүнөт.

Эгерде, чөйрөнүн бөлүкчөсүнүн термелүүсү толкундун таралуу багытына перпендикуляр болсо, **туурасынан кеткен толкундар** деп аталат (14-сүрөт).

Мисалы, 15-сүрөттө чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн биринчисинин тең салмактуу абалынан чыгарылышы, 2-, 3-лөрүнүн жылышына алып келет. Баштапкы абалынан карама-каршы абалга барып, андан кайра тең салмактуу абалына келгенде чөйрөнүн биринчи менен он үчүнчү бөлүкчөлөрүнүн термелүү абалына келгендигин көрүүгө болот.

Суунун бетиндеги толкундар – туурасынан кеткен толкундардын бир түрү болуп саналат. Бирок, туурасынан кеткен толкундар суунун бетинен тышкары катуу телолордун ичинде гана таралат.

Чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн термелүүсү, толкундун таралуусу боюнча бойлото багытталган толкундар – **узатасынан кеткен толкундар** болуп саналат (16-сүрөт).



16-сүрөт.

Узатасынан кеткен толкундар катуу телолордо, суюктуктарда жана газдарда (абада) таралат.

Механикалык толкундар: толкун узундугу жана толкундун таралуу ылдамдыгы менен мүнөздөлөт.

Толкун узундугу (λ) – бирдей фазада термелүүчү чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы эң кичине аралыгы.

Толкундун таралуу ылдамдыгы – толкун узундугунун термелүү мезгилине болгон катышына барабар.

$$\upsilon = \frac{\lambda}{T} \quad \text{же} \quad \upsilon = \lambda \cdot \nu .$$

Толкундук процесстерге гана тиешелүү болгон кубулуштар болуп: **чагылуу, сынуу, интерференция, дифракция кубулуштары** саналат.

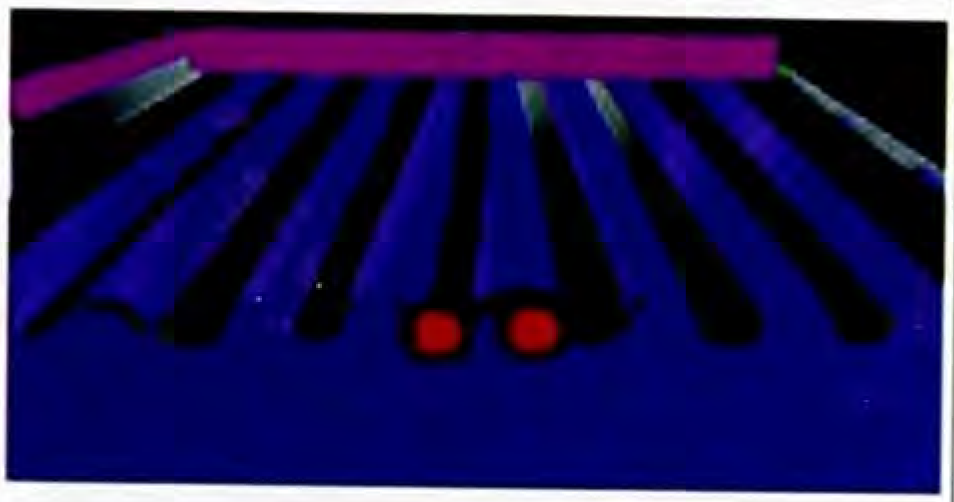
Мисалы, жарыктын интерференциясы жана дифракциясы, жарык жаратылышы боюнча толкун экендигин далилдейт.

§ 7. Толкундардын интерференциясы

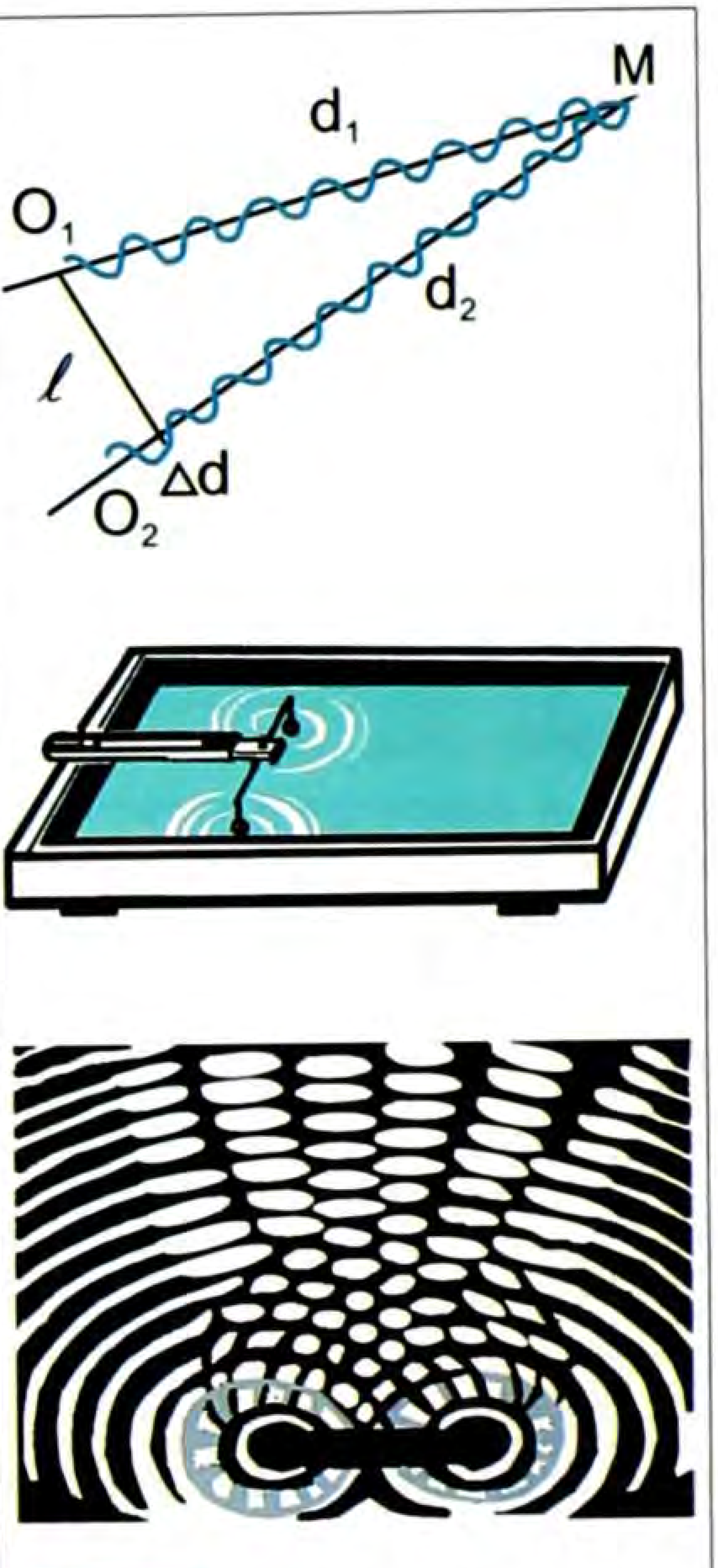
Бир эле чөйрөдө бир нече толкундар таралышы мүмкүн. *Мисалы*, бир эле көлмөгө эки таш ыргытылса, ар биринен таралган толкундар бири бирине «тоскоолдук» кылбай жээкке чейин таралышкандыгы белгилүү.

Бир эле чекитте, эки толкун жолугушканда, б. а. катталышканда эмне болот?

Эки толкун булагынан таралган толкундар мейкиндиктин бир чекитинде катталышканда, толкундар берилген чекитте бири-бирин күчөтүшү же азайтуусу **толкундардын интерференциясы** деп аталат (17-сүрөт).



17-сүрөт.



18-сүрөт.

Кайсы шартта берилген чекитте (*A*), толкундар бири бирин күчөтүшөт же азайтышат?

1. Эгерде жол айырмачылыгы $(\ell_2 - \ell_1)$ толкун узундугунун бүтүн маанисине барабар болсо, берилген чекитте (*A*), толкундар бири бирин күчөтүшөт $\ell_2 - \ell_1 = n \cdot \lambda$.

Мында: ℓ_1 – биринчи толкун булагынан берилген чекитке чейинки аралык;

ℓ_2 – экинчи толкун булагынан берилген чекитке чейинки аралык;

λ – толкун узундугу;

$n = 0, 1, 2, 3 ...$

2. Эгерде жол айырмачылыгы толкун узундугунун жарымынын так маанисине барабар болсо, берилген чекитте (*A*), толкундар бири-бирин азайтышат.

$$\Delta \ell = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} .$$

Бирок, толкундардын интерференциясын когеренттүү толкун булактары гана пайда кылат.

Бирдей жыштыктагы, бирдей фазада же фазалардын айырмасы убакыттан көз каранды эмес турактуу чоңдук болгон, толкун булактары **когеренттүү толкун булактары** деп аталат. Тажрыйбада эки когеренттүү толкун булактарын, 18-сүрөттөгү суу куюлган ваннада алууга болот. Эки когеренттүү толкун булактарынан пайда болгон толкундар бири бирин кандай күчөтүшкөндүгү же азайтышкандыгы көрүнүп турат.

§ 8. Толкундардын чагылуусу жана дифракциясы

Тынч абалындагы суунун бетинде пайда болгон толкундар жээкке, же тоскоолдукка жеткенден кийин, алар өздөрүнүн багытын кайра ошол эле чөйрөгө өзгөртүшү **толкундардын чагылуусу** деп аталат.

Мисалы, көлгө ыргытылган таштан пайда болгон суунун бетиндеги толкундардын таралышын байкап көргөндө, толкун жээкке жеткенден кийин, чагылуучу толкунду пайда кыла тургандыгын көрүүгө болот.

Эгерде суунун бетинде мезгилдүү толкун булагы бар болсо, андан таралган толкундар жана чагылуучу толкундар пайда болот. Бул эки толкун бири-бири менен катталышканда, айрым чекиттери (пучность) эки эселенген амплитуда менен термелсе, айрым чекиттери (түйүндөр) тынч гана абалда болот.

Натыйжада **туруучу толкундар** пайда болот.

Демек, толкун булагынан таралып жаткан толкундар менен чагылуучу толкундар катталышуусунан туруучу толкундар пайда болот.

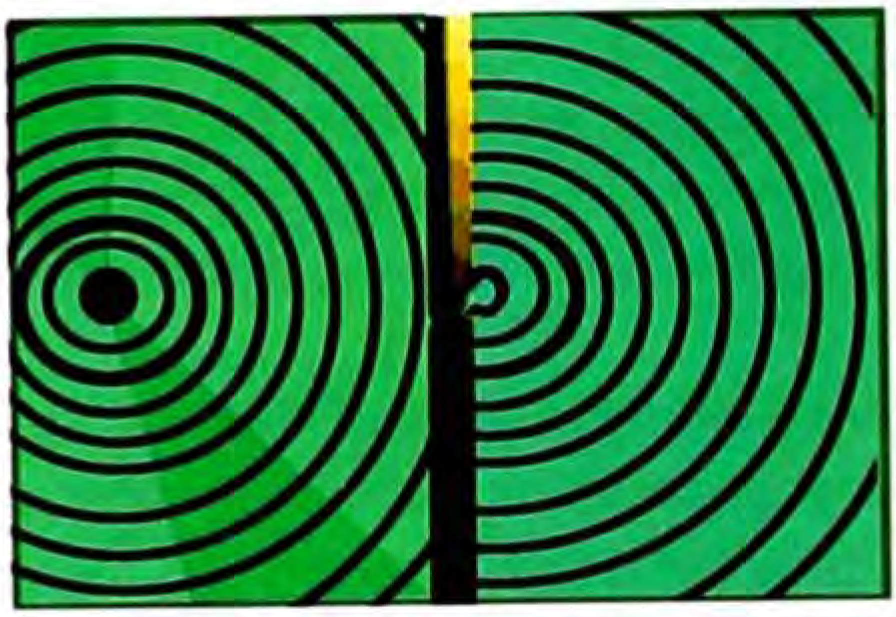
Бирок, айрым бир учурларда суунун бетинде таралган толкундар тоскоолдуктардан чагылуусу жок эле, аны айланып өтүп кетишет же экинчи толкун булагы болуп калышат.

19-сүрөт.

Бул – толкун узундугу менен тоскоолдуктун сызыктуу өлчөмүнө байланыштуу болот.

Эгерде, тоскоолдуктун сызыктуу өлчөмү, толкун узундугунан чоң болсо, анда толкундардын чагылуусу байкалат (19-сүрөт).

Эгерде, толкун узундугунун мааниси, тоскоол-



20-сүрөт.

дуктун сызыктуу өлчөмү менен бирдей тартипте болсо, анда толкундар тосқоолдуктарды айланып өтүп кетишет же түз сызыктуу таралуусунан четтейт (20-сүрөт).

Бул кубулуш – **толкундардын дифракциясы** деп аталат.

Демек, толкундардын дифракция кубулушу пайда болушу үчүн, тоскоолдуктун сызыктуу өлчөмү менен толкун узундугунун маанисинин бирдей тартипте болушу эсептелет.

Эмне себептен тоскоолдуктун өзү толкун булагына айланып калат?

Анын себебин, Х. Гюйгенс: **Толкун фронту келип жеткен чөйрөнүн ар бир чекити экинчи толкун булагы болуп саналат** деп түшүндүргөн. Чөйрөнүн чекити экинчи толкун булагы болушу үчүн, чиймедегидей тоскоолдуктун өлчөмү толкун узундугу менен бирдей тартипте болушу керек.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Механикалык толкундар деп эмнени айтабыз?
2. Механикалык толкундардын кандай түрлөрүн билесиңер?
3. Толкун узундугу деп эмнени айтабыз?
4. Толкундардын интерференциясы жана анын пайда болуу шарттарын айтып бергиле.
5. Толкундардын чагылуусу жана туруучу толкундардын пайда болуусу жөнүндө айтып бергиле.
6. Толкундардын дифракциясы деп эмнени айтабыз?
7. Кандай шартта толкундардын дифракциясы пайда болот?

Сапаттык маселелер:

1. Туруучу толкундар менен толкундардын интерференциясынын кандай айырмасы бар?

3-көнүгүү

1. Эгерде, толкундун таралуу ылдамдыгы 340 *м/с* болсо, 200 *Гц* жыштыктагы толкундун узундугун аныктагыла.
2. Эгерде термелүү мезгили 0,002 *с* толкун булагы узундугу 2,9 *м* толкунду пайда кылса, толкундун таралуу ылдамдыгын аныктагыла.
3. Жыштыгы 100 *Гц*, ылдамдыгы 5000 *м/с* бирдей фазада термелген толкундун эң жакын чекиттеринин ортосундагы аралыкты аныктагыла.
4. Көлдөгү кыймылсыз байкоочу 6 *с* да, 3 толкундун өркөчү өттү. Биринчи жана үчүнчү өркөчтөрдүн ортосундагы аралык 12 *м* болсо, суунун бөлүкчөсүнүн термелүү мезгилин, таралуу ылдамдыгын, толкун узундугун аныктагыла.
5. Эгерде термелүү мезгили 0,5 *с*, ылдамдыгы 6 *м/с* болгон толкун булагынан 3,5 *м* жана 2 *м* аралыктагы эки чекиттин термелүү фазасынын айырмасын аныктагыла.

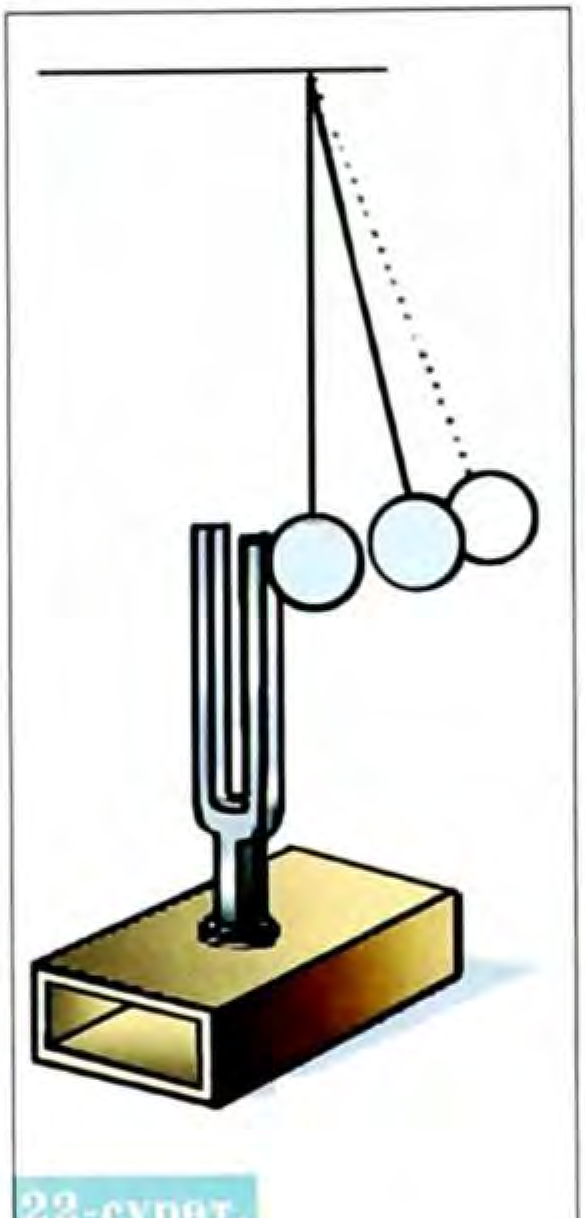
§ 9. Үн толкундары

Чөйрөдө 20 *Гц* тен 20000 *Гц* ке чейинки узатасынан кеткен толкундар **үн** деп аталат. Үн чөйрөдө гана таралат.

Мисалы, үн абада таралат. Абасы жок мейкиндикте үн пайда болбойт. Эгерде, саатты айнек идиштин ичине жайланыштырып, андан аба сордурулуп чыгарылса, сааттын үнү угулбай калат. Демек, абанын бөлүкчөлөрүнүн термелүүсү үндүн пайда болушуна себепчи болот (21-сүрөт).

21-сүрөт.

Аба мейкиндигинде термелүүчү телолор үндүн булагы болуп саналат.



22-сүрөт.

Мисалы, үн чыгарып жаткан камертондун бутактарынын бирине жипке илинген шарчанын термелгендигин байкоого болот (22-сүрөт). Демек, камертондон чыккан үн, анын бутактарынын термелүүлөрүнөн пайда болот.

Гармоникалык термелүүчү телолордон пайда болгон үн – **музыкалык үн** деп аталат.

Музыкалык үн 2 чоңдук менен мүнөздөлөт:

1. **Үндүн катуулугу.**

Үндүн катуулугу – термелүү амплитудасынан көз каранды. Термелүү амплитудасы канчалык чоң мааниге ээ болсо, үндүн катуулугу ошончолук жогорку мааниге ээ болот.

2. **Үндүн бийиктиги** – термелүү жыштыгынан көз каранды болот.

Кыздар жогорку жыштыктагы үндүн булагы болуп саналса, балдарды төмөнкү жыштыктагы үндүн булагы катары кароого болот.

23-сүрөт.

Музыкалык үндүн мисалы болуп, мектеп лабораториясындагы камертондон чыккан үн саналат (23-сүрөт).

Чуунун музыкалык үндөн айырмасы, **чуу** – ар кандай амплитудадагы, ар кандай жыштыктагы үндөрдүн жыйындысы болот.

§ 10. Үндүн таралуусу. Жаңырык

Үн абада, суюктукта, телонун ичинде таралат. Бирок, ар кандай чөйрөдө ар түрдүү ылдамдык менен таралат.

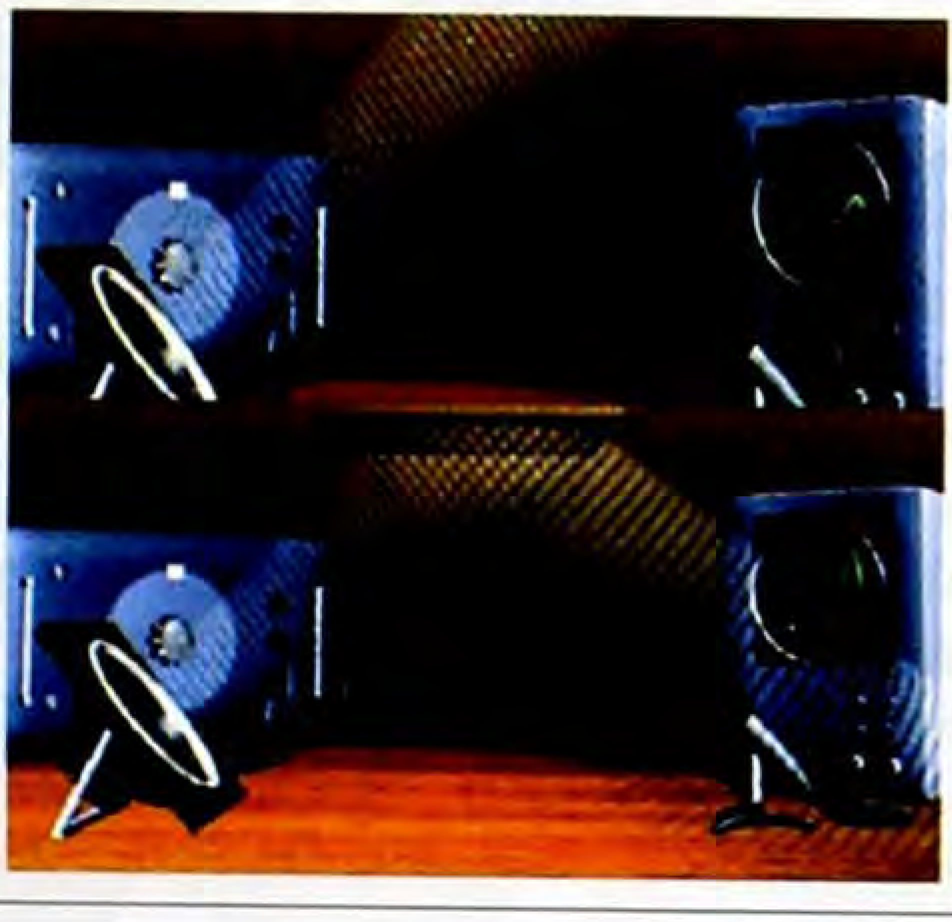
Мисалы: болотто – 4980 *м/с,* сууда – 1435 *м/с,* абада – 331 *м/с* (0°С).

Үн чөйрөдө таралуу менен ар кандай тоскоолдуктардан, өзүнүн багытын кайра ошол эле чөйрөгө өзгөртүшү **үндүн чагылышы** деп аталат. Үндүн чагылышы – **жаңырык** деп аталат.

Мисалы, тоолордо бир адамдын кыйкырган үнү бир нече жолу кайталанып угулат. Себеби, бир нече тоскоолдуктан (аскалардан) чагылып, кайта багытын артка өзгөрткөн үн жаңырык катары угулат.

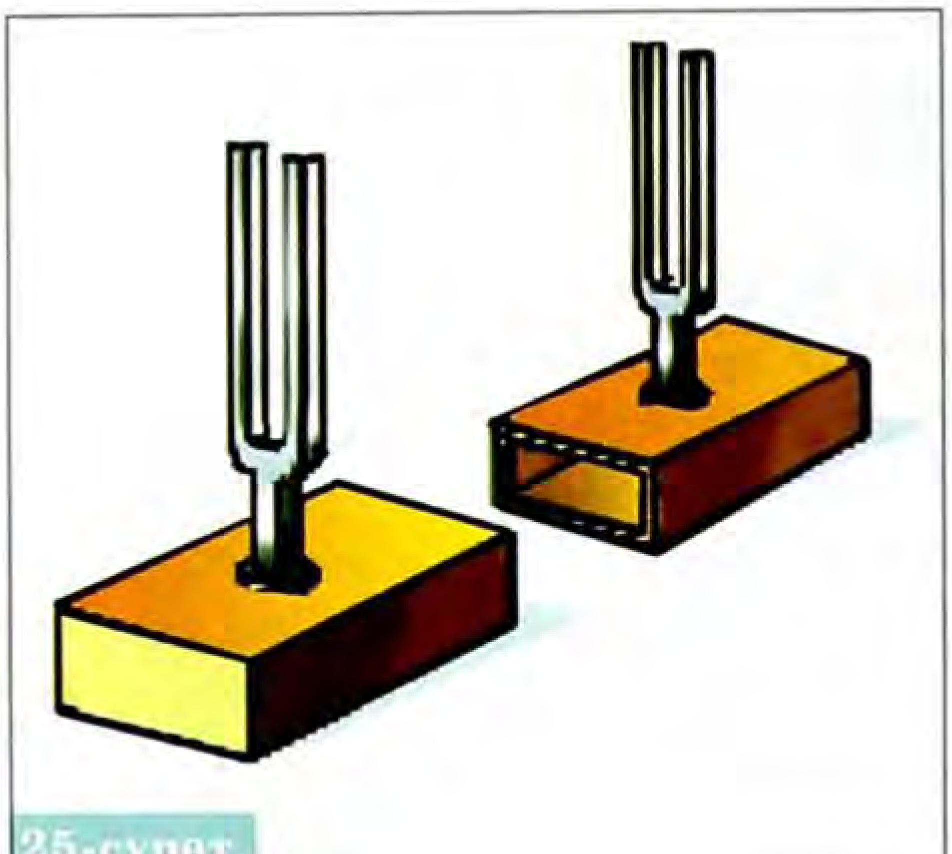
Үндүн чагылуусун тажрыйбада далилдөө үчүн үн, генератор менен байланышкан динамиктен чыккан үн микрофонго бурч менен жагаштырылат. Микрофондо пайда болгон электр сигналынан осциллографта токтун термелүүсү пайда болот.

Эгерде, темир пластинасы чиймедегидей жайгаштырылса, осциллографта токтун термелүү амплитудасы кескин жогорулагандыгын көрсөтөт. Мындай натыйжаны үндүн чагылуусу менен түшүндүрүүгө болот (24-сүрөт).



24-сүрөт.

§ 11. Акустикалык резонанс



25-сүрөт.

Эгерде, эки камертонду чиймедегидей бири бирине жайланыштырып (25-сүрөт), биринин бутагына резина балкачасы урулганда, анда үн пайда болот. Анчалык көп эмес аралыкка (5–15) *см* коюлган экинчи камертондо үн пайда болот. Эмне үчүн? Себеби, биринчи камертондо үндүн белгилүү бир жыштыктагы термелүүсүнөн пайда болгон үн толкундары тарала баштайт.

Ал эми, экинчи камертондун кутучасынын ичиндеги аба ошол эле жыштыктагы үндү кабыл алуучу жана күчөтүүчү касиетке ээ болот. Натыйжада, биринчи камертондон таралган үн экинчи камертондун кутучасынын ичиндеги абанын аргасыз термелүүсүн пайда кылат. Ошондуктан, экинчи камертондун эки бутагы термеле баштайт. Мына ушул себептен, экинчи камертон эми өз алдынча үн чыгара баштайт. Бул абал акустикалык резонанс деп аталат. Мында, камертондун бутактарынан пайда болгон термелүүнү, аны менен байланышкан белгилүү бир өлчөмдөгү кутучанын ичиндеги аба күчөтүүчү касиетке ээ болот.

Чындыгында комуз, домбра, гитара болобу, алардын кылдары чыгарган үндөрү катуу угулбайт. Алар пайда кылган үн, мындай музыкалык инструменттеринин ичинде камалган абанын кабыл алуучу жана күчөтүүчү касиети гана, инструменттин үнүн уккулуктуу жана үндүн катуулугун камсыз кылат.

§ 12. Инфра жана ультраүндөр

20 *Гц* ке чейинки толкундар – **инфраүн** деп аталат. Бул жыштыктын чегинде, 8 *Гц* инфраүнү адамга угулбаса да, эң коркунучтуу болуп саналат. Океандардын, деңиздердин толкундоолорунан пайда болгон мына ушундай жыштыктагы инфраүндүн таасири астында, көптөгөн кемелердеги суунун, тамактын запасы 2–3 жылга жетсе дагы, андагы адамдардын кала берсе, кемедеги иттерге чейин мерт болгондугу белгилүү. Анын себептеринин бирин, 8 *Гц* тик инфраүндөн көрүүгө болот.

Аны далилдөө үчүн, бир француз физиги 8 *Гц* те инфраүн чыгаруучу музыкалык аспаптардын бири – органда музыкалык бир чыгарманын түрүн ойногондо, залда бир да адам калбай, качып чыгып кетишкен. Бирок, таң калыштуусу музыкалык аспапта ойногон адамдын өзү эл менен бирге эмнеге чыга качпады. Же коркуп, титиреп органда ойной берди бекен?

20000 *Гц* тен жогорку чөйрөдө таралган узатасынан кеткен толкундар – **ультраүн** деп аталат. Адам баласы бул ультраүндү да укпайт.

Бирок, жарганаттардын жана дельфиндердин тиричилиги ультраүн менен байланыштуу экендиги далилденген.

Мисалы, жарганатты жыш темир казыктардын ичине коё беришкенде, алардын бирөөсүнө да урунбай сыртка чөйрөгө чыгып кете алган.

Анын себеби, жарганаттын көзү көрбөйт. Бирок, ал ультраүндүн булагы болуп, андан таралган ультра үндөр ар кандай тоскоолдуктардан чагылат. Жарганаттын чоң кулагы, чагылган ультраүндү кабыл алып, курчап турган чөйрөдөгү предметтердин өз ара жайланышын жана учуп бара жаткан курт-кумурска жөнүндө толук маалыматка ээ болушат.

Дельфиндер да мына ушундай касиетке ээ болушат.

Мисалы, дельфиндерди ылай суулардын ичиндеги татаал лабиринтке коё беришкенде, дельфиндер да жарганаттар сыяктуу, тоскоолдуктардан оңой эле чыгып кетишкен.

Балык уулоочу кемелерде, балыктардын тобу кандай тереңдикте, кандай багытта кыймылда экендигин билүү үчүн, атайын ультраүндүн генераторунан чыккан ультраүндөр суу ичинде таралгандан кийин, балыктардын тобунан чагылгандан кийин, кемедеги кабыл алгыч аркылуу маалымат алынат.

Бышыктоо үчүн суроолор:

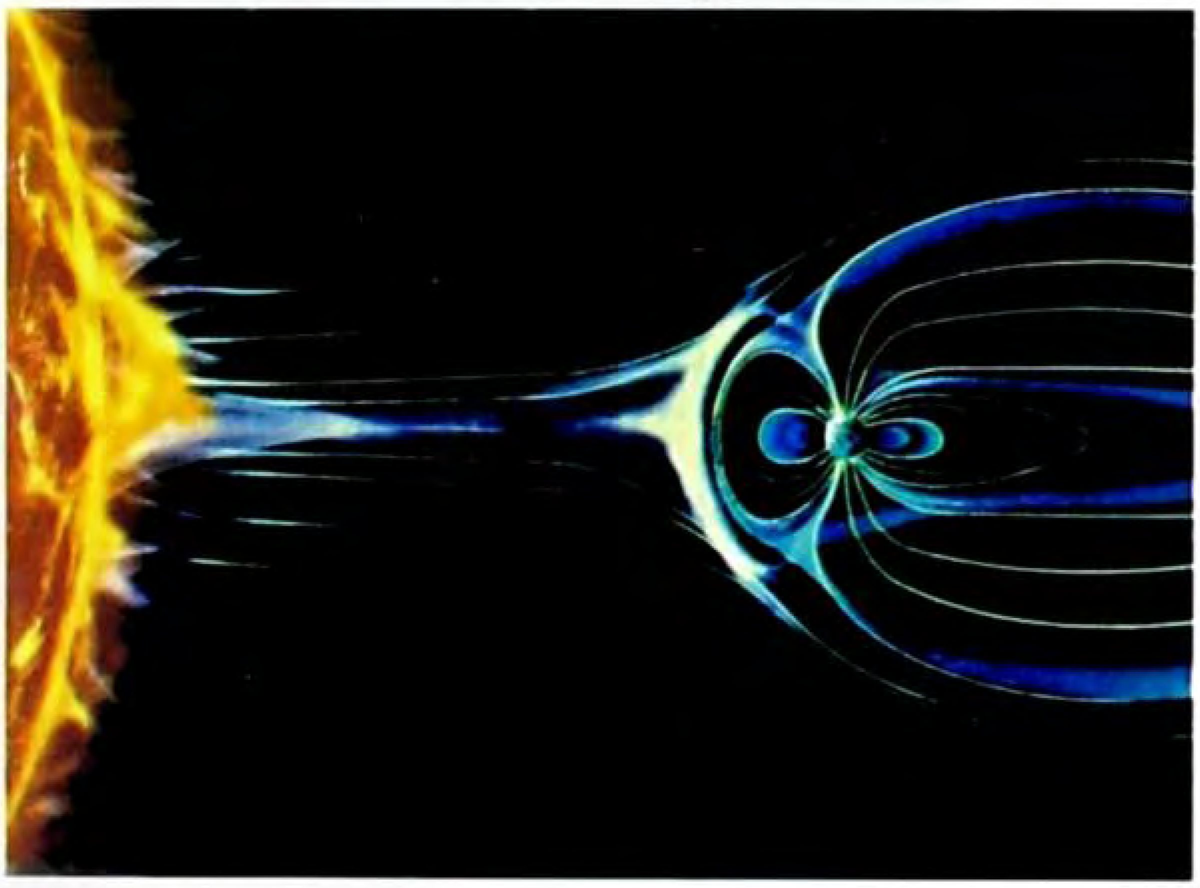
1. Үн деп эмнени айтабыз?
2. Музыкалык үн жана чуу деп эмнени айтабыз?
3. Үн кандай чоңдуктар менен мүнөздөлөт?
4. Ар түрдүү чөйрөдө үндүн таралуу ылдамдыктары кандай мааниге ээ болушат?
5. Акустикалык резонанс деп эмнени айтабыз?
6. Инфраүн жөнүндө айтып бергиле.
7. Ультраүн жөнүндө эмнелерди билесиңер?

Сапаттык маселелер:

1. Эмне үчүн поезд токтогондо анын вагондорунун дөңгөлөктөрүн балка менен текширишет?
2. Учуп бара жаткан аары канатын тез кагабы же чиркейби?
3. Караңгыда үйгө учуп кирген жарганат үйдөгүлөрдүн биринин башына конуп алат. Эмне үчүн?

4-көнүгүү

1. Адам 16–20000 *Гц* ке чейинки жыштыктагы чөйрөдөгү толкунду үн катары угат. Эгерде, үндүн ылдамдыгы 340 *м/с* болсо, адамга угулган үндүн толкун узундугунун интервалын аныктагыла.
2. Замбиректен 4000 *м* алыстагы байкоочу жарк эткенден 12 *с* өткөндөн кийин угат. Үндүн абадагы ылдамдыгын аныктагыла?
3. Байкоочу чагылган жарк эткенден 6 *с* дан кийин күндүн күркүрөөсүн укса, чагылган канчалык аралыкта болгон?
4. Эки темир жол станциясынын ортосундагы аралык 8,3 *км*. Эки станциянын ортосун үн аба аркылуу канча убакытта өтөт? Рельстер аркылуучу? Болотто үн 5500 *м/с* ылдамдыкта таралат.
5. Мергенчи октун бутага барып тийгендигин 1 *с* дан кийин укту. Эгерде, октун ылдамдыгы 500 *м/с* болсо, бута мергенчиден кандай аралыкта болгон?
6. Жакындап келе жаткан теплоходдун үнүн көпүрөдө турган кишилер 3 *с* дан кийин угушту. 3 *мин* дан кийин кеме көпүрөнүн алдынан өтүп кетти. Теплоходдун ылдамдыгын аныктагыла.



ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

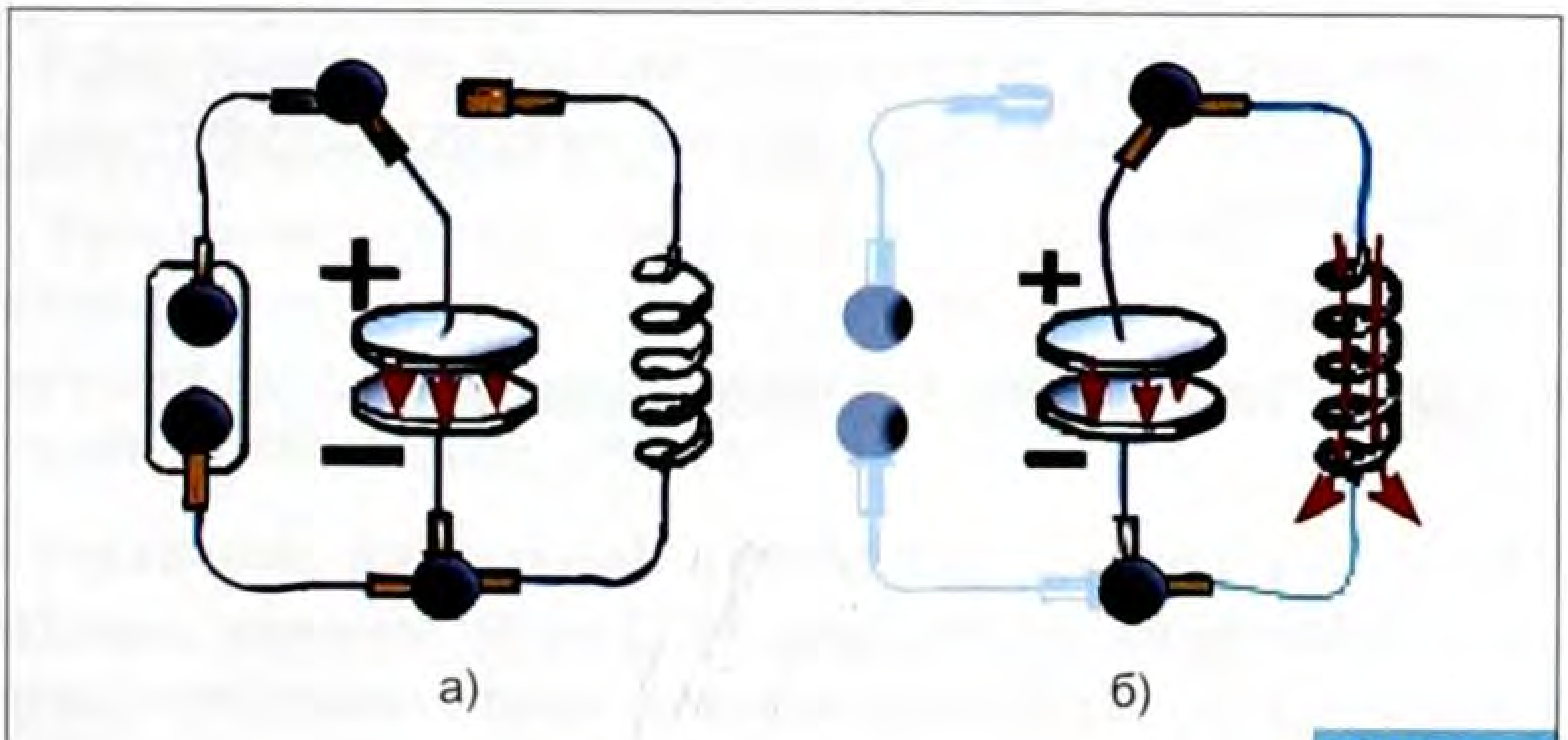
ТЕРМЕЛҮҮ КОНТУРУ ДЕГЕН ЭМНЕ?

III глава

ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

§ 13. Электромагниттик термелүүлөрдүн ачылышы. Термелүү контуру

Конденсатор диэлектрик менен бөлүнгөн өткөргүчтөрдүн системасы экендиги белгилүү. Конденсаторду заряддоо үчүн, анын эки пластинасын ток булагына бириктиришет (26-сүрөт).



26-сүрөт.

Заряддалган конденсаторду разряддоо үчүн, анын эки пластинасын өткөргүч менен туташтыруу жетиштүү болот. Натыйжада, конденсатор өзүнүн зарядын жоготот.

Заряддалган конденсаторду катушкага бириктирсе, анын ичинде болот өзөкчө магниттелген. Бирок, таң калыштуу болгону, магниттин уюлу дайыма өзгөрүп тургандыгында эле.

Демек, заряддалган конденсаторго параллель туташтырган индуктивдүүлүк катушкасынан турган системада, ток өзүнүн багытын мезгил-мезгили менен өзгөртүп турат.

Токтун багытынын мезгилдүү өзгөрүшү, бул системада токтун термелүүсүнүн бар экендигин далилдейт.

Ошондуктан, конденсаторго параллель бириктирилген индуктивдүү катушкасынан турган система – **термелүү контуру** деп аталып калды.

Термелүү контурунда заряд, токтун күчү, чыңалууларынын убакыттан көз карандылыгы синус же косинус закону боюнча аныкталат. Мындай термелүү – **электромагниттик термелүү** деп аталат.

Термелүү контурундагы, термелүү мезгили (T) Томсондун формуласы менен аныкталат.

$$T = 2\pi\sqrt{\ell \cdot c}$$

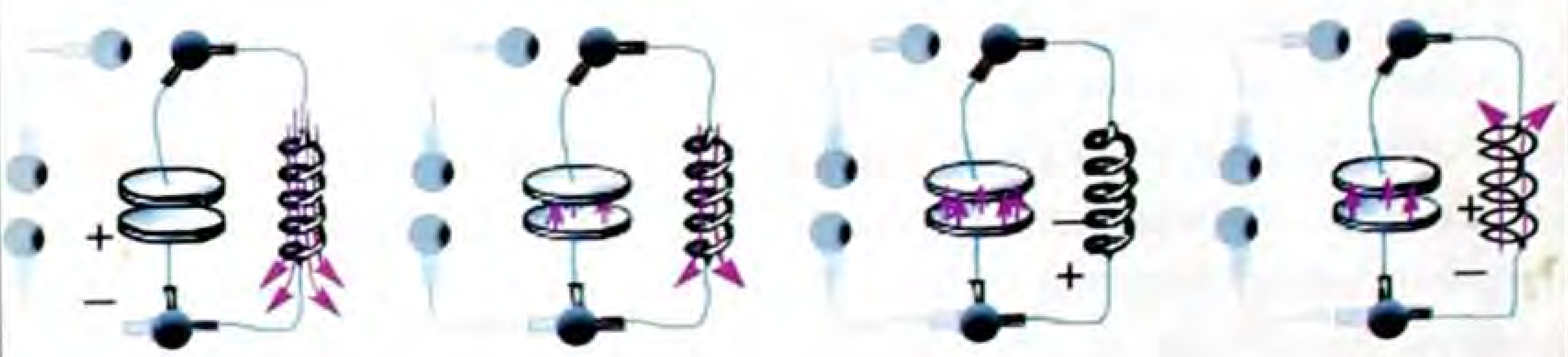
мында: ℓ – катушканын индуктивдүүлүгү

C – конденсатордун сыйымдуулугу.

Демек, термелүү контурунун мезгили конденсатордун сыйымдуулугунан жана катушканын индуктивдүүлүгүнөн көз каранды болот.

§ 14. Термелүү контурундагы энергиянын айлануулары

Термелүү контурунда токтун багытынын мезгилдүү алмашуу себептерин карап көрөлү. Ток булагынан заряддалган конденсатордун пластиналары, индуктивдүүлүк катушкасына удаалаш туташтырылганда, пайда болгон ток, анын айланасында магнит талаасын түзөт (27*в*-сүрөт). Магнит талаасы эң чоң мааниге ээ болгондо, токтун мааниси 0гө барабар болот (27*г*-сүрөт). Магнит талаасын камсыз кылуу-



27-сүрөт.

чу ток жок болгондуктан, магнит талаасы азая баштайт (27*д*-сүрөт). Өзүнчө индукция кубулушунун натыйжасында азая баштаган магнит талаасы ошол катушкада индукциялык токту пайда кылат.

Бул ток конденсаторду кайра заряддайт. Эми ток кайра катушка аркылуу өтө баштайт (27*е*-сүрөт), процесс дагы кайталанат. Натыйжада, белгилүү бир убакыттын ичинде конденсатор баштапкы абалдагыдай заряддалып калат, б. а. ток бир толук термелүү жасайт.

Бирок, механикалык термелүүдөн айырмаланып, мындай токтун бир жолу термелүүсүнө 10^{-6} *с* убакыт сарпталат, б. а. 1 *с* да убакыт ичинде, токтун термелүү саны миллион жолу болушу мүмкүн.

Ошондуктан, мындай жогорку жыштыктагы термелүү, термелүү контурунда гана пайда болот.

Электромагниттик термелүүдө конденсатордун электр талаасы катушканын магнит талаасына айланат, өзүнчө индукция кубулушунун натыйжасында, кайра магнит талаасы электр талаасына айланат.

$$\frac{L \cdot i_o^2}{2} = \frac{Q_o^2}{2 \cdot C}.$$

Электромагниттик талаанын энергиясы (W) электр жана магнит талаасынын энергияларынын суммасына барабар болот.

$$W = \frac{L \cdot i_o^2}{2} + \frac{Q_o^2}{2 \cdot C}.$$

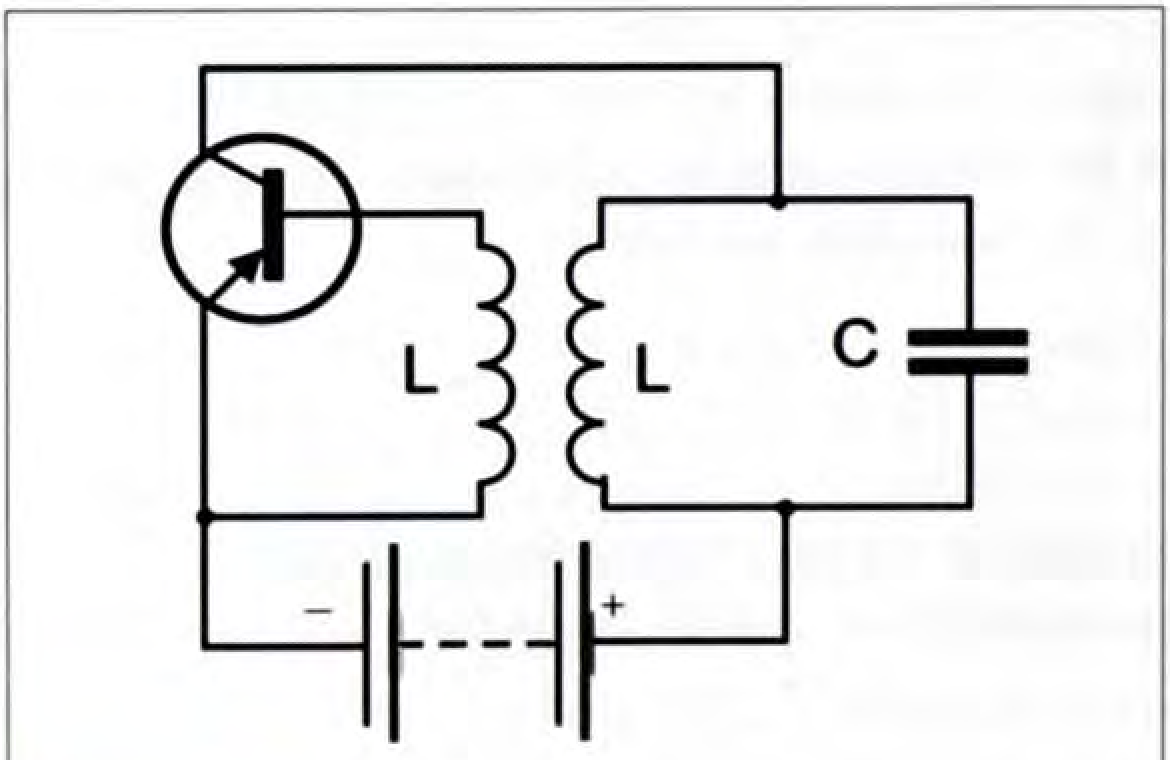
Мында: W – электромагниттик талаанын энергиясы;
L – катушканын индуктивдүүлүгү;
C – конденсатордун сыйымдуулугу;
i_o – токтун күчү;
Q_o – конденсатордун обкладкасындагы заряддын чоңдугу.

§ 15. Транзистордук генератор. Автотермелүү

Эгерде конденсатор бир жолу заряддалса, андагы электромагниттик термелүүлөр акырындап өчөт. Анын себеби, токтун бир жолу толук термелүүсүндө, анын белгилүү бир мааниси туташтыруучу өткөргүчтөрдө жылуулукка айланат.

Ошондуктан токтун ар бир термелүүсүндө энергиянын азайышын толуктап туруу керек.

Ал үчүн, токтун ар бир термелүүсүндө конденсаторду ток булагына туташтырып, андан кийин ажыратып туруу жолун пайдаланууга болот. Токтун булагын конденсаторго, токтун ар бир термелүүсүндө туташтырып, ажыратып туруу үчүн электрондук лампа, транзистор, логикалык элементтер пайдаланылат (28-сүрөт).



28-сүрөт.

Мисалы, ачкыч режиминде иштеген транзистордо, термелүү контурунда өчпөөчү электромагниттик термелүү пайда болот.

Конденсатордун бир пластинасы ток булагынын оң уюлу менен туташтырылат. Контурда термелүү башталышы үчүн, ток транзистордун коллекторуна өтүшү керек. Эмиттердеги ток, коллекторго база аркылуу өтүп, термелүү контурунда-

гы конденсаторду заряддайт. Контурда электромагниттик термелүү процесси жүрө баштайт.

Термелүү контурунун катушкасынан өткөн токтун магнит талаасы, транзистордун базасы менен байланышкан катушкада токту пайда кылат. Транзистордун элементтери менен конденсатор аркылуу база менен байланышкан катушка, эгерде коллектордогу ток көбөйө баштаса, базаны «ачып» жибергендей болуп туташтырылган. Экинчи жолу полярдуулугу өзгөрүп, конденсатордогу токтун багыты өзгөргөндө, база аркылуу ток өтпөй калат.

Демек, бир жагынан ачкыч режиминде иштеген транзистор аркылуу ток өтүп конденсаторду заряддайт.

Экинчи жагынан, термелүү контурдагы токтун багыты, контурга келүүчү токту мезгил-мезгили менен жөндөп, башкарып турат. Мындай термелүү **автотермелүү** деп аталат.

Бардык система – **транзистордук генератор** деп аталат.

Андан тышкары, өчпөөчү электромагниттик термелүүнү пайда кылуу үчүн, мультивибратор, логикалык элементтер колдонулат.

Ал эми, өндүрүштө, өнөр жайда жана үй тиричилигинде пайдаланылып жаткан өзгөрүлмө электр тогу, индукциялык генератор пайда кылган токтун аргасыз термелүүсүнүн натыйжасы болуп саналат.

? Бышыктоо үчүн суроолор:

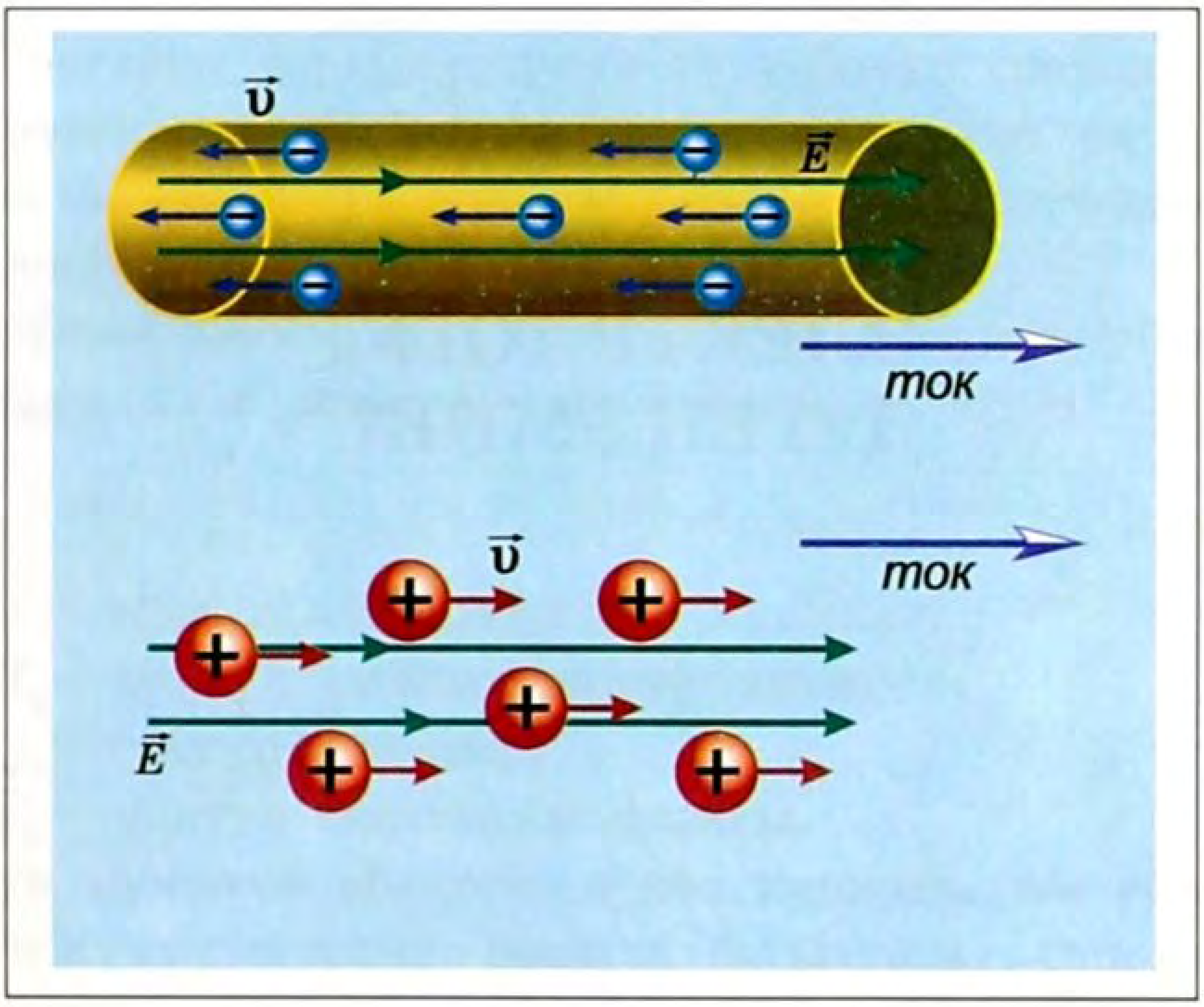
1. Термелүү контуру деп эмнени айтабыз?
2. Электромагниттик термелүүнүн бар экендиги кандайча ачылган?
3. Контурдун термелүү мезгили кандай чоңдуктардан көз каранды болот?
4. Контурда электромагниттик термелүүнүн пайда болушунун себеби эмнеде?
5. Кантип термелүү контурунда өчпөөчү электромагниттик термелүүнү пайда кылууга болот?
6. Транзистордук генератордун түзүлүшү жана иштөө принциби жөнүндө айтып бергиле.

Сапаттык маселелер:

1. Эгерде жабык термелүү контурундагы индуктивдүүлүк катушкасынын ичинде темир өзөкчө болсо, электромагниттик термелүү жыштыгы кандай өзгөрөт? Конденсатордун пластиналарынын ортосундагы аралыкты чоңойтсочу?
2. Конденсатор менен активдүү каршылыктан турган контурда эркин электромагниттик термелүү пайда болобу?
3. Термелүү контурундагы токтун күчүнүн фазасы, конденсатордун пластиналарынын ортосундагы чыңалуунун фазасы менен дал келеби?

5-көнүгүү

1. Сыйымдуулугу 2,2 *мкФ* жана индуктивдүүлүгү 0,65 *мГн* контурундагы термелүү мезгилин жана жыштыгын аныктагыла.
2. Индуктивдүүлүгү 12 *мГн*, сыйымдуулугу 0,88 *мкФ* контурдагы термелүү жыштыгын аныктагыла. Эгерде ошондой эле сыйымдуулуктагы үч конденсатар параллель туташтырылса, контурдун жыштыгы кандай мааниге ээ болот?
3. $L = 2{,}5$ *мГн*, $C = 1{,}5$ *мкФ* контурдагы термелүү мезгилин аныктагыла. Эгерде ошондой эле сыйымдуулуктагы үч конденсатор параллель туташтырылса, контурдун термелүү мезгили кандай мааниге ээ болот?
4. Термелүү контурунда 1 *МГц* жыштыктагы термелүү пайда болушу үчүн, 50 *пФ* конденсаторго кандай индуктивдүүлүктөгү катушканы туташтыруу керек?



ӨЗГӨРҮЛМӨ ЭЛЕКТР ТОГУ

ӨЗГӨРҮЛМӨ ЭЛЕКТР ТОГУ ДЕГЕН ЭМНЕ?

IV глава

ӨЗГӨРҮЛМӨ ЭЛЕКТР ТОГУ

§ 16. Синусоидалык ток

Өзгөрүлмө электр тогу – электр тогунун төмөнкү жыштыктагы аргасыз термелүүсүнүн түрү болуп саналат.

Өндүрүшкө керек болгон электр тогу үчүн үч фазалык өзгөрүлмө электр тогун өндүрүү, аралыкка берүү жана пайдалануу максатка ылайыктуу.

Өзгөрүлмө электр тогунда, токтун күчүнүн убакыттан көз карандылыгы синус закону боюнча жүрөт.

$$I = I_o \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_o)$$

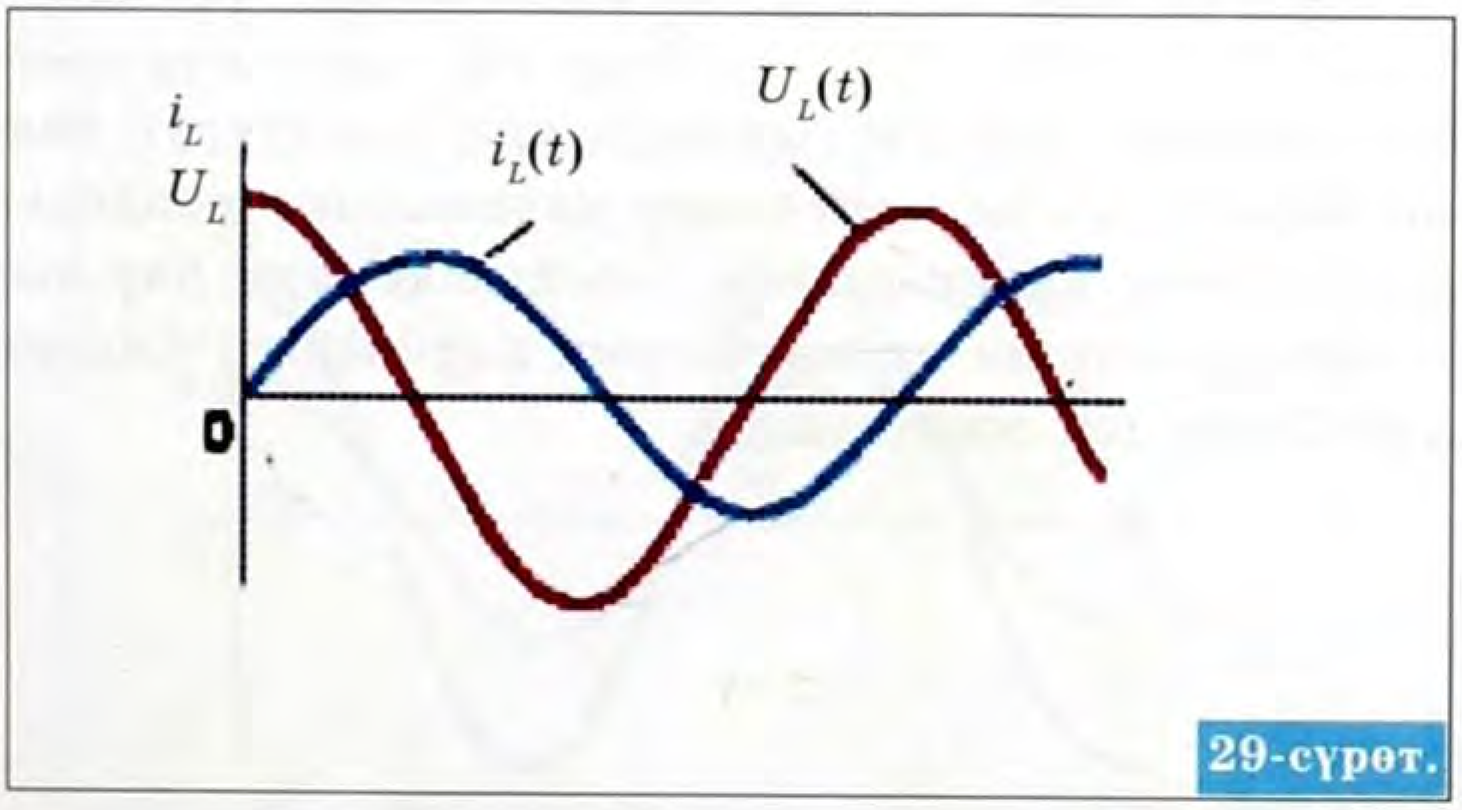
мында: I – токтун көз ирмемдеги мааниси;

I_0 – токтун амплитудалык мааниси;

$\omega \cdot t$ – токтун фазасы;

φ_o – токтун баштапкы фазасы.

Токтун күчүнүн убакыттан көз карандылык графигинде, токтун күчү синусоида боюнча багытталат. Ошондуктан, өзгөрүлмө ток – **синусоидалык ток** деп аталат (29-сүрөт).



29-сүрөт.

Синусоидалык токтун чынжырында, токтун күчүнүн жана чыңалуунун маанилери ар бир көз ирмемде өзгөрүп турат.

Мына ушул себептен улам, синусоидалык токтун күчү, жана чыңалуусу – токтун күчүнүн жана чыңалуунун эффективдүү мааниси деген чоңдуктар менен мүнөздөлөт.

Синусоидалык токтун чыңалуусунун кандай маанисин – бул ток үчүн чыңалуунун эффективдүү мааниси катарында кабыл алууга болот? Ал үчүн, биринчи – берилген өткөргүчтөн белгилеген убакыттын ичинде туруктуу ток өтсө, өткөргүчтө жылуулук саны бөлүнүп чыгат.

Эми, берилген өткөргүчтөн, ошол убакытта, туруктуу токтогу бөлүнүп чыккан жылуулук санына барабар болгондой синусоидалык токтун чыңалуусун тандап алышат.

Демек, бирдей убакытта, бир өткөргүчтөн бирдей жылуулук бөлүнүп чыккан туруктуу токтун чыңалуусу – синусоидалык токтун чыңалуусу үчүн кабыл алынат.

Синусоидалык ток мүнөздөлүүчү чыңалуунун эффективдүү мааниси, чыңалуунун амплитудалык мааниси аркылуу төмөнкүдөй аныкталат.

$$U_{эф} = \frac{U_o}{\sqrt{2}}$$

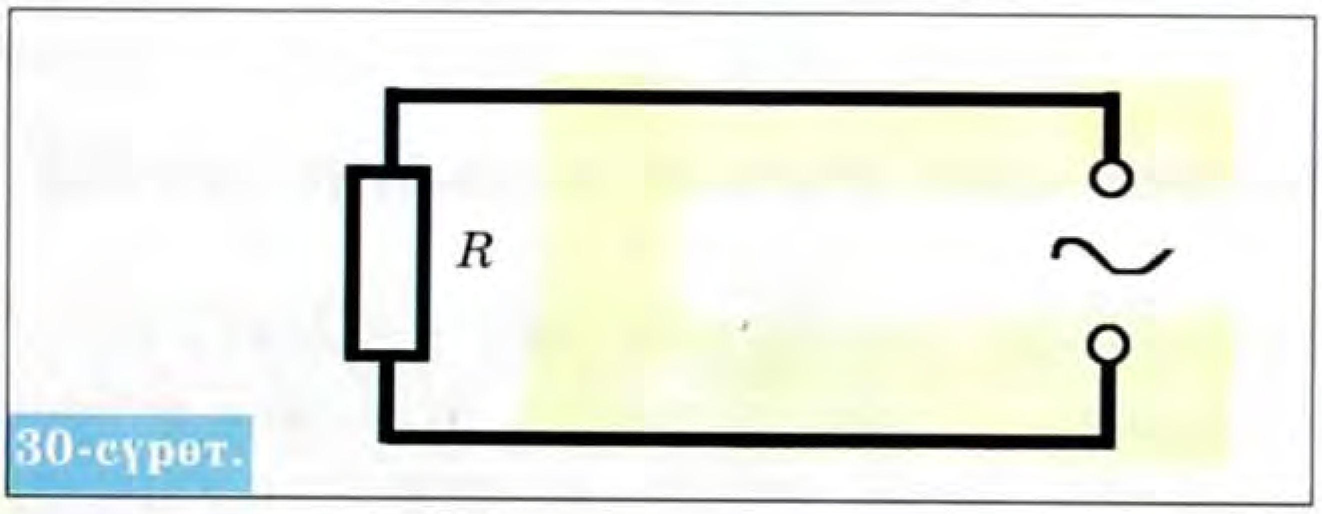
ошондой эле

$$I_{эф} = \frac{I_o}{\sqrt{2}}.$$

Синусоидалык токтун чынжырында, жылуулук бөлүнүп чыккан каршылыкты – активдүү каршылык, конденсатордо пайда болгон каршылыкты – сыйымдуулук каршылык, индуктивдүү катушка пайда кылган каршылык – **индуктивдүү каршылык** деп эсептелинет.

§ 17. Өзгөрүлмө электр тогундагы активдүү каршылык

Чыңалуусу $U = U_o \cdot \sin \omega \cdot t$ (1) синусоидалык токтун чынжырына белгилүү бир каршылыктагы өткөргүч (резистор) туташтырылсын дейли (30-сүрөт). Синусоидалык ток-



30-сүрөт.

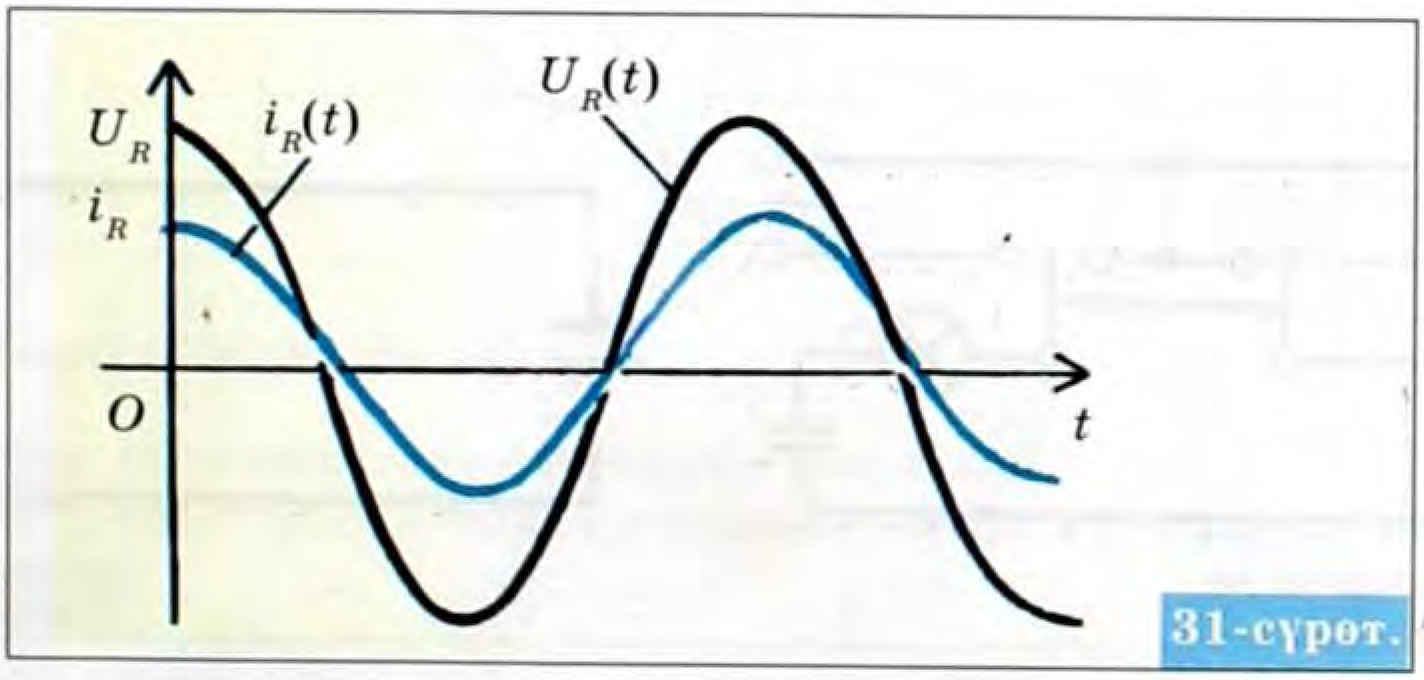
тун чынжырына туташтырылган каршылыктан жылуулук бөлүнүп чыкса, мындай каршылык – **активдүү каршылык** деп аталат.

Активдүү каршылыкта токтун күчүнүн фазасы менен чыңалуунун фазасынын кандай айырмасы болот?

Бул суроого Омдун законунун негизинде жооп берүүгө болот.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_o \cdot \sin \omega \cdot t}{R} = I_o \cdot \sin \omega \cdot t. \qquad (2)$$

(1) – жана (2) – формулаларда синустун фазасы бирдей экендиги көрүнүп турат (31-сүрөт).



31-сүрөт.

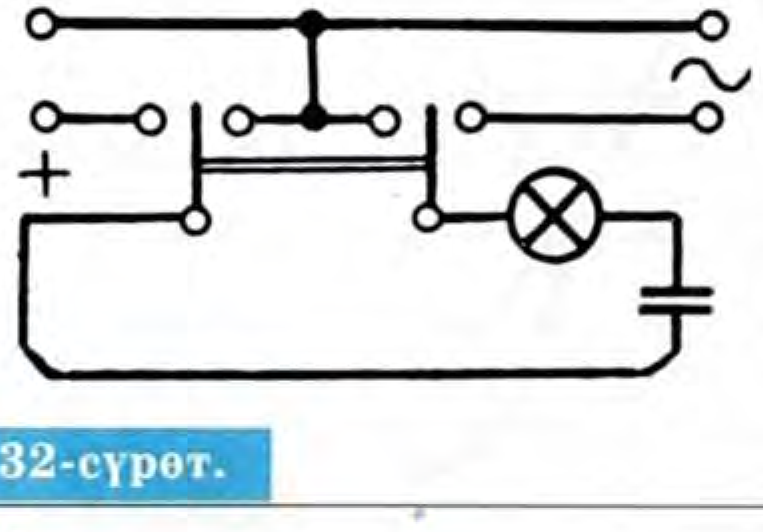
Токтун күчүнүн, чыңалуунун убакыттан көз карандылык графигинде, бул чоңдуктардын фазалары дал келгендиги чагылдырылган.

Демек, синусоидалык токтун чынжырына туташтырылган активдүү каршылыкта, токтун күчүнүн фазасы чыңалуунун фазасы менен дал келет.

§ 18. Өзгөрүлмө электр тогундагы сыйымдуулук каршылык

Тажрыйбада, электр лампасы конденсаторго удаалаш туташтырылып, турактуу токтун булагына туташтырылса, лампа күйбөйт. Анын себеби, конденсатор турактуу токтун булагында электр чынжыры үчүн ажыраткыч болуп калат. Натыйжада, электр чынжыры туюкталбай калат. Эгерде конденсатор менен удаалаш туташтырылган чынжыр, өзгөрүлмө токтун булагына туташтырылса лампа күйөт. Эмне үчүн? (32-сүрөт). Анткени, конденсатор өзгөрүлмө ток үчүн өткөргүч болуп саналат. Конденсатор аркылуу токтун өтүү процесси, дайыма кайталанып туруучу конденсатордун пластиналарынын заряддалышы жана разряддалышы менен түшүндүрүлөт.

Тажрыйбада, электр лампасы чыңалуусу $U = U_0 \cdot \sin w \cdot t$ болгон синусоидалык токтун чынжырына туташтырылган электр лампасын кандай жарыктанышта күйгөндүгү аныкталды дейли (33-сүрөт). Эгерде, лампага удаалаш конденса-



32-сүрөт.

33-сүрөт.

тор туташтырылса, лампанын начар күйгөндүгүн байкоого болот.

Электр лампасынын начар күйгөндүгү, электр чынжырында каршылыктын бар экендигин далилдейт. Бул каршылыкты конденсатор пайда кылгандыктан, **сыйымдуулук каршылыгы** деп аталат.

Сыйымдуулук каршылык – конденсатордун сыйымдуулугунан, токтун жыштыгынан көз каранды болот.

$$R_c = \frac{1}{\omega \cdot C}.$$

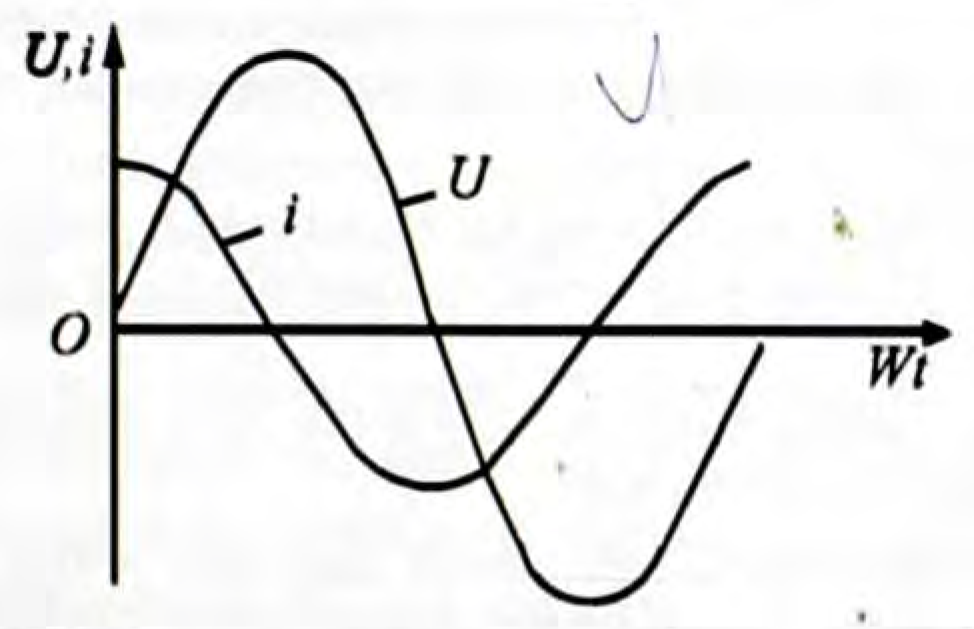
Демек, сыйымдуулук каршылык, токтун жыштыгына жана конденсатордун сыйымдуулугуна тескери пропорциялаш болот.

Сыйымдуулук каршылыгында, токтун күчү фазасы боюнча чыңалуудан 90°та алдыда болот.

$$I = I_o \cdot \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}).$$

$$U = U_o \cdot \sin \omega \cdot t.$$

Бул чоңдуктардын фазалары боюнча 34-сүрөт айырмаларын график түрүндө чагылдырууга болот.



34-сүрөт.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Эмне үчүн активдүү каршылык деп аталат?
2. Өзгөрүлмө токтун чыңалуусу жана токтун күчү кандай аныкталат?

3. Активдүү каршылыкта токтун күчү фазасы боюнча эмне үчүн чыңалуу менен дал келет?
4. Сыйымдуулук каршылык кандай пайда болот?
5. Сыйымдуулук каршылыкта токтун күчү фазасы боюнча чыңалуудан эмне үчүн 90° ка алдыда болот?

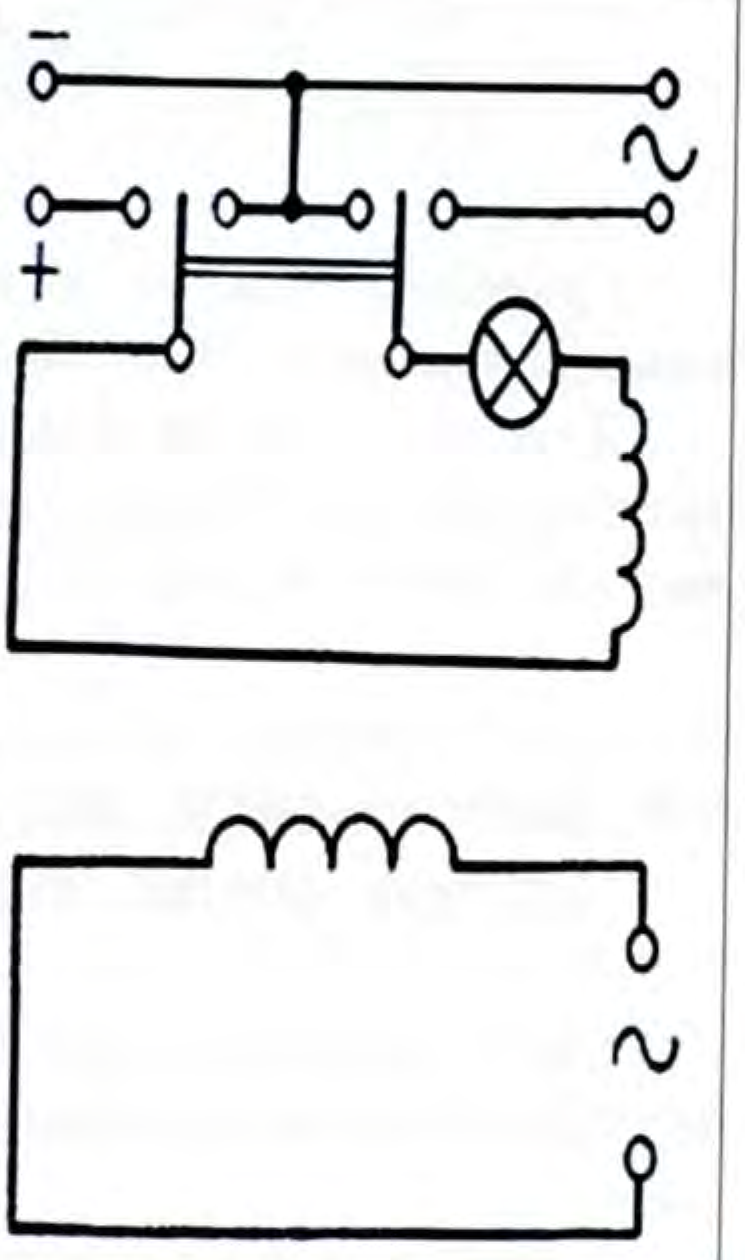
Сапаттык суроолор:

1. Электр тармактарына туташтырылган электр лампасы менен удаалаш бириктирилген конденсаторго параллель дагы бир конденсатор уланса, лампанын күйүүсү кандай өзгөрөт?
2. Электр тармактарына туташтырылган электр лампасы менен удаалаш бириктирилген конденсатор жараксыз болуп, чынжырдын бул чекити туюк болуп калса, лампанын күйүүсү кандай өзгөрөт?
3. Эмне үчүн жарыктандыруу үчүн 10^{-15} *Гц* жыштыктагы өзгөрүлмө электр тогу пайдаланылбайт?

6-көнүгүү

1. Сыйымдуулугу 4 *мкФ* конденсатор 50 *Гц* жана 400 *гц* жыштыкта кандай каршылыкка ээ болот?
2. 50 *Гц* жыштыктагы өзгөрүлмө тогунда каршылыгы 40 *Ом* болгон конденсаторлордун сыйымдуулугун аныктагыла.
3. Сыйымдуулугу 2 *мкФ* конденсатордун каршылыгы 20 *Ом* болушу үчүн, өзгөрүлмө токтун мезгили кандай мааниге ээ болушу керек?
4. Конденсатордун сыйымдуулугун өлчөөдө, амперметр 15 *мА*, вольтметр 12 *В*ди көрсөтсө, конденсатордун сыйымдуулугун аныктагыла.
5. Өзгөрүлмө электр тогунда: $R = 6$ *Ом* $R_C = 8$ *Ом* болсо, жалпы каршылыкты аныктагыла.
6. Эгерде чынжырдагы ток синус закону $i = 0{,}2 \sin 314\ t$ [*A*] боюнча өзгөрсө, андагы сыйымдуулугу $2 \cdot 10^{-6}$ Ф конденсатор кандай чыңалууга эсептелген болушу керек?

§ 19. Өзгөрүлмө электр тогундагы индуктивдүүлүк каршылык


35-сүрөт.

Тажрыйбада индуктивдүүлүк катушкасына электр лампасы удаалаш туташтырылып, турактуу токтун булагына бириктирилсе лампа күйөт. Мына ошондой эле чыңалуудагы синусоидалык токтун чынжырына индуктивдик катушканын удаалаш туташтырылган электр лампасы, начар күйүп калат. Качан гана чынжырда каршылык болсо, электр лампасы начар күйөт (35-сүрөт).

Мындан, индуктивдүү катушкасы синусоидалык токтун чынжырында каршылыкка ээ боло тургандыгы келип чыгат. Бул каршылык – **индуктивдүү каршылык** деп аталат. Индуктивдүү каршылыктын пайда болушунун себеби эмнеде? Анын себеби, өзүнчө индукция кубулушу менен түшүндүрүлөт. Синусоидалык ток катушка аркылуу өткөндө, өзгөрүлмө магнит талаасы пайда болот. Өз кезегинде, өзгөрүлмө магнит талаасы катушканын өзүндө индукциялык токту пайда кылат. Ток өзгөрүлмө болгондуктан, катушкада пайда болгон, анын багытына дайыма карама-каршы багытталган индукциялык токтун мааниси, индуктивдүү каршылыктын маанисин аныктайт.

Индуктивдүү каршылык токтун жыштыгынан жана катушканын индуктивдүүлүгүнөн көз каранды болот.

$$R_L = \omega \cdot L .$$

Индуктивдүү каршылык – токтун жыштыгынын катушканын индуктивдүүлүгүнүн көбөйтүндүсүнө барабар болот.

Индуктивдүү каршылыкта токтун күчү фазасы боюнча чыңалуудан 90°ка артта калат.

$$U = U_o \cdot \sin(\omega \cdot t + \frac{\pi}{2}),$$

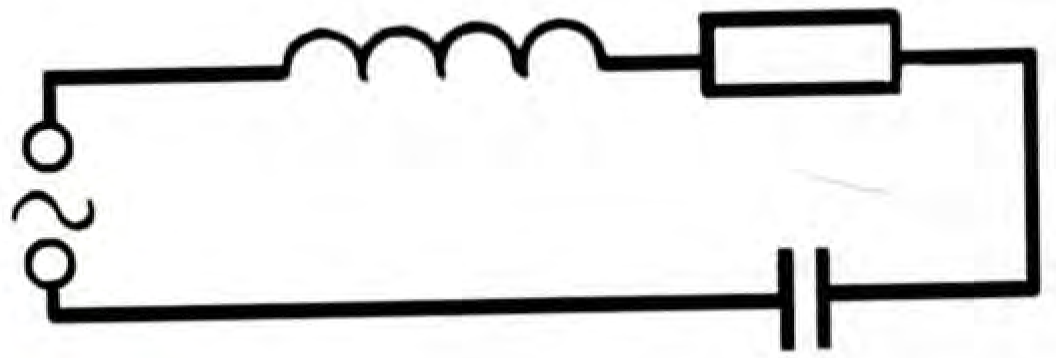
$$I = I_o \cdot \sin\omega \cdot t .$$

Графикте токтун күчү менен чыңалуунун фазасынын айырмачылыгы чагылдырылган.

Демек, синусоидалык токтун чынжырындагы индуктивдүү катушкасында, токтун күчү фазасы боюнча чыңалуудан 90° артта болот.

§ 20. Өзгөрүлмө электр тогу үчүн Омдун закону. Электрдик резонанс. Өзгөрүлмө токтун кубаттуулугу

Синусоидалык токто пайда болгон каршылыктын үч түрү тең удаалаш туташтырылган учурду карап көрөлү (36-сүрөт).



36-сүрөт.

Жалпы каршылыкты кандай аныктоого болот? Жалпы каршылык үч каршылыктын суммасына барабар болбойт.

Анткени, активдүү каршылыктан башка каршылыктарды октун күчү фазасы боюнча чыңалуу боюнча дал келбейт.

Ошондуктан, синусоидалык токтун чынжырында, толук каршылык төмөнкүдөй аныкталат.

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

мында Z – толук каршылык.

Үч түрдүү каршылык удаалаш туташтырылган синусоидалык токтун чынжыры үчүн, Омдун закону төмөнкүдөй түргө ээ болот.

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (R_L + R_C)^2}} \quad \text{же}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C})^2}}.$$

Демек, токтун күчүнүн эффективдүү мааниси чыңалуунун эффективдүү маанисине түз пропорциялаш, толук каршылыкка тескери пропорциялаш болот.

Омдун законун анализдеп көргөндө, синусоидалык токтун чынжырында үч каршылык болсо да, белгилүү бир шартта токтун күчү активдүү каршылыктан гана көз каранды болуп калышы мүмкүн.

Мисалы, эгерде индуктивдүү каршылык сыйымдуулук каршылыгына барабар болуп калса, б. а. $\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$ Омдун законунан, бөлчөктүн бөлүмү бир гана активдүү каршылыктын мааниси менен аныкталып калат. Бул абал – **электрдик резонанс** деп аталат.

Резонанс абалында чынжырда үч түрдүү каршылык болгондугуна карабастан, чынжырдын жалпы каршылыгы активдүү каршылыктын гана мааниси менен аныкталат. Эгерде активдүү каршылыктын мааниси кичине болуп калса, бул өз кезегинде чынжырда токтун күчүнүн эң чоң мааниге ээ болушун шарттагандыктан, өрт чыгуу коркунучун пайда кылат.

Турактуу ток үчүн, **кубаттуулук** 1 *с* ичинде электр тогунун аткарган жумушун көрсөтөт. Б. а. **кубаттуулук** убакыт бирдиги ичинде, электр тогунун башка энергияга айлангандыгынын чени болуп саналат.

Туруктуу токтун кубаттуулугу токтун күчүнүн чыңалууга болгон көбөйтүндүсүнө барабар болот.

$$P = U \cdot I.$$

Эгерде өзгөрүлмө токтун чынжырында активдүү каршылык болсо, анда жылуулук бөлүнүп чыгат. Бул абалда өзгөрүлмө электр тогунун кубатуулугу, бул токтун 1 *с* ичинде жылуулук энергияга айлангандыгын көрсөтөт жана токтун күчү менен чыңалуунун эффективдүү маанилеринин көбөйтүндүсүнө барабар болот.

$$P = U_{эф} \cdot I_{эф}.$$

Синусоидалык токтун чынжырында токтун күчү бир гана активдүү каршылыктан көз каранды болбостон, сыйымдуулук жана индуктивдүү каршылыктан көз каранды болот.

Мисалы, эгерде синусоидалык токтун чынжырында бир гана конденсатор болсо, анда токтун өтүү процесси конденсатордун дайыма заряддалышы жана разряддалышы менен байланыштуу болот.

Мында мезгилдин төрттөн бир үлүшүндө, б. а. мезгилдин чейрек үлүшүндө булактын энергиясы конденсатордун электр энергиясы катары толукталат. Бирок, андан кийинки чейрек мезгилде, конденсатор разряддалып, кайра чынжырга энергиясы кайтарылат.

Демек, синусоидалык токтун конденсатор аркылуу өтүшүндө, анда кубаттуулуктун бөлүнүп чыгуусу менен коштолбойт.

Эгерде синусоидалык токтун чынжырында индуктивдүүлүк катушкасы туташтырылса, чейрек мезгил ичинде токтун мааниси көбөйгөнчө, катушкада магнит талаасы пайда болот. Бул талааны пайда кылууга ток булагынын энергиясы сарпталат. Бирок, кийинки чейрек мезгилдин ичинде токтун азайышы менен, андагы магнит талаасынын энергиясы өзүнчө индукция кубулушу аркылуу энергия кайрадан ток булагына кайтарылып берилет.

Демек, синусоидалык токтун индуктивдүүлүк катушкасы аркылуу өтүшүндө, анда кубаттуулуктун бөлүнүп чыгуусу менен коштолбойт.

Мындан, активдүү каршылыкка караганда, синусоидалык токтун чынжырында сыйымдуулук жана индуктивдүүлүк каршылыктарда сарпталган кубаттуулук дайыма аз болот.

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi.$$

φ – токтун күчү менен чыңалуунун фазаларынын айырмасы.

Бул формуладан, эгерде чынжырда сыйымдуулук же индуктивдүү каршылыктары болсо ($\varphi = 90^\circ$, $\cos\varphi = 0$) кубаттуулук нөлгө барабар экендиги келип чыгат. Мында, канчалык тигил же бул электр кыймылдаткычында $\cos\varphi$ нин мааниси чоң болсо, ал ошончолук көп пайдалуу аракет коэффициентке ээ болот.

Бышыктоо үчүн маселелер:

1. Индуктивдүү каршылык кантип пайда болот?
2. Индуктивдүүлүк каршылыкта токтун күчү фазасы боюнча чыңалуудан эмне үчүн 90°ка артта болот?
3. Эмне үчүн үч каршылык удаалаш туташтырылганда, жалпы каршылык активдүү, сыйымдуулук, индуктивдүү каршылыктардын суммасына барабар болбойт?
4. Жалпы каршылык кандай аныкталат?
5. Өзгөрүлмө ток үчүн Омдун законун жазып бергиле.
6. Электрдик резонанстын пайда болуу шартын айтып бергиле.
7. Синусоидалык токтун кубаттуулугунун маңызын чечмелегиле.
8. $\cos\varphi$ нин мааниси жөнүндө айтып бергиле.

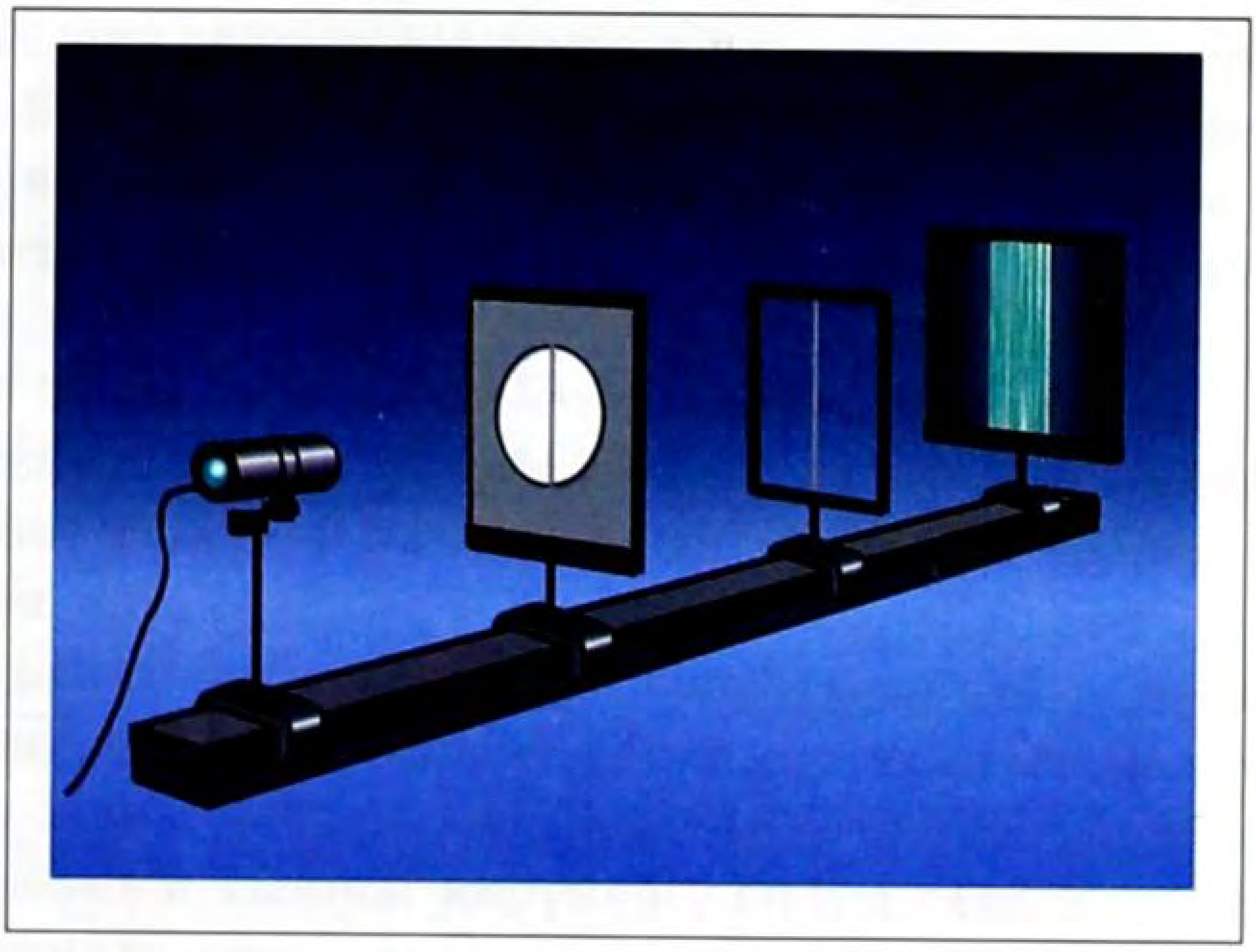
Сапаттык суроолор:

1. Электр тармактарына туташтырылган электр лампасына удаалаш туташтырылган индуктивдүүлүк катушкага болот өзөкчө жайланыштырылса, лампанын күйүүсү кандай өзгөрөт?

2. Синусоидалык токтун чынжырына үч түрдүү каршылык туташтырылган. Кандай жыштыкта сыйымдуулук каршылыгы индуктивдүү каршылыгына барабар болот?
3. Эмне үчүн электр тармактарында электрдик резонанс кубулушу чоң коркунучтун себепчиси болушу мүмкүн?

7-көнүгүү

1. Катушканын индуктивдүүлүгү 0,2 *Гн* болсо, 50 *Гц* жана 400 *Гц* жыштыкта кандай каршылыкка ээ болот?
2. 125 *В* чыңалууда токтун күчү 2,5 *А* болсо, 50 *Гц* жыштыктагы өзгөрүлмө электр тогунда катушканын индуктивдүүлүгүн аныктагыла.
3. Катушканын индуктивдүү каршылыгы 350 *м*. Эгерде өзгөрүлмө электр тогунун циклдик жыштыгы 500 c^{-1} болсо, катушканын индуктивдүүлүгүн аныктагыла.
4. Жыштыгы 50 *Гц* болгон өзгөрүлмө электр тогундагы индуктивдүү каршылыгы 31 *Ом* болсо, катушканын индуктивдүүлүгүн аныктагыла.
5. Өзгөрүлмө электр тогунда: $R = 3$ *Ом*, $R_L = 4$ *Ом* болсо, толук каршылыкты аныктагыла.
6. $R = 10$ *Ом*, $R_L = 0{,}05$ *Гн*, $C = 2$ *мкФ* удаалаш туташтырылган жана 500 *Гц* токтун жыштыгындагы 100 *В* чыңалууга туташтырылган. Чынжырдагы токтун күчүн аныктагыла.
7. Өзгөрүлмө токтун генераторунун кыскычтарындагы чыңалуу 220 *В*, cos = 0,8 болсо, 880 *Вт* кубаттуулукту керектейт. Кыймылдаткыч кандай ток күчүн керектөөсүн аныктагыла.



ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ТОЛКУНДАР

ЭЛЕКТРО-
МАГНИТТИК
ТОЛКУНДАР
ДЕГЕН ЭМНЕ?

V глава

ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ТОЛКУНДАР

§ 21. Электромагниттик толкундардын ачылышы

Англиялык физик Д. К. Максвелл, токтун магнит талаасын мүнөздөөчү закондорду теориялык көз караш менен анализдеген. Бул закондорду математикалык туюнтма катары далилдеп, анын негизинде, **өзгөрүлмө электр талаасы куюн сымал магнит талаасын пайда кылат** деген жыйынтыкка келген.

Ошону менен бирге, электромагниттик индукция законунун математикалык туюнтмасынан, **өзгөрүлмө магнит талаасы куюн сыяктуу электр талаасын пайда кылат** деген натыйжаны алган.

Бул анализдердин негизинде, жаратылышта электромагниттик талаа реалдуу жашайт деген корутундуга келген.

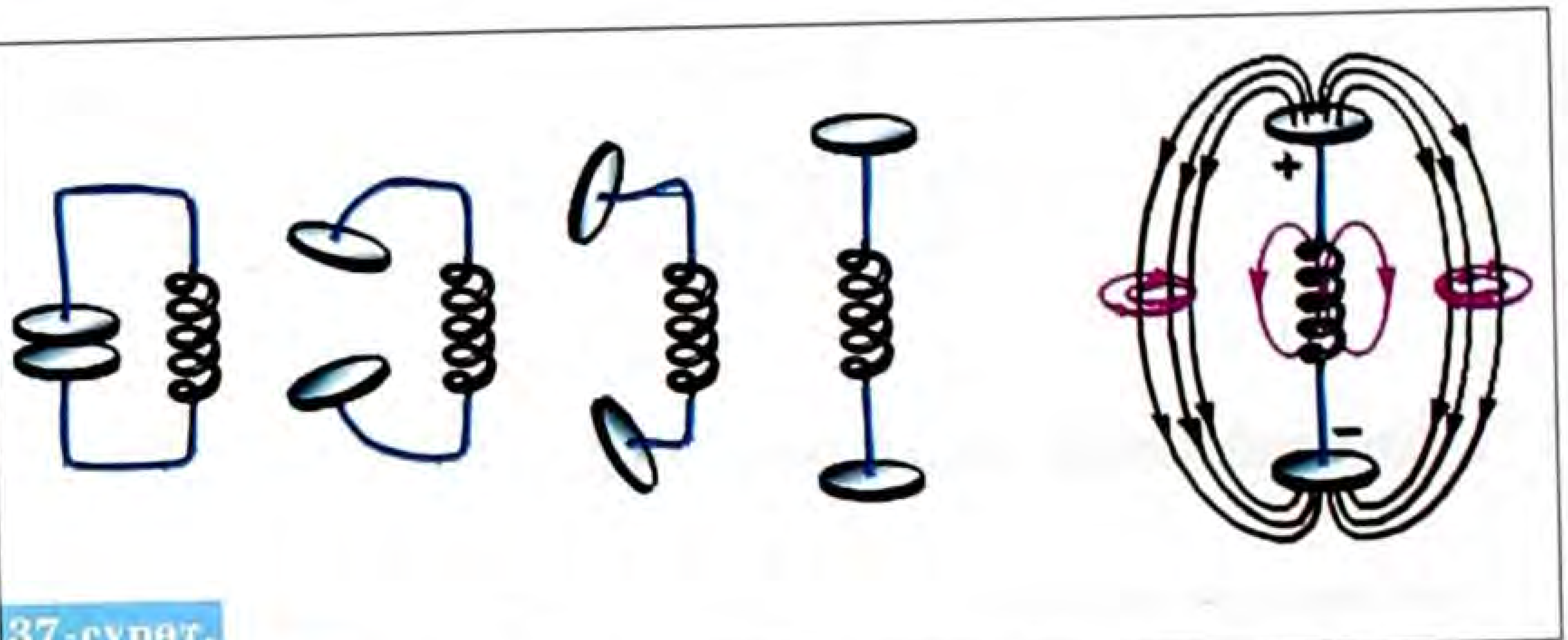
Электр жана магнит талаасы – бир бүтүн электромагниттик талаанын тышкы көрүнүшү болуп саналат.

Электромагниттик талаанын убакыттын өтүшү менен мейкиндикте таралышы – **электромагниттик толкун** деп аталат. Электромагниттик толкундун таралуу ылдамдыгы жарыктын ылдамдыгына барабар.

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 м_0}} = 3 \cdot 10^6 (м/с) = c.$$

Немец физиги Генрих Герц электромагниттик толкундардын бар экендигин эксперименталдык далилдөө үчүн, электромагниттик толкундардын нурдануусу жана кабыл алуу шартын аныктаган.

Электромагниттик термелүү процесси термелүү контурунда жүрөт.



37-сүрөт.

Бизге белгилүү болгон термелүү контуру – **жабык термелүү контуру** деп аталат. Анткени, электр талаасы конденсатордун пластиналарынын ичинде, ал эми магнит талаасы катушканын айланасында пайда болот.

Г. Герц мындай жабык контурун ачык термелүү контуруна айландыруу үчүн, конденсатордун пластиналарынын аралыгын чоңойтуу аркылуу, катушканын оромолорунун санын азайтуу жолдорун сунуш кылган. Чиймедеги конденсатор менен катушканын акыркы абалында, конденсатордун электр талаасы термелүү контурунун айланасын толугу менен курчап турат (37-сүрөт).

§ 22. Герцтин тажрыйбалары

Конденсатордун аянтын жана катушканын оромолорунун санын азайтуу менен, контурдагы термелүү жыштыгын жогорулатууга болот.

Бул учурда, энергиянын нурдануусуна шарт түзүлөт.

Анткени, нурдануу энергиясы жыштыктын төртүнчү даражасына түз пропорциялаш болот.

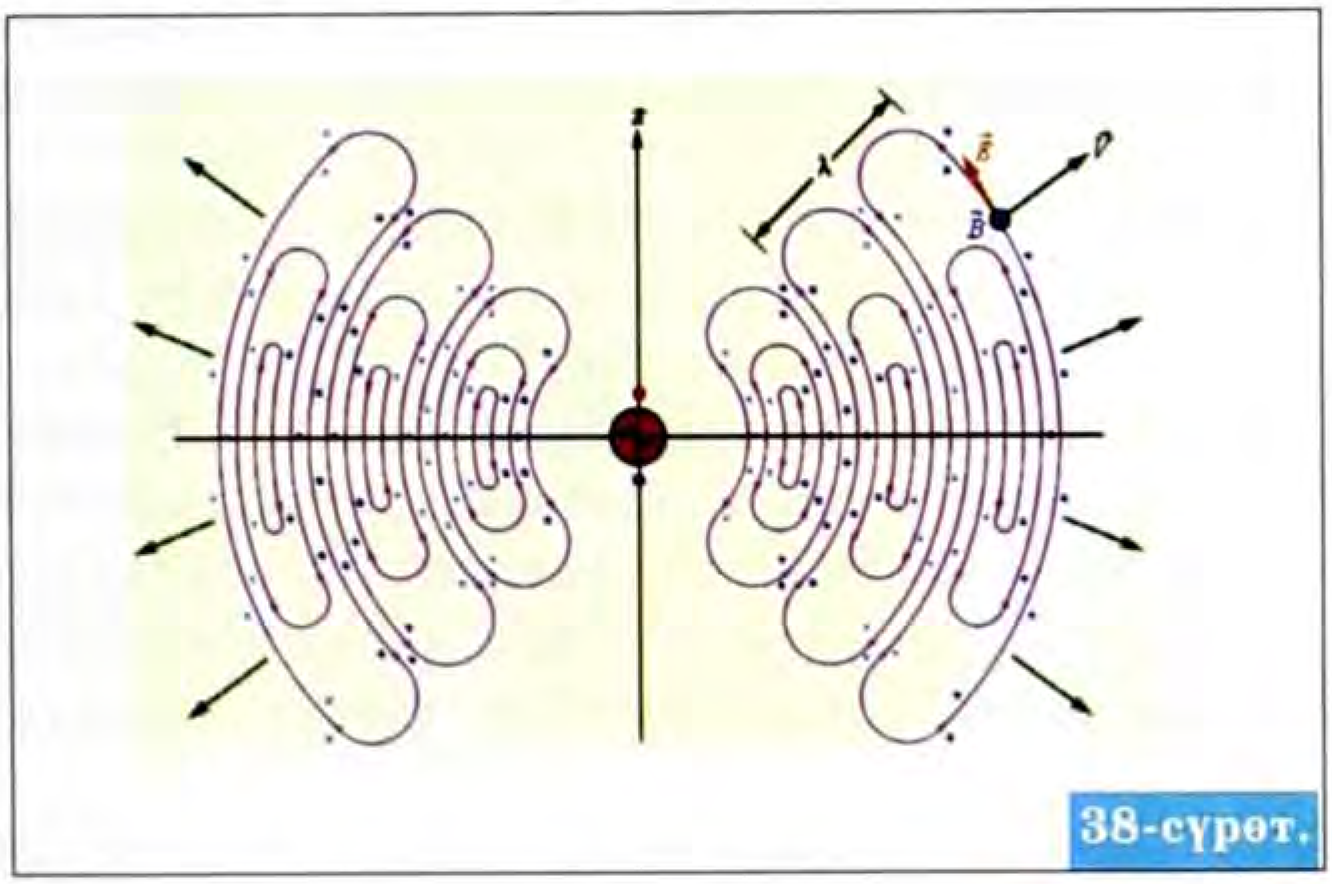
Ошондуктан, ар кандай түз өткөргүчтү **ачык термелүү контуру** катары кароого болот.

Конденсатордун пластиналарынын аянтынын кичирейишине, аралыктарынын чоңоюсуна жана катушканын индуктивдүүлүгүн азайтууга жетишүү үчүн, анын оромолорунун

санын азайтуу жолдорун анализдеп көрүп, Герц ар кандай металл шарчалары менен бөлүнгөн эки өткөргүч – ачык термелүү контуру болуп санала тургандыгын далилдейт.

Герцтин мезгилинде, электромагниттик термелүүнү термелүү контурунда пайда кылуу үчүн, жогорку чыңалуунун булагы пайдаланылган.

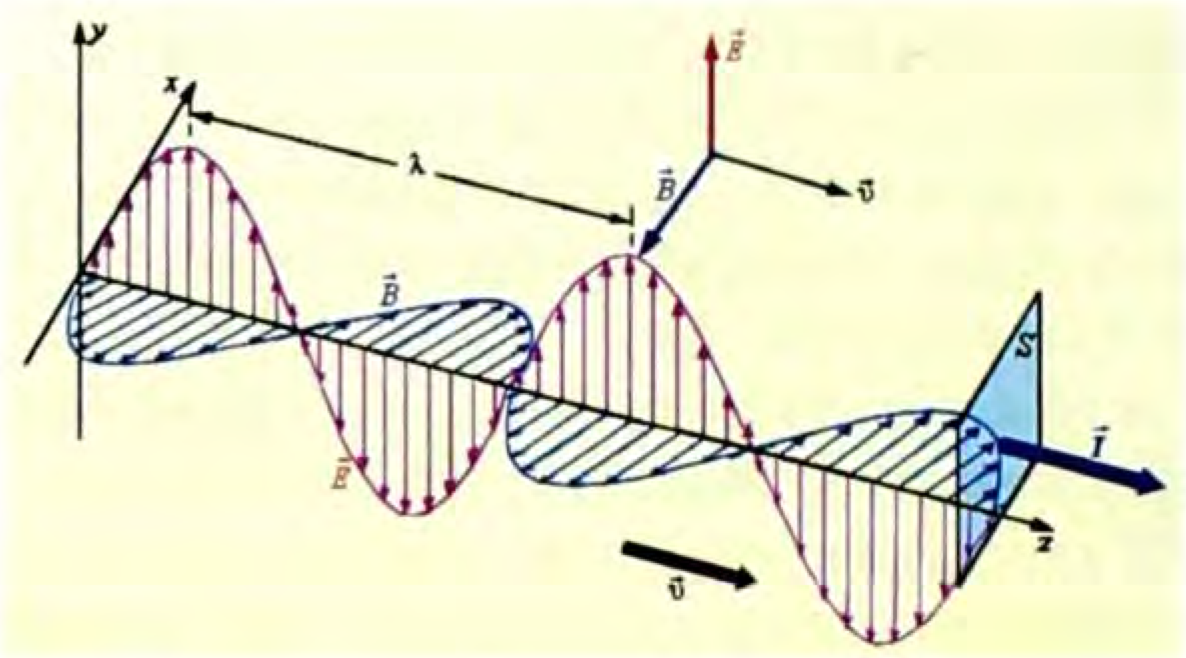
Жогорку чыңалуунун булагынан конденсатор заряддалган. Бирок, контурду белгилүү бир аралыктагы эки шарча ажыратып тургандыктан, анда электромагниттик термелүү пайда болбойт. Жогорку чыңалуунун бир маанисинде шарчалардын ортосунда учкун пайда болуп, аба катмары иондошуп контур туюкталат, анда электромагниттик термелүү жүрөт. Мындай ачык термелүү контуру – **Герцтин вибратору** деп аталып калды (38-сүрөт).



38-сүрөт.

Герцтин вибраторунда пайда болгон учкундун натыйжасында, анын айланасында өзгөрүлмө электр талаасы пайда болуп, ал өз кезегинде өзгөрүлмө магнит талаасынын пайда болушуна себеп болот, башкача айтканда электромагниттик талаа мейкиндикте тарала баштайт (39-сүрөт).

Электромагниттик толкундарды кабыл алуу үчүн, Герцтин вибраторунун өзүндөй болгон кабыл алгычты, караңгыда лупа аркылуу учкундун пайда болушун байкаган.



39-сүрөт.

Электромагниттик толкундан вибратордо жогорку жыштыктагы өзгөрүлмө электр талаасы пайда болгондуктан, кабыл алгыч вибратордун шарчаларынын ортосунда учкун пайда болот.

Демек, Герц өзүнүн тажрыйбасынан электромагниттик толкундардын бар экендигин тажрыйба жүзүндө далилдеген.

Англиялык бир инженердин Г. Герцке берген электромагниттик толкундардын жардамы менен пайдалуу маалыматтарды аралыкка берүүгө болобу? – деген суроосуна, «Тилекке каршы булар кабинеттик гана тажрыйбалар» деп жооп берген, башкача айтканда, Г. Герц электромагниттик толкундарды практикалык максатта колдонуу мүмкүнчүлүгүн көргөн эмес.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Максвелл кандай электромагниттик талаа бар деген корутундуга келген?
2. Электромагниттик толкун деп эмнени айтабыз?
3. Герц кандай ой жүгүртүүлөрдүн негизинде жабык контурдан, ачык термелүү контурун сунуш кылган?
4. Герцтин вибраторунда электромагниттик талаа кандай пайда болот?
5. Герц кандай электромагниттик толкунду кабыл алган?

Сапаттык маселелер:

1. Г. Герц «Вибратордон кабыл алуучу контурду алыстаткан сайын учкундардын аябай начар пайда болгондугу байкалды. Бирок, контурдун абалдарын өзгөртүп дубалга жакындаткан-да, учкундардын бир кыйла кубаттуу болгондугу, түздөн-түз дубалдын өзүндө учкундар жоголуп кетишет» деген жыйынтыкка келген. Г. Герцтин мындай жыйынтыгын кандай түшүндүрүүгө болот?
2. Эмне үчүн бөлмөдөгү лампаны күйгүзгөндө, радиодо же телевизордо мүнөздүү кыска үн угулат?
3. Эмне үчүн айрым жерлерде кыска толкундар диапазонунда, радиодон радио берүүлөр жок болуп калат?

§ 23. Электромагниттик толкундар шкаласы

Жаратылышта толкун узундугу бир нече жүз *км* ден, 10^{-12} *см* ге чейинки электромагниттик толкундар бар.

Ошондуктан, электромагниттик толкундар шарттуу түрдө шкалаларга бөлүнгөн.

Электромагниттик толкундар шкаласы

Радиотолкундар	Инфра кызыл нурлары	жарык	Ультра кызгылт көк нурлары	Рентген нурлары	γ - нурлары

Радиотолкундар – толкун узундугу эки жүз *м* ден бир нече *см* ге чейинки электромагниттик толкундар;

Жарык – толкун узундугу $4 \cdot 10^{-5}$ *см* (кызгылт көк түс) $7 \cdot 10^{-5}$ *см* ге (кызыл түс) ээ электромагниттик толкундардын жыйындысы.

Инфра кызыл нурлары (жылуулук нурлары) – толкун узундугу 1–2 *мм* ден кичине, бирок $8 \cdot 10^{-5}$ *см* ден чоң электромагниттик толкундар.

Ультра кызгылт көк нурлар $8 \cdot 10^{-6}$ *см* ден 10^{-10} *см* ге чейинки электромагниттик толкундар.

Рентген нурлары – $8 \cdot 10^{-8}$ *см* ден 10^{-10} *см* ге чейинки электромагниттик толкундар.

γ – нурлары – толкундун узундуктары 10^{-10} *см* ден 10^{-14} *см* ге чейинки электромагниттик толкундар.

Ар бир электромагниттик толкундардын шкаласындагы бөлүктөрүнүн ачылышы, анын касиеттери тиешелүү главаларда каралат.

§ 24. Радионун Попов тарабынан ачылышы

Радиотолкундар – өзүнүн белгилүү бир маалыматка (үн, сүрөттөлүш) алып жүрүүчү элкектромагниттик толкундар.

Европанын ар өлкөсүндөгү физиктер, Герцтин тажрыйбасын кайталап, электромагниттик толкундарды ишенимдүү кабыл алуу жолдорун изилдеген.

Мисалы, француз физиги Э. Бранли, Герцтин вибраторунун алдында металл таарындыларынын каршылыктары кескин азая тургандыгын далилдеген. Металл таарындылары бар айнек түтүкчөнү **когерер** деп аташкан.

Россияда, Кронштадда офицерлер классынын окутуучусу А. С. Попов электромагниттик толкунду ишенимдүү кабыл алуусунун жолдорун камсыз кылуу үчүн, когерер аркылуу ток булагына туташтырат (40-сүрөт).

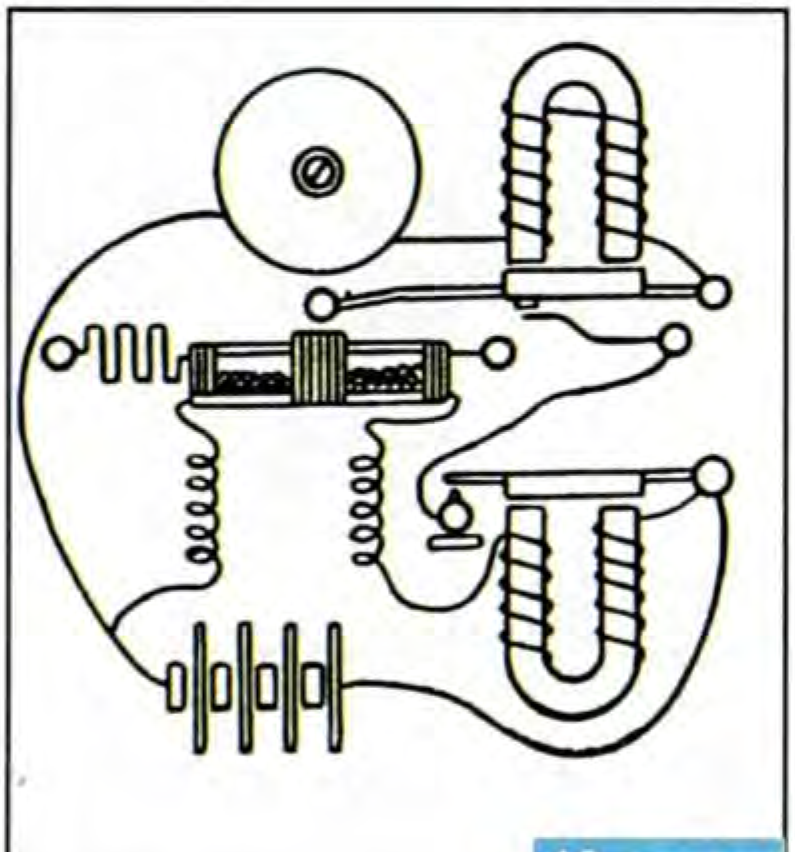
Антеннанын (курт-кумурсканын муруту) жана Жерге туташтыруу менен узак аралыктан электромагниттик толкундарды кабыл алууга жетишкен.

Эң биринчи жолу А. С. Попов өзүнүн мындай радиокабыл алгычын 7-майда 1896-жылы Петербургда физика-химиялык жыйынында демонстрациялаган. А. С. Попов радио кабыл алгычы: когерерден, балкачасы жана коңгуроосу бар электромагниттен, антеннадан, жерге туташтыруучу өткөргүчтөн турат.

Электромагниттик толкундардын өзгөрүлмө электр талаасын антеннадан жогорку жыштыктагы токту пайда кылат, алардын таасири менен когерердин металл таарынды-

ларынын каршылыгы кескин төмөндөйт. Ток когерер аркылуу электромагниттин катушкасына өтөт.

Анын балкачасы коңгуроону кагып, когерерди силкинтет. Натыйжада, когерердин каршылыгы жогорулайт, ток өтпөй калат. Демек, электромагниттик толкундар, токтун электромагниттик катушкага келүүсүн башкаруучу функцияны аткарат. Электромагнитке параллель туташтырылган телеграфтык аппарат аркылуу аралыкка маалымат кабыл алынды.


40-сүрөт.

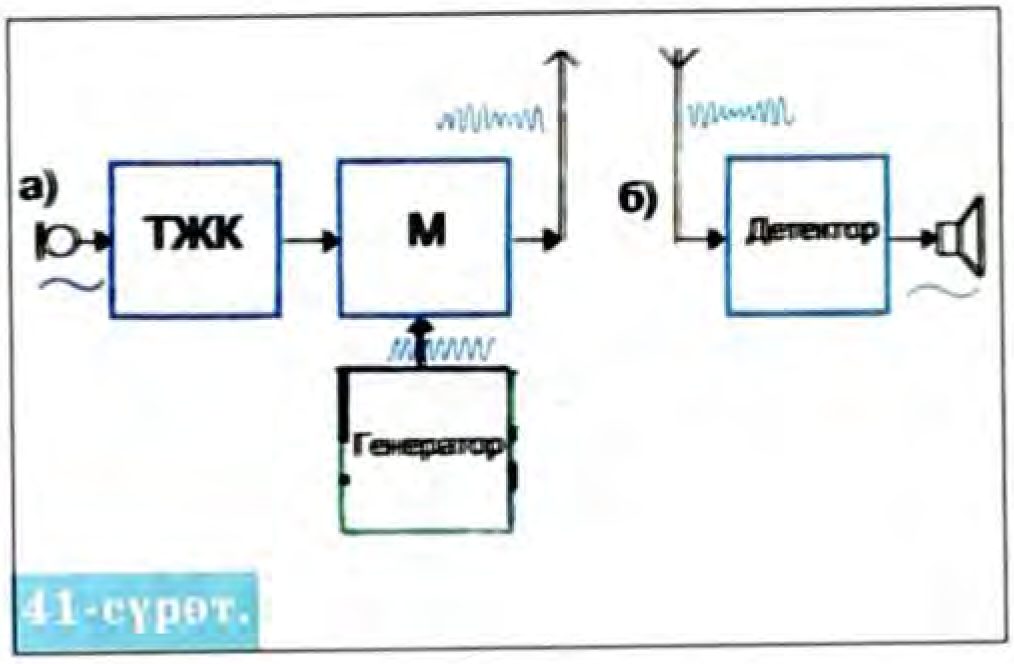
1896-жылы, эң биринчи жолу электромагниттик толкундардын жардамы менен А. С. Поповдун «Генрих Герц» деген сөздөрү кабыл алынган. 1913-жылы лампалык генератор ойлонуп табылгандан кийин, радиотолкундардын жардамы менен аралыкка сөздү, музыканы берүүгө мүмкүн болуп калды.

§ 25. Радиобайланыш принциби

Электромагниттик толкундардын жардамы менен аралыкка сөздү, музыканы жеткирүүгө болот. Өзүндө белгилүү бир маалыматты алып жүрүүчү электромагниттик толкундар – **радиотолкундар** деп аталат. Радиотолкундар радиоберүүчү станциялар аркылуу мейкиндикте таралат.

Радиоберүүчү станциянын блок-схемасын карап көрөлү (41-сүрөт). Модуляторго эки сигнал берилет:

1. Микрофондон пайда болгон төмөнкү жыштыктагы сигнал күчөткүч аркылуу күчөтүлгөн төмөнкү жыштыктагы сигнал модуляторго берилет;

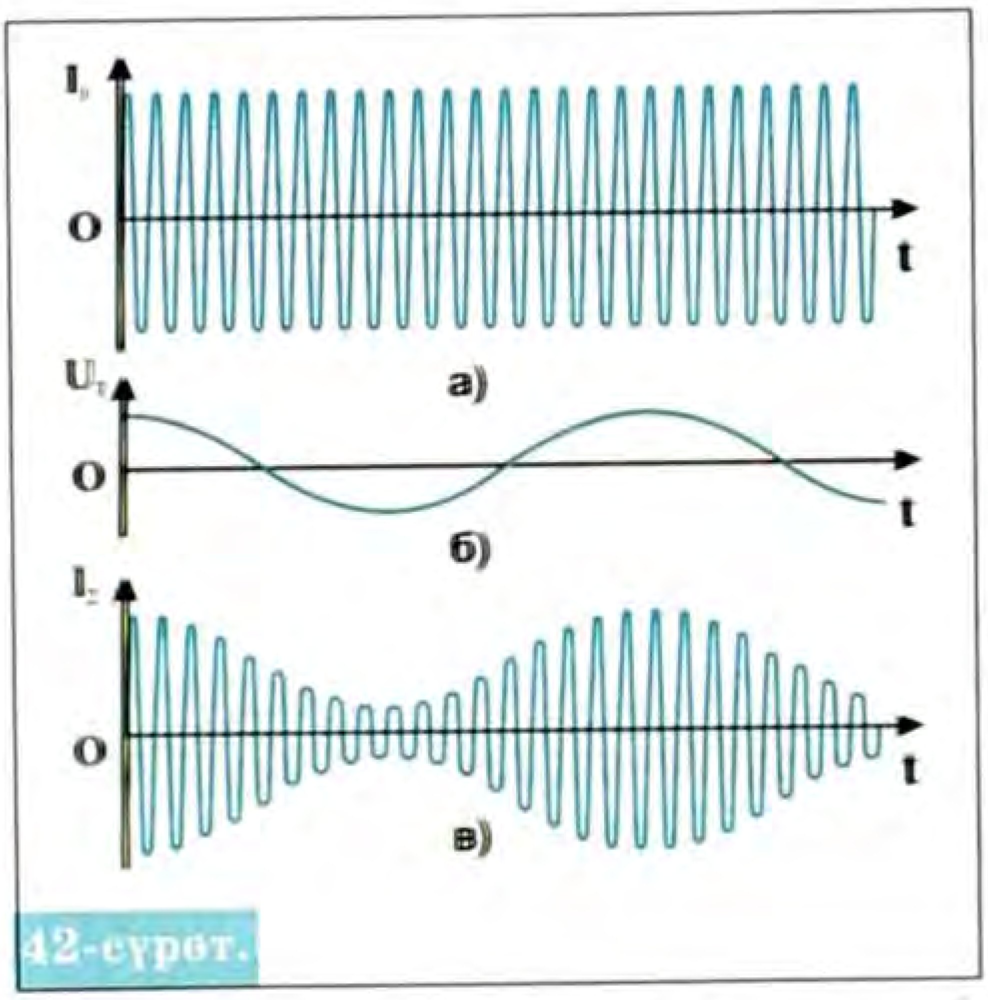


41-сүрөт.

2. Генератордо пайда болгон жогорку жыштыктагы сигнал модулятор берилет (41*а*-сүрөт).

Модулятордо төмөнкү жыштыктагы сигналдын жардамы менен, жогорку жыштыктагы сигналдын амплитудасы, жыштыгы же фазасы өзгөрөт. Жогорку жыштыктагы термелүүнү, төмөнкү жыштык аркылуу өзгөртүү **модуляция** деп аталат.

Модуляцияланган жогорку жыштыктагы термелүүлөр антенна аркылуу радиотолкундар катары таралат (42-сүрөт).



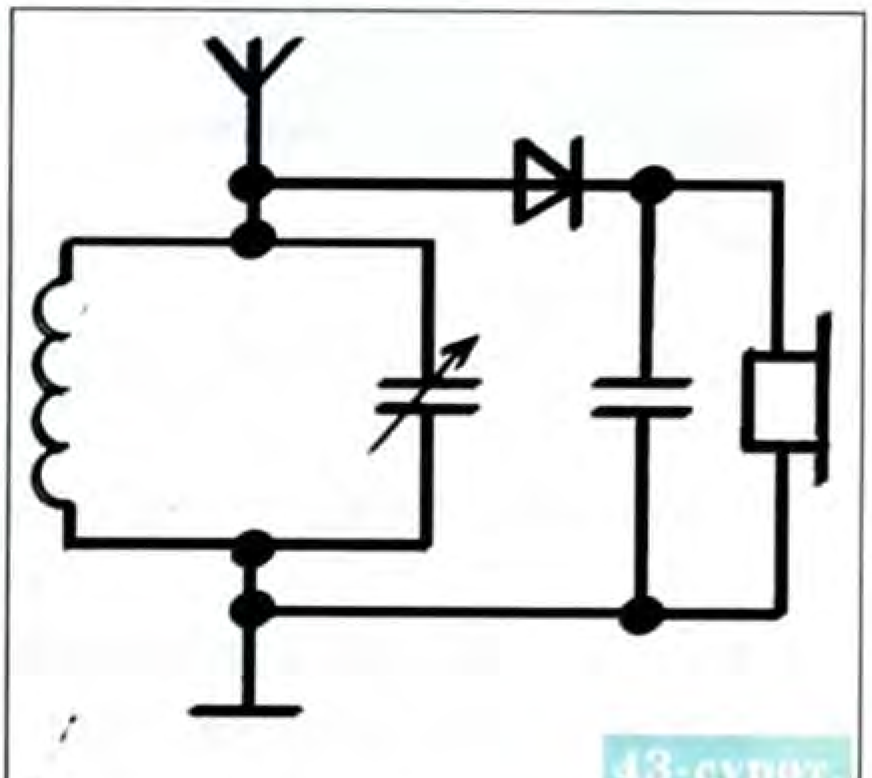
42-сүрөт.

Радио кабыл алгычтын антеннасында радиостанциянын жогорку жыштыктагы радиосигналы жогорку жыштыктагы күчөткүч аркылуу күчөтүлгөндөн кийин, жарым өткөргүчтүк диодго берилет (42*б*-сүрөт). Жарым өткөргүчтүк диоддо детектрлөө процесси жүрөт. Б. а. диоддо жогорку жыштыктан төмөнкү жыштыктагы радиосигнал бөлүнүп алынат. Жогорку жыштыктан төмөнкү жыштыкты бөлүп алуу – **демодуляция** же **детектрлөө** деп аталат. Детектрленген төмөнкү жыштыктагы сигнал төмөнкү жыштыктагы күчөткүч аркылуу күчөтүлгөндөн кийин, динамикке берилет. Динамикте күчөтүлгөн төмөнкү жыштыктагы сигнал үнгө айланат.

§ 26. Жөнөкөй радио

Жөнөкөй радионун принципиалдык схемасы термелүү контур, диод, конденсатор, наушник, антенна жана жерге туташтыруучу зымдардан турат (43-сүрөт).

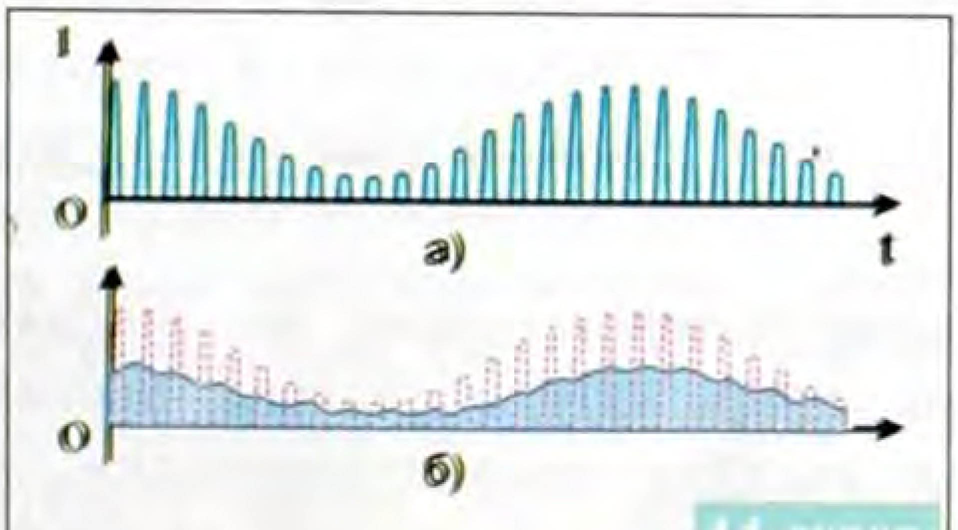
Жөнөкөй радио кандайча иштейт?



43-сүрөт.

Антеннада ар кандай жыштыкта иштеген радиостанциялардагы таралган радиотолкундардын өзгөрүлмө электр талаасынын таасири менен жогорку жыштыктагы токтор пайда болот. Конденсатордун сыйымдуулугун өзгөртүү менен термелүү контурунун жыштыктагы белгилүү болгон радиостанциянын жыштыктагы барабар болуулары жетишилет.

Бул учурда электромагниттик резонанс кубулушунун жарым өткөргүчтөн, термелүү контурундагы токтун амплитудасы кескин жогорулайт. Натыйжада, жогорку жыштыктагы термелүү диод аркылуу өтүп детектрленет. Бирок чиймедеги детектрленген сигналынын пульсацияланган токтун амплитудасы кескин жогорулап, кайра анын мааниси 0гө барабар болуп, бир нече убакыттан кийин кайра жогорулай тургандыгы көрүнүп турат (44-сүрөт). Эгерде конденсатор туташ-



44-сүрөт.

тырылса, ал токтун маанисин 0гө чейин төмөндөгөнгө мүмкүндүк бербейт. Анткени, токтун мааниси жогорулаганда конденсатор заряддалат, токтун мааниси кескин төмөндөгөндө, конденсатордогу заряд каршылыгы аркылуу разряддалат. Ал эми, наушник аркылуу өтүүчү, токтун мүнөзү, радиостанциядан микрофондогу сигналдын өзүн кайра кайталагандыктан, наушникте үндү угууга болот.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Электромагниттик толкундардын шкаласы жөнүндө айтып бергиле.
2. А. С. Поповдун радиосу ачылганга чейин эмнелер белгилүү эле.
3. Поповдун радиосунун түзүлүшүн жана иштөөсүн айтып бергиле.
4. Радиобайланыш принцибин айтып бергиле.
5. Радиоберүүчү жана радионун блок-схемасын сызып, алардын иштөө принциптерин баяндап бергиле.
6. Жөнөкөй радио кандай иштейт?

§ 27. Радиотолкундардын таралышы

Радиоберүүчү станциялар үчүн берилген радиотолкундар шарттуу түрдө, толкун узундуктары боюнча: узун толкундар (2000 *м* ден 735 *м* ге чейин), орточо толкундар (571 *м* ден 187 *м* ге чейин), кыска толкундар (75,5 *м* ден 24,8 *м* ге чейин), ультра кыска толкундар (4,56 *м* ден 4,11 *м* ге чейин) болуп бөлүнгөн.

Ультра кыска толкундарды **метрдик толкундар** деп да аташат.

Бул диапазондо телеберүүлөрдө, тез жардам медициналык жана өрткө каршы автомобилдерде, кыймылдын коопсуздугун камсыз кылуучу кызматкерлердин жана чөнтөк телефон радиобайланыштарын камсыз кылынат.

45-сүрөт.

Ар кандай диапазондогу радиотолкундардын бирдей эмес касиеттери радиотолкундардын таралышына таасир этет.

Мисалы, узун толкундар алыска таралса, кыска толкундардагы радиоберүүлөрдү бир нече километрден кийин радио кабыл албайт. Эмне үчүн?

Радиотолкундардын таралышы Жер жана аны курчап турган атмосферадан көз каранды болот. Жердин атмосферасы үч катмардан турат. Биринчи катмары Жердин бетинен 10–12 *м* ге чейинки бийиктик – **тропосфера** деп аталат.

Жердин бетинен 50 *м* ге чейин созулган экинчи катмары – **стратосфера** деп аталат. Жердин бетинен 400 *м* ге чейин созулган үчүнчү катмары – **ионосфер**а деп аталат (45-сүрөт).

Радиотолкундардын таралышында, өзгөчө кыска толкундар үчүн ионосфера негизги ролду ойнойт. Ионосферада аба өтө сейректелген болот.

Күн нурларынын таасири менен газдын атомдорунан көптөгөн электрондор бөлүнүп чыккандыктан, оң иондор пайда болот. Натыйжада, атмосферанын жогорку катмарынын ионизациясы жүрөт.

Ал эми, атмосферанын иондошкон катмары радиотолкундарды жутуу жана чагылтуу, б. а. багытын өзгөртүү касиетине ээ болот. Күндүн нурларынын ургаалдуулугуна жараша, бир сутканын ичинде иондошкон катмардагы эркин электрондордун саны тынымсыз өзгөрүп тургандыктан, тиешелүү түрдө анын калыңдыгы жана бийиктиги да өзгөрөт. Мындан, бул катмардын электрдик касиети да өзгөрөт.

Радиостанциялардан радиотолкундар Жердин бетин бойлото жана Жерге карата бурч боюнча таралышат. Жерди

бойлото таралган толкундар беттик толкундар деп аталса, ар түрдүү бурч менен таралган толкундар – мейкиндик толкундары деп аталат.

Узун толкунда иштеген радиостанциялар негизинен чоң өлчөмдөгү тоскоолдуктарды айланып өтүүчү касиетке ээ болгон беттик толкундардын энергиялары пайдаланылат. Бирок, Жер радиотолкундардын энергиясын жутуучу касиетке ээ болгондуктан, мындай станциялардан алыстаган сайын, кабыл алуу улам басаңдап, акыры аягы кабыл алуу жок болуп калат.

Орто толкундар тоскоолдуктарды айланып өтүшү начар жана Жер тарабынан көбүрөөк жутулат.

Мисалы, узун толкундарга караганда кыска толкунда иштеген радиостанцияларды кабыл алуу эки-үч эсе кыска аралыкта кабыл алынат. Ошондуктан, орто толкунда иштеген радиостанциялардын кубаттуулугун көбөйтүүгө туура келет. Кечинде же түндө радиоберүүлөрдү алыс аралыктан да кабыл алууга болот. Анын себеби, ионосферанын төмөнкү катмары бул толкундарды кайра Жерге багытын өзгөртүп жиберет.

Кыска толкундагы диапазондо радиотолкундар Жер тарабынан жогорку деңгээлде жутулгандыктан, мындай радиостанциялардын беттик толкундары тез эле өчүп жок болот. Бирок, ионосфера аркылуу чагылуусунун натыйжасында, эң алыс аралыктарда радиосигналдарды кабыл алууга болот.

Ультракыска толкундар түз сызык боюнча таралышат. Ошондуктан, бул диапазондо иштеген радиостанциялар менен кабыл алуучу аппараттар түз сызыкта болгондо гана, радиосигналды кабыл алууга болот.

Азыркы мезгилде мындай диапазондогу радиосигналдарды спутниктик байланыштар аркылуу кабыл алуу уюштурулууда.

Анткени, ультракыска толкундар ионосферадан өтүп кетишет. Бул диапазондо космостук кемелер менен байланыш жүргүзүлөт.

§ 28. Радиолокация

Г. Герц өзүнүн тажрыйбаларында электромагниттик толкундардын чагылуу кубулушун байкаган. А. С. Попов 1897-жылы Балтика деңизинде радиоберүү жана радиокабыл алууну уюштуруу убактысында, эгерде эки кеменин ортосунда үчүнчү кеме өткөндө радиобайланыш болбой калгандыгын аныктаган. Анын себеби, радиотолкундар үчүнчү кемеден чагылышат.

Ошондуктан электромагниттик толкундардын жардамы менен кыймылдоочу объекттердин ордун, ылдамдыгын аныктоону сунуш кылган. Бул – **радиолокация** деп аталат. Радиолокация радиотолкундардын жардамы менен абада, сууда, Жерде ар кандай объекттилердин ордун аныктоо каражаты болуп саналат. Өз кезегинде тынчы же согуштук самолёттор, электромагниттик толкундарды жутуп алуучу касиетке ээ болгон боёктор менен боёлот.

Радиотолкундар ар кандай предметтер тарабынан ар түрдүү багытка чагылат жана чачырайт. Чагылуучу радиотолкундар – радиожаңырык деп аталат.

Радиотолкундун импульсунун таралуу ылдамдыгын жана импульстун толкун булагынан башталып предметке чейин жетип, чагылгандан кийин кайра келген убактысын аныктоо менен, анын өткөн жолун эсептөөгө болот. Радиолокация мына ушул жолго негизделген.

Ошондуктан, радиолокациялык станцияларда (радар) фазалык модуляцияланган электромагниттик толкундардын жардамы менен, кыймылдуу объекттилерден чагылуучу электромагниттик толкундарды кабыл алып, алардын ылдамдыгы, багыты аныкталат.

Мисалы, ар кандай радиолокациялык станция (РЛС): радиоберүүчүдөн, радиокабыл алгычтан, антеннадан жана объекттини аныктап, анын координаталарын тактоочу индикатордон турат.

Турактуу жыштыкта иштөөчү радиобергич радиотолкундарды мейкиндикке нурдантат.

Эгерде, радиотолкундардын жолунда ар кандай тоскоолдуктар жолукса.

Мисалы, самолёт болсо, андан радиотолкундар бардык тарапка чагылат жана чачырайт.

РЛС тарапка чагылган радиотолкундар, мына ошол эле жыштыктагы иштеген сезгич кабыл алуучу аппарат тарабынан алыстыкты көрсөтүүчү индикаторго берилип, ал предметке чейинки аралыкты көрсөтөт. Бирок, бир гана самолётко чейинки аралыкты билүү аздык кылат. Андан тышкары, самолёт кайсы багытта учуп келе жаткандыгын аныктоо керек болот. Андыктан, берилген предмет кайсы чекитте экендигин аныктоо үчүн, РЛСтин антеннасы бардык тарапка радиотолкундарды нурдантпастан, тар бурч менен нурдантылат.

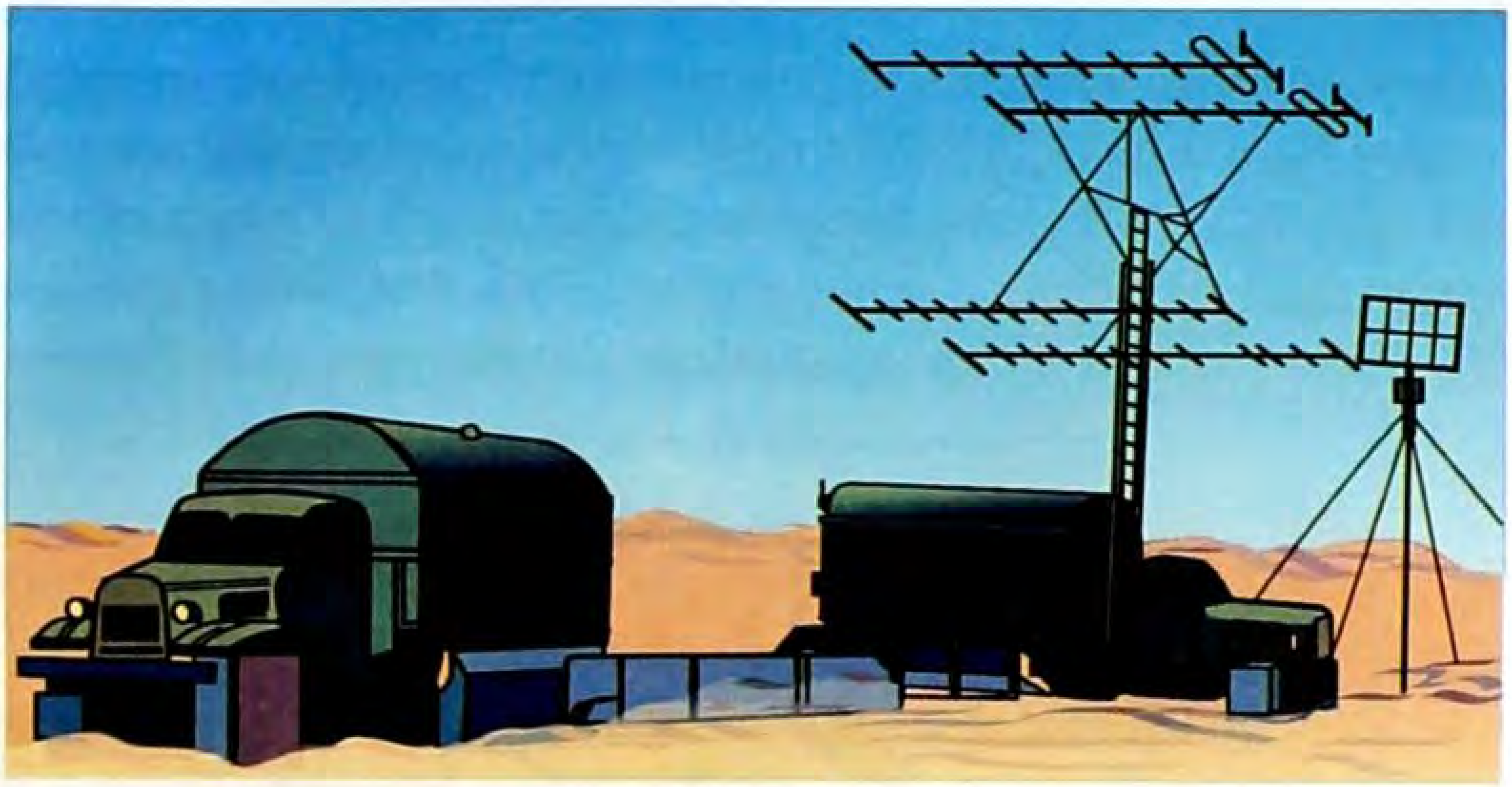
Бул учурда, радиолокатордун кабыл алгычында радиотолкундун нурдануу багытындагы самолеттор жөнүндө маалыматтар алынат.

Эгерде предметтердин сызыктуу өлчөмү менен радиотолкундардын толкун узундуктары бирдей тартипте болсо, радиотолкундар предметтерден чагылышы жогорулайт. Ошондуктан, радиолокаторлор метрдик, дециметрдик, сантиметрдик жана миллиметрдик толкундарда, б. а. 600 МГцтен жогору болгон жыштыктарда иштейт.

Мисалы, П–10 тибиндеги көчмө РЛС негизинен самолёттордy жана канаттуу ракеталарды табуу жана алардын координаталарын аныктоо максатында конструкцияланган (46-сүрөт). РЛСтин бардык бөлүктөрү эки кубаттуу автомобилге жайгаштырылат.

Бир автомобилдин кузовунда энергиянын булагынын агрегаттары жайланышса, экинчисинде – радиолокациялык аппаратура жайланышкан. Алардан алыс эмес жерде антенналар жайгаштырылат.

Мындай станцияны радиусу 500 *м* тегиз жерге жайгаштырылса, 10000 *м* бийиктикте учуучу самолёттордун коор-



46-сүрөт.

динатасын аныктоо менен бирге, анын кабыл алуу алыстыгы 180 – 200 *м* ге жетет.

Азыркы РЛСтин конструкциялык өзгөчөлүктөрү, габариттик өлчөмдөрү, алар коюлуучу согуштук куралдардын мүнөзүнө жараша ар түрдүү болот.

РЛСтин жардамы менен, согуштук самолёттордун, зениттик-ракеталык установкалар, ар кандай максаттагы согуштук кемелердин иштөөсүнүн эффективдүүлүгү жогору болуп келүүдө.

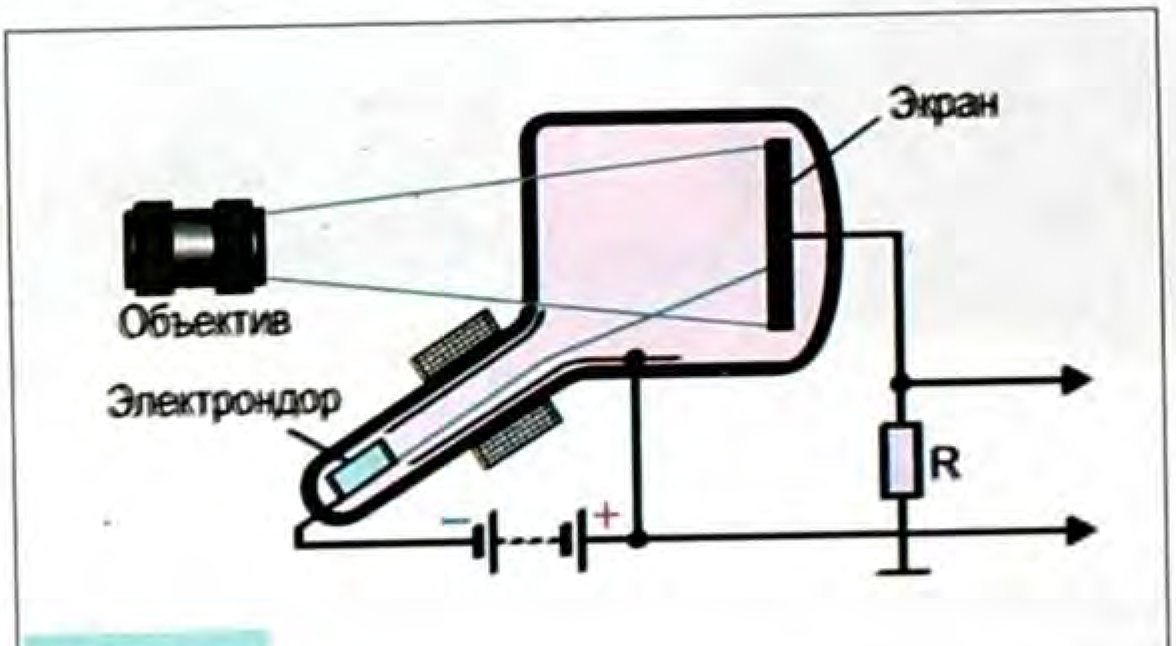
§ 29. Телеберүү жөнүндө түшүнүк. Кыргызстанда радиобайланыштын өнүгүүсү

Радиотолкундардын жардамы менен аралыкка маалыматтарды жеткирүү максатында радиостанциялар ар кандай диапазондо иштешет.

1935-жылдары теле көрүүлөрдү камсыз кылуу үчүн сөз, музыка менен кошо ар кандай предметтердин сүрөттөлүшүн (оптикалык маалымат) метрдик диапазондо радиотол-

кундар алып жүрүү жолдорунун техникалык чечими табылган.

Телеберүүчү трубка (иконоскоп) электрон нур түтүгүнүн бир түрү болуп саналат. Мындай трубканын ич жагына электрондук нурдун 625 горизонталдык сызыгын камсыз кылуучу электрондук блоктор иштеп турат. Бир эле мезгилде мына ушул бетке оптикалык маалымат келип түшөт (47-сүрөт).



47-сүрөт.

Натыйжада, электрондук нурдун горизонталдык сызыктарынын мүнөзү өзгөрүлөт.

Мына ушундайча телеберүүчү трубкадан чыгуучу жогорку жыштыктагы сигналда оптикалык маалымат, оптикалык сигнал катары «жазылып» калат.

Тиешелүү оптикалык сигнал менен кошо аны коштоочу үн сигналы жана синхроимпульстар биригип толук телеберүүчү сигналды түзүшөт. Мында синхроимпульстар телеберүүчү трубка каратылган предметтин кыймылы менен, анын телевизордогу пайда болгон оптикалык сүрөттөлүшү синхрондуу, б. а. бирдей кыймылдоосун камсыз кылат.

Телестудиядагы телекөрсөтүүлөрдүн толук телеберүүчү сигналдары электрондук күчөткүчтөрдө күчөтүлгөндөн кийин, антенна аркылуу мейкиндикте ультракыска толкун диапазонунда радиотолкун болуп таралат.

Телевизор ар кандай жыштыкта иштөөчү телестанциялардын толук телеберүүчү сигналдарын кабыл алуучу татаал

электрондук аппарат болуп саналат. Телевизор: телеберүүчү каналдын (азыркы мезгилде дистанциондук пульт аркылуу) өзгөртүүчү блоктон, видеоблоктон жана телевизордун экранында электрондук нурду горизонталдык жана вертикалдык багытта кыймылга келтирүү менен жарыктанууну («растр») камсыз кылуучу блоктон, кинескоптон (электрондук нур түтүгүнүн бир түрү) жана синхроимпульстарды бөлүп алуучу блоктон турат.

Экрандын жарыгын камсыз кылуу үчүн, электрондук нурду горизонталь жана вертикаль багыттарында кыймылга келтирүүчү атайын электрондук генераторлор блогунун иштеши менен телевизор толук телеберүүчү сигналды кабыл алууга даяр болот.

Тандалып алынган каналдын толук телеберүүчү сигналы видеоканалда күчөтүлүп, андан үндүн сигналы бөлүнүп алынат жана күчөтүлгөн төмөнкү жыштыктагы үн сигналы динамикке берилип, андан үн угулат.

Видеосигнал кинескоптун катодуна берилгендиктен, экранда сүрөттөлүш пайда болот. Бул сүрөттөлүш менен телестудиядагы предметтин синхрондуу кыймылын камсыз кылуу үчүн, толук телеберүүчү сигналдан бөлүнүп алынган синхроимпульстар, экранда растрды пайда кылган электрондук генераторлордун иштөөсүн жөнгө салышып турат. Кыргызстанда мамлекеттик жана мамлекеттик эмес, областтык телеканалдар аркылуу ар түрдүү маалыматтар берилип келе жатат.

Азыркы мезгилде массалык маалыматты элге жеткирүүдө телеберүүлөрсүз элестетүү кыйын.

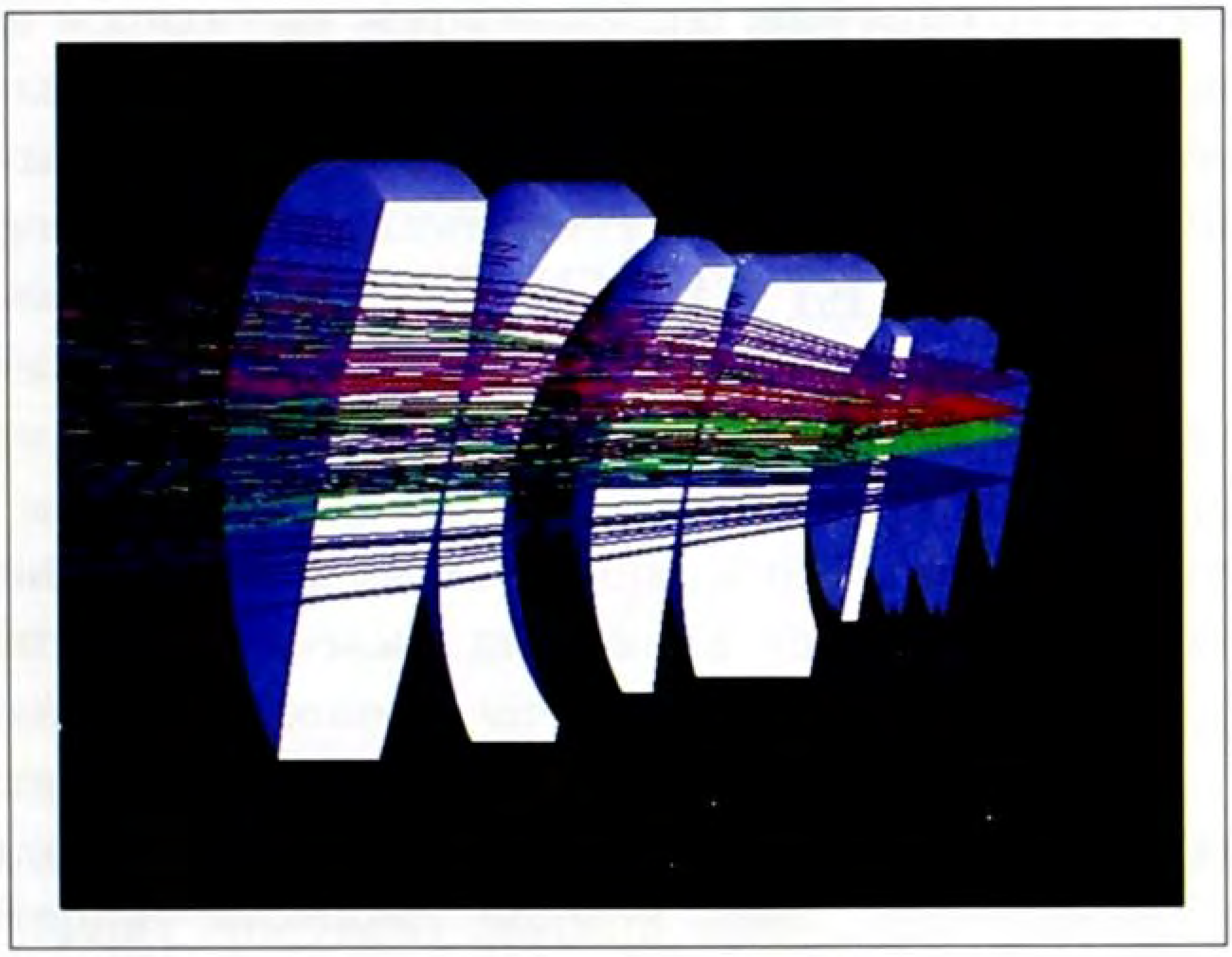
Санариптик микроэлектрониканын өнүгүүсүнүн бир көрүнүшү катары түстүү телевизорлор, аны дистанциондук башкаруу ар бир адам үчүн күндөлүк турмушта пайдалануучу каражаттардын бирине айланып калды. Телефондук байланышты камсыз кылуучу жаңы аппаратураларды пайдалануу, бир гана абоненттердин ортосундагы ишенимдүү

байланышты камсыз кылуу менен чектелбестен, интернеттик байланышты жөнгө салууда чоң мааниге ээ болуп келе жатат.

Уюлдук телефондорунун байланышын камсыз кылуучу компаниялардын Кыргызстанда курулушу, ар бир атуул үчүн уюлдук байланыштын түрлөрүнөн пайдалануу мүмкүнчүлүктөрү көбөйүүдө.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Радиотолкундардын толкун узундуктары боюнча таралуу өзгөчөлүктөрү кандай?
2. Радиолокация деп эмнени айтабыз?
3. РЛСте модуляциянын кайсы түрү колдонулат?
4. Радар кандайча иштейт?
5. Телеберүүлөрдө кандай оптикалык маалымат толук телевизиондук сигналга айландырылат?
6. Телевизордо кандай сүрөттөлүш пайда болот?
7. Толук телевизиондук сигналдын составын айтып бергиле.
8. Азыркы байланыш каражаттары жөнүндө эмнелерди билесиңер?



ОПТИКА

ОПТИКА ДЕГЕН ЭМНЕ?

VI глава

ОПТИКА

§ 30. Жарыктын жаратылышына болгон көз караштардын өнүгүшү

Оптика бөлүгүндө жарыктын ар түрдүү чөйрөдө таралышы жана жарыктын жаратылышы жөнүндө окуп-үйрөнүлөт. Жарыктын ар түрдүү тунук чөйрөдө таралуу закондору геометриялык оптикада каралат. Жарыктын табияты, анын толкундук касиетин далилдөөчү кубулуштары физикалык оптикада каралат.

Жарык – бөлүкчөбү же толкунбу?

Жарыктын табиятын аныктоо боюнча, XVII кылымда бир эле мезгилде эки көз караш пайда болгон. Биринчиси, И. Ньютондун ысмы менен байланышып, жарык бөлүкчөлөрдүн (корпускула) агымы деп каралган. Бул көз караш боюнча, жарык бөлүкчөлөрү чоң ылдамдыкка ээ болгондуктан, предметтердин көлөкөсү пайда болот.

Эгерде жарык толкун болсо, дифракциянын эсебинен предметтердин көлөкөсү болмок эмес.

Жарык кубулуштарын мындайча түшүндүрүү, корпускулярдык көз караштын негизи болуп каралды.

Ал эми, голландиялык физик Х. Гюйгенс, жарык – толкун деп эсептеген. Бул көз караш боюнча, жарык бөлүкчөлөрдүн агымы болсо, анда эмне үчүн эки жарык агымы бири-бири менен кесилишкенде чачырашып кетпейт?

Жарык – толкун болгондуктан, бул учурда бири бирине эч тоскоолдуксуз тарала берет деген далилдөөлөрдү келтиришкен.

И. Ньютондун физикага кошкон эбегейсиз чоң салымы, кадыр-баркынан улам, замандаштары тарабынан, анын көз караштары туура деп эсептелинген.

Бирок, XIX кылымда жарыктын интерференциясы, дифракциясы ачылгандан кийин, жарык жаратылышы боюнча толкун экендиги далилденди.

Анткени, интерференция, дифракция кубулуштары, толкундук процесстер үчүн гана мүнөздүү.

XX кылымдын башталышында фотоэффект кубулуштары жана жарык энергиясынын жутулушу жана нурдануусун түшүндүрүүдө, жарык бөлүкчөлөрдүн агымы экендиги далилденди.

Жарык бөлүкчөбү же толкунбу? – деген суроого бир жактуу жооп берилген болсо, эми жарыктын табияты татаал экендиги дайын болду.

Азыркы көз караштар боюнча, жарык таралууда толкундук касиеттерге ээ болсо, зат менен өз ара аракеттенишкенде, (жутулган же нурданганда) корпускулярдык (квантттык) касиетке ээ болот.

ГЕОМЕТРИЯЛЫК ОПТИКА

§ 31. Жарыктын бир тектүү чөйрөдө түз сызыктуу таралышы

Жарык нуру – жарык энергиясы таралган багытты көрсөтүүчү түз сызык.

Жарыктын булагынын өлчөмү, жарык нуру таралып жеткен аралыктан бир нече эсе аз болсо, жарыктын сызыктуу өлчөмү эсепке алынбай, чекиттик **жарык булагы** деп аталат.

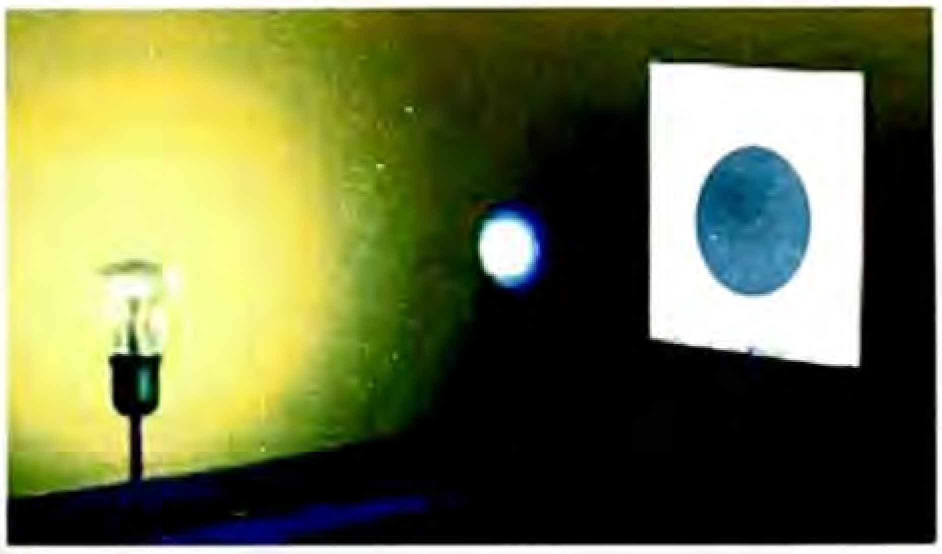
Жарык бир тектүү чөйрөдө түз сызык боюнча таралат. Предметтин көлөкөсү жана жарым көлөкөсү, жарыктын бир тектүү чөйрөдө түз сызыктуу таралышын далилдейт.

Айталы, чекиттик жарык булагынан таралган жарык нурлары тунук эмес предмет аркылуу өтсүн дейли (48-сүрөт). Экранда предметтин көлөкөсү пайда болот.

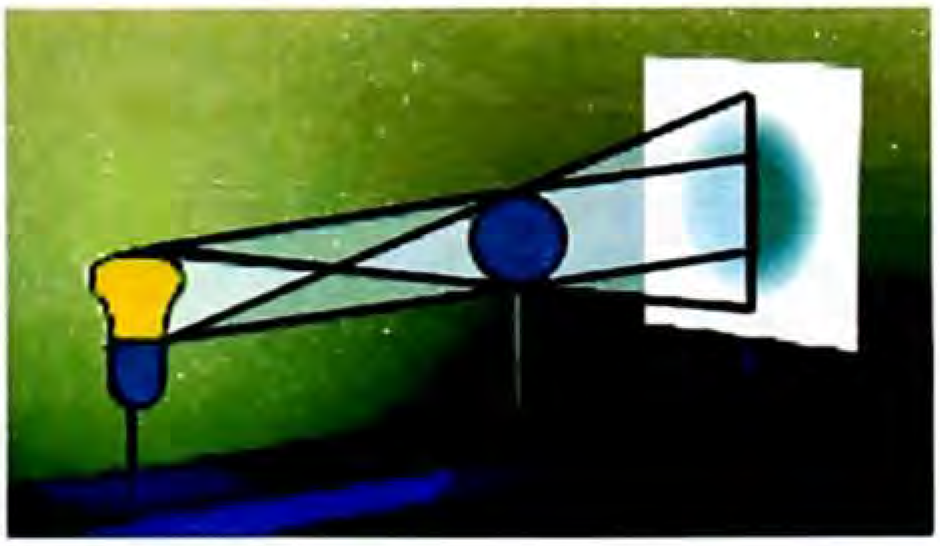
Көлөкө – жарык нуру түшпөгөн мейкиндиктин бөлүгү.

Эгерде жарык булагы чекиттик эмес болуп, анын өлчөмүн эске алууга туура келсе, анда предметтин толук көлөкөсү менен бир катарда, жарым көлөкө да пайда болот (49-сүрөт). Толук көлөкө – жарык энергиясы келип түшпөгөн мейкиндиктин бөлүгү.

Жарым көлөкө – жарык энергиясы жарым-жартылай тийген мейкиндиктин бөлүгү.



48-сүрөт.



49-сүрөт.

Мисалы, Айдын, Күндүн тутулушун карап көрөлү.

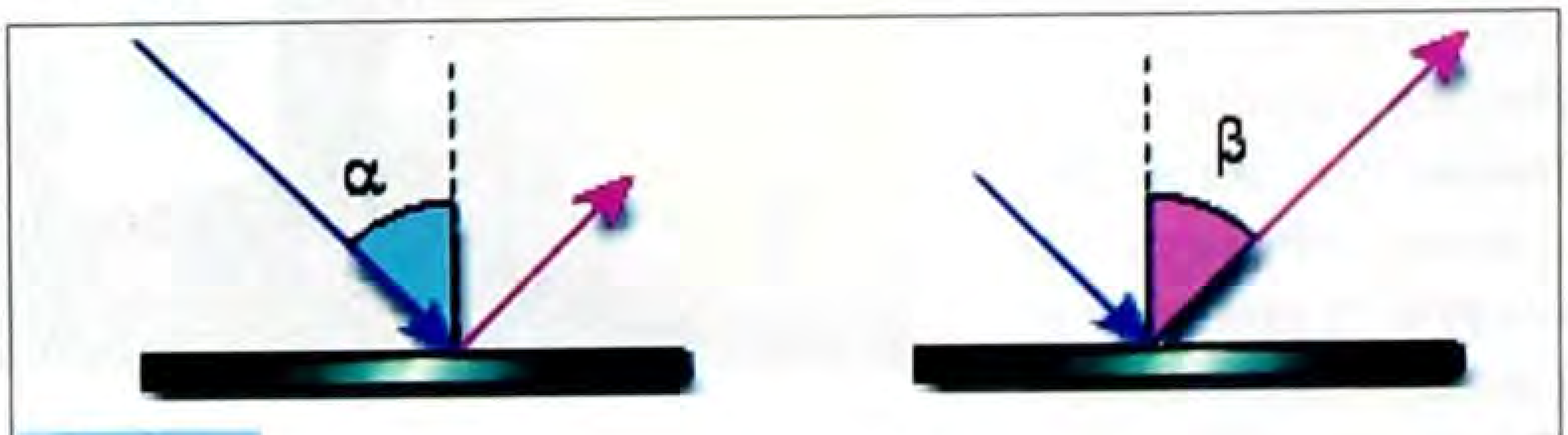
Күн тутулганда, Күн менен Жердин ортосунда Ай 5–7 минутага чейин туруп калат. Натыйжада, Жердин айрым аймактарында Күн толук тутулуп, калган бөлүктөрүндө жарым-жартылай тутулат.

Демек, жарык нурунун жолундагы кезиккен предметтин көлөкөсү – бир тектүү чөйрөдө жарыктын түз сызыктуу таралуулары менен түшүндүрүлөт.

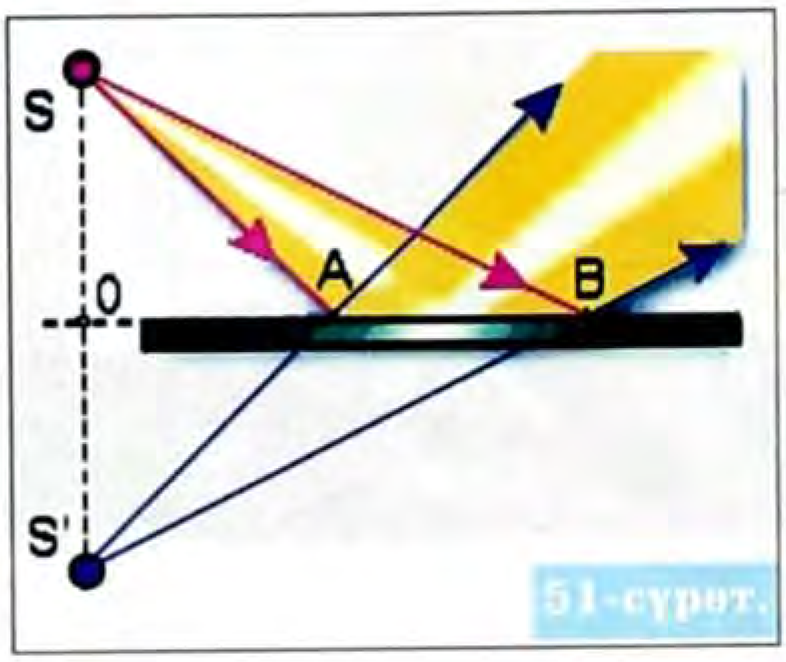
§ 32. Жарыктын чагылуусу

Жарык нуру бир тектүү чөйрөдө түз сызыктуу таралуу менен, эки чөйрөнү бөлүп турууучу чек арадан, кайра биринчи чөйрөгө багытын өзгөртүүсү – **жарыктын чагылуусу** деп аталат.

Жарыктын чагылуу законун аныктоо үчүн, жарык нуру түшкөн чекитке перпендикуляр тургузулат. Анын натыйжасында, түшүү бурчу (α) жана чагылуу бурчтары (β) пайда болот (50-сүрөт).



50-сүрөт.



51-сүрөт.

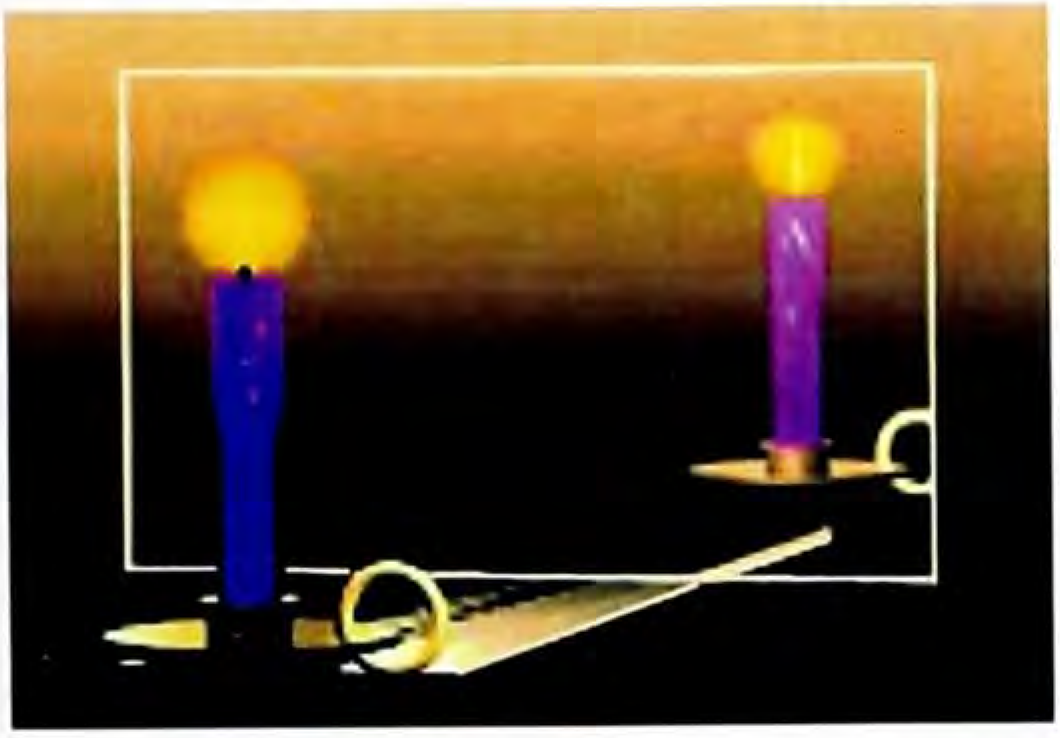
Түшүүчү нур, чагылуучу нур, нур түшкөн чекитке түшүрүлгөн перпендикуляр бир тегиздикте жатат.

Түшүү бурчу чагылуу бурчуна барабар $\alpha = \beta$.

§ 33. Жалпак күзгүдөгү жана сфералык күзгүдөгү чагылуу

Эгерде жалпак күзгүгө S жарык булагынан эки жарык нуру түшсө, анда чагылуу законуна ылайык чагылуучу нурлардын багытын аныктоого болот. Чагылуучу нурларды улантуу менен, алар кесилишкен S^1 чекити алынат. S^1 – жарык булагынын күзгүдө пайда болгон сүрөттөлүшү болуп саналат (51-сүрөт).

Жалпак күзгүдө жарыктын булагы андан кандай алыстыкта болсо, анын сүрөттөлүшү да мына ошондой алыстыкта болот. Мындан, жарыктын булагын жалпак күзгү аркылуу караган адам, жарык булагын өзүнүн чыныгы ордунда эмес, күзгүнүн арт жагынан жарык булагынын сүрөттөлүшүн ошондой эле аралыктан көрөт (52-сүрөт).



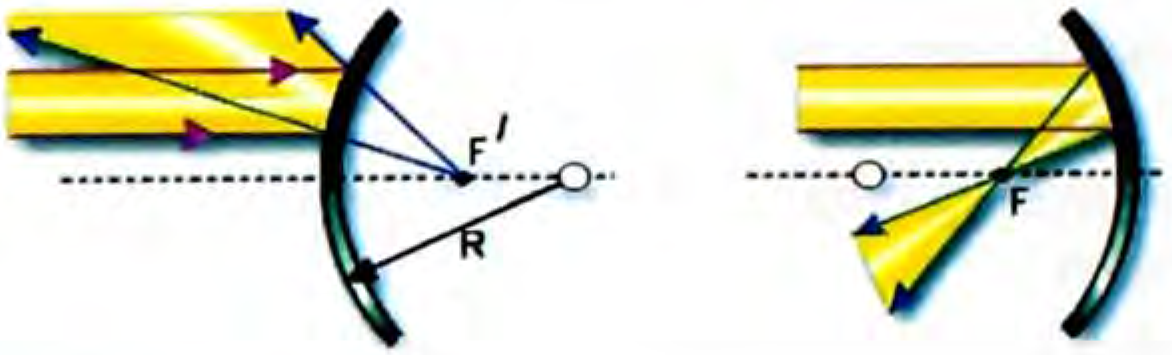
52-сүрөт.

Сфералык сегмент формасына ээ болгон, аябай жылмакайланган телонун бети – **сфералык күзгү** деп аталат.

Сфералык беттин борбору – сфералык күзгүнүн **оптикалык борбору** деп аталат.

Сфералык сегменттин чокусу – **сфералык күзгүнүн чокусу** деп аталат.

Күзгүнүн оптикалык борбору жана анын чокусу аркылуу өткөн сызык **башкы оптикалык ок** деп аталат (53-сүрөт).



53-сүрөт.

Башкы оптикалык окко параллель нурлардан күзгүдөн чагылган нурлар кесилишкен чекит **сфералык күзгүнүн фокусу** деп аталат.

Сфералык күзгүнүн түрү болуп саналган иймек күзгү практикада ар түрдүү максаттарда колдонулат.

Мисалы, автомобилдин чырагында, анын лампасы иймек күзгүнүн фокусунда жайланышат. Ошондой эле, телевизиондук антенналардын жана радиотелескоптордун формасы иймек күзгүнүн формасында жасалып, кабыл алуучу бөлүгү иймек күзгүнүн фокусунда жайгаштырылат (53-сүрөт).

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Жарык нуру деп эмнени айтабыз?
2. Предметтин көлөкөсү кандай пайда болот?
3. Жарым көлөкө кандай пайда болот?
4. Күндүн жана Айдын толук жана жарым тутулуусу жөнүндө айтып бергиле.
5. Жарыктын чагылуусу деп эмнени айтабыз?
6. Жарыктын чагылуу законун айтып бергиле.

Сапаттык суроолор:

1. Адам өзүнүн көлөкөсүнөн тезирээк жүгүрө алабы?
2. Эмне үчүн күндүзү көчөдөн караганда, үйдөгү предметтер көрүнбөйт?

3. Көздүн курчтугун текшерүүдө врач 5 *м* аралыкта коюлган таблицадагы тамгаларды окууну сунуш кылат. Эгерде врачтын кабинетинин өлчөмү бул аралыктан кичине болсо, эмне кылуу керек?

§ 34. Жарыктын сынуусу

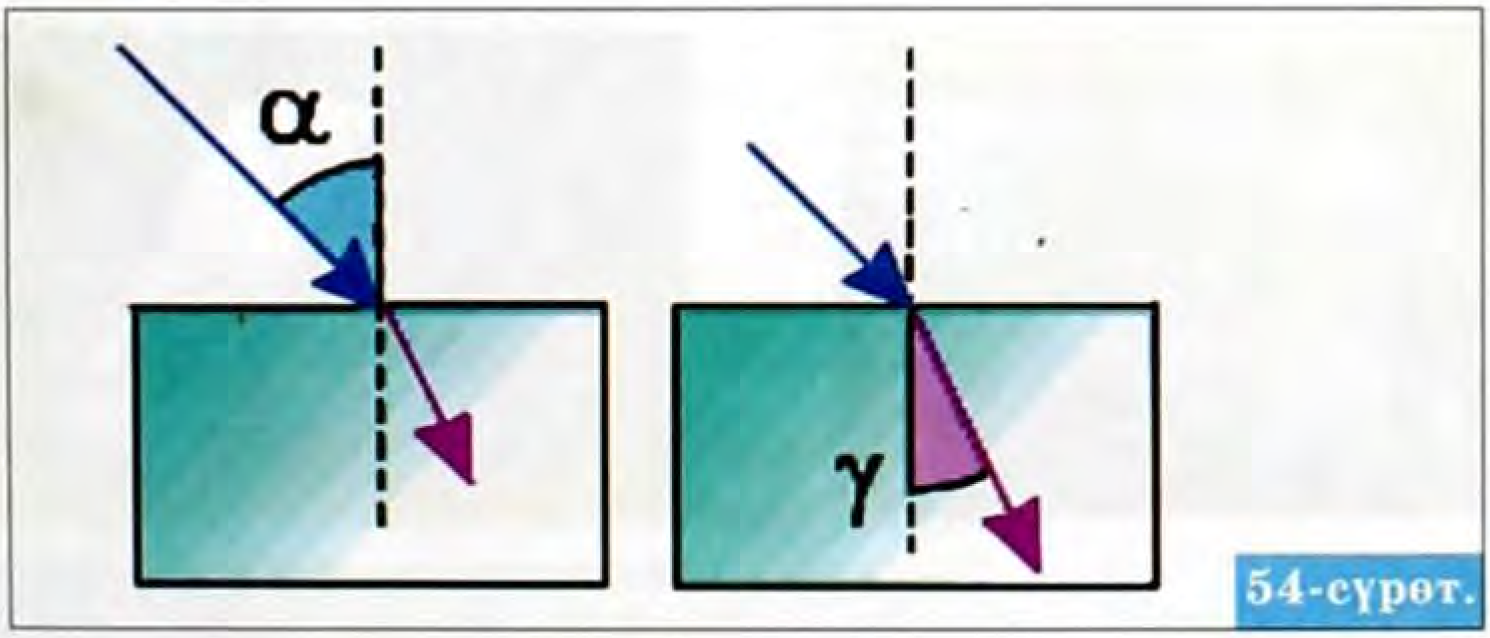
Эгерде экинчи чөйрө тунук болсо, анда жарык нурунун бир бөлүгү экинчи чөйрөгө өтүп, анда өзүнүн багытын өзгөртөт. Бул **жарыктын сынуусу** деп аталат.

Эки чөйрөнү бөлүп турууч чек арага перпендикуляр түшүрүлсө, анда түшүү бурчун, сынуу бурчун аныктоого болот.

Түшүү бурчунун, сынуу бурчунун синусуна болгон катышы эки чөйрө үчүн турактуу чоңдук болуп саналат:

$$\frac{\sin\ \alpha}{\sin\ \beta} = n\ .$$

Бул чоңдук – чөйрөнүн сынуу көрсөткүчү деп аталат. Чөйрөнүн сынуу көрсөткүчүнүн мааниси, берилген чөйрөнүн сынуу көрсөткүчүнүн вакуумдагы сынуу көрсөткүчүнө болгон катышы менен аныкталат. Эмне үчүн жарык нуру экинчи чөйрөдө багытын өзгөртөт? Анын себеби, жарыктын ылдамдыгында. Жарык вакуумда эң чоң ылдамдыкка ээ болот. Ал эми, тунук чөйрөлөрдө (суу, айнек, муз ж. б.) жарыктын ылдамдыгы кичирейгендиктен, экинчи чөйрөдө жарык өзүнүн багытын өзгөртөт (54-сүрөт).

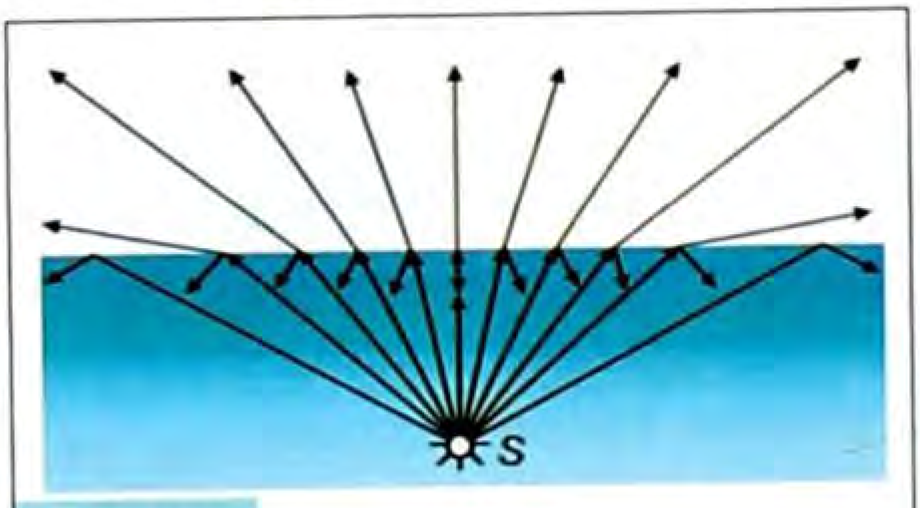


54-сүрөт.

§ 35. Толук чагылуу

Сынуу көрсөткүчү чоң болгон чөйрө – оптикалык тыгыздыгы чоң чөйрө деп аталат. Ал эми сынуу көрсөткүчү кичине чөйрө – оптикалык тыгыздыгы кичине чөйрө деп аталат (55-сүрөт).

Толук чагылуу, жарык оптикалык тыгыздыгы чоң чөйрөдөн, оптикалык кичине чөйрөгө өткөндө байкалат.



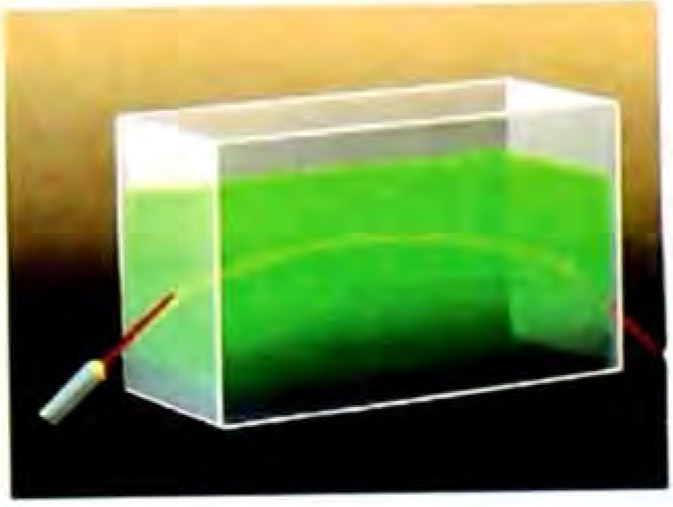
55-сүрөт.

Жарык оптикалык тыгыздыгы чоң чөйрөдөн, оптикалык тыгыздыгы кичине чөйрөгө өтүүдө, эки чөйрөнү бөлүп туруучу чек арада өзүнүн багытын биринчи чөйрөгө өзгөртүшү – **толук чагылуу** деп аталат.

Эгерде суусу бар тунук идиштин, мисалы, стакандагы суунун бетинен, ылдый жактан байкоо жүргүзүлсө, толук чагылуунун натыйжасында, суунун бети күзгүдөй болуп көрүнөт. Ошондой эле, чиймедегидей ичке жарык нуру берилсе, толук чагылуунун натыйжасында, жарык нурунун багытын өзгөргөндүгүн байкоого болот (56-сүрөт).

Бул учурда сынуу законун төмөндөгүдөй жазууга болот:

$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{1}{n}$ толук чагылууда $\beta = 90^0$, $\sin 90^0 = 1$.


56-сүрөт.

57-сүрөт.

Демек, $\sin\alpha_0 = \frac{1}{n}$.

Мында α_0 – **толук чагылуунун пределдик бурчу** деп аталат.

Үч бурчтуу призмада толук чагылуунун негизинде жарык нурунун багыты өзгөрүлөт (57-сүрөт).

Ошондуктан, дүрбүлөрдө үч бурчтуу призмалар колдонулат. Оптикада, жарык нуру тунук майда жиптер аркылуу ар кандай оптикалык маалыматтарды алыс аралыкка берүү мүмкүнчүлүктөрү изилденүүдө.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Жарыктын сынуусу деп эмнени айтабыз?
2. Жарыктын сынуу закону кандай аталат?
3. Эмне себептен жарык өзүнүн багытын экинчи чөйрөдө өзгөртөт?
4. Толук чагылуу деп эмнени айтабыз?
5. Толук чагылуунун бар экендигин тажрыйбада кандай далилдөөгө болот?
6. Толук чагылуунун пределдик бурчу кандай аныкталат?
7. Үч бурчтуу призмада нурдун жүрүшүн көрсөтүп бергиле.

Сапаттык суроолор:

1. Суунун бети толкундап турса, эмне үчүн суунун түбүндөгү предметтер термелип көрүнөт?
2. Жайында асфальт жол эмне үчүн алыстан жылтырап сууга окшоп көрүнөт?
3. Жердин бетине жакындаган сайын абанын оптикалык тыгыздыгы чоңоёт. Эмне үчүн?
4. Космостон келген жарык нуру атмосферада кандай таралат?

8-көнүгүү

1. Эгерде чагылуу бурчу 30° болсо, түшүү жана сынуу бурчтары кандай?
2. Суюктуктагы жарыктын ылдамдыгы 240000 *км/с*, ал эми жарык нуру 25° бурч менен суюктуктун бетине келип түшсө, сынуу бурчун аныктагыла.

3. Жарык нуру эки чөйрөнү бөлүп туруучу чөйрөгө 35° түшүп, 25° бурчта сынат. 50° бурч менен келип түшкөн ошол чөйрөдө, сынуу бурчу кандай мааниге ээ болот?
4. Спирт үчүн толук чагылуунун пределдик бурчу 47° болсо, спирттин сынуу көрсөткүчүн аныктагыла.
5. Суу, алмаз үчүн толук чагылуунун пределдик бурчун аныктагыла.
6. 52° бурч менен жарык нуру суудан абага өтсө, абадагы сынуу бурчун аныктагыла.

§ 36. Линза. Чогултуучу жана чачыратуучу линза

Эки сфералык бет менен чектелген тунук тело – **линза** деп аталат. Линзанын негизинен эки түрү болот: чачыратуучу жана чогултуучу линза.

Эгерде, линзанын ортосу, анын четтерине караганда жука болсо, **чачыратуучу линза** деп аталат. Эгерде, линзанын ортосу, анын четине караганда калың болсо, **чогултуучу линза** деп аталат.

Предметтердин сүрөттөлүшүн түзүү үчүн, линзалар башкы оптикалык ок, фокус түшүнүктөрү пайдаланылат.

Мисалы, линза эки сфералык бет менен чектелгендиктен, эки сферанын борбору болот.

Линзалардын сфералык беттери аркылуу өткөн түз сызык – линзанын башкы оптикалык огу деп аталат.

Эгерде, чогултуучу линзанын башкы оптикалык огуна параллель нурлар келип түшсө, линзадан сынган нурлар кесилишкен чекит **линзанын фокусу** деп аталат. Мында, сынган нурлар кесилишкендиктен фокус – **чыныгы фокус** деп аталат (58-сүрөт).

58-сүрөт.

Эгерде, чачыратуучу линзанын башкы оптикалык борборуна параллель нурлар келип түшсө, линзадан сынган нурлар кесилишпейт, алардын уландысы кесилишет. Ошондуктан, чачыратуучу линзанын фокусу чыныгы болбой, мнимый (жалган) болот.

Линзанын фокусунан, анын оптикалык борборуна чейинки аралык – **фокустук аралык** деп аталат. Линзанын оптикалык касиетин мүнөздөөчү чоңдук болуп, **линзанын оптикалык күчү** эсептелинет. Линзанын оптикалык күчү (*D*) – линзанын фокустук аралыгына тескери пропорциялаш чоңдук болот.

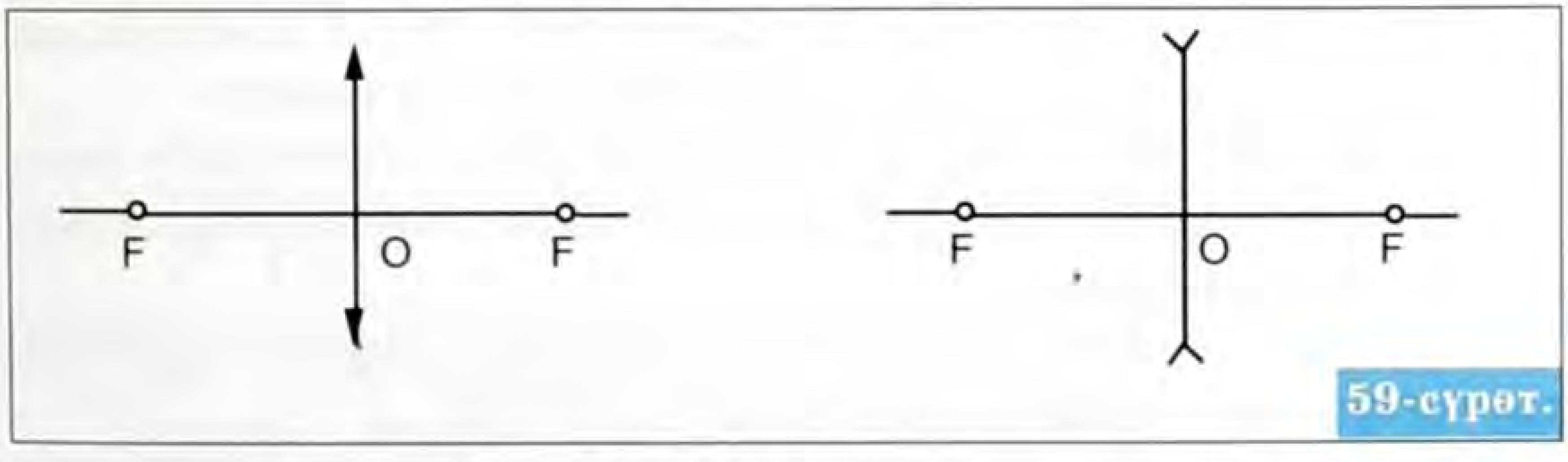
$$D = \frac{1}{F}.$$

Мында – *F*тин мааниси *м* менен туюнтулат.

Линзанын оптикалык күчүнүн бирдиги үчүн 1 диоптрия (дптр) кабыл алынган.

§ 37. Чогултуучу линзада сүрөттөлүштү түзүү

Башкы оптикалык ок, линзанын фокусунун жардамы менен чогултуучу линзада предметтердин сүрөттөлүшүн түзүүгө болот. Предметтердин сүрөттөлүштөрүн линзаларда түзүүдө, линзалардын ичиндеги жарык нурларынын таралышы эске алынбагандыктан, линзаларды жука линза деп кароого болот. Шарттуу түрдө, чогултуучу линза жана чачыратуучу линза төмөнкүдөй белгиленет (59-сүрөт).



59-сүрөт.

Эгерде предмет чогултуучу линзанын фокусунан тышкары жайланышса, предметтин сүрөттөлүшүн алуу үчүн, пред-

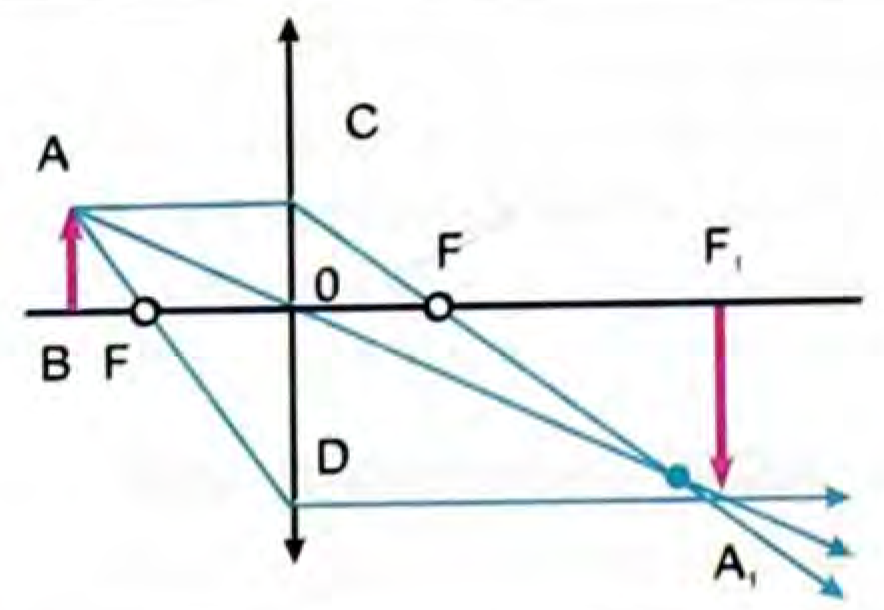
меттин *А* чекитинин сүрөттөлүшүн табуу жетиштүү болот (60-сүрөт).

Предметтин *А* чекитинин сүрөттөлүшүн төмөнкүдөй нурлар аркылуу табууга болот:

1) түшүүчү нур башкы оптикалык окко параллель болсо, сынуучу нур чогултуучу линзанын фокусу аркылуу өтөт;

2) түшүүчү нур линзанын фокусу аркылуу өтсө, сынган нур башкы оптикалык окко параллель болот;

3) түшүүчү нур линзанын оптикалык борбору аркылуу өтөт, сынуучу нур багытын өзгөртпөйт.



60-сүрөт.

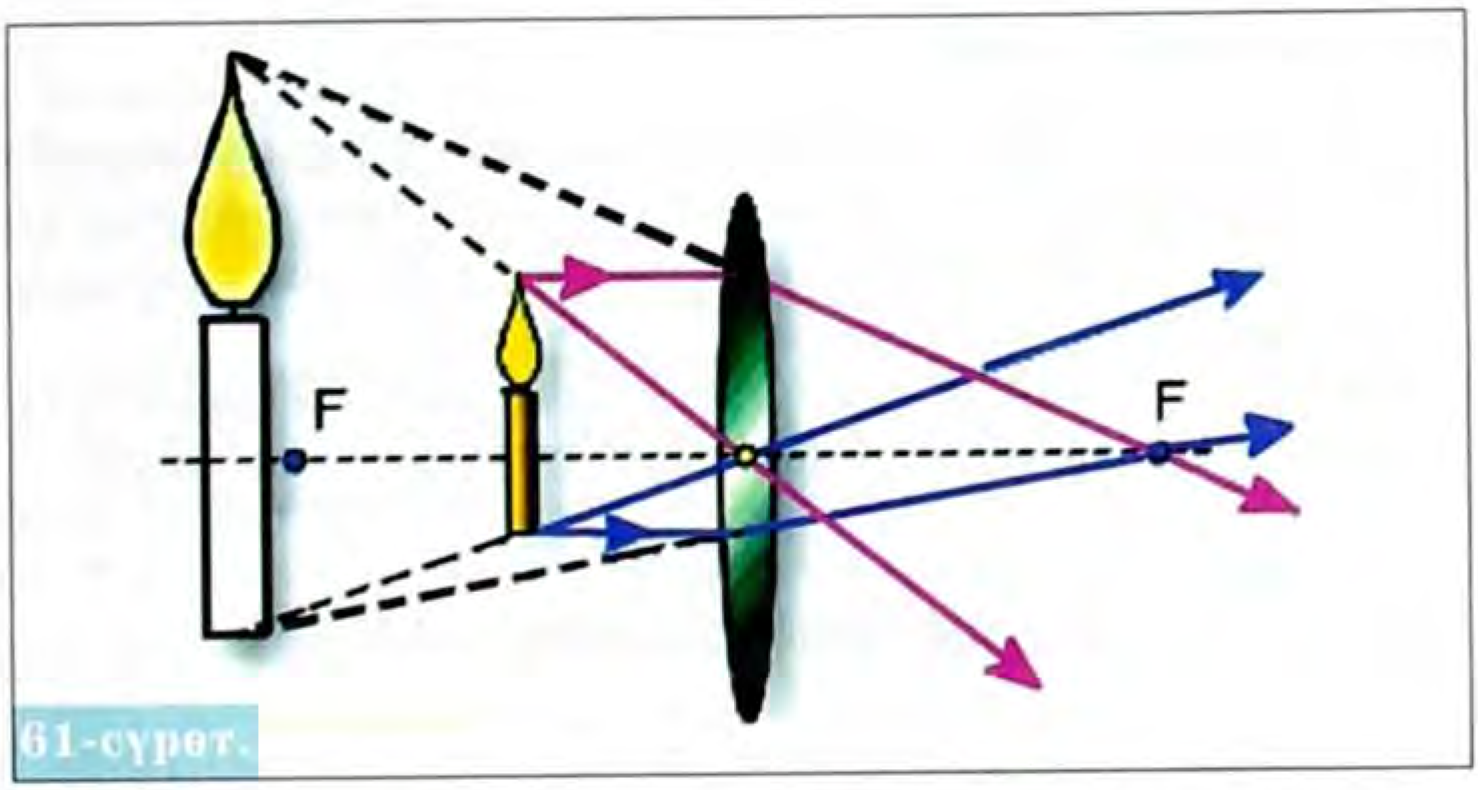
Сынуучу үч нурлар кесилишкен чекит, *А* чекитинин сүрөттөлүшү *А* болот.

Демек, эгерде предмет фокустун сыртында жайланышса, предметтин сүрөттөлүшү чыныгы, тескери болот. Эгерде, предмет фокуста жайланышса, сүрөттөлүшү кандай болот? Предмет, чогултуучу линзанын фокусунда жайланышса, анда 1-нур менен 3-нурларды жүргүзүүгө болот.

Чиймеден (60-сүрөт), 1- жана 3-нурлар чогултуучу линзага келип түшсө, сынуучу нурлар бири бирине параллель экендиги аныкталды.

Демек, предмет чогултуучу линзанын фокусунда жайланышса, предметтин сүрөттөлүшү болбойт.

Эгерде, предмет чогултуучу линзанын фокусу менен линзанын ортосунда жайланышса, анын сүрөттөлүшүнүн абалын, жогорудагы 2-нур аркылуу аныктоого болот (61-сүрөт).



61-сүрөт.

Предметтин сүрөттөлүшүн алууда, сынган нурлардын башталыштарын сызууга туура келет. Анткени, сынган нурлар кесилишпегени менен, алардын уландылары кесилишет.

Демек, предмет чогултуучу линзанын фокусу менен линзанын ортосунда жайланышса, анын сүрөттөлүшү чыныгы эмес, жалган сүрөттөлүш болуп, түз, чоңойтулган болот.

Линзанын формуласы

Линзанын формуласы – предметтен линзага чейинки аралыгы – d, фокустук аралык – F, линзадан сүрөттөлүшкө чейинки аралык – f, чоңдуктары аркылуу $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ аныкталат.

Ошондуктан, бул чоңдуктардын ортосундагы байланышты аныктоочу формула – **линзанын формуласы** деп аталат.

? **Бышыктоо үчүн суроолор:**

1. Линза деп эмнени айтабыз?
2. Чогултуучу жана чачыратуучу линзага аныктама бергиле.
3. Линзанын фокусу жана фокустук аралыгы жөнүндө айтып бергиле.
4. Чогултуучу линзада сүрөттөлүштү түзүү үчүн кандай нурларды жүргүзүү керек?
5. Предмет фокуста жана фокус менен линзанын ортосунда болсо, сүрөттөлүштөрүн кандай алууга болот?
6. Линзанын формуласын жазып, анын физикалык маңызын чечмелеп бергиле.

Сапаттык маселелер:

1. Чачыратуучу линза кандай шартта чогултуучу линзага айланат?
2. Электр лампасы менен жарыктанган бөлмөдө эки чогултуучу линзанын кайсы биринин оптикалык күчү чоң экендигин кандай аныктоого болот?
3. Жазында Күн ачык мезгилде, жалбырактагы суюктуктун тамчысы жалбыракка кандай зыян келтириши мүмкүн?

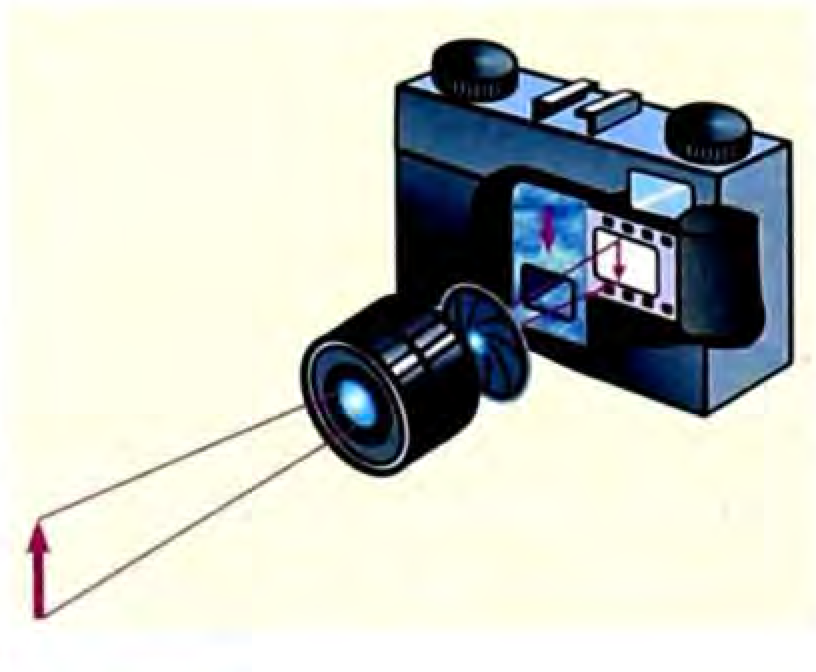
§ 38. Фотоаппарат. Көз оптикалык система катарында

Фотоаппараттын негизги бөлүгү – анын объективи болуп саналат (62-сүрөт).

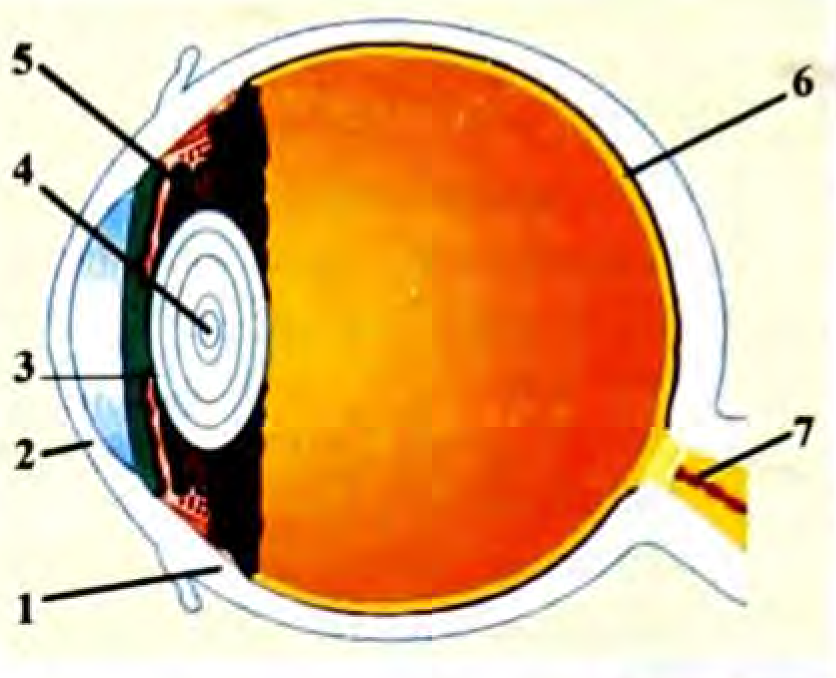
Объективде линзалардын системасы, чогултуучу линзанын ролун аткарат.

Ал эми, чогултуучу линзада предметтин чыныгы, тескери сүрөттөлүшү фототасмада алынат. Бирок, ар түрдүү аралыктагы предметтерди сүрөткө тартууда объективди белгилүү бир аралыкта, башкача айтканда чогултуучу линзанын абалын же предмет тарабына, же фототасма тарапка өзгөртүү менен, жарык сезгич тасмада предметтин чыныгы тескери сүрөттөлүшү пайда болушуна жетишет.

Көз – фокустук аралыгы өзгөрүлмөлүү оптикалык система болуп саналат (63-сүрөт). Себеби, көздө көрүүнүн негизин хрусталик түзөт. Хрусталик (4) – чогултуучу линза



62-сүрөт.



63-сүрөт.

болуп саналат, бирок негизги өзгөчөлүгү – бул хрусталик менен анын сүрөттөлүшү алынуучу көздүн ички катмары – торчого чейинки аралыктын туруктуу болгондугунда, башкача айтканда, чогултуучу линзанын ролун аткарган хрусталик менен торчонун ортосундагы аралык өзгөрбөйт.

Ар түрдүү аралыктагы предметтерди көрүү үчүн, хрусталиктин фокустук аралыгын өзгөртүүгө туура келет. Ошондуктан, бир аралыктагы предметти көрүп турган көз, башка аралыктагы предметти караганда хрусталиктин эки четиндеги көздүн булчуңдары (5) хрусталиктин калыңдыгын өзгөртөт. Анын натыйжасында, хрусталиктин фокустук аралыгы өзгөрүп, адам предметти көрөт. Предметтердин аралыктарынын өзгөрүшүнө карата, көздүн ыңгайланышы, **көздүн аккомодациясы** деп аталат.

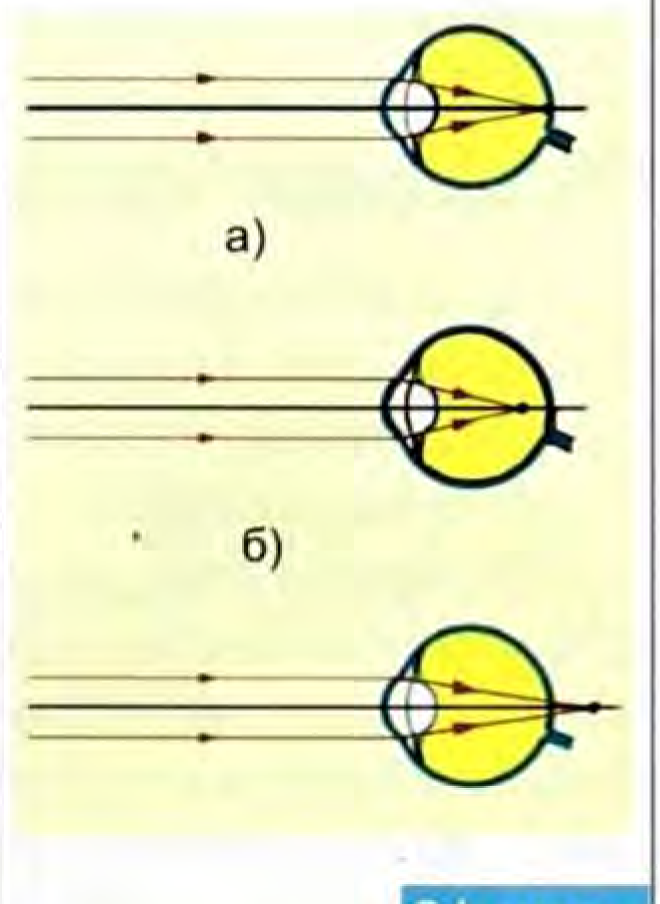
§ 39. Көздүн дефектилери

Көздүн алмачасы ар кандай себептер менен (тубаса, көп жылдык акыл эмгеги менен иштегендер ж. б.) деформацияланып, сүрөттөлүш алынуучу аралык торчонун тышында же алдында пайда болот. Натыйжада, курчап турган чөйрөдөгү предметтердин сүрөттөлүшүн так, даана көрүүгө болбойт.

Мисалы көз, предметтердин тескери сүрөттөлүшү торчодо алынганда, адам предметтердин табигый абалын көрөт (64*а*-сүрөт).

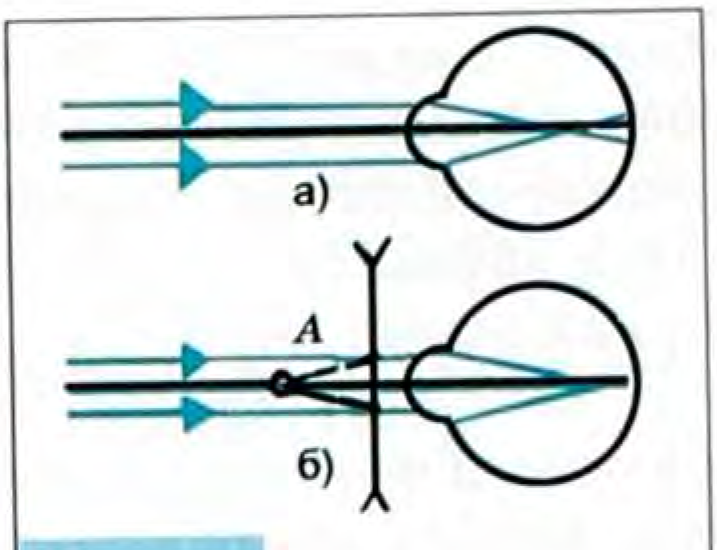
Жакындан көрбөөчүлөрдүн көзүндө предметтин сүрөттөлүшү торчонун алдында пайда болот (64*б*-сүрөт).

Көздүн мындай дефекттин жок кылуу үчүн, чачыратуучу линза колдонулат. Алыстан көрбөөчүлөрдүн көзүндө предметтин сүрөттөлүшү торчонун арт жагында пайда болот (65*а*, *б*-сүрөт).

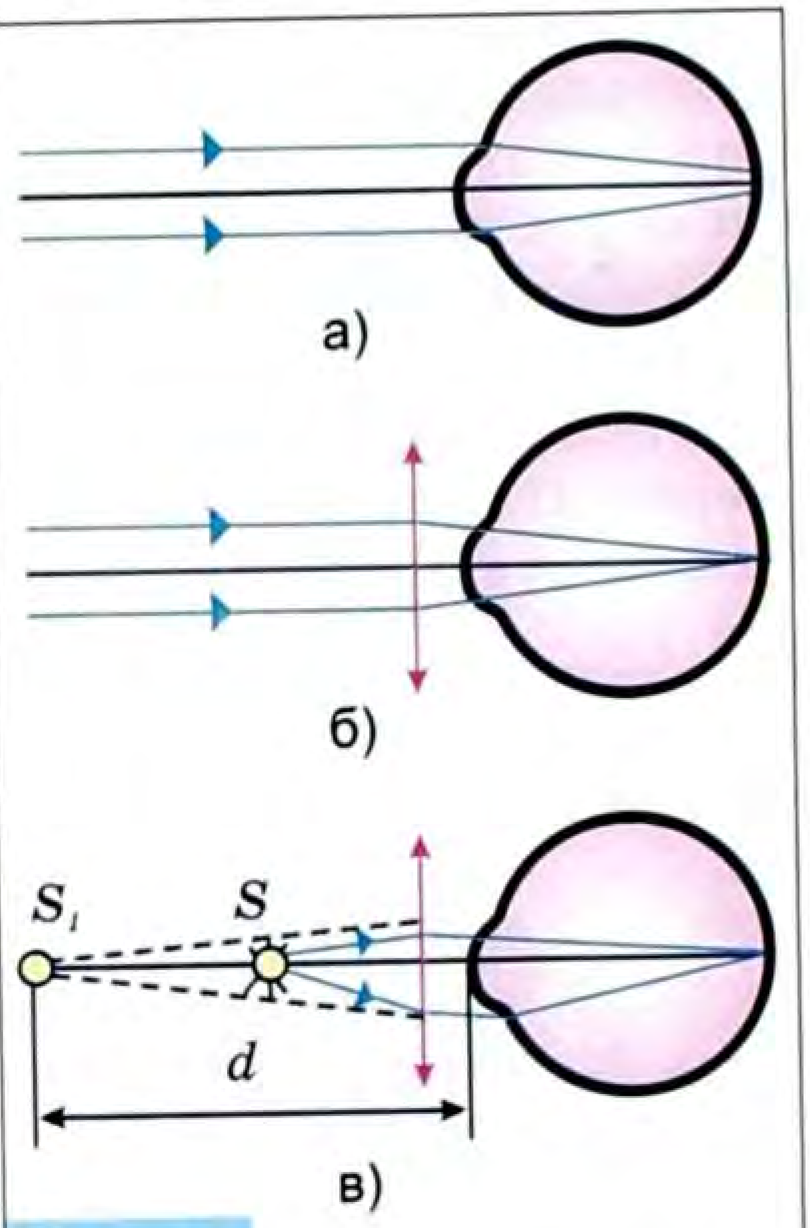


64-сүрөт.

Ошондуктан, көздүн кадимкидей көрүүсүн камсыз кылуу үчүн, чогултуучу линза колдонулат (66*б*, *в*-сүрөт).



65-сүрөт.



66-сүрөт.

Бирок, көздүн деффектиси бар калктын кээ бирөөлөрү көчөдөн өздөрүнө ылайыктууларын тандап алганы, убактысынча керекке жараганы менен, мындай көз айнектер, көзгө зыян келтиришет.

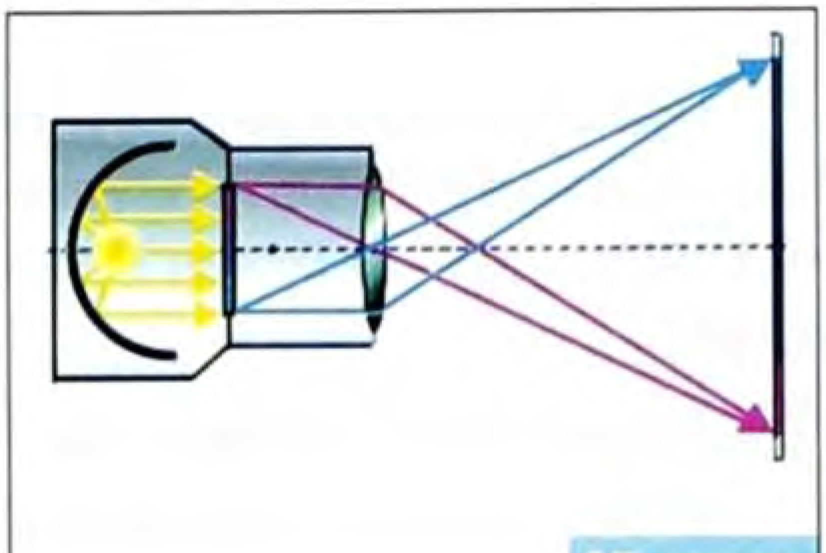
Анткени, ар бир адамдын көздөрүнүн ортосундагы аралык ар түрдүү болгондуктан, аны көз врачтары же атайын аныктоочу медициналык аппараттар менен пациентке кандай көз айнек керек экендиги аныкталат.

§ 40. Проекциялык аппарат. Лупа. Микроскоп

Предметтердин чоңойтулган сүрөттөлүшүн алуу үчүн проекциялык аппараттар пайдаланылат. Диапроектор кыймылсыз предметтердин чоңойтулган сүрөттөлүштөрүн алуу үчүн пайдаланылат.

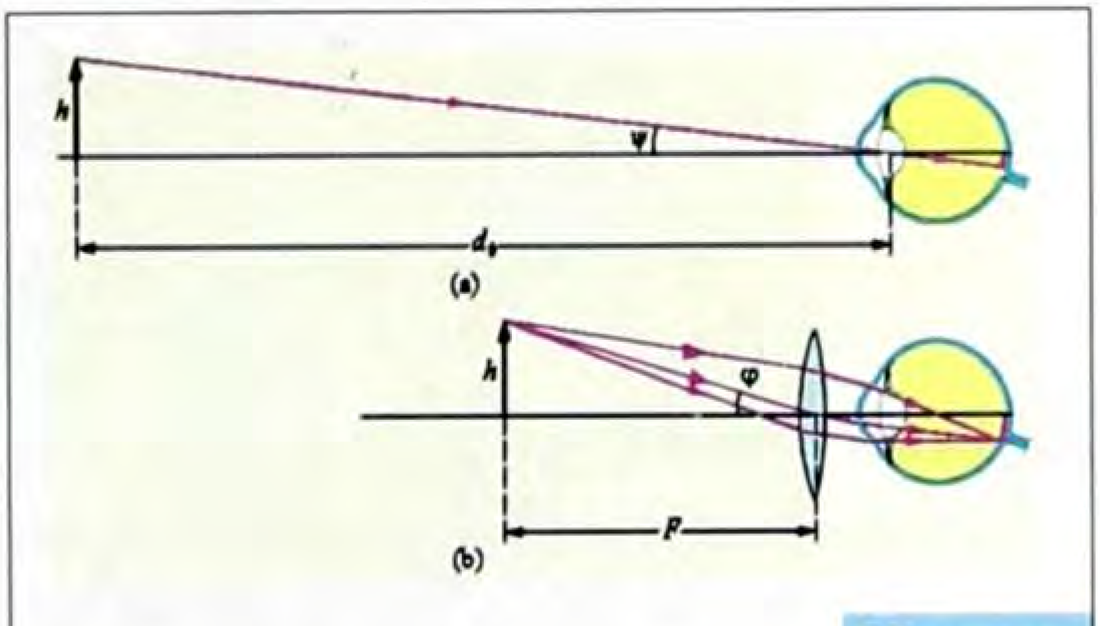
Проекциялык аппаратта предметтин фотосүрөтү же тунук плёнкадагы сүрөттөрү объективден $F, d, 2F$ аралыгына жайгаштырылат. Жарык булагынан пайда болгон жарык агымы иймек күзгү аркылуу параллель нурларды пайда кылып, плёнка аркылуу өтүп, анын чоңойтулган сүрөттөлүшү экранга берилет (67-сүрөт).

Көзгө даана көрүнбөгөн предметтерди байкоо үчүн чогултуучу линзанын бир түрү болгон лупа колдонулат. Фокустук аралыгы 9 *см*ден аз болгон чогултуучу линза – **лупа** деп аталат (68-сүрөт).



67-сүрөт.

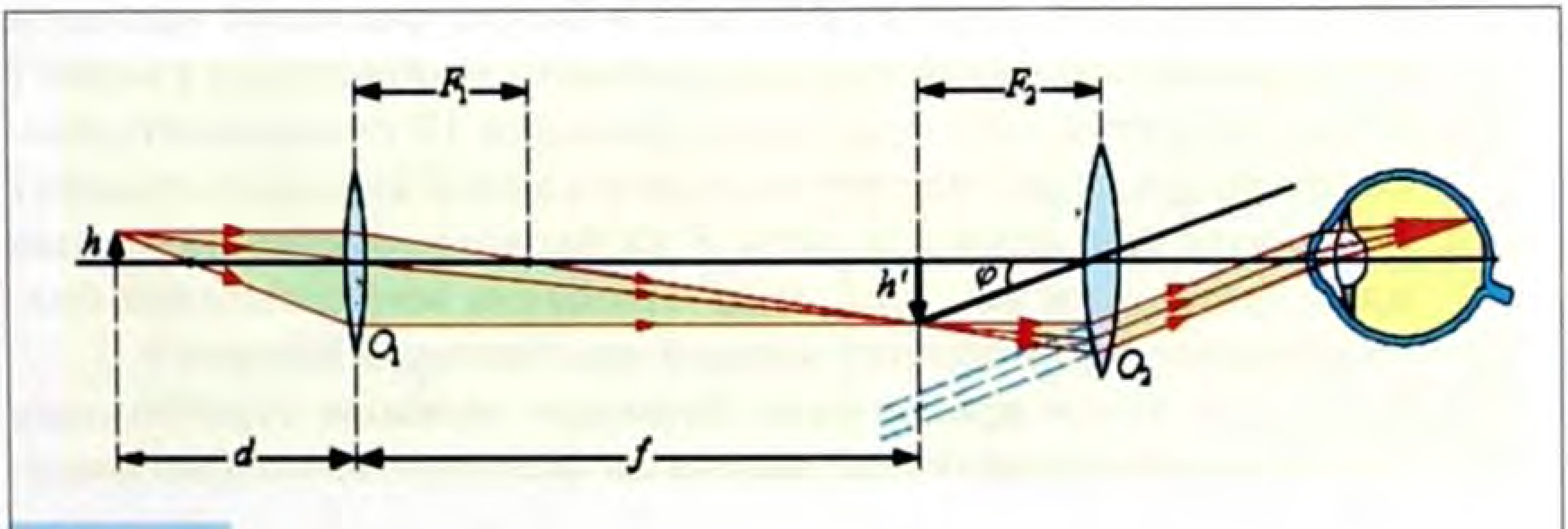
Предметтин көздүн торчосунда алынган сүрөттөлүшү, анын жалган сүрөттөлүшү болуп, мына ошол предметтин чоңойтулган өлчөмүн көрүүгө болот. Лупанын бурчтук чоңойтулушу төмөнкүдөй аныкталат:



68-сүрөт.

$$\gamma = \frac{D}{F}.$$

Майда предметтердин сүрөттөлүшүн байкоодо, микроскоп колдонулат. Микроскопто майда предметтердин чоңойтулган сүрөттөлүштөрүн алуу үчүн, объективден жана окулярдан турган оптикалык система колдонулат. Эң жөнөкөй микроскоп эки линзадан турат. Предмет линзадан турган объективдин алдына коюлат (69-сүрөт).



69-сүрөт.

Предметтин сүрөттөлүшүнө лупанын ролун аткарган окуляр аркылуу байкоо жүргүзүлөт. Микроскоптун сызыктуу чоңойтулушу (*Г*) $Г_1$ ден $Г_2$ге болгон көбөйтүндүсү менен аныкталат.

Бышыктоо үчүн суроолор:

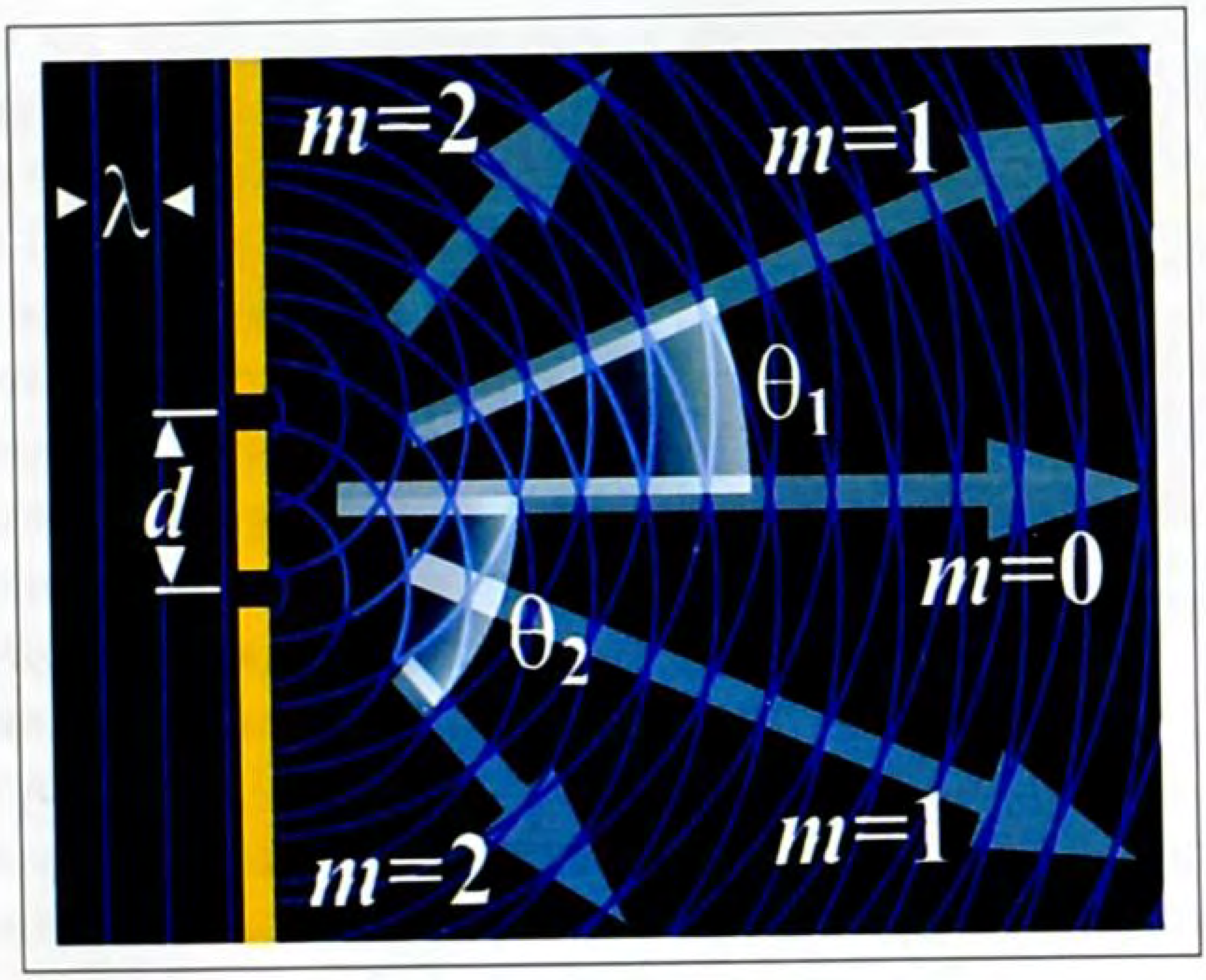
1. Фотоаппараттын негизги түзүлүшүн жана иштөө принцибин айтып бергиле.
2. Көздө оптикалык система катары сүрөттөлүшү кандай пайда болот?
3. Көздүн аккомодациясынын маңызын түшүндүрүп бергиле.
4. Көздүн дефектиси жана көз айнек жөнүндө эмнелерди билесиңер?
5. Лупа жана микроскопту кандай майда предметтерге байкоо жүргүзүүгө болот?

Сапаттык маселелер:

1. Эмне үчүн бир көздү жумуп алып, ийнеден жипти өткөрүү кыйын болот?
2. Эмне үчүн туманда көчөдөгү илинген электр лампалары өздөрүнүн илинген бийиктигине караганда, бир кыйла бийик болуп көрүнөт?
3. Көздүн оптикалык күчү эмне үчүн предметтерди жакындан жана алыстан караганда да чоң болот?

9-көнүгүү

1. Тажрыйбада $d = 11$ *см*, $f = 21$ *см* алынган болсо, линзанын фокустук аралыгын аныктагыла.
2. Шам менен дубалдын аралыгы 1 *м* болсо, фокустук аралыгы 9 *см* линзаны шамдан кандай аралыкта жайгаштыруу керек?
3. Буюм фокустук аралыгы 10 *см* линзадан 12 *см* аралыкта болсо, буюмдун сүрөттөлүшү линзадан кандай аралыкта болгон?
4. Линзанын фокустук аралыгы F ке барабар. Эгерде линзанын алдындагы шам $2F$, $1{,}5F$, $0{,}5F$ аралыкта жайланышкан болсо, шамдын сүрөттөлүшү кандай аралыктарда алынат?
5. Линзадан 40 *см* аралыктагы буюмдун чыныгы сүрөттөлүшү 1,5 эсе чоңойтулган болсо, линзанын фокустук аралыгын аныктагыла.



ФИЗИКАЛЫК ОПТИКА

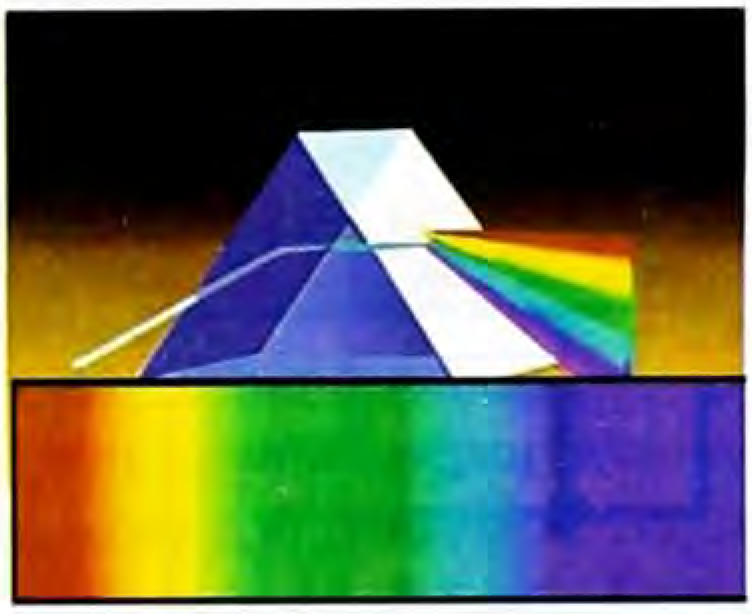
ФИЗИКАЛЫК ОПТИКА ДЕГЕН ЭМНЕ?

VII глава

ФИЗИКАЛЫК ОПТИКА

§ 41. Жарыктын дисперсиясы

1666-жылы И. Ньютон тажрыйбада, үч бурчтуу призмага жарык нуру жиберилгенде, андан жети түс пайда болгондугун байкаган (70-сүрөт). Эгерде, жарыктын жолуна кызыл түстөгү фильтр коюлса, призмадан кийин кызыл түс пайда болгон. Демек, жарык – жети түстөн турат. Ар бир түскө белгилүү бир толкун узундугу туура келет.



70-сүрөт.

Мисалы, фиолеттик түстүн толкун узундугу $\lambda_ф = 4 \cdot 10^{-7}$ *см*, кызыл түстүкү – $\lambda_к = 7 \cdot 10^{-7}$ *см*. Мында, жарык – ак жарык деп аталып, ал жети түстүн электромагниттик толкундарынын жыйындысы болуп саналат. Абада бул түстөр бирдей ылдамдыкка ээ болушкандыктан, ак жарык катары көрүнөт.

Жарыктын үч бурчтуу призмада спектрге ажырагандыгынын себеби, үч бурчтуу призманын сынуу көрсөткүчү, жарыктын толкун узундугунан көз каранды болот.

Сынуу көрсөткүчүнүн, жарыктын толкун узундугунан көз карандылыгы **жарыктын дисперсиясы** деп аталат.

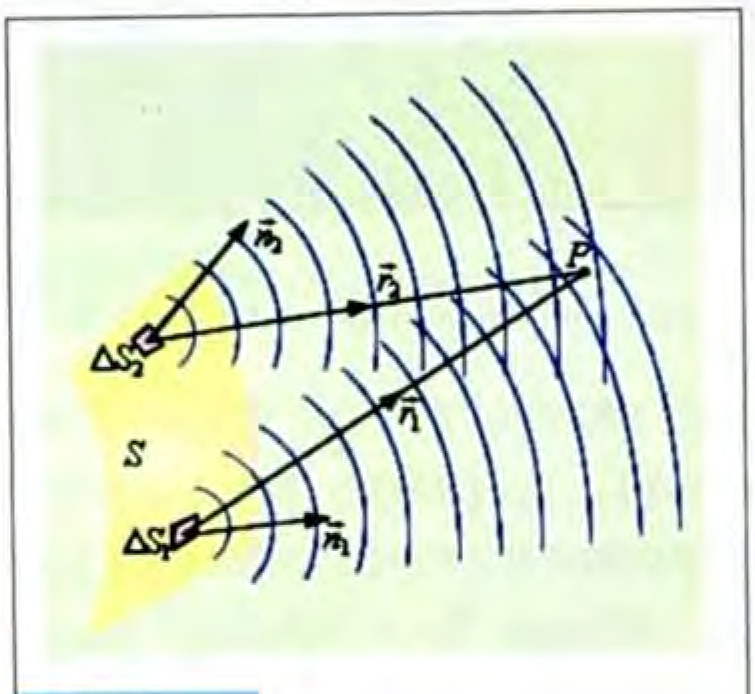
Жарыктын дисперсиясынын натыйжасында, жарык түстөргө, б. а. спектрге ажырайт. Ак жарыктын курамынан, үч бурчтуу призмада ар бир түстүн ар түрдүү бурчка ажырашынын себеби, бул түстөр призмада ар түрдүү ылдамдыкка ээ болгондугу менен түшүндүрүлөт. Жарык максималдуу таралуу ылдамдыкка вакуумда ээ болот ($3 \cdot 10^8$ *м/с*).

Чөйрөнүн сынуу көрсөткүчү, эки чөйрөдөгү жарыктын ылдамдыктарынын катышына барабар болот.

$n = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$; эгерде биринчи чөйрө аба болсо, $\upsilon_1 = c$, $n = \frac{c}{\upsilon}$.

Демек, кызыл түстүн эң кичине бурчка сынгандыгы, бул түстүн үч бурчтуу призманын ичинде эң чоң ылдамдыкка, ал эми кызгылт көк түстүн эң кичине ылдамдыкка ээ болгондугу менен түшүндүрүлөт.

§ 42. Жарыктын интерференциясы



71-сүрөт.

Жарыктын интерференциясын, когеренттүү жарык булактары гана берет. Бирок, жаратылышта когеренттүү жарык булактары болбойт (71-сүрөт).

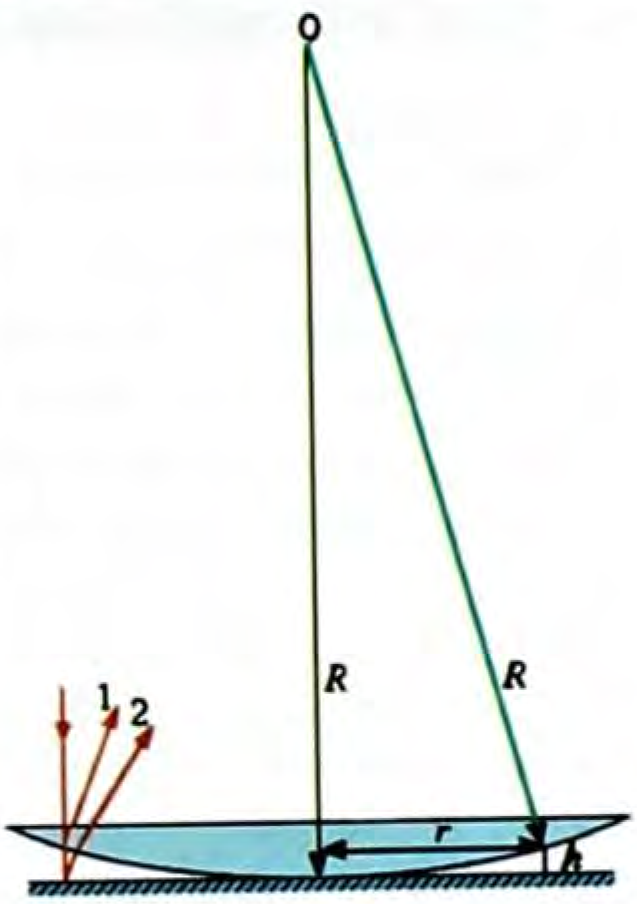
Ошондуктан, жарык булагынан таралган бир нурду эки нурга ажыратуу менен жетишүүгө болот. Анткени, пайда болгон эки нур бири биринен өткөн аралыктары менен гана айырмаланып калышат. Жарык нуру – жарык толкуну таралган багытты көрсөтөт.

Мында, жарык – жети түстүн жыйындысы болгондуктан, жарык толкундарынын жол айырмачылыгы кайсы түстүн толкун узундугуна туура келсе, мына ошол түстүн интерференциясы байкалат.

Эгерде, эки жарык нурунун мейкиндиктин бир чекитине чейинки аралыктары ар түрдүү болуп, берилген чекитте жарык нурларынын жол айырмачылыгы, жарыктын толкун узундугунун бүтүн маанисине барабар болсо, жарык нурлары бири бирин күчөтүшөт.

Ошондуктан, жарык толкундарынын бири бирин күчөтүүлөрү, берилген чекитте тигил же бул түстүн бар экендиги менен байкалат.

Эгерде, берилген четте, эки жарык нурунун жол айырмачылыгы, толкун узундугунун так маанисинин жарымына барабар болсо, анда жарык толкундары бири бирин кичирейтишкендиктен, бул чекитте көлөкө пайда болот, б. а. берилген чекитке жарык энергиясы келип түшпөйт.



72-сүрөт.

Мисалы, И. Ньютон жашаган мезгилде, телескоптун негизин түзгөн линзаларды жасашкан (72-сүрөт). Мына ошолордун бири, радиусу 1,5 *м* ден чоң болгон бир жагы жалпак, экинчи жагы – томпок линзанын үстүнөн караган адамга шакектердин тобу көрүнөт. Бул шакектер – Ньютондун шакектери деп аталып калды. Шакектердин пайда болушунун себеби, жарык нуру линзада эки нурга ажырап, алар бири биринен өткөн жолу менен гана айырмаланышат.

Ошондуктан, эки нурду, эки когеренттүү жарык булагынан келген жарык толкундары деп эсептөөгө болот. Эгерде, шакектерди, жашыл фильтр жана кызыл фильтр аркылуу сүрөткө тартылып алынса, 73-сүрөттөгү көрүнүшкө ээ болот.

73-сүрөт.

§ 43. Жарыктын интерференциясынын колдонулушу

Самын көбүгүндөгү түстөрдүн пайда болушу да жарыктын интерференциясы менен түшүндүрүлөт. Жарык нуру самындын тышкы бетинен жана ички бетинен чагылгандыктан эки нур пайда болот.

Бул эки нур бири биринен өткөн жолу менен гана айырмаланышкандыктан, самын пленкасынын калыңдыгынын өзгөрүшүнө жараша ар түрдүү түстөрдүн интерференциясы пайда болот.

Жарыктын интерференциясы: оптиканын «жаркырактыгы», интерферрометрлерде колдонулат.

Мисалы, оптикалык аппараттардын (фотоаппарат, дүрбү, киноаппараттар ж. б.) объективдери бир нече линзалардын жыйындысынан турат. Алардын ар биринен чагылган нурлардын эсебинен, объективден өткөн оптикалык сүрөттөлүштүн сапаты төмөн болуп калат.

Ошондуктан, линзалардын бети атайын тунук катмар менен капталат. Натыйжада, жарык нуру линзанын бетинен жана линзаны каптап турган материалдан чагылгандыктан, эки жарык нуру пайда болот. Бул жарык нурлары бири бирин кичирейтишкендиктен, жарыктын чагылуусу эң чоң мааниге ээ болот.

Майкельсондун интерферрометринде, жарык нуру, жарым тунук пластинасына келип жеткенде, анын бир бөлүгү пластинадан чагылып күзгүгө жетет. Андан чагылгандан кийин, пластинадан сынуу менен биринчи нурду пайда кылат. Экинчи нурду, жарыктын дагы бир бөлүгү пластинадан сынган нурлар түзөт. Бул нурлар күзгүдөн чагылгандан кийин кайра пластинага кайрылып барып, андан чагылуучу нурлар болот.

Мында да, бир жарык нуру экиге ажырагандыктан, эки нурдан жарыктын интерференциясы пайда болот.

Эгерде, буюмдун жылмакайлык даражасын аныктоо зарыл болсо, эки күзгүнүн биринин ордуна буюмду жайланыш-

тырса, алынган интерференциялык картинанын мүнөзү боюнча, 10^{-5} *см* даражага чейин буюмдун жылмакайлык деңгээлин аныктоого болот.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Жарыктын дисперсиясы деп эмнени айтабыз?
2. Жарыктын дисперсиясын түшүндүргүлө.
3. Жарыктын интерференциясы деп эмнени айтабыз?
4. Кандай шартта жарыктын интерференциясы пайда болот?
5. Эмне үчүн ак жарыктын эмес, түстөрдүн интерференциясы байкалат?
6. Ньютондун шакеги кандай пайда болот?
7. Самында кандай ар түрдүү түстөр пайда болот?
8. Оптиканын жаркырактыгын айтып бергиле.
9. Майкельсондун интерферрометри жөнүндө айтып бергиле.

Сапаттык маселелер:

1. Ийнеликтин, коңуздардын жана башка курт-кумурскалардын канаттарынын ар түрдүү түстөрү кандай пайда болот?
2. Эмне үчүн кирпиктердин арасынан жарык булагын караганда түстөр көрүнөт?
3. Жасалма жол менен «асан-үсөндү» кандай алууга болот?

10-көнүгүү

1. Суу толкун узундугу 0,7 *мкм* кызыл түс менен жарыктандырылса, суунун ичинде толкун узундугу кандай болот?
2. Суунун ичинде жарыктын толкун узундугу 0,46 *мкм*, абада толкун узундугу кандай болот?
3. Кызыл жарык үчүн суунун сынуу көрсөткүчү 1,331, ал эми кызгылт-көк жарык үчүн 1,343 болсо, бул нурлар үчүн суудагы таралуу ылдамдыгын аныктагыла.
4. Эки когеренттүү жарык толкундарынын берилген чекиттеги жол айырмачылыгы 2 *мкм* болсо, жарык: кызыл түстө (760 *нм*), сары түстө (600 *нм*), кызгылт-көк түстө (400 *нм*), бул чекитте жарыктын күчөшү байкалабы же – кичирейишеби?

§ 44. Жарыктын дифракциясы. Дифракциялык торчо

Геометриялык оптикада жарыктын бир тектүү чөйрөдө түз сызыктуу таралышы далилденип, анын негизинде ар түрдүү чөйрөдө таралуусу каралган.

Бирок, ар кандай тунук эмес предметтин көлөкөсүнүн мисалында, предметтин сызыктуу өлчөмү жөнүндө кенен кесири сөз болгон жок.

Чындыгында, предметтин сызыктуу өлчөмүн улам кичирейтип отуруп, анын белгилүү бир маанисинде, көлөкөнүн ордуна жарык пайда болуп калгандыгын байкоого болот.

Ошондой эле, тажрыйба жүзүндө, жарык келип түшкөн жылчыктын өлчөмүн улам кичирейтип, акыры аягында, жарыктын ордуна көлөкө пайда болгондугун байкоого болот.

Эки учурда тең, бир тектүү чөйрөдө жарык түз сызыктуу таралуу законунан четтегендиги көрүнүп турат.

Жарык толкундарынын бир тектүү чөйрөдө түз сызыктуу таралуусунан четтеши **жарыктын дифракциясы** деп аталат.

Жарыктын дифракциясынын байкалышынын себеби болуп, предметтердин сызыктуу өлчөмүнүн, жарыктын толкун узундугунун мааниси менен бирдей тартипте болгондугу түшүндүрүлөт.

Ошондуктан, жогорудагы каралган мисалдардын экөөндө тең, предметтердин сызыктуу өлчөмдөрүнүн кичирейиши качан гана жарыктын толкун узундугу менен бирдей тартипте болгондо, жарыктын түз сызыктуу таралуусунан четтелиши байкалган.

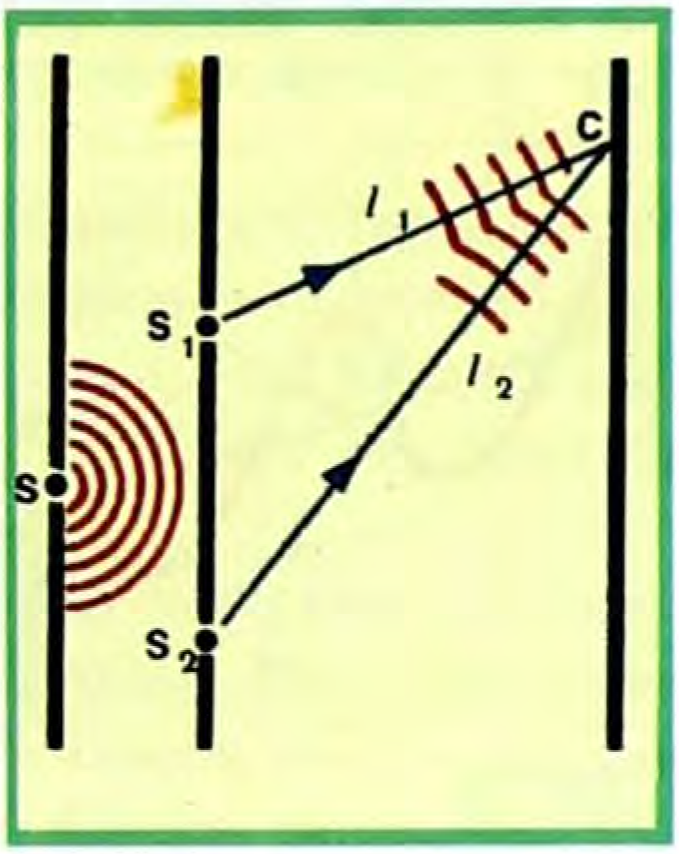
Жарыктын дифракция кубулушуна негизделген прибор – **дифракциялык торчо** деп аталат.

Дифракциялык торчо, тунук жарык өтүүчү жылчыктардан жана тунук эмес катмарлардан турат (74-сүрөт).

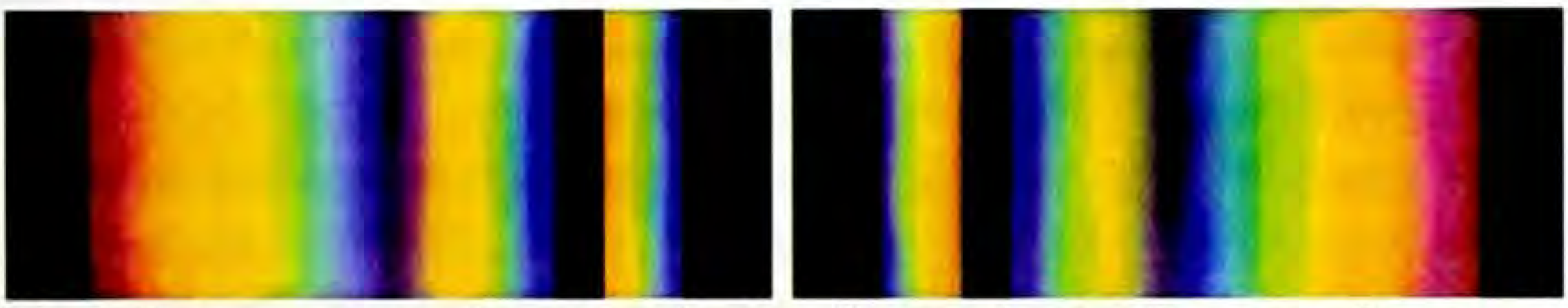
Жарык өтүүчү жана тунук эмес катмардын ортосундагы аралык – дифракциялык торчонун мезгили деп аталат (d).

Дифракциялык торчодон кийинки жарык толкундары, когеренттүү жарык толкун булактарынан таралган толкундай болуп, бири биринен өткөн жолдору менен айырмаланышат. Ошондуктан, бул жарык толкундарынын жол айырмачылыгы, жарыктын толкун узундугунун бүтүн маанисине барабар болсо ($m = 0$, $m = 1$, $m = 2$, $m = 3$), бул жарык толкундары бири бирин күчөтүшөт (75-сүрөт).

$$m \cdot \lambda = \Delta \ell \cdot \qquad (1)$$



74-сүрөт.



75-сүрөт.

74-сүрөттө, биринчи жылчык (S) аркылуу өткөн жарык толкуну эки жылчык (S_1, S_2) аркылуу өткөндө, пайда болгон жарык толкундары бири бирин күчөтүшкөн абалдары көрсөтүлгөн.

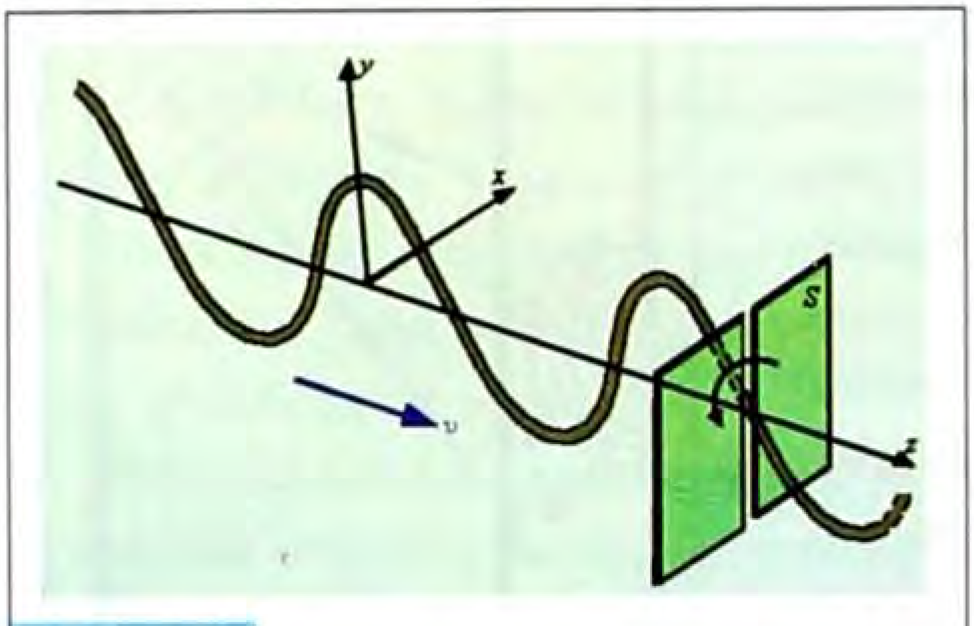
Мында, $\Delta \ell = d \cdot \sin\theta$. (2)

1- жана 2-формуладан $d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$ деп жазууга болот.

Мындан, жарык толкундарынын кандай бурчка ээ боло тургандыгы, жарыктын толкун узундугунан көз каранды экендиги көрүнүп турат.

Демек, бул формуладан дифракциялык торчо, ак жарыкты түстөргө ажырата тургандыгы көрүнүп турат. Себеби, ак жарык жети түстөн тургандыктан, алардын ар бири ар кандай бурч менен белгилүү бир аралыкта дифракцияланышат.

§ 45. Жарыктын поляризациясы


76-сүрөт.

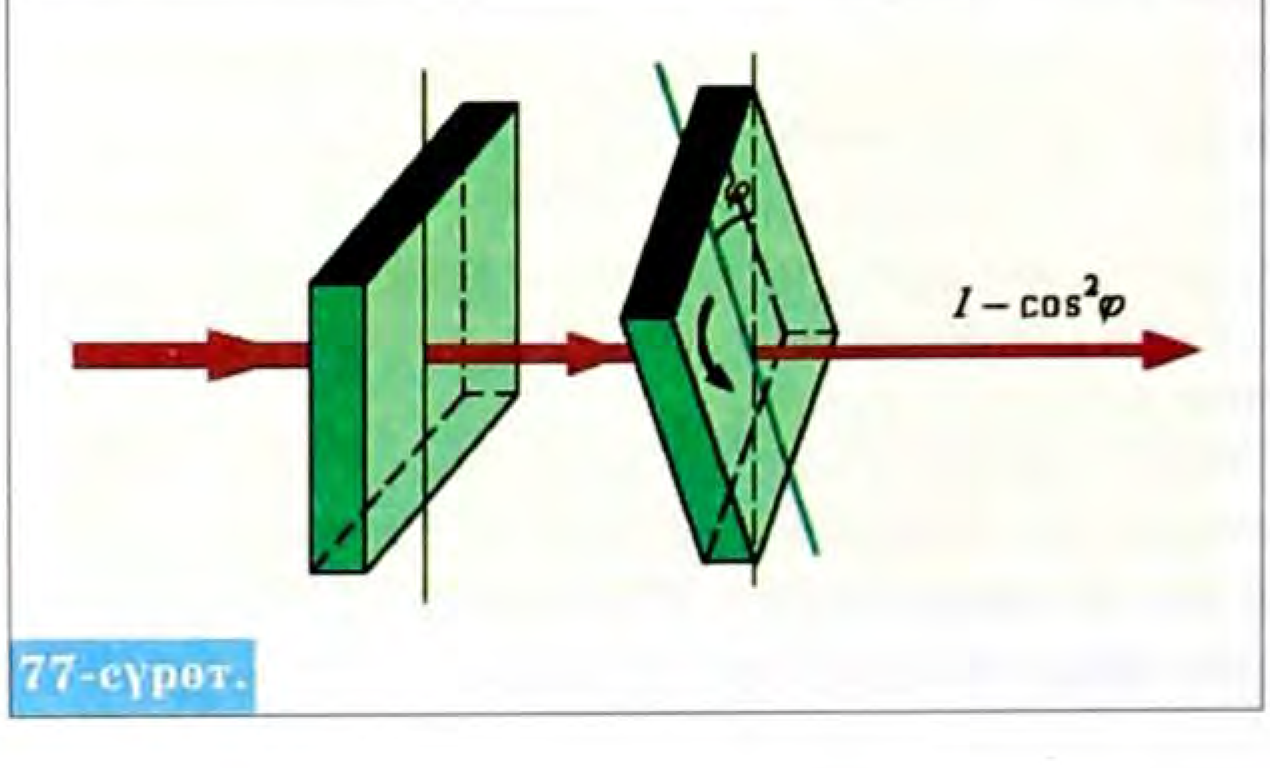
Жарыктын ар бир түсүнө белгилүү бир толкун узундугу туура келет.

Ар бир толкун бири биринен таралуу тегиздиги менен айырмаланышат. Бул жарык толкундары туурасынан кеткен толкундар болуп саналышат.

Мисалы, арканда 76-сүрөттөгүдөй толкун пайда болсо, эгерде толкундун термелүү тегиздиги менен тоскоолдуктун багыты дал келсе, толкун тоскоолдуктан өтүп кете алат. Ал эми, экинчи тоскоолдук биринчиси менен бирдей багытта болсо, андан да толкун өтүп кете алат.

Мына ушул сыяктуу, турмалин кристаллынын биринчисинен өткөн жарык, экинчисинен да өтөт. Кристаллдан өткөн жарык – поляризацияланган жарык деп аталат. Жарыктын кристаллдардан өтүү кубулушу **жарыктын поляризациясы** деп аталат.

Бирок, экинчи турмалинди өз огунда айланта баштаганда, андан өтүп жаткан жарык агымы азая баштайт (77-сүрөт).

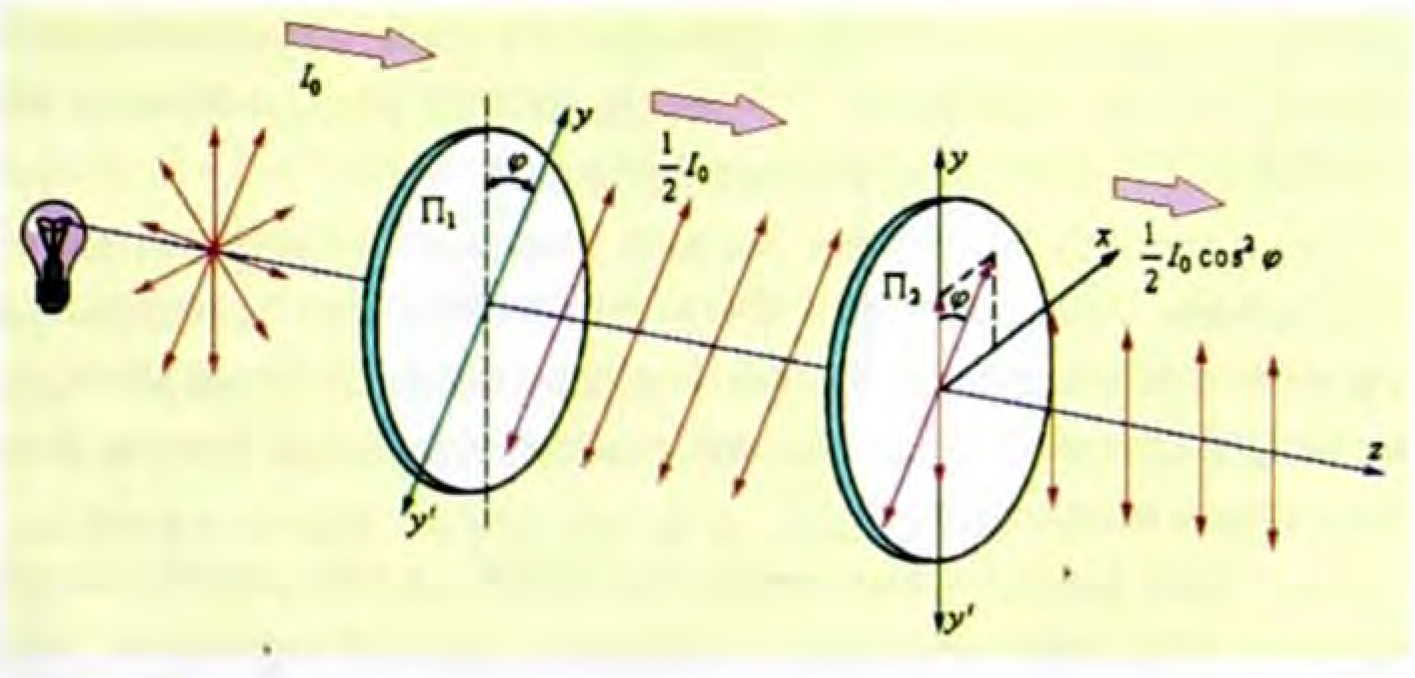


77-сүрөт.

Эгерде, эки турмалин кристаллы бири бирине перпендикуляр жайланышса, жарык экинчи турмалин аркылуу өтпөй калат.

Тажрыйбадан көрүнүп тургандай, жарык булагынан пайда болгон табигый жарык жети электромагниттик толкундун жыйындысы болгондон кийин, алар ар кандай тегиздикте термелишет. Биринчи турмалин жарыкты бир гана багытта өткөрөт.

Анткени, турмалин кристаллынын оптикалык касиети анын ички багытынан көз каранды болот. Бул – **кристаллдын анизотропиясы** деп аталат. Натыйжада, жарык толкундарынын ичинен, кристаллдын ички багыты менен дал келген гана бир жарыктын түсү өтөт. Эгерде, экинчи турмалиндин ички багыты биринчисинин багыты менен дал келбесе, экинчи турмалин аркылуу өткөн жарыктын агымы аз болуп калат (78-сүрөт). Мындан, турмалин кристаллынын анизотропиялык касиетинин натыйжасында, жарык туурасынан кеткен толкун болгондуктан, экинчи турмалиндин ички багыты менен термелүү тегиздиги дал келген жарыктын түсү өтөт деген корутундуга келүүгө болот.



78-сүрөт.

Демек, жарыктын поляризациясы, жарыктын туурасынан кеткен толкун экендигин далилдейт.

? Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Жарыктын дифракциясы деп эмнени айтабыз?
2. Жарыктын дифракция кубулуштары кандай шартта пайда боло тургандыгына мисал келтиргиле.
3. Дифракциялык торчо деп эмнени айтабыз?
4. Дифракциялык торчо үчүн, интерференциялык максимум шартын жазып, анын физикалык маңызын чечмелеп бергиле.
5. Жарыктын турмалин кристаллы аркылуу өткөн тажрыйбаны айтып бергиле.
6. Кристаллдын анизотропиясы жөнүндө эмнелерди билесиңер?

Сапаттык маселелер:

1. Эмне үчүн кирпиктердин арасынан жарык булагын караганда түстөр көрүнөт?
2. Абада муз чаңы жөө туман болгондо, электр фонарларында таажылардын пайда болушун кандай түшүндүрүүгө болот?
3. Жасалма түрдөгү седеп топчуларды жасоодо анын бетинде өтө майда штрих сызыкчалар чийилет. Эмне үчүн ошондон кийин топчулар жалтырак түскө келет?

11-көнүгүү

1. Мезгили 0,02 *мм* дифракциялык торчосунда пайда болгон дифракциялык сүрөттөлүш борбордук сүрөттөлүштөн 3,6 *см* аралыкта жана торчодон 1,8 *м* аралыкта пайда болот. Жарыктын толкун узундугун аныктагыла.
2. Толкун узундугу 486 *нм* жарык дифракциялык торчого келип түшкөндө пайда болгон биринчи тартиптеги дифракциялык сүрөттөлүш, борбордук сүрөттөлүштөн 2,43 *см* аралыкта пайда болот. Торчодон экранга чейинки аралык 1 *м* болсо, торчонун мезгилин аныктагыла.
3. Сымаптын жашыл сызыгы үчүн (546 *нм*) биринчи тартиптеги спектр 19° бурч боюнча байкалса, дифракциялык торчонун мезгилин аныктагыла.
4. Дифракциялык торчонун мезгили 0,120 *мм*. Эгерде биринчи тартиптеги спектрдин ортосундагы бурч 8°ка барабар болсо, жарыктын толкун узундугун аныктагыла.

5. Мезгили 0,02 *мм* дифракциялык торчодо жашыл түс (0,55 *мкм*) биринчи тартиптеги спектрде кандай бурчка ээ болот?
6. Дифракциялык торчого кызыл түс (0,76 *мкм*) келип түшөт. Эгерде торчодон 1 *м* аралыктагы экранда биринчи тартиптеги спектрдин ортосундагы аралык 5,2 *см* болсо, торчонун мезгилин аныктагыла.
7. Мезгили 0,125 *мм* дифракциялык торчонун экранга чейинки аралыгы 2,5 *м*. 420 *нм* толкун узундуктагы жарык дифракциялык торчого келип түшкөндө, экранда көк түс көрүнөт. Борбордук сызыктан биринчи сызыкка чейинки аралыкты аныктагыла.

§ 46. Инфракызыл жана ультракызгылт көк нурлар

1800-жылы англиялык астроном Вильям Гершель биринчи жолу кызыл түстүн чегинен чыккан спектрдин бөлүгүн изилдеген. Гершель резервуары карага боёлгон термометрди кызыл түстүн чегинен сырткары жайгаштырганда, температуранын жогорулагандыгын байкаган. Мындан, термометрдин ысыгандыгын көзгө көрүнбөгөн нурлардын таасиринин натыйжасы деген жыйынтыкка келген. Ошондуктан, бул нурлар – инфракызыл нурлары деп аталып калды.

Радиотолкундардын чегинен кызыл түскө чейинки электромагниттик толкундар (толкун узундугу 1–2 *мм* ден кичине, бирок $8 \cdot 10^{-5}$ *см* ден чоң) – **инфракызыл нурлары (жылуулук)** деп аталат.

Ар кандай ысытылган заттар инфракызыл нурлардын булагы болуп эсептелинет. Ысытуучу батареялар, кызытуучу электр лампалары, от жана анын чогу, адамдын денеси – инфракызыл нурлардын булактарынын мисалдарына кирет.

Тажрыйбада жарык энергиясынын түстөр боюнча бөлүштүрүлүшүн аныктоо үчүн, термометр менен байланышкан кара тилкече спектрди бойлото жылдырылса, жарык энергиясынын эң чоң мааниси инфракызыл нурларына туура келет.

Кара тилкечени улам жылдырып, жарык энергиясынын эң кичине мааниси кызгылткөк түскө туура келгендиги аныкталган.

1801-жылы немец физиги Иоганн Риттер спектрдин кызгылткөк түсүнүн чегинен тышкары бөлүгүндө, көзгө көрүнбөгөн нурлардын бар экендигин ачкан. Бул нурлар кээ бир химиялык кошулмаларга таасир этишкен.

Мисалы, бул көзгө көрүнбөгөн нурлардын таасири менен күмүштүн хлориди ажыраган болсо, цинк сульфидинин кристаллы жарык чыгарышкан.

Кызгылт көк түскө караган толкун узундугу аз болгон көзгө көрүнбөгөн электромагниттик толкундар – **ультракызгылт көк нурлар** деп аталат.

Ультракызгылткөк нурларга $4 \cdot 10^{-5}$ *см* ден 10^{-6} *см* диапазондогу электромагниттик толкундар кирет.

Ультракызгылт көк нурлар Күндүн нурунун курамында болот. Ошондуктан, бул нурлардын таасири менен адамдын денеси караят. Ошондой эле электрдик ширетүүдө да ультракызгылт көк нурлар пайда болот. Адамдын көзүнө тийгизген терс таасирин жок кылуу үчүн карайттылган айнек аркылуу ширетүү жүргүзүлөт.

Ультракызгылт көк нурлардын маанилери бийик тоолордо чоң болот. Өзгөчө тоолордун эң бийик чокуларында, бул нурлардын таасиринде альпинисттердин көзү көрбөй калышы мүмкүн. Алар айнектен жасалган көз айнектер менен сактанышат. Анткени, ультракызгылт көк нурлар айнек тарабынан жутулат.

Күндөн келген жарыктын курамындагы ультракызгылт көк нурлар Жердин атмосферасындагы озон катмары тарабынан жутулат. Эгерде бул катмар болбосо, ультракызгылт көк нурлар адамдын терисинин рак ооруусун пайда кылмак.

Бирок, адамдын өндүрүштүк ишмердүүлүгүнүн бири болгон муздаткычтарда пайдаланылып жаткан фреондун атмосферага бууланышынын натыйжасында, фреон озон катмарынын кичирейишине көмөк көрсөтүп жатат.

Бир гана озон катмарын сактоо жолдорун изилдөө гана эмес, адамдын өндүрүштүк ишмердүүлүгүнүн Жаратылышка тийгизип жаткан терс таасирлерин аныктап, тиешелүү изилдөөлөрдү жүргүзүү милдеттери келечек ээлерин күтүүдө.

§ 47. Рентген нурларынын ачылышы

XIX кылымдын аягында физиктердин көпчүлүгүнүн көңүлү төмөнкү басымдагы газдардагы электр тогунун табиятына каратылган эле. Төмөнкү басымды түзүү үчүн айнек ичинде эки металл пластинасы болуп, түтүктөн абасы сордурулуп чыгат.

Натыйжада, металл пластиналары жогорку чыңалуунун булагына туташтырылган төмөнкү басымдагы сейректештирилген абада электр тогу пайда болгон. Мындай түтүкчө – разряддык түтүкчө деп аталат. Разряддык түтүкчөнүн ичиндеги аба катмарларынын айрым участкаларында кызгылт түстөгү жарыктын нурдануусу пайда болгон.

Англиялык физик Крукс айнек түтүктөрдүн көптөгөн түрлөрүн ойлоп тапкан (Крукстун түтүкчөсү, Крукстун радиометри ж. б.). Ошол замандын физиктери сыяктуу Крукс фототасманы өзүнүн изилдөөлөрүндө көп пайдаланган. Бирок, Крукс пайдаланган фототасма дайыма жараксыз болуп чыга берген.

Крукс фототасма чыгаруучу мекемелерге, фототасманын жараксыз экендигин жаза берип, арызданганда тажаган эмес, фототасмаларды чыгарган мекемеден жаңы фототасманы алмаштырып берсе дагы, Крукстун фототасмалары ишке жараксыз боюнча кала берген.

1895-жылы немец физиги В. Рентген разряддык түтүктүн жанындагы кара кагазга оролгон фототасманын жараксыз экендигин кокусунан байкайт. Мындан, Рентген разряддык түтүктө фототасманы жараксыз абалга алып келген *X* – **нурлары** пайда болот деп болжолдойт. Кийинчерээк, *X* – нурлары – **Рентген нурлары** деп аталып калды. Чамасы, Крукс

фототасмаларын разряддык түтүктүн жанында сактаган. Крукстун фототасмаларын жараксыз абалга алып келген себеп – Рентген нурлары эле.

Крукс канчалык капа болбосун, бул нурлардын бар экендигин далилдөө ага насип этпеген.

§ 48. Рентген нурунун табияты, колдонулушу

Рентген нурларынын пайда болушунун себеби эмнеде?

Бул мезгилде, атом бөлүнбөс бөлүкчө деген ишеним болгон. Ошондуктан, Рентген нурлары ачылса да, анын келип чыгуу себептери, табияты кийинчерээк далилденген.

Азыркы көз караштар боюнча, төмөнкү басымдагы газдардагы электр тогун алып жүрүүчүлөр болуп электрондор жана иондор эсептелинет.

Разряддык түтүктүн ичиндеги электрондун ылдамдыгы электр талаасында жогорулап, оң заряддагы металл пластинкаларына урунганда, Рентген нурлары пайда болот.

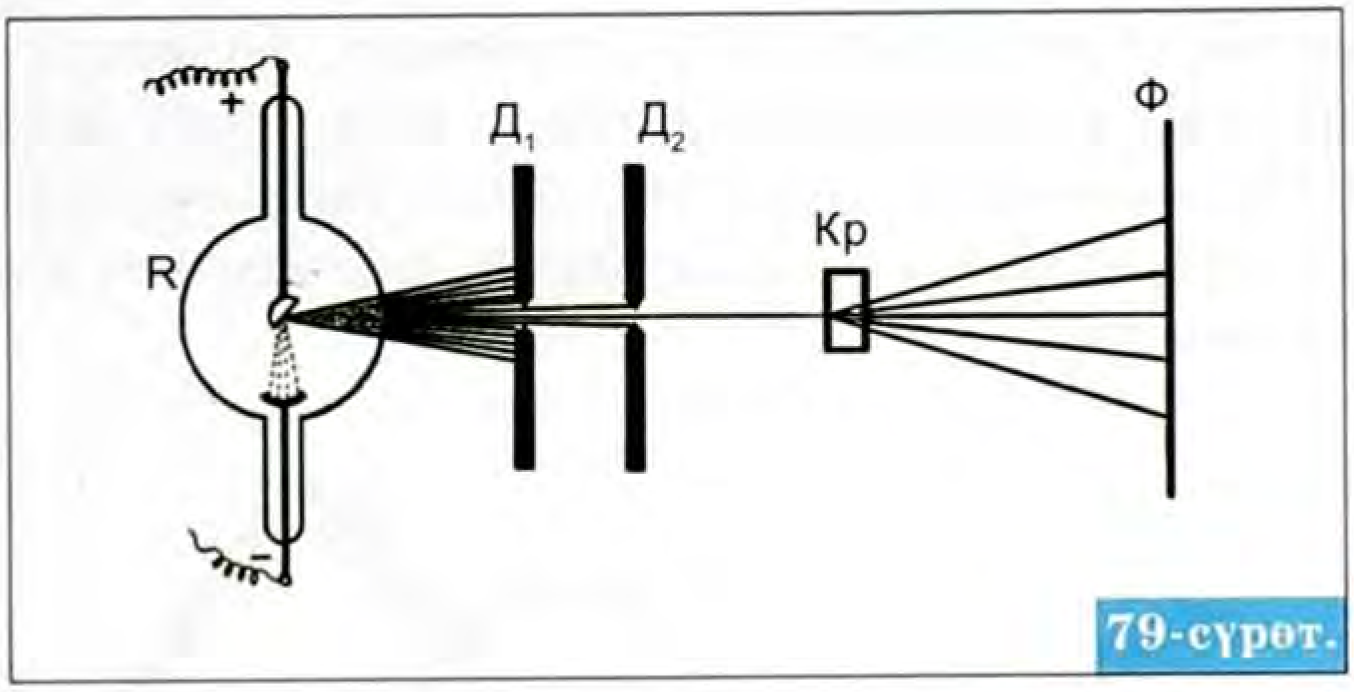
Рентген нурларынын табиятын тажрыйба жүзүндө аныктоодогу кыйынчылыктардан чыгуу жолун немец физиги М. Лауэ сунуш кылган. Рентген нурунун дифракциясын байкоо боюнча тажрыйбалардын ийгиликсиз аяктагандыгынын себебин, Лауэ Рентген нурунун толкун узундугунун эң аз мааниге ээ болгондугу менен түшүндүрдү.

Ошондуктан, дифракциялык торчонун ордуна кристаллды пайдаланды. Мында, кристаллдын ирееттүү жайланышкан бөлүкчөлөрү дифракциялык торчонун кызматын аткарат.

Тажрыйбада, Лауэ Рентген нурларын кристаллга багыттап, кристаллдан өткөн Рентген нурларынын дифракциясын далилдеген рентгенограммасын алган (79-сүрөт). Натыйжада, Рентген нурлары – толкун узундугу 10^{-8} *см* болгон электромагниттик толкундар экендиги далилденди.

Лауэнин тажрыйбасынын натыйжасында, Рентген нурларынын дифракциясынын өзгөчөлүгүнө жараша кристаллдардын ички түзүлүшүн үйрөнүүчү жолдор табылды.

Рентген нурлары ачылгандан кийин, анын жардамы менен, медицинада адамдын ички органдары жана сөөктөрүнүн

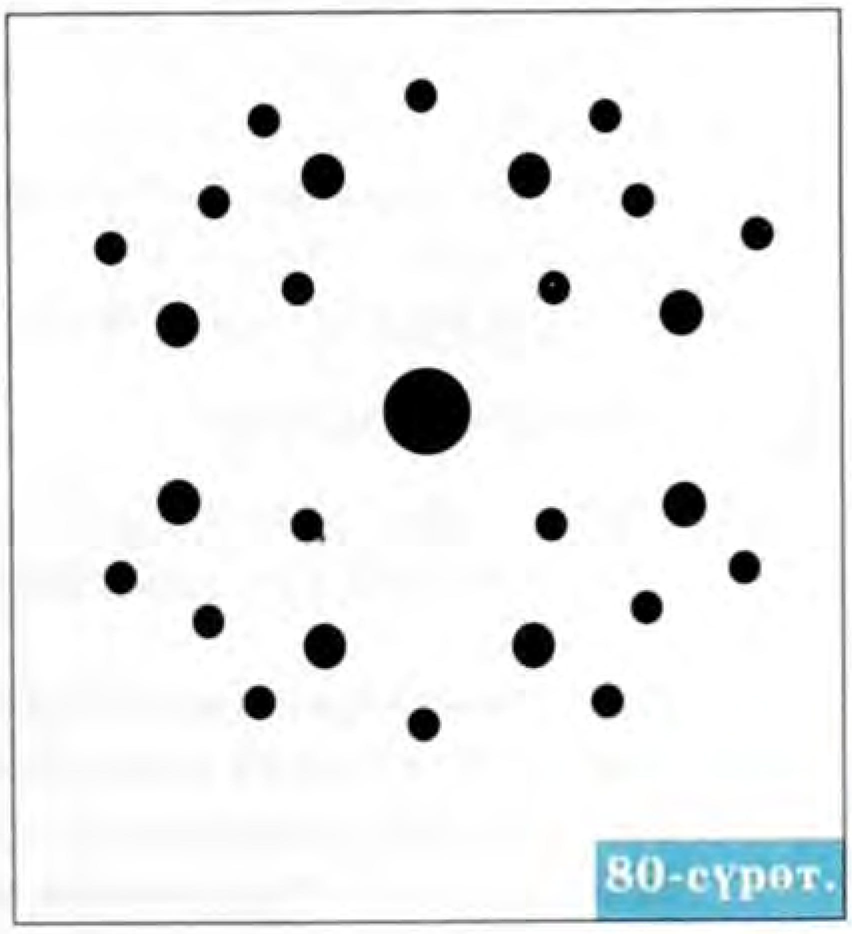


79-сүрөт.

абалдары жөнүндө так маалыматты бере баштады. Себеби, Рентген нурларынын жутулушу заттын тыгыздыгынан көз каранды болот. Адамдын денесинин тыгыздыгы бирдей эмес болгондуктан, денеден ар кандай деңгээлде жутулуп өткөн Рентген нурлары атайын экранда жарыкка айланат.

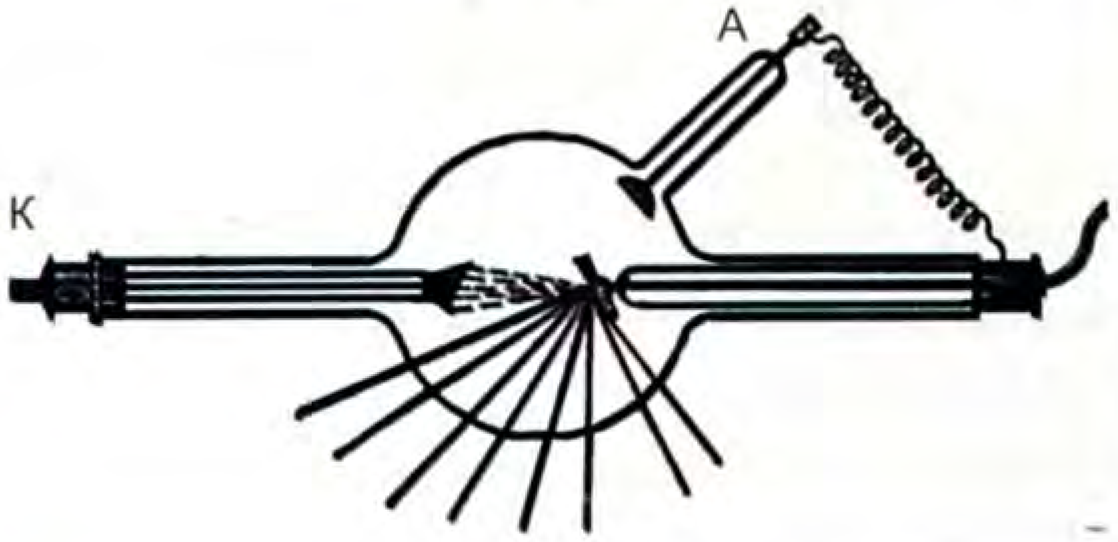
Эң биринчи жолу В. Рентген аялынын сол колунун рентгенограммасын алган.

Рентген аппараты, Рентген нурлары алынуучу өзүнчө прибор болуп, анда анод атайын бир багытка бурулган абалда жайгаштырылат. Чоң ылдамдыктагы электрон чыңалуусу жогору болгон оң заряддарынын аноддо токтотулганда, Рентген нурлары пайда болот. Бирок, чоң ылдамдыктагы электрондордун анодко урунууларынын натыйжасында, аноддун материалы ысып, жараксыз абалга келип калышы мүмкүн. Ошондуктан, анод суу менен муздатылып турат (80-сүрөт). Рентген нурлары адамдын ден соолугу үчүн зыян болуп эсептелинет.


80-сүрөт.

Азыркы телевизорлор, өзгөчө түстүүлөрү, компьютердин мониторлору Рентген

нурларынын булактары болуп эсептелинет. Анткени, чоң ылдамдыкта кыймылдаган электрондор монитордо же телевизордун экрандарында жарыкты пайда кылуу менен бирге, электрондордун энергиясынын бир бөлүгү Рентген нурларына айланып кетет.



81-сүрөт.

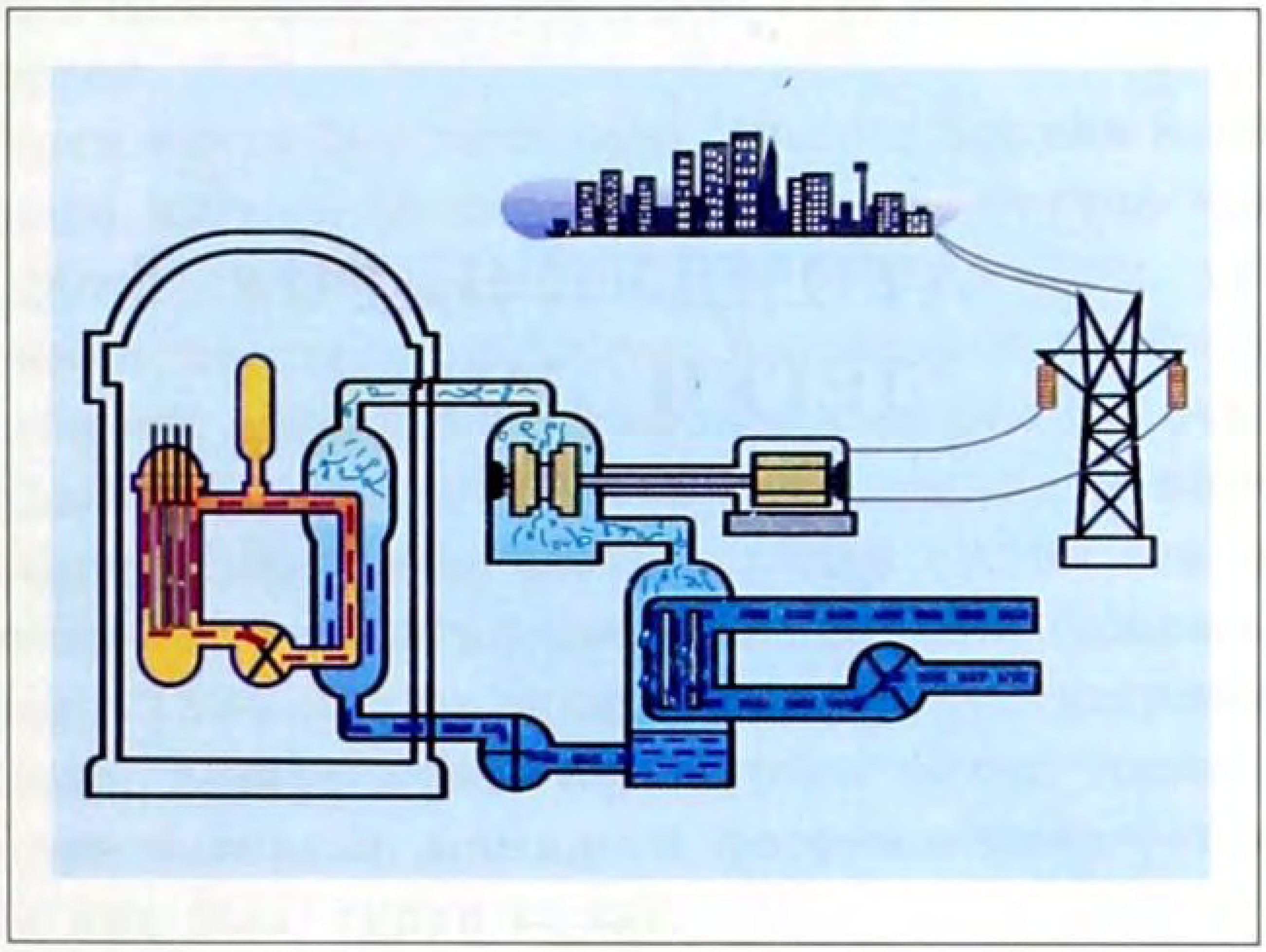
Ошондуктан, мониторлордо сактоочу экран болгону оң жана анын жанында көп олтура берген болбойт. Ал эми телевизорго да жакын олтурууга кеңеш берилбейт.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Инфракызыл жана ультракызгылт көк нурлар жөнүндө айтып бергиле.
2. Адамга ультракызгылт көк нурлардын тийгизген таасирлери жөнүндө эмнелерди билесиңер?
3. Рентген нурлары кандай ачылган?
4. Рентген нурлары кандай пайда болот?
5. Рентген нурларынын табиятын аныктоодо Лауэнин тажрыйбасын айтып бергиле.
6. Рентген нурларынын колдонулуштары жөнүндө айтып бергиле.

Сапаттык маселелер:

1. Эмне үчүн рентгенолог – врачтар жумушунда коргошун тузу сиңдирилген кол кап, фартук жана көз айнектерди пайдаланышат?
2. Рентген аппараты менен ашказан, ичеги ооруларын текшерүүдө «барий боткосун» ичиришет. Эмне үчүн?
3. Металл пластинасына Рентген нурлары келип түшсө, ал кандай заряддын түрү менен заряддалат?



АТОМДУК ЯДРО. ЯДРОЛУК ЭНЕРГЕТИКА

АТОМДУК ЯДРО ДЕГЕН ЭМНЕ?

VIII глава

АТОМДУК ЯДРО. ЯДРОЛУК ЭНЕРГЕТИКА

§ 49. Табигый радиоактивдүүлүктүн ачылышы

1896-жылы француз физиги Анри Беккерель, Рентген нурлары ачылгандан кийин, уран тузу менен тажрыйбаларды өткөргөн.

Ал уран тузун бир нече саат Күндүн нуруна коюп, андан кийин кара кагазга оролгон фототасманы үстүнө коюп коёт. Эртеси фототасманы өңүнө чыгаргандан кийин, уран тузунан чыккан көзгө көрүнбөгөн, бирок фототасмага таасир эткен табияты белгисиз нурлардын издерин байкайт.

Тажрыйбаны бир нече жолу кайталагандан кийин, уран тузу Күндүн энергиясын жутуп, андан кийин өзүнөн, көзгө көрүнбөгөн Рентген нурларын чыгарат деп божомолдогон.

Бирок, 1896-жылы жыйынтыктоочу тажрыйбаларын кайталоодо, 2-март күнү, күн бүркөк болуп калат. Натыйжада, кара кагаздын ичиндеги фототасманын үстүндө уран тузу эки күн бою туруп калат.

А. Беккерель фототасманы өңүнө чыгарып көргөндө, уран тузу Күндүн нурунун эч кандай таасири жок эле, фототасмада өзүнүн изин калтырган эле.

Мындан, уран тузу тышкы таасири жок, өз алдынча көзгө көрүнбөгөн нурларды чыгаруу жөндөмдүүлүгүнө ээ экендиги дайын болуп калды.

Бул нурлар Беккерель нурлары деп аталып калды.

А. Беккерелдин тажрыйбаларынын натыйжалары чагылдырылган илимий баяндамасы менен, жаш жубайлар Пьер Кюри жана Мария Склодовская таанышкандан кийин, анын негизинде Мариянын изилдөөсү уран туздарына багытталат.

Чоң сарайдын ичинде 5–6 *т* уран рудасынан, ураңды бөлүп алуу боюнча бир нече жыл бою тынымсыз изилдөөлөрдүн натыйжасында, Мария Склодовская (Кюри) уран тузунун курамынан жаңы химиялык элемент – **полонийдин** бар экендигин далилдеген. Бул химиялык элемент Мариянын мекени Польшанын атынан алынган эле.

Мария жана Пьер Кюрилер андан кийинки изилдөөлөрүндө урандын курамында дагы жаңы химиялык элемент – **радий** бар экендигин далилдеп, лабораториялык шартта таза радий бөлүнүп алынган.

Уран сыяктуу, башка химиялык элементтер: полоний, радий, торий, өз алдынча нур чыгаруу касиетке ээ экендиги белгилүү болуп калды. Ошондуктан, Мария Кюринин сунушу боюнча: кээ бир оор химиялык элементтеринин өз алдынча нурдануусу **табигый радиоактивдүүлүк** деп аталып калды.

Бул нурлар – радиоактивдүү нурлар деп аталат.

Табигый радиоактивдүүлүк кубулушун ачуудагы эмгектери үчүн, 1906-жылы жубайлар Пьер Кюри жана Мария Кюрилер Нобель сыйлыгына татыктуу болушкан.

Бирок, 1934-жылы Мария Кюри медицинада белгисиз болгон оору менен ооруп көз жумган. Мария Кюри радиоактивдүү нурлардын касиеттерин изилдөөчүлөрдүн биринчи курмандыктары эле.

Ал гана эмес, 1906-жылы кырсыктан курман болгон Пьердин 1952-жылы табылган блокнотунан радиоактивдүү нурларынын эң күчтүү дозасынын бар экендигин көрсөткөн.

Атайын изилдөөлөр көрсөткөндөй, радиоактивдүү нурлары адамдын канынын курамына, жүлүнгө терс таасирин тийгизе тургандыгы маалым болду.

Кыргызстандын айрым райондорунда Улуу Ата Мекендик согуш мезгилинде уран кенин өздөштүрүү боюнча тиешелүү жумуштар иштелгендиги белгилүү.

Ураңды өндүрүүчү шахталар жабылгандыгына карабастан, анын калдыктарынын, айрыкча Нарын дарыясына жа-

кын жайланышкан жерлерде, адам үчүн зыянсыз деңгээлде сактоо маселеси мамлекетибиз тарабынан чечилүүдө.

Анткени, ар кандай жаратылыш кырсыктарынан, бул радиоактивдүү калдыктар ордунан жылып, Нарын дарыясына төгүлсө, анын натыйжасы Борбордук Азия үчүн чоң апатка айланат.

Көптөгөн жылдар бою радиоактивдүүлүгү бар жерлерде орношкон калктын басымдуу көпчүлүгүнүн ден соолугунун абалдарынан, радиоактивдүү нурлардын терс таасири ачык даана байкалбаса да, аны изилдөө зарылчылыктары бар.

§ 50. Радиоактивдүү нурлардын курамы: $\alpha - \beta - \gamma -$ нурлары

Англиялык физик Эрнест Резерфорд радиоактивдүү нурлардын курамын аныктоо боюнча төмөнкүдөй тажрыйба жүргүзгөн: коргошун кутучасынын ичиндеги радиоактивдүү элемент чыгарган радиоактивдүү нурлар фототасмада бир чекитти пайда кылган.

Эгерде, коргошун кутучасы менен фототасманын ортосунда бир тектүү магнит талаасы болсо, фототасмада үч чекит пайда болгон. Магниттин түштүк уюлуна багытын өзгөрткөн нурлар оң зарядка ээ боло тургандыгы белгилүү.

Ошондуктан, радиоактивдүү нурлардан бөлүнгөн оң зарядка ээ болгон нурларды α **– нурлары**, карама-каршы жакка багытталган нурларды β **– нурлары**, багытын өзгөртпөгөн нурлар, γ **– нурлары** деген аттарга ээ болду.

Бул кандай нурлар. Нурлардын табиятын аныктоо үчүн, Э. Резерфорд жүргүзгөн тажрыйбалардын негизинде: α **– нурлары** оң зарядка ээ болгондуктан α **– бөлүкчө** деп аталат, кийинчерээк ал гелийдин ядросу экендиги, β **– нурлары** ядронун ичинен учуп чыккан электрондор; кийинчерээк, γ **– нурларынын** дифракциясы байкалып, толкун узундугу 10^{-12} *см* – 10^{-14} *см* **электромагниттик толкундар** экендиги дайын болду.

α – жана β – бөлүкчөлөрү атомдун ядросунан пайда болот. Химиялык элементтер бири биринен ядродогу протондорунун саны боюнча айырмаланышат.

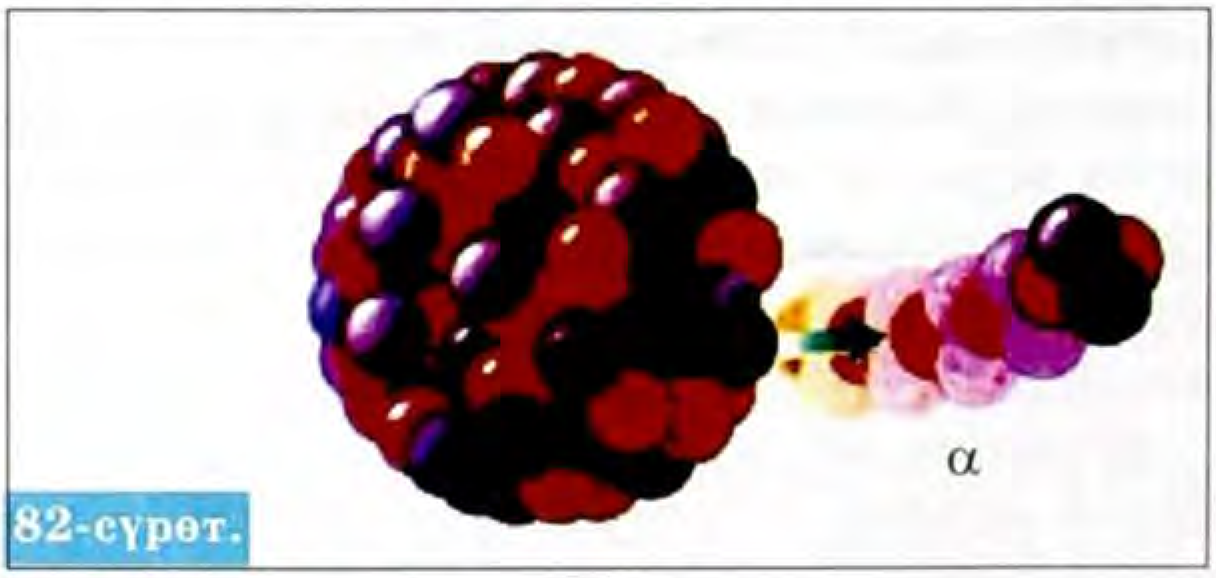
α – бөлүкчө гелийдин ядросу болгондуктан, $_2He^4$ түрүндө белгиленет. Мында 2 саны – гелийдин Менделеевдин мезгилдик системасындагы катар номерин көрсөтсө, 4 саны – анын атомдук массасынын бүтүн санга чейин тегеректелген маанисин көрсөтөт.

§ 51. Жылышуу эрежеси. α – бөлүнүү. β – бөлүнүү. Изотоптор

α – бөлүнүүдөгү ядролук реакция төмөндөгүдөй көрүнүшкө ээ болот.

$$_zX^м \rightarrow {}_{z-2}У^{м-4} + {}_2He^4 .$$

Демек, эгерде радиоактивдүү элементтин ядросунан α – бөлүкчө бөлүнүп чыкса (82-сүрөт), андан пайда болгон жаңы химиялык элементтин ядросу, Менделеевдин мезгилдик системасынын башталышын көздөй эки чакмакка жылат.



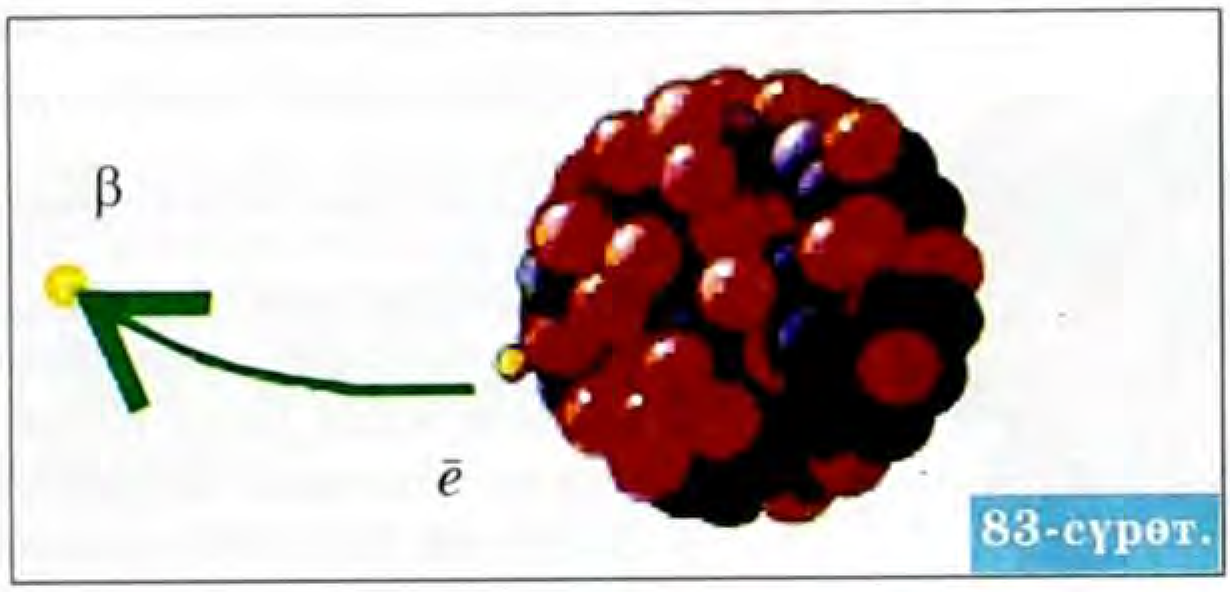
82-сүрөт.

Мисалы, торийдин ядросунан ($_{90}Th^{232}$) – бөлүкчө бөлүнүп чыккандан кийин, анын ядросу радийдин ядросуна айланат. Башкача айтканда,

$$_{90}Th^{232} \rightarrow {}_{88}Ra^{228} + {}_2He^4.$$

Ар кандай түрдөгү ядролук реакцияда тигил же бул жаңы алынган кайсы химиялык элементке тиешелүү экендигин

аныктоо үчүн, реакциядан кийинки алынган заряддалган бөлүкчөнүн түрү Вильсондун камерасы менен аныкталат. Заряддын жана массанын сакталуу закону боюнча, реакцияга чейинки жана реакциядан кийинки заряддардын жана атомдук массалардын жалпы саны бирдей болот. Анын негизинде, ядролук реакция толугу менен жазылып жаңы пайда болгон химиялык элементтин ядросу аныкталат.



83-сүрөт.

β – бөлүкчөсү электрон болгондуктан, шарттуу түрдө $_{-1}e^{0}$ деп белгиленет.

β – бөлүнүүдө ядродон бөлүнүп чыккан электрондун эсебинен (83-сүрөт), жаңы ядро бир чакмакка Менделеевдин мезгилдик системасынын аягына жылат.

$$_{Z}X^{M} \to {}_{Z+1}Y^{M} + {}_{-1}e^{0}$$

Мисалы,

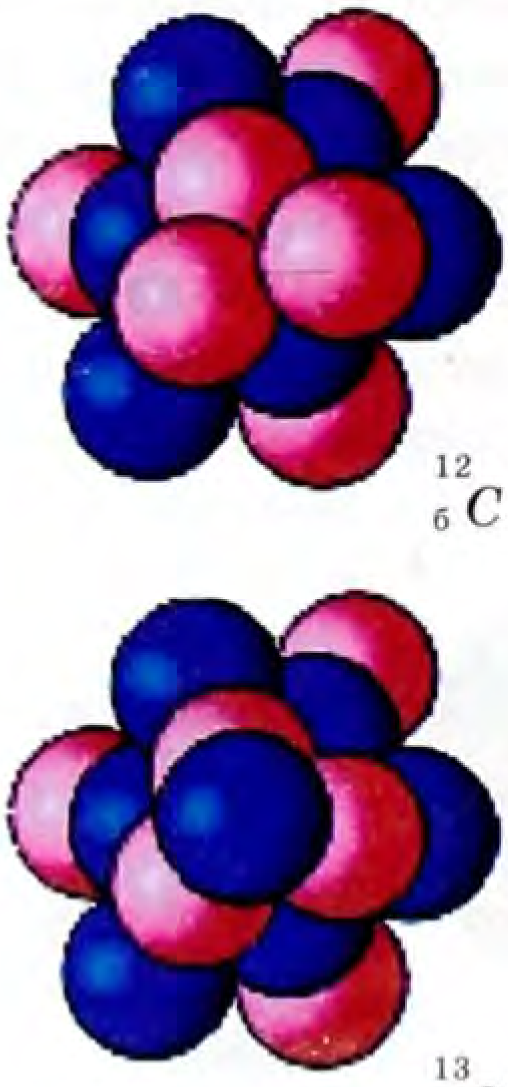
$$_{90}Th^{232} \to {}_{91}Pa^{232} + {}_{-1}e^{0} \ .$$

Радиоактивдүү бөлүнүүлөрдө бири биринен атомдук массалары боюнча айырмаланбаган жаңы ядролор пайда болду.

Ошондуктан, мындай ядролор Менделеевдин мезгилдик системасынын бир эле чакмагынан орун алышат.

Протондордун саны бирдей, атомдук массалары бири биринен айырмаланышкан химиялык элементтер **изотоптор** деп аталат.

Мисалы, чиймеде (84-сүрөт) көмүртектин ядросу менен анын изотобунун айырмасы көрсөтүлгөн. Мында, эгерде көмүртектин ядросунда 6 протон 6 нейтрон болсо, анын изотобу 6 протон 7 нейтрондон турат.



84-сүрөт.

Суутек ${}_1H^1$ болсо, анын изотоптору ${}_1H^2$ жана ${}_1H^3$ болот. Кычкылтек ${}_8O^{16}$ болсо, анын изотобу ${}_8O^{17}$, ал эми табигый уран ${}_{92}U^{238}$ болсо, анын изотобу ${}_{92}U^{235}$ деп белгиленет.

Демек, изотоптордо протондордун саны бирдей болуп, алар бири биринен нейтрондордун саны менен айырмаланышат.

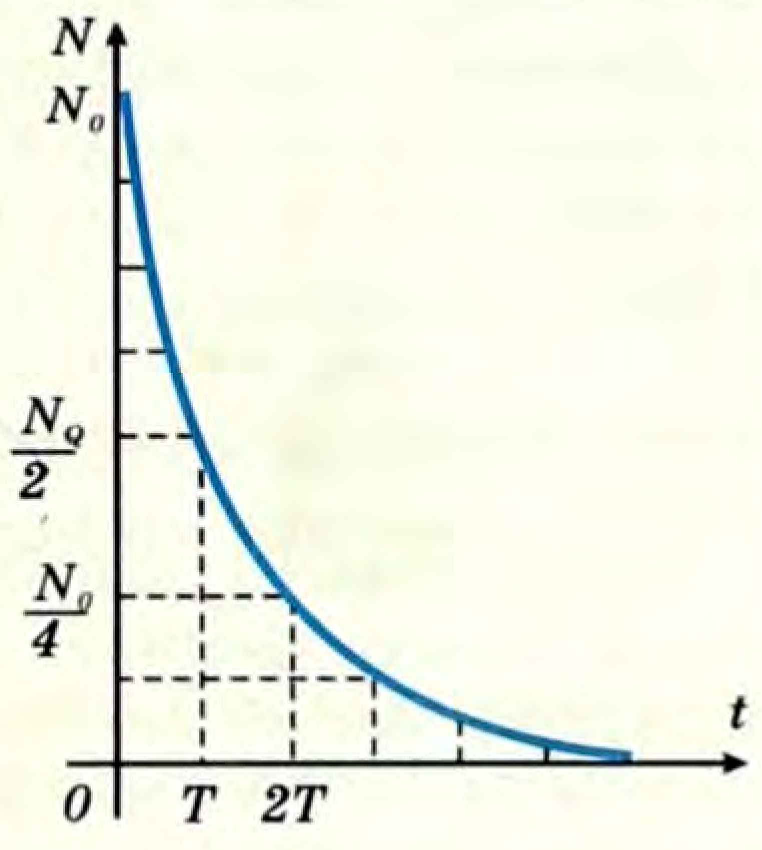
Бышыктоо үчүн суроолор:

1. А. Беккерелдин уран тузу менен жасаган тажрыйбасын айтып бергиле.
2. Мария жана Пьер Кюрилер кандай тажрыйбаларды жүргүзүшкөн?
3. Табигый радиоактивдүүлүк деп эмнени айтабыз?
4. Радиоактивдүү нурлардын курамын аныктоо боюнча Резерфорд кандай тажрыйба жүргүзгөн?
5. $\alpha - \beta - \gamma -$ нурларынын табияты кандай?
6. Жылышуу эрежесин айтып бергиле.
7. Изотоп деп эмнени айтабыз?

12-көнүгүү

1. Торийдин изотобунун ${}_{90}\mathrm{Th}^{234}$ ядросу үч жолу $\beta -$ бөлүнүүдөн кийин кандай ядрого айланат?
2. ${}_{92}U^{238}$ $\alpha -$ бөлүнүүдөн, эки жолу $\beta -$ бөлүнүүдөн кийин кандай ядрого айланат?
3. ${}_{84}\mathrm{Po}^{216}$ эки жолу $\beta -$ бөлүнүүдөн кийин пайда болгон полоний кандай ядродон пайда болгон?
4. Төмөнкү ядролук реакцияда бомбалоочу кандай бөлүкчө колдонулган:
$${}_7N^{14} + ? \rightarrow {}_8O^{17} + {}_1P^1$$
$${}_7N^{14} + ? \rightarrow {}_8O^{15} + \gamma .$$
5. Төмөнкү ядролук реакцияны толуктагыла:
$${}_3Li^6 + {}_1p^1 \rightarrow ? + 2He^4$$
$$? + {}_1p^1 \rightarrow {}_{11}N^{22} + {}_2He^4 .$$

§ 52. Радиоактивдүү бөлүнүү закону. Жарым ажыроо мезгили



85-сүрөт.

Ар бир ядролук реакция процесси, ядродон тигил же бул бөлүкчөнүн бөлүнүп чыгуусу менен коштолот.

Мисалы, α – бөлүнүүдө берилген химиялык элементтин же анын изотобунун радиоактивдүү ядросунан гелийдин ядросу бөлүнүп чыккандан кийин, жаңы (башка) химиялык элементке айланат.

Ал эми, β – бөлүнүүдө ядродон электрон бөлүнүп чыккандыктан, жаңы ядро Менделеевдин мезгилдик системасынын башталышына бир чакмакка жылат. Натыйжада, баштапкы химиялык элементтин ядролорунун жалпы саны азая баштайт.

Радиоактивдүү нурларды чыгаруу менен химиялык элементтердин ядролорунун азайышынын эсебинен, башка ядролорго айлануулары **радиоактивдүү бөлүнүү** деп аталат (85-сүрөт).

Ошондуктан, радиоактивдүү айлануулардагы бөлүнүүчү ядролордун санынын убакыттан көз карандылыгын чагылдыруучу законун карап көрөлү.

$$N = N_o \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Мында: N_o – байкоо башталган убакыттагы радиоактивдүү ядролордун баштапкы саны;

N – белгилүү бир t убактысы ичинде бөлүнбөгөн радиоактивдүү ядролордун саны;

T – жарым ажыроо мезгили.

Жарым ажыроо мезгили жалпы радиоактивдүү ядролордун саны эки эсе азайышына сарпталган убакытты көрсөтөт. Жарым ажыроо мезгили радиоактивдүү элементти мүнөздөөчү чоңдуктардын бири болуп саналат.

Көптөгөн тажрыйбалардын натыйжалары радиоактивдүү элементтердин жарым ажыроо мезгилинин маанилери турактуу чоңдук болуп, эч кандай тышкы таасирлерден, (мисалы, муздатканда, ысытылса, басымды өзгөртсө, магнит талаасында) көз каранды болбойт. Анткени, радиоактивдүү бөлүнүү – бул атомдук ядролордун касиеттери болуп саналат.

Кыска убакытта жашоочу радиоактивдүү элементтердин жарым ажыроо мезгилин аныктоо үчүн, нурдануу интенсивдүүлүгү эки эсе азайган убакытты аныктоо менен жетишүүгө болот. Узак убакытта жашоочу радиоактивдүү элементтер үчүн – үлгүдөгү жалпы атомдордун саны белгилүү болсо, убакыт бирдигинде бөлүнгөн атомдордун санын аныктоо аркылуу жарым ажыроо мезгилин аныктоого болот.

Мындай өлчөөлөрдүн натыйжасында, радийдин жарым ажыроо мезгили 1660 жыл экендиги аныкталган. Геологиялык көз караш менен караганда радийдин мындай маанидеги жарым ажыроо мезгили, жаратылышта таптакыр жок болуусуна алып келиши керек болуучу. Чамасы, жаратылышта радийдин бөлүнүүсү менен кошо, дагы толукталып туруучу процесстер коштолуп турат.

Радийдин дайыма уран кенинде болушунун өзү, радий урандын ядросунун бөлүнүү процессинин натыйжасы экендигин далилдеп турат.

Урандын жарым ажыроо мезгили 4,5 млрд жылга барабар. Урандын бөлүнүүсүнүн эң акыркы натыйжасы болуп коргошун саналат. Ошондуктан уран кендеринде сөзсүз коргошун да кездешет.

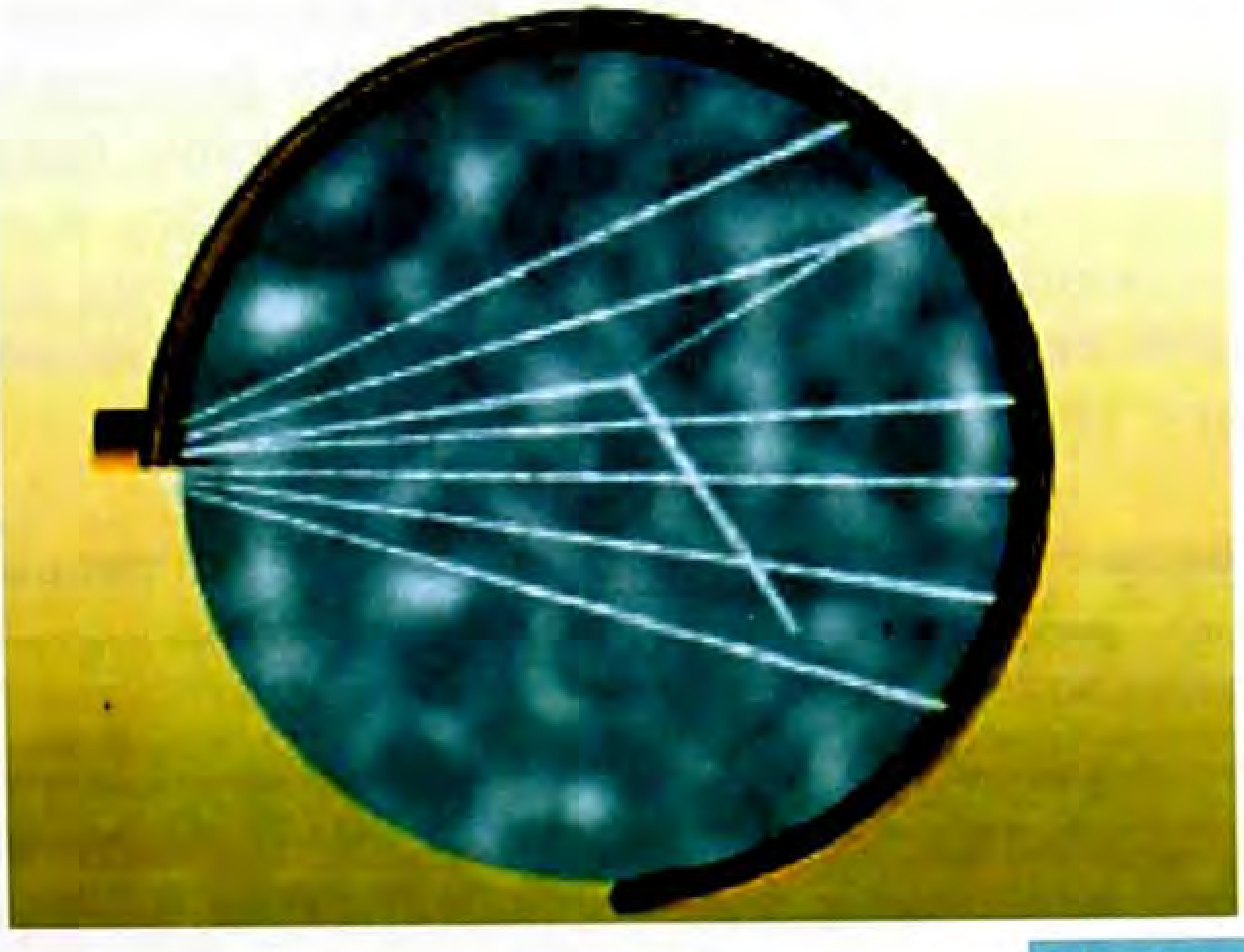
§ 53. Атомдук ядролордун жасалма жол менен радиоактивдүү айлануулары. Нейтрондун ачылышы

Радиоактивдүү нурлардын ичинен, Э. Резерфорд α – бөлүкчөлөрүн пайдалануу менен радиоактивдүү кубулуштарын изилдеген. Себеби, α – бөлүкчөсү, 20000 *м/с* ылдамдык менен кыймылдаган оң зарядка ээ болгон бөлүкчө (гелийдин ядросу) экендиги Э. Резерфорддун тажрыйбаларында далилденген.

Э. Резерфорд 1919-жылы α – бөлүкчөлөр менен азоттун ядролорун бомбалоо боюнча тажрыйба жүргүзгөн.

$$_7N^{14} + _2He^4 \rightarrow ... + _1P^1$$

Вильсондун камерасындагы пайда болгон илмектин ичке сызыгы протонго туура келгендиги дайын болгон. Ошондуктан, илмектин жоон сызыгы кычкылтектин изотобуна тийиштүү деп эсептелинди, б. а. берилген ядролук реакцияда, азоттун ядросу, кычкылтектин изотобунун ядросуна $_8O^7$ айланган (86-сүрөт).



86-сүрөт.

Э. Резерфорддун бул тажрыйбасынан кийин, физиктердин карамагында α – бөлүкчөлөрдүн жардамы менен ар бир химиялык элементтин ядросун башка химиялык элементтин ядросуна айлантуу мүмкүнчүлүгү пайда болду.

Ядролук реакцияда пайда болгон заряддалган бөлүкчөлөрдү каттоочу приборлордун ичинен, Вильсондун камерасы негизги ролду ойногон.

Вильсондун камерасы заряддалган бөлүкчөлөрдүн түрүн аныктоого мүмкүндүк берген, элементардык бөлүкчөлөрдү регистрациялоочу приборлордун бир түрүнө кирет. Ядролук реакциянын жүрүүсүн түздөн-түз көз менен көрүүгө мүмкүндүк жок болсо да, анын натыйжасын Вильсондун камерасы менен аныктоого болот. Анткени, Вильсондун камерасы каныккан буунун иондордо же заряддалган бөлүкчөлөрдө суунун бууларынын конденсацияланууусуна негизделген. Себеби, суунун буусу каныгуу абалына жеткенден кийин, эгерде чаң же заряддалган бөлүкчө болуп калса, анда алар конденсация борборуна айланышып, суунун тамчылары пайда болот. Пайда болгон суунун тамчылары заряддалган бөлүкчөлөрдүн издери (трек) болуп саналат. Эгерде Вильсондун камерасы магнит талаасына жайгаштырылган болсо, анда магнит талаасында заряддалган бөлүкчөлөрдүн багытын өзгөрткөндүктөн, алардын радиустары боюнча, кандай заряддалган бөлүкчө экендигин аныктоого болот. Ядролук реакциянын жүрүшүн, анын натыйжасын аныктоодо Вильсондун камерасынан башка дагы көбүктүк камера, калың катмардуу эмульсия методдору пайдаланылат.

Бирок, α – бөлүкчөлөрдүн жардамы менен радиоактивдүү айланууга жеңил химиялык элементтердин ядролору дуушар болгон.

Кезек бериллийге келип жеткен. Тажрыйба көрсөткөндөй, бериллийди α – бөлүкчөлөр менен бомбалагандан кийин Вильсондун камерасы, эч кандай заряддалган бөлүкчөлөрдү каттаган эмес.

Бирок, бериллий менен Вильсондун камерасынын ортосуна парафин коюлганда, Вильсондун камерасы көп сандагы протондордун бар экендигин каттады.

Бул протондор кандай пайда болду?

Француз физиктери Фредерик Жолио жана Ирен Кьюри, тажрыйбанын натыйжасын бериллий боюнча түшүндүрүүдө бериллийде γ – нурлары пайда болот деп божомолдошкон. Алардын эсеби боюнча, парафиндеги протондорду бөлүп чыгарышы үчүн, γ – нурлары 55 МэВ энергияга ээ болушкан.

Бирок, эсептөөлөр көрсөткөндөй γ – нурлары азот үчүн 90 МэВ, ал эми аргон үчүн 155 МэВ энергияга ээ болушу зарыл экендиги келип чыккан.

Мындан, α – бөлүкчөлөрү менен бомбаланган бериллийде γ – нурлары пайда болбой тургандыгы көрүнүп турат.

Анда парафинден протондор кандайча бөлүнүп чыгат?

Бул тажрыйбанын натыйжасын англиялык физик, Э. Резерфорддун окуучусу Чедвик, ядронун ичинде дагы бир нейтралдык бөлүкчө – **нейтрондун** бар экендиги менен түшүндүрдү.

$$ {}_4Be^9 + {}_2He^4 \rightarrow ... + {}_0n^1 . $$

Демек, массасы жагынан протонго жакын, бирок заряды жок бөлүкчө – нейтрон бар. Бериллий менен жүргүзүлгөн тажрыйбада, нейтрондун таасири менен парафиндеги протондор бөлүнүп чыккан.

§ 54. Атомдун ядросунун протондук-нейтрондук модели

Нейтрондун ачылышы менен, атомдун ядросунун протондук-нейтрондук моделин, немец физиги В. Гейзенберг жана орус физиги Д. Иваненко тарабынан сунуш кылынган.

Бул модель боюнча, ядро протондордон жана нейтрондордон турат. Протон менен нейтрон бирге **нуклон** деп аталат.

Химиялык элементтердин бүтүн санга чейин тегеректелген мааниси, ядродогу нуклондордун жалпы санын аныктайт, ал массалык сан менен белгиленет.

$$M = Z + N.$$

Демек, химиялык элементтин катар номери, ядродогу протондордун санын көрсөтсө, атомдук массасы, ядродогу протон менен нейтрондун жалпы санын аныктайт. Ядродогу нейтрондун саны

$$N = M - Z.$$

Э. Резерфорд бир химиялык элементтин ядросун башка химиялык элементтин ядросуна α – бөлүкчөлөрдүн жардамы менен айландыруу үчүн сунуш кылган жолу, оор химиялык элементтерде ядролук реакцияларды ишке ашырууга мүмкүн болбой калды.

Анткени, жеңил элементтердин ядролорунун ичине кирип баруу үчүн, α – бөлүкчөлөрүнүн ылдамдыктары жетиштүү болгон.

Оор химиялык элементтердин ядролорундагы оң заряд-ка ээ болгон көп сандагы протондордун түзгөн күчтүү электр талаасына, оң заряддагы – бөлүкчөлөр жакын келе албайт.

Ошондуктан, италиялык физик Энрико Ферми нейтрондордун жардамы менен ядролук реакцияны иш жүзүнө ашыра алган. Ядролук айланууну камсыз кылууда, нейтрондун заряды жок болгондуктан, ядрого жетип барышына эч тоскоолдук болбойт.

Э. Ферми өзүнүн тажрыйбаларында, ылдамдыгы акырындатылган нейтрондордун ядрого чейин жетип баруу эффективдүүлүгү жогорулай тургандыгын аныктаган.

Нейтрон менен ядролук реакция жүргүзүүдө, нейтрондун ылдамдыгын азайтууда, балыктары бар аквариумдун сууларын пайдаланып көргөн. Анткени, сууда нейтрондордун ылдамдыктары азайган.

Э. Ферминин тажрыйбасынан кийин, нейтрондун жардамы менен ядролук реакция жүргүзүүнүн экинчи этабы башталган.

Ядронун ичине жетип барган нейтрондун айынан, ядродогу нуклондордун өз ара аракеттенишүүлөрүнүн натыйжасында, ядродон заряддалган бөлүкчөнүн бир түрүн «бүркүп» чыгарышын пайда кылат.

Ядролук реакциялардын жүрүшүн үйрөнүү, изилдөө үчүн заряддалган бөлүкчөлөрдү жарыктын ылдамдыгына чейин тездетүүчү түзүлүштөрдү конструкциялоо өз убагында чоң мааниге ээ болгон.

Мындай тездеткичтер 1932-жылдан баштап жасала баштаган (циклотрон, фазотрон, синхрофазотрон).

Тездетилген заряддалган бөлүкчөлөр менен ядролук реакцияны жүргүзүү – ядролук реакцияны ишке ашыруунун жана атайын изилдөөнүн үчүнчү этабы болуп калды.

Биринчи жолу немец окумуштуулары Кокрофт менен Уолтон тездетилген протон менен литийди бомбалап, эки гелийдин ядросун алышкан. ${}_3Li^7 + {}_1H^1 \rightarrow ... + {}_2He^4$.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Радиоактивдүү бөлүнүү законун чечмелеп бергиле.
2. Атомдук ядрону жасалма жол менен айландырууга Резерфорд кандай жетишкен?
3. Бериллий менен кандай тажрыйба өткөрүлгөн?
4. Чедвик кандай нейтрондун бар экендигин далилдеген?
5. Ядронун протон-нейтрондук моделин айтып бергиле.
6. Эмне үчүн нейтрон менен ядролук реакцияны жүргүзүү эффективдүү?
7. Ядролук реакцияны жүргүзүүдө заряддалган бөлүкчөлөрдү жарыктын ылдамдыгына чейин тездетүүнүн кандай зарылчылыгы бар?

Сапаттык маселелер:

1. Протон кайсы химиялык элементтин ядросу болуп эсептелинет?
2. Ядродо: $7p + 7n$; $51p + 71n$; $101p + 155n$ болсо, булар кайсы химиялык элементтердин ядролору?
3. Эмне үчүн табигый уран атомдук күйүүчү зат болуп саналбай, анын сакталышы жарылуу коркунучун пайда кылбайт?

13-көнүгүү

1. Радиоактивдүү кобальттын орточо жашоо убактысы 7,35 жыл. Жарым ажыроо мезгилин аныктагыла. (5,24 жыл).
2. Алюминийди ${}_{13}Al^{27}$ γ – бөлүкчөлөр менен бомбалаганда, протон бөлүнүп чыккан ядролук реакцияны жазгыла. (${}_{14}Si^{30}$).
3. Бордун изотобун ${}_{5}B^{10}$ нейтрондор менен бомбалаганда, пайда болгон ядродон α – бөлүкчө бөлүнүп чыкса, ядролук реакцияны жазгыла. (${}_{3}\mathrm{Li}^{7}$).
4. Менделеевий элементин алууда, Эйнштейнийди ${}_{99}Es^{253}$ α – бөлүкчөлөр менен нурдантканда нейтрон бөлүнүп чыкса, ядролук реакцияны жазгыла. (${}_{101}Md^{256}$).
5. Плутонийди ${}_{94}Pu^{234}$ неондун ${}_{10}Ne^{22}$ ядролору менен нурданканда Курчатовий элементи жана төрт нейтрон пайда болгон ядролук реакцияны жазгыла. (${}_{104}Ku^{260}$).
6. Ядролук реакцияны толуктагыла:

$${}_{13}Al^{27} + {}_{0}n^{1} \rightarrow ... + {}_{2}He^{4}$$
$$? + {}_{1}H^{1} \rightarrow {}_{11}Na^{22} + {}_{2}He^{4}$$
$${}_{25}Mn^{55} + ? \rightarrow {}_{26}Fe^{56} + {}_{0}n^{1}.$$

§ 55. Байланыш энергиясы. Массанын дефектиси. Энергия менен массанын байланышы

Ар бир химиялык элементтин атомунун ядросунда канча нейтрон жана канча протон бар экендигин, Менделеевдин мезгилдик системасы аркылуу аныктоого болот. Бирок, оң заряддалган протондор бардыгы бирге бир ядродо кандай жайланышып калышат? Эмне үчүн протондор бири-бири менен түртүшсө да оң заряддалган ядрону түзүшөт?

Демек, протондорду жана нейтрондорду ядродо кармап туруучу энергия бар. Ядродо нуклондорду кармап туруучу энергия – **байланыш энергиясы** деп аталат. Ар бир химиялык элементтин байланыш энергиясы кандай аныкталат?

Ядролук реакциянын жүрүшүндөгү так изилдөөлөр, эркин абалындагы нуклондордун массасына караганда, мына ушул эле нуклондордон турган ядронун массасы кичине экендиги аныкталган.

$$m_н - m_я = \Delta m \text{ же } Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_я = \Delta m.$$

Мында, нейтрондун массасы атомдук массанын протондордун санынын айырмасына барабар.

$$N = A - Z.$$

Δm – **массанын дефектиси** деп аталат.

Демек, массанын дефектиси – эркин абалындагы нуклондордун саны менен ядродогу ошол эле сандагы нуклондордон турган ядронун массасынын айырмасына барабар болот. Башкача айтканда, эркин абалындагы нуклондордон бир ядро пайда болсо, ядронун массасы кичине болот.

Массанын дефектиси ядронун массасы канчага кичирейгендигин көрсөтөт.

Немец физиги А. Эйнштейн байланыш энергиясы менен массанын дефектисинин ортосундагы байланышын төмөнкүдөй аныктаган.

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2.$$

Ядролук физикада эсептөөлөрдө Менделеевдин мезгилдик системасындагы химиялык элементтердин массалары эле эмес, массанын атомдук бирдигинде, ал эми энергия *Дж* эмес *МэВде* аныкталат. Ошондуктан, массанын дефектиси менен энергиянын байланышы төмөнкүдөй түргө ээ болот.

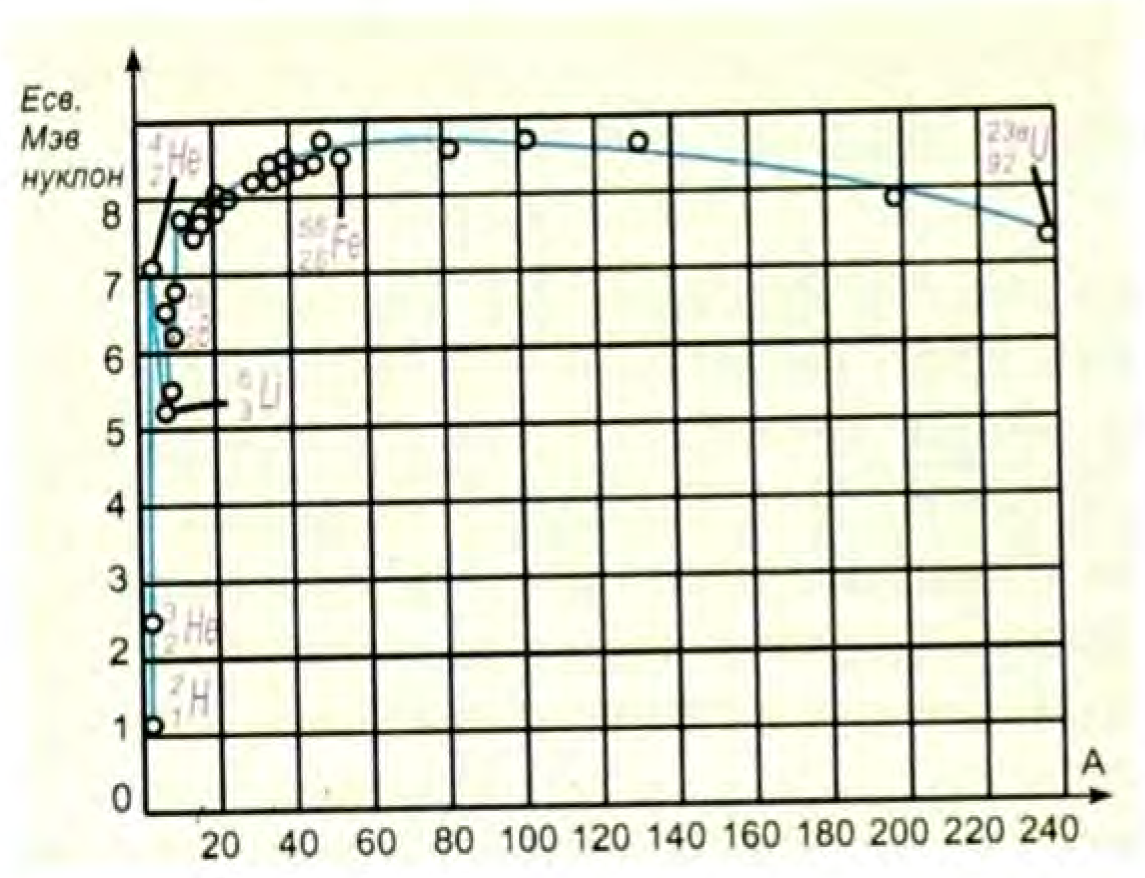
$$\Delta E = 931 \frac{МэВ}{м.а.б.} \cdot \Delta m.$$

§ 56. Салыштырма байланыш энергиясынын массалык сандан көз карандылыгы

Менделеевдин мезгилдик системасындагы ар бир химиялык элементтердин байланыш энергиясы белгилүү.

Байланыш энергиясынын маанилери боюнча химялык элементтерди мүнөздөө үчүн, бир нуклонго канча байланыш энергиясы туура келгендигин аныктоо зарыл болот.

Ошондуктан, **салыштырма байланыш энергиясы** бир нуклонго туура келүүчү берилген химиялык элементтин ядросунун байланыш энергиясынын маанисин аныктайт.



87-сүрөт.

Салыштырма байланыш энергиясынын массалык сандан көз карандылык графигин карап көрөлү (87-сүрөт).

Графиктин анализинен: дейтерийдин ядросунда $_1H^2$ салыштырма байланыш энергиясынын мааниси 1,1 МэВ/нуклон болуп, темирдин изотобунда ($_{26}Fe^{56}$) 8,7 МэВ/нуклон го чейин жогорулайт. Анын эң чоң мааниси, кремнийден ($_{14}Si^{28}$) барийге ($_{56}Ba^{138}$) чейинки ядролорго туура келет. Андан кийинки массалык сандын жогорулашында урандын изотобунда $_{92}U^{238}$ 7,6 МэВ/нуклон го чейин төмөндөгөндүгү чагылдырылган.

Массалык саны анчалык көп эмес химиялык элементтердин ядролорунун салыштырма байланыш энергияларынын максималдуу маанилери: $_2He^4$, $_6C^{12}$, $_8O^{16}$ химиялык элементтеринин ядролоруна туура келсе, эң кичине маанилери: $_1H^2$, $_3Li^7$, $_5B^{10}$ ядролоруна туура келет.

Эмне үчүн жеңил жана оор ядролордо салыштырма байланыш энергиясынын маанилери кичине маанилерге ээ болушат? Жеңил ядролордун нуклондору кичине болгондуктан, алардын беттик тартылуусунун натыйжасы салыштырма байланыш энергиясын азайтып жиберет.

Ал эми, оор ядролордо, протондордун саны көп болгондуктан, алардын Кулондук өз ара түртүлүшүүлөрү салыштырма байланыш энергиясын азайтып жиберет.

§ 57. Уран ядросунун бөлүнүшү

Нейтрондун жардамы менен бир химиялык элементтин ядросун башка химиялык элементтин ядросуна айландыруу кезеги уранга келип жеткен.

1938-жылы, немец окумуштуулары О. Ган, Ф. Штрассман уран ядросун нейтрондор менен бомбалоодон алынган эксперименталдык натыйжасын, уран ядросу башка химиялык элементке айланган деп түшүндүрүшкөн.

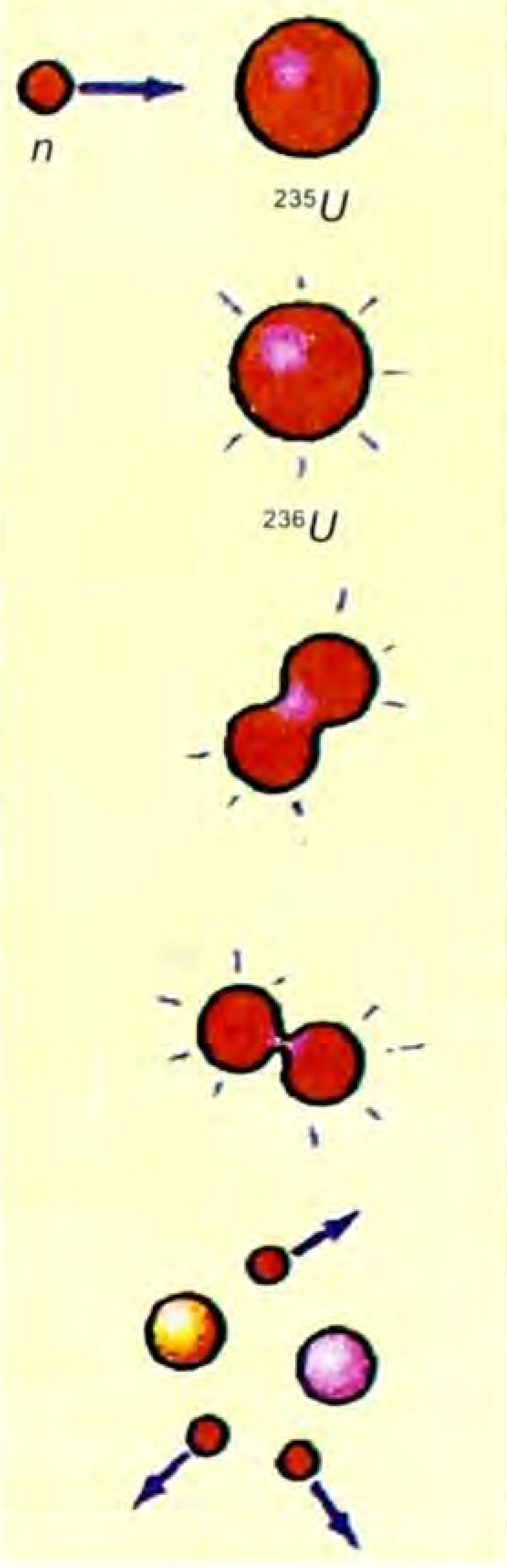
Бирок, Л. Мейтнер, О. Фриш нейтрондордун реакцияда уран ядросу башка химиялык элементтин ядросуна айланбай эле, эки химиялык элементке: барийге жана криптонго ажырагандыгын далилдешкен (88-сүрөт).

Уран ядросунун бөлүнүшүнөн дагы бир нече нейтрондор пайда болгон. Алар кандай пайда болду?

Көрсө, катар номери жогорулаган сайын химиялык элементтердин курамындагы нейтрондордун саны да көбөйүшөт турбайбы. Ошондуктан, көп сандагы нейтрондору бар урандын ядросу Ва жана *кг* бөлүнгөндө, алардын ядролору үчүн керектүү болгондон ашыкча нейтрондор пайда болушат.

88-сүрөт.

Эми, бул нейтрондор өз кезегинде дагы башка



89-сүрөт.

урандын ядролорун бөлүүгө дуушарланта алат. Ар бир бөлүнүү актысынан кийин, нейтрондордун саны улам көбөйө бериши мүмкүн.

Бул реакция – **чынжыр реакциясы** деп аталат.

Себеби, ар бир урандын бөлүнүүсүнөн кийин, чынжыр реакция болуп, барган сайын нейтрондордун саны көбөйүп турат (89-сүрөт).

Уран ядросунун бөлүнүшүн изилдөөлөрдөн, ар бир уран ядросунун бөлүнүшүнөн 200 МэВ энергия бөлүнүп чыга тургандыгы аныкталды. Мындай бөлүү эң аз убакта болгондуктан аябай чоң өлчөмдө энергияны бөлүп чыгаруу менен коштолот.

Мисалы, 1 *г* радийдин ядролору толугу менен ажыраганда, андан бөлүнүп чыккан энергия, 3 тонна таш көмүр толук күйгөндө бөлүнүп чыккан жылуулуктун санына барабар.

Ошондуктан, Ата Мекендик согуш башталардан алдында, физиктер үчүн, кубаттуу атомдук бомбаны жасоо мүмкүнчүлүгүнө ээ болушкандыгы ачык айкын болуп калган болуучу.

Уран ядросунун бөлүнүүсүнөн температурасы миллион градуска жеткен жылуулукту, жарык, радиоактивдүү нурларды согуштук максатта иш жүзүнө ашырууда, табигый урандан, урандын изотобун ($_{92}U^{235}$) бөлүп алуунун техникалык кыйынчылыктары бар эле. Анын себеби, $_{92}U^{238}$ ден $_{92}U^{235}$ изотобун бөлүп алуучу өндүрүштүк технологияны уюштуруу зарылдыгы менен байланышкан. Анткени, согуштук курал катары, ядролук бөлүнүүгө эң ыңгайлуу болгон $_{92}U^{235}$

гана керек болуучу. Бактыга жараша Улуу Ата Мекендик согуш бүткөнчө, урандын мындай изотобун өндүрүштүк деңгээлге чейин эч мамлекет жеткире албаган.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Байланыш энергиясы деп эмнени айтабыз?
2. Массанын дефектиси кандай аныкталат?
3. Масса менен энергиянын байланышы кандай аныкталат?
4. Салыштырма байланыш энергиясынын массалык сандан көз карандылыгынан кандай корутундуга келүүгө болот?
5. Уран ядросунун бөлүнүшү кандай ачылган?
6. Ар бир урандын ядросунун бөлүнүшүндө 2–3 нейтрондор кайдан пайда болот?
7. Эмне үчүн ядролук чынжыр реакциясы үчүн табигый урандыны пайдаланууга болбойт?

Сапаттык маселелер:

1. Азыркы деңгээлде орто кылымдагы химиктердин сымаптан ($_{80}Hg^{198}$) алтынды ($_{79}Au^{198}$) өндүрүшүн кандай өндүрүп алууга болот?
2. Эмне үчүн α – бөлүкчөлөр менен оор элементтердин ядролук реакциясын жүргүзүүгө болбойт?
3. Эмне үчүн суутектин атомун элементардык бөлүкчө деп эсептөөгө болбойт?

14-көнүгүү

1. Бордун ядросу үчүн ($_5B^{10}$) массанын дефектисин жана байланыш энергиясын аныктагыла.
2. Дейтерийдин ядросунун ($_1H^2$) байланыш энергиясын аныктагыла.
3. Азоттун ядросун протонго жана нейтронго бөлүү үчүн кандай минималдуу энергия сарпталат?
4. Алюминийдин ($_{13}Al^{27}$) ядросунун байланыш энергиясын аныктагыла.
5. $_3Li^7$ жана $_8O^{16}$ ядролорундагы бир нуклонго туура келген байланыш энергиясын аныктагыла.

§ 58. Ядролук реактор

Ядролук уланма реакциясында, урандын изотобунун ядролорунун бөлүнүшүнүн ар бир актысында нейтрондордун саны улам көбөйө берет.

Ошондуктан, уланма реакция нейтрондордун көбөйүү коэффициенти менен мүнөздөлөт.

Нейтрондун көбөйүү коэффициенти – берилген бөлүнүү актысындагы нейтрондун санынын, мурдагы актыда нейтрондогу санына болгон катышы менен аныкталат.

Нейтрондун көбөйүү коэффициенти ($K > 1$) бирден чоң болушу үчүн, мисалы, урандын изотобунун массасы (${}_{92}U^{235}$) анын критикалык массасынан чоң болот.

Эгерде урандын массасы, анын критикалык массасынан чоң болсо, мындай массадагы урандын изотобунун ядролору өз алдынча бөлүнүүгө дуушар болуп, атомдук жарылууну пайда кылат. Ошондуктан, уран, анын критикалык массасынан кичине болгон массада сакталат. Уран үчүн, анын критикалык массасы 60 *г* га барабар экендиги белгилүү.

Эң биринчи атомдун бомбасы 30 *г* болгон эки бөлүктөн турган. Аны жаруу үчүн, эки бөлүгүн кошулуучу шарттар аткарышат.

Хиросимадагы 1945-жылы 6-августта, Америкалык учкучтар Японияга таштаган атом бомбасында («Малыш») урандын изотобу (${}_{92}U^{235}$) пайдаланылган.

Ошол эле жылы, Нагасакиге ташталган 9-августтагы атомдук бомбасында («Толстяк») торий (${}_{90}Th^{232}$) пайдаланылган.

Бул убакыттан бери 60 жылдан ашык убакыт өтсө да, Японияда, атомдук жарылуулардын кесепеттери азыркыга чейин балдардын ден соолугуна терс таасирин тийгизип келүүдө.

Атомдук энергияны тынчтык максатында пайдалануу үчүн, оор элементтердин ядролорунун бөлүнүүсүнө себепчи болгон нейтрондордун санын башкаруу керек болот.

Ядролук чынжыр реакциясын башкаруучу түзүлүш – **атомдук реактор** деп аталат.

Ядролук бөлүнүүлөрдөн пайда болгон нейтрондордун санын башкаруу үчүн, ядролук реакторлордо барий же кадмий колдонулат. Анткени, бул химиялык элементтер нейтрондорду активдүү жутуучу касиеттерге ээ болот.

Атомдук реакторлордо, уран стержендеринин арасында кадмий же бордун стержендери болот. Алардын активдүү зонадан чыгарылыш деңгээлине жараша, урандын көзөмөлдөнгөн ядролук бөлүнүүсүн камсыз кылуу менен, андан бөлүнүп чыккан жылуулук энергиясын электр энергиясына айландырууга болот.

Атомдук электростанцияларда (АЭС) электр энергиясы мына ушундайча өндүрүлөт.

Урандын изотопторунан даярдалган стержендеринин ичинде, табийгый урандын да ядролору болот, ал нейтронду жутуу менен β – бөлүнүүдөн кийин нептунийге, нептуний плутонийге айланат.

$$_{92}U^{238} + _0n^1 \rightarrow _{92}U^{239}$$

$$_{92}U^{239} \rightarrow _{93}Ne^{239} + _{-1}e^0$$

$$_{93}Ne^{239} \rightarrow _{94}Pu^{239} + _{-1}e^0 \;.$$

Плутоний, урандын изотобу сыяктуу, жай жана тез кыймылдоочу нейтрондор менен бөлүнүүгө дуушар болгондуктан, ал ядролук отун катары пайдаланылат.

§ 59. Жеңил элементтердин синтезделиши. Термоядролук реакция

Менделеевдин мезгилдик системасынын анализинен, энергиянын бөлүнүп чыгышы үчүн, бир гана оор элементтердин ядролорунун бөлүнүүсү менен чектелбей тургандыгы келип чыгат. Жеңил элементтердин ядролорун синтезделиши аркылуу да энергиянын бөлүнүп чыгуусун камсыз кылууга болот.

Бирок, жеңил элементтердин ядролору оң зарядка ээ болгондуктан, алар бири-бири менен түртүлүшөт. Ал эми, бул ядролор синтезделиши үчүн, аларды бири бирине 10^{-8} *см* аралыкка чейин жакындатуу зарыл болот. Мындай аралыкка жогорку температурада гана жеңил элементтердин ядролорун жакындатууга жетишүүгө болот.

Жогорку температура жеңил ядролордун синтезделүү реакциясы **термоядролук реакция** деп аталат.

Мисалы, суутектин изотобу дейтерий менен тритийдин ядролорунун синтезделишинен, гелийдин ядросу жана нейтрон пайда болот.

$$ {}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 . $$

Азырынча, адамзаттын колунда башкарылбай турган согуштук термоядролук курал – водороддук бомбасы бар.

Эгерде башкаруучу термоядролук реакцияны иш жүзүнө ашырууга мүмкүнчүлүк болсо, адамзат энергетикалык проблемаларынын чечилишине өбөлгө түзүлмөк. Бул багыттагы негизги кыйынчылыктардын бири, заттын плазма абалынын температурасы миллион градуска жакын болгондугунда. Мындай температурадагы плазманы эч кандай идиште сактап болбойт.

Ошондуктан, азыркы мезгилде магнит талаасынын жардамы менен плазманы идиштин каптал бети менен жакындатпай кармап турууга жетишүү жолдору аныкталды.

Жаратылышта Күндө, жылдыздарда суутектин изотопторунун синтезделишинен, гелийдин ядросу пайда болуп, анын эсебинен жогорку температурадагы энергия бөлүнүп чыгат.

Күндөгү суутектин запасы 4,5 млрд жылдан кийин түгөнөт. Суутектин запасы түгөнгөндөн кийин, жылдыз гравитациялык кысылууга (коллапс) дуушар болуп, нейтрондук жылдызга, андан кийин кара объектиге айланат.

Демек, жылдыздардын эволюциясынын акыры, алардын кара объектилерге айланышы менен бүтөт.

А балким, азыр да кээ бир жылдыздар өз жашоосун түгөтүп кара объектилерге айлангандары бар болуп жүрбөсүн?

Суутектин запасы түгөнгөн мындай кара объектилердин касиеттери, аларды издеп табуу жолдорун – Астрофизика илими окуп-үйрөтөт.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Урандын бөлүнүшүн кантип башкарууга болот?
2. Нейтрондун көбөйүү коэффициенти деп эмнени айтабыз?
3. Атомдук реактордун иштөө принцибин айтып бергиле.
4. Табигый уран торийге кандай айланат?
5. Жеңил элементтердин синтезделишинде эмне үчүн энергия бөлүнүп чыгат?
6. Термоядролук реакция деп эмнени айтабыз?
7. Күндүн ичинде, жылдыздарда кандай реакциялар жүрөт?

Сапаттык маселелер:

1. Эмне үчүн нейтрондордун көбөйүү коэффициенти бир бөлүнүүчү ядродон чыккан нейтрондордун орточо санынан аз болот?
2. Планетабыздын энергетикалык келечегинин бир багыты болуп кеңири «күйүүчү майы» суу эсептелинет. Мунун себеби эмнеде?
3. Экологиялык жактан зыян келтирбей турган энергиянын дагы кандай булактарын пайдалануу зарылчылыгы келип чыгууда?

15-көнүгүү

1. Урандын изотобунун ядросу ($_{92}U^{235}$) бир нейтронду жутуп алгандан кийин, эки ядрого ажыроо менен кошо эки нейтрон бөлүнүп чыкты. Эгерде бул ядронун бири ($_{54}Xe^{140}$)) болсо, экинчи ядрону аныктагыла.
2. Урандын изотобунун ядросу ($_{92}U^{235}$) бир нейтронду жутуп, эки ядрого жана төрт нейтронго бөлүндү. Эгерде ядронун бири $_{55}Cs^{137}$ болсо, экинчи ядрону аныктагыла?
3. Уран ядросу бөлүнгөндө, бөлүнгөн эки ядронун жалпы массасына караганда, ядронун баштапкы массасынын айырмасы болжол менен протондун тынч абалынын массасынын 0,2 бөлүгүн түзөт. Урандын бир ядросу бөлүнгөндө канча энергия бөлүнүп чыгат?
4. Урандын изотобунун ($_{92}U^{235}$) ядросунун бөлүнүүсүндө 200 МэВ энергия бөлүнүп чыгат. Ядролук реактордо бул изотоптун 1 *гр* бөлүнгөндө кандай энергия бөлүнүп чыгат? Мындай энергия бөлүнүп чыгышы үчүн канча таш көмүр жагууга туура келет?
5. Шар формасындагы 60 кг урандын изотобу $_{92}U^{235}$ тин критикалык көлөмү канча? Уран шарынын жарылууга мүмкүн болгон өлчөмдөгү диаметри канча? (ρ =18,7 *г/см*^{3}).
6. Термоядролук реакцияда кандай энергия бөлүнүп чыгат?

$$_1H^2 + _1H^3 \rightarrow _2He^4 + _0n^1 .$$

§ 60. Радиоактивдүү нурдануулардын касиеттери жана анын биологиялык таасири. Радиациялык нурдануу дозасы

Атомдук реактордо отун катары урандын изотобу пайдалангандыктан, реактордо чынжыр реакциясынын натыйжасында жылуулук бөлүнүп чыгуу менен кошо пайда болгон плутоний, таштандылары радиоактивдүү нурдануунун күчтүү булактарына айланат.

Радиоактивдүү нурданууда ядролордон α – бөлүкчөлөр, β – бөлүкчөлөр жана γ – нурлары пайда болот. Бул бөлүкчөлөрдүн адамга тийгизген таасири да ар түрдүү болот.

Радиоактивдүү элементтин ядросунан ар кандай энергияга ээ болгон β – бөлүкчөлөр заттын ичинде ар кандай аралыкты басып өтүшөт.

β – бөлүкчөлөрүнүн заттан өтүп кетүү жөндөмдүүлүгүн бөлүкчөлөрдү толук жутуп алуучу беттин минималдуу калыңдыгы менен мүнөздөлөт.

Мисалы, 2 Мэв энергияга ээ болгон β – бөлүкчөлөрдөн, калыңдыгы 3,5 *мм* алюминий толугу менен сактай алат.

α – бөлүкчөлөр массасы боюнча, β – бөлүкчөлөрдөн чоң болгондуктан негизинен түз сызык боюнча кыймылга келишет. Заттын ичиндеги α – бөлүкчөлөрдүн жолу чоң мааниге ээ болбойт.

Мисалы, энергиясы 4 МэВ болгон α – бөлүкчөлөр абада 2,5 *см* аралыкты өтүшөт. Сууда же адамдын денесинде α – бөлүкчөлөрдүн өткөн аралыгы миллиметрдин жүздөн бир үлүшүн түзөт.

α – бөлүкчөлөр жана β – бөлүкчөлөрдүн заттардан өтүп кетүү деңгээли анчалык көп эмес мааниге ээ болгондуктан, адамдын өмүрү үчүн коркунуч келтирбейт.

Калың кийим β – бөлүкчөлөрдүн көпчүлүгүн өткөрбөй жутуп алса, α – бөлүкчөлөрдү таптакыр өткөрбөй жутуп алат. Бирок, адамдын организмине тамак, суу жана аба аркылуу кирип кеткен бул бөлүкчөлөр же радиоактивдүү нурданууга дуушар болгон телолордун беттери, адамды айыкпас ооруга кириптер кылышы мүмкүн.

Гамма – нурлары жана нейтрондор электр зарядына ээ болушпагандыктан, алардын жолунда кездешүүчү көптөгөн атомдор аркылуу эркин өтүп кете беришет. Бирок, алар үчүн да заттар «тунук» болуп саналбайт.

Гамма – нурларынын абада басып өткөн аралыгы 100 метрге жакын болсо, ондогон *см* ден метрге чейин жетиши мүмкүн.

Демек, радиоактивдүү нурдануулардын ар кандай түрдөгү заттарга тийгизген таасирлеринин натыйжасы чөйрөнүн атомдорунун дүүлүгүшүнө кээде ядролук реакцияны пайда кылып, анын негизинде жаңы элементтердин же изотоптордун пайда болушуна алып келиши мүмкүн. Дүүлүккөн атомдордун жана иондордун активдүүлүгү жогорулап кеткендиктен, адамдын организмине чоочун жаңы химиялык кошулмаларды пайда кылат. Иондоштуруучу радиациянын тааси-

ри менен айрым татаал молекулалар жана клеткалык түзүлүштүн элементтери бузулуп кетет.

Гамма – нурлары жана нейтрондордун агымы радиоактивдүү нурлардын эң чоң даражада зат аркылуу өтүп кетүү мүмкүнчүлүгүнө ээ болушкандыктан, адам үчүн коркунучту жаратат.

Анткени, радиоактивдүү нурлардын чоң дозасы тирүү клеткаларга терс таасирин тийгизет. Бул таасир этүүнүн механизми, тез кыймылдоочу заряддалган бөлүкчөлөрдүн клеткалар аркылуу өтүшүндө, клеткалардын атомдорун иондоштуруу жана молекулаларды бөлүп жиберүүчү касиетке ээ экендиги менен байланыштуу болот. Өзгөчө тез өсүп жана көбөйүп жаткан клеткалар нурлардын таасирлерине сезгич келишет. Терапиялык максатта пайдаланылган радиоактивдүү препараттардан чыккан – нурларынын анчалык чоң эмес дозасында рактын клеткалары жок болот. Бирок, рактын радиотерапиясы рентгенотерапия эле сыяктуу мындай ооруларды айыктыруучу универсалдуу каражаттар болуп эсептелинбейт.

Негизинен анчалык чоң эмес дозадагы – нурлары организмдин оңолушуна жардам бере алат. Ошондуктан аз сандагы радий же радону бар радиоактивдүү минералдык суулар дарылык касиеттерге ээ болушат.

Радиациялык нурдануу дозасы

Радиациялык нурдануу биологиялык өзгөчө чоңдуктар менен мүнөздөлөт.

Ар кандай түрдөгү ядролук нурдануулардын таасиринин чени болуп **нурдануунун жутулган дозасы** саналат.

Нурдануунун жутулган дозасы заттын бирдик массасына берилген радиациялык нурдануусун көрсөтөт.

Жутулган дозанын бирдиги үчүн **1 Грей** кабыл алынган. Андан тышкары, **рад** бирдиги да колдонулат.

$$1\ рад = 0{,}001\ Гр.$$

Нурдануу дозасынын кубаттуулугу (жутулган нурдануунун дозасы) убакыт бирдиги ичинде дозаны көрсөтөт.

$$N = D/t \qquad [N] = Гр/с.$$

Адамдын организми тарабынан Рентген жана γ – нурларынын жутуусу, бул адамдын радиациялык зонада канча убакытта болгондугу менен аныкталат. Ошондуктан, бул нурлардын энергетикалык мүнөздөмөсү катары,

Рентген жана γ – нурларынын экспозициялык дозасы – кургак атмосфералык абаны иондоштуруу таасири менен бааланат. [Dэ] = *Кл/кг.*

Ошондой эле, экспозициялык дозанын бирдиги үчүн **1 Рентген** кабыл алынган. $1P = 2{,}58\ 10^{-4}\ Кл/кг.$

Адамдын организми дайыма космостук нурларын жана Жердин ички катмарларынан келген радиациялык нурларын жутуп турат. Бул нурларды табигый радиациялык фон деп аташат. Адамдын организми үчүн, табигый фонго караганда 250 эсе ашык экспозициялык доза зыянсыз деп эсептелинет. Адам үчүн бир жолу кабыл алган экспозициялык дозасы 500 милли Рентген коркунучтуу деп эсептелинет.

§ 61. Энергетиканын келечеги жана экологиялык проблемалар

Азыркы кезде ар бир мамлекеттин экономикалык мүмкүнчүлүгү, дарамети пайдаланылган электр энергиясынын деңгээли менен аныкталат. Алдын-ала эсептөөлөргө караганда 100 жылда электр энергиясын пайдалануу 11 эсе көбөйөт.

Электр энергиясы: жылуулук, гидро, атомдук электростанцияларында өндүрүлөт.

Бирок, XXI кылымдын башталышында, жаратылышка зыян келтирбей электр энергиясын өндүрүп чыгуунун жаңы жолдорун табуу зарылдыгы келип чыгууда. Анткени, өндүрүлүп жаткан электр энергиясынын басымдуу бөлүгү туура келген жылуулук электр станцияларында Жердин ресурста-

рынын (көмүр, нефть) эбегейсиз көп өлчөмдө сарпталышына алып келүүдө.

Бул станцияларда нефть, кокс, көмүр жагылат. Мындай абалда 100–150 жылда алардын запасы түгөнүп калат.

Анын үстүнө, жыл сайын улам ургаалдуу жагыла берген отундардан бөлүнүп чыккан түтүндөрдүн (смокинг) бөлүкчөлөрү Жердин атмосферасында болушу, «парник» эффектисинен Жердин орточо температурасынын жогорулашына алып келет. Бул өз кезегинде, дүйнөлүк океандын жалпы деңгээлинин жогорулашына алып келиши мүмкүн.

Гидроэлектростанциялар суунун запасы көп дарыялардын боюнда орнотулуп, андан керектөөчүлөргө өткөргүчтөр аркылуу жеткирилет. Ошондуктан, Кыргызстанда гидроэлектростанциялар Нарын дарыясында курулган. Бирок, суунун запасын топтоочу суу сактагычты курууга туура келет.

Мисалы, Токтогул ГЭСиндеги суу сактагычында 20 млрд $м^3$ көлөмгө жакын суу топтолот. Натыйжада, тоолуу Кыргызстан үчүн дыйканчылыкка керек болгон канча жер, канча флора жана фауна суунун түбүндө калган.

Мындай жасалма көлдөрдүн пайда болушу суунун бууланышына алып келгендиктен, атмосферадагы табигый тең салмактуулуктун бузулушун пайда кылат. Атмосферадагы мындай өзгөрүүлөр өз кезегинде кылымдар бою туруктуу болуп келген жылдык мезгилдин өзгөрүшүнө өз таасирин тийгизбей койбойт. Мындай гидростанциялардын саны негизинен биздин мамлекет үчүн жетиштүү болсо да, келечекте кошуна өлкөлөрдөн энергетикалык көз карандысыздыкка жетишүүдө Россиялык компаниялар менен биргеликте эки гидростанцияны куруу жана Кыргызстан боюнча көз карандысыз энергетикалык шакекти түзүү милдеттери турат.

Азыркы электр энергиясы өндүрүлүп жаткан атомдук электр станцияларында пайдаланылып жаткан «күйүүчү» отун болгон урандын изотобу, иштетилип бүткөндөн кийинки калган радиоактивдүү калдыктарын чөйрөгө зыян келтирбей сактоо проблемалары келип чыгууда. Анткени, бул станция-

ларда урандын изотобу канчалык көп убакыт пайдаланылса, анын радиоактивдүү калдыктары да көбөйүп кетет.

Келечекте термоядролук синтез аркылуу жылуулук алууда, өндүрүштүк деңгээлге чейин жеткирилген жолдору иш жүзүнө ашырылса, адамзат үчүн энергетика проблемалары чечилмек.

Күндүн энергиясын пайдаланып автономдуу электр энергиясынын булактарын алуу жаратылышка экологиялык терс таасирин тийгизбей турган жолдор болуп саналат.

Ошондуктан, Борбордук Азияда бир жылдын 200 күнү ачык болушунун өзү, электр энергиясын алууда Күндүн энергиясын пайдалануу жолдорун табууга, изилдөөгө келечек ээлерин үндөйт.

? Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Радиоактивдүү нурларды заттын жутуусу жөнүндө айтып бергиле.
2. Радиоактивдүү нурларынын адамдын денесине кандай терс таасири бар?
3. Радиациялык нурдануу дозасы жөнүндө айтып бергиле.
4. Ядролук таштандыларды сактоо жана анын экологиялык проблемаларын айтып бергиле.
5. Энергетиканын келечеги жөнүндө айтып бергиле.

§ 62. Нейтрондун бөлүнүшү. Нейтрино. Позитрон

β – бөлүнүү процессинде ${}_{Z}X^{M} \rightarrow {}_{Z+1}Y^{M} + {}_{-1}e^{0}$ жаңы ядродо бир протон пайда болот. Аны менен кошо бир электрон пайда болуп ядродон учуп чыгат. Бирок, массалык сан өзгөрбөйт. Мындан, ядро β – бөлүнүүдө бир нейтронго кемигендиги келип чыгат.

Демек, β – бөлүнүүдө, ядродо бир нейтрон азайып, бир протон жана электрон пайда болуп, протон ядродо, ал эми электрон ядродон бөлүнүп чыгат.

Нейтрондун протонго жана электронго бөлүнүшүн төмөнкүдөй белгилөөгө болот.

$$n \to p + {}_{-1}e \,.$$

Швейцариялык физик Вольфанг Паулинин изилдөөлөрүнүн негизинде, нейтрондун бөлүнүүсүндө протон ядронун ичинде калат жана жаңы ядролордун энергиясы бирдей. Ал эми, ядродон учуп чыккан электрондордун энергиялары ар түрдүү мааниге ээ болушат. Мындан, протон менен электрондон тышкары энергияны алып жүрүүчү дагы бир бөлүкчөнүн жетишпей жаткандыгы далилденет. Бул бөлүкчө Э. Ферминин сунушу менен **нейтрино** деп аталып калды.

Натыйжада, нейтрондун бөлүнүүсүндө протон, электрон жана нейтрино пайда боло тургандыгы дайын болду.

$$n \to p + {}_{-1}e + \nu \,.$$

Нейтринонун массасынын эң кичине экендиги жана негизинен заряддалган бөлүкчөлөргө таасир этпей тургандыгы, аны каттоо чоң техникалык кыйынчылыктарды алып келди.

Күндүн ичинде төрт протондун синтезделишинде ар бир пайда болгон гелийдин ядросуна эки нейтрино туура келет. Нейтрино Жер шарынан түздөн-түз өтүп кете берет. Күндүн ичинде жүргөн процесстер жөнүндө ар кандай маалыматтарды алып жүрүшкөн нейтринолор, Жердин бетине жетип келген бөлүгү детектордо ядролук реакцияны пайда кылат.

Мындай реакциянын жүрүү ыктымалдуулугу бир кыйла төмөн жана пайдаланылуучу аппаратуралар өтө кымбат болот. Ошондуктан, бул багытта нейтринолук физиканын ачылыштары – келечектеги физиктердин аракети менен байланышкан.

§ 63. Позитрондун ачылышы

1928-жылы англиялык физик Поль Дирак өзүнүн теориялык изилдөөлөрүндө, жаратылышта электрондун түгөйү болгон, электрондон заряды менен гана айырмаланган **позитрондун** бар экендиги далилденген. Позитрон – оң заряддалган электрон. Анын бар экендиги 1932-жылы тажрыйба жүзүндө далилденген. Позитрон – электрондун **антибөлүкчөсү** деп аталат.

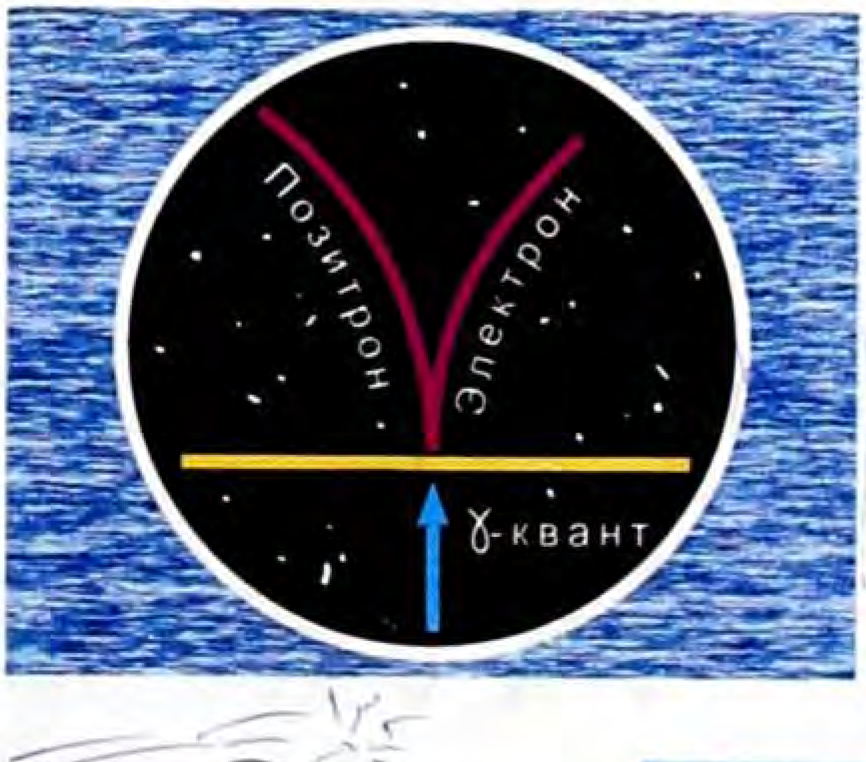
1933-жылы Фредерик жана Ирен Жолио-Кюрилер γ – нуру (фотон) ядролорду жандап өтүүсүндө электронго жана позитронго айланышы мүмкүн экендигин далилдешкен (90-сүрөт).

$$\gamma \rightarrow {}_{+1}e^{o} + {}_{-1}e^{o}\ .$$

Ошол эле учурда, жай кыймылдаган электрон менен позитрондун өз ара кагылуусунда, алар жок болуп кетишип, б. а. аннигляцияланып, алардын ордуна эки фотон – жарыктын бөлүкчөсү пайда болот.

$${}_{-1}e^{o} + {}_{+1}e^{o} \rightarrow 2\gamma\ .$$

Бул формулалардан, фотондун электрондук-позитрондук жубун пайда кылышы жана электрон позитрондук аннигляциясында эки фотондун пайда болушу, материянын жашоо формасынын эки түрү болгон заттын талаага жана талаанын затка айланып жаткандыгынын далили экендиги келип чыгат (90-сүрөт).



90-сүрөт.

Бирок, электрон менен позитрон өз ара уруусунда дайыма эле эки фотон пайда боло бербейт. Эгерде булар чоң

энергияга ээ болушкан болсо, анда өз ара урунушкандан кийин, 200дөн ашык жаңы бөлүкчөлөрдү пайда кылышы мүмкүн.

Бышыктоо үчүн суроолор:

1. Нейтрондун бөлүнүшүн түшүндүргүлө.
2. Позитрон кандайча ачылган?
3. Кандай элементардык бөлүкчөлөрдү билесиңер?
4. Фотон электронго жана позитронго кандай айланат? Электрон менен позитрондун аннигляциясы кандай натыйжага алып келет?

Сапаттык маселелер:

1. Эмне үчүн β – бөлүнүү процессинде бирдей энергиядагы ядролордон бөлүнүп чыккан β – бөлүкчөлөрдүн энергиясы бирдей эмес?
2. Вильсондун камерасындагы протондун калтырган изи позитрондун изинен эмнеси менен айырмаланат?
3. Электрондун, протондун жана нейтринонун антибөлүкчөлөрү кандай аталат жана белгиленет?

16-көнүгүү

1. Бордун изотобун $({}_5B^{10})$ – бөлүкчөлөр менен бомбалаганда азоттун изотобу ${}_7N^{13}$ пайда болсо, кандай бөлүкчө ядродон «бүркүп» чыгат?
2. Азоттун изотобу радиоактивдүү болуп, нейтринону нурдантуу менен позитрондук бөлүнүүнү пайда кылат. Реакцияны жазгыла.
3. Радиоактивдүү изотопордо протондорго караганда нейтрондору көп болсо, ядродон электрондор бөлүнүп чыгат. Нейтрондорго караганда протондору көп болсо, ядродон позитрондор бөлүнүп чыгат.
   ${}_7N^{13}$, ${}_{11}Na^{24}$ жана тритийдин ядросу ${}_1H^3$ кандай түрдөгү нурланууну чыгарат?
4. Ядролук реакцияны толуктагыла:
   $${}_{15}P^{30} \rightarrow {}_{14}Si^{30} + ?$$
   $${}_{14}Si^{27} \rightarrow {}_{13}Al^{27} + ?$$

ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШТЕР

ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШКЕ КӨРСӨТМӨ

ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШТЕР

№ 1 лабораториялык иш.

Математикалык маятниктин жардамы менен, анын жибинин узундугун аныктоо.

Жабдуулар: жипке илинген шарча, сызгыч, секундомер.

Кыскача теория.

Чындыгында, математикалык маятниктин жибинин узундугун сызгыч менен ченеп алса болот. Бирок, селкинчектин жибинин узундугун сызгыч менен эмес, математикалык маятниктин термелүү мезгили аркылуу аныктоого болот. Ал үчүн,

$$T = t/n \qquad (1)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \qquad (2)$$

(1)-ни (2)-ге коюп, жиптин узундугун аныктоого болот.

$$\frac{t}{n} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad \text{же} \quad \frac{t^2}{n^2} = 4\pi^2\frac{\ell}{g}.$$

Мындан
$$\ell = \frac{g \cdot t^2}{4\pi^2 \cdot n^2}. \qquad (3)$$

Демек, жиптин узундугун же селкинчектин жибинин узундугун аныктоо үчүн, адегенде термелүү убактысын, термелүү санын билип алгандан кийин, $g = 9{,}8\ м/с^2$ деп эсептеп, (3)-формулага коюп, эсептеп чыгуу жетиштүү болот.

Лабораториялык ишке көрсөтмө.

1. Математикалык маятникти тең салмактуу абалынан чыгарып, анын толук термелүүсүн бир деп эсептеп, 20 же 30 жолу термелген убактысын секундомер менен аныктагыла.

2. Тажрыйбаны мына ушул узундукта 3–4 жолу кайталап, анын тагыраак маанисин таблицага толтургула.

3. Жиптин узундугун дагы эки жолу өзгөртүп, тиешелүү термелүү санына сарпталган убактысын секундомер менен тактап, алардын маанилерин таблицага толтургула.

4. Жиптин узундугун ($\ell_ф$) 3-формула аркылуу эсептегиле.

5. Жиптин узундугун ($\ell_с$) сызгыч менен ченегиле.

6. Сызгыч менен жана формула аркылуу аныкталган жиптин узундугунун маанилерин салыштыргыла. Мында формулада аныкталган жиптин узундугунун маанисине, тажрыйбада аныкталганы канчалык жакын келсе, тажрыйбанын тактыгын көрсөтөт.

№	n	t	$\ell_ф$	$\ell_{ф\ орт.}$	$\ell_с$
1.					
2.					
3.					

7. Биринчи тажрыйбадагы эсептөөлөрдө $g = 9{,}8\ м/с^2$ деп эсептелген. Бирок, анын мааниси Жердин ар бир географиялык чекитинде бирдей мааниге ээ болбойт. Эмне үчүн? Анткени Жер шар формасында эмес, тооктун жумурткасына окшош болот. Андыктан g нын мааниси экватордо уюлга караганда чоң болот.

Ошондуктан, ар бир географиялык чекитте, б. а. мектепте болобу же тоодо болобу g нын мааниси кандай мааниге ээ экендигин аныктоого болот. g нын маанисин өз алдынча аныктоо сунушталат. Ал үчүн 3-формуланын негизинде

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot n^2 \cdot \ell}{t^2},$$

t, n чоңдуктарын тажрыйбада өлчөө аркылуу жетишүүгө болот.

Суроолор:

1. Эмне үчүн g нын мааниси бардык географиялык чекиттеринде бирдей болбойт?
2. g нын мааниси берилген географиялык чекитинде кескин чоң мааниге ээ болуп калса, кандай корутунду чыгарууга болот?
3. Эгерде селкинчек тепкен балага дагы экөө кошулуп калса, селкинчектин термелүү мезгили өзгөрөбү?

№ 2 лабораториялык иш.

Жөнөкөй радиону чогултуу.

Жабдуулар: өзгөрүлмө сыйымдуулуктагы конденсатор, орточо толкундарга ылайыкташтырылган катушка, жарым өткөргүч диод (Д2Е), антенна, Жерге бириктирилген зым же ысыткыч батареяларга туташтырылган зым.

Кыскача теория.

Жөнөкөй радио: термелүү контурунан, жарым өткөргүч диод (Д2Е), конденсатордон (5600 *мкФ*) жана наушниктен, антенна жана Жерге туташтырылган өткөргүчтөн турат.

Радиостанциялардан таралган радиотолкундар антеннада модуляцияланган жогорку жыштагы токторду пайда кылат. Удаалаш туташтырылган өзгөрүлмө сыйымдуулугун конденсатор менен индуктивдүү катушкасы термелүү контурун түзөт. $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Мында ω – термелүү жыштыгы, L – катушканын индуктивдүүлүгү, C – конденсатордун сыйымдуулугу. Формуладан, конденсатордун сыйымдуулугун өзгөртүү менен термелүү контурунун жыштыгын өзгөртүүгө жетишүүгө боло тургандыгы көрүнүп турат.

Конденсатордун белгилүү бир маанисинде, термелүү контурунун жыштыгы тигил же бул радиостанциянын жыштыгына барабар болуп калат. Бул абалда, термелүү контурда-

гы токтун күчү максималдуу мааниге ээ болот. Мындай абал электромагниттик резонанс деп аталат.

Термелүү контурундагы пайда болгон модуляцияланган жогорку жыштыктагы ток тандап алынган радиостанциянын пайдалуу сигналын алып жүрөт. Ошондуктан, мындай жогорку жыштыктагы ток, резонанс режиминде жарым өткөргүч диод аркылуу өтөт.

Бирок, жарым өткөргүч диоду бир жактуу өткөрүмдүүлүк касиетине ээ болгондуктан, жогорку жыштыктагы токтун оң маанилерин гана бөлүп алат. Бул процесс демодуляция же детектрлөө деп аталат, б. а. диоддо – жогорку жыштыктагы токтон төмөнкү жыштыктагы токту бөлүп алуу процесси жүрөт. Эгерде, бөлүп алынган төмөнкү жыштыктагы маанилеринин көз карандылык графигинен токтун мааниси кескин жогорулап, андан кийин нөлгө чейин төмөндөп, бир аз убакыттан кийин экинчи токтун мааниси да мына ушундай тартипке өзгөрө тургандыгын көрүүгө болот. Мындай ток пульсацияланган ток деп аталат.

Ошондуктан, биринчи токтун кескин жогорулашында блокировкалоочу конденсатор заряддалат жана төмөнкү жыштыктагы ток наушник аркылуу өтө баштайт, токтун мааниси кескин төмөндөгөн учурда блокировкалоочу конденсатор наушниктин электромагнитинен өтүп разряддалат да, төмөнкү жыштыктагы ток радиостанциядагы микрофондо пайда болгон электрдик сигналдын дал өзү болуп саналат.

Натыйжада мындай ток наушник аркылуу өткөндө, анда тигил же бул радиостанциядан радио берүүлөрдү угууга болот.

Лабораториялык ишке көрсөтмө.

1. Жөнөкөй радиону принципиалдык схемасынын негизинде чогулткула.
2. Антеннаны сапаттуу даярдагыла.
3. Жерге туташтыруучу зымдын ишенимдүү туташтыруу жолун колдонгула.

4. Чогултулган жөнөкөй радиону антеннага, Жерге, наушникке улап, конденсатордун сыйымдуулугун өзгөртүү менен, радиостанциянын кабыл алуусуна жетишкиле.

? **Суроолор:**

1. А. С. Поповдун радиосунун иштөө принцибин айтып бергиле.
2. Радиодон радиоберүүлөрдү угууда электромагниттик резонанстын кандай мааниси бар?
3. Эмне үчүн жөнөкөй радиодон радиоберүүлөр бирде катуу, бирде начар болуп угулат?

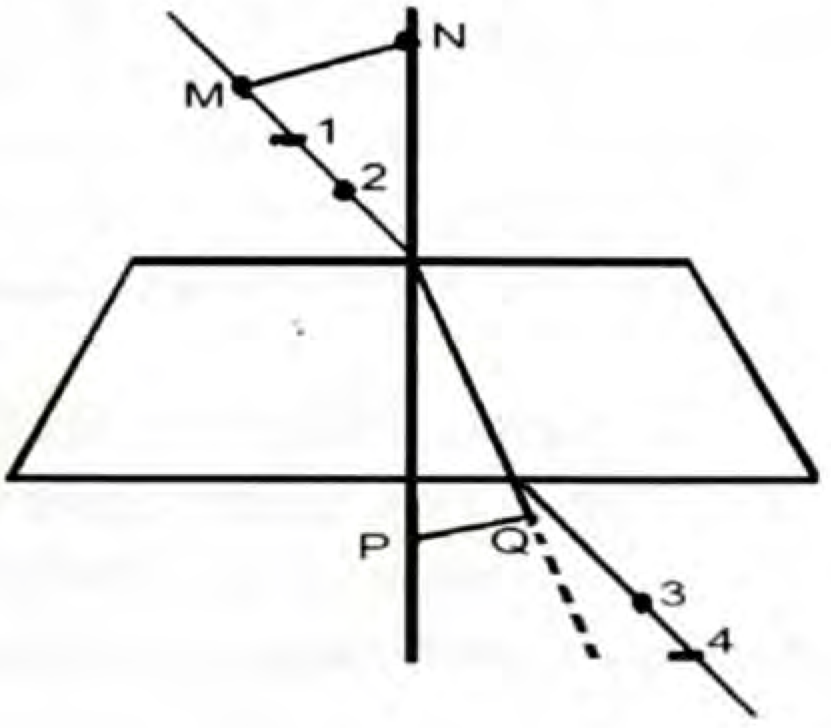
№ 3 лабораториялык иш.

Айнектин сынуу көрсөткүчүн аныктоо.

Жабдуулар: жалпак параллель айнек же бир нече катмардан турган атайын төрт бурчтук түрүндө кыркып алынган айнек, сызгыч, 4 даана ийне.

Кыскача теория.

Жарык нуру бир тектүү чөйрөдө түз сызыктуу таралат. Эгерде жарык нуру экинчи чөйрөгө келип жетип, ал чөйрө тунук болсо, экинчи чөйрөдө жарык нуру кандай таралат? Тажрыйбадан белгилүү болгондой жарык нуру эки чөйрөнү бөлүп турган чек арада, эгерде экинчи чөйрө тунук болсо, жарык экинчи чөйрөдө багытын өзгөртөт. Бул **жарыктын сынышы** деп аталат.



Жарык нуру эмне үчүн экинчи чөйрөдө багытын өзгөртөт? Анын себеби эмнеде?

Анын себеби, жарыктын таралуу ылдамдыгы бардык чөйрөдө бирдей эмес экендигинде. Жарык вакуумда эң чоң ылдамдыкка ээ болот, башкача айтканда,

$c = 300000\ м/с = 3 \cdot 10^8\ м/с.$

Ал эми калган тунук чөйрөдө (муз, суу, керосин, айнек,) анын ылдамдыгы кичине болот.

Айнектин сынуу көрсөткүчүн (n) тажрыйба жүзүндө аныктоого болот.

Лабораториялык ишке көрсөтмө.

1. Айнек пластинанын эки параллель жагынын бирөөнө белгилүү бурч менен эки чекитке (1–2) эки төөнөгүчтү төөнөгүлө, эки чекит аркылуу түз сызык жүргүзгүлө.

2. Айнек пластинанын экинчи жагынан, эки чекиттеги (3–4) эки төөнөгүч бир түз сызыкта жайланышкандай абалды тапкыла.

3. Бул абалда дагы эки чекит аркылуу, айнектин бетине чейин түз сызык жүргүзгүлө. Айнектин эки жагындагы түз сызыктардын биринчиси – айнектин бетине чейин келип жеткен жарык нурун (түшүүчү нур) көрсөтсө, экинчиси – айнек пластинадан кайра абага таралган жарык нурун көрсөтөт.

4. Айнектин эки бетиндеги чекиттерди туташтырып турган түз сызыкты сызгыла. Бул түз сызык – сынган нурлардын багытын көрсөтөт.

5. Сынган нурларды көрсөткөн түз сызыкты улантып, түшүү чекитине перпендикуляр тургузгула.

6. Перпендикулярдан бирдей аралыкта чекиттерди (P, N) тандап алгыла.

7. N чекитинен түшүүчү нурга перпендикуляр түшүргүлө. Алынган MN кесиндисинин узундугун ченегиле.

8. Р чекитинен сынуучу нурга перпендикуляр түшүргүлө. Алынган PQ кесиндисинин узундугун ченегиле.

9. Айнектин сынуу көрсөткүчү MN кесиндисинин узундугунун PQ кесиндинин узундугуна болгон катышына барабар.

10. Тажрыйбаны ар кандай бурчтар үчүн эки-үч жолу кайталап n дин орточо маанисин аныктагыла жана айнектин сынуу көрсөткүчүн таблицалык мааниси менен салыштыргыла, тиешелүү корутунду чыгаргыла.

11. Транспортир менен түшүүчү жана сынуу бурчтарын өлчөгүлө жана $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ боюнча айнектин сынуу көрсөткүчүн аныктагыла, анын натыйжасын салыштырып тиешелүү корутунду чыгаргыла.

Суроолор:

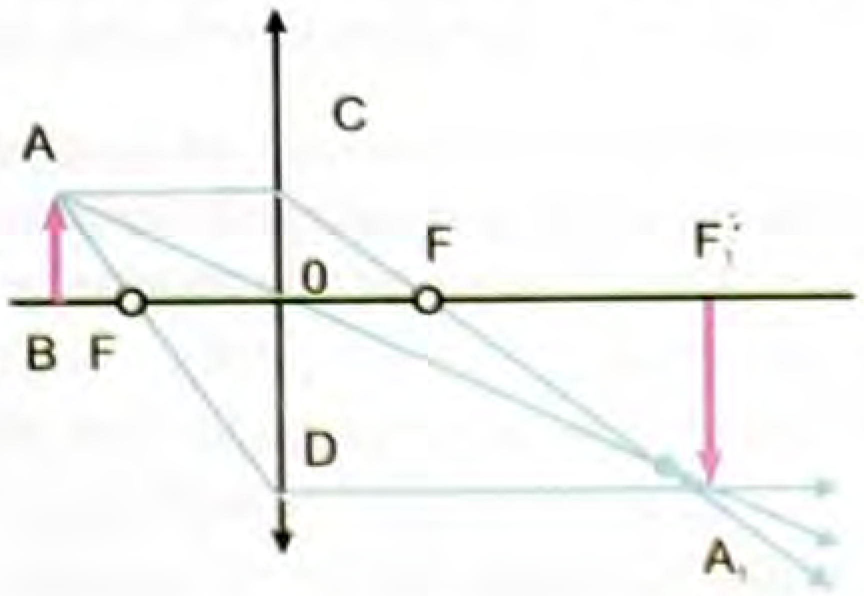
1. Эмне үчүн жарык нуру экинчи чөйрөдө өзүнүн багытын өзгөртөт?
2. Эмне үчүн суунун ичиндеги балыктын абалын балыкчы так аныктай албайт?
3. Терезеден байкаганда предметтин кандай абалында анын ордун так аныктоого болот?

№ 4 лабораториялык иш.

Чогултуучу линзанын фокустук аралыгын аныктоо.
Жабдуулар: чогултуучу линза, сызгыч, шам.

Кыскача теория.

Эки сфералык бет менен чектелген тунук чөйрө линза деп аталат. Эгерде линзанын ортосу эки четине караганда калың болсо чогултуучу линза деп аталат. Чогултуучу линзанын мисалына кино, видео, фотоаппаратуралардын объективдери, кала берсе суюктуктун тамчысы же суу куюлган колбаларды кошууга болот. Эгерде предмет линзанын фоку-



сунун сыртында жайланышса, предметтин сүрөттөлүшү чыныгы тескери чоңойтулган болот.

Мисалы,

Линзанын формуласы:

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}.$$

Демек, линзанын фокустук аралыгын (F) аныктоо үчүн предметтен линзага чейинки (d) линзадан сүрөттөлүшкө чейинки аралыкты (f) алдын-ала аныктап алуу зарыл болот.

Лабораториялык ишке көрсөтмө.

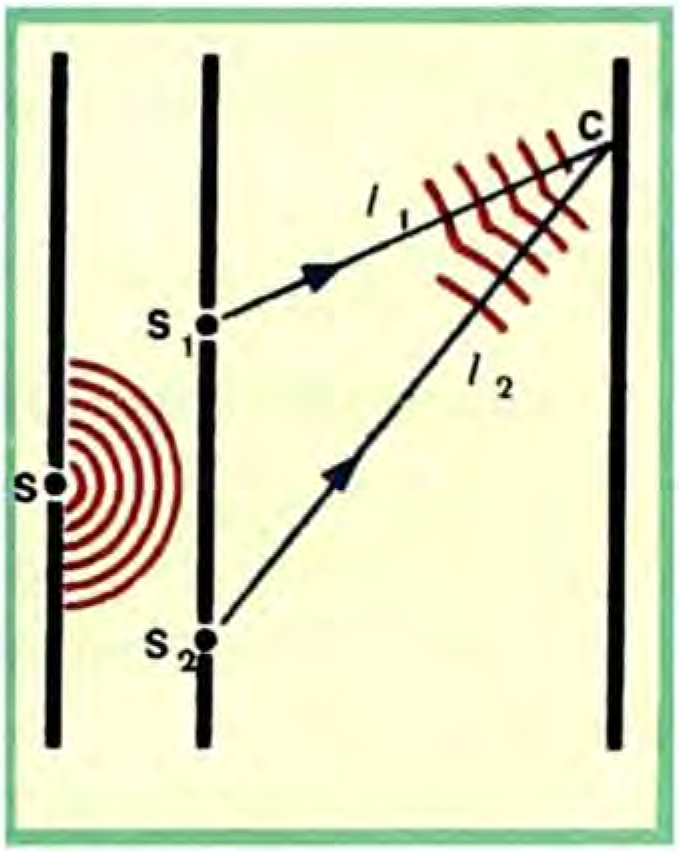
1. Шамды жагып, аны линзадан 20 *см* – 25 *см* аралыкта жайгаштырып, экранда шамдын тескери чоңойтулган так сүрөтүн алууга жетишкиле.
2. d, f аралыктарын ченегиле.
3. Шамды 5 *см* – 6 *см* чогултуучу линзага жакындатып d, f аралыгын ченегиле.
4. Шамдын биринчи абалын 10 *см* – 15 *см* чогултуучу линзага жакындатып, d, f аралыгын ченегиле.
5. Шамды чогултуучу линзага улам жакындаткан сайын, сүрөттөлүштөн линзага чейинки аралыгы жана өлчөмү кандай өзгөргөндүгүн байкап, корутунду чыгаргыла.

? Суроолор:

1. Линзанын фокусуна предмет жайланышса, кандай сүрөттөлүш алынат?
2. Эгерде предмет фокус менен чогултуучу линзанын ортосунда жайланышса, анын сүрөттөлүшү каерде, кандай пайда болот?
3. Көздүн аккомодациясынын себеби эмнеде?

№ 5 лабораториялык иш.

Дифракциялык торчо менен жарыктын толкун узундугун аныктоо.



Жабдуулар: дифракциялык торчо, тиешелүү байкоо жүргүзүүгө ылайыкташтырылган сызгыч жана жарыктын түстөрүн байкоочу жылчыктуу экран.

Кыскача теория.

Жарыктын дифракциясы тосcоолдук же жарык өтүүчү «терезеченин» өлчөмү жарыктын толкун узундугуна барабар болгондо гана байкалат. Дифракциялык торчодо 1 *см* тилкенин ичинде бир нече «терезечелер» болот.

Мисалы, лабораториялык дифракциялык торчодо 1 *см* де 10 штрих же 100 майда «терезечелер» болот. Эми бул 100 майда терезечелер аркылуу жарык нуру өтө алат. Бул учурда жарык өзүнүн түз сызыктуу таралуусунан четтейт, б. а. жарыктын дифракция кубулушу байкалат. Бул майда терезечелер аркылуу өткөн жарык толкундары, эми экинчи 100 жарык булагына таралган когеренттүү жарык толкундары болуп саналат.

Когеренттүү жарык толкундары берилген чекитте бири-бирин күчөтүүсү үчүн, жол айырмачылыгы толкун узундугунун бүтүн маанисине барабар болот. $d \cdot \sin\theta = n \cdot \lambda$ формуладан θ бурчу жарыктын толкун узундугунан көз каранды экени көрүнүп турат.

Ак эми жарык – жети түстөн турат. Ар бир түскө жарыктын белгилүү бир толкун узундугу барабар. Демек, дифракциялык торчодон байкоо жүргүзгөндө $n = 1$ болсо, биринчи тартиптеги түстөр, $n = 2$ де экинчи тартиптеги түстөрдү

ж. б. у. с. байкоого болот. $\sin\theta = \frac{h}{L}$ деп эсептөө менен $d \cdot \frac{h}{L} = n \cdot \lambda$. Мындан жарыктын керектүү түсүн аныктоого болот. $\lambda = \frac{d \cdot h}{n \cdot L}$.

Лабораториялык ишке көрсөтмө.

1. Дифракциялык торчону өз ордунда жайгаштырып, экранды 20–30 *см* жайгаштыргыла.

2. Дифракциялык торчодон экранга чейинки аралыкты ченегиле (L).

3. Экрандан тандап алынган түстөрдүн ($n = 1, 2, 3$) ичинен бир түстү тандап алып, ал түстөн экранга чейинки аралыкты (h) ченегиле.

4. Тиешелүү түстүн толкун узундугун аныктоодо төмөнкүдөй жакындатылган формуланы пайдалангыла.

$$\lambda = \frac{d \cdot h}{n \cdot L}.$$

Демек, жарыктын берилген түсүнүн толкун узундугун (λ) тажрыйбада $d, h, L,$ чоңдуктарынын мааниси аркылуу аныктоого болот.

5. Таблицаны толтургула.

№	d	h	L	n	λ	$\lambda_{орт}$	$\Delta\lambda$	$\Delta\lambda_{орт}$	$\gamma = \frac{\Delta\lambda_{орт}}{\lambda_{орт}}$

Суроолор:

1. Кайсы шартта жарыктын дифракция кубулушун байкоого болот?
2. Эмне үчүн жарык булагын кирпиктер аркылуу караганда жарыктын түстөрү пайда болот?
3. Эмне үчүн дифракциялык торчо жарыкты түскө ажыратат?

Көнүгүүлөрдүн жооптору

1-көнүгүү. **1.1.** 0,15 *Н*. **1.2.** 20 *Гц*. **1.3.** 150. **1.4.** 1 *м*.
1.6. 9,7 $м/с^2$. 0,5 *м*.

2-көнүгүү. **2.1.** 50 *мДж*. **2.2.** 2,8 *Дж*, 3,8 *м/с*. **2.3.** 0,8 *Дж*.

3-көнүгүү. **3.1.** 1,7 *м*. **3.2.** 1450 *м/с*. **3.3.** 50 *м*.

4-көнүгүү. **4.1.** 0,017 *м* – 21,2 *м*. **4.2.** 333 *м/с*. **4.3.** 2 *км*.
4.4. Болотто үн 500 *м/с* ылдамдыкка ээ.
4.5. 200 *м*. **4.6.** 6 *м/с*.

5-көнүгүү. **5.1.** 0,24 *мс*. 4200 *Гц*. **5.2.** 1550 *Гц*,
эки эсе көбөйөт **5.3.** 0,38 *мс*, эки эсе көбөйөт.
5.4. 5,1 *мкГн*.

6-көнүгүү. **6.1.** 0.8 *кОм*, 0,1 *кОм*. **6.2.** 80 *мкФ*. **6.3.** $2,5 \cdot 10^{-4} с$
6.4. 4 *мкФ*. **6.5.** 10 *Ом*. **6.6.** 319 *В*.

7-көнүгүү. **7.1.** 63 *Ом*, 0,5 *кОм*. **7.2.** 0,16 *Гн*. **7.3.** 0,07 *Гн*.
7.4. 0,1 *Гн*.5 *Ом*. **7.6.** 10 *А*. **7.7.** 5,5 *А*.

8-көнүгүү. **8.1.** 220. **8.2.** 200. **8.3.** 260. **8.4.** 1,4.
8.5. 490, 240. **8.6.** Абага жарык нуру өтпөйт.

Кайталоо үчүн маселелер

1. Механикалык термелүүлөр.

1. 102 *гр* маятник 30° бурчка четтетилди, маятникти тең салмактуу абалына багытталган күчтү жана серпилгич күчтү аныктагыла.

2. Катуулук коэффициенти 10 *Н/м* болгон пружинага илинген 0,1 *г* жүктүн термелүү мезгилин аныктагыла.

3. Маятниктин Жердеги термелүү мезгили 1 *с* болсо, анын Айдагы ($g_0 = 1{,}6$ $м/с^2$) термелүү мезгилин аныктагыла.

4. Эгерде 150 *см* маятник 300 *с* да 125 жолу термелсе, эркин түшүүнүн ылдамдануусун аныктагыла.

5. Катуулугу 250 *Н/м* пружинадагы жүк 16 *с* да 20 термелүү жасаган болсо, жүктүн массасын аныктагыла.

6. $X = 1$ *м* болсо, маятниктин термелүү мезгили 2 *с* болушу үчүн, оордук күчүнүн тангенциалдуу ылдамдануусу кандай мааниге ээ болушу керек?

7. Жүк спиралдык пружинаны 6,5 *см* ге чоёт. T термелүү мезгилин аныктагыла.

8. Жүк пружинаны 2 *мм* ге чойгон болсо, пружиналык маятниктин термелүү мезгилин аныктагыла.

9. Пружиналык маятниктин термелүү амплитудасы 4 *см* 0,09 *мН* серпилгич күчүнүн маанисинде 3 *см* ге жылат. Анын кинетикалык жана потенциалдык энергиясын аныктагыла.

2. Механикалык толкундар. Үн.

1. Кайык 2,5 *м/с* ылдамдыктагы суунун толкунунда термелип турат. Эгерде жанаша турган толкундардын эки четинин ортосундагы аралык 8 *м* болсо, кайыктын термелүү мезгилин аныктагыла.

2. Деңиз жээгинде байкоочу, бири бирине жакын толкундардын аралыгы 8 *м*, 1 *мин* да толкундун 23 кырын санаган болсо, толкундун таралуу ылдамдыгын аныктагыла.

3. Туруучу толкундун биринчи жана төртүнчү түйүндөрүнүн ортосундагы аралык 24 *см* болсо, чуркоочу толкундун узундугун аныктагыла.

4. Бир учу байланган жиптин экинчи учун 5 *Гц* жыштык менен термелткенде туруучу толкун пайда болот. Узундугу 3 *м* жипте алты жарым толкундарга бөлүнөт. Жиптеги толкундун таралуу ылдамдыгын аныктагыла.

5. Эгерде абада үндүн толкун узундугу 0,797 *м* болсо, анын суудагы толкун узундугун аныктагыла. Абада үндүн таралуу ылдамдыгы 343 *м/с*, сууда – 1497 *м/с*.

6. Поезддин рельсинин узундугу 12,5 *м* болсо, вагондогу узундугу 11 *см* маятник поезддин кандай ылдамдыгында эң чоң аралыкка кыймылдайт.

7. 360 *м/с* ылдамдыктагы таралган толкундардын термелүү жыштыгы 450 *Гц*. Бири биринен 20 *см* аралыктагы чекиттердин фазаларынын айырмасын аныктагыла.

8. Эки когеренттик толкун булактарынын термелүү мезгили 0,1 *с*, чөйрөдөгү таралуу ылдамдыгы 1000 *м/с* болсо, кандай жол айырмачылыгында толкундар бири бирин күчөтүшөт.

9. Абада камертон пайда кылган туруучу толкундардын түйүнүнүн ортосундагы аралык 38,6 *см* болсо, камертондун термелүү жыштыгын аныктагыла. Үндүн ылдамдыгы 340 *м/с*.

3. Электромагниттик термелүүлөр. Термелүү контуру. Радио.

1. Термелүү контурундагы конденсатордогу заряд $q = 10^{-2}\cos(2\pi t + \pi)$ [Кл] закону боюнча убакыттан көз каранды. Циклдык жыштыкты, жыштыкты мезгилди жана баштапкы фазаны аныктагыла.

2. Термелүү контурунда 4,2 *Гц* жыштыкта резонанс пайда болот. Конденсатордун сыйымдуулугу 2,2 *мкФ* болсо, катушканын индуктивдүүлүгүн аныктагыла.

3. Термелүү контуру 0,2 *мГн* индуктивдүүлүгүнөн жана удаалаш $C_1 = C_2 = 4$ *мкФ* эки конденсатордон турат. Контурдагы термелүү мезгилин аныктагыла.

4. 1,5 *Мгц* жыштыктагы радиостанция кандай толкун узундукта иштейт?

5. 2,6 *пФ* конденсатор жана 0,012 *мГн* индуктивдүүлүк катушкасы түзгөн электромагниттик толкундун узундугун аныктагыла.

6. Радионун термелүү контуру 0,32 *мГн* индуктивдүүлүгүнөн жана өзгөрүлмө сыйымдуулуктагы конденсатордон турат. Радио толкун узундугу 188 *м* ден 545 *м* ге чейинки диапазонду кабыл алат. Радионун конденсаторунун сыйымдуулугу кандай чекте өзгөрөт?

7. Эгерде радионун индуктивдүүлүгү 1,5 *мГн*, сыйымдуулугу 75 *пФ* дан 650 *пФ* га чейин өзгөрсө, радио кандай диапазондогу толкун узундуктарын кабыл алат?

8. Радионун контуру 2 *мГн* индуктивдүүлүгүнөн жана аянты 10 $см^2$, аралыгы 2 *мм* болгон конденсатордон турат. Эгерде конденсатордун пластиналарынын ортосундагы мейкиндик слюда менен толтурулган болсо, радио кайсы толкун узундугун кабыл алат?

9. Термелүү контурундагы 10 *мкФ* конденсаторго 10^{-3} *Кл* заряд берилгенде, анда электромагниттик термелүү пайда болот. Эгерде конденсатордогу чыңалуунун максималдуу мааниси төрт эсе азайса, конденсатор менен катушканы туташтырган өткөргүчтөрдө канча жылуулук саны бөлүнүп чыгат?

4. Өзгөрүлмө электр тогу.

1. Синусоидалык токтун эффективдүү чыңалуусу 220 *В* болгон чынжырга 55 *Ом* активдүү каршылык туташтырылса, ток күчүнүн эффективдүү жана амплитудалык маанилерин аныктагыла.

2. Электр тармактарында чыңалуу $U = 308 \sin wt$ (*В*) закону боюнча өзгөрөт. Тармактагы 60 *Ом* активдүү каршылыкта 1 *мин* да канча жылуулук бөлүнүп чыгат?

3. Конденсатор менен 0,01 *Гн* катушка удаалаш туташтырылган. Конденсатордун кандай маанисинде 1 *Гц* жыштыкта токтун күчү эң чоң болот?

4. Сыйымдуулук каршылыгы 5000 *Ом* конденсатор катушка менен удаалаш туташтырылган. 20 *Гц* жыштыктагы токто, катушканын индуктивдүүлүгүнүн кандай маанисинде чыңалуунун резонансы болот?

5. Чынжырга 50 *мГн* катушка жана 20 *мкФ* конденсатор удаалаш туташтырылган. Чыңалуу резонансы пайда болушу үчүн, өзгөрүлмө токтун жыштыгы кандай мааниге ээ болушу керек?

6. Чынжырга $R = 5$ *Ом*; $L = 0,5$ *Ом*; $C = 0,5$ *Ом* туташтырылган. Кандай жыштыкта токтун резонансы пайда болот? Бул жыштыкта, 380 *В* чыңалуудагы чынжырдагы токтун чыңалуусун аныктагыла.

7. 50 *г* жыштыктагы өзгөрүлмө электр тогунун чыңалуусунун эффективдүү мааниси 50 *В* болгон чынжырга катушка уланганда, андагы токтун күчүнүн эффективдүү мааниси 0,2 *А* болот. Катушканын индуктивдүүлүгүн аныктагыла.

8. Чыңалуунун эффективдүү мааниси 2 *В*, жыштыгы 1000 *Гн* өзгөрүлмө электр чынжырына кандай конденсатор уланганда токтун күчүнүн эффективдүү мааниси 20 *мА* болот.

9. Өзгөрүлмө электр тогунун чынжырына удаалаш туташтырылган 10 *мкФ* конденсатор, индуктивдүүлүгү 1 *Гн* реактивдүү каршылыктары үчүн резонанстык жыштыкты аныктагыла.

ОПТИКА

Геометриялык оптика

5. Жарыктын чагылуусу, сынуусу, толук чагылуусу. Линза

1. Түшүүчү нур менен чагылуучу нурдун 2/3 бөлүгү 80°ка барабар болсо, түшүүчү бурчту аныктагыла.

2. Кыз жалпак күзгүгө 0,25 *м/с* ылдамдык менен жакындап келе жаткан болсо, ал өзүнүн көлөкөсүнө кандай ылдамдык менен жакындайт?

3. Айнектин бетине 45° бурч менен түшкөн жарык нуру, айнектин ичинде кандай бурчка өзгөрөт?

4. Күн суунун бетине 60° бурч менен түшсө да, суунун ичиндеги суучулга 68°да көрүнөт. Күндүн горизонттон бийиктигин аныктагыла.

5. Алмаз жана плексиглаз үчүн толук чагылуунун пределдик бурчун аныктагыла.

6. Шам менен дубалдын ортосундагы аралык 90 *см* болсо, шамдын кескин сүрөттөлүшүн дубалда пайда кылуу үчүн, фокустук аралыгы 0,2 *м* болгон линзаны шамдан кандай аралыкта жайгаштыруу керек?

7. Лабораториялык линзаны ($F = 13$ *см*) буюмдан жана дубалдан кандай аралыкка жайгаштырганда, беш эсе сызыктуу чоңойтулушту алууга болот?

8. Фокустук аралыгы 40 *см* чогултуучу линзада предметтин сүрөттөлүшү эки эсе чоң болушу үчүн, предмет линзадан кандай аралыкта болушу керек?

9. Бийиктиги 2 *м* предмет байкоочудан 30 *м* аралыкта турса, анын көзүнүн торчосунда пайда болгон сүрөттөлүшүнүн өлчөмү канча? Көздүн фокустук аралыгы 1,5 *см*.

Жарык толкундары

6. Жарыктын дисперсиясы, интерференциясы, дифракциясы.

1. Сынуу көрсөткүчү $n = 1,5$ болгон айнектеги жарыктын таралуу ылдамдыгын аныктагыла.

2. Кызыл түс үчүн суунун сынуу көрсөткүчү 1,331 болсо, кызгылт көк түс үчүн 1,343. Бул түстөр сууда кандай ылдамдык менен таралат?

3. Биринчи тунук чөйрөдө жарыктын таралуу ылдамдыгы 225000 *м/с*, экинчисинде – 200000 *м/с*, жарык нуру эки чөйрөнү бөлүп туруучу чек арага 30° бурч менен келип түшсө, сынуу бурчун аныктагыла.

4. Мезгили 0,02 *мм* дифракциялык торчодо, жашыл түстүн (0,55 *мкм*) биринчи тартиптеги спектрине кандай бурч менен ажырайт?

5. Дифракциялык торчонун мезгилин аныктоо үчүн, торчого кызыл түс (0,76 *мкм*) жиберилет. Эгерде, дифракциялык торчодон экран 1 *м* алыстыкта, биринчи катардагы спектрлердин ортосундагы аралык 15,2 *см* болсо, дифракциялык торчонун мезгилин аныктагыла.

6. Мезгили 0,004 *мм* дифракциялык торчого 687 *нм* жарык берилсе, экинчи тартиптеги спектрди кандай бурч менен кароо керек?

7. 1 *мм* де 100 штрихи бар дифракциялык торчодон экран 1,8 *м* аралыкта жайланышкан. Эгерде экинчи тартиптеги спектрден борбордук тилкеге чейинки аралык 21,4 *см* болсо, келип түшкөн жарыктын толкун узундугун аныктагыла.

8. 1 *мм* де 400 штрихи бар дифракциялык торчо экрандан 25 *см* аралыкта, үчүнчү сызык менен борбордук тилкеге чейинки аралык 27,4 *см* болсо, дифракциялык торчого келип түшкөн жарыктын толкун узундугун аныктагыла.

9. Дифракциялык торчого 627 *нм* жарык берилгенде, борбордук тилке менен биринчисинин ортосундагы аралык 39,6 *см*

болот. Эгерде экрандан торчого чейинки аралык 120 *см* болсо, дифракциялык торчонун мезгилин аныктагыла.

7. Ядролук реакциялар.

1. ${}_{81}Tl^{210}$ үч жолу удаалаш – бөлүнүүдөн жана бир жолу – бөлүнүүдөн кийин, кандай ядрого айланат?

2. Жездин изотобун ${}_{29}Cu^{63}$ протондор менен нурдантканда ядролук реакция бир нече жол менен: бир нейтрон; эки нейтрон; протон жана нейтрон чыгаруу менен жүрүшү мүмкүн. Ар бир учурда кандай элементтердин ядролору пайда болот?

3. Радиоактивдүү марганецти ${}_{25}Mn^{54}$ эки жол менен алышат. Биринчи жолу темирдин изотобун ${}_{26}Fe^{56}$ дейтрондор менен нурдантуу, экинчиси – темирдин изотобун ${}_{26}Fe^{54}$ нейтрондор менен нурдантуу. Бул учурларда кандай ядролук реакция жүрөт?

4. Азотту ${}_{7}N^{14}$ нейтрондор менен бомбалаганда пайда болгон ядродон протон бөлүнүп чыгат. Алынган көмүртектин изотобунун ядросу β – радиоактивдүү реакцияларды жазгыла.

5. Темирди ${}_{26}\mathrm{Fe}^{56}$ нейтрондор менен бомбалаганда атомдук массасы 56 болгон β – радиоактивдүү марганец пайда болот. Марганец кандай пайда болгон жана анын β – бөлүнүүсүн жазгыла.

6. Ядролук реакцияны толуктагыла.

$${}_{3}Li^{6} +_{1} p^{1} \rightarrow ? +_{2} He^{4}$$

$${}_{13}Al^{27} + \gamma \rightarrow_{12} Mn^{26} + ?$$

7. Төмөнкү реакцияларда кандай бөлүкчөлөр колдонулган:

$${}_{7}N^{14} + ? \rightarrow_{8} O^{17} +_{1} p^{1}$$

$${}_{7}N^{14} + ? \rightarrow_{8} O^{15} + \gamma .$$

8. Байланыш энергиясы. Уран ядросунун бөлүнүшү.

1. $_2He^4$; $_{26}Fe^{56}$; $_{92}U^{238}$ ядролорунун байланыш энергиясын аныктагыла.

2. Төмөнкү ядролук реакцияларда энергия бөлүнүп чыгабы же жутулуу менен коштолобу?

$$_7N^{14} +_2 He^4 \to_8 O^{17} +_1 p^1$$

$$_3Li^6 +_1 H^1 \to_2 He^4 +_2 He^3 .$$

3. Ядролук реакцияда кандай энергия бөлүнүп чыгат.

$$_3Li^7 +_1 H^1 \to_2 He^4 +_2 He^4 .$$

4. Пайдалуу аракет коэффициенти 17% болгон биринчи атомдук электростанциянын кубаттуулугу 5000 *В* болгон. Эгерде ар бир ядронун бөлүнүү актысында 200 *МэВ* энергия бөлүнүп чыкса, бир суткада канча $_{92}U^{235}$ сарп болот?

5. $_{92}U^{235}$ бир ядросунун бөлүнүүсүндө 200 *МэВ* энергия бөлүнүп чыгат деп эсептөө менен, ядролук реактордо бул изотоптун 1 *г* «күйгөндө» канча энергия бөлүнүп чыгат? Мына ушундай эле энергияны бөлүп чыгаруу үчүн канча таш көмүр сарпталат?

9. Термоядролук реакция. Радиактивдүү элементтердин ажыроо мезгили.

1. Термоядролук синтездөөдө 50000 *г* суутек 49644 *г* гелийге айланды. Канча энергия бөлүнүп чыккан?

2. Термоядролук синтездөөдө эки протон кошулуп, дейтрон жана нейтрино пайда болот. Дагы кандай бөлүкчө пайда болгон?

3. Күндөгү термоядролук синтез процессинде төрт протон гелийдин ядросуна айлануу менен эки позитрон жана эки нейтрино пайда болгон реакцияны жазгыла.

4. Төмөнкү термоядролук реакцияда кандай энергия бөлүнүп чыгат?

5. Жогорудагы термоядролук синтез процессинде 17,6 *МэВ* энергия бөлүнүп чыгат. 1 *г* гелий синтезделгенде канча энергия бөлүнүп чыгат? Мына ушундай эле энергияны бөлүп чыгаруу үчүн канча таш көмүрдү жагууга туура келет?

6. Хромдун изотобунун $_{24}Cr^{51}$ жарым ажыроо мезгили 27,8 сутка болсо, канча убакыттан кийин анын ядросунун 80% и ажырайт?

7. Радийдин изотобунун $_{88}Ra^{226}$ жарым ажыроо мезгили 1600 жыл. Эгерде баштапкы ядролордун саны 109 болсо, 3200 жылдын ичинде канча ядро бөлүнүүгө дуушар болот?

8. Иоддун изотобунун $_{53}I^{131}$ жарым ажыроо мезгили 8 сутка. Эгерде радиоактивдүү ядролордун баштапкы саны 109 болсо, 80 суткадан кийин канчасы калат?

9. Полонийдин $_{84}Po^{210}$ жарым ажыроо мезгили 140 күн. – бөлүнүүдөн кийин полоний коргошунга айланат. 1 *мг* полоний 100 күндөн кийин канча коргошун бөлүп чыгарат?

Кайталоо үчүн маселелердин жооптору

1. Механикалык термелүүлөр.

1.1. 0,5 *Н*, 0,87 *Н*. **1.2.** 0,63 *с*. **1.3.** 2,5 *с*. **1.4.** 9,89 *м/с*^{2}. **1.5.** 4 *г*. **1.6.** 9,87 *м/с*^{2}. **1.7.** 0,51 *с*. **1.8.** 0,09 *с*. **1.9.** $1{,}35 \cdot 10^{-6}$ *Дж*, $2{,}4 \cdot 10^{-5}$ *Дж*, $1{,}05 \cdot 10^{-6}$ *Дж*.

2. Механикалык толкундар. Үн.

2.1. 3,2 *с*. **2.2.** 2,9 *м/с*. **2.3.** 16 *см*. **2.4.** 5 *м/с*. **2.5.** 3,44 *м*. **2.6.** 90°. **2.7.** 67,5 *км/саат*. **2.8.** 100 *м*. **2.9.** 440 *Гц*.

**3. Электромагниттик термелүүлөр.
Термелүү контуру. Радио.**

3.1. 2 *с*$^{-1}$. 1 *Гц*, 1 *с*, рад. **3.2.** $6{,}5 \cdot 10^{-6}$ *Гн*. **3.3.** $4 \cdot 10^{-5}$ *с*. **3.4.** 200 *м*. **3.5.** 10,5 *м*. **3.6.** 31ден 260 *пФ* ке чейин. **3.7.** 630 дан 1900 *м* ге чейин. **3.8.** 485 *м*. **3.9.** $4{,}7 \cdot 10^{-2}$ *Дж*.

4. Өзгөрүлмө электр тогу.

4.1. 4 *А*, 5,6 *А*. **4.2.** 48 *кДж*. **4.3.** 2,6 *мкФ*. **4.4.** 0,04 *Гн*. **4.5.** 160 *Гц*. **4.6.** 18500 *Гц*, 76 *А*. **4.7.** 0,8 *Гн*. **4.8.** 1,6 *мкФ*. **4.9.** 160 *Гц*.

5. Жарыктын чагылуусу, сынуусу, толук чагылуусу. Линза.

5.1. 60°. **5.2.** 0,5 *м/с*. **5.3.** 19°. **5.4.** 49°. **5.5. 5.6.** 0,276 *м*. **5.7.** $d = 15{,}6$ *см*; $f = 78$ *см*. **5.8.** 60 *см*. **5.9.** 1 *мм*.

**6. Жарыктын дисперсиясы, интерференциясы,
дифракциясы.**

6.1. 200000 *м/с*. **6.2.** 225500 *м/с*; 223400 *м/с*. **6.3.** 26°. **6.4.** 160 **6.5.**15 *мкм*. **6.6.** 20°. **6.7.** 6 *мкм*. **6.8.** 400 *нм*. **6.9.** 0,002 *мм*.

7. Ядролук реакциялар.

7.1. $_{82}Pb^{206}$. **7.2.** $_{30}\mathrm{Zn}^{63}$; $_{30}Zn^{62}$; $_{29}Cu^{62}$. **7.3.** $_{2}He^{4}$; $_{1}H^{1}$. **7.4.** $_{6}C^{14}$; $_{7}N^{14}$. **7.5.** $_{1}H^{1}$; $_{26}Fe^{56}$.

8. Байланыш энергиясы. Уран ядросунун бөлүнүшү.

8.1. 28 *МэВ*, 472 *МэВ*, 1800 *МэВ*. **8.2.** жутулат, бөлүнүп чыгат, жутулат. **8.3.** 15 *МэВ*. **8.4.** 31 *г*. **8.5.** 23 *МВт · саат*, 2,8 *т*.

9. Термоядролук реакция.
Радиактивдүү элементтердин ажыроо мезгили.

9.1. 8,3 1012 *кВт · саат*. **9.2.** позитрон. **9.4.** 17,6 *МэВ*. **9.5.** $4{,}2 \cdot 10^{11}$ *Дж*, 15,6 *т*. **9.6.** 83,4 сутка. **9.7.** $7{,}5 \cdot 10^{8}$. **9.8.** $9{,}76 \cdot 10^{5}$. **9.9.** 0,38 *мг*.

Мазмуну

I глава. Механикалык термелүүлөр

§ 1. Эркин жана аргасыз термелүүлөр 5
§ 2. Математикалык маятниктин термелүүсү 10
§ 3. Пружинага илинген жүктүн термелүүсү 12
§ 4. Аргасыз термелүү. Механикалык резонанс 15
§ 5. Гармоникалык термелүүдөгү чекиттин ылдамдыгы. Механикалык термелүүдөгү энергиянын бири бирине айлануулары 17

II глава. Механикалык толкундар

§ 6. Толкундардын түрлөрү. Толкун узундугу 23
§ 7. Толкундардын интерференциясы 25
§ 8. Толкундардын чагылуусу жана дифракциясы 27
§ 9. Үн толкундары 29
§ 10. Үндүн таралуусу. Жаңырык 31
§ 11. Акустикалык резонанс 32
§ 12. Инфра жана ультраүндөр 33

III глава. Электромагниттик термелүүлөр

§ 13. Электромагниттик термелүүлөрдүн ачылышы. Термелүү контуру 37
§ 14. Термелүү контурундагы энергиянын айлануулары 38
§ 15. Транзистордук генератор. Автотермелүү 40

IV глава. Өзгөрүлмө электр тогу

§ 16. Синусоидалык ток 45
§ 17. Өзгөрүлмө электр тогундагы активдүү каршылык 47
§ 18. Өзгөрүлмө электр тогундагы сыйымдуулук каршылык 48
§ 19. Өзгөрүлмө электр тогундагы индуктивдүүлүк каршылык ... 51
§ 20. Өзгөрүлмө электр тогу үчүн Омдун закону. Электрдик резонанс. Өзгөрүлмө токтун кубаттуулугу 52

V глава. Электромагниттик толкундар

§ 21. Электромагниттик толкундардын ачылышы 59
§ 22. Герцтин тажрыйбалары 60
§ 23. Электромагниттик толкундар шкаласы 63
§ 24. Радионун Попов тарабынан ачылышы 64

§ 25. Радиобайланыш принциби 65
§ 26. Жөнөкөй радио 67
§ 27. Радиотолкундардын таралышы 68
§ 28. Радиолокация 71
§ 29. Телеберүү жөнүндө түшүнүк.
Кыргызстанда радиобайланыштын өнүгүүсү. 73

VI глава. Оптика

§ 30. Жарыктын жаратылышына болгон көз караштардын өнүгүшү 79
Геометриялык оптика 81
§ 31. Жарыктын бир тектүү чөйрөдө түз сызыктуу таралышы 81
§ 32. Жарыктын чагылуусу 82
§ 33. Жалпак күзгүдөгү жана сфералык күзгүдөгү чагылуу 83
§ 34. Жарыктын сынуусу 85
§ 35. Толук чагылуу 86
§ 36. Линза. Чогултуучу жана чачыратуучу линза 88
§ 37. Чогултуучу линзада сүрөттөлүштү түзүү 89
§ 38. Фотоаппарат. Көз оптикалык система катарында 92
§ 39. Көздүн дефектилери 93
§ 40. Проекциялык аппарат. Лупа. Микроскоп 94

VII глава. Физикалык оптика

§ 41. Жарыктын дисперсиясы 99
§ 42. Жарыктын интерфенциясы 100
§ 43. Жарыктын интерференциясынын колдонулушу 102
§ 44. Жарыктын дифракциясы. Дифракциялык торчо 104
§ 45. Жарыктын поляризациясы 106
§ 46. Инфракызыл жана ультракызгылт көк нурлар 109
§ 47. Рентген нурларынын ачылышы 111
§ 48. Рентген нурунун табияты, колдонулушу 112

VIII глава. Атомдук ядро. Ядролук энергетика

§ 49. Табигый радиоактивдүүлүктүн ачылышы 117
§ 50. Радиоактивдүү нурлардын курамы: $\alpha - \beta - \gamma$ - нурлары. ... 119
§ 51. Жылышуу эрежеси. α– бөлүнүү. β– бөлүнүү.
Изотоптор 120
§ 52. Радиоактивдүү бөлүнүү закону.
Жарым ажыроо мезгили 123

§ 53. Атомдук ядролордун жасалма жол менен радиоактивдүү айлануулары. Нейтрондун ачылышы 125
§ 54. Атомдун ядросунун протондук-нейтрондук модели 127
§ 55. Байланыш энергиясы. Массанын дефектиси. Энергия менен массанын байланышы 130
§ 56. Салыштырма байланыш энергиясынын массалык сандан көз карандылыгы 131
§ 57. Уран ядросунун бөлүнүшү 133
§ 58. Ядролук реактор 136
§ 59. Жеңил элементтердин синтезделиши. Термоядролук реакция 138
§ 60. Радиоактивдүү нурдануулардын касиеттери жана анын биологиялык таасири. Радиациялык нурдануу дозасы ... 140
§ 61. Энергетиканын келечеги жана экологиялык проблемалар 143
§ 62. Нейтрондун бөлүнүшү. Нейтрино. Позитрон 145
§ 63. Позитрондун ачылышы 147
Лабораториялык иштер 151
Көнүгүүлөрдүн жооптору 161
Кайталоо үчүн маселелер 162
Кайталоо үчүн маселелердин жооптору 171

Окуу басылмасы

Токтогулов Сатылган Токтогулович

ФИЗИКА

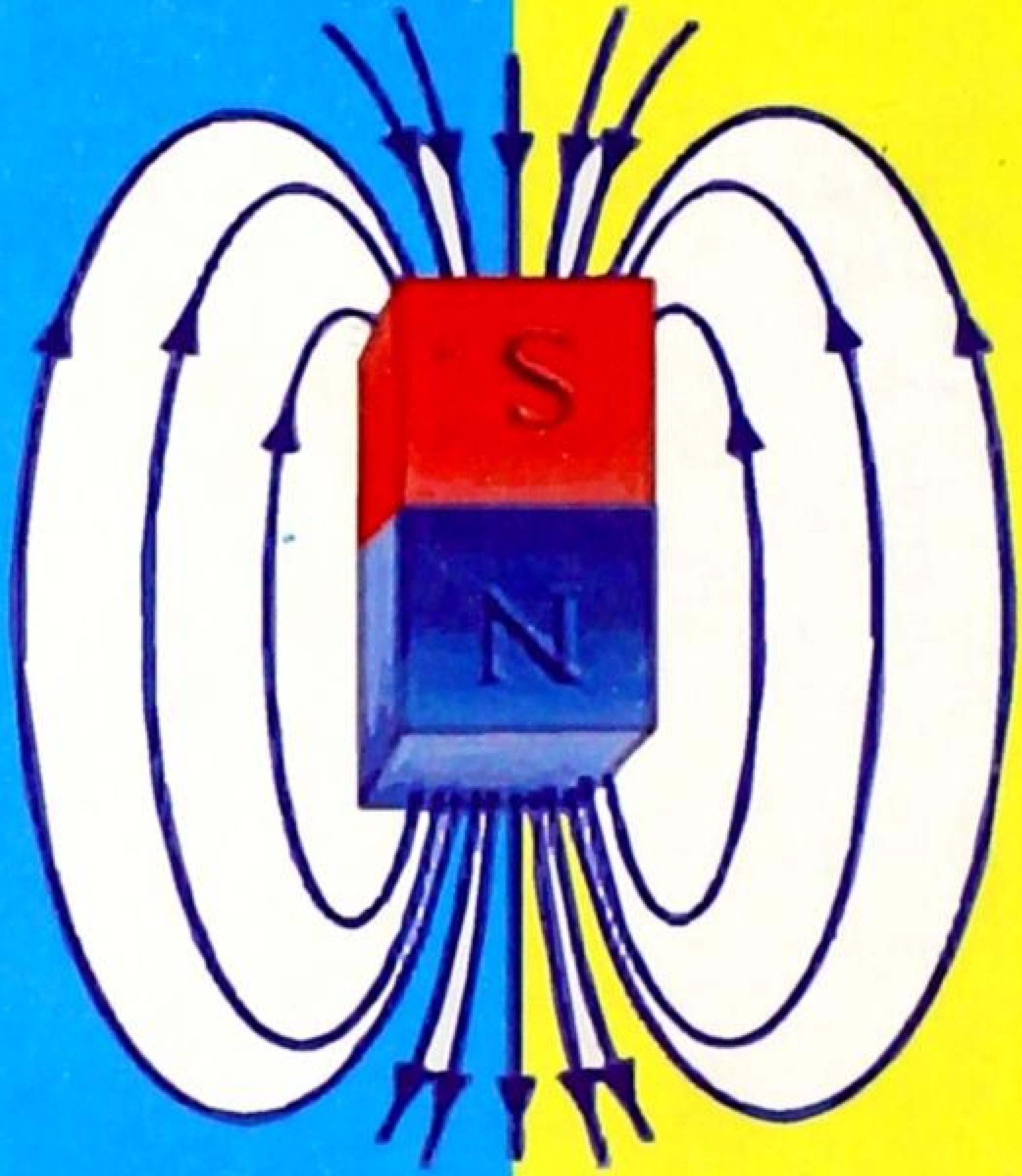
Орто мектептин 9-классы үчүн окуу китеби

Редакторлору *Мундузбаева Ж., Ташболотова Н. А.*
Көркөм редакторлору *Исаков Э., Васильев И.*
Корректорлору *Эмилбек уулу Айбек, Сакелова Р.*
Компьютерде калыпка салган *Терибаева Р.*

Басууга кол коюлду 10.07.2012.
Кагаздын форматы 60 x $90^1/_{16}$. Көлөмү 11,0 б.т.
Нускасы 27 000 даана. Заказ № 5/09-8

«Инсанат» басмасы
Бишкек ш., Ж. Бөкөнбаев көчөсү, 99

«Принт Экспресс» басма-полиграфиялык комплексинде басылды.
Бишкек шаары, Куренкеев көчөсү, 89.
Тел.: +996 550 242040, +996 556 910-720


S
N