Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

ФИЗИКА

11

$F=qB\upsilon \sin\alpha$

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

ФИЗИКА 11

МАГНИТ ТАЛААСЫ

ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ИНДУКЦИЯ

ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТОЛКУНДАР ЖАНА ТОЛКУН ОПТИКАСЫ

САЛЫШТЫРМАЛУУЛУК ТЕОРИЯСЫ

КВАНТ ФИЗИКАСЫ

АТОМ ЖАНА ЯДРО ФИЗИКАСЫ
АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫН ФИЗИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ

1-басылышы

Орто билим берүүчү мекемелердин 11-класс окуучулары үчүн окуу китеби

Өзбекстан Республикасынын Элге билим берүү министрлиги бекиткен

ТАШКЕНТ – “NISO POLIGRAF” – 2018

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

УЎК: 53(075.32)
КБК 22.3я721
Ф 58

Авторлор:

Н.Ш.Турдиев – III глава. “Электр-магниттик термелүүлөр”, IV глава. “Электр-магниттик толкундар жана толкун оптикасы”;
К.А.Турсунметов – V глава. “Салыштырмалуулук теориясы”, VI глава. “Квант физикасы”;
А.Г.Ганиев – VII глава. “Атом жана ядро физикасы. Атом энергетикасынын физикалык негиздери”;
К.Т.Суяров – I глава. “Магнит талаасы”, II глава. “Электр-магниттик индукция”;
Ж.Э.Усаров – I глава. “Магнит талаасы”, II глава. “Электр-магниттик индукция”;
А.К.Авлиёкулов – VII глава. “Атом жана ядро физикасы. Атом энергетикасынын физикалык негиздери”.

Рецензенттер:

Б. Нуруллаев – Низами атындагы ТМПУнин доценти, п.и.к.;
Д. Бегматова – ӨзУУ кафедра башчысы, п.и.к.;
З. Сангирова – РБББ башкы методисти;
В. Саидхужаева – Ташкент облусу, Пскент районундагы 5-мектептин физика мугалими, Өзбекстанда эмгек сиңирген Элге билим берүүнүн кызматкери;
М. Саидорипова – Ташкент шаары, Юнусабад районундагы 63-мектептин физика мугалими;
М. Юлдашева – Ташкент шаары, Сергели районундагы 6-МЛЖОББ мектептин жогорку категориялуу физика мугалими;
Ф. Норкобилов – Ташкент шаары, Сергели районундагы 303-мектептин физика мугалими.

ШАРТТУУ БЕЛГИЛЕР:

| – физикалык чоңдуктарга мүнөздөмө; негизги мыйзамдар;

* – бул темалар физиканы тереӊ үйрөнүүгө кызыккан окуучулар үчүн арналган;

– окуучу тарабынан аткарылчу практикалык иш;

– теманын текстин окуп чыккандан кийин, берилген суроолорго жооп берүү.

Республикалык максаттуу китеп фондунун каражаттары эсебинен басылды.

ISBN 978-9943-5083-8-5

© Н.Ш.Турдиев жана башк., 2018.
© А. Зулпихаров котормосу, 2018.
© “Niso Poligraf” басма үйү (оригинал-макет), 2018.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

КИРИШҮҮ

Бүгүнкү күндө билим берүүнү өнүктүрүү боюнча коюлуп жаткан Мамлекеттик талап окуучунун өздүгүн, умтулуулары, жөндөмү жана кызыгууларын этибар алып, илим, техника жана технологиялардын өнүгүшүн, ал эми окуучуларда илим үйрөнүүдө таяныч жана илимге тиешелүү жалпы компетенцияларды өнүктүрүүнү камсыздоодон турат.

Физиканы үйрөтүүдө окуучуларда илимдин, техниканын өнүгүшү жана турмушта туткан орду, керектүү билимдерди ээлөө, алган билимдерин турмушка колдой алуу потенциалын калыптандыруу жана өнүктүрүү көздө тутулат. Ал белгилүү баскычтарда, 6–11-класстарда физиканын бөлүмдөрүн үйрөнүү аркылуу ишке ашырылат.

Физиканы үйрөнүү 6-класста башталып, баштап механика, жылуулук, электр, жарык, үн кубулуштары жана заттын түзүлүшү жөнүндө маалыматтар берилет. Предмет ырааттуу курс иретинде 7-класста “Механика”, 8-класста “Электр”, 9-класста “Молекулалык физиканын негиздери”, “Оптика”, “Атом жана ядро физикасынын негиздери”, “Космос жөнүндө элестетүүлөр” курстары аркылуу үйрөнүлөт.

Кийинки баскычта болсо жалпы орто билим берүү мектептеринде үйрөнүлгөн окуу материалдарынын орто мектептин 10–11-класстарында, академик лицей жана өнөр-кесип коллеждеринде кайталанбастыгы, окуучулардын жашы жана психологиялык өзгөчөлүктөрү, орто билим даярдыгына туура келиши жана физикалык түшүнүктөрдү жөнөкөйдөн татаалга калыптандыруу этибар алынган.

Окуу китеби табияттагы жараяндарга байкоо жүргүзүү, иликтөө, физикалык кубулуштарды үйрөнүүдө аспаптан туура пайдалануу, түшүнүк жана чоңдуктарды математикалык формула менен туюнтуу, жетишкен ийгиликтер, алардын турмуштагы ролу аркылуу окуучулардын илимий көз карашын өнүктүрүүгө багытталган болуп, өзүндө магнит талаасы, электр-магниттик индукциясы, электр-магниттик термелүүлөр, электр-магниттик толкундар жана толкун оптикасы, салыштырмалуулук теориясы жана квант физикасы элементтери, атом жана атом ядросу темаларын камтыган.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

I глава. МАГНИТ ТАЛААСЫ

Сен 8-класстын физика курсунда туруктуу магниттин жана токтуу өткөргүчтүн айланасындагы магнит талаасынын пайда болушу жөнүндөгү баштапкы билимдерге ээ болгонсуң. Алсак, сага токтуу түз өткөргүч менен токтуу түрмөктүн магнит талаасы, электр-магниттер жана алардын колдонулушу боюнча жалпы маалыматтар берилген. Бирок алардын чоңдугун аныктоо боюнча математикалык туюнтмалары берилбеген эле. Бул главада магнит индукциясы жана магнит агымы, түз toктун айланасындагы магнит талаасынын индукциясы, токтуу түрмөктүн магнит талаасынын индукциясы, магнит талаасында аракеттенип жаткан бөлүкчөгө болгон таасир күчү өңдүү чоңдуктар менен таанышасың.

1-тема. МАГНИТ ТАЛААСЫ. МАГНИТ ТАЛААСЫН МҮНӨЗДӨӨЧҮ ЧОҢДУКТАР

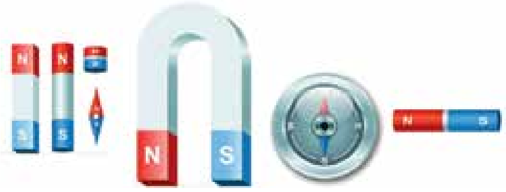
Табиятта табигый металл бирикмелер болуп, алар кээ бир нерселерди өзүнө тартуу касиетине ээ. Нерселердин мындай касиети алардын айланасында талаа бар экендигин билдирет. Мындай талааны ***магнит талаасы*** деп атоо кабыл алынган. Өзүнүн айланасында магнит талаасын көпкө жоготпогон нерселерди ***туруктуу магнит*** же ***магнит*** деп атайбыз.

Туура формадагы магнитти майда темир бөлүкчөлөрүнө жакындаштыралы. Мында темирдин бөлүкчөлөрү магниттин эки учуна гана жабышкандыгына күбө болобуз. Туруктуу магниттин магнит таасири эң күчтүү болгон жерине магнит уюлу дейилет. Ар кандай магнитте эки: **түндүк** (N) жана **түштүк** (S) уюлдары болот (1.1-сүрөт).

Эки магнит жебеси бири-бирине жакындаштырылса, алардын экөөсү тең бурулуп, карама-каршы уюлдары бири-бирине туш келип токтойт (1.2-сүрөт). Бул магниттелген нерселердин ортосунда өз ара таасир күчтөрү бар экендигин билдирет. Алар талаанын күч сызыктарын бойлой багытталган болат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE



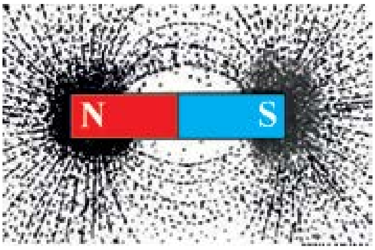
1.1-сүрөт.

1.2-сүрөт.

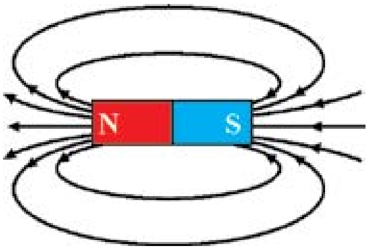
Магнит талаа күч сызыктарын тикеден-тике көрө албайбыз. Бирок, төмөнкү тажрыйбанын жардамында биз магнит күч сызыктарынын жайлашуусу (багыты) жөнүндө түшүнүккө ээ болушубуз мүмкүн. Ал үчүн картон кагазга темирдин күкүндөрүн бир калыпта сээп, аны жалпак магнит өзөгүнүн үстүнө коёбуз. Кагаздын барагын бир-эки чертсек, темирдин күкүндөрү 1.3-*а* сүрөттөгү көрүнүшкө ээ болот. Картондун үстүндөгү темирдин күкүндөрү магниттин учтарына жакын жерлерде тыгыз, уюлдардын ортосунда сейрегирээк жайлашканын көрүүгө болот.

1.3-*а* сүрөттөгү темир күкүндөрүнүн ээлеген орду магниттин уюлдарын бирин-бирине байлаган күч сызыктарын өзүндө чагылдырат. Магнит талаа күч сызыктарынын багыты шарттуу түрдө магниттин түндүк уюлунан чыгып, анын түштүк уюлуна кирген туюк сызыктардан турат деп кабыл алынган (1.3-*б* сүрөт). Күч сызыктары туюк болгон талааларга ***куюндуу талаалар*** дейилет. Демек, магнит талаа куюндуу талаа экен. Ушул өзгөчөлүгү менен магнит талаасынын күч сызыктары электр талаасынын күч сызыктарынан айырмаланат.

Магнит талаасы кандайдыр чекитинин күч характеристикасын мүнөздөөчү физикалык чоңдук ***магнит талаасынын индукциясы*** деп аталат. Магнит талаасынын индукциясы вектордук чоңдук болуп, $\vec{B}$ тамгасы менен белгиленет.



а



б

1.3-сүрөт.

Магнит талаа индукциясынын бирдиги иретинде ЭБСда Сербия физиги Никола Тесланын урматына Тесла (Тл) деп атоо кабыл алынган.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

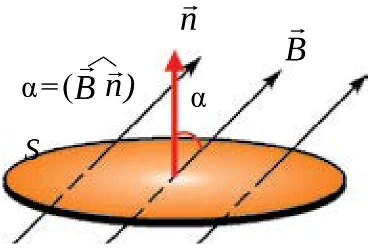
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Магнит агымы. Кандайдыр бетти кесип өткөн магнит талаа күч сызыктарын мүнөздөөдө магнит талаасынын агымы деген түшүнүк киргизилген. *S* беттен өтүп жаткан магнит индукциясынын агымы деп, магнит индукция векторунун бетке көбөйтүндүсүнө айтылат. Магнит агымы скаляр чоңдук болуп, *Φ* тамгасы менен белгиленет. Мүнөздөмө боюнча, магнит агымынын туюнтмасын төмөнкүдөй жазабыз:

$$\Phi = B \cdot \Delta S. \tag{1–1}$$

Эгерде магнит талаанын индукция сызыктары бетке кандайдыр бурч менен түшүп жаткан болсо (1.4-сүрөт), анда, беттен өтүп жаткан магнит индукциянын агымы α бурчтан көз каранды болот, б. а.:

$$\Phi = B \cdot S \cos\alpha. \tag{1–2}$$



1.4-сүрөт.

Мында α бетке жүргүзүлгөн $\vec{n}$ нормалдуу вектор менен магнит индукция сызыктарынын ортосундагы бурч.

ЭБСда магнит агымынын бирдиги немис физиги Д.Вебердин урматына коюлган болуп, Вебер (Вб) деп аталат. (1–2) барабардыктан

$$1\ \text{Вб} = 1\ \text{Тл} \cdot 1\ \text{м}^2.$$

Магнит талаасынын индукциясы 1 Тл га барабар болгон магнит талаанын индукция сызыктарына тик коюлган 1 м^2 аянтты кесип өтүп жаткан магнит агымы 1 Вб ге барабар.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Индукциясы 20 мТл болгон бир тектүү магнит талаасынын күч сызыктары узуну 4 см, туурасы 3 см болгон тик бурчтуу рамкага 60° бурч менен түшүп жатат. Рамкадан өтүп жаткан магнит агымы эмнеге барабар?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$B = 20$ мТл $= 0{,}02$ Тл	$\Phi = B \cdot S \cos\alpha$	$\Phi = 0{,}02 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}03 \cdot \cos 60°$ Вб $=$
$a = 4$ см $= 0{,}04$ м		$= 12 \cdot 10^{-6}$ Вб.
$b = 3$ см $= 0{,}03$ м	$S = a \cdot b$	
$\alpha = 60°$		*Жообу:* $\Phi = 12 \cdot 10^{-6}$ Вб.
Табуу керек:	$[\Phi] = \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \text{Вб}$	.
$\Phi = ?$		

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

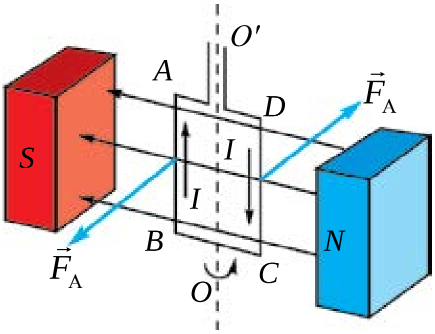
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1. *Магнит талаа индукциясы дегенде эмнени түшүнөсүң жана ал кандай бирдикте өлчөнөт?*
2. *Магнит талаасынын күч сызыктары кандай мүнөзгө ээ?*
3. *Магнит агымына мүнөздөмө бер.*
4. *Бирдей өлчөмдөгү туруктуу магнит жана темир бөлүгү берилген. Алардан кайсы бири магнит жана кайсынысы темир экендигин кантип аныктоого болот?*

2-тема. БИР ТЕКТҮҮ МАГНИТ ТАЛААСЫНЫН ТОКТУУ РАМКАНЫ АЙЛАНДЫРУУЧУ МОМЕНТИ

Магнит талаасынын туруктуу магниттердин гана эмес, токтуу өткөргүчтөрдүн айланасында да пайда болушун, Эрстед өз тажрыйбаларында көрсөткөн болчу. Эми биз токтуу өткөргүчтүн магнит талаасы менен туруктуу магнит талаасынын өз ара таасирин карап көрөбүз.

Эгерде магнит талаасына токтуу контур же магнит жебеси киргизилсе, анын бурулганын (кандайдыр бурчка кыйшайганын) көрөбүз (1.5-сүрөт). Контурдагы токтун багыты тескери өзгөргөндө контурдун тескери багытта бурулганын көрөбүз.



1.5-сүрөт.

Магнит талаасында жайлашкан токтуу рамканын бурулуу себебин аныктайлы. Магнит талаасына тик жайлашкан рамканын узундугу l болгон AB жана CD жактарынан I ток агып жаткан болсун. Анда рамканын ошол l бөлүгүнө магнит талаасы тарабынан таасир этип жаткан Ампер күчүнүн мааниси, төмөнкүгө барабар болот:

$$F_A = I \cdot B \cdot l, \qquad (1\text{–}3)$$

бул жерде: $l = AB = CD.$

Бул күчтүн багыты сол кол эрежеси жардамында аныкталат. Ошол учурда AB жана CD бөлүктөргө таасир эткен күчтөрдүн модулдары бирдей болуп, карама-каршы жакка багытталган болот. Ошондуктан, токтуу рамкага магнит талаасы тарабынан жуп күч таасир этет. Бул жуп күчтүн таасиринде токтуу рамка бурулат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Бул жуп күчтөр OO′ айлануу огуна салыштырмалуу айландыруучу моментти пайда кылат.

Рамканын $AD=CB=\frac{d}{2}$ бөлүктөрүндөгү күчтүн ийни $\frac{d}{2}$ sinα га барабар. Бул жерде d – магнит индукциянын вектору менен контур тегиздигине жүргүзүлгөн нормалдын ортосундагы бурч. Күчтөрдүн моменттери:

$$M_1=M_2=F_A\frac{d}{2}\cdot\sin\alpha. \quad (1–4)$$

Анда, толук айландыруучу момент:

$$M=M_1+M_2=F_A\cdot d\cdot\sin\alpha. \quad (1–5)$$

Ампер күчүнүн формуласын (1–5) туюнтмага коюп, айландыруучу моментинин туюнтмасын жазабыз:

$$M=I\cdot B\cdot l\cdot d\cdot\sin\alpha. \quad (1–6)$$

$l\cdot d=S$ экендигин эсепке алсак, (1.2–4) туюнтма төмөнкү көрүнүшкө келет:

$$M=I\cdot B\cdot S\cdot\sin\alpha. \quad (1–7)$$

Демек, магнит талаасына киргизилген токтуу контурга таасир эткен күчтүн моменти (M) контурдан өтүп жаткан ток күчү (I) ге, контурдун аянты (S) ке, ошондой эле магнит индукциясынын багыты менен контур тегиздигине жүргүзүлгөн нормалдын ортосундагы бурчтун синусуна жана магнит талаа индукциясы ($\vec{B}$) га түз пропорциялаш.

Эгерде $\alpha=\frac{\pi}{2}$ болсо, анда $M=M_{макс}=B\cdot I\cdot S$ болот.

Бул барабардык боюнча магнит талаанын индукциясын:

$$B=\frac{M_{макс}}{IS}$$

аркылуу туюнтууга болот.

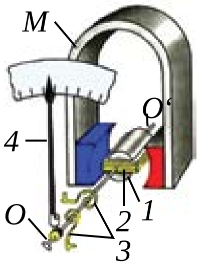
Көптөгөн электр аспаптарынын иштеши токтуу өткөргүч менен туруктуу магниттин өз ара таасирдешүүсүнө негизделген. Мына ушундай электр өлчөө аспаптарынан биринин түзүлүшү 1.6-сүрөттө берилген. Күчтүү магнит уюлдарынын ортосуна (1) темир өзөк OO' окко бекемделген болуп, анын үстүнө (2) зымдуу рамка кийдирилген. Түрмөккө токтор металл пружиналар (3) аркылуу берилет. Рамканы (3) пружиналар кармап турат. Бул пружиналар түрмөккө ток берилбеген учурда жебени (4) шкаланын нөлүнчү абалында кармап турат. Аспап электр чынжырына туташканда түрмөктөн ток өтөт жана магнит талаасынын таасиринде бурулат. Бул учурда пружиналар кысылып отурат. Рамканын бурулушу пружинанын серпилгичтик күчү менен Ампер күчтөрү теңешкенге чейин улантылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

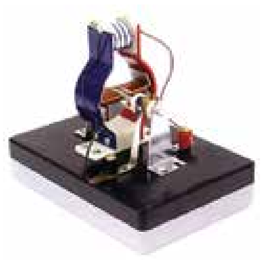
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Аспап электр чынжырына удаалаш туташканда, чынжырдан жана аспаптын түрмөгүнөн өткөн ток күчтөрү өз ара барабар болгондуктан, жебенин бурулуу бурчу ток күчүнө пропорциялаш болот. Мындай жагдайда аспап амперметр иретинде иштетилет.

1.6-*б* сүрөттө туруктуу ток кыймылдаткычынын жалпы көрүнүшү берилген. Анын иштөө принциби туруктуу магнит талаасында токтуу рамканын айланышына негизделген.



а



б

1.6-сүрөт.

1. *Магнит талаасына киргизилген токтуу рамкага таасир этип жаткан күч кандай аныкталат?*
2. *Магнит талаасына киргизилген рамканын айландыруучу моменти кандай чоңдуктардан көз каранды?*
3. *Токтуу рамкага таасир эткен жуп күчтөрдүн моментин автомобилдин рулу мисалында түшүндүр.*
4. *Магнит талаасынын токтуу рамкага таасири негизинде иштеген курулмаларга мисалдар келтир.*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Аянты 20 см², түрмөгүнүн саны 100 болгон зымдуу рамка магнит талаасына жайлаштырылган. Рамкадан 2 А ток өткөндө, анда 0,5 мН·м максималдуу айландыруучу момент пайда болот. Магнит талаасынын индукциясын аныкта.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$S=20$ см$^2=20\cdot10^{-4}$ м^2 $N=100$ $I=2$ А $M_{макс}=0{,}5$ мН·м $=$ $=0{,}5\cdot10^{-3}$ Н·м Табуу керек: $B=?$	$M_{макс}=N\cdot I\cdot B\cdot S$ $B=\frac{M_{макс}}{N\cdot I\cdot S}$ $[B]=\frac{Н\cdot м}{А\cdot м^2}=\frac{Н}{А\cdot м}=$ Тл	$B=\frac{0{,}5\cdot10^{-3}}{100\cdot2\cdot2\cdot10^{-3}}$ Тл $=$ $=1{,}25\cdot10^{-3}$ Тл. *Жообу:* $B=1{,}25\cdot10^{-3}$ Тл.

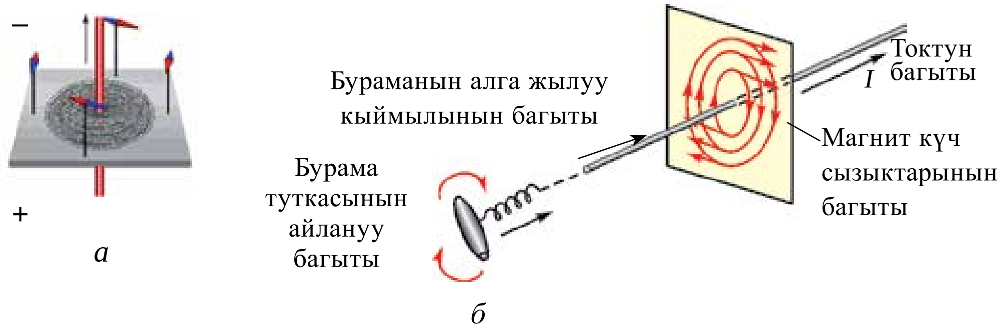
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

3-тема. ТОКТУУ ТҮЗ ӨТКӨРГҮЧТҮН, АЛКАК ЖАНА ТҮРМӨКТҮН МАГНИТ ТАЛААСЫ

Токтуу өткөргүчтүн айланасында пайда болгон магнит талаасынын күч сызыктарына байкоо жүргүзүү үчүн калың картон кагаз алып, аны ортосунан көзөп, түз өткөргүчтү өткөрөбүз. Картондун үстүнө майда темир күкүндөрүн себебиз. Өткөргүчтүн учтарын токко туташтырып, картонду жеңил силкийбиз. Темирдин күкүндөрү токтун магнит талаасы таасиринде магниттелип, өзүн кичине магнит жебелери өңдүү кармайт жана алар магнит индукциянын сызыктары боюнча жайлашат (1.7-*а* сүрөт).

Түз ток магнит талаасынын күч сызыктары борбору өткөргүчтүн огунда жайлашкан айланалардан турган болуп, бул айланалар өткөргүчтүн огуна тик тегиздикте жатат (1.7-*б* сүрөт). Магнит талаасы күч сызыктарынын багыты оң сайлуу бурама эрежесинен пайдаланып аныкталат: *эгерде бураманын алга жылуу кыймылы, токтун багыты менен бирдей болсо, анда бурама туткасынын айлануу багыты, магнит индукция сызыктарынын багытын көрсөтөт.*



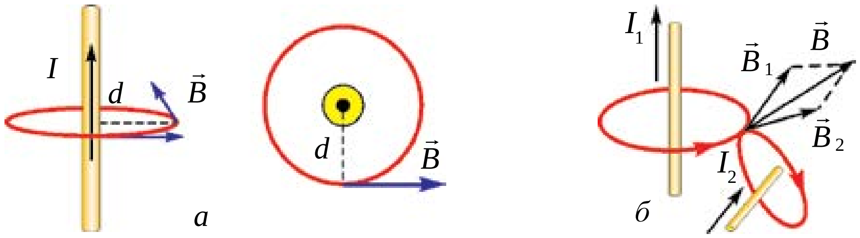
1.7-сүрөт.

Магнит талаа индукциясынын вектору ($\vec{B}$) күч сызыктарына жаныма боюнча багытталган болот. Жеке учурда токтуу өткөргүчтөн d аралыкта жаткан чекиттеги магнит талаа индукциясынын багыты 1.8-*а* сүрөттө көрсөтүлгөн.

Көпчүлүк учурларда магнит талаасын бир өткөргүч эмес, токтуу өткөргүчтөр системасы пайда кылат (1.8-*б* сүрөт). Мындай жагдайда мейкиндиктин кандайдыр чекитиндеги, акыркы талаанын индукциясы ар бир токтуу өткөргүчтүн ошол чекитинде пайда кылган магнит талаа индукцияларынын вектордук суммасына барабар болот, б. а.:

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE



1.8-сүрөт.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \ \dots \ \vec{B}_n. \qquad (1\text{–}8)$$

Бул тыянакка магнит талаасы үчүн ***суперпозиция принциби*** дейилет.

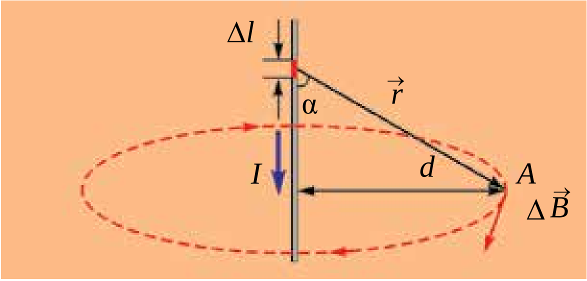
Француз окумуштуулары Ж. Био, Ф. Савар жана П. Лапластар каалагандай формадагы токтуу өткөргүчтөрдүн айланасында пайда болгон магнит талаа индукциясын эсептөө мүмкүнчүлүгүн берген жалпы мыйзамды аныкташты. Бул мыйзам боюнча токтуу өткөргүчтүн каалагандай Δl элементинин токтуу өткөргүчтүн айланасындагы *A* чекитинде пайда кылган магнит индукциясын төмөнкүдөй аныктоого болот:

$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin\alpha}{r^2}, \qquad (1\text{–}9)$$

$\alpha - \Delta l$ элементинен *A* чекитине жүргүзүлгөн вектор менен Δl элементтин ортосундагы бурч (1.9-сүрөт), $r-$өткөргүчтүн Δl элементинен *A* чекитине чейин болгон аралык.

1. Түз токтун магнит талаа индукциясы. Био-Савар-Лаплас мыйзамы боюнча, чексиз узун түз токтон *d* алыстыктагы *A* чекитте пайда болгон магнит талаасынын индукциясы төмөнкү туюнтма жардамында аныкталат:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}. \qquad (1\text{–}10).$$



1.9-сүрөт.

Демек, түз сызыктуу чексиз узун токтуу өткөргүчтүн кандайдыр чекитте пайда кылган магнит талаа индукциясы өткөргүчтөн өтүп жаткан ток-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

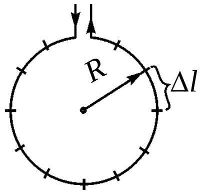
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

тун күчүнө түз, ал эми өткөргүч менен индукциясы эсептелип жаткан чекиттин ортосундагы эң кыска аралыкка тескери пропорциялаш экен.

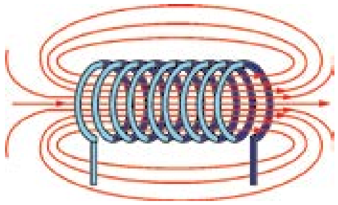
2. Айланма токтун борборундагы магнит талаа индукциясы. Радиусу R болгон айланадан I туруктуу ток өтүп жаткан болсун (1.10-сүрөт). Био-Савар-Лаплас мыйзамы боюнча, айланма токтун борборунда пайда болгон магнит талаанын индукциясы айлана узундугу Δl бөлүкчөлөрүнүн айлананын борборунда пайда кылган индукцияларынын вектор суммасына барабар (1.3–1-туюнтма). Эсептөөнүн натыйжалары боюнча, айланма токтун борборундагы магнит индукциясы

$$B=\mu_0\frac{I}{2R} \qquad (1\text{–}11).$$

ге барабар, мында: μ_0–коэффициент вакуумдун магнит туруктуусу болуп, анын сандык мааниси $\mu_0=4\pi\cdot10^{-7}\frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$ ка барабар. Демек, айланма токтун борборунда пайда болгон магнит талаасынын индукциясы өткөргүчтөн өтүп жаткан токтун күчүнө түз, айлананын радиусуна тескери пропорциялаш экен.



1.10-сүрөт.


1.11-сүрөт.

Жеке учурда n оромго ээ болгон токтуу түрмөктүн борборундагы магнит талаасынын индукциясын (1.11-сүрөт) төмөнкү туюнтма жардамында аныктоого болот:

$$B=\mu_0\frac{n\cdot I}{2R}\cdot \qquad (1\text{–}12).$$

Демек, токтуу түрмөктүн ичинде пайда болгон магнит талаанын индукциясы түрмөктөн өтүп жаткан ток күчүнө, оромдордун санына түз, ал эми түрмөк айланасынын радиусуна тескери пропорциялаш экен.

1. *Магнит талаасынын суперпозиция принцибин түшүндүр.*
2. *Түз токтун магнит талаа индукциясын эсептөө формуласын жаз жана аны түшүндүр.*
3. *Айлананын борборундагы магнит талаа индукциясын эсептөө формуласын жаз жана аны түшүндүр.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Түз чексиз өткөргүчтөн 250 мА ток өтүп жатат. Андан 4 см алыстыкта жайлашкан чекиттеги магнит талаасынын индукциясын тап.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$I=250$ мА $=250\cdot10^{-3}$А $d=4$ см $=4\cdot10^{-2}$ м $\mu_0=4\pi\cdot10^{-7}\frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$ Табуу керек: $B=?$	$B=\mu_0\frac{I}{2\pi\cdot d}$ $[B]=\frac{\text{Н}}{\text{А}^2}\frac{\text{А}}{\text{м}}=\frac{\text{Н}}{\text{А}\cdot\text{м}}=$Тл	$B=4\pi\cdot10^{-7}\frac{250\cdot10^{-3}}{2\pi\cdot4\cdot10^{-3}}$ Тл$=$ $=12{,}5\cdot10^{-6}$ Тл. *Жообу:* $B=12{,}5\cdot10^{-6}$ Тл.

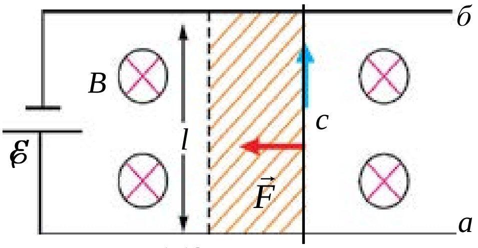
4-тема. ТОКТУУ ӨТКӨРГҮЧТҮ МАГНИТ ТАЛААСЫНДА КОТОРУУДА АТКАРЫЛГАН ЖУМУШ

Эки параллель a жана b жылмакай металл зым бири-биринен l алыстыкта жайлаштырылган болуп, алардын үстүнө жеңил c металл өткөргүч коюлган учурду карап көрөлү (1.12-сүрөт). Өткөргүчтөр системасы магнит индукциясы $\vec{B}$ болгон бир тектүү талаага жайлашкан. 1.12-сүрөттөгү (⊗) белгиси магнит талаасынын индукция вектору бизден сүрөттүн тегиздигин карай тик багытталганын билдирет. a жана b өткөргүчтөр ток булагына туташканда, c өткөргүч аркылуу ток өтө баштайт. Мында l узундуктагы токтуу өткөргүчкө магнит талаасы тарабынан $F=I\cdot B\cdot l$ Ампер күчү таасир этет. Токтун багыты менен магнит талаасы индукциясынын багыты ортосундагы бурч 90° экендигин билген түрдө күчтүн багыты сол кол эрежеси боюнча аныкталат.

Бул күч c өткөргүчтү d аралыкка которуп,

$$A=I\cdot B\cdot l\cdot d \qquad (1\text{–}13)$$

жумуш аткарат. Бул туюнтмадагы $l{\cdot}d$ көбөйтүндү өткөргүчтүн кыймылы учурунда чийген беттен турат, б. а. $S=l{\cdot}d$. Кыймыл учурунда өткөргүчтү кесип өткөн магниттин агымы $\Delta\Phi=B\cdot\Delta S$ ке барабардыгынан:



1.12-сүрөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

$$A = I \cdot \Delta\Phi \qquad (1\text{–}14)$$

көрүнүштөгү туюнтмага ээ болобуз. Белгилей кетчү жери, бул жумуш магнит талаасы тарабынан эмес, чынжырды ток менен камсыздап турган булактын энергиясы эсебинен аткарылат.

Демек, токтуу өткөргүчтү магнит талаасында которууда Ампер күчүнүн аткарган жумушу өткөргүчтөн өтүп жаткан ток күчү менен магнит агымынын өзгөрүшүнүн көбөйтүндүсүнө барабар экен.

Магнит талаасында токтуу өткөргүчтү которууда аткарылчу жумуштан турмушта кеңири пайдаланылат. Ал транспорт, үй-тиричилик техникасы жана электроника жаатгарында колдонулушу менен чоң мааниге ээ. Учурда өтө кеңири иштетилип жаткан электрондук кулпулар буга мисал боло алат.

1. *Магнит талаасында токтуу өткөргүчтү которууда аткарылган жумуш кандай эсептелет?*
2. *Токтун багыты менен магнит талаасынын индукциясы бир багытта болсо, аткарылган жумуш эмнеге барабар болот?*
3. *Токтуу өткөргүчтү магнит талаасында которууда жумуш эмненин эсебинен аткарылат?*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Узундугу 30 см болгон өткөргүчтөн 2 А ток өтүп жатат. Өткөргүчтүн индукциясы 1,5 Тл болгон бир тектүү магнит талаасынын индукция сызыктарына 30° бурч менен жайлашкан. Өткөргүч Ампер күчүнүн багытында 4 см ге которулганда кандай жумуш аткарылат?

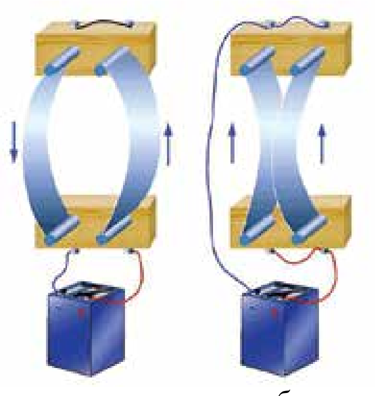
Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$l = 30$ см $= 0{,}3$ м $I = 2$ А $B = 1{,}5$ Тл $\alpha = 30°$ $d = 4$ см $= 4 \cdot 10^{-2}$ м Табуу керек: $A = ?$	$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin\alpha$ $[A] = \text{А} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{м} \cdot \text{м} =$ $= \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Ж}$	$A = 2 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2} =$ $= 18 \cdot 10^{-3}$ Ж. *Жообу:* $A = 18 \cdot 10^{-3}$ Ж.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

5-тема. ТОКТУУ ӨТКӨРГҮЧТӨРДҮН ӨЗ АРА ТААСИР КҮЧҮ

Куду электр заряддары сыяктуу токтуу өткөргүчтөрдүн ортосунда да өз ара таасир күчтөрү болот. Муну иш жүзүндө көрүү үчүн эки серпилгич өткөргүч алып, аларды вертикалдуу абалда таянычка бекемдейбиз.

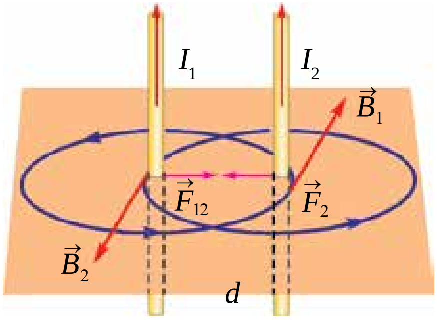


1.13-сүрөт.

Эгерде өткөргүчтөрдүн жогорку бөлүгүн зым аркылуу туташтырсак, өткөргүчтөрдөн карама-каршы багытта ток агат (1.13-*а* сүрөт). Натыйжада өткөргүчтөр бири-биринен түртүлүп, ортосундагы аралык алыстайт. Эгерде өткөргүчтөрдөн бирдей багытта ток агышын камсыздасак, өткөргүчтөр бири-бирине тартылат (1.13-*б* сүрөт).

Ампердин мыйзамынан пайдаланып, вакуумдагы чексиз узун параллель токтуу өткөргүчтөрдүн ортосунда пайда боло турган өз ара таасир күчүнүн багытын жана сандык маанисинин чоңдугун аныктайлы.

Бири-биринен d аралыкта жайлашкан эки параллель өткөргүчтөрдөн бирдей багытта I_1 жана I_2 ток өтүп жаткан болсун (1.14-сүрөт). Өткөргүчтөрдөн өтүп жаткан I_1 жана I_2 токторунун магнит талаасы индукция векторунун сызыктары бор-борлош айланадан турган болот. Эгерде I_1 ток ылдыйдан жогоруга агып жаткан болсо, экинчи өткөргүчтө жаткан чекиттерде B_1 вектор (бурама эрежеси боюнча) бизден китептин тегиздигин карай багытталган болот жана алар өз ара тик жайлашкан. Биринчи токтун магнит талаасы тарабынан экинчи токко көрсөтүлчү F_2 таасир күчү чоңдугу боюнча Ампер мыйзамына ылайык төмөнкүгө барабар болот:



1.14-сүрөт.

$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot \Delta l; \qquad (1\text{–}15)$$

мында: Δl – экинчи өткөргүчтүн магнит талаасында жайлашкан бөлүгүнүн узундугу. Бул формулага түз токтун магнит индукциясынын $B_1 = \mu_0 \dfrac{I_1}{2\pi \cdot d}$ туюнтмасын койсок,

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

$$F_2 = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l \,. \qquad (1\text{–}16)$$

Демек, чексиз узун параллель токтуу өткөргүчтөрдүн бирдик узундугуна таасир көрсөтүп жаткан өз ара таасир күчү алардан өтүп жаткан ток күчтөрүнүн көбөйтүндүсүнө түз, ал эми ортосундагы аралыкка болсо тескери пропорциялаш экен.

Бул кубулуштун негизинде ток күчүнүн Эл аралык бирдиктер системасындагы бирдиги – ампер (А) кабыл алынган.

Ампер – вакуумда бири-биринен 1 м аралыкта параллель жайлашкан, туурасынан кесилиш аянты эсепке алынбай турган деңгээлде кичине болгон чексиз узун түз өткөргүчтөрдөн ток өткөндө, өткөргүчтөрдүн ар бир метр узундугунда $2 \cdot 10^{-7}$ Н өз ара таасир күчүн пайда кыла турган туруктуу ток күчү болуп саналат.

1. *Параллель токтуу өткөргүчтөрдүн ортосунда пайда боло турган өз ара таасир күчүнүн багыты кандай аныкталат?*
2. *Карама-каршы багытта I_1 жана I_2 ток өтүп жаткан эки параллель өткөргүчтүн өз ара таасир күчүн түшүндүр.*
3. *Ток күчүнүн бирдиги – Амперге мүнөздөмө бер.*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Ортосундагы аралык 1,6 м болгон кош (эки) зымдуу туруктуу электр тогун берүү линиясы зымдарынын ар бир метр узундугуна туура келген өз ара таасир күчүн тап. Өткөргүчтөрдөн өтүп жаткан ток күчүнүн маанисин 40 А га барабар деп ал.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$d = 1{,}6$ м $I_1 = I_2 = 40$ А $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$ $\Delta l = 1$ м	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ $[F] = \frac{\text{Н}}{\text{А}^2} \cdot \frac{\text{А} \cdot \text{А}}{\text{м}} \cdot \text{м} = \text{Н}$	$F = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{40 \cdot 40}{2\pi \cdot 1{,}6} \cdot 1\,\text{Н} = 2 \cdot 10^{-4}$ Н *Жообу:* $F = 2 \cdot 10^{-4}$ Н.
Табуу керек: $F = ?$		

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

6-тема. БИР ТЕКТҮҮ МАГНИТ ТАЛААСЫНДА ЗАРЯДДУУ БӨЛҮКЧӨНҮН КЫЙМЫЛЫ. ЛОРЕНЦ КҮЧҮ

Магнит талаасына киргизилген токтуу өткөргүчкө магнит талаасы тарабынан таасир көрсөтүүчү Ампер күчү, өткөргүчтүн ошол бөлүгүндөгү ар бир бөлүкчөгө магнит талаасы тарабынан таасир көрсөтүп жаткан күчтөрдүн суммасынан турат деп кароого болот. Узундугу l болгон токтуу өткөргүчтө аракеттенген бардык заряддуу бөлүкчөлөрдүн саны N ге барабар болсо, магнит талаасында аракеттенип жаткан бир бөлүкчөгө таасир көрсөтүүчү күч

$$F = \frac{F_A}{N} = \frac{I \cdot B \cdot l \cdot \sin\alpha}{N} \qquad (1\text{–}17)$$

ге барабар болот. Өткөргүчтөн өтүп жаткан ток күчү

$$I = e \cdot n \cdot v \cdot S \text{ жана } N = n \cdot S \cdot l. \qquad (1\text{–}18)$$

Туюнтмаларды (1–17) барабардыкка койсок, бир бөлүкчөгө таасир көрсөтүп жаткан күчтүн туюнтмасы алынат:

$$F_L = evB\sin\alpha; \qquad (1\text{–}19)$$

мында: e–электрондун заряды; v–бөлүкчөнүн иреттүү кыймыл ылдамдыгы; n–заряддар концентрациясы; S–өткөргүчтүн туурасынан кесилиш аянты.

Магнит талаасында аракеттенген заряддуу бөлүкчөгө ошол талаа тарабынан таасир эткен күчкө **Лоренц күчү** дейилип, бул күч төмөнкүдөй мүнөздөлөт: бир тектүү магнит талаасында аракеттенген заряддуу бөлүкчөгө таасир эткен күч $\vec{F}_L$ бөлүкчөнүн заряды q га, анын кыймыл ылдамдыгы v га, магнит талаасынын индукция вектору $\vec{B}$ га жана ылдамдык ($\vec{v}$) вектору менен магнит талаасы индукциясынын ($\vec{B}$) векторлорунун ортосундагы бурч синусунун көбөйтүндүсүнө барабар болот.

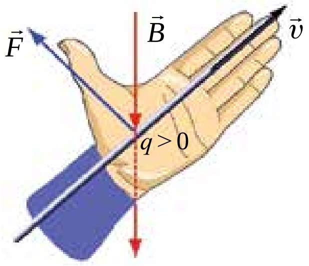
Лоренц күчүнүн багыты сол кол эрежеси жардамында аныкталат (1.15-сүрөт). **Эгерде сол колдун алаканына магнит индукциясынын вектору тик түшсө жана көрсөткүч бармактын багыты оң заряд кыймылынын багыты менен бирдей болсо, анда 90° ка ачылган баш бармак Лоренц күчүнүн багытын көрсөтөт.**

Магнит талаасына учуп кирип жаткан протонго таасир көрсөтүп жаткан Лоренц күчү, сол кол эрежеси боюнча, оң жакка багытталган болот (1.16-сүрөт). Талаадагы электрондун (терс заряддын) кыймылын аныктоодо төрт бармагыбызды токтун багытына карама-каршы абалда кармайбыз.

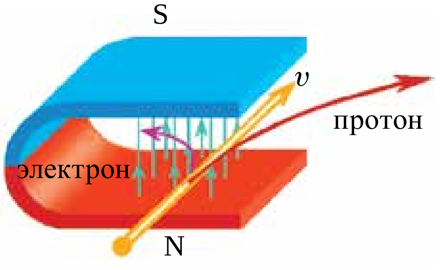
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

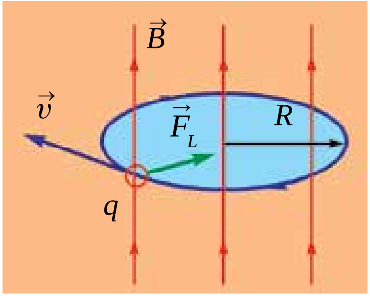
Мында электронго таасир көрсөтүүчү Лоренц күчү сол жакка багытталган болот (1.16-сүрөт). Эгерде заряддуу бөлүкчө магнит индукциянын сызыктары боюнча аракеттенсе, анда ага магнит талаасы тарабынан күч таасир көрсөтпөйт.



1.15-сүрөт.



1.16-сүрөт.



1.17-сүрөт.

Эми заряддуу бөлүкчөнүн кыймылына ***Лоренц*** күчүнүн таасирин карап көрөбүз. Бөлүкчө бир тектүү магнит талаасынын күч сызыктары багытына тик учуп кирип жаткан болсун (1.17-сүрөт). Анда бөлүкчө ылдамдыгынын багыты менен индукция сызыктарынын ортосундагы бурч 90° ка барабар болуп, бөлүкчөгө таасир көрсөтүп жаткан Лоренц күчү максималдуу болот. Лоренц күчү магнит талаасында аракеттенген бөлүкчөнүн кыймыл багытына перпендикулярдуу багытталгандыктан, ал борборго умтулуучу күчтүн милдетин аткарат. Натыйжада заряддуу бөлүкчөнүн кыймыл багыты өзгөрүп, кыймыл траекториясы ийриленет, башкача айтканда:

$$\frac{mv^2}{R}=qvB. \qquad (1\text{–}20)$$

Лоренц күчү жумуш аткарбагандыгы себептүү, бөлүкчөнүн кыймыл ылдамдыгы да өзгөрбөйт. Демек, бөлүкчө айлана боюнча бир калыпта аракттенүүнү улантат.

Демек, магнит талаасындагы заряддуу бөлүкчөнүн кыймыл траекториясы айланадан турган болуп, анын радиусун төмөнкү туюнтма аркылуу аныктайбыз:

$$R=\frac{mv}{qB}\cdot \qquad (1\text{–}21)$$

Демек, бөлүкчө траекториясынын ийметик радиусу анын массасы менен ылдамдыгынын көбөйтүндүсүнө түз, заряды менен магнит талаасы индукциясынын көбөйтүндүсүнө болсо тескери пропорциялаш экен.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Бөлүкчөнүн толук бир жолу айланышы үчүн сарпталган убакытты, б. а. айлануу мезгилин аныктайлы. Ал үчүн бөлүкчө бир жолу толук айлангандагы жолду (айлананын узундугу $2\pi \cdot R$) бөлүкчөнүн (v) ылдамдыгына бөлөбүз:

$$T = \frac{2\pi R}{v}. \qquad (1\text{–}22,$$

(1–21) туюнтмадан пайдаланып, (1–22) туюнтманы төмөнкү көрүнүштө жазабыз:

$$T = 2\pi \frac{m}{qB}. \qquad (1\text{–}23)$$

Бөлүкчөнүн айлануу мезгили анын ылдамдыгынан эмес, бөлүкчөнүн массасы, заряды жана магнит талаасы индукциясынын чоңдугунан көз каранды болот экен.

Магнит жана электр талаасынын таасиринде вакуумда аракеттенген заряддуу бөлүкчөлөрдү массалары боюнча курамдык бөлүктөргө ажыратуучу аспап *масс-спектрометр* деп аталат. Масс-спектрометрлер химиялык элементтердин изотопторун аныктоодо, заттарды химиялык иликтөөдө колдонулат.

?

1. *Лоренц күчүнүн багытын сол кол эрежеси негизинде түшүндүр.*
2. *Заряддалган бөлүкчөнү айлана боюнча бир калыпта аракеттендирүүчү күчтү түшүндүр.*
3. *Заряддуу бөлүкчө магнит талаасына кандай багытта киргенде, ага Лоренц күчү таасир көрсөтпөйт?*
4. *Лоренц күчүнүн негизинде жаратылган кандай курулмаларды билесиң?*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Электрон магнит талаасынын индукциясы 12 мТл болгон талаанын индукция сызыктарына тик учуп кирип, 4 см радиустуу айлана боюнча кыймылын уланткан болсо, ал кандай ылдамдык менен учуп кирген?

Берилген:

$B = 12$ мТл $= 12 \cdot 10^{-3}$ Тл

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$R = 4$ см $= 4 \cdot 10^{-2}$ м

$\alpha = 90°$

$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

Табуу керек:

$v = ?$

Формуласы:

$F_L = evB\sin\alpha,$

$F_{мик} = \frac{mv^2}{R},$

$F_L = F_{мик};$

$v = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$

$[v] = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Чыгарылышы:

$$v = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}} \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 8{,}4 \cdot 10^{7} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Жообу: $v = 8{,}4 \cdot 10^{7} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1-көнүгүү.

1. Радиусу 4 см болгон шакек индукциясы 0,5 Тл болгон бир тектүү магнит талаа индукция сызыктарына тик жайлаштырылган. Шакектен өтүп жаткан магнит агымы кандай? *(Жообу:* 25,12 мВб)

2. Магнит индукциясы 4 Тл болгон бир тектүү магнит талаасында жайлашкан аянты 250 $см^2$ болгон зымдуу рамкадан өтүп жаткан магнит агымы 87 мВб ге барабар. Магнит талаасынын индукция сызыктары бетке кандай бурч менен түшүүдө? (*Жообу:* 30°)

3. Индукциясы 50 мТл болгон магнит талаасынын индукция сызыктары бет тегиздигине 30° бурч менен түшүүдө. Магнит талаасы индукциясынын бетке нормалдуу багытындагы түзүүчүсүн тап *(Жообу:* 25 мТл*)*

4. Түз өткөргүчтөн 5 А ток өтүп жатат. Андан 2 см алыстыктагы чекиттеги магнит талаа индукциясын тап. (*Жообу:* 50 мкТл)

5. Радиусу 5 см болгон зым шакектен 3 А ток агып жатат. Алкактын борборундагы магнит талаасы индукциясын аныкта. (*Жообу:* 37,7 мкТл)

6. Радиусу 10 см, оромдорунун саны 500 болгон түрмөктөн кандай ток өткөндө, анын борборунда 25 мТл магнит талаасынын индукциясы пайда болот? (*Жообу:* 8 А)

7. Магнит талаасынын индукциясы 3 мТл жана 4 мТл болгон өз ара тик багытталган эки бир тектүү талаалар кошулганда, алынган талаанын индукциясы кандай болот? **(***Жообу:* 5 мТл)

8. Радиусу 10 см болгон токтуу шакек индукциясы 20 мТл болгон бир тектүү магнит талаасына жайлашкан. Эгерде шакектен 2 А ток өтүп жаткан болсо, магнит талаасы тарабынан ага кандай максималдуу күч моменти таасир көрсөтөт? **(***Жообу:* 1,26 мН · м)

9. Туурасы 4 см, узуну 8 см болгон рамка индукциясы 2 Тл болгон магнит талаасында жайлашкан. Андан 0,5 А ток өткөндө рамкага таасир этип жаткан максималдуу күч моментин тап. **(***Жообу:* 3,2 мН · м)

10. Магнит талаасында турган аянты 80 $см^2$ болгон рамкага таасир эткен максималдуу күч моменти 7,2 мН·м. Эгерде рамкадан 0,2 А ток өтүп жаткан болсо, талаанын индукциясы эмнеге барабар? (*Жообу:* 1,2 Тл)

11. Индукциясы 200 мТл болгон магнит талаасында узундугу 50 см болгон өткөргүч жайлаштырылган. Андан 4 А ток өткөндө өткөргүч 3 см ге которулду. Мында ток күчү кандай жумуш аткарган? *(Жообу:* 12мЖ)

12. Индукциясы 0,1 Тл болгон бир тектүү магнит талаасында индукция сызыктарына тик абалда узундугу 10 см болгон өткөргүчтөн 2 А ток өтүп жатат. Өткөргүчкө магнит талаасы тарабынан таасир көрсөтүп жаткан күчтү эсепте. (*Жообу:* 20 мН)

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

13. Узундугу 25 см болгон өткөргүчтөн 4 А ток өтүп жатат. Өткөргүч индукциясы 1,2 Тл болгон бир тектүү магнит талаасынын индукция сызыктарына 45° бурч менен жайлашкан. Өткөргүч Ампер күчү багытында 3 см ге которулганда, кандай жумуш аткарылат? (*Жообу:* 25,4 мЖ)

14. Узундугу 40 см болгон өткөргүчтөн 2,5 А ток өтүп жатат. Өткөргүч бир тектүү магнит талаасынын индукция сызыктарына перпендикуляр багытта 8 см которулганда, 32 мЖ жумуш аткарылган. Магнит талаасынын индукциясы эмнеге барабар? (*Жообу:* 0,4 Тл)

15. Узундугу 40 см болгон өткөргүч индукциясы 2,5 Тл болгон бир тектүү магнит талаасында 12 см/с ылдамдык менен аракеттенүүдө. Эгерде өткөргүч 3 с дун ичинде индукция сызыктарына перпендикуляр багытта 8 см которулганда, 144 мЖ жумуш аткарылган болсо, өткөргүчтөгү токтун күчү эмнеге барабар? Магнит талаа индукциясынын сызыктары менен ток багытынын ортосундагы бурчту 90° деп ал. (*Жообу:* 0,4 А)

16. Эки зымдуу туруктуу электр тогун берүү линиясы зымдарынын ар бир метр узундугуна туура келген өз ара таасир күчүн эсепте. Зымдардын ортосундагы аралык 2 м ге, токтун күчү 50 А ге барабар деп ал. (*Жообу:* 0,25 мН)

17. Эки параллель токтуу өткөргүчтөрдүн ар биринен бир жакка багытталган 2 А ток өтүп жатат. Токтуу өткөргүчтөрдүн ортосундагы аралык 4 см. Токтуу өткөргүчтөрдүн ортосундагы чекитте магнит талаасынын индукциясы эмнеге барабар? (*Жообу:* нөлгө барабар)

18. $4 \cdot 10^7$ м/с ылдамдык менен аракеттенген протон индукциясы 5 Тл болгон бир тектүү магнит талаасына учуп киргенде, ага кандай күч таасир көрсөтөт? Бөлүкчөнүн ылдамдык багыты менен талаа индукция күч сызыктарынын ортосундагы бурчту 45° деп ал. (*Жообу:* 22,4 пН)

19. Магнит индукциясы 0,3 Т болгон бир тектүү магнит талаасына индукция сызыктарына перпендикуляр түрдө 160 Мм/с ылдамдык менен учуп кирген электрон кыймыл траекториясынын ийметик радиусун тап. (*Жообу:* 3 мм)

20. Бир тектүү магнит талаасына тик учуп кирген электрондун айлануу мезгили 8 нс болсо, магнит талаасынын индукциясын аныкта. (*Жообу:* 4,5 мТл)

21. Индукциясы 1,5 Тл болгон магнит талаасы индукциясынын сызыктарына тик түрдө альфа бөлүкчө учуп кирди. Ага таасир көрсөткөн күч 120 пН болсо, анын ылдамдыгы кандай болгон? (*Жообу:* $2{,}5 \cdot 10^7$ м/с)

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

I ГЛАВАНЫ ЖЫЙЫНТЫКТОО БОЮНЧА ТЕСТ СУРООЛОРУ

1. **Электр тогунун магниттик таасири ток кайсы чөйрөлөрдөн өткөндө байкалат?**
   A) электролиттерден; B) металлдардан;
   C) вакуумда; D) каалагандай чөйрөдөн.

2. **Магнит агымынын бирдигин көрсөт.**
   A) Тесла; B) Вебер; C) Ампер; D) Эрстед.

3. **Өткөргүчтөн туруктуу ток өткөндө, анын айланасында кандай талаа пайда болот?**
   A) электр талаасы; B) магнит талаасы;
   C) электромагнит талаа; D) гравитациялык талаа.

4. **Сүрөттө 4 жуп ток өтүү багыттары көрсөтүлгөн. Кайсы учурда алар өз ара тартышат?**
   A) ↑↓; B) →←; C) ↓↓; D) →↓.

5. **Сүрөттө 4 жуп ток өтүү багыттары көрсөтүлгөн. Кайсы учурда алар өз ара түртүшөт?**
   A) ↑↓; B) →→ ; C) ↓↓; D) →↓.

6. **Магнит талаасына жайлаштырылган аянты 0,05 $м^2$ болгон токтуу рамкадан 2 А ток өтүп жатат. Эгерде рамканы айландыруучу максималдуу күчтүн моменти 40 мН·м болсо, анда рамка жайлашкан талаанын индукциясы эмнеге барабар?**
   A) $4\pi\cdot 10^{-6}$ Тл; B) $6\pi\cdot 10^{-6}$ Тл;
   C) $2\pi\cdot 10^{-6}$ Тл; D) $8\pi\cdot 10^{-6}$ Тл.

7. **Радиусу 4 см болгон зым шакектен 0,8 А ток өтүп жатат. Шакектин борборундагы магнит индукциясын аныкта.**
   A) 2 Тл; B) 0,4 Тл; C) 0,5 Тл; D) 0,2 Тл.

8. **Индукциясы 0,1 Тл болгон магнит талаасынын сызыктарына тик жайлашкан 25 см узундуктагы өткөргүчкө талаанын таасир күчү 0,5 Н ге барабар. Өткөргүчтөн өтүп жаткан ток күчү эмнеге барабар?**
   A) 2,5 А; B) 0,4 А; C) 1,25 А; D) 0,2 А.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

9. Магнит талаа индукция сызыктарына тик багытта электрон жана протон учуп кирүүдө. Протондун массасы электрондун массасынан 1800 эсе чоң. Бөлүкчөлөрдүн кайсы бирине таасир көрсөткөн Лоренц күчү чоң болот?

A) Электронго; B) Протонго;
C) Экөөнө бирдей; D) Таасир күчү нөлгө барабар.

10. Сол кол эрежеси жардамында кандай чондуктардын багыты аныкталат?

A) Ампер күчү; B) Лоренц күчү;
C) Ампер жана Лоренц күчтөрү; D) Индукциялык токтун багыты.

11. Төмөнкү күчтөрдүн кайсы бири жумуш аткарбайт?

A) Ампер күчү; B) Лоренц күчү;
C) Кулон күчү; D) сүрүлүү күчү.

12. Лоренц күчү аракеттеги заряддуу бөлүкчөнүн ылдамдыгын кантип өзгөртөт?

A) Ылдамдыгын ашырат; B) Ылдамдыгын азайтат;
C) Ылдамдыгын өзгөртпөйт; D) Ылдамдыктын багытын өзгөртөт.

13. Лоренц күчүнүн туюнтмасын көрсөт.

A) $F=\dfrac{mv^2}{R}$; B) $F=I\cdot B\cdot l\cdot \sin\alpha$;

C) $F=\mu_0\dfrac{I_1\cdot I_2}{2\pi\cdot d}\cdot\Delta l$; D) $F=qvB\cdot\sin\alpha$.

14. Протон индукциясы 40 мТл болгон бир текмүү магнит талаасына күч сызыктарына тик түрдө $2\cdot10^7$ м/с ылдамдык менен учуп киргенде, ал кандай радиустуу айлана чиет ($m_п=1{,}67\cdot10^{-27}$ кг)?

A) 1,5 см; B) 4 см; C) 2,5 см; D) 5,2 см.

15. Бир тектүү магнит талаасына тик учуп кирген электрондун айлануу мезгили $20\cdot10^{-12}$ с болсо, магнит талаасынын индукциясын аныкта (Тл).

A) 1,5; B) 1,8; C) 2,5; D) 3,2.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1-главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Магнит күч сызыктары	Магнит күч сызыктары магниттин түндүк уюлунан чыгып, түштүк уюлуна кирген туюк сызыктан турат.
Магнит индукция агымы	ΔS–беттен өтүп жаткан магнит индукция агымы Φ деп, магнит индукция B векторунун ошол бетке көбөйтүндүсүнө айтылат $\Phi = B \cdot \Delta S$.
Магнит агымынын бирдиги	Магнит талаасынын индукциясы 1 Тл га барабар болгон магнит талаасынын индукция сызыктарына тик коюлган 1 $м^2$ аянтты кесип өтүп жаткан магнит агымы 1 Вб ге барабар 1 Вб = 1 Тл · $м^2$.
Био-Савар-Лаплас формуласы	Токтуу өткөргүчтүн каалагандай Δl элементинин токтуу өткөргүчтүн айланасындагы A чекитинде пайда болгон магнит индукциясын аныктайт $\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin\alpha}{r^2}$
Магнит талаасынын суперпозиция принциби	$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \ldots + \vec{B}_n$. Мейкиндиктин кандайдыр чекитиндеги алынган талаанын индукциясы ар бир токтуу өткөргүчтүн ошол чекитте пайда кылган магнит талаа индукцияларынын вектор суммасына барабар.
Түз ток магнит талаасынын индукциясы	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ –өткөргүчтөн өтүп жаткан ток күчүнө түз, өткөргүч менен индукциясы эсептелип жаткан чекиттин ортосундагы аралыкка тескери пропорциялаш.
Айланма токтун борборундагы магнит талаасынын индукциясы	$B = \mu_0 \frac{I}{2R}$ –өткөргүчтөн өтүп жаткан ток күчүнө түз, айлана радиусуна тескери пропорциялаш.
Токтуу рамканын айландыруучу моменти	$M = I \cdot B \cdot S \sin\alpha$, контурдан өтүп жаткан ток күчү, контурдун аянты жана индукция векторунун багыты менен контур тегиздигине жүргүзүлгөн оң нормалдын ($\vec{n}$) багыты ортосундагы бурчтун синусуна түз пропорциялаш.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Магнит талаасында аткарылган жумуш	$A = I \cdot \Delta\Phi$ токтуу өткөргүчтү магнит талаасында которууда аткарылган жумуш өткөргүчтөн өтүп жаткан ток күчү менен анын кыймылы боюу кесип өткөн магнит агымы өзгөрүшүнүн көбөйтүндүсүнө барабар.
Токтуу өткөргүчтөрдүн өз ара таасирдешүүсү	Параллель өткөргүчтөрдөн карама-каршы багытта ток акканда, алар бири-биринен түртүлөт. Токтордун багыты бирдей болгондо, өткөргүчтөр бири-бирине тартылат
Эки токтуу параллель өткөргүчтөрдүн ортосундагы таасир күчү	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ – параллель токтуу өткөргүчтөрдүн бирдик узундуктарына туура келген өз ара таасир күчү алардан өтүп жаткан ток күчтөрүнүн көбөйтүндүсүнө түз, ал эми ортосундагы аралыкка болсо тескери пропорциялаш.
Ток күчүнүн бирдиги. Ампердин мүнөздөмөсү	Ампер – вакуумда бири-биринен 1 м аралыкта параллель жайлашкан, чексиз узун түз өткөргүчтөрдөн ток өткөндө, өткөргүчтөрдүн ар бир метр узундугуна $2 \cdot 10^{-7}$ Н өз ара таасир күчү пайда кыла турган туруктуу ток күчү.
Лоренц күчү	Магнит талаасында аракеттенген заряддуу бөлүкчөгө ошол талаа тарабынан таасир көрсөтүүчү күч: $F_L = qvB\sin\alpha$.
Сол кол эрежеси	Эгерде сол колдун алаканына магнит индукциясынын вектору тик түшсө жана көрсөткүч бармактын багыты оң заряддын багыты менен бирдей болсо, анда 90° ка ачылган баш бармак Лоренц күчүнүн багытын көрсөтөт.
Магнит талаасына тик учуп кирген бөлүкчөнүн айлануу радиусу	$R = \frac{mv}{qB}$ – бөлүкчө траекториясынын ийметик радиусу анын массасы менен ылдамдыгынын көбөйтүндүсүнө түз, ал эми заряды менен магнит талаасы индукциясынын көбөйтүндүсүнө тескери пропорциялаш.
Магнит талаасына тик учуп кирген бөлүкчөнүн айлануу мезгили	$T = 2\pi \frac{m}{qB}$ – бөлүкчөнүн айлануу мезгили анын ылдамдыгынан эмес, бөлүкчөнүн массасы, заряды жана магнит талаасы индукциясынын чоңдугунан көз каранды болот.

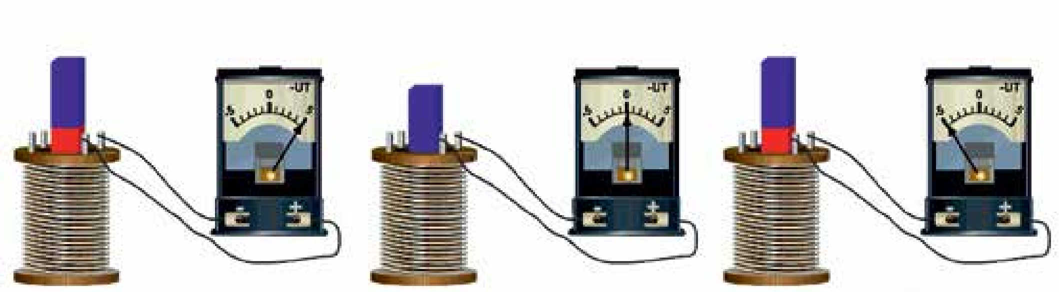
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

II глава. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ИНДУКЦИЯ

7-тема. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ИНДУКЦИЯ КУБУЛУШУ. ИНДУКЦИЯНЫН ЭЛЕКТР КЫЙМЫЛДАТКЫЧ КҮЧҮ. ФАРАДЕЙ МЫЙЗАМЫ

1820-жылы даниялык окумуштуу Г. Эрстед токтун магнит таасирин ачкандан кийин, англис окумуштуусу **Майкл Фарадей** магнит талаасы аркылуу электр тогун алууну өзүнө максат кылды. Ал бул маселенин үстүндө 10 жылдан ашуун эмгектенип, 1831-жылы анын оюу орундалды.



а *б* *в*

2.1-сүрөт.

Көргөзмөлүү аспаптардан пайдаланган түрдө Фарадей тарабынан жүргүзүлгөн тажрыйбаны карап көрөлү. Ал түрмөк менен гальванометрди удаалаш туташтырып, туюк чынжыр түздү (2.1-сүрөт). Түрмөктүн ичине туруктуу магнит киргизилип жатканда, гальванометр жебесинин кыйшайышы байкалат. Мында түрмөктө ток пайда болот (2.1-*а* сүрөт). Эгерде магнит кыймылсыз түрмөктүн ичинде тынч кармап турулса, анда гальванометрдин жебеси нөлдү көрсөтөт, б. а. түрмөктө токтун жоголгону байкалат (2.1-*б* сүрөт). Магнит түрмөктөн чыгарылып жатканда болсо, кайра түрмөктө токтун пайда болгону байкалат. Мында гальванометрдин жебеси тескери жакка кыйшаят (2.1-*в* сүрөт). Эгерде магнит тынч абалда болуп, түрмөк кыймылга келтирилсе да ушул кубулушту байкайбыз. Демек, түрмөктү кесип өткөн магнит агымы ар кандай жол менен өзгөртүрүлсө, анда түрмөктө электр кыймылдаткыч күч пайда болот экен.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Зымдуу рамканын учтары бири-бирине түздөн-түз (же алардын учтары кандайдыр аспап аркылуу) туташкан болсо, аны туюк контур деп атоого болот. Анда гальванометрге туташкан түрмөк өз ара удаалаш туташкан туюк контурду түзөт.

Магнит талаасынын агымы өзгөргөндүгү себептүү туюк контурда электр тогунун пайда болуу кубулушун ***электр-магниттик индукция кубулушу***, контурда пайда болгон ток болсо *индукциялык* ток деп аталат.

Фарадей өзү жасаган тажрыйбанын натыйжаларын иликтеп, төмөнкүдөй тыянакка келет: **индукциялык ток туюк контурда өткөргүч контур аркылуу өтүп жаткан магниттик индукция агымы өзгөргөндө гана пайда болот, б. а. магниттик агым өзгөрүп турган убакыттын ичинде гана пайда болот.**

Белгилүү болгондой, электр чынжырда ток үзгүлтүксүз болушу үчүн, чынжырдын кандайдыр бөлүгүндө электр кыймылдаткыч күч (ЭКК) түн булагы болууга тийиш. Контурда туруктуу түрдө магнит агымынын өзгөрүп турушу натыйжасында алынган ЭКК индукциялык токту пайда кылган тышкы булактын милдетин аткарат. Мындай ЭККкө ***индукциянын электр кыймылдаткыч күчү*** дейилет.

Электр-магниттик индукция мыйзамы туюк контурда алынган ЭКК сандык жактан белгилейт.

Туюк контурда алынган электр-магниттик индукциянын ЭКК сандык мааниси жагынан ошол контурду кесип өткөн магнит агымынын өзгөрүшүнө барабар жана белгиси боюнча карама-каршы болот:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \qquad (2\text{–}1)$$

Буга *электр-магниттик индукция мыйзамы* же *Фарадей-Максвелл мыйзамы* дейилет.

(2–1) туюнтмадагы (–) белги контурда алынган индукциялык токтун багытынан көз каранды болуп, ал Ленц эрежеси боюнча түшүндүрүлөт.

ЭБСда индукциянын электр кыймылдаткыч күч бирдиги иретинде вольт (В) кабыл алынган. $[\mathcal{E}_i] = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\text{Вб}}{\text{с}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Ж}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \text{В}$.

Эгерде контур N оромдон турган болсо, анда контурда пайда болгон индукциянын ЭКК төмөнкү туюнтма жардамында эсептелет:

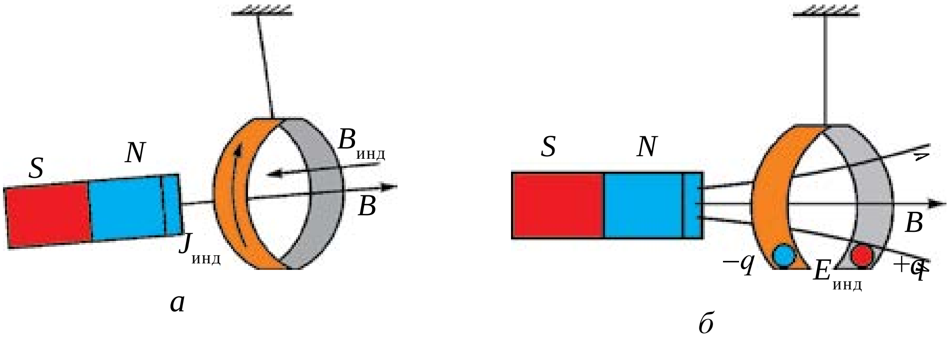
$$\mathcal{E}_i = -N\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \qquad (2\text{–}2)$$

Орус окумуштуусу Х. Ленц индукциялык токтун багытын аныктоо максатында төмөнкүдөй тажрыйба жасады. Ал бири бүтүн жана экинчи-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

си кесилген жеңил алюминий шакектерди жипке байлап, таянычка илди (2.2-сүрөт). Эгерде магнит бүтүн шакекке жакындаштырылса, анда индукциялык ток пайда болот. Жана бул ток шакектин ичинде өзүнүн магнит талаасын пайда кылат. Бул магнит талаасы болсо магниттин шакекке жакындашына каршылык көрсөтөт жана андан качат (2.2-*а* сүрөт). Эгерде магнитти шакектен алыстата баштасак, шакек магнитке тартылып, аны ээрчийт.



2.2-сүрөт.

Магнит кесилген шекекке жакындатылса же андан алыстатылса, анда магниттин шекекке таасири байкалбайт. Мунун себеби, контур туюк болбогондуктан, шекекте индукциялык ток алынбайт (2.2-*б* сүрөт). Тажрыйбанын натыйжалары боюнча Ленц индукциялык токтун багытын аныктоо эрежесин тапты. Бул эреже анын урматына *Ленц эрежеси* деп аталып, төмөнкүдөй мүнөздөлөт: **туюк контурда алынган индукциялык токтун багыты, өзүнүн магнит талаасы менен ошол токту пайда кылып жаткан магнит агымынын өзгөрүшүнө каршылык көрсөтөт.**

?

1. *Кандай кубулушка электр-магниттик индукция кубулушу дейилет?*
2. *Эмне үчүн кесилген шекекке магнит жакындаштырылганда, алар өз ара таасирдешпейт?*
3. *Ленцтин эрежесине мүнөздөмө бер.*
4. *Электр-магниттик индукция мыйзамын түшүндүр.*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Өткөргүч шакек аркылуу өткөн магниттин агымы 0,2 с дун ичинде 5 мВб ге өзгөргөн. Шакек 0,25 Ом электр каршылыгына ээ болсо, алкакта кандай индукциялык ток пайда болот?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

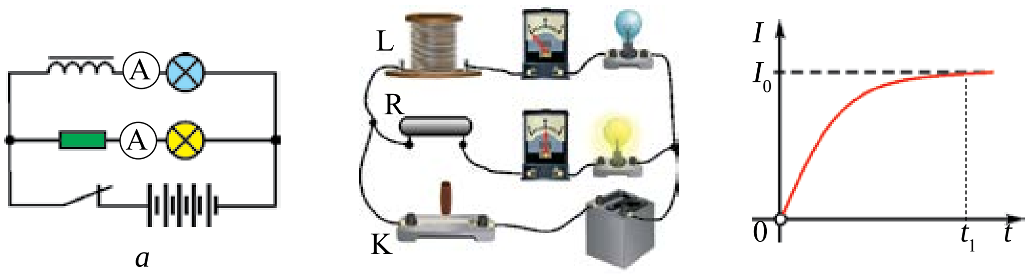
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$\Delta t = 0{,}2$ с $\Delta \Phi = 5$ м Вб $= 5 \cdot 10^{-3}$ Вб $R = 0{,}25$ Ом	$\mathcal{E}_i = -\dfrac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ $I = \dfrac{\mathcal{E}_i}{R} = -\dfrac{\Delta \Phi}{R \cdot \Delta t}$ $[I] = \dfrac{\text{Вб}}{\text{Ом} \cdot \text{с}} = \text{А}$	$I = \dfrac{5 \cdot 10^{-3}}{0{,}25 \cdot 0{,}2}\,\text{А} = 0{,}1\,\text{А}.$ *Жообу:* $I = 0{,}1$ А.
Табуу керек: $I = ?$		

8-тема. ӨЗҮНЧӨ ИНДУКЦИЯ КУБУЛУШУ. ӨЗҮНЧӨ ИНДУКЦИЯНЫН ЭКК. ИНДУКТИВДҮҮЛҮК

Ар кандай контурдан өтүп жаткан ток ошол контурду кесип өткөн магнит агымын пайда кылат. Эгерде контурдан өтүп жаткан ток өзгөрсө, ал пайда кылган магнит агымы да өзгөрөт. Натыйжада контурда индукциялык ЭКК пайда болот. Бул кубулуш ***өзүнчө индукция кубулушу*** деп аталат.

Өзүнчө индукция кубулушуна байкоо жүргүзүү мүмкүн болгон электр чынжыры 2.3-*а* сүрөттө берилген. Чынжыр бирдей эки лампа, R каршылык, көп оромдуу түрмөк, ачкыч жана ток булагынан турат. Лампалардын бири ичинде темир өзөгү болгон түрмөк аркылуу, экинчиси R каршылык аркылуу ток булагына туташкан. Ачкыч туташканда түрмөк аркылуу чынжырга туташкан лампа бир азга кечигип, ал эми R каршылык аркылуу туташкан экинчи лампа болсо, ачкыч туташкан заматта жанганын көрөбүз (2.3-*б* сүрөт). Анткени, ачкыч туташкан замат түрмөктөн өтүп жаткан токтун күчү t_1 убакыттын ичинде нөлдөн I_0 гө чейин өзгөрөт (2.3-*в* сүрөт).



а *б* *в*

2.3-сүрөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Бул мезгилде түрмөктө токтун булагы пайда кылган токко тескери багытталган өзүнчө индукция тогу пайда болот. Ал биринчи лампанын кечирээк жанышына себепчи болот.

Куду ушундай, ачкыч үзүлгөндө да экинчи лампа ошол замат өчүп, биринчи лампа акырын күңүрттөп барып өчөт.

Ток пайда кылган магнит талаасы магнит агымы менен мүнөздөлөт. Түрмөктүн ичинде пайда болгон магнит агымы кандай физикалык чоңдуктардан көз каранды болот?

Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө:

биринчиден, түрмөктө пайда болгон магнит агымы андан өтүп жаткан ток күчүнө түз пропорциялаш, башкача айтканда:

$$\Phi \sim I,$$

экинчиден, түрмөктө пайда болгон магнит агымы түрмөктүн геометриялык өлчөмдөрүнөн (оромдорунун саны, туурасынан кесилиш аянты, узундугу) жана өзөктүү экендигинен көз каранды экен.

Бул тажрыйбалардын натыйжаларын жалпылаштырып, төмөнкү тыянакка келебиз: токтуу өткөргүчтүн пайда кылган магнит агымы андан өтүп жаткан токтун күчүнөн жана түрмөктүн параметрлеринен көз каранды болот, б. а.:

$$\Phi = L \cdot I, \qquad (2–3)$$

мында: L–түрмөктүн геометриялык өлчөмдөрүнөн жана түрмөк жайлашкан чөйрөнүн магниттик касиеттеринен көз каранды болгон пропорциялаштык коэффициенти болуп, ага түрмөктүн индуктивдүүлүгү дейилет.

ЭБСда индуктивдүүлүк бирдигин өзүнчө индукция кубулушун биринчи болуп байкаган Америка окумуштуусу Ж. Генринин урматына *генри* (Гн) кабыл алынган.

(2–3) туюнтма боюнча, түрмөктө пайда болгон өзүнчө индукция электр кыймылдаткыч күчүнүн туюнтмасын төмөнкүдөй жазабыз:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}, \qquad (2–4)$$

бул туюнтмадан төмөнкү тыянак келип чыгат: **өзүнчө индукция электр кыймылдаткыч күчүнүн чоңдугу контурдагы ток күчүнүн өзгөрүү ылдамдыгына ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) түз пропорциялаш болот.**

(2–4) барабардыктан индуктивдүүлүктүн (же өзүнчө индукция коэффициентинин) төмөнкү физикалык мааниси жана бирдиги алынат: **ток күчүнүн өзгөрүү ылдамдыгы $1\frac{А}{с}$ болгондо, контурда бир вольт**

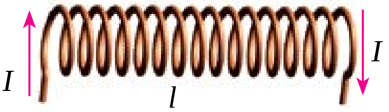
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

өзүнчө индукция ЭКК пайда болсо, анда контурдун индуктивдүүлүгү 1 Гн ге барабар болот, б. а.:

$$1\text{Гн} = \frac{1\text{В}}{1\text{А/с}} = \frac{1\text{В} \cdot \text{с}}{1\text{А}}.$$

Узундугу l, туурасынан кесилиш аянты S, оромдорунун саны N болгон узун түрмөккө соленоид дейилет. Анын (2.4-сүрөт) индуктивдүүлүгү төмөнкү туюнтманын жардамында аныкталат:



2.4-сүрөт.

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot S}{l}. \qquad (2–5)$$

Мында: μ_0–коэффициент вакуумдун магнит туруктуусу болуп, анын сандык мааниси $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$ ка барабар. μ–соленоиддин ичиндеги чөйрөнүн магнит кабылдоочулугу (заттын магнит кабылдоочулугу жөнүндө кийинки тема кененирээк токтолобуз).

Өзүнчө индукция кубулушун механикадагы инерция кубулушуна окшотууга болот. Инерция кубулушунда нерсенин массасы кандай маанигe ээ болсо, өзүнчө индукция кубулушунда индуктивдүүлүк да ушундай мааниге ээ. Башкача айтканда, масса канчалык чоң болсо, нерсе ошончолук инерттүүрөөк; индуктивдүүлүк канчалык чоң болсо, чынжырдагы токтун өзгөрүшү ошончолук акырын (инерттүү) жүрөт. Мисалдагы түрмөккө удаалаш туташкан лампанын жанышы жана өчүшүнүн акырын жүрүү жараянын инерттүүрөөк нерсенин ордунан акырын козголушу жана токтошу менен салыштырууга болот.

1. *Кандай кубулушка өзүнчө индукция кубулушу дейилет?*
2. *Өзүнчө индукция кубулушу байкала турган чынжырды чийип, түшүндүр.*
3. *Өзүнчө индукция коэффициентинин бирдиги эмне?*
4. *Өзүнчө индукция ЭККүнүн туюнтмасын жаз жана аны түшүндүр.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Маселе чыгаруунун үлгүсү

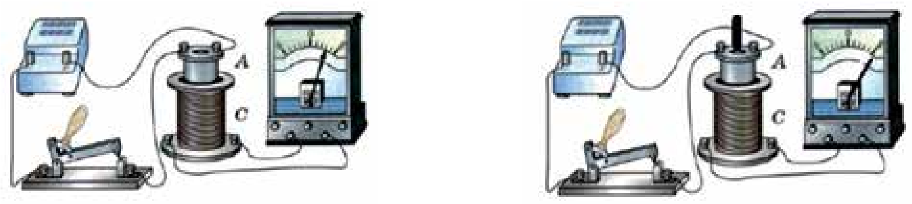
Түрмөктөгү ток 0,2 с дун ичинде нөлдөн 3 А ге чейин бир калыпта өзгөргөндө 1,5 В өзүнчө индукция ЭКК пайда болсо, түрмөктүн индуктивдүүлүгү канча?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$\Delta t = 0{,}2$ с $\Delta I = 3$ А $\mathcal{E}_{инд.} = 1{,}5$ В	$\mathcal{E}_{инд.} = -L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$	$L = \dfrac{1{,}5В \cdot 0{,}2с}{3А} = 0{,}1$ Гн.
Табуу керек: $L = ?$	$\lvert L\rvert = \dfrac{\mathcal{E}_{инд.} \cdot \Delta t}{\Delta I}$	*Жообу:* $L = 0{,}1$ Гн.

9-тема. ЗАТТАРДЫН МАГНИТТИК КАСИЕТТЕРИ

Көптөгөн (мисалы, темир, никель, кобальт өңдүү) заттар магнит талаасына киргизилгенде же алардан ток өткөндө магниттелип калышы байкалат. Алар магнит өңдүү айланасында магнит талаасын пайда кылат. Магнит талаасынын таасиринде магниттелип калган мындай заттарга ***магнетиктер*** дейилет.

Биз 2-темада түрмөктүн ичинде пайда болгон магнит талаасы түрмөктөн өтүп жаткан ток күчүнө пропорциялаш экендигин көрдүк. Түрмөктүн ичиндеги магнит талаасын баалоо максатында төмөнкү тажрыйбаны жасоого болот. Курулманын жалпы көрүнүшү 2.5-*а* сүрөттө берилген. Курулма ток булагы, эки түрмөк, ар түрдүү заттардан жасалган өзөктөр, амперметр жана ачкычтан турат.



а *б*

2.5-сүрөт

Түрмөктө чыңалууну өзгөртпөй, анын ичине кезеги менен табияты түрдүүча металл өзөктөр киргизилип, тажрыйба кайталанса, анын ичиндеги магнит талаа индукциясынын да ар түрдүү өзгөрүшү натыйжасында гальванометр жебесинин түрдүүчө кыйшайганын көрөбүз (2.5-*б* сүрөт).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Түрмөктүн ичинде пайда болуп жаткан магнит талаасынын индукциясы ага киргизилген заттын табиятынан көз каранды экен, б. а.:

$$B=\mu \cdot B_0. \qquad (2–6)$$

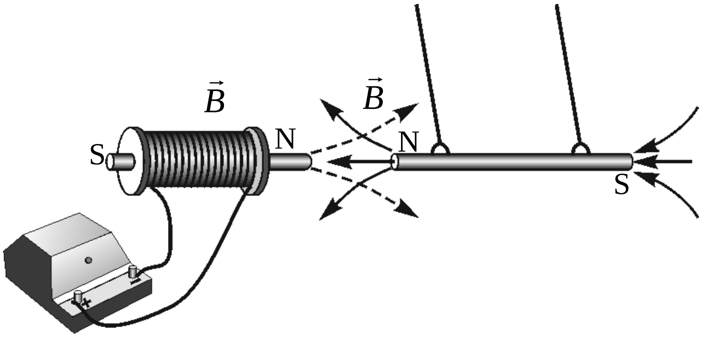
Демек, токтуу түрмөктүн кандайдыр чөйрөдө пайда кылган магнит талаасынын индукциясы (B), анын вакуумда пайда кылган магнит талаасынын индукциясы (B_0) га түз пропорциялаш болуп, чөйрөнүн түрүнөн (μ) да көз каранды болот. (2–6) туюнтмадан μ ну тапсак:

$$\mu=\frac{B}{B_0}. \qquad (2–7)$$

Барабардыктагы μ–чөйрөнүн магнит кабылдоочулугу деп аталат. Ал чөйрөнүн табиятынан гана көз каранды болуп, чөйрөдөгү талаанын индукциясы вакуумдагы магнит талаасынын индукциясынан канча жолу айырмаланышын билдирет.

Табиятта кездешкен бардык заттар магнит кабылдоочулугуна карай үч түргө бөлүнөт: ***диамагнетиктер, парамагнетиктер жана ферромагнетиктер***.

Магнит кабылдоочулугу бирден кичине ($\mu < 1$) болгон заттарга диамагнетиктер дейилет. Алтын, күмүш, жез, цинк жана кээ бир газдар диамагнетик саналат. Магнит талаасына киргизилген диамагнетиктер аны басаңдатат. Мындай заттарга магнит талаасы жакындаштырылса, алар талаадан алыстайт (2.6-сүрөт).



2.6-сүрөт.

Магнит кабылдоочулугу бирден бир аз чоң ($\mu > 1$) болгон заттарга ***парамагнетиктер*** дейилет.

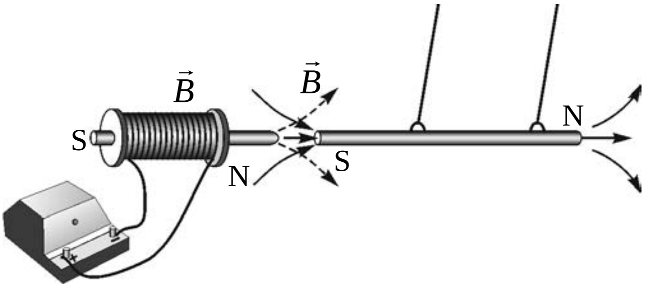
Парамагнетиктерге платина, алюминий, хром, марганец, кычкылтек өңдүү заттар кирет. Магнит талаасына киргизилген парамагнетиктер талааны жарым-жартылай күчөтөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Магнит кабылдоочулугу бирден өтө чоң ($\mu >> 1$) болгон заттарга ***ферромагнетиктер*** дейилет. Темир, никель, кобальт жана алардын кээ бир куймалары ферромагнетик саналат. Магнит талаасына киргизилген ферромагнетиктер аны күчөтөт.

Мындай заттардан жасалган нерселер магнит талаасына киргизилсе, талаага жакындашат (2.7-сүрөт).



2.7-сүрөт.

Ферромагнетиктер табиятта көп болбосо да, алар заманбап техникада кеңири колдонулат. Мисалы, трансформатор, ток генератору, электр кыймылдаткычы жана башка курулмалардын өзөктөрү ферромагнит материалдардан жасалат. Кийинки учурларда туруктуу магниттер медицинада да кеңири колдонулуп жатат. Алардан кандын басымын төмөндөтүүчү иретинде кол билериктери даярдалууда.

1. *Магнетиктер деп эмнеге айтылат?*
2. *Магнит кабылдоочулуктун физикалык маанисин түшүндүр.*
3. *Табияттагы заттар магнит кабылдоочулугу боюнча кандай түрлөргө бөлүнөт?*
4. *Ферромагнетиктин техникада колдонулушуна мисал келтир.*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Магнит талаасынын индукциясы 0,50 Тл болгон өзөксүз түрмөккө магнит кабылдоочулугу 60 ка барабар болгон ферромагнит киргизилди. Түрмөктүн ичинде магнит талаасынын индукциясы канчага өзгөрөт?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$B_0 = 0{,}50$ Тл $\mu = 60$	$B = \mu \cdot B_0$	$\Delta B = (60 \cdot 0{,}5 – 0{,}5)$ Тл = $= (30 – 0{,}5)$ Т $= 29{,}5$ Тл.
Табуу керек: $\Delta B = ?$	$\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	*Жообу:* $\Delta B = 29{,}5$ Тл.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

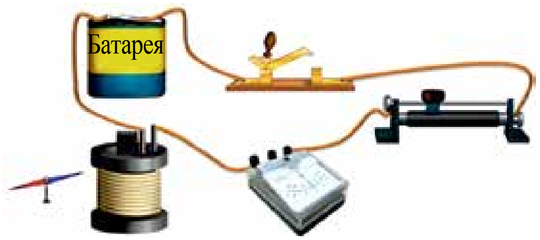
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

10-тема. МАГНИТ ТАЛААСЫНЫН ЭНЕРГИЯСЫ

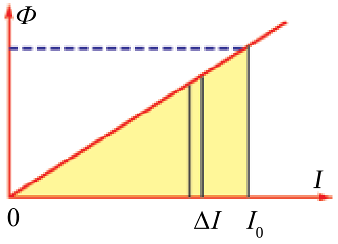
Заряддалган нерсе электр талаасынын энергиясына ээ болгону сыяктуу токтуу өткөргүчтүн айланасында пайда болгон магнит талаасы да энергияга ээ болот. Магнит талаасынын энергиясын эсептөөнү төмөнкү мисалда көрөбүз. Индуктивдүүлүгү L болгон түрмөк ток булагына реостат аркылуу удаалаш туташтырылган болсун (2.8-сүрөт).

Түрмөктөн өтүп жаткан ток энергиясынын бир бөлүгү анда магнит талаасын пайда кылууга сарпталат. Энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча, ток пайда кылган энергия магнит индукциясынын агымын пайда кылуу үчүн сарпталган жумушка барабар болушун билдирет, б. а.:

$$W=A.$$



2.8-сүрөт.



2.9-сүрөт.

Реостаттын сүргүчүн жылдырып, түрмөктөн өтүп жаткан токту бир калыпта көбөйтөбүз. Түрмөктө пайда болгон магнит агымы ($\Phi=L\cdot I$) андан өтүп жаткан токко түз пропорциялаш, б. а. ток чоңойгон сайын магнит агымы да сызыктуу көбөйөт (2.9-сүрөт). Чиймедеги үч бурчтук аянтынын геометриялык мааниси аткарылган жумушту билдирет. Бул аянттын сандык мааниси:

$$A=\frac{I\cdot\Phi}{2}. \qquad (2\text{–}8).$$

Анда токтуу өткөргүчтүн айланасында пайда болгон магнит талаасынын энергиясын эсептөө формуласы төмөнкү көрүнүштү алат:

$$W=A=\frac{I\cdot\Phi}{2}=\frac{L\cdot I^2}{2}. \qquad (2\text{–}9)$$

Демек, токтуу контурдун магнит талаасынын энергиясы анын индуктивдүүлүгү менен контурдан өтүп жаткан ток күчүнүн квадраты көбөйтүндүсүнүн жарымына барабар экен.

(2–9)дан көрүнүп тургандай, токтун магнит талаасы энергиясынын туюнтмасын аракеттенип жаткан нерсенин кинетикалык энергиясынын $\left(E_k=\frac{m\cdot v^2}{2}\right)$ туюнтмасы менен салыштырып, индуктивдүүлүктүн ме-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

ханикадагы массага окшош физикалык чоңдук экендигин көрөбүз. Жогоруда айтылгандай, механикада нерсенин массасы анын ылдамдыгын өзгөртүүдө кандай роль ойносо, индуктивдүүлүк да контурда ток күчүнүн өзгөрүшүндө ошондой роль ойнойт.

Электр-магниттин негизин соленоид түрмөгү түзөт. Соленоиддин ичине киргизилген ферромагнит өзөгү анын индуктивдүүлүгүн кескин жогорулатат. Натыйжада электр-магнит түрмөктүн айланасында магнит талаасы да күчөйт жана ал оор жүктөрдү жайбаракат көтөрөт.

Токтуу түрмөктүн айланасындагы магнит талаасынын пайда болушуна негизделип, жүк көтөрө турган электр-магниттик крандар эл чарбачылыгынын түрдүү тармактарында кеңири колдонулууда (2.10-сүрөт).

2.10-сүрөт.

1. *Түрмөктөн өтүп жаткан ток энергиясынын сарпын түшүндүр.*
2. *Түрмөктө пайда болгон магнит агымы кандай чоңдуктардан көз каранды?*
3. *Магнит талаасынын энергиясын түшүндүр.*
4. *Магнит талаасынын энергиясы эсебине иштеген кандай курулмаларды билесиң?*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

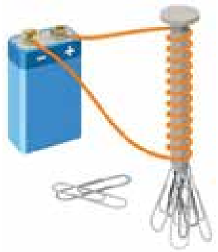
Магнит талаасынын энергиясы 4 мЖ болушу үчүн индуктивдүүлүгү 0,2 Гн болгон түрмөктүн оромундагы ток күчү канча болууга тийиш?

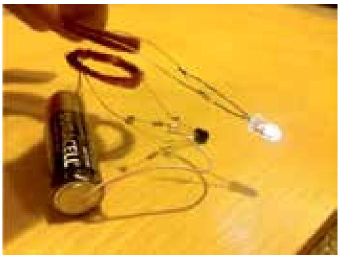
Б е р и л г е н:	Ф о р м у л а с ы:	Ч ы г а р ы л ы ш ы:
$W=4$ мЖ$=4\cdot10^{-3}$ Ж $L=0{,}2$ Гн	$W=\dfrac{L\cdot I^2}{2}$	$I=\sqrt{\dfrac{2\cdot4\cdot10^{-3}}{0{,}2}}\text{А}=0{,}2$ А.
Табуу керек: $I=?$	$I=\sqrt{\dfrac{2\cdot W}{L}}$ $[I]=\sqrt{\dfrac{\text{J}}{\text{H}}}=\text{А}$	*Жообу:* $I=0{,}2$ А.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Практикалык тапшырма. Бул тажрыйбаларды өзүң жасап көр жана жүрүп жаткан физикалык жараяндарды түшүндүр.





2-көнүгүү.

1. Контурду кесип өткөн магнит агымы 0,4 с дун ичинде 5 Вб ден 13 Вб ге чейин бир калыпта өзгөрдү. Контурда пайда болгон индукциянын ЭККүн тап. (*Жообу:* 20 В)

2. 250 оромго ээ болгон түрмөктүн ичинде магнит агымы 0,4 с да 2 Вб ге өзгөрдү. Түрмөктө пайда болгон индукциянын ЭККүн тап. (*Жообу:* 1250 В)

3. Магнит агымынын өзгөрүү ылдамдыгы 0,15 Вб/с болгондо, түрмөктө 120 В (ЭКК) пайда болсо, түрмөктөгү оромдордун саны канча болгон? (*Жообу:* 800)

4. Ток күчү 0,6 А болгондо индуктивдүүлүгү 80 мГн болгон түрмөктө кандай магнит агымы пайда болот? (*Жообу:* 48 мВб)

5. Индуктивдүүлүгү 0,8 Гн жана туурасынан кесилиш аянты 200 см^2 болгон түрмөк аркылуу 2 А ток өтүп жатат. Эгерде түрмөк 50 оромдон турса, анын ичиндеги магнит талаасынын индукциясы кандай? (*Жообу:* 1,6 Тл)

6. Индуктивдүүлүгү 2 Гн болгон түрмөктө өзүнчө индукция ЭККүнүн мааниси 36 В болушу үчүн түрмөктөн өтүп жаткан токтун өзгөрүү ылдамдыгы кандай болууга тийиш? (*Жообу:* 18 А/с)

7. Өзөксүз түрмөктөгү магнит талаасынын индукциясы 25 мТл. Эгерде түрмөктүн ичине магнит кабылдоочулугу 60 болгон ферромагнит өзөгү киргизилсе, түрмөктөгү магнит талаасынын индукциясы кандай болот? (*Жообу:* 1,5 Тл)

8. Токтуу түрмөктөгү магнит талаасынын индукциясы 20 мТл. Түрмөктүн ичине ферромагнит өзөгү киргизилгенде, анда пайда болгон магнит талаасынын индукциясы 180 мТл га жогорулаган болсо, түрмөккө түшүрүлгөн өзөктүн магнит кабылдоочулугу эмнеге барабар? (*Жообу:* 10)

9. Радиусу 2 см болгон түрмөктөн 3 А ток өтүп жатат. Түрмөктүн ичине магнит кабылдоочулугу 20 болгон ферромагнит өзөгү киргизил-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

се, түрмөктүн ичиндеги магнит талаасынын индукциясы кандай болот? Түрмөктөгү оромдордун саны 150 гө барабар. (*Жообу:* 0,28 Тл)

10. Соленоидден 2,5 А ток өткөндө, анда 0,8 мВб магнит агымы пайда болсо, магнит талаасынын энергиясын аныкта (*Жообу:* 2,5 мЖ)

11. Индуктивдүүлүгү 5 мГн болгон түрмөктөн 0,4 А ток өтүп жатат. Түрмөктүн магнит талаасынын энергиясын тап. (*Жообу:* 4 мЖ)

12. Түрмөктөн 3 А ток өткөндө, анын магнит талаасынын энергиясы 60 мЖ га барабар болсо, анда түрмөктүн индуктивдүүлүгү эмнеге барабар болот? (*Жообу:* 90 мГн)

II ГЛАВАНЫ ЖЫЙЫНТЫКТОО БОЮНЧА ТЕСТ СУРООЛОРУ

1. **Электр-магниттик индукция кубулушун ким ачкан?**
   A) Ампер; B) Эрстед; C) Фарадей; D) Ленц.
2. **Индукция ЭККүнүн бирдигин көрсөт.**
   A) Тл/с; B) Вб/с; C) Гн; D) А/с.
3. **Индукциялык токтун багыты ким тарабынан аныкталган?**
   A) Ампер; B) Эрстед; C) Максвелл; D) Ленц.
4. **Түрмөктөгү оромдордун саны 4 эсе көбөйсө, андагы индукциялык ЭКК кандай өзгөрөт?**
   A) 2 эсе көбөйөт; B) 4 эсе көбөйөт;
   C) 4 эсе азаят; D) 2 эсе азаят.
5. **Контурдан өтүп жаткан магнит агымы 0,3 с бою 15 тен 12 Вб ге чейин бир калыпта азайган болсо, анда контурда пайда болгон индукциянын ЭККүн тап (В).**
   A) 10; B) 9; C) 4,5; D) 5.
6. **150 оромдуу түрмөктөгү магнит агымы 0,5 с да 15 мВб ге өзгөргөн болсо, анда индукцияланган ЭККтү аныкта (В).**
   A)10; B) 5; C) 9; D) 4,5.
7. **Магнит агымынын өзгөрүү ылдамдыгы 120 мВб/с болгондо, түрмөктө 30 В ЭКК пайда болсо, түрмөктөгү оромдордун саны эмнеге барабар?**
   A) 200; B) 250; C) 400; D) 500.
8. **Түрмөктөгү ток 0,4 с дун ичинде 5 А ге өзгөргөндө, 15 В өзүнчө индукция ЭКК пайда болду. Түрмөктүн индуктивдүүлүгү эмнеге барабар (Гн)?**
   A) 1,2; B) 2,5; C) 4; D) 1,5.
9. **Ток күчү 0,8 А болгондо түрмөктө пайда болгон магнит агымы 240 мВб ге барабар. Түрмөктүн индуктивдүүлүгү канча (Гн)?**
   A) 1,2; B) 0,4; C) 0,3; D) 0,5.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

10. Парамагнит заттардын магнит кабылдоочулугу кандай болот?
A) $\mu > 1$; B) $\mu >> 1$; C) $\mu < 1$; D) $\mu = 1$.

11. Түрмөккө киргизилген ферромагнит өзөгү кандай милдет аткарат?
A) магнит талаасын күчөтөт; B) электр талааны күчөтөт;
C) электр талааны басаңдатат; D) магнит талаасын басаңдатат.

12. Магнит талаасынын индукциясы 80 мТл болгон өзөксүз түрмөккө магнит кабылдоочулугу 25 болгон ферромагнит өзөгү киргизилди. Түрмөктө магнит талаасынын индукциясы канча болот (Тл)?
A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 3,6.

13. Каршылыгы 0,04 Ом болгон контур аркылуу өткөн магнит агымы 0,6 с да 0,012 Вб ге өзгөргөндө, контурда пайда болгон ток күчүн тап (А).
A) 0,5; B) 1,5; C) 3; D) 0,4.

14. Индуктивдүүлүгү 30 мГн болгон түрмөктөн 0,8 А ток өтүп жатат. Түрмөк магнит талаасынын энергиясын эсепте (мЖ).
A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 9,6.

15. Түрмөктөн 2 А ток өткөндө анын магнит талаасынын энергиясы 40 мЖ болсо, түрмөктүн индуктивдүүлүгү эмнеге барабар (мГн)?
A) 20; B) 40; C) 25; D) 10.

II главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Электр-магнит индукция кубулушу	Магнит агымынын өзгөрүшү себептүү ошол талаада жайлашкан туюк контурда токтун пайда болуу жараяны.
Индукциялык ток	Туюк контурду кесип өткөн магнит агымы өзгөргөндө, анда пайда болгон электр тогу.
Электр-магниттик индукция мыйзамы	Туюк контурда пайда болгон электр-магниттик индукция ЭКК сандык мааниси жагынан ошол контурду кесип өткөн магнит агымынын өзгөрүшүнө барабар жана белгиси боюнча ага карама-каршы: $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.
Ленц эрежеси	Туюк контурда пайда болгон индукциялык токтун багыты өзүнүн магнит талаасы менен ошол токту пайда кылып жаткан магнит агымынын өзгөрүшүнө каршылык көрсөтөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Токтуу өткөргүч пайда кылган магнит агымы	Токтуу өткөргүч пайда кылган магнит агымы (Φ) андан өтүп жаткан ток күчүнөн жана өткөргүчтүн индуктивдүүлүгү (L) ден көз каранды: $\Phi=L\cdot I$.
Индуктивдүүлүк бирдиги	Ток күчүнүн өзгөрүү ылдамдыгы $1\frac{\text{А}}{\text{с}}$ болгондо, контурда бир вольт өзүнчө индукция ЭКК пайда болсо, контурдун индуктивдүүлүгү 1 Гн ге барабар болот.
Өзүнчө индукция ЭКК	$\mathcal{E}=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ өзүнчө индукциянын электр кыймылдаткыч күчүнүн чоңдугу контурдагы $(\frac{\Delta I}{\Delta t})$ ток күчүнүн өзгөрүү ылдамдыгына түз пропорциялаш болот.
Магнетиктер	Тышкы магнит талаасынын таасиринде магниттелип калган заттар.
Магнит кабылдоочулук	Чөйрөнүн табиятынан көз каранды болуп, чөйрө жана вакуумдагы магнит талаасы индукцияларынын катышын билдирет.
Диамагнетиктер	Магнит кабылдоочулугу бирден кичине ($\mu<1$) болгон заттар.
Парамагнетиктер	Магнит кабылдоочулугу бирден бир аз чоң ($\mu>1$) болгон заттар.
Ферромаг-нетиктер	Магнит кабылдоочулугу бирден өтө чоң ($\mu>>1$) болгон заттар. Алар талааны күчөтүү касиетине ээ.
Магнит талаасынын энергиясы	$W_{\text{маг}}=\frac{L\cdot I^2}{2}$ токтун магнит талаасынын энергиясы контурдун индуктивдүүлүгү менен андан өтүп жаткан ток күчүнүн квадраты көбөйтүндүсүнүн жарымына барабар.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

III глава.
ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

КИРИШҮҮ

Биз сүйүктүү республикабыздын түрдүү шаар жана айылдарында жашайбыз. Алар борбордон жана бири-биринен жүздөгөн, миңдеген километр алыста жайлашкан. Ошого карабастан бири-бирибиздин жетишкендиктерибизден ар дайым кабар табабыз. Ошону менен бирге бүткүл дүйнөдө болуп жаткан окуялардан да кабардар болобуз. Аларды биз ар күнү көргөн телевизор, уккан радио, сүйлөшкөн телефон аркылуу көбүрөөк билебиз. Бул кабарларды төгөрөктүн төрт бурчунан телевизор, радио кабыл алгыч, уюлдук телефондорубузга эмне алып келет?

Сөз, үн, сүрөт же башка маалыматтарды алыс аралыктарга электрондук электр-магнит сигналдары көрүнүшүндө берүүгө **телекоммуникация** дейилет. Маалыматтарды электр сигналдары көрүнүшүндө өткөргүчтөр аркылуу берүүнү 1837-жылы англис ойлоп табуучулары У. Кук менен Ч. Уитстондор ойлоп табышкан. Кесиби сүрөтчү болгон америкалык С. Морзе кабарды атайын чекит жана тирелерден турган алфавит аркылуу берүүнү ойлоп табат. Бул усул кийинчерээк бүткүл дүйнө боюнча колдонула баштады. 1876-жылы А.Г. Белл телефонду ойлоп тапты. Учурда үйлөрүбүзгө жана түрдүү мекемелерге туташтырылган телефондор станция менен металл өткөргүчтөр аркылуу туташкан болсо, шаарлар жана мамлекеттер аралык телефон станциялары оптикалык булалуу кабелдер менен туташкан. Мындай кабелдер аркылуу кабарлар лазер нуру жардамында берилет. Бир жуп кабель аркылуу бир мезгилдин өзүндө 6000 телефон абоненттери сүйлөшүшү мүмкүн. Мындан тышкары, биздин радио кабыл алгычтарыбыз жана телевизорлорубуз зымсыз түрдө маалыматтарды кабыл алат. Уюлдук телефондорубуз аркылуу зымсыз маалымат алмашабыз. Бул маалыматтар электр-магниттик толкундар жардамында ташылат.

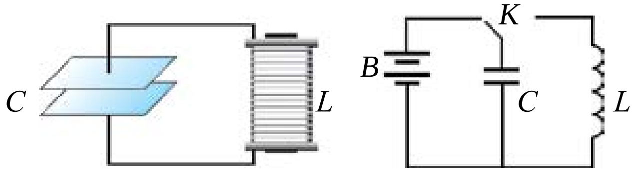
Кабарлар аркылуу келген сүрөт жана үндөр телевизор, радио жана телефондордо кандай пайда болот? Буларга ушул главадан жооп табасың.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

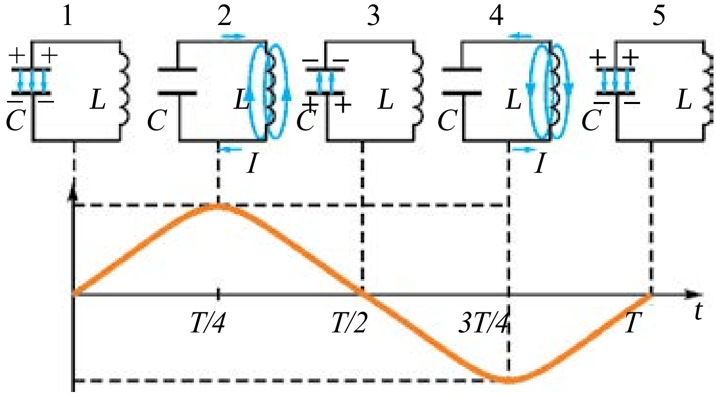
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

11-тема. ЭРКИН ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР (ТЕРМЕЛҮҮ КОНТУРУ). ТЕРМЕЛҮҮ КОНТУРУНДА ЭНЕРГИЯНЫН ӨЗГӨРҮШҮ

Жөнөкөй электр-магниттик термелүүлөрдү конденсатор жана индуктивдүү түрмөктөн турган электр чынжырда алууга болот. Конденсатор, индуктивдүү түрмөк, туруктуу ток булагы жана үзүп-туюктагычтан турган электр чынжырын түзөлү (3.1-сүрөт). Мында жөнөкөйлөштүрүү үчүн чынжырдын электр каршылыгын эсепке албайбыз. Үзүп-туюктагыч сол жакка туташканда *C* конденсатордун каптамалары батареядан заряд алат. Мында конденсатордун каптамалары ортосунда энергиясы максималдуу болгон $W_э = \frac{q_м^2}{2C}$ электр талаасы пайда болот. Андан кийин үзүп-туюктагычты оң жакка туташтырабыз, мында заряддалган конденсатор *L* түрмөк менен туташат. Кийинки жүрө турган жараянды кененирээк карап көрөлү (3.2-сүрөт).



3.1-сүрөт.



3.2-сүрөт.

Конденсатордун жогорку каптамасы оң, төмөнкү каптамасы терс белгиде заряддалгандыктан, токтун булагы болуп калат (1-учур). Натыйжада конденсатордун оң каптамасынан индуктивдүү түрмөк аркылуу терс каптамасын карай заряддардын которулушу, б. а. ток жүрөт. Бул

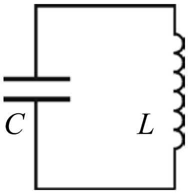
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

токтун айланасында магнит талаасы пайда болот. Бул ток түрмөктүн индуктивдүүлүгү натыйжасында акырындап күчөп, өзүнүн максималдуу маанисине жетет (сүрөттөгү графикти кара). Түрмөктөн өтүп жаткан токтун айланасында пайда болгон магнит талаасы да өсүүчү болот (2-учур). Мында конденсатор каптамаларынын ортосундагы электр талаасынын энергиясы нөлгө чейин азаят. Түрмөктүн айланасындагы магнит талаасынын энергиясы жогорулап отуруп, өзүнүн максималдуу $W_м = \frac{LI_м^2}{2}$ маанисине жетет. Мурдагы темалардан белгилүү болгондой, электр-магниттик индукция кубулушу боюнча, өзгөрмөлүү магнит талаасында жайлашкан түрмөктө индукциялык чыңалуу пайда болот. Ток күчү азайып отуруп, индукциялык чыңалуу конденсаторду мурдагыга караганда тескери белгиде заряддайт (3-учур). Заряддалган конденсатор кайра индуктивдүү түрмөк аркылуу токту пайда кылат (4-учур). Бул ток да өсүүчү болуп, анын пайда кылган магнит талаасы түрмөктө индукциялык чыңалууну пайда кылат. Ток азайып отуруп, индукциялык чыңалуу конденсаторду кайра заряддайт (5-учур). 5-учур менен 1-учурларда конденсатор зарядынын белгилери бирдей. Демек, кийинки жараяндар мурдагы удаалаштыкта улантылат.

1. Конденсатор менен индуктивдүү түрмөктөн турган чынжырда бир жолу туруктуу ток булагынан конденсаторго берилген заряд туюк чынжырда өзгөрмө токту пайда кылат. Каралган жараяндардан төмөнкү тыянактарга келебиз: 2. Баштап булактан алынган энергия конденсатор каптамаларынын ортосунда электр талаасынын энергиясы иретинде чогулса, кийинчерээк түрмөк айланасындагы магнит талаасынын энергиясына айланат. Андан кийин магнит талаасынын энергиясы электр талаасынын энергиясына жана у.с. мезгилдүү түрдө айланып турат.

10-класста ар кандай кайталануучу жараянга термелүү дейилиши айтылган болчу. Демек, конденсатор менен түрмөктөн турган чынжырдагы жараян да термелүү мүнөзүнө ээ. Буга **электр-магниттик термелүүлөр** дейилет. Электр-магниттик термелүүлөр алынып жаткан түрмөк (L) менен конденсатор (C) тен турган туюк чынжыр ***термелүү контуру*** деп аталат (3.3-сүрөт).



3.3-сүрөт.

Термелүү контурунда алынып жаткан электр-магниттик термелүүлөрдүн мезгилин (жыштыгын) аныктоонун формуласы англис физиги У. Томсон тарабынан аныкталган.

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{же} \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \qquad (3\text{–}1)$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Мында: T–термелүүлөрдүн мезгили секунддарда, ν–термелүүлөрдүн жыштыгы $\frac{1}{c}=1$ Гц те өлчөнөт.

Электр-магниттик термелүүлөр жүрүп жатканда контурда мезгилдүү түрдө электр талаасынын энергиясы магнит талаасынын энергиясына жана тескерисинче айланат экен. Идеалдуу термелүү контурунда энергия сарпталбагандыктан, термелүүлөр өчпөйт. Толук энергия сакталат жана анын мааниси каалагандай учурда төмөнкүгө барабар болот:

$$W=\frac{q^2}{2C}+\frac{Li^2}{2}=\frac{q_{\text{м}}^2}{2C}=\frac{LI_{\text{м}}^2}{2}=\text{const}. \qquad (3\text{–}2)$$

Мында: L–түрмөктүн индуктивдүүлүгү, C–конденсатордун сыйымдуулугу, i жана $I_{\text{м}}$–ток күчүнүн тиешелүү түрдө көз ирмемдеги жана максималдуу маанилери, q жана $q_{\text{м}}$– конденсатордогу заряддын тиешелүү түрдө көз ирмемдеги жана максималдуу маанилери.

Термелүү контурунда конденсатордогу электр талаа энергиясынын түрмөктөгү магнит талаасынын энергиясына жана тескерисинче, түрмөктөгү магнит талаасынын энергиясы конденсатордогу электр талаа энергиясына айланып туруу кубулушун 10-класста каралган пружиналуу маятникте чоюлган пружина потенциалдык энергиясынын жүктүн кинетикалык энергиясына жана тескерисинче айланышына салыштырууга болот. Анда механикалык жана электр термелүүлөрдүн параметрлери ортосундагы окшоштукту төмөнкү жадыбалда келтиребиз.

Механикалык чоңдуктар	Электр чоңдуктар
x–координата	q–заряд
v–ылдамдык	i–ток күчү
m–масса	L – индуктивдүүлүк
k–пружинанын катуулугу	$1/C$–сыйымдуулукка тескери чоңдук
$kx^2/2$–потенциалдык энергия	$q^2/(2C)$–электр талаасынын энергиясы
$mv^2/2$–кинетикалык энергия	$Li^2/2$–магнит талаасынын энергиясы

Электр-магниттик жана механикалык термелүүлөр түрдүүчө касиетке ээ болсо да, окшош теңдемелер менен туюнтулат.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Термелүү контурундагы конденсатордун сыйымдуулугу 10^{-5} Ф, түрмөктүн индуктивдүүлүгү 0,4 Гн. Конденсатордогу максималдуу чыңалуу 2 В. Термелүү контурунун жеке термелүүлөрүнүн мезгилин жана контурдагы максималдуу энергияны тап.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$C=10^{-5}$ Ф $L=0{,}4$ Гн $U=2$ В	$T=2\pi\sqrt{LC}$ $W=\dfrac{q^2}{2C}=\dfrac{CU^2}{2}$	$T=2\cdot 3{,}14\sqrt{0{,}4\cdot 10^{-5}}$ с= $=6{,}28\cdot 2\cdot 10^{-3}$ с$=0{,}01256$ с. $W=\dfrac{10^{-5}\cdot 2^2}{2}$ (J)$=20$ мкЖ. *Жообу:* 0,01256 с, 20 мкЖ.
Табуу керек: $T-?$ $W-?$		

1. 3-3-сүрөттөгү учурда контурдагы энергия каерде чогулган?
2. Термелүү контурунда термелүүлөр кандай пайда болот?
3. Контурда жүрүп жаткан электр-магниттик термелүүлөрдүн жыштыгы түрмөктүн индуктивдүүлүгүнөн кандайча көз каранды?

12-тема. ТЕРМЕЛҮҮЛӨРДҮ ГРАФИК ТҮРҮНДӨ СҮРӨТТӨӨ. БАСАҢДООЧУ ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

Биз карап чыккан термелүү контурунда жүрүп жаткан электр-магниттик термелүүлөрдү пайда кылуу үчүн баштапкы $t_0=0$ моментинде конденсаторго $q_м$ заряд берилди жана андан кийин системага тыштан эч кандай таасир көрсөтүлгөн жок. *Тышкы таасир жок учурда пайда боло турган термелүүлөр* ***эркин термелүүлөр*** деп аталат.

10-класста үйрөнүлгөн механикалык жана электр-магниттик термелүүлөр теңдемелеринин окшоштугунан конденсатордогу заряддын өзгөрүшүн төмөнкүдөй жазабыз:

$$q=q_м\cos 2\pi\nu t. \qquad (3–3)$$

$U = q / C$ экендиги эсепке алынса, конденсатордогу чыңалуу өзгөрүшү үчүн

$$U=U_м\cos 2\pi\nu t \qquad (3–4)$$

туюнтманы алууга болот. Түрмөктөгү ток күчү

$$I=I_м\cos(2\pi\nu t+\pi/2) \text{ же } I=I_м\sin 2\pi\nu t \qquad (3–5)$$

мыйзам ченемдүүлүгү боюнча аныкталат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Физикалык чоңдуктардын убакыттын өтүшү менен синус же косинус мыйзамы боюнча мезгилдүү өзгөрүшүнө ***гармониялык термелүүлөр*** дейилет.

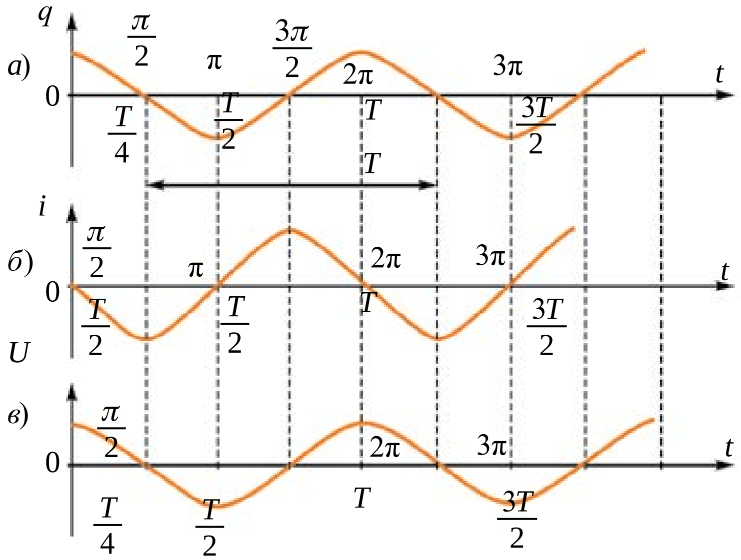
Термелип жаткан *чоңдуктун эң чоң маанисинин модулу* ***термелүүнүн амплитудасы*** *же амплитудалык маани* деп аталат.

Механикалык термелүүлөрдө амплитуда нерсенин тең салмак абалынан эң чоң кыйшайышына, электр-магниттик термелүүлөрдө болсо, конденсатор каптамаларындагы электр зарядынын эң чоң маанисине ($q_м$) барабар.

Гармониялык термелүүдөгү чоңдуктардын убакыттан көз карандылыгын сүрөттөө үчүн график усулу ыңгайлуу саналат

Электр-магниттик термелүүлөрдүн, заряд, чыңалуу жана ток күчүнүн убакыттан көз карандылык графиктерин чиели. Ал үчүн бул чоңдуктардын (3–3), (3–4) жана (3–5) теңдемелеринен пайдаланабыз. Бул теңдемелер салыштырып көрүлсө, термелүүлөр бири-биринен фазалардын которулушу боюнча айырмаланышын көрүүгө болот.

Жогорудагы теңдемелердин графиктерин чиели. Абсцисса огунун астына мезгилдин үлүштөрүндө туюнтулган убакыт, үстүнө болсо ошого туура келген термелүүлөр фазасы коюлган. Ордината окторуна тиешелүү *q, i* жана *U* чоңдуктар коюлган (3.4-сүрөт).



3.4-сүрөт.

Бул графиктерде масштаб белгилүү болсо, абсцисса огунан мезгилди (убакытты), ордината огунан болсо термелип жаткан чоңдуктун амплитудасын же көз ирмемдеги маанисин аныктоого болот. Ошондой эле, фаза-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

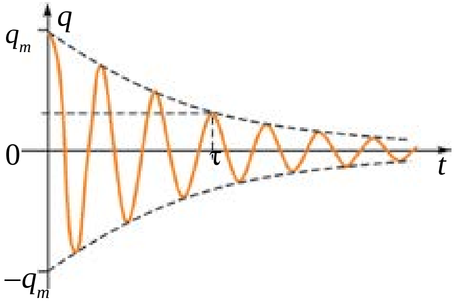
лардын которулуштарын да графиктерден салыштырып табууга болот. Мисалы, конденсатордун каптамаларындагы заряд жана чыңалуу максималдуу болгон учурда, ток күчү нөлгө барабар.

Контурдагы ток күчүнүн термелүүлөрү фаза боюнча заряд термелүүлөрүнөн $\frac{\pi}{2}$ алдыга өтүп кетет. Заряд менен чыңалуу бирдей фазада өзгөрөт.

Жогоруда айтылгандай, идеалдуу термелүү контурунда пайда болгон термелүүлөр басаңдабайт. Реалдуу контурда R нөлгө барабар болбогондуктан, электр энергиясы жылуулукка айланып отурат жана термелүүлөрдүн амплитудасы убакыттын өтүшү менен азайып барат (3.5-сүрөт.).

Мындай термелүүлөргө *басаңдоочу термелүүлөр* дейилет.

Контурдун каршылыгы канчалык чоң болсо, $Q=I^2Rt$ энергия ошончолук көп сарпталат. Контурдун каршылыгы жогорулаган сайын термелүүлөрдүн мезгили да жогорулап отурат. Демек, басаңдоочу термелүүлөр гармониялык эмес экен.



3.5-сүрөт.

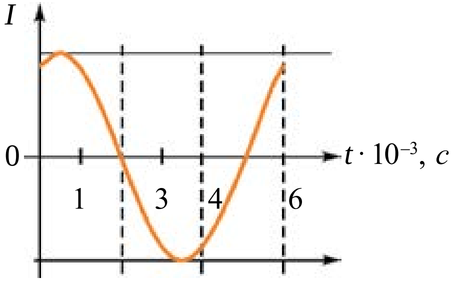
Басаңдоочу термелүүлөр мезгилдүү эмес термелүүлөргө кирет. Алардын теңдемелери дифференциалдык теңдемелер аркылуу туюнтулгандыктан, татаал маселе эсептелет. Ошондуктан алардын чыгарылышын келтирбей, графигин келтирүү менен гана чектелебиз.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Сүрөттө термелүү контурундагы токтун өзгөрүштөрү берилген. Убакыттын $2\cdot10^{-3}$ с жана $3{,}5\cdot10^{-3}$ с аралыгындагы энергиянын өзгөрүшүн мүнөздө.

Чыгарылышы: Келтирилген график боюнча убакыттын $2\cdot10^{-3}$ с жана $3{,}5\cdot10^{-3}$ с аралыгында түрмөктөн өткөн ток күчү жогорулап, өзүнүн максималдуу маанисине жетет.

Демек, конденсатордогу электр талаасынын энергиясы нөлгө чейин азаят жана түрмөктөгү магнит талаасынын энергиясы жогорулап, максималдуу маанисине жетет.

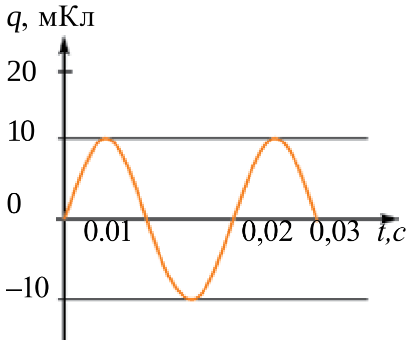


1. *Термелүү контурундагы магнит жана электр талаасы энергияларынын убакыттан көз карандылык графиктерин чий.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

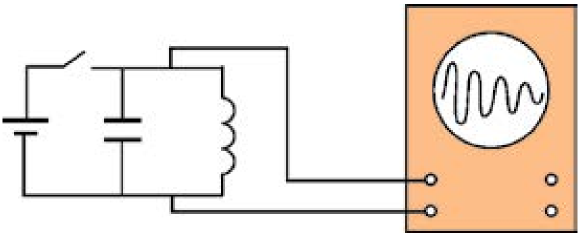
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

2. *Контурдагы термелүүлөрдүн басаңдашы түрмөктөгү оромдор санынан кандайча көз каранды?*
4. *Сүрөттө контур конденсаторундагы заряддын убакыттан көз карандылык графиги келтирилген. Контурдун индуктивдүүлүк түрмөгүндөгү ток күчүнүн* $t = 1/300$ *с дагы маанисин аныкта.*



13-тема. ТРАНЗИСТОРЛУУ ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР ГЕНЕРАТОРУ

Термелүү контурунда жогорку жыштыктагы электр-магниттик термелүүлөрдүн пайда болушун билдик. Контурда пайда болуп жаткан термелүүлөргө осциллографтын экранында байкоо жүргүзүлсө, анда термелүүлөрдүн амплитудасы убакыттын өтүшү менен азайып отурат (3.6-сүрөт).



3.6-сүрөт.

Мунун себеби, контурда түрмөктү түзгөн жана туташтырган өткөргүчтөрдүн электр каршылыгы болуп саналат. Белгилүү болгондой, өткөргүч электр каршылыгы натыйжасында ток өткөндө кызыйт. Электр энергиясы жылуулук энергиясына айланат. Ошондуктан контурда пайда болгон эркин электр-магниттик термелүүлөр *басаңдоочу термелүүлөр болуп эсептелет.*

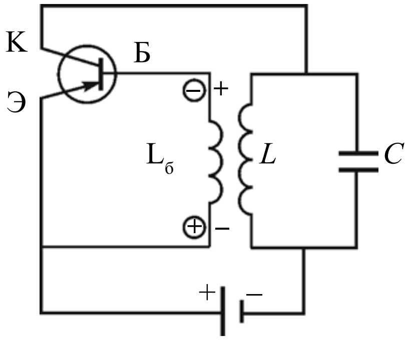
Термелүүлөр басаңдабастыгы үчүн сарпталып бүткөн энергияны батареянын жардамында термелүү контуруна мезгилдүү түрдө берип туруу керек. Бул үзүп-туюктагыч дайыма контурду туюктап эмес, мезгилдүү түрдө үзүп-туюктап турушу керек дегенди билдирет. *10-класстан термелүүлөр фазасын эске ал.* Ошондуктан үзүп-туюктагыч конденсатор каптамаларынын кайра заряддалышы учурунда батарея уюлдарындагы чыңалуу белгиси менен туура келгенде туюкташы керек.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Ал үчүн үзүп-туюктагыч кандай иштөөгө тийиш? Контурдагы термелүүлөрдүн жыштыгы 1 МГц болсун, деп элестетели. Анда үзүп-туюктагычты бир секундда млн жолу үзүп-туюктоо керек! Бул милдетти эч кандай механикалык же электромеханикалык курулма аткара албайт.

Бул милдетти электрондук аспап, б.а. – транзистор гана аткара алат. 10-класста берилген *p-n-p* түрдөгү транзистордун иштешин эстейли. Транзистордон ток өтүшү үчүн үчүн база-эмиттердин ортосуна башка, коллектор-эмиттердин ортосуна башка батарея туташтырылган. Базага батареянын терс уюлу, эмиттерге болсо оң уюлу туташканда, транзистор аркылуу ток өтөт (үзүп-туюктагыч туюкталган). Эгерде батареянын уюлдары ооштуруп туташтырылса, ток өтпөйт (үзүп-туюктагыч үзүлгөн). Демек, транзистор үзүп-туюктагычтын милдетин аткара алат. Ошондуктан, контурда өчпөс электр-магниттик термелүүлөрдү алуу үчүн аны булакка транзистор аркылуу туташтыруу керек.



3.7-сүрөт.

3.7-сүрөттө жогору жыштыктагы басаңдабас электр-магниттик термелүүлөр алына турган генератордун чиймеси берилген. Мында *L* жана С тен турган контур токтун булагына транзистор аркылуу туташкан. Туташуу моментинде *L* түрмөктөн өткөн ток өсүүчү мүнөзгө ээ болот. Анын айланасында пайда болгон магнит талаасы да өсүүчү мүнөзгө ээ болот. Бул магнит талаасы $L_б$ байланыш түрмөгүн кесип өтүп, анда өз ара индукциянын электр кыймылдаткыч күчүн пайда кылат. 3.7-сүрөттө анын $L_б$ түрмөктүн учтарыдагы белгилери айланачалардын ичинде көрсөтүлгөн. Мында транзистордун базасы (Б)га терс белгилүү, эмиттери (Э)ге оң белгилүү чыңалуу берилет жана транзистордон толук ток өтөт. Бул учурда контурдагы *C* конденсатор заряддалат. *L* түрмөктүн индуктивдүүлүгү натыйжасында андан өткөн ток өсүүдөн токтойт. $L_б$ де электр кыймылдаткыч күч пайда болбойт жана транзистордон ток өтпөйт. Ачкыч үзүлдү. Эми *C* конденсатор *L* түрмөккө разряддала баштайт жана термелүү контурунда электр-магниттик термелүүлөр пайда болот. Контурда электр-магниттик термелүүлөр жүргөндө *L* түрмөктөн өткөн токтун чоңдугу да, багыты да өзгөрүп турат. Демек, $L_б$ де пайда болгон электр кыймылдаткыч күчтүн белгиси өзгөрүп турат. Транзистор кээде ачык, кээде туюк абалда болот.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Ошентип, контурдагы C конденсатор мезгилдүү түрдө батареядан заряддалып турат. Бирок чыңалуунун булагы термелүү контуруна мезгилдүү түрдө, оң уюлга туташкан конденсатордун каптамасы оң заряддалган убакытта гана туташчу болсо, анда конденсатор тынымсыз заряддалып турат. Термелүүлөр өчпөйт. Болбосо термелүүлөр пайда болбойт. Демек, транзистордун ачылып-туюкталышын контурдагы термелүүлөрдүн өзү башкарууга тийиш. Транзистордун база-эмиттер чынжыры *кириш чынжыры*, коллектор-эмиттер чынжыры *чыгыш чынжыры* деп аталат. Адатта, транзистордун кириш бөлүгүнө берилген чыңалуу (ток), чыгыш тогун башкарат. Транзисторлуу генератордо болсо, тескерисинче, чыгыштагы (контурдагы) чыңалуу кириштеги ($L_б$) чыңалууну башкарат. Мындай жараянга *тескери байланыш* дейилет. Ошол тескери байланыштын натыйжасында контурдун энергиясы мезгилдүү түрдө камсыздалып турат.

Белгилей кетчү жери, *тескери байланыштагы* термелүүлөрдүн басаңдабастыгын камсыздоо үчүн кириш жана чыгыш чынжырдагы чыңалуулар фаза боюнча 180° ка айырмаланууга тийиш.

Генератор иштеп чыгып жаткан электр-магниттик термелүүлөрдүн жыштыгы Томсон формуласы (3–1) менен туюнтулат.

Ошентип, генератордо өчпөс *автотермелүүлөр* алынат. Автотермелүүлөр өчпөс термелүүлөрдүн экинчи түрү эсептелет. Алардын аргасыз термелүүлөрдөн негизги айырмасы, аларга тышкы мезгилдүү таасир керек эмес. Энергиянын булагы мындай системанын өзүндө болуп, сарпталган энергия ордун толдурчу энергиянын берилишин өзү жөнгө салып турат. Ар кандай автотермелүү системасы төмөнкү бөлүктөрдөн турат: *энергиянын булагы, термелүү системасы жана электрондук ачкыч.*

Автотермелүүлөрдүн жыштыгы өтө кең диапазондо өзгөрөт. Алар радио байланыш, телевидение, ЭЭМ жана башка курулмаларда иштетилет.

Электр-магниттик термелүүлөр тирүү организмдерге пайдалуу да, зыяндуу да тассир көрсөтүшү мүмкүн. Киши организминдеги ар бир мүчө өзүнө мүнөздүү резонанстык жыштыкка ээ. Тышкы термелме таасирдин жыштыгы ошол резонанстык жыштыкка теңешкенде таасир күчтүү болот. Электр-магнит нурлануулардын киши психикасына таасир көрсөтүшү далилденген.

Заманбап медицинада өтө жогору жыштыктагы электр-магниттик термелүүлөрдөн пайдалануучу дабалоо усулдары күн сайын кеңири жайылууда. Ошондой эле, оптикалык диапазондогу (УК-нурлар) электр-магнит нурлануулардан дабалоо жана диагностикада пайдаланылууда.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1. *Реалдуу термелүү контурундагы эркин термелүүлөр эмнеге өчөт?*
2. *Автотермелүүнүн аргасыз термелүүдөн айырмасы эмнеде?*
3. *Автотермелүү системасы кайсы негизги элементтерден турат?*
4. *Генератордун иштешинде транзистор кандай милдет аткарат?*
5. *Тескери байланыш деген эмне?*

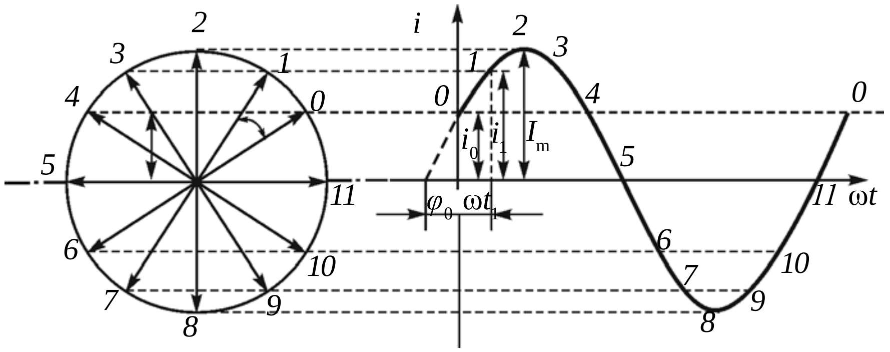
14-тема. ӨЗГӨРМӨ ТОК ЧЫНЖЫРЫНДАГЫ АКТИВДҮҮ КАРШЫЛЫК

Жогоруда айрым физикалык чоңдуктардын убакыттан көз каранды түрдө өзгөрүшүн график түрүндө сүрөттөөнү көргөн болчубуз. Аларды сүрөттөө үчүн вектордук диаграммалар усулу да кеңири колдонулат. Алсак, чынжырдагы токтун өзгөрүшү

$$i = I_м \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

теңдеме менен берилген болсун.

Узундугу $I_м$ ге барабар болгон векторду алып, аны сааттын жебесине тескери багытта айланма кыймылга келтирели. Мында анын бир жолу айланышы үчүн сарпталган убакыты i чоңдуктун өзгөрүү мезгилине барабар болсун. Анда $\vec{I}_м$ вектордун вертикал октогу проекциясы i чоңдуктун көз ирмемдеги маанисине барабар болот.

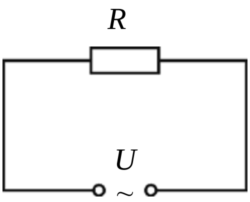


3.8-сүрөт.

Турмушта жана техникада өзгөрмө ток чынжырына ар түрдүү керектөөчүлөр уланат. Үтүк, электр лампочкасы, вентилятор жана у.с. Аларда электр энергиясы жылуулук, жарык, механикалык жана башка энергияларга айланат. Бул керектөөчүлөр чыңалуу булагына туташканда электр тогунун өтүшүнө түрдүүчө каршылык көрсөтөт экен. Аларды үйрөнүү үчүн өзгөрмө ток чынжырына ар түрдүү керектөөчүлөрдү туташтырып көрөбүз.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE



3.9-сүрөт.

Баштап, өзгөрмө ток чынжырында R каршылык туташкан жагдайды карап көрөлү (3.9-сүрөт). Бул каршылык *активдүү каршылык* болсун. Активдүү каршылык дейилишине себеп, андан ток өткөндө электр энергиясы башка түрдөгү (жылуулук, жарык жана башка) энергияга толук айланат.

Өткөргүч зымдар аркылуу R каршылык U чыңалууга ээ өзгөрмө ток булагына туташкан болсун. Бул чыңалуу

$$u = U_м \cos \omega t \qquad (3–6)$$

мыйзам ченемдүүлүгү боюнча өзгөрсүн. Чынжырдын бир бөлүгү үчүн Ом мыйзамынан пайдаланып, R каршылыктан өтүп жаткан ток күчүнүн көз ирмемдеги маанисин табабыз:

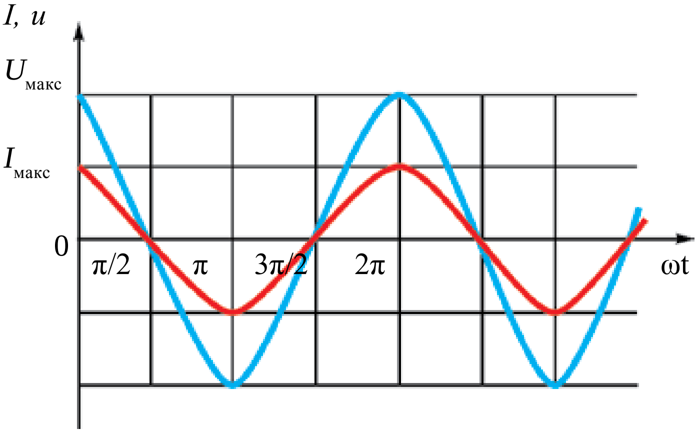
$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_М \cos \omega t}{R} = I_м \cos \omega t.$$

Мында: $I_м = \frac{U_М}{R}$ –ток күчүнүн амплитудалык мааниси. Ошентип, активдүү каршылыктан гана турган чынжырдагы ток күчүнүн өзгөрүшү

$$i = I_м \cos \omega t \qquad (3–7)$$

көрүнүштө болот экен.

Чыңалуунун (3–6) өзгөрүү теңдемеси ток күчүнүн (3–7) теңдемеси менен салыштырылса, активдүү каршылыктагы чыңалуу жана ток күчүнүн термелүүлөрү бирдей фазада болот, деген тыянак алынат. Чыңалуу жана ток күчү термелүүлөрүнүн графиктери 3.10-сүрөттө келтирилген.



3.10-сүрөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Чыңалуу менен ток күчү термелүүлөрүнүн фазалары ортосундагы катышты вектордук диаграмма аркылуу көрсөтүүгө болот (3.11-сүрөт).

Диаграммада өзгөрмө ток күчүнүн амплитудасы менен өзгөрмө чыңалуунун амплитудасы параллель векторлор көрүнүшүндө сүрөттөлөт, алардын ортосундагы бурч, б. а. термелүү фазаларынын айырмасы нөлгө барабар.

3.11-сүрөт.

Турмушта керектеле турган электр чыңалуунун жыштыгы 50 Гц. Бул кызытма булалуу электр лампочкасы бир секундда 100 жолу өчүп-жанат дегенди билдирет. Көзүбүз бир секундда орточо 16–20 жолу өзгөргөн жараянды сезбегендиктен, биз лампочканын өчүп-жанганын сезбейбиз. Ошондуктан өзгөрмө токтун кубаттуулугун билүү чоң мааниге ээ.

Активдүү каршылыктуу чынжырдагы кубаттуулук. Өзгөрмө токтун көз ирмемдеги кубаттуулугу $P = i\ U$ менен аныкталат. Ток күчү жана чыңалуунун көз ирмемдеги маанилери үчүн (3–7) жана (3–6) туюнтмаларын койсок,

$$P = I_м \cos\omega t \cdot U_м \cos\omega t \quad \text{же} \quad P = P_м \cos^2\omega t \qquad (3\text{–}8)$$

га ээ болобуз.

Бул жерде: $P_м = I_м \cdot U_м$ болуп, өзгөрмө токтун максималдуу мааниси дейилет. $\cos^2 \omega t$ туюнтма дайыма оң болгондуктан, өзгөрмө ток кубаттуулугунун көз ирмемдеги мааниси да оң белгилүү болот (3.12-сүрөт).

3.12-сүрөттөн көрүнүп тургандай, өзгөрмө токтун көз ирмемдеги кубаттуулугунун чоңдугу мезгилдүү түрдө өзгөрүп турат. Анда электр плитасынан өзгөрмө ток өткөндө ажырап чыккан жылуулук санын кайсы формуланын жардамында аныктайбыз? Ал үчүн өзгөрмө токтун эффективдүү мааниси түшүнүгүн киргизебиз.

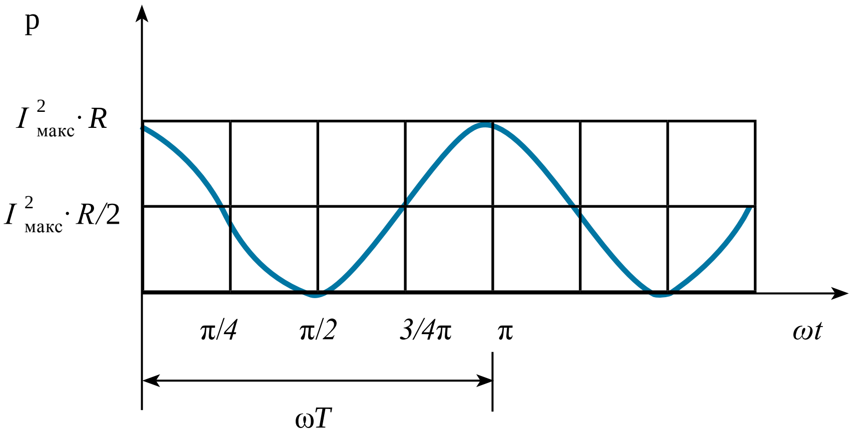
Өзгөрмө токтун $I_{эф.}$ эффективдүү мааниси деп, бирдей убакыттын ичинде активдүү каршылыктан өзгөрмө ток өткөндө ажырап чыккан жылуулукка барабар жылуулук санын ажыратып чыгарган туруктуу ток күчүнө барабар чоңдукка айтылат.

Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, ток күчүнүн эффективдүү мааниси анын максималдуу мааниси менен төмөнкүдөй байланышкан:

$$I_{эф.} = \frac{I_М}{\sqrt{2}}. \qquad (3\text{–}9)$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE



3.12-сүрөт.

Өзгөрмө чыңалуунун эффективдүү маанисин (3–9) дай жазууга болот:

$$U_{эф} = \frac{U_м}{\sqrt{2}}. \qquad (3–10)$$

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Амплитудалык мааниси 30 В болгон өзгөрмө ток чынжырына резистор туташканда, андан 2 А ток өттү. Резистордо ажыраган орточо кубаттуулукту тап.

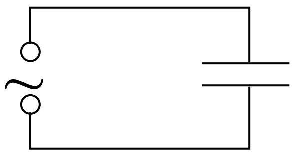
Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$U_м = 30$ В $I_м = 2$ А	$P = \frac{I_м U_м}{2}$	$P = \frac{2А \cdot 30В}{2} = 30$ Вт. *Жообу*: 30 Вт.
Табуу керек: $P - ?$		

1. *Активдүү каршылык деп эмнеге айтылат?*
2. *Активдүү каршылыкта чыңалуу менен ток күчүнүн ортосундагы фазанын которулушу эмнеге барабар?*
3. *Активдүү каршылыкта ажырап чыккан эффективдүү кубаттуулукту аныктоо формуласын жаз.*
4. *Чынжырдагы ток күчү $i = 8{,}5 \sin(628\,t + 0{,}325)$ мыйзамы боюнча өзгөрөт. Ток күчүнүн эффективдүү маанисин, термелүүлөр фазасын жана жыштыгын тап.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

15-тема. ӨЗГӨРМӨ ТОК ЧЫНЖЫРЫНДАГЫ КОНДЕНСАТОР



3.13-сүрөт

Тажрыйбалар туруктуу ток чынжырына конденсатор уланса, андан ток өтпөстүгүн көрсөтөт. Анткени, конденсатор каптамаларынын арасы диэлектрик менен бөлүнгөн. Бирок конденсатор өзгөрмө ток чынжырына туташтырылса, андан ток өтөт экен. Конденсатор аркылуу өткөн ток күчү кандай физикалык параметрлерден көз карандылыгын үйрөнүү үчүн өзгөрмө ток чынжырына конденсатор гана туташкан учурду карап көрөлү (3.13-сүрөт).

Конденсатордун сыйымдуулугу C жана ага берилген чыңалуу

$$u = U_м \cos\omega t \qquad (3\text{–}11)$$

мыйзам ченемдүүлүгү боюнча өзгөрсүн. Туташуу зымдарынын каршылыгы R=0 болсун. Анда конденсатордогу чыңалуу $u = U_м \cos\omega t = \frac{q}{C}$ болот. Мында q–конденсатор каптамаларындагы заряд болуп, $q = CU_м\cos\omega t$ га барабар. Чынжырдагы ток күчүн табуу үчүн заряд формуласынан биринчи туундуну алабыз: $i = q' = -U_м C\omega \sin \omega t = U_м C\omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$. Ал ток күчүнүн көз ирмемдеги мааниси менен салыштырылса, $I_м = U_м C\omega$ экендиги алынат. Мында $I_м$–ток күчүнүн максималдуу мааниси. Анда конденсатордон өткөн ток күчүнүн теңдемеси төмөнкүдөй болот:

$$i = I_м \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}). \qquad (3\text{–}12)$$

Бул теңдеме конденсаторго берилген чыңалуунун туюнтмасы (3–11) менен салыштырылса, чынжырдагы ток күчүнүн термелүүлөрү чыңалуу термелүүлөрүнөн фаза боюнча $\frac{\pi}{2}$ ге алдыга барышын көрөбүз 3.14-сүрөт). 3.15-сүрөттө өзгөрмө ток чынжырына конденсатор гана туташкан учур үчүн өзгөрмө ток күчү менен чыңалуунун вектордук диаграммасы берилген.

Чынжырдагы конденсатордун сыйымдуулук каршылыгы:

$$X_c = \frac{1}{\omega C}. \qquad (3\text{–}13)$$

Анда ток күчүнүн амплитудалык мааниси төмөнкүдөй болот:

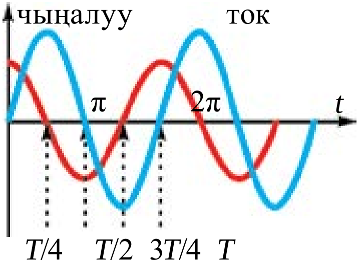
$$I_м = \frac{U_м}{X_C}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

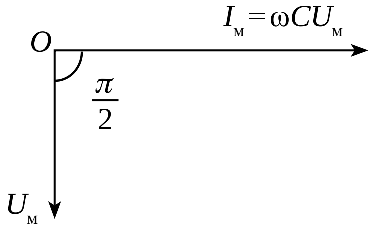
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Бул туюнтма чынжырдын бир бөлүгү үчүн Ом мыйзамы болуп, активдүү каршылыктын ордунда X_C чоңдук турат. Ошондуктан ага **сыйымдуулук каршылык (реактивдүү каршылык)** дейилет. Сыйымдуулук каршылык да Ом дордо өлчөнөт.

Мындан конденсатордон өткөн ток күчү конденсатор сыйымдуулугу менен өзгөрмө ток жыштыгынан көз каранды болушу келип чыгат. Сыйымдуулук менен жыштык канчалык чоң болсо, чынжырдын каршылыгы ошончолук кичине болот жана тиешелүү түрдө токтун күчү чоң болот.



3.14-сүрөт.



3.15-сүрөт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Жыштыгы 50 Гц болгон өзгөрмө ток чынжырына сыйымдуулугу 50 мкФ болгон конденсатор туташкан. Чынжырдын сыйымдуулук каршылыгы эмнеге барабар?

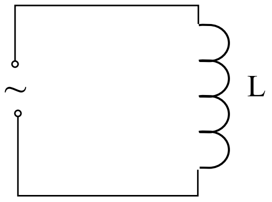
Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$C = 50$ мкФ $= 50 \cdot 10^{-6}$ Ф $\nu = 50$ Гц	$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$	$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}}$ Ом $=$ $= \frac{10^6}{6{,}28 \cdot 2500}$ Ом $= 63{,}69$ Ом.
Табуу керек: $Xe - ?$		*Жообу*: 63,69 Ом.

1. *Эмнеликтен конденсатор аркылуу туруктуу ток өтпөйт, ал эми өзгөрмө ток өтөт?*
2. *Сыйымдуулук каршылык кандай чоңдуктардан көз каранды?*
3. *Өзгөрмө ток чынжырына конденсатор гана туташкан учурда өзгөрмө ток күчү менен чыңалуунун ортосундагы фазалардын айырмасы эмнеге барабар?*
4. $X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$ *туюнтмадан каршылык бирдиги Ом ду келтирип чыгар.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

16-тема. ӨЗГӨРМӨ ТОК ЧЫНЖЫРЫНДАГЫ ИНДУКТИВДҮҮ ТҮРМӨК



3.16-сүрөт.

Тажрыйба жасайлы. Туруктуу ток булагына удаалаш түрдө электр лампочкасы менен индуктивдүү түрмөктү туташтыралы. Мында лампочканын жарыктыгына көңүл буралы. Андан кийин электр лампочкасы менен индуктивдүү түрмөктү удаалаш түрдө эффективдүү чыңалуусу туруктуу чыңалуусуна барабар ($U_{эф}=U_{туруктуу}$) булакка туташтырып, лампочканын жарыктыгына көңүл буралы. Ошондо өзгөрмө ток чынжырына туташкан лампочканын жарыктыгы азыраак болот экен. Мунун себебин аныктоо үчүн индуктивдүү түрмөк гана туташкан учурду көрөлү (3.16-сүрөт).

Индуктивдүүлүгү L ге барабар түрмөктөн өтүп жаткан ток күчү

$$i=I_м \cos\omega t \qquad (3–14)$$

мыйзам ченемдүүлүгү боюнча өзгөрсүн. Туташуу зымдарынын жана түрмөктүн каршылыгы $R_з=R_L=0$ болсун.

Түрмөктөн өткөн ток, түрмөктүн индуктивдүүлүгү натыйжасында анда өзүнчө индукциянын электр кыймылдаткыч күчүн (ЭКК) пайда кылат. Анын көз ирмемдеги мааниси

$$\mathcal{E}=-L\,i' \qquad (3–15)$$

менен аныкталат. Мында: i'–ток күчүнөн убакыт боюнча алынган биринчи тартиптеги туунду. $i'=I_м\omega \sin\omega t$ экендиги эсепке алынса, анда ЭКК түн көз ирмемдеги мааниси

$$\mathcal{E}=-I_м\omega L \sin\omega t$$

га барабар болот. Чынжырдагы ЭКК, түрмөктүн учтарындагы чыңалуу жана активдүү каршылыктагы потенциалдык түшүүшү

$$iR=\mathcal{E}+u \qquad (3–16)$$

катыш аркылуу байланышкан. R=0 экендиги эсепке алынса, (3–16) теңдеме

$$0=\mathcal{E}+u \text{ же } u=-\mathcal{E}$$

көрүнүшкө ээ болот. Анда чыңалуу

$$u=I_м\omega L \sin \omega t=I_м\omega L \cos(\omega t+\frac{\pi}{2}) \qquad (3–17)$$

теңдеме менен аныкталат. Ал чыңалуунун көз ирмемдеги мааниси менен салыштырылса, $U_м=I_м\,\omega L$ экендиги алынат. Бул жерде: $U_м$–чыңалуунун

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

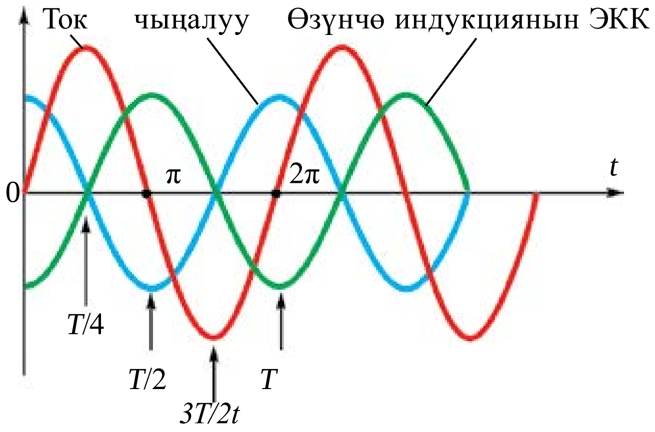
амплитудалык мааниси. Анда түрмөктүн учтарына берилген чыңалуунун теңдемеси төмөнкүдөй болот:

$$u = U_м \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}). \qquad (3\text{–}18)$$

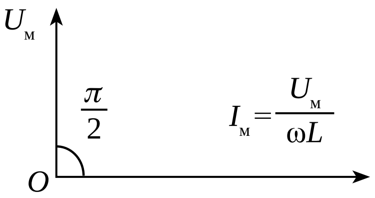
Бул теңдеме түрмөктөн өтүп жаткан ток күчүнүн туюнтмасы (3–14) менен салыштырылса, түрмөктүн учтарына берилген чыңалуунун термелүүлөрү ток күчүнүн термелүүлөрүнөн фаза боюнча $\frac{\pi}{2}$ ге алдыга барышын көрөбүз (3.17-сүрөт). 3.18-сүрөттө өзгөрмө ток чынжырына индуктивдүү түрмөк гана туташкан учур үчүн өзгөрмө ток күчү менен чыңалуунун вектордук диаграммасы берилген.

Түрмөктөгү чыңалуунун амплитудалык мааниси чынжырдын бир бөлүгү үчүн Ом мыйзамы менен салыштырылса, ωL көбөйтүндүнүн каршылыкты туюнтушу белгилүү болот. Белгилөөнү киргизебиз: $X_L = \frac{U_M}{X_L}$

Түрмөктүн каршылыгы: $$X_L = \frac{U_M}{X_L}\omega L. \qquad (3\text{–}19)$$



3.17-сүрөт.



3.18-сүрөт.

Анда ток күчүнүн амплитудалык мааниси төмөнкүдөй болот:

$$I_м = \frac{U_M}{X_L}.$$

Бул туюнтма чынжырдын бир бөлүгү үчүн Ом мыйзамы болуп, активдүү каршылыктын ордунда X_L чоңдук турат. Ошондуктан ага **индуктивдүү каршылык** (**реактивдүү каршылык**) дейилет. Индуктивдүү каршылык да Ом дордо өлчөнөт.

Мындан түрмөктөн өткөн ток күчү түрмөктүн индуктивдүүлүгү жана өзгөрмө токтун жыштыгынан көз карандылыгы алынат. Индуктивдүүлүк

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

жана жыштык канчалык чоң болсо, чынжырдын каршылыгы ошончолук чоң жана тиешелүү түрдө өтүп жаткан ток күчү кичине болот.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Жыштыгы 10 кГц болгон өзгөрмө ток чынжырына индуктивдүүлүгү 5 Гн болгон түрмөк туташкан. Чынжырдын индуктивдүү каршылыгы эмнеге барабар?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$\nu = 10$ кГц $= 10000$ Гц $L = 5$ Гн	$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$	$X_L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 1000 \cdot 5$ Ом $=$ $= 6{,}28 \cdot 50000 = 314000$ Ом $= 314$ кОм.
Табуу керек: $X_L = ?$		*Жообу*: 314 кОм.

1. *Өзгөрмө ток чынжырында индуктивдүүлүк ток күчүнө кандай таасир көрсөтөт?*
2. *Өзгөрмө ток чынжырына түрмөк гана туташкан учурда өзгөрмө ток күчү менен чыңалуунун ортосундагы фазалардын айырмасы эмнеге барабар?*
3. *Индуктивдүү каршылык кандай чоңдуктардан көз каранды?*
4. *Индуктивдүү каршылыктан эмне максатта пайдаланса болот?*
5. $X_L = \omega L$ *туюнтмадан каршылык бирдиги Ом ду келтирип чыгар.*

17-тема. АКТИВДҮҮ КАРШЫЛЫК, ИНДУКТИВДҮҮ ТҮРМӨК ЖАНА КОНДЕНСАТОР УДААЛАШ ТУТАШКАН ӨЗГӨРМӨ ТОК ЧЫНЖЫРЫ ҮЧҮН ОМ МЫЙЗАМЫ

Каршылыгы R болгон резистор, индуктивдүүлүгү L болгон индуктивдүү түрмөк жана сыйымдуулугу C болгон конденсаторду удаалаш туташтырып, чынжыр түзөлү (3.19-сүрөт) жана анын учтарына $u = U_м \cos \omega t$ өзгөрмө чыңалуу берели. Керектөөчүлөр удаалаш туташкандыктан, алардан өткөн ток күчтөрү бирдей болот. Бул ток күчү

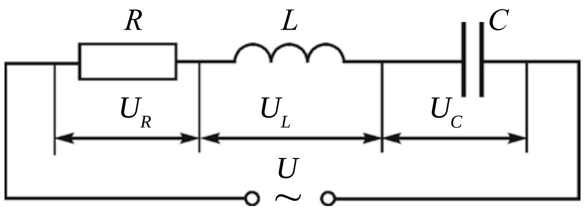
$$i = I_м \cos \omega t \qquad (3–20)$$

мыйзам ченемдүүлүгү боюнча өзгөрсүн. Жалпы чыңалуу болсо керектөөчүлөрдөгү чыңалуулар түшүүшүнүн векторлору суммасына барабар:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_C + \vec{U}_L. \qquad (3–21)$$

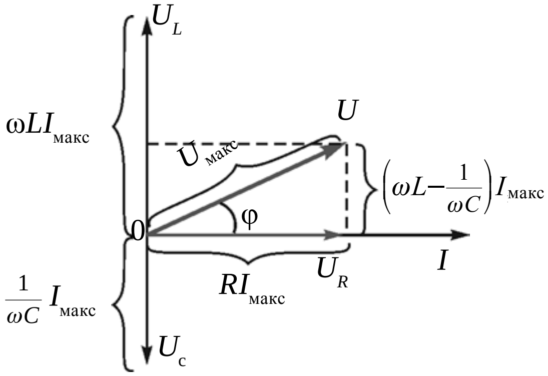
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE



3.19-сүрөт.

Мында: $\vec{U}$–чынжырдагы жалпы чыңалуу, $\vec{U}_R$–резистордогу чыңалуу, $\vec{U}_C$–конденсатордогу чыңалуу жана $\vec{U}_L$–түрмөктөгү чыңалуу. Алардын амплитудалык маанилерин U_R, U_C жана U_L менен белгилеп, вектордук диаграмма түзөлү.



3.20-сүрөт.

Ток күчү амплитудасын горизонталдуу окту бойлой багытталган вектор көрүнүшүндө алалы (3.19-сүрөт). Активдүү каршылыктагы чыңалуу термелүүлөрүнүн фазасы ток күчү термелүүлөрүнүн фазасы менен дал келет. Конденсатордогу чыңалуунун термелүүлөрү ток күчү термелүүлөрүнөн фаза боюнча $\frac{\pi}{2}$ ге артта болот. Түрмөктө болсо чыңалуунун термелүүсү ток күчү термелүүсүнөн $\frac{\pi}{2}$ ге алдында болот. Вектордук диаграммада конденсатордогу чыңалуу $U_C = \frac{1}{\omega C} I_{макс}$ жана түрмөктөгү чыңалуу $U_L = \omega L \cdot I_{макс}$ карама-каршы багытта болот. Натыйжалык чыңалуу $U_{LC} = U_L - U_C$ болот.

Жалпы чыңалуу (U)ну табуу үчүн $\vec{U}_{LC}$ векторду $\vec{U}_R$ векторго кошобуз. 3.20-сүрөттөн $U^2 = U_R^2 + U_{LC}^2$. Мындан жалпы чыңалуунун максималдуу маанисинин туюнтмасы төмөнкүдөй болот:

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

$$U_м = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}\ . \qquad (3–22)$$

Ом мыйзамы боюнча

$$U_R = I_{макс} \cdot R,\ U_L = I_{макс} \cdot X_L \text{ жана } U_C = I_{макс} \cdot X_C.$$

Алар (3–22) туюнтмага коюлса,

$$U_м = \sqrt{I_{макс}^2 R^2 + (I_{макс} X_L - I_{макс} X_C)^2} = I_{макс}\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}\ .$$

Мындан:

$$I_{макс} = \frac{U_М}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}\ . \qquad (3–23)$$

Бул туюнтма ***өзгөрмө токтун толук чынжыры үчүн Ом мыйзамы*** болуп саналат.

$X_L = \omega L$ жана $X_C = \frac{1}{\omega C}$ терди (3–23) кө койсок,

$$I_{макс} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

ка ээ болобуз. Мында:

$X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ каршылык *реактивдүү каршылык* деп аталат.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad (3–24)$$

туюнтмага ***өзгөрмө ток чынжырынын толук каршылыгы*** дейилет.

Чынжырдагы ток жана чыңалуу термелүүлөрүнүн ортосундагы фазалык айырманы вектордук диаграммадан пайдаланып аныктоого болот:

$$\text{tg}\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_М} \text{ же } \text{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}\ . \qquad (3–25)$$

Өзгөрмө ток чынжырына мүнөздүү касиет – генератордон алынган энергия жалаң активдүү каршылыкта гана жылуулук энергиясы иретинде ажырап чыгат. Реактивдүү каршылыкта энергия ажырабайт.

Реактивдүү каршылыкта мезгилдүү түрдө электр талаанын энергиясы магнит талаасынын энергиясына жана тескерисинче, айланып турат. Мезгилдин биринчи чейрегинде, конденсатор заряддалып жатканда, энергия чынжырга берилет жана электр талаанын энергиясы түрүндө чогулат. Мезгилдин кийинки чейрегинде бул энергия магнит талаасынын энергиясы көрүнүшүндө кайрадан булакка берилет.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Чыңалуунун максималдуу мааниси 120 В, жыштыгы 100 Гц болгон өзгөрмө ток булагына чоңдугу 200 Ом болгон активдүү каршылык, сыйымдуулугу $5 \cdot 10^{-6}$ Ф болгон конденсатор жана индуктивдүүлүгү 400 мГн болгон түрмөк туташкан. Чынжырдагы ток күчүнүн максималдуу маанисин тап.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$R = 200$ Ом $U = 120$ В $\nu = 100$ Гц $C = 5 \cdot 10^{-6}$ Ф $L = 400$ мГн $= 0{,}4$ Гн	$I_{макс} = \dfrac{U_М}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}}$ $\omega = 2\pi\nu$	$I_{макс} = \dfrac{120}{\sqrt{4000 + (251{,}2 - 318{,}5)^2}}\ \text{А} = \dfrac{120}{211}\ \text{А} = 0{,}57\ \text{А}.$ *Жообу*: 0,57 А.
Табуу керек: $I_{макс} = ?$		

1. *Өзгөрмө ток чынжырында эмне үчүн ток күчү термелүүлөрү менен чыңалуу термелүүлөрүнүн ортосунда фаза жылышы жүрөт?*
2. *Эмне үчүн реактивдүү каршылыктарда энергия ажырабайт?*
3. *Чынжырда активдүү каршылык жана түрмөк болгон учур үчүн өзгөрмө ток күчүнүн амплитудалык маанисин эсептөө формуласын келтирип чыгар.*
4. *Чынжырда активдүү каршылык жана конденсатор болгон учур үчүн өзгөрмө ток күчү менен чыңалуусунун ортосундагы фазалардын айырмасын табуу формуласын жаз.*

18-тема. ӨЗГӨРМӨ ТОК ЧЫНЖЫРЫНДА РЕЗОНАНС КУБУЛУШУ

Өзгөрмө ток чынжырында каршылыгы R болгон каршылык, индуктивдүүлүгү L болгон түрмөк жана сыйымдуулугу C болгон конденсатор удаалаш туташкан учурда ток чынжырынын толук каршылыгы

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

туюнтма менен аныкталышы белгилүү. Мындан, эгерде $X_C = X_L$ болуп калса, $X_C - X_L = 0$ айырма нөлгө барабар болуп, $Z_{мин} = R$ болушу келип чыгат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

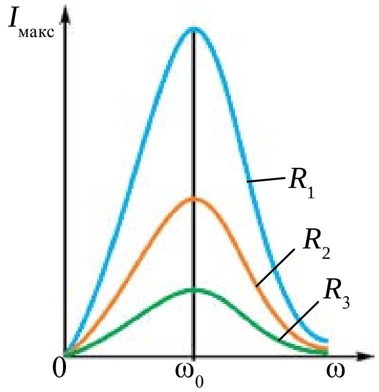
Мында чынжырдын каршылыгы өзүнүн минималдуу маанисине жетет. Чынжырдагы ток күчүнүн амплитудасы

$$I_м = \frac{U}{Z} = \frac{U_М}{R}. \quad (3–26)$$

Демек, бул шартта чынжырдагы ток күчүнүн амплитудасы чоңоюп отурат экен. Бул кубулушка электр чынжырындагы ***резонанс*** дейилет. Резонанс байкалышы үчүн

$\omega L = \frac{1}{\omega C}$ же $\omega_{rez} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ шарт канааттандырылууга тийиш.

Биз активдүү каршылыгы нөлгө барабар болгон термелүү контурунда пайда боло турган эркин термелүүлөрдүн жыштыгы $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ туюнтма менен аныкталышын билебиз. Анда *чынжырда резонанс алынышы үчүн чынжырга берилген тышкы мезгилдүү чыңалуунун жыштыгы чынжырдын жеке жыштыгына тең болушу зарылдыгы* келип чыгат. $\omega_{рез} = \omega_0$. 3.21-сүрөттө чынжырдагы ток күчүнүн амплитудалык маанисинин ага берилген тышкы чыңалуу жыштыгынан көз карандылык графиги берилген. $I_м$ нин жыштыктан көз карандылык графигине *резонанс ийри сызыгы* дейилет.



3.21-сүрөт.

3.21-сүрөттө $R_1 < R_2 < R_3$. Тышкы чыңалуу жыштыгынын чоңоюп барышы менен чынжырдагы токтун амплитудалык мааниси чоңоюп отурат жана $\omega_{рез} = \omega_0$ болгондо, максималдуу мааниге ээ болот. Андан кийин жыштыктын чоңоюшу менен токтун мааниси азайып отурат.

Байкалган резонанс кубулушуна ***чыңалуулар резонансы*** дейилет.

Анткени, резонанс учурунда токтун чоңоюшу менен түрмөк менен конденсатордогу чыңалуулар кескин чоңоёт. Алардын мааниси тышкы чыңалуунун маанисинен да чоң болушу мүмкүн.

Резонанс учурунда индуктивдүү түрмөк менен конденсатордогу чыңалуу термелүүлөрүнүн амплитудасы төмөнкүдөй болот:

$$U_{L\,рез} = U_{C\,рез} = I_м X_L = I_м X_C = \frac{U_М}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}. \quad (3–27)$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Термелүү контурларында $\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}>1$ шарт аткарылат. Ошондуктан түрмөк менен конденсатордогу чыңалуулар чынжырга берилген чыңалуудан чоң болот жана R азайышы менен чоңоюп барат. Жалпысынан алганда, активдүү каршылыктын чоң маанилеринде резонанс байкалбайт.

Резонанс мезгилинде өзгөрмө токтун амплитудалык мааниси менен жалпы чыңалуунун амплитудасы бирдей фазада термелет.

Резонанс кубулушунан техникада кеңири пайдаланылат. Радиокабылдагычтарда тыштан келген көптөгөн радиостанциялардын ичинен керектүү станциянын сигналдарын ажыратып алуу резонанс кубулушуна негизделген. Мында кабылдагычтын кириш бөлүгүндөгү термелүү контурундагы сыйымдуулук же индуктивдүүлүктүн мааниси өзгөртүлүп, анын жеке жыштыгы кабыл алынышы керек болгон станция сигналынын жыштыгына тең кылып жөнгө салынат. Контурда ушул тандалган жыштыктагы сигнал үчүн резонанс кубулушу жүрүп, анын түзгөн чыңалуусу эң чоң болот. Электр-техникалык курулмаларда да резонанс кубулушу эсепке алынат. Анткени, резонанс мезгилинде түрмөк же конденсатордо чыңалуунун чоңоюп кетиши анда *электр көзөөлөрүн* (*пробой*) келтирип чыгарышы мүмкүн.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Жыштыгы 50 Гц болгон өзгөрмө ток чынжырында индуктивдүүлүгү 100 мГн болгон индуктивдүү түрмөк жана C сыйымдуулуктагы конденсатор туташкан. Конденсатордун сыйымдуулугу канча болгондо резонанс кубулушу жүрөт?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$\nu=50$ Гц $L=100$ мГн$=0{,}1$ Гн Табуу керек: $C=?$	$\omega L=\frac{1}{\omega C}$ $4\pi^2\nu^2=\frac{1}{\omega C}$ $C=\frac{1}{4\pi^2\nu^2 L}$	$C=\frac{1}{4\cdot 3{,}14^2\cdot 50^2\cdot 100\cdot 10^{-3}}$ Ф $=\frac{10}{98596}$ Ф $\approx$ $\approx 0{,}0001$ Ф $\approx 101{,}4$ мкФ. *Жообу*: $\approx$ 100 мкФ.

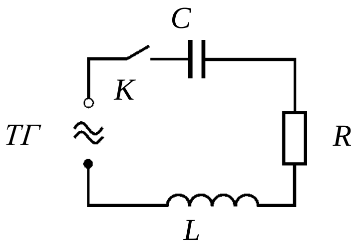
1. *Чыңалуулар резонансына туура келген векторлук диаграмма чий.*
2. *Кандай шарт аткарылганда өзгөрмө ток чынжырында электр көзөөлөр келип чыгышы мүмкүн?*
3. *Чыңалуулар резонансынан дагы каерлерде пайдаланууга болот?*
4. *Токтордун резонансы да болобу?*
5. *Идеалдуу термелүү контурунда резонанс учурунда ток күчүнүн амплитудалык мааниси эмнеге барабар болот?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

19-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: ӨЗГӨРМӨ ТОК ЧЫНЖЫРЫНДА РЕЗОНАНС КУБУЛУШУН ҮЙРӨНҮҮ

Иштин максаты. Өзгөрмө ток чынжырында чыңалуулар резонансы кубулушун үйрөнүү.



3.22-сүрөт.

Керектүү аспаптар. 1. Өзгөрмө ток (үн) генератору (*ТГ*).

2. Ферромагнит өзөккө ээ болгон индуктивдүү түрмөк ($L=1$ Гн).

3. Сыйымдуулугу 10 мкФ га чейин өзгөрө турган конденсаторлар батареясы.

4. Эки мультиметр.

5. Каршылыктар комплекси.

6. Үзүп-туюктагыч жана туташтыруучу зымдар.

Иштин аткарылышы. 3.22-сүрөттөгү чийме боюнча аспаптарды туташтырып, чынжыр жыйналат.

1. *ТГ* нан чыгышта 100 Гц жана 10 В болгон учур орнотулат.

2. Мультиметр өзгөрмө чыңалууну өлчөй турган жана өлчөө диапазону 20 В болгон абалга өткөрүлөт жана алар параллель түрдө конденсатор менен түрмөккө туташтырылат.

3. Ачкычты кошуп, конденсаторго (U_C) жана түрмөккө (U_L) туташкан мультиметрдин көрсөткүчтөрү жазып алынат. Мында $U_C > U_L$ болушуна көңүл бурулат.

4. Генератордун чыгышындагы өзгөрмө токтун жыштыгын 10 Гц тен чоңойтуп отуруп, U_C жана U_L лар жазып барылат.

5. Тажрыйба $U_C = U_L$ болгонго чейин улантылат. Натыйжалар жадыбалга жазылат.

6. $U_C = U_L$ шарт аткарылчу учур үчүн $2\pi\nu L = \dfrac{1}{2\pi\nu C}$ дан чынжырдын резонанс жыштыгы эсептелет: $\nu_r = \dfrac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}}$. Табылган жыштыктын мааниси тажрыйбада аныкталган жыштыктын мааниси менен салыштырылат.

Тажрыйба №	*ТГ* нун жыштыгы, Гц	U_C, В	U_L, В
1.			
2.			

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

7*. Тажрыйба кайра жыштыкты чоңойтуп кайталанат.

8. Конденсатордогу U_C менен индуктивдүү түрмөктөгү U_L чыңалууулардын генератордун жыштыгынан көз карандылык графиги чийилет.

1. *Индуктивдүүлүк чоңойгондо чынжырдагы ток күчү баштап чоңоюп, андан кийин азайды. Мындай өзгөрүүнүн себеби эмнеде?*
2. *Сыйымдуулук чоңойгондо чынжырдагы ток күчү баштап чоңоюп, андан кийин азайды. Мындай өзгөрүүнүн себеби эмнеде?*
3. *Эгерде индуктивдүү түрмөктүн ичине өзөк киргизиле башталса, конденсатордогу, индуктивдүү түрмөктөгү жана активдүү каршылыктагы чыңалуу түшүүлөрү өзгөрөт. Себеби эмнеде?*

20-тема. ӨЗГӨРМӨ ТОКТУН ЖУМУШУ ЖАНА КУБАТТУУЛУГУ. КУБАТТУУЛУК КОЭФФИЦИЕНТИ

Белгилүү болгондой, туруктуу токтун аткарган жумушу чыңалуу, ток күчү жана ток өтүп турган убакыттын көбөйтүндүсү иретинде аныкталат:

$$A = U \cdot I \cdot t. \tag{3–28}$$

Өзгөрмө токтун аткарган жумушун аныктоо үчүн өтө кичине убакыт аралыгында анын маанисин туруктуу деп алабыз. Анда өзгөрмө ток аткарган жумуштун көз ирмемдеги мааниси да ушул өңдүү формула жардамында аныкталат:

$$A = u \cdot i \cdot t. \tag{3–29}$$

Эгерде чынжырдын учтарына берилген чыңалуу

$$u = U_м \cos \omega t$$

мыйзам ченемдүүлүгү боюнча өзгөрүп жаткан болсо, андагы ток күчү да гармониялык мыйзам ченемдүүлүк боюнча фазасы боюнча айырмаланган түрдө өзгөрөт:

$i = I_м \cos(\omega t + \varphi)$. Анда өзгөрмө ток аткарган жумуштун көз ирмемдеги мааниси үчүн төмөнкүнү жазабыз:

$$A = u\ i\ t = U_м\ I_м\ t \cos \omega t \cos(\omega t + \varphi). \tag{3–30}$$

Убакыт бирдиги ичинде аткарылган жумушка кубаттуулук дейилет. Ошондуктан өзгөрмө ток кубаттуулугунун көз ирмемдеги маанисин

$$p = u\ i = U_м\ I_м \cos \omega t.\ \cos(\omega t + \varphi) \tag{3–31}$$

туюнтма көрүнүшүндө жазууга болот.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Мында кубаттуулук убакыттын өтүшү менен модулу жана белгиси боюнча өзгөрөт. Мезгилдин биринчи жарымында кубаттуулук чынжырга берилсе ($p > 0$), экинчи жарымында кубаттуулуктун бир бөлүгү кайра тармакка берилет ($p < 0$).

Адатта, бардык учурларда көпкө керектеле турган орточо кубаттуулукту билүү чоң мааниге ээ. Ал үчүн бир мезгилге туура келген кубаттуулукту аныктоо жетиштүү.

Бир мезгилге туура келген кубаттуулукту табуу үчүн баштап (3–31) формуласын убакыттан көз каранды болбогон көрүнүшкө келтиребиз. Ал үчүн математика курсунан эки косинус көбөйтүндүсү формуласынан пайдаланабыз:

$$\cos\alpha \cos\beta = \frac{1}{2}\,(\cos(\alpha-\beta) + \cos(\alpha+\beta)).$$

Биз карап жаткан учурда $\alpha = \omega t$ жана $\beta = \omega t + \varphi$. Ошондуктан,

$$p = \frac{U_{\text{м}} \cdot I_{\text{м}}}{2}\,(\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)) = \frac{U_{\text{м}} \cdot I_{\text{м}}}{2}\cos\varphi + \frac{U_{\text{м}} \cdot I_{\text{м}}}{2}\cos(2\omega t + \varphi).$$

Мында туюнтманын экинчи кошулуучусунун бир мезгил бою орточо мааниси нөлгө барабар. Демек, бир мезгилге туура келген орточо кубаттуулуктун убакыттан көз каранды эмес мүчөсү

$$\overline{p} = \frac{U_{\text{м}} \cdot I_{\text{м}}}{2}\cos\varphi. \qquad \text{болот.}$$

Ток жана чыңалуунун эффективдүү маанилеринин туюнтмасы эсепке алынса, б. а.: $U_{\text{үз}} = \frac{U_{\text{м}}}{\sqrt{2}}$ жана $I_{\text{үз.}} = \frac{I_{\text{м}}}{\sqrt{2}}$ болгондуктан, төмөнкүгө ээ болобуз:

$$\overline{p} = \frac{U_{\text{м}}}{\sqrt{2}}\,\frac{I_{\text{м}}}{\sqrt{2}}\cos\varphi = U\,I\cos\varphi.$$

Бул чоңдукка чынжырдын бир бөлүгүндөгү ***өзгөрмө токтун кубаттуулугу*** дейилет:

$$P = UI\cos\varphi. \qquad (3\text{–}32)$$

Андыктан өзгөрмө токтун аткарган жумушу төмөнкү формуладан аныкталат:

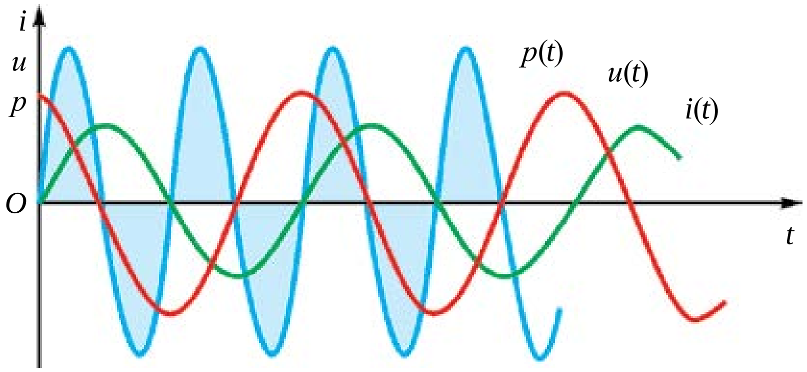
$$A = U\,I\,t\cos\varphi. \qquad (3\text{–}33)$$

Ошентип, чынжырдын бир бөлүгүндөгү өзгөрмө токтун кубаттуулугу менен аткарган жумушу ток күчү жана чыңалуунун эффективдүү маанилери менен аныкталат. Ал, ошондой эле, чыңалуу менен ток күчүнүн ортосундагы фазанын жылышынан көз каранды болот. 3–32 формуладагы $\cos\varphi$ көбөйтүндү ***кубаттуулук коэффициенти*** деп аталат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Эгерде чынжырда реактивдүү каршылык болбосо, анда $\varphi=0$, $\cos\varphi=1$, $P=U\ I$ болот, б. а. биз туруктуу токтун кубаттуулугун алабыз. Чынжырда активдүү каршылык болбосо, $\varphi=+\frac{\pi}{2}$, $\cos\varphi=0$ жана $P=0$ гө барабар болот. Жалаң реактивдүү каршылык бар чынжырда гана ажыраган кубаттуулук нөлгө барабар болот экен. Чынжырда ток болсо да, кантип орточо кубаттуулук нөлгө барабар болуп калышы мүмкүн? Аны 3.23-сүрөттө берилген график жардамында түшүндүрүүгө болот. Графикте чыңалуу, ток күчү жана кубаттуулуктун $\varphi=\frac{\pi}{2}$ маанисиндеги көз ирмемдеги маанилери келтирилген.



3.23-сүрөт.

Кубаттуулуктун көз ирмемдеги маанисинин убакыттан көз карандылык графиги ар бир моментке туура келген ток күчү менен чыңалууну бирин-бирине көбөйтүп табылат. Графиктен көрүнүп тургандай, мезгилдин төрттөн бир бөлүгүндө кубаттуулук оң мааниге ээ жана энергия чынжырдын бул бөлүгүнө берилет; бирок мезгилдин кийинки чейрегинде кубаттуулук терс мааниге ээ жана энергия чынжырдын бул бөлүгүнөн энергия алынган тармакка кайтарып берилет. Мезгилдин төрттөн бир бөлүгүндө чынжырга берилген энергия токтун магнит талаасында чогулат, андан кийин тармакка кайтарылат.

Өзгөрмө электр чынжырларын долбоорлоодо $\cos\varphi$ тун чоң болушуна көңүл буралы. Болбосо энергиянын кыйла бөлүгү генератордон чынжырга жана тескери багытта айланып жүрөт. Зымдар активдүү каршылыкка ээ болгондуктан, энергия аларды кыздырууга сарпталат.

Өнөр жай жана турмуштук кызмат көрсөтүү жаатында электр кыймылдаткычтар кеңири колдонулат. Алар чоң индуктивдүү жана кичине активдүү каршылыкка ээ болот. Ошонун эсебине $\cos\varphi$ тун мааниси азайып

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

кетет. Аны чоңойтуу үчүн ишканалардын тармактарына атайын компенсациялоочу конденсаторлор коюлат. Мында электр кыймылдаткычтардын салт же жетиштүү нагрузкасыз иштебестигине көңүл буруу зарыл. Адатта, $\cos\varphi < 0{,}85$ болгон курулмаларды иштетүүгө жол берилбейт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Индуктивдүүлүгү 0,5 Гн, активдүү каршылыгы 100 Ом болгон индуктивдүү түрмөк жана 10 мкФ сыйымдуулукка ээ конденсатор $u = 300 \sin 200\pi t$ өзгөрмө чыңалуу булагына туташкан. Токтун кубаттуулугун жана кубаттуулук коэффициентин тап.

Берилген:	Формуласы:
$L = 0{,}5$ Гн	$P = U\,I\cos\varphi = \dfrac{U_м^2}{2Z}\cos\varphi,$
$R = 100$ Ом	
$C = 10$ мкФ $= 10^{-5}$ Ф	$\cos\varphi = \dfrac{R}{Z} = \dfrac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}}$
$U = 300 \sin 200\pi t$	
Табуу керек:	
$\cos\varphi = ?$	
$P = ?$	

Чыгарылышы:

$$\cos\varphi = \frac{100\ \text{Ом}}{\sqrt{100^2 + \left(628 \cdot 0{,}5 - \dfrac{1}{628 \cdot 10^{-5}}\right)^2}\ \text{Ом}} = 0{,}54$$

$$P = \frac{9 \cdot 10^4 \cdot 0{,}5^2 \cdot B^2}{2\sqrt{10^4 \cdot \text{Ом}^2 - \left(314 - \dfrac{10^5}{628}\right)^2 \text{Ом}^2}} = 132\ \text{Вт}.$$

Жообу: $\cos\varphi = 0{,}54$; $P = 132$ Вт.

1. *Өзгөрмө токтун кубаттуулугу, жумушу кандай аныкталат?*
2. *Кубаттуулук коэффициенти дегенде эмнени түшүнөсүң?*
3. *Кубаттуулук коэффициентин чоңойтуу үчүн кандай чара көрүлөт?*
4. *Кубаттуулук коэффициентин чоңойтуу үчүн эмнелерди сунуш кылган болор элең?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

3-көнүгүү

1. Термелүү контуру сыйымдуулугу 8 пФ болгон конденсатор жана индуктивдүүлүгү 0,5 мГн болгон түрмөктөн турат. Түрмөктөгү ток күчүнүн максималдуу мааниси 40 мА болсо, анда конденсатордогу максималдуу чыңалуу эмнеге барабар? (*Жообу*: 317 В).

2. Индуктивдүүлүгү 31 мГн болгон түрмөк, каптамаларынын аянты 20 см^2, ортосундагы аралык 1 см болгон конденсатор менен туташкан. Ток күчүнүн максималдуу мааниси 0,2 мА, чыңалуунун максималдуу мааниси болсо 10 В. Конденсатордун каптамалары ортосундагы чөйрөнүн диэлектрик кабылдоочулугу эмнеге барабар? (*Жообу*: 7).

3. Идеалдуу термелүү контуру индуктивдүүлүгү 0,2 Гн болгон түрмөк жана сыйымдуулугу 20 мкФ болгон конденсатордон турат. Конденсатордогу чыңалуу 1 В болгон учурда контурдагы ток күчү 0,01 А. Ток күчүнүн максималдуу маанисин аныкта. (*Жообу:* 0,012 А).

4. Термелүү контуру сыйымдуулугу 2,5 мкФ болгон конденсатор жана индуктивдүүлүгү 1 Гн ге барабар түрмөктөн турат. Конденсатор каптамаларындагы заряддын амплитудасы 0,5 мкКл болсо, заряд термелүүлөрүнүн теңдемесин жаз. (*Жообу:* $0{,}5 \cdot 10^{-6}$ cos $630 \cdot 10^{6}$ t).

5. Түрмөктүн индуктивдүүлүгү 0,04 Гн болгон термелүү контурунун эркин термелүүлөрү жыштыгы 800 Гц. Контурдагы конденсатордун сыйымдуулугу эмнеге барабар? (*Жообу*: 1 мкФ).

6. Сыйымдуулугу 0,5 мкФ ке барабар заряддалган конденсатор индуктивдүүлүгү 5 мГн болгон түрмөк менен туташкан. Канча убакыт өтүп конденсатор электр талаасынын энергиясы түрмөк магнит талаасынын энергиясына барабар болот? (*Жообу:* $39 \cdot 10^{-5}$ с).

7. $q = 0{,}03 \cos (100\,\pi t + \frac{\pi}{3})$ теңдеменин графигин чий.

8. Активдүү каршылыгы 50 Ом болгон өзгөрмө ток чынжырындагы чыңалуунун амплитудалык мааниси 100 В, термелүү жыштыгы 100 Гц. Чынжырдагы ток термелүүлөрүнүн теңдемесин жаз. (*Жообу*: 2 cos200πt).

9. Чынжырдагы ток күчү $8{,}5 \sin(628t + 0{,}325)$ мыйзамы боюнча өзгөрөт. Ток күчүнүн эффективдүү маанисин, термелүүлөр фазасын жана жыштыгын тап. (*Жообу*: 6,03 А; 0,325 рад; 100 Гц).

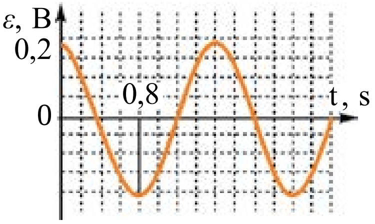
10. Өзгөрмө ток чынжырына туташкан конденсатордогу ток күчү $0{,}03 \cos(314\,t + 1{,}57)$ мыйзамы боюнча өзгөрөт. Конденсатордогу максималдуу чыңалуу 60 В болсо, анын сыйымдуулугун аныкта. (*Жообу:* 5,3 мкФ).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

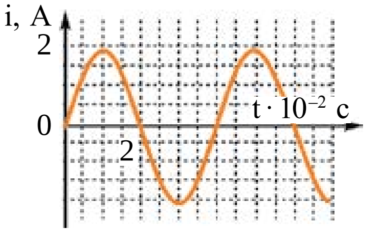
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

11. Өзгөрмө ток чынжырына туташкан түрмөктүн учтарына берилген чыңалуунун амплитудасы 157 В, ток күчүнүн амплитудасы 5 А, токтун жыштыгы 50 Гц болсо, анын индуктивдүүлүгү эмнеге барабар. (*Жообу:* 0,1 Гн).

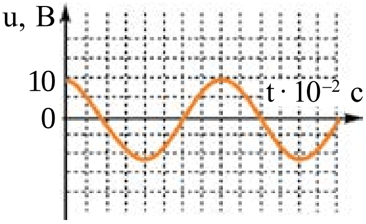
12. Чыңалуунун эффективдүү мааниси 127 В болгон чынжырга индуктивдүүлүгү 0,16 Гн, активдүү каршылыгы 2 Ом жана сыйымдуулугу 64 мкФ болгон конденсатор удаалаш туташкан. Токтун жыштыгы 200 Гц. Ток күчүнүн эффективдүү маанисин тап.



3.24-сүрөт.



3.25-сүрөт.



3.26-сүрөт.

13. 3.24-сүрөттө чынжырдагы ЭКΚтүн убакыттан көз карандылык графиги берилген. Өзгөрмө токтун максималдуу маанисин, анын мезгилин, жыштыгын тап. $\mathcal{E}$ (t) байланыш формуласын жаз.

14. 3.25-сүрөттө чынжырдагы ток күчүнүн убакыттан көз карандылык графиги берилген. Өзгөрмө токтун максималдуу маанисин, анын мезгилин, жыштыгын тап. i (t) байланыш формуласын жаз.

15. 3.26-сүрөттө чынжырдагы чыңалуунун убакыттан көз карандылык графиги берилген. Өзгөрмө токтун максималдуу маанисин, анын мезгилин, жыштыгын тап. U (t) байланыш формуласын жаз.

16. Жыштыгы 400 Гц болгон өзгөрмө ток чынжырына индуктивдүүлүгү 0,1 Гн болгон түрмөк туташкан. Чынжырга кандай сыйымдуулукка ээ болгон конденсатор уланса, резонанс кубулушу байкалат? (*Жообу:* 1,6 мкФ).

17. Термелүү контуруна туташкан конденсатордун сыйымдуулугу 50 пФ, эркин термелүүлөрдүн жыштыгы 10 МГц. Түрмөктүн индуктивдүүлүгүн тап. (*Жообу:* 5,1 мкГн).

18. Контурдагы чыңалуунун амплитудасы 100 В, термелүүлөрдүн жыштыгы 5 МГц ке барабар. Канча убакыт өтүп чыңалуу 71 В ко барабар болот?

(*Жообу:* 25 нс).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

III ГЛАВАНЫ ЖЫЙЫНТЫКТОО БОЮНЧА ТЕСТ СУРООЛОРУ

1. **Термелүү контурундагы конденсатордогу электр заряды $q=10^{-3}\cdot\cos100\pi t$ (С) мыйзам ченемдүүлүгү боюнча өзгөрүүдө. Контурда алынып жаткан электр-магниттик термелүүлөрүнүн жыштыгын тап.**

   A) 100 Гц; B) 100π Гц; C) 50 Гц; D) 50π Гц.

2. **Термелүү контурундагы конденсатордо электр заряды $q=10^{-3}\cdot\cos1000t$ (С) мыйзам ченемдүүлүгү боюнча өзгөрүүдө. Контурда алынып жаткан ток күчүнүн амплитудасын тап.**

   A) 10^{-3} А; B) 1 А; C) 10 А; D) πА.

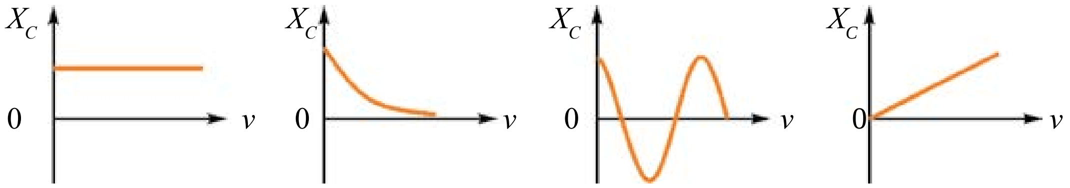
3. **Идеалдуу термелүү контурунда конденсатордун сыйымдуулугу 9 эсе азайтылса, контурдун термелүү жыштыгы кандай өзгөрөт?**

   A) 3 эсе азаят; B) 3 эсе чоңоёт;
   C) 9 эсе азаят; D) 9 эсе чоңоёт.

4. **Идеалдуу термелүү контурунда электр-магниттик термелүүлөр алынууда. Мында конденсатордогу электр талаасы энергиясынын максималдуу мааниси 2 мЖ га, түрмөктөгү магнит талаасы энергиясынын максималдуу мааниси да 2 мЖ га барабар болду. Термелүү контурундагы толук энергия эмнеге барабар ?**

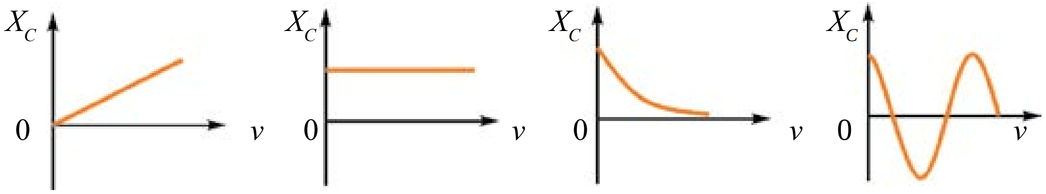
   A) 0 дөн 2 мЖ га чейин өзгөрөт; B) 0 дөн 4 мЖ га чейин өзгөрөт;
   C) өзгөрбөйт, 2 мЖ га барабар; D) өзгөрбөйт, 4 мЖ га барабар.

5. **Кайсы графикте өзгөрмө электр чынжырдагы сыйымдуулук каршылыктын жыштыктан көз карандылыгы берилген?**



A) B) C) D)

6. **Кайсы графикте өзгөрмө электр чынжырдагы индуктивдүү каршылыктын жыштыктан көз карандылыгы берилген?**



A) B) C) D)

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

7. **Резистор, индуктивдүү түрмөк жана сыйымдуулук удаалаш туташкан чынжырдын толук каршылыгы резонанс мезгилинде кандай болот?**
A) активдүү каршылыктан чоң болот;
B) активдүү каршылыкка барабар болот;
C) активдүү каршылыктан кичине болот;
D) активдүү каршылыктан көп эсе кичине болот.

8. **Берилген касиеттерден кайсылары басандоочу термелүүлөргө таандык?**
1. Гармониялык термелүүлөр. 2. Идеалдуу термелүү контурундагы термелүүлөр. 3. Реалдуу термелүү контурундагы термелүүлөр.
A) 1; B) 2; C) 3; D) 1 жана 3.

9. **Термелүү контурунда алына турган электр-магниттик термелүүлөрдүн циклдик жыштыгын аныктоо формуласын көрсөт.**
A) $\frac{1}{T}$; B) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$; C) $2\pi\sqrt{LC}$; D) $\frac{1}{\sqrt{LC}}$.

10. **Төмөнкүлөрдөн кайсы бири термелүү контурунун толук энергиясын туюнтат?**
1. $\frac{q^2}{2C}$. 2. $\frac{Li^2}{2}$. 3. $\frac{q_M^2}{2C}$. 4. $\frac{LI_M^2}{2}$.
A) 1; B) 2; C) 3; D) 3 жана 4.

11. **Механикалык термелүүлөр менен электр-магниттик термелүүлөрдүн окшоштугу боюнча пружиналуу маятниктеги жүктүн массасы электр-магниттик термелүүлөрдөгү кайсы физикалык чоңдукка туура келет?**
A) заряд; B) ток күчү;
C) индуктивдүүлүк; D) сыйымдуулукка тескери болгон чоңдук.

12. **Механикалык термелүүлөр менен электр-магниттик термелүүлөрдүн окшоштугу боюнча термелүү контурундагы ток күчү механикалык термелүүлөрдөгү кайсы физикалык чоңдукка туура келет?**
A) координата; B) ылдамдык;
C) масса; D) пружинанын катуулугу.

13. **Транзисторлуу генератордо термелүүлөрдүн басандабастыгын камсыздоо үчүн кириш жана чыгыш чынжырдагы чыңалуулар фаза боюнча канчага айырмаланууга тийиш?**
A) 60°; B) 90°; C) 180°; D) 270°.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

14. Транзисторлуу генератордо тескери байланыш кайсы элемент аркылуу ишке ашат?

A) L түрмөк аркылуу;
B) C конденсатор аркылуу
D) $L_б$ түрмөк аркылуу;
D) транзистор аркылуу.

15. Сүйлөмдү толтур. Чынжырга индуктивдүү түрмөк гана туташкан болсо, түрмөктөн өтүп жаткан ток күчүнүн термелүүлөрү түрмөктүн учтарына берилген чыңалуунун термелүүлөрүнөн фаза боюнча ... болот.

A) ... $\frac{\pi}{2}$ ге алдында ... ;
B) ... $\frac{\pi}{2}$ ге аркада ... ;
C) ... π ге алдында ... ;
D) ... π ге аркада ... .

III главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Эркин электр-магниттик термелүүлөр	Термелүү контурунда бир жолу заряд берилгенден кийин алына турган электр жана магнит талаасынын термелүүлөрү.
Термелүү контуру	Индуктивдүү түрмөк жана конденсатордон турган чынжыр. Термелүү мезгили $T=2\pi\sqrt{LC}$.
Басаңдоочу термелүүлөр	Термелүү контурунда конденсаторго бир жолу энергия берилгенде алына турган термелүүлөр. Мында термелүүлөрдүн амплитудасы убакыттын өтүшү менен азайып отурат.
Термелүү контурундагы толук энергия	$W=\frac{q^2}{2C}+\frac{Li^2}{2}$.
Гармониялык термелүүлөр	Физикалык чоңдуктардын убакыттын өтүшү менен синус же косинус мыйзам ченемдүүлүгү боюнча мезгилдүү өзгөрүшү.
Термелүүнүн амплитудасы	Термелип жаткан чоңдуктун эң чоң маанисинин модулу.
Автотермелүүлөр	Термелүүчү системанын ичиндеги булактын эсебине өчпөс термелүүлөрдүн алынышы.
Жогорку жыштыктагы генератор	Энергиянын булагы, термелүү системасы жана электрондук ачкычтан турган системада өчпөс термелүүлөр алына турган курулма.
Тескери байланыш	Чыгыш чынжырынан электр сигналдарынын бир бөлүгүн кириш чынжырына берилиши.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Активдүү каршылык $-R$	Өзгөрмө токтун энергиясын кайтпай турган түрдө башка энергияга айландырчу каршылык.
Реактивдүү каршылык $-X_C$, X_L	Өзгөрмө токтун энергиясын электр же магнит талаасынын энергиясына жана тескерисинче айландырчу каршылык. $X_C=\dfrac{1}{\omega C}$; $X_L=\omega L$.
Активдүү каршылыктуу чынжырдагы кубаттуулук	$P=P_м \cos^2 \omega t$.
Өзгөрмө токтун жана чыңалуунун эффективдүү маанилери	$I_{үз.}=\dfrac{I_М}{\sqrt{2}}$; $U_{ef}=\dfrac{U_М}{\sqrt{2}}$.
Өзгөрмө токтун толук чынжыры үчүн Ом мыйзамы	$I_м=\dfrac{U_М}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}}$.
Өзгөрмө ток чынжырынын толук каршылыгы	$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$.
Чынжырдагы ток термелүүлөрү жана чыңалуу термелүүлөрү ортосундагы фазалык айырма	$\text{tg}\varphi=\dfrac{U_L-U_C}{U_М}$ же $\text{tg}\varphi=\dfrac{X_L-X_C}{R}$.
Резонанс кубулушу	Тышкы аргасыз кылуучу күчтүн жыштыгы системанын өздүк жыштыгына барабар болуп калганда термелүүлөр амплитудасынын чоңоюп кетиши.
Удаалаш резонанс же чыңалуулар резонансы	Өзгөрмө ток чынжырында тышкы электр булагы жыштыгы, чынжырдын жеке жыштыгына барабар болуп калганда конденсатор менен түрмөктө чыңалуунун кескин чоңоюп кетиши.
Өзгөрмө токтун кубаттуулугу	$P=U\,I\cos\varphi$.
Өзгөрмө токтун аткарган жумушу	$A=U\,I\,t\cos\varphi$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

IV глава. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТОЛКУНДАР ЖАНА ТОЛКУН ОПТИКАСЫ

Электр чынжырларында электр-магниттик термелүүлөрдү үйрөнүүнүн көрсөтүшүнчө, чыңалуу менен ток күчүнүн өзгөрүшү чынжырдын бир бөлүгүнөн экинчисине өтө чоң ылдамдыкта, б. а. 300 000 км/сек менен таралат. Бул ылдамдык өткөргүчтөгү эркин электр заряддардын иреттүү кыймыл ылдамдыгынан аябагандай көп эсе чоң. Электр-магниттик термелүүлөрдүн бир чекиттен экинчи чекитке узатылуу механизмин жалаң талаа түшүнүгүнөн пайдаланып гана түшүндүрүүгө мүмкүн болду.

Ж. К. Максвелл 1864-жылы вакуумда жана диэлектриктерде тарала турган электр-магниттик толкундардын бар экендиги жөнүндөгү гипотезаны айтып өткөн. Биз электр-магниттик талаа жана электр-магниттик толкун теориясы менен кыскача таанышып чыгабыз.

21-тема. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨРДҮН ТАРАЛЫШЫ. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТОЛКУНДУН ЫЛДАМДЫГЫ

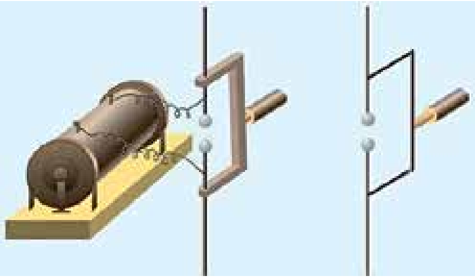
1831-жылы М. Фарадей тарабынан ачылган электр-магниттик индукция кубулушун терең үйрөнгөн Максвелл төмөнкү тыянакка келет: *магнит талаасынын ар кандай өзгөрүшү анын айланасындагы мейкиндикте куюндуу электр талаасын пайда кылат.*

Фарадейдин тажрыйбаларындагы туюк өткөргүчтө индукциялык ЭКТтүн пайда болушунун себепчиси ошол өзгөрмө электр талаасы эсептелет. Бул куюндуу электр талаасы өткөргүчтө гана эмес, ошондой эле ачык мейкиндикте да пайда болду. Ошентип, магнит талаасынын өзгөрүшү электр талааны пайда кылат. Табиятта буга тескери кубулуш барбы, б. а. өзгөрмө электр талаасы магнит талаасын пайда кылабы? Бул божомол симметрия көз карашынан алганда Максвелл гипотезасынын негизин түзөт. Бул гипотеза боюнча, *электр талаасынын ар кандай өзгөрүшү анын айланасындагы мейкиндикте куюндуу магнит талаасын пайда кылат.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Максвеллдин бул гипотезасы кыйла убакытка өзүнүн ырастоосун тапкан жок. Электр-магниттик толкундар Максвелл кайтыш кылгандан 10 жыл өтүп гана, эксперименталдык түрдө Г. Р. Герц тарабынан алынды. 1886–1889-жылдары Г. Герц электр-магниттик толкунду алуу үчүн жука аба катмары менен ажыратылган, диаметри 10–30 см лүү эки шарчаны же цилиндрди алып, түз стерждин учтарына бекемдеген (4.1-сүрөт). Башка тажрыйбаларында жагы 40 см лүү металл барактан пайдаланган. Шарчалардын арасы бир нече мм айланасында калтырылган. Шарлар же цилиндрлер жогору чыңалууга ээ булакка туташкан болуп, аларды оң жана терс белгиде заряддаган. Чыңалуу белгилүү бир маани алганда, шарчалардын ортосунда учкун чыккан. Учкун чыгышы учурунда вибратордо жогору жыштыктагы басаңдоочу термелүүлөр пайда болот. Эгерде электр-магниттик термелүүлөр таралып, толкун пайда кылса, экинчи вибратордо ЭКК пайда болушу, натыйжада шарчалардын арасында учкун чыгышы керек. Герц бул кубулушка байкоо жүргүзүп, электр-магниттик толкундар бар экендигин ырастады.



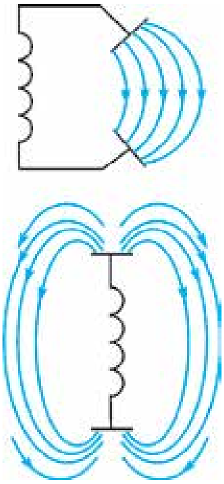
4.1-сүрөт.

Мурдагы главада каралган термелүү контуру туюк болгондуктан, анда термелүүлөр аз таралат.

Акырындык менен конденсатордун каптамаларын бири-биринен алыстаталы (4.2-сүрөт).

Мында талаанын күч сызыктары каптамалардын арасынан чыгып, мейкиндикке тарала баштайт. Эгерде каптамалардан бири жогору, экинчиси ылдый каратып коюлса, электр-магниттик термелүүлөр мейкиндикке толук таралып кетет.

Мындай көрүнүштөгү контурга **ачык термелүү контуру** дейилет.



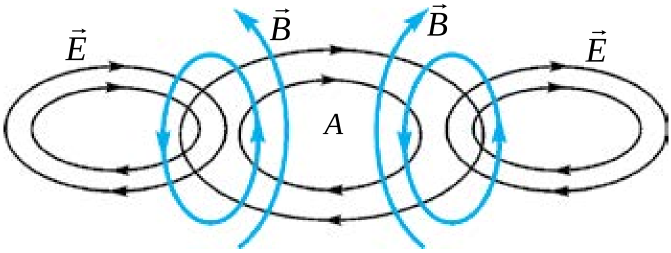
4.2-сүрөт.

Таралып жаткан электр-магниттик толкундарды элестетүү үчүн 4.3-сүрөттү көрөлү. Кандайдыр моментте мейкиндиктин А зонасында өзгөрмө электр талаасы болсун. Анда өзгөрмө электр талаасы өзүнүн айланасында магнит талаасын пайда кылат. Өзгөрмө магнит талаасы кошуна зонада өзгөрмө электр талаасын пайда кылат. Мейкиндиктин удаалаш жайлашкан зоналарында өз ара перпендикуляр, мезгилдүү

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

түрдө өзгөрмө электр жана магнит талаалары пайда болот. Электр-магниттик толкундардын таралышы ***нурлануу*** деп да аталат.



4.3-сүрөт.

Герцтин тажрыйбаларында толкун узундугу бир нече он сантиметрди түзгөн болчу. Ал вибратордо алынып жаткан жеке электр-магниттик термелүүлөрдүн жыштыгын эсептеп, электр-магниттик толкундардын таралуу ылдамдыгын $\upsilon = \lambda \cdot \nu$ формуласынын жардамында аныктайт. Ал жарыктын ылдамдыгына тең болуп чыгат.

Кийинки заманбап ченөөлөр да бул маанинин тууралыгын ырастады.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Ачык термелүү контурундагы чыңалуу $i = 0{,}3\sin 5 \cdot 10^5 \pi t$ мыйзамы боюнча өзгөрөт. Абада таралып жаткан электр-магниттик толкундун узундугу λ ны аныкта.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$\omega = 5 \cdot 10^5\ \pi \cdot c^{-1}$ $\upsilon = 3 \cdot 10^8$ м/с	$\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \nu = \dfrac{\omega}{2\pi}$	$\nu = \dfrac{5 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot c^{-1}}{2\pi} = 2{,}5 \cdot 10^5$ Гц.
Табуу керек: $\lambda = ?$	$\lambda = \dfrac{\upsilon}{\nu}$	$\lambda = \dfrac{3 \cdot 10^8}{2{,}5 \cdot 10^5}$ м $= 1200$ м. *Жообу:* 1200 м.

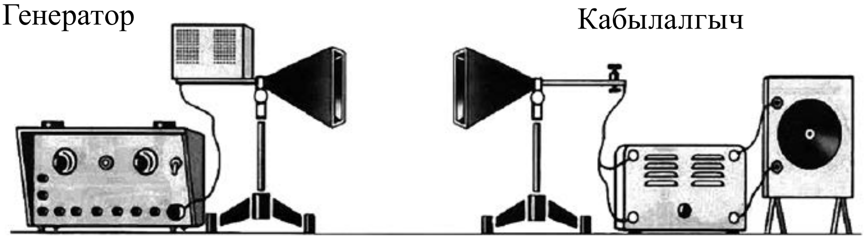
1. *Ачык термелүү контуру дегенде эмнени түшүнөбүз?*
2. *Максвелл электр-магниттик талаанын бар экендиги теориясын жаратууда эмнелерге таянган?*
3. *Герцтин вибраторунда экинчи стерженге орнотулган шарчалардын арасы булакка туташпаса да, эмнеликтен учкун чыгат?*
4. *Герц электр-магниттик термелүүлөрдөн пайдалануу боюнча кандай пикир айткан?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

22-тема. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТОЛКУНДАРДЫН ЖАЛПЫ КАСИЕТТЕРИ (ЭКИ ЧӨЙРӨНҮН ЧЕКАРАСЫНДА ЧАГЫЛЫШЫ ЖАНА СЫНЫШЫ). ТОЛКУНДУ МҮНӨЗДӨӨЧҮ НЕГИЗГИ ТҮШҮНҮК ЖАНА ЧОҢДУКТАР

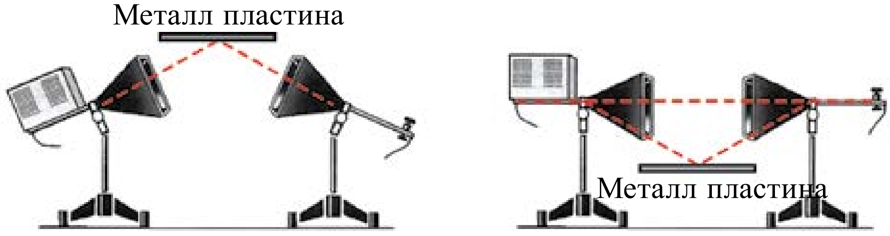
Электр-магниттик толкундардын касиеттерин электр-магниттик толкунду чыгарган атайын генератор жардамында үйрөнүүгө болот. Генератордо алынган жогору жыштыктагы электр-магниттик толкун *генератордун рупору* деп аталган таратуучу антеннадан таратылат (4.4-сүрөт).



4.4-сүрөт.

Кабылдоочу антеннанын формасы да куду таратуучу антеннага окшош болот. Антеннада кабыл алынган электр-магниттик толкун пайда кылган ЭКК кристаллдык диод жардамында пульсацияланууч токко айланат. Ток күчөтүлгөндөн кийин гальванометрге берилет жана катталат.

Электр-магниттик толкундардын чагылышы. Таратуучу жана кабылдоочу рупорлордун арасына металл пластина коюлса, үн угулбайт. Электр-магниттик толкундар металл пластинадан өтө албастан чагылат. Эми таратуучу рупорду жогоруга (ылдыйга) буралы. Металл пластинаны жогоруга (ылдыйга) 4.5-сүрөттө көрсөтүлгөндөй орнотолу. Анда кабылдоочу антенна түшүү бурчуна барабар бурч менен жайлаштырылганда, жакшы кабыл алынышын сезүүгө болот.



4.5-сүрөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

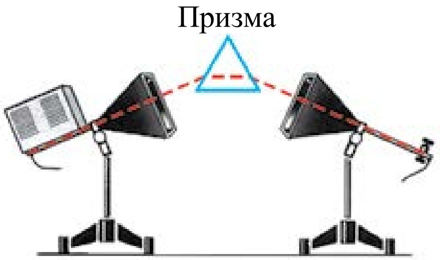
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Электр-магниттик толкундардын металл пластинадан чагылышын төмөнкүдөй түшүндүрүүгө болот. Металлга келип түшкөн электр-магниттик толкун металлдын бетинде эркин электрондордун аргасыз термелүүлөрүн пайда кылат. Бул аргасыз термелүүлөрдүн жыштыгы электр-магниттик толкундун жыштыгына барабар болот. Толкун металлдан өтө албайт, бирок металл бетинин өзү экинчилик толкундардын булагына айланат, б. а. толкун беттен чагылат. Тажрыйбалар электр-магниттик толкундардын эки чөйрөнүн чегинде чагылышында чагылуу мыйзамы аткарылышын көрсөтөт.

Металл пластинанын ордуна диэлектрик алынса, андан электр-магниттик толкундар өтө аз чагылат экен. Анткени, аларда эркин электрондор өтө аз болот.

Электр-магниттик толкундардын чагылышынан радио байланыш жана радиолокацияда кеңири колдонулат (4.6-сүрөт).

4.6-сүрөт.



4.7-сүрөт.

Электр-магниттик толкундардын сынышы. Аны үйрөнүү үчүн металл пластинанын ордуна парафин менен толтурулган үч бурчтуу призмадан пайдаланылат (4.7-сүрөт). Кабылдоочу антенна толкунду каттайт. Демек, электр-магниттик толкун эки чөйрө: аба-парафин жана парафин-аба чек арасынан өткөндө сынат. Тажрыйбалар электр-магниттик толкун бир чөйрөдөн экинчисине өткөндө ***сынуу мыйзамы***нын аткарылышын көрсөтөт:

$$n_{21}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{c}{\sqrt{\varepsilon_1}}\frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c}=\sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}; \qquad (4\text{–}1)$$

мында: ε_1 жана ε_2 – тиешелүү түрдө биринчи жана экинчи чөйрөлөрдүн диэлектрик кабылдоочулуктары.

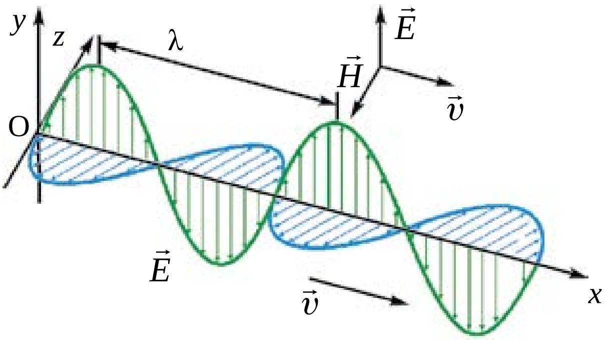
Термелүүлөр фазасы бирдей, бири-бирине эң жакын эки чекиттин ортосундагы аралыкка электр-магниттик толкун узундугу дейилет: $\lambda=\frac{c}{v}$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Электр-магниттик толкундун негизги мүнөздөмөсү анын жыштыгы v (мезгили T) болуп эсептелет. Анткени, электр-магниттик толкун бир чөйрөдөн экинчисине өткөндө, толкун узундугу өзгөрөт, жыштыгы өзгөрбөй калат.

Электр талаасынын чыңалуу жана магнит талаасы индукция векторлорунун термелүү багыттары толкундун таралуу багытына перпендикуляр болот (4.8-сүрөт). Демек, электр-магниттик толкундар тууралжын толкундар экен.



4.8-сүрөт.

Электр-магниттик толкундун таралуу ылдамдыгы $\vec{v}$ электр талаасынын чыңалуу вектору $\vec{E}$ жана магнит талаасынын индукция вектору $\vec{B}$ га перпендикуляр багытталган.

Электр-магниттик толкундун негизги энергетикалык мүнөздөмөлөрүнөн бири *электр-магниттик толкун нурланышынын агым тыгыздыгы болуп* эсептелет.

Электр-магниттик толкун нурланышынын агым тыгыздыгы деп, толкундун таралуу багытына перпендикуляр багытта жайлашкан S аянттуу беттен Δt убакытта өткөн W электр-магнит энергиясына айтылат:

$$I = \frac{W}{S \cdot \Delta t} \cdot \qquad (4\text{–}2)$$

Толкун нурланышынын агым тыгыздыгы беттин бирдик аянтынан бир мезгилде өткөн электр-магниттик толкун нурланышынын орточо кубаттуулугунан турат. Ал *толкундун интенсивдүүлүгү* деп аталат.

$P_{орт} = \frac{W_{орт}}{t}$ ны (4–2) ге койсо, $I = \frac{P_{орт}}{S}$ болот. Нурлануунун агым тыгыздыгынын же толкун интенсивдүүлүгүнүн бирдиги $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Нурлануу агымынын багытына перпендикуляр жайлашкан багытта аянты S, түзүүчүсү $c\Delta t$ га барабар цилиндр чиели. Цилиндрдин көлөмү

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

$\Delta V = S \cdot c\Delta t$ га барабар. Цилиндрдин ичиндеги электр-магниттик талаанын энергиясы, энергия тыгыздыгынын көлөмгө көбөйтүндүсүнө барабар:

$$W = w \cdot S \cdot c\Delta t; \qquad (4\text{–}3)$$

мында: w–электр-магниттик толкун энергиясынын тыгыздыгы. (4–3) формуласын (4–2) ге коюп, төмөнкүгө ээ болобуз:

$$I = wc. \qquad (4\text{–}4)$$

Электр-магниттик толкун агымынын тыгыздыгы электр-магнит энергиясынын тыгыздыгы менен толкундун таралуу ылдамдыгынын көбөйтүндүсүнө барабар.

Чекиттик булактан чыккан электр-магниттик толкундар бардык тарапка таралат. Ошондуктан, булактын айланасында аны курчап турган зонаны сфера деп карап, 4–2 формуласын төмөнкүдөй жазабыз:

$$I = \frac{W}{S \cdot \Delta t} = \frac{W}{4\pi \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{R^2}; \qquad (4\text{–}5)$$

мында: $S = 4\pi R^2$ сфера бетинин аянты. Демек, чекиттик булактан чыккан толкундун интенсивдүүлүгү аралыктын квадратына пропорциялаш түрдө азайып отурат экен.

Электр-магниттик талаанын электр талаа чыңалуусу $\vec{E}$ жана магнит талаасынын индукциясы $\vec{B}$ термелип жаткан бөлүкчөлөрдүн ылдамдануусу $\vec{a}$ га пропорциялаш. Ылдамдануу болсо гармониялык термелүүлөрдө жыштыктын квадратына пропорциялаш. Ошондуктан $E \sim \omega^2$ жана $B \sim \omega^2$ экендиги эсепке алынса, талаалар энергиясынын тыгыздыктары жыштыктын төртүнчү даражасына пропорциялаштыгы алынат:

$$I \sim \omega^4 .$$

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Электр-магниттик толкундар кандайдыр бир тектүү чөйрөдө $2 \cdot 10^8$ м/с ылдамдык менен таралууда. Эгерде электр-магниттик толкундардын жыштыгы 1 МГц болсо, анда анын толкун узундугу эмнеге барабар?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$\upsilon = 2 \cdot 10^8$ м/с $\nu = 1$ МГц $= 10^6$ Гц	$\lambda = \frac{\upsilon}{\nu}$	$\lambda = \frac{2 \cdot 10^8}{10^6} \frac{\text{м/с}}{\text{Гц}} = 200$ м.
Табуу керек: $\lambda = ?$		*Жообу:* 200 м.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1. *Эмне себептен жарыктандыруу тармактарындагы өзгөрмө ток амалда электр-магниттик толкундарды нурландырбайт?*
2. *Электр-магниттик толкундардын чагылышы жана сынышынан каерлерде пайдаланылат?*
3. *Электр-магниттик толкундардын жутулушунан каерде пайдаланылат?*
4. *Электр-магниттик толкундардын жыштыгы 3 эсе азайды. Мында нурлануунун энергиясы кандай өзгөрөт?*

23-тема. РАДИО БАЙЛАНЫШТЫН ФИЗИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ. ЭҢ ЖӨНӨКӨЙ РАДИОНУН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ИШТЕШИ. РАДИОЛОКАЦИЯ

Байыркы замандарда адамдар бири-бирине кабар берүүдө ар түрдүү каражаттардан пайдаланышкан. Бир өлкөдөн экинчи өлкөгө каттаган кербендер аркылуу кат жиберүү, көгүчкөндүн бутуна катты байлап учуруу жана у.с. Айрым учурларда атайын чабармандар катты алып, күлүктөргө минип, токтоосуз чапкан түрдө жеткирип барышкан. Мында кат-кабарды жеткирүүчүнүн аракеттенүү ылдамдыгы кербендин же чуркап жаткан аттын ылдамдыгынан көз каранды болгон.

Экинчи жактан жеткирүүчүнүн жолунда көптөгөн тоскоолдор болуп, кат-кабарды ээсине жеткирүүнүн кепилдиги болбогон.

Кабарды жөнөтүүдө электр-магниттик толкундардан пайдаланууга бобойт бекен?

Биринчиден, электр-магниттик толкундар табияттагы эң чоң ылдамдык менен таралат. Экинчиден, аны жолдо каракчы же душмандар кармап кала албайт.

Бирок Герцтин вибраторунда алынган учкундун кубаттуулугу өтө кичине болгондуктан, андан сигналдарды алыскы аралыкка таратууда пайдаланууга болбойт эле. А.С. Поповдун электр-магниттик толкундар аркылуу кабар узатуу боюнча ойлоп табуусунан беш жыл мурда француз физиги Э. Бранли электр-магниттик толкундарды каттоонун өтө сезгич ишеничтүү усулун табат. Бул аспапты Е. Бранли *когерер* (лат. *kohaerens* – байланышта болгон) деп атайт. Когерер ичине эки электрод орнотулган айнек түтүкчөдөн турган болуп, ичине майда темир күкүнү салынган. Бул аспаптын каршылыгы кадимки шартта чоң болот. Контур-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

га келген электр-магниттик толкун жогору жыштыктагы өзгөрмө токту пайда кылат. Күкүндөрдүн арасында майда учкундар пайда болуп, аларды бирин-бирине чаптап коёт. Натыйжада алардын каршылыгы кескин азаят (А. С. Поповдун тажрыйбасында 100000 Ом дон 1000 Ом го чейин, б. а. 100 эседен көп). Бирок бир жолу ток өткөндөн кийин күкүндөр чапташып калат. Когерерди силкитип жиберип, аны кайра жумушчу абалга келтирүү керек болот. Ал үчүн А. С. Попов когерердин чынжырына электр-магниттик реле аркылуу электр жылаажынды туташтырат. Электр-магниттик толкун келгенде, бул жылаажындын балкачасы бир мезгилде когерерге урулган жана когерер жумушчу абалына кайткан.

1895-жылдын 7-майында Россиянын Санкт-Петербург шаарында орус инженери А. С. Попов биринчи жолу кабарды электр-магниттик толкундар аркылуу узатып, аны кабыл алууну көрсөтөт. Кабарлардын электр-магниттик толкундар аркылуу алмашуусуна **радио байланыш** дейилет. Кабарды узатуучу курулмага **радиоузаткыч,** ал эми кабылдоочу курулмага **радиокабылдагыч** дейилет.

А. С. Попов 1899-жылы радио байланышты 20 км алыстыкта орноткон болсо, 1901-жылы 150 км ге жеткирет.

Ушуга окшош курулмаларды италиялык инженер Г. Маркони да параллель түрдө ойлоп табат.

Электр-магниттик толкундардын жыштыгы кичине болсо, анын энергиясы аз болуп, алыс аралыкка бара албайт ($W \sim v^4$). Экинчиден, өз ара жакын жайлашкан эки радиостанциянын кабарлары бири-бирине аралашып кетет. Ошондуктан радио байланышта жогору жыштыктагы электр-магниттик термелүүлөрдөн пайдалануу зарылчылыгы туулду.

1913-жылы өчпөй турган электр-магниттик термелүүлөр алынуучу генератордун ойлоп табылышы маанилүү кадам болду.

Кабарлар эми жогору жыштыктагы электр-магниттик толкундар аркылуу узатыла башталды. Ал үчүн генератордо алынган жогору жыштыктагы электр-магниттик термелүүлөргө төмөн жыштыктагы (үн жыштыгы) термелүүлөр кошуп жиберилет. Мында үн термелүүлөрү ***микрофон***дун жардамында электр термелүүлөрүнө айландырылат.

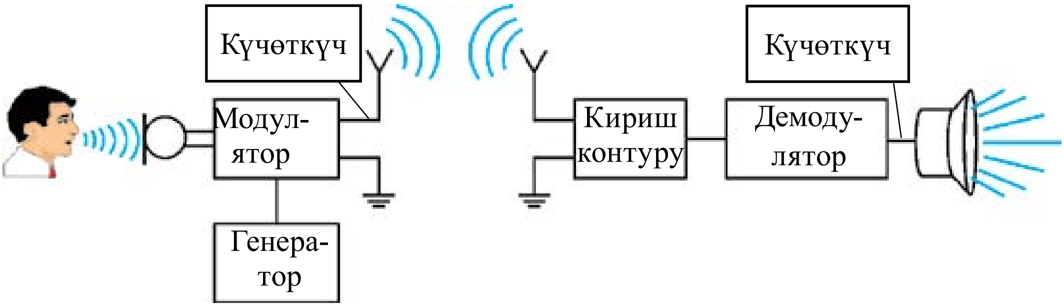
Төмөн жыштыктагы электр термелүүлөрдү жогору жыштыктагы электр термелүүлөргө кошуп жиберүүгө **модуляция** дейилет. Радио байланышты жүргүзүүнүн блок-схемасы 4.9-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Модуляцияланган термелүүлөр антенна жардамында мейкиндикке таратылат. Радио байланыштын кабылдоочу бөлүгүндө да антенна болот. Ага келип урулган электр-магниттик толкундар электр-магнит-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

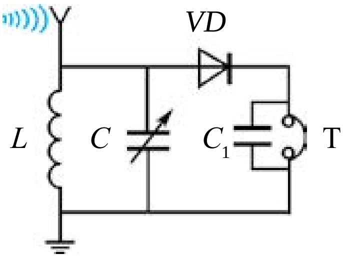
тик термелүүлөрдү пайда кылат. Радиокабылдагычта көптөгөн радиостанциялардын ичинен керектүүсүн тандап алуу ***кириш контуру*** аркылуу ишке ашат. Ошондон кийин жогору жыштыктагы термелүүлөргө кошуп жиберилген төмөн жыштыктагы термелүүлөр ажыратып алынат. Бул ***демодулятордо*** ишке ашырылат. Телефондун кернейинде төмөн жыштыктагы электр термелүүлөрү үн термелүүлөрүнө айланат.



4.9-сүрөт.

Радиокабылдагыч кандай блоктордон түзүлгөнү сага белгилүү. Эми эң жөнөкөй радиокабылдагыч кандай элементтерден турганын жана иштешин карап көрөлү (4.10-сүрөт).

Антеннага келип урулган радиотолкундар анда электр-магниттик термелүүлөрдү пайда кылат. Индуктивдүү түрмөк (*L*) жана өзгөрмө сыйымдуулуктуу конденсатор (*C*) термелүү контурун түзөт. Өзгөрмө сыйымдуулуктуу конденсатордун жардамында контурдун жыштыгы кабыл алынышы керек болгон радиостанциянын жыштыгына келтирилет. Ошону менен көп радиостанциялардын сигналдары арасынан керектүүсү ажыратып алынат.



4.10-сүрөт.

Белгилүү болгондой, жөнөтүлгөн кабар жогору жыштыктагы термелүүлөргө кошулган түрдө келет. Жогоруда айтылгандай, аларды бири-биринен ажыратууну демодулятор курулмасы ишке ашырат. Ага көбүнесе **детекторлоо** дейилет. Бул милдетти жарым өткөргүчтүү диод аткарат. Кириш контурунда алынган жогору жыштыктагы чыңалуу *VD* диод C_1 конденсатор жана *T* телефон аркылуу токту пайда кылат. Диод аркылуу өткөндө жогору жыштыктагы жана төмөн жыштыктагы сигналдар бири-биринен ажырайт. Жогору жыштыктагы сигналдар C_1 конденсатор аркылуу, төмөн жыштыктагы сигналдар *T* те-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

лефон аркылуу өтөт. Телефонду кулакка тосуп, радиоуктурууларды угууга болот. Берилген эң жөнөкөй радиокабылдагычта диод ***детектор***дун милдетин аткаргандыгы жана башка электрондук аспаптар колдолнулбагандыгы себептүү бул кабылдагыч ***детекторлуу кабылдагыч*** деп аталат.

Электр-магниттик толкундардан радиолокацияда да кеңири пайдаланылат (4.11-сүрөт).

4.11-сүрөт.

Мурдагы темада айтылгандай, мында электр-магниттик толкундардын чагылуу кубулушунан пайдаланылат. Радиолокация жардамында учуп бара жаткан самолёттордун бийиктигин, ылдамдыгын жана канча алыстагыгын өтө так ченөөгө болот. Ал үчүн радиоузаткыч өтө кыска убакыттын ичинде өчүрүп-жандырылса, самолётко тийип, чагылып кайткан радиотолкунду каттоого болот.

Электр-аппаратуранын жардамында толкун узатылган жана кайтып келген убакыттын арасы Δt өлчөнсө, электр-магниттик толкундардын басып өткөн жолун табууга болот. $s = ct$. Мында: c–электр-магниттик толкундун ылдамдыгы. Толкундун объектке чейин жана андан артка кайткандагы анын өткөн жолу $s = 2l$ болот. $l = \frac{ct}{2}$ –антеннадан объектке чейин болгон аралык. Объекттин мейкиндиктеги жайлашкан ордун аныктоо үчүн радиотолкундар ичке нур түрүндө узатылат. Ал үчүн антенна сфералык көрүнүшкө жакын формада жасалат.

Радиолокациялык усул менен Жерден Айга, ошондой эле Меркурий, Венера, Марс жана Юпитер планеталарына чейинки аралыктар так өлчөнгөн.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Радиолокатор толкун узундугу 15 см болгон электр-магниттик толкун менен иштейт жана секунд сайын 4000 импульс чыгарат. Ар бир импульстун созулушу 2 мкс. Ар бир импульста канча термелүү болушун жана радиолокатор жардамында кандай эң кичине аралыктагы нерсени аныктоого болорун тап.

Б е р и л г е н:

$\lambda = 15$ см

$n = 4000$

$c = 3\cdot10^8$ м/с

$t = 2$ мкс $= 3\cdot10^{-6}$ с

Табуу керек:

$N = ?$

$L_{макс} = ?$

Ф о р м у л а с ы:

$$N = \frac{t\cdot c}{\lambda} = vT$$

$$L_{макс} = \frac{1}{2}\, c\left(\frac{1}{n} - t\right)$$

Ч ы г а р ы л ы ш ы:

$$N = \left(\frac{2\cdot10^{-6}\cdot3\cdot10^{8}}{15\cdot10^{-2}}\right) = 4\cdot10^{3}.$$

$$L_{макс} = \frac{1}{2}\cdot3\cdot10^{8}\left(\frac{1}{4000} - 2\cdot10^{-6}\right) \text{ км} \approx$$

$\approx 37{,}5$ км

Жообу: 4000; $L_{макс} \approx 37{,}5$ км.

1. *Радиокабылдагычта детектор кандай милдет аткарат?*
2. *Кабылдагычка кириш контуру эмне үчүн керек?*
3. *Радиолокатор жардамында объектке чейинки аралык кандай өлчөнөт?*
4. *Эң жөнөкөй радиокабылдагычта конденсатордун сыйымдуулугу 4 эсе азайса, радиокабылдагыч кабыл ала турган электр-магниттик толкундун узундугу кандайча өзгөрөт?*

4.10-сүрөттөгү детекторлуу кабылдагычты жасап, иштетип көр.

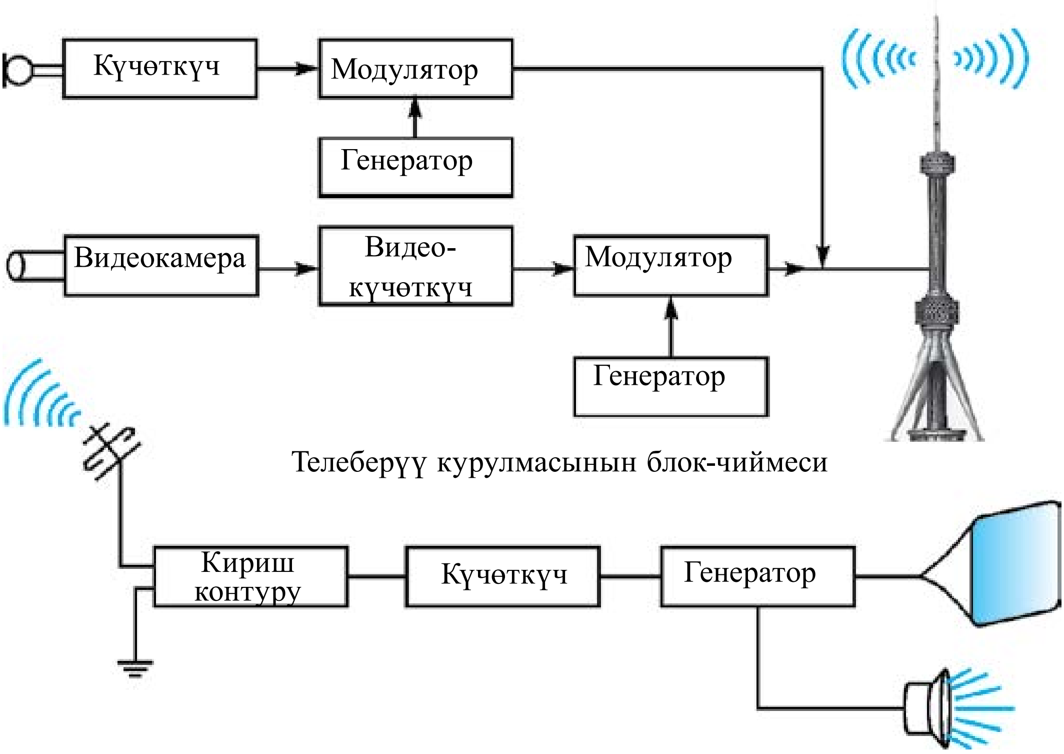
24-тема. ТЕЛЕКӨРСӨТҮҮЛӨРДҮН ФИЗИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ. ТАШКЕНТ–ТЕЛЕВИДЕНИЕНИН МЕКЕНИ

Учурда телевизор көрбөй турган окуучу болбосо керек. Аалам маалыматтарын, ар түрдүү кызыктуу көрсөтүүлөрдү, мультфильмдерди бардыгы көрүшөт. Мындан тышкары, турмушубузда болуп жаткан жакшы күн, той, азем жана башка иш-чараларды сүрөткө тартып, кийинчерээк каалаган маалда кайра көрсөк болот. Айга, Венера, Марс планеталарына түздөн-түз барбасак да, алардын бетин космостук кемеге орнотулган телекамера жардамында көрүшүбүзгө да телевидение себепчи. Анда, видеожазуулар бир жерден экинчи жерге кандайча узатылат? Кабыл алынган жерде сигналдар кайра кантип сүрөткө айланат?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Мындай суроолор көпчүлүк окуучуну кызыктырат. Телекөрсөтүүнү ишке ашырган курулманын жөнөкөй блок-чиймеси 4.12-сүрөттө берилген.



4.12-сүрөт.

Мурдагы темада үн термелүүлөрү микрофон жардамында электр термелүүлөрүнө айландырылышы айтылган болчу. Куду ушундай, сүрөт да баштап электр сигналдарына айландырылат. Бул жараян атайын ***видеокамера*** деп аталган курулмада ишке ашат. Видеокамерада алынган сигналдар атайын электрондук курулмада күчөтүлөт.

Модулятордо генератордо алынган жогору жыштыктагы электр-магниттик термелүүлөргө сүрөт сигналдары кошулат. Телеберүү курулмасында өз алдынча радиоузатуу бөлүгү болуп, анын иштеши мурдагы темада берилген курулмадан айырмаланбайт.

Телеберүү курулмасынын акыркы блогунда модуляцияланган үн менен сүрөт сигналдары бир бүтүн түрдө таратуучу антеннага берилет.

Телекабылдагычтын курулмасындагы антеннада телесигналдар электр термелүүлөрүнө айландырылат. Кириш контуру жардамында керектүү программа тандап алынат. Ажыратып алынган күчсүз сигнал атайын электрон

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

блокто күчөтүлүп, детекторго берилет. Детектор жогору жыштыктагы сигналдан сүрөт жана үн сигналдарын ажыратып берет. Сүрөт сигналы телевизор экранына, үн сигналы радиокернейге берилет.

Заманбап телевизорлор түстүү, үнү түрдүүчө, аралыктан башкарыла турган кылып иштелет. Ошондуктан телевизордо жогоруда көрсөтүлгөн блоктордон тышкары башка блоктор да болот.

Телекабарлар жыштыктары 50 МГц жана 230 МГц тин арасында болгон диапазондо таратылат. Мындай толкундар антеннанын көрүнүш чек арасында гана таралат. Ошондуктан телекабар менен чоң аймакты камтып алуу үчүн телекабар таратуучулардын бийиктигин чоңойтуу жана аларды жышыраак жайлаштыруу зарыл болот. Телекөрсөтүүлөрдү дагы да алыска узатуу үчүн жолдош байланыш системасынан пайдаланууга болот.

Белгилүү болгондой, 1911-жылдын 9-майында Санкт-Петербург технология институтунда Б.Л. Розинг тоскоолдун козголбос сүрөтүн электрон-нур түтүгүнүн экранында алат.

Телевидениенин мындан кийинки өнүгүшү Ташкент менен байланыштуу. Орто Азия мамлекеттик университетинин лаборанты Борис Павлович Грабовский кыймылдуу сүрөткө ээ болгон телевизиондук аппаратты жаратуу менен алектенет. Инженерлер В.И. Попов жана Н.Г. Пискуновдор менен шериктештикте “радиотелефот” аппаратынын конструкциясын иштеп чыгышат. Ага 1925-жылдын 9-ноябрында кабыл алуу номери № 4899 болгон күбөлүк жана номери №5592 болгон патент берилет. Бул долбоор заманбап телевизиондук системанын бардык элементтерин өзүндө камтыйт. Турган сөз, бул “радио аркылуу көрүү” долбоорун ишке ашыруу үчүн кошумча аппаратура жана аспаптар зарыл эле. Ошондо Б.П. Грабовскийдин жардамчысы И.Ф. Белянский Өзбекстан БАК Президиумунун Төрагасы Ж. Ахунбабаевге жардам сурап кайрылат. Республиканын жетекчилери ойлоп табуучуларга жетиштүү деңгээлде каражат бөлөт. Телевизиондук курулма үчүн Ташкенттин бардык ишкана жана лабораторияларында буюртмалар аткарылат.

Заманбап телевизордун чоң атасы “Телефоттун” сүрөттөлүштүү сынагы 1928-жылдын 26-июль күнү округ байланыш имаратында Орто Азия мамлекеттик университетинин профессору Н. Н. Златовратскийдин төрагалыгында болуп өтөт. Анда алгачкы жолу кыймылдуу адамдын сүрөттөлүшү көрүнөт. 4-август күнү Ташкент шаарынын Алишер Навоий көчөсүндө аракеттеги трамвайдын сүрөттөлүшү “телефот” аркылуу

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

көрсөтүлөт. “Телефот” өркүндөтүлдү: анын башка варианттары иштелди жана изилдөөлөр бүткүл дүйнө окумуштуулары, инженерлери тарабынан жүргүзүлүп, телевизорлор азыркы көрүнүшкө ээ болду. Ошондуктан “Телевидениенин мекени – Ташкент” деп бийик үндө айта алабыз.

* 1956-жылы мурдагы Орто Азия республикаларынын ичинен биринчилерден болуп ак-кара түстүү телевизиондук борбор Ташкентте ишке түшөт. Мурдагы СССРде 1990-жылга чейин эки гана: “Биринчи (Москва)” жана “Экинчи (Орбита)” жалпы союздык канал болгон. Жерлерде үчүнчү жергиликтүү программа боюнча телекөрсөтүүлөр берилген. Ташкентте 4-программа иретинде кезеги менен Кыргызстан жана Тажикстандын телевидениеси алып көрсөтүлгөн. 5-программада Казакстандын телекөрсөтүүлөрү берилген. 1956-жылы Ташкентте бийиктиги 180 м болгон телемунара курулуп, үзгүлтүксүз телекөрсөтүүлөр берилип турган. 1967-жылы СЕКАМ түстүү телекөрсөтүү системасы ишке түшкөн. 1978–85-жылдары Ташкент шаарында Боз суу каналынын оң жээгинде 375 м бийиктикте телемунара курулуп, ишке салынган. Жердин астындагы негизи 11 метр болуп, жалпы салмагы 6000 тоннадан көбүрөөк. Телемунара Борбордук Азияда 1-орунда, дүйнөдө Останкино (Москва), Торонто (Канада), Токио (Япония)дон кийин 9-орунда болгон. Өзбекстанда 4 мамлекеттик телеканал: ӨзТВ–1, ӨзТВ–2, ӨзТВ–3 жана ӨзТВ–4 болгон. Акыркы экөөсү Россиянын каналдарын көрсөткөн. 1998-жылы 30-канал деп аталган биринчи менчик телеканал ишке түшөт. 2008-жылы анын жыштыгында орус тилинде уктурууларды алып барган Соф ТС иш баштаган. Кийинки жылдарда көптөгөн менчик телеканалдар ачылды. 2017-жылы сутка бою иштей турган “Өзбекстан 24” каналы өзүнүн ишин баштады.

1. *Телекөрсөтүүлөрдө сүрөт эмненин жардамында электр сигналдарына айландырылат?*
2. *Эмне себептен Ташкентке телевидениенин мекени дейилет?*
3. *Телемунаранын бийиктиги чоңоюп отуруşу менен телекөрсөтүүлөрдү берүүнүн алыстыгы кандайча өзгөрөт?*

Үйүңдөгү телевизорду иштеп турганда бир программадан экинчи программага алмаштыр, үнүнүн бийиктигин өзгөрт. Пульттун жардамында алар эмне себептен өзгөрүшү мүмкүндүгү жөнүндө ойлоп көр.

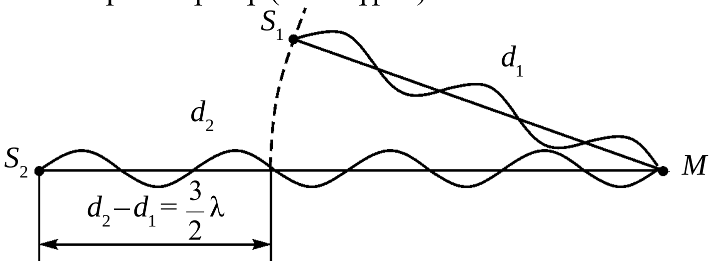
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

25-тема. ЖАРЫК ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСЫ ЖАНА ДИФРАКЦИЯСЫ

Жаз айларында жамгырдан кийин көктө пайда боло турган күн желесинде, самындын көбүгүндө же асфальтка төгүлгөн майда көрүнгөн түстөрдү көрүп кубанабыз. Бирок анын пайда болуу себептери жөнүндө ойлоп көрбөйбүз. Буга себеп – жарык интерференциясы. Интерференция кубулушу ар кандай табияттуу толкундарга мүнөздүү. Бул кубулуштун маанисин түшүнүү үчүн үйрөнүүнү механикалык толкундардын интерференциясынан баштайбыз.

Кандайдыр чөйрөдө толкундар таралганда алардын ар бири бири-биринен өз алдынча куду башка толкундар жок сыяктуу таралат. Буга толкундар таралышынын *суперпозиция (өз алдынчалык) принциби* дейилет. Чөйрөдөгү бөлүкчөнүн каалагандай убакыттагы натыйжалык которулушу бөлүкчө катышкан толкун жараяндары которулуштарынын *геометриялык суммасына барабар* болот. Мисалы, чөйрөдө эки толкун таралып жаткан болсо, алар жетип келген чекиттеги бөлүкчөнү бири-биринен көз карандысыз түрдө терметет. Эгерде бул толкундардын жыштыктары барабар жана фазаларынын айырмасы туруктуу болсо, анда кездешкен чекитинде алар бири-бирин күчөтөт же басаңдатат. Бул кубулушка толкундардын интерференциясы дейилет. Жыштыктары бирдей жана фазаларынын айырмасы туруктуу толкундарга ***когеренттүү толкундар*** дейилет. Демек, когеренттүү толкундардын кездешкенде бири-бирин күчөтүү же басаңдатуу кубулушуна ***толкундардын интерференциясы*** дейилет. Кандай учурда алар бири-бирин күчөтөт же басаңдатат? Муну үйрөнүү үчүн суунун бетинде эки когеренттүү S_1 жана S_2 булактан чыккан толкундардын кездешишин карап көрөлү (4.13-сүрөт).



4.13-сүрөт.

S_1 булактан чыккан толкундун M чекитине чейин басып өткөн жолу d_1, S_2 булактан чыккан толкундун M чекитине чейин басып өткөн жолу d_2 болсун. Анда $d_2-d_1=\Delta d$–толкундардын жол айырмасы дейилет. Эгерде жолдун айырмасы жарым толкун узундугунун жуп санына эселүү болсо:

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

$$\Delta d = 2k\,\frac{\lambda}{2}\ \ (k = 0,\ 1,\ 2,\ ....), \qquad (4\text{–}6)$$

бул чекитте термелүүлөрдүн күчөйүшү байкалат. (4–6) катышка интерференциянын максималдык шарты дейилет.

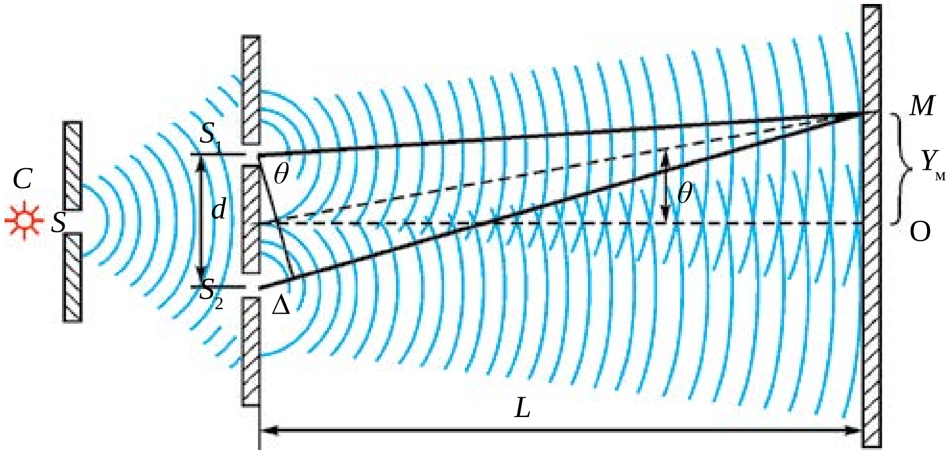
Жолдун айырмасы жарым толкун узундугунун так санына эселүү болсо:

$$\Delta d = (2k+1)\,\frac{\lambda}{2}\ \ (k = 0,\ 1,\ 2,\ ....), \qquad (4\text{–}7)$$

бул чекитте термелүүлөрдүн басаңдашы байкалат.

Жарык интерференциясы толкундар интерференциясынын жеке учуру эсептелет. Ага байкоо жүргүзүү үчүн эки когеренттүү булактан чыккан жарык толкундарын мейкиндиктин белгилүү бир чекитинде кездештирүү керек. Бирок эки өз алдынча булакты канчалык тандабайлы, алардан чыккан жарык нурлары когеренттүү болбойт. Ошондуктан негизинен бир булактан чыккан жарык нурун жасалма түрдө экиге бөлүп, когеренттүү толкундар алынат.

1. Юнг усулу (1801-жыл). Анын усулу 4.14-сүрөттө берилген. Күндүн нуру караңгы бөлмөгө кичинекей S жылчыктан кирет. Бул нур эки S_1 жана S_2 жылчыктан өтүп, эки нурга ажырайт. Алар экранда кездешкенде борбордук бөлүктө ак тилкени, ал эми четки бөлүктөрүндө түстүү тилкелерди пайда кылат. Юнг өзүнүн тажрыйбаларында жарык толкун узундугун анык табат. Спектрдин четки кызгылт-көк бөлүгү үчүн толкун узундугу 0,42 мкм, кызыл жарык үчүн 0,7 мкм ди алат.



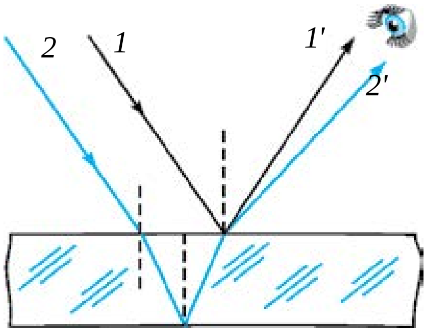
4.14-сүрөт.

2. **Жука плёнкалардагы түстөр.** Асфальтка төгүлгөн майдагы жана самындын көбүгүндөгү түстөргө кайталы. Ак жарык жука плёнкага түшүп

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

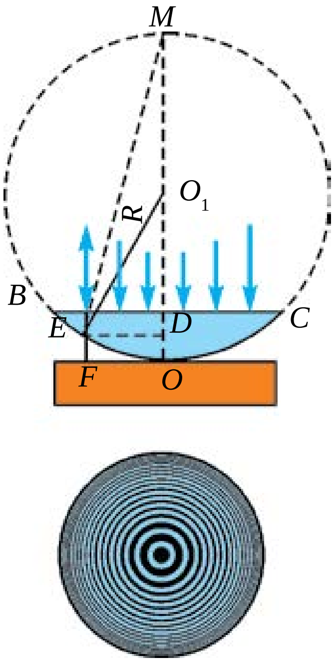
жаткан болсун (4.15-сүрөт). Түшүп жаткан толкундун бир бөлүгү (1 толкун) плёнканын үстүңкү бөлүгүнөн чагылат. Бир бөлүгү плёнканын ичине өтүп, анын төмөнкү бетинен чагылат (2 толкун).



4.15-сүрөт.

Чагылган эки толкун тең (1' жана 2') жүргөн жолдору менен айырмаланат. Алар көздө кездешкенде интерференция пейзажы көрүнөт. Ак жарык толкун узундугу 380 дөн 760 нм аралыктагы толкундардан тургандуктан, кабылдоочунун түрдүү чекиттеринде бири-бирин күчөтөт жана түстүү сүрөттөлүш көрүнөт.

3. Ньютон шакектери. Жука пластинанын үстүнө томпок бетке ээ болгон линза коюлган болсун (4.16-сүрөт). Мында жалпак параллель пластина менен ага O чекитте тийген линзанын бети ортосунда аба катмары болот. Линзанын тегиз бетине түшкөн жарык аба катмарынын үстүңкү жана астыңкы бетинен чагылат. Бул нурлар кездешкенде, интерференциялык көрүнүш алынат.



4.16-сүрөт.

Эгерде курулма монохром жарык менен жарыктандырылса, анда интерференциялык көрүнүш жарык жана караңгы шакектер формасында болот. Эгерде курулма ак жарык менен жарыктандырылса, линзанын тегиздикке тийген чекитинен чагылган жарыкта караңгы так көрүнөт. Анын айланасында түстүү шакектер жайлашат. Тиешелүү номердеги шакектин диаметрин ченеп, жарыктын толкун узундугун же линзанын ийметик радиусун аныктоого болот:

$r_{жар}=\sqrt{\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda R}$ – жарык шакектердин радиусу; R – линзанын ийметик радиусу, $m=0, 1, 2, 3$ ...

$r_{кар}=\sqrt{m\lambda R}$ – караңгы шакектер радиусу.

Жарык дифракциясы. Жарыктын өз жолунда кездешкен тоскоолдун четки бөлүгүнө киришин адамдар кыйла мурда байкашкан. Бул кубулуштун илимий түшүндүрмөсүн биринчи болуп Ф. Гримальди берди. Ал нерселердин артында пайда боло турган көлөкөнүн күңүрт чыгышын

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

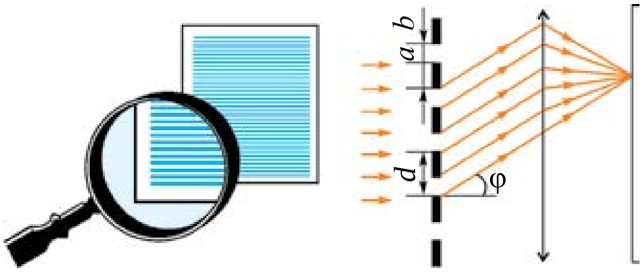
түшүндүрөт. Ал бул кубулушту дифракция деп атайт. Ошентип, *толкундун өзүнүн жолунда кездешкен тосколду айланып өтүшүнө* ***толкундар дифракциясы*** *дейилет.* Мында жарыктын түз сызыкты бойлой таралуу мыйзамы аткарылбайт. Дифракция кубулушу байкалышы үчүн тосколдун өлчөмү ага түшүп жаткан толкундун узундугунан кичине болууга тийиш. Жарык дифракциясын тар жылчыктан жарык өткөндө да байкоого болот. Мында да жылчыктын өлчөмү ага түшкөн жарык толкунунун узундугунан кичине болууга тийиш.

Ачык жана анык дифракциялык көрүнүштү алуу жана ага байкоо жүргүзүү үчүн дифракциялык торчодон пайдаланылат. Дифракциялык торчо–жарык дифракциясы байкала турган көп сандуу тоскоол жана жылчыктардын жыйнагынан турат. Дифракциялык торчо жылчыктарынын жайгашуусуна карай эки түргө бөлүнөт: *иреттүү (регулярдуу) жана иретсиз дифракциялык торчолор.*

Иреттүү дифракциялык торчодо жылчыктар белгилүү бир тартипте жайлашкан болот. Иретсиз дифракциялык торчодо жылчыктар тартипсиз жайлашкан болот.

Жалпак иреттүү дифракциялык торчону даярдоо үчүн алмаздын жардамында тунук пластинага параллель жана бири-бирине өтө жакын жайлашкан сызыктар тартылат. Тартылган сызыктар тосколдун, ал эми алардын арасы жылчыктын милдетин аткарат. Жылчыктын туурасы a, тосколдун туурасы b болсун. Анда $a+b=d$ ***торчонун туруктуусу*** же ***мезгили*** дейилет.

Жарыктын дифракциялык торчодон өтүшүн көрөлү (4.17-сүрөт).



4.17-сүрөт.

Мында монохром нур торчонун жылчык тегиздигине тик түшүп жаткан болсун. Жылчыктан өткөн нурлар дифракция кубулушу себептүү φ бурчка бурулат. Алар чогултулуп, экранга түшүрүлөт. Экранда дифракциялык көрүнүш – каралжын түстүү аралыктар менен бөлүнгөн жарык тилкелеринин катары көрүнөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Торчонун туруктуусу d, жарыктын толкун узундугу λ, нурдун торчодо бурулуу бурчу φ төмөнкү формула боюнча байланышкан болот:

$$d\sin\varphi = n\lambda; \qquad (4\ –8)$$

мында: n–дифракциялык максимумдардын тартип номери. Эгерде $n=k$ ($k=0,1,2...$) болсо, анда нурлар кездешкенде бири-бирин күчөтөт. $n=\dfrac{2k+1}{2}$ болгондо, нурлар бири-бирин басаңдатат.

Жарыкта байкалган интерференция жана дифракция кубулуштары анын толкун касиетине ээ экендигин ырастайт. Бул кубулуштардан техникада пайдаланылат. Мисалы, интерферометр деп аталган аспап өтө сезгич болуп, аны менен абдан кичине бурчтарды так өлчөөгө, жарыктын толкун узундугун аныктоого, майда кесиндилердин узундугун аныктоого, түрдүү заттардын нур сындыруу көрсөткүчтөрүн аныктоого, беттин бодуракайлыгын текшерүүгө жана жылмакайлык деңгээлин аныктоого болот.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Дифракциялык торчого толкун узундугу 500 нм болгон монохром жарык түшүп жатат. Экинчи иреттүү спектр 30^0 бурч менен көрүнсө, анда ошол торчонун туруктуусу эмнеге барабар?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$\lambda=500$ нм$=500\cdot10^{-9}$ м $n=2$ $\varphi=30°$	$d\ \sin\varphi=n\lambda$	$d=\dfrac{2\cdot500\cdot10^{-9}}{\sin 30°}$ м $=$
Табуу керек $d=?$	$d=\dfrac{n\lambda}{\sin\varphi}$	$=\dfrac{10^{-6}}{0{,}5}$ м $=2\cdot10^{-6}$ м. *Жообу*: $2\cdot10^{-6}$ м.

1. *Эмне себептен бирдей кубаттуулукка ээ болгон жана бир ишкана иштеп чыгарган эки лампочкадан чыккан жарык интерференцияны пайда кылбайт?*
2. *Дифракция кубулушунан кайсы жерлерде пайдаланууга болот?*
3. *Дифракциялык торчодо байкала турган спектрдин тартип номери чектелгенби?*
4. *Интерференция кубулушуна байкоо жүргүзүлгөндө жолдун айырмасы 3,5 λ га барабар болсо, эмне байкалат?*

Компьютердин диски жана лазер менен интерференция жана дифракцияга тиешелүү тажрыйба жаса.

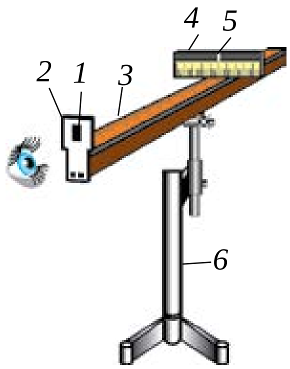
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

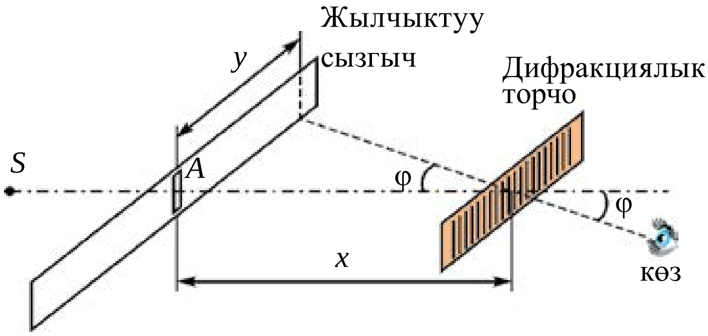
26-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: ДИФРАКЦИЯЛЫК ТОРЧОНУН ЖАРДАМЫНДА ЖАРЫКТЫН ТОЛКУН УЗУНДУГУН АНЫКТОО

Иштин максаты. Жарыктын толкун узундугун дифракциялык торчо жардамында аныктоону үйрөнүү.

Керектүү аспап жана жабдуулар. 1. Торчо туруктуусу $\frac{1}{100}$ мм же $\frac{1}{50}$ мм болгон дифракциялык торчо. 2. Жарык булагы. 3. Ортосунда жылчыгы болгон кара экран. 4. Миллиметрлүү масштабга ээ узун жана кыска сызгычтар. 5. Аспаптар орнотулчу курулма (4.18-сүрөт).



4.18-сүрөт.



4.19-сүрөт.

Иштин аткарылышы. Аспаптар орнотулчу курулманын (6) үстүнө миллиметрлүү масштабга ээ болгон узун сызгыч (3) орнотулат. Анын бир учуна ортосунда жылчыгы (5) болгон кара экран (4) жайлаштырылат. Кара экранда миллиметрлүү масштабдуу кыска сызгыч бекемделген. Кара экран узун сызгычты бойлой жыла турган абалда орнотулат. Узун сызгычтын экинчи учундагы туткага (2) дифракциялык торчо (1) орнотулат. Жарык булагы ишке түшүрүлөт. Торчо жана жылчык аркылуу жарыктын булагына каралса, жылчыктын эки жагында дифракциялык спектрлердин биринчи, экинчи жана у.с. тартиптери көрүнөт. Жылчыктуу сызгычты же дифракциялык торчону узун сызгычты бойлой жылдырып, биринчи тартиптеги кызыл нур шкаладагы бүтүн сандын тушуна алып келинет. Жылчыктан тандалган нурга чейин болгон аралык y аныктап алынат (4.19-сүрөт). Андан кийин дифракциялык торчодон жылчыктуу сызгычка чейин болгон

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

аралык x өлчөп алынат. Мында $y<<x$ экендигинен, $\sin\varphi \approx \text{tg}\varphi$ деп алынат. $\text{tg}\varphi = \frac{y}{x}$ экендигин эсепке алып, (4–8) формуладан жарыктын толкун узундугу эсептелет:

$$\lambda = \frac{d \sin\varphi}{n} = \frac{d\,\text{tg}\varphi}{n} = \frac{d \cdot y}{n \cdot x};$$

мында: λ–жарык нурунун толкун узундугу, d–торчонун туруктуусу.

Тажрыйба экинчи жана үчүнчү тартиптеги кызыл нур үчүн жүргүзүлөт. Ушуга окшош тажрыйбалар сол жакта жайлашкан спектрлер үчүн аткарылат.

Өлчөөнүн жана эсептөөнүн натыйжалары төмөнкү жадыбалга жазылат.

Нурдун түсү	x, мм	y, мм	n, спектр тартип номери	λ, нм	$\lambda_{орт}$, нм	$\Delta\lambda = \lvert\lambda_{орт} - \Delta\lambda\rvert$	$\Delta\lambda_{орт}$	Салыштырма каталык $E_{сал} = \frac{\Delta\lambda_{орт}}{\lambda_{орт}}$

Алынган натыйжалардын орточо мааниси, абсолюттук жана салыштырма каталыктар эсептелет.

Натыйжалар оң жана сол жактар үчүн салыштырылат.

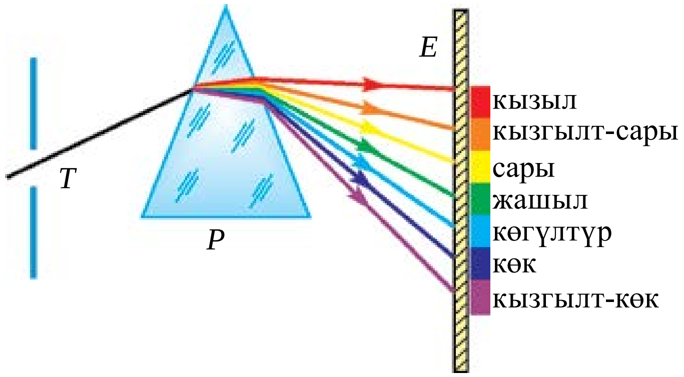
1. *Тажрыйбалардын аныктыгы спектрдин тартип номери чоңоюп отурушу менен кандайча өзгөрөт?*
2. *Дифракциялык торчо мезгилинин чоңоюп отурушу өлчөөлөрдүн тактыгына кандайча таасир көрсөтөт?*
3. *Тажрыйба монохром нур (лазер нуру) менен жүргүзүлсө, кандай көрүнүш алат.*
4. *Ак нур менен тажрыйба жүргүзүлсө, дифракциялык көрүнүштүн борборунда эмне себептен ак тилке пайда болот?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

27-тема. ЖАРЫК ДИСПЕРСИЯСЫ. СПЕКТР АНАЛИЗИ

Түрдүү нерсе жана заттардын түсү жөнүндөгү суроо адамдарды байыртадан кызыктырып келген. Эмне себептен Күн горзионтко батып жатканда кызарып батат? Эмне себептен күн желеси пайда болот? Жарык айрым минералдардан өткөндө алар эмне себептен түрдүү түстөргө бөлүнөт? өңдүү суроолорго жоопту Ньютондун заманына келип гана табууга мүмкүн болду. 1666-жылы И. Ньютон өзү жасаган тажрыйба жөнүндө төмөнкүлөрдү жазат: “Мен түрдүү формадагы оптикалык айнектерди иштеткен маалымда түс жөнүндөгү белгилүү кубулуштарды текшерүү үчүн үч бурчтук айнек призма даярдадым. Ошол максатта мен бөлмөнү караңгылаттым жана күндүн нуру түшүшү үчүн терезеде абдан кичине көзөнөк жасадым. Көзөнөккө мен призманы андан сынган нур дубалга түшө тургандай кылып жайлаштырдым. Ушул усулда алынган ар түрдүү жана күчөтүлгөн түстөрдү көрүү жана байкоо жүргүзүү менде аябай чоң кызыгуу ойготту”. Жарык призма аркылуу өткөндө алынган ар түрдүү түстөр комплексин Ньютон **спектр** (латинче spektrum–көрүү) деп атады (4.20-сүрөт).



4.20-сүрөт.

Ньютон жылчыкты кызыл түстүү айнек менен жапканда, дубалда кызыл түстүү такты гана, жашыл түстүү айнек менен жапканда жашыл так гана болушун көрөт. Мында ал алардын сынышын да үйрөнөт жана түстөрдүн ар түрдүү сынышын байкайт.

Мисалы, кызыл түс башкаларына караганда аз сынса, ал эми кызгылт-көк түс болсо бардыгынан күчтүү сынат.

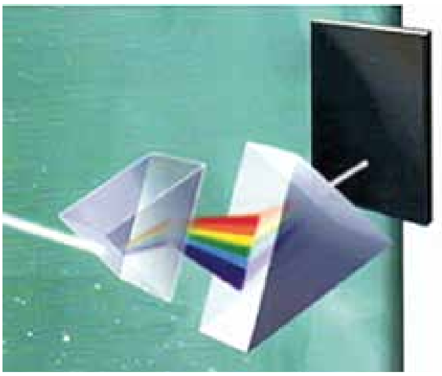
Ньютон мунун себебин билбейт. Бирок бул тажрыйба ак түс татаал түс экендигин көрсөтөт. Ал, негизинен, жети түстөн турат экен: кызыл, кызгылт-сары, сары, жашыл, көгүлтүр, көк жана кызгылт-көк. Ак түстүн та-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

таалдыгын далилдеген Ньютондун дагы башка тажрыйбалары бар. 1. Ньютон тегеректи алып, аны сектор түрүндө негизги жети түскө боёп коёт. Бул тегерек кыймылдаткычтын айлануу огуна бекемделет. Айлануунун белгилүү бир ылдамдыгында түстүү тегерек ак болуп көрүнөт.

2. Эгерде биринчи призмадан өтүп, түстөргө ажыраган жарыктын жолуна биринчи призмага салыштырмалуу 180° ка бурулган призма коюлса, бул призма чогултуучу линзанын милдетин аткарат. Андан чыккан жарык шооласы чогулган чекитинде ак түстө болот (4.21-сүрөт).



4.21-сүрөт.

Ньютон ачкан бул кубулуш жарык дисперсиясы (латинче disperge–чачыратуу) деген наам алды. Ошентип, Ньютон Күндөн келип жаткан ак нур бардык түстүү нурлардын жыйнагынан турушун далилдеди. Күн нурларынын астында нерсе жана предметтердин түрдүү түстө көрүнүшүнө себеп, алар айрым түстөрдү жутушат, айрымдарын болсо чагылыдырышат. Абсолюттук кара нерсе бардык нурларды жутат, ал эми ак нерсе болсо чагылдырат.

Жарыктын толкун теориясы боюнча, жарык–мейкиндикте өтө чоң ылдамдык менен таралуучу толкундар. Анын түсү жыштыгынан көз каранды.

Жарык толкундарынын толкун узундугу абдан кичине. Мисалы, кызыл нур эң чоң толкун узундугуна ээ болуп, анын мааниси $\lambda_к = 7{,}6 \cdot 10^{-7}$ м ге барабар. Эң кичине толкун узундугу кызгылт-көк нурга таандык болуп, анын чоңдугу $\lambda_{к/к} = 3{,}8 \cdot 10^{-7}$ м. Башка нурлардын толкун узундуктары алардын ортосунда жатат.

1873-жылы англис окумуштуусу Ж. Максвелл жарыктын $c = 3 \cdot 10^8$ м/с ылдамдык менен таралган электр-магниттик толкундардан турушун теориялык жактан далилдейт. Бул теорияны Г. Герц тажрыйбада ырастаганы силерге белгилүү.

Жарык бир чөйрөдөн экинчисине өткөндө анын толкун узундугу өзгөрөт, бирок жыштыгы өзгөрбөйт. Белгилүү болгондой, толкундун ылдамдыгы υ, анын узундугу λ жана жыштыгы B өз ара төмөнкүдөй байланышта:

$$\upsilon = \lambda \nu.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Мындан чөйрөдө түрдүү түстөгү нурлардын ар түрдүү ылдамдык менен таралышы келип чыгат. Эгерде чөйрөнүн нур сындыруу көрсөткүчү n дин жарыктын вакуумдагы таралуу ылдамдыгы c жана чөйрөдөгү таралуу ылдамдыгы B дан көз карандылыгы (9-класcты эсте)

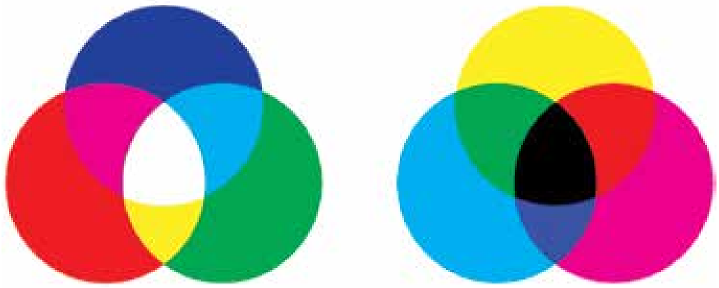
$$n = \frac{c}{v}$$

эсепке алынса, чөйрөнүн нур сындыруу көрсөткүчү түрдүү нурлар үчүн түрдүүчө болушу келип чыгат.

Нур сындыруу көрсөткүчүнүн жарыктын толкун узундугунан көз карандылыгына дисперсия дейилет.

Бул – дисперсияга берилген экинчи мүнөздөмө. Мындан призмадан өткөн нурлар эмне үчүн түрдүү бурчка кыйшайышы себебин билип алууга болот. Демек, кызыл нурлардын ар кандай чөйрөдөгү ылдамдыгы кызгылт-көк нурдукунан чоң болот. Мисалы, сууда $v_к = 228\,000$ км/сек, $v_{к/к} = 227\,000$ км/сек, углероддун сульфидинде $v_к = 185\ 000$ км/сек, $v_{к/к} = 177\,000$ км/сек. Вакуумда жарык дисперсиясы болбойт, анткени анда бардык жарык толкундары бирдей ылдамдык менен таралат.

1807-жылы англис физиги Томас Юнг кызыл, жашыл жана көгүлтүр түстөрдү комбинациялап, ак түстү алууга болорун далилдейт. Ошондой эле, кызыл, жашыл жана көгүлтүр түстөрдү комбинациялап, башка түстөрдү алууга болот (4.22-сүрөт).



4.22-сүрөт.

Кызыл, жашыл жана көк түстөрдү Юнг биринчилик нурлар деп атайт. Ошол биринчилик түстөрдүн эч бирин башка эч кандай түстөрдүн комбинациясынан алууга болбойт. Муну экранга кызыл, жашыл жана көк түстүү жарыкты түшүрүп, оңой текшерүүгө болот. Бул үч түс бириккен же кошулган жерде ак түс пайда болот. Кызыл түс менен көк түс кошулганда –

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

каралжын; кызыл жана жашыл түс кошулганда сары түс алынат. Заманбап телевизор жана компьютердин экрандарында түстүү сүрөт мына ушул үч түстүн кошулушунан алынат.

Түрдүү жарык булактарынан чыккан жарык призмадан өткөрүп көрүлсө, эч кайсы бири (лазерден тышкары) монохром, б. а. окшош бир жыштыкка ээ болгон нур чыгарбайт экен. Кызытылган заттар да өзүнө мүнөздүү спектрдеги нурларды чыгарат. Алардын спектрин үч түргө ажыратууга болот.

Туташ спектр. Күндүн спектри же кызытма лампочкадан чыккан жарык туташ спектрге ээ болот. Зат катуу же суюк абалда болгондо, ошондой эле күчтүү кысылган газ чыгарган жарык да туташ спектрге ээ болот.

Тилкелүү спектр. Айрым бири-бири менен байланышпаган же күчсүз байланышкан молекулалар чыгарган жарык тилке көрүнүшүнө ээ болот. Тилкелер бири-биринен караңгы жолчолор менен ажыраган болот.

Сызыктуу спектрлер. Мындай спектрде бир гана сызык болот. Мындай спектрди бири-бири менен байланышпаган атомдор чыгарат. Бири-биринен ажыраган атомдор бир толкун узундугуна ээ болгон нур чыгарат.

Жутулуу спектрлери. Лампочкадан чыгып жаткан жарыктын жолуна кызыл айнек коюлса, андан жалаң кызыл жарык өтөт жана калган нурлар жутулуп калат. Эгерде ак нур нурланбай жаткан газ аркылуу өткөрүлсө, булактын үзгүлтүксүз спектри фонунда кара сызыктар пайда болот. Мунун себеби, газ белгилүү бир жыштыктагы нурларды жутуп алат. Үйрөнүүлөрдүн көрсөтүшүнчө, газ кызыган учурда кандай жыштыктагы нурларды чыгарса, ошондой жыштыктагы нурларды жутат экен.

Ар кандай химиялык элемент өзүнө мүнөздүү спектрге ээ болот. Ар бир адамдын бармак издери жалаң өзүнө гана мүнөздүү болгону сыяктуу, бир элементтин спектри да башкасыныкына окшобойт.

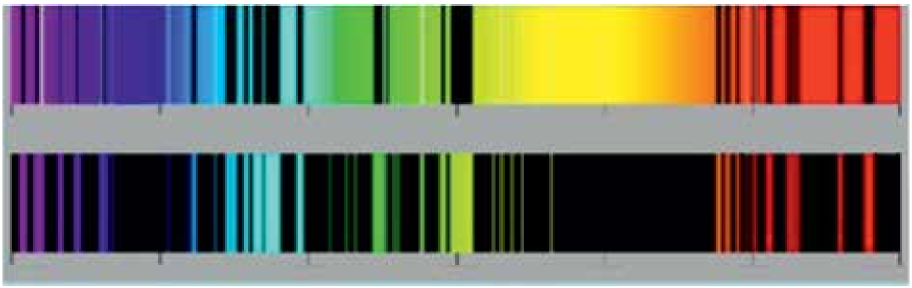
Мына ушундай касиети боюнча заттын химиялык курамын аныктоого ***спектр анализи*** дейилет. Бул абдан сезгич усул болуп, текшерүү үчүн зарыл болгон заттын массасы 10^{-10} г дан ашпайт.

Мындай анализ көбүрөөк сапаттык характерге ээ болот, б. а. затта кайсы элемент бар экендигин так айтып берүүгө болот. Бирок анын канча санда болушун аныктоо кыйын. Анткени заттын температурасы төмөн болгондо, көптөгөн спектр сызыктары көрүнбөйт.

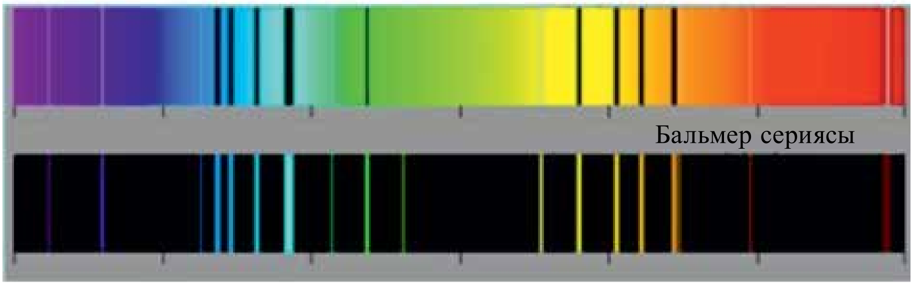
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

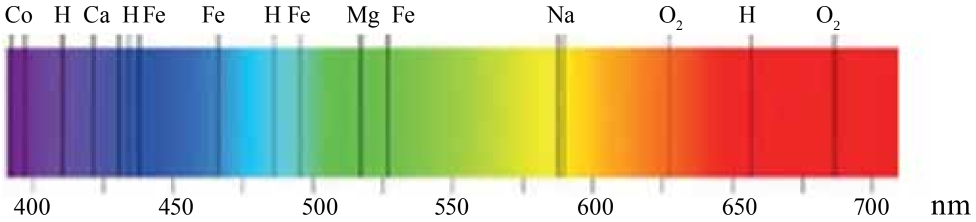
Учурда бардык атомдордун спектри аныкталган болуп, алардын жадыбалы түзүлгөн (4.23-сүрөт). Спектр анализи усулу менен рубидий, цезий жана башка көптөгөн элементтер ачылган. Цезий сөзү “асман көгүлтүрү” деген маанини билдирет.



Стронций элементинин спектри



Цинк элементинин спектри



4.23-сүрөт.

Куду ушул спектр анализинин жардамында Күндүн жана жылдыздардын химиялык курамын аныктоого мүмкүн болду. Башка усулдар менен аларды аныктоого болбойт. Айта кетчү жери, гелий элементи баштап Күндө, кийинчерээк Жердин атмосферасында табылган. Элементтин аты гелий “күн” деген маанини билдирет. Спектр анализи нур чыгаруу спектри аркылуу гана эмес, ошондой эле жутулуу спектри жардамында да жүргүзүлөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Линзанын нур сындыруу көрсөткүчү кызыл нур үчүн 1,5 ке, кызгылт-көк нур үчүн 1,52 ге барабар. Линзанын эки жагы тең бирдей иймектик радиусуна барабар болуп, 1 м ди түзөт. Кызыл жана кызгылт-көк нурлар үчүн линзанын фокус аралыктары ортосундагы айырманы тап.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$n_к = 1{,}5$ $n_{к/к} = 1{,}52$ $R = 1$ м Табуу керек: $\Delta F = ?$	$\frac{1}{F} = (n-1)\frac{2}{R}$ $F = \frac{R}{2(n-1)}$ $\Delta F = F_к - F_{к/к}$	$F_к = \frac{1}{2(1{,}5-1)}$ м $= 1$ м. $F_{к/к} = \frac{1}{2(1{,}52-1)}$ м $= 0{,}961$ м. $\Delta F = 1$ м $- 0{,}961$ м $= 0{,}039$ м *Жообу:* 3,9 см.

1. *Эмне себептен ак нур призмадан өткөндө түстүү нурларга ажырап кетет?*
2. *Эмне себептен терезенин айнеги аркылуу өткөн Күндүн нуру спектрге ажырабайт?*
3. *Күндүн нуру суюктуктан өткөндө спектрге ажырашы мүмкүнбү?*
4. *Спектр анализи менен суюктуктун курамын аныктоого болобу?*
5. *Дифракция себептүү пайда болгон спектр менен дисперсия спектри ортосунда кандай айырма бар?*

28-тема. ЖАРЫКТЫН УЮЛДАНУУСУ

Жарык интерференциясы жана дифракциясы кубулуштары жарыктын толкундук табиятка ээ экендигин ырастады. 10-класстан толкундар эки түргө: узата жана тууралжын толкундарга бөлүнүшү сага белгилүү. Узата толкундарда чөйрө бөлүкчөлөрүнүн термелүү багыты толкундун таралуу багыты менен бир багытта болушу, ал эми тууралжын толкундарда болсо алар өз ара перпендикуляр болушу да белгилүү.

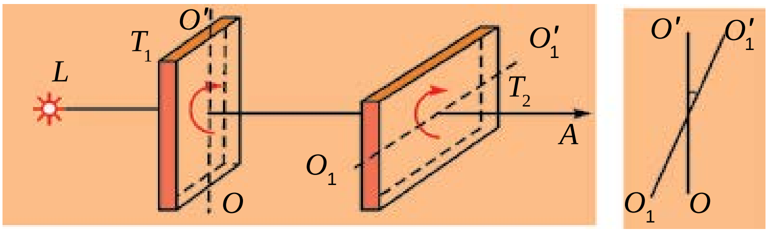
Көп убакыт бою толкундар оптикасынын негиздөөчүлөрү Юнг менен Френель жарык толкундарын узата толкундар деп эсептешкен. Анткени узата механикалык толкундар катуу, суюк жана газ сымал чөйрөдө тарала алат. Тууралжын механикалык толкундар болсо катуу нерселерде гана тарала алат. Бирок көптөгөн тажрыйбаларда жарык толкундары узата тол-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

кундар деп алынса, муну түшүндүрүп болбостугу көрүндү. Ушундай тажрыйбалардан бирин карап көрөлү.

Турмалин кристаллынан анын кристалл торчосунун окторунан бирине параллель жайлашкан тегиздикти бойлой пластина кыркып алынган болсун. Бул пластинаны жарык нуруна перпендикуляр жайлаштыралы (4.24-сүрөт).



а *б*

4.24-сүрөт.

Пластинаны жарык нурунун багыты боюнча өткөн октун айланасында акырын айландыралы. Мында турмалинден өткөн жарыктын интенсивдүүлүгүндө эч кандай өзгөрүүнү көрбөйбүз. Тажрыйбаны T_1 пластинадан кийин дагы ушундай T_2 пластинаны коюп кайталайбыз. Бул жолу T_1 пластинаны тынч абалда калтырып, T_2 пластинаны огунун айланасында акырын айландырабыз. Мында эки пластинадан өткөн жарык интенсивдүүлүгүнүн өзгөргөнүн байкайбыз. Жарык интенсивдүүлүгү T_2 пластинанын T_1 га салыштырмалуу бурулушуна карай 4.24-*б* сүрөт белгилүү бир максималдуу маанисинен нөлгө чейин азаят экен. Изилдөөлөрдүн көрсөтүшүнчө, эгерде эки пластинанын октору параллель болсо, өткөн нурдун интенсивдүүлүгү жогору, ал эми перпендикулярдуу болсо, нөлгө барабар болот. Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, өткөн жарыктын интенсивдүүлүгү $\cos^2\alpha$ дан көз каранды болот экен.

4.25-сүрөт.

Бул кубулушту түшүндүрүү үчүн узата жана тууралжын толкундардын торчодон өтүшүн карап көрөлү (4.25-сүрөт).

Арканды алып, анын бир учун бекемдейбиз. Экинчи учун эки торчонун жылчыктары арасынан өткөрүп силкитебиз. Мында арканды бойлой тууралжын толкундар алынат. Биринчи учурда торчонун жыгачтары параллель болгондуктан, аркандагы толкундар эки торчодон эркин өтөт. Эгерде экинчи торчо туурасынан

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

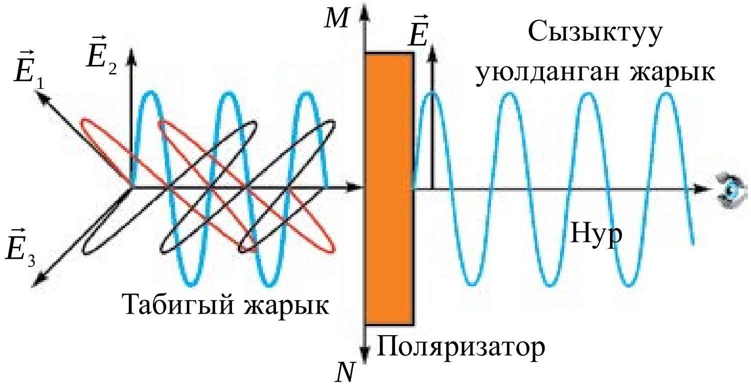
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

коюлса, андан толкун өтпөстөн өчөт. Тажрыйба узата толкундар менен жүргүзүлсө, анда алар эки торчодон тең эркин өткөндүгүн көрүүгө болот.

Жарыктын турмалин палстинкалары менен жүргөн кубулуштары тууралжын механикалык толкундардын торчолордон өтүшү менен салыштырылса, алардын окшош экендиги байкалат. Мындан жарык толкундары тууралжын толкундар экендиги келип чыгат.

4.25-сүрөттө биринчи торчо туурасынан коюлса, андан толкун өтпөйт. Бирок жарыктын турмалин пластинасынан өтүү тажрыйбасында T_1 пластинаны өзүнүн огу айланасында айландырсак, андан жарык өтөт. T_2 айландырылса, жарык интенсивдүүлүгү азайып, нөлгө түшөт. Демек, жарык T_1 ден өткөндө, анын касиети өзгөрөт экен.

Муну төмөнкүдөй түшүндүрүүгө болот. Жарык чыгарган булактагы атомдор иретсиз жайлашкандыгы жана бир маалда нур чыгарбагандыгы себептүү, алардан чыгып жаткан нурлар ар тарапка тартипсиз таралат. Ошондуктан, алардын электр жана магнит талаасы чыңалуу векторлорунун багыттары да иретсиз болот. Алар T_1 пластинасына түшкөндө, кристалл торчодон белгилүү багытта ориентацияланган нурлар өтөт (4.26-сүрөт).



4.26-сүрөт.

Демек, T_1 ден өткөн нурлардын электр жана магнит талаасы чыңалуу векторлорунун багыттары да иреттелген болот. Бул жарыкка уюлданган жарык дейилет. Байкалган кубулуш *жарыктын уюлдануусу* деп аталат. Жогоруда айтылгандай, T_2 пластинага уюлданган жарык түшөт. Андан өткөн жарык интенсивдүүлүгү Мальюс мыйзамы менен аныкталат:

$$I = I_0 \cos^2\alpha. \tag{4–9}$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Жогоруда айтылгандай, жарык эки өз ара перпендикулярдуу термелүүлөрдүн чогуу таралышынан пайда болгон электр-магниттик толкундан турат (4.8-сүрөт). Тарыхый себептер боюнча, $\vec{E}$ электр талаа чыңалуу векторунун термелүүлөрү жаткан тегиздик термелүүлөр тегиздиги деп, $\vec{H}$ магнит талаасы чыңалуу векторунун термелүүлөрү жаткан тегиздик уюлдануу тегиздиги деп аталат.

Жарык вектору $\vec{E}$ жана $\vec{H}$ термелүүлөрүнүн багыты кандайдыр түрдө иреттелген *жарык уюлданган жарык* деп аталат. Эгерде жарык вектору ($\vec{E}$ вектор)унун термелүүлөрү ар дайым жана жалаң бир гана тегиздикте жүрсө, мындай жарык жалпак (же түз сызыктуу) уюлданган жарык деп аталат.

Табигый жарыкты уюлдап берген аспап поляризатор (уюлдагыч) деп аталат. Алар турмалин, исланд шпаты өңдүү тунук кристаллдардан даярдалат. Жарыктын уюлдануу деңгээлин, уюлдануу тегиздигинин жагдайын аныктоо үчүн да поляризаторлордон пайдаланылат. Бул жерде алар анализаторлор деп аталат. 4.24-сүрөттө берилген T_1 пластина поляроиддин, ал эми T_2 пластина болсо анализатордун милдетин аткарат.

Турмушта жарык уюлдануусун турмалин кристаллы гана эмес, ошондой эле башка кристаллдар да аткарышы белгилүү болду. Мисалы, исланд шпаты. Алардын калыңдыгы 0,1 мм же андан да кичине болушу мүмкүн. Ошондой плёнканы целлюлоидге чаптап, аянты болжол менен бир нече квадрат дециметр пластинка боло турган поляризатор алынат.

Уюлданган жарыктын жардамында техникада сапаттуу сүрөткө түшүрүүгө, эритмелердеги түрдүү органикалык кислоталардын, белоктордун жана канттын концентрацияларын аныктоого болот.

?

1. *Уюлданган жарык табигый жарыктан эмнеси менен айырмаланат?*
2. *Жарыктын тууралжын толкундардан тургандыгын кандай кубулуштар ырастайт?*
3. *Анализатор эмнени анализ кылат?*
4. *Эмне себептен поляроиддон өткөн жарыктын интенсивдүүлүгү азаят?*
5. *Анализатордон өткөн жарыктын интенсивдүүлүгү анын оптикалык окко салыштырмалуу бурулуу бурчунан кандайча көз каранды?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

29-тема. ИНФРАКЫЗЫЛ НУРЛАНУУ. УЛЬТРАКЫЗГЫЛТ-КӨК НУРЛАНУУ. РЕНТГЕН НУРЛАНУУСУ ЖАНА АНЫН КОЛДОНУЛУШУ

1800-жылы У. Герцгель Күндү изилдөө жараянында текшерүүчү аспаптардын Күндүн нурлары таасиринде кызышын азайтуунун жолун издейт. Температураны ченей турган сезгич аспаптын жардамында Күндөн алынган спектрдин түрдүү түстөрүнө ылайык келген жерлеринин температураларын өлчөйт. Ошондо ал максимум кызыш, каныккан кызыл нурдан кийин, көрүнбөй турган зонага туура келишин байкайт. Көзгө көрүнбөй турган бул нурлар инфракызыл нурлар деп аталды. Ошондон улам инфракызыл нурланууну изилдөө башталды.

Баштап инфракызыл нурланууну лабораторияда алуу үчүн кызытылган нерселер же газ разряддарынан пайдаланылган болсо, кийинчерээк атайын лазерлерден пайдаланылды.

Жарыктаныш боюнча Эл аралык комиссия инфракызыл нурланууну үч топко бөлүүнү сунуш кылат:

1. Жакынкы инфракызыл диапазон (NIR): 700 нм– 1400 нм;
2. Ортоңку инфракызыл диапазон (MIR): 1400 нм– 3000 нм;
3. Алыскы инфракызыл диапазон (FIR): 3000 нм–1 мм.

Жакынкы инфракызыл нурланууну каттоо үчүн атайын фотопластинкалардан пайдаланылат. Аларды изилдөөдө сезгичтиги жогору диапазондо иштеген *фотоэлектрдик детектор* жана фоторезисторлордон пайдаланылат. Алыскы инфракызыл диапазондогу нурланууну каттоо үчүн инфракызыл нурланууну сезгич детектор–болометрден пайдаланылат.

Адамдын көзү инфракызыл нурларды көрбөсө да, башка жаныбарлар бул диапазондо көрө алышат. Мисалы, айрым жыландар көзгө көрүнгөн да, ошондой эле инфракызыл диапазондо да көрүү жөндөмдүүлүгүнө ээ. Балыктардын пиранья жана алтын балык деп аталган түрлөрү да инфракызыл диапазондо көрөт. Кан соргуч чиркейлер да инфракызыл нурлар аркылуу көрүп, дененин канга эң каныккан жерин таап, канды сорот.

Инфракызыл нурлардан техникада жана турмушта кең пайдаланылат. Түнкү көрүү аспаптары жана камералар нерсе жана дененин жылуулук термографиясын алуу, болжолду жылуулук нурлануу боюнча таап баруу,

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

инфракызыл ысыткычтар боёлгон беттерди кургатуу, алыскы космостук объектти изилдөө, молекулалардын спектрин үйрөнүү, курулмаларды аралыктан башкаруу (телевизор, магнитофон, кондиционердин пульттары) жана ушул өндүүлөрдө инфракызыл нурлардан пайдаланылат.

Медицинада физиотерапиялык дабалоодо, тамак-ашты стерилизацияловдо, акчанын чыныгы экендигин текшерүүдө да ушул нурлардан пайдаланылат.

Инфракызыл нурлардын зыяндуу жактары да бар. Температурасы жогору болгон булактарга караганда, ал көздүн жаш чыгаруу кабыгын кургатышы мүмкүн.

Инфракызыл нурлар ачылгандан кийин көзгө көрүнгөн нурлар спектринин толкун узундугу кичине болгон бөлүгүнүн жакындыгын немис физиги И.В. Риттер үйрөнүүнү баштайт. Ал 1801-жылы жарыктын таасиринде ажыраган күмүш хлориди спектрдин кызгылт-көк бөлүгүнөн кийин келген бөлүгүнө коюлса, тезирээк ажырашын байкайт. Ошондон улам, Риттер жана башка окумуштуулар жарык үч өз алдынча компоненттен: инфракызыл, көзгө көрүнгөн жана ультракызгылт-көк бөлүктөрдөн турат, деген тыянакка келишет.

Ультракызгылт-көк нурларды да шарттуу түрдө төрт топко бөлүү сунуш кылынган:

1. Жакынкы ультракызгылт-көк диапазон (NUV): 400 нм–315 нм;
2. Ортоңку ультракызгылт-көк диапазон (MUV): 300 нм–200 нм;
3. Алыскы ультракызгылт-көк диапазон (FUV): 200 нм–122 нм;
4. Экстремалдык ультракызгылт-көк диапазон (EUV): 121 нм–10 нм.

Ультракызгылт-көк нурлардын Жердеги негизги булагы Күн эсептелет. Жердин бетине жетип келген ультракызгылт-көк нурлардын саны атмосферадагы озондун концентрациясынан, Күндүн горзонттон бийиктигинен, деңиз деңгээлинен бийиктигинен, атмосферада чачылышынан, абанын булуттуулугунан көз каранды.

Ультракызгылт-көк нурлар адамдын терисине таасирин тийгизип, аны карайтырат. Көптөгөн полимерлердин түсү өңөт, жарылат, кээде толук ыдырап кетет.

Ультракызгылт-көк нурлардан турмушта жана техникада кеңири пайдаланылат. Алардан бөлмөлөрдү дезинфекциялоо, жалган документ жана банкнотторду аныктоо, суу, аба жана түрдүү беттерди ар түрдүү бактериялардан зыянсыздандыруу, химиялык реакцияларды тездештирүү, минералдарды анализдөө, курт-кумурскаларды зыянсыздандыруу жана башкаларда пайдаланылат.

Ультракызгылт-көк нурлар атайын лампалар аркылуу алынат. Бул диапазондо иштеген лазерлер да бар.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Рентген нурлары. 1895-жылдын 8-ноябрында Вильгельм Конрад Рентген катод нурларын үйрөнүп жатып, катод-нур түтүгүнө жакын турган, үстүңкү бөлүгү барий катышкан зат менен капталган картондун караңгыда өзүнөн нур чыгарганын байкайт. Рентген бул нурларды *X*-нурлар деп атайт жана кийинки бир нече жума бою анын касиеттерин үйрөнөт. Үйрөнүүнүн натыйжалары боюнча 1895-жылдын 28-декабрында "Нурдун жаңы тиби жөнүндө" аттуу макаласын жарыялайт. Андан 8 жыл мурда 1887-жылы Никола Тесла рентген нурларын каттаган болуп, буга Тесланын өзү да, анын айланасындагылар да көңүл бурушпаган.

Рентген пайдаланган катод-нур түтүгү Я. Хитторф жана В. Крукс тарабынан иштеп чыгылган болчу. Аны иштетүү жараянында рентген нурлары алынган. Муну Г. Герц жана анын шакирттери жасаган тажрыйбаларда фотопластинканын карайышы аркылуу сезишкен. Бирок алардан эч кимиси буга көңүл бурбаган жана жарыялабаган. Ошондуктан Рентген алардын ишин билбеген жана өз алдынча жылдар бою үйрөнгөн натыйжаларын үч макаласы менен жарыялаган. 1901-жылы Рентгенге физика боюнча биринчи Нобель сыйлыгы берилген.

Рентген нурлары ылдамдатылган заряддуу бөлүкчөлөр кескин тормоздолгондо пайда болот (4.27-сүрөт). *K* катод кыздырылганда андан термоэлектрондук эмиссия кубулушу натыйжасында электрондор учуп чыгат (10-класстан эсте). *A* аноддук чыңалуунун таасиринде алар анодду карай ылдамдануу менен аракеттенет. Анодго кагылуу мезгилинде электрондор кескин тормоздолот жана аноддон рентген нурлары чыгат. Кагылуу учурунда электрондордун 1% кинетикалык энергиясы рентген нурланууга, 99% энергия жылуулукка айланат. Ошондуктан анод муздатып турулат.

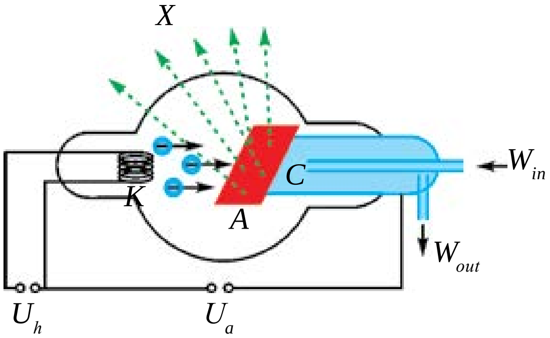
Рентген нурлары да электр-магниттик термелүүлөр болуп, анын жыштык диапазону $2 \cdot 10^{15}$ Гц $\div$ $6 \cdot 10^{19}$ Гц аралагында болот. Толкун узундугу боюнча 0,005 нм $\div$ 100 нм аралыкта жайлашкан (жалпы кабыл алынган диапазон жок).

Рентген нурлары адамдын денесин эркин көзөп өтөт. Ошону менен бирге дененин мүчөлөрү нурду түрдүүчө жутушу боюнча алардын сүрөттөлүшүн алууга болот (4.28-сүрөт). Компьютердик томографияларда ички органдардын көлөмдүк сүрөттөлүшүн да алууга болот. Иштеп чыгылган түрдүү нерселердеги (рельстер, ширетилген жерлер жана у.с.) дефекттерди аныктоого рентген дефектоскопиясы дейилет. Материал таануу, кристаллография, химия жана биологияда рентген нурлары заттын түзүлүшүн атомдук деңгээлде үйрөнөт. Буга мисал иретинде ДНКнын

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

үйрөнүүнү келтирүүгө болот. Аэропорт жана бажыкана кызматтарында коопсуздукка тиешелүү жана тыюу салынган нерселерди аныктоодо да рентген нурларынан пайдаланылат. Медицинада диагностикадан тышкары дабалоодо да рентген нурларынан пайдаланылат.



4.27-сүрөт.

4.28-сүрөт.

1. *Инфракызыл нурлар кандай пайда болот? Алардан кандай максаттарда пайдаланууга болот?*
2. *Ультракызгылт-көк нурлардын касиеттерин түшүндүр. Алардан кандай максаттарда пайдаланылат.*
3. *Рентген түтүгүнүн түзүлүшүн жана анда рентген нурлары кандай пайда болушун түшүндүр.*
4. *Рентген нурлары кандай касиеттерге ээ? Алардан кандай максаттарда пайдаланылат.*

30-тема. ЖАРЫК АГЫМЫ. ЖАРЫК КҮЧҮ. ЖАРЫКТАНЫШ МЫЙЗАМЫ

Жарыктын көзгө же башка кабылдоочу курулмаларга таасири ошол кабылдоочу курулмаларга берилген жарык энергиясы менен белгиленет. Ошондуктан жарыктын энергиясы менен байланыштуу энергетикалык чоңдуктар менен таанышабыз. Бул маселелерди үйрөнө турган бөлүм ***фотометрия*** деп аталат.

Фотометрияда иштетилчү чоңдуктар жарык энергиясын кабыл алуучу аспаптардын эмнени каттай алышынан көз каранды түрдө алынат.

1. Жарык энергиясынын агымы. Жарык булагынын өлчөмдөрүн абдан кичине деп алалы. Ошондо андан белгилүү аралыкта жайлашкан чекиттердин орду сфералык бетти түзөт деп кароого болот. Мисалы, диаметри 10 см болгон лампа 100 м алыстыктагы бетти жарык-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

тандырып жаткан болсо, бул лампаны чекиттик жарык деп кароого болот. Бирок жарыктандырылып жаткан бетке чейинки аралык 50 см болсо, булакты чекиттик деп болбойт. Аларга типтүү мисал иретинде жылдыздарды алсак болот. Кандайдыр бир *S* бетке *t* убакытта түшүп жаткан жарыктын энергиясы *W* болсун. **Убакыт бирдигинин ичинде кандайдыр бир бетке түшүп жаткан энергиянын санына жарык *энергиясынын агымы* же *нурлануу агымы* дейилет.** Аны *Φ* тамгасы менен белгилесек,

$$\Phi_e = \frac{W}{t} = P;$$

мында: *t* жарык термелүүлөрү мезгилине салыштырмалуу кыйла чоң болгон убакыт көздө тутулат. Нурлануу агымынын бирдиги СИ системасында *Вт* (Ватт) менен өлчөнөт.

Көптөгөн өлчөөлөрдө (мисалы, астрономиялык) агым гана эмес, ошондой эле нурлануу агымынын бет тыгыздыгы мааниге ээ. Нурлануу агымынын ошол агым өтүп жаткан бетке катышы менен өлчөнө турган чоңдукка нурлануу агымынын бет тыгыздыгы дейилет:

$$I = \frac{\Phi_e}{S} = \frac{P}{S} = \frac{W}{St}. \qquad (4\text{–}10)$$

Көбүнесе, бул чоңдук ***нурлануунун интенсивдүүлүгү*** деп аталат. Анын бирдиги $1\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Геометрия курсунан мейкиндиктеги бурч түшүнүгүн эскерели. Буга мисал иретинде конустун учундагы бурчту алууга болот. Мейкиндиктеги бурчту өлчөө үчүн шардын сегменттик бети аянтынын (S_0) борбору конустун учунда болгон сфера радиусунун квадратына (R^2) катышы менен өлчөнө турган чоңдукка айтылат:

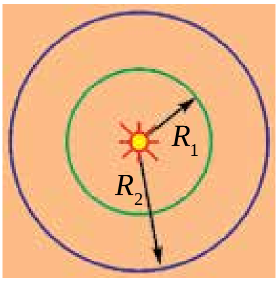
$\Omega = \frac{S_0}{R^2}$. Мейкиндиктеги бурчтун чен бирдиги–стерадиан (ср). 1 ср–сфера боюнча жагы сферанын радиусуна барабар болгон квадраттын аянтына барабар зона түзгөн, бир учу сферанын борборунда болгон мейкиндиктеги бурч чоңдугуна барабар. Сфера бетинин аянтын билген түрдө, чекиттин айланасындагы толук мейкиндиктеги бурчту аныктоого болот:

$$\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ ср}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Нурлануу интенсивдүүлүгүнүн булактан алыстыгынан жана нур түшүп жаткан бет менен түзгөн бурчунан көз карандылыгын көрөлү. Нур чыгып жаткан чекиттик булак радиустары R_1 жана R_2 болгон эки борборлош айлананын борборунда болсун (4.29-сүрөт). Эгерде жарык чөйрө тарабынан жутулбаса (мисалы, вакуумда), убакыт бирдиги ичинде биринчи сферадан өткөн толук энергия экинчи сферанын бетинен өтөт. Ошондуктан



4.29-сүрөт.

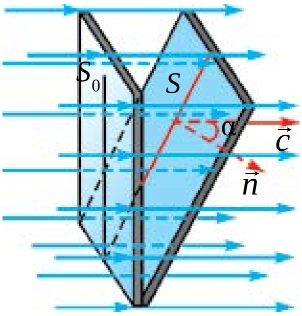
$$I_1=\frac{W}{4\pi R_1^2 t} \text{ жана } I_2=\frac{W}{4\pi R_2^2 t};$$

Мындан:

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2^2}{R_1^2}. \qquad (4–11)$$

Демек, нурлануу интенсивдүүлүгү аралыктын чоңоюшу менен квадраттык түрдө азайып отурат экен.

Нур түшүп жаткан беттин жантыктан көз карандылыгын аныктоо үчүн 4.30-сүрөттөгү учурду көрөлү. Мында толкун S_0 жана S беттен бирдей сандагы энергияны алып өтөт. Ошондуктан



4.30-сүрөт.

$$I_0=\frac{W}{S_0 t} \text{ жана } I=\frac{W}{St}.$$

Алардын интенсивдүүлүктөрүнүн катышы:

$$\frac{I}{I_0}=\frac{S_0}{S}=\cos\alpha. \qquad (4–12)$$

Турмушта жарыктын энергетикалык мүнөздөмөсү менен бирге көзгө көрүнгөн жарыкты мүнөздөгөн фотометриялык чоңдуктар иштетилет. Фотометрияда нурлануу интенсивдүүлүгү менен түздөн-түз байланышкан жарык агымы деп аталган субъективдүү чоңдук иштетилет. Жарык агымы Φ тамгасы менен белгиленет. Анын СИ бирдиктер системасындагы бирдиги ***люмен*** (лм).

Каалагандай жарык булагынын маанилүү мүнөздөмөсү – бул жарык күчү I эсептелет. Ал жарык агымы Φ тин мейкиндиктеги бурч Ω го катышы менен аныкталат:

$$I=\frac{\Phi}{\Omega} \text{ же } I=\frac{\Phi}{4\pi}. \qquad (4–13)$$

Жарык күчүнүн бирдиги – ***кандела*** (кд) СИ бирдиктер системасынын негизги бирдигине киргизилген. 1 кд иретинде аян-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

ты 1/600000 м², температурасы платинанын катуу температурасына барабар, тышкы басым 101325 Па болгон түрдө, толук нурландыргычтан перпендикулярдуу багытта чыгып жаткан жарык күчү кабыл алынган. 1 кд ны кабыл алууда иштетилген жарыктын вакуумдагы толкун узундугу 555 нм ге барабар болуп, адам көзүнүн максималдуу сезгичтигине туура келет.

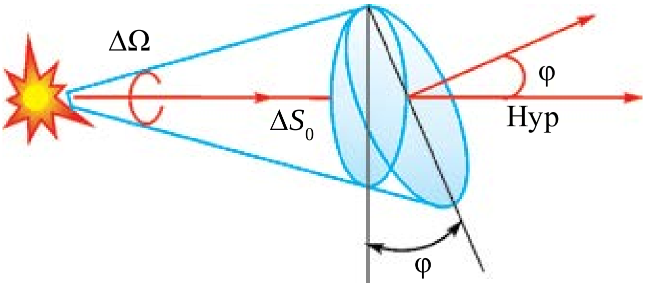
Башка бардык фотометриялык бирдиктер кандела аркылуу туюнтулат. Мисалы, 1 люмен, жарык күчү 1 кд болгон чекиттик булактан 1 ср мейкиндиктеги бурчтун ичинде чыккан жарык агымына барабар.

Беттин бирдигине түшкөн жарык агымына жарыктаныш дейилет:

$$\boldsymbol{E}=\frac{\boldsymbol{\Phi}}{\boldsymbol{S}}. \qquad (4\text{–}14)$$

Жарыктаныш СИ бирдиктер системасында ***люкс*** (лк) та өлчөнөт. 1 м² бетке бир калыпта бөлүштүрүлгөн түрдө 1 лм жарык агымы түшсө, беттин жарыктанышы 1 лк ка барабар болот.

Жарыктаныш мыйзамдары. Жогоруда айтылгандай, беттин жарыктанышы жарыктын күчүнө түз пропорциялаш. Бирок жарыктаныш жарыктын күчүнөн гана көз каранды болуп калбастан, булак менен жарыктандырылып жаткан бетке чейин болгон аралыктан да көз каранды. Жарыктын булагы сферанын борборунда жайлашкан болсун (4.31-сүрөт).



4.31-сүрөт.

Сферанын беттик аянты $4\pi R^2$ ка барабар.

Анда толук жарык агымы $\Phi=4\pi I$ ге барабар болот. Ошондуктан:

$$E=\frac{I}{R^2}. \qquad (4\text{–}15)$$

Беттин жарыктанышы булактын жарык күчүнө түз пропорциялаш, ал эми аралыктын квадратына тескери пропорциялаш.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Көптөгөн учурларда жарык агымы бетке бурч менен түшөт. Жарык агымы ΔS бетке φ бурч менен түшүп жаткан болсун. ΔS бет ΔS_0 бет менен төмөнкүдөй байланышкан: $\Delta S_0 = \Delta S\cos\varphi$. Анда мейкиндиктеги бурч $\Delta\Omega = \frac{\Delta S_0}{R^2} = \frac{\Delta S\cos\varphi}{R^2}$ менен аныкталат. Мындан берилген беттин жарыктанышы

$$E = \frac{I}{R^2}\cos\varphi \qquad (4\text{–}16)$$

менен аныкталат.

Беттин жарыктанышы булактын жарык күчүнө, жарык нуру менен жарык агымы түшүп жаткан бетке жүргүзүлгөн перпендикулярдын ортосундагы бурчун косинусуна түз пропорциялаш, ал эми аралыктын квадратына тескери пропорциялаш.

Эгерде бет бир нече булак менен жарыктандырылган болсо, жалпы жарыктаныш ар бир булак тарабынан жарыктаныштардын суммасына барабар болот.

Фотометриялык чоңдуктардан дагы бир жаркырактык деп аталат. **Жаркырактык деп, жарык чыгып жаткан бет бирдигине туура келген жарык күчүнө** айтылат:

$$B = \frac{I}{S}. \qquad (4\text{–}17)$$

Жаркырактыктын бирдиги – $\frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$. Мында жарык булагы боюнча бардык багытта бирдей жарык чыгат деп каралат.

Жаркырактыкка тиешелүү кээ бир маалыматтарды беребиз: түшкү ченде Күндүн жаркырактыгы $-1{,}65\cdot10^9$ кд/м^2; горизонтко келгенде – $6\cdot10^9$ кд/м^2; толгон Айдын диски – 2500 кд/м^2; ачык абалуу күндүзгү асман – 1500–4000 кд/м^2.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Чекиттик булактын жарык күчү 100 кд га барабар. Булактан чыгып жаткан толук жарык агымын тап.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$I = 100$ кд	$\Phi = 4\pi\cdot I$	$\Phi = 4\cdot3{,}14\cdot100$ ср · кд $= 1256$ лм.
Табуу керек: $\Phi = ?$		*Жообу:* 1256 лм.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

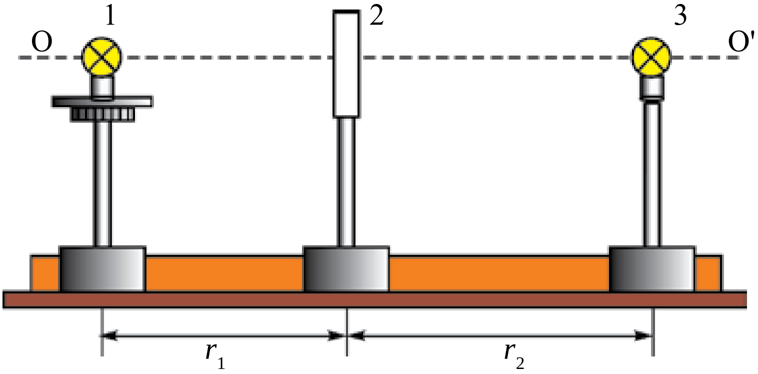
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1. *Энергетикалык жана фотометриялык чоңдуктардун ортосунда кандай айырма бар?*
2. *Нурлануу интенсивдүүлүгү дегенде эмнени түшүнөбүз?*
3. *Фотометрияга тиешелүү бирдик СИ бирдиктер системасынын негизги бирдиги эсептелет?*
4. *Жаркырактык боюнча СИ ге кирбеген бирдиктерди билесиңби?*
5. *Беттин жарыктанышы ага түшүп жаткан нурдун жантыктыгынан кандайча көз каранды?*

31-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: ЖАРЫКТАНЫШТЫН ЖАРЫК КҮЧҮНӨН КӨЗ КАРАНДЫЛЫГЫ

Иштин максаты. Жарыктаныштын жарык булагы жана жарык күчүнөн көз карандылыгын эксперименталдык түрдө текшерүү.

Керектүү аспап жана жабдуулар. Жарыктаныш мыйзамдарын үйрөнүүчү курулма, жарык булагы, люксметр, өлчөө тасмасы же сызгыч.



4.32-сүрөт.

Иштин аткарылышы. Ишти аткаруу курулмасынын чиймеси 4.32-сүрөттө берилген.

Мында 1- жана 3-жарык күчү белгилүү болгон кызытма лампочкалар. 2-люксметрдин фотоэлементи.

1. 1-лампочка чыңалуусу өзгөртүлө турган ток булагына туташтырылат. 2-лампочка болсо номиналдуу чыңалууга ээ (лампочкага жазылган) ток булагына туташат. 1-лампочкадан люксметрге чейинки r_1 аралык өлчөнөт. 1-лампочкага 40 В чыңалуу берилет. Люксметрде анын пайда кылган жарыктанышы (E_1) аныкталат. 1-лампочка өчүрүлүп, 2-лампочка жандырылат. Люксметр 2-лампочкага каратылат. r_2 аралык өзгөртүлүп, люксметрдин көрсөткүчү E_1 ге барабар болгон жерде калтырылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

2. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ формуладан $I_1 = I_2 \frac{r_2^2}{r_1^2}$, биринчи лампочканын 40 В чыңалуудагы жарык күчү эсептеп табылат. 1-лампочкага берилген чыңалууну 80 В, 120 В, 160 В, 200 В ко өзгөртүп, ага туура келген E_2, E_3, E_4 жана E_5 тер аныкталып, жадыбалга жазылат.

$$r_1 = \text{const}.$$

Тажрыйба т/н	1-лампочка чыңалуусу, В	r_2, м	E, лк	I, кд
1.	40			
2.	80			
3.	120			
4.	160			
5.	200			

3. Тажрыйбанын натыйжалары боюнча жарыктаныштын жарык булагынын жарык күчүнөн көз карандылык $E_e = f(I_e)$ графиги түзүлөт.

4*. 1-лампочкага номиналдуу чыңалуу берилип, 2-лампочка өчүрүлөт. r_1 ди өзгөртүп, ага туура келген жарыктаныш люксметрден жазып алынат. $E = f(r)$ графиги түзүлөт. Жадыбал менен графиктен $E \sim \frac{1}{r^2}$ катыштын орундуу болушу текшерилет.

1. *Кандай жарык булагына чекиттик жарык булагы дейилет?*
2. *Сен жасаган тажрыйбада жарык булагын чекиттик деп эсептөөгө болобу?*
3. *Люксметр кандай аспап?*
4. *Тажрыйбада экинчи лампочка кандай милдет аткарат?*

$E = \frac{1}{r^2}$ формула аркылуу жарыктанышты тап жана натыйжалары боюнча $E_n = f(I_n)$ графигин түз. Графикке эксперименттен алынган $E_e = f(I_e)$ графикти коюп, аларды салыштыр.

4-көнүгүү

1. Толкун узундугу 300 м электр-магниттик толкунда үн термелүүлөрүнүн бир мезгили бою канча жолу термелүү жүрөт? Үн термелүүлөрүнүн жыштыгы 10 кГц. (*Жообу:* 100).

2. Эгерде радиолокатордон объектке жиберилген сигнал 400 мкс дан кийин кайтып келсе, объект радиолокатордон кандай аралыкта жайлашкан? (*Жообу:* 30 км).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

3. Электр-магниттик толкундун термелүү жыштыгы 15 МГц. Электр-магниттик толкун өзүнүн электр жана магнит векторлору термелүүсүнүн 30 мезгилине барабар убакыт аралыгында кандай аралыкка таралат? (*Жообу:* 600 м).

4. Мейкиндикте термелүү жыштыгы 5 Гц болгон толкун 3 м/с ылдамдык менен таралууда. Бир сызыкты бойлой бири-биринен 20 см алыстыкта жаткан эки чекиттин фазаларынын айырмасын тап. (*Жообу:* 120°).

5. Индуктивдүү түрмөктө 1,2 с да ток күчү 2 А ге өзгөргөндө, 0,4 мВ индукция ЭКК пайда болот. Эгерде термелүү контурундагы аба конденсатору пластинкаларынын аянты 50 см^2, пластиналардын ортосундагы аралык 3 мм болсо, бул термелүү контуру кандай толкун узундугуна болжолдонгон? (*Жообу:* 112 м).

6. Термелүү контурунун индуктивдүүлүгү 1 мГн болгон түрмөк жана сыйымдуулуктары 500 пФ жана 200 пФ болгон жана бири-бирине удаалаш туташкан конденсаторлордон турат. Термелүү контуру кандай толкун узундугуна болжолдонгон? (*Жообу:* 712 м).

7. Вакуумда толкун узундугу 0,76 мкм болгон жарык нуру менен суунун нур сындыруу көрсөткүчү өлчөнгөндө, 1,329 га барабар болду, ал эми толкун узундугу 0,4 мкм болгон жарык нуру менен суунун нур сындыруу көрсөткүчү өлчөнгөндө болсо, 1,344 кө барабар болду. Бул нурлардын суудагы ылдамдыктарын аныкта.

8. Кызыл нурдун суудагы толкун узундугу жашыл нурдун абадагы толкун узундугуна барабар. Эгерде суу кызыл нур менен жарыктандырылган болсо, суунун астынан караган адам кандай нурду көрөт?

9. Эмне себептен кыштын аба ачык күндөрүндө дарактардын көлөкөсү көгүлтүр көрүнөт?

10. Интерференция кубулушу эки когеренттүү S_1 жана S_2 булактардан чыккан жарык аркылуу экранда көрүлүүдө. Эгерде: А) жарык булактарынын ортосундагы аралыкты өзгөртпөгөн түрдө экрандан алыстатылса; В) экран менен алардын ортосундагы аралыкты өзгөртпөгөн түрдө булактар бири-бирине жакындаштырылса; D) булактардан чыгып жаткан жарыктын толкун узундугу азайтылса, интерференциялык көрүнүш кандайча өзгөрөт?

11. Эки когеренттүү толкун кездешкенде бири-бирин басаңдатышы мүмкүн. Бул толкундардын энергиясы каякка “жоголот”?

12. Толкун узундугу λ болгон жарык мезгили d болгон дифракциялык торчого α бурч менен түшүүдө. Мындай учур үчүн дифракциянын формуласы кандай болот? (*Жообу:* $d\,(\sin\varphi - \sin\alpha) = k\lambda$).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

13. Бири-биринен 30 мм аралыкта жайлашкан эки когеренттүү булактан толкун узундугу $5 \cdot 10^{-7}$ м болгон жарык чыгууда. Экран алардын ар биринен бирдей 4 м аралыкта жайлашкан. Биринчи булактын тушунда жайлашкан чекитте эки булактан келген нурлар кездешкенде эмне байкалат? (*Жообу:* макс.).

14. Жарык күчү 200 кд болгон электр лампочкадан чыккан жарык жумушчу бетке 45° бурч менен түшүп, 141 лк жарыктанышты түзөт. Жарык булагы столдон кандай бийиктикте жайлашкан? (*Жообу:* 0,7 м).

15. Күндүн горизонттон бийиктиги 30° тан 45° ка чоңойду. Жер бетинин жарыктанышы канча жолу өзгөрдү? (*Жообу:* 1,4.).

16. Электр жарыткыч радиусу 10 см, жарык күчү 100 кд болгон шардан турат. Булактын толук жарык агымын тап. (*Жообу:* 1,6 клм).

17. Аянты 25 $м^2$ болгон квадрат формасындагы бөлмөнүн ортосуна лампа илинген. Лампа полдон кандай бийиктикте илинсе, бөлмөнүн бурчтарындагы жарыктаныш максимум болот?

18. Терең эмес бассейндеги тынч турган суунун бетине полероид аркылуу карап, ал бурап барылса, полероиддин кандайдыр абалында бассейндин түбү мыкты көрүнөт. Кубулушту түшүндүр.

19. Адам көзүнүн сезгичтиги сары-жашыл нур үчүн эң жогору эсептелет. Анда эмне себептен коопсуздук сигналы кызыл түстө берилет?

20. Ньютон шакектерине байкоо жүргүзгөндө ак нур линзанын башкы оптикалык огуна параллель түшүүдө. Линзанын ийметик радиусу 5 м. Байкоо өтүп жаткан нурда алып барылат. Төртүнчү (толкун узундугу 400 нм) жана үчүнчү (толкун узундугу 630 нм) шакектин радиустарын тап. (*Жообу:* 2,8 мм; 3,1 мм).

21. Эмне себептен өлчөмү 0,3 мкм болгон бөлүкчөнү оптикалык микроскоптун жардамында көрүүгө болбойт?

22. Кандай учурда чайды ысыгыраак абалда ичүүгө болот? Чайга каймак кошуп, андан кийин боткону жегенден кийин чай ичкендеби же боткону жеп болуп, андан кийин каймакты чайга кошуп ичкендеби? Жообуңду негизде.

23. Юнг курулмасында интерференция максимумдарынын орточосун тап. S_1 жана S_2 жылчыктардын ортосундагы аралык d, жылчыктардан экранга чейин болгон аралык L. Түшүп жаткан жарыктын толкун узундугу λ.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

IV ГЛАВАНЫ ЖЫЙЫНТЫКТОО БОЮНЧА ТЕСТ СУРООЛОРУ

1. Электр-магниттик толкун нурланышынын агым тыгыздыгы формуласын көрсөт.

A) $I=\frac{W}{s\Delta t}$; B) $\Phi=\frac{W}{t}$; C) $I=\frac{\Phi}{\Omega}$; D) $E=\frac{I}{R^2}\cos\varphi$.

2. Сүйлөмдү толтур. Нур сындыруу көрсөткүчүнүн жарык толкун узундугунан көз карандылыгына ... дейилет.

A) дифракция; B) интерференция;
C) дисперсия; D) уюлдануу.

3. Жарыктаныш формуласын көрсөт.

A) $I=\frac{W}{s\Delta t}$; B) $\Phi=\frac{W}{t}$; C) $I=\frac{\Phi}{\Omega}$; D) $E=\frac{I}{R^2}\cos\varphi$.

4. Сүйлөмдү толтур. Жарык чыгып жаткан бет бирдигине туура келген жарык күчүнө ... дейилет.

A) ...жарык күчү...; B) ...жарык интенсивдүүлүгү...;
C) ... жарык агымы ...; D) ...жаркырактык... .

5. Заттар кандай абалда сызыктуу спектрге ээ болот?

A) катуу абалда; B) суюк абалда;
C) сейректешкен газ абалында; D) үч абалда тең.

6. Төмөнкү нурлануулардын кайсы бири эң кичине толкун узундугуна ээ?

A) инфракызыл нурлар; B) көрүнгөн нурлар;
C) ультракызгылт-көк нурлар; D) рентген нурлары.

7. Төмөнкү кубулуштардан кайсы бири жарыктын тууралжын толкундар экендигин ырастайт?

A) жарык дифракциясы; B) жарык дисперсиясы;
C) жарык интерференциясы; D) жарыктын уюлдануусу.

8. 1 мм де 1000 штрихи болгон дифракциялык торчонун туруктуусун аныкта.

A) 10; B) 2; C) 0,1; D) 1.

9. Суунун нур сындыруу көрсөткүчү 1,33 кө барабар. Жарыктын суудагы ылдамдыгын тап.

A) 225000 км/с; B) 300000 км/с;
C) 150000 км/с; D) 398000 км/с.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

10. Радиолокатор 1 секундда 2000 импульс чыгарат. Радиолокатордун максималдуу “көрүү” алыстыгы канча кмге барабар?

A) 30; B) 150; C) 75; D) 300.

11. Нурлануу интенсивдүүлүгү кандай бирдикте өлчөнөт?

A) $\frac{Вт}{м^2}$; B) Вт; C) $\frac{Вт}{с^2}$; D) Ж · с.

12. Жарыктын вакуумдагы ылдамдыгы *c*, толкун узундугу *λ* га барабар. Жарык нур сындыруу көрсөткүчү *n* болгон чөйрөгө өтсө, бул параметрлер кандайча өзгөрөт?

A) *nc* жана *n*λ; B) *c*/*n* жана *n*λ; C) *c*/*n* жана λ/n; D) *nc* жана λ/*n*.

13. Призмадан ак жарык өткөндө спектрге ажырашы кандай кубулуш себептүү жүрөт?

A) жарык интерференциясы; B) жарыктын чагылышы;
C) жарык дифракциясы; D) жарык дисперсиясы.

14. $\frac{кд}{м^2}$-бирдик менен кайсы физикалык чоңдук өлчөнөт?

A) жарык күчү; B) нур интенсивдүүлүгү;
C) жарыктаныш; D) жаркырактык.

15. Торчо туруктуусу 1,1 мкм болгон дифракциялык торчого толкун узундугу 0,5 мкм болгон жалпак монохром толкун нормалдуу түшүүдө. Байкоого мүмкүн болгон максимумдардын санын тап.

A) 4; B) 5; C) 7; D) 9.

16. Ак түстү алуу үчүн кандай түстөрдү комбинациялап кошуу керек?

A) кызыл, жашыл, көк; B) кызыл, жашыл, сары;
C) кызгылт-көк, жашыл, көк; D) көгүлтүр, жашыл, көк.

17. Көк түстү алуу үчүн кандай түстөрдү өз ара комбинациялап кошуу керек?

A) кызыл, жашыл жана көк; B) кызыл, жашыл жана сары;
C) кызгылт-көк, жашыл жана көк;
D) эч бир түстү кошуп, көк түстү алууга болбойт.

18. Аянты 5 см^2 болгон бетке 0,02 лм жарык агымы перпендикулярдуу түшүүдө. Беттин жарыктанышы канча?

A) 20 лк; B) 30 лк; C) 40 лк; D) 50 лк.

19. Кызыл түс менен көк түс кошулганда кандай түс алынат?

A) каралжын; B) сары; C) көгүлтүр; D) көк.

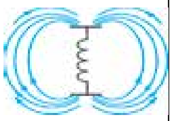
20. Кызыл жана жашыл түс кошулганда кандай түс алынат?

A) каралжын; B) сары; C) көгүлтүр; D) көк.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

IV главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Максвеллдин гипотезасы	Электр талаанын ар кандай өзгөрүшү анын айланасындагы мейкиндикте куюндуу магнит талаасын пайда кылат.
Герц вибратору	Электр-магниттик толкунду алуу үчүн жука аба катмары менен ажыратылган, диаметри 10–30 см болгон эки шарча же цилиндрден турат.
Ачык термелүү контуру	Электр-магниттик термелүүлөр мейкиндикке толук таралып кеткен термелүү контуру. Туюк термелүү контурунда конденсатордун каптамалары бири-биринен алысташтырып алынат. 
Электр-магниттик толкундардын чагылышы	Металл нерселерге келип кагылган электр-магниттик толкундар чагылат. Мында чагылуу мыйзамдары орундуу болот.
Электр-магниттик толкундардын сынышы	Электр-магниттик толкун эки чөйрөнүн чек арасынан өткөндө сынат. Мында сынуу мыйзамы аткарылат. $n_{21}=\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}=\sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}$. ε_1 жана ε_2–тиешелүү түрдө биринчи жана экинчи чөйрөлөрдүн диэлектрик кабылдоочулуктары.
Электр-магниттик толкун узундугу	Термелүүлөр фазасы бирдей болгон, бири-бирине эң жакын турган эки чекиттин ортосундагы аралык. $\lambda=\frac{c}{v}$.
Электр-магниттик толкун нурланышынын агым тыгыздыгы же толкун интенсивдүүлүгү	Толкундун таралуу багытына перпендикулярдуу багытта жайлашкан S аянттуу беттен Δt убакытта өткөн W электр-магнит энергиясы: $I=\frac{W}{s\,\Delta t}$
Радио байланыш	Кабарды электр-магниттик толкундар аркылуу алмашуу.
Радиоузаткыч	Кабарды электр-магниттик толкундар аркылуу жөнөтүү.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Радиокабылдагыч	Электр-магниттик толкундар аркылуу келген кабарды кабылдоочу курулма.
Микрофон	Үн термелүүлөрүн электр термелүүлөрүнө айландыруучу аспап.
Модуляция	Төмөн жыштыктагы электр термелүүлөрүн жогору жыштыктагы электр термелүүлөрүнө кошуп салуу.
Кириш контуру	Көптөгөн радиостанциялардын арасынан керектүүсүн тандап алуучу термелүү контуру.
Детекторлоо	Жогору жыштыктагы термелүүлөргө кошуп жиберилген төмөн жыштыктагы термелүүлөрдү ажыратып алуу.
Видеокамера	Жарык сигналдарын (сүрөт) электр сигналдарына айландыруучу курулма.
Когеренттүү толкундар	Жыштыктары барабар жана фазаларынын айырмасы туруктуу болгон толкундар.
Толкундар интерференциясы	Когеренттүү толкундардын кездешкенде бири-бирин күчөтүү же басаңдатуу кубулушу. $\Delta d=2k\frac{\lambda}{2}$ ($k=0$, 1, 2, ...) де күчөтөт, $\Delta d=(2\mathrm{k}+1)\frac{\lambda}{2}$ де басаңдатат.
Толкундар дифракциясы	Толкундун өзүнүн жолунда кездешкен тоскоолду айланып өтүшү. Мында тоскоолдун өлчөмү ага түшүп жаткан толкун узундугунан кичине болууга тийиш.
Дифракциялык торчо	Жарык дифракциясы байкала турган көп сандуу тоскоол жана жылчыктардын жыйнагы.
Дифракциялык торчодо дифракция кубулушу	$d\ \sin\varphi=n\lambda$ d–торчо туруктуусу; φ–дифракцияланган нур бурчу; n–спектрдин курамы; λ–толкун узундугу.
Жарык дисперсиясы	Ак жарыктын призмадан өтүп, жети түскө ажырашы: *кызыл, кызгылт-сары, сары, жашыл, көгүлтүр, көк жана кызгылт-көк;* же нур сындыруу көрсөткүчүнүн жарык толкун узундугунан көз карандылыгы.
Спектр	Жарык нуру кандайдыр бир сындыруучу чөйрөдөн өткөндө алынган түстүү тилкелердин комплекси.
Чыгаруу спектрлери	Заттар кыздырылганда чыккан спектр. Туташ, тилкелүү жана сызыктуу көрүнүштө болот.
Спектр анализи	Заттын чыгаруу же жутулуу спектрлери боюнча анын курамын аныктоо.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Жарыктын уюлдануусу	Жарык турмалин пластинасынан өткөндө, электр жана магнит талаасы чыңалгандык векторлорунун багыттары иреттелген түрдө өтүшү.
Мальюс мыйзамы	$I=I_o\cos^2\alpha$. Уюлданган жарыктын анализатордон өткөндөгү интенсивдүүлүгү.
Анализатор	Жарыктын уюлдангандыгын аныктоочу аспап.
Поляризатор (уюлдагыч)	Табигый жарыкты уюлдап берүүчү аспап.
Инфракызыл нурлар	Вакуумда толкун узундугу 700 нм – 1 мм аралыкта болгон электр-магниттик толкундар.
Ультракызгылт-көк нурлар	Вакуумда толкун узундугу 122 нм – 400 нм аралыкта болгон электр-магниттик термелүүлөр.
Рентген нурлары	Вакуумда толкун узундугу 0,005 нм ÷100 нм аралыкта болгон электр-магниттик толкундар.
Нурлануу агымы	Убакыт бирдиги ичинде кандайдыр бир бетке түшүп жаткан энергиянын саны: $\Phi=\frac{W}{t}$.
Нурлануу интенсивдүүлүгү	Нурлануу агымынын ошол агым өтүп жаткан бетке катышы. $I=\frac{\Phi}{S}$. Бирдиги$-\frac{Вт}{м^2}$.
Жарык күчү	Жарык агымы Φ тин ошол жарык чыгып жаткан мейкиндиктеги бурч Ω га катышы. Бирдиги–кандела (кд). СИ бирдиктер системасынын негизги бирдиги. 1 кд иретинде аянты 1/600000 м^2, температурасы платинанын катуулануу температурасына барабар, тышкы басымы 101325 Па болгон түрдө, толук нурландыргычтан перпендикулярдуу багытта чыгып жаткан жарык күчү кабыл алынган.
Жарыктаныш	Бет бирдигине түшкөн жарык агымы. Бирдиги–*люкс* (лк). $E=\frac{I}{R^2}\cos\varphi$–жарыктаныш мыйзамы.
Жаркырактык	Жарык чыгып жаткан бет бирдигине туура келген жарык күчү. $B=\frac{I}{S}$. Бирдиги$-\frac{кд}{м^2}$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

V глава. САЛЫШТЫРМАЛУУЛУК ТЕОРИЯСЫ

32-тема. АТАЙЫН САЛЫШТЫРМАЛУУЛУК ТЕОРИЯСЫНЫН НЕГИЗДЕРИ. ЫЛДАМДЫКТАРДЫ КОШУУНУН РЕЛЯТИВ МЫЙЗАМЫ

Атайын салыштырмалуулук теориясы 1905-жылы **А. Эйнштейн** тарабынан жаратылган болуп, ал – мейкиндик жана убакыт жөнүндөгү эски классикалык түшүнүктүн ордуна келген жаңы окуу.

Белгилүү болгондой, механика–Ньютон механикасы болуп, нерселердин кыймылы кичине ылдамдыктарда, б. а. $v \ll c$ ($c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с) учурларда үйрөнүлөт. Мында бардык эсеп системаларында жалгыз убакыт же убакыт эсеби кабыл алынат. Классикалык механикада Галилейдин салыштырмалуулук принциби негиз кылып алынган, б. а. динамиканын мыйзамдары бардык инерциалык эсеп системаларында бирдей аткарылат.

Галилей алмаштырууларынын мазмунун эстейли. Ал эки бири-бирине салыштырмалуу v ылдамдык менен аракеттенип жаткан K жана K' инерциалык эсеп системаларына салыштырмалуу аракеттенип жаткан нерсенин координаталары менен ылдамдыктарын эсептөө мүмкүнчүлүгүн берет.

Жекече учурда K' эсеп системасы K эсеп системасынын X огун бойлой аракеттенсин (5.1-сүрөт). Анда кыймылсыз эсеп системасы K га салыштырмалуу Галилей алмаштыруулары төмөнкү көрүнүштө болот:

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'. \tag{5–1}$$

Баштапкы учурда ($t=0$) эки системанын октору тең үстү-үстүнөн жайлашат.

Галилейдин алмаштыруулары боюнча бир эсеп системасынан экинчи эсеп системасына өткөндөгү ылдамдыктар

$$v_x = v'_x + v, \qquad v_y = v'_y, \qquad v_z = v'_z. \tag{5–2}$$

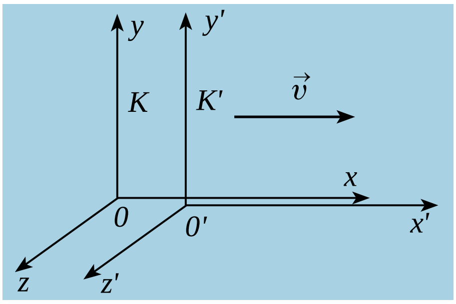
Нерсенин ылдамдануулары бардык эсеп системаларында бирдей экен:

$$a_x = a'_x, \qquad a_y = a'_y, \qquad a_z = a'_z. \tag{5–3}$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Демек, классикалык механикадагы Ньютондун экинчи мыйзамы $\vec{F}=m\vec{a}$ бир инерциалык эсеп системасынан экинчи эсеп системасына өткөндө өзүнүн формасын сактайт.



5.1-сүрөт.

Максвеллдин теориясы боюнча электр-магниттик толкундардын таралуу ылдамдыгы бардык инерциалык эсеп системаларында бирдей болуп, ал жарыктын вакуумдагы ылдамдыгына барабар.

Жарыктын ылдамдыгы болсо эсеп системалары же эсептик нерсенин (жарыкты чагылдыруучу күзгү) кыймыл ылдамдыктарынан көз каранды эместиги А. Майкельсон жана Э. Морли тарабынан да тажрыйбада далилденди.

Демек, электр-магниттик толкундардын (жеке учурда жарыктын) ылдамдык теңдемеси Галилей алмаштырууларына салыштырмалуу инвариант болуп, инерциалык системанын тандалышынан көз каранды. Эгерде электр-магниттик толкун жогоруда айтылган K' эсеп системасында c ылдамдык менен таралып жаткан болсо, анда анын K эсеп системасындагы ылдамдыгы $v+c$ болууга тийиш, бирок c эмес!

Мындай карама-каршылыкка А. Эйнштейн чекит койду. Ал мейкиндик жана убакыт жөнүндөгү классикалык түшүнүктөн баш тартты. Релятив эмес (классикалык) физикада абсолюттук деп эсептелген физикалык чоңдуктарды, ошонун катарында, убакытты релятив (англисче *relativity*–салыштырмалуулук) физикада салыштырмалуу чоңдуктар деп кабыл алды жана өзүнүн салыштырмалуулук теориясын сунуш кылды.

Салыштырмалуулук теориясы жарык ылдамдыгынан кичине, бирок ага жакын болгон ылдамдык менен аракеттенип жаткан нерселердин кыймыл мыйзамдарын өз ичине алган механика мыйзамдарынын комплексинен турган болуп, “релятив механика” деп аталды. Эйнштейндин атайын салыштырмалуулук теориясынын негизин эки постулат – салыштырмалуулук принциби жана жарык ылдамдыгынын туруктуулук принциби түзөт:

1. Жарык ылдамдыгынын туруктуулук принциби: жарыктын вакуумдагы ылдамдыгы бардык инерциалык эсеп системаларында бирдей жана туруктуу болуп, булактар менен каттоочу аспаптардын кыймылынан көз каранды эмес.

2. Эйнштейндин салыштырмалуулук принциби: бардык физикалык мыйзамдар жана жараяндар бардык инерциалык системаларда бирдей жүрөт. Демек, бардык физиканын мыйзамдары бардык инерциалык эсеп системаларда бирдей формага (көрүнүшкө) ээ.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Эйнштейндин постулаттары жана алардын негизинде жүргүзүлгөн математикалык иликтөөлөр Галилей алмаштырууларынын релятив учурлар үчүн туура келбестигин көрсөттү. Мында Лоренц алмаштыруулары орундуу экен. Бул алмаштыруулар жарык ылдамдыгына жакын болгон бир инерциалык эсеп системасынан экинчи эсеп системасына өткөндөгү бардык релятив эффекттерди түшүндүрүп берет жана кичине ылдамдыктар ($v \ll c$) да Галилей алмаштырууларынын формуласына өтөт. **Ошентип, салыштырмалуулук теориясы классикалык Ньютон механикасын четке какпайт, анын колдонуу чек арасын гана аныктап берет.**

Координата жана убакытты алмаштыруунун кинематикалык формулалары атайын салыштырмалуулук теориясында Лоренц алмаштыруулары деп аталып, 1904-жылы сунуш кылынган. Бул алмаштыруулар электрдинамиканын теңдемелери үчүн да инварианттуу.

5.1-сүрөттө каралган эсеп системалары үчүн Лоренц алмаштыруулары төмөнкү көрүнүштө жазылат:

$K' \to K$	$K \to K'$
$x = \dfrac{x'+vt'}{\sqrt{1-\beta^2}}$ $y = y'$ $z = z'$ $t = \dfrac{t'+vx'/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$	$x' = \dfrac{x-vt}{\sqrt{1-\beta^2}}$ $y' = y$ $z' = z$ $t' = \dfrac{t-vx/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$
$\beta = v/c$	

Ылдамдыктарды кошуунун релятив мыйзамы. Лоренцтин алмаштырууларынан мейкиндик жана убакыттын касиеттерине тиешелүү бир топ маанилүү натыйжа жана тыянактар келип чыгат. Алардан биринчиси убакыттын релятив басаңдоо эффекти болуп саналат.

Элестетели, K' системанын X' чекитинде $\tau_0 = t'_2 - t'_1$ убакыт аралыгында мезгилдүү жараян жүрсүн. Бул жерде: t'_2 жана t'_1 лер K' эсеп системасындагы сааттын көрсөткүчтөрү.

Бул жараяндын K эсеп системасында жүрүү мезгили $\tau = t_2 - t_1$ ге барабар болот. Лоренц алмаштырууларынан пайдаланып, t_2 жана t_1 убакыттардын туюнтмаларын жазсак:

$$\tau = \frac{t'_2 + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} - \frac{t'_1 + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}};$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}\,. \qquad (5\text{–}4)$$

Демек, $\tau > \tau_0$, б. а. кыймылсыз эсеп системасына салыштырмалуу аракеттенип жаткан системада убакыттын өтүшү басаңдайт.

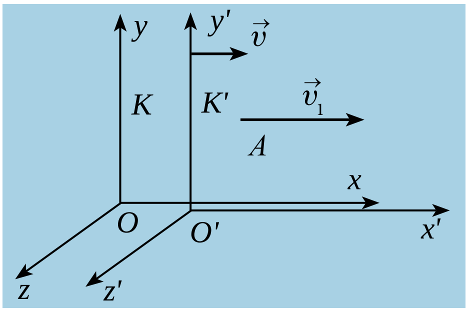
Ушул принциптин негизинде узундуктун релятив азайышын далилдөөгө болот.

$l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1-\beta^2}$ ка барабар болот.

Мында: l_0 жана l – стерженддин кыймылсыз жана аракеттенип жаткан эсеп системасындагы узундуктары.

Ошентип, байкоочуга салыштырмалуу аракеттенип жаткан нерсенин сызыктуу өлчөмү кыскарат. Бул релятив эффект Лоренц узундук кыскарышы деп аталат. Лоренц алмаштырууларынан алынган маанилүү натыйжалардан бири ылдамдыктарды кошуунун релятив мыйзамы болуп саналат.

Элестетели, нерсе кыймылдуу эсеп системасы K' да x' огун бойлой v_1 ылдамдык менен аракеттенсин. K' эсеп системасы, өз кезегинде, кыймылсыз эсеп системасына салыштырмалуу v ылдамдык менен аракеттенсин. Кыймыл учурунда x жана x' октору дал түшсүн, y жана y', z жана z' октору өз ара параллель абалда болсун (5.2-сүрөт).



5.2-сүрөт.

Нерсенин K' эсеп системасына салыштырмалуу ылдамдыгы v_1 жана K эсеп системасына салыштырмалуу ылдамдыгы v_2 болсо, анда ылдамдыктарды кошуунун релятив мыйзамы төмөнкү көрүнүштө жазылат:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1+\frac{v_1 \cdot v}{c^2}}\,. \qquad (5\text{–}5)$$

Эгерде ылдамдыктар жарык ылдамдыгына салыштырмалуу өтө кичине болсо, б. а. $v \ll c$ жана $v_1 \ll c$, анда $\frac{v_1 \cdot v}{c^2}$ мүчөнү эсепке албасак да болот $\frac{v_1 \cdot v}{c^2} \approx 0$. Анда, жогорудагы ылдамдыктарды релятив кошуу мыйзамы классикалык механикадагы ылдамдыктарды кошуу мыйзамына айланат:

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

$$v_2 = v_1 + v.$$

Эгерде $v_1 = c$ болсо, анда Эйнштейндин постулаттары боюнча $v_2 = c$ болууга тийиш. Чындыгында да:

$$v = \frac{c+v}{1+\frac{c \cdot v}{c^2}} = c\frac{c+v}{c+v} = c.$$

1. *Галилейдин алмаштырууларын түшүндүр.*
2. *Салыштырмалуулук теориясынын постулаттарын мүнөздө жана алардын маанисин түшүндүр.*
3. *Узундуктун салыштырмалуулугун жана анын Лоренц кыскарышын түшүндүр.*
4. *Убакыт интервалынын салыштырмалуулугун жана убакыттын релятив басаңдашын түшүндүр.*

33-тема. МАССАНЫН ЫЛДАМДЫКТАН КӨЗ КАРАНДЫЛЫГЫ. РЕЛЯТИВ ДИНАМИКА. МАССА МЕНЕН ЭНЕРГИЯНЫН ӨЗ АРА КӨЗ КАРАНДЫЛЫК МЫЙЗАМЫ

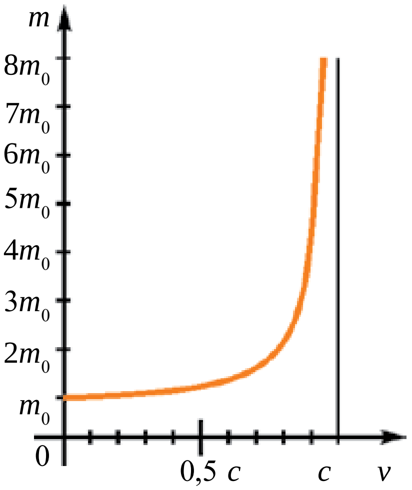
Эйнштейндин салыштырмалуулук принциби табияттын бардык мыйзамдарын бир инерциалык эсеп системасынан башка эсеп системасына өткөндө инварианттуулугун түшүндүрөт. Бул деген, бардык табият мыйзамдарын туюнткан теңдемелер Лоренц алмаштырууларына салыштырмалуу инварианттуу болууга тийиш. Бирок, Ньютон механикасынын теңдемелери Лоренц алмаштырууларына инварианттуу эмес экен. Кичине ылдамдыктарда Ньютондун экинчи мыйзамы $m\vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{F}$ көрүнүштө жазылат болчу. Эгерде $m\vec{v} = \vec{p}$ нерсенин импульсу десек, анда $m\Delta\vec{v} = \Delta\vec{p}$ нерсе импульсунун өзгөрүшү болгондуктан, $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ деп жазууга болор эле. Бул формулаларда, алсак, $m\vec{v} = \vec{p}$ да масса туруктуу деп каралган. Кызыктуу жери, чоң ылдамдыктарда да бул теңдеме өзүнүн формасын өзгөртпөйт экен. Чоң ылдамдыктарда масса гана өзгөрөт экен. Эгерде тынч турган нерсенин массасы m_0 болсо, анда анын v ылдамдык менен аракеттенип жаткандагы массасы m төмөнкү формула боюнча аныкталат экен:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{ жана } \beta = \frac{v}{c} \cdot \qquad (5–6)$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

5.3-сүрөттө массанын ылдамдыктан көз карандылык графиги берилген. Нерсенин ылдамдыгы $\vec{v}$ жарыктын ылдамдыгынан өтө кичине болгондо, $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ мүчө бирден өтө азга айырмаланат жана $m \approx m_0$ болот.



5.3-сүрөт.

Ошентип, Ньютон мүнөздөгөн нерсенин массасы менен импульсу ылдамдыктан көз каранды экен.

Релятив механикада энергиянын сакталуу мыйзамы классикалык механикадагы сыяктуу аткарылат. Нерсенин кинетикалык энергиясы $E_к$ анын ылдамдыгын өзгөртүү же ылдамдык берүү үчүн тышкы күчтөрдүн аткарган жумушуна барабар, б. а. $\Delta E_к = E_к = A$. Кинетикалык энергия $\Delta E_к = \frac{1}{2}mv^2$ ка чоңойгондо анын массасы $\Delta m = m - m_0$ ге өзгөргөндө, ал $\Delta m = \frac{\Delta E_к}{c^2}$ ка барабар болот. Нерсенин жалпы энергиясынын туюнтмасын салыштырмалуулук теориясына негизденип Эйнштейн төмөнкү көрүнүшүн келтирип чыгарды:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}. \qquad (5\text{–}7)$$

Демек, релятив механикада нерсе же нерселер системасынын толук энергиясы анын кыймылдагы массасы *m* менен жарык ылдамдыгы квадратынын көбөйтүндүсүнө барабар экен. Бул Эйнштейн формуласы болуп, масса менен энергиянын өз ара көз карандылык мыйзамы деп аталат.

Нерсенин толук энергиясы $E = m_0c^2 + E_к$ га барабар болуп, бул жерде $E_к$ – нерсенин кадимки кинетикалык энергиясы, ал эми $E_0 = m_0c^2$ болсо, нерсенин тынч тургандагы энергиясы.

Тынч турганда массага ээ болгон бөлүкчөлөр тынч тургандагы массасы $m_0 = 0$ болгон бөлүкчөгө айланганда, анын тынч тургандагы энергиясы жаңы пайда болгон бөлүкчөнүн кинетикалык энергиясына айланат. Бул болсо бөлүкчө же нерсенин тынч турганда энергиясы бар экендигинин далили болуп саналат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Салыштырмалуулук теориясында нерсенин кинетикалык энергиясы төмөнкүдөй аныкталат:

$$E_к = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5–8)$$

$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ жана $E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ формулаларынан энергия менен импульстун ортосундагы көз карандылыкты аныктоого болот. Бул формуланы төмөнкү көрүнүштө жазабыз:

$$\left(\frac{p}{m_0 c}\right)^2 = \frac{\frac{v^2}{c^2}}{1-\frac{v^2}{c^2}}; \left(\frac{E}{m_0 c^2}\right)^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}. \quad (5–9)$$

Бул теңдемелерден $E^2 = (m_0 c^2)^2 + (p \cdot c)^2$ формуланы келтирип чыгарууга болот. Мындан дагы бир жолу тыянак алынат. Эгерде нерсе же бөлүкчө тынч абалда болсо, анын импульсу $p = 0$ гө барабар жана анда толук энергия $E^2 = E_0^2 = (m_0 c^2)^2$ тынч тургандагы энергияга барабар болот.

Бул формула бөлүкчө массага ээ болбосо да ($m_0 = 0$), энергия менен импульска ээ болушу мүмкүндүгүн көрсөтөт, б. а. $E = p \cdot c$. Мындай бөлүкчөлөргө массасыз бөлүкчөлөр дейилет.

Мындай бөлүкчөлөргө мисал кылып фотонду алууга болот. Анын тынч тургандагы массасы нөлгө барабар, бирок ал импульс жана энергияга ээ. Массасыз бөлүкчөлөр тынч абалда болбойт жана алар бардык инерциалык эсеп системаларында чек аралык ылдамдык c менен аракеттенет.

1. *Динамиканын негизги мыйзамы релятив механика үчүн кандай туюнтулат?*
2. *Масса менен энергиянын ортосундагы көз карандылык мыйзамынын релятив формуласын жаз жана аны мүнөздө.*
3. *Тынч тургандагы энергиянын формуласын жаз жана аны мүнөздө.*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Эки космостук кеме Жерден карама-каршы жакка аракеттенүүдө жана алардын ар биринин Жерге салыштырмалуу ылдамдыгы 0,5 c га барабар. Биринчи кеменин экинчи кемеге салыштырмалуу ылдамдыгы кандай?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$v_1=0,5\ c$ $v_2=-0,5\ c$	$v_{сал}=\dfrac{v_1-v_2}{1-\dfrac{v_1\cdot v_2}{c^2}}$	$v_{сал}=\dfrac{0,5c-(-0,5\ c)}{1-\dfrac{0,5c\cdot(-0,5\ c)}{c^2}}=\dfrac{c}{1,25}=0,8\ c.$
Табуу керек: $v_{сал}=?$		*Жообу:* 0,8 *c*.

5-көнүгүү

1. Кайсы бири көп энергияга ээ: 1 кг суу (E_1), 1 кг көмүр (E_2) же 1 кг бензин (E_3)? (*Жообу:* $E_1=E_2=E_3$).

2. *m* массалуу көмүр кандай энергияга ээ (*c*–жарык ылдамдыгы, λ–салыштырма эрүү жылуулугу, *q*–салыштырма күйүү жылуулугу). (*Жообу:* mc^2).

3. 0,6 с ылдамдык менен аракеттенип жаткан бөлүкчөнүн кинетикалык энергиясы анын тынч тургандагы энергиясынан канча эсе кичине? (*Жообу:* 4 эсе).

4. Бөлүкчөнүн ылдамдыгы кандай болгондо анын кинетикалык энергиясы тынч тургандагы энергиясынан 2 эсе чоң? (*Жообу:* $2\sqrt{2}/3$ с).

5. Серпилгичтик коэффициенти 20 кН/м болгон пружина 30 см ге чоюлса, анын массасы канчага чоңоёт? (*Жообу:* $1\cdot10^{-14}$ кг).

6. 1 кг суунун температурасы 81 К га чоңойтулса, анын массасы канчага чоңоёт (кг)? (*Жообу:* $3,78\cdot10^{-12}$).

7. Массасы 20 кг болгон азот туруктуу басымда 0 °С тан 200 °С ка чейин кызытылды. Азоттун массасы канчага чоңойгон? Азоттун туруктуу басымдагы жылуулук сыйымдуулугу 1,05 кЖ/кгК. (*Жообу:* $4,7\cdot10^{-8}$ г).

8. Күндүн нурлануусу $3,78\cdot10^{26}$ Вт. 1 с да Күн нурлануунун натыйжасында канча (кг) масса жоготот? (*Жообу:* $4,3\cdot10^9$ кг).

9. Нерсе 0,89 *c* ылдамдык менен аракеттенүүдө. Анын тыгыздыгы тынч абалдагыга салыштырмалуу кандайча өзгөрөт? (*Жообу:* 5 эсе чоңоёт).

10. Мьюон (мью критерий) атмосферанын жогорку катмарында пайда болуп, ажыраганга чейин 5 км ге учуп барат. Эгерде анын жеке жашоо убакыты 2 мкс болсо, ал кандай ылдамдык менен аракеттенген? (*Жообу:* 0,99 с).

11. Эгерде кометанын "көрүнмө" узундугу анын жеке узундугу (l_0) ден $\sqrt{2}$ эсе аз болсо, анда кометанын байкоочуга салыштырмалуу ылдамдыгын аныкта. (*Жообу:* $\dfrac{\sqrt{2}}{2}c\approx0,71\ c$).

12. Эгерде протон 240000 км/сек ылдамдык менен аракеттенип жаткан болсо, анын массасы тынч тургандагы массасынан канча эсе чоң? $c=300\,000$ км/сек. (*Жообу:* $\dfrac{m}{m_0}\approx1,67$ эсе).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

13. Стержень v ылдамдык менен K – эсеп системасына салыштырмалуу аракеттенүүдө. Ылдамдыктын кандай маанисинде ошол эсеп системасында анын узундугу жеке узундугунан 0,5% га аз болот? (*Жообу:* $v \approx 3 \cdot 10^7$ м/с).

14. Эгерде $\tau_0=5$ с убакытта K–эсеп системасында аракеттенип жаткан саат $\Delta t=0{,}1$ с га кечиксе, ал кандай ылдамдык менен аракеттенген? (*Жообу:* $v=0{,}2$ с).

15. Бөлүкчөнүн релятив импульсу Ньютон (классикалык) импульсунан 2 эсе чоң болсо, анда бөлүкчөнүн ылдамдыгын аныкта. (*Жообу:* $v=\frac{\sqrt{3}}{2}c$).

16. Бөлүкчөнүн кинетикалык энергиясы анын тынч тургандагы энергиясына барабар болгон учурдагы ылдамдыгы табылсын. (*Жообу:* $v=\frac{\sqrt{3}}{2}\,c$).

17. Ылдамдаткыч электронго $4{,}08 \cdot 10^6$ эВ энергия берет. Электрондун ылдамдыгын жана массасын аныкта. (*Жообу:* $v \approx 0{,}98\ c,\ m=9\ m_0$).

V ГЛАВАНЫ ЖЫЙЫНТЫКТОО БОЮНЧА ТЕСТ СУРООЛОРУ

1. **Эгерде стержендин тынч абалдагы узундугу 1 м болсо, 0,6 с ылдамдык менен аракеттенип жаткан стержендин узундугу эмнеге барабар?**
   A) 80 см; B) 84 см; C) 89 см; D) 90 см.
2. **Кыймыл багытында нерсенин узундугу канча пайызга азаят, эгерде анын ылдамдыгы $2{,}4 \cdot 10^8$ м/с болсо?**
   A) 80; B) 60; C) 40; D) 30.
3. **Нерсенин узатасынан өлчөмү 20% га азайган болсо, ал кандай ылдамдыкта аракеттенген? *c*–жарыктын вакуумдагы ылдамдыгы.**
   A) 0,2 *c*; B) 0,6 *c*; C) 0,4 *c*; D) 0,7 *c*.
4. **Жерге салыштырмалуу 0,99 *c* ылдамдык менен аракеттенип жаткан учар жылдызда канча убакыт өтөт? Бул мезгилде Жерде 70 жыл өткөн.**
   A) 10 саат; B) 1 жыл; C) 10 жыл; D) 20 жыл.
5. **Эгерде электрон 0,87 *c* ылдамдык менен аракеттенип жаткан болсо, анын массасы тынч тургандагы массасынан канча эсе чоң болот?**
   A) 2; B) 2,5; C) 0,4; D) 0,5.
6. **Эгерде протон 0,8 *c* ылдамдыкка чейин ылдамдатылса, анын массасы эмнеге барабар? $m_0=1$ а.м.б**
   A) 2,6 а.м.б; B) 1,7 а.м.б; C) 1,9 а.м.б; D) 1,4 а.м.б.
7. **Эгерде электрондун ылдамдыгы 0,6 с га барабар болсо, анда анын массасы кандайча өзгөрөт?**
   A) 1,5 эсе чоңоёт; B) өзгөрбөйт;
   C) 1,2 эсе чоңоёт; D) 3 эсе чоңоёт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

8. 0,6 *c* ылдамдык менен аракеттенип жаткан электрондун массасы тынч тургандагы массасынан канча эсе чоң болот?

A) 6; B) 3; C) 2,4; D) 1,25.

9. Эки бөлүкчө бири-бирине $\frac{5}{8}$ *c* ылдамдык менен аракеттенүүдө. Алардын салыштырмалуу ылдамдыктары эмнеге барабар?

A) 0,5 *c*; B) 0,6 *c*; C) 0,7 *c*; D) 0,9 *c*.

10. Бөлүкчөнүн тынч тургандагы массасы *m*. Анын 0,6 *c* ылдамдыктагы массасын аныкта.

A) 1,83 m; B) 1,67 m; C) 1,25 m; D) 2,78 m.

11. $1{,}8\cdot10^8$ м/с ылдамдык менен аракеттенип жаткан бөлүкчөнүн массасы анын тынч тургандагы массасынан канча пайызга көп?

A) 60; B) 54; C) 36; D) 25.

12. Бөлүкчөнүн кандай ылдамдыгында анын кыймылдагы массасы анын тынч тургандагы массасынан 40 % га көп болот?

A) 0,4 *c*; B) 0,6 *c*; C) 0,64 *c*; D) 0,7 *c*.

13. Кайсы бири көп энергияга ээ: 1 кг спирт (E_1), 1 кг көмүр (E_2) же 1 кг керосин (E_3)?

A) $E_1<E_2<E_3$; B) $E_1=E_2=E_3$; C) $E_1<E_3<E_2$; D) $E_1<E_2=E_3$.

14. *m* массалуу көмүр кандай энергияга ээ (*c* – жарык ылдамдыгы, λ–салыштырма эрүү жылуулугу, *q* – салыштырма күйүү жылуулугу).

A) mc^2; B) mq; C) $mc^2/2$; D) $m\lambda$.

15. 0,6 *c* ылдамдык менен аракеттенип жаткан бөлүкчөнүн кинетикалык энергиясы анын тынч тургандагы энергиясынан канча эсе кичине?

A) 2; B) 3; C) 3,6; D) 4.

16. Күндүн нурлануусу $3{,}78\cdot10^{26}$ Вт. 1 с да Күн нурлануунун натыйжасында канча (кг) масса жоготот?

A) $22\cdot10^{11}$ B) $4{,}3\cdot10^9$; C) $1{,}7\cdot10^8$; D) $1{,}5\cdot10^{10}$.

V главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

1.	Салыштыр-малуулук теориясы	Эйнштейндин атайын салыштырмалуулук теориясы мейкиндик жана убакыт жөнүндө классикалык түшүнүктөрдүн ордуна келген окуу.
2.	Жарыктын вакуумдагы ылдамдыгынын туруктуулугу	Жарыктын вакуумдагы ылдамдыгы бардык эсеп системаларында бирдей болуп, *c* га барабар, булак жана кабылалгычтардын табиятынан көз каранды эмес. Бул тажрыйбада Майкельсон тарабынан далилденген.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

3.	Эйнштейндин постулаттары	1. Жарыктын вакуумдагы ылдамдыгы бардык эсеп системаларында бирдей, булак жана кабылалгычтардын табиятынан көз каранды эмес. 2. Бардык табият мыйзамдары жана жараяндары бардык инерциалык эсеп системаларында бирдей жүрөт.
4.	Лоренц алмаштыруулары	Салыштырмалуулук теориясынын математикалык негизин Лоренц алмаштыруулары түзөт.
5.	Убакыттын релятив секиндеши	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, бул жерде τ_0–жеке убакыт.
6.	Узундуктун релятив Лоренц кыскарышы	$l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, бул жерде l_0– жеке узундук.
7.	Релятив импульс формуласы	$\vec{p} = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = m\vec{v}$.
8.	Релятив динамиканын негизги мыйзамы	$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$.
9.	Ылдамдыктарды кошуунун релятив мыйзамы	$v_2 = \frac{v_1+v}{1+\frac{v_1\cdot v}{c^2}}$.
10.	Релятив масса	$m = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, m_0–тынч тургандагы масса.
11.	Нерсенин толук энергиясы	Нерсе же бөлүкчөнүн энергиясы анын массасы менен жарык ылдамдыгынын квадратынын көбөйтүндүсүнө барабар: $E=mc^2$.
12.	Нерсе энергиясы өзгөрүшүнүн масса өзгөрүшүнөн көз карандылыгы	$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$.
13.	Нерсенин тынч тургандагы энергиясы	$E_0=m_0c^2$.
14.	Нерсенин кинетикалык энергиясы	$E_k=E-E_0=mc^2-m_0c^2$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

VI глава. КВАНТ ФИЗИКАСЫ

34-тема. КВАНТ ФИЗИКАСЫНЫН ПАЙДА БОЛУШУ

Квант физикасынын пайда болушуна себеп, XX кылымдын башында физикада чоң кризис–көйгөйлөр туулду. Амалдагы классикалык теориялар, ошонун катарында, Максвелл теориясы да бул илимий физикалык көйгөйлөрдү чече албады.

Алардан бири – бул жылуулук нурлануусу эле. Жылуулуктан нурланып жаткан нерсе өзүнүн жылуулугун айланадагы нерсе жана чөйрөгө берип, термодинамикалык тең салмакка, б. а. температуралардын теңешишине алып келүүгө тийиш эле. Бул термодинамиканын негизги принциби болчу. Бирок, нурланып жаткан нерсенин, мисалы, Күндүн температурасы 6000 K болсо, мындай кубулуш жүрбөйт. Ошондой эле, нурланып жаткан энергия бардык толкун узундуктарда түрдүүчө болуп, анык температурадан көз каранды болбогон бөлүштүрүү мыйзамына баш иет. Бул ар бир толкун узундугуна туура келген нурлануу энергиясынын үлүшү ар түрдүү экен, дегенди билдирет. Бул байланыш максималдуу нурлануу энергиясынын максимуму температурадан көз каранды болуп, Виндин которулуу мыйзамы боюнча өзгөрөт:

$$\lambda_м T = b. \qquad (6–1)$$

Бул жерде: $\lambda_м$ T температурадагы нурланып жаткан энергия максимумуна туура келген толкун узундугу. b–*Вин* туруктуусу болуп, b=2,898 · 10^{-3}м · K га барабар.

Виндин которулуу мыйзамы; нерсе нурлануусунун максимумуна туура келген толкун узундугу $\lambda_м$ абсолюттук температурага тескери пропорциялаш: $\lambda_м = \frac{b}{T}$.

Мисалы, Күндүн максималдуу нурлануу энергиясы (λ=470 нм) жашыл нурларга туура келет. Бул болсо Вин мыйзамы боюнча T=6300 K га туура келет. Бул нурлануу энергиясынын бөлүштүрүлүшүн Релей-Жинс классикалык статикалык механиканын мыйзамы жана термодинамиканын

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

молекулалардын энергиясын эркиндик деңгээли боюнча бир калыпта бөлүштүрүү мыйзамы боюнча иштеп чыкты. Ал жалаң узун толкундарда гана болгон бөлүштүрүүнү түшүндүрүп берди. Кыска толкундар үчүн тажрыйбанын натыйжалары практикада тескери чыкты.

XX к. башына келип пайда болгон кризистүү илимий көйгөйлөрдөн бири – газдардын жана металл бууларынын нурлануу спектрлеринин сызыктуу болушун түшүндүрүү эле. Ошондой эле, фотоэффект кубулушунун ачылышы, жарыктын басымга ээ болушу жана жарык нурларынын электрондордо чачылышы сыяктууларды классикалык физика, ошонун катарында, Максвеллдин электр-магниттик теориясы түшүндүрүп бере албады.

Бул көйгөйлөрдү чечүүдө немис окумуштуусу М. Планк жаңы – классикалык физикага каршы идеяны алга сүрдү. Ал кыздырылган нерсенин нурлануусу жана жутушу үзгүлтүксүз жүрбөстөн, өз алдынча порция-порцияларда (кванттарда) жүрөт деп элестетти. Квант – бул нерсенин жутуу же нурлануу энергиясынын минималдуу бөлүгү.

Планктын теориясы боюнча, кванттын энергиясы жарыктын жыштыгына түз пропорциялаш:

$$E = h\nu, \tag{6–2}$$

бул жерде: h – Планк туруктуусу болуп, $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Ж · с га барабар. Планк нерсенин нурлануусу жана жарыкты жутушу үзгүлтүктүү болот деп, нурлануу энергиясынын толкун узундугу боюнча бөлүштүрүү мыйзамын жаратты жана жогорудагы көйгөйлөрдү түшүндүрүп берди.

Ошондой эле, нурлануучу нерселердин болушунун шарттары (Күндүн мисалында) жана термодинамикалык тең салмактын жүрүшү шарт эместигин түшүндүрүп берди.

?

1. *Заманбап физиканын көз карашынан жарык деген эмне?*
2. *Жарыктын корпускулярдык касиетин мүнөздөгөн себептер кайсылар?*
3. *М. Планктын гипотезасынын мазмунун эмнелер түзөт?*
4. *Планк туруктуусунун мааниси эмне?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

35-тема. ФОТОЭЛЕКТР ЭФФЕКТИ. ФОТОНДОР

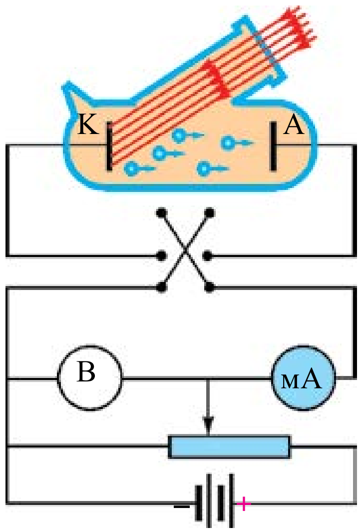
Фотоэлектр эффекти же кыскача фотоэффект 1887-жылы Н. Герц тарабынан ачылып, тажрыйбада аны орус окумуштуусу А. Столетов (Ф. Ленарддан кабарсыз) ар тараптан изилдеген.

Тышкы фотоэффект – бул заттан жарыктын таасиринде электрондордун чыгарылышы.

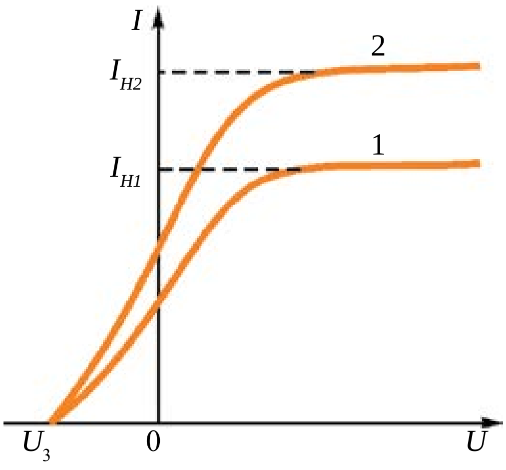
Фотоэффект кубулушун үйрөнүүнүн эксперименттик курулмасынын схемалык көрүнүшү 6.1-сүрөттө берилген.

Курулманын негизин эки электрод: анод жана катодго ээ жана кварцтан даярдалган айнек баллон түзөт. Айнек баллондун ичинде вакуум жасалат, анткени вакуумда электрондор жана башка бөлүкчөлөр түз сызыктуу аракет жасай алышат.

Электроддорго потенциометр аркылуу чыңалуу (0 дөн U га чейин) берүү үчүн ток булагы экиленген ачкыч К аркылуу туташкан. Бул ачкыч ток булагынын уюлун алмаштырып, чынжырга туташтырууу мүмкүнчүлүгүн берет.



6.1-сүрөт.



6.2-сүрөт.

Электроддон бири – катод (негизинен, цезийлүү катод) кварц “айнектен” монохром нур менен жарыктандырылат. Туруктуу толкун узундугунда жана туруктуу жарык агымында фототоктун күчү I нин анодго берилген чыңалуудан көз карандылыгы өлчөнөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

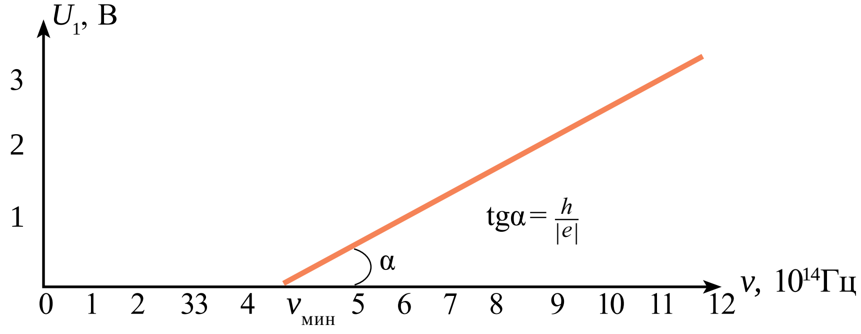
6.2-сүрөттө фототок күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгынын типтүү графиктери берилген. 2-график 1-ге салыштырмалуу чоңураак жарык агымына таандык. Бул жерде: I_{1T} жана I_{2T} каныгуу токтору, $U_{бек}$ –бекитүүчү чыңалуу, б. а. мындай терс чыңалуу берилгенде фотоэлектрондор баштапкы ылдамдыктары менен анодго жетип бара алышпайт.

6.2-сүрөттөгү графиктерге анод чыңалуусунун чоң оң маанилеринде ток күчү каныгууга ээ болот. Башкача айтканда, катоддон чыккан бардык электрондор анодго жетип барат. Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, каныгуу фототок күчү түшүп жаткан жарык агымына түз пропорциялаш.

Эгерде анодго катодго салыштырмалуу терс чыңалуу берсек, ал электрондорду тормоздойт жана баштапкы ылдамдыгы эсебине чоң кинетикалык энергияга ээ болгон электрондор гана анодго жетип барат. Чыңалуу $U_{бек}$ мааниге жеткенде, фототок нөлгө барабар болот. Бекитүүчү чыңалуу $U_{бек}$ нун маанисин берилген катод үчүн өлчөп, фотоэлектрондордун максималдуу кинетикалык энергиясын аныктоого болот:

$$E_{к\ макс} = \frac{5}{8} = \frac{mv^2_{макс}}{2} = эU_{бек} \qquad (6–3)$$

Ф. Ленард тажрыйбаларында көрсөткөндөй, $U_{бек}$ – бекитүүчү потенциалдык түшүп жаткан нурдун интенсивдүүлүгүнөн (жарык агымынан) көз каранды болболстон, түшүп жаткан жарыктын жыштыгынан сызыктуу көз каранды экендигин (6.3-сүрөт) көрсөтөт.



6.3-сүрөт.

Тажрыйбалардын негизинде **фотоэффект мыйзамдары** ачылды:

1. Фотоэлектрондордун максималдуу кинетикалык энергиясы жарык агымынан (интенсивдүүлүгүнөн) көз каранды эмес жана түшүүчү нурдун жыштыгы ν дан сызыктуу көз каранды (ν чоңоюшу менен I сызыктуу чоңоёт).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

2. Ар бир зат үчүн фотоэффект жүргөн минималдуу жыштык $\nu_{мин}$ болот жана ага фотоэффекттин кызыл чек арасы дейилет.

3. Катоддон убакыттын бирдигинде чыгып жаткан фотоэлектрондор саны катодго түшүп жаткан жарык агымына (интенсивдүүлүгүнө) түз пропорциялаш, ал эми жыштыгынан көз каранды эмес.

Фотоэффект кубулушу инерциясыз кубулуш болуп, жарык агымы токтошу менен фототок жоголот, жарык түшүүү менен фототок пайда болот.

Фотоэффект теориясы. Фотоэффект теориясы 1905-жылы А. Эйнштейн тарабынан негизделди. Ал М. Планктын гипотезасынан пайдаланып, электр-магниттик толкундар да өз алдынча порция – кванттардан турат деген тыянакка келет. Алар кийинчерээк фотондор деп аталды.

Эйнштейндин идеясы боюнча, фотон зат менен таасирдешкенде, энергиясы $-h\nu$ ны толугу менен электронго берет. Энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча, бул энергиянын бир бөлүгү электрондун заттан чыгышына сарпталат жана калган бөлүгү электрондун кинетикалык энергиясына айланат:

$$h\nu = A + \frac{m\upsilon^2}{2}. \tag{6–4}$$

Буга *фотоэффект үчүн Эйнштейн теңдемеси* дейилет.

Мында $A-$электрондун заттан чыгышы үчүн аткарылган жумуш. Эгерде электрондун максималдуу кинетикалык энергиясы

$$\left(\frac{m\upsilon^2}{2}\right)_{макс} = eU_{бек}$$

экендигин эсепке алсак, анда Эйнштейндин фотоэффект үчүн теңдемесин төмөнкү көрүнүштө да жазууга болот:

$$h\nu = A + eU_{бек}.$$

Эйнштейндин фотоэффект үчүн теңдемеси фотоэффект кубулушу үчүн энергиянын сакталуу мыйзамын туюнтат. Ошондой эле, фотоэффект мыйзамдарын:

а) фотоэлектрондордун максималдуу кинетикалык энергиясын түшүүчү нурдун жыштыгынан сызыктуу көз карандылыгын жана түшүүчү нурдун интенсивдүүлүгүнөн (агымынан) көз каранды эместигин;

б) фотоэффекттин кызыл чек арасы бар экендигин, б. а. $h\nu_{мин} = A$ ны;

в) фотоэффекттин инерциясыздыгын түшүндүрүп берди. Эйнштейндин теңдемеси болюнча, 1 с да беттен чыгып жаткан фотоэлектрондордун саны ошол бетке түшкөн фотондордун санына пропорциялаш болот.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Эйнштейндин теңдемеси негизинде 6.3-сүрөттөгү $U_{бек}$– бекитүүчү потенциалдын жыштыктан көз карандылык графигинин жантаймасы $tg\alpha$–Планк туруктуусу электрон зарядынын катышына барабар, б. а.

$$tg\alpha = \frac{h}{|e|}. \tag{6–5}$$

Бул катыш Планк туруктуусун тажрыйбада аныктоо мүмкүнчүлүгүн берет. Мындай тажрыйба 1914-жылы Р. Милликен тарабынан жасалып, Планк туруктуусу аныкталган.

Бул тажрыйба фотоэлектрондун чыгыш жумушун да аныктоо мүмкүнчүлүгүн берди:

$$A = h\nu_{мин} = \frac{h \cdot C}{\lambda_0}.$$

Бул жерде: c–жарык ылдамдыгы, λ_0–фотоэффекттин кызыл чек арасына туура келген толкун узундугу.

Катоддор үчүн чыгыш жумушу эВ тордо өлчөнөт (1 эВ$=1{,}6 \cdot 10^{-19}$Ж). Ошондуктан да Планк туруктуусунун амалда эВ тордо туюнтулган мааниси колдонулат: $h=4{,}136 \cdot 10^{-15}$ эВ$\cdot$с.

Металлдардын арасынан: Na, K, Cs, Rb сыяктуу шакарлар кичине чыгыш жумушуна ээ. Ошондуктан амалда алардын оксиддүү жана башка бирикмелери катоддун бетин каптоодо колдонулат. Мисалы; цезий оксиддүү катоддун чыгыш жумушу A=1,2 эВ, буга туура келген фотоэффекттин кызыл чек арасы $\lambda_0 \approx 10{,}1 \cdot 10^{-7}$ м. Бул сары – көзгө көрүнгөн жарык нурун каттоочу системаларда кеңири колдонулат.

Ички фотоэффект. Жарым өткөргүчтөр жарык нуру менен нурландырылганда күчсүз байланышкан электрондор фотондорду жутуп, эркин электрон абалына өтөт. Мында жарым өткөргүчтөрдө эркин заряд ташуучулардын концентрациясы чокоюп, натыйжада, жарым өткөргүчтүн электр өткөрүмдүүлүгү чоңоёт.

Жарым өткөргүчтөргө нурдун таасири натыйжасында анда эркин заряд ташуучулардын пайда болушуна *ички фотоэффект* дейилет.

Нурдун таасири натыйжасында жарым өткөргүчтөрдө алынган кошумча электр өткөрүмдүүлүккө **фотоөткөрүмдүүлүк** дейилет. Мындан болсо фотокаршылыктарды өндүрүүдө колдонулат. Фотокаршылык – бул өткөрүмдүүлүгү жарык таасиринде өзгөрө турган каршылык болуп, ал радиотехникада **фоторезистор** деп аталат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Фотондор. Жарыктын квант теориясы боюнча, зат жарыктын нурун жутканда жана нурлантканда жарык өзүн бөлүкчөлөрдүн агымы сыяктуу кармайт. Жарыктын бул бөлүкчөсүнө **фотондор** же **жарык кванттары** дейилет. Фотондун энергиясы $E=h\nu$ га барабар. Фотон вакуумда жарык ылдамдыгы c менен аракеттенет. Фотон тынч турганда массага ээ эмес, башкача айтканда $m_0=0$.

Салыштырмалуулук теориясындагы $E=mc^2$ тан пайдаланып, фотондун аракеттеги массасын аныктоого болот:

$$m=\frac{E}{c^2}=\frac{h\nu}{c^2}. \qquad (6\text{–}6)$$

Көбүнесе фотондун энергиясы $h\nu$ жыштык аркылуу эмес, циклдик жыштык $\omega=2\pi\nu$ аркылуу туюнтулат. Мында $\hbar=\frac{h}{2\pi}$ колдонулат. Ал $\hbar$ – хам сызыктуу деп окулат. $\hbar$ тын мааниси: $\hbar=\frac{h}{2\pi}=1{,}05\cdot10^{-34}$ Ж·с га барабар болот.

Жарыкты бөлүкчөлөр–фотондор агымынан турат деп кароо корпускулярдык теория болуп, мында Ньютон механикасына кайтуу болду, дегенге болбойт. Анын кыймыл мыйзамдары квант механикасынын мыйзамдарына баш иет.

XX кылымдын башына келип жарык эки түрдүү табиятка ээ экендиги белгилүү болду. Жарык таралганда толкундун касиеттерин (интерференция, дифракция, уюлдануу), ал эми заттар менен таасирдешкенде (фотоэффект, жарык басымы жана б.) корпускулярдык–бөлүкчөнүн касиеттерин көрсөтөт.

Бул касиеттер **бөлүкчө – толкун дуализми** деп атала башталды. Кийинчерээк илимде электрондор, протондор, нейтрондор агымдары да толкундун касиетине ээ экендиги белгилүү болду.

Ошонун негизинде заттын жарыкты нурлантышы жана жутушу, сызыктуу спектрлер, фотоэффект кубулушу, жарык басымы жана башка жараяндар түшүндүрүп берилди.

?

1. *Фотон деген эмне? Фотондун касиеттери эмнелерден турат?*
2. *Фотоэффект мыйзамын жарыктын квант теориясы негизинде түшүндүр.*
3. *Эйнштейн формуласын, анын физикалык маанисин түшүндүр.*
4. *Фотоэффект жүрүшүнүн шарттары кандай?*
5. *Фотоэффекттин кызыл чек арасын түшүндүр.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

36-тема. ФОТОНДУН ИМПУЛЬСУ. ЖАРЫК БАСЫМЫ. ФОТОЭФФЕКТТИН ТЕХНИКАДА КОЛДОНУЛУШУ

Фотон туруктуу кыймылда болгондуктан, $p=m\cdot c$ импульска ээ болот. Жогорудагы катышты эсепке алсак, фотондун импульсу $p=\frac{h\nu}{c}$ га барабар болот.

$\lambda=\frac{c}{\nu}$ формуланы эсепке алып, фотондун энергиясы менен импульсун толкун узундугу аркылуу туюнтабыз:

$$E=h\nu=\frac{hc}{\lambda} \text{ жана } p=\frac{h\nu}{c}=\frac{h}{\lambda}. \qquad (6–7)$$

Эгерде, нерсенин бетине фотондор агымы түшүп жаткан болсо, анда фотондор ошол бетке импульс берет жана жарыктын басымын пайда кылат.

Максвеллдин электр-магнит теориясы боюнча да жарык кандайдыр нерсенин бетине түшкөндө, ага басым менен таасир көрсөтөт. Бирок, бул басым абдан кичине мааниге ээ экен. Максвеллдин эсептери боюнча, Жерге түшүп жаткан Күн нурунун 1 м^2 аянттуу абсолюттук кара бөлүгүнө көрсөткөн басым күчү 0,48 мкН экен. Мындай күчтү ачык Жер шарттарында каттоо өтө татаал.

Алгачкы жолу жарыктын басымын 1900-жылы орус окумуштуусу П. Н. Лебедев тажрыйбада өлчөдү. Ал үчүн өтө назик курулма жасайт. Бир же бир нече жуп жалбыракчалуу асма аябай ичке жипке илинген. Жипке күзгү орнотулган болуп, жука жеңил жалбыракчалардын бири жалтырак, ал эми экинчиси карайтылган. Жалтырагы жарыкты жакшы чагылдырат, карайтылганы болсо жутат.

Система абасы соруп алынган идиштин ичине жайлаштырылган болуп, өтө сезгич буралма таразаны түзөт. Асманын бурулганы жипке бекемделген күзгү жана түтүктүн жардамында байкалат. Асманын бурулуу бурчу боюнча асмага таасир эткен жарыктын басым күчү аныкталат.

Лебедевдин натыйжалары Максвеллдин электр-магнит теориясын ырастады жана өлчөнгөн жарык басымы теориялык эсептелген жарык басымына 20% каталык менен туура келди. Кийинчерээк, 1923-жылы Герлахтын тажрыйбалары негизинде өлчөнгөн жарык басымы теориялык эсептелгенден 2% га айырмаланды.

Фотондор агымынын бетке жасаган басымынын формуласын төмөнкүдөй келтирип чыгарууга болот. Фотондун бетке кагылышы

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

натыйжасындагы таасир күчү $F_1 = \dfrac{\Delta(mc)}{\Delta t}$ га барабар. Эгерде N фотон кагылса, анда $F_k = NF_1 = \dfrac{N\Delta(mc)}{\Delta t}$.

Бул жерде: $\Delta(mc)$ – фотон импульсунун өзгөрүшү. Эгерде бет идеалдуу жалтырак болсо, анда $\Delta(mc) = 2mc$ ке, абсолюттук кара болсо, $\Delta(mc) = mc$ ке барабар.

Анда абсолюттук кара бетке жасалган басым $p_1 = \dfrac{F}{S} = \dfrac{N\Delta(mc)}{S \cdot \Delta t}$.

Эгерде бет жалтырак болсо, $p_1 = \dfrac{N \cdot 2mc}{S \cdot \Delta t}$.

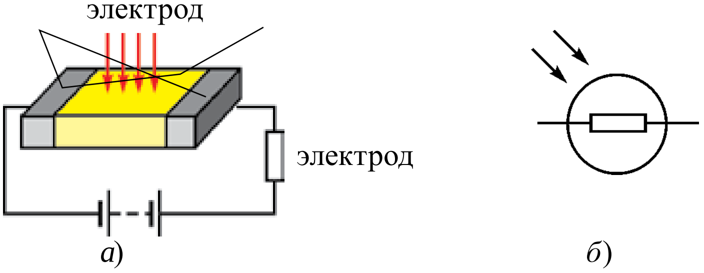
$E = mc^2$ dan $mc = \dfrac{E}{c}$ экендиги эсепке алынса, $p = \dfrac{NE}{c \cdot S \cdot \Delta t}$.

Бул жерде $\dfrac{NE}{S \cdot \Delta t} = I$–бет бирдигине убакыт бирдигинде түшкөн жарык (толкун) энергиясынын жарык (толкун) интенсивдүүлүгү I дейилет.

Анда $p = \dfrac{I}{c}$. Бул – Максвеллдин электр-магниттик толкундардын заттын бетине түшкөндөгү (абсолюттук кара бетке) жасаган басымынын формуласы.

Фотоэффект кубулушуна негизденип иштей турган аспаптардан эң көп колдонула тургандары **фотокаршылыктар**.

Фотокаршылыктын негизин бети салыштырмалуу чоң, жарыкты сезгич жарым өткөргүч түзөт. Анын схемалык көрүнүшү жана шарттуу белгиси 6.4-сүрөттө берилген.



6.4-сүрөт.

Бөлмө температурасында жарым өткөргүчтүн каршылыгы абдан чоң жана андан абдан кичине ток өтөт. Ага жарык түшүшү менен эркин заряд ташуучулардын концентрациясы чоңоюп, каршылыгы азаят. Ток күчү чоңоёт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

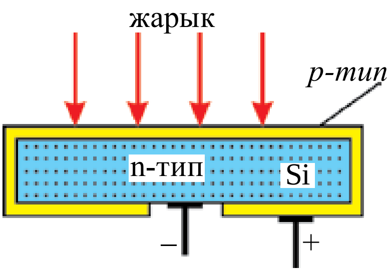
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Фотокаршылыктардын үстөмдүк жактары төмөнкүлөр: жогору фотосезгичтик, көпкө натыйжалуу иштеши, өлчөмүнүн кичинелиги, даярдоо технологиясынын жөнөкөйлүгү, ар түрдүү толкун узундугунда иштеген жарым өткөргүчтүү материалдан даярдалышы мүмкүндүгү.

Алардын кемчиликтеринен бири – каршылыгы өзгөрүшүнүн жарык агымынан сызыктуу көз каранды эместиги болсо, экинчиси – температурага сезгичтиги. Ошону менен бирге, анын инерттүүлүгү чоң, алар чоң жыштыктарда колдонулганда көйгөйлөр келип чыгат.

Ички фотоэффектке негизделген фотоэлементтер.

Ички фотоэффектке негизделген *p-n* өтүштүү жарым өткөргүчтүү фотоэлементтер жарык энергиясын электр энергиясына айландырууда колдонулат. Күн энергиясын электр энергиясына айландырып берген жарым өткөргүч – кремнийлүү фотоэлементтер кеңири колдонулууда жана алар **Күн батареялары** аталышын алган.



6.5-сүрөт.

Күн батареясынын негизин *n*-типтеги кремний пластинкасы түзүп, анын бардык жактары *p*-типтеги кремнийдин жука (1–2-мкм) катмары менен капталган (6.5-сүрөт).

Элементтин бетине жарык түшүшү менен жука *p*-типтеги катмарда электрон көңдөй жуптары пайда болуп, жука катмарда рекомбинациялануууга үлгүрбөстөн, *p-n*-тип өтүштүү зонага өтөт. *p–n* өтүштүү зонада заряддардын ажырашы жүрөт. Алынган талаанын таасиринде электрондор *n*-зонага, көңдөйлөр *p*-зонага айдалат. Алынган ЭКК орточо эсепте 0,5 В ко чейин болот. 1 см^2 беттүү мындай элемент керектөөчүгө туташканда 25 мА ге чейин ток берет.

Кремнийлүү фотоэлементтердин сезгичтиги жашыл нурлар үчүн максимум, б. а. Күн нурлануусунун максималдуу бөлүгүнө туура келет. Ошондуктан алар жогору ПАК ка ээ болуп, адатта, 11–12%, жогору сапаттуу материалдарда 21–22% га жетет.

Күн батареялары Жердеги Күн электростанцияларынан тышкары, Жердин жасалма жолдоштору жана космостук кемелерде электр энергиясынын булагы иретинде кызмат кылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Ички фотоэффектке негизделген жана эң көп колдонула турган аспаптардан бири жарык диоддору (жарым өткөргүчтүү лазерлер) болуп саналат. Бул бир же бир нече $p-n$ өтүүгө негизделген диод болуп, андан электр тогу өткөндө өзүнөн жарык чыгарат. Бул диоддун материалында электрондордун саны жана кыймылдуулугу көңдөйлөргө салыштырмалуу чоңураак болот. Электрондор n-зонадан p-зонага өткөндө көңдөйлөр менен рекомбинациялашып, өздөрүнөн артык баш энергияны нур иретинде чыгарат.

Жарым өткөргүч материалынын түрүнөн көз каранды түрдө нурлануунун түсү түрдүүчө болот.

Өзбекстан ИАнын академиги М. Саидов тарабынан 10 го жакын түрдүү нурланууга ээ жарык диоддору жаратылган, ошондой эле теориясы жана даярдоо технологиясы иштеп чыгылган.

Мурда фотоаспаптар кинотехникада жана фотоэлектрондук эсептегичтерде колдонулган болсо, учурда жарыткычтарда, робототехникада, автоматикада, фотометрияда, түнкү көрүү аспаптарында, Күн электростанцияларында жана жарык нурлары жардамында ишке ашырылуучу илимий изилдөөлөрдө кеңири колдонулууда.

Өзбекстанда Күн энергиясынан кеңири пайдалануу максатында 1993-жылы “Физика-Күн” илимий өндүрүштүк бирикме түзүлдү жана кең көлөмдө илимий изилдөө жана практикалык изилдөөлөр жүргүзүлүүдө.

1. *Фоторезистор эмне, анын иши кандай принципке негизделет?*
2. *Ички фотоэффектке негизделген фотоэлементтин электроэнергиянын булагы иретинде колдонулуу принцибин түшүндүр.*
3. *Лебедевдин жарыктын басымын өлчөө тажрыйбасын түшүндүр.*
4. *Жарык басымын жарыктын квант түшүнүгү негизинде түшүндүр.*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Эгерде металлдан электрондун чыгыш жумушу $7{,}6 \cdot 10^{-19}$ Ж жана электрондун кинетикалык энергиясы $4{,}5 \cdot 10^{-20}$ Ж болсо, анда бетке түшүп жаткан жарыктын толкун узундугун аныкта. $h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Ж · с

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$E_k = 4{,}5 \cdot 10^{-20}$ Ж $A = 7{,}6 \cdot 10^{-19}$ Ж $h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Ж $\cdot c$ $c = 3 \cdot 10^8$ м/c	$h\nu = A + E_к$ $\lambda = \frac{v}{c}$ $\frac{hc}{\lambda} = A + E_к$ $\lambda = \frac{hc}{A + E_К}$	$\lambda = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34}\ Ж \cdot с \cdot 3 \cdot 10^8 м/с}{7{,}6 \cdot 10^{-19}\ Ж + 0{,}45 \cdot 10^{-19}\ Ж} \approx 2{,}46 \cdot 10^{-7}$м.
Табуу керек: $\lambda = ?$		*Жообу:* $\lambda \approx 2{,}46 \cdot 10^{-7}$ м.

6-көнүгүү

1. 35 г зат 33 г антизатка кошулуп, 10^5 Гц түү электр-магнит нурланууга айланса, канча фотон нурланат? (*Жообу:* $9 \cdot 10^{33}$).

2. Эгерде биринчи фотондун энергиясы экинчисиникинен 2 эсе чоӊ болсо, биринчи фотондун импульсу экинчисиникинен канча эсеге айырмаланат? (*Жообу:* 2 эсеге).

3. Салыштырмалуу сындыруунун көрсөткүчү n болгон тунук чөйрөдө фотондун импульсу эмнеге барабар? (*Жообу:* $h\nu/nc$).

4. Массасы тынч абалдагы электрондун массасына барабар болуу үчүн фотондун энергиясы (МэВ) кандай болушу керек? (*Жообу:* 0,51 МэВ).

5. Жыштыгы 10^{17} Гц болгон нурлануу күзгүгө тик түшүп, андан чагылууда. Фотондун анын чагылышындагы импульсу өзгөрүшүнүн модулун аныкта (кг · м/с). $h = 6{,}6 \cdot 10^{-63}$ Ж · с. (*Жообу:* $4{,}4 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с).

6. 100 см^2 бетке минутуна 63 Ж жарык энергиясы түшөт. Жарык толук чагылса, анда анын басымы эмнеге барабар? (*Жообу:* $7 \cdot 10^{-7}$ Н/м^2).

7. Жарыкты толук чагылдыруучу бетте жарыкты толук жутуучу бетке салыштырмалуу жарык басымы канча эсе чоӊ болот? (*Жообу:* 2 эсе).

8. Толкун узундугу $3 \cdot 10^{-7}$ м ге туура келген жарык нуру квантынын энергиясын аныкта. (*Жообу:* $6{,}6 \cdot 10^{-19}$ Ж).

9. Металлдан электрондун чыгыш жумушу $3{,}3 \cdot 10^{-19}$ Ж болсо, фотоэффекттин кызыл чек арасы ν_0 дү тап. (*Жообу:* $5 \cdot 10^{14}$ Гц).

10. Жарыктын толкун узундугу $5 \cdot 10^{-5}$ см болсо, фотондун импульсун аныкта. (*Жообу:* $1{,}32 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с).

11. Фотон энергиясы $4{,}4 \cdot 10^{-19}$ Ж болгон жарыктын чөйрөдөгү толкун узундугу $3 \cdot 10^{-7}$ м болсо, ошол чөйрөнүн нур сындыруу көрсөткүчүн аныкта. (*Жообу:* $n = 1{,}5$).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

12. Фотоэффектинин кызыл чек арасы $\nu_0=4{,}3\cdot10^{14}$ Гц болгон затка толкун узундугу $3\cdot10^{-5}$ см болгон жарык түшсө, фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы эмнеге барабар (Ж)? (*Жообу:* $E_k\approx3{,}76\cdot10^{-19}$ Ж).

13. Фотоэлементтин катоду ν_1 жыштыктагы монохром жарык нуру менен жарыктандырылганда фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы E_1 ге, $\nu_2=3\nu_1$ жыштыктагы нур менен жарыктандырылганда фотоэлектрондордун кинетикалык энергиясы E_2 ге барабар болгон. E_1 жана E_2 лердин катышы кандай? (*Жообу:* $E_2>3E_1$).

14. Цезийлүү катодго толкун узундугу 600 нм болгон жарык түшүүдө. Электрондун катоддон чыгыш жумушу 1,8 эВ га барабар болсо, бекитүүчү чыңалуунун кандай маанисинде (*В*) фототок токтойт? $h=4{,}1\cdot10^{-15}$ эВ · с. (*Жообу:* $U_{бек}=0{,}25$ В).

15. Кубаттуулугу 100 Вт болгон жарык булагы ар 2 секундда $2{,}5\cdot10^{20}$ фотонду нурландырат. Жарыктын толкун узундугун аныкта. $h=6{,}6\cdot10^{-34}$ Ж · с. (*Жообу:* $\lambda\approx2{,}5\cdot10^{-7}$ м).

16. Жыштыгы 10^{16} Гц болгон жарык нуру күзгүгө түшүп, толук чагылууда. Жарыктын чагылуу жараянындагы фотон импульсунун өзгөрүшүн тап. $h=6{,}6\cdot10–34$ Ж·с. (*Жообу:* $4{,}4\cdot10^{-26}$ кг · м/с).

17. Жекеленген жез шарчага толкун узундугу 0,165 мкм болгон монохром ультракызгылт-көк нур түшүүдө. Эгерде жезден электрондун чыгыш жумушу $A=4{,}5$ эВ болсо, шарча канча вольт потенциалга чейин заряддалат? $h=4{,}1\cdot10^{-5}$ эВ · с. (*Жообу:* $\varphi_{макс}\approx2{,}95$ В).

VI ГЛАВАНЫ ЖЫЙЫНТЫКТОО БОЮНЧА ТЕСТ СУРООЛОРУ

1. Жарыктын нерселерден электронду чыгаруу кубулушуна … дейилет.

A) уюлдануу; B) дифракция; C) дисперсия; D) фотоэффект.

2. Түшүп жаткан жарыктын интенсивдүүлүгү 4 эсе азайса, фотоэффектте чыгып жаткан электрондордун саны кандайча өзгөрөт?

A) 4 эсе чоңоёт; B) 2 эсе азаят;
C) 4 эсе азаят; D) өзгөрбөйт.

3. Фотоэффектте түшүп жаткан жарыктын жыштыгы 2 эсе чоңойсо, анда чыгып жаткан фотоэлектрондордун саны кандай өзгөрөт?

A) 2 эсе азаят; B) 2 эсе чоңоёт;
C) 4 эсе азаят; D) өзгөрбөйт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

4. **Түшүп жаткан жарыктын агымы (λ=const да) 4 эсе чоңойсо, фотоэлектрондордун ылдамдыгы канча эсе өзгөрөт?**
A) өзгөрбөйт; C) 4 эсе азаят;
B) 4 эсе чоңоёт; D) 2 эсе чоңоёт.

5. **Эгерде фотоэффектт чыгып жаткан бөлүкчөлөрдүн ылдамдыгы $1{,}6 \cdot 10^6$ м/с болсо, түшүп жаткан жарыктын толкун узундугун эсепте. Чыгыш жумушу А=5,3 эВ (м).**
A) $10 \cdot 10^{-6}$; B) $9{,}8 \cdot 10^{-9}$; C) $6{,}63 \cdot 10^{-10}$; D) $2 \cdot 10^{-7}$.

6. **Калий үчүн фотоэффекттин кызыл чек арасы 600 нм. Калий үчүн чыгыш жумушун эсепте (Жоулдарда)**
A) $6{,}6 \cdot 10^{-26}$; B) $6{,}6 \cdot 10^{-19}$; C) $2{,}2 \cdot 10^{-19}$; D) $3{,}5 \cdot 10^{-19}$.

7. **Эгерде фотокатоддон элементтердин чыгыш жумушу 3 эВ, ага түшүп жаткан фотондордун энергиясы 5 эВ болсо, тормоздоочу потенциал кандай болгондо, фотондун күчү нөлгө барабар болот (В)?**
A) 1.5; B) 2; C) 3; D) 5.

8. **Кандайдыр металл үчүн фотоэффекттин кызыл чек арасы 331 нм ге барабар. Бул металлда фотоэффекттин жүрүшү үчүн түшүп жаткан жарык фотонунун энергиясы (эВ) кандай болот?**
A) 2,45; B) 2,60; C) 2,75; D) 3,75.

9. **Никель үчүн фотоэффект кызыл чек арасын аныкта (м). Никель үчүн чыгыш жумушу 5 эВ.**
A) $5 \cdot 10^{-7}$; B) $2{,}3 \cdot 10^{-5}$; C) $2{,}5 \cdot 10^{-7}$; D) $1 \cdot 10^{-6}$.

10. **Чыгыш жумушу 3 эВ болгон металлга 5 эВ энергиялуу фотондор түшкөндө андан чыгып жаткан фотоэлектрондордун максималдуу кинетикалык энергиясын аныкта (эВ).**
A) 0,6; B) 2; C) 3; D) 5.

11. **Жарыктын толкун узундугу 10^{-7} м болсо, фотондун энергиясын аныкта (эВ). $h=4 \cdot 10^{-15}$ эВ · с**
A) 1; B) 2; C) 4; D) 12.

12. **Жарыктын толкун узундугу 220 нм болсо, анда фотондун массасын (кг) аныкта.**
A) $3 \cdot 10^{-36}$; B) $1{,}5 \cdot 10^{-36}$; C) $1{,}6 \cdot 10^{-36}$; D) $1 \cdot 10^{-35}$.

13. **Жарыктын толкун узундугу $6{,}63 \cdot 10^{-8}$ м болсо, анда фотондун импульсун аныкта (кг · м/с). $h=6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Ж · c**
A) 10^{-26}; B) 10^{-42}; C) 10^{-34}; D) $1{,}6 \cdot 10^{-35}$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

14. Жарыктын жыштыгы $3 \cdot 10^{15}$ Гц болсо, анын импульсун аныкта (кг · м/с). $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Ж · с.

A) $2{,}21 \cdot 10^{-19}$; B) $2{,}21 \cdot 10^{-27}$; C) $6{,}63 \cdot 10^{-19}$; D) $6{,}63 \cdot 10^{-27}$

15. Эгерде фотондун импульсу $3{,}315 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с болсо, анда жарыктын жыштыгын аныкта (Гц).

A) $3 \cdot 10^{14}$; B) $2 \cdot 10^{15}$; C) $1{,}5 \cdot 10^{15}$; D) $2 \cdot 10^{14}$.

16. Кызытма лампа нурлануусунун орточо толкун узундугу 1,2 мкм. 200 Вт кубаттуулуктагы лампочканын 1 секунд нурлануусундагы фотондордун санын аныкта. $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Ж · с.

A) $80 \cdot 10^{21}$; B) $2{,}5 \cdot 10^{21}$; C) $1{,}5 \cdot 10^{20}$; D) $1{,}2 \cdot 10^{21}$.

17. Салыштырмалуу сыныш көрсөткүчү n болгон тунук чөйрөдө фотондун импульсу эмнеге барабар?

A) $nh\nu/c$; B) $nh\nu$; C) $h\lambda/n$; D) $h\nu/nc$.

18. Зат үчүн фотоэффекттин кызыл чек арасы $1 \cdot 10^{15}$ Гц болуп, ага жыштыгы $1 \cdot 10^{15}$ Гц болгон жарык таасиринде учуп чыккан фотоэлектрондордун максималдуу кинетикалык энергиясын эсепте. (Ж)

A) $6{,}6 \cdot 10^{-19}$; B) $3{,}3 \cdot 10^{-19}$; C) $2{,}2 \cdot 10^{-19}$; D) $1{,}6 \cdot 10^{-19}$.

19. Металлдан электрондун чыгыш жумушу $3{,}3 \cdot 10^{-19}$ Ж болсо, анда фотоэффекттин кызыл чек арасы ν_0 дү тап (Гц).

A) 10^{-14}; B) $2 \cdot 10^{14}$; C) $5 \cdot 10^{14}$; D) $6{,}6 \cdot 10^{15}$.

VI главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Виндин которулуу мыйзамы	Нерсе нурлануусунун максимумуна туура келген толкун узундугу $\lambda_м$ абсолюттук температурага тескери пропорциялаш: $\lambda_м = \frac{b}{T}$, $b = 2{,}898 \cdot 10^{-3}$ м · K–Вин туруктуусу.
Квант	Бул нерсенин жутуу же нурлануу энергиясынын минималдуу бөлүгү.
Квант энергиясы	Квант энергиясы жарык жыштыгына түз пропорциялаш: $= h\nu$, $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Ж · с.
Тышкы фотоэффект	Бул заттан жарыктын таасиринде электрондордун чыгышы.
Бекитүүчү чыңалуу	Бул фотондор баштапкы ылдамдыктары менен анодго жетип бара албай турган тормоздоочу терс чыңалуу.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Фотоэффект мыйзамдары:	1. Фотоэлектрондордун максималдуу кинетикалык энергиясы жарык агымынан (интенсивдүүлүгүнөн) көз каранды эмес жана түшүүчү нурдун жыштыгы *В* дан сызыктуу көз каранды. 2. Ар бир зат үчүн фотоэффект жүргөн минималдуу жыштык $v_{мин}$ болот жана буга фотоэффекттин кызыл чек арасы дейилет. 3. Катоддон убакыт бирдигинде чыгып жаткан фотоэлектрондордун саны катодго түшүп жат-кан жарык агымына (интенсивдүүлүгүнө) түз пропорциялаш, ал эми жыштыгынан көз каранды эмес.
Электрондордун максималдуу кинетикалык энергиясы	$E_{к\ макс}\dfrac{mv^2}{2}=eU_{бек}$.
Фотоэффект үчүн Эйнштейн формуласы	$hv=A+\dfrac{mv^2}{2}$.
Фотоэффекттин кызыл чек арасы	Фотоэффекттин кызыл чек арасы $hv_{мин}=A$ же $\dfrac{hc}{\lambda_0}=A$. Бул жерде $v_{мин}$ же λ_0–фотоэффекттин кызыл чек арасына туура келген жыштык жана толкун узундугу.
Ички фотоэффект	Жарыктын таасиринде жарым өткөргүчтөрдө эркин заряд ташуучулар концентрациясынын чоңоюшу.
Фотон	Жарык кванты же бөлүкчөсү. Анын тынч абалдагы массасы $m_0=0$.
Фотондун энергиясы	Фотондун энергиясы $E=hv$, кыймыл ылдамдыгы c, импульсу $p=\dfrac{hv}{c}$, массасы $m=\dfrac{hv}{c^2}$.
Жарык басымы	$p=\dfrac{I}{c}$, бул жерде I – жарыктын интенсивдүүлүгү.
Фотокаршылык-фоторезистор	Жарыктын таасиринде каршылыгы азаюучу резистор.
Күн батареялары	Ички фотоэффектке негизделген *p-n* өтүштүү жарым өткөргүчтүү фотоэлементтер болуп, жарык энергиясын электр энергиясына айландырып берет.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

VII глава. АТОМ ЖАНА ЯДРО ФИЗИКАСЫ. АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫН ФИЗИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ

Бардык заттар көп сандуу бөлүнбөс бөлүкчөлөрдөн (атомдордон) түзүлгөн, деген пикир байыркы замандарда грек окумуштуулары Демокрит, Эпикур жана Лукрецийлер тарабынан билдирилген (атом сөзү грекче «atomos» – бөлүнбөс деген маанини билдирет). Бирок бул пикирге түрдүү себептер менен көпкө көңүл бурулбаган. Бирок он сегизинчи кылымда А. Лавуазье (француз) (1743–1794), Ж. Дальтон (англис) (1766–1844), А. Авогадро (итальян) (1776–1856), М. Ломоносов (орус) (1711–1765), Й. Берцелиус (швед) (1779–1848) сыяктуу окумуштуулардын аракеттери натыйжасында атомдордун бар экендигине шек калбады. Д. И. Менделеев 1869-жылы элементтердин мезгилдүү системасын жаратып, бардык заттардын атомдору бири-бирине окшош түзүлүшкө ээ экендигин көрсөтүп берди. Ошону менен бирге, жыйырманчы кылымдын баштарына келип, бөлүнбөс саналган атомдун ичине көз салуу, б. а. анын түзүлүшүн үйрөнүү маселеси козголду. Англис физиги Ж. Ж. Томсон 1903-жылы атомдун түзүлүшү жөнүндөгү биринчи моделди сунуш кылды. Башка англис физиги Э. Резерфорд тажрыйбаларынын негизинде Томсондун моделин четке кагып, атомдун планеталык моделин сунуш кылды. Бул модель боюнча, атом ядродон (өзөктөн) жана анын айланасында аракеттенген электрондордон түзүлгөн. Кийинчерээк болсо атомдун ядросу – оң заряддалган протон жана электр жагынан нейтралдуу нейтрондор комплексинен турушу аныкталды.

37-тема. АТОМДУН БОР МОДЕЛИ. БОРДУН ПОСТУЛАТТАРЫ

1903-жылы англис физиги Ж. Ж. Томсон атомдун түзүлүшү жөнүндөгү биринчи моделди сунуш кылды. Томсондун модели боюнча, атом – массасы бир калыпта бөлүштүрүлгөн 10^{-10} м чоңдуктагы оң заряддардан турган шар иретинде элестетилет. Анын ичинде болсо тең салмакта турган түрдө өзүнүн айланасында термелме аракеттенүүчү терс заряддар (электрондор) болуп (мында атомду дарбызга окшотууга жана электронду

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

дарбыздын уруктары өңдүү жайлашкан деп айтууга болот), оң жана терс заряддардын суммасы өз ара барабар.

Башка англис физиги Э. Резерфорд 1911-жылы өз тажрыйбаларынын негизинде Томсондун моделин четке кагып, атомдун ядролук (планеталык) моделин сунуш кылды. Бул модель боюнча, атом кичинекей күн системасы сыяктуу элестетилет. Электрондор ядронун айланасында (туюк) орбиталар – атомдун электрондук кабыгын бойлой аракеттенет жана алардын заряды ядродогу оң зарядга барабар.

Атомдун өлчөмдөрү аябай кичине болгондуктан ($\approx 10^{-10}$м), анын түзүлүшүн тикден-тике үйрөнүү абдан кыйын. Ошондуктан анын түзүлүшүн түздөн-түз эмес, б. а. ички түзүлүшү жөнүндө маалымат берүүчү мүнөздөмөлөр жардамында үйрөнүү максатка ылайык. Ошондой мүнөздөмөлөрдөн бири – атомдун нурлануу спектри. Атомдун нурлануу спектри, б. а. атом электр-магнит нурлар чыгарганда (же жутканда) пайда болгон оптикалык спектрлер кыйла толук үйрөнүлгөн.

Швейцариялык физик И. Бальмер 1885-жылы тажрыйбанын натыйжаларына таянып, суутек спектр сызыктарынын жыштыктары үчүн төмөнкү формуланы тапты:

$$\nu = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right). \qquad (7\text{–}1)$$

Бул жерде: $R = 3{,}29 \cdot 10^{15}$ Гц – Ридберг туруктуусу, m жана n туруктуу сандар, алар тиешелүү түрдө $m = 1, 2, 3, 4, \ldots$ маанилерди, n болсо бүтүн ($m + 1$ ден баштап) маанилерди кабыл алат. Бул формула боюнча, суутектин спектри үзгүлтүктүү сызыктардан турат.

Резерфорддун ядролук модели атомдун спектрдик мыйзам ченемдүүлүктөрүн түшүндүрүп бере албады. Мындан тышкары, бул модел классикалык механика жана электр-динамика мыйзамдарына каршы чыкты.

Биринчиден, электрондун ядронун айланасындагы орбитаны бойлой кыймылы ийри сызыктуу, б. а. ылдамдануу менен жүргөн кыймыл. Бул кыймылда электрондун энергиясы азаят, анын айлануу орбитасы кичреет жана ал ядрого жакындашып отурат. Б. а. белгилүү убакыттан кийин электрон ядрого кулап, атом жоголууга тийиш. Бул, Резерфорддун модели боюнча, атом стабилдүү эмес система болушун көрсөтөт. Амалда болсо атомдор өтө бекем система эсептелет.

Экинчиден, электрон атомго жакындашкан сайын орбитасынын радиусу кичирейип отурат ($R \to 0$), ылдамдыгы болсо өзгөрбөйт ($v = \text{const}$). Натыйжада ылдамдануусу $\left(a = \frac{v^2}{R}\right)$ чоңоюшу менен электрондун нурла-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

нуу жыштыгы да үзгүлтүксүз түрдө чоңюшу, демек, үзгүлтүксүз нурлануу спектри байкалууга тийиш. Тажрыйбалар жана алар менен дал келген Бальмер формуласы болсо атомдун нурлануу спектри үзгүлтүктүү (сызыктуу) экендигин көрсөткөнүн билдик.

1913-жылы Резерфорддун ядролук моделине квант теориясы колдонулуп, тажрыйбанын натыйжаларын толук түшүндүрүп бере алган суутек атомынын теориясы жаратылды.

Бор теориясынын негизин төмөнкү эки постулат түзөт. Бул постулаттардан ар бири жогоруда айтылган Резерфорд моделинин эки кемчилигин жоюуга багытталган.

1. ***Стационардык (тынч) абалдар жөнүндөгү постулат**: атомдо стационардык абалдар болуп, бул абалдарга электрондордун стационардык орбиталары туура келет.*

Электрондор ушул стационардык орбиталарда гана болуп, ал тургай ылдамдануу менен аракеттенгенде да нурланбайт.

Стационардык орбитадагы электрондун кыймыл санынын моменти (импульс моменти) кванттталган болуп, төмөнкү шарт менен аныкталат:

$$m_э \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar \qquad (7–2)$$

Бул жерде: $m_э$– электрондун массасы; r_n – n-орбитанын радиусу; v_n – электрондун ошол орбитадагы ылдамдыгы; $m_э \cdot v_n \cdot r_n$ – электрондун ошол орбитадагы импульс моменти; n – нөлгө барабар эмес сан, ага башкы квант саны дейилет; $\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$ ($\hbar$ – Планк туруктуусу).

Демек, Бордун биринчи постулаты боюнча, атомдогу электрон каалагандай орбитаны бойлой эмес, стационардык орбита деп аталган белгилүү орбиталарды бойлой аракеттениши мүмкүн. Бул кыймыл учурунда нурданбайт, б. а. энергиясы азайбайт. Энергиясы азайса, ядрого түшпөйт жана атом жоголбойт. Ошентип, бул постулат Резерфорд моделинин биринчи кемчилигин жойду.

2. ***Жыштыктар жөнүндөгү постулат:** электрон бир стационардык орбитадан экинчисине өткөндө гана энергиясы ошол стационардык абалдардагы энергияларынын айырмасына барабар болгон бир фотонду чыгарат (же жутат)*:

$$h\nu = E_n - E_m, \qquad (7–3)$$

бул жерде: E_n жана E_m– тиешелүү түрдө электрондун n- жана m-стационардык орбиталардагы энергиялары.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Эгерде $E_n > E_m$ болсо, фотон чыгарылат. Мында, электрон чоң энергиялуу абалдан кичинерээк энергиялуу абалга, б. а. ядродон алысыраактагы стационардык орбитадан ядрого жакыныраактагы стационардык орбитага өтөт.

Эгерде $E_n < E_m$ болсо, фотон жутулат жана жогорудагы пикирлерге тескери учур байкалат.

(7–2) туюнтмадан нурлануу жүрө турган жыштыктарды, б. а. атомдун сызыктуу спектрин аныктоого болот:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h}. \qquad (7–4)$$

Бордун экинчи постулаты боюнча, электрон каалагандай жыштыктагы нурланууну чыгарбай, жыштыгы (7–4) шартты канааттандырган нурланууну гана чыгарышы мүмкүн. Ошондуктан, атомдун нурлануу спектри үзгүлтүксүз болбостон, үзгүлтүктүү (сызыктуу) көрүнүшкө ээ. Демек, Бордун экинчи постулаты Резерфорд моделинин экинчи кемчилигин жоёт.

Электрондун орбитасынын радиусу төмөнкү туюнтма жардамында аныкталат:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m_e e^2}, \qquad (7–5)$$

бул жерде: n – электрон стационардык орбитасы (тагыраагы атомдун стационардык абалы)нын тартип номерин көрсөтөт. Мисалы, $n=1$ деп алсак, электрондун суутектин атомундагы биринчи стационардык орбитасы радиусунун маанисин алабыз. Бул радиуска биринчи *Бор радиусу* дейилет жана атом физикасында узундук бирдиги иретинде пайдаланылат:

$$r_Б = 0{,}529 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Атомдун каалагандай энергетикалык деңгээлдеги энергиясы E_n төмөнкүдөй аныкталат:

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8 h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}. \qquad (7–6)$$

Туюнтмадан көрүнүп тургандай, суутек атомунун толук энергиясы терс болуп, ал электрон менен протонду эркин бөлүкчөлөргө айландыруу үчүн канча энергия сарптоо керектигин көрсөтөт. Б. а. дал ушул энергия бул эки бөлүкчөнү бир бүтүн атом иретинде сактап турат. Ошондуктан $n=1$ абал эң туруктуу абал эсептелип, бул абалда атом эң аз энергияга ээ болот жана ал *негизги энергетикалык абалда* дейилет. Бул абалдагы суутектин атомун иондоштуруу үчүн эң көп энергия сарптоо талап

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

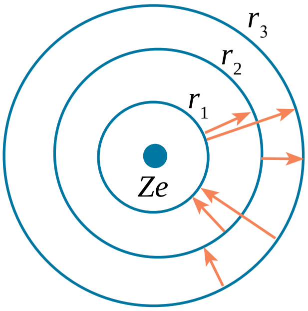
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

кылынат. $n > 1$ абалдарга болсо *козголгон (ойгонгон) абалдар* дейилет жана алардагы атомдун энергиясы азыраак болуп, мындай абалдагы атомду иондоштуруу үчүн азыраак энергия сарпталат.

Бордун экинчи постулаты боюнча, электрон бир энергетикалык деңгээлден экинчисине өткөндө энергиялуу фотон чыгарылат же жутулат.

$$h\nu = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2\varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (7\text{–}7)$$

Эгерде электрон экинчи орбитадан ($n_2 = 2$) биринчисине өтсө ($n_1 = 1$), анда фотон чыгарылат (7.1-сүрөт). Тескери учурда – жутулат. Электронду $n_1 = 1$ орбитадан $n_2 \to \infty$ ке өткөрүү үчүн, башкача айтканда, электронду атомдун ядросунан ажыратып алуу (атомду иондоштуруу) үчүн эң чоң энергия сарпталат. Бул энергиянын мааниси 13,6 эВ ко барабар болуп, суутектин атомун иондоштуруу энергиясы болот.



7.1-сүрөт.

Демек, суутек атомунун негизги абалындагы электрондун энергиясы –13,6 эВ ко барабар. Жогоруда белгиленгендей, энергиянын терстиги электрондун байланышкан абалда экендигин көрсөтөт. Эркин абалдагы электрондун энергиясы нөлгө барабар деп кабыл алынган.

(7–7) туюнтманын жардамында чыгарыла турган же жутула турган фотондун жыштыгын же толкун узундугун аныктоого болот:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3\varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right). \qquad (7\text{–}8)$$

Бул Бальмер формуласы болуп, $R = \dfrac{m_e e^4}{8h^3\varepsilon_0^2}$ – Ридберг туруктуусу.

?

1. *Резерфорд моделинин кемчиликтери эмнелерден турган?*
2. *Бор өзүнүн теориясын кандай идеянын негизинде жаратты?*
3. *Стационардык абалдар жөнүндөгү постулат эмнеден турат?*
4. *Бордун биринчи постулаты Резерфорд моделинин кандай кемчилигин жоёт?*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Суутек атомунун электрону үчүнчү орбитадан экинчи орбитага өткөндөгү нурлануу толкун узундугу электрон экинчи орбитадан (λ_{32}) биринчи орбитага (λ_{21}) өткөндөгү нурлануу толкун узундугунан канча эсе чоң?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Берилген:	Формуласы жана чыгарылышы:
$n_1 = 3,$ $n_2 = 2,$ $n_3 = 1.$	$\nu = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$. $\lambda_{21} = \frac{n_1^2 n_2^2 c}{\left(n_2^2 - n_1^2\right)R}$;
Табуу керек: $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = ?$	$\lambda_{32} = \frac{n_3^2 n_2^2 c}{\left(n_3^2 - n_2^2\right)R}$.

$$\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = \frac{\frac{9 \cdot 4}{(9 \cdot 4)}}{\frac{1 \cdot 4}{(4 \cdot 1)}} = \frac{36}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{5} = 5{,}4.$$

Жообу: $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = 5{,}4.$

38-тема. ЛАЗЕР ЖАНА АНЫН ТҮРЛӨРҮ

Лазер деген эмне? Лазер деп аталган оптикалык квант генераторлорунун пайда болушу физика илиминин жаңы багыты – квант электроникасынын ири жетишкендиги саналат.

Лазер дегенде, өтө анык багытталган когеренттүү жарык нурунун булагын түшүнөбүз.

Лазер сөзү англисче «аргасыз термелүүнүн натыйжасында жарыктын күчөтүлүшү» сөздөрүндөгү биринчи тамгалардан алынган («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).

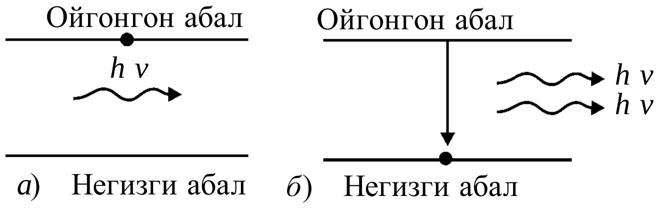
Биринчи квант генераторлору орус физиктери Н. Басов, А. Прохоров жана америкалык физик Ч. Таунс тарабынан жаратылган (бул багыттагы иштери үчүн 1964-жылы Нобель сыйлыгына татыктуу болушкан). Мындай генераторлордун иштөө принцибин түшүнүү үчүн нурлануу жараяны менен кеңирээк таанышалы.

Атомдун аргасыз нурланышы. Мурда айтылгандай, атом негизги абалда болгондо нурланбайт жана анда чексиз көп убакыт бою турат. Бирок атом башка таасирлер натыйжасында ойгонгон абалга өтүшү мүмкүн. Адатта, атом ойгонгон абалда көпкө турбай, кайра негизги абалына өтөт жана мында энергетикалык деңгээлдердин айырмасына барабар энергиялуу фотон чыгарат. Мындай өтүү өзү-өзүнөн жүрбөгөндүктөн, чыгарыла турган нурланууга *спонтандуу нурлануу* дейилет жана чыгарылган нурлар когеренттүү болбойт. Бирок

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

А. Эйнштейндин белгилешинче, мындай өтүүлөр өзү-өзүнөн гана эмес, аргасыз да болушу мүмкүн. Мындай аргасыз өтүү ойгонгон атомдун алдынан өтүп жаткан фотондун таасиринде жүрүшү мүмкүн (7.2-сүрөт).



7.2-сүрөт.

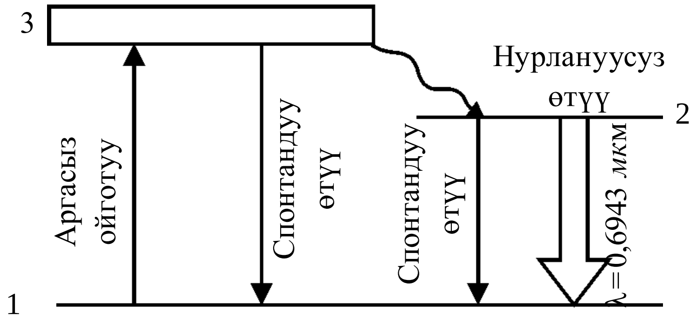
Натыйжада атом ойгонгон абалдан негизги абалга өтүшүндө чыгарыла турган фотон, бул өтүүнү келтирип чыгарган фотон менен бирдей болот. Башкача айтканда, эки фотон тең бирдей жыштыкка, кыймыл багытына, фазага жана уюлдануу багытына ээ болот. Орус физиги В. Фабрикант аргасыз нурлануунун жардамында жарыкты күчөтүү усулун сунуш кылды. Бул усулдун маанисин түшүнүү үчүн төмөнкү мисалды көрөлү. Айрым заттардын атомдорунда ойгонгон абалдар болуп, атомдор бул абалдарында көпкө турушу мүмкүн. Мындай абалдарга *метастабилдүү абалдар* дейилет. Метастабилдүү абалдар менен жакуттун кристаллы мисалында кеңири таанышалы.

Жакут лазери. Жакуттун кристаллы алюминий оксид Al_2O_3 төн турган болуп, Al дин кээ бир атомдорунун ордун хромдун үч валенттүү Cr^{3+} иондору ээлеген болот. Күчтүү жарыктандыруунун натыйжасында хромдун атомдору *1* негизги абалдан *3* ойгонгон абалга аргасыз түрдө өткөрүлөт (7.3-сүрөт).

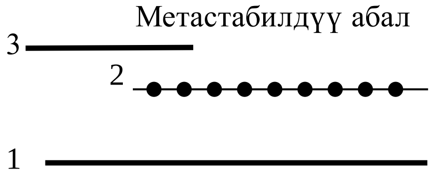
Хром атомунун ойгонгон абалда жашоо мезгили аябай кичине (10^{-7}с) болгондуктан, ал же спонтандуу түрдө (өзү-өзүнөн) *1* негизги абалга өтүшү же нурлануусуз *2* абалга өтүшү (метастабилдүү абал) мүмкүн (7.3-сүрөт). Мында энергиянын артык баш бөлүгү жакут кристаллынын торчосуна берилет. *2* абалдан *1* абалга өтүшүнүн тандоо эрежелери боюнча тыюу салынгандыгы хром атомдорунун *2* абалда чогулушуна алып келет. Эгерде аргасыз ойготуу өтө чоң болсо, *2* абалдагы атомдордун концентрациясы *1* абалдагыдан өтө чоң болуп, *2* абалда электрондордун өтө жыш жайлашуусу жүрөт (7.4-сүрөт). Эгерде жакутка хром атомунун метастабилдүү абалы (E_2) жана негизги абалы (E_1) энергияларынын айырмасына барабар, $E_2-E_1=h\nu$ энергиялуу кандайдыр фотон түшсө, анда иондордун *2* абалдан *1* абалга аргасыз өтүшү жүрүп, энергиясы баштапкы фотондун энергиясына барабар фотондор чыгарылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

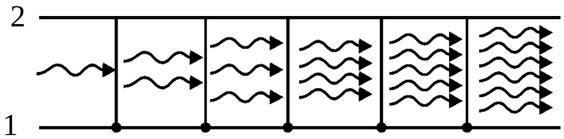
Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE



7.3-сүрөт.



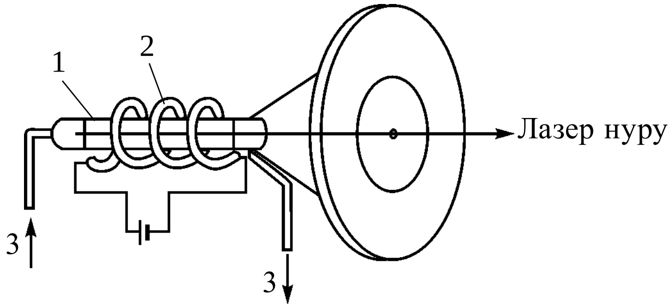
7.4-сүрөт.



7.5-сүрөт.

Бул жараян көчкү сымал өнүгүп, фотондордун саны кескин чоңоюп отурат (7.5-сүрөт). Бул фотондордун жыштыктары гана эмес, ошондой эле фазалары, таралуу багыттары жана уюлдануу тегиздиктери да бирдей болот. Натыйжада жакуттан күчөгөн когеренттүү жарык агымы, б. а. *лазер нуру* чыгат.

7.6-сүрөттө жакут лазерин алуунун схемасы көрсөтүлгөн. Жакут таякча *1* хром атомдорунун метастабилдүү абалга өтүшүн камсыздоочу *2* газдуу лампа менен курчалган. Жакуттун температурасын керектүү мааниде сактоону камсыздоо максатында муздатуу системасы *3* кошулган.



7.6-сүрөт.

Башка лазерлердин алыныш механизми да ушуга окшойт.

Лазердин түрлөрү. Квант генераторлору квант механикасынын мыйзамдары негизинде каалагандай (электр, жылуулук, жарык, химиялык жана у.с.) энергияны когеренттүү жарык нурунун энергиясына

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

айландырып берет. Мындай укмуш касиетке ээ экендиги лазер нурунун өтө кеңири колдонулушуна себепчи болууда.

Лазерлер активдештирүүчү заттардын түрлөрүнө, б. а. кандай энергияны когерентүү жарык нуру энергиясына айландырышына карай бир канча түрлөргө бөлүнөт. Булар: катуу лазерлер, жарым өткөргүчтүү лазерлер, газ лазерлери, химиялык лазерлер, булалуу лазерлер, рентген лазерлери жана у.с.

Алар импульс, үзгүлтүксүз жана квазиүзгүлтүксүз режимдерде иштеши мүмкүн.

Лазердин касиеттери менен таанышалы.

Жогору деңгээлде когеренттүү, б. а. фотондордун фазалары бирдей.

Туруктуу монохром. Шооланы түзгөн фотондор толкун узундуктарынын айырмасы 10^{-11} м ден ашпайт, б. а. $\Delta\lambda < 10^{-11}$ м.

Нурлануу кубаттуулугу абдан чоң. Лазер нурунда нурлануунун кубаттуулугу 10^{16}–10^{20} Вт/м^2 ге чейин болушу мүмкүн. Бул абдан чоң сан эсептелет. Ал эми Күндүн толук нурлануу спектри боюнча нурлануу кубаттуулугу $7 \cdot 10^7$ Вт/м^2 ди түзөт.

Нурдун чачылуу бурчу абдан кичине. Мисалы, Жерден Айга багытталган лазер Айдын бетинде 3 км диаметрлүү жааны гана жарыктандырат. Кадимки прожектор нуру болсо 40 000 км диаметрлүү талааны жарыктандырмак.

Лазердин колдонулушу. Ыңгайлуулугу жана энергиянын аз сарпталышы лазердин өтө катуу материалдарды иштетүү жана ширетүүдө кең колдонуу мүмкүнчүлүгүн берди. Мисалы, мурда алмаздан кичинекей көзөнөк ачуу үчүн 24 саат убакыт сарпталган болсо, эми бул иш лазердин жардамында 6–8 минутта ишке ашырылат.

Саат жасоо өнөр жайы үчүн зарыл болгон жакут жана алмаз таштарда диаметри 1–10 мм, тереңдиги 10–100 мкм назик көзөнөкчөлөр лазердин жардамында ачылат.

Лазер абдан кең колдонула турган тармактардан дагы бири – материалдарды кесүү жана ширетүү. Бул жумуштар микроэлектроника, полиграфия өңдүү назик тармактарда гана эмес, ошондой эле машина куруучулукта, автомобиль куруучулукта, курулуш материалдарын өндүрүүдө да аткарылат.

Лазер нурлары буюмдардагы дефекттерди аныктоо, химиялык реакциялардын механизмин үйрөнүү жана аларды ылдамдатуу, абдан таза материалдарды алууда да эң жакшы жардамчы. Учурда лазердин жардамында изотоптор, алсак, урандын изотоптору бөлүп алынууда.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Лазер өлчөө иштеринде да кеңири колдонулат. Анын жардамында алыстан туруп көчкүлөрдү, чөйрөнүн сындыруу көрсөткүчүн, басымды, температураны өлчөөгө болот. Лазер нуру Жерден Айга чейинки аралыкты аныкташтырууда, Айдын картасын тактоодо жардам берди.

Лазер медицинада да кеңири колдонулат. Ал кан чыгарбай турган бычактын милдетин аткарып, адамдардын өмүрүн узайтууга, көрүү жөндөмдүүлүгүн калыбына келтирүүгө кызмат кылып жатат.

Лазер колдонула тарган келечектүү тармактардан дагы бири – жогору температуралуу плазманы алуу. Бул тармак термоядро синтезин лазер менен башкаруу жолунда зор мүмкүнчүлүктөрдү жараткандыгы себептүү окумуштуулардын көңүлүн өзүнө тарткан.

Лазерлүү диск түшүнүгү компьютерде иштегендер жана музыка сүйүүчүлөр турмушунун ажырагыс бөлүгүнө айланды.

Учурда лазерди колдонуу тармагы аябай көп, алардын бардыгына токтолуп өтүүнүн мүмкүнчүлүгү да жок. Бирок биздин дилгир окуучубуз бул жумушту өз алдынча ишке ашырат, деп үмүттөнөбүз.

1. *Лазер деген эмне?*
2. *Спонтандуу нурлануу деп кандай нурланууга айтылат?*
3. *Аргасыз өтүү кандай алынат?*
4. *Метастабилдүү абал деп кандай абалга айтылат?*
5. *Лазердин өлчөө иштеринде, илимде, медицинада колдонулушуна мисал келтир.*

39-тема. АТОМ ЯДРОСУНУН КУРАМЫ. БАЙЛАНЫШ ЭНЕРГИЯСЫ. МАССА ДЕФЕКТИ

Атом ядросу. Резерфорд тажрыйбалар аркылуу атомдун оң заряддалган ядросу (өзөгү) бар деген тыянакка келет. Атомдун чоңдугу 10^{-10} м болгон учурда ядронун чоңдугу 10^{-14}–10^{-15} м ди түзөт. Башкача айтканда, ядро атомдон 10 000–100 000 эсе кичине.

Атом массасынын дээрлик 95 пайызы ядродон орун алган. Эгерде кандайдыр нерсе массасынын 95 пайызы ал ээлеген көлөмдөн 100 000 эсе кичине көлөмдөн орун алганын этибар алсак, бардык заттар, негизинен, көңдөйдөн турушуна таң калбай аргабыз жок. Эми ядронун өзү кандай түзүлгөн, деген суроону карап көрөлү.

Орус физиги Д. И. Иваненко жана немис физиги В. Гейзенберг *атомдун ядросу протон менен нейтрондордон түзүлгөн*, деген ойду айтышкан.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Протон (*p*)–суутек атомунун ядросу, 1919-жылы Резерфорд жана анын шериктери тарабынан ачылган. Электрондун зарядына барабар оң зарядга ээ. Тынч тургандагы массасы $m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}$ кг$\approx 1836\ m_e$, бул жерде m_e– электрондун массасы. (*Proton*– грекче–"биринчи").

Нейтрон (*n*) – 1932-жылы англис физиги Ж.Чедвик тарабынан ачылган. Электр нейтралдуу бөлүкчө. Тынч тургандагы массасы $m_n = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}$ кг$\approx$ $\approx 1839\ m_e$ (*Neutron*–латинче тигиндей да, мындай да эмес).

Протон менен нейтрондорго чогуу *нуклондор* дешет (латинче nucleus – *ядро*). Атом ядросундагы нуклондордун жалпы санына *масса саны (А)* дейилет.

Атомдун ядросу *Ze* заряд саны менен мүнөздөлөт. Бул жерде: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл го барабар болуп протондун зарядын мүнөздөйт. *Z* – ядронун заряд саны деп аталып, ал ядродогу протондор санына барабар жана Менделеевдин элементтер мезгилдүү системасында химиялык элементтин тартип номери менен бирдей.

Ядро нейтралдуу атом кандай белгиленсе, куду ошондой белгиленет: ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$, бул жерде: *X* – химиялык элементтин белгиси, *Z* – атомдун тартип номери (ядродогу протондордун саны); *A* – масса саны (ядродогу нуклондордун саны). Атом электр нейтралдуу болгондуктан, ядродогу протондордун саны атомдогу электрондордун саны менен бирдей болот.

Изотоптор. (*Изотоп* – грекче izos – барабар, бирдей; topos – жер) Тартип номери (*Z*) бирдей, бирок масса саны *(A)* түрдүүчө болгон элементтерге *изотоптор* дейилет. Изотоптор ядросундагы нейтрондорунун саны $(N = A - Z)$ менен айырмаланат.

Изобарлар. Масса саны *(A)* бирдей, бирок тартип номери (*Z*) түрдүүчө болгон элементтерге *изобарлар* дейилет. Изобарлар ядросундагы протондорунун саны $(Z = A - N)$ менен айырмаланат.

Ядронун чоңдугу. Ядронун радиусу тажрыйбанын негизинде алынган

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \qquad (7–9)$$

формула менен аныкталат. Бул жерде: $R_0 = (1{,}2–1{,}7) \cdot 10^{-15}$ м. Белгилей кетчү жери, атом ядросунун радиусу дегенде, ядро күчтөрүнүн таасири көрүнгөн зонанын сызыктуу чоңдугун түшүнөбүз. Ядронун көлөмү андагы нуклондор саны *A* дан көз каранды болсо да, бардык ядролордо нуклондордун тыгыздыгы бирдей. Ядронун тыгыздыгы абдан чоң болуп, $\rho = 2 \cdot 10^{11}$ кг/м^3 айланасында. Башкача айтканда, *1 м^3 ядро материалынын массасы 200 млн тонна болот.* Мындай чоң масса кантип байланышкан экен?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

*Ядрону кулон күчү таасиринде ажырап кетүүдөн сактап турган мындай тартышуу күчтөрүнө **ядро күчтөрү** дейилет.*

Ядронун байланыш энергиясы. Текшерүүлөрдүн көрсөтүшүнчө, атомдун ядросу кыйла бекем түзүлүшкө ээ. Демек, ядродогу нуклондордун ортосунда белгилүү байланыш бар. *Ядрону өз алдынча нуклондорго ажыратуу үчүн зарыл болгон энергияга ядронун байланыш энергиясы дейилет.* Ядронун байланыш энергиясы анын туруктуулугунун өлчөмү саналат. Энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча, ядрону ажыратуу үчүн канча энергия сарпталса, ядро пайда болгондо да ошончо энергия бөлүнүп чыгат.

Анда бул энергия эмнеге барабар жана ал кантип пайда болот?

Масса дефекти. Ядронун массасын *масс-спектрометрлер* деп аталган аспап жардамында өтө тактыкта өлчөөгө болот. Мындай өлчөөлөрдүн көрсөтүшүнчө, ядронун массасы анын курамына кирген нуклондор массаларынын суммасынан кичине экен. Башкача айтканда, нуклондордон ядро пайда болушунда

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n] - m_я \qquad (7\text{–}10)$$

га барабар массанын жетишсиздиги келип чыгат. Бул жерде: m_p, m_n, $m_я$ – тиешелүү түрдө протон, нейтрон жана ядронун массалары. Массанын жетишпеген бул бөлүгүнө *масса дефекти* дейилет. Белгилүү болгондой, массанын ар кандай Δm өзгөрүшүнө энергиянын Δmc^2 өзгөрүшү туура келет. Мына ушул энергия ядрону бир бүтүн кармап турат жана байланыш энергиясына барабар:

$$E_{бай} = \Delta mc^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_я]c^2. \qquad (7\text{–}11)$$

Турган сөз, түрдүү ядролор үчүн байланыш энергиясы да түрдүүчө. Аларды салыштырып, кайсылары туруктуу, ал эми кайсылары туруктуу эмес экендигин кантип аныктоого болот? Муну аныктоонун бир гана жолу – ар бир нуклонго туура келген байланыш энергиясын салыштыруу.

Салыштырма байланыш энергиясы $E_{сал}$ деп, ар бир нуклонго туура келген байланыш энергиясына айтылат, б. а.:

$$E_{сал} = \frac{E_{бай}}{A}, \qquad (7\text{–}12)$$

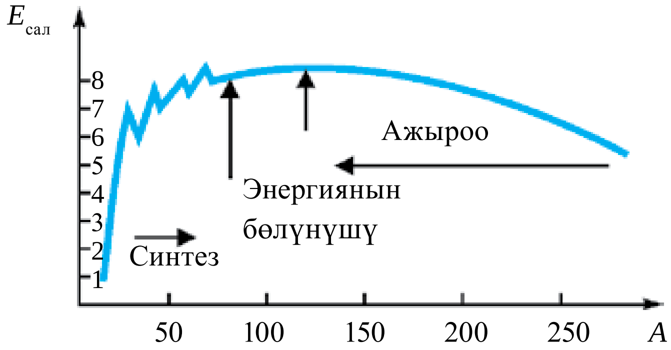
бул жерде: A – ядродогу нуклондордун саны.

7.7-сүрөттө салыштырма байланыш энергиясы $E_{сал}$ нин масса саны A дан көз карандылык графиги берилген. Көрүнүп тургандай, $E_{сал}$ нин түрдүү ядролор үчүн маанилери да түрдүүчө. Менделеевдин элементтер

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

мезгилдүү системасынын ортосунан орун алган элементтердин ядролору кыйла туруктуу. Мындай ядролор үчүн байланыш энергиясы 8,7 МэВ ко жакын. Ядродогу нуклондордун саны чоңоюшу менен байланыш энергиясы азаят. Мезгилдүү системанын аягындагы элементтер (мисалы, уран) үчүн ал 7,6 МэВ айланасында болот. Буга себеп – ядродогу протондордун саны чоңоюшу менен алардын ортосундагы түртүшүү күчү да чоңоёт.



7.7-сүрөт.

Электрондун атомго байланыш энергиясы 10 эВ айланасында болот. Демек, нуклондун ядрого байланыш энергиясы электрондун атомго байланыш энергиясынан млн эсе чоң экен.

Куду ушундай, жеңил ядролор үчүн да салыштырма байланыш энергиясы кыйла кичине. Дейтерий үчүн ал болгону 1,1 МэВ ту түзөт.

Ошондуктан ядро энергиясын ажыратып алуунун эки усулу, демек, ядро энергетикасынын эки багыты бар. Алардан биринчиси, жеңил ядролорду синтездөө болсо, экинчиси, оор ядролордун ажырашы.

1. *Атом ядросунун масса саны эмнени көрсөтөт?*
2. *Ядронун байланыш энергиясы деп кандай энергияга айтылат?*
3. *Масса дефекти деген эмне?*
4. *Атом массасынын канча бөлүгү ядродон орун алган?*
5. *Ядронун заряд саны дегенде эмнени түшүнөбүз?*

Маселе чыгаруунун үлгүлөрү

Натрий $^{23}_{11}\text{Na}$ жана фтор $^{19}_{9}\text{F}$, ядролорунун курамы кандай?

Жообу: $^{23}_{11}\text{Na} \to Z = 11;\ N = A - Z = 23 – 11 = 12;$

$^{19}_{9}\text{F} \to Z = 9;\ N = A - Z = 19 – 9 = 10.$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

40-тема. РАДИОАКТИВДҮҮ НУРЛАНУУНУ ЖАНА БӨЛҮКЧӨЛӨРДҮ КАТТООНУН УСУЛДАРЫ

Бөлүкчөлөрдү каттоочу аспаптардын түрлөрү. Радиоактивдүү заттардын нурлануусун үйрөнүүдөн негизги максат – радиоактивдүү ажыроодо чыгарыла турган бөлүкчөлөрдүн табиятын, энергиясын жана нурлануу интенсивдүүлүгүн (радиоактивдүү зат бир секундда чыгарган бөлүкчөлөрдүн санын) аныктоодон турат. Аларды каттоонун эң кең таралган усулдары бөлүкчөлөрдүн иондоштурулушуна жана фотохимиялык таасирлерге негизделген. Бул милдетти аткарган аспаптар да эки түргө бөлүнөт:

1. Бөлүкчөлөрдү мейкиндиктин кандайдыр бөлүгүнөн өткөнүн каттоочу жана кээ учурларда алардын айрым мүнөздөмөлөрүн, мисалы, энергиясын аныктоо мүмкүнчүлүгүн берген аспаптар. Мындай аспаптарга синтилляциялык (жарк этүүчү) эсептегич, Черенков эсептегичи, газ разряддуу эсептегич, жарым өткөргүчтүү эсептегич жана импульстуу иондоштуруучу камера мисал боло алат.

2. Бөлүкчөнүн заттагы изине байкоо жүргүзүү, мисалы, сүрөткө тартуу мүмкүнчүлүгүн берген аспаптар. Мындай аспаптарга Вильсон камерасы, диффузиялуу камера, шарчалуу камера, фотоэмульсия усулу мисал боло алат. Төмөн жакта алардын айрымдары менен таанышабыз

Жалпысынан алганда, эки түрдүү газ разряддуу эсептегич бар. Биринчиси, *пропорциялаш эсептегич* делип, анда газ разряды эркин эмес болот. *Гейгер-Мюллер эсептегичи* деп аталган экинчи эсептегичте болсо газ разряды өз алдынча болот. Гейгер-Мюллер эсептегичтеринин ажырата алуу убакыты 10^{-3}–10^{-7} с ду түзөт, б. а. ошол убакыт аралыгында түшкөн бөлүкчөлөр катталат.

Гейгер эсептегичи – газдын иондошушуна негизделген.

Ал жалаң бөлүкчөлөрдүн өтүшүн гана каттайт.

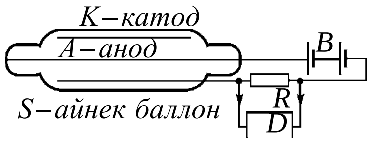
Гейгер эсептегичи ички жагынын металл катмары (катод) менен капталган айнек баллон жана баллондун огун бойлой тартылган ичке металл буладан (аноддон) турат. Айнек баллон *S* төмөн басым астында газ менен толтурулат. Муну цилиндр сымал конденсатор деп кароого болот. Конденсаторго *Б* батареядан *R* каршылык аркылуу чыңалуу берилет.

Эгерде конденсаторго заряддалган бөлүкчө учуп кирсе, газдын молекулаларын иондоштуруп, газ разрядын пайда кылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Натыйжада эсептегич аркылуу ток өтө баштайт жана R каршылыкты бойлой потенциал азаят. Чыңалуунун мындай термелүүсү D күчөткүч жана механикалык эсептегичтен турган каттоочу курулмага берилет.



7.8-сүрөт.

Ошентип, Гейгер эсептегичи ар бир иондоштуруучу бөлүкчөнү каттайт. Анын сезгичтиги чоң болуп, секундуна 10000 бөлүкчөнү каттай алат.

Шарчалуу камера – кыздырылган суюктуктун бөлүкчөнүн траекториясын бойлой кайнашына негизделген жана анын траекториясын каттай турган аспап. Ал суюк суутек куюлган, жарыктандыруу жана сүрөткө тартуу мүмкүн болгон айнек камерадан турат. Анын көлөмү 3 см^3 ден бир нече метр кубдарга чейин болушу мүмкүн. Шарчалуу камераны ачканы үчүн Гейгерге 1960-жылы Нобель сыйлыгы берилген.

Баштапкы абалда камерадагы суюктук жогору басым астында болот, ошондуктан суюктуктун температурасы атмосфера басымындагы кайноо температурасынан жогору болсо да, ал кайнабайт.

Каралып жаткан бөлүкчө камерадан учуп өткөндө суюктуктун молекулаларын иондоштурат. Дал ошол убакытта суюктуктун басымы кеңитүүчү курулманын жардамында кескин төмөндөтүлөт. Суюктук өтө ысытылган абалга өтөт жана кайнайт. Бул мезгилде иондордо абдан кичине буу шарчалары пайда болот. Ошондуктан бөлүкчөнүн жалпы жолу шарчалар менен капталган болот. Камераны жарыктандырып, издерге байкоо жүргүзүүгө же фотосүрөткө тартууга болот.

Шарчалуу камеранын Вильсон камерасынан үстөмдүгү, анда жумушчу зат тыгыздыгынын чоң болушу. Мунун натыйжасында бөлүкчөлөр күчтүү тормоздолот жана салыштырмалуу кыска жолду өтүп токтойт. Ошондуктан шарчалуу камеранын жардамында абдан чоң энергиялуу бөлүкчөлөрдү да текшерүүгө болот.

Синтилляциялык эсептегич. Иштөө принциби тез бөлүкчөлөрдүн флюоэссенциялануучу экранга түшүшүндө жүргөн жарк этүү – синтилляциянын байкалышына негизделген. Алынган күчсүз жарыктын жарк этиши электр импульстарына айландырылат жана күчөтүлүп, атайын аппараттар жардамында катталат. α–бөлүкчө биринчи жолу дал ушундай эсептегич жардамында (1903-жылы) катталган болчу.

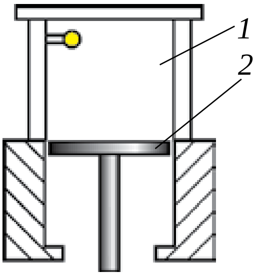
Вильсон камерасы бөлүкчөлөрдүн изи боюнча (*trek*–англисче–*из*) каттайт. Камера 1911-жылы англис физиги Ч. Вильсон тарабынан жаратылган. Ал тез учуп келе жаткан бөлүкчөлөрдүн, буу сымал абалдагы заттан өткөндө, ошол заттын молекулаларын иондоштурушуна негизделген.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Вильсон камерасынын схемасы 7.9-сүрөттө көрсөтүлгөн. Камеранын жумушчу көлөмү (*1*) суу же спирттин каныккан буусу болгон аба же газ менен толтурулган. Поршень (*2*) ылдый карай тез аракеттенгенде *1* көлөмдөгү газ адиабата түрдө кеңеет жана муздайт. Натыйжада газ өтө каныккан абалга келет. Камерадан учуп өткөн бөлүкчө өзүнүн жолунда иондорду пайда кылат жана көлөм кеңигенде конденсатталган буулардан тамчылар пайда болот. Ошентип, бөлүкчөнүн артынан ичке тумандуу жол көрүнүшүндө из калат. Бул изди көрүүгө же сүрөткө тартууга болот.

Альфа-бөлүкчө газды күчтүү иондоштурат, натыйжада Вильсон камерасында калың из калат (7.10-сүрөт). Бета-бөлүкчө өтө ичке из калтырат. Гамма-нурлануу болсо Вильсон камерасындагы газ молекулаларынан согуп чыгарган фотоэлектрондору жардамында гана катталышы мүмкүн.



7.9-сүрөт.

7.10-сүрөт.

Фотоэмульсия усулу. 1927-жылы орус физиги Л. Миловский заряддалган бөлүкчөлөрдүн изин каттоонун жөнөкөй усулун сунуш кылды. Заряддалган бөлүкчөлөр фотоэмульсия аркылуу өткөндө, анда сүрөт пайда кылуучу ионизацияны пайда кылат. Сүрөт ачылгандан кийин заряддалган бөлүкчөлөрдүн издери көрүнүп калат. Эмульсия өтө калың болгондуктан, бөлүкчөнүн анда калтырган изи аябай кыска болот. Ошондуктан, фотоэмульсия усулу абдан чоң энергиялуу ылдамдаткычтардан чыгып жаткан бөлүкчөлөр менен космостук нурлар келтирип чыгарган реакцияларды үйрөнүү максатында иштетилет.

?

1. *Бөлүкчөлөрдү каттоонун негизги усулдары алардын кандай таасирлерине негизделген?*
2. *Газ разряддуу эсептегичтин иштөө принциби кандай?*
3. *Гейгер-Мюллер эсептегичинин иштөө принциби жана өнүмдүүлүгү кандай?*
4. *Фотоэмульсия усулу эмнеден турат?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Маселе чыгаруунун үлгүсү:

1. Эгерде Вильсон камерасына учуп кирген (7.9-сүрөткө кара) электрон треки (изи)нин радиусу 4 см, магнит талаасынын индукциясы 8,5 мТл болсо, анда электрондун ылдамдыгы кандай?

Б е р и л г е н:
$R = 4$ см $= 4 \cdot 10^{-2}$ м
$B = 8{,}5$ мТл $= 8{,}5 \cdot 10^{-3}$ Тл

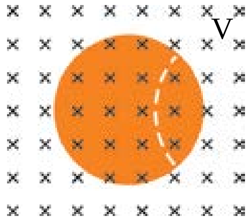
Табуу керек:
$v = ?$

Ч ы г а р ы л ы ш ы:

$$F_\lambda = F_{mi} \quad (1)$$

$$e[\vec{v} \cdot \vec{B}] = \frac{mv^2}{R}, \quad evB = \frac{mv^2}{R},$$

$$v = \frac{ReB}{m}. \quad (2)$$



Берилгендерден алабыз $v = \dfrac{1{,}6 \cdot 10^{-19}\text{Кл} \cdot 8{,}5 \cdot 10^{-3}\text{ Тл} \cdot 4 \cdot 10^{-2}\text{м}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\text{ кг}} = 6 \cdot 10^7$ м/с.

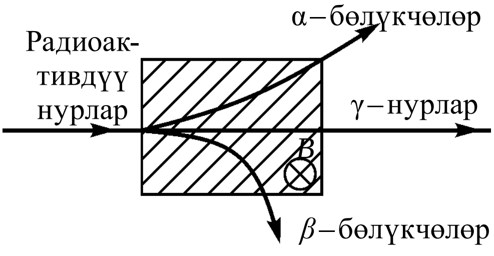
Жообу: $6 \cdot 10^7$ м/с.

41-тема. РАДИОАКТИВДҮҮ АЖЫРОО МЫЙЗАМЫ

Француз физиги А. Беккерель 1896-жылы урандын туздарында люминесценция кубулушун үйрөнүп жатып, укмуштуу кубулушка дуч келди. Урандын тузун фотопластинканын үстүндө калтырган Беккерель пластинканы ачканда, пластинкага туздун сүрөтү түшүп калганын көрдү. Тажрыйбаны бир нече жолу кайталаган Беккерель, мындай туздар кагаздан, жука металлдан оңой өтүүчү, абаны иондоштуруучу, люминесценция кубулушун келтирип чыгаруучу белгисиз нур чыгарат, деген тыянакка келди.

Бул нурлар *радиоактивдүү нурлар* (латинче *radius* – нур), радиоактивдүү нурларды чыгаруу *радиоактивдүүлүк* деп аталды.

Резерфорд тажрыйбалар жардамында радиоактивдүү нурлар бир тектүү болбостон, бир нече нурлардан турушун аныктады. Сүрөт тегиздигине перпендикулярдуу багытталган магнит талаасынан жүргүзүлгөн нур (7.11-сүрөт) үч: *α, β, γ*–нурга бөлүнүп кетти. Алардын биринчиси – гелий ядросунун агымы, экинчиси – электрондордун агымы, ал эми үчүнчүсү болсо γ – кванттар (фотондор) агымы.



7.1-сүрөт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Табигый радиоактивдүүлүк. Уран – радиоактивдүү нур чыгаруучу жалгыз элемент эмес. Радиоактивдүүлүктү ар тараптан терең үйрөнгөн жубайлар Мария жана Пьер Кюри уран рудасынан эки радиоактивдүү элемент – полоний (Po) менен радий (Ra)ди бөлүп алууга татыктуу болушту. Табигый радиоактивдүү элементтер Жердин каалагандай жайында бар. Ал абада, сууда, топуракта, тирүү организмдин клеткаларында, тамак-аштарда каалаганча табылат. Табиятта эң көп таралган радиоактивдүү изотоптор ^{40}K, ^{14}C, уран менен торийдин изотоптору.

Белгилей кетчү жери, радиоактивдүүлүк изотоптун нукура таза же кандайдыр бирикменин курамында жана кандай агрегаттык абалда болушунан таптакыр көз каранды эмес. Ошону менен бирге, басым да, температура да, электр жана магнит талаасы да табигый радиоактивдүүлүккө таасир көрсөтө албайт. Демек, радиоактивдүүлүк ядронун ичиндеги жараяндардан гана көз каранды, деген тыянакка келүүдөн башка арга жок.

Табигый радиоактивдүүлүк деп, стабилдүү эмес изотоптор атому ядролорунун түрдүү бөлүкчөлөрдү чыгаруу жана энергия бөлүп чыгаруу менен стабилдүү изотопторго айланышына айтылат.

Ошентип, радиоактивдүүлүк атом ядросу жана анда жүрө турган жараяндар жөнүндө маалымат берген булактардан бири саналат.

Радиоактивдүү ажыроо мыйзамы. Ядронун радиоактивдүү нур чыгаруу менен башка ядрого айланышы ***радиоактивдүү ажыроо*** же ***бөлүнүү*** дейилет. Радиоактивдүү ажыраган ядрого эне ядро, ал эми алынган ядрого болсо бала ядро дейилет. Анда бул ажыроо кандайдыр мыйзамга баш иеби? Көптөгөн тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, каралып жаткан көлөмдөгү радиоактивдүү атомдордун саны убакыттын өтүшү менен азайып отурат. Айрым элементтерде бул азаюу минут, ал тургай секунддар ичинде жүрсө, айрымдарында миллиарддаган жылдарга созулат. Жалпысынан алганда, ядронун ажырашы – табигый кубулуш. Андыктан тигил же бул ядронун берилген убакыт аралыгында ажырашы статикалык мыйзамдарга баш иет. Радиоактивдүү элементтин негизги мүнөздөмөлөрүнөн бири ар бир ядронун бир секунддун ичинде ажыроо ыктымалы менен аныктала турган чоңдук экендиги. Ал λ тамгасы менен белгиленет жана ага радиоактивдүү ажыроо туруктуусу дейилет.

Эгерде баштапкы момент $t=0$ дө N_0 радиоактивдүү атом болсо, анда t моментте калган радиоактивдүү атомдордун саны

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \tag{7–12}$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

мыйзамы менен аныкталат. Бул жерде: e≈2,72-натуралдык логарифмдин негизи. (7–12) туюнтмага радиоактивдүү ажыроо мыйзамы дейилет.

Жарым ажыроо мезгили. Радиоактивдүү ажыроо интенсивдүүлүгүн мүнөздөгөн чоңдуктардан бири жарым ажыроо мезгили болуп саналат. Жарым ажыроо мезгили T деп, баштапкы ядролордун саны орточо эки эсе азайышы үчүн керек болгон убакытка айтылат.

Эгерде $t = T$ болсо, анда $N = \frac{N_0}{2}$ жана радиоактивдүү ажыроо мыйзамы боюнча:

$$\frac{N_0}{2} = N = N_0 e^{-\lambda T}.$$

Бул формуланы потенцирлеп:

$$\lambda T = ln2 \text{ же } T = \frac{\ell n2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda} \qquad (7\text{–}13)$$

ны алабыз.

Түрдүү изотоптор үчүн жарым ажыроо мезгили аябай кең интервалда өзгөрөт. Ал уран үчүн 4,56 млрд жылга барабар болсо, полонийдин изотобу үчүн болгону $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ с ду түзөт.

Радиоактивдүү ажыроо мыйзамы төмөнкүдөй туюнтулушу да мүмкүн:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \qquad (7\text{–}14)$$

бул жерде T– жарым ажыроо мезгили.

Активдүүлүк. Радиоактивдүү булактын активдүүлүгү (A) деп, 1 с дагы ажыроолор санына айтылат:

$$A = \frac{dN}{dt} \cdot \qquad (7\text{–}15)$$

Активдүүлүктүн СИ деги бирдиги – Беккерель (Бк) деп, 1 с да 1 ажыроо жүргөн активдүүлүккө айтылат. 1 Бк = 1 аж./1 с = 1 $с^{-1}$. Азырга чейин ядро физикасында системага кирбеген нуклид активдүүлүгүнүн бирдиги – кьюри (Cu) колдонулат: 1 Cu = $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Радиоактивдүү элементтер үй-бүлөсү. Тартип номери 83 төн чоң болгон элементтер изотопторунун бардыгы радиоактивдүү саналат. Табигый радиоактивдүү элементтер, адатта, төрт катарда жайлаштырылат. Алгачкы элементтен башка бардыгы мурдагысынын радиоактивдүү ажырашынын натыйжасында алынат.

$^{238}_{92}U$ урандын үй-бүлөсү коргошундун стабилдүү изотобу $^{206}_{82}Pb$ менен аяктайт. Торий $^{232}_{90}Th$ дин үй-бүлөсү болсо коргошундун башка стабилдүү

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

изотобу $^{208}_{82}Pb$, актиний $^{235}_{89}Ac$ дин үй-бүлөсү коргошундун стабилдүү изотобу $^{207}_{82}Pb$, нептуний $^{237}_{93}Np$ дин үй-бүлөсү висмуттун стабилдүү изотобу $^{209}_{83}Bi$ менен аяктайт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү:

1. Уран $^{233}_{92}U$ канча α бөлүкчөлөр чыгаргандан кийин висмут $^{209}_{80}Hg$ ка айланат?

Жообу: $^{233}_{92}U \rightarrow ^4_2He + ^{229}_{90}Th$. $^{229}_{90}Th \rightarrow ^4_2He + ^{225}_{88}Ra$. $^{225}_{88}Ra \rightarrow ^4_2He + ^{221}_{86}Rn$. $^{221}_{86}Rn \rightarrow ^4_2He + ^{217}_{84}Po$. $^{217}_{84}Po \rightarrow ^4_2He + ^{213}_{82}Pb$. $^{213}_{82}Pb \rightarrow ^4_2He + ^{209}_{80}Hg$.

Жообу: 6.

42-тема. ЯДРО РЕАКЦИЯЛАРЫ. КОТОРУЛУУ МЫЙЗАМЫ

Ядро реакциялары. Ядро реакциялары атом ядролорунун өз ара бири-бири менен же ядро бөлүкчөлөрү менен таасирдешүүсү натыйжасында башка ядролорго айланышы болуп саналат.

Ядро реакцияларында: электр зарядынын, нуклондор санынын, энергиянын, импульстун, импульс моментинин сакталуу мыйзамдары аткарылат. Бардык реакциялар реакция жараянында ажыраган же жутулган энергия менен мүнөздөлөт. Энергиянын ажырашы менен жүргөн реакцияларга ***экзотермикалык,*** ал эми энергиянын жутулушу менен жүргөн реакцияларга ***эндотермикалык*** реакциялар дейилет.

Ядро реакцияларынын түрлөрү. Ядро реакциялары төмөнкү белгилери боюнча түрлөргө бөлүнөт:

1. Анда катышкан бөлүкчөлөрдүн түрлөрү боюнча, нейтрондор, γ-кванттар, заряддалган бөлүкчөлөр (протон, дейтрон, α-бөлүкчө жана у.с.) таасиринде жүргөн реакциялар.

Реакцияда катышкан бөлүкчөлөрдүн энергиясы боюнча, кичине энергиялуу (≈ 100 эВ); орто энергиялуу (≈ 1 МэВ) жана жогору энергиялуу (≈ 50 МэВ) реакциялар.

Катышкан ядролордун түрү боюнча, жеңил ядролордо ($A < 50$); орто ядролордо ($50 < A < 100$); оор ядролордо ($A > 100$) жүргөн реакциялар.

Ядролук өзгөрүүлөрдүн мүнөзү боюнча, нейтрон чыгаруучу; заряддалган бөлүкчө чыгаруучу; бөлүкчө жутуучу реакциялар болот.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Реакцияда энергиянын ажырашы. Ядро реакциясында энергиянын ажырашы деп, реакцияга чейин жана андан кийин ядролор менен бөлүкчөлөрдүн тынч тургандагы энергияларынын айырмасына айтылат. Ошондой эле, ядро реакциясында энергиянын ажырашы реакцияда катышкан жана реакциядан кийинки кинетикалык энергиялардын айырмасына барабар. Эгерде реакциядан кийин ядро менен бөлүкчөлөрдүн кинетикалык энергиялары реакцияга чейинкиден чоң болсо, анда энергия ажыраган болот. Тескерсинче, энергия жутулат. Мисалы,

$$^{7}_{3}Li+^{1}_{1}H=^{4}_{2}He+^{4}_{2}He. \qquad (7–16)$$

Реакцияда алынган гелий ядролорунун кинетикалык энергиялары реакцияга киришкен протондун кинетикалык энергиясынан 7,3 МэВ ко көп.

Бор теориясы. Бор сунуштаган теория боюнча, ядро реакциясы эки баскычта жүрөт. Биринчи баскычта ядро A ага багытталган бөлүкчө менен кошулуп кетет жана жаңы козголгон абалдагы C ядрону пайда кылат: $A+a\rightarrow C$. Экинчи баскычта болсо козголгон ядро C ядро реакциясынын продуктуларына ажырап кетет: $C\rightarrow b+B$. Ошентип, ядро реакциясы төмөнкү схема боюнча жүрөт:

$$A+a\rightarrow C\rightarrow b+B. \qquad (7–17)$$

Альфа-нурлануу. Атом ядросундагы нуклондор ар дайым кыймылда жана өз ара өзгөрүштө болот. Ядронун ичинде пайда боло турган эң туруктуу продукт – бул эки протон жана эки нейтрондон турган продукт. Ядронун ичиндеги энергия бөлүштүрүүдө дал ушул бөлүкчө ядронун негизги энергиясын өзүнө алышы жана белгилүү шарттарда α-бөлүкчө иретинде аны таштап кетиши мүмкүн.

Атом ядросунун α-бөлүкчөнү чыгаруу менен башка ядрого өзгөрүшүнө ***альфа-нурлануу*** (ажыроо) дейилет.

Эгерде $^{A}_{Z}X$ эне ядро болсо, α–нурлануунун натыйжасында бул ядронун башка ядрого айланышы төмөнкү схеманын негизинде жүрөт:

$$^{A}_{Z}X\rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y+^{4}_{2}\alpha+(h\nu), \qquad (7–18)$$

бул жерде: $^{A-4}_{Z-2}Y$ –бала ядронун белгиси, $^{4}_{2}\alpha$–гелий ($^{4}_{2}He$) атомунун ядросу (α-бөлүкчө), $h\nu$–козголгон $^{A-4}_{Z-2}Y$ –ядро чыгарып жаткан квант.

(7–18) ден көрүнүп тургандай, α-нурлануунун натыйжасында ядронун массалык саны 4 кө, заряды болсо 2 элементардык оң зарядга азаят. Б. а. α–нурлануунун натыйжасында химиялык элементтин Менделеев элементтер мезгилдүү системасындагы орду эки чакмакка солго жылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Буга ***которулуу эрежеси*** дейилет. Бул электр заряды менен масса санынын сакталуу мыйзамдарынын натыйжасы болуп саналат.

Бета-нурлануу. Ядродо нуклондордун бири-бирине айланышы менен байланыштуу башка өзгөрүштөр да жүрөт. Мисалы, ядро электрондордун агымын чыгарышы мүмкүн. Бул ***β-нурлануу*** (ажыроо) деп аталат.

Которулуу эрежеси боюнча, β-нурланууда ядронун масса саны өзгөрбөйт:

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e. \qquad (7–19)$$

Туюнтмадан көрүнүп тургандай, β-нурлануунун натыйжасында химиялык элемент Менделеевдин мезгилдүү системасында бир чакмакка оңго жылат.

Радиоактивдүү өзгөрүштөр. Жогорудагы реакциялардан көрүнүп тургандай, алардин жардамында бир химиялык элементти башкасына өзгөртүү жана ушундай жол менен жасалма түрдө радиоактивдүү элементтерди алууга болот. Мындай реакцияларга радиоактивдүү өзгөрүштөр дейилет.

Жалпысынан алганда, жасалма жана табигый радиоактивдүүлүктүн ортосунда эч кандай айырма жок. Анткени, изотоптун касиеттери анын алынуу усулунан таптакыр көз каранды эмес жана жасалма изотоп табигый изотоптон эч кандай айырмаланбайт.

Гамма-нурлануу. Француз физиги П. Виллар 1900-жылы коргошун α жана β-бөлүкчөлөр менен нурландырылганда, кандайдыр калдык нурлануу болушун аныктаган. Бул нурлануу магнит талаасынын таасиринде өзүнүн багытынан жанбаган. Иондоштуруу жөндөмү кыйла кичине, ал эми жутулуу жөндөмү болсо рентген нурларыныкынан кыйла күчтүү болгон. Аны γ-нурлануу деп аташкан.

γ-нурлануу да рентген нурлары сыяктуу электр-магниттик толкун саналат. Алар пайда болушу жана энергиялары менен бири-биринен айырмаланат. Эгерде рентген нурлары орбиталдык электрондордун козголушу жана тез электрондордун тормоздолушу натыйжасы болсо, анда γ-нурлануу ядролордун бири-бирине өзгөрүшүнөн алынат.

Жалпысынан алганда, ядро радиоактивдүү ажыроо же жасалма түрдө ядролордун бири-бирине айланышы натыйжасында козголгон абалга өтөт. Ал козголгон абалдан негизги абалга өткөндө γ-нурланууну чыгарат. Анын энергиясы бир нече килоэлектрон-вольттон, бир нече млн электрон-вольтко чейин болушу мүмкүн. γ-нурлануу заттан өткөндө анын баштапкы интенсивдүүлүгү кыйла азаят. Буга себеп – фотоэффект, комптон эффекти жана электрон-позитрон түгөйүнүн пайда болушу.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1. Ядро реакцияларында кандай сакталуу мыйзамдары аткарылат?
2. Альфа-нурлануу деп эмнеге айтылат?
3. β-нурлануу деп эмнеге айтылат?
4. γ-нурлар кандай нурлар? Ал рентген нурларынан эмнеси менен айырмаланат?

Маселе чыгаруунун үлгүсү:

Төмөнкү реакцияда белгисиз продукт *X* ти тап.

$${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \Rightarrow {}^{17}_{8}X + {}^{1}_{1}H.$$

Жообу: ${}^{17}_{8}O.$

43-тема. ЭЛЕМЕНТАРДЫК БӨЛҮКЧӨЛӨР

Элементардык бөлүкчөлөр. «Элементардык» сөзүнүн мааниси «эң жөнөкөй» дегенди билдирет. Ушул күнгө чейин белгилүү бөлүкчөлөрдү элементардык деп атоо туура болбосо да, баштапкы учурларда киргизилген бул сөздөн азыр да пайдаланылат. Жалпысынан алганда, бөлүкчөлөр эми гана ачыла баштаганда алар материянын эң кичине бөлүкчөсү иретинде кабыл алынган жана чындап элементардык деп эсептелген. Бирок алардын кээ бирлеринин (алсак, нуклондордун) татаал түзүлүшкө ээ экендиги кийинчерээк белгилүү болгон. Учурда 300 дөн ашуун элементардык бөлүкчөлөр бар. Алардын көпчүлүгү стабилдүү эмес болуп, акырындык менен жеңил бөлүкчөлөргө айланат.

Электрон. Биринчи ачылган элементардык бөлүкчө – бул электрон. Катод нурларынын касиеттерин үйрөнүп жаткан Ж. Томсон бул терс заряддалган бөлүкчө электрондордун агымынан турушун аныктады. Бул окуя 1897-жылдын 29-апрелинде болгон жана ошол дата биринчи элементардык бөлүкчө ачылган күн болуп саналат.

Фотон. 1900-жылы М. Планк жарыктын фотон деп аталган бөлүкчөлөр агымынан турушун көрсөттү. Фотон электр зарядына ээ эмес, тынч тургандагы массасы нөлгө барабар, б. а. фотон жарыктын ылдамдыгына барабар ылдамдык менен аракеттенгенде гана болушу мүмкүн.

Протон. 1919-жылы Э. Резерфорд тажрыйбада азотту α-бөлүкчөлөр менен жардыруунун натыйжасында, суутек атомунун ядросу – протон ачылган. Ал зарядынын саны электрондун зарядына барабар, оң заряддалган бөлүкчө. Массасы электрондун массасынан 1836 эсе чоң.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

К-мезондор. 1950-жылдардан баштап ачылган бөлүкчөлөрдүн саны кескин чоңоюп отурду. Алардын катарына К-мезондор да кирет. Алардын заряды оң, терс, нөл болушу мүмкүн. Массалары болсо 966–974 m_e айланасында.

Гиперондор. Кийинки бөлүкчөлөрдүн тобуна гиперондор дейилет. Алардын массалары 2180 m_e dan 3278 m_e ге чейинки аралыктарда болот.

Резонанстар. Кийинки учурларда жашоо мезгилдери аябай кичине болгон резонанстар деп аталган бөлүкчөлөр ачылды. Аларды түздөн-түз каттоонун мүмкүнчүлүгү болбой, алардын пайда болгону ажыраганда алынган продукт боюнча аныкталат.

Жалпысынан алганда, алгачкы учурларда болгону бир нече гана материянын эң кичине кычалары деп эсептелинген элементардык бөлүкчөлөр кийинчерээк аябай көп түрдүү жана татаал болуп чыкты.

Антибөлүкчөлөр. Биринчи антибөлүкчө – электрондун антибөлүкчөсү (карама-каршы бөлүкчөсү) – позитрон ачылгандан кийин башка бөлүкчөлөрдүн да антибөлүкчөсү барбы, деген суроо туулду. Антипротон 1955-жылы жезди протондор менен жардыруунун натыйжасында алынды. 1956-жылы болсо антинейтрон ачылды. Учурда ар бир бөлүкчөнүн өзүнүн антибөлүкчөсү, б. а. массасы жана спини бирдей, бирок заряды карама-каршы бөлүкчөсү бар экендиги аныкталган.

Электрон менен протондордун антибөлүкчөлөрү зарядынын белгиси менен айырмаланса, нейтрон менен антинейтрон жеке магнит моменттеринин белгиси менен айырмаланат. Зарядсыз бөлүкчөлөр фотон, π^0-өлчөмдөрдүн өздөрү жана антибөлүкчөлөрүнүн физикалык касиеттери бирдей.

Антибөлүкчөлөр жөнүндө маалыматка ээ болгондон кийин окуучуда бөлүкчө менен антибөлүкчө кездешип калса, эмне болот, деген суроо туулушу турган сөз. Бул суроого жоопту кийинки катарлардан табасың.

Зат менен талаанын бирин-бирине айланышы. Электрондун өзүнүн антибөлүкчөсү – позитрон менен кездешиши алардын электр-магнит нурлануунун квантына айланышына жана энергиянын ажырашына алып келет. Бул кубулушка аннигиляция дейилет:

$$e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma.$$

Электрон менен позитрон гана эмес, ошондой эле бардык бөлүкчөлөр да өзүнүн антибөлүкчөлөрү менен кездешкенде аннигиляцияга кабылат. Б. а. алар электр-магниттик талаанын кванттарына (фотондорго) айланат.

Мында аннигиляция сөзү туура тандалбаган. Анткени ал латинче «жоголуу» деген маанини билдирет. Чындыгында болсо бөлүкчө менен

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

антибөлүкчө кездешкенде эч кандай жоготуу болбойт. Бардык сакталуу мыйзамдары толук аткарылат. Болгону материя зат көрүнүшүнөн электр-магниттик талаанын кванттары көрүнүшүнө өтөт.

Энергиясы электрон жана позитрондун тынч тургандагы энергияларынын суммасынан чоң болгон γ-квант $E\gamma > 2m_0c^2 = 1{,}02$ МеВ ядронун алдынан өткөндө электрон-позитрон жуптугуна айланышы мүмкүн:

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+.$$

Электрон-позитрон жуптугунун пайда болушу жана алардын аннигилациясы материянын эки формасы (зат жана талаа) өз ара бирин-бирине айланышын көрсөтөт.

Элементардык бөлүкчөлөр таасирлеринин түрлөрү. Заманбап түшүнүктөр боюнча, табиятта төрт түрдөгү фундаменталдык таасирдешүү бар. Алар: күчтүү, электр-магнит, күчсүз жана гравитациялык таасирлер. Бул таасирлердин ар бирин ишке ашыра турган бөлүкчөлөр жана ар бирине туура келген өзүнүн талаалары болот. Адрондор – бардык түрдөгү фундаменталдык таасирдешүүлөрдө катышат. Бул класска бариондор жана π-мезондор кирет. Бариондор +1 барион зарядына, антибөлүкчөлөрү болсо –1 барион зарядына ээ. Мезондордун барион заряды нөлгө барабар. Бариондордун спини жарым сандуу, мезондордуку болсо бүтүн сан. Нуклондор жана нуклондорго бөлүнгөн оорураак бөлүкчөлөр да бариондорго кирет. Массасы нуклондун массасынан чоң болгон бариондорго гиперондор дейилет.

Лептондор – күчтүү таасирдешүүдөн башка үч таасирдешүүдө да катышат. Лептондор (“leptos” грекче – жеңил) – бул электрондор, позитрондор, μ-мезондор жана нейтринолор. Лептондор +1 лептон зарядына, антибөлүкчөлөрү болсо –1 лептон зарядына ээ.

Фотондор – гравитациялык жана электр-магнит таасирдешүүлөрдө катышкан бөлүкчөлөр.

Гравитондор – гравитациялык таасирдешүүдө гана катышат, деп эсептелүүчү бөлүкчөлөр. Акыркы тажрыйбалар гравитациялык толкундарды каттап жатса да, гравитондордун бар экендиги толук ырасталбаган.

Бардык элементардык бөлүкчөлөр бири-бирине айланып турат жана бул өзгөрүүлөр алардын бар экендигинин негизги себеби болуп саналат.

1964-жылы америкалык физиктер М. Гель-Ман менен Ж. Швейг кварктар деп аталган божомолдуу бөлүкчөлөр бар экендигин алдын ала айтышты. Алардын оюнча, адрондор кварктардан түзүлгөн. Учурда алардын бар экендигин ырастоочу тажрыйбанын натыйжалары да бар.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Кварктар күчтүү, күчсүз жана электр-магнит таасирдешүүдө катышат. Бардыгы болуп кварктар алтоо. Алар латин тамгалары менен белгиленип, үч (u,d), (c,s), (t,b) үй-бүлөгө бөлүнөт. Алты кварктын ар бири өзүнүн "жыты" менен ажыратылат жана алар үч – сары, көк жана кызыл "түстө" болот. Адегенде u, d, s кварктар киргизилди. Кийинчерээк болсо аларга "сүйкүмдүү" c (charm), "сулуу" b (beautn) жана "чыныгы" t (truth) кварктары кошулду. u, c, t кварктарынын электр заряды электрон бөлүкчөлөрүнүн +2/3 бөлүгүнө, калгандарыныкы болсо – 1/3 бөлүгүнө барабар. Антикварктар тиешелүү түрдө карама-каршы электр зарядына ээ. Кварктардын спини ħ бирдигинде берилет. Кварктын чоңдугу 10^{-18} ден ашпайт, б. а. кварк протондон аз дегенде 10^3 (миң) эсе кичине. Протонду $E \approx 2 \cdot 10^4$ МэВ энергиялуу электрондор менен жардыруу андагы заряд протондун ичинде үч жерде тиешелүү түрдө $+2/3q_e$,$+2/3q_e$ жана $-1/3q_e$ сыяктуу жайлашканын көрсөттү.

Нейтрон да бир $u\left(q_u = \frac{2}{3}q_e\right)$ жана эки $d\left(q_d = -\frac{1}{3}q_e\right)$ кварктан түзүлгөн.

Мезондор кварктар менен антикварктардан түзүлгөн. Мисалы, π+-мезон $u\bar{d}$ өңдүү түзүлгөн. Бул жерде: $\bar{d}-d$ – кварктын антибөлүкчөсү.

Нуклондордун кварктардан түзүлүшү

Нуклон	Электрон заряд	Курамы	Кварктардын электр заряды
Протон	$+q_e$	*u, u, d*	$+\frac{2}{3}q_e, +\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$
Нейтрон	0	*u, d, d*	$+\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$

Заманбап теориялар боюнча, жети негизги бөлүкчө болуп, калгандарын алардан түзүүгө болот. Алар: кварк, антикварк, глюон, гравитон жана үч хигсон.

Лептондор жана кварктар мындан да майда бөлүкчөлөрдөн түзүлгөн деген теориялар да жок эмес.

Учурда окумуштуулардун негизги этибары элементардык бөлүкчөлөрдүн "Стандарттык моделине" багытталган. Айныкса 2012-жылдын 4-июлунда Хиггс Бозонинин ачылышы жөнүндөгү маалыматтар жарыялангандан кийин бул моделге болгон кызыгуу дагы да күчөдү.

Ошону менен бирге "Стандарттык моделде" үч: күчтүү, күчсүз жана электр-магнит таасирдешүүлөр бириктирилип, төртүнчү гравитациялык таасирдешүү каралбайт.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

1. *«Элементардык» сөзү кандай маанини билдирет?*
2. *Учурда канча бөлүкчө бар экендиги аныкталган?*
3. *Бөлүкчө менен антибөлүкчө кездешкенде кандай кубулуш жүрөт?*
4. *Зат менен талаа бири-бирине айланабы?*
5. *Кварктар кандай бөлүкчөлөр?*

Маселе чыгаруунун үлгүсү:

Элементардык бөлүкчө пи-нөл-өлчөм (π^0) эки γ – квантка ажырады. Эгерде бул бөлүкчөнүн тынч тургандагы массасы 264,3 электрондук массасына барабар болсо, анда γ – нурлануунун жыштыгын тап.

Берилген:	Чыгарылышы:
$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ $m_\pi = 264{,}3\ m_e$	Энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча $E_\pi = 2E_\gamma \Rightarrow m_\pi c^2 = 2h\nu \Rightarrow \nu = \dfrac{264{,}3\ m_e c^2}{2h}$
Табуу керек: $\nu = ?$	$m_e c^2 = 0{,}511$ МэВ экендигинен $\nu = \dfrac{264{,}3 \cdot 0{,}511 \cdot 10^6 \text{ эВ}}{2 \cdot 4{,}136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}} = \dfrac{264{,}3 \cdot 0{,}511}{8{,}272} \cdot 10^{21}$ Гц $=$ $= 16{,}33 \cdot 10^{21}$ Гц.

Жообу: $16{,}33 \cdot 10^{21}$ Гц.

44-тема. АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫН ФИЗИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ. ЯДРО ЭНЕРГИЯСЫНАН ПАЙДАЛАНУУДА КООПСУЗДУК ЧАРАЛАРЫ

Оор ядронун ажырашы. Оор ядролордун ажырашы мүмкүндүгүн 7.12-сүрөттө берилген салыштырма байланыш энергиясынын массанын санынан көз карандылык графиги негизинде түшүндүрүүгө болот. Бул графиктен көрүнүп тургандай, оор ядролордун салыштырма байланыш энергиясы Менделеев жадыбалынын ортоңку бөлүгүндөгү элементтердин салыштырма байланыш энергиясынан 1 МэВ ко кичине. Демек, оор ядролор орто ядролорго айланса, анда ар бир нуклон үчүн 1 МэВ тон энергия бөлүнүп чыгат экен.

Эгерде 200 нуклондуу ядро ажыраса, анда ≈ 200 МэВ айланасында энергия бөлүнүп чыгат жана анын негизги бөлүгү (≈ 165 МэВ) ядро бөлүкчөлөрүнүн кинетикалык энергиясына айланат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Уран ядросунун ажырашы. 1938–1939-жылдарда немис физиктери О. Ган менен Ф. Страссман нейтрон менен жардырылган урандын ядросу эки (кээде үч) бөлүккө ажырашы жана мында чоң сандагы энергиянын бөлүнүп чыгышын аныкташты. Бул ажыроодо мезгилдүү системанын ортоңку элементтери саналган барий, лантан жана башкалар алынат.

Тажрыйбанын натыйжалары төмөнкүдөй анализделди. Нейтронду жуткан урандын ядросу козголгон абалга өтөт жана эки бөлүккө ажырап кетет. Мунун себеби – протондордун ортосундагы кулон түртүшүү күчүнүн ядронун тартышуу күчтөрүнөн чоң болуп калышы. Ядронун бөлүкчөлөрү оң заряддалган болгондуктан, бирин-бири кулон күчү таасиринде түртөт жана чоң ылдамдык менен атып чыгат. Бир мезгилдин өзүндө 2–3 экинчилик нейтрон ажырап чыгат. Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, экинчилик нейтрондордун негизги бөлүгү учуп чыгып жаткан, козголгон бөлүкчөлөрдөн ажырайт.

Ажыроонун продуктулары түрдүүчө болуп, дээрлик 200 көрүнүшкө ээ болушу мүмкүн. Масса саны 95 тен 139 га чейин болгон ядролордун алыныш ыктымалы эң чоң. Бирдей массалуу ажыроонун ыктымалы кыйла кичине жана чанда гана жүрүшү мүмкүн. Ажыроо реакциясынын төмөнкүдөй учуру эң көп байкалат:

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{142}_{56}Ba + {}^{91}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n + Q \text{ (энергия).} \quad (7–21) $$

Кийинки изилдөөлөрдүн көрсөтүшүнчө, нейтрондун таасиринде башка оор элементтердин ядролору да ажырашы мүмкүн экен. Алар ${}^{238}_{92}U$, ${}^{239}_{94}Pu$, ${}^{232}_{90}Th$ жана башкалар.

Үзгүлтүксүз уланма реакция. Жогоруда айтылгандай, ар бир урандын ядросу ажыраганда, ядронун бөлүкчөлөрүнөн тышкары 2–3 нейтрон да учуп чыгат. Өз кезегинде, бул нейтрондор да башка уран ядросуна түшүшү жана алардын да ажырашына түрткү болушу мүмкүн. Натыйжада 4–9 нейтрон пайда болот жана ошончо ядрону ажыратып, 8 ден 27 ге чейин нейтрондордун пайда болушуна себепчи болот. Ошентип, өзү-өзүнөн ажыроону күчөткөн жараян калыптанат (7.12-сүрөт). Бул жараянга үзгүлтүксүз *уланма реакция* дейилет.

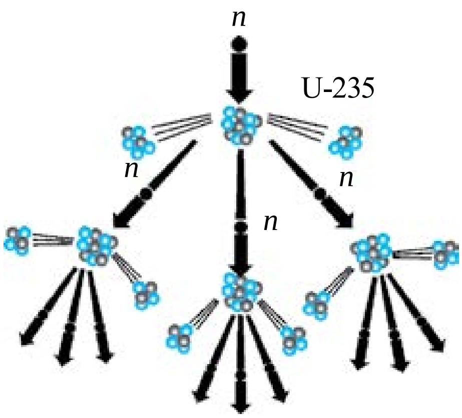
Уланма реакция экзотермикалык реакция саналат, б. а. реакция чоң сандагы энергиянын бөлүнүп чыгышы менен жүрөт. Жогоруда бир

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

урандын ядросу ажыраганда 200 МеВ энергиянын бөлүнүшү жөнүндө жазган элек. Эми 1 кг уран ажыраганда канча энергиянын бөлүнүп чыгышын эсептейли (1 кг уранда $2{,}5 \cdot 10^{24}$ ядро бар):

$$E \approx 200 \text{ МэВ} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{24} = \\ = 5 \cdot 10^{26} \text{ МэВ} = 8 \cdot 10^{13} \text{ Ж}. \qquad (7\text{–}22)$$



7.1-сүрөт.

Мындай энергия 1800 т бензин же 2500 т таш көмүр күйгөндө бөлүнүп чыгышы мүмкун. Мына ушунчалык чоң энергиянын алынышы окумуштууларды уланма реакциядан турмушта (тынчтык жана аскердик максаттарда) пайдалануу жолдорун издөөгө үндөдү. Уланма реакцияны ишке ашыруу да оңойго турганы жок. Мунун себеби – табияттагы уран эки изотоп: 99,3% – $^{238}_{92}$U жана 0,7% – $^{235}_{92}$U тон гана турат. Ал эми уланма реакция болсо уран – 235 менен гана жүрөт.

Ошондуктан уран рудасынан мурда уланма реакция жүрө турган уран – 235 изотобун ажыратып алуу, андан кийин реакция жүрө турган шартты түзүү керек. Учурда бул татаал маселе ийгиликтүү чечилген.

Нейтрондордун көбөйүү коэффициенти. Уланма реакция жүрүшү үчүн экинчилик нейтрондордун кийинки ядро ажырашындагы катышуусу чоң мааниге ээ. Ошондуктан нейтрондордун көбөйүү коэффициенти түшүнүгү киргизилет:

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}, \qquad (7\text{–}23)$$

бул жерде: N_i чоңдук – i-этапта ядролордун ажырашын келтирип чыгарган нейтрондордун саны болсо, N_{i-1} – андан мурдагы этапта ядролордун ажырашын келтирип чыгарган нейтрондордун саны.

Көбөйүү коэффициенти нейтрондордун санын гана эмес, ошондой эле ажырап жаткан ядролордун санын да көрсөтөт. Эгерде $k<1$ болсо, анда реакция бат эле өчөт.

Эгерде $k=1$ болсо, уланма реакция кризис деп аталган туруктуу интенсивдүүлүк менен улантылат.

Эгерде $k>1$ болсо, уланма реакция көчкү сымал чоңоюп отурат жана ядролук жарылууга алып келет.

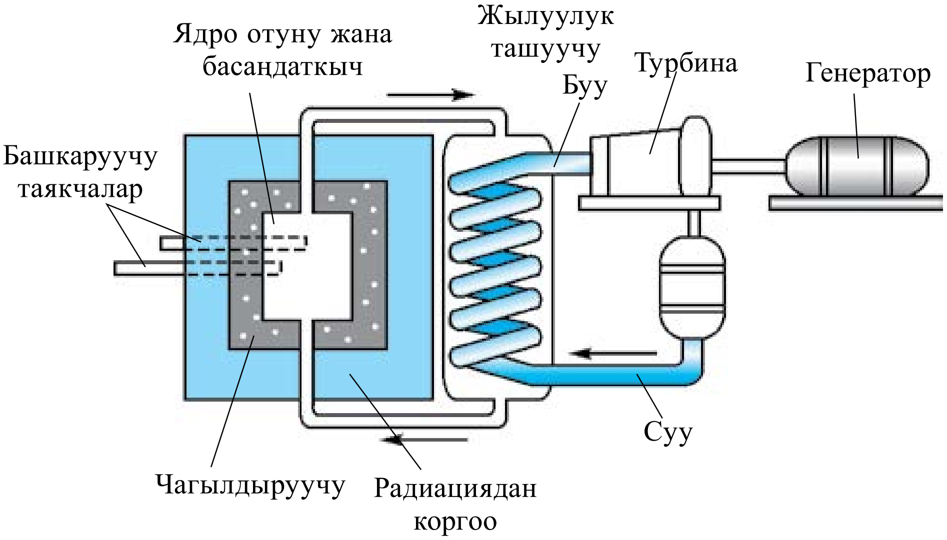
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Ядро реактору. Адамзат үчүн уланма реакцияны ишке ашыруу эмес, бөлүнүп чыккан энергиядан пайдалануу үчүн аны башкара билүү чоң мааниге ээ. Оор ядролордун ажыроо уланма реакциясын ишке ашыруу жана аны башкаруу мүмкүнчүлүгүн бере турган курулмага *ядро реактору* дейилет.

Биринчи ядро реактору 1942-жылы Э. Ферминин жетекчилигинде Чикаго университетинин алдында курулган.

Отун иретинде 5 % га чейин уран–235 менен байытылган табигый урандан пайдалануучу бул реактордун схемасы 7.13-сүрөттө көрсөтүлгөн.



7.11-сүрөт.

Уран–235 тин ядросунда уланма реакцияны өнүктүрүү ысык нейтрондор аркылуу гана ишке ашырылышы мүмкүн (энергиясы 0,005–0,5 эВ аралыгындагы нейтрондорго ысык нейтрондор дейилет). Ядролук ажыроодо алына турган нейтрондордун энергиясы болсо 2 МэВ айланасында болот. Андыктан, уланма реакциянын жүрүшүн камсыздоо үчүн экинчилик нейтрондорду ысык нейтрондорго чейин басаңдатуу керек. Ошол максатта басаңдаткыч деп аталган атайын заттан пайдаланылат. Басаңдаткыч нейтрондорду басаңдатууга, бирок жутпоого тийиш. Басаңдаткыч иретинде оор суу, кадимки суу, графит жана бериллийден пайдаланууга болот. Оор сууну алуу абдан татаал болгондуктан, адатта, реакторлордо кадимки суу же графиттен пайдаланылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Реактордун өзүн-өзү күчөтүүчү уланма реакция жүрө турган активдүү зонасы графит цилиндрден турат.

Ядро реакторун башкаруу. Ядро отуну (уран) активдүү зонага араларына нейтрондорду басаңдатуучу орноштурулган таякчалар иретинде киргизилет. Уланма реакция жараянында активдүү зонадагы температура 800–900 K ге чейин жогорулайт. Жылуулукту алып кетүү үчүн реактордун активдүү зонасынан ноо аркылуу жылуулук ташуучу өткөрүлөт. Мисал үчүн, мындай жылуулук ташуучу кадимки суу же суюк натрий металлы болушу мүмкүн. Уланма реакцияны башкаруу бор же кадмийден жасалган, жылуу нейтрондорду мыкты жуткан таякчалар жардамында ишке ашырылат. Уланма реакциянын өнүгүшү ажырап жаткан ядролор санынын үзгүлтүксүз чоңоюшуна, б. а. реактор кубаттуулугунун чоңоюшуна алып келет. Уланма реакция нөшөргө окшобостугу үчүн нейтрондордун көбөйүү коэффициентин бирге теңеп туруу зарыл. Бул болсо башкаруучу таякчалардын жардамында ишке ашырылат. Башкаруучу таякчалар реактордун активдүү зонасынан сууруп алынганда $k>1$, толук киргизип коюлганда $k<1$ болот. Таякчалардын жардамында каалаган учурда уланма реакциянын өнүгүшүн токтотууга болот.

Кризистик масса. Өзүн-өзү күчөтүүчү уланма реакция жүрүшү үчүн ($k>1$) активдүү зонанын көлөмү кандайдыр кризистик мааниден кичине болбоого тийиш. Активдүү зонанын уланма реакцияны ишке ашыруу мүмкүн болгон эң кичине көлөмүнө кризистик көлөм дейилет. Кризистик көлөмдөн орун алган отундун массасына *кризистик масса* дейилет.

Өзү-өзүнөн боло турган уланма реакция жүрүшү үчүн зарыл болгон уран массасынын минималдуу маанисине кризистик масса дейилет.

Курулманын түзүлүшү жана отундун түрүнө карай, кризистик масса бир нече жүз граммдан, бир нече ондогон тоннага чейин болушу мүмкүн.

$^{238}_{92}U$ уран бөлүгү үчүн кризистик масса 50 кг ды түзөт. Ушундай массалуу урандан радиусу 9 см болгон шар жасоого болот.

Ядро реакторун коргоо. Уланма реакцияда нейтрондор, β-жана γ-нурлануулардын булагы болгон ядронун бөлүкчөлөрү алынат. Башкача айтканда, уран реактору – ар түрдүү нурлануулардын булагы. Алардын чоң жутулуу жөндөмдүүлүгүнө ээ нейтрондору жана γ-нурлары айныкса коопту. Андыктан, реактордо эмгектенген кызматчылардын коопсуздугун камсыздоо чоң мааниге ээ. Ушул максатта 1 м калыңдыктагы суу, 3 м ге чейин калыңдыктагы бетон жана чоюндун калың катмарынан пайдаланылат.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Атом энергетикасынын мүмкүнчүлүктөрү. Адамзат ар дайым арзан жана ыңгайлуу энергия булактарына ээ болууга умтулган. Ядро реакторлорунун жаратылышы болсо ядро энергетикасынын өнөр жайда колдонулушуна, б. а. андан адамдын керектөөлөрү үчүн пайдаланууга шарт түздү. Ядро отунунун кору химиялык отундун корунан жүздөгөн эсе көп. Эгерде электр энергиясынын негизги бөлүгү атом электр станцияларында (АЭС) өндүрүлсө, бул – бир жактан, электр энергиясынын өздүк наркын азайтмак, экинчи жактан, адам баласын бир нече жүздөгөн жылдар бою энергетика көйгөйлөрүнөн куткармак. АЭСтердин салыштырмалуу кичине аянтты ээлешин да белгилей кетүү зарыл. Дүйнөдө биринчи АЭС 1954-жылы Обнинск шаарында ишке түшүрүлгөн. Андан кийин аябай көп ири АЭСтер курулду жана ийгиликтүү иштеп жатат.

1. *Эмне үчүн оор ядролор орто ядролорго айланганда энергия бөлүнүп чыгат?*
2. *Үзгүлтүксүз уланма реакция кандай жүрөт?*
3. *Башкаруу таякчалары реактордун активдүү зонасынан суурup алынса, кандай кубулуш жүрөт?*
4. *Кризистик масса деп кандай массага айтылат?*

45-тема. ӨЗБЕКСТАНДА ЯДРО ФИЗИКАСЫ ЖААТЫНДАГЫ ИЗИЛДӨӨЛӨР ЖАНА АЛАРДЫН НАТЫЙЖАЛАРЫНАН ЭЛ ЧАРБАЧЫЛЫГЫНДА ПАЙДАЛАНУУ

Өзбекстанда ядро физикасы жаатындагы иштер өткөн кылымдын 20-жылдарында башталган. Бирок токтоосуз изилдөөлөр 1949-жылы Физика-техника институтунда жолго коюлган. Академиктер И. В. Курчатов, У. О. Орифов жана С. А. Азимовдордун демилгеси менен 1956-жылы Өзбекстан Республикасы Илимдер академиясынын ядро физикасы институту түзүлгөндөн кийин бул изилдөөлөрдү дагы да кеңитүүгө шарт түзүлдү. Учурда ядронун спектроскопиясы жана ядронун түзүлүшү; ядро реакциялары; талаанын квант теориясы; элементардык бөлүкчөлөр физикасы; релятив ядро физикасы жана башка багыттар боюнча илимий-изилдөө иштери жүргүзүлүүдө.

Радиациялык физика жана материал таануу боюнча жүргүзүлгөн изилдөөлөр илим менен техникада гана эмес, ошондой эле эл чарбачылыгы үчүн чоң мааниге ээ. Бул багытта радиоактивдүү нурлардын жарым өткөргүч, диэлектрик жана керамикага, жогору температуралуу

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

өтө өткөрүмдүү материалдардын электр өткөрүмдүүлүгүнө, механикалык, оптикалык жана башка касиеттерине таасири үйрөнүлүүдө.

Өзбекстанда жогорку энергиялар физикасы жаатында жүргүзүлүп жаткан иштер да көп. Мындай изилдөөлөр «Физика-күн» өндүрүштүк бирикмесинин Физика-техника институтунда, Өзбекстан улуттук университетинде жана Самарканд мамлекеттик университетинде жүргүзүлүүдө.

1970-жылы Черенков эсептегичтеринин негизинде бөлүкчөлөрдүн ядро менен өз ара таасирин үйрөнгөн ири курулма жаратылып, алынган бөлүкчөлөрдүн мүнөздөмөлөрү үйрөнүлдү.

Ылдамдатылган бөлүкчөлөр жана ядролордун таасирдешүүсүн үйрөнүү максатында шар сымал камералардан тартылган фильмдүү маалыматтарды кайра иштөө борбору түзүлдү. Борбордун эффективдүү изилдөөлөрү натыйжасында кумулятивдүү изобарлардын алынышы үйрөнүлдү жана массалары 1903, 1922, 1940, 1951 жана 2017 МэВ болгон тар, эки бариондуу резонанстардын бар экендиги жөнүндө маалымат алынды.

Күндүн атмосферасында жүргөн кубулуштар Жердеги жашоого тикеден-тике таасир көрсөткөндүктөн, аны үйрөнүү жаатындагы изилдөөлөр чоң мааниге ээ. Ошондуктан Өзбекстан Илимдер академиясынын Астрономия институту 1980-жылдардын ортолорунан баштап француз окумуштуулары менен шериктештикте Күндүн глобалдуу термелүүсүн үйрөнүү жаатында изилдөөлөр жүргүзгөн.

Өзбек окумуштууларынын ядро физикасы жаатында жүргүзүп жаткан иштеринин көлөмү аябай чоң жана алардын натыйжалары эл чарбачылыгында да ийгиликтүү колдонулууда.

Өзбекстандагы алгачкы изилдөөлөр түздөн-түз эл чарбачылыгы менен байланыштуу болгон. Буга У. Орифов тарабынан иштеп чыгылган «Гамма-нурлар жардамында пилланын ичиндеги жибек куртун өлтүрүү» усулу мисал болот. Кийинчерээк болсо суу, топурак, мөмөлүү дарак, жапайы жана маданаий өсүмдүктөрдүн табигый радиоактивдүүлүгү үйрөнүлдү.

Өзбекстан Республикасы Илимдер академиясынын Ядро физикасы институту радиоактивдүү изотоптор, алсак, фармацевтикалык радиоактивдүү препараттарды өндүрүү боюнча жетекчи уюмдардан бири саналат. Бул жерде 1995-жылы 60 тан ашуун аталыштагы продукт өндүрүлгөн.

Радиоактивдүү жана гамма-нурлардын өсүмдүктөргө таасирин үйрөнүү да айыл чарбасы, айныкса, үрөнчүлүк жаатында чоң мааниге ээ. Өзбекстанда пахта сортторунун радиоактивдүү нурларга сезгичтигин үйрөнүү, пахта селекциясында бул усулдун колдонулушу – ядро физикасынан тикеден-тике өндүрүштө пайдаланылып жатканынын далили.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Ядро физикасы жаатындагы изилдөөлөрдүн медицинада кеңири колдонулуп жаткандыгы да белгилүү. Мында радиоактивдүү нурлар жана бөлүкчөлөр агымы жардамында рак оорусун дабалоону мисал келтирүүгө болот. Рентгенология жана радиология жаатындагы алгачкы иштер да Ядро физикасы институтунун радиохимия лабораториясы менен шериктештикте башталган. Натыйжада радиоактивдүү изотоптордон пайдаланган түрдө жаңы диагностика усулдары жаратылды. Учурда рентгено-эндоскулярдык хирургия, ангиография, компьютер томографиясы жана ядро-магнит резонанстары үстүндө изилдөөлөр жүргүзүлүп жатат. Жаңы рентгеноконтрасттык заттар («Rekon», «ММ–75» препараты жана б.) ды өндүрүү жолго коюлду.

1. *Өзбекстанда ядро физикасы боюнча иштер качан башталган?*
2. *Учурда кайсы багыттарда илимий-изилдөө иштери жүргүзүлүүдө?*
3. *Ядро физикасы институтунда эмнелер өндүрүлөт?*
4. *Радиоактивдүү нурлардын айыл чарбачылыгында колдонулушуна мисал келтир.*

7-көнүгүү

1. Бир энергетикалык абалдан экинчисине өткөндө $6{,}56 \cdot 10^{-17}$ м толкун узундугундагы жарык чыгарса, атомдун энергиясы канчага азайган? (*Жообу:* $E = 3 \cdot 10^{-19}$ Ж).

2. Литий атомунун ядросу $^{7}_{3}\mathrm{Li}$ үчүн салыштырма байланыш энергиясын тап. (*Жообу:* $E_{бай} = 5{,}6$ МэВ).

3. Салыштырма байланыш энергияларын эсептеп, төмөнкү ядролордон $^{9}_{4}\mathrm{Be}$ жана $^{27}_{13}\mathrm{Al}$ кайсы бири стабилдүүрөөк экендигин аныкта. (*Жообу:* $^{27}_{13}\mathrm{Al}$).

4. $^{14}_{7}\mathrm{N} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{1}_{1}\mathrm{H} + ^{17}_{8}\mathrm{O}$ реакциясында энергия жутулабы же бөлүнүп чыгабы? (*Жообу:* Энергия жутулат).

5. Төмөнкү $^{2}_{1}\mathrm{H}$ ядросу үчүн ядронун байланыш энергиясын жана салыштырма байланыш энергиясын тап. (*Жообу:* $E_{бай} = 1{,}7233$ МэВ; $E_{сал} = 0{,}8616$ МэВ).

6. $^{14}_{7}\mathrm{N}$ азот ядросун протон жана нейтрондорго ажыратуу үчүн эң аз дегенде канча энергия зарыл? (*Жообу:* $E_{бай} = (7 \cdot 1{,}00789 + 7 \cdot 1{,}00866$ *а.м.б* $- 14)$.

7. Гейгер эсептегичинин алдында радиоактивдүү препарат болбосо да, ал иондошкон бөлүкчөлөрдүн алынышын каттай берет. Мунун кантип түшүндүрүүгө болот? (*Жообу:* Эсептегич космостук нурларды каттайт).

8. Элементтин жарым ажыроо мезгили 2 сутка. 6 суткадан кийин радиоактивдүү заттын канча пайызы калат? (*Жообу:* 12,5 %).

9. Радиоактивдүү элементтин активдүүлүгү 8 күндө 4 эсе азайды. Анын жарым ажыроо мезгили канча? (*Жообу:* $T = 4$ күн).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

10. γ квант чыгарганда ядронун масса саны жана заряд саны өзгөрөбү? (*Жообу:* Өзгөрбөйт).

11. Радондун ядросу $^{220}_{86}Rn$ *α*-бөлүкчө чыгарды. Кандай ядро пайда болот? (*Жообу:* $^{220}_{86}Rn \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{216}_{84}Po$).

12. Кобальттын ядросу $^{60}_{27}Co$ *β* бөлүкчө чыгаргандан кийин кандай элементтин ядросу пайда болот? (*Жообу:* $^{60}_{27}Co \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{60}_{28}Ni$).

13. Эмне үчүн табигый уран атом отуну боло албайт жана анын сакталышы жарылуу коркунучун туудурбайт?

14. Төмөнкү белгилерди толтур:

$^{2}_{1}H + \gamma \rightarrow X + ^{1}_{0}n$

$X + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$

$^{63}_{29}Cu + \gamma \rightarrow ^{62}_{29}Cu + X$

$X + \gamma \rightarrow ^{181}_{74}W + ^{1}_{0}n$

15. Көмүртек $^{12}_{6}C$ протон менен нурландырылганда, көмүртектин $^{13}_{6}C$ изотобу алынды. Мында кандай бөлүкчө чыгарылат?

16. α бөлүкчө элементардык бөлүкчө боло алабы?

17. Электрон, протон, нейтрондун антибөлүкчөлөрү кандай бөлүкчөлөр?

18. $^{13}_{7}N$ азот атомунун ядросу позитрон жана нейтрон чыгарды. *β* чачыроо реакциясын жаз.

19. Төмөнкү реакцияны толтур. $^{0}_{-1}e + x \rightarrow 2\gamma$.

20. Чоң энергиялуу фотон оор ядро талаасында тормоздолуп, бир жуп бөлүкчөгө айланды. Алардан бири электрон. Экинчиси эмне?

VII ГЛАВАНЫ ЖЫЙЫНТЫКТОО БОЮНЧА ТЕСТ СУРООЛОРУ

1. Томсон атомдун түзүлүшү жөнүндөгү биринчи моделди канчанчы жылы сунуш кылган?

A) 1903-жылы; B) 1905-жылы; C) 1907-жылы; D) 1909-жылы.

2. Ридберг туруктуусу кайсы жоопто туура көрсөтүлгөн?

A) $R = 1,097 \cdot 10^{7}$ m^{-1}; B) $R = 3,1 \cdot 10^{7}$ m^{-1};
C) $R = 3,29 \cdot 10^{15}$ m^{-1}; D) $R = 6,0 \cdot 10^{1}2$ m^{-1}.

3. Лазер дегенде, … түшүнөбүз?

A) өтө анык багытталган когеренттүү жарык нурунун булагын;
B) когеренттүү болбогон жарык нурун;
C) кадимки жарык нурун;
D) күндөн келе турган ар түрдүү нурларды.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

4. Сүйлөмдү толтур. Атом ядросу–... түзүлгөн.

A) протон жана нейтрондордон; B) протон жана электрондордон;
C) электрон жана нуклондордон; D) электрон жана фотондордон .

5. Радиоактивдүүлүк канчанчы жылы ким тарабынан ачылган?

A) 1903-жылы англис физиги Ж.Ж.Томсон;
B) 1911-жылы англис физиги Э. Резерфорд;
C) 1896-жылы француз физиги А.Беккерель;
D) 1900-жылы немис физиги В.Гейзенберг.

6. Кайсы элементардык бөлүкчө биринчи ачылган?

A) Протон; B) Электрон; C) Нейтрон; D) Фотон.

7. Урандын $^{238}_{92}U$ ядросу курамын аныкта.

A) 92 протон, 238 нейтрон; B) 92 нейтрон, 146 протон;
C) 92 протон, 146 нейтрон; D) 238 протон, 92 нейтрон.

8. Эркин нейтрондун протон, позитрон жана антинейтриного ажырашына кандай сакталуу мыйзамы жол бербейт?

A) массанын сакталуу мыйзамы; B) заряддын сакталуу мыйзамы;
C) энергиянын сакталуу мыйзамы; D) импульстун сакталуу мыйзамы.

9. Протон кандай кварктардан түзүлгөн?

A) *u, u, d*; B) *u, d, d*; C) *u, d, c*; D) *d, c, s*.

10. Кандай бөлүкчөлөргө антибөлүкчөлөр дейилет?

A) массалары бирдей, бирок заряды карама-каршы бөлүкчөлөр;
B) массалар заряддары бирдей, бирок спини түрдүүчө бөлүкчөлөр;
C) ядросу терс, кабыгы оң бөлүкчөлөрдөн түзүлгөн атомдор;
D) толук мүнөздөмө берилбеген.

VII главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Атомдун Томсон модели	Массасы бир калыпта бөлүштүрүлгөн 10^{-10}м чоңдуктагы оң заряддалган шар болуп, анын ичинде өзүнүн тең салмактуу абалы айланасында термелме аракеттенген терс заряддар бар. Оң жана терс заряддардын суммасы өз ара барабар.
Атомдун планеталык модели	Электрондор ядронун айланасында орбиталар атомдун электрондук кабыгы бойлой аракеттенет жана алардын заряды ядродогу оң зарядга барабар.
Бальмердин жалпыланган формуласы	$v=R\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Лазер	Лазер дегенде, өтө анык багытталган когеренттүү жарык нурунун булагын түшүнөбүз. Лазер сөзү англисче «аргасыз термелүү натыйжасында жарыктын күчөтүлүшү» сөздөрүндөгү биринчи тамгалардан алынган («**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation»).
Бор постулаттары	*Стационардык (туруктуу) абалдар жөнүндөгү постулат:* атомдо стационардык абалдар болуп, бул абалдарга электрондордун стационардык орбиталары туура келет. *Жыштыктар жөнүндөгү постулат:* электрон бир стационардык орбитадан экинчисине өткөндө гана энергиясы ошол стационардык абалдардагы энергиялардын айырмасына барабар бир фотонду чыгарат (же жутат) $h\nu = E_n - E_m$, бул жерде E_n жана E_m– тиешелүү түрдө электрондун n- жана m-стационардык орбиталардагы энергиялары.
Атом ядросунун түзүлүшү	Атом ядросу протон жана нейтрондон түзүлгөн. *Протон (р)*–суутек атомунун ядросу. Тынч тургандагы массасы: $m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1836\ m_e$ бул жерде: m_e–электрондун массасы. (Протон–грекче–“биринчи”). *Нейтрон (n).* Электрнейтралдуу бөлүкчө. Тынч тургандагы массасы: $m_n = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1839\ m_e$ (*Нейтрон*–латинче тигил да, бул да эмес)
α – нурлануу	Атом ядросунун α – бөлүкчө чыгаруу менен башка ядрого айланышы.
β – нурлануу	Атом ядросунун электрон чыгаруу менен башка ядрого айланышы.
γ – нурлануу	Атомдун ядросунан чыккан электр-магниттик толкундар
Радиоактивдүү ажыроо мыйзамы	$N = N_0 e^{-\lambda t}$ же $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ T – жарым ажыроо мезгили

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

ПАЙДАЛАНЫЛГАН АДАБИЯТТАР

1. Физика: 11 кл.: Учебн. для общеобразоват. учреждений. В.А.Касьянов. *4-е* изд. стереотип.– М.: «Дрофа», 2004.–416 с.: ил.
2. Физика: Учеб. для 11 кл. шк. с углубл. изучением физики/ А.Т.Глазунов и др.; под ред. А.А.Пинского. 8-е изд. – М.: «Просвещение», 2003.–432 с.: ил.
3. Физика. Энциклопедия/ под. ред. Ю.В. Прохорова.– М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 944 с.
4. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Fzika fani chuqur o‘rganiladigan umumta’lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: G‘afur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2016.
5. N. Sh. Turdiyev. Fizika. Umumta’lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: «Turon-Iqbol», 2006.
6. А. Ниғмонхўжаев, К.А. Турсунметов ва б. Физика III. – Т.: «Ўқитувчи», 2001. – 352 б.
7. К.А. Турсунметов ва б. Физикадан масалалар тўплами. – Т.: «Ўқитувчи», 2005. (4 та нашр) – 216 б.
8. Т.М. Оплачко, К.А. Турсунметов. Физика II – Т.: «Илм зиё», 2006–2017. – 208 б.
9. К.А. Турсунметов ва б. Физикани такрорланг. Муқобил маълумотнома. – Т.: «Turon-Iqbol», 2013. – 256 б.
10. К.А. Турсунметов ва б. Физика. Маълумотнома. – Т.: «Ўзбекистон», 2016. – 176 б.
11. A. G. Ganiyev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova. Fizika. II qism. Akademik litsey жана kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: «O‘qituvchi» 2013. – 208 b.
12. L. Xudoyberdiyev va boshq. Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – T.: «O‘qituvchi» NMIU. – 2004.
13. M. H. O‘lmasova. Fizika optika, atom va yadro fizikasi. Akad. litseylar uchun o‘quv qo‘llanma/B.M.Mirzahmedov tahriri ostida. – T.: Cho‘lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi., 2007. K.3.–384 b.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

МАЗМУНУ

Киришүү 3
I глава. МАГНИТ ТАЛААСЫ 4
1-тема. Магнит талаасы. Магнит талаасын мүнөздөөчү чоңдуктар 4
2-тема. Бир тектүү магнит талаасынын токтуу рамканы айландыруучу моменти 7
3-тема. Токтуу түз өткөргүчтүн, алкак жана түрмөктүн магнит талаасы 10
4-тема. Токтуу өткөргүчтү магнит талаасыда которууда аткарылган жумуш 13
5-тема. Токтуу өткөргүчтөрдүн өз ара таасир күчү 15
6-тема. Бир тектүү магнит талаасында заряддуу бөлүкчөнүн кыймылы. Лоренц күчү 17
II глава. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ИНДУКЦИЯ 26
7-тема. Электр-магниттик индукция кубулушу. Индукциянын электр кыймылдаткыч күчү. Фарадей мыйзамы 26
8-тема. Өзүнчө индукция кубулушу. Өзүнчө индукциянын ЭКК. Индуктивдүүлүк 29
9-тема. Заттардын магниттик касиеттери 32
10-тема. Магнит талаасы энергиясы 35
III глава. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР 41
11-тема. Эркин электр-магниттик термелүүлөр (термелүү контуру). Термелүү контурунда энергиянын өзгөрүшү 42
12-тема. Термелүүлөрдү график түрүндө сүрөттөө. Басаңдоочу электр-магнит термелүүлөр 45
13-тема. Транзисторлуу электр-магнитик термелүүлөр генератору 48
14-тема. Өзгөрмө ток чынжырындагы активдүү каршылык 51
15-тема. Өзгөрмө ток чынжырындагы конденсатор 55
16-тема. Өзгөрмө ток чынжырындагы индуктивдүү түрмөк 57
17-тема. Активдүү каршылык, индуктивдүү түрмөк жана конденсатор удаалаш туташкан өзгөрмө ток чынжыры үчүн Ом мыйзамы 59
18-тема. Өзгөрмө ток чынжырында резонанс кубулушу 62
19-тема. Лабораториялык иш: Өзгөрмө ток чынжырында резонанс кубулушун үйрөнүү 65
20-тема. Өзгөрмө токтун жумушу жана кубаттуулугу. Кубаттуулук коэффициенти 66
IV глава. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТОЛКУНДАР ЖАНА ТОЛКУН ОПТИКАСЫ ... 76
21-тема. Электр-магниттик термелүүлөрдүн таралышы. Электр-магниттик толкундун ылдамдыгы 76
22-тема. Электр-магниттик толкундардын жалпы касиеттери (эки чөйрөнүн чек арасында чагылышы жана сынышы). Толкунду мүнөздөөчү негизги түшүнүк жана чоңдуктар 79

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

23-тема. Радио байланыштын физикалык негиздери.
Эң жөнөкөй радионун түзүлүшү жана иштеши. Радиолокация 83
24-тема. Телекөрсөтүүлөрдүн физикалык негиздери. Ташкент–телевидениенин мекени 87
25-тема. Жарык интерференциясы жана дифракциясы 91
26-тема. Лабораториялык иш: Дифракциялык торчонун жардамында жарык толкун узундугун аныктоо 96
27-тема. Жарык дисперсиясы. Спектр анализи 98
28-тема. Жарыктын уюлданнуусу 103
29-тема. Инфракызыл нурлануу. Ультракызгылт-көк нурлануу.
Рентген нурлануусу жана анын колдонулушу 107
30-тема. Жарык агымы. Жарык күчү.
Жарыктаныш мыйзамы 110
31-тема. Лабораториялык иш: Жарыктаныштын жарык күчүнөн көз карандылыгы 115

V глава. Салыштырмалуулук теориясы 124
32-тема. Атайын салыштырмалуулук теориясынын негиздери.
Ылдамдыктарды кошуунун релятив мыйзамы 124
33-тема. Массанын ылдамдыктан көз карандылыгы. Релятив динамика.
Масса менен энергиянын өз ара көз карандылык мыйзамы 128

VI глава. Квант физикасы 135
34-тема. Квант физикасынын пайда болушу 135
35-тема. Фотоэлектр эффекти. Фотондор 137
36-тема. Фотондун импульсу. Жарык басымы.
Фотоэффекттин техникада колдонулушу 142

VII глава. АТОМ ЖАНА ЯДРО ФИЗИКАСЫ. АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫН ФИЗИКАЛЫК НЕГИЗДЕРИ 151
37-тема. Атомдун Бор модели. Бордун постулаттары 151
38-тема. Лазер жана алардын түрлөрү 156
39-тема. Атом ядросунун курамы. Байланыш энергиясы. Масса дефекти 160
40-тема. Радиоактивдүү нурланууну жана бөлүкчөлөрдү каттоонун усулдары 164
41-тема. Радиоактивдүү ажыроо мыйзамы 167
42-тема. Ядро реакциялары. Которулуу мыйзамы 170
43-тема. Элементардык бөлүкчөлөр 173
44-тема. Атом энергетикасынын физикалык негиздери.
Ядро энергиясынан пайдаланууда коопсуздук чаралары 177
45-тема. Өзбекстанда ядро физикасы жаатындагы изилдөөлөр жана алардын натыйжаларынан эл чарбачылыгында пайдалануу 182

ПАЙДАЛАНЫЛГАН АДАБИЯТТАР 188

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Ф 49 Физика. Орто билим берүү мекемелеринин 11-класс окуучулары үчүн окуу китеби /Н.Ш.Турдиев, К.А.Турсунметов, А.Г.Ганиев, К.Т.Суяров, Ж.Э.Усаров, А.К.Авлиёкулов. – Т.: “Niso Poligraf” басма үйү, 2018.–192 б.

ISBN 978-9943-5083-8-5

УЎК: 53(075.32)
КБК 22.3я721

O‘quv nashri

Narziqul Sheronovich Turdiyev, Komiljon Axmetovich Tursunmetov, Abduqahhor Gadoyevich Ganiyev, Kusharbay Tashbayevich Suyarov, Jabbor Eshbekovich Usarov, Abdurashit Karimovich Avliyokulov

FIZIKA

O‘rta ta’lim muassasalarining 11-sinflari uchun darslik

(Qirg‘iz tilida)

1-nashr

Жооптуу редактору *З. Сангирова*

Которгон *А. Зулпихаров*
Редактору *А. Зулпихаров*
Сүрөттөрдүн редактору *Ж. Гурова*
Техникалык редактору *Д. Салихова*
Компьютерде даярдаган *Т. Абкеримов*

Оригинал-макет «NISO POLIGRAF» басма үйүндө даярдалды.
Ташкент вилояти, Орто Чырчык району, «Ак-Ата» АЖЖ,
Машъал махалласи, Марказий көчөсү, 1-үй.

Лицензиянын номери AI №265.24.04.2015.
Басууга 2018-жыл 00-июнда уруксат этилди. Форматы 70×100 $^1/_{16}$.
Офсеттик кагаз. «Times New Roman» гарнитурасы. Кегель 12.
Шарттуу басма табагы . Эсеп басма табагы .
Нускасы 786. -сандуу буюртма.

«NISO POLIGRAF» басма үйүндө басылды.
Ташкент вилояти, Орто Чырчык району, «Ак-Ата» АЖЖ,
Машъал махалласи, Марказий көчөсү, 1-үй.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE

Все учебники Узбекистана на сайте UZEDU.ONLINE

Ижарага берилген окуу китебинин абалын көрсөтүүчү жадыбал

№	Окуучунун аты жана фамилиясы	Окуу жылы	Окуу китебинин алган кездеги абалы	Класс жетекчи-синин колу	Окуу китебинин тапшырылып жаткандагы абалы	Класс жетекчи-синин колу
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Окуу китеби ижарага берилип, окуу жылынын аягында кайтарып алынганда жогорудагы жадыбал класс жетекчиси тарабынан төмөнкүчө баалоо критерийлери боюнча толтурулат:

Жаңы	Окуу китебинин биринчи жолу пайдаланууга берилгендеги абалы.
Жакшы	Мукабасы бүтүн, окуу китебинин негизги бөлүгүнөн ажыраган эмес. Бардык барактары бар, жыртылбаган, беттеринде жазуу-чийүүлөр жок.
Канааттан-дырарлык	Мукабасы эскирген, бир аз чийилген, четтери жыртылган, окуу китебинин негизги бөлүгүнөн бир аз ажыраган, пайдалануучу тарабынан канааттандырарлык даражада иретке келтирилген. Кээ бир беттерине чийилген.
Канааттан-дырарлык эмес	Мукабага чийилген, жыртылган, негизги бөлүгүнөн ажыраган же таптакыр жок, канааттандырарлык эмес деңгээлде калыбына келтирилген. Беттери жыртылган, барактары жетишсиз, чийип, боёп ташталган. Окуу китеби жараксыз.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
UZEDU.ONLINE