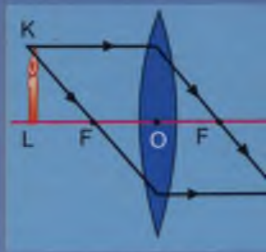
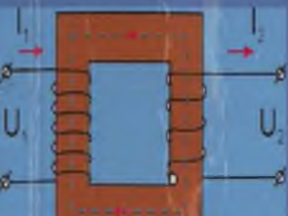
Э. Мамбетакунов, Т. Карашев, М. Токтогулов

ФИЗИКА



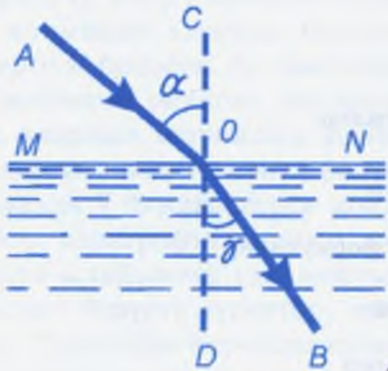


9

Э. Мамбетакунов, Т. Карашев,
М. Токтогулов

ФИЗИКА

Орто мектептердин 9-классы үчүн окуу китеби



«Инсанат»
Бишкек – 2010

Окуу китебинин көлөмү чектелүү болгондуктан физиканын тийиштүү бөлүмдөрү боюнча керектүү окуу материалдардын бардыгын чагылдыруу мүмкүн эмес. Бул окуу китептеги берилген материалдар физикалык билимдердин негизин гана түзөт. Ошол негизги материалдын айрым элементтерин толук өздөштүрүү үчүн мурда сунуш кылынган жалпы пландарды (фактылар, түшүнүктөр, закондор, теориялар, алардын практикалык колдонулуштарын окуп-үйрөнүүнүн жалпы пландарын же аларга коюлуучу талаптарды) ар дайым пайдаланууга аракеттен. Ал пландар 7–8-класстардын китептеринде толугу менен берилген. Бул жерде аны дагы кайталоону туура көргөнүбүз жок. Ошону менен катар кошумча адабияттарды, илимий-популярдык китептерди мүмкүн болушунча көбүрөөк оку. Телевизордон көрүп, радиодон укканыңды, интернет аркылуу алган маалыматтарды, жаратылыштан жана күндөлүк турмуштан байкаганыңды окуу материалы менен байланыштыр. Алардын маанисин түшүнүүгө жана эсиңде сактап калууга болгон аракетиңди күчөт. Билим алуу ар бир адамдын жеке аракети менен гана ишке ашат. Аракет кылса анын берекеси келет.

Анда урматтуу окуучу, Сага ак жол, чыгармачыл эмгек, бакыт-таалай каалайбыз!

Урматтуу мугалимдер!

Колунардагы окуу китеби биринчи жолу басылып чыгууда. Анын 1-, 2-, 4-главалары профессор Э. Мамбетакунов, 3-, 5-, 6-, 7-, 8-главалары профессор Т. Карашев, 9-главасы профессор М. Токтогулов тарабынан жазылды. Окуу китебинин мазмуну, илимий-методикалык түзүлүшү боюнча Сиздердин ой пикириңиздерди күтөбүз жана алдыналa ыразычылык билдиребиз!

Биздин дарек: Бишкек ш., Н. Исанов көчөсү үй № 87, «Инсанат» басма-полиграфиялык борбору.

Авторлор

МАГНИТТИК КУБУЛУШТАР

§ 1. МАГНИТ. МАГНИТ ТАЛААСЫ

Заттардын магниттик касиетинин ачылыш тарыхы кылымдардын тереңинде жатат. Анткени мындан эки миң жылча илгери эле магниттелген материалдар компас катары пайдаланылып келген.

Магнит – грек сөзүнөн бизче Магнесиянын ташы дегенди билдирет. Магнесия – Кичи Азиядагы байыркы шаар. Демек биринчи жолу темир, болот ж.у.с. заттарды өзүнө тартуу касиетине ээ болгон заттар Магнесия аймагында байкалган. Табигый магнит көбүнчө темир кенинин курамында болот. Алар майда темир, болот, никель, кобальттан жасалган нерселерди өзүнө тартуу касиетине ээ (1-сүрөт). Ошондуктан жаратылыштагы айрым заттар магниттик касиетке ээ болушат.

1-сүрөт.
Табигый магнит.

Магниттүү темир кени КМШ өлкөлөрүнүн Урал, Украина аймактарында өтө көп кездешет. Ошол себептен Россиянын Уралда жайгашкан бир шаары Магнитогорск деп аталат.

Заттар магниттик касиети боюнча табигый жана жасалма болуп экиге бөлүнөт. Табигый магнит жогоруда биз айткан темир кенинен, ал эми жасалма магнит электр тогунун жардамында алынат.

Заттын магниттик касиети эмне менен мүнөздөлөт? Ага жооп берүү үчүн күндөлүк тажрыйбаларга кайрылалы. Буга чейин биз магнит деп аталган нерселерди далай жолу көрдүк.

Алардын формасы ар кандай болгону менен бардыгы темир, болот ж. б-ды өзүнө тартып, жабыштырып алуу касиетине ээ.

Магниттин касиетин үйрөнүү үчүн эки түрдөгү: бири така (жаа) түрүндөгү (2-сүрөт), экинчиси түз тилке түрүндөгү (3-сүрөт) магнитти карайбыз. Алардын N тамгасы менен белгиленген жагы кызыл, S тамгасы менен белгиленген жагы көк түстө боёлгон.

2-сүрөт. Така түрүндөгү магнит.

3-сүрөт. Түз тилке түрүндөгү магнит.

Эгер тилке түрүндөгү эки магнитти алып, алардын көккө боёлгон учтарын бири-бирине жакындатсак, түртүлүшөт. Ал эми биринин көккө боёлгон учун экинчисинин кызылга боёлгон учуна жакындатсак, алар бири бирине тартылышат.

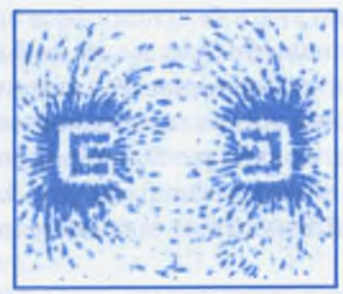
Эгер бир магниттин учун экинчисинин ортосуна жакындатмак турсун, тийгизсек да алар өзара аракеттенишпейт. Демек, ал жерде магниттик аракет жок. Мындан төмөнкүдөй жыйынтык келип чыгат: магниттин магниттик күчү анын учтарында көбүрөөк болуп, алар магнит уюлдары деп аталат. Магнит уюлдары шарттуу түрдө түндүк (N) жана түштүк (S) уюлдар деп белгиленет. Демек, *магниттин бир аттуу уюлдарын жакындатсак, алар түртүлүшөт, ал эми түрдүү аттуу уюлдарын өзара жакындатсак, тартылышат.*

4-сүрөт. Магнит жебелеринин өзара аракети.

Магниттин мындай касиетин магнит жебелеринин жардамы менен оңой байкоого болот. Эгер эки магнит жебесин алып, бирин экинчисинин жанына жайгаштырсак, алар өзара аракетке келет. Акырында уюлдары карама-каршы багыттагы абалда токтоп калышат (4-сүрөт).

Магниттердин өзара аракетин кантип түшүндүрүүгө болот? Ал үчүн 8-класста окуган электр кубулуштарына кайрылалы. Мисалы, оң заряддалган нерсе терс заряддалган нерсеге тартыларын, ал эми бирдей заряддалган нерселер түртүлөрүн билебиз. Алар бири-бири менен электр талаасы аркылуу аракеттенишет. Ошондой эле ар кандай магниттин айланасында магнит талаасы пайда болот. Магниттердин уюлдары бири-бири менен ошол магниттик талаа аркылуу аракеттенишет. Эгер эки магнит алсак, алардын биринчисинин магнит талаасы экинчисине, ал эми экинчисинин магнит талаасы биринчисине аракет этет.

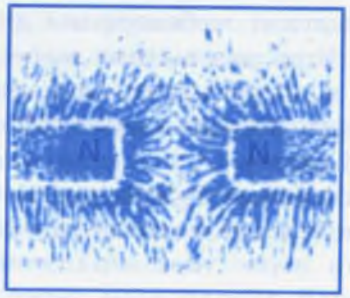
Магнит талаасын тажрыйбада оңой эле байкоого болот. Ал үчүн түз же така түрүндөгү магнитти столдогу ак кагаздын үстүнө коюп, анын тегерегине темир күкүмүн акырындык менен себелейбиз. Натыйжада 5–6-сүрөттөрдөгүдөй элести алабыз. Булар түз жана така түрүндөгү магниттердин магнит талаасын мүнөздөйт.



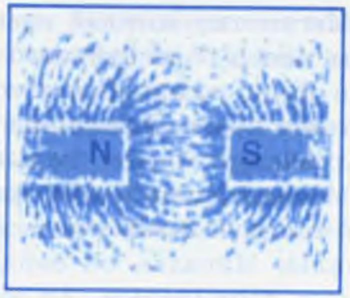
5-сүрөт. Түз магниттин магнит талаасы.

6-сүрөт. Така түрүндөгү магниттин магнит талаасы.

Мында уюлдардын жанында талаанын күчтүү экендиги, ортосуна жакындаган сайын начарлай баштаганы даана көрүнүп турат. 5–6-сүрөттөрдөгү магнит талаасы туюк сызыкты элестетет. Ошондуктан магнит талаасын күч сызыктар аркылуу көрсөтүү кабыл алынган. Магниттин күч сы-



7-сүрөт. Магниттер бирдей аттуу уюлдары менен жакындашканда түртүлүшөт.



8-сүрөт. Магниттер карама-каршы уюлдары менен жакындашканда өзара тартылышат.

зыктары анын түндүк уюлунан чыгып, түштүк уюлунан бүтөт. 7–8-сүрөттөрдө бири бирине бирдей аттуу жана карама-каршы уюлдары менен жакындатылган магниттердин магнит талаалары көрсөтүлгөн.

Магниттик касиетин көп убакытка чейин сактап туруучу заттар туруктуу магниттер деп аталат.

Заттын магниттик касиетин кантип түшүндүрүүгө болот? Франциялык окумуштуу А. М. Ампер темирдин жана болоттун магниттелишин алардын молекулаларынын ичиндеги электр тогу менен түшүндүрүүгө аракет жасаган. Бирок Ампер жашаган учурда атомдун түзүлүшү белгисиз болгондуктан токтун жаратылышы да белгисиз бойдон калган. Ал эми азыркы учурда ар бир атомдо терс заряддалган электрондордун бар экендиги, алар ядронун айланасында тынымсыз айлануу кыймылында экендиги белгилүү. Электрондордун ирettүү багытталган кыймылы электр тогун түзөт. Электрондор түзгөн электр тогунун айланасында магнит талаасы пайда болот.

Жаратылыштагы заттар магниттик касиеттери боюнча *парамагнит* жана *диамагнит* деген эки чоң топко бөлүнөт. Аны биринчи жолу англиялык окумуштуу Майкл Фарадей киргизген. Ал магнитке тартылган нерсенин магнит сызыктарына жараша узатасынан же туурасынан жайланышы боюнча аныкталат. Пара – узатасынан, диа – туурасынан дегенди билгизет. Парамагниттерге платина, марганец, хром ж. б., диамагниттерге жез, алюминий, күмүш, сурьма ж. б. кирет.

?
1. Магнит деген сөз эмнени түшүндүрөт?
2. Магниттин уюлдары кандайча аталат жана кандайча белгиленет?
3. Магниттердин өзара аракети алардын уюлдарынын аталышына жана жайланышына кандайча көзкаранды?
4. Магнит талаасын кандайча элестетүүгө болот?
5. Туруктуу магнит деген эмне?
6. Заттын магниттик касиетин кантип түшүндүрүүгө болот?
7. Нерселер магниттик касиети боюнча кандай түргө бөлүнөт?

§ 2. ЖЕРДИН МАГНИТ ТАЛААСЫ

Тигинен коюлган учтуу ийнеге орнотулган магнит жебесин Жердин каалаган чекитинде айландырганда белгилүү бир багытты көрсөтүп токтоп калаары адамдарга илгертен эле белгилүү болгон. Бул Жер шарынын айланасында магнит талаасынын бар экендиги менен түшүндүрүлөт. Магнит жебеси Жердин магнит талаасынын сызыктарын бойлото жайгашат. Адамдар байыркы замандан бери колдонуп келе жаткан компас ушуга негизделген. Бул куралды күндөлүк турмушубуздан кездештиребиз жана анын түзүлүшү менен табият таануу, география предметтерин окуганда таанышканбыз. Анын негизги бөлүгү болуп учтуу октун учунда жеңил айланып туруучу магнит жебеси эсептелет (9-сүрөт).

9-сүрөт. Компас.

Жердин магниттик уюлдары анын географиялык уюлдары менен дал келбегендиги көп тажрыйбаларда далилденген. Жердин Түштүк магниттик уюлу анын Түндүк географиялык уюлуна жакын жайгашкан. Алардын аралыгы болжол менен 2100 *км*. Ал эми Жердин Түндүк магниттик уюлу анын Түштүк

10-сүрөт. Жердин магниттик уюлдары.

географиялык уюлуна жакын жайгашкан. Жердин магнит талаасынын магнит сызыктары Түндүк магниттик уюлдан чыгып Түштүк магниттик уюлга батат (10-сүрөт). Бул болсо Жер бетинин кандайдыр бир чекитине коюлган магнит жебесинин багыты Жердин географиялык меридианынын багытына дал келбейт дегенди билгизет. Ошондуктан компастын жебеси Жердин географиялык уюлдарын болжолдуу көргөзөт.

Айрым учурларда Жердин магнит талаасы кыска мөөнөттүү өзгөрүүгө дуушар болот. Бул *магниттик бороон* (буря) деп аталат. Магниттик бороондун пайда болушу Күндүн активдүүлүгүнө байланыштуу.

Күндүн активдүүлүгү күчөгөн мезгилде анын бетинен көп сандаган заряддуу бөлүкчөлөр – электрондор жана протондор, дүйнөлүк мейкиндикке бүркүлүп чыгып турат. Алар бир багытта кыймылда болгондуктан айланасында күчтүү магнит талаасы пайда болуп Жердин магнит талаасын өзгөртөт. Ушунун өзү магниттик бороон деп аталат. Ал адамдардын денсоолугуна, жаныбарларга же болбосо бардык эле жандуу жаратылышка таасирин тийгизет. Магниттик бороон учурунда анын тескери таасиринен сактануу, коопсуздук чараларын көрүү ар бир адамдын негизги милдеттеринин бири. Магниттик бороондун болушу айрым учурда алдынала радиодон, телекөрсөтүү боюнча берилип, же болбосо гезиттерге жарыяланып жүрөт. Ошолорго дайыма көңүл буруп жүрүү өз денсоолугубузга, дегеле адам өмүрүнө көрүлгөн камкордук болуп эсептелет.

Магниттик бороон болбогон учурда деле Жер шарынын айрым аймактарында магнит жебесинин багыты Жердин магнит талаасынын сызыктарына дал келбеген учурлар байкалат. Мындай аймак магниттик *аномалиялуу* аймак деп аталат. **Аномалия** латын сөзүнөн кыргызча *айырмалануу, адаттагыдай эмес* дегенди билдирет. Мындай аномалиянын болушу ошол жердеги темир кенинин көп болушу менен түшүндүрүлөт.

Жердин магниттик касиети ушул күндө да акырына чейин түшүндүрүлө элек. Бирок Жердин магнит талаасынын өзгөрүшүнө атмосферанын жогорку катмарындагы жана Жердин түпкүрүндөгү электр тогу таасир бере тургандыгы аныкталган.

Жердин магнит талаасын космос кораблдеринин жана жасалма спутниктердин жардамы менен үйрөнүүгө өзгөчө көңүл бөлүнүп келе жатат. Ушундай каражаттардын жардамында Жердин магнит талаасы жер бетин көптөгөн космостук нурлануулардан сактап тураары белгилүү болду. Космостук нурлануулардын курамына электрон жана протондордон башка да көп бөлүкчөлөр кирет. Алар мейкиндикте өтө чоң ылдамдык менен кыймылдагандыктан Жердеги тирүү организмге ж. б. объектилерге өтө коркунучтуу. Бирок алардын мындай зыяндуу таасири Жердин магнит талаасы ардылуу жөнгө салынат жана анчалык коркунуч туудурбайт.

Планеталар аралык космостук станциялардан, Айга конгон жана аны айланып учкан космос кораблдерден алынган маалыматтар Айда магнит талаасынын жана радиация алкагынын жок экендигин далилдеди. Ошондой эле Чолпон планетасы да магниттик касиетке ээ эмес, ал эми Марс планетасынын магнит талаасы өтө эле начар экендиги аныкталган.

?
1. Жердин магнит талаасынын бар экендигин кантип байкоого болот?
2. Жердин магниттик уюлдары менен географиялык уюлдарынын ортосунда кандай байланыш бар?
3. Магниттик бороон деген эмне? Анын пайда болушунун себеби эмнеде?
4. Магниттик аномалиянын себеби эмнеде?
5. Жердин магнит талаасы жандуу жаратылышка кандай таасир этет?

§ 3. ЭРСТЕД ТАЖРЫЙБАСЫ. ТОКТУН МАГНИТ ТАЛААСЫ

8-класстын физика курсунан электр тогунун магниттик аракети жөнүндөгү маалыматты эске түшүрөлү. Анда тогу бар өткөргүчтүн магнит жебесине жасаган аракети менен таанышканбыз. Мындай өзара аракеттешүүнү даниялык окумуштуу Х. К. Эрстед биринчи жолу 1820-жылы тажрыйбада байкаган. Анын тажрыйбасы электр жана магниттик кубулуштарды үйрөнүүнүн кийинки өнүгүшүнө, адам баласынын күндөлүк турмушунда пайдалануусуна зор таасирин тийгизген.

11-сүрөт.
Эрстед тажрыйбасы

Эрстед тажрыйбасын азыркы шартта кайталап көрсөтүү үчүн төмөнкү түзүлүштү чогултабыз (11-сүрөт). Бул түзүлүштө колдонулуучу ток булагы, ажыраткыч, реостат, магнит жебеси сыяктуу куралдар ар бир мектептин физика кабинетинде болот.

Ал эми бул тажрыйбадагы Эрстед сунуш кылган курал (ал 11-сүрөттө Э тамгасы менен белгиленген) кабинетте жок болсо, аны кол менен оңой эле жасап алса болот. Ал үчүн жоон жез зымын 11-сүрөттөгүдөй ийип тактайдын бетиндеги кыскычтарга бекитип коюу керек. Ийилген зымдын астына магнит жебеси кенен жайгашышы зарыл.

Ханс Кристиан Эрстед
(14. 08. 1777 – 9. 03. 1851)

Даниялык физик. Эмгектери электричество, акустика, молекулалык физикага арналган. Электр-магнетизмге негиз салуучу.

Эми тажрыйбаны аткарууга киришели. Түзүлүштү чогултуп, чынжырды туюктаган кезде магнит жебеси кыймылга келип, абалын өзгөртөт. Ал эми чынжырды ажыратканда магнит жебеси мурдагы абалына келет. Себеби эмнеде? Анткени жоон жез зымы аркылуу ток өткөндө, анын айланасында магнит талаасы пайда болот. Ал талаа магнит жебесине аракет этип, аны айланууга мажбурлайт. Демек, тогу бар өткөргүч менен магнит жебеси токтун магнит талаасы аркылуу аракеттенишет.

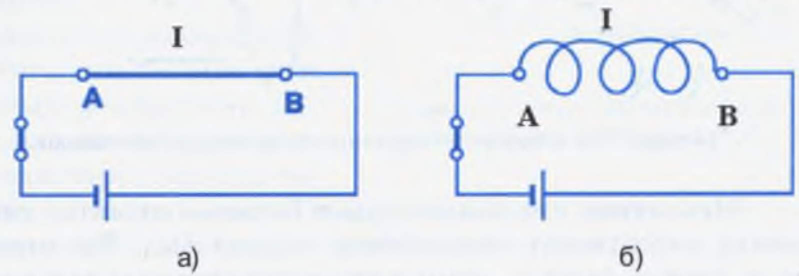
Корутундулап айтсак, электр тогу бар ар кандай өткөргүчтүн айланасында магнит талаасы болот. Ошондуктан электр тогу магнит талаасынын булагы катары каралат. Чындыгында, электр тогу менен магнит талаасы ажырагыс байланышта. Адатта аларды ар кандай аташат. Алсак, «тогу бар өткөргүчтүн магнит талаасы», «токтун магнит талаасы», «ток түзгөн магниттик талаа», «кыймылдагы заряддалган бөлүкчөлөрдүн магнит талаасы» ж. б. сөздөр бирдей эле маанини берет.

1. Эрстед тажрыйбасы жана анын мааниси.

?
2. Тажрыйбаны жасоого керек болуучу түзүлүштөрдү атагыла.
3. Айрым куралдарды колдо жасоого аракеттенгиле.
4. Тогу бар өткөргүчтүн магнит талаасынын пайда болуу себебин түшүндүргүлө.

§4. МАГНИТТИК КҮЧ СЫЗЫКТАР. ТҮЗ ӨТКӨРГҮЧТӨГҮ ТОКТУН МАГНИТ ТАЛААСЫ

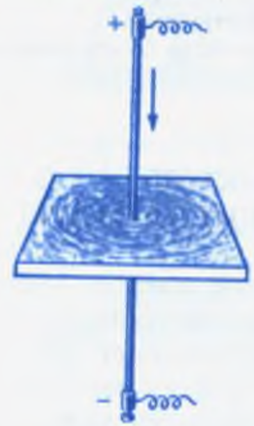
Тогу бар өткөргүчтүн магнит жебесине жасаган аракетин байкоо үчүн аларды бири бирине тийиштирүүнүн зарылчылыгы жок. Алар аралыктан эле аракеттенишет. Демек, магнит талаасы дагы электр талаасы сыяктуу эле күчтүк мүнөздөмөгө ээ. Ал күчтү сүрөттөп көрсөтүүчү сызыктар магниттик күч сызыктар деп аталат. Электр тогунун магнит талаасынын башка нерселерге жасаган аракетинин мүнөзү ошол күч сызыктардын багытына жараша аныкталат. Ал эми күч сызыктардын багыты өткөргүчтөгү токтун багытына жараша өзгөрүп турат. Өткөргүчтөгү токтун багыты өткөргүчтүн түз же айлана формасында болушуна көз-каранды болот (12-*а*, *б* сүрөттү карагыла). 12-*а*, сүрөттөгү чынжырдын *AB* бөлүгүндөгү токтун багыты түз. Ал эми 12-*б*, сүрөттөгү чынжырдын *AB* бөлүгүндөгү токтун багыты айлана түрүндө болот. Ал токтордун магнит талааларынын күч сызыктарынын багыттарын аныктоо үчүн



12-сүрөт. Түз жана тегерек өткөргүчтөрдөгү токтун багыттары.

электр чынжырын толук чийип отурбастан, алардын бөлүктөрүн гана кароого туура келет.

Алгач түз токтун магнит талаасын карап көрөлү. Ал үчүн төмөнкү тажрыйбага кайрылабыз. 13-сүрөттө көрсөтүлгөн өткөргүчтү горизонталь жайгашкан картон же фанера-



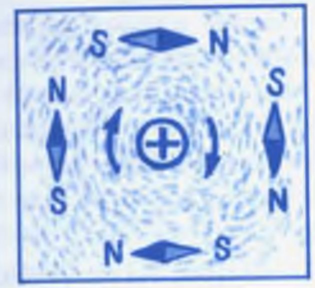
13-сүрөт. Түз токтун магнит талаасы.

нын ортосунан өткөрүп, анын айланасына темир таарындыларын сээп коёбуз. Эгер өткөргүч аркылуу ток өткөрүп, андан кийин картонду черткилесек, таарындылар кыймылга келип башаламан эмес, борборлошкон айланалар формасында жайгашып калат.

Мында темирдин ар бир таарындысынын бөлүгү өзүнчө магнит жебеси катары кызмат кылат. Алар бири бирине карама-каршы уюлдары менен тартылышып, туюк айлананы түзүшөт. Ар бир айланадагы кичинекей таарындынын түндүк уюлу магнит талаасынын магниттик күч сызыгынын багыты катары шарттуу түрдө кабыл алынган.

14-сүрөт. Түз өткөргүчтүн мейкиндикте ар кандай жайланышы.

Магниттик күч сызыктардын багытын аныктоо үчүн төмөнкү көрсөтмөлүү тажрыйбага кайрылабыз. Түз өткөргүчтөгү токтун багыты анын мейкиндиктеги жайланышы боюнча өтө эле ар түрдүү болушу мүмкүн. Мисалы, ал көрүнүш 14-сүрөттө элестетилген. Мындай учурлар абдан эле көп. Өздөштүрүүгө женил болсун үчүн эки гана учурду карап көрөлү. Биринчиси, түз токтун багыты өзүбүздөн китептин бетин көздөй багытталган деп алалы. Ал чиймеде ичинде кошуу белгиси бар тегеректе (+) менен белгиленет. Экинчиси, түз токтун багыты китептин бетинен бизди көздөй ба-



15-сүрөт. Ток бизден китепти көздөй багытталган.

16-сүрөт. Ток китептен бизди көздөй багытталган.

гытталган болсун. Ал ичинде чекити бар тегерекче (.) менен белгиленет.

15-сүрөттө багыты бизден китептин бетин көздөй кеткен тогу бар өткөргүчтүн айланасына жайгаштырылган магнит жебелери көрсөтүлгөн. Шарттуу түрдө магниттик күч сызыктар түндүк уюлду көздөй багытталган. Эгер токту китептен бизди көздөй багыттасак (16-сүрөт), магнит жебеси 180^0 ка бурулат. Мындан магнит талаасынын күч сызыктарынын багыты токтун багытына жараша өзгөрүп турат деген жыйынтык келип чыгат.

17-сүрөт. Түз токтун магнит талаасын бурама эрежеси боюнча аныктоо.

Магнит күч сызыктарынын багытын билиш үчүн ар дайым өткөргүчтүн айланасына магнит жебелерин коюп туруу бир топ татаалдыкты пайда кылат. Ошондуктан анын женил жолу сунуш кылынган. Ал бурама эрежеси деп аталат. 17-сүрөттөгү бураманын алга умтулуу кыймылы токтун багытын көрсөтсүн дейли. Анда бураманын сабынын айлануу кыймылы магнит күч сызыктарынын багытын көрсөтөт. Эгер биз бургуну тамдын дубалын көздөй багыттап бургуласак, ток бизден тамдын бетин көздөй багытталган болот, анда магнит күч сызыктары 18-сүрөттөгүдөй багытталат. Ал эми бурама дубалдан бизди көздөй багытталса, магнит күч сызыктары 19-сүрөттөгүдөй болуп аныкталат.

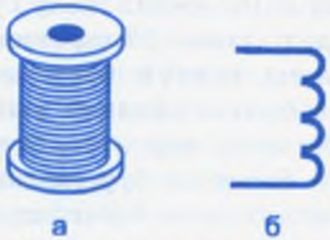
18-сүрөт. Бизден ары карай кеткен түз токтун магнит талаасынын багыты.

19-сүрөт. Түз токтун бизди көздөй багытталышындагы магнит талаасынын багыты.

? 1. Магнит талаасынын күч сызыктары жөнүндө эмне билесиңер?
2. Түз жана тегерек ток дегенде эмнени түшүнөсүңөр?
3. Түз токтун магнит талаасын түшүндүрүүчү кандай тажрыйбаны билесиңер?
4. Түз токтун магнит талаасынын күч сызыктарынын багыты эмнеге көзкаранды?
5. Бурама эрежеси боюнча токтун жана магнит талаасынын күч сызыктарынын багытын кантип аныктаса болот?
6. Түз токтун багыты кандай белгилер менен белгиленет?

§ 5. ТЕГЕРЕК ӨТКӨРГҮЧТӨГҮ ТОКТУН МАГНИТ ТАЛААСЫ

Күндөлүк турмушта жана техникада ар кандай формадагы өткөргүчтөр колдонулат. Көбүнчө алар түз жана тегерек (спираль) формасында болушат. Тегерек формадагы өткөргүчтөргө мисал катары электр плиткасынын спиралын же электр лампасынын спиралын алсак болот. Ал спиралдагы электр тогун айлана түрүндөгү же тегерек ток деп атап коюшат. Көпчүлүк учурларда мындай ток өткөрүүчү курал *катушка* деп аталат (20-*а*, *б* сүрөт). Катушка бири биринен изоляцияланган өткөргүчтүн оромдорунан турат. Өткөргүч зымдар ток өткөрбөөчү диэлектрик материалга оролот.



20-сүрөт. Катушканын сырткы көрүнүшү (а) жана схемада белгилениши (б).

Тегерек токтун магнит талаасын кандайча элестетебиз? Магнит күч сызыгынын багыты кандайча аныкталат? Эми ушул маселеге токтололу.

Тегерек токтун магнит талаасын үйрөнүүгө арналган атайын куралды ток булагына бириктиребиз (21-сүрөт). Сүрөттөгү катушканын бир бөлүгү жайгашкан тактанын үстүнө темир таарындысын себелеп, андан кийин чынжырды туюктасак, темир таарындысы катушканын оромолорунун тегерегине борборлошкон айлана түрүндө жайгашышат. Эгер катушканын эки айрыгынын тегерегине таарындынын ордуна бир нече кичинекей магнит жебелерин жайгаштырсак, алар 22-сүрөттөгүдөй жайгашып калышат. Демек, катушканын айрым айрыгындагы магнит күч сызыктарынын багыты бири бирине карама-каршы болот. Мында дагы магнит күч сызыктарынын багыты ток күчүнүн багытына жараша өзгөрөт. Катушканын эки учу магниттин эки уюлу сыяктуу кызмат аткарат. Бул айтылгандарды төмөнкү тажрыйбаларда карап көрөлү.

21-сүрөт. Тегерек токтун магнит талаасын үйрөнүүчү түзүлүш.

22-сүрөт. Тегерек токтун магниттик күч сызыктарынын багыты.

23-сүрөттөгү түзүлүштү чогулталы. Мында *К* жыгач чыгырыкка көп сандагы зым ороп жасалган катушка. Чынжыр ажыратылган учурда кагаз бетиндеги темир таарынды катушкага тартылбайт.

Эгер чынжырды туюктап, катушкага ток жиберсек, темир таарындысы катушканын эки учуна тартылат (24-сүрөт). Демек катушканын эки учу магниттин эки уюлу катары кызмат кылат.

23-сүрөт. Чынжыр туюкталбаса темир таарындылар катушкага тартылбайт.

24-сүрөт. Чынжыр туюкталганда темир таарынды катушканын учтарына тартылышат.

25-сүрөт. Катушканын магниттик уюлдары.

Эгер тогу бар жеңил катушканы ичке жипке асып койсок, ал компастын магнит жебеси сыяктуу бир учу түндүктү, экинчи учу түштүктү карап токтоп калат. Демек, тогу бар катушка магнит жебеси сыяктуу эле түндүк жана түштүк уюлга ээ болот (25-сүрөт).

Катушканын сыртында магниттик күч сызыктар анын түндүк уюлунан түштүк уюлун карай багытталат деп кабыл алынган. Тогу бар катушка техникада магнит катары кеңири колдонулат. Себеби катушканын магниттик касиетин оңой эле азайтууга же көбөйтүүгө болот.

Катушканын магниттик касиетин жогорулатуунун үч жолу бар.

1. Катушка диэлектрикке оролгон бир нече изоляцияланган зымдан турат. Ал оромо деп аталат. Ар кандай катушканын оромолорунун саны ар башка болот. Оромосунун саны канчалык чоң болсо, катушка ошончолук көп сандагы темир таарындысын, темир жүктөрдү өзүнө тартат. Демек, катушканын магниттик аракетин чоңойтуу үчүн анын оромолорунун санын көбөйтүү керек.

2. Катушканын магниттик аракети оромолорго берилген ток күчүнүн чоңдугуна көзкаранды. Катушкадагы ток күчү канчалык чоң болсо, анын магниттик касиети ошончолук чоң болот.

3. Оромолорунун саны бирдей эки катушка алалы. Анын биринин ички көңдөйүнө темир өзөкчөнү салсак, анын магниттик аракети экинчисиникинен алда канча күчтүү болору

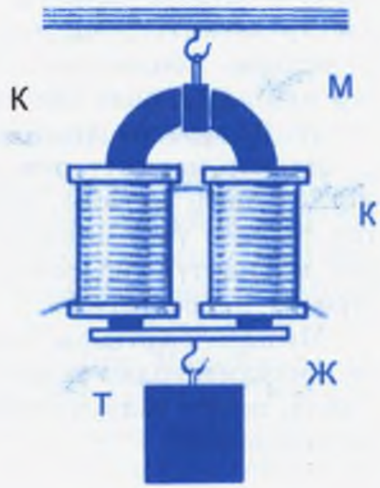
тажрыйбада далилденген. Демек, катушканын магниттик аракети анын ичиндеги темир өзөкчөнүн болушуна көзкаранды.

? 1. Тегерек өткөргүч, тегерек ток дегенди кандайча түшүнөсүнөр?
2. Катушканын түзүлүшү кандай?
3. Тегерек токтун магнит талаасын үйрөнүүгө арналган куралдын түзүлүшү кандай? Ага окшогон куралды жасоонун жаңыча жолун сунуш кылгыла.
4. Тегерек токтун магниттик күч сызыктарын аныктоочу тажрыйбаны жасоонун жолун айтып бергиле жана жасап көрсөткүлө.
5. Катушканын магниттик касиети жөнүндө айтып бергиле.
6. Катушканын канча магниттик уюлу болот?
7. Катушканын магниттик касиетин өзгөртүүнүн кандай жолдору бар?

§ 6. ЭЛЕКТР-МАГНИТ ЖАНА АЛАРДЫН КОЛДОНУЛУШУ

Ички көңдөйүндө темир өзөкчөсү бар катушка электр-магнит деп аталат. Алар техникалык куралдардын негизги элементтеринин бири болуп саналат. 26-сүрөттө така түрүндөгү электр-магниттин жөнөкөйлөтүлгөн сүрөтү көрсөтүлгөн. Мында М така түрүндөгү магнит. *К* – катушкалар, *Т* – темир тилкеси, *Ж* – жүк.

Электр-магниттерди техникада кеңири колдонуунун негизги себеби төмөнкүдө: электр-магниттерди ар кандай өлчөмдө жасоого болот; электр-магнитти токтон ажыратаар замат ал өзүнүн магниттик касиетин тез жоготот; электр-магнит иштеп жаткан учурда эле андагы ток күчүн өзгөртүү менен магниттик аракетин чоңойтууга же кичирейтүүгө болот.



26-сүрөт. Электр-магниттин жөнөкөй модели.

Электр-магниттер негизинен жүк көтөрүүчү машина катары XIX кылымдын башында пайда болгон. 1825-жылдын 4-майында англиялык окумуштуу-инженер Вильям Стерджен Британиянын ремеслолук коомуна электр-магнитти дүйнөдө биринчи жолу демонстрациялап көрсөткөн. Ал курал узундугу 30 *см*, диаметри 1,3 *см* болгон така формасындагы сырдалган темир стерженден турган. Стерженге изоляцияланбаган жез зымы оролгон. Зымдын учтары токтун химиялык булагына туташтырылган. Салмагы 2 *Н* болгон электр-магнит 3 *Н* жүктү кармап тура алган. Бул ошондой эле салмактагы магнит кармап тура алуучу жүктүн салмагынан бир нече эсе көп болгон. Ачылган жаңылык ошол учурдагы теңдешсиз жетишкендик болучу.

Стерджендин окуучусу Джоуль ошол эле электр-магнит менен тажрыйба жасап, анын көтөрүү күчүн 200 *Н* го жеткирген. Бирок Стерджен биринчиликти колдон чыгарбоо максатында 1830-жылы 5500 *Н* жүктү көтөрүүчү электр-магнитти жасаган. Ал эми 1831-жылы америкалык профессор Дж. Генри 10 000 *Н* жүк көтөрүүчү, салмагы 3000 *Н* болгон электр-магнитти түзгөн.

1840-жылы Джоуль өзүнүн электр-магнитин ойлоп тапкан. Мындай электр магниттин салмагы 55 *Н*, ал кармап туруучу жүктүн салмагы 12 000 *Н* болгон. Андан кийинки электр-магниттердин көтөрүү мүмкүнчүлүктөрү 500 000 *Н* го жеткен. Чоң салмактагы жүктү көтөрүүчү электр-магниттер ири заводдордо болотту же чоюнду көтөрүү үчүн колдонулат. 27-сүрөттө анын бир түрү көрсөтүлгөн.

Электр-магниттер жүк көтөрүү үчүн эле эмес, башка максаттарда, мисалы, эгинди кара көсөдөн, таштан, мыктан тазалоо үчүн колдонулат. Мындай эгин тазалоочу курал магниттүү сепаратор деп аталат. Анын түзүлүшү 28-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Мындан сырткары электр-магниттер too-кендерин башка кошулмалардан тазалоодо, телеграф, телефон аппараттарында, жөнгө салуучу электр-магниттик релелерде да кеңири колдонулат.

? 1. Электр-магнит деген эмне?
2. Жөнөкөй электр-магниттин түзүлүшү кандай?
3. Электр-магниттин магниттик касиетин же аракетин кантип өзгөртүүгө болот?

27-сүрөт. Оор жүк көтөрүүчү электр-магниттик кран.

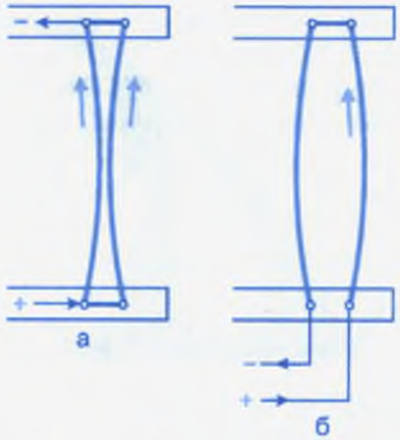
28-сүрөт. Магниттүү сепаратор:
1 – бункерден чубурган эгин;
2 – айлануучу барабан; 3–электр-магнит; 4–эгиндин таза даны;
5–ар кандай таштар, темир таарындысы, чары.

4. Жүк көтөрүүчү электр-магнитти түзүү тарыхынан эмне билесиңер?
5. Электр-магнитти колдонууга мисал келтиргиле.
6. Магниттик сепаратордун иштөө принциби жөнүндө кыскача баяндап бергиле.
7. Телефон аппаратында электр-магнит эмне үчүн колдонулаарын түшүнүүгө аракеттенгиле.

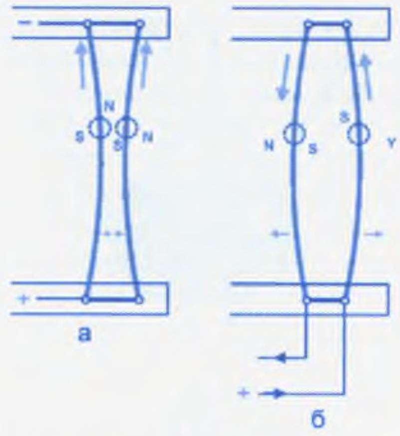
§ 7. ТОГУ БАР ӨТКӨРГҮЧКӨ ЖАНА ЗАРЯДДАЛГАН БӨЛҮКЧӨГӨ МАГНИТ ТАЛААСЫНЫН ТААСИРИ

Тогу бар ийилчээк жумшак өткөргүчтөр ар дайым бири-бири менен өзара аракеттенишери көп тажрыйбаларда далилденген. Ошолордун бири 29-*а*, сүрөттө көрсөтүлгөн. Мисалы, 29-*а*, сүрөттөгү эки өткөргүч бири-бири менен жарыш туташтырылган. Эгер чынжырды ток булагына туташтырсак, алар аркылуу бир багыттагы ток өтөт. Натыйжада өткөргүчтөрдүн бири бирине тартылышы байкалат. Ал эми өткөргүчтөрдү удаалаш туташтырсак, алар бири биринен түртүлүшөт (29-*б*, сүрөт). Мындай аракеттешүүнүн себеби эмнеде? Алардын тартылышы же түртүлүшү эмнеге көзкаранды?

Тогу бар өткөргүчтүн айланасында магнит талаасы пайда болорун өткөн параграфтардан билебиз.



29-сүрөт. Жарыш жана удаалаш туташтырылган тогу бар өткөргүчтөрдүн өзара аракеттешүүсү.

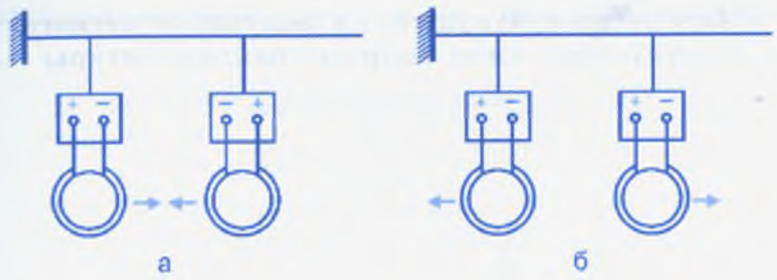


30-сүрөт. Тогу бар өткөргүчтөрдүн айланасындагы магнит талааларынын өзара аракеттешүүсү.

Ал талаа тогу бар башка өткөргүчкө аракет этет. Биздин тажрыйбадагы эки өткөргүчтүн тегерегинде тең магнит талаалары пайда болот. Ошентип, биринчи өткөргүчтүн магнит талаасы экинчи өткөргүчкө, ал эми экинчи өткөргүчтүн магнит талаасы биринчи өткөргүчкө аракет этет. Эки өткөргүчтөгү токтун багыттары бирдей болгондо алардын айланасында магнит уюлдары карама-каршы жайгашкан талаа пайда болуп, өткөргүчтөр тартылышат (30-*а*, сүрөт). Ал эми эки өткөргүчтөгү токтун багыттары карама-каршы болсо, алардын тегерегинде магнит уюлдары бирдей жайгашкан талаа пайда болуп, өткөргүчтөр түртүлүшөт (30-*б*, сүрөт).

Эми тогу бар түз өткөргүчтөр эле аракеттенишеби же тегерек формадагы өткөргүчтөр да аракеттенишеби деген суроо туулат. Ал суроого жооп берүү үчүн төмөнкү тажрыйбаларга кайрылалы.

31-сүрөттө айлана түрүндөгү тогу бар эки өткөргүч берилген. Алардын биринчисинде (*а*) ток бир багытты көздөй өтсө, экинчисинде (*б*) карама-каршы багытта өтөт. Демек биринчи учурда алар тартылышат, экинчи учурда түртүлүшөт. Алардын тартылуусунун жана түртүлүүсүнүн себебин өз алдыңарча талдап түшүнүүгө аракет кылгыла. Тогу бар өткөргүчтөрдүн өзара аракеттешүүсүн биринчи жолу француз физик Андре Мари Ампер тажрыйбада далилдеген



31-сүрөт. Тогу бар тегерек өткөргүчтөрдүн магнит талааларынын өзара аракеттешүүсү.

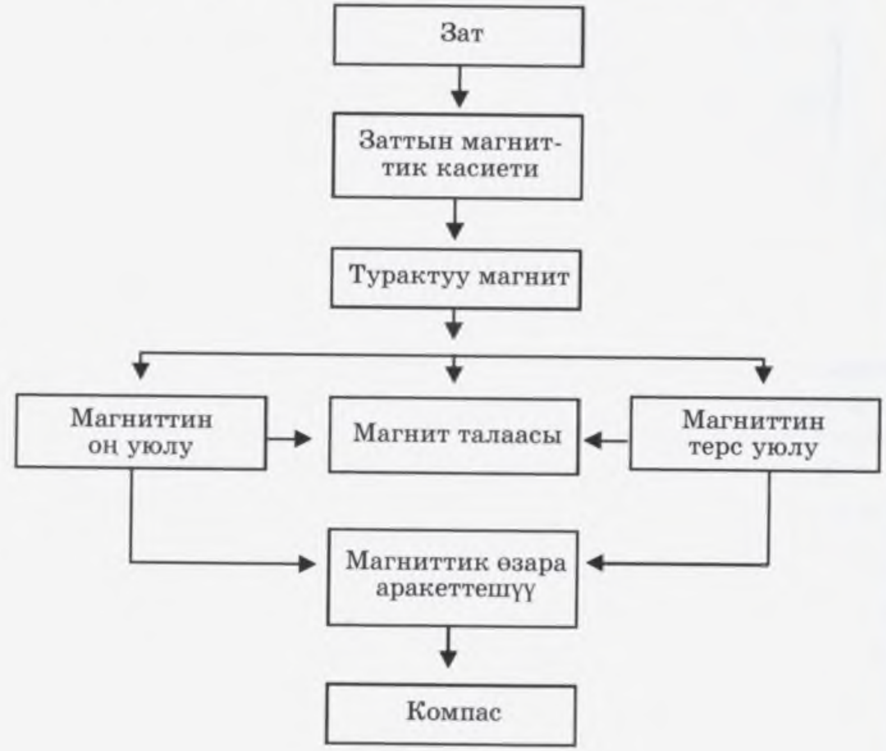
жана өзара аракеттешүү күчүн эсептеп чыккан. Ал күч Ампер күчү деп аталат. Анын чоңдугун аныктоочу формула жогорку класстарда окутулат.

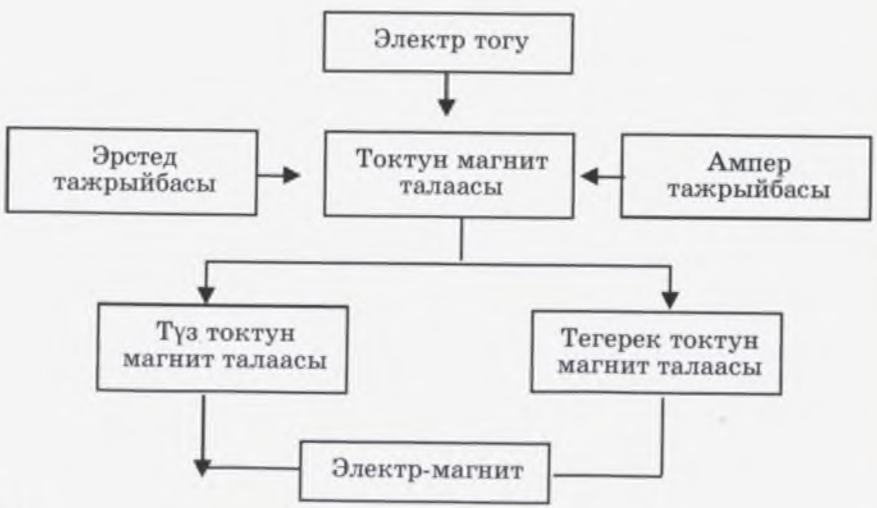
Магнит талаасы тогу бар өткөргүчкө гана эмес кыймылдагы заряддалган бөлүкчөлөргө да аракет этет. Ошондуктан магнит талаасындагы заряддалган бөлүкчөлөрдүн кыймылы заряддалбаган бөлүкчөлөрдүн кыймылынан кескин айырмаланат. Магнит талаасындагы заряддалган бөлүкчөлөрдүн кыймылын үйрөнүү үчүн ага аракет эткен магниттик күчтү билүү керек. Ал күчтү эсептөөчү формуланы биринчи жолу голландиялык окумуштуу Х. Лоренц (1853–1928) ачкан. Ошондуктан ал күч Лоренц күчү деп аталат. Биз бул жерде Лоренц күчүнүн формуласына токтолбостон, ал күчтүн таасирине гана кыскача токтолобуз.

Эгер магнит талаасына металл өткөргүчү киргизилип,ал кыймылда болсо, анын ичиндеги эркин электрондорго Лоренц күчү аракет этет. Ал күчтүн таасиринде электрондор бир багытта кыймылга келишет да, электр кыймылдаткыч күчүн пайда кылат.

? 1. Тогу бар ийилчээк өткөргүчтөрдүн өзара аракеттешүүсүнүн мүнөзү кандай?
2. Эмне үчүн өткөргүчтөр аркылуу ток бир багытта өтсө, алар тартылышат, ал эми карама-каршы багытта өтсө, түртүлүшөт?
3. Тегерек формадагы тогу бар өткөргүчтөрдүн өзара аракеттешүүсү жөнүндө эмне айта аласыңар?
4. Ампер күчү деген эмне? Ал эмнени мүнөздөйт?
5. Лоренц күчү эмнени мүнөздөйт?

«Магниттик кубулуштар» главасынын негизги түшүнүктөрү жана алардын байланыштары





ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ИНДУКЦИЯ. ӨЗГӨРМӨ ТОК

§ 8. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ИНДУКЦИЯ КУБУЛУШУ. ФАРАДЕЙ ТАЖРЫЙБАЛАРЫ

1820-жылы Эрстед электр тогунун магнит жебесине жасаган аракетин ачкан. Ал электрдик жана магниттик кубулуштардын өзара байланышын аныктоого зор түрткү берген. Бирок анын алган жыйынтыгы бул байланыштын бир гана жагын ачып көрсөткөн, б. а. электр тогунун жардамында магнит талаасын алууга болорун далилдеген. Ошондон кийин англиялык физик М.Фарадей бул кубулуштун экинчи жагын, магнит талаасынын жардамы менен электр тогун алуунун жолун издей баштаган. Фарадей 1821-жылдан 1831-жылга чейин үзгүлтүксүз изденүүнүн натыйжасында магнит талаасынын жардамы менен электр тогун алууга жетишкен. Фарадей ал токту индукциялык ток деп атаган.

32-сүрөт. Магнитти катушкага киргизүү.

Фарадейдин тажрыйбалары. Гальванометрге туташтырылган катушканын ичине туруктуу түз магнитти киргизсек (32-сүрөт), гальванометрдин жебеси кандайдыр бир бурчка кыйшаят. Бул туюк чынжырда индукциялык токтун пайда болгонун көрсөтөт. Эгер магнитти катушканын ичинен сууруп алсак (33-сүрөт), гальванометрдин жебеси экинчи жакка бурулат. Демек,

33-сүрөт. Магнитти катушкадан чыгаруу.

34-сүрөт.
Магниттин кыймылсыз абалы.

бул учурда да чынжырда индукциялык ток пайда болот.

Магнит катушканын ички көңдөйүнө киргизилип, бирок ал кыймылсыз абалда болсо (34-сүрөт) гальванометрдин жебеси кыймылга келбейт. Анткени чынжырда ток пайда болбойт. Мындан индукциялык ток пайда болсун үчүн магнит катушкага карата сөзсүз кыймылда болушу керек деген жыйынтык келип чыгат.

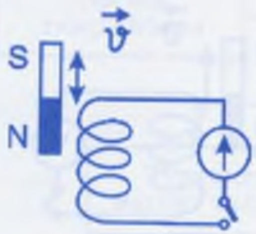
Ушул эле тажрыйбаларды башкача мүнөздө да аткарууга болот. Мында турактуу магнитти кыймылсыз калтырып, ага карата катушканы кыймылга келтиребиз. Бул учурда да катушка кыймылга келгенде гана индукциялык ток пайда болору көрүнөт.

Индукциялык токтун пайда болуу себеби эмнеде? Турактуу магнит кыймылга келгенде анын магнит талаасы өзгөрүүгө дуушар болот. Өзгөрмө магнит талаасынын күч сызыктары катушканын оромолорун кесип өтүп, өткөргүчтүн ичиндеги эркин электрондорго аракет этет. Магнит талаасынын аракети астында ал эркин электрондор иреттүү багытталган кыймылга келет. Ал болсо электр тогун берет.

Өзгөрмө магнит талаасынын жардамында электр тогун алуу электр-магниттик индукция кубулушу деп аталат. Мында алынган ток индукциялык ток деп аталат.

Электр-магниттик индукция кубулушунун байкалышы үчүн төмөнкү үч шарттын аткарылышы зарыл:

1. Гальванометр менен катушкадан турган чынжырдын туюк болушу.
2. Магнит талаасынын өзгөрүшү.
3. Өзгөрмө магнит талаасынын күч сызыктары катушканын оромолорун сөзсүз түрдө кесип өтүшү.

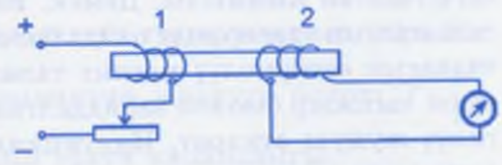


35-сүрөт. Чынжыр туюк болбосо индукциялык ток пайда болбойт.

Бул айтылган шарттарды бир нече тажрыйбада так аныктап көрсөтсө болот. Алгач 35-сүрөттөгү схеманы чогулталы. Чынжыр туюк эмес болгон учурда магнитти катушкага же катушканы магнитке карата канчалык кыймылга келтирбейли индукциялык ток пайда болбойт.

Эгерде чынжырды туюктасак, электр тогунун дароо эле пайда болору байкалат. Бул индукциялык токтун пайда болушунун биринчи шартын аныктайт.

Индукциялык токтун пайда болушунун экинчи шарты өзгөрмө магнит талаасын пайда кылуу. Ал катушкага карата магнитти кыймылдатуу же магнитке карата катушканы кыймылдатуу аркылуу ишке ашат. Кай бирде эки катушка алып анын биринчисине берилүүчү ток күчүн чоңойтуу же азайтуу аркылуу (36-сүрөт) магнит талаасын өзгөртүүгө болот. Мында биринчи катушкадагы токту реостаттын жардамы менен азайтканда же көбөйткөндө ал токтун магнит талаасы да өзгөрөт. Ал экинчи катушканын оромдорун кесип өтүп, чынжырда индукциялык токту пайда кылат.



36-сүрөт. 1-катушкадагы ток күчүн азайтса же көбөйтсө 2-катушкада индукциялык ток пайда болот.

Эми индукциялык токтун пайда болушунун үчүнчү шартын карап көрөлү. Ал үчүн гальванометр менен катушкадан турган чынжырды чогултабыз. Демек, биринчи шарт аткарылды. Андан кийин турактуу магнитти алып, чынжырдан кыйла алыстыкта кыймылга келтиребиз. Ошентип экинчи шарт да аткарылды. Бирок чынжырда ток пайда болбойт. Качан магнитти катушкага жакын алып келип кыймылга келтирсек, гальванометр токтун пайда болгонун көрсөтөт. Мындан өзгөрмө магнит талаасы катушканын оромолорун сөзсүз кесип өтүшү керек деген жыйынтык келип чыгат.

?
1. Эрстед тажрыйбасы окумуштуулардын алдына кандай суроолорду койгон?
2. Фарадейдин божомолунун мааниси эмнеде?
3. Электр-магниттик индукция кубулушун байкоо боюнча Фарадей кандай тажрыйбаларды жасаган?

4. Индукциялык токтун пайда болушунун шарты кайсылар? Тажрыйбада далилдегиле.
5. Электр-магниттик индукция кубулушун байкоо боюнча өз тажрыйбаңардын моделин сунуш кылгыла

§ 9. ИНДУКЦИЯНЫН ЭЛЕКТР КЫЙМЫЛДАТКЫЧ КҮЧҮ. ЛЕНЦ ЭРЕЖЕСИ

Металлдардагы электр тогу – электр талаасынын таасири астында эркин электрондордун өткөргүчтү бойлото иреттүү багытталган кыймылы. Демек, индукциялык ток да электр талаасынын таасиринде пайда болот. Бирок бул учурда электр талаасын өзгөрмөлүү магнит талаасы түзөт. Электр талаасы туюк чынжыр боюнча заряддалган бөлүкчөнү которууда белгилүү жумуш аткарат. Индукциялык ток учурунда бул жумуш өзүнчө өзгөчөлүккө ээ болот. Ал өзгөчөлүктүн мааниси эмнеде?

Электр заряды түзгөн электр талаасынын күч сызыктары оң заряддан башталып терс заряд менен бүтөт. Ал эми магнит талаасынын өзгөрүшү менен пайда болгон электр талаасынын күч сызыктары ошол өзгөрмө магнит талаасы менен байланышта болот. Ошондуктан бул жерде өз алдынча электр талаасы же магнит талаасы жөнүндө сөз болбостон электр-магниттик талаа жөнүндө сөз болууга тийиш. Өзгөрмө магнит талаасы менен байланышкан электр талаасынын күч сызыктарынын башталышы же акыры болбойт. Алар магнит талаасынын күч сызыктары сыяктуу эле туюк болот. Мындай талаа куюн түрүндөгү талаа деп аталат.

Электр-статикалык талаадан айырмаланып куюн сыяктуу электр талаасы туюк өткөргүчтө электр заряддарын куюндатып айдоого жөндөмдүү келет. Куюн сыяктуу электр талаасы туюк өткөргүчтө электр тогун пайда кылат. Куюн түрүндөгү электр талаасынын энергетикалык мүнөздөмөсү индукциянын электр кыймылдаткыч күчү (ЭКК) деп аталат. Ал E тамгасы менен белгиленет.

Индукциянын электр кыймылдаткыч күчү куюн түрүндөгү электр талаасынын туюк контур боюнча заряддарды которууда аткарган жумушунун заряддын чоңдугуна болгон катышы аркылуу аныкталат.

Формуласы: $$E = \frac{A_к}{q},$$

мында E – индукциянын электр кыймылдаткыч күчү,

$A_к$ – куюн сыяктуу электр талаасынын туюк контур боюнча зарядды которууда аткарган жумушу,

q – заряддын чоңдугу.

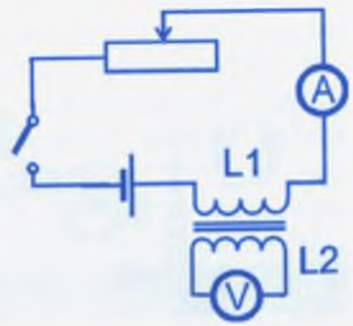
Бул формуладан индукциянын ЭККнүн бирдиги үчүн чыналуунуку сыяктуу эле 1 вольт алынары көрүнүп турат. Анткени $1В = \frac{1Дж}{1Кл}$ экени белгилүү.

Ушул окшоштукту пайдаланып туюк чынжыр үчүн Ом законунун формуласын төмөнкүчө жазууга болот: $I = \frac{E}{R}$,

мында R – туюк чынжырдын толук каршылыгы.

Индукциянын ЭКК эмнеге көзкаранды? Ага жооп табуу үчүн $I = \frac{E}{R}$ формуласынан ЭККүн тапсак $E = IR$ ди алабыз. Демек, индукциянын электр кыймылдаткыч күчү индукциялык ток күчүнө жана туюк чынжырдын толук каршылыгына көзкаранды болот. Ал эми индукциялык ток күчү магнит талаасынын өзгөрүшүнүн тездигине көзкаранды экендигин 32–34-сүрөттөгү тажрыйбалардан көргөнбүз. Анда туруктуу магнитти катушкага карата канчалык тез кыймылдатсак, гальванометрдин жебеси ошончолук чоң бурчка кыйшаары көрсөтүлгөн. Ошентип индукциянын электр кыймылдаткыч күчү катушканы кесип өтүүчү магнит талаасынын өзгөрүшүнүн ылдамдыгына көзкаранды деген жыйынтык келип чыгат.

Бул жыйынтыкты далилдөө үчүн төмөнкү тажрыйбага (37-сүрөт) кайрылалы. Чынжырды туюктап, реостат аркылуу биринчи катушкага (L_1) ток жиберебиз. Ал катушканын айланасында магнит талаасы пайда болот да, ал экинчи катушканын (L_2) контурун кесип өтүп,



37-сүрөт. ЭККнүн көзкарандылыгын мүнөздөгөн схема.

анда индукциянын ЭККүн пайда кылат. Реостаттын жардамы менен биринчи катушкадагы токту канчалык тез өзгөртсөк, экинчи катушкадагы индукциянын ЭККү да ошончолук тез чоңойгондугун көрөбүз. Демек, индукциянын электр кыймылдаткыч күчү аны пайда кылуучу магнит талаасынын өзгөрүү ылдамдыгынан көз каранды.

Эгер 37-сүрөттөгү экинчи катушканы оромосунун саны көп болгон башка катушка менен алмаштырсак, магнит талаасынын бирдей эле өзгөрүшүндө индукциянын ЭККү чоң болгондугун көрөбүз.

Жасалган эки тажрыйбадан мындай жыйынтык келип чыгат:

индукциянын электр кыймылдаткыч күчү катушканы кесип өтүүчү магнит талаасынын өзгөрүү ылдамдыгына жана катушканын оромолорунун санына көзкаранды.

Индукциялык токтун багыты турактуу магниттин катушкага карата кыймылынан, тактап айтканда, катушкага магниттин кайсы уюлу жакындыгына көзкаранды. Бул кубулушту толук изилдеген окумуштуу Э. Х. Ленц 1933-жылы индукциялык токтун багытын аныктоонун жалпы эрежесин ачкан:

индукциялык токтун магнит талаасы, ал токту пайда кылган сырткы магнит талаасына каршы аракет эткендей багытталат. Бул Ленц эрежеси деп аталат.

Бул эрежени төмөнкү тажрыйбада далилдөөгө болот. 38-сүрөттөгү түзүлүштү чогултабыз. Эгер магниттин бир уюлун туюк шакекчеге жакындатсак, ал магниттен түртүлүп качат. Андан кийин магнитти шакекчеге киргизип туруп, кайра сууруп алсак, ал магнитке тартылып, артынан ээрчигендигин көрөбүз. Бул тажрыйба биринчи учурда шакекте-ги пайда болгон индукциялык ток магниттин жакындашына, ал эми экинчи учурда магниттин алыстaшына тескери аракет этерин көрсөтөт. Бул тартылуунун жана түртүлүүнүн себеби шакекте пайда болгон индукциялык ток болуп эсептелет. Анткени магнитти тилиги бар шакекке жакындатсак же андан алыстатсак эч кандай аракеттешүү байкалбайт. Себеби тилиги бар шакек туюк болбогондуктан, индукциялык ток пайда болбойт.

38-сүрөт. Ленц эрежесин текшерүүчү тажрыйба.

? 1. Электр талаасынын күч сызыктары менен магнит талаасынын күч сызыктарынын айырмасы эмнеде?
2. Куюн түрүндөгү электр талаасы менен электр-статикалык талаанын айырмасы эмнеде?
3. Индукциянын электр кыймылдаткыч күчү эмнени мүнөздөйт?
4. Индукциянын электр кыймылдаткыч күчү эмнеге көзкаранды?
5. Индукциялык токтун багытын кантип аныктоого болот?
6. Ленц эрежеси кандайча айтылат?
7. Ленц эрежесин далилдөөчү тажрыйбаны жасагыла жана аны түшүндүргүлө.

*** Өздүк индукция кубулушу.** Өзгөрмө магнит талаасы туюк контурда индукциялык токту пайда кылып, анын багыты Ленц эрежеси менен аныкталарын көрдүк. Эгер кандайдыр туюк контурда өзгөрмө ток пайда болсо, анда анын айланасында өзгөрмөлүү магнит талаасы пайда болот. Бул өзгөрмө магнит талаасы ушул эле контурдун өзүндө индукция тогун пайда кылат. Өзгөрмө тогу бар контурда, өзгөрмө магнит талаасы пайда болуп, ошол эле контурда пайда болгон индукция кубулушу өздүк индукция деп аталат. Өздүк индукция кубулушунда да ЭККү пайда болот. Ал ток өздүк индукция тогу деп аталат. Өздүк индукция кубулушун электр чынжырын туюктоо жана ажыратуу учурунда ачык байкоого болот.

Турактуу ток булагынан, ачкычтан жана катушкадан турган контурду элестетели. Ачкыч менен чынжырды бириктирген учурда ток заматта эле эң чоң маанисине чейин көбөйүп же ажыратканда заматта эле нөлгө чейин азайып кетпейт. Чоңою же азаюу, аз да болсо кандайдыр бир убакытка созулат. Ачкычты бириктирүү учурунда ток 0дөн кандайдыр белгилүү маанисине жетип калыптанганга чейин, анын айланасында улам чоңоюучу магнит талаасы пайда болот. Бул талаа өзгөчө катушканын айланасында көбүрөөк топтолот. Тез чоңоюучу бул талаа Ленц эрежеси боюнча катушканын өзүндө, чоңоюп бара жаткан негизги токко кара-

ма-каршы багытталган өздүк индукция тогун пайда кылат. Ток күчүнүн чоңоюшу өтө тез болгондуктан чоңоюучу магнит талаасы да тез өзгөрүп, пайда болгон өздүк индукция тогу жетишээрлик чоң болот.

Ачкыч менен чынжырды ажыратуу учурунда, тескерисинче, магнит талаасы тез азайып, контурда негизги ток менен бир багытта өздүк индукция тогу пайда болот. Жалпы ток кыска убакыт ичинде бир кыйла чоң мааниге жетет. Ажыратуу жана бириктирүү учурундагы өздүк индукция тогун атайын тажрыйбаларда байкоого болот.

Биз үй-тиричилигинде жана өндүрүштө өзгөрмө токту пайдаланабыз. Демек, анын чынжырында да ар дайым өздүк индукция кубулушу пайда болот. Чоң өндүрүш ишканаларында сактануу чаралары көрүлбөсө, өздүк индукция тогу зыяндуу натыйжаларга алып келиши мүмкүн.

? 1. Кандай кубулушту өздүк индукция деп айтабыз?
2. Индукция тогунун багытын аныктоо боюнча Ленц эрежесин кайталап бергиле.
3. Туруктуу тогу бар контурду ачкыч менен ажыратууда эмне үчүн негизги токко карама-каршы өздүк индукция тогу пайда болот?

*** Индуктивдүүлүк.** Өздүк индукция кубулушунда чынжырга бириктирилген катушканын ролу абдан чоң. Анткени ошол аймакта магнит талаасы күчтүүрөөк болот. Кандайдыр бир узундуктагы түз зым өткөргүчтү катушканын ордуна пайдалансак, өздүк индукция кубулушу байкаларлык болбойт. Эгер ошол эле өткөргүчтү оромо түрүндө бириктирсек, анда өздүк индукция кубулушу ачык байкалат. Оромонун саны канчалык көп, өлчөмү чоң болсо, байкалуучу өздүк индукциянын ЭККү да ошончо чоң болот. Жалпылап айтканда, контурдагы ток убакыт бирдигинде канчалык тез өзгөрүп, катушканын оромдорунун саны канчалык көп болсо өздүк индукциянын ЭККү ошончо чоң болот. Өздүк индукциянын ЭКК нүн өткөргүчтөрдүн өлчөмүнө, формасына жана курчаган чөйрөнүн касиетине көзкаранды болушу *индуктивдүүлүк* деп аталат. Ошентип, индиктивдүүлүк токтун убакыт бирдигиндеги өзгөрүшүндө контурда пайда болгон өздүк индукциянын ЭККүнүн чоңдугу менен аныкталат. Индуктивдүүлүктүн бирдиги үчүн *генри* (*Гн*) алынат. Эгер ток күчү 1 *секундада* 1 *амперге* өзгөрүп 1*В* өздүк индукциянын ЭККүн пайда кылса, анда контурдун индуктивдүүлүгү 1*Гн* болот.

$$1Гн = 1\frac{B \cdot c}{A}.$$

? 1. Контурга оромдорунун саны көбүрөөк катушканы бириктирсек, өздүк индукциянын ЭККү кандайча өзгөрөт?
2. Индуктивдүүлүк контурдагы өткөргүчтүн кандай мүнөздөмөлөрү менен байланыштуу болот?
3. Индуктивдүүлүктүн бирдиги үчүн эмне алынат? Анын физикалык мааниси эмнеде?

§ 10. ӨЗГӨРМӨ ТОК. ӨЗГӨРМӨ ТОКТУН ГЕНЕРАТОРУ

Фарадей тажрыйбасындагы түз магнитти катушкага карата өйдө ылдый кыймылдатканда гальванометрдин жебесинин оңго же солго термелгенин байкаганбыз. Бул болсо магниттин кыймыл багытына жараша токтун багытынын өзгөрөрүн көрсөтөт. Бирок бул учурда токтун багыты гана өзгөрбөстөн, анын күчү да өзгөрөрү кызыктуу көрүнүш. Анткени магнит кыймылсыз турганда ток күчү нөлгө барабар. Ал эми ток күчү жогорку мааниге качан гана магнит чоң ылдамдык менен кыймылдаганда жетет. Ошентип магнит катушкага карата термелүү кыймылына келгенде, катушкада индукциянын ЭККү пайда болот. Андагы ток күчү багыты жана чоңдугу боюнча мезгилдүү өзгөрүп турат. Мындай ток өзгөрмө ток деп аталат.

Азыркы күндө биздин турмушубузда колдонулуучу электрдик куралдар (батарея, аккумулятор менен иштегендерден башкасы), техникада колдонулуучу чоң түзүлүштөр ушул өзгөрмө токтун энергиясын пайдаланышат. Демек, улуу окумуштуу Фарадейдин электр-магниттик индукция кубулушун ачышы адам баласына жаңы кубаттуу энергияны сунуш кылды. Бул анын дүйнөдөгү эң улуу ачылыш жасаганын далилдейт. Бирок бул ачылыш менен эле бардык техникалык

маселелер чечилип калды деп айтууга болбойт. Анткени пайдалануунун жолун табуу андан да чоң маселе болучу.

Фарадейдин илимий ачуусунун негизинде механикалык энергияны электр энергиясына айландырууга боло турган жолу табылган. Механикалык энергияны электр энергиясына айландыруу үчүн генераторлор түзүлүүгө тийиш. Ал эми электр энергиясын кайра механикалык энергияга айландыруу үчүн электр кыймылдаткычтарын түзүү зарылдыгы келип чыккан. Ал болсо окумуштуу-инженерлерге бир катар жаңы милдеттерди койгон.

Өзгөрмө электр тогун алуучу б. а., *механикалык энергияны электр энергиясына айландыруучу курал электр генератору деп аталат.* Биринчи эң жөнөкөй электр генераторун Фарадей өзү түзгөн. Ал үчүн Фарадей туруктуу магнит уюлдарынын ортосуна жезден жасалган дисканы орноткон (39-сүрөт). Магнит талаасында дисканы айланткан-да анда электр тогу пайда болгон. Эгер дисканын бир четине жана борбордук чекитине сыйгаланып туруучу тиймекти (контакты) орноткондо, алардын арасында потенциалдар айырмасы түзүлгөн. Ал контакттарды гальванометр аркылуу туташтырганда гальванометр токтун пайда болгонун көрсөткөн.

39-сүрөт. Фарадейдин электр генератору.

Фарадей сунуш кылган түзүлүш өзгөрмө токту алууну гана демонстрациялап көрсөтө алган. Бирок андан кийин генератордун ар кандай моделдери пайда боло баштаган. Аларды алгач магнит-электрдик машинелер деп аташкан. Азыркы колдонулуп жүргөн генератордун моделин 1870-жылы бельгиялык ойлоп табуучу Зиновий Грамм түзгөн.

40-сүрөт. Электр генератору.

Өзгөрмө токтун генераторунун схемасы 40-сүрөттө көрсөтүлгөн. Генератордун кыймылсыз бөлүгү (1) электр-техникалык болоттон жасалган. Ал *статор* деп аталат. Статордо жоон жез өткөргүчтөр оролгон катушкалар болот.

Генератордун айлануучу бөлүгү (2) *ротор* деп аталат. Ал электр-магниттен турат. Анын оромолору туруктуу токтун өзүнчө генераторунан (3) азыктанат. Кубаттуулугу аз генераторлордо ротордун милдетин туруктуу магнит аткарат.

Ротор айланганда статордун оромолорун кесип өтүүчү магнит талаасы өзгөрүп, индукциянын өзгөрмөлүү ЭККү пайда болот. Демек роторду айландырган механикалык энергия өзгөрмө токтун электр энергиясына айланат. Мындай түзүлүштөр *электр станциясы* деп аталат.

Практикада роторду айландыруу үчүн жылуулук энергиясы, суу энергиясы же атом энергиясы колдонулат. Түрүнө жараша электр станциялары жылуулук электр станциясы (ЖЭС), гидро (суу) электр станциясы (ГЭС), атом электр станциясы (АЭС) болуп бөлүнөт.

Кайсы гана станцияны албайлы алардын ротору 1 секундада 50 жолу айланат. Ротордун бир айлануусунда генератордун оромундагы токтун багыты бир жолу өзгөрөт. Ал эми 50 жолу айланганда 50 жолу өзгөрөт. Бул болсо секунда ичинде ток өз багытын жана чоңоюусун 50 жолу өзгөртөт дегенди билгизет. Ошентип өзгөрмө ток 1 секундада 50 термелүү жасайт. СИ системасында электр термелүүсүнүн жыштыгынын бирдиги үчүн герц (*Гц*) алынат. Өзгөрмө токтун термелүүсүнүн жыштыгы көп мамлекеттерде 50 *Гц* болсо, АКШда 60 *Гц*. Мындай бирдиктүүлүк бүт электр куралдарын бирдей стандартта жасоого жана өлкөнүн бардык аймагында чектелүүсүз колдонууга ыңгайлуу шарт түзөт.

?

1. Өзгөрмө ток деген эмне?
2. Электр-магниттик индукция кубулушунун мааниси эмнеде?
3. Электр генераторун түзүүнүн тарыхы жөнүндө эмне билесиңер?
4. Электр генераторунун түзүлүшү жана иштеши.
5. Электр станцияларынын иштеши жөнүндө эмне айта аласыңар?
6. Эмне үчүн электрстанциялар 50 *Гц* жыштыктагы токту иштеп чыгууга арналган? 50 *Гц* деген эмнени түшүндүрөт?

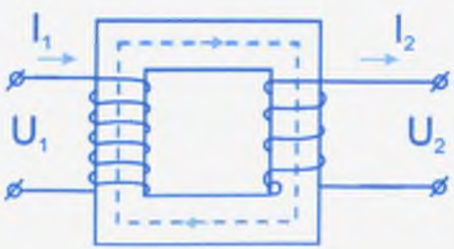
§ 11. ӨЗГӨРМӨ ТОКТУН ТРАНСФОРМАТОРУ

Өзгөрмө электр тогу турактуу ток сыяктуу эле өткөргүч аркылуу өткөндө аны ысытат. Ошондуктан бардык электр лампалары жана электр ысыткыч куралдары өзгөрмө токко арналып жасалат.

Өзгөрмө ток өткөн өткөргүчтүн айланасында өзгөрмө магнит талаасы пайда болот. Өзгөрмө ток булагынан азыктанган электр-магнит өз уюлдарын бир секундада 50 жолу өзгөрөт. Өзгөрмө токтун мындай касиети айрым электр куралдарды (чаң соргуч, желдеткич, шире чыгаргыч ж. б.) пайдаланууда колдонулат.

Өзгөрмө токтун дагы бир касиети, анын чыңалуусун оңой эле өзгөртүүгө боло тургандыгында. Ал *трансформациялоо* делет. «Трансформация» (*transformo*) латын сөзүнөн алынган. Бизче «өзгөртүп түзүү» дегенди билдирет. Ушунун негизинде өзгөрмө токтун чыңалуусун өзгөртүүгө арналган курал трансформатор деп аталат.

Жанаша жайгашкан эки катушканын бирине берилүүчү чыңалууну өзгөрткөндө экинчисинде индукциялык ток пайда болорун Фарадей өзү да учурунда байкаган. Бирок аны чыңалууну өзгөртүүгө колдонгон эмес. Буга 1848-жылы Румкорф көңүл бурган жана 1851-жылы жогорку жыштыктагы токту пайда кылуучу катушканы ойлоп тапкан. Ал ушул күндө да Румкорфтун катушкасы деген ат менен белгилүү. Азыркы учурда пайдаланылып жүргөн трансформатор 1882-жылы инженер Голяр жана америкалык физик Дж.Гиббс тарабынан түзүлүп, ага патент алышкан. Ал эми туюк магниттик өзөкчөсү бар трансформатор 1884-жылы англиялык бир туугандар – ойлоп табуучулар Джонс жана Эдуард Гопкинсондор тарабынан сунуш кылынган. 1889-жылы Доливо-Добровольский үч фазалуу трансформаторду ойлоп тапкан.



41-сүрөт. Трансформатор.

Жөнөкөй трансформатор эки жагына эки катушка кийгизилген туюк болот өзөкчөдөн турат (41-сүрөт).

Биринчи катушка өзгөрмө ток булагына туташтырылат. Ал ток биринчи катушкадан өтүү менен анын айланасында өзгөрмө магнит талаасын пайда кылат. Ал талаа туюк өзөкчө аркылуу экинчи катушканы кесип өтөт да, анда индукциялык токту пайда кылат.

Биринчи катушканын оромунун санын n_1 деп белгилеп, ал аркылуу өткөн өзгөрмө токтун чыңалуусун U_1 деп белгилейли. Экинчи катушканын оромунун санын n_2 деп белгилесек, андагы пайда болгон индукциялык токтун чыңалуусу U_2 болот.

Көп тажрыйбанын негизинде экинчи катушканын оромунун саны биринчисиникине караганда канча эсе чоң (же кичине) болсо, экинчи катушкадагы чыңалуу биринчисиникине караганда ошончо эсе чоң (же кичине) болору далилденген. Ал математикалык түрдө төмөндөгүчө жазылат:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Катыштардын эки жагы өзара барабар болгондуктан $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k$ деп жазабыз, мында k – трансформациялоо коэффициенти. Ал биринчи катушканын оромунун санынын экинчи катушканын оромунун санына болгон катышына барабар.

Эгер биринчи катушкадагы оромдордун саны экинчи катушкадагы оромдордун санынан аз болсо ($n_1 < n_2, k < 1$), анда $U_2 > U_1$ болот. Мындай трансформатор чыңалууну чоңойтот, демек ал чоңойтуучу трансформатор деп аталат.

Эгер биринчи катушкадагы оромдордун саны экинчи катушкадагы оромдордун санынан көп болсо ($n_1 > n_2, k > 1$), анда $U_2 < U_1$ болот. Мындай трансформатор чыңалууну азайтат. Ал азайтуучу трансформатор деп аталат.

Трансформаторлор техниканын бардык тармагында жана үй турмушундагы электр куралдарында колдонулат. Алсак, телевизордун кинескобу 700дөн 25000 *В*ко, радиолампанын аноду 300дөн 600 *В*ко, лампанын кызытуучу бөлүгү 6,3 *В*ко,

транзисторлор 1,5–2 *В*ко чейинки чыңалууну талап кылат. Мына ушулардын бардыгы трансформатордун жардамы менен жөнгө салынат.

? 1. Өзгөрмө токтун кандай касиеттерин билесиңер?
2. Трансформатордун түзүлүшү кандай?
3. Трансформатордун экинчи катушкасында эмне үчүн ток пайда болот?
4. Эмне үчүн трансформатордун жардамы менен турактуу токтун чыңалуусун өзгөртүүгө болбойт?
5. Трансформатордун биринчи катушкасынын оромунун саны 800. Эгер трансформатор чыңалууну 200 *В*тон 28 *кВ*ко чейин чоңойтсо, анын экинчи катушкасындагы оромдордун санын тапкыла.

§ 12. ӨЗГӨРМӨ ТОКТУ АРАЛЫККА БЕРҮҮ

Электр энергиясы башка энергияларга караганда көп артыкчылыктарга ээ: 1. Электр энергиясын башка энергиянын түрүнө оңой эле айландырса болот. Мисалы, электр кыймылдаткычтары электр энергиясын механикалык энергияга, электр лампасы жарык энергиясына, ысытуучу куралдар жылуулук энергиясына айландырат. 2. Электр энергиясы экологиялык жактан эң таза энергия. Аны колдонууда айлана-чөйрө булганбайт. 3. Электр энергиясын ар кандай аралыкка оңой эле берүүгө болот.

Электр энергиясын жакын аралыкка берүүнүн мисалдарын дайым эле кездештирип жүрөбүз. Анын эң жөнөкөй түрү – үй ичинде эки кат өткөргүч аркылуу электр энергиясын розеткадан каалаган электр куралына берүү ж. б. Электр энергиясын алыс аралыкка да берүүгө болот. Бирок мында көп кыйынчылыктарды, б. а. электр берүүчү зымдын ысышынан электр энергиясы коромжуга учурашын жеңүүгө туура келет.

Электр тогу өткөн зымды ысытууга сарпталуучу кубаттуулук $P = I^2R$ формуласы боюнча аныкталат, мында I – өткөргүчтөгү ток күчү, R – өткөргүчтүн каршылыгы. Бул формуладан зымды ысытууга сарпталуучу энергияны азайтуу үчүн ток күчүн жана өткөргүчтүн каршылыгын азайтуу керек.

Электр тогун алыс аралыкка берүүчү зымдын каршылыгын азайтуу үчүн салыштырма каршылыгы аз металлдарды (жез же алюминий) пайдалануу жана алардын туурасынан кесилиш аянтын чоңойтуу керек. Адатта алыска тартылуучу зымдар алюминийден жасалат. Бирок алар жоон зымдар болсо көп салмактагы металл талап кылынат. Алар биринчиден, өтө оор болушса, экинчиден экономикалык жактан үнөмдүү эмес. Ошондуктан практикада бул жол анча колдонулбайт.

Электр тогунун кубаттуулугун өз деңгээлинде калтырып, ток күчүн азайтуу үчүн алыска берилүүчү токтун чыңалуусун көбөйтүү керек. Бул $P = I \cdot U$ формуласынан келип чыгат. Бул максатта электр станциясынын жанына чыңалууну чоңойтуучу трансформатор орнотулат. Генератор иштеп чыккан токтун чыңалуусу 20 *кВ*ко жакын болсо, аны 75 *кВ*тон 500 *кВ*ко чоңойтууга туура келет.

Электр станциясынан керектелүүчү жерге электр энергиясы берилүүчү тармак электр берүүчү тармак (ЭБТ) деп аталат. Ал негизинен төмөнкү бөлүктөрдөн турат (42-сүрөт): 1) ток алып жүрүүчү зымдар; 2) табак формасындагы электр өткөрбөгүч гирлянддар; 3) зым бекитиле турган таяныч; 4) жердештирилген чагылгандан сактагыч.

ЭБТ боюнча алыскы аралыкка жогорку чыңалуудагы энергия берилет. Ал энергияны жеринде ошол эле бойдон колдонууга болбойт. Ошондуктан электрди колдонуучу жерде чыңалууну азайтуучу трансформатор орнотулат. Адатта алар «подстанция» деп аталат. «Подстанциянын» жардамы менен чыңалуу 220–380 *В*ко чейин азайтылат. Анткени электр энергиясын керектөөчү куралдардын көпчүлүгү ушул чектеги чыңалууга ылайыкталып жасалат. Ал эми ар кандай электр куралдарында электр чыңалуусун

42-сүрөт. Электр берүүчү тармактын бөлүктөрү.

чоңойтуучу жана азайтуучу атайын трансформаторлор колдонулат.

1. Электр энергиясын турмуш-тиричиликте колдонуунун кандай артыкчылыктары бар?
2. Электр энергиясын алыс аралыкка берүүдө кандай кыйынчылыктарды жеңүүгө туура келет?
3. Эмне үчүн электр станциясынын жанына чоңойтуучу, ал эми керектелүүчү жерге азайтуучу трансформаторлор орнотулат?
4. Электр берүү тармагы кандай бөлүктөрдөн турат? Ар бир бөлүк кандай милдет аткарат?
5. «Подстанция» дегенди кандай түшүнөсүңөр?
6. Электр энергиясын өндүрүү, аралыкка берүү жана пайдалануунун болжолдуу схемасын чийгиле.

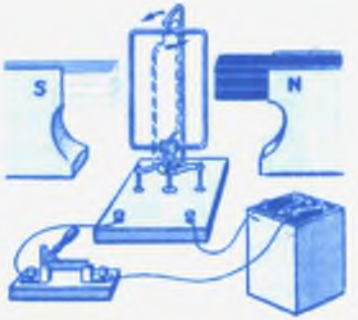
§ 13. ЭЛЕКТР КЫЙМЫЛДАТКЫЧЫ ЖАНА АНЫ КОЛДОНУУ

Электр энергиясын механикалык энергияга айландыруучу курал электр кыймылдаткыч деп аталат. Биздин күндөлүк турмушубузду электр кыймылдаткычы жок элестетүүгө мүмкүн эмес. Анткени биз пайдаланып жүргөн машиналарда, түзүлүштөрдө, механизмдерде электр кыймылдаткычы кеңири колдонулат. Алар: автомашина, самолет, трактор, троллейбус, трамвай, эскалатор, лифт, желдеткич, чаң соргуч, чач алуучу машине, ар кандай станоктор, электр тегирмени ж. б.

Электрди пайдалануунун тарыхында электр кыймылдаткычын түзүүнүн ар кандай жолдору сунуш кылынган. Турактуу токтун электр кыймылдаткычы 1834-жылы орус электр техниги Якоби тарабынан сунуш кылынган. 1838-жылы Якоби өзү жасаган электр моторун 10 адам сыйуучу кайыкка орнотуп, Нева дарыясында 4,5 *км/саат* ылдамдык менен сүзүүгө жетишкен.

Өзгөрмө ток менен азыктануучу электр кыймылдаткычты биринчи жолу 1841-жылы Чарльз Уитстон сунуш кылган. Ал өзгөрмө токтун синхрондуу кыймылдаткычы деп аталган. Бул кыймылдаткычтын жетишпеген жагы көп болгондуктан, 1879-жылы Бейли тарабынан синхрондуу

кыймылдаткычтын модели сунуш кылынган. 1888-жылы италиялык физик Феррарис жана югославиялык ойлоп табуучу Тесла индукциялык электр кыймылдаткычын түзүүгө негиз салышкан. Тесланын индукциялык кыймылдаткычы кийинчерээк Доливо-Добровольский тарабынан өркүндөтүлгөн.



43-сүрөт. Коллектордун түзүлүшү.

Азыркы учурда коллектордуу электр кыймылдаткычтары өтө кеңири колдонулат. Коллектор рамканын оромдорундагы токтун багытын мезгилдүү өзгөртүп туруучу түзүлүш (43-сүрөт). Жөнөкөй коллектор оромолуу рамканын огуна туташтырылган эки жарым шакекчеден турат. Оромонун эки учу эки жарым шакекчеге туташтырылган. Эки жарым шакекчеге, ага кысылып турган көмүр щеткалары аркылуу электр тогу берилет.

44-*а*, сүрөттөгү *F* жарым шакеги 2-щеткага тийишкенде рамканын оромундагы ток *Д* чекитинен *С* чекитине багытталган. Бул учурда рамка 180^0 ка бурулат. Андан кийин (44-*б*, сүрөт) 2-щетка *Е* жарым шакегине тийишип калат да, оромодогу ток *А* чекитинен *В* чекитин көздөй тескери багытталат. Анын негизинде рамка дагы бир жолу 180^0ка айланат. Ошентип ток берүүнү токтотмоюн магнит талаасындагы рамка айлана берет.

а) б)

44-сүрөт. Коллектордун иштешин көрсөтүүчү тажрыйба.

45-сүрөт. Коллектордуу электр кыймылдаткыч.

Коллектордуу электр кыймылдаткыч негизинен төрт бөлүктөн турат (45-сүрөт).

1. *Статор* – турактуу магнит же электрмагнит. Ал электр кыймылдаткычынын кыймылсыз тулкусу менен кошо жайгашкан. «Статор» латын сөзүнөн кыргызча «кыймылсыз турат» дегенди билгизет. Коллектордуу кыймылдаткычтын статору көп учурда индуктор деп аталат. Себеби ал магнит талаасын түзүүгө арналган.

2. *Ротор* – көп учурда коллектордуу кыймылдаткычтын якору деп аталат. Ал атайын болот тилкелеринен туруп, ар кандай формадагы өзөкчө катары жасалат. Өзөкчөгө зымдар оролот. «Ротор» латын сөзү, кыргызча «айлануучу» дегенди билгизет.

3. Оромдун учтары туташтырылган коллектордук пластиналар. Ал ротордун огуна бекитилген.

4. Коллектордун пластиналарына пружина аркылуу кысылып туруучу эки көмүр щеткалары.

5. Электр кыймылдаткычын азыктандыруучу ток булагы.

Щеткаларга керектүү чыңалуу берилгенде, ал статордун талаасы менен өзара аракетке келип роторду айланууга дуушар кылат. Ротордун огуна кыймылды башка механизмдерге берүүчү каражаттар орнотулат. Анын натыйжасында башка механизмдер иштей баштайт. Ошентип электр энергиясы механикалык энергияга айланат.

Электр кыймылдаткычтары башка жылуулук, шамал жана суу кыймылдаткычтарына салыштырганда көп баалуу касиеттерге ээ.

1. Киловаттын миллиондон бир үлүшүнөн ондогон миң киловаттка чейинки кубаттуулукту (электр сааттары – 0,0000003 *кВт*, кемелердин электр кыймылдаткычтары – 42 000 *кВт*) өндүрө алат.

2. Айлануу жыштыгын 1 *айл/саат*тан 100 000 *айл/мүнөт*кө чейин өзгөртө алат.

3. Ишке киргизүүнүн, токтотуунун, айлануу багыттарын өзгөртүүнүн жөнөкөйлүгү, башкарууну автоматташтыруунун чексиздиги.

4. Машиналардын конструкцияларын өзгөртүүгө, иштөө талабын канааттандырууга өтө ыңгайлуулугу.

5. Пайдалуу аракет коэффициентинин (ПАК) эң жогору болуусу. Кубаттуу электр кыймылдаткычынын ПАКи 98%.

6. Тазалоого, майлоого, ремонттоого ыңгайлуулугу.

Бул негизги сапаттар электр кыймылдаткычтарды жалаң эле өнөржайда, транспортто гана эмес, айыл чарбасында да кеңири колдонууга шарт түзөт. Электр кыймылдаткычтарды колдонуу эмгекти жеңилдетет, жумушчу күчүн үнөмдөйт жана эмгек өндүрүмдүүлүгүн жогорулатат.

Айыл чарбасындагы электрлештирилген мал короого кирсек: силос даярдоо үчүн саман туурап, күнжара, дан, минералдык тоюттарды майдалап, тамыры жемиш өсүмдүктөрдү жууп ж. б. ар кандай иштерди аткарып жаткан машиналарды көрөбүз. Булардын бардыгы электр кыймылдаткычынын жардамында иштейт. Мындан тышкары да электр кыймылдаткыч май, быштак даярдоочу, сүт тартуучу ж. д. у. с. машиналарды кыймылга келтирет.

Ал эми талаадан эмнени көрүүгө болот? Кырмандарда электр кыймылдаткычтар сорттогучтарды, татаал бастыргычтарды, желдеткичтерди, эгин жүктөгүчтөрдү, транспортерлорду ж. б. кыймылга келтирет.

? 1. Электр кыймылдаткыч деген эмне?
2. Электр кыймылдаткычтарын жасоонун тарыхынан эмне билесиңер?
3. Коллектор деген эмне? Ал эмне максатта колдонулат?
4. Коллектордуу электр кыймылдаткычынын түзүлүшүн жана иштөө принцибин айтып бергиле.
5. Статор жана ротор деген терминдер эмнени түшүндүрөт?
6. Электр кыймылдаткычтары башка кыймылдаткычтарга салыштырмалуу кандай артыкчылыктарга ээ?
7. Электр кыймылдаткычтарын пайдаланууга мисал келтиргиле.
8. Электр кыймылдаткычтарын ар кандай тармактарда пайдалануу боюнча реферат даярдагыла.

§ 14. ЭЛЕКТР КУРАЛДАРЫ МЕНЕН ИШТӨӨДӨ КООПСУЗДУКТУ САКТОО

Ар кандай электр куралдары менен иштегенде өтө сак болуп, тийиштүү эрежелерди кыйшаюусуз аткаруу талап кылынат. Андай болбосо адам өмүрүнө орду толгус зыянды алып келет. Анткени адам денеси электр тогун эң жакшы өткөрөт. Эгер адам денеси чыңалуусу 24 же андан көп вольтко барабар өткөргүчкө тийсе, ал оор жаракат алышы же болбосо өлүп калышы мүмкүн. Ошондуктан төмөнкү эрежелерди биринчи иретте сактоо сунуш кылынат:

– изоляциясы жок эки өткөргүчтү бир убакта эки колу менен кармабоо;

– жерде туруп изоляцияланбаган тогу бар зымга тийишпөө;

– бузулган электр куралдары менен иштебөө;

– ток булагынан ажыратылбаган электр куралдарын чогултпоо, ремонттобоо;

– стандарттуу электр сактагычтар күйүп кеткен учурда жасалма сактагычтарды пайдаланбоо;

– бузук розеткаларга электр куралдарын туташтырбоо;

– бир эле учурда бир нече кубаттуу электр куралдарын пайдаланбоо ж. б.

Электр тогунан жабыркаган адамга алгачкы жардамды кандайча берүү керек? Эгер ушундай учур туш болсо, ар бир секунда тагдыр чечкени менен маанилүү болот. Адам токтун таасиринде канча көп убакыт болсо, анын өмүрүнө ошончо чоң зыян келиши мүмкүн. Тогу бар өткөргүчкө тийгенде адамдын денеси ага жабышып калат. Андан адам өзүнчө бошонуп кетүүсү өтө татаал болот. Себеби бул учурда адам аң-сезиминен ажырап, булчуң эттери тырышып дененин айрым бөлүгү кыймылга келбей калат.

Токко урунган адамды сактап калуу үчүн эң алгач аны ток өтүп жаткан өткөргүчтөн ажыратуу зарыл. Эгер мындай кокустук бөлмөнүн ичинде болсо, дароо үйдөгү электр тогун өчүрүп, розеткадан куралды ажыратып алуу керек. Эгер электрдик ажыраткыч же кошкуч жок болсо, электр эсептегичинин жанындагы электр сактагыч пробканы бурап чыгарып алуу сунуш кылынат.

Эгер электр өчүргүчү же кошкучу алыс жерде жайгашкан болсо, бутка желим өтүк же колго желим колкап кийип кургак жыгач таяк менен өткөргүчтү жулуп ыргытат. Кай бир учурда өткөргүчтү бычак же балта менен кесет, аттиш менен тиштетип ажыратат. Бул учурда колдонулуп жаткан куралдардын сабы изоляцияланган болушу керек.

Токко урунган адамдын өзү да ток өткөргүч экендигин эстен чыгарбоо керек. Ошондуктан адамды ачык денесинен кармабастан кийиминин четинен бир кол менен кармап токтон ажыратууну унутпайлы. Токтон ажыраган адамды чалкасынан жаткырып, дем алууга тоскоол болгон бүчүлүктөрүн чечип салуу талап кылынат. Доктор чакыруу, эгер ал мүмкүн болбосо, жабыркаган адамды дарылоочу жайга жеткирүү зарыл.

? 1. Эмне үчүн адам электр менен иштегенде сак болушу керек?
2. Электр кокустугунун пайда болуу шарттары кайсылар?
3. Электр менен иштегенде биринчи иретте librariesакталуучу эрежелер кайсылар?
4. Эмне үчүн бузук электр куралдары менен иштөөгө болбойт?
5. Электр чайнегине суу куйбай туруп токко кошууга болобу?
6. Эмне үчүн электр монтеру колуна желим колкап, бутуна желим өтүк кийет?
7. Токко урунган адамды электр тармагынан ажыратуу үчүн алгач эмне кылуу керек?
8. Токко урунган адамга алгачкы жардам берүү кандайча жүргүзүлөт?
9. Бул маселе боюнча кыскача аңгеме же реферат жазгыла.

§ 15. КЫРГЫЗСТАНДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДҮРҮҮ

Электр энергиясын өндүрүү кыргыз жергесинде XX кылымдын башында пайда боло баштаган. Ал 1913–1914-жылдарга таандык. Ушул учурларда Ошто кубаттуулугу 55–65 *кВт*, Бишкекте кубаттуулугу 16,5 *кВт*, Караколдо – 7,5 *кВт*, Кызылкыяда – 121 *кВт* ж. б. ГЭСтер жана жылуулук электр станциялары курулган.

Советтик курулуштун биринчи жылдарында эл чарбасын өнүктүрүү максатында өлкөнү электрлештирүү биринчи орунга коюлган. Ошол үчүн В. И. Лениндин демилгеси

боюнча 1920-жылы Россияны электрлештирүүнүн Мамлекеттик планы (ГОЭЛРО) кабыл алынган. Ал планда: электрэнергетикасын жогорку темпте өнүктүрүү; электр станцияларынын кубаттуулугун жогорулатуу; электр энергиясын өндүрүүнү борборлоштуруу: жергиликтүү энергетикалык ресурстарды кеңири пайдалануу; өндүрүштү, транспортту, айыл чарбасын акырындык менен электр энергиясына өткөрүү ж. б. каралган.

ГОЭЛРО боюнча 1935-жылга 30 электр станциясын (20 жылуулук жана 10 гидравликалык) куруу жана кубаттуулугун 8,8 миллиард киловатт-саатка жеткирүү пландаштырылган. Ал план ашыгы менен аткарылган. 1935-жылы 40 электр станциясы курулуп, бир жылда жалпы кубаттуулугу 20,3 миллиард киловатт-саат электр энергиясы өндүрүлүп чыгарылган. 1940-жылы жалпы өндүрүлгөн электр энергиясынын кубаттуулугу 48,31 миллиард киловатт-саатка жеткен.

Алгач СССРде жылуулук электр станциялары (ЖЭС) өтө көп курулган. 1980-жылга чейин ЖЭСтердин жалпы кубаттуулугу 3 000 *МВт*ка жеткен. Алсак Рефтин ЖЭСи (кубаттуулугу 3 800 *МВт*), Запорожье, Углегор, Кострома ЖЭСтери (ар биринин кубаттуулугу 3 600 *МВт*), Кривой-рог ЖЭСи (кубаттуулугу 3 000 *МВт*), Пермь ЖЭСи (4 800 *МВт*) ж. б.

Ошол эле учурда гидроэлектр станцияларын (ГЭС) куруу иши кеңири жолго коюлган. Мисалы, Саян-Шушенск ГЭСи (6 400 *МВт*), Краснояр ГЭСи (6 000 *МВт*), Братск ГЭСи (4 500 *МВт*), Уст-Илим ГЭСи (4 320 *МВт*), Нурек ГЭСи (3 000 *МВт*), КПССтин XXII съезди атындагы Волга ГЭСи (2 541 *МВт*) ж. б.

Кыргыз Республикасында электр энергиясын өндүрүүдө суу энергиясын пайдалануунун натыйжалуу экендиги илимий жана практикалык жол менен далилденген. Андай энергиянын булагы катары чокусу бийик тоолордон агып түшүүчү Нарын дарыясы тандалып алынган. Ал дарыянын суусун пайдаланып Кыргызстанда бир нече гидроэлектр станциялары курулган. Анын натыйжасында Кыргыз Республикасы электр энергиясын өндүрүү боюнча алдыңкы катарда турат. Нарын дарыясына курулган ГЭСтердин айрымдарына токтололу.

Үчкоргон ГЭСи Жалалабад облусунда, Нарын дарыясына Токтогул ГЭСинен 115 *км* түштүк-батыш тарапта, деңиз деңгээлинен 500 *м* бийиктикте курулган. ГЭСтин курулушу 1962-жылы бүткөрүлгөн. 4 агрегаттын ар биринин кубаттуулугу 45 миң киловаттан. Жылына 890 млн. *кВт·саат* электр энергия иштеп чыгарат. 9 балл жер титирөөгө чыдамдуу.

Атбашы ГЭСи – Нарын дарыясынын сол куймасы – Атбашы суусуна курулган электр станция. Курулушу 1964-жылы башталып, 1970-жылы бүткөрүлгөн. Ал Түндүк Кыргызстандын бирдиктүү энергия системасына бириктирилген. Жалпы кубаттуулугу 40 миң *кВт*, жылына 105 миң *кВт*·саат электр кубатын иштеп чыгарат. Бул станция деңиз деңгээлинен 2000 м бийиктикте жайгашкан. Тууорасы 30 *м*, бийиктиги 80 *м* тогоон (плотина) 40 млн. $м^3$ суу топтойт да, Акталаа, Нарын райондорунун миңдеген гектар жерин сугарууга мүмкүнчүлүк берет.

Токтогул ГЭСи – КМШ өлкөлөрүндөгү ири ГЭСтердин бири. Жалалабат облусунда, Нарын дарыясынын төмөнкү агымында курулган. Курулушу 1962-жылы башталып, 1975-жылы бардык агрегаты ишке киргизилген. Долбоордук кубаттуулугу 1 млн 200 миң *кВт* (4 агрегаттын ар бири 300 миң *кВт*тан). Тогоондун бийиктиги 215 *м*, узундугу 400 *м*, туурасы 150 *м*. ГЭС гидротүйүнү башка станциялардан ири суу сактагычы менен айырмаланат. Курулуш 9–10 баллга чейинки жер титирөөгө чыдамдуу. ГЭС курулгандан Каракөл шаары пайда болгон.

Нарын дарыясындагы Токтогул ГЭСинин плотинасы суусуну бууганда Токтогул суу сактагычы пайда болгон. Суу сактагычка 1974-жылы суу толтурула баштаган. Аянты 284 $км^2$, көлөмү 19,5 $км^3$, узундугу 65 *км*, кең жери 12 *км*, орточо тереңдиги 69 *м*, эң терең жери 180 *м*; деңгээли 63 *м*ге жетет. Токтогул суу сактагычы Нарын жана Сырдарыянын агымын жөнгө салып, кошумча 0,5 млн. *га* жерди сугарууга мүмкүндүк берет.

Күрпсай – Нарын дарыясында курулган төртүнчү ГЭС. Токтогул ГЭСинен 40 *км* төмөн жайгашкан. Курулушу 1976-жылы башталып, 1981-жылы бүткөрүлгөн. Төрт агрегаттын ар биринин кубаттуулугу 200 миң *кВт*тан. Жалпы кубаттуулугу 800 миң *кВт*. Жылына 2630 млн. *кВт*·саат электр

энергиясын иштеп чыгарат. Бийиктиги 113 *м*, туурасы 360 *м* бетон плотина дарыяны бөгөп, 370 млн. $м^3$ суу топтойт. Суу менен Кыргызстандын жана Өзбекстандын миңдеген гектар жери сугарылат.

Төшкөмүр ГЭСинин кубаттуулугу 450 миң *кВт*. Ал 1987-жылы ишке берилип, 2001-жылдан толук кубаттуулукта иштей баштаган.

2002-жылдын 30-августунда Ташкөмүр шаарындагы Шамалдуусай ГЭСинин агрегаттарын толук долбоорлук кубаттуулукка чыгаруу салтанаты болуп өткөн. Шамалдуусай ГЭСи жылына 1млрд *кВт*·саат чейин электр энергиясын иштеп чыгарат.

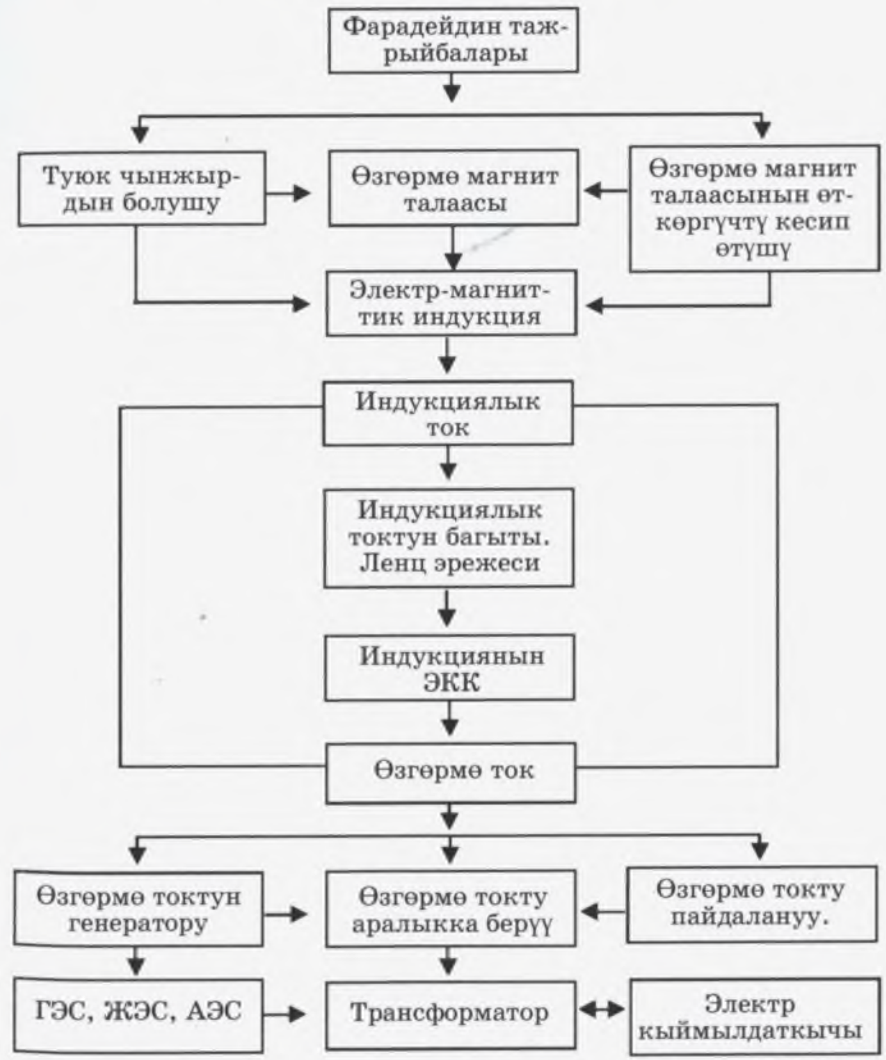
Өнүккөн энергетикасыз экономиканы өнүктүрүүгө жана социалдык маселелерди чечүүгө мүмкүн эмес. Кыргыз Республикасы кыйынки учурлардагы кыйынчылыктарга карабастан электр энергиясын өндүрүүдө ийгиликтерге жетишип, коншу мамлекеттерге электр энергиясын экспорттоого багыт алды.

Шамалдуусай ГЭСин ишке киргизүүдө жана жалпы эле Республиканын энергетикасын өнүктүрүүдө өзгөчө айырмаланган гидрокуруучулар атайын сыйлыктарга ээ болушту. «Ак-Шумкар» өзгөчө белгисин тапшыруу менен «Кыргыз Республикасынын Баатыры» деген жогорку артыкчылык даражасына монтаждоочу К. Арыков менен бригадир А. Кабаевдер татыктуу болушкан. III даражадагы «Манас» ордени менен кран машинисти К.Тайлаков сыйланган.

?

1. Электр энергиясын пайдалануунун артыкчылыгы эмнеде?
2. Кыргыз жергесинде электр энергиясын өндүрүү качан башталган?
3. Кыргызстандагы ТЭС, ГЭС, ТЭЦ жөнүндө материал топтоп, рефераттар даярдагыла.
4. ГОЭЛРО планынын маанисин кандай түшүнсө болот?
5. КМШга кирген башка өлкөлөрдө электр энергиясын өндүрүү боюнча реферат даярдагыла.
6. Кыргызстандагы ГЭСтерге мүнөздөмө бергиле.
7. Кыргызстанда электр энергиясын өндүрүүнүн келечегин кандайча элестетесиңер?

«Электр-магниттик индукция. Өзгөрмө ток» главасы боюнча билимдер жана алардын байланышы



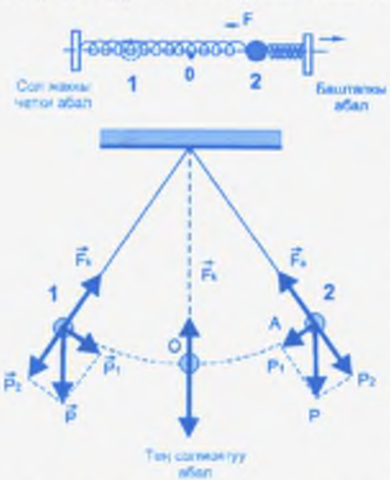
ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР ЖАНА ТОЛКУНДАР

§ 16. ТЕРМЕЛҮҮ КЫЙМЫЛЫ. ТЕРМЕЛҮҮ МЕЗГИЛИ ЖАНА ЖЫШТЫГЫ

Кандайдыр өлчөмдө кайталануу менен өтүүчү кыймылдар термелүү кыймылы болорун белгилеп кеткенбиз (Физика, VII кл. §57).

Ошону менен бирге термелүү кыймылын мүнөздөөчү айрым чоңдуктарды да (термелүү мезгили, жыштыгы, амплитудасы) карап кеткенбиз. Бирок биз алдыда сөз боло турган электрмагниттик термелүүлөр менен толкундарды кароодо *бул чоңдуктар* жетишсиз болот. Элестетүү оңой болсун үчүн *ал чоңдуктарды* адегенде механикалык термелүүлөр жана толкундар менен байланыштырып карайбыз.

Эки жагынан серпилгичтүү пружина менен керилип коюлган жыгач шарчасы (ал жеңил) же жипке илинген шарча термелүүгө келерин билебиз (46-*а*, *б*, сүрөт). Термелүү кыймылы башка кыймылдардан эки өзгөчөлүгү менен айырмаланат. Ар кандай термелүүчү нерсенин, биринчиден, тең **салмактуу абалы** болот. Бул абалда ал канча болсо да кыймылсыз тура берет. Тең салмактуу абалынан кыйшайтылган нерсе ушул тең салмактуу абалдан ары-бери өтүү менен термелүү жасайт. Экинчиден, термелүү кыймылы, нерсеге аракет эткен, мезгили менен өзгөрүүчү күчтүн аракети астында гана болот. Ушундай күч болуп, биз карап жаткан учурда пружиналардын **серпилгичтүүлүк күчү** $\vec{F}$ же шарчанын салмак күчүнүн бир түзүүчүсү болгон P_1 күчү эсептелет.



46-сүрөт. Серпилгичтүүлүк жана оордук күчүнүн аракети менен болгон термелүүлөр.

Эгерде шарчаны тең салмактуу абалынан оң же сол жакка кыйшайтуу менен коё берсек, анда алар: биринчи учурда оң жагы кысылган, сол жагы созулган пружиналарда пайда болгон серпилгичтүүлүк күчүнүн аракети менен сол жакты көздөй кыймылга келет (46-*а*, сүрөт); экинчи учурда (*б*) оордук күчүнүн бир түзүүчүсү болгон P_1 күчү шарчаны тең салмактуу абалын (б. а. сол жакты) көздөй кыймылга келтирет. P_1 күчү серпилгичтүүлүк күч сыяктуу тең салмактуу абалдан өтүүдө нөлгө барабар болуп, андан ары карама-каршы багытта чоңдугу боюнча чоноюп, четки абалда эң чоң маанисине жетет. Сол жакකы четки абалда серпилгичтүүлүк күчү, ошондой эле P_1 күчү шарчаны кайра тең салмактуу абалды, б. а. оң жакты көздөй кыймылга келтирет. Андан ары шарча тең салмактуу абалынан өтүп, баштапкы абалына келет да толук бир термелүү жасайт. **Толук бир термелүүгө кеткен убакыт термелүү мезгили (T) деп аталат. Ал эми убакыт бирдигиндеги термелүүлөрдүн саны жыштык деп аталат.** Бир секундада бир термелүү болсо, ал термелүү жыштыгынын бирдиги 1 *герц* (*Гц*) деп аталат. Ушундан улам 1 секундада 2 термелүү болсо 2 *Гц*, ал эми 10 термелүү болсо, жыштык 10 *Гц* болот. Жыштык менен термелүү мезгили өзара төмөнкү формула боюнча байланышат:

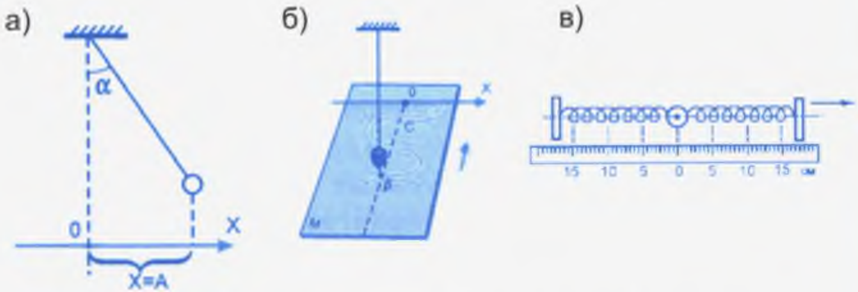
$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (1)$$

? 1. Серпилгичтүүлүк күчүнүн пайда болушун пружинанын мисалында түшүндүргүлө.
2. Күчтөрдү түзүүчүлөргө ажыратуу кандай эрежеге баш ийерин түшүндүргүлө.
3. Салмак күчүнүн кыймыл траекториясына жаныма боюнча багытталган P_1 түзүүчүсү кандайча өзгөрөрүн түшүндүргүлө.
4. Термелүү мезгили деп кандай чоңдукту айтабыз?
5. Жыштык деп эмнени айтабыз? Алардын кандай байланышы бар?

§ 17. ТЕРМЕЛҮҮНҮН АМПЛИТУДАСЫ ЖАНА ГРАФИГИ

Термелүүлөрдүн бир катар мүнөздөмөлөрүнүн ичинен амплитуда жөнүндөгү түшүнүктү кайра эске салуу менен, термелүүнүн графиги кандайча болоорун карайлы.

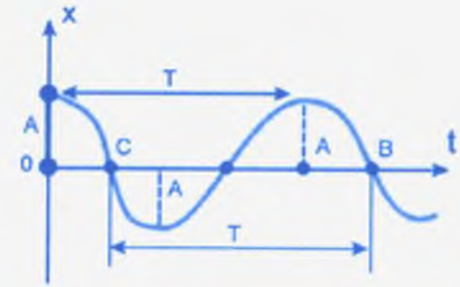
47-*а*, сүрөттө маятниктин кандайдыр α бурчуна кыйшайтылган абалы көрсөтүлгөн. x огун алып, анын башталышын 0 менен белгилесек, анда бул ок боюнча маятниктин эң чоң кыйшайтылган абалы, б. а. $x = A$ аралыгы амплитуданы көрсөтөт. **Термелүүчү нерсенин тең салмактуу абалынан эң чоң аралыкка жылышы амплитуда деп аталат.**



47-сүрөт. Термелүүнүн амплитудасы, графиги жана амплитуданын сызгыч боюнча көрсөтүлгөн чоңдуктары.

47-*б*, сүрөттөгү ичине кум салынган воронканын x огу боюнча термелишинде чубурган кумдун изи адегенде түз сызык боюнча жайгашып, андан кийин M картон тактайчасын чиймеде көрсөтүлгөн жебенин багыты боюнча жылдырганда термелүүнүн графиги болгон синусоида (же косинусоида) сызыгын элестеткен из калтырат. x огу боюнча эң чоң четтөө аралыгы A амплитуданы көрсөтөт. C чекитинен B чекитине чейин воронка толук бир термелүү жасайт (48-сүрөт). Графикте синусоида же косинусоида менен мүнөздөлгөн термелүүлөр **гармоникалык термелүүлөр** деп аталат.

Термелүүлөрдүн чөйрөдө (газ, суюк жана катуу нерселерде) таралышы **толкун** деп аталаарын (Физика – 7, §59) билебиз. Ошондуктан толкундар да графикте синусоида же косинусоида менен мүнөздөлөт.



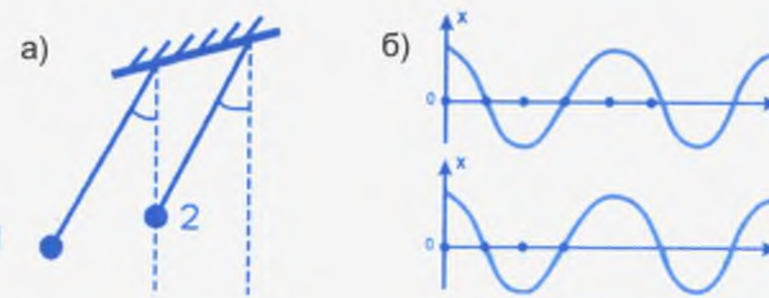
48-сүрөт. Толкундун графикте мүнөздөлүшү; термелүү мезгили, амплитудасы.

? 1. Термелүү деп кандай кыймылды түшүнөбүз?
2. Термелүүнүн амплитудасы деп кандай чоңдукту айтабыз?
3. Термелүү мезгили деп эмнени айтабыз?
4. Термелүүнүн графиги жөнүндө айтып бергиле.

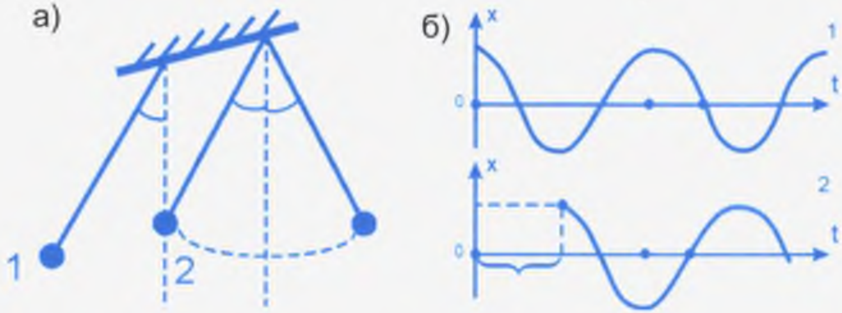
§ 18. ТЕРМЕЛҮҮ ФАЗАСЫ

Фаза жөнүндөгү түшүнүк термелүү жана толкун кыймылдарына бирдей таандык. Фаза – «абал» деген маанини түшүндүрөт. Оңой болсун үчүн аны термелүү кыймылы жана анын графиги аркылуу түшүндүрөбүз.

Бирдей узундуктагы жипке илинген эки шарчаны алалы. Аларды бирдей бурчка кыйшайтып коё берели (49-*а*, сүрөт). Анда шарчалар бири биринин кыймылын кайталап, бирдей термелүү жасашат. Себеби алардын термелүү мезгилдери да бирдей. Эгерде бул эки термелүүнүн графигин тур-



49-сүрөт. Бирдей термелген эки маятниктин термелүү графиктери.



50-сүрөт. Карама-каршы термелген эки маятниктин графиктери аркылуу алардын фазаларын салыштыруу.

гузсак, бирдей синусоиданы алабыз (49-*б*, сүрөт). Бул учурда эки маятник бирдей фазада термелишет же алардын фазаларынын айырмасы 0^0ту түзөт деп айтабыз.

Эми ошол эле эки маятникти бирдей бурчка кыйшайтып, биреөнү коё берип, ал карама-каршы эң четки абалга жеткенде (50-*а*, сүрөт) экинчисин коё берели. Бул учурда эки маятник бир бирине карама-каршы термелүү жасашат. Аларды карама-каршы фазада же фазаларынын айырмасы 180^0 болуп термелишет деп айтабыз. Мезгилдери боюнча салыштырганда экинчи шарча жарым мезгилге $\frac{1}{2}T$ артта термелет деп да айтабыз (50-*б*, сүрөт).

Бул көрсөтүлгөн графиктерди салыштыруу менен алардын дагы бир өзгөчөлүгүн байкайбыз. Эки маятник бирдей фазада термелгенде, алардын графиктеринде дөңсөлөр менен дөңсөлөр, ойдундар менен ойдундар дал келсе, алар карама-каршы фазада термелгенде дөңсөлөр менен ойдундар, же ойдуңдар менен дөңсөлөр дал келишет.

Эгерде экинчи маятниктин термелүүсү биринчи маятниктен мезгили боюнча $\frac{1}{4}T$ га айырмаланса, анда алардын фазаларынын айырмасы 90^0, ал эми $\frac{3}{4}T$ га айырмаланса – 270^0 болору белгилүү. Ошентип, мезгил үлүштөрү боюнча фазалар айырмасын аныктай алабыз:

$$T = 0^0 \text{ же } 360^0, \quad \frac{1}{4}T = 90^0, \quad \frac{1}{2}T = 180^0, \quad \frac{3}{4}T = 270^0.$$

Фаза бурч аркылуу туюнтулган мезгил үлүштөрү менен дал келет.

? 1. Кайсы учурда эки термелүү бирдей же карама-каршы фазада термелет деп айтабыз?
2. Фазалары бирдей же карама-каршы болгон эки термелүүнүн графиктерин баяндап бергиле.
3. Фаза жөнүндөгү түшүнүктү мезгилдердин үлүштөрү же бурч чоңдуктары менен байланыштыргыла.
4. Айдын фазалары дегенде, эмнени түшүнөбүз?

§ 19. НЕРСЕНИН ТЕРМЕЛҮҮ КЫЙМЫЛЫНЫН ЭНЕРГИЯСЫ

Шарчалардын термелүүсүндө (46-сүрөт) кинетикалык жана потенциалдык энергиялары өзгөрүп, өзара алмашып турат. Кинетикалык энергия шарчанын кыймылы менен, ал эми потенциалдык энергия шарчанын абалы менен байланыштуу аныкталат. Кыйшайтылган шарчалардын баштапкы абалында потенциалдык энергия эң чоң мааниге жетет. Себеби биринчи учурда шарча кысылган жана керилген пружиналардын эсебинен, экинчи учурда шарчанын эң чоң көтөрүлгөн абалына байланыштуу, ал эми кинетикалык энергиясы нөлгө барабар болот. Коё берилген шарчалардын ылдамдыктары чоңоюп, аны менен бирге кинетикалык энергиясы да чоңоёт. Ошого жараша потенциалдык энергия азайып отурат. Тең салмактуу абалды өтүүдө кинетикалык энергия эң чоң, потенциалдык энергия нөлгө барабар болот. Сол жаккы четки абалда, баштапкы абалдай эле кинетикалык энергия нөлгө барабар, потенциалдык энергия эң чоң болот. Ошентип бир термелүү ичинде потенциалдык жана кинетикалык энергиялар эки жолу эң чоң маанилерине жетет. Бирок термелүүнүн кайсы чекитинде болсо да, абанын каршылыгын эсепке албаганда, кинетикалык жана потенциалдык энергиялардын жалпы

суммасы, б. а. толук энергия, дайыма турактуу бойдон кала берет.

? 1. Шарчанын четки абалдарында кайсы энергия эң чоң болот? Эмне үчүн?
2. Шарча тең салмактуу абалдан өтүүдө анын кайсы энергиясы эң чоң болот? Эмне үчүн?
3. Шарчанын толук энергиясы термелүү учурунда өзгөрөбү?

§ 20. ТОЛКУН. ТОЛКУН УЗУНДУГУ

Чөйрөдө (газ, суюк, катуу затта) *термелүүнүн таралышы толкун* деп аталат. Мындай серпилгичтүү чөйрөдө таралган толкун механикалык толкун деп аталат. Чөйрөнүн бөлүкчөлөрү бири- бири менен өзара аракеттешүү күчү аркылуу байланышта болгондуктан, анын бир бөлүкчөсүнүн термелүүсү коңшу жаткан кийинки бөлүкчөлөрдү да термелүүгө келтирет. Биз аны серпилгичтүү пружиналар менен бириктирилген шарчалар аркылуу элестете алабыз (51-сүрөт). Алардын бирөөнү термелүүгө келтирүү менен калгандары да термелүүгө келерин байкайбыз.

Толкун чөйрөдө эки түрдө таралат. Суу бетине түшкөн таштан пайда болгон толкун ойдуң-дөңсөөлөр болуп таралса, биздин үнүбүз абада кысылуу-сейректелүү болуп таралат. Ойдуң-дөңсөөлөр болуп таралган толкун туурасынан **таралуучу толкун,** ал эми кысылуу-сейректелүү болуп таралган толкун **узатасынан таралуучу толкун** деп аталат. Эки учурда тең чөйрөнүн бөлүкчөлөрү өз ордунда гана термелип, толкун менен кошо таралбайт. Биз аны суу бети боюнча таралып жаткан толкундун кайсы бир жерине кагазды же пробканы таштоо менен ишене алабыз. Ал толкун менен кошо таралып кетпестен өз ордуна гана бирде көтөрүлүп, бирде төмөн түшүп термелүү жасайт.

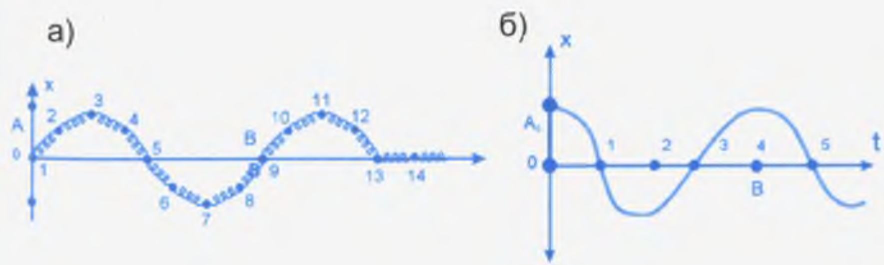
51-сүрөт. Серпилгичтүү чөйрөнүн жөнөкөй модели.

Толкун термелүүлөрдүн таралышы болгондуктан, термелүү кыймылын мүнөздөөчү чоңдуктар: амплитуда, мезгил, жыштык, фаза ж. у. с. бардыгы толкунга да тиешелүү. Ошону менен бирге толкун кыймылына мүнөздүү болгон толкун узундугу, толкундун таралуу ылдамдыгы деген эки чоңдукту кошумча пайдаланабыз.

Термелүү кыймылы графикте синусоида (же косинусоида) менен мүнөздөлгөн сыяктуу чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн термелүү кыймылы аркылуу пайда болгон толкун кыймылы да графикте синусоида (же косинусоида) менен мүнөздөлөт. 52-*а*, сүрөттө бири-бири менен серпилгичтүү пружиналар аркылуу байланышкан чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн кандайча термелиши келтирилген.

Эгерде биринчи бөлүкчөнү термелүүгө келтирсек, анда кийинки бөлүкчөлөр да анын кыймылын кайталап, термелүүгө келет. Биринчи бөлүкчө толук бир термелүү жасаганда, б. а. 1-чекит 0 чекитинен жогору көтөрүлүп, кайра төмөн түшүп, андан төмөн жакты көздөй ошондой эле аралыкка жетип, кайра баштапкы абалына келсе, бир толук термелүү жасаган болот. Термелүү 9-бөлүкчөгө келип жетет. Толкун булагы (52-сүрөттө 1-бөлүкчө) толук бир термелүү жасаганда,

б. а. **бир мезгил ичинде термелүү таралып жеткен аралык толкун узундугу** деп аталат. 52-чиймеде ал OB аралыгы.



52-сүрөт. Термелүүлөрдүн таралышы менен туурасынан болуучу толкундун пайда болушу.

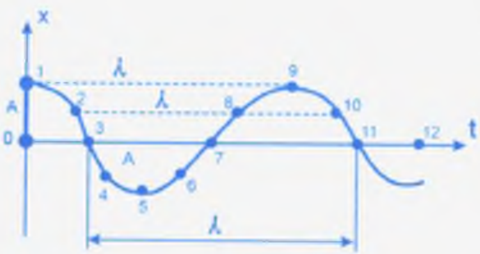
Толкун узундугу λ (латындын лямбда тамгасы) менен белгиленет. Толкун узундугу жана термелүү мезгили толкундун

таралуу ылдамдыгын аныктоого мүмкүндүк берет. $\upsilon = \frac{s}{t}$ формуласын пайдаланып

$$\upsilon = \frac{\lambda}{T} \text{ же } \lambda\nu \qquad (2)$$

деп жаза алабыз. $\frac{1}{T} = \nu$ – толкундун жыштыгы. Ал бирдик убакыт ичиндеги термелүүнүн санын туюндурат.

* Толкун узундугу үчүн коңшулаш эки дөңсөнүн же ойдундардын (ошондой эле коңшу эки кысылуу же сейректелүүлөрдүн) аралыгын алууга болот. Биринчи бөлүкчө (52-сүрөт) толук бир термелүү жасагандан кийин 9-бөлүкчө аны менен кошо бирдей термеле баштайт, б. а. бул эки бөлүкчө бирдей фазада термелишет. Ушул сыяктуу эле 2, 3-бөлүкчөлөр менен бирдей фазада термелүү жасаган бөлүкчөлөрдү 10, 11 көрсөтүүгө болот. Ошондуктан толкун узундугуна төмөнкүдөй аныктама да берүүгө болот: **бирдей фазада термелген коңшулаш эки чекиттин аралыгы толкун узундугу** деп аталат (53-сүрөт).



53-сүрөт. Толкундун графиги жана толкун узундугу.

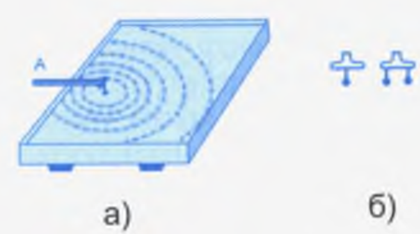
? 1. Толкун деп кандай кыймылды айтабыз?
2. Толкундун түрлөрүн айтып бергиле.
3. Термелүү кыймылы менен толкундарга тиешелүү болгон жалпы чондуктарды атагыла.
4. Толкун узундугу деп эмнени айтабыз? Ага кандай аныктама берсе болот?
5. Толкундун таралуу ылдамдыгын кандай туюнтууга болот?

§ 21. ТОЛКУНДУН ТАРАЛЫШЫ. ГЮЙГЕНС ПРИНЦИБИ

Тынч турган суунун бетине таш ташталганда тегерек толкундар пайда болоору белгилүү. Ойдун-дөңсөлөрдөн турган мындай тегерек толкундар барган сайын кеңейип таралып отурат. Эгерде ар кандай убакыт моменти үчүн толкундар таралып жеткен чекиттерди туташтырсак айлана алабыз. **Термелүүлөр таралып жеткен чекиттердин геометриялык орду толкун фронту деп аталат.** Биз келтирген мисалда толкун фронту ойдун же дөңсөлөрдөн турган алкактар болушат (54-сүрөт).

Голландиялык улуу физик Христиан Гюйгенс толкун таралып жеткен толкун фронтунун ар бир чекитин жаңы булак же **экинчи толкун булагы** катары кароого болорун айткан. Ал **Гюйгенстин принциби** деп аталат. Гюйгенстин принцибин суу бети боюнча таралып жаткан толкундардын жолуна бири биринен кандайдыр аралыкта орун алган эки көзөнөкчөсү бар тактайды жайгаштыруу менен ырастоого болот. Аны тажрыйбада төмөнкүчө көрсөтүүгө болот (55-*а*, сүрөт). Асты айнек менен капталган төрт бурчтуу ваннаны алып, 1–2 см деңгээлге чейин суу куябыз. Ваннанын бир жак кырына серпилгичтүү А пластинкасын карматабыз. Пластинканын экинчи учуна бир же эки учтуу стерженди бекитебиз (55-*б*, сүрөт). Адегенде бир учтуу стерженди бекиткен бололу. Эгерде А пластинкасын термелүүгө келтир-

54-сүрөт. Суу бетиндеги тегерек толкундардын таралышы.



55-сүрөт. Ваннадагы сууда тегерек толкундардын таралышы.

56-сүрөт. Ваннага куюлган суу бетинде пайда болгон толкундар аркылуу Гюйгенс принцибинин ырасталышы.

сек аны учундагы стержень суута тийип, көтөрүлүп, ваннада тегерек толкундарды пайда кылат. Ваннанын астынан жиберилген жарыктан тегерек толкундардын ойдуң-дөңсөлөрү бир кыркасы агарып, кийинки кыркасы карарып, көрүнөт. Эгерде таралып жаткан толкундардын жолуна эки көзөнөкчөсү бар тоскучту жайгаштырсак, ал көзөнөкчөлөр жаңы толкун булагынын милдетин аткарып, алардын өзүнөн тегерек толкундар тарала баштайт (56-сүрөт).

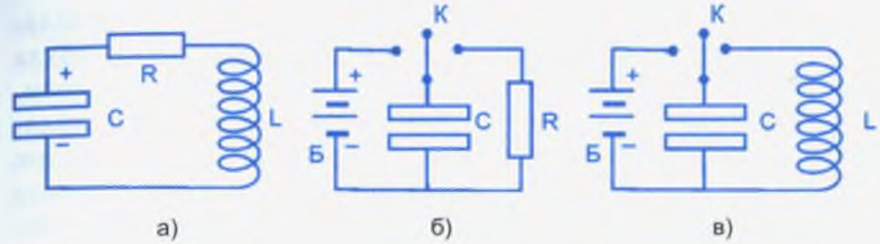
Гюйгенстин принциби сууда пайда болгон толкундарга гана эмес, ар кандай жаратылыштагы, атап айтканда, **электр-магниттик-жарык толкундары** үчүн да аткарылат.

? 1. Толкун фронту деп эмнени айтабыз?
2. Гюйгенс принцибин айтып бергиле.
3. Гюйгенстин принцибин кандай тажрыйба менен ырастоого болот?
4. Гюйгенс принциби бардык толкундарга тиешелүү деп айта алабызбы?

§ 22. ТЕРМЕЛҮҮ КОНТУРУ

Белгилүү шартта нерселердин механикалык термелүүсүндөй эле электр заряддарынын да термелүүсүн алууга болот. Заряддар термелүүгө келүү менен багыттуу кыймыл жасагандыктан аны кыска убакыт ичинде пайда болгон ток деп да кароого болот. Ошондуктан заряддардын термелүүсүн токтун термелүүсү деп да эсептейбиз.

Заряддын же токтун термелүүсүн **термелүү контуру** деп аталган электр чынжырында алууга болот. **Өткөргүчтөр аркылуу өзара туташтырылган конденсатор менен индуктивдүүлүк катушкасы термелүү контуру деп аталат**



57-сүрөт. Электр зарядынын термелүүсү алынуучу термелүү контурлары (*а* жана *в*).

(57-*а*, сүрөт). Конденсатор кандайдыр электр сыйымдуулугуна ээ болору белгилүү. Биз аны «*C*» тамгасы менен белгилейли. Ошондой эле оромдорунун санына жараша индуктивдүүлүк катушкасы да белгилүү индуктивдүүлүккө ээ болот. Аны «*L*» тамгасы менен белгилейли. Термелүү контурунда пайда болгон заряддардын термелүүсү ушу чондуктарга көзкаранды.

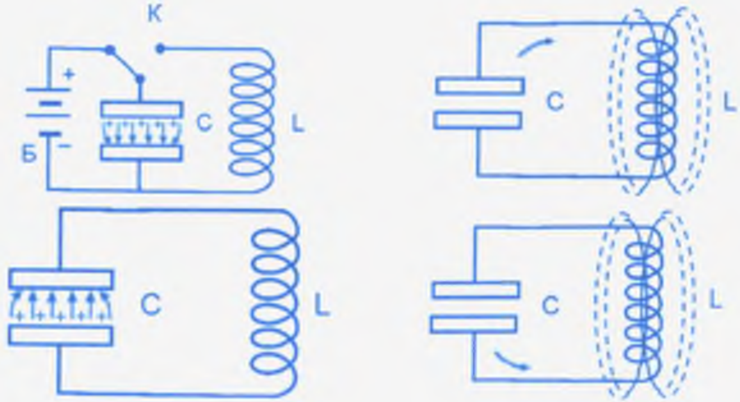
? 1. Термелүү контуру деп эмнени айтабыз?
2. Термелүү контуру эмнелерден турат?
3. Термелүү контурунда кайсы чондуктардын термелүүсүн алууга болот?

§ 23. ТЕРМЕЛҮҮ КОНТУРУНДА ЗАРЯДДАРДЫН ТЕРМЕЛЕШИ

Эгерде ток булагынан конденсаторду заряддап, *C* сыйымдуулугуна жеткирип, *К* ачкычын контурга туташтырсак, конденсатордо топтолгон заряддар бир пластинкадан (оң заряддар) экинчи пластинканы көздөй кыймылга келет да, экинчи пластинкадан ошондой эле сандагы терс заряддар менен нейтралдашып, заряддар жоголот. (57-*б*, сүрөттө индуктивдүүлүк катушкасынын ордуна кадимки омдук каршылык туташтырылган). Заряддардын кыймылы андан кийин кайталанбайт.

Каршылыктын ордуна индуктивдүүлүк катушкасы туташтырылса (57-*в*, сүрөт) эмне болот? Биз карап жаткан чиймеде *К* ачкычы булак менен туташтырылса, конденсатордун үстүнкү пластинкасы оң, астынкы пластинкасы терс заряддар менен заряддалып, кандайдыр потенциалдардын айыр-

масына ээ болот. Эки пластинканын ортосунда электр талаасы пайда болот. *К* ачкычын катушка менен туташтырууда оң заряддар экинчи пластинканы көздөй кыймылга келишет. Заряддардын кыймылы менен ток, демек, анын айланасында магнит талаасы да пайда болот. **Пайда болгон ток заматта эле өзүнүн эң чоң маанисине жете албайт.** Чоңоюу өтө кичине болсо да, кандайдыр убакытка созулат. **Ток менен бирге улам чоңоюучу** магнит талаасы индуктивдүүлүк катушкасында, Ленц эрежеси боюнча карама-каршы багыттагы өздүк индукция тогун пайда кылат. Ушул убакыт арасында конденсатордо топтолгон заряддар азайып, электр талаасы да жоголо баштайт. Өздүк индукция тогу негизги ток калыптанып, эң чоң маанисине жеткенге чейин гана жолтоо боло алат. Катушкадагы ток эң чоң мааниге жеткенде анын айланасында магнит талаасы да (чыңалуусу) эң чоң мааниге жетет. Конденсатордо электр талаасы жоголот. Катушканын айланасындагы магнит талаасы андан ары өтүп бара жаткан заряддардын азайышы менен кошо азайып отурат. Азаюучу магнит талаасы **ток менен бир багыттагы** өздүк индукция тогун пайда кылып, оң заряддардын астынкы пластинкага топтолушуна көмөк түзөт. Кандайдыр убакытка зарядын жоготкон конденсатордо карама-каршы багыттагы электр талаасы пайда боло баштайт. Акырында, катушкада магнит талаасы жоголуп, дээрлик бардык оң заряддар астын-



58-сүрөт. Термелүү контурундагы электр жана магнит талааларынын бир мезгил ичиндеги өзгөрүшү.

кы пластинкага топтолот. Эми оң заряддардын кыймылы карама-каршы багытта кайталанып, жогоруда биз карап кеткен процесстер орун алат. Адепки абал кайталанат. 58-сүрөттө контурдагы электр жана магнит талааларынын өзгөрүшү, аны менен бирге заряддардын термелиши келтирилген.

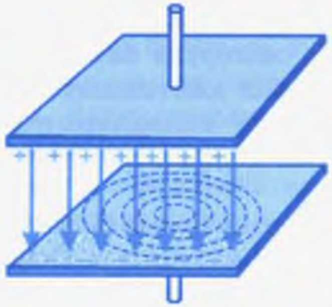
Эгерде конденсатордо пайда болгон электр талаасынын энергиясын потенциалдык энергия, ал эми катушкада пайда болгон магнит талаасынын энергиясын кинетикалык энергия менен салыштырсак, контурдагы энергиянын бири бирине өтүшү термелүү кыймылындагы энергиянын бири бирине өтүшүн толугу менен кайталайт. Контурдагы электр каршылыгын эсепке албасак, толук энергия бул учурда да туруктуу болуп, термелүү улана берер эле.

? 1. Конденсатор жана анын электр сыйымдуулугу деп эмнени түшүнөбүз?
2. Катушканын индуктивдүүлүгү же өздүк индукция коэффициенти деп эмнени түшүнөбүз?
3. Эмне үчүн контурдагы заряддардын термелүүсүн токтун термелүүсү деп кароого болот?
4. Контурдагы электр жана магнит талааларынын өзгөрүшүн айтып бергиле.
5. Термелүү кыймылынын энергиялары аркылуу механикалык жана электрдик термелүүлөрдү кантип салыштырууга болот?

§ 24. АЧЫК ТЕРМЕЛҮҮ КОНТУРУ

Жогоруда каралып кеткен термелүү контуру (57–58-сүрөттөр) **туюк контур** деп аталат. Анын мындайча аталышынын себеби төмөнкүчө: заряддардын толук бир термелишинде конденсатордун пластинкалары арасындагы электр талаасы да, индуктивдүүлүк катушкасынын айланасында пайда болгон магнит талаасы да бирде чоңоюп, бирде азайып, термелүү жасашат. Эгерде конденсатордун пластинкаларынын арасында түзүлгөн электр талаасына көңүл бурсак, бул талаанын өзгөрүшү өтө кичине мейкиндик аймагын гана ичине камтыйт.

Фарадей ачкан электр-магниттик индукция кубулушунда өзгөрмө магнит талаасы өзгөрмө электр талаасын түзөрү



59-сүрөт. Заряддалган конденсатордун пластинкалары арасында түзүлгөн электр талаасы. Анын өзгөрүшүндө пайда болуучу магнит талаасы пунктир сызык менен көрсөтүлгөн.

белгилүү. Максвелл, тескерисинче, өзгөрмө электр талаасы өзгөрмө магнит талаасын түзүүгө тийиш деген божомолду айтып, аны 1863-жылы теориялык жол менен бекемдеген. Демек, конденсатордун пластинкалары арасында электр талаасы гана өзгөрбөстөн аны менен бирге өзгөрүүчү магнит талаасы да пайда болот (59-сүрөт). Электр жана магнит талааларынын өзгөрүшү конденсатордун пластинкаларынын арасындагы кичине аймакта гана болгондуктан термелүү контуру **туюк контур** деп аталат.

Ачык термелүү контуруна өтүүнүн этаптары 60-сүрөттө берилген. Туюк контурдагы конденсатордун пластинкаларын кичирейтип, бири биринен алыстатуу менен индуктивдүүлүк катушкасынын оромдорун да азайтабыз.

Натыйжада термелүү контуру аягында учтары кандайдыр сыйымдуулукка ээ болгон шарчалардан турган жөнөкөй эле түз өткөргүч болуп калат. Мындай термелүү контуру ачык контур деп аталат. Электр жана магнит талааларынын өзгөрүү мейкиндиги чексиз чоңоёт. Радиотехникада ачык контур катары антенна кызмат кылат.

60-сүрөт. Ачык контурду алуу жана андагы электр-магниттик талаалар.

? 1. Туюк термелүү контурун кандайча элестетээрди айтып бергиле.
2. Ачык термелүү контурун алуу үчүн кандай өзгөртүүлөрдү киргизүү керек?
3. Ачык контурга өтүү менен электр жана магнит талааларынын өзгөрүү аймагынын чоңойгонун түшүндүргүлө.

§ 25. ГЕРЦ ТАЖРЫЙБАЛАРЫ. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТОЛКУНДУ НУРЛАНТУУ

Максвелл теорияда электр-магниттик толкундун болушун ырастагандан чейрек кылымга жакын убакыт өткөндө гана ал тажрыйбада бекемделген. 1886-жылы аны биринчи жолу тажрыйбада ишке ашырган немец окумуштуусу Генрих Герц болгон. Герц өзүнүн тажрыйбасында ачык контур катары бири бирине караган учтары кичине шарчалар менен аяктаган эки жез зымынын кесиндисин алган (61-сүрөт). Ал Герц **вибратору** деп аталат. Вибратор – термелүүнү нурдантуучу булак.

61-сүрөт. Электр-магниттик толкундар алынуучу Герц вибратору.

Электр-магниттик толкундун термелүү мезгили аны менен бирге жыштыгы термелүү контурундагы конденсатордун сыйымдуулугунан жана катушканын индуктивдүүлүгүнөн төмөнкү формула боюнча көзкаранды:

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}. \quad (3)$$

Бул Томсон формуласы деп аталат. Формула боюнча сыйымдуулук жана индуктивдүүлүк канчалык кичине болсо, ачык контурда алынуучу электр-магниттик термелүүнүн мезгили да ошончолук кичине, демек, жыштыгы ошончолук жогору болот. Герц вибраторунда шарчанын өлчөмү кичине болгондуктан сыйымдуулук, ал эми өткөргүч түз сызыктуу болгондуктан индуктивдүүлүк да өтө кичине болуп, жогорку жыштыктагы электр-магниттик термелүүлөрдү алуу мүмкүнчүлүгү түзүлөт.

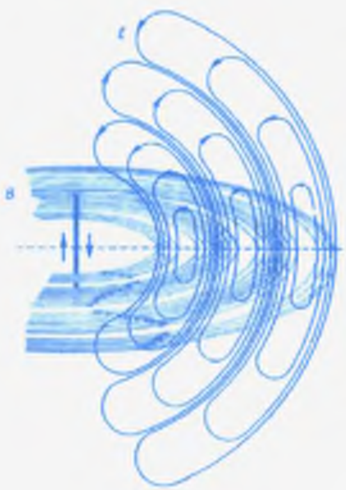
Герц вибраторунда шарчалардын аралыгы анча чоң эмес кылып алынып, ал **учкун аралыгы** деп аталган. Зымдар ток булагына туташтырылып жогорку потенциалдар айырмасына чейин заряддалат. Ал кандайдыр мааниге жеткенде, шар-

чалар арасында учкун пайда болот. Биздин көзүбүзгө учкун бир жакты көздөй багытталып көрүнгөндөй болгону менен, ал чындыгында, бир секундада миллиондогон жолу багытын өзгөртөт.

Пайда болгон учкун бат эле өчөт. Ал энергия электр-магниттик толкунга жана каршылыкка сарп болушу менен түшүндүрүлөт. Шарчалар кайра заряддалып, потенциалдар айырмасы белгилүү чекке жеткенден кийин, кайра дагы учкун пайда болот.

Учкундун ар бир термелиши менен электр талаасынын күч сызыктары туюкталып, нурданткычтан, б. а. вибратордон ажырайт. Кийинки күч сызыктын туюкталышы менен мурункусу мейкиндикте «түртүлүп» турат. Ал эми **өзгөрмө**

электр талаасы Максвелл теориясы боюнча өзгөрмө магнит талаасын, өзгөрмө магнит талаасы кайра өзгөрмө электр талаасын пайда кылат. Электр жана магнит талаалары, демек, электр-магниттик талаалар же толкундар мейкиндиктин улам кеңири аймагына таралып отурат. 62-сүрөт ушундай электр талаасынын өзгөрүшү менен (E, вертикаль тегиздикте) ага жараша, ошондой эле өзгөрмө магнит талаасы (B, горизонталь тегиздикте) пайда болоорун көрсөтөт. Учкун багытынын өзгөрүшү менен электр талаасынын күч сызыктарынын, демек, ошондой эле магнит талаасынын күч сызыктарынын багыттары да өзгөрөт. Герц тажрыйбасынан алынган электр-магниттик толкундун жыштыгы 10^8 *Гц*ти түзгөн.



62-сүрөт. Электр-магниттик толкундардын таралышындагы электр (E) жана магнит (B) талааларынын өзгөрүшүн күч сызыктар аркылуу мүнөздөө.

Максвелл өз теориясында электр-магниттик толкундун вакуумда таралуу ылдамдыгы алдын ала болжол менен 300000 *км/с* болоорун көрсөткөн. Герц тажрыйбасы алынган электр-магниттик толкундун таралуу ылдамдыгы да ошондой эле чоңдук болоорун ырастаган. Герц электр-магниттик толкундун жарык нуру сыяктуу чагылуу, сынуу ж. б. касиеттерин байкаган. Ошентип, Герц тажрыйбаларында электр-магниттик толкун өзүнүн негизги касиеттери боюнча **жарык нурун кайталаган. Демек, жарык нуру жыштыгы боюнча айырмаланган электр-магниттик толкун экендиги күмөн туудурган эмес.**

? 1. Герцтин ачык контуру кандай түзүлүштө болгон жана кандайча аталган?
2. Электр-магниттик толкундун жыштыгы кайсы чоңдуктарга жана кандайча көзкаранды?
3. Элект-магниттик толкундун жарык нуру менен окшоштугу эмнеде?

§ 26. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИК ТОЛКУНДУН КОЛДОНУЛУШУ

Герц өз тажрыйбаларында электр-магниттик толкунду вибратордон нурдантуу менен гана чектелбестен, аны кабыл алуу мүмкүнчүлүгүн да изилдеген. Нурдантуучу вибратордон кандайдыр аралыкта жайгаштырылган ушундай эле экинчи вибратор өзүнөн болор-болбос учкунду чыгарып, биринчи вибраторду кайталап жаткандыгы байкалган. Мындан экинчи вибратор биринчи вибратордун нурданган электр-магниттик нурданууну кабыл алып, аларды кайра нурдантуу менен иштеп жаткандыгы аныкталган (резонанс шартын эстегиле).

Орус окумуштуусу А. С. Попов 1895-жылы 7-майда биринчи жолу дүйнөдө радио толкунду аралыкка сигналдарды зымсыз берүү үчүн пайдаланууга болоорун жана анын негизинде түзүлгөн радио кабыл алгычты демонстрациялаган. Ошондондуктан 7-май радио күнү деп белгиленип калган. Азыр бизге радиотолкунду кабыл алгычтар приемниктер көнүмүш буюм болуп этибарга албай да калдык. Радиотолкунду нурдантууга жана кабыл алууга негизделген көп түзүлмөлөр иштеп жатканын да билебиз. Телекөрсөтүү, радиолокация, радиобайланыш ж. у. с. күндөлүк турмушубуздун коштоочусу болуп калганына баарыбыз күбөбүз. Те-

лекөрсөтүүнү, радиолокацияны, радиобайланыштарды ишке ашыруучу түзүлмөлөрдүн иштөө принциптери менен кийинки класстарда таанышасыңар.

Радиотолкундар узун, орто жана кыска толкун болуп бөлүнөрү радио кабыл алгычтардын толкундук шкаласында көрсөтүлгөн. Узун жана орто радиотолкундар алыс аралыкка таралуу жөндөмдүүлүгүнө ээ. Бул болсо толкундардын таралышында ар кандай тоскоолдуктардан ийилип өтүшү жана чагылуусу менен түшүндүрүлөт. Кыска же ультракыска толкундар түз таралып, тоскоолдуктардан айланып өтө алышпайт. Мисалы, тоолордун аркы бети «көлөкөдө» кала берет. Биздин өлкө тоолуу өлкө болгондуктан тоолордун арасында жайланышкан шаар жана айыл-кыштактарга борбордук теле көрсөтүүнүн программасын жеткирүү кыйла татаал маселелерди чечүүнү талап кылган. Аны ийгиликтүү чечкен Кыргыз окумуштуулары (проф. Орозобаков Т.О., Төрөбаев В.Н., Бектенов Э.З. ж. б.) 1984-жылы СССРдин Мамлекеттик сыйлыгына татыктуу болушкан. Азыр тоолуу аймактардагы көп эл жашаган пункттарда борбордук телекөрсөтүү программасынын кабыл алынып жатышы ушул топтун эмгегине байланышкан.

? 1. Электр-магниттик толкунду кабыл алуу мүмкүнчүлүгүн Герц кандайча ырастаган?
2. Турмушубузда радиотолкундун пайдаланылып жаткандыгын айтып бергиле.
3. Кыргыз окумуштуулар тобунун Мамлекеттик сыйлыкка татыктуу болгон эмгектеринин маңызы эмнеде эле?

▲ 1. Эгерде маятник 5 *секундда* 20 жолу термелсе, ал кандай мезгилдүү болот?
2. Диаметри боюнча көзөлүп, зым өткөрүлгөн шарча эки жагынан серпилгичтүү пружина менен керилип коюлган (46-*в*, сүрөт). Шарчанын баштапкы абалы сызгычтын *O* чекити менен туура келет. Эгерде шарчаны сызгычты бойлото 5, 10, 15 *смге* жылдырсак, термелүү амплитудасы кандай болот?
3. Маятниктин термелүү мезгили 0,01 *секундду* түзөт. Анын жыштыгын аныктагыла.
4. Кыйшайтылып коё берилген маятник тең салмактуу абалынан өтүп бара жатканда мезгили жана фазасы эмнеге барабар болот?

5. Графикте (52-*а*, сүрөт) косинусоида көрсөтүлгөн. Термелүүчү нерсенин 90^0, 180^0, 270^0 жана 360^0ка туура келген фазаларын көрсөткүлө.
6. Эгерде китепти колубуз менен кармап ары бери кыймылга келтирсек, ал термелүү кыймылы боло алабы? Термелүү кыймылынын мүнөздүү негизги өзгөчөлүктөрү кайсылар?
7. Үн толкуну абада кадимки шартта 340 *м/с* ылдамдык менен таралат. Жыштыгы 20 *Гц* болгон толкун кандай узундукта болот?
8. Электр-магниттик, б. а. жарык толкунунун таралуу ылдамдыгы туруктуу чоңдук жана ал болжол менен $c = 300000$ *км/с* ны түзөт. Башкаруу борборунан спутникке жиберилген сигнал 10 *мүнөттө* кайра келсе, ал кандай аралыкта болгон?
9. Жер менен Күндүн аралыгын 149 млн *километрге* барабар деп алууга болот. Бул аралыкты жарык толкуну канча убакытта басып өтөт?
10. Астрономияда айрым жылдыздар өчкөнүнө миллиондогон жылдар өтсө да андан таралган жарык нуру дагы деле болсо бизге келүүдө. Мындан ааламдын өлчөмү жөнүндөгү элести туюп көргүлө.
11. Электр-магниттик толкундун боштукта таралуу ылдамдыгы (c), мезгили (T) жана жыштыгы (ν) өзара $c = \lambda\nu$ формуласы боюнча байланышкан болсо ($\upsilon = \lambda\nu$ формуласына окшош), анда термелүү контурунда алынган $\nu = 10^8$ *Гц* жыштыгында электр-магниттик толкундун узундугу эмнеге барабар болот?
12. Томсондун $T = 2\pi\sqrt{LC}$ формуласында C – конденсатордун сыйымдуулугу. Эгерде сыйымдуулугу $C = 0{,}04$ *мкФ* жана индуктивдүүлүгү $L = 1{,}6$ *мГн* болсо, контурда заряддардын термелиши кандай мезгил менен кайталанат (1 фарада = 10^6 *мкФ*, $1 Гн = 10^6$ *мГн*)?

«Электр-магниттик термелүүлөр жана толкундар» главасынын чоңдуктарынын өзара байланышы

Механикалык жана электр-магниттик термелүүлөрдүн алыныш жолдору ар башка болсо да алар мезгилдүү кыймыл катары бирдей эле чоңдуктар менен мүнөздөлүшөт. Механикалык жана электр-магниттик толкундар жөнүндө да ушуну айтууга болот. Ушул себептен термелүү жана толкундук кыймылдар менен байланышкан кубулуштар маңызы боюнча бирдей закон ченемдүүлүккө баш ийишет. Биз аларды кийинки главада көбүрөөк ачык байкайбыз.

IV глава

ЖАРЫК КУБУЛУШТАРЫ

Жарык түшүнүгү адам турмушу менен тыгыз байланышта. Адамдын «жарык дүйнөгө» келиши же андан өтүшү турмушта өзгөчө мааниге ээ. Ал эми адамдын өмүрүндөгү жашоосу жарык менен караңгынын тынымсыз алмашуусу менен коштолот. Ысык менен суук, күн менен түн, өң жана түс, жыл мезгилинин алмашуусундагы түстөрдүн өзгөрүшү ж. б. жарык кубулуштары аркылуу түшүндүрүлөт. Ошондуктан жарык кубулуштары жөнүндөгү билимдин адам баласы үчүн мааниси өтө зор. Физика курсунун «Жарык кубулуштары» бөлүмүндө жарыктын жаратылышы, кандай булактардан алынары, мейкиндикте кандайча таралаары, жарыктын ар кандай таасирлери, аны адамдын сезиши, жарыктын касиеттеринин негизинде иштөөчү куралдар жөнүндө маалыматтар берилет. Физика курсунун бул бөлүмү «Оптика» деп аталат. Ал гректин «optike» деген сөзүнөн алынган, кыргызча «жарык» дегенди билдирет. Оптика эки бөлүмдөн турат. Биринчиси – геометриялык оптика, экинчиси – толкун оптикасы.

XVII кылымга чейин жарыктын жаратылышы, анын таралышы жөнүндө эки түрдүү ой айтылып келген. Жарыктын түз сызык боюнча таралышы голландиялык математик, физик жана астроном Христиан Гюйгенс (1629–1695) тарабынан иликтенген. Ал эми жарык майда бөлүкчөлөрдүн агымы катары толкун түрүндө тараларын англиялык окумуштуу Исаак Ньютон (1643–1727) изилдеген. Жарык кубулуштары жөнүндөгү илимий билимдердин башталышы ушул эки окумуштуунун ысымы менен байланышта.

§ 27. ЖАРЫК БУЛАКТАРЫ. ЖАРЫКТЫН ТАРАЛЫШЫ

Адам баласы өз жашоосунда тамак-аш табуу, аңчылык кылуу, түрдүү душмандардан сактануу ж. б. жумуштарын жарыкта гана аткарышат, себеби түн ичинде адамдын иш-аракети чектелип калат. Анткени бул иш-аракеттер адамдын көрүү жөндөмүнө абдан байланышкан. Күн менен түндүн алмашуусу, жарык менен караңгынын болушу адамдарды жарык булагы деген түшүнүккө алып келген.

63-сүрөт. Жарык булактары.

Турмуштук көп тажрыйбалардын негизинде жарыктын табигый жана жасалма булактары болору аныкталган. Жарыктын табигый булактары – Күн, жылдыздар, уюлдук жаркыроо, чагылган, өзү жарык чыгарган өсүмдүктөр жана жаныбарлар, ал эми жасалма булактары – от, лампа, шам, иштеп жаткан телевизордун экраны ж. б. (63-сүрөт).

Жарыкты адам көзү аркылуу кабыл алат. Жарыктын жардамында башка нерселерди көрөт. Көрүү адамдын, жалпы эле жаныбарлардын жашоосунун зарыл каражаты, шарты, жаратылыш тартуулаган асыл белек. Ошондуктан ар кандай баалуу нерселерди «көздүн карегиндей сактайлы» деген накыл сөз калган.

Адамдар жарыктын таралышы жөнүндө эзелтен эле ойлонуп, изилдеп келишкен. Көп байкоолордун жана тажрыйбалардын негизинде жарыктын таралышынын закончемеми аныкталган.

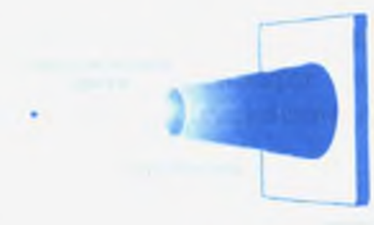
Ал төмөнкүчө айтылат. Жарык бир тектүү тунук чөйрөдө түз сызык боюнча таралат. Жарык кыймылга келген сызык жарык нуру деп аталат (64–65-сүрөттөр).

64-сүрөт. Жарык нуру.

65-сүрөт. Жарык нуру.

Күн тийип турган мезгилде нерсенин көлөкөсүнүн пайда болушу жарыктын түз сызык боюнча таралышын далилдейт. Күндө турган нерсенин формасы кандай болсо, андан түшкөн көлөкөнүн формасы да ошондой болот.

Көлөкөнүн пайда болушу, анын өлчөмү жарык булагынан көз-каранды болот. Эгер чөнтөк фонарынын лампочкасы менен экрандын ортосуна тунук эмес шарды жайгаштырсак, экранда шардын даана көлөкөсү пайда болот (66-сүрөт). Мында лампочканын спиралынын өлчөмү шардын өлчөмүнөн кичине. Өлчөмү эске алынбаган жарык булагы жарыктын чекиттик булагы деп аталат. Ал эми көлөкө толук көлөкө деп аталат.



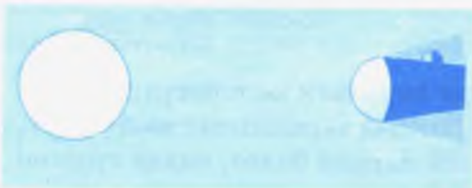
66-сүрөт. Толук көлөкөнүн алынышы.

Эгер ушул эле тажрыйбада жарык булагы катары чоң лампочканы алсак, 67-сүрөттөгүдөй көлөкө пайда болот. Ортосундагы көлөкө (K) толук көлөкө, ал эми сыртындагысы (L) жарым көлөкө деп аталат.

67-сүрөт. Жарым көлөкөнүн пайда болушу.

Толук жана жарым көлөкөнүн пайда болушу Күн

68-сүрөт. Күн тутулуунун модели.



69-сүрөт. Ай тутулуунун модели.

жана Ай тутулганда байкалат. Күн менен Жердин ортосунда Ай туруп, алардын октору бир түз сызыкка туура келген учурда Күн тутулат. Күн тутулган мезгилде Айдын толук көлөкөсү Жер бетине түшөт (68-сүрөт). Толук көлөкөнүн тегерегине жарым көлөкө түшөт.

Жер Күн менен Айдын ортосуна туура келип, Жердин көлөкөсү Айдын бетине түшсө, Ай тутулат (69-сүрөт). Кыргыз жергесинде Күндүн тутулушу акыркы жолу 1999-жылдын августунда байкалган.

Жарыктын абасыз мейкиндиктеги ылдамдыгы болжол менен 300000 *км/с*. Ал Галилей, Рёмер, Физо жана Майкельсондор тарабынан ар кандай тажрыйбаларда аныкталган жана такталган.

? 1. Жарыктын жандуу жаратылыштагы мааниси.
2. Жарык булактары кайсылар? Анын кандай түрлөрү бар?
3. Жарыктын таралышынын закончөнеми кандай?
4. Жарыктын түз сызыктуу таралышын мүнөздөөчү тажрыйбалардын моделин түзгүлө.
5. Күндүн, Айдын тутулушу жөнүндө эмнелерди билесиңер?
6. Жарыктын абасыз чөйрөдөгү ылдамдыгы эмнеге барабар?
7. Жарык ылдамдыгын аныктоонун жолдорун сунуш кылгыла.

§ 28. ЖАРЫКТЫН ЧАГЫЛУУСУ. ЧАГЫЛУУ ЗАКОНУ

Адамдын көзү жарыкты жарык булагынан кабыл алат, аны көрөт. Ал эми көзгө көрүнгөн бардык эле нерселер өзүнөн жарык чыгарбайт, алар жарыкты өзүнөн чагылтышат. Демек, нерселердин бетине түшкөн жарык андан чагылып, өзүнүн багытын өзгөртөт. Эгер чагылган нур адамдын көзүн

карай багытталса, ал нерсе көрүнөт. Жарык өлчөмү чоң нерседен гана чагылбастан, майда бөлүкчөдөн да чагылат. Кичине тешиктен чаңдуу бөлмөгө кирген жарык нурунун изиндеги чаңдын бөлүкчөлөрүнүн көрүнүшү (70-сүрөт) буга күбө боло алат.

70-сүрөт. Жарык нурундагы чаңдардын көрүнүшү.

Ар кандай нерсенин бетинен жарык ар түрдүүчө чагылат. Беттери бодуракай болгон нерселерден жарык чачырап чагылат. Чагылган жарык нурлары туш тарапка багытталат (71-сүрөт).

71-сүрөт. Чачырап чагылуу.

Ошондуктан мындай беттердин бир жери кара, бир жери жарык болуп көрүнөт. Эгер жарык тунук жылмакай бетке түшсө, чагылган нурлар бир жакты көздөй багытталат. Мындай чагылуу күзгүлүү чагылуу деп аталат (72-сүрөт).

72-сүрөт. Күзгүлүү чагылуу.

Жарыктын чагылуусун үйрөнүү үчүн атайын курал колдонулат. Ал штативге орнотулган металл дискасынан турат (73-сүрөт). Дисканын бир четине жарык булагы (лампочка) орнотулган. Ал эми дисканын борборуна жарык түшүүчү ар кандай предметтер коюлат.

73-сүрөт. Жарыктын чагылуусун үйрөнүүгө арналган түзүлүш.

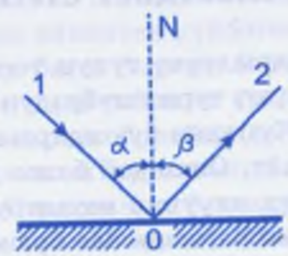
74-сүрөт. Айнекке түшкөн, андан чагылган жана өтүп кеткен нурлар.

75-сүрөт. Жарыктын чагылуусунун биринчи законунун схемасы.

Эгер дисканын борборуна тунук айнек пластинкасын бекитип, анын бетине жарык булагынан нур түшүрсөк үч түрдүү кубулуш жүрөт (74-сүрөт), б. а. нурдун бир бөлүгү чагылат, бир бөлүгү айнектен өтүп кетет, ал эми дагы бир бөлүгү айнекке жутулат. Жутулган нурлар байкалбайт, бирок жарыктын жутулушу айнектин ысышы менен аныкталат.

Дисканын борборуна жалпак күзгү орнотуп, анын бетине нур түшүрөбүз. Нур түшкөн чекитке перпендикуляр тургузсак, түшкөн нур менен чагылган нур перпендикулярдын эки жагына жайгашат. Бирок бул үчөө тең бир тегиздикте жатат (75-сүрөт), мында I – түшкөн нур, II – чагылган нур, N – жарык түшкөн чекитке тургузулган перпендикуляр (нормаль). Бул жарыктын чагылуусунун биринчи законун берет.

76-сүрөт. Түшкөн жана чагылган нурлардын байланышы.



77-сүрөт. Түшүү бурчу менен чагылуу бурчунун барабардыгы.

78-сүрөт. Жарык түшкөн беттин мейкиндиктеги ар кандай жайланышы.

Жарык түшкөн чекитке тургузулган перпендикуляр, түшкөн жана чагылган нурлар дайыма бир тегиздикте жатышат.

Дисканын четине орнотулган лампочканы анын кыры боюнча айлантып, нур түшкөн бурчту каалагандай өзгөртүүгө болот (76-сүрөт). Нурдун түшүү бурчун (α) канчалык өзгөртсөк нурдун чагылуу бурчу (β) да ошончого өзгөрөт (77-сүрөт). *Түшүү бурчу менен чагылуу бурчу бири бирине барабар.* Бул жарыктын чагылуусунун экинчи закону деп аталат.

?

1. Жарыктын чагылуусун мүнөздөөчү турмуштук мисалдарды келтиргиле.
2. Чачырап чагылуунун, күзгүлүү чагылуунун себебин, алардын айырмасын түшүндүргүлө. Күндөлүк турмуштан мисалдар келтиргиле.
3. Жарыктын чагылуусун үйрөнүүгө арналган куралдын түзүлүшү менен таанышкыла. Анын иштешин түшүндүрүп бергиле.
4. Түшкөн нур менен чагылган нурдун бир тегиздикте жатаарын түшүндүргүлө. Жарык түшкөн беттин мейкиндиктеги ар кандай жайланышын карап көргүлө (78-сүрөт). Анын ар бирinde түшкөн жана чагылган нурларды көрсөткүлө.
5. Жарыктын чагылуусунун биринчи закону кандай айтылат?
6. Жарыктын чагылуусунун экинчи законун түшүндүргүлө.

§ 29. ЖАЛПАК КҮЗГҮ. ЖАЛПАК КҮЗГҮДӨГҮ СҮРӨТТӨЛҮШ

Бетинен жарык чагылуучу тунук тегиздик *жалпак күзгү* деп аталат. Жалпак күзгү турмушубуздун бардык тармагында кеңири колдонулат. Күзгүдөн буюмдардын көрүнүшү эч кимди деле таң калтырбайт. Ошондой болсо да жалпак күзгүдөн нерсенин сүрөттөлүшүн алуунун жолдорун билүү өзгөчө кызыгууну туудурат. Чындыгында эле буюмдун сүрөтү өзү жок жерден кантип көрүнөт?

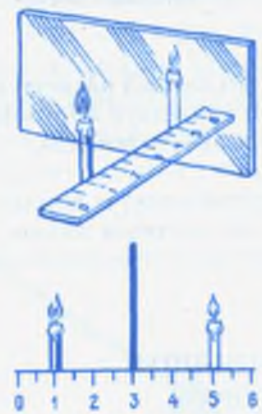
Күзгүнүн ич жагынан көрүнгөн буюмдун сүрөтү сүрөттөлүш деп аталат. Сүрөттөлүш кантип алынат? Мисалы, жалпак күзгүнүн алдына шамды койсок, күзгүнүн ичинен ошондой эле аралыктагы шамдын сүрөттөлүшүн көрөбүз (79-сүрөт). Эгер күзгүнүн алдындагы буюмду кыймылга келтирсек, сүрөттөлүш да кыймылга келет. Шамды ϑ ылдамдыгы менен күзгүгө жакындатсак, шамдын сүрөттөлүшү да ошол ылдамдык менен күзгү жакка кыймылдагандай көрүнөт (80-сүрөт). Буюмдан күзгүгө чейинки аралык канча болсо, сүрөттөлүш да ошончолук аралыкта жайгашат. Аны далилдеш үчүн төмөнкү тажрыйбага кайрылабыз.

Жалпак айнекти вертикаль багытта жайгаштырып, анын алдына күйгөн шам коёбуз. Айнектин экинчи жагынан шамдын сүрөттөлүшү көрүнөт. Айнектин ошол жагына күйбөгөн шамды коюп, күйгөн шамдын огу боюнча жылдырсак, бир учурда күйбөгөн шам күйгөндөй болуп көрүнөт. Себеби бул

79-сүрөт. Шамдын жалпак күзгүдөгү сүрөттөлүшү.

80-сүрөт. Буюм менен сүрөттөлүштүн кыймылы.

учурда күйбөгөн шам күйгөн шамдын сүрөттөлүшү жайгашкан чекитке дал келет. Тигинен коюлган айнектен күйгөн шамга чейинки жана айнектен күйбөгөн шамга чейинки аралыкты ченесек алар бири бирине барабар болот (81-сүрөт). Мындан, буюмдан күзгүгө чейинки аралык, күзгүдөн сүрөттөлүшкө чейинки аралыкка барабар деген жыйынтык келип чыгат. Күзгүдө алынган сүрөттөлүштүн өлчөмү буюмдун өлчөмүнө барабар. Сүрөттөлүш буюмдун өзүндөй түз, бирок тескери болуп көрүнөт. Мисалы, 82-сүрөттөгү баланын оң колу күзгүдөн сол кол болуп көрүнөт. Эгер күзгүнүн алдына оң чүкөнү койсок, сүрөттөлүшү сол чүкө болуп көрүнөт.



81-сүрөт. Буюм менен сүрөттөлүш күзгүдөн бирдей аралыкта болот.

82-сүрөт. Оң колдун сүрөттөлүшү сол кол болуп көрүнөт.

Жалпак күзгүдөн алынган сүрөттөлүш жалган сүрөттөлүш болот. Анткени күзгүнүн ичине буюм кире албайт, анын артында да жок. Жалпак күзгүнүн күндөлүк турмуштагы колдонулушу ар кимибизге белгилүү. Андан тышкары жалпак күзгү ар кандай куралдарда колдонулат.

Деңиздин тереңинде бара жаткан кемеден деңиз бетине байкоо жүргүзүү үчүн перископ деген курал пайдаланылат. Окопто туруп Жер бетин көрүүгө арналган перископтун түзүлүшү 83-сүрөттө көрсөтүлгөн. Мында болгону эки гана күзгү алынган. Ал эми 84-сүрөттөгү куралда төрт күзгү колдонулат. Мындай куралдын жардамы менен тоскоолдуктун артындагы буюмдарды да көрүүгө болот.

1. Жалпак күзгү деген эмне?

83-сүрөт. Перископтун түзүлүшү.

84-сүрөт. Бул куралды эмнеге колдонсо болот?

? 2. Сүрөттөлүш деген эмне?
3. Жалпак күзгүдө алынган сүрөттөлүштүн кандай касиеттери бар?
4. Оң колдун күзгүдөгү сүрөттөлүшү сол кол болуп көрүнөрүн жарык нурун жүргүзүү менен далилдөөгө аракеттенгиле.
5. Жөнөкөй перископ жасап көргүлө.
6. Велосипеддин арткы дөңгөлөгүнө арттан келүүчү жарыкты чагылдыруучу түзүлүш орнотулат. Анын иштеши эмнеге негизделген?

§ 30. ЖАРЫКТЫН СЫНЫШЫ. СЫНУУ ЗАКОНДОРУ

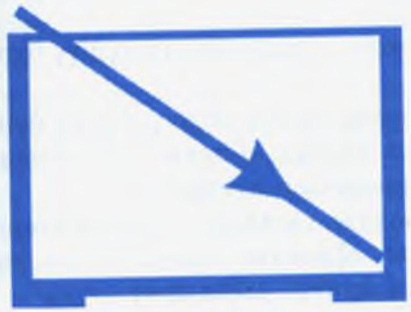
85-сүрөт. Жарык бир чөйрөдөн экинчисине өткөндө багытын өзгөртөт.

Мурдагы параграфта жарык нуру айнек пластинкасынын бетине түшкөндө анын бир бөлүгү чагылып, экинчи бөлүгү айнектен өтүп кеткенин көргөнбүз. Жарык нуру абадан айнекке өткөн учурда багытын бир аз өзгөртөт (85-сүрөт). Мындай кубулуш 86–87-сүрөттөрдөгү суу куюлган стаканга кашыкты же карандашты салганда даана көрүнөт.

Жарык нуру бир чөйрөдөн экинчисине өткөндө өз багытын өзгөртүшү жарыктын сынуусу деп аталат. Тажрыйбага кайрылалы. Тик бурчтуу параллелепипед формасындагы айнек идиштин ичине жарык нурун жиберебиз. Ичинде суу жок учурда жарык түз сызык боюнча таралат (88-сүрөт). Эгер идиштин ичине суу куйсак жарык багытын 89-сүрөттөгүдөй өзгөртөт. Демек, жарык абадан сууга өткөндө сынат.

86-сүрөт. Карандаш суунун ичинде сынгандай болуп көрүнөт.

87-сүрөт. Кашык суунун ичинде сынгандай болуп көрүнөт.



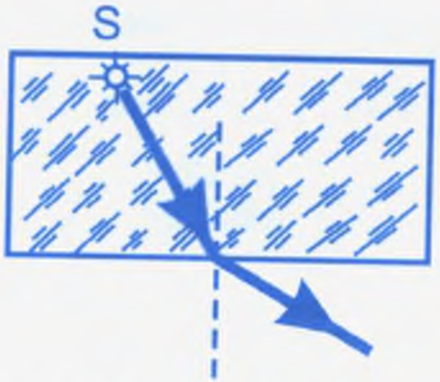
88-сүрөт. Жарык абада сынбайт.

89-сүрөт. Жарык абадан сууга өткөндө сынат.

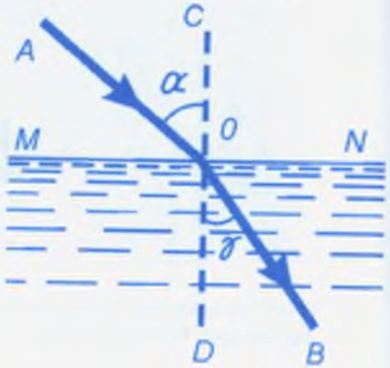
Ушундай эле кубулуш жарык суудан абага же айнектен абага өткөн учурда да байкалат (90-сүрөт).

Жарыктын сынышын мүнөздөө үчүн 91-сүрөттөгү чиймеге кайрылалы. MN – аба менен суунун чеги, AO – суу бетине түшкөн жарык нуру, $СД$ – нур түшкөн чекитке тургузулган перпендикуляр, OB – сынган нур, $\angle AOC$ – нурдун түшүү бурчу (α), $\angle ДOB$ – сынуу бурчу (γ).

Бир нече тажрыйбалардын негизинде жарыктын сынуу закондору аныкталган.



90-сүрөт. Жарыктын суудан абага өткөндөгү сынышы.



91-сүрөт. Жарыктын сынуу законун түшүндүрүүчү схема.

1. Түшкөн нур менен сынган нур жана жарык түшкөн чекитке тургузулган перпендикуляр бир тегиздикте жатышат.

2. Түшүү бурчу менен сынуу бурчу бири бирине барабар эмес.

а) эгер жарык абадан сууга өтсө, сынуу бурчу түшүү бурчунан кичине ($\gamma < \alpha$) болот;

б) эгер жарык суудан абага өтсө, сынуу бурчу түшүү бурчунан чоң ($\gamma > \alpha$) болот. Жарык абадан айнекке же айнектен сууга өткөндө да ушул эле эрежелер аткарылат.

Ар кандай заттардын жарыкты сындыруу касиеттери заттын тунуктугуна көзкаранды. Мисалы, алмаз сууга же айнекке караганда жарыкты өтө күчтүү сындырат.

3. Түшүү бурчунун синусунун сынуу бурчунун синусуна болгон катышы жарык түшкөн зат үчүн туруктуу чондук. Ал берилген зат үчүн жарыктын сынуу көрсөткүчү деп аталат. Жарыктын сынуу көрсөткүчү n тамгасы менен белгиленет. Чондугу $n = \dfrac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$ формуласы боюнча аныкталат. Жарыктын сынуу көрсөткүчү берилген заттагы жарыктын ылдамдыгы абасыз мейкиндикке салыштырганда аз экендигин көрсөтөт. Бул туруктуу чоңдуктун мааниси алмаз үчүн 2,42ге, айнек үчүн 1,57ге, суу үчүн 1,33кө барабар. Мисалы, жарыктын алмаздагы ылдамдыгы абасыз мейкиндикке салыштырганда 2,42 эсе аз.

? 1. Жарык нуру абадан айнек пластинкасынын бетине түшкөндө, багытын кандайча өзгөртөт?
2. Жарык нуру тунук нерседен өткөндө багытын өзгөртөөрүн кандай мисалдардан көрүүгө болот?
3. Жарыктын сынышы деген эмне?
4. Жарык нуру абадан сууга өткөндөгү жана суудан абага өткөндөгү сынышын кандай тажрыйбада көрсөтүүгө болот?
5. Жарыктын сынуу закондорун атайын чийме боюнча аныктагыла.
6. Ар кандай заттардын жарыкты сындыруу касиеттери ар башка болоорун эмне менен түшүндүрөбүз?
7. Суунун сынуу көрсөткүчү 1,33кө барабар. Анын физикалык маанисин түшүндүргүлө.

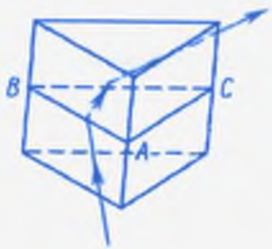
§ 31. ЖАРЫК НУРУНУН ҮЧ БУРЧТУУ ПРИЗМА АРКЫЛУУ ӨТҮШҮ

Алгач призма жөнүндө түшүнүк берели. Призма бул эки граны (негиздери) барабар көп бурчтуктар, ал эми калган грандары (капталдары) параллелограммдар болгон көп грандык. Призманын негиздери бири бирине дал келип (конгруэнттүү), параллель тегиздиктерде жайгашат. Эгер каптал грандардын тегиздиктери негизинин тегиздигине перпендикуляр болсо, анда ал тик призма деп аталат (92-сүрөт). Негизи туура көп бурчтук болгон тик призма туура призма деп аталат (93-сүрөт). Негизи үч бурчтук, төрт бурчтук ж. б. болгонуна жараша призма үч бурчтуу, төрт бурчтуу ж. б. болот.

Күндөлүк турмушта жарык нурунун үч бурчтуу призма аркылуу өткөн учурлары көп кездешет. Үч бурчтуу призма-

92-сүрөт. Тик призма

93-сүрөт. Туура призма



94-сүрөт. Нур үч бурчтуу призмадан өткөндө эки жолу сынат.

нын каптал кырына түшкөн нур анын ичине киргенде биринчи жолу, ал эми андан чыкканда экинчи жолу сынат. Андай нурдун өткөн жолдору 94-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Көп тажрыйбалар үч грандуу призманын каптал бетине түшкөн нур призмада эки жолу сынаарын көрсөтөт.

Ошондой эле нур призмадан чыкканда ар дайым үч бурчтуктун негизин карай багытталат (95-сүрөт). Нурдун призмадан өткөндөгү мындай закон-ченемдүү көрүнүшү жарык кубулушунун ар кандай касиеттерин аныктоого жана жарыктын оптикалык куралдардагы колдонулушун далилдөөгө жардам берет. Анткени оптикалык куралдардын бардыгында ар кандай формадагы айнек пластинкалар колдонулат. Алардагы жарык нурунун өтүү жолдорун аныктоодо жарыктын үч бурчтуу призмадагы жолун билүү өзгөчө мааниге ээ болот.

95-сүрөт. Үч бурчтуу призмадан нурдун өтүшү.

? 1. Призма деп эмнени айтабыз?
2. Призманын кандай түрлөрү болот?
3. Үч бурчтуу призма аркылуу нурдун өтүү жолун чиймеде көрсөткүлө.
4. Нур үч бурчтуу призмадан өткөндө кандай законченемдүүлүк байкалат?
5. 95-сүрөттөгү α_1 жана α_2 бурчтары кандайча аталышат? Алар бири бирине барабарбы же барабар эмеспи? Далилдөөгө аракеттенгиле.

6. 96-сүрөттөгү үч кара кутунун ар биринде бир же эки үч бурчтуу призма коюлган. Кутудан чыккан нурлардын багытына жараша, андагы призмалардын жайланышынын сүрөтүн чийгиле.

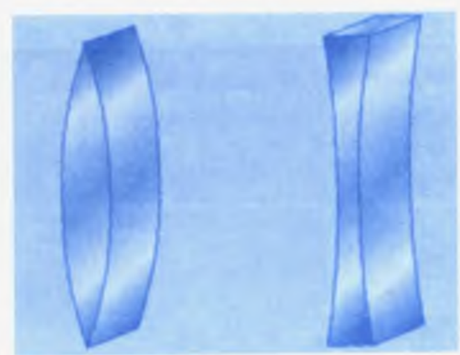
96-сүрөт. Кара кутудагы призмалар кандай жайгашкан?

§ 32. ЛИНЗАЛАР. ЛИНЗА АРКЫЛУУ НУРДУН ӨТҮҮ ЖОЛУ

Адамзаттын күндөлүк турмушунда, техникада ар кандай оптикалык куралдар кеңири колдонулат. Аларга эң жөнөкөй лупа, көз-айнек, фотоаппарат, дүрбү, микроскоп, телескоп, проекциялоочу аппараттарды кошууга болот. Аталган куралдардын негизги бөлүгүн линзалар түзөт.

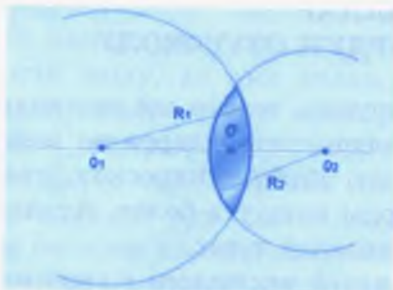
Линза – эки сфералык бет менен чектелген тунук нерсе. Алар негизинен айнек, кремний, германий, кварц кристаллы, флюорит, фтордуу литий, иоддуу цезий ж.у.с. заттардын өзгөчө түрүнөн жасалат. Линзанын негизги милдети болуп нерселердин сүрөттөлүшүн алуу.

Линзалар формасы боюнча томпок жана иймек болуп эки түргө бөлүнөт. Ортонку бөлүгү эки четине караганда калың линза (97-сүрөт) *томпок линза* деп аталат. Ортонку бөлүгүнө караганда эки чети калың линза (98-сүрөт) *иймек линза* деп аталат.

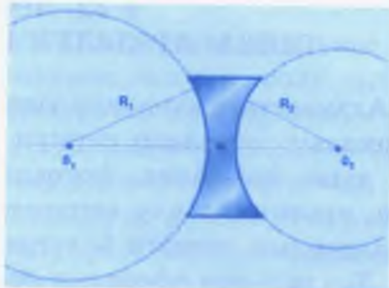


97-сүрөт. Томпок линза. 98-сүрөт. Иймек линза.

Томпок же иймек линзалардын беттери ар кандай формадагы сфералык беттерден турат. Эки айлананын кайчылашкан жеринде (99-сүрөт) же алардын бири бирине жакын жайгашкан жеринде (100-сүрөт) ушундай формадагы нерсени алууга болот. Биринчиси томпок линзаны, экинчиси иймек линзаны берет. Сфералык беттердин борборун туташтыруучу түз сызык линзанын оптикалык огу деп аталат. Линзанын оптикалык огу боюнча анын *O* борборунда жаткан чекит линзанын оптикалык борбору деп аталат.



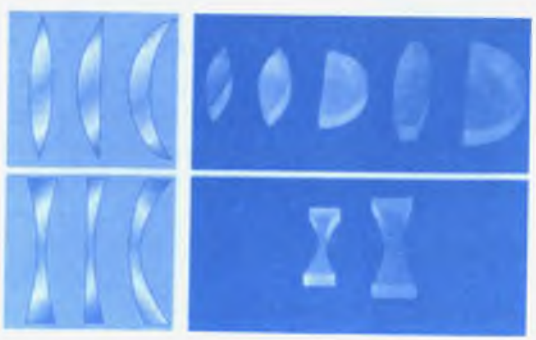
99-сүрөт. Томпок линзаны алуу.



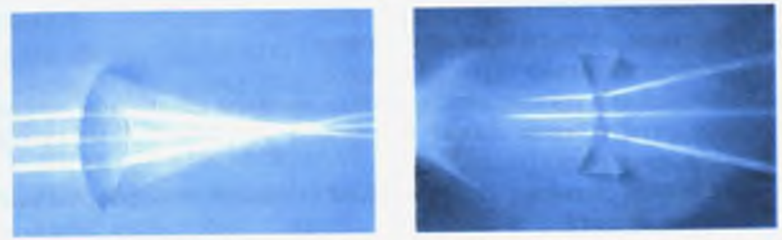
100-сүрөт. Иймек линзаны алуу.

Практикада беттеринин формасы ар кандай жайгашкан линзалар кездешет. Алардын айрым түрлөрү 101-сүрөттө берилген.

Эгер томпок же иймек линзага бири бирине жарыш жайгашкан жарык нурларын жиберсек, андан чыккан нурлар 102-сүрөттөгүдөй түргө ээ болот. Демек, томпок линза нур-



101-сүрөт. Линзанын түрлөрү.

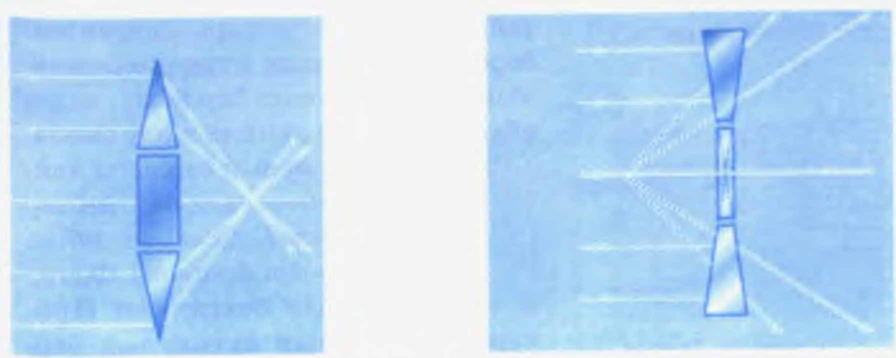


102-сүрөт. Томпок жана иймек линзадагы нурлардын жүрүшү.

ларды бир чекитке чогултат. Ал эми иймек линза жарык нурларын чачыратат. Эмне үчүн мындай? Анын себеби эмнеде? Бул суроолорго жооп берүү үчүн төмөнкү экспериментти оюбузда аткарып көрөлү.

Томпок же иймек линзаларды оптикалык окко жарыш кылып бир нече бөлүктөргө бөлөлү. Алардын ар бирин үч бурчтуу призма деп кароого болот (103-сүрөт). Эгер мындай линзага жарык нурларын жиберсек, ал нурлар үч бурчтуу призмаларга түшкөндөй болушат. Мурдагы параграфта белгиленгендей үч бурчтуу призмага түшкөн нурлар, андан чыкканда ар дайым призманын негизин көздөй багытталат. Ошол себептен линзаны түзгөн ар бир үч бурчтуу призма жарык нурун өзүнүн негизин көздөй багыттайт (104-сүрөт). Натыйжада томпок линза жарыкты бир чекитке чогултат. Иймек линза жарыкты чачыратат.

103-сүрөт. Линза үч бурчтуу призмалардын жыйындысы.



104-сүрөт. Линзадагы нурлардын жүрүшү.

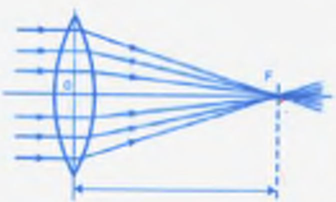
? 1. Линза деген эмне?
2. Линзанын негизги милдети эмнеде?
3. Линзанын кандай түрлөрү болот?
4. Томпок жана иймек линзалардын негизги айырмасы эмнеде?
5. Эмне үчүн томпок линза нурларды чогултат? Ал эми иймек линза чачыратат?
6. Линзанын оптикалык огун жана оптикалык борборун кантип табууга болот?

§ 33. ЛИНЗАНЫН ФОКУСУ ЖАНА ОПТИКАЛЫК КҮЧҮ

105-сүрөт. Оптикалык диска.

Жарыктын чагылуу жана сынуу закондорун, линза аркылуу нурдун өтүшүн тажрыйбада аныктоого арналган курал оптикалык диска деп аталат (105-сүрөт). Ал металлдан жасалган тегерек дискадан турат. Анын борборунда линзаны, призманы, күзгүнү ж. б. бекитип коюуга ылайыкталган түзүлүш орнотулган. Ал эми дисканын четинде 8 *В*ко эсептелген электр лампасы коюлган.

Ал лампанын жарыгы ичке нур түрүндө дисканын борборуна орнотулган күзгүгө же линзага жиберилет.



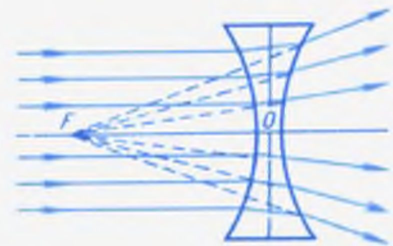
106-сүрөт. Томпок линзанын фокусу.

Эми тажрыйбага кайрылалы. Томпок линзаны дисканын борборуна бекитип, анын оптикалык огуна жарыш түрдө бир нече жарык нурун жиберели. Ал жарык нурлары линзанын ичине киргенде бир жолу, андан абага чыкканда экинчи жолу сынат. Андан кийин алардын бардыгы линзанын оптикалык огунда жаткан бир чекитке чогулат. *Ал чекит линзанын фокусу деп аталат.* Фокус *F* тамгасы менен белгиленет (106-сүрөт). Линзанын оптикалык борборунан жарык нурлары топтолгон чекитке чейинки аралык *линзанын фокус аралыгы* деп аталат. Ал дагы *F* тамгасы менен белгиленет.

107-сүрөт. Томпок линзанын фокусу.

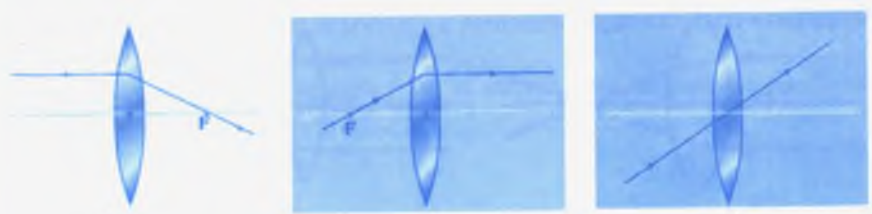
Томпок линзага жарык нурларын экинчи жагынан жиберсек, нур анда дагы эки жолу сынып, ошондой эле аралыктагы бир чекитке чогулушат (107-сүрөт). Демек, томпок линзанын эки фокусу болуп, алар линзанын эки жагында бирдей аралыкта жайланышат.

Эми иймек линзанын касиетин карап көрөлү. Иймек линзаны оптикалык дисканын борборуна бекитип, анын оптикалык огуна жарыш түрдө жарык нурларын жиберели. Ал нурлар дагы линзада эки жолу сынат. Бирок алар бир чекитте чогулушпастан 108-сүрөттөгүдөй чачырагандыгын көрөбүз. Ошондуктан иймек линза чачыратуучу линза деп аталат. Эгер ошол чачыраган нурлардын издерин линзанын карама-каршы жагына улантсак, ал издер дагы оптикалык октун бир чекитинде кесилишет. Ал чекит иймек линзанын фокусу болот жана аны линзанын жалган (мнимый) фокусу деп аташат.



108-сүрөт. Иймек линзанын жалган фокусу.

109-*а, б, в* сүрөттөрдү талдап көрүп төмөнкүдөй жыйынтыкка келүүгө болот:



а) б) в)

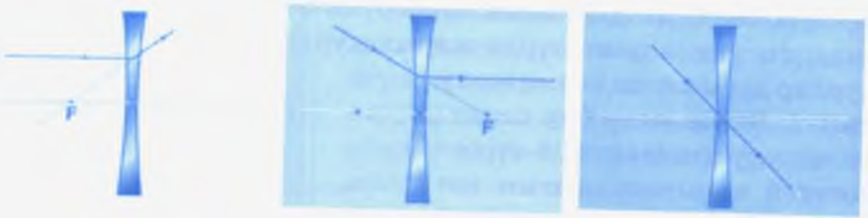
109-сүрөт. Томпок линзадан нурлардын өтүшү.

а) томпок линзанын оптикалык огуна жарыш жиберилген нур сынгандан кийин линзанын фокусу аркылуу өтөт;

б) томпок линзанын фокусу аркылуу жиберилген нур сынгандан кийин линзадан өтүп, анын оптикалык огуна жарыш таралат;

в) линзанын оптикалык борбору аркылуу өткөн нур багытын өзгөртпөйт.

Ушундай эле көрүнүштү иймек линзадагы нурлардын жүрүшүнөн да байкоого болот (110-*а*, *б*, в сүрөт). Бул сүрөттөрдү талдап, өз алдыңарча жыйынтык чыгаргыла.



а) б) в)

110-сүрөт. Иймек линзадан нурлардын өтүшү.

Томпок линза канчалык калың болсо, ал жарыкты ошончолук күчтүү сындырат. Ал эми жарык канчалык күчтүү сынса, анын фокус аралыгы ошончолук кичине болот (111-сүрөт). Сүрөттө көрсөтүлгөндөй биринчи линзанын фокус аралыгы экинчисиникинен кыйла кичине. Адатта биринчи линзаны экинчисине караганда күчтүү деп коюшат. Ошондуктан физикада линзанын оптикалык күчү деген атайын түшүнүк киргизилген. Ал D тамгасы менен белгиленет.

111-сүрөт. Калың жана жука линзалардын фокусу.

Линзанын оптикалык күчү линзанын фокус аралыгына тескери чоңдук болот: $D = \frac{1}{F}$. Бирдиги үчүн 1 диоптрия (1 *дптр*) алынат. ***Фокус аралыгы 1 метр болгон линзанын оптикалык күчү 1 диоптрияга барабар.*** Демек линзанын оптикалык күчүн диоптрия менен эсептөө үчүн, анын фокус аралыгын ар дайым метр менен туюнтуу керек болот: *1 дптр* $= \frac{1}{1 м}$. Эгер линзанын фокус аралыгы 0,5 *м* болсо, анын оптикалык күчү 2 *дптр*га барабар.

Чачыратуучу линзанын фокусу жалган болгондуктан, анын фокус аралыгы терс мааниде алынат. Андай линзанын оптикалык күчү да терс мааниге ээ болот. Ошентип, шарттуу түрдө чогултуучу линзанын оптикалык күчү оң, ал эми чачыратуучу линзанын оптикалык күчү терс деп кабыл алынат. Мисалы, «линзанын оптикалык күчү −4 *дптр*га барабар» дегенде, фокус аралыгы минус 0,25 *м* болгон чачыратуучу иймек линзаны элестетебиз.

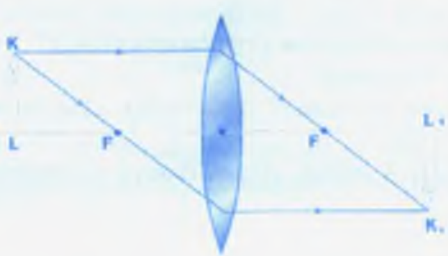
? 1. Томпок линзадан өткөн нурдун багыты кандайча өзгөрөт?
2. Кайсы чекитти линзанын фокусу деп аташат?
3. Линзанын фокус аралыгы деген эмне?
4. Эмне үчүн иймек линзаны чачыратуучу дейбиз?
5. Эмне үчүн иймек линзанын фокусу жалган фокус деп аталат?
6. Күн жарыгын колдонуп, чогултуучу линзанын фокус аралыгын аныктоого болобу? Эгер, болсо аныктап көргүлө.
7. Линзалардын сырткы формасы боюнча фокус аралыктарын салыштырууга болобу?
8. Линзанын оптикалык күчү эмнени түшүндүрөт? Анын чоңдугу кандайча аныкталат?
9. Линзанын оптикалык күчүнүн бирдиги үчүн эмне алынат?
10. 1 *диоптрия* деген эмнени билгизет?
11. Фокус аралыгы 2,5 м болгон линзанын оптикалык күчү эмнеге барабар?
12. Линзанын оптикалык күчү 4 *дптр.* Анын фокус аралыгын тапкыла.

§ 34. ЛИНЗАНЫН ЖАРДАМЫ МЕНЕН НЕРСЕНИН СҮРӨТТӨЛҮШҮН АЛУУНУН ЖОЛДОРУ

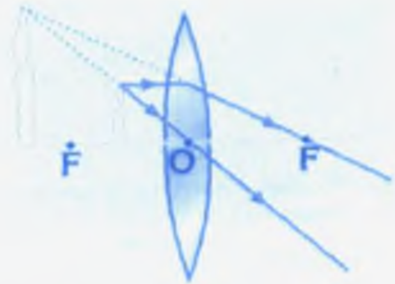
Мурдагы параграфта берилген материалдарды талдоонун натыйжасында линзанын жардамы менен жарык нурларынын багытын ар кандай өзгөртүүгө болот деген жыйынтыкка келебиз. Чындыгында линзага түшкөн жарык нурун бир чекитке чогултууга же чачыратууга, ошондой эле алардын жардамы менен нерсенин сүрөттөлүшүн да алууга болот. Ошол себептен линза оптикалык куралдарда кеңири колдонулат. Мисалы, киноаппаратта кинокадрдагы кичине сүрөттөр экранда чоңойтулуп сүрөттөлсө, фотоаппаратта чоң объектилердин сүрөттөлүшү пленкада кичирейтилген формада пайда болот.

Эми томпок линзанын жардамы менен нерсенин сүрөттөлүшүн алуунун жолдоруна токтололу. Ал үчүн ар дайым колдонууга ылайык болгон эрежени кабыл алабыз. Мисалы, жарыктанган нерсенин бетинен эң көп сандагы нурлар чыгат. Бирок ал нурлардын бардыгынын өткөн жолун сызып олтуруу ыңгайсыз. Ошондуктан нерсени түз сызык формасында кабыл алып, башкы жана аякы чекитинен чыккан гана нурлардын жолун сызабыз. Айрым учурда нерсенин бир гана чекитинен чыккан эки нурду алып, анын линзадан өткөн жолун чийүү жетиштүү.

Нерсенин сүрөттөлүшүн алуунун эң жөнөкөй схемасы 112-сүрөттө көрсөтүлгөн. Мында нерсе катары шам алынган. Шамдын K чекитинен чыккан эки нурду алабыз. Биринчиси линзанын оптикалык огуна жарыш багытталган. Ал линзадан сынып, багытын өзгөртөт да фокус аркылуу өтөт. Экинчи нур фокус аркылуу өтүп, линзадан кийин анын оптикалык огуна жарыш багытталат. Эки нурдун кесилишкен жеринде K чекитинин сүрөттөлүшү пайда болот. Ал эми KL нерсенин толук сүрөттөлүшү K_1L_1 түрүндө алынат. Бул тескери сүрөттөлүш болот. Эми томпок линзадан ар кандай аралыкта жайгашкан нерсенин сүрөттөлүшүн алуунун жолдорун карайлы жана алардын практикадагы колдонулушуна мисал келтирели.



112-сүрөт. Линзада сүрөттө-лүштү алуунун жөнөкөй жолу.

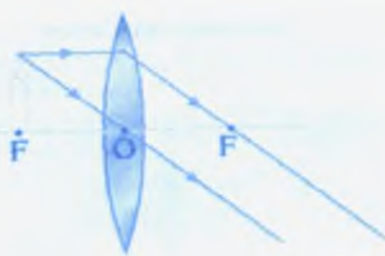


113-сүрөт. Нерсе линза менен фокустун ортосунда жайгашкан.

1. Нерсе линза менен анын фокусунун арасында жайгашкан учурун карайлы (113-сүрөт). Бул учурда линзада шамдын чоңойтулган, түз жана жалган сүрөттөлүшү алынат. Ал линзанын нерсе жайгашкан жагында, бирок андан бир аз алысыраак аралыкта болот. Линзанын жардамы менен мындай сүрөттөлүштү алуу кадимки чоңойтуучу лупада (114-сүрөт), микроскопто колдонулат.

114-сүрөт. Лупа, микроскоп.

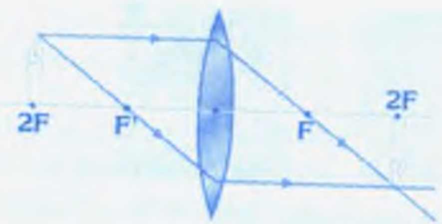
2. Нерсе линзанын фокусунда жайгашсын дейли. Мында шамдын жогорку чекитинен чыккан эки нур линзадан өткөндөн кийин эч жерден кезигишпейт (115-сүрөт). Демек нерсенин сүрөттөлүшү алынбайт. Бул практикада эч жерде колдонулбайт.



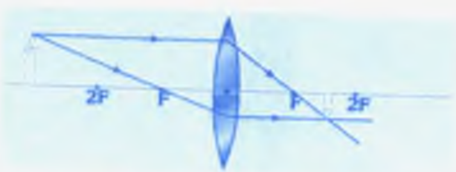
115-сүрөт. Нерсе линзанын фокусунда жайгашкан.

116-сүрөт. Нерсе линзанын фокусу менен кош фокусунун арасында жайгашкан.

117-сүрөт. Кодоскоп.



118-сүрөт. Нерсе линзанын кош фокусунда жайгашкан.



119-сүрөт. Нерсе линзанын кош фокусунан алыс жайгашкан.

3. Нерсе линзанын башкы фокусу менен анын экинчи фокус аралыгынын ортосунда жайгашкан болсун дейли. Анда шамдын сүрөттөлүшү линзанын экинчи жагында, анын экинчи фокус аралыгынан алыс жайгашкан болот (116-сүрөт). Сүрөттөлүш чоңойтулган жана тескери абалда алынат. Сүрөттөлүштү алуунун мындай жолу проекциялык аппаратта, б. а. киноаппаратта, кодоскопто колдонулат (117-сүрөт). Кинолентадагы, ар кандай слайддагы объектилердин сүрөттөлүшү экранда чоңойтулуп көрсөтүлөт.

4. Нерсе линзанын кош фокус аралыгында жайгашкан (118-сүрөт). Мында нерсенин сүрөттөлүшү линзанын экинчи жагында алынат. Сүрөттөлүш тескери, чыныгы болуп, өлчөмү нерсенин өлчөмүнө барабар болот. Сүрөттөлүштү алуунун мындай жолу практикада анча колдонулбайт. Бирок кай бир учурда ар кандай сүрөттөрдүн өзүндөй көчүрмөсүн алууда колдонсо болот.

5. Нерсе линзанын кош фокус аралыгынан алыс жайгашкан (119-сүрөт). Бул

учурда предметтин сүрөттөлүшү линзанын экинчи жагында, башкы фокус менен экинчи фокус аралыгынын ортосунан орун алат. Сүрөттөлүш кичирейтилген, чыныгы жана тескери болот.

Бул фотоаппаратта (120-сүрөт), телескопто (121-сүрөт), дүрбүдө (122-сүрөт), видеокамерада (123-сүрөт) колдонулат.

120-сүрөт. Фотоаппарат.

121-сүрөт. Чагылдыруучу телескоп.

122-сүрөт. Дүрбү.

123-сүрөт. Видеокамера.

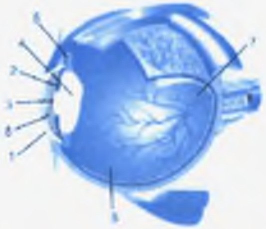
124-сүрөт.

? 1. Томпок линзаны чийип, анын оптикалык огун, башкы фокустарын, кош фокус аралыгын белгилегиле.
2. Нерсени линзадан каалаган аралыкка жайгаштырып, алардын сүрөттөлүшүн алуунун чиймесин чийгиле.
3. Лупада сүрөттөлүштү алуунун чиймесин чийгиле.
4. Ар кандай оптикалык куралдардагы (фотоаппарат, телескоп, дүрбү ж.б.) жарык нурунун жүрүү жолун схема түрүндө көрсөткүлө.
5. 124-сүрөттөгү нерсенин сүрөттөлүшүн алуунун жолун көрсөткүлө.

§ 35. КӨЗ, АНДА ЖҮРҮҮЧҮ ОПТИКАЛЫК КУБУЛУШТАР

Адамдар, жаныбарлар маалыматтын 70–80%ин көрүү органы аркылуу алышат. Демек, адам жашоосунда көз эч нерсе менен салыштырууга болбогон өзгөчө мааниге ээ. Ошондуктан кыргыз элинде көз жана аны сактоо жөнүндө көптөгөн учкул сөздөр жана макал-ылакаптар сакталып келүүдө. Алсак, «Кичинекей медерим, жер түбүнө жетерим», «Көздүн карегиндей сакта», «Көздөй адамым», «Көзгө басарым», «Көзкараш» ж. б. Көздүн түзүлүшү жөнүндөгү алгачкы маалыматты 5-класстын «Табият таануу» курсунан алганбыз. Ал материалдар «Биология» курсунун «Адам анатомиясы» бөлүгүндө да окулат. Биз бул параграфта көздүн түзүлүшүнө жана анда болуп өтүүчү оптикалык кубулуштарга гана токтолобуз.

Көз – адамдын, бардык омурткалуу, омурткасыз айрым жаныбарлардын жарыктан болгон дүүлүгүүлөрдү кабыл алуу органы. Көпчүлүк омурткасыздарда көздүн кызматын анча татаал эмес көрүү органы аткарат. Адамдын жуп көзү баш сөөгүндөгү көз чуңкурларынан орун алган. Көз көрүү нерви аркылуу мээ менен байланышкан көз алмасынан жана кошумча бөлүктөрдөн (көз жапкагы, жаш аппараты, көздү кыймылдатуучу булчун) турат. 125-сүрөттө адам көзүнүн түзүлүшү көрсөтүлгөн.



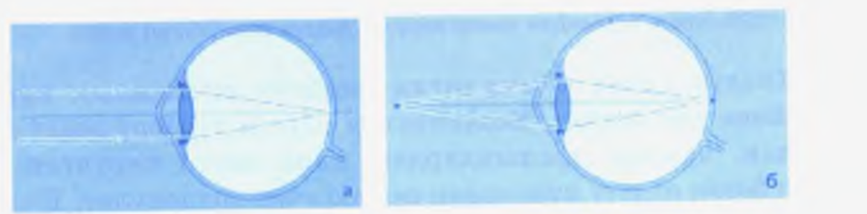
125-сүрөт. Адамдын көзү (көз алмасынын жара кесилиши):
1 – тунук челкабык;
2 – жаа сымал кабык;
3 – карек;
4 – чечекей;
5 – булчуң эт;
6 – айнек сымал дене;
7 – тор кабык;
8 – алдыңкы камера.

Адамдын көз алмасы тоголок келип, диаметри 24 *мм*ге жакын. Ал көз булчуңдарынын (5) жардамы менен кыймылга келет. Көздүн кабы үч катмардан (тышкы, ортоңку жана ички) турат. Тышкы катмардын алдыңкы тунук бөлүгү тунук чел кабык (1), калган тунук эмес бөлүгү склера деп аталат. Бул катмар таяныч жана коргоо кызматын аткарып, скелет катары көздүн формасын сактайт. Тунук челкабык жарыкты эң жакшы сындыруучу оптикалык касиетке ээ.

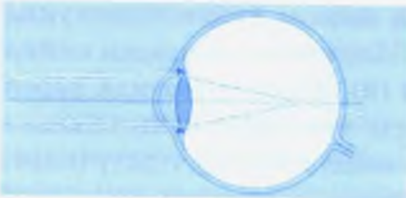
Тунук челкабыктын артында көздүн тунук суюктукка толгон алдыңкы камерасы (8) бар. Алдыңкы камерадан кийин түстүү кабык (жаа сымал кабык) (2), анын ортосунда карек (3) жатат. Жаа сымал кабыктагы түстөрдүн санына жана кабыктын калыңдыгына жараша көздүн түсү ар түрдүү (кара, көк, койкөз) болот. Кабыктын булчуну каректи чоңойтуп, кичирейтип турат. Карек жарыкта кичирейип, караңгыда чоңоёт (карек фотоаппараттагы диафрагманын ролун аткарат). Каректин диаметри 2 *мм*ден 8 *мм*ге чейин өзгөрүп турат. Ички катмардын эң арткы бөлүгүндө – көздүн түпкүрүндө – тор кабыкча (7) жайгашкан. Ал эң жука, назик жана эң маанилүү. Анын нерв талчалары көз чарасын аралап өтүп, мээ менен байланыштыруучу көрүү нервин түзөт. Анда жарыкты жана түстү кабыл алуучу клеткалар пайда болот. Көзгө түшкөн жарык көрүү нерви аркылуу мээнин каракуш бөлүгүнө берилет.

Каректин артында чечекей орун алган. Чечекей менен тор кабыктын ортосундагы көңдөй тунук килкилдек зат менен толтурулган. Аны айнек сымал дене (6) деп да коюшат. Карек аркылуу өткөн жарык нуру чечекей (линза) аркылуу өткөндө сынып, тор кабыкчага чогулат. Көзгө түшкөн ар кандай нурлардын чечекейдеги сынышы жана тор кабыкчага чогулушу 126-сүрөттө көрсөтүлгөн.

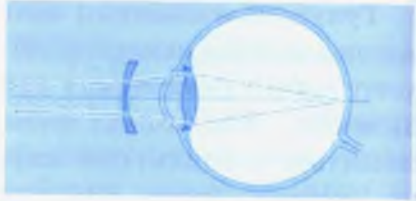
Нормалдуу көзгө түшкөн жарык нурлары көз торчосунда кесилишип, ошол торчодо сүрөттөлүш пайда болсо, нерсе даана көрүнөт. Кемчилиги бар көзгө нерседен түшкөн жарык нуру көз торчосуна жетпей кесилишип же андан өтүп барып кесилишип, нерсенин сүрөттөлүшү көз торчосунун алдында же артында пайда болсо, нерсе начар көрүнөт.



126-сүрөт. Көзгө түшкөн жарыктын бир чекитке чогулушу.



а)

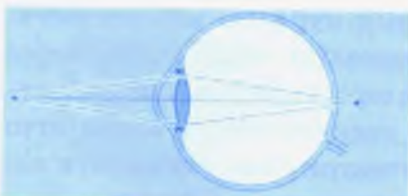


б)

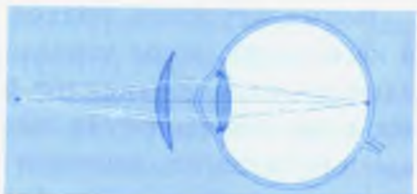
127-сүрөт. Алыстан начар көрүүчү көздүн кемчилигин оңдоо.

Эгер сүрөттөлүш көз торчосунун алдында пайда болсо көз жакын нерселерди жакшы, алысты начар көрөт (127-*а*, сүрөт). Алыстан начар көрүүчү көздүн кемчилигин оңдоо үчүн иймек линзалуу көзайнекти колдонсо болот. Анын жардамы менен нерсенин сүрөттөлүшү көз торчосунун өзүндө алынат (127-*б*, сүрөт), алыстагы нерсе даана көрүнөт.

Эгер сүрөттөлүш көз торчосунун артында пайда болсо, көз алыс аралыктагы нерселерди жакшы, жакынды начар көрөт (128-*а*, сүрөт). Мындай учурда томпок линзалуу көзайнек колдонулат. Томпок линзадан жана көз чечекейинен өткөн нурлар көз торчосунда кесилишип, нерсенин даана сүрөттөлүшү алынат (128-*б*, сүрөт). Демек, көздүн жакынды көрө албаган кемчилиги оңолот.



а)



б)

128-сүрөт. Жакындан начар көрүүчү көздүн кемчилигин оңдоо.

Көздүн көрүү кемчилигин оңдоочу оптикалык курал көзайнек деп аталат. Көзайнектин айрым түрлөрү көздү шамалдан, чаңдан, кыпындардан жана көзгө көрүнгөн же көрүнбөгөн күчтүү нурлардан сактоо үчүн колдонулат. Көзайнек XIII кылымда биринчи жолу колдонула баштаган. Бирок кайсы учурда, кайсы жерде ойлоп табылганы белгисиз.

Көзайнек эки линзадан жана аларды көзгө туура абалда кармап туруучу алкактан турат.

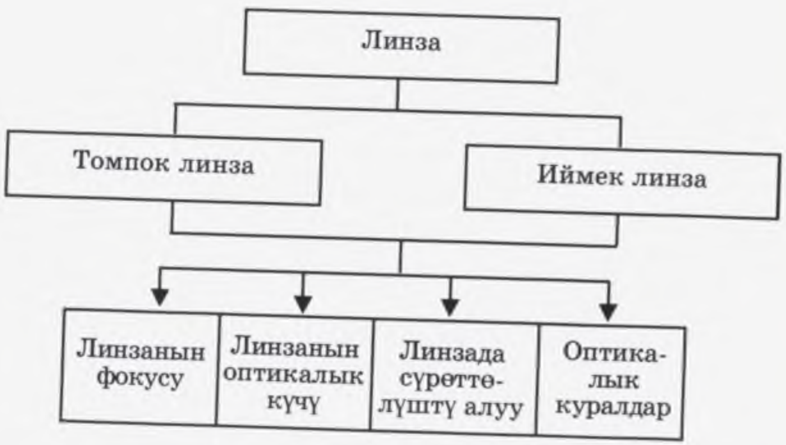
Жерде-сууда жашоочу жаныбарлардын көзүнүн тунук кабыгы өтө томпогой. Сойлоочулар менен куштарда айнек сымал дененин көрүү нерви чыга турган жеринде кантамырга бай таракчасы бар. Куштардын көрүү аппараты башка жаныбарларга салыштырганда күчтүү. Сүт эмүүчүлөрдүн көзү формасы боюнча жерде-сууда жашоочулардыкына окшош. Сууда жашоочу сүт эмүүчүлөрдүн (мисалы, кит) көзү тереңде жашоочу балыктардыкына жакын. Жер астында жашоочу сүт эмүүчүлөрдүн (сокур чычкан ж. б.) көздөрү артка жылышкан абалда болот.

Көздүн тунук кабыгынын тунарышын *көздү чел басуу* деп аташат. Көздү чел басуу көздүн кабыгынын бузулушунан, түрлүү жаралардын болушунан, оор сезгенүү процесстерден жана көздүн жабыркашынан пайда болуп, көздүн кабыгы агыш чел менен капталып, көрүүсү начарлайт.

Ар дайым көздү таза сактоого аракет жасоо зарыл. Көз ооруларды пайда кылуучу сырткы себептерге жугуштуу козгогучтардын көзгө түшүшү, механикалык жабыркоо, химиялык (кислота, жегич) жана физикалык (жылуулук, жарык, радиоактивдүүлүк) факторлор кирет.

? 1. Адамдын, жаныбарлардын жашоосундагы көздүн мааниси.
2. Көздүн түзүлүшү.
3. Көздүн көрүүсүндөгү оптикалык кубулуштар.
4. Көздө сүрөттөлүштүн пайда болушу.
5. Көздүн кемчиликтери.
6. Көздүн кемчиликтерин оңдоонун жолдору.

«Жарык кубулуштары» главасы боюнча билимдер жана алардын өзара байланышы



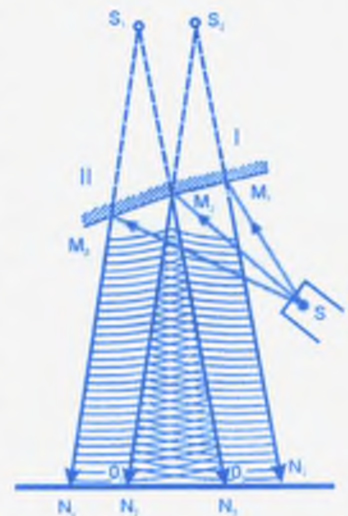
ЖАРЫКТЫН ТОЛКУНДУК КАСИЕТТЕРИ

§ 36. КОГЕРЕНТТҮҮ ТОЛКУН БУЛАКТАРЫ

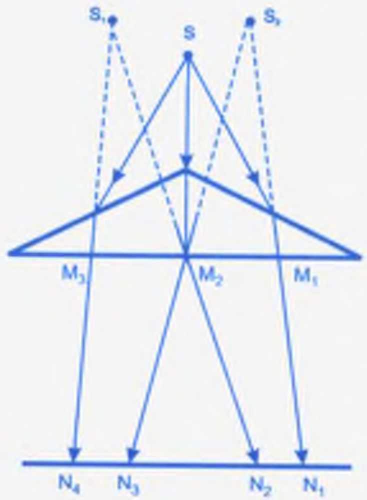
Гюйгенс принцибин ырастоо үчүн келтирилген тажрыйбада (56-сүрөт) эки көзөнөкчө жаңы толкун булагынын ролун аткарып, алардан андан ары тегерек толкундардын таралаарын карап кеттик. Бул толкундар бир тегиздикте, бирдей термелүү мезгили менен таралышат. Алардын фазаларынын айырмасы да туруктуу сакталат. **Бир тегиздикте бирдей термелүү мезгили жана туруктуу фазалар айырмасы менен таралган толкундар когеренттүү толкундар, ал эми толкун булактары – когеренттүү булактар деп аталат.**

Жарык электрмагниттик толкун болгондуктан Гюйгенс принцибине таянып, **когеренттүү жарык толкун булактарын** да алууга болот. Аны ишке ашыруунун эки жолун карайбыз.

Алардын бири: бири бирине дээрлик 180^0 бурч менен бириктирилген эки күзгүдөн турат. Бул күзгүлөргө монохроматтык, б. а. бирдей («моно» – жеке, жалгыз дегенди түшүндүрөт) толкун узундугундагы нурларды S булагынан жиберебиз (129-сүрөт). Алар күзгүдө чагылуу менен, I күзгүдөн M_1N_1, M_2N_2 нурларын, ал эми II күзгүдөн M_2N_3, N_3N_4 нурларын пайда кылат. Чагылган толкундардын $M_2N_2N_3$ аймактарында толкундар өзара каттальшып калат. Оштентип, бир булактан чыккан жарык толкундары кош күзгүдөн чагылуу менен кан-



129-сүрөт. Френелдин кош күзгүсү.



130-сүрөт. Френелдин бипризмасы.

дайдыр эки булактан таралган когеренттүү толкундарды элестетет. Эгерде экранга түшкөн нурларды күзгүлөрдүн артын көздөй үзүк сызыктар (пунктир) менен улантсак, алар S_1 жана S_2 чекиттеринде кесилишет. S_1 жана S_2 чекиттерин ушул когеренттүү толкундарды пайда кылуучу жалган (мнимый) булактар (көзөнөкчөлөр сыяктуу) катары кароого болот.

Когеренттүү толкунду Френель бипризмасы (би – эки деген-ди түшүндүрөт) менен алууга болот. Ал бири бирине негиздери менен бириктирилген эки тунук призмадан турат (130-сүрөт). S булагынан призманын каптал беттерине түшкөн нурлар андан сынып өтүү менен, M_1N_1, M_2N_2, M_2N_3, M_3N_4 нурларын пайда кылат. Мында да $M_2N_2N_3$ аймактарында толкундар өзара катталышат. Эгер экранга түшкөн нурларды оюбуз менен призмалардын артын көздөй үзүк сызык менен созгон болсок, алар S_1 жана S_2 чекиттеринен кесилишет. S_1 жана S_2 чекиттери бул учурдагы когеренттүү толкундарды берүүчү жалган толкун булактарын элестетет.

? 1. Кандай толкунду когеренттүү толкун деп атайбыз?
2. Когеренттүү толкун булактары деп эмнени айтабыз?
3. Суу бети боюнча таралуучу толкундардан когеренттүү толкун булактарын кантип алууга болот?
4. Кош күзгүдөн чагылган монохроматтык нурлардын когеренттүү булактардан таралган толкундар сыяктуу болушун баяндап бергиле.
5. Бипризмадан сынуу менен өткөн монохроматтык нурлардын когеренттүү булактардан таралган толкундар сыяктуу болушун баяндап бергиле.
6. Эгерде 55-*б*, сүрөттө *A* пластинкасынын учуна эки учтуу өзөктү бекитип, терметсек, алар кандай толкун булактары болуп калышат?

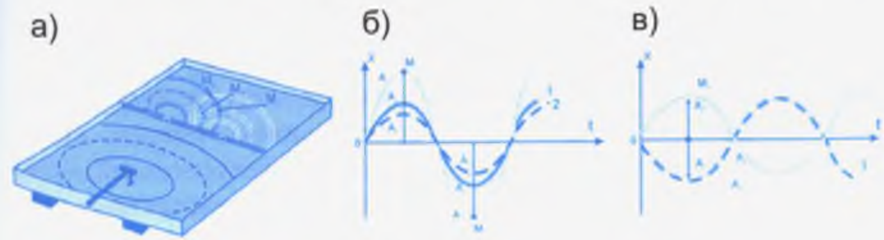
§ 37. ТОЛКУНДУН ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСЫ

Чөйрөдө бир эле убакта ар кандай багыттагы бир нече толкун таралышы мүмкүн. Ал толкундар чөйрөнүн кандайдыр бир чекитинен өтсө, ал чекитти өздөрү таралган багытта, амплитудасына жана фазасына жараша термелүүгө келтирүүгө умтулат. Ар бир толкун чөйрөнүн бул чекитинде башка толкундар жок сыяктуу өз амплитудасы менен ал чекитти термелүүгө келтирет. Натыйжада каралып жаткан чекит татаал термелүүгө катышып калат.

Биз эң жөнөкөй учур катары когеренттүү толкундардын кошулушу менен чөйрөнүн чекиттери кандай термелүүдө болоорун карайбыз. Элестетүү оңой болсун үчүн негизинен 55-*а*, сүрөттү кайталаган 131-сүрөткө токтололу. Бул сүрөттө экинчи толкун булактарынан чыккан тегерек толкундардын өркөчтөрү туташ, ал эми ойдундары үзүк сызыктар менен көрсөтүлгөн. M_1 чекити өркөч менен өркөчтүн, M_2 чекити ойдун менен ойдундун, ал эми M_3 чекити өркөч менен өркөчтүн туура келген орундарын көрсөтөт (131-*а*, сүрөт).

M_1 жана M_2 чекиттеринде термелүүлөр бирдей фазада кезиккендиктен, өркөчтөр дагы көтөрүлүп, ойдундар андан да терендеп, термелүүлөр күчөйт (131-*б*, сүрөт). Натыйжалоочу амплитуда кошулуучу термелүүлөрдүн амплитудаларынын суммасына ($A = A_1 + A_2$) барабар болуп калат.

Тескерисинче, M_3 чекитинде термелүүлөр карама-каршы фазада кездешкендиктен (131-*в*, сүрөт) алар бири-бирин начарлатып, ал жерлерде термелүүлөрдүн болбой калышы да



131-сүрөт. Ваннадагы пайда болгон тегерек толкундардын интерференциясы.

мүмкүн. Ушундай эле кубулушту когеренттүү жарык толкундарынын катталышкан аймактарында ($M_2N_2N_3$ – 129, 130-сүрөттөр) да байкоого болот. **Когеренттүү толкундардын бири-бири менен катталышында термелүүлөрдүн күчөшү же начарлашы интерференция деп аталат.**

Интерференция кубулушунда интерференциялык сүрөттөлүш байкалат. Эгер 131-сүрөттө көрсөтүлгөн ваннанын алдынан жарык жиберген болсок, биз суунун үстүнөн караганда, өркөчтөр кошулган жерлерде жарык начар өтүп, көбүрөөк карарып калса, ойдундар кошулган жерде, ойдуң андан да тереңдеп, суунун катмары жукарып, жарык кыйла күчтүү өтөт. Ал эми ойдуң-өркөчтөр кездешкен жерлерде суунун калыңдыгы дээрлик өзгөрбөй, жарык да орточо өтөт. Ошентип, интерференциялык сүрөттөлүш, биз карап жаткан учурда, карарган, агарган жана орточо жарык болгон кыркалар болуп, туруктуу кармалып турат. Эгер катталган толкундар когеренттүү эмес болушса, мисалы, фазаларынын айырмасы турактуу болбосо, анда ойдуң-өркөчтөрдүн кошулушу тез өзгөрүп, биз аларды ачык байкай албайбыз. Туруктуу сүрөттөлүш болбойт.

? 1. Интерференция кубулушу деп эмнени айтабыз?
2. Кандай учурда туруктуу интерференциялык сүрөттөлүштү алууга болот?
3. Ваннада пайда болгон интерференциялык сүрөттөлүш жөнүндө айтып бергиле.

§ 38. ЖАРЫКТЫН ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСЫ

Жарык толкундук жаратылышка ээ болгондуктан, калган толкундар сыяктуу эле алар да интерференция кубулушун пайда кылууга тийиш.

Кош күзгүдөн же бипризмадан когеренттүү толкундардын катталышуу аймактарын алууга болорун карап кеттик. Мындай катталуу болгон жерлерде жогоруда белгиленгендей (§37) интерференция кубулушу, аны менен бирге интерференциялык сүрөттөлүш пайда болот. Эгерде катталуу болгон аймактарды экранга түшүргөн болсок, бири-бири менен алмашып жайланышкан караңгы-жарык тилкелерин байкайбыз.

Караңгы жерлер толкундардын бири бирин начарлатып, өчүргөн аймактарына туура келсе, жарык жерлер бири-бирин күчөткөн аймактарга туура келет. Катталышуу аймактарынан пайда болгон жарык жерлер, экрандын башка жериндеги жарык болгон беттерден кыйла күчтүүрөөк болуп, айырмаланып турат.

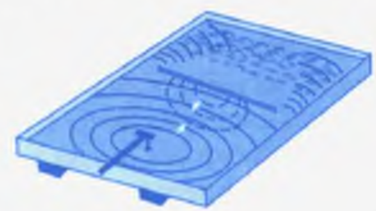
Эгер кош күзгүгө же бипризмага монохроматтык эмес, ак жарык жиберилсе, анда спектрлердин ортосунда ак тилке орун алып, анын эки жагында бири-бири менен тыгыз жайланышкан түстүү тилкелер байкалат. Мындай жарык спектрлери жөнүндө кийинки главада кеңири сөз кылабыз.

Жарык толкундары менен болгон интерференция кубулушун суу бетинде пайда болгон интерференция кубулушу менен салыштырып, ал кубулуштардын жалпы мазмуну бирдей экендигин, тагыраак айтканда, когеренттүү толкундардын өзара катталышынан пайда болорун ырастоого болот.

? 1. Жарыктын интерференция кубулушунан кандай сүрөттөлүштөрдү байкоого болот?
2. Монохроматтык нурлар деп эмнени айтабыз?
3. Жарыктын интерференциясы анын кандай жаратылышын ырастайт?

§ 39. ТОЛКУНДАРДЫН ТАРАЛЫШЫНДАГЫ ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨР

Суу бетинде пайда болгон тегерек толкундар улам чоң аймакты ээлеп таралып отурат. Толкундардын таралышына чөйрөнүн өзүнүн бир тектүүлүгү жана анын жолундагы ар кандай тоскоолдуктар таасир этет. 55-сүрөттө ваннада пайда болгон толкундун жолуна узундугу карыштай болгон тоскоолдукту жайгаштырсак, андан чагылып, кайра артты көздөй таралган толкундарды байкайбыз. Ошентип, толкундар жолундагы тоскоолдуктан чагылат (132-сүрөт).



132-сүрөт. Толкундардын тоскоолдуктан чагылышы.

133-сүрөт. Толкундардын мамылардан айланып өтүшү.

133-сүрөттө жээкке жакын жерде толкундардын таралуу жолуна катары менен мамылар орнотулуп коюлган. Ал мамылар толкундардын таралышына дээрлик таасир эте албайт. Мамыларга чейин толкундар кандай таралса, мамылардан кийин да ошондой эле таралат. Толкундар өлчөмү кичине мамыларды (нерселерди) айланып, же ийилип өтөт деп айтабыз.

134-сүрөттө жээкти көздөй таралып келе жаткан толкундардын жолунда жетишээрлик чоң таш турат: толкундардын бир бөлүгү таштын алды жагынан чагылып, кайра артын көздөй кетсе, эки жагынан өткөн толкундар түз сызык боюнча таралып, таштын артында «көлөкө» калтырат.

Өлчөмү жетишээрлик чоң болгон тоскоолдуктардан толкундар анын чети менен түз сызык боюнча таралат деп айтабыз.

? 1. Толкундардын чагылышы деп эмнени түшүнөбүз?
2. 133–134-сүрөттөрдөгү толкундардын таралышынын өзгөчөлүктөрүн баяндап бергиле.

§ 40. ДИФРАКЦИЯ КУБУЛУШУ

Толкундардын тоскоолдукту айланып (ийилип) өтүшү же анын артында «көлөкө» калтырып, четтери боюнча түз сызыктуу таралышы, таралып жаткан толкундардын **толкун узундугу** менен тоскоол болгон нерсенин **өлчөмүнө** (чоңдугуна) байланыштуу. Эгер тоскоолдуктун өлчөмү толкун узундугуна барабар же андан кичине болсо, анда толкундар нерселерди айланып же ийилип өтүшөт. 133-сүрөттө мамылардын өлчөмү (туурасы) толкундардын толкун узундугуна салыштырмалуу кыйла кичине. Эгер нерселердин өлчөмү толкун узундугуна салыштырмалуу чоң болсо, анда толкун нерсенин артын көздөй ийилбей, анын чети боюнча түз сызыктуу таралат (134-сүрөт).

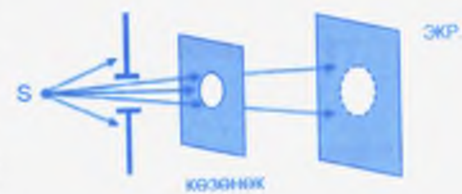
134-сүрөт. Толкундардын тоскоолдуктун чети боюнча түз сызыктуу таралышы.

Толкундардын тоскоолдукту айланып (ийилип) өтүшү дифракция деп аталат.

Дифракция кубулушун байкоонун негизги шарты – **толкун узундугунан тоскоолдуктун** кичине болушу.

Эми бул айтылгандарды элестетүү оңой болсун үчүн адегенде суу бети боюнча таралган толкундарга кайрылалы. 135-*а*, сүрөттө кичине көзөнөкчөдөн өткөн толкундар анын артын көздөй ийилип таралып жаткандыгын көрөбүз. Ал эми жолуна көзөнөгү жетишээрлик чоң тоскоолдукту жайгаштырсак, көзөнөктүн четинен толкундар түз сызык боюнча гана таралат (135-*б*, сүрөт). Бул учурда толкундардын ийилип өтүшү байкалбайт. Ушу сыяктуу эле караңгы бөлмөдө жайгаштырылган экранга (аралык анчалык чоң эмес) диаметри 2–3 *см* көзөнөкчөдөн жарык түшүрөлү. Экранда жарыктын тегерек ак тагы пайда болот. Аралыкка жараша анын өлчөмү бир аз чоң болот. Демек, жарык бул учурда көзөнөкчөдөн түз сызык боюнча таралып өтөт деп айтабыз (136-сүрөт). Эми көзөнөкчөнүн өл-

135-сүрөт. Көзөнөкчө аркылуу суу бети боюнча таралуучу толкундардын өтүшү.



136-сүрөт. Толкундардын чоң көзөнөктөн өтүү менен таралышы.

137-сүрөт. Көзөнөкчөдөн дифракциялык сүрөттөлүштүн пайда болушу.

138-сүрөт. Кош күзгүдөн, бипризмадан жана ичке зымдан байкалган дифракциялык сүрөттөлүш.

чөмүн *мм* дин жүздөн бир үлүшүнө чейин кичирейткен бололу. Анда экранда бири бирин курчаган ак-кара шакекчелерден турган сүрөттөлүштү көрөбүз (137-сүрөт). Ал **дифракциялык сүрөттөлүш** деп аталат. Шакекчелердин өлчөмү көзөнөкчөгө салыштырмалуу кыйла чоң болот. Мындан көзөнөкчөдөн өткөн жарык толкундары туш тарапты көздөй кеңейүү, б. а. ийилүү менен таралат деп айтабыз. Натыйжада жарыктын дифракция кубулушу байкалат.

Эгер жогорку тажрыйбада көзөнөкчө жайгашкан орунга чачтай ичке зымды жайгаштырган болсок, бул учурда да ак-кара тилкелерден турган (138-сүрөт) дифракциялык сүрөттөлүштү байкаган болобуз. Ак-кара тилкелердин пайда болушун жарык толкундарынын зымдан ийилип өтүшү менен гана түшүндүрө алабыз. Дифракциялык сүрөттөлүштөрдүн пайда болушу жогоруда карап өткөн интерференция кубулушу менен түшүндүрүлөт.

? 1. Дифракция деп кандай кубулушту айтабыз?
2. Дифракция кубулушу кандай шартта байкалат?
3. Жарык толкундары менен байкалган (137–138-сүрөт) дифракция кубулуштарына баяндама бергиле.

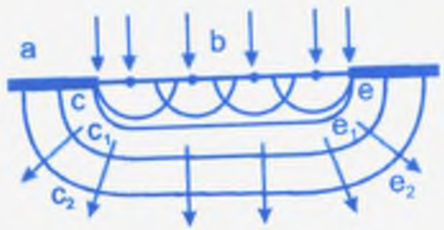
§ 41. ДИФРАКЦИЯЛЫК ТОРЧО ЖАНА ЖАРЫК СПЕКТРИ

Дифракция кубулушун байкоо үчүн пайдаланылган ичке зымдын же көзөнөкчөнүн ордуна узатасынан кеткен жылчыктарды да алууга болот. Тунук же тунук эмес тегиз беттүү пластинкага атайын кескичтин жардамы менен ар бир миллиметрине жүздөгөн тиликтер жасалат. Мындай прибор

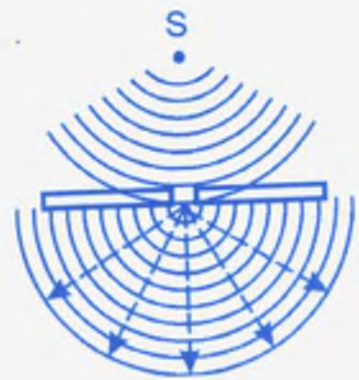
139-сүрөт. Дифракциялык торчо. Дифракциялык торчонун мезгили.

дифракциялык торчо деп аталат (139-*а*, сүрөт). Азыркы эң жакшы дифракциялык торчонун ар бир миллиметрине 1200гө чейин жылчык туура келет. Бир жылчык менен экинчи жылчыктын аралыгы ($d=a+b$) **дифракциялык торчонун мезгили** деп аталат (139-*б*, сүрөт).

Дифракциялык торчонун кандайдыр жылчыгынан жарык толкунунун өтүшүн карайлы (140-сүрөт). Элестетүү оңой болсун үчүн ал жылчыктын (в) кеңдигин чоң кылып алалы. Жылчыкка туш келген жарыктын толкун фронту *се* тегиздиги болот. Ал тегиздиктин ар бир чекитин экинчи толкун булагы деп карап, кийинки кандайдыр убакыт моменти үчүн c_1e_1 толкун фронтун алабыз. Анын эки чети ийилген болот. c_1e_1 толкун фронту аркылуу, жогорку ой жүгүртүүлөрдү кайталап, кийинки убакыт моменти үчүн c_2e_2 толкун фронтун табууга болот. Анын эки чети андан да көбүрөөк ийилген болот.



140-сүрөт. Дифракциялык торчонун кандайдыр жылчыгынан (в) өтүү менен (cd) толкун фронтунун кеңейиши (б – чоңойтулуп көрсөтүлгөн учуру.



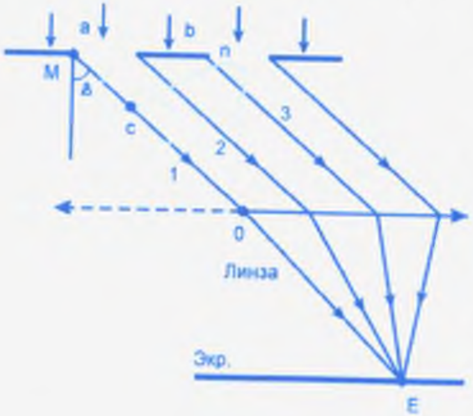
141-сүрөт. Көзөнөкчөдөн өткөн толкундун ийилип таралышы.

Эгерде 141-сүрөттөгү толкун фронтторун толкундардын таралуу багыт-

142-сүрөт. Дифракциялык торчонун жылчыктарынан өткөн нурдун багытынын өзгөрүшү менен өзара катталышы.

тары, б. а. нурлар менен көрсөтсөк (141-сүрөт), толкундардын жылчыктан ийилип өтүү багытын жакшы байкай алабыз. Ошентип, жарык толкундары дифракциялык торчонун жылчыктарынан өтүп, өзүнүн таралуу багытын өзгөртөт же ийилип өтүүгө аргасыз болушат. Дифракция кубулушу байкалат. Катар жайгашкан бир нече жылчыктан өткөн жарык толкундары бири бирине катталышканын 142-сүрөттөн элестетүүгө болот. Мындай катталыштар, ар бир жылчык когеренттүү толкун булактарынын ролун аткаргандыктан, интерференция кубулушунун пайда болушуна алып келет.

Дифракциялык торчонун жылчыктарынан өткөн жарык толкундары дифракцияланып, кандайча дифракциялык сүрөттөлүштөрдү пайда кылаарын карап көрөлү. Дифракциялык торчонун мезгили d болсун дейли. Торчого тик багыт менен монохроматтык жарык түшкөн болсун деп эсептейли. Жылчыктан өтүү менен нурлар өз багытын өзгөртөт. Биз вертикаль багыт менен φ бурчун түзүп таралган толкундарды карайлы (143-сүрөт). Алардын ичинен 1- жана 3- нурларды бөлүп алалы. φ бурчу менен таралган бардык нурлар чогултуучу линза аркылуу өтүп, экрандын кандайдыр бир чекитине (E) топтолгондой кылалы. 1-жана 3-нурлардын бул чекитке чейин жүрүү аралыктары бири биринен MC аралыгына айырмаланат. MC аралыгына кандай толкун узундугу туура ке-



143-сүрөт. Дифракциялык торчодон кандайдыр φ бурчу менен нурлардын катталышы менен интерференциялык шарттын аткарылышы.

лерине жараша E чекитинде жарык толкундары бири бирин күчөтөт же начарлатат. Эгерде MC аралыгына бүтүн толкун узундуктары (1, 2, 3....) туура келсе, ал толкундар E чекитинде бирдей фазада кездешип, бири бирин күчөтөт. Эгер MC аралыгына (0,5; 1,5; 2,5.....) толкун узундуктары туура келсе, анда ал толкундар E чекитинде карама-каршы фазада кездешип, бири-бирин начарлатат. Эгер φ бурчу боюнча бардык жылчыктардан өткөн толкундарды карасак, алардын айрымдары бири-бирин күчөтсө, айрымдары бири-бирин начарлатып (өчүрүп) ак-кара тилкелерди – дифракциялык сүрөттөлүштү пайда кылат. 144-сүрөттө **монохроматтык кызыл жарык** торчодон өткөндөн кийин экранда байкалган спектрлери көрсөтүлгөн. Анын ортосунда кыйла күчтүү кызыл спектр жайгашып, эки четинде улам жарыгы начарлаган спектрлер орун алган. Алар кыйшаюу бурчунун чоңоюшу менен байланыштуу болот.

Эгер дифракциялык торчодон ак жарык өтсө, экрандын ортосунда ак жарык орун алып анын эки жагында негизги түстөрдү улам кайталаган спектрлер жайгашат (145-сүрөт).

* 143-сүрөттө 1–3 толкундардын жүрүү аралыгы MC торчонун мезгили d менен MNC үч бурчтугу боюнча $MC = d\sin\varphi$

144-сүрөт. Монохроматтык толкундун (кызыл жарык) дифракциялык торчодон өтүшүндө алынган спектрлер.

145-сүрөт. Дифракциялык торчодон өткөн ак жарыктан алынган спектрлер.

аркылуу байланышат. Аны толкун узундугу менен туюндуруп ($MC = k\lambda$)

$$d \sin\varphi = k\lambda \quad (1)$$

деп жазууга болот. Эгер $k = 1,2,3...$ болсо, толкундар бул багыт боюнча бири-бирин күчөтөт, ал эми $k = 0,5; 1,5; 2,5......$ болсо, тескерисинче, бири бирин начарлатат. (1) шартын пайдаланып дифракциялык торчонун жардамы менен жарыктын толкун узундугун аныктап алууга болот.

? 1. Дифракциялык торчо деп эмнени айтабыз?
2. 140-сүрөттө дифракциялык торчонун жылчыгынан өтүү менен толкун фронту кандайча өзгөрөрүн баяндап бергиле.
3. 142-сүрөттүн маңызын түшүндүрүп бергиле.
4. Дифракциялык торчодон өткөн толкундардын кандайдыр багыт боюнча бири бирин күчөтүшү же начарлатышы эмнеге көзкаранды?

ЖАРЫКТЫН ДИСПЕРСИЯСЫ

Байыркы сырдуу кубулуштардын бири

Байыркы заманда жашаган адамдар үчүн жаан-чачын күндөрү пайда болгон Асан-Үсөн сырдуу кубулуштардын бири болуп, кандайдыр жышаан катары бааланып, сыйынууга алып келген. Күндүн жана Айдын короолонушу, б. а. алардын айланасында түстүү шакекчелердин пайда болушу да жамандыктын бир белгиси катары элди тынчсыздандырган. Калың күзгүнүн жантайыңкы кырларында да, асма аземчыракка илинген хрусталь сөйкөчөлөрүнүн кырында да кызгылт-жашыл түстөр пайда болорун көпчүлүгүбүз байкаган болсок керек. Бул кубулуштар Ньютондун оптикадагы негизги эмгектеринин бири болгон **«Дисперсия кубулушу»** ачылгандан кийин гана түшүнүктүү болду. Аталган ачылыш да алдынала күтүлбөгөн көп ачылыштардын бирине кирет (146-сүрөттү карагыла).

§ 42. НЬЮТОН ТАЖРЫЙБАЛАРЫ

Алыскы асман телолорун жакындатып көрсөтүүчү приборлордун бири телескоп экендиги белгилүү. Ньютон телескопто байкалуучу сүрөттөлүштөрдү жакшыртуу максатында анда пайдаланылуучу линзалар менен иштеп жатып, четки кырларында жарыктын түстөргө ажырашын байкайт. Анын сырын изилдөө үчүн атайын тажрыйба жасоого киришет. Линзанын кыры калыңдыгы боюнча үч бурчтуу призманы элестетээрин баамдайт. Тажрыйбада жарык булагынан алынган ичке нурду кандайдыр бурч менен призманын бир каптал бетине багыттайт. Нур призмадан өтүү менен эки жолу сынып, призманын негизин көздөй кыйшайып чыгат (146-сүрөт).

146-сүрөт.
Ньютон тажрыйбасы.

147-сүрөт. Ак жарыктын түстөргө ажырашы.

Ак жарык призмадан өтүү менен экранга түшкөн жеринде бир нече түстүү тилкелерге ажырап жайланышып калгандыгы байкалат.

Ошентип, биз көрүүчү кадимки ак жарык бир нече түстөргө же спектрлерге ажырагандыгы аныкталат. Ак жарыктын призмадан кийин **түстөргө ажырашы дисперсия кубулушу** деп аталат.

Ак жарыктын жети түскө ажырашы кийин көп тажрыйбада текшерилип, ал законченемдүү кубулуш экендиги ырасталган. Түстөр экранда үстүнөн астын көздөй катары менен кызыл, кызгылт-сары, сары, жашыл, көгүш, көк, кызгылт-көк болуп жайланышат (147-сүрөт). Биздин көзүбүз Күндөн келген ак жарыкты жети түстөн турган татаал жарык катары кабыл алат. Ажыраган түстөр кайра бириксе ак жарыкты пайда кылат.

Ар бир түс өзүнчө бөлүнүп алынып, призмадан экинчи жолу өткөрүлсө, ал да түстөргө ажырап жүрбөсүн деген божомол да пайда болгон. Бирок ар бир түс өз алдынча андай ажыроолорго дуушар болбой тургандыгы ырасталган.

? 1. Эл арасында Асан-Үсөн жөнүндө кандай уламыштар бар?
2. Ак жарык призмадан өтүү менен кандай түстөргө ажырайт? Аларды ирети менен атап бергиле.
3. Дисперсия деп кандай кубулушту айтабыз?

§ 43. ТҮСТӨР ЖАНА АЛАРДЫН ТОЛКУН УЗУНДУКТАРЫ

Түстөрдүн белгилүү удаалаштыкта спектрге ажырашы, б. а. призмадан кандайдыр сынуу бурчу менен чыгышы эки баалуу кортундуга алып келген.

Биринчиси: *ар бир түс белгилүү толкун узундугу менен мүнөздөлөт.* Бир түскө тиешелүү болгон мындай толкундар, б. а. бирдей толкун узундуктарына ээ болгон толкундар, биз

жогоруда сөз кылган монохроматтык толкундар деп аталат. Толкун узундуктары кызыл нурдан кызгылт-көк нурду көздөй кичирейип, ал эми жыштыктары тескерисинче, чоңоюп отурат. Болжол менен түстөрдүн толкун узудуктары төмөнкү интервалда жатат:

Кызыл	– 700 *нм.*
Кызгылт-сары	– 630 *нм.*
Сары	– 590 *нм.*
Жашыл	– 520 *нм.*
Көгүш	– 480 *нм.*
Көк	– 440 *нм.*
Кызгылт-көк	– 420 *нм.*

Экинчиси: *бир эле зат үчүн призманын сынуу көрсөткүчү толкун узундугуна көзкаранды экендигин бекемдейт.* Толкун узундугу кичирейген сайын призманын сынуу көрсөткүчү чоңоёт. Кыска толкундуу нурлар призманын негизин көздөй көбүрөөк сынуу менен өтүшөт (146-сүрөттү карагыла).

? 1. Негизги түстөр толкун узундуктары боюнча кандай жайланышат?
2. Бир эле түстү кайра призмадан өткөрүү менен дагы түстөргө ажыратууга болобу?
3. Эмне үчүн светофордо кызыл, сары жана жашыл түстөр пайдаланылат?

§ 44. ТҮСТӨР БИЗДИН ТУРМУШУБУЗДА

Түстөр бизди курчап турган айлана-чөйрөнүн коoздугун пайда кылат. Күн көтөрүлүп калганда асман бизге көгүш болуп, көрүнсө, жайдын күнү жер бети жашыл түскө боёлуп, өзгөчө коoздукту тартуулайт. Ак карлуу Алатообуз аларга кошумча көрк берип турат.

Жаан-чачын күндөрү булут арасынан чыккан жарык нурлары жантайып тийген кайсы бир жерде жаа болуп ийилген түстөрдүн ажыралышын, б. а. Асан-Үсөндүн пайда болушун көрөбүз. Ошондой эле кубулушту ачык күндөрү фонтандан чачыраган тамчылардан да байкоого болот. Алар жарыктын дисперсиясы менен байланыштуу экендиги күмөн туудурбайт.

КВАНТ ФИЗИКАСЫ АТОМ ФИЗИКАСЫНЫН НЕГИЗДЕРИ

§ 45. КВАНТ ФИЗИКАСЫНЫН КАЛЫПТАНЫШЫ

Жарык электр-магниттик толкун экендигин жана анын толкундук касиети бир катар кубулуштар, атап айтканда, дисперсия, дифракция, интерференция ж. у. с. кубулуштар менен ырастала тургандыгын карап кеттик. Биздин көзүбүзгө жарык болуп сезилүүчү электр-магниттик толкундардын узундуктары болжол менен 380ден 770 *нм*ге чейинки интервалда жатат. Толкун узундугу 380 *нм*ден төмөн толкундар ультракызгылт-көк, ал эми 770 *нм*ден жогорулар инфракызыл нурлар деп аталат.

Ар кандай жылуу нерселер да өзүнөн көзгө көрүнбөгөн нурларды чыгараарын белгилеп кеткенбиз. Ага мештен чыккан жылуулук табын мисал кылганбыз. **Инфракызыл** нурланууга кирген мындай нурланиулар да жаратылышы боюнча электр-магниттик толкундарга кирет. Алар нерсени түзгөн бөлүкчөлөрдүн жылуулук кыймылдарынан пайда болот. Нерселер кызарып ысып чыгуу менен, биздин көзүбүзгө көрүнүүчү толкун узундуктарын чыгара баштайт.

Немец окумуштуусу Макс Планк нерселердин жылуулук нурдануусун изилдеп, нурлануу менен алар энергиясын жогото тургандыгын жана анын натыйжасында температурасы да төмөндөй тургандыгын аныктаган. Максвеллдин электр-магниттик толкун теориясына таянганда нурлануу менен нерселер энергиясын жоготуп, абсолюттук нөлгө чейин муздоого тийиш эле. Бирок практикада биз аны байкабайбыз. Нерселер нурлануу менен кандайдыр температурага, б. а. айлана-чөйрөнүн температурасына чейин теңелип токтойт. Мындай айырмачылыкты түшүндүрүү үчүн Планк нурлануу бөлүк-бөлүк, б. а. үлүш түрүндө коштолорун сунуш кылган. Ар бир үлүштү «квант» (же фотон) деп атап, ага

$$\boxed{E = h\nu} \qquad (3)$$

энергиясы туура келээрин аныктаган, мында ν – нурлануучу толкундун жыштыгы, h – Планк турактуулугу ($h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ *Дж·с*) деп аталат. Формулада нурлануу жыштыгы канча чоң болсо, квант (фотондун) энергиясы ошончо чоң болоору көрүнүп турат. Ал эми нурлануу жыштыгы жогоруда температура менен байланыштуу болоору айтылган.

Ошентип, Макс Планк бардык электр-магниттик толкундар, анын ичинде, жарык толкундары да, толкундук касиети менен бирге **бөлүкчө – кванттык (фотондук) түзүлүштө** болоорун ырастаган. Мындан электр-магниттик толкундар эбегейсиз чоң сандагы фотондордон куралат деген жыйынтык келип чыккан.

Планктын нурланууга болгон кванттык көзкарашы физиканын жаңы бөлүмүнүн, б. а. квант физикасынын калыптанышына башталыш болду. Ал өз учурунда И. Ньютон жактаган жарыктын корпускулалык (бөлүкчө) түзүлүшүн бекемдеди. Нурлануунун кванттык көзкарашын Эйнштейн, Бор, Гейзенберг, Дирак, Шрёдингер, Паули сыяктуу залкар окумуштуулар улантып, өз эмгектери менен квант физикасынын түптөлүшүн биротоло бекемдешкен.

Квант физикасынын пайда болушу микродүйнөдөгү (атом, молекула, алардын бөлүктөрү) закончнемдүүлүктөр бизге тааныш Ньютондун закондору менен калыптанган классикалык физикага баш ийбей тургандыгын көрсөттү.

? 1. Нурлануунун «квант» түшүнүгүн ким киргизген?
2. Фотондун энергиясы кандай формула менен аныкталат жана эмнеге көзкаранды?
3. Классикалык физика кайсы закондорго таянат?

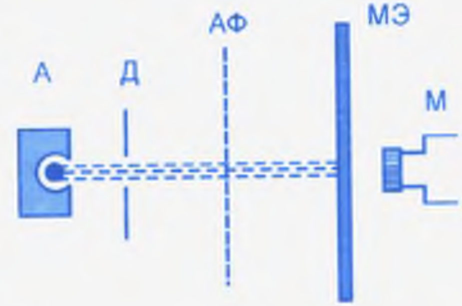
§ 46. РЕЗЕРФОРД ТАЖРЫЙБАЛАРЫ. АТОМ МОДЕЛИ

Атом менен молекулалардын түзүлүшү жөнүндөгү алгачкы маалыматтар VIII класстын физика окуу китебинин башталышында берилген. Атом (оң заряддуу) ядродон жана анын айланасында айланып жүрүүчү (терс заряддуу) электрондордон турары айтылган. Атомдордун оң жана терс заряддары өзара барабар болуп, атом электрдик нейтралдуу болору жөнүндө сөз кылганбыз. Атомдук массасы 10^{-25}–10^{-27} *кг* чегинде жатып, өлчөмү 10^{-8} *см*ге жетээрин белгилеп кеткенбиз. Бирок атомдун мындай элестетилиши (б. а. модели) кандайча алынган, атомдордун нурлануусу кандайча ишке ашат ж. у. с. бир катар суроолорго жооп берилбей калган.

Адегенде атомдун бизге тааныш модели кандай тажрыйбалардын негизинде алынганын карап кетели. Атомдун түзүлүшү жөнүндөгү алгачкы изилдөөлөрдү англиялык окумуштуу Резерфорд жүргүзгөн.

Резерфорд тажрыйбасынын схемалык көрүнүшү 148-сүрөттө берилген. Тажрыйбада өзүнөн α-бөлүкчөсүн бөлүп чыгаруучу **радиоактивдүү зат** (биз ал жөнүндө § 67та сөз кылабыз) кичине көзөнөгү бар коргошун кутуга (*А*) салынып коюлган. α-бөлүкчөсү эки элементардык оң зарядга жана төрт бирдик атомдук массага ээ болгон бөлүкчө. Ал эки электронунан ажыраган гелий атомунун ядросун элестетет. α-бөлүкчөсүнүн ылдамдыгы $2\cdot10^7$ *м/с* га жетип, чоң кинетикалык энергияга ээ болот. Көзөнөктөн чыккан α-бөлүкчөсү диафрагма деп аталган экинчи бир көзөнөкчөдөн өтүп, ичке сап болуп, дээрлик жарыш кыймылда болушат (148-сүрөт). α-бөлүкчөсүнүн шооласы өзүнөн жарык чыгаруучу люминесценциялык экранга (ЛЭ) түшүп, жарык такты пайда кылат. Аны экрандын артына жайгаштырылган атайын (*М*) микроскоп менен көрөбүз.

Диафрагма менен экрандын ортосуна калыңдыгы 10^{-4} *см* чамасындагы алтын фольгасы (АФ) жайгаштырылган. Эсептөөлөр мындай калыңдыктагы алтын фольгасынын эни боюнча удаалаш 3000ге жакын атом жайгаша тургандыгын көрсөткөн. Көпчүлүк α-бөлүкчөлөр алтын фольгасы аркылуу багытын дээрлик өзгөртпөй мурдагы тактын өзүнө барып түшүшөт. Микроскопту экран боюнча тактын айланасында жылдыруу менен жаркыроо да байкалган. Бул жаркыроодон айрым бөлүкчөлөр өз багытын кескин өзгөртүп, 90^0тан чоң бурчка кыйшайгандыгы да аныкталган (149-сүрөт).



148-сүрөт. Резерфорддун нурлары менен болгон тажрыйбасынын схемасы.

149-сүрөт. α-бөлүкчөсүнүн алтын фольгасынан өтүүдөгү траекториялары.

Көпчүлүк α-бөлүкчөлөрүнүн өз багыттарын өзгөртпөй түз өтүп кетишин аларга фольгадагы атомдордун өзара жайланышы тоскоол боло алган эмес деп түшүндүрүүгө болот. Багытын кескин өзгөрткөн α-бөлүкчөлөрү болжол менен 2000ден бирөө эле болгон. α-бөлүкчөсү оң заряддуу бөлүкчө болгондуктан, анын багытынын кескин өзгөрүшү массасы ага салыштырмалуу чоң жана заряды оң болгон бөлүкчө менен кагылышуудан гана орун алышы мүмкүн эле. Терс заряддуу жана массасы 8000 эсе кичине электрондордон α-бөлүкчөсү өз багытын мындай кескин өзгөртүүгө аргасыз болмок эмес.

Ошентип α-бөлүкчөсүнүн алтын фольгасынын атомдору менен өзара аракеттешүүлөрүнөн Резерфорд төмөнкүдөй тыянак чыгарган.

1. Атомдун дээрлик бардык массасы жана заряды, анын эң кичине аймагына топтолгон. Ал атом ядросу («өзөгү»)

150-сүрөт. Атомдун Резерфорд киргизген планеталык модели.

деп аталат. Ядро оң заряддуу жана өлчөмү 10^{-12}–10^{-13} *смди* түзөт.

2. Атомдун өлчөмү 10^{-8} *см* болгондуктан, ядронун өлчөмү анын 100 минден бир бөлүгүн гана түзөт. Мындан электрондор ядрого жабышкан абалда эмес, андан кандайдыр аралыкта айлана боюнча айлануу кыймылында болот деп элестетүүгө туура келет.

Оң заряддуу ядронун айланасында терс заряддуу электрондор айлана боюнча кыймылдаган учурда гана атом нейтралдуу болуп жашай алат (150-сүрөт).

Резерфорд тажрыйбаларынан келип чыккан тыянактар боюнча атом өзү түзүлүшү жагынан Күн системасын элестеткен татаал бөлүкчө экендиги байкалган. Дээрлик бардык массасы борборуна топтолгон атом ядросу Күндү элестетсе, анын айланасында айланып жүрүүчү электрондор планеталарды элестетет деп салыштырууга болот. Ушундан улам Резерфорд сунуш кылган модель атомдун *планеталык модели* же атомдун *ядролук модели* деп аталып калган.

? 1. Алтын фольгасы боюнча α -бөлүкчөсүнүн өтүшүндө анын чон бурчка кыйшаюусун кантип түшүндүрүүгө болот?
2. Атомдун планеталык модели жөнүндө айтып бергиле?
3. Ядронун айланасында электрондордун салыштырмалуу чоң аралыктарда айланып жүрүшүн кандайча түшүндүрө алабыз?

§ 47. АТОМДУН ПЛАНЕТАЛЫК МОДЕЛИ МЕНЕН БАЙЛАНЫШКАН КЫЙЫНЧЫЛЫКТАР

Резерфорддун изилдөөлөрүнөн келип чыккан атомдун планеталык модели элестетүүгө жөнөкөй болгону менен бир катар суроолорго жооп бере алган эмес. Алардын эң маанилүүсү **атомдордун нурлануусу.**

Электрондор ядронун айланасында айлана боюнча кыймылдоо менен борборго умтулуучу ылдамданууга ээ болоору шексиз. Ылдамдануу менен кыймылда болгон ар кандай заряддуу бөлүкчө өзүнөн электр-магниттик нурланууну чыгарат. Мындай нурлануунун натыйжасында атомдун жалпы энергиясы барган сайын азайып, электрондун ядрого түшүшү менен токтолот. Демек, атом өз жашоосун токтотот. Бул убакыт болжол менен 10^{-8} *с*га созулууга тийиш. Бирок чындыгында ал практикада байкалбайт. Кадимки шартта атомдордун жашоосуна чек жок экендиги белгилүү.

Ядронун айланасында электрондор айлануу кыймылына келген учурунда нурлануу орун алат деп эсептесек, анын толкун узундугу барган сайын азайып, үзгүлтүксүз кичирейүүгө тийиш. Мындай шартта **ар бир атомдун өздүк нурлануусуна мүнөздүү спектрлердин пайда болушун** да түшүндүрүүгө мүмкүн эмес.

Ошентип, атомдун планеталык моделине классикалык физиканын негизинде анын нурлануусун, спектрлердин пайда болушун, ал гана турсун атомдун өз жашоосун да түшүндүрө албайбыз. Демек, ал атом менен байланышкан бардык кубулуштар башка законченемдүүлүккө баш ийүүгө тийиш деген ойго түрткү берет. Аны чечкен окумуштуулардын бири Нильс Бор болгон.

§ 48. БОР ПОСТУЛАТТАРЫ. АТОМДУН НУРЛАНЫШЫ

Бор атомдун түзүлүшүнө өзүнүн жаңы идеяларын постулаттар түрүндө киргизген. Постулаттар – өтө терең ой жүгүртүүнүн негизинде формулировкаланган жоболор:

I. Атомдордо электрондор, өзгөчө, стационардык (кванттык) абалдарда гана болушу мүмкүн. Бул абалдардын ар бирине белгилүү энергия туура келет. Стационардык абалда атом нурланбайт.

II. Атом бир стационардык абалдан экинчисине өтүүдө электр-магниттик энергиянын квантын жутат же чыгарат.

Резерфорддун моделинде электрондор кандай **орбиталар** боюнча кыймылда болушуна чек коюлбайт. Алар удаалаш ар кандай **орбиталарда** кыймылдай алат деп эсептелинет. Бордун биринчи постулаты боюнча электрондор ядронун айланасында **белгилүү орбиталар** боюнча гана кыймылда боло алы-

Нильс Бор
(1885–1962)

Даниялык улуу физик. Атомдун кванттык теориясын биринчи түзгөн. Квант механикасынын пайдубалын түптөгөн окумуштуулардын бири. Ал атом ядросунун теориясына ядродон бошотулуп алынуучу энергияны изилдөөдө чоң салым кошкон.

шат. Бул орбиталардын ар биринде атом белгилүү энергияга ээ болот. Аны атом энергиянын **дискреттик** маанилерине ээ болот деп айтабыз.

Атом сырттан белгилүү чондуктагы энергияны алуу менен, б. а. жутуу менен, ал энергиянын чоңдугуна жараша жогорку энергиялык деңгээлге өтөт. Бул электрон мүмкүн болгон жогорку орбиталардын бирине өтөт дегенди түшүндүрөт. Атом дүүлүккөн абалга келет. Атом бул абалында көпкө тура албайт. Атомдун дүүлүккөн абалдарына белгилүү энергия туура келгендиктен, аларды элестетүү үчүн чиймеде атайын горизонталь сызыкчалар менен белгилөө кабыл алынган. Эң төмөнкү сызык негизги абал, же атом туруктуу жашаган стационардык абал деп аталат. Андан жогорку сызыктар электрондор көпкө кармала албаган стационардык абалдар болушат. Электрондордун стационардык орбиталарын же энергия деңгээлдерин n тамгасы менен белгилейбиз. n – башкы кванттык сан деп аталып, 1,2,3... бүтүн сандары менен белгиленет. $n = 1$ болгондо, атом төмөнкү (же негизги) энергетикалык абалга ээ болуп, электрон мүмкүн болгон эң төмөнкү орбита боюнча туруктуу айлануу кыймылында болот.

Атомдун дүүлүккөн абалы болжол менен 10^{-8} *с*га созулат. Дүүлүккөн абалдан электрон төмөнкү абалдардын бирине өтүү менен ал энергия деңгээлдердин айырмасына жараша квант энергиясын бөлүп чыгарат. Атомдун жогорку энергия деңгээлин көбүнчө m тамгасы менен белгилейбиз. Анда бөлүнүп чыккан квант энергиясы

$$E_m - E_n = h\nu \quad (4)$$

менен аныкталат, мында m=2,3,4... сандары. Нурдануучу фотондун жыштыгы (ν), (4) формула боюнча фотондун энергиясы, атомдун энергия деңгээлдеринин айырмасы менен гана

а)　　б)

151-сүрөт. Атомдун энергетикалык дискреттүү деңгээлдери. Суутек атомундагы энергетикалык өтүүлөрдө Бальмер сериясынын пайда болушу.

аныкталат. Бул Резерфорд модели боюнча эмне үчүн үзгүлтүксүз жыштыктагы нурлануунун болбой тургандыгын түшүндүрөт. 151-сүрөттө атомдун ар бир энергия деңгээлдерине туура келүүчү сызыктар көрсөтүлгөн.

Бордун постулаттары, б. а. атомдордун энергияны бөлүк-бөлүк менен жутушу же нурлантышы Планк киргизген жарыктын кванттык жаратылышын толугу менен ырастайт. Ошону менен бирге ал нурлануу спектрлерин түшүндүрөт. Биз аны суутек атомунун мисалында карап чыгабыз.

? 1. Энергия деңгээлдери жөнүндө айтып бергиле.
2. Бордун I жана II постулаттарын түшүндүргүлө.
3. Нурлануу жыштыгы эмнеге көзкаранды?

§ 49. СУУТЕК АТОМУНУН СПЕКТРИ

Суутек атому өз түзүлүшү боюнча химиялык элементтердин эң жөнөкөйү. Анын ядросунда болгону оң заряддуу бир протон жана анын айланасында айланып жүрүүчү терс заряддуу бир электрон бар. Электрондун массасы протондун массасына салыштырмалуу 1836 эсе кичине. Ошондуктан электрондун орбита боюнча айланышында протон (демек, ядро) өз ордунан козголбой кала берет деп эсептөөгө болот. Бирок алар чогуусу менен бүтүндөй бир нерсе катары жылуулук кыймылында боло беришет. Сырткы электрондук кат-

марында бир электрону болгон атомдор же иондор өзүн бир нече касиеттери боюнча суутек атому сыяктуу алып жүрүшөт. Ошондуктан мындай атомдорду жалпысынан суутекке окшош атомдор деп атайбыз. Бир электронунан ажыраган гелий атомунун оң иону, литий атому ж. у. с. суутек атомуна окшош атомдор болушат.

Суутек же суутек атомуна окшош атомдорго Бордун теориясын колдонуп, алардын спектрлеринин пайда болушун карап көрөлү. **Спектр «элес» деген сөздүн маанисин түшүндүрөт.** Бирок бул жерде аны **жарык толкун узундуктарынын ар кандай топтошкон маанилери, б. а. түстөргө бөлүнүшү деп түшүнөбүз.** Суутек атому электрондор же атомдор менен кагылышуудан, же фотонду өзүнө жутуу менен кыйла жогорку энергиялык деңгээлге өттү деп эсептейли. Жутулган энергиянын чоңдугуна жараша суутек атомунун электрону мүмкүн болгон жогорку орбиталардын бирине которулат. Атомдун жалпы энергиясы чоңоёт. Электрон которулган атомдун энергиялык деңгээлдери 151-сүрөттө көрсөтүлгөн. Чындыгында айланага окшош болбосо да, болжол менен айлана деп алынган бул орбиталардын радиустары n^2 ка пропорциялаш катышта, б. а. 1,4,9,16... болуп чоңоюп отурат. Электрондордун бул орбиталардын бирине өтүшү жогоруда белгиленип кеткендей атомду дүүлүккөн абалга келтирет. Атом дүүлүккөн абалдан кыска убакыт ичинде, электрондун төмөнкү орбиталардын бирине өтүшү менен, энергиялык деңгээлдердин айырмасына жараша $h\nu$ –квант энергиясын бөлүп чыгарат.

Электрон жогорку деңгээлден эң төмөнкү ($n = 1$, б.а. негизги) деңгээлге өтүү менен көзгө көрүнбөгөн ультракызгылт-көк нурларды чыгарат. Эгер ушундай өтүүлөр жогорку деңгээлдер менен экинчи ($n = 2$) деңгээлдин ортосунда болсо, б. а. нурлануу экинчи деңгээлге 3,4,5 жана 6 деңгээлдерден өтүү менен пайда болсо, анда көзгө көрүнүүчү нурлануулар (сызыктар же спектрлер) пайда болот. Пайда болгон спектрлерди $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma$ жана H_δ деп белгилейбиз. Алардын жыштыктарын Я. Бальмер тапкан

$$\nu = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right) \quad 5)$$

формуласына баш ийет, мында R – Ридберг турактуулугу деп аталат. Биз карап жаткан учурда $m = 3,4,5,6$ болгон башкы кванттык сандары. Аталган спектралдык сызыктар Бальмер сериясын түзөт.

* Сырткы электрондун катмарында 2 же андан көп электрондору болгон атомдор үчүн Бор постулаттары спектр сызыктарынын пайда болушунун жалпы законченемдүүлүгүн гана көрсөтө алат. Мындай атомдордон алынган спектрлер өтө татаал болуп, аларды бири-биринен ажыратып талдоо дээрлик мүмкүн эмес. Ошондой болсо да алынган спектрлер боюнча ал спектрлерди берген атомдун түзүлүшү жөнүндө көп физикалык маалыматтарды алууга болот. Алынган атомдордун спектрлерин алардын өздүк күбөлүктөрү катары кароого болот. Башкача айтканда ар кайсы элементтердин атомдорунун пайда кылган спектрлери алардын өзүнө гана таандык болот.

Жалпысынан электрондор белгилүү орбиталар боюнча кыймылдайт деп айтабыз. Бул жөнөкөйлөштүрүлгөн түшүнүк. Чындыгында ар бир орбита бири-бирине өтө жакын жайланышкан катмарлар болушат да энергиялык жакын деңгээлдерди ээлешет. Бул абалдардын бири-бирине өтө жакындыгы гана электрондорду бир орбита боюнча кыймылдайт деп айтууга мүмкүндүк берет. Демек, мындай электрондук өтүүлөрдө алардын спектрдик сызыктары да бири-биринен ажыратып алууга мүмкүн болбогон жыш сызыктардан турат.

§ 50. ЭЛЕМЕНТТЕРДИН Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ ТҮЗГӨН МЕЗГИЛДИК СИСТЕМАСЫ ЖАНА АТОМДОРДУН ТҮЗҮЛҮШҮ

Д.И. Менделеев өзүнүн элементтердин мезгилдик таблицасын түзүүдө химиялык элементтерди салыштырмалуу атомдук массалары, тагыраак айтканда, атомдук бирдик массалары боюнча жайгаштырган. Атомдук бирдик масса жана салыштырма атомдук бирдик массалар жөнүндө VIII класста сөз кылганбыз (§4). Менделеев атомдордун салыштырма массаларынын кандайча өзгөрүшүнө таянып, табыла элек элементтердин салыштырма атомдук бирдик массаларын келтирип, алардын ордун таблицада бош калтыруу менен ай-

рым химиялык касиеттерин алдынала көрсөткөн. Аларга кийинчерээк ачылган гелий, германий, скандий сыяктуу химиялык элементтер кирет. Бирок электрондор атомдордо кандайча жайланышары жөнүндө сөз болгон эмес. Атомдордогу электрондордун жайланышы элементтердин таблицадагы мезгил жана группалары боюнча бөлүнүштөрүн бекемдей тургандыгы келип чыкты.

Орбиталарда жайланышкан электрондордун саны $2n^2$ туюнтмасына баш ийет. Мында n – башкы кванттык сан. $n = 1$ болгондо $2n^2 = 2$ болуп, биринчи орбитада эки гана электрон жайгаша алат, $n = 2$ болгондо $2n^2 = 8$, $n = 3$ болгондо $2n^2 = 18$ болуп, экинчи жана үчүнчү орбиталарда 8 жана 18 электрон жайгашкан болот.

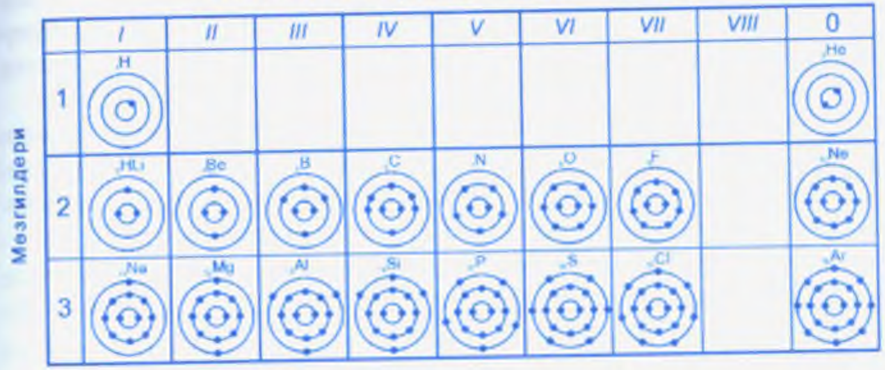
Ядродогу протондордун санына жараша атомдордогу электрондордун саны ар башка болоору белгилүү. Элементтердин таблицада жайгашкан катар номерлери алардын атомдорундагы электрондордун, демек, протондордун саны менен дал келээри аныкталды. Суутек атому 1 электрон, гелий атому 2 электрон жана литий атому 3 электронго ээ болушуп, алар таблицада тиешелүү 1-,2-,3- орундарды ээлешет. Натрий (Na) атому өзүнүн 11 электрону менен 11-орунда, ал эми хлор (Cl) атому 17 электрону менен 17-орунда турушат.

Элементтердин группага бөлүнүшү алардын атомдорунун сырткы орбиталарында жайланышкан электрондордун саны менен туура келет. Биринчи орбитасында 1-электрону болгон суутек, биринчи орбитасы толуп, экинчи орбитасында бир электрону болгон литий, ошондой эле 1- жана 2-орбиталары толуп үчүнчү орбитасында бир электрону болгон натрий ж. у. с. биринчи группаны түзүшөт. Ал эми сырткы орбитасында 5 электрону болгон азот (N), фосфор (P) ж. у. с. элементтер 5-группаны түзүшөт.

Элементтердин мезгилге бөлүнүшү атомдордо электрондор канча орбитада жайланышкандыгына байланыштуу болот. 1-орбитасында 1 электрону болгон суутек жана 2 электрону болгон гелий биринчи мезгилге кирет. 1- жана 2-орбиталарында электрон жайгашкан литий (Li), бериллий (Be), бор (B) ж. у. с. элементтер экинчи мезгилге кирет. Электрондордун атомдордогу жайланышы боюнча элементтердин орду, группасы жана мезгилдерге бөлүнүшү төмөндө келтирилген таблицадан ачык көрүнүп турат.

№1 таблица

Элементтердин группалары



Элементтердин Д.И. Менделеев түзгөн мезгилдик системасы.

Таблицада элементтердин группага бөлүнүшү алардын химиялык активдүүлүгү менен мүнөздөлөт. Атомдордун сырткы орбиталарында жайгашкан электрондордун саны толук болбосо, ал атомдор химиялык байланышка оңой кирет. Бул жагынан таблицанын акыркы мамычасында жайгашкан атомдор өзгөчө абалда болушат. Биринчи мезгилден орун алган гелий (He) атомунун, экинчи мезгилден орун алган неон (Ne) атомунун жана үчүнчү мезгилден орун алган аргон (Ar) атомунун ж. у. с. электрондору орбиталар боюнча толук жайланышып, химиялык байланышка кирбеген элементтер болушат. Аларды *инерттик элементтер* (газдар) деп атайбыз.

Ошентип, атомдордун электрондук түзүлүшү Менделеев түзгөн элементтердин мезгилдик таблицасы менен түздөнтүз дал келип, таблицанын физикалык терең маңызы бар экендигин көрсөтөт.

? 1. Электрондордун орбита боюнча жайланышын айтып бергиле.
2. Менделеевдин таблицасында элементтердин жайланышы физикалык жактан кандайча бекемделет?

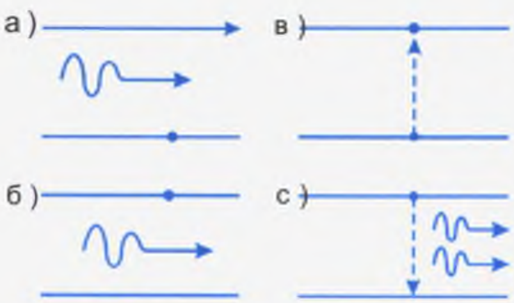
§ 51. ЛАЗЕР НУРУ

XX кылымдын 60-жылдары илим менен техниканын зор жетишкендиктеринин жылы болду. Ал, азыр биздин көпчүлүгүбүзгө белгилүү болгон, лазер нурларынын ачылышы жана колдонулушу болучу.

Лазер сөзү англис тилинен кыргызчага которгондо «аргасыз нурлануунун жардамы менен жарыкты күчөтүү» деген сөздөрдүн баш тамгаларынан куралган. Аны *оптикалык кванттык генератор* – ОКГ деп да атайбыз.

Бор постулатына ылайык атом өзүнүн негизги энергетикалык (стационардык) абалында канча болсо да жашай берерин билебиз. Атом фотонду, б. а. квант энергиясын ($h\nu$) жутуу менен жогорку энергетикалык деңгээлдердин бирине өтүп, дүүлүккөн абалга келет. Кыска убакыт ичинде кайра баштапкы абалга келүү менен, өзүнө жуткан ашыкча энергияны кайра фотон түрүндө бөлүп чыгарат. Нурланган фотондун энергиясы жутулган энергиянын чоңдугуна барабар. Атомдун дүүлүккөн абалдан төмөнкү энергетикалык деңгээлге өтүшү зат аркылуу өтүп бара жаткан эркин фотондун жардамы менен да коштолушу мүмкүн.

152-сүрөттө төмөнкү энергетикалык деңгээлде турган атомдун электрону синусоида түрүндө көрсөтүлгөн фотонду жутуу менен жогорку деңгээлге (б) өткөндүгү көрсөтүлгөн. Электрондун ушул абалында (в) жутулган фотондой болгон экинчи фотон өтүп бара жаткан болсо, ал фотон ошондой эле фотонду чыгаруу менен электрондун баштапкы абалына (с) келишине аргасыз кылат. Бир фотон эки фотон болуп көбөйөт. Андан ары бул процесс көчкү түрүндө көбөйүп, күчөтүлгөн нурлануунун пайда болушуна алып келет. Мындай нурлануунун негизги өзгөчөлүгү – дүүлүктүрүүчү толкун жыштыгы, фазасы ж. у. с. мүнөздөмөлөрү боюнча кандай болсо,



152-сүрөт. Лазер нурунун пайда болушунун схемасы.

пайда болгон аргасыз нурлануу да ошондой эле толкундардан турат. Бул нурлануу аргасыз нурлануу деп аталат.

153-сүрөт. Рубин лазеринин жалпы көрүнүшү.

Алгачкы лазер нуру алынган кристалл рубин (асылташ) болгон. Кристаллды күчтүү жарык нуру менен нурлантканда алардын атомдорунун көпчүлүгү дүүлүккөн абалга келет. Ушундай дүүлүккөн атомдорго алардын төмөнкү энергиялык деңгээлге өтүү менен чыгарган энергиясына барабар болгон фотондор келип түшсө, анда алар өздөрү менен кошо атомдорду нурлантууга аргасыз кылышат. Атомдордун нурлануусу көчкү түрүндө көбөйүп, түшкөн жарык нуру бир нече эсе күчтүү болуп чыгат. Рубин лазери **кызгылт** түстөгү нурларды пайда кылат. Рубин лазеринин схемалык көрүнүшү 153-сүрөттө келтирилген.

Лазер нурлары бир түрдүү толкун узундугундагы **монохроматтык нурлар** болушат. Лазер нуру өтө кууш багытта таралып, чоң энергияга ээ болушат. Лазер нуру металлдарды көзөп өтүүгө же ширетүүгө жөндөмдүү. Азыр лазер нуру колдонулган илимдин жана техниканын тармактарын санап отуруунун өзү эле көп убакытты талап кылат. Ал үчүн илимий изилдөөлөрдө, медицинада, метрологияда ж. у. с. тармактарда колдонулуштарын айтсак эле жетиштүү болоор. Башкарылуучу термоядролук реакция лазер нурун пайдалануу менен гана ишке ашаары да белгилүү болду.

Лазер нуру менен байланыштуу өнүккөн техниканын бир тармагы **голография.** Информацияларды жазып сактоо жана аларды кайра пайдаланууда голографиянын ролу абдан чоң. Голографиялык информация багытында республикабыздын экс-президенти А. А. Акаевдин кошкон салымы өтө чоң.

Кадимки сүрөттөрдү тартып алуу жана аларды изилдөө аркылуу бир катар информацияларды алабыз. Мисалы, космостон спутниктер аркылуу алынган сүрөттөр менен абаларды, Жердеги кенбайлыктарды, өсүмдүктөрдүн абалын,

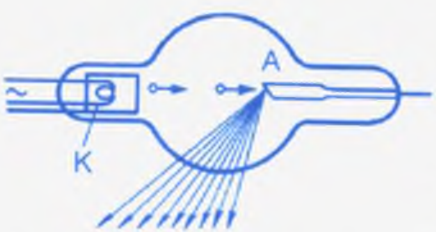
согуштук чалгындоолорду ж. у. с. көп маалыматтарды ала алабыз. Фотография нерселердин тегиздиктеги сүрөттөлүштөрүн гана берип, анын тулку-боюн, б. а. көлөмдүк сүрөттөлүштөрүн көрсөтө албайт. Голографиялык сүрөттөлүштөрдө чыныгы нерселердин өзүнөн айырмачылыгын байкай албайбыз. Андай сүрөттү ар кайсы жагынан карап чыгууга болот. Голографиялык ыкма менен тартылып алынган кинофильмдер, музей экспонаттары ж. у. с. өзүнчө эле ажайып көрүнүштөрдү тартуулайт.

? 1. Лазер нурунун өзгөчөлүктөрүн айтып бергиле.
2. Лазер нурунун колдонулуш мисалдарын келтиргиле.
3. Голография жөнүндө айтып бергиле.

§ 52. РЕНТГЕН НУРУ

Рентген нурун 1895-жылы немец окумуштуусу В. Рентген (1845–1923) ачкан. Жаратылышы белгилүү болгонго чейин алар X-нуру деп аталчу.

Рентген нуру рентген түтүкчөсүндө алынат. Рентген түтүкчөсү ичинен абасы сордурулган айнек баллонунан турат (154-сүрөт). Түтүкчөнүн ичинде спираль түрүндөгү кызытма катод жана анын каршысында кыйгач беттүү анод жайгашат. Катод менен аноддун ортосуна бир нече киловольт чыңалуу берилет. Ток менен кызытылган катоддон (спираль) бөлүнүп чыккан электрондор чоң ылдамдык менен аноддго тартылып барып урунушу менен, б. а. кескин тормоздолушу менен, электрмагниттик нурланууну пайда кылат. Ал **рентген нуру** деп аталат. Рентген нуру ультракызгылт-көк нурларга караганда кыска толкундуу нурлар болушат. Рентген нурунун толкун узундуктары 10^{-8}–10^{-10} *см* интервалында жатат. Тормоздук рентген нуру деп аталган бул нурдун толкун узундугу берилген чыңалууга көзкаранды. Мүмкүн болгон төмөнкү чыңалууларда алынган рентген нуру «жумшак»



154-сүрөт. Рентген түтүкчөсүндө рентген нурунун алынышы.

рентген нуру деп аталат. Медицинада ушундай «жумшак» рентген нуру пайдаланылат. Рентген нуру да фотондук түзүлүштө болот.

Рентген нуру көзгө көрүнбөгөн кыска толкундуу нур болгондуктан, анын кадимки нурлардан көп айырмачылыгы бар. Рентген нуру заттын бөлүкчөлөрүн иондоштурат, фотопластинкага таасир этип, аны карартат. Анча калың эмес жыгач тактайдан жана темир пластинкасынан өтүп кете алат. Тирүү организмдерге зыяндуу таасир этип, клеткалардын бузулушуна алып келет. Ушул себептен денебизди рентген нуру менен көрүү кыска убакытка гана созулат. Жылына мүмкүн болушунча аз көрүнүү сунуш кылынат. Рентген нуру үчүн биздин денебиздин жумшак эти дээрлик тоскоол боло албайт. Бирок ал сөөктөр аркылуу жакшы өтө албагандыктан негативде сөөктөрдүн орду карарып көрүнөт. Мындай сүрөттөр аркылуу сыныктарды же муундардагы жылышууларды байкоого болот.

Рентген нурун кристаллдык катуу нерсенин ички түзүлүштөрүн изилдөөгө колдонуу менен көп баалуу маалыматтарды алууга болот. Мындай изилдөөлөр кристаллдардын ички атомдук түзүлүшүн аныктоо менен алардын бир катар механикалык касиеттерин да билүүгө көмөк берет.

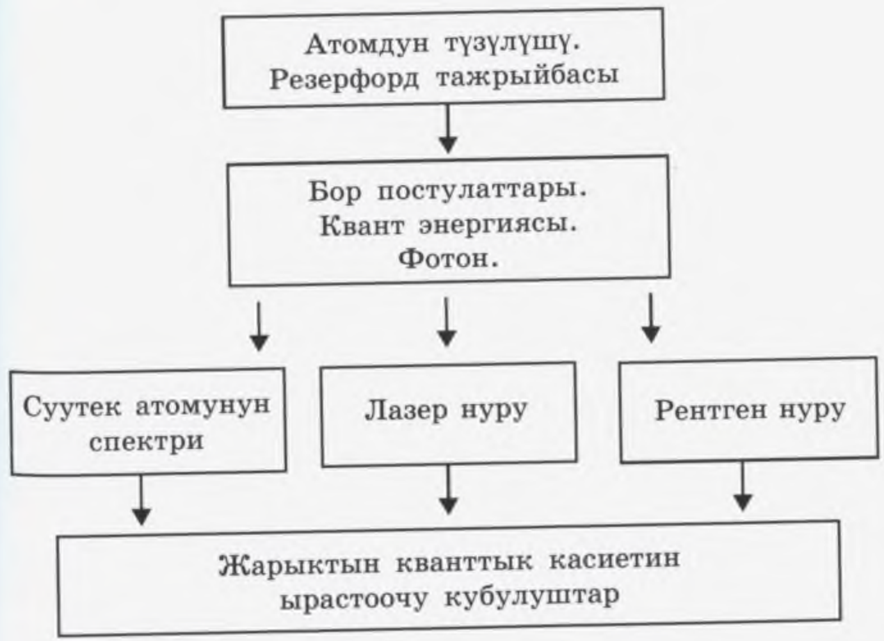
Вилгельм Рентгендин Германиянын Вюрзбург шаарындагы музейинде адепки рентген нуру алынган биринчи түтүкчөсү сакталып турат. Окуу китебинин авторлорунун бири ушул музейде болуп, улуу физиктин ысымына таазим кылуу менен тарыхый мааниси өтө чоң бул түтүкчөнү өз көзү менен көрүп кайтты (фотону карагыла). Анын дагы бир жаргындайы автордун негизги илимий эмгектери рентген нурун колдонуп, катуу заттардын түзүлүшүн изилдөөгө байланышкандыгында эле.

? 1. Рентген нуру качан жана ким тарабынан ачылган?
2. Рентген нуру кандайча алынат?
3. Рентген нурунун кандай өзгөчөлүктөрү бар?

1. Менделеевдин таблицасы боюнча бир нече элементтердин (азот – N, кычкылтек – O жана темир – Fe) салыштырма атомдук массаларын айтып бергиле.
2. Ушул аталган элементтердин бир молунун массасын грамм же килограмм менен туюндургула.
3. Менделеевдин таблицасынын акыркы мамычасында (VIII группада) He – гелий, Ne – неон жана Ar – аргон сыяктуу элементтер жайгашкан. Алардын электрондук катмарларын жана эмне үчүн инерттик атомдор деп аталаарын түшүндүрүп бергиле.
4. ${}_2H^4$, ${}_4Be^9$ жана ${}_8O^{16}$ элементтеринин электрон, протон жана нейтрондорунун санын атап бергиле.
5. Суутек атомунун жогорку бир энергиялык деңгээлинен төмөнкү энергиялык деңгээлине өткөндө бөлүнүп чыккан квант энергиясы $1{,}62 \cdot 10^{-18}$ *Джду* түзгөн. Фотондун жыштыгы эмнеге барабар?
6. 5-маселедеги шарт боюнча фотондордун толкун узундугун аныктагыла.
7. Кристаллдык торчонун түйүндөрү жана алардын ортосундагы аралыктар болжол менен 10^{-8} *смди* түзөт. Эмне үчүн рентген нурлары мындай кристаллдарда дифракция кубулушун пайда кылат?

«Квант физикасы. Атом физикасынын негиздери» главасын ырастоочу кубулуштардын өзара байланышы

Жарыктын фотондук түзүлүшү Планк тарабынан сунуш кылынгандан кийин, анын кандайча пайда болоору жана кайсы кубулуштардан ачык байкалаары негизги маселелерден болуп келген. Резерфорд тажрыйбасында ырасталган атомдун планеталык модели, Бордун ага киргизген кошумча постулаттары, квант энергиясы (фотон бөлүкчөсү) кандайча пайда болоорун түшүндүрүү менен лазер жана рентген нурларынын келип чыгышын көрсөтөт.



ЖАРЫКТЫН АРАКЕТТЕРИ

ЖАРЫКТЫН ЗАТТАР МЕНЕН ӨЗАРА АРАКЕТТЕШҮҮСҮ

Жарык нуру нерселердин бетине келип түшкөндө чагылат, сынат, жутулат жана анын кандайдыр бөлүгү нерседен өтүп кетиши да мүмкүн. Жарык нурунун нерселерде жутулушу ал нерсе менен өзара аракеттешүүдө болгондугун ырастайт. Жутулууда жарыктын энергиясынын бир бөлүгү жылуулукка өтүп, нерсенин бөлүкчөлөрүнүн кыймылын күчөтөт, дагы бир катар кубулуштардын жүрүшүнө себепкер болот. Аларга фотоэффект, жарыктын химиялык аракеттери, жарыктын басымы ж. у. с. көп кубулуштар кирет. Бул кубулуштарды түшүндүрүүдө М. Планк киргизген жарыктын кванттык түзүлүшү гана натыйжалуу жыйынтыктарды бере алат.

§ 53. ФОТОЭЛЕКТРДИК ЭФФЕКТ

Фотоэлектрдик эффект кубулушун байкоонун эң жөнөкөй тажрыйбаларынын бири таза цинк пластинкасы, электроскоп жана электр жаасынан (же сымап лампасынан) алынган жарык менен жүргүзүлөт. Цинк пластинкасын электроскоп менен бириктирип, оң заряд менен заряддайбыз. Электр жаасынын жарыгы менен бул пластинканын бетин нурлантабыз. Нурлануу кыйла узак убакытка созулса да электроскоптун көрсөтүүсү өзгөрбөйт. Эми ошол тажрыйбаны цинк пластинкасын терс заряд менен заряддагандан кийин кайталасак, электроскоп бат эле зарядын жоготуп, разряддалат.

Эгер терс заряддалган цинк пластинкасынын жолуна айнекти коюп, жарык ал айнек аркылуу барып түшкөндөй

кылсак, пластинканын разряддалышы байкалбайт. Айнек жарыктын ультракызгылт-көк нурун өзүнө жутуп, өткөрбөй тургандыгы белгилүү. Мындан пластинканын разряддалышында ультракызгылт-көк нурунун гана мааниси чоң экендигин байкайбыз. Эмне үчүн?

Анын себеби төмөнкүдө. Электр жаасынан пайда болгон жарык толкундарынын ичинен ультракызгылт-көк нурлардын жыштыгы салыштырмалуу чоң, тескерисинче, толкун узундугу кыска. Демек, анын фотондорунун энергиясы да ($E = h\nu$) жыштыкка пропорциялаш чоң болот. Жыштыктары жетишээрлик чоң фотондор гана цинк пластинкасынын терс заряддарынын жоголушуна себеп боло алат деп айтабыз.

Нерселердин, а. а. металлдардын оң же терс заряддалышы, андагы эркин электрондордун кем же ашыкча болушу менен түшүндүрүлөрүн билебиз. Цинк пластинкасынын оң заряддалышы андагы электрондордун жетишпегендиги, б. а. оң иондордун ашыкча болушу менен түшүндүрүлөт. Терс заряддалган цинк пластинкасында, тескерисинче, эркин электрондордун саны ашыкча болот.

Жарыктын түшүшү менен айрым фотондордун энергиясы жылуулукка өтсө, айрым фотондор электрондор менен кагылышуудан аларга чоң энергия берип, металлдын бетинен бошонуп, чыгып кетишине себеп болот (155-сүрөт).

Электрондордун бошонуп чыгып кетишине анын айланасындагы оң иондордун тартуу күчү тоскоолдук кылышат. Бирок, фотондун энергиясы жетишээрлик чоң болсо, алардын каршы аракеттери, электрондордун учуп чыгышына жолтоо боло албайт.

155-сүрөт.
Фотондун электрон менен кагылышуусу.

Электронду металлдын бетине чейин чыгарууда сарп кылынган энергия *чыгаруу жумушу* деп аталат. Ар кандай металлдар үчүн бул чыгаруу жумушунун чондугу ар башка болот. Катуу нерселердин бетине түшкөн жарыктын аракетинен электрондордун бөлүнүп чыгышы

сырткы фотоэлектрдик эффект же фотоэффект кубулушу деп аталат. Фотоэффект кубулушун биринчи жолу немец окумуштуусу Г. Герц байкаган.

Түшкөн жарыктын жыштыгына жараша фотоэффект кубулушу катуу нерселер менен бирге газдарда жана суюктуктарда да байкалышы мүмкүн. Ток булагына туташтырылган эки пластинканын ортосундагы кургак аба токту өткөрбөсүн билебиз. Эгер ширенкенин жалынын киргизсек, жалындын аракети менен абада иондошуу кубулушу жүрүп ток өтө баштайт. Жарыктын аракети менен болгон абадагы же суюктуктардагы кубулуш **фотоиондошуу** деп аталат.

Жарым өткөргүчтөрдөгү фотоэффект (өзгөчө ички) кубулушун изилдөө өтө жемиштүү болуп, анын натыйжасында көп жаңы же өркүндөтүлгөн приборлордун түзүлүшү мүмкүн болду. Алардын катарына жарым өткөргүчтүк теле-радио аппараттарын жана ар түрдүү ченегич приборлорун киргизүүгө болот.

? 1. Фотоэффект кубулушу деп эмнени айтабыз?
2. Фотоэффект кубулушунда нурлантылган нерселер кандай зарядга ээ болуп калышат?
3. Терс заряддалган цинк пластинкасы менен болгон тажрыйбаны айтып бергиле.

§ 54. ФОТОЭЛЕКТРДИК ЭФФЕКТТИН ЗАКОНДОРУ

Жарыктын аракети ал жарыктын курамындагы спектрлердин жыштыктарына жана бетине жарык түшкөн нерселердин затына жараша болот. Фотоэффект кубулушу пайда болушу үчүн түшкөн жарыктын жыштыгы (демек, энергиясы) ар бир заттын тегине жараша **белгилүү чоңдуктан** чоң болууга тийиш. Эгер нерсеге түшкөн жарыктын жыштыгы аталган чектен төмөн болсо, анда түшкөн фотон электронду бошотуп чыгара албайт. Бул учурда фотондун энергиясы чыгаруу жумушунан кичине болот деп айтабыз. Фотондун энергиясы **чыгаруу жумушунан** кем болбогондо гана фотоэффект кубулушу байкалат.

Чыгаруу жумушун кандайча түшүнөбүз? Металлдар белгилүү тартип менен жайланышкан атомдордон турарын билебиз. Бул атомдордун сырткы 1–2 электрондору атомдогу өз орбиталарын таштап, металлдын ичинде эркин кыймылда болушат. Алар **эркин электрондор** деп аталат. Ал эми кристаллдык торчонун түйүндөрүндө жайланышып, өз электрондорунан ажыраган мындай атомдор **оң иондор** болуп калат.

Ошентип, металлдар кристаллдык тордун түйүндөрүндө термелүү кыймылын жасаган оң иондордон жана алардын арасында эркин кыймылда болгон электрондордон турат. Бирок эркин электрондор өз алдынча иондордун аракетинен бошонуп, металлды таштап кете алышпайт. Металл жалпысынан электрдик нейтралдуу абалда кала берет.

Металлдын четки катмарында жайланышкан оң иондордун өзүнө тартуу аракетинен бошонуп чыгып кетиши үчүн, аларга кошумча энергия, демек, жумуш аткарылышы керек. Ал жумуш **чыгаруу жумушу** деп аталат. Чыгаруу жумушу көбүнчө электрон-вольт (эВ) бирдиги менен ченелет.

Фотоэффект кубулушу байкалышы үчүн түшкөн жарыктын фотонунун энергиясы алынган металлдын чыгаруу жумушуна барабар же андан чоң болууга тийиш. Эгер түшкөн фотондун энергиясы **чыгаруу жумушунан** чоң болсо, металлдан учуп чыккан электрондордун саны эмнеге көзкаранды. Ал ошондой энергиялуу фотондордун санына көзкаранды. Энергиясы жетиштүү фотондордун саны канчалык көп болсо, учуп чыккан электрондордун саны да ошончо көп болот. Фотондордун саны жарыктын интенсивдүүлүгүн аныктайт. Ар бир секундда аянт бирдигине канча көп фотондун саны түшкөн болсо, жарыктын **интенсивдүүлүгү** да ошончо чоң болот. Ошентип, фотоэффект кубулушун пайда кылууга жетиштүү болгон фотондордун саны канча көп түшсө, бөлүнүп чыккан электрондордун саны ошончо көп болот. Мындан фотоэффекттин биринчи закону келип чыгат:

Жарыктын аракети менен бөлүнүп чыккан электрондордун убакыт бирдиги ичиндеги саны жарыктын интенсивдүүлүгүнө түз пропорциялаш болот.

Эми бөлүнүп чыккан электрондордун энергиясы эмнеге көзкаранды болоорун карап көрөлү.

Фотоэффект кубулушу фотондордун энергиясы чыгуу жумушунан чоң болгондо гана байкалгандыктан, фотондун андан ашкан энергиясы электрондорго берилет. Фотондун энергиясы анын жыштыгына пропорциялаш болгондуктан, жыштыктын чоноюшу менен электрондор алган кинетикалык энергия да чоңоёт. Биз аны фотоэффекттин экинчи закону катары: **бөлүнүп чыккан электрондордун энергиясы жарыктын жыштыгына түз пропорциялаш жана анын интенсивдүүлүгүнө көзкаранды эмес деп айтабыз.**

?
1. Чыгаруу жумушун кандайча түшүндүрөбүз?
2. Кандай шартта фотоэффект кубулушу байкалат?
3. Бөлүнүп чыккан электрондордун саны эмнеге көзкаранды?
4. Металлдан бөлүнүп чыккан электрондордун кинетикалык энергиясы эмнеге көзкаранды?

§ 55. ФОТОЭФФЕКТ КУБУЛУШУНУН ТҮШҮНДҮРҮЛҮШҮ

Эксперименттерде алынган жыйынтыктарга макул келип, аларды толугу менен түшүндүрө алган фотоэффекттин теориясы 1905-жылы А. Эйнштейн тарабынан сунуш кылынган. Эйнштейн теориясында жарыктын кванттык (фотондук) түзүлүшү дагы бир жолу бекемделет.

Фотондун энергиясы $E = h\nu$ жыштыкка түз пропорциялаш экендиги Бор постулатында айтылган. Фотондун бул энергиясы чыгаруу жумушуна жана электронго берилүүчү кинетикалык энергияга сарп болоорун туюндурган формуланы Эйнштейн тапкан. Ал Эйнштейндин фотоэффект үчүн формуласы деп аталат:

$$h\nu = A + \frac{m\upsilon^2}{2}. \qquad (7)$$

Демек, формула боюнча фотоэффект кубулушу $h\nu > A$ болгондо гана байкалып, фотондун энергиясы ($h\nu$) чыгуу жумушуна (A) жана электронго берилген кошумча кинетикалык энергия $\left(\frac{m\upsilon^2}{2}\right)$ үчүн сарп болот.

Алынган материал үчүн фотоэффект кубулушу байкалган жыштыктын эң кичине мааниси (ν_{min}), демек, эң чоң толкун узундугу (ν_{ma}) фотоэффекттин **кызыл чеги** деп аталат. Себеби мындан чоң толкун узундугуна (кызыл жарыктын толкун узундугу чоң болоорун эстегиле) ээ болгон жарык толкундары фотоэффект кубулушун пайда кыла алышпайт.

Цезий үчүн чыгуу жумушу 1,9 *эВ*, демек, цезий үчүн бизге көрүнүүчү жарыктын бардык толкун узундуктары фотоэффект кубулушун пайда кыла алат. Ал эми калий үчүн чыгаруу жумушу 2,22 *эВ*ту түзөт. Мындай металлдар үчүн толкун узундугу $\lambda = 620$ *нм*ден кичине болгон, б. а. жыштыгы $\gamma = 468 \cdot 10^{14}$ *Гц*тен чоң болгон толкундар гана фотоэффект кубулушун пайда кыла алышат. Себеби жыштыгы $\gamma = 4{,}8 \cdot 10^{14}$ *Гц*тен кичине болгон фотондун энергиясы 1,96 *эВ*ко барабар болуп, калийдин чыгаруу жумушунан (2,22 *эВ*) бир кыйла кичине болуп калат.

Төмөнкү таблицадан (№2) айрым металлдар үчүн чыгаруу жумушунун чоңдугу (*эВ* бирдиги менен), алардын кызыл чегине туура келүүчү жыштыктары жана толкун узундуктары келтирилген.

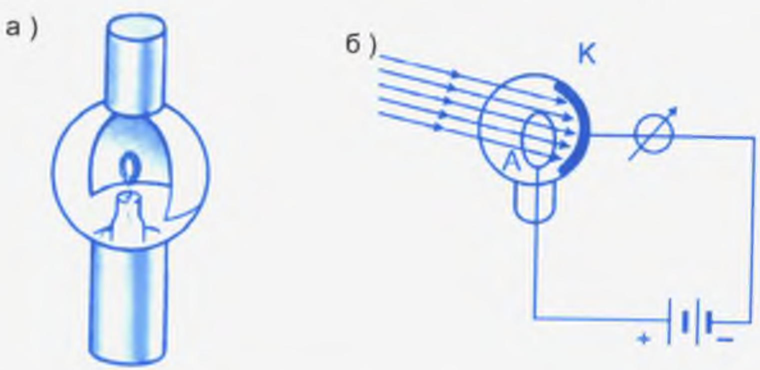
№2 таблица

Заттар	Чыгаруу жумушу A (*эВ*)	х10^{15} (*Гц*)	(*нм*)
Темир	4,31	1,12	268
Вольфрам	4,54	1	270
Никель	4,50	1,17	255
Цинк	4,24	1,03	290
Висмут	4,40	1,04	287

? 1. Эйнштейндин формуласына кирген ар бир мүчөнүн физикалык маңызын айтып бергиле.
2. Фотоэффекттин «кызыл чеги» эмнени түшүндүрөт?
3. Калий үчүн толкун узундугу 680 *нм*ден чоң болгон фотон фотоэффект кубулушун пайда кыла алабы?

§ 56. ФОТОЭФФЕКТТИН КОЛДОНУЛУШУ. ФОТОЭЛЕМЕНТТЕР

Фотоэффект кубулушун пайдалануу менен түзүлгөн жана көбүрөөк колдонулуучу приборлордун бири фотоэлементтер. Фотоэлементтер түшкөн жарыктын энергиясынын бир бөлүгүн электр энергиясына айландыруучу прибор болуп эсептелет. Алар азыр көбүнчө жарым өткөргүчтөн жасалат. Фотоэлементтин иштөө принцибин кыйла ачык чагылдырган анын жалпы түзүлүшү 156-сүрөттө берилген. Ал абасы ичинен сордурулган айнек баллонунан турат. Баллондун ички жарым каптал бети фотоэффектиге өтө сезгичтүү келген металл (мисалы, цезий) катмары менен капталып коюлган. Бул катмар ток булагынын терс уюлу менен туташтырылып, катоддун милдетин аткарат. Аноддун милдетин металл шакекчеси же пластинка (*A*) аткарат. Электроддордун ортосуна жетишээрлик чоң чыңалуу берилет. Анод менен катоддун ортосунда абасыз бoштук болгондуктан, адегенде чынжырда ток болбойт. Эгерде катоддун милдетин аткаруучу металл



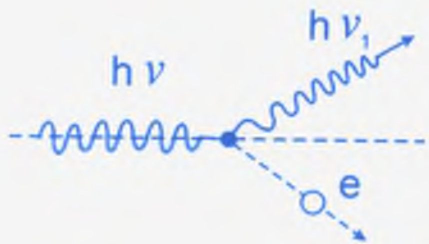
156-сүрөт. Фотоэлементтин сырткы (а) жана схемалык көрүнүшү (б).

катмарынын бетине фотоэффект кубулушун пайда кылуучу жарык нуру жиберилсе, анда чынжырда ток пайда болгондугун байкайбыз. Цезий катмары үчүн ал көзгө көрүнүүчү кадимки жарык толкундарынын аракети менен байкалат.

Энергиясы жетиштүү болгон фотон катоддун бетине түшүү менен андан электрондорду бөлүп чыгарат. Бөлүнүп чыккан электрондор анодго тартылып, чынжырды туюктап, токтун пайда болушуна шарт түзөт. Пайда болгон ток күчүнүн чоңдугу түшкөн фотондордун санына, демек, жарыктын интенсивдүүлүгүнө пропорциялаш болгондуктан, мындай фотоэлементти көп түзүлүштөрдө пайдаланууга болот. Фотоэлемент үндү, сүрөттөлүштөрдү жазууда жана аларды кайра чыгарууда, автоматтык санагычтарда, күзөт иштеринде ж. у. с. көп жерлерде колдонулат. Метродогу автоматтар да фотоэлементтер менен жабдылган. Тыйын салбаган киши өтүп бара жатканда фотоэлементке жарык түшпөй, тоскуч жолтоо болуп өткөрбөй коёт. Кассага тыйын салуу менен тоскуч фотоэлемент аркылуу ишке киргизилбей турат. Ушул эле принцип сакчылык кызматтарында да пайдаланылат. Кийинки кездерде жарым өткөргүчтөрдү пайдалануу менен фотоэлементтин сезгичтүүлүгүн кыйла көтөрүүгө мүмкүн болду. Мындай фотоэлементтерде **ички фотоэффект** кубулушу пайдаланылат. Күн көбүрөөк тийчү жерлерде, үйлөрдүн чатырларында жайгаштырылган фотоэлемент батареялары (Күн батареялары) үйлөрдү электр энергиясы менен камсыз кылууда. Эларалык космос станциясында аянты бир нече $м^2$ болгон Күн батареялары аны электр энергиясы менен камсыз кылат. Түн ичинде көрүүчү дүрбүдө биздин көзүбүзгө жарык болуп сезилбөөчү инфракызыл нурлардын аракети менен иштөөчү фотоэлементтер пайдаланылат.

§ 57. КОМПТОН ЭФФЕКТИСИ

Фотоэффект кубулушунда нерсенин бетине түшкөн жарык фотонунун энергиясы чыгаруу жумушуна жана электронго кошумча энергия берүү үчүн сарп болоору белгилүү. Эгер фотон эркин электрон же өзүнүн ядросу менен начар байланышкан атомдун электрону менен жолукса, анда өзара



157-сүрөт. Комптон эффектисинде фотон менен эркин электрондун өзара аракеттешүүсү.

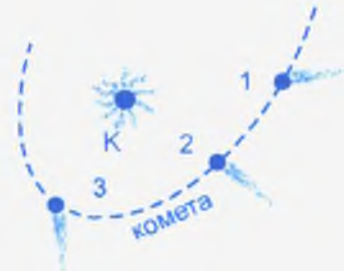
аракеттешүү кандай мүнөздө болот? Бул суроого жарыктын фотондук түзүлүшүн ырастоо менен 1922-жылы А.Комптон (1892–1962) жооп берген. Фотон электрон менен кагылышканда ага өз энергиясынын бир бөлүгүн берип, анын энергиясын чоңойтот да, өз энергиясын ошондой эле чоңдукка азайтат. Кагылышуудан фотон чагылып өз багытын да өзгөртүшү мүмкүн. Мындай кагылышууда энергиянын жана импульстун сакталуу закондору аткарылат.

Фотондун электрон менен кагылышуусунда анын энергиясы азайгандыктан, жыштыгы да азаюуга тийиш. Жыштыктын азайышы ага жараша толкун узундугунун чоңоюшу менен коштолот. Ошентип, эркин электрон менен фотондун өзара кагылышында түшүүчү фотондун толкун узундугуна караганда чачыраган фотондун толкун узундугу кыйла чоң болот (157-сүрөт). **Комптон эффектиси** деп аталган бул кубулуш фотондун протон менен кагылышында да байкалат.

§ 58. ЖАРЫКТЫН БАСЫМЫ

Жарыктын электр-магниттик теориясын түзгөн Максвелл жарык толкундары да өздөрү түшкөн бетке басым жасаарын белгилеп кеткен. Бирок анын экспериментте ырасталышы ал кезде ишке ашкан эмес.

Жарыктын фотондук теориясынын түзүлүшү менен гана жарыктын басымынын болушун түшүндүрүү кыйла жеңилдеди. Жарык фотону энергияга, ошондой эле Комптон эффектисинде айтылгандай импульска да ээ. Өз энергиясынын бир бөлүгүн эркин электронго берген сыяктуу фотон өзү түшкөн бетке да кандайдыр импульсун берип, ал бетке басым жасоого тийиш. Түшкөн фотондордун аянт бирдигине туура келген саны эбегейсиз көп жана үзгүлтүксүз болгондуктан, бул басымдын чоңдугун теориялык эсептөөлөрдө гана эмес, тажрыйбада да аныктоого мүмкүн эле. Албетте, ал басымдын чоңдугу анча чоң эмес. Ошондуктан аны аныктоо көп кыйынчылыктарды жеңүүнү талап кылган. Өтө кылдаттык менен ишке ашырылган бул тажрыйба менен жогорку класстардан таанышасыңар. Жарык басымынын чоңдугун 1913-жылы орус окмуштуусу П. Н. Лебедев аныктаган. Ченелген басымдын чоңдугу теориялык эсептөөлөргө макул келген. Ошентип жарык өзү түшкөн ар кандай бетке басым жасаары ырасталган.



158-сүрөт. Күн нурунун басымынан кометанын куйругунун чубалжышы.

Асман нерселерине кирген кометалар – «куйруктуу жылдыздар» деп аталары белгилүү. Чаң жана газдардан турган анын бул «куйруктары» абасыз (боштук) мейкиндикте басымга өтө сезгичтүү болушат (158-сүрөт). Күн нурунун аракетинен кометанын «куйруктары», ага карама-каршы багытта чубалжып турушу жарыктын басымы менен түшүндүрүлөт.

§ 59. ЖАРЫКТЫН ХИМИЯЛЫК АРАКЕТТЕРИ

Нерсенин бетине түшкөн жарык фотонунун энергиясынын кандайдыр бир бөлүгү жутулууга дуушар болоорун белгилеп кеткенбиз. Жутулган энергиянын бул бөлүгү заттын молекулаларынын жылуулук кыймылын күчөтүүгө жана алардын ажыралышына да алып келиши мүмкүн. Мындан химиялык өзгөрүүлөр пайда болору белгилүү.

Күн нуру тийген жерлердин түстөрүнүн, мисалы, кийимдердин өңү өчүп өзгөрүшү, атайын химиялык курам менен капталган фотопленкада же пластинкаларда сүрөттөлүштөрдүн (негатив) пайда болушу, өсүмдүктөрдүн жалбырактары жазында жашыл түскө келиши ж. у. с. бардыгы жарыктын фотондорунун касиети менен гана түшүндүрүлөт.

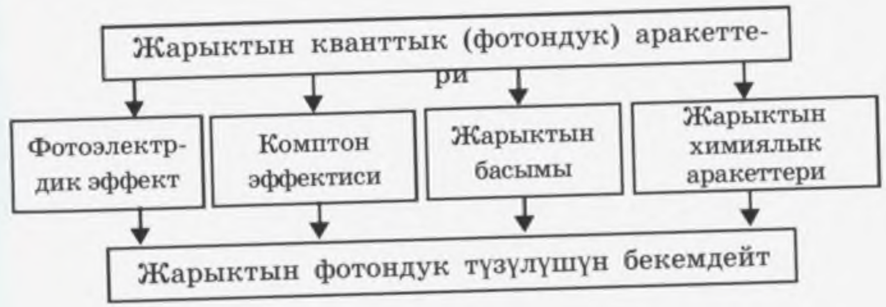
Жарык энергиясы химиялык энергияга өтүп, өсүмдүктөрдүн кычкылтекти бөлүп чыгарышына, глюкоза жана крахмал сыяктуу баалуу заттардын топтолушуна себеп болот. Жарыктын өсүмдүктөргө жасаган аракети *фотосинтез* деп аталат. Өсүмдүктөрдөгү фотосинтез жер бетиндеги жашоону камсыз кылат. Органикалык заттардын күйүшүндө пайда болгон оттун жылуулугу да бир кезде өсүмдүктөрдө запасталган химиялык энергияны бошотуп алуу менен байланышкан.

1. Жарыктын кванттык түзүлүшү менен түшүндүрүлүүчү кубулуштарды айтып бергиле.
2. Комптон эффектисинде эмне үчүн кагылышуудан кийин фотондун жыштыгы азайып, толкун узундугу чоңоюп калат.
3. Күн нурунан айрым нерселердин өңүнүн өчүшү жарыктын кандай аракеттери менен байланышкан?
4. Эмне үчүн фотосинтез Жердеги жашоону камсыз кылат деп айтабыз?

1. Жыгач, айнек, фарфор ж. у. с. бир катар материалдарда фотоэффект кубулушу байкалбайт. Эмне үчүн?
2. Металл пластинканын бетине түшкөн жарыктан фотоэффект кубулушу пайда болсо, ал кандай заряддарын жоготуп, кандай зарядка ээ болуп калат?
3. Эгер $A > h\nu$ болсо, фотоэффект кубулушу байкалабы? Китепте ага кандай мисал келтирилген?
4. Күмүш пластинкасынын бетине толкун узундугу $\lambda = 300$ *нм* болгон жарык түшөт. Эгер күмүш үчүн чыгаруу жумушу $4{,}7\cdot10^{-10}$ *Дж* болсо, фотоэффект байкалабы?
5. Цинк пластинкасынын бетине толкун узундугу 220 *нм* болгон жарык фотону түшөт. Бөлүнүп чыккан электрон кандай энергияга ээ болот? Цинк үчүн чыгаруу жумушу 4,224 *эВ* (же $6{,}4\cdot10^{-19}$ *Дж*).
6. Фотон эркин электрон менен кагылышууда өз энергиясынын жарымын сарп кылат. Кагылышуудан фотондун жыштыгы же толкун узундугу кандайча өзгөрөрүнө ой жүгүрткүлө.

«Жарыктын аракеттери» главасынын түзүлүшү аркылуу түшүндүрүлүүчү кубулуштардын өзара байланышы

Бул главада каралып кеткен фотоэлектрдик жана Комптон эффекттери, жарык басымы, жарыктын химиялык аракеттери жалгыз гана жарыктын фотондук түзүлүшү менен түшүндүрүлөт.



ЯДРО ФИЗИКАСЫНЫН НЕГИЗИ

§ 60. АТОМ ЯДРОСУНУН ТҮЗҮЛҮШҮ

Резерфорд тажрыйбасында ядронун өлчөмү 10^{-13} *см*ге жакын болуп, атомдун өлчөмүнүн 100 минден бир бөлүгүн түзө тургандыгы ырасталды. Ошондой эле тажрыйбада ядро оң зарядга ээ болуу менен, атомдун дээрлик бардык массасын өзүнө камтыган бөлүгү экендиги да аныкталды.

Жогоруда биз атомдун түзүлүшү жөнүндө сөз кылганыбызда негизинен ядронун оң заряды жана массасы жөнүндө гана айтып, анын курамы жана ядронун ичинде жүрүүчү процесстер жөнүндө сөз айтылган эмес. Атом ядросунун түзүлүшүн анын курамына кирүүчү бөлүкчөлөрдү жана алардын ортосундагы өзара аракеттешүү күчтөрүн физиканын атайын бөлүмү **ядролук физика** үйрөтөт. Биз ядролук физиканын эң негизги түшүнүктөрү менен таанышабыз.

Ядронун оң заряды анын курамына кирген оң заряддуу бөлүкчө протон менен байланыштуу экендигин айтып кеткенбиз. Протон массасы боюнча электрондон 1836 эсе чоң. Ядродогу протондордун саны анын айланасындагы электрондордун санына барабар. Протон менен электрондун заряддары чоңдуктары боюнча да барабар болгондуктан, атом нейтралдуу абалда болот. Атомдогу протондор менен электрондордун саны анын Менделеев таблицасындагы алган ордун аныктай тургандыгы да **айтылган.**

Ядронун курамында протондор менен бирге, дагы бир өзгөчө бөлүкчөлөрдүн – нейтрондордун болушун алдынала Резерфорд божомолдогон. Андан он жыл өткөндөн кийин 1932-жылы Резерфорддун окуучусу Д.Чедвик ядродо нейтрондордун болушун ачкан. Нейтрон зарядсыз, массасы боюнча электрондон 1838 эсе чоң бөлүкчө. Протон менен нейтрондор массалары боюнча бири бирине дээрлик барабар. Ал эми ядродогу нейтрондордун саны протондордун санынан айырмаланып, ар кандай болушу мүмкүн.

Көп убакыт өтпөй немец окумуштуусу В. Гейзенберг менен орус окумуштуусу Д. Д. Иваненко ядронун протон-нейтрондук моделин сунуш кылышкан. Бул модель боюнча, атом ядродон жана анын айланасында айланып жүрүүчү электрондордон турса, анын ядросу протон менен нейтрондон турат.

Ядролук күч. Бир аттуу заряддар бири-бири менен түртүлүшөөрүн жана алардын түртүшүү күчү Кулон закону менен аныкталаарын билебиз. Бул закон боюнча аралык өтө кичине болгондо, тагыраак айтканда ядронун өлчөмүнө барабар (10^{-13} *см*) аралыктарда, протондор арасындагы түртүшүү күчү өтө чоң болоорун элестетүү кыйын эмес. Ушундан улам, оң заряддуу протондор менен заряды жок нейтрондор ядродо өзара кантип кармалып турушат? – деген суроо туулат. Эмне үчүн алар түртүшүү күчүнүн аракетинен ажырап, таркап кетишпейт?

Ядродо протон менен нейтрондорду өзара бириктирип, кармап турган күч, электрдик-кулондук күч эмес, ал жаратылышы өзгөчө күч. Ал күч **ядролук күч** деп аталат. Ядролук күч өтө кичине аралыктарда аракет этип, электрмагниттик күчтөрдөн 100 эсе күчтүүлүк кылат. Ошол себептен ал күч протондорду жана нейтрондорду бириктирип кармап турат. Ал күчтүн дагы башка өзгөчөлүктөрү жана жаратылышы жөнүндө жогорку физика курсунан таанышабыз.

? 1. Ядронун курамына кандай бөлүкчөлөр кирет?
2. Ядронун протон-нейтрон моделин кимдер сунуш кылышкан?
3. Ядролук күч жөнүндө айтып бергиле.

§ 61. РАДИОАКТИВДҮҮЛҮК

Радиоактивдүүлүк алдынала күтүлбөгөн ачылыштардын бири. Француз окумуштуусу Беккерель (1852–1908) урандын туздарын Күн нуру менен нурданткандан кийин алардын өз алдынча нурдануусун изилдөө менен, фотопластин-

Мария Кюри

(1867–1934)

Польшада туулуп, өсүп, Францияда иштеген. Турмушка чыккандан кийинки аты-жөнү Складовская Кюри-Мария. Жүргүзгөн илимий изилдөөлөрү менен дүйнөгө таанымал болгон. Күйөөсү менен бирге бир катар жаңы радиоактивдүү элементтерди ачып, алардын касиеттерин изилдеген.

кага жасаган аракеттерине байкоо жүргүзгөн.

Уран тузу жарык менен нурдантkандан кийин кара кагаз менен оролуп, фотопластинканын үстүнө коюлган. Фотопластинканы химиялык **реактивдер** менен иштеткенден кийин карарып калабы деген оюн текшерген. Бардык изилденген заттардан уран тузу гана карарган такты пайда кылган. Ал кара так уран тузун жарык менен аз же көп нурлантууга көзкаранды болгон эмес. Ушундан улам, фотопластинканын карарышына алып келген уран тузунун нурлануусу жарыктын аракети менен байланыштуу эмес, өздүк нурлануу болушу мүмкүн деген жыйынтык чыгарылган. Ал алдынала нурдантылбаган уран туздарынын өз алдынча кандайдыр нур чыгаараары менен ырасталган. Ошентип, өзүнөн өзү көзгө көрүнбөгөн нур чыгаруучу заттар табылган.

Айрым заттардын өзүнөн өзү нур чыгаруу жөндөмдүүлүгү **радиоактивдүүлүк же табигый радиоактивдүүлүк** деп аталат. Латынча *radi* – нур дегенди билдирет. Радиоактивдүү заттардан бөлүнүп чыккан нурлар **радиоактивдүү нурлар** деп аталат. Радиоактивдүүлүктү изилдөөгө француз окумуштуулары, жубайлар Пьер жана Мария Кюрилер чоң салым кошушкан.

Беккерель тажрыйбасында радиоактивдүү нурлардын аракеттери, фотопластинканын карарышы боюнча изилденген болсо, Пьер жана Мария Кюрилер ал нурларды иондоштуруу касиети боюнча изилдешкен. Радиоактивдүүлүктүн иондоштуруу аракети аркылуу изилдениши көп баалуу маалыматтарды алууга мүмкүндүк берген. Мындай изилдөөлөрдүн жыйынтыгы төмөнкү эки маанилүү корутундуга алып келген:

1. Радиоактивдүүлүк уран (U) жана анын химиялык бирикмелеринде, торий (Th) жана анын бирикмелеринде байкалат.

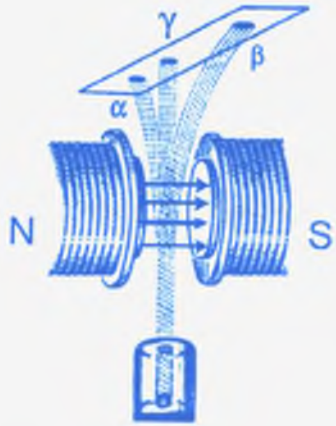
2. Химиялык бирикмеге же аралашмага канча уран же торий катышса, алардын радиоактивдүүлүк жөндөмдүүлүгү ошол курамдагы таза уран жана торийдин радиоактивдүүлүгүнө барабар. Ар кандай биригүүлөрдөн кийин уран жана торий өз радиоактивдүүлүгүн өзгөртүшпөйт.

Экинчи корутунду дагы бир маанилүү жыйынтыкка алып келген. Эгер уран менен торий элементтеринин атомдору химиялык биригүүдөн, б. а. молекулалык түзүлүшкө өтүү менен радиоактивдүүлүгүн өзгөртпөсө, анда радиоактивдүүлүк, ички атомдук процесстер менен байланышкан кубулуш экендигин маалымдайт. Муздатуу же ысытуу да ал элементтердин радиоактивдүүлүгүнө таасир эте алган эмес.

Пьер жана Мария Кюрилер радиоактивдүүлүгү өтө күчтүү, бирок ошол кезге чейин белгисиз болуп келген дагы бир элементти табышкан. Анын радиоактивдүүлүгү уранга салыштырмалуу миллион эсе күчтүү болгон. Өзүнүн ушундай күчтүү нурлануусу менен айырмаланган бул элементке радий – «нурдануучу» деген ат беришкен. Ал Д. И. Менделеевдин мезгилдик таблицасында «Ra» символу менен 88-орунда жайгашкан.

Кийинчерээк радиоактивдүүлүк касиетине ээ болгон дагы бир нече элемент: висмут, галлий, коргошун ж. у. с. табылган. Табигый радиоактивдүүлүккө 40ка жакын атомдун түрлөрү (элементтер, изотоптор) ээ болгондугу аныкталган.

? 1. Радиоактивдүүлүк деп эмнени айтабыз?
2. Радий элементинин аталышын айтып бергиле.
3. Радиоактивдүүлүк кубулушун изилдөөдө чоң салым кошкон окумуштууларды атагыла.



159-сүрөт. Радиоактивдүү α-, β- жана γ- нурларынын магнит талаасында ажырашы.

§ 62. РАДИОАКТИВДҮҮ НУРЛАР

Радиоактивдүү нурлардын иондоштурууга жана фотопластинкага жасаган аракеттери, ал нурлардын жаратылышы кандай экендигин билүүнү талап кылган. Аны чечүү үчүн баарыдан мурда, бул нурлардын кандай бөлүкчөлөрдөн турарын билүү зарыл эле. Эгерде ал нурлар электр же магнит талаасынын аракеттерине жараша өз кыймыл багыттарын өзгөртсө, анда заряддуу бөлүкчөлөр экендигин жана кандай зарядга ээ экендигин да аныктоого болмок. Мындай тажрыйбаны магнит талаасы менен жасаганда радиоактивдүү нурлар фотопластинкада үч карарган тakты пайда кылган. Алардын бирөө мурдагы эле ордуна туш келсе, калган экөө анын оң жана сол жактарына жайланышкан. Бирок бул тактар симметриялуу болушкан эмес. Бирөө экинчисине салыштырмалуу ортонку тактан бир аз алыс орун алган (159-сүрөт).

Магнит талаасында кыймылдаган ар кандай заряддуу бөлүкчөгө талаа аракет этип, ал бөлүкчөлөрдүн кыймыл багытын өзгөртөт. Оң жана терс заряддар карама-каршы жактарга кыйшайышат. Чийме тегиздигинде бизди көздөй кыйшайган бөлүкчөлөр терс заряддуу боло тургандыгын, ал эми ага карама-каршы жакты көздөй кыйшайган бөлүкчөлөр оң зарядга ээ болушкандыгын ырастайт.

Оң заряддуу бөлүкчөлөрдүн ортонку такка карата терс заряддуу бөлүкчөлөргө салыштырмалуу азыраак кыйшайышы, ал бөлүкчөлөрдүн массасы, заряды жана ылдамдыгы чоң болушу менен гана түшүндүрүлүшү мүмкүн эле. Ал эми багытын өзгөртпөй, түз таралган нурлар зарядсыз бөлүкчөлөрдүн агымы экендиги күмөн туудурган эмес.

Оң зарядуу бөлүкчөлөрдүн агымынан (шооласынан) турган нурлар α-нурлары, терс зарядуу бөлүкчөлөрдүн агымынан турган нурлар β-нурлары, ал эми кыйшаюусуз түз таралган нурлар γ-нурлары деп аталат.

? 1. Радиоактивдүү нурлардын курамын аныктоо боюнча жүргүзүлгөн тажрыйбаны айтып бергиле.
2. Радиоактивдүү нурлардын аталышын айтып бергиле.
3. Радиоактивдүү нурлар пайда кылган кара тактардын жайланышы боюнча алардын заряддары жөнүндө эмнени айта алабыз?

§ 63. α-, β-, γ- НУРЛАРЫНЫН ЖАРАТЫЛЫШЫ

Радиоактивдүү нурлар заряддуу жана зарядсыз бөлүкчөлөрдүн агымы экендиги белгилүү болгондон кийин, ал бөлүкчөлөрдү жана алардын касиеттерин билүү зарыл болгон. Ал үчүн α-, β- жана γ-нурларынын ионизациялоо аракетин, өтүмдүүлүгүн, жутулушун жана ушу сыяктуу бир катар касиеттерин билүү керек эле.

α**-нуру**. Радиоактивдүү нурланууда пайда болгон α-нурун изилдөө менен Резерфорд эки элементардык оң зарядга жана төрт атомдук бирдик массага ээ болгон α-бөлүкчөсүнөн (α_2^4) турaарын аныктаган. Ошентип, α-нуру α-бөлүкчөсүнүн агымы экендиги ырасталды. α-бөлүкчөсү чоң ылдамдыкта кыймылда болгондуктан, ал чоң кинетикалык энергияга ээ болот. α-бөлүкчөсү эки электронунан ажыраган, б. а. эки жолу ионизацияланган гелий атомунун ядросу менен дал келет. Ал Менделеев таблицасында экинчи орунда $\left({}_2^4He\right)$ жайгашкандыгы белгилүү. α-бөлүкчөсү массасы жана заряды чоң болгондуктан, заттар менен, б. а. анын бөлүкчөлөрү менен кыйла күчтүү аракеттешүүдө болуп, көбүрөөк иондоштуруу менен, анчалык терең кире албайт. Кишинин денесине болгону 0,1 *мм* аралыкка чейин гана кире алат. Кийим-кечелер, жука кагаздар α-нурунан сактанууга мүмкүндүк берет. Бирок дем алуу органыбызга кирген α-бөлүкчөсү бир катар оор оорулардын себептери болушу мүмкүн.

β**-нуру.** β-нуру алардын магнит талаасында кыйшайышы боюнча терс зарядуу, тагыраак айтканда, ылдамдыгы чоң электрондордун агымы экендиги аныкталды. Мындай бөлүкчөлөр көбүрөөк өтүмдүүлүккө ээ болушат. Алардын ылдамдыгы чоң жана массасы өтө кичине болгондуктан заттардын бөлүкчөлөрү менен начар өзара аракеттешип, кыйла терең катмарга кирип кетишет. β-нурунун иондоштуруу жөндөмдүүлүгү α-нуруна салыштырмалуу кыйла төмөн. β-нурунан картон, айнек, тактай сыяктуу нерселер менен сактанууга болот. Жандуу организмдер үчүн β-нуру да зыяндуу таасирин тийгизет.

γ**-нуру.** γ-нурунун магнит талаасында кыйшайбай түз таралышы анын өтө кыска толкун узундугундагы электрмагниттик толкун (10^{-8}–10^{-11} *см*) экендигин, б. а. фотондордун агымы экендигин ырастайт. Ушундан улам γ-фотондору кандай чоң энергияга ээ болушаарын элестетүү кыйын эмес. γ-нуру зарядсыз бөлүкчө фотон болгондуктан алардын өтүмдүүлүгү жана жандуу организмдер үчүн зыяндуу аракеттери да абдан чоң. γ-нурунан сактануу үчүн бетон дубал, калың коргошун же металл пластинкасы талап кылынат. γ-нуру медицинада айрым ооруларды дарылоодо да пайдаланылат.

? 1. Радиоактивдүү нурлардын заттар менен өзара аракеттешүүсүнө мүнөздөмө бергиле.
2. Радиоактивдүү нурлардын жандуу организмдер үчүн зыяндуулугун айтып бергиле.
3. Эмне үчүн радиоберүүлөрдө борбор шаарыбыздын радиоактивдүүлүк фону жөнүндө кабар берилип турат?

§ 64. РАДИОАКТИВДҮҮЛҮК – ЯДРОДОГУ ИЧКИ АЙЛАНЫШТАРДЫН НАТЫЙЖАСЫ

Радиоактивдүү нурлануунун интенсивдүүлүгү химиялык бирикмелерде да, сырткы аракеттерден (басым, ысытуу ж.у.с.) да өзгөрбөгөндүгү нурлануунун ядролук ички процестер менен байланышта экендигине күмөн туудурган эмес.

α-, β-бөлүкчөлөрү жана кыска толкундуу γ-нурлары ядролук ички айланыштардын натыйжасы гана болушу мүмкүн деген ойду ырастаган. Атом ядросунун айланасында айланып жүрүүчү электрондор өзүнөн өзү бошонуп, чоң ылдамдыктар менен учуп чыгып, β-нурун пайда кылышы мүмкүн эмес. Ошондой эле ядронун курамында α-бөлүкчөсү да жок. Ядродо протондор менен нейтрондор гана болгондуктан, радиоактивдүү заттардын нурлануусу тынымсыз ички өзгөрүүлөрдүн натыйжасы болушу мүмкүн.

Радиоактивдүү элементтердин атомдорунун α-, β-бөлүкчөлөрү, тагыраак айтканда заряддуу бөлүкчөлөрдүн бөлүнүп чыгышы атомдордун туруксуз болушуна алып келет. Резерфорддон башталып, кийин Ф. Содди жүргүзгөн изилдөөлөр радиоактивдүү элементтердин атомдору нурлануу менен удаалаш өзгөрүүгө дуушар болоорун б. а. радиоактивдүү ажыроо процесси жүрөөрүн ырастаган. Радиоактивдүү ажыроодон атом физикалык жана химиялык касиеттерин өзгөртө тургандыгы байкалган. Бул кубулуш радиоактивдүүлүктүн **жылышуу эрежеси** деп аталат.

Ядродон α-бөлүкчөсүнүн бөлүнүп чыгышы менен, ал 2 оң бирдик зарядын жана 4 атомдук бирдик массасын жоготот. Ядронун айланасында мурда айланып жүргөн электрондордон экөөнү ядро кармап кала албай, алардын бошонуп кетишине шарт түзүлөт. Натыйжада жаңы атом пайда болот. Алгачкы радиоактивдүү элементтин символу $^{M}_{Z}X$ болсо, анда α-бөлүкчөсүн $\left(^{4}_{2}He\right)$ бөлүп чыгаруу менен $^{M-4}_{Z-2}Y$ элементине айланат:

$$^{M}_{Z}Y \rightarrow \, ^{M-4}_{Z-2}Y + \, ^{4}_{2}He. \qquad (8)$$

Пайда болгон жаңы элемент мезгилдик таблицада, эки орунга алдыга жылышкан болот. Радий элементи $^{226}_{88}Ra$ символикасы менен мезгилдик таблицада 88-орунда тургандыгын белгилеп кеткенбиз. Ал α-бөлүкчөсүн чыгаруу менен $^{222}_{86}Ra$ (радон) элементине айланып, таблицада 86-орунга жайгашып калат:

$$^{226}_{88}Ra \to ^{222}_{86}Ra + ^{4}_{2}H. \quad (9)$$

Эгер радиоактивдүү элемент өзүнөн β-бөлүкчөсүн чыгарса, анда ядронун ичинде болгон айланыштардан, бир оң заряд ашыкча болуп калат. Мындай ядро өзүнүн айланасында кошумча бир электронду кармап алууга жөндөмдүү болот. Натыйжада алгачкы элемент, андан бир орун кийин жайланышкан элементке айланат. Аны төмөнкү реакциядан көрө алабыз:

$$^{M}_{Z}X \to ^{M}_{Z-1}Y + e^{-}, \quad (10)$$

мында e^{-} – электрон. Анын массасы салыштырмалуу өтө кичине болгондуктан, кийинки атомдун массасынын өзгөрүшүнө, ал дээрлик таасир эте албайт.

β-нурлануусун берүүчү калий (K) элементинин радиоактивдүү жылышын карап көрөлү.

$$^{M}_{Z}K \to ^{40}_{20}Ca + ^{-}e. \quad (11)$$

Мезгилдик таблицада 19-орунда турган калий (K) элементи β-бөлүкчөсүн чыгаруу менен, андан кийин 20-орунда турган кальций (Са) элементине айланат.

γ-ажыроодо атом өзүнүн туруктуулугун сактап калат. Ядронун ички энергиясы бөлүнүп чыккан фотондун энергиясына, б. а. $h\nu$ чондугуна азаят.

Радиоактивдүү нурлануулар жылуулук бөлүп чыгаруу менен коштолот. Экспериментте 1*г* радий 1 саатта 582 *Дж* энергия бөлүп чыгаргандыгы аныкталган. Айлап-жылдап 1*г* радий эле канча жылуулук энергиясын бөлүп чыгараарын эсептеп чыгуу кыйын эмес.

?
1. Атомдордун ядросу дайыма өзгөрбөгөн сандагы протон менен нейтрондун курамынан турат деп айтсак жетиштүү болобу?
2. Жылыш эрежесин айтып бергиле.
3. Ядролук айланыштарда жылуулуктун бөлүнүп чыгышын айтып бергиле.

§ 65. БӨЛҮКЧӨЛӨРДҮ КАТТОО. ЭСЕПТЕГИЧТЕР

Радиоактивдүү ажыроодо же ар түрдүү башка физикалык процесстерде пайда болгон жаңы бөлүкчөлөрдү толук изилдеп, алардын бардык мүнөздөмөлөрүн тактап чыгуу үчүн атайын каттоочу (регистрациялоочу) приборлор пайдаланылат. Алар эсептегичтер деп да аталат. Мындай каттоочу же эсептөөчү приборго Гейгер–Мюллер эсептегичи, Вильсон камерасы, көбүктүү камера ж. у. с. приборлор кирет. Алардын иштөө принциптери да ар башка. Түзүлүшү боюнча эң жөнөкөй прибордун бири Гейгер–Мюллер эсептегичи.

Көп элементардык бөлүкчөлөр адегенде теориялык жол менен ачылган. Аларды экспериментте ырастоо менен негизги мүнөздөмөлөрүн аныктап алуу өтө татаал техникалык маселелерди чечүүнү талап кылган. Экспериментте ырасталган маалыматтар гана теориянын тууралыгын ырастай алаары белгилүү. Гейгер–Мюллер эсептегичи ичи металл менен капталган цилиндр түрүндөгү айнек баллонунан турат (160-сүрөт). Металл катмары катоддун милдетин аткарат. Баллондун ички огу боюнча тартылган ичке зым аноддун милдетин аткарат. Баллондон аба сордурулуп, анын ичине 100–150 *мм сым. мам.* басымы менен неон же аргон газы толтурулат. Анод менен катоддун ортосуна жогорку чыңалуу берилип, күчтүү электр талаасы түзүлөт.

160-сүрөт. Гейгер–Мюллер эсептегичинин схемалык көрүнүшү.

Эсептегичке кирген радиоактивдүү бөлүкчө андагы газдын нейтралдуу атомдорун иондоштурат. Пайда болгон электрондор анодго, ал эми оң иондор катодго тартылып, кыска убакытка токтун импульсун пайда кылат. Иондошкон атомдордун саны кирген бөлүкчөлөрдүн өлчөмүнө, массасына, зарядын санына жана ылдамдыгына жараша болгондуктан, токтун импульсунун чоңдугу да аталган мүнөздөмөлөргө жараша болот. Мындай байланыштар аркылуу изилденүүчү бөлүкчөлөрдүн зарядын, массасын, ылдамдыгын аныктап алууга

болот. Токтун импульсу күчөтүлүп **атайын санагычтарга** берилет. Андан убакыт бирдигинде берилген радиоактивдүү зат канча бөлүкчө чыгаргандыгын да эсептей алабыз.

? 1. Гейгер–Мюллер эсептегичинин түзүлүшүн айтып бергиле.
2. Гейгер–Мюллер эсептегичи кандайча иштейт?
3. Иондошуу процессин түшүндүргүлө.

§ 66. ИЗОТОПТОР

Атом ядросунда протон менен нейтрондор болоорун белгилеп кеткенбиз. Ар бир химиялык элементтин ядросунда канча протон болоорун аныктоону үйрөндүк. Нейтрондордун саны жөнүндө эмне айта алабыз?

Радиоактивдүү ажыроодон пайда болгон ядролордун химиялык касиеттери бирдей, бирок алардын массалары жана радиоактивдүүлүгү ар башка болгон атомдор алынган. Мисалы, *Ne* (неон) атомунун басымдуу бөлүгү бирдик атомдук массасы боюнча 20 болсо, калган бөлүгү 22 атомдук бирдик массага ээ болушкан. Массалары боюнча мындай айырмалануу бүтүн бирдик массага гана туура келет. Ал айырмачылык массасы протондун массасына жакын нейтрондун ядродогу санына байланыштуу экендиги күмөн туудурган эмес. Массалары менен гана айырмаланып, **Менделеевдин мезгилдик таблицасында бир эле орунду ээлеген, б. а. протону менен электронунун саны бирдей атомдор *изотоптор*** деп аталат. Көп элементтер ушундай бир нече изотопко ээ болушат. Мисалы, суутектин үч изотобу бар (161-сүрөт).

161-сүрөт. Суутек жана анын изотоптору.

Алардын атомдук бирдик массалары 1, 2, 3кө барабар. Бирдик атомдук массасы 1 болгон суутек, ядросунда бир протону жана анын айланасында бир электрону бар атом – ал жеңил суутек (же жөн эле суутек) деп аталат. Бирдик

атомдук массасы 2 болгон суутек **дейтерий,** ал эми бирдик атомдук массасы 3кө барабар болгон атом **тритий** деп аталат. Тритий β-радиоактивдүү изотоп. Дейтерий кычкылтек атому менен бириксе «Оор суу» деп аталган суунун дагы бир түрүн (H_2O) пайда кылат. Оор суу атомдук реакторлордо пайдаланылат.

? 1. Изотоптор деп эмнени айтабыз?
2. Суутектин изотопторун айтып бергиле. Алардын ядросун түзгөн бөлүкчөлөрдү санап бергиле.

§ 67. АТОМ ЯДРОСУНУН ЖАСАЛМА АЙЛАНЫШЫ

Радиоактивдүүлүктө табигый жол менен, б. а. өзүнөн өзү ядронун бузулушу байкалса, аларды жасалма жол менен да ишке ашыруу мүмкүн болуп жүрбөсүн деген ой пайда болгон. Бирок туруктуу ядрону, бузулууга аргасыз кылуу үчүн энергиясы өтө чоң бөлүкчөлөр зарыл экендиги белгилүү болучу. Себеби оң заряддуу ядрого оң заряддуу бөлүкчө кирип барышы үчүн, кулондук түртүшүү күчүн жеңип, ядролук байланышты начарлатууга тийиш эле.

Жасалма ядролук айланыш (реакция) биринчи жолу 1919-жылы Резерфорд тарабынан ишке ашырылган. Ал энергиясы өтө чоң α-бөлүкчөсү менен азоттун ядросун ургулоодо (бомбалоодо), алардын 50 миңден бири ядрого таамай тийип, андагы айланышты пайда кылган:

$$^{14}_{7}N+^{4}_{2}He\rightarrow^{17}_{8}O+^{1}_{1}H. \qquad (12)$$

Азоттун атому ушундай реакцияда өзүнөн кийинки орунда турган кычкылтек изотобун жана аны менен бирге протон бөлүкчөсүн пайда кылган.

1934-жылы атактуу француз окумуштуусу Жолио Кюри (жубайлар Кюринин уулу) аялы Ирен Кюри менен жасалма ядролук айланыштарда пайда болгон айрым элементтер же алардын изотоптору радиоактивдүү болуп калгандыгын байкашкан. Ядролук айланыштарда (реакцияларда) пайда болгон мындай радиоактивдүүлүк **жасалма радиоактивдүүлүк** деп аталат.

Күмүш пластинкасын нейтрондор менен нурдантууда, ал өзүнөн кыска убакытка γ-нурун чыгаруучу радиоактивдүү затка айланган. Мындай жол менен радиоактивдүүлүккө ээ болгон изотоптордун саны 400гө жетет.

? 1. Жасалма ядролук айланышты кандайча түшүнөбүз? Ага мисал келтиргиле.
2. Жасалма радиоактивдүүлүк деп эмнени айтабыз?

§ 68. ЯДРОНУН БАЙЛАНЫШ ЭНЕРГИЯСЫ. ДЕФФЕКТ МАССА

Оң заряддуу протондорду жана заряды жок бөлүкчөлөрдү-нейтрондорду кичине көлөмгө бекем кармап турган ядролук күч өтө чоң күч экендигин § 64тан билесиңер. Ал күч бөлүкчөлөрдү өзара бириктирип туруу менен ядрону чоң энергияга ээ кылат. Ушул энергия **байланыш энергиясы** деп аталат.

Байланыш энергиясынын чоңдугун теориялык жол менен эсептеп чыгаруунун жолу табыла элек. Анын чоңдугун бизге белгилүү Эйнштейндин

$$E = m_0 c^2 \quad (13)$$

формуласын пайдаланып аныктап алууга болот. Бул формула боюнча тынч абалдагы массасы m_0 болгон ар кандай нерсе өтө чоң энергияга ээ болоорун эсептеп чыгууга болот, мында $c = 3 \cdot 10^8$ *м/с* – жарык ылдамдыгы. Жогорку формуланы пайдаланып, массасы 1 *г* болгон нерсе эле $9 \cdot 10^{13}$ *Дж* энергияга ээ болоорун табабыз.

Протон (p) менен нейтрондун (n) массаларын m_p жана m_n менен белгилейли. Өтө так ченөөлөр ядрону түзгөн бөлүкчөлөрдүн ядродогу жалпы массасы $M_я$, ал бөлүкчөлөрдүн өз алдынча тургандагы массаларынын суммасынан $(Zm_p + Nm_n)$ кичине боло тургандыгын көрсөтөт.

$$(Zm_p + Nm_n) > M_я, \quad (14)$$

N – ядродогу нейтрондордун саны. Массалардын айырмасы

$$(Zm_p + Nm_n) - M_я = \Delta m. \quad (15)$$

Пайда болгон массалардын айырмасы **деффект масса** деп аталат. Деффект масса бөлүкчөлөрдүн ядрого биригишинде, жалпы массанын кандайдыр бир бөлүгү **байланыш энергиясын** түзүүгө сарп болоорун көрсөтөт. Ал энергиянын чоңдугун деффект масса аркылуу Эйнштейндин формуласы боюнча

$$\Delta E = \Delta m c^2 \quad (16)$$

эсептеп алабыз.

Эгер ядрону түзгөн протондор менен нейтрондорду кандайдыр жол менен өз алдынча ажыратуу жолун издеген болсок, анда сарп кылынган энергия, бошотулуп алынган байланыш энергиясынан чоң болуп калышы мүмкүн. Бул пайдасыз аракет болоору белгилүү. Көп изилдөөлөрдөн кийин байланыш энергиясын бошотуп алуунун пайдалуу жолу, б. а. аз энергия сарп кылып, көп энергияны бошотуп алуу мүмкүнчүлүгү табылды. Биз аны кийинки темада карайбыз. Байланыш энергиясынын чоңдугун элестеткен бир мисалды карайлы.

Гелий атомунун ядросу эки протондон, эки нейтрондон турат. Массанын атомдук бирдиги (*м.а.б.*) менен протондун массасы $m_p = 1{,}00759$ *м.а.б.*, нейтрондун массасы $m_n = 1{,}00598$ *м.а.б.* анда алардын ядрого бирикkенге чейинки өз алдынча массалары

$$2.1{,}00759 + 2\ 1{,}00898 = 4{,}03314 \text{ м.а.б.}$$

болоору белгилүү. Гелий атомунун ядросунун массасын өтө так ченөө $M_я = 4{,}00277$ *м.а.б.* ээ болоорун көрсөттү. Анда деффект масса

$$\Delta m = 4{,}03314 - 4{,}00277 = 0{,}03037 \text{ м.а.б.}$$

түзгөн болот. Эгер протон менен нейтрондор биригүүдө 4 *г* гелий атомун пайда кылган болсо, анда ушундай эсептөө менен алынган деффект массага туура келген энергия 120–130 т ташкөмүрдү күйгүзүүдө алынган жылуулук энергиясына барабар болот. Бул жетишээрлик чоң энергия экендигин элестетүү кыйын эмес.

Деффект массаны дээрлик бардык атомдордун ядролору үчүн да эсептеп чыгарууга болот. Бирок аларды бошотуп алуунун мүмкүнчүлүгү айрым элементтер үчүн гана ишке ашаары аныкталды.

? 1. Деффект масса деп эмнени айтабыз?
2. Байланыш энергиясы кандай формула боюнча эсептелет?
3. Байланыш энергиясын бошотуп алуу мүмкүнчүлүгү барбы?
4. Чыгарылган маселени баяндап бергиле.

§ 69. ЯДРОЛУК РЕАКЦИЯ

Ядролук айланыштарда, б. а. радиоактивдүү бөлүнүүлөрдө бөлүнүп чыгуучу энергия **ядролук энергия** деп аталат.

Радиоактивдүү бөлүнүү учурунда ядродон бөлүнүп чыккан энергия салыштырмалуу чоң эмес. Бирок табигый шартта бөлүнүү көп жылдар бою улангандыктан, айлап-жылдап топтолгон бул энергия жылуулукка өтүп, көп кубулуштардын болушуна себепкер. Жер кыртышындагы радий, торий, калий ж. у. с. элементтердин радиоактивдүү нурлануусунан топтолгон жылуулук энергиясы анын температурасынын жогорулашына алып келет. Жердин ички ядросунун эриген абалда болушунун бир себеби бөлүнүп чыккан ушул жылуулуктар менен байланышкан.

Ядролук реакциянын жүрүшүнүн бир нече түрү бар. Биз алардын ичинен энергияны көбүрөөк бөлүп чыгара турган жана практикада пайдалануу жолу табылган **бөлүнүү реакциясын** карайбыз.

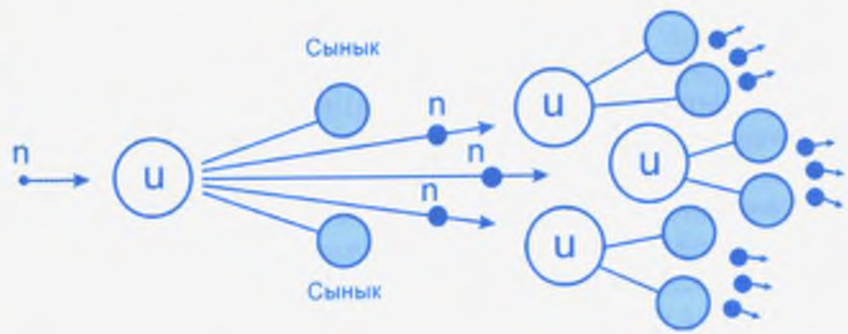
Нейтрондордун ачылышы, анын жардамы менен ядролук реакцияны ишке ашыруу мүмкүнчүлүгү ядролук физикадагы эң ири жетишкендиктердин бири болду. Эгер нейтрон уран атомунун ядросуна уруннуу менен ага жутулган болсо, ядро дүүлүгүп, заряддары жана массалары бири бирине болжол менен барабар болгон эки бөлүккө (сыныкка, осколкага) бөлүнүүгө аргасыз болот. Бөлүнүү кезинде эки бөлүк тен оң заряддуу болушкандыктан алардын ортосунда абдан чоң кулондук түртүшүү күчү пайда болот. Бул түртүшүүнүн натыйжасында осколкалар өтө чоң ылдамдыктар ($\approx 0{,}33c$) менен ажырашат. Бөлүнүп чыккан энергиянын чоңдугу 200 *МэВ* (же $3{,}2.10^{-11}$*Дж*) жетет.

Баарынан эң маанилүүсү ядронун осколкаларга бөлүнүшүндө дагы 2–3 нейтрон бөлүнүп чыгат. Алардын энергиялары ар кандай чоңдукта болуп, нөлдөн бир нече миллион *эВ*ко жетет.

Табигый шартта кездешүүчү уран эки негизги изотоптон, б. а. *U*-238 жана *U*-235тен турат. *U*-238 көп таралып, *U*-235 анын арасында болжол менен 0,63% гана түзөт. Эгерде уран-238дин ядросу тез кыймылда болгон (демек, чоң энергиялуу) нейтрондордун жутулушу менен гана бөлүнүшү ишке ашса, *U*-235тин ядросу жай же тез кыймылда болгон нейтрондордон да бөлүнүү реакциясына дуушар болот.

U-238 үчүн реакцияда бөлүнүп чыккан нейтрондордун бештен бир бөлүгү гана бөлүнүү реакциясын жүргүзүүгө жарамдуу болушат. Ушул себептен ядролук реакциянын андан ары уланышы дээрлик мүмкүн болбой калат. Эгер *U*-235 изотобун өз алдынча бөлүп алуу менен ядролук реакция жүргүзүлсө, анын өзүнөн өзү уланып кетишине көбүрөөк ыңгайлуу шарт түзүлөт (162-сүрөт). Себеби бөлүнүүдө пайда болгон жай жана тез кыймылдоочу нейтрондор андан аркы бөлүнүү реакциясын көчкү түрүндө улап кетет. Бирок ал үчүн дагы бир негизги шарт бар. Алынган урандын массасы критикалык масса деп аталган массадан чоң болууга тийиш. Урандын массасы критикалык массадан ашкандан кийин гана бөлүнүп чыккан нейтрондор сыртка пайдасыз чыгып кетпей, уланма реакциянын жүрүшүнө мүмкүндүк түзөт.

Уланма реакциялар ядролук **реактордо** ишке ашырылат. Бөлүнүп чыккан энергияны электр энергиясын өндүрүү үчүн пайдаланууга болот. 1 *г* урандын бардык ядролорунун бөлүнүшүндө 2,3.104 *кВт·саат* энергия бөлүнүп чыгат. Ал болжол менен 3 *т* ташкөмүр же 2,5 *т* нефть жагылганда алын-



162-сүрөт. Ядролук уланма реакциянын схемалык элестетилиши.

163-сүрөт. Атомдук муз жаргыч кеме.

ган жылуулук энергиясына барабар. Азыркы кезде атом энергиясынын, тагыраак айтканда ядролук энергиянын эсебинен дүйнөдө электр энергиясынын 30–40% ти өндүрүлөт. Айрым мамлекеттерде ал 70% ке жетти. Атом энергиясы муз жаргыч кемелерде, суу астында жүрүүчү кемелерде ж. у. с. транспорт каражаттарында пайдаланылууда (163-сүрөт). Өзгөчө, суу астында жүрүүчү кемелер ядролук отундун кору (запасы) менен, дүйнөлүк океандарда бир нече айлап сүзүп жүрө алышат. Ташкөмүр, нефть, сланец ж. у. с. отундардын кору жылдан жылга азайып жаткандыгын эсепке алганда атом энергетикасынын келечеги дагы алдыда.

Тилекке каршы, уланма реакциянын жүрүшүндө бөлүнүп чыгуучу зыяндуу нурлар (радиация) көп коркунучту туудурат. Алардан сактануу көп материалдык чыгымдар менен байланыштуу болот. Өз мөөнөтүн иштеп бүткөн реакторлордун материалдарын жана бөлүнүүдөн пайда болгон ар түрдүү калдыктар айлана-чөйрөгө зыян келтирбеши үчүн атайын орундарда ондогон жана жүздөгөн жылдар бою сакташ керек. Урандын өзүн өндүрүү да бир катар сактануу чаралары менен байланыштуу болот. Союз учурунда урандын өндүрүлүшү менен республикабыздын айрым жерлеринде сакталып

калган калдыктар, азыр коопсуздукту сактоо үчүн кошумча чараларды талап кылып жатат.

1986-жылы 26-апрелде Чернобыль атом электр станциясынын бир блогу күтүлбөгөн жарылууга дуушар болуп, чоң кырсыкка алып келген. Станциянын аймагындагы көп район жана облустар радиациядан жабыр тартып, жашоого жарамсыз жерлерге айланды. Радиациядан көп адамдардын өмүрү кыйылып, анын зыяндуу кесепетинен дагы эле улануда. Украина өкмөтү бул станцияны 2000-жылы биротоло жабууга аргасыз болгон. Атом бомбасын ар кайсы чөйрөлөрдө (Жерде, абада, сууда) сыноого жер жүзүндөгү элдердин каршы болушу да радиация коркунучуна байланыштуу.

? 1. Урандын бөлүнүү реакциясы жөнүндө айтып бергиле.
2. Уланма реакцияны ишке ашыруу үчүн кандай шарттар талап кылынат?
3. Атом энергиясын өндүрүү жана пайдалануу кандай сактануу чараларын ишке ашырууну талап кылат?
4. Атом энергиясын өндүрүү жана пайдалануунун өзгөчөлүктөрү эмнеде?

§70. ТЕРМОЯДРОЛУК РЕАКЦИЯ

${}^4_2He$ (гелий) атомунун ядросуна эки протон, эки нейтрон камтылгандыгы белгилүү. Гелий атому жогоруда сөз болгон суутектин изотопторунун өзара биригишинен да пайда болушу мүмкүн. Мисалы, тритий менен дейтерий атомдорунун биригиши менен гелий атому пайда болот. Мындай биригүү реакциясы **термоядролук синтез** (биригүү) реакциясы деп аталат. Гелий атомунун ядросунун тынч абалдагы массасы изотоптордун ядролорунун массаларынын суммасынан кичине. Демек, синтез реакциясын ишке ашыруу менен пайда болгон деффект массанын эсебинен энергиянын бөлүнүп чыгышын камсыз кылууга болот. Бирок ал реакция өтө жогорку температурада гана жүрөт. Ал температура ондогон миллион градуска жетет. Ушул себептен биriktirүү реакциясы ***термоядролук синтез реакциясы*** деп аталат.

Суутек изотопторунун биригиши салыштырмалуу жеңил болот. Себеби алардын электрдик заряддары мүмкүн эң кичине заряддар. Ошону менен бирге жогорку температурада алар өтө чоң ылдамдыктар менен кыймылдап, түртүшүү күчтөрүн жеңүү менен бири-бирине бириктирүүнү кыйла жеңилдетет. Ушул себептен азыркы кезде термоядролук синтез реакциясы суутек сыяктуу жеңил элементтердин атомдору менен гана жүргүзүлүшү мүмкүн.

Термоядролук реакция учурунда ядролук реакцияга салыштырмалуу энергия ондогон эсе көп бөлүнүп чыгат. Тилекке каршы, азырынча термоядролук синтез реакциясынан бөлүнүп чыккан энергияны жөнгө салып башкаруу мүмкүнчүлүгү табыла элек. Ал энергия водороддук бомбаларда гана бөлүнүп чыгуу менен адам баласы үчүн пайдалуу кызмат кыла элек.

164-сүрөт. Водороддук бомбанын схемалык көрүнүшү.

Термоядролук реакция ишке ашышы үчүн водороддук бомбаларда анын тутандыргычы катары атом бомбалары пайдаланылат. 164-сүрөттө водороддук бомбанын схемасы келтирилген. Биригүүдө критикалык массадан ашып кеткендей болгон урандын эки бөлүгү (кесеги) бири- биринен ажыратылып кандайдыр аралыкта кармалып турат. Күйүүчү дарынын жардамы менен чоң басым пайда болуп, урандын кесектери бири-бири менен биригет, жалпы масса критикалык массага жетип, жарылуу пайда болот, температура миллиондогон градуска көтөрүлөт. Ушул учурда урандын ичинде камалган суутектин изотоптору биригүү менен синтез реакциясы жүрүп, водороддук бомба жарылат.

Күн жана Күнгө окшогон өзүнөн жарык чыгаруучу көп жылдыздар Ааламга чачкан нурлануу энергиясын ушул термоядролук реакциянын жүрүшүнүн эсебинен камсыз кылат. Күн ар бир секундда өзүнүн 4,3 миллион т массасын (дефект масса катарында) нурлануу аркылуу жоготуп турат. Эсептөөлөр Күн ушундай нурланып дагы 5 млрд. жыл чамасында жашай ала тургандыгын аныктады.

Азыркы кездеги илим-изилдөө ишинин эң маанилүү багыттарынын бири **башкарылуучу термоядролук реакцияны** иш жүзүнө ашыруу болуп эсептелет. Ал үчүн дүйнөлүк окумуштуулардын бириккен тобу эмгек кылууда. Атом энергиясын жөнгө салып (башкарып), электр энергиясын өндүрүү жолун адам баласы жетишээрлик өздөштүрдү. Термоядролук реакцияны ушундайча пайдалануу азырынча мүмкүн болбой жатат. Анын бир себеби жогорку температураны алуу менен, ушул температурада синтезге кирүүчү изотопторду чоң басымда кысып кармап туруу кыйынчылыгына байланыштуу. Миллиондогон градустагы температурада изотопторду кысып кармап турууучу материалдар жаратылышта жок. Азыр, өтө кичине аймакта изотопторду бириктирип кармап туруу үчүн магнит талаасы жана жогорку температураны алуу үчүн лазер нурларын пайдалануу мүмкүндүгү табылды. Бул проблемалардын айрым кыйынчылыктары дагы эле болсо алдыда. Термоядролук реакцияны жөнгө салып башкаруу менен адам баласы келечекте ченемсиз энергиянын булагына ээ болот. Башкарылуучу термоядролук реакция ишке ашса, 1 *л* суудагы 0,03 *г* дейтерийдин эсебинен 350 *л* бензин күйгөндө алынган жылуулукту ала алабыз. Жер бетиндеги суунун өлчөмүн эсепке алганда, андагы дейтерийдин кору миңдеген кылымдарга чейин энергия менен камсыз кылууга жарамдуу. Ошону менен бирге жарылуу, радиация коркунучтары да жоголот.

Азыр Францияда Дүйнөлүк окумуштуулардын бириккен аракети менен башкарылуучу термоядролук реакция алынуучу эксперименталдык реактордун курулушу башталды.

? 1. Термоядролук реакция деп эмнени түшүнөбүз?
2. Башкарылуучу термоядролук реакцияны ишке ашыруу кыйынчылыгы эмнеде?
3. Адам баласынын келечеги үчүн башкарылуучу термоядролук реакциянын мааниси эмнеде?

§ 71. ЭЛЕМЕНТАРДЫК БӨЛҮКЧӨЛӨР

Элементардык бөлүкчөлөргө ар кандай заттардын атомдорунун курамын түзгөн протон, нейтрон жана электрон сыяктуу бөлүкчөлөр киргизилет. Алардын катарына дагы фотон, нейтрон, позитрон ж.у.с. бөлүкчөлөрдү кошууга болот.

«Элементардык бөлүкчө» деген терминдин маанисине бөлүкчөлөрдүн акыркы, бөлүнбөс экендиги, өз алдынча жашай ала тургандыгы, заряддуу же зарядсыз болушу, тынч абалдагы массасынын болушу же болбошу ж. у. с. мүнөздөмөлөрү кирет. Нейтрон зарядсыз бөлүкчө, фотон тынч абалдагы массага ээ эмес. Бирок аталган бөлүкчөлөрдүн бардыгы бири бирине айланат жана алардын көпчүлүгү татаал түзүлүшкө ээ. Ошентип, азыркы түшүнүк боюнча элементардык бөлүкчөлөргө ички түзүлүшү (мисалы, атомдун түзүлүшү сыяктуу) белгисиз жана өзү андан ары бөлүнбөйт деп эсептелген бөлүкчөлөрдү киргизебиз. Алардын ички түзүлүшү, азырынча белгисиз болсо да касиеттери чексиз экендиги күмөн туудурбайт. Ушундай мүнөздөмөлөрү менен алганда азыркы кезде бардыгы болуп, 200дөн ашуун элементардык бөлүкчө бар экендиги аныкталды. Аларга XX кылымдын 60-жылдары ачылган «укмуштуу» («очарованный»), «таңкаларлык» («странный») жана «кварк» сыяктуу жаңы бөлүкчөлөр да кирет. Элементардык бөлүкчөлөр жөнүндөгү кеңири маалыматтарга силер жогорку класстан ээ болосуңар.

§ 72. ЭЛЕМЕНТАРДЫК БӨЛҮКЧӨЛӨРДҮН ТОЛКУНДУК КАСИЕТТЕРИ

Бир эле убакта өзүнүн толкундук жана бөлүкчө касиетин көрсөткөн элементардык бөлүкчө болуп фотон эсептелет. Ушундай эле касиет башка элементардык бөлүкчөлөргө да тиешелүү болоорун 1924-жылы Луи де-Бройль ачкан. Де-Бройль

$$\lambda = \frac{h}{m_0 \vartheta} \qquad (17)$$

формуласы боюнча элементардык бөлүкчөлөрдүн толкун узундуктарын аныктоого боло турганын тапкан. Формулада h – Планк турактуулугу, m_0 – бөлүкчөнүн тынч абалдагы массасы жана ϑ – бөлүкчөнүн ылдамдыгы. Үч жыл өткөндөн кийин Де Бройль гипотезасы Девисон жана Жермер тарабынан тажрыйбада ырасталды. Электрондор шооласы кандайдыр бурч менен никель пластинкасынын бетине түшүрүлөт. Чачыраган электрондордун түшкөн орундары дифракция кубулушунда алынган сүрөттөлүштөрдү элестеткен. Ал эми дифракция толкундук кубулуш экендиги белгилүү. Де-Бройль формуласы боюнча электрон үчүн чыгарылган толкун узундук бул тажрыйбада алынган маалыматтар менен бекемделген.

Де-Бройль элементардык бөлүкчөлөрдүн толкундук касиетке ээ болушу жөнүндөгү гипотезасы кванттык көзкараштын андан ары өнүгүшүнө көмөк болгон. Ал Э. Шрёдингер жана Гейзенберг сыяктуу залкар окумуштуулардын эмгектеринде өнүктүрүлгөн.

Де-Бройль теориясынын практикалык колдонулушу азыркы оптиканын бир тармагы болгон «электрондук оптиканын» калыптанышына алып келген. Электрондордун толкундук касиетин пайдалануу менен түзүлгөн электрондук микроскоп кадимки оптикалык микроскопко салыштырмалуу бир нече жүз эсе чоңойтууну берет. Мындай микроскоптор менен айрым молекулалардын түзүлүшүн тартып алууга болот.

Электрондук микроскоптор нерселердин ички жана каптал бет түзүлүштөрүн изилдөөдө чоң мааниге ээ. Тартылып алынган сүрөттөрү аркылуу алардын бир катар касиеттерин аныктоого да болот.

? 1. Элементардык бөлүкчөлөрдүн толкундук касиети кимдер тарабынан айтылып жана тажрыйбада ырасталган?
2. Электрондордун толкундук касиетине негизделип, кайсы прибор түзүлгөн? Анын өзгөчөлүгү эмнеде?

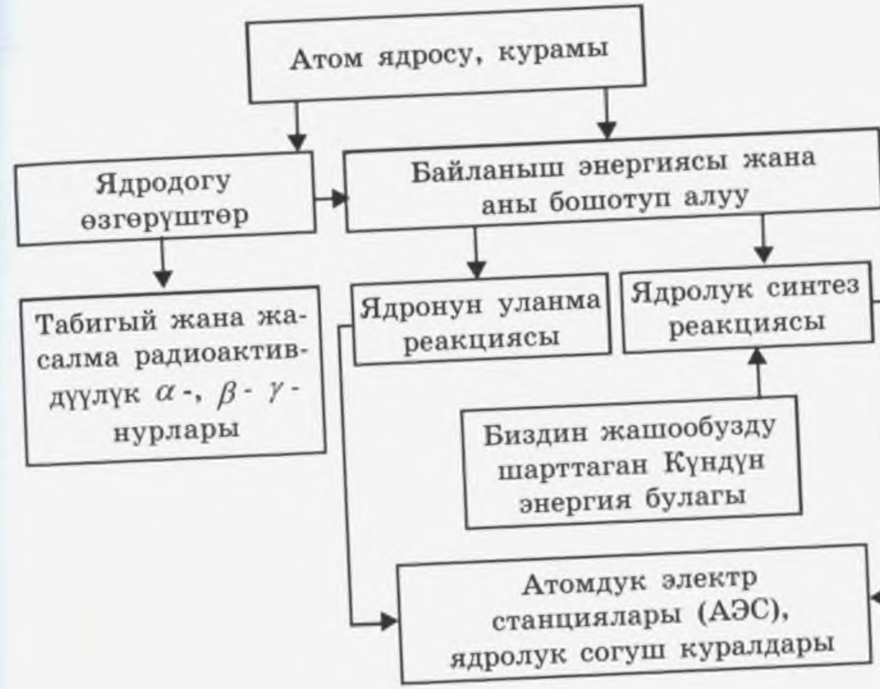
▲ 1. α-бөлүкчөсү эки бирдик оң зарядга жана 4 бирдик атомдук массага ээ ($_2\alpha^4$). Резерфорд өз тажрыйбасында алтын фольга-

сын пайдаланган. Эгер алтын (Au) таблицада 79-орунда туруп, салыштырма атомдук массасы болжол менен 108 бирдикке барабар болсо, анын ядросу заряды жана массасы боюнча α-бөлүкчөсүнөн канча эсе чоң болот?

2. α-бөлүкчөсү азоттун ($_7N^{14}$) ядросуна жутулганда кычкылтек ($_8O^{17}$) пайда болуп, дагы бир элементардык бөлүкчө бөлүнүп чыгат. Ал кайсы бөлүкчө болууга тийиш?
3. Салыштырма атомдук массалары 2 жана 3 бирдикке барабар болгон суутек изотобунун ядросунда канча нейтрон боло тургандыгын аныктап бергиле.
4. Термоядролук синтез реакциясында суутектин тритий жана дейтерий изотоптору биригип, гелий ядросун пайда кылат. Ядронун курамынын жаңы мүнөздөмөсүн айтып бергиле.
5. Күн жана Күн сыяктуу жылдыздардын ичинде термоядролук реакция жүрөрү белгилүү. Күн нурлануу менен ар бир секундда $\Delta m = 4{,}3\,млн.\,т$ массасын жоготот. $\Delta E = \Delta mc^2$ формуласына коюп, Күн Ааламга ар бир секундда кандай энергия таратаарын баалап көргүлө.

«Ядро физикасынын негизи» главасын ырастоочу кубулуштардын өзара байланышы

Атом ядросу протон, нейтрон жана аларды бириктирип кармап туруучу ядролук күч менен бирге ар кандай өзгөрүүлөргө дуушар болуп, натыйжада өзгөчө нурлардын пайда болушу жана энергиянын бөлүнүп чыгышы менен коштолот.



IX глава

КОСМОС ФИЗИКАСЫ

«Космос» грек тилинен кыргызчага которгондо «бүтүндөй Аалам» деген маанини түшүндүрөт.

Космос физикасы асман мейкиндигиндеги бардык (асман телолорунун) кыймылын, жаратылышын жана алардын өзгөрүүлөрүн үйрөтөт. Аалам асман телолорун ичине камтып, ар кандай татаал системалардан турат. Биз мындан ары асман телолору деп асман мейкиндигиндеги бардык телолорду түшүнөбүз. Алсак, Күн жана анын айланасында айланган планеталар, кометалар Күн системасын түзөт. Куралданбаган көз менен көрүнгөн жылдыздар биздин Галактикадагы жылдыздардын аз гана санын түзүп, алар дагы өзүнчө ири система катары каралат.

Биздин Галактиканын курамында айрым жылдыздардан башка жылдыз топтошууларынын ар кандай түрлөрү, булутчалар жана көзгө көрүнбөгөн космос телолору да бар.

Космос мейкиндигинде биздин Галактикадан сырткары көп сандаган галактиктер орун алган. Ал галактиктердин бизге өтө жакынынан жарык миллиондогон жылдарда гана келип жетет. Азыркы учурдагы күчтүү астрономиялык телескоптор аркылуу байкоого мүмкүн болгон галактиктердин чогуусу *метагалактика* деп аталып, Ааламдын бир бөлүгүн гана түзөт.

Космос мейкиндигиндеги телолордун физикасын үйрөнүү үчүн өтө кубаттуу телескоптору бар обсерваториялар иштейт. Ошол телескоптор аркылуу байкоо жүргүзүү менен космос физикасынын сырлары ачылууда.

§ 73. ААЛАМДЫН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖӨНҮНДӨ АЛГАЧКЫ МААЛЫМАТТАР

Астрономия байыркы илимдердин катарына кирет. Астрономиялык байкоонун жыйынтыктары жазылган таштагы, бышырылган кыштагы жазуулар биздин доордун XVIII кылымына чейин эле белгилүү болгон.

Алгачкы доордогу адамдар деле айрым жарык жылдыздарга же топ жылдыздарга байкоо жүргүзүү менен алардын өзара жайланышына жана асмандан кайталанып көрүнүшүнө карата жыл мезгилдерин аныкташкан. Алсак, мергенчилик, аң уулоо, көчүп-конууга керек болгондорду издеш үчүн алар жылдыздардын асман сферасынан чыкканын жана батканын пайдаланышкан.

Биздин доорго чейинки 2000-жылдарда эле Күндүн жана Айдын көрүнгөн кыймылына байкоо жүргүзүү аркылуу алардын тутулуулары жөнүндө Кытай олуялары алдынала айтышкан.

Байыркы гректерде астрономия кыйла жакшы өнүгүп, Аалам жана Жердин түпкү теги айрым бир «элементтерден» – *суудан жана абадан* турат деген корутундуга келишкен.

Биздин доордун VI кылымынын аягында Гераклит укмуштуу ойду сунуштап, материя түбөлүккө өзгөрүп, «агымдалып турат» деген.

Ошол эле кылымдын көрүнүктүү математиги Пифагор биринчи жолу Жерди шар формасында элестетип, анын жоргкусу жана төмөнкүсү да болбостугун түшүндүргөн. Андан соң Пифагор Күн сфера формасында болуу менен бир жыл ичинде асман сферасынын айлануу багытына карамажы каршы эклиптика боюнча толук бир айланып чыгаарын айткан.

Биздин доорго чейин IV кылымда жашаган Аристотель Ааламдын түзүлүшүн сфера деп элестетип, анын борборуна Жерди жайгаштырып, калган бардык телолор ошол Жердин тегерегинде айланат деген ойду сунуштаган. Андан соң ал асмандагы уюлдук жылдыздын аймагындагы топ жылдыздардын ар кандай көрүнүштө болгонуна байкоо жүргүзүү аркылуу Күн жана Ай тутулууларын туура

түшүнүп, Жердин шар формасында экендигин далилдеген. Ушундай эле ойду биздин доорго чейин IV–III кылымдарда жашаган көрүнүктүү механик, математик Архимед Аалам – дүйнө шар формада болоорун айтып, анын борбору Жер менен дал келет деп түшүндүрүп, радиусу Жер менен Күндүн ортосундагы аралыкка барабар деген. Анын айтуусунда, Аалам Күн менен Жердин ортосундагы аралык менен чектелген.

Бирок биздин доорго чейин III кылымдын башында жашаган Аристрах Самосский өзүнүн илимий болжолдоосунда мурдагы астрономдорго түп тамырынан бери каршы чыгып, өзү асман сферасына көп байкоолорду жүргүзүп, татаал геометриялык түзүүлөрдү иштеген. Анын негизинде Күндүн көлөмү Жердикинен 340 эсе чоң болуп, Жер жана башка асман телолору Күндүн айланасында айланат деген.

Көптөгөн кылымдагы астрономиялык байкоолордон алынган материалдарды жыйнап, биздин эранын II кылымынын 140-жылынын тегерегинде александриялык белгилүү астроном Клавдий Птолемей (87–165) Ааламдын – дүйнөнүн геоборбордук системасын түзүп, планеталарды жана башка жарык чыгаруучуларды иретке салган. Ал жарык чыгаруучулардын көрүнгөн кыймылынын ылдамдыктары боюнча жылышына карап, аларды төмөнкүдөй удаалаштыкта Жердин айланасына жайгаштырган. Жердин айланасында Ай, Меркурий, Чолпон, Күн, Марс, Юпитер, Сатурн жана жылдыздар менен чектелген Ааламдын түзүлүшүн берген.

? 1. Дүйнөнүн түзүлүшү жөнүндө Аристрах Самосский кандай көзкараштa болгон?
2. Ааламдын – дүйнөнүн түзүлүшүндө Клавдий Птолемейдин системасы кандай көрүнүштө болот?
3. Материя жөнүндө Гераклит кандай ойду сунуштаган?
4. Дүйнөнүн түндүк уюлу менен түндүк чекиттин ортосунда айырма барбы?
5. Ааламдын байкалууга мүмкүн болгон болжолдуу чеги канча жарык жылына же метрге барабар?

§ 74. ЖЫЛДЫЗДУУ АСМАН

1. Жылдыздуу асмандын көрүнүшү

Булутсуз ачык түндө жылдыздуу асманга байкоо жүргүзгөн адам бир убакта 2 миңден 3 миңге чейинки жылдыздарды көрө алат. Күн, Ай жана планеталардан айырмаланып, жылдыздар салыштырмалуу түрдө бири-бирине карата өзгөрбөгөндөй болуп жайгашкан.

Мындан миңдеген жылдар мурун эле, адамдар асмандагы жарык жылдыздарга байкоо жүргүзүшүп, аларды ой менен өзара бириктиришип, ар кандай көрүнүштөгү жандыктарды, айбанаттарды жана буюмдарды элестетип, аларга топ жылдыздар деген ат коюшкан. Топ жылдыздар жылдыздуу асмандын картасы катары каралып, жылдыздуу асманды 88 бөлүккө бөлүп, алар бири-биринен өтө жогорку тактыкта чектелип турушат. Ар бир топ жылдызга кирген жылдыздар грек тамгалары менен белгиленип, өтө жарыгы α (альфа), андан кийинкилери β (бета), γ (гамма), δ (дельта), ε (эпсилон) ж. б. тамгалар менен белгиленип, тамга жетпей калгандары цифралар аркылуу көрсөтүлөт. Алсак Кичи Жетиген топ жылдызындагы Алтын Казык жылдызы, Аккуу топ жылдызындагы Денеб өтө жарык жылдыздар болгондуктан, «α» тамгасы менен белгиленишет.

Өтө жарык жылдыздардын байыркы замандан бери аталып келе жаткан аттары бар. Мисалы, Лира топ жылдызынан Вега, Бүркүт топ жылдызынан Альтаир, Аккуу топ жылдызынан Денебди алсак болот.

2. Негизги топ жылдыздар

Азыр биз орто географиялык кеңдиктен байкалган бардык топ жылдыздарды үйрөнүү максатын койбостон, алардын негизгилерин гана өздөштүрүү менен чектелебиз. Ал үчүн жылдыздуу асмандын аймагындагы негизги топ жылдыздарга кайрылабыз.

Биринчи кезекте Чоң Жетиген топ жылдызынын α жана β жылдыздары аркылуу Кичи Жетиген топ жылдызынын

165-сүрөт. Негизги жарык жана топ жылдыздардын өзара жайгашуулары.

α жылдызын табабыз (165-сүрөт). Ал Алтын казык жылдызы болуп саналат. Андан соң Алтын казык жылдызынын астынан горизонтто түндүк чекити жатат. Түндүк чекит белгилүү болгондон кийин жергиликтүү орундун калган түштүк, чыгыш жана батыш тараптагы чекиттери оңой эле табылат. Эгер Чоң жетиген топ жылдызынан баштап, Алтын казык жылдызы аркылуу түз сызык жүргүзсөк Көөкөр (Кассиопея) топ жылдызынын бирине туш келебиз (165-сүрөт). Географиялык орто кеңдиктен байкоо жүргүзгөндө Чоң жетиген, Кичи жетиген жана Көөкөр топ жылдыздары жылдыздуу асмандан жыл бою көрүнүп тургандыктан, алар батпай турган топ жылдыздардын катарына кирет.

Калган бизди кызыктыруучу топ жылдыздарды жыл мезгилдеринин белгилүү учурларында гана байкоо жүргүзүп аныктоого болот.

Жыл мезгилинин жай, кыш айларында Күн баткандан кийин асмандан үч өтө жарык жылдыз Альтаир (α Бүркүт), Вега (α Лира) жана Денеб (α Аккуу) жакшы көрүнөт. Алар асман сферасында чоң үч бурчтукту түзгөндүктөн жайкы үч бурчтук деп аталып ошол үч бурчтук кышында да жакшы көрүнөт (165-сүрөт).

Асмандын түндүк тарабынан жарык жылдыз Веганын жанынан Лира топ жылдызы чакан параллелограммды элестетет. Ага жакын эле аралыктан орун алган Аккуу топ жылдызынын жарык жылдызы, Аккуунун куйругун элестеткен Денеб жарык жылдызы көрүнүп турат.

Күз айларында көрүнүүчү топ жылдыздардын ичинен өтө ыңгайлуулары Пегас жана Андромеда болуп саналат. Аларды издеп табууга Көөкөр топ жылдызы жакшы жардам берет. Пегас топ жылдыздарынын жарык жылдыздары α, β, γ жана Андромеданын жарык жылдызы α саптуу сузгунун башын элестетет. Топ жылдыздардан Чоң жетигендин α жана β жылдыздары жана Пегас жылдызынын α, β жылдыздары бир түз сызык боюнча жайгашканы күзгү топ жылдыздарды үйрөнүүгө көмөктөш болот.

Кыш мезгилинде көрүнүүчү топ жылдыздарда өтө эле көрүнүктүүсү болгон Орион топ жылдызы жылдыздуу асмандан өзгөчөлөнүп турат. Ориондун белкурчоосунун (δ, ε, ξ жылдыздарынын) үстүндө Бетельгейзе (α Орион), анын төмөн жагынан Ригель (β Орион) жылдызы жаркырап көрүнөт.

Орион топ жылдызынан баштап андан соң γ, α, β жылдыздары, андан ары жарык жылдыздар Альдебаран (α Уй), Капелла (α Возничий), Поллукс (β Эгиз), Порцион (α Кичи тайган) жылдызына чейин толгонуп (спираль) ийри сызык түзүлөт. Бул ийри сызык аркылуу кышкы топ жылдыздардын бир далайын билип алуу мүмкүнчүлүгү түзүлөт.

Жарык жылдыздар Бетельгейзе, Порцион жана Сириустар жылдыздардын кышкы үч бурчтугун түзүшөт.

Жазгы топ жылдыздардын катарына мурда бизге белгилүү болгон топ жылдыздардын үстүнө Бийкеч, Волопас жана Арстан топ жылдыздары кошулат. Волопас жана Бийкеч топ жылдыздарынын жарык жылдыздары жана

Чоң жетигендин сузгу сымал көрүнүшүнөн сузгунун сабын элестетип, сызыкты андан ары созсок, Волопас топ жылдызынын жарык жылдызы Арктурду жана Бийкеч топ жылдызынын жарык жылдызы Спиканы табабыз. Арстан топ жылдызы жылдыздуу асмандан оңой эле табылат. Анткени анын жарык жылдыздары геометриядагы трапеция көрүнүшүн элестетет. Жаз айларында өтө жарык болуп көрүнүүчү үч жарык жылдыз Арктур, Спика жана Денебдер жазгы үч бурчтукту түзүшөт. Жыйынтыктаганда жылдыздуу асмандагы жарык чыгаруучуларды үйрөнүүгө кызыккан болсоңор жыл бою байкоо жүргүзүү зарыл. Жылдыздуу асмандын кыймылдуу картасын пайдалануу, жылдыздарды жана топ жылдыздарды үйрөнүүгө жардам берет.

?
1. Асман сферасын кандайча түшүнүүгө болот?
2. Асман сферасындагы негизги чекиттер, сызыктар жана тегиздиктерди түшүндүргүлө.
3. Жылдыздуу асманга Күндүн тиешеси барбы?
4. Жылдыздуу асмандын көрүнүшү жана айланышы боюнча Жердин түндүк уюлун кантип далилдөөгө болот?
5. Алтын казык жылдызы менен дүйнөнүн түндүк уюлунун ортосунда кандай байланыш бар? Эмне үчүн ал «Алтын Казык» жылдызы деп аталып калган?

§ 75. ЖЫЛДЫЗДАРДЫН ТҮРЛӨРҮ

Күндүзү асмандын көгүлтүр болуп көрүнүшүнүн себеби Жерди курчап турган атмосферанын молекулалары тынымсыз кыймылда болуп, аба, Күндөн келген нурдун көгүлтүр бөлүгүн көбүрөөк өткөрөт.

Жердин атмосферасынан чыгып космос кемесинен караганда жылдыздуу асман капкара болуп көрүнөт. Бул шартта Күндү жана жылдыздарды бир учурда караганда, жылдыздар көгүлтүр асман эмес, капкара асмандан орун алганы жакшы байкалат. Мындай абалда жылдыздарга байкоо жүргүзгөндө алардын жаркырактыгы жана түстөрү ар түрдүү болот. Жер шарынын бетинен деле байкоо жүргүзгөндө өтө жарык жылдыздардын түсү ак болуп, андан начарлары сары, кызыл болуп көрүнүшөт.

Жылдыздардын түстөрү боюнча алардын көп физикалык жана химиялык касиеттери аныкталат.

Байыркы мезгилде арабдар жарык жылдыздардын түсү боюнча өзгөчө аттарды коюшкан. Алсак ак жылдыздарга кирген Лира топ жылдызынын жарык жылдызын Вега, Бүркүт топ жылдызына кирген жарык жылдызды Альтаир деп аташкан. Ак жылдыздын катарына кирген Сириус арабдардын атынан коюлуп, асман чүмкөгүндөгү өтө жарык жылдыздардын бири.

Кызыл жылдыздарга Орион топ жылдызынын жарык жылдызы Бетельгейзе, Уй топ жылдызынын өтө жарык жылдызы Альдебаран, Чаян топ жылдызындагы жарык жылдыз Антарес өзгөчө аттарга ээ болушкан.

Сары жылдыздарга мисал катары Арабакеч (Возничий) топ жылдызынын жарык жылдызы Капелла алынат. Жылдыздардын түрдүү түстө болушуна ылайык алардын бетинин жана түпкүрүнүн температурасы да ар түрдүү болот. Ак жылдыздардын жарыктыгынын түрдүүчө болушуна карабастан, алардын температурасы дайыма жогору болот.

Кызыл түстөгү жылдыздардын бардыгынын температурасы бир кыйла төмөн болуп, алар «муздак» жылдыздар деп да аталат. Алар айрым учурда металлдык жылдыздар деген аталышка да ээ болгон.

Сары жылдыздардын температурасы бул эки түстөгү жылдыздардын ортосунан орун алып, Күн сары жылдыз болгондуктан, анын бетинин температурасы 6000 Кге жакын. Кийинчерээк жылдыздардын түстөргө бөлүнүшү кеңирирээк түшүндүрүлөт.

?
1. Байыркы доордо жылдыздардын түрлөрү кандайча бөлүштүрүлгөн?
2. Жылдыздардын түсү менен температурасынын ортосунда байланыш барбы?
3. Кызыл жылдыздын температурасы жогорубу же сары жылдыздыкыбы?
4. Күн бетинин өңү сары, α Орион жылдызынын өңү кызыл. α Орион жылдызынын бетинин температурасы жогорубу же Күн бетиникиби? Болжол менен алардын бетинин температурасы эмнеге барабар?

§ 76. ЖЫЛДЫЗДУУ АСМАНДЫН АЙЛАНЫШЫ – ЖЕРДИН ӨЗ ОГУНУН АЙЛАНАСЫНДА АЙЛАНЫШЫНЫН НАТЫЙЖАСЫ

Асман сферасы жана анын суткалык айланышы

Жердин түндүк жарым шарынын орто кендигинде жылдыздардын суткалык кыймылына байкоо жүргүзсөк, анда жылдыздар горизонттон чыгыш тараптан чыгып, түштүк багыттан жогору көтөрүлүп, батыш тарапка батканын көрөбүз.

Кылдаттык менен байкоо жүргүзүүнүн натыйжасында Алтын казык жылдызынын абалы горизонтко карата дээрлик өзгөрбөгөндүгүн баамдоого болот. Калган жылдыздардын бардыгы бир сутка ичинде борбору Алтын казык жылдызында болгон толук айланаларды сызышат. Буга төмөндөгү жөнөкөй тажрыйбанын негизинде ишенүүгө болот. Чексиздикке ылайыкталып коюлган фотоаппаратты Алтын казык жылдызына багыттайбыз да, анын объективинин толук ачылган абалын бир саатка созуп, жылдыздуу асмандын сүрөтүн тартып алабыз. Тартып алынган сүрөт чыгарылгандан кийин жылдыздардын өткөн жолунун изин көрөбүз (166-сүрөт).

166-сүрөт. Алтын казык жылдызынын айланасында айланган топ жылдыздар.

Бул жылдыздар түзгөн жаалардын жалпы борбору дүйнөнүн түндүк уюлун түзөт. Алтын казык жылдызы ошол түндүк уюлга өтө жакын жайланышкан болот. Бул уюлга асман сферасында диаметри боюнча карама-каршы болгон уюл дүйнөнүн түштүк уюлу болот.

Жердин түндүк жарым шарындагы байкоочуга, дүйнөнүн түштүк уюлу көрүнбөйт. Анткени ал уюл горизонттун астында жатат.

Дүйнөнүн түндүк, түштүк уюлдары жана байкоочу аркылуу өткөн түз сызык *дүйнө огу* деп аталат.

Фотоаппараттын объективин көбүрөөк убакытка ачык койсок, жылдыздар ошончо чоң жааны сызат. Алсак, жылдыздар бир саат убакыт ичинде айлананын $\frac{1}{24}$ бөлүгүнүн жаасын сызат. Демек, 1 саатта жылдыздуу асман чүмкөгү $360^0 : 24 = 15^0$ бурчтук жааны сызып, бир суткада (24 саата) толук бир айланып, 360^0ту түзөт. Ошондуктан, жылдыздуу асмандын айланышы түздөн-түз Жердин өз огунун айланасында айланышынан келип чыгат. Тагыраак айтканда, жылдыздуу асмандын көрүнгөн кыймылынын айланышы, Жердин өзү огунун айланасында айланышынын натыйжасында пайда болот. Бул абалды көп астрономиялык кубулуштар далилдейт.

?

1. Батпай турган топ жылдыздар кайсылар?
2. Кайсы топ жылдыздар зодиактар деп аталат жана алар кайсылар?
3. Асман сферасынын айланышы эмне менен түшүндүрүлөт?
4. Топ жылдыздарды кандай түшүнөсүңөр?
5. Кичи жетиген, Чоң жетиген, Бүркүт жана Орион топ жылдыздарын асман сферасынан издеп тапкыла жана алардын өтө жарык жылдыздарынын аттарын атап бергиле.
6. Жарык Күндөн Жерге жана Айга чейин канча убакытта жетет?

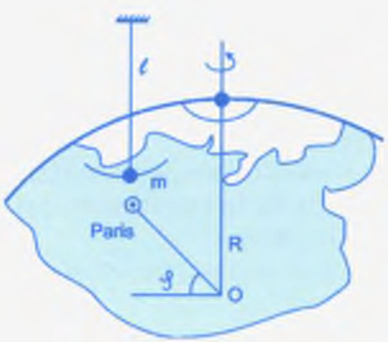
§ 77. ЖЕРДИН ӨЗ ОГУНУН АЙЛАНАСЫНДА АЙЛАНЫШЫНА КАРАТА АСТРОНОМИЯЛЫК ДАЛИЛДЕР

Коперник өзгөчө далилдер болбосо да жылдыздуу асман сферасынын айланышын Жердин өз огунун айланасында айланышы менен байланыштырып түшүнгөн. Ал жашаган мезгилде Галилей жана Ньютондор ачкан механиканын негизги закондору белгилүү эмес эле.

Азыркы кезде Жердин өз огунун айланасында айланышын далилдей турган көп физикалык жана астрономиялык кубулуштар бар. Ошол далилдердин жыйынтыгында орточо убакыт боюнча Жер бир суткада 23 *саат* 56 *мүнөт* 04 *секунд*да өз огунун айланасында толук бир айлануу жасайт. Жердин өз огунун айланышына Фуко маятниги, бийиктиктен эркин түшкөн нерселердин чыгыш тарапка карата жантайышы, замбиректен атылып чыккан октун кыйшаюулары ж. б. далил боло алат.

Фуко маятниги

Француз физиги Фуко 1851-жылы Жердин өз огунун айланасында айланышын жакшы далилдей турган термелүүчү маятникти пайдаланып тажрыйба жүргүзгөн. Маятник Париждин бийик имаратынын бири болгон Пантеондун мунарасына жайгаштырылган. Маятниктин жибинин узундугу 67 *м*, жүгүнүн массасы 28 *кг* болгон (167-сүрөт).



167-сүрөт. Фуко маятнигинин жайгашуусунун түшүндүрүлүшү.

Бул тажрыйба кийинчерээк 1931-жылы кайталанып, Санкт Петербургдагы Исаак Соборунун бийик имаратына жайгаштырылып, маятниктин жибинин узундугу 98 *м*, жүгүнүн массасы 60 *кг*, термелүү амплитудасы 5 *м*, толук термелүү мезгили 20 *с* га жакын убакытты түзгөн.

Маятник Жер шарынын түндүк уюлуна жайгаштырылганда биз үчүн маятник өзүнүн термелүү багытын өзгөртпөй, термеле берет. Маятниктин алдында жайгаштырылып 360^0 ка бөлүнгөн тегерекке карата бир саат убакыт ичинде бурулуу бурчу 15^0 ту түзүп, бир суткада (24 *саат*та) толук бир айлануу жасаган.

Ал эми Парижде жана ошондой эле Санкт-Петербургда маятниктердин термелүү багыты кандайдыр бурчка бурулгандыгы аныкталган. Ал Жердин өз огунун айланасында суткалык айлануу кыймылында болоорун далилдеген.

? 1. Асман сферасынын суткалык айланышын кандай байкоо бизди ишендирет?
2. Асман сферасынын айланышын Жердин өз огунун айланасында айланышынын далили катары кароого болобу?

§ 78. КҮНДҮН КӨЗГӨ КӨРҮНГӨН КЫЙМЫЛЫ – ЖЕРДИН КҮНДҮН АЙЛАНАСЫНДА АЙЛАНЫШЫНЫН НАТЫЙЖАСЫ

Эклиптика

Асман сферасы боюнча Күн кыймылда болгон эң чоң тегерек *эклиптика* деп аталат.

Күндүн экватордук координаттары жылдыздардан айырмаланып, тез өзгөрүлүп турат. Жазгы күн-түн теңелүү абалында, б. а. 21-мартта анын координаты γ-чекитине туура келет. Байкоонун жыйынтыктары көрсөткөндөй бир жыл убакыт ичинде алар үзгүлтүксүз өзгөрүүдө болот. Алсак, 22-июнда Күн эклиптика боюнча кыймылын улантып, асман экваторунан өтө эле алыстап, дүйнөнүн түндүк уюлуна жакындайт да (168-сүрөт), жайкы күн токтолуу абалында болуп, (*C* чекити)

168-сүрөт.

дүйнө горизонту менен $\delta = 23{,}5'$ бурчун түзөт. Күн андан аркы кыймылын асман сферасында улантуу менен 23-сентябрда күзгү күн-түн теңелүү абалына жетип, эклиптика тегиздиги дүйнө горизонтунун астында болуп (абалы Π чекити менен аныкталат), аны менен да $\delta = 23{,}5'$ бурчун түзөт.

Андан ары эклиптикалык тегиздик менен экватордук тегиздик $23{,}5'$ бурчу менен кесилишкендиктен, 22-декабрда кышкы күн токтолуу абалы түзүлөт (E чекити).

Жердин өз огунун айланасында айлануусунан, экватордун жана Күндүн айланасында айлануусунан, эклиптикалык тегиздиктер түзүлөт. Ушул эклиптикалык тегиздик менен экватордук тегиздиктин $23{,}5'$ бурчу менен кесилишинен Күндүн көзгө көрүнгөн кыймылы түшүндүрүлөт.

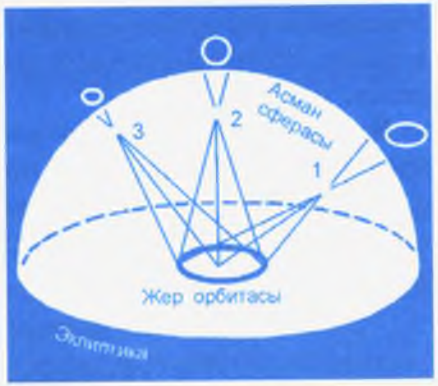
Күндүн эклиптика боюнча көрүнгөн кыймылы, Жердин Күндүн айланасында бир жыл ичиндеги айланган чыныгы кыймылынын натыйжасы болуп саналат. Жердин Күндүн айланасында айланышы боюнча бир нече астрономиялык жана физикалык далилдер бар.

? 1. Күндүн асман сферасында көрүнгөн кыймылын Жердин Күндүн айланасында айланышынын далили катары кароого мүмкүнбү?
2. Эклиптикалык тегиздик менен экватордук тегиздик бири-биринен кандайча айырмаланышат?
3. Күндүзгү күн менен түндүн теңелген абалы кайсы күндөргө туура келет?
4. Эклиптикалык уюлдар дүйнөлүк уюлдардан канча бурчка айырмаланат?
5. Жазгы, күзгү күн-түн теңелүү чекиттери жана Күндүн өтө узарган, өтө кыскаргандагы чекиттери кайсы топ жылдыздарга туура келет?

§ 79. КҮНДҮН АЙЛАНАСЫНДА ЖЕРДИН АЙЛАНЫШЫНА ДАЛИЛДЕР

Астроном Коперник Күндүн көрүнгөн кыймылын, астрономиялык байкоолордун негизинде, Жердин Күндүн айланасында бир жылда айлануу кыймылынын натыйжасы деп кортунду чыгарган. Коперникке чейин эле 2000 жыл мурда Аристотель Күндүн көрүнгөн кыймылын жылдыздардын параллаксынын негизинде, Жердин Күндүн айланасында айланышынын натыйжасы деп түшүндүргөн. Параллакс суткалык, жылдык болуп аныкталат. Кандайдыр жарык чыгаруучу нерсени Жердин борбору аркылуу караганда жана анын бетинде жаткан кандайдыр чекитинен караганда, бул багыттардын айырмасы *суткалык параллакс* деп аталат.

Жылдык параллакс



169-сүрөт. Жылдыздын жылдык параллаксы.

Кийинчерээк Коперник 1838–1839-жылдары үч жылдыздын параллакстык жылышын аныктап, ал Жердин Күндүн айланасында айланышынын натыйжасы экенин далилдеген (169-сүрөт).

Жер мейкиндикте Күндүн айланасында жалпысынан айлана боюнча кыймылдагандыктан бир жыл убакыт ичинде асман сферасына кандайдыр бир эллипсти сызат. Ал параллакстык эллипс деп аталат. Жылдыз эклиптикага жакын абалда болгондо ал көбүрөөк кысылууга ээ болот. Ал эми жылдыз эклиптикадан алыс жайгашканда өлчөмү кичирейип, кысылышы да азаят.

Качан жылдыз эклиптиканын уюлунан орун алса, эллипс кичине айланага айланып, ал эми жылдыз эклиптиканын так өзүндө жатса, эллипс түз сызыкка айланат. Параллакстык эллипстин чоң жарым огу, жылдыздардын жылдык параллаксына барабар. Демек, жылдыздардын жылдык параллаксы Жердин орточо орбитасынын жылдыз тараптан көрүнгөн бурчу.

Натыйжада, жылдыздардын жылдык параллаксынын болушу Жер Күндүн айланасында айланышын түшүндүрүүчү негизги астрономиялык кубулуштардын бири болуп эсептелет.

§ 80. АСТРОФИЗИКАНЫН ИЗИЛДӨӨ КАРАЖАТТАРЫ

Астрофизика азыркы мезгилде астрономия илиминин негизги өзөгүн түзөт. Анын негизги милдети асман телолорунун физикалык мүнөздөмөлөрүн жана ал телолордун бетиндеги, ошондой эле анын түпкүрүндөгү жүрүп жаткан физикалык процесстерди үйрөтөт. Астрофизика өзгөчө XX кылымдын экинчи жарымынан баштап космос мейкиндигине Жердин жасалма спутниктеринин жана планеталар аралык станциялардын иштешинен кийин дүркүрөп өсө баштады. Анын негизинде астрофизиканын жаңы тармагы болгон космос физикасы пайда болду.

Космос физикасынын негизги законченемдүүлүктөрүн үйрөнүүдө астрофизиканын практикалык бөлүгүнө тийиштүү болгон оптикалык телескоптор, радиотелескоптор, рентген телескоптору, нейтрино телескоптору, гамма-квант телескобу чоң роль ойнойт.

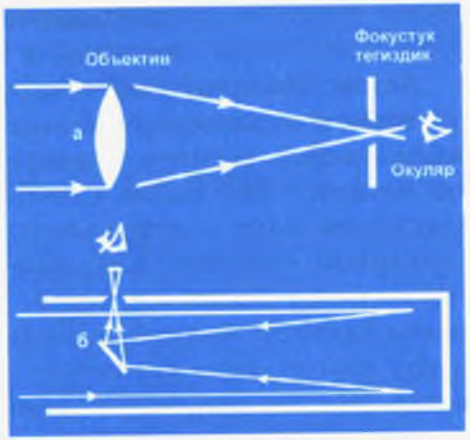
1. Оптикалык телескоп

Астрофизикалык аспаптардын ичинен оптикалык телескоптор негизгилердин бири болуп эсептелет. Бул телескоп Галилейдин заманында эле белгилүү болгон. Оптикалык телескоптун негизги милдети – изилденүүчү объектилерден (жылдыздар, планеталар, кометалар, галактиктер ж. б.) келген жарыкты топтоо жана көрүнүү бурчун чоңойтуу аркылуу аларды дааналап көрсөтүү болуп саналат.

Телескоптун негизги оптикалык бөлүгү болуп объектив эсептелет. Ал жарыкты чогултуп, булактын сүрөттөлүшүн түзөт. Эгер телескоптун объективи линзадан же линзалар системасынан турса, анда ал телескоп жарыктын сынуу кубулушунун негизинде иштеп *рефрактор* деп аталат (170-*а*, сүрөт). Анткени нур рефрактордун объективи аркылуу өтүп сынат да, фокустук тегиздикте объектинин сүрөттөлүшү түзүлөт.

Эгерде телескоптун негизги оптикалык бөлүгү болгон объектив иймек күзгүдөн даярдалса, анда ал телескоп

жарыктын чагылуу кубулушунун негизинде иштеп *рефлектор* деп аталат (170-*б*, сүрөт). Рефлектордук телескопто жылдыздардан (планеталар, кометалар ж. б.) келген нур иймек күзгүдөн – объективден чагылып, андан соң фокустук тегиздикке жыйналат. Объективдин жардамы аркылуу түзүлгөн асман сферасындагы жарык чыгаруучулардын сүрөттөлүшү окуляр аркылуу түз карап ыкмасына берилет. Объектинин сүрөтүн тартып алуу зарылдыгы талап кылынса, анда окулярдын ордуна, фотоаппараттын фокустук тегиздиги жайгаштырылып сүрөтү тартылып алынат. Ушундай эле ыкма рефрактордук, линзалуу телескопто да пайдаланылат.



170-сүрөт. Телескопто нурдун жүрүү схемасы.

Телескоптун объективин даярдоодо устаттар объекттердин (жылдыздардын) сүрөттөлүштөрү бузулуп көрүнүшү өтө аз болушуна умтулушат. Жөнөкөй бир линзалуу объектив сүрөттөлүштөрдү бузуп, четтерин боёп көрсөтөт. Бул кемчиликтерди азайтыш үчүн, объективдин айнегин түрдүү сорттогу жана беттеринин ийрилиги түрдүү бир нече линзалардан даярдашат.

Рефлектордук телескоптун объективинин күзгүсүнүн бети күмүш же алюминий менен капталат да, анын бузуп көрсөтүшүн азайтуу үчүн бетинин формасын сфера формасында эмес, андан бир аз айырмаланган парабола формасында жасашат.

Телескоптун сапатын мүнөздөй турган негизги параметрдин бири анын чоңойтуусу. Телескоптун чоңойтуусу ар бир телескоптун кубаттуулугун түшүндүрүп, алардын пайдалануу шартын аныктайт.

2. Радиотелескоп

Асман телолору көзгө көрүнүүчү (оптикалык тилкедеги) жарык нурлануусунан тышкары, толкун узундугу чоң (инфракызыл, радиотолкундар) толкундар менен бирге, толкун узундугу өтө кыска (ультракызгылт-көк, рентген нурлануулары жана γ-нуру) электр-магниттик толкундарды да нурлантып чыгарат. Алардын бардыгы космостук радионурлануулар болуп эсептелет. Ал нурлануулардын байкалышы белгилүү болгондон кийин, аларды кабыл алуучу ар түрдүү системадагы радиотелескоптор түзүлүп, ишке киргизилди. Жалпы түзүлүшү кадимки эле рефлектор телескобунун түзүлүшүнө окшош болуп, космостук объектиден келген радиотолкундар негизги иймек күзгүгө келип түшүп, анын фокусуна чогулат. Ал чогулган радиотолкундар электр-магниттик термелүүлөрдү дүүлүктүрүп, күчөтүлгөндөн кийин кабыл алуучу радиоаппаратка берилет. Күн системасындагы, биздин галактика жана башка галактиктердеги көп ачылыштар ушул радиотелескопторго байланыштуу болуп, асман телолорунун физикасын изилдөөгө чоң салымын кошту.

Дүйнө боюнча эң ири радиотелескоптордун бири атайын астрофизикалык обсерваторияда жайгашкан «РАТАН–600» болуп эсептелет. Аны чечмелегенде «Радиотелескоп Академии наук, диаметр 600 м» дегенди түшүндүрүп, Зеленчук станциясына жакын Түндүк Кавказда жайгашкан. Ал телескоп 895 айрым күзгүдөн турат. Ар бир күзгүнүн өлчөмү 2 х 7,5 *м* болуп, жалпы аянты 10 000 $м^2$ты түзөт (171-сүрөт).

171-сүрөт. РАТАН-600 радиотелескобу.

Айрым космостук объекттерге бир эле мезгилде байкоо жүргүзүү үчүн «РАТАН-600»дүн жанына диаметри 6 метрдик оптикалык рефлектор телескобу орнотулган.

3. Астрономиялык обсерваториялар

Асман сферасындагы жарык чыгаруучулардын абалына байкоо жүргүзүү, Ааламдагы кубулуштар жөнүндөгү маалыматты алуунун булагы болуп саналат.

Ошол байкоолорду жүргүзүү үчүн көп өлкөдө атайын астрономиялык илим-изилдөө мекемелери болгон обсерваториялар курулган. Астрономиялык обсерваториялардын курулуучу жайы астрономиялык климаты туура келген орундарга жайгаштырылат.

Астроклимат обсерваторияны курууда башкы мүнөздөмөлөрдүн бири болуу менен ал жерде күн-түнү менен ачык болгон мезгилдердин санынын жогору болушу, атмосферанын тунуктугу, түнкү асмандын фонунун тазалыгы, айлана-чөйрөсүнүн чаңдабаганы, атмосферанын оптикалык мүнөздөмөсүнүн туруктуулугу (шүүдүрүм, кыроо жана жөө-тумандар) жана шаар, айыл-кыштактын алыс жайланышы эсептелет.

Астрономиялык обсерваториялар мындан миң жылдар мурун эле Ассирияда, Вавилондо, Кытайда, Персияда, Индияда, Мексикада, Перуда ж. б. көптөгөн өлкөлөрдө курулган.

Англияда өтө танкаларлык «Стоунхендж» обсерваториясы (172-сүрөт) таш кылымында эле курулганы далилденген. Өз мезгилинде өтө көрүнүктүү өзбек астроному Улугбек XV кылымда Самаркантка астрономиялык обсерватория курган. Дүйнө боюнча XVIII кылымдын аягына чейин обсерваториялардын саны 100гө жакындап, XIX кылымдын аягында алардын саны 400гө жеткен. Азыркы мезгилде дүйнө боюнча 500дөн ашык обсерваториялар иштеп, алардын көпчүлүгү жер шарынын түндүк жарым шарында жайгашкан.

Санкт-Петербургдагы Пулков обсерваториясы 1839-жылдан бери иштеп, жылдыздардын так каталогун түзүү аркылуу анын даңкы дүйнөгө белгилүү болгон. Өткөн кылымда

172-сүрөт. Стоунхендж обсерваториясы.

аны илимпоздор дүйнөнүн астрономиялык борбору деп аташкан.

Өзү түзгөн Самарканттагы обсерваториядан Улугбек жылдыздардын координатын жогорку тактыкта аныктап, 1018 жылдыздан турган каталог түзгөн.

Обсерваториялар көп учурда астрономиялык изилдөөлөрдүн белгилүү түрүнө карата адистештирилет. Буга байланыштуу алар, мисалы, асманда жылдыздардын так абалын аныктоого, Күндү үйрөнүү (173-сүрөт), Ааламдагы башка

173-сүрөт. Күн телескобу.

цивилизацияны издөө же башка илимий маселелерди чечүүгө арналган ар түрдүү телескоптор жана аспаптар менен жабдылган болот.

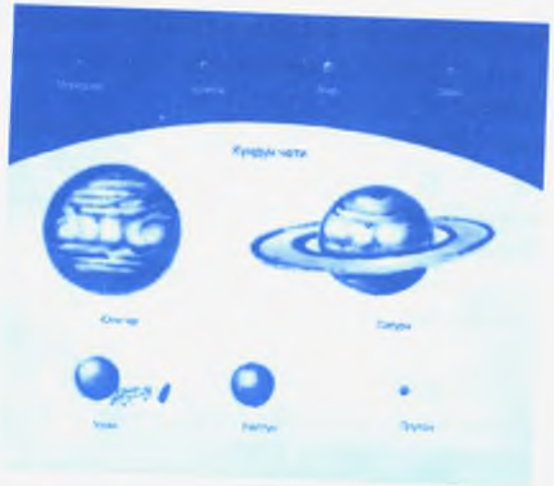
Четөлкөлүк астрономиялык обсерваториялардын эң эле көрүнүктүүлөрү болуп, Улуу Британиядагы Гринвич, Америкадагы Маунт-Паломар, Гарвард, Франциядагы Пик-дю-Миди, Германиядагы Потстам, Чехословакиядагы Ондржейов жана Польшадагы Краковск обсерваториялары болуп саналат. Кийинки кезде космосто пайдаланылып келе жаткан Хабл телескобу көп ачылыштарга алып келүүдө.

? 1. Телескоп кандай физикалык аспап жана ал кандай максатка пайдаланылат?
2. Рефрактор жана рефлектор телескоптору бири-биринен кандай айырмаланышат жана алардын жасалышы, иштеши кайсы оптикалык кубулушка негизделген?
3. Телескопту астрономияга биринчи жолу ким пайдаланган?
4. Оптикалык телескоптор менен радиотелескоптордун түзүлүшү жана иштеши боюнча кандай айырма бар?

§ 81. КҮН СИСТЕМАСЫНЫН ТҮЗҮЛҮШҮ

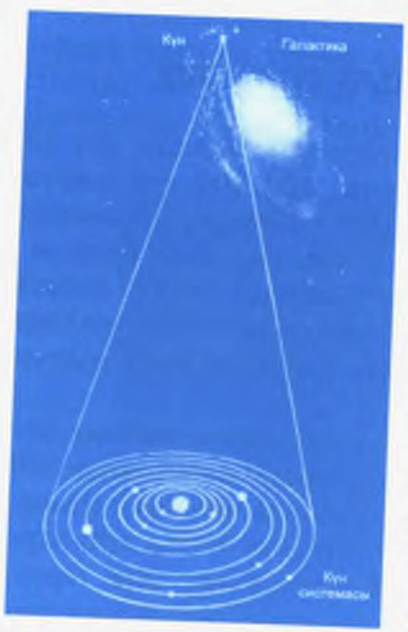
Күн системасынын жалпы түзүлүшүндө Күндүн өзү 48 спутниги менен бирге 9 чоң планета, 100 000 ден ашуун астероиддер (майда планеталар), 10^{12} кометалар, ошондой эле метеордук уюктан орун алган сансыз көп метеордук телолордун бар экени азыркы күндө белгилүү болду. Андан сырткары Күн системасы космос мейкиндигинен келген электр-магниттик толкундарга жана чаңдарга жык толгон аймак болуп эсептелет.

Күндүн массасы бардык планеталарды бирге алганда андан 750 эсеге, ал эми Жердин массасына салыштырганда 330 000 эсе чоң (174-сүрөт). Күндүн айланасында айланган планеталар жана башка майда телолордун бардыгы бүткүл дүйнөлүк тартылуу законунун негизинде кыймылга келет. Күн менен Жердин ортосундагы аралык бир астрономиялык бирдик деп аталат. Ал 149 млн. *км*ди түзүп, астрономиядагы бирдиктердин негизгилеринин бири болуп саналат.



174-сүрөт. Күн системасындагы ири планеталар.

Ири планеталардын катарына кирген Меркурий, Чолпон, Марс, Юпитер жана Сатурн планеталары XVIII кылымдын аягында эле белгилүү болгон.



175-сүрөт. Күн системасынын Галактикадан орун алышы.

Уран планетасын астроном В. Гершел 1781-жылы ачкан. 8-планета Нептунду аныктоодо астроном илимпоздор кыйла түйшүккө түшүп, көп эсептөөлөрдү жүргүзүп, талаш-тартыштар келип чыккан.

Француз окумуштуулары Леверье жана Адамс Уран планетасынын козголушун изилдөө аркылуу математикалык татаал эсептөөнүн негизинде, бири-бири менен байланышпай, андан кийинки Нептун планетасынын ордун да илимий жол менен көрсөтүшкөн.

1846-жылы күн системасынын ошол күмөндүү ордунан немец астроному Галле Нептун планетасын ачкан. Жакынкы эле

1930-жылы америкалык астроном П. Ловелл 9-планетаны – Плутонду ачкан. Биз жашаган Күн системабыз Галактиканын борборунан 25 000 жарык жылындагы аралыктан орун алган (175-сүрөт). Жарык 300000 *км/с* ылдамдык менен бир жылда өткөн аралыгы жарык жылы деп аталат. 1 ж.ж. = $9{,}46 \cdot 10^{12}$ *км*.

? 1. Күн системасына кайсы асман телолору кирет?
2. Күн системасына кирген телолор жарыкты жана энергияны кайдан алат?
3. Планеталардын көрүнгөн кыймылы жылдыздардын жайланышына карата кандай формадагы сызыкты сызат?

§ 82. ЖЕР ТИБИНДЕГИ ПЛАНЕТАЛАР

Күн системасына кирген планеталар алардын мүнөздөмөлөрүнө карата Жер тибиндеги жана Гигант (зор) планеталар болуп экиге бөлүнөт.

Жер тибиндеги планеталардын катарына кирген Меркурий, Чолпон, Жер жана Марс планеталары өлчөмү боюнча Гигант планеталарга салыштырганда кыйла кичине. Алардын тыгыздыгы суунун тыгыздыгынан жогору болуп, өз огунун айланасында жай айланышы, спутниктеринин санынын аз болушу менен мүнөздөлөт.

Чолпон планетасы Күндүн айланасында башка планеталардын кыймылына карата тескери багытта айланышы, анын физикасын үйрөнүүдө өзгөчө кызыгууну жаратат.

1. Меркурий. Бул планета Күнгө жакын турган биринчи планета. Ал Айдан бир аз гана чоң. Анын орточо тыгыздыгы дээрлик Жердикиндей. Радиолокациялык байкоо жүргүзүүнүн негизинде анын өтө жай кыймылда боло тургандыгы аныкталган. Анын өз огунун айланасында айланышы 58,65 Жер суткасын түзүп, Күн айланасында айланышы $T = 88$ *суткага* барабар. Меркурий планетасынын экваторуна Күн нуру түшкөн жериндеги бетинин температурасы +400°С дан жогору болуп, түнкүсүн ошол эле жердин температурасы −180°С ге төмөндөйт. Анын Күндүн нуру тийген жеринде коргошун, калай, ал тургай цинк да эрип кетет. Ал планетанын бети көп чуңкурчалар (кратерлер) менен толгондуктан, сүрөтү боюнча

176-сүрөт. Меркурий планетасы.

Айдын бетинен айырмалап түшүнүү өтө кыйын (176-сүрөт). Анын спутниги жок.

2. Чолпон. Чолпон (Венера) планетасы өз көлөмү боюнча Жерден бир аз гана кичине. М.В.Ломоносов анын атмосферасы Жердин атмосферасына салыштырганда кыйла тыгыз деп туура айткан.

Планетанын атмосферасынын 97%ин көмүркычкылгазы (CO_2), 2%ин азот, 0,01%ин кычкылтек жана 0,05%ин суу буусу түзөт. Анын атмосферасынын төмөнкү катмарында жана бетинде температуранын жогору болушу, «парник эффекти» менен түшүндүрүлөт. Күн нурунун энергиясы анын төмөнкү катмарына жутулат да, кайра инфра нур түрүндө нурланып, көчөт тигилген парниктерде жылуулук кармалган сыяктуу, анын атмосферасынын тыгыз (коюу) катмарында сыртка чыга албай кармалып калат. Натыйжада, планетанын бетинин жана бетине жакын жайгашкан атмосферасынын катмарында жылуулук жогорулайт. Чолпон планетасынын бетинен улам бийиктеген сайын, анын температурасы төмөндөп, стратосферасында суутек газы өкүм сүрөт.

Көп радиолокациялык байкоо жүргүзүүнүн натыйжасында планетанын радиусу 6052 *км*, жана анын орточо тыгыздыгы 5,24 $г/см^3$ га барабар экендиги аныкталган.

177-сүрөт. Чолпон планетасынын бети – Маат тоосу.

1992-жылы «Магеллан» планеталар аралык автоматтык станциянын жардамы менен тартылып алынган сүрөттөрүндө Чолпон планетасынын бетинен Жердики сыяктуу жанар тоолор жана чуңкурчалар (кратерлер) бар экени билинди (177-сүрөт).

Алардын эң бийиги 25 *км*, диаметри 90 *км*ден ашык келет. Ал эми кратерлердин диаметри 500 *км*ге жетет. Планетанын типтүү мүнөздөмөлөрү Жердикине окшош болгондуктан ал планета Жер тибиндеги планеталардын катарына кирет.

3. Марс. Марс планетасы да Жер тибиндеги планетага кирип, диаметри Жердикинен эки эсеге жакын кичине. Анын орбитасынын эксцентриситети (эллипстин фокусунан борборуна чейинки аралыктын чоң жарым огуна болгон катышы) чоң болгондуктан ($e = 0{,}093$), ал улуу тогошуу учурунда перигелийинде, жарыктыгы боюнча Чолпон планетасынан кийинки орунду ээлеп, асман сферасынан балбылдап жакшы көрүнөт.

Ал тогошуу *улуу тогошуу* деп аталып, ар бир 15 жана 17 жылда бир жолу кайталанып турат. Анын эң акыркы жылдагы улуу тогошуусу 2003-жылдын август айынын ортосуна туш келген. Марста жылдын узактыгы Жердикине салыштырганда эки эсеге жакын узактык кылат.

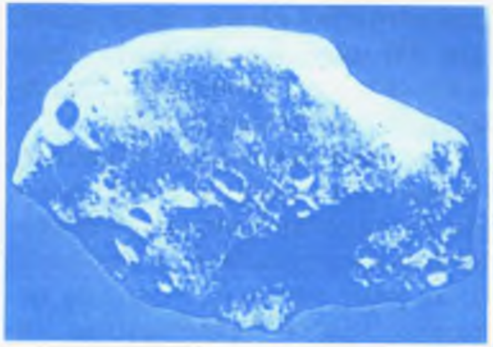
Анын орбиталык тегиздиги эклиптикалык тегиздикке $24^{0}56'$ бурчка жантайгандыктан, Жердики сыяктуу жыл мезгилинин алмашуулары да болуп турат. Марс планетасынын суткасы 24 *саат* 37 *мүнөт* 23 *секунд*ду ($24^{0}37'23''$) түзүп, Күндү толук бир айланып чыгуусу (бир жылы) 687 жер суткасына барабар. Бул жагынан планета Жерге көп жагынан окшош болгондуктан, аны Жер тибине кирген планета деп аташат.

Өткөн кылымдын экинчи жарымынан баштап, 1969-жылы «Маринер 6» жана «Маринер 7» америкалык автоматтык станциялар 3400 *км* жана 1800 *км* аралыктан биринчи жолу Марстын сүрөтүн даана тартып алышкан.

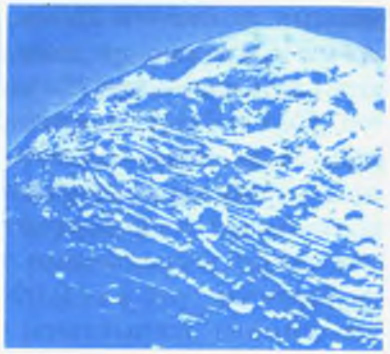
1971- жана 1974-жылдары планеталар аралык станциялар «Марс 2», «Марс 3» жана «Марс 5» Марстын айланасында тынымсыз айланып, анын жасалма спутниги болуп планетадан көп маалыматтарды алууну камсыз кылган.

1974-жылы космостук станция «Марс 6» Марсты жандап өтүп, андан бөлүнгөн аппарат дүйнөдө биринчи жолу Марска конуп, планетанын ар кандай мүнөздөмөлөрү жөнүндө өтө жогору тактыктагы билдирүүлөрдү берди.

1976-жылдагы учурулган америкалык автоматтык станциялар «Викинг 1» жана «Викинг 2»ден бөлүнүп чыккан



178-сүрөт. Марс планетасынын спутниги – Фобос.



179-сүрөт. Марс планетасынын спутниги – Деймос.

аппараттар планетанын бетине конуп, анын бетинин сүрөтүн, температурасын, атмосферасынын курамын так белгиледи. Жогорудагы космостук станциялар аркылуу Марстын бетине конгон аппараттардын жардамында Марстын топурагы изилденип, анын кызыл түстө болушунун себеби, анын курамына кирген 14% тен ашык темир, 20% ке жакын кремний, 5% тен көп кальций жана магний, 3% ке жакын күкүрттөн тургандыгы менен түшүндүрүлгөн.

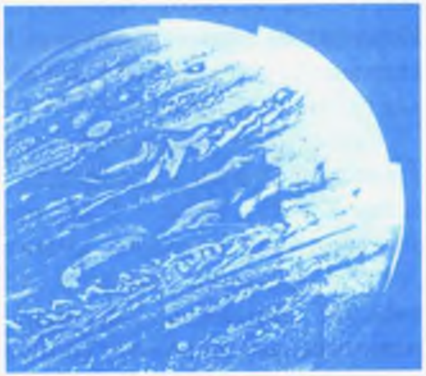
Марстын 1877-жылы америкалык астроном А.Холл ачкан «Фобос» жана «Деймос» деген табигый спутниктери бар. Ал спутниктердин космостук станциялар аркылуу тартылып алынган даана сүрөттөрү (178–179-сүрөттөр) келтирилген. Фобос Марсты 7 *саат* 39 *мүнөт*тө бир айланып чыгып, Марстан 9400 *км* аралыкта жайгашкан. Деймос Марсты 1,262 *сутка*да же 30 *саат* 18 *мүнөт*тө бир айланып, планетадан 23 500 *км* аралыктан орун алган.

? 1. Жер тибиндеги планеталардын кандай өзгөчөлүктөрү бар?
2. Жер тибине кирген планеталардын эң чоңу кайсы жана анын атмосферасынын түзүлүшү кандай?
3. Жер тибиндеги планеталарда кандай окшоштук бар?

§ 83. ГИГАНТ ПЛАНЕТАЛАР

Күн системасындагы 4 гигант планета: Юпитер, Сатурн, Нептун жана Плутондордун эң чоңу Юпитер. Анын массасы Жердин массасына салыштырганда 318 эсе чоң.

1. Юпитер. Юпитердин экватордук радиусу 71400 *км*ге жана уюлунун радиусу 66900 *км*ге барабар. Анын уюлдарга көбүрөөк кысылышы тартылып алынган сүрөтүнөн да көрүнүп турат. Эркин түшүү ылдамдануусу $g = 2500\ см/с^2$ ты түзөт, Жерге салыштырганда 2,67 эсе чоңдук кылат (180-сүрөт).



180-сүрөт. Юпитер планетасы.

Бул планетанын кысылышынын эң чоң болушу, анын өз огунун айланасында өтө тез айланышы менен түшүндүрүлөт. Анын экватордук бөлүгүндөгү айланышы 9 саат 50,6 мүнөт жана орто кендигиндеги бөлүгүнүн айланышы 9 саат 55,7 мүнөттү түзөт.

Юпитердин экватордук жана уюлдук бөлүктөрүнүн айлануу ылдамдыктарынын түрдүү болушу, ал катуу тело эмес, газ же суюктук түрүндөгү тело экенин түшүндүрөт. Гигант планета – Юпитердин атмосферасы негизинен суутектин молекулаларынан, метандан (CH_4) жана көп сандаган гелийден тураары аныкталган.

Жер атмосферасында пайда болуучу өтө кубаттуу куюн Юпитер атмосферасында андан да күчтүү болот. Юпитердин куюнунун өзгөчөлүгү өтө туруктуу болуп, жашоо убактысы жүз миң жылды түзүп, анын бетиндеги кызыл тактын болушу ушул кубулуш аркылуу түшүндүрүлөт.

Кийинки күндөрдө өтө кубаттуу телескоптор аркылуу анын бетине байкоо жүргүзгөндө мындай тактар планетанын бетинин башка бөлүктөрүнөн да орун алгандыгы, бирок алардын өлчөмү кыйла кичине болоору байкалган.

2. Сатурн. Сатурн да гигант планета. Анын Күндү толук бир айланып чыгуусу 29,5 жыл. Өз огунун айланасында ай-

лануусу анын экваторунда 10 *саат* 14 *мүнөтко* жана экватордон алыс орто кеңдигинде 10 *саат* 39 *мүнөткө* барабар. Сатурндун экваторунун радиусу 60240 *км* болуп, массасы Жердикине салыштырганда 95 эсе чоң, андагы эркин түшүү ылдамдануусу $g = 1100$ $см/с^2$ка барабар болору жогорку тактыкта аныкталды.

Спектрдик анализдин жыйынтыгы боюнча планетанын атмосферасынын курамында суутек – H_2, Метан – CH_4, атцетилен – C_2H_2, этан – C_2H_6 орун алып, анын 99% суутек менен гелийден тураары аныкталган. Сатурндун өзүнөн чыккан 0,5 эрстедке (магнит талаасынын чыңалышынын системадан сырткары бирдиги) жакын магнит талаасы жана радиациялык курчоосу (поясы) бар. Анын айланасында азыр белгилүү болгон 17 спутниги жана кооз шакектердин катмарлары орун алган. Спутниктердин дагы жаңы ачылыштары болушу ыктымал.

3. Уран, Нептун, Плутон. Уран жана Нептун гигант планеталар физикалык көп касиеттери боюнча бири-бирине окшош. Уран планетасынын радиусу 26200 *км* экендиги аныкталган. Анын орточо тыгыздыгы 1,71 $г/см^3$ ду түзөт. Өз огунун айланасында айланышы өтө эле тез болуп, 10саат 49 мүнөттү түзөт. Уран планетасынын бетинин температурасы –220°Cге барабар. Юпитер жана Сатурн планеталары сыяктуу 20% ке жакын суутектен жана 80% тен ашык гелий элементтеринен турат.

Нептун планетасы Күн системасындагы 8-планета болуу менен гигант планеталардын катарына кирип, анын радиусу 24300 кмди түзүп, орточо тыгыздыгы 1,72 $г/см^3$ка барабар.

Анын орбиталык тегиздиги эклиптикалык тегиздикке 29°ка жантаюу менен, Күндү 165 жылда бир айланып чыгып, өз огунун айланасында айланышы 15 *саат* 48 *мүнөт*тү түзөт. Нептун планетасынын бетинин температурасы – 170°Cге барабар.

Плутон планетасынын радиусу 2500 *км*, тыгыздыгы 7,4 $г/см^3$. Күндү толук бир айланып чыгуусу 248 *жылды* түзөт. Өз огунун айланасында толук бир айланышы 6 *сутка* 9 *саат* 17 *мүнөт*кө барабар.

Бул жагынан Плутон планетасы гигант планеталарынан бир аз айырмаланат. Кийинки күндөрдө планеталар аралык автоматтык станциялардын жардамы менен планетанын спутниги Харон ачылып, Плутонду радиусу 17500 *км* болгон орбита менен айланып жүрө тургандыгы аныкталды.

? 1. Гигант планеталар Жер тибиндеги планеталардан кандай өзгөчөлүктөрү боюнча айырмаланат?
2. Гигант планеталардын эң чоңу кайсы планета?
3. Юпитер планетасынын уюлдук, ортонку кеңдиктеги бөлүгүнүн айлануу ылдамдыгы экватордогу айлануу ылдамдыгынын түрдүү болушунан кандай жыйынтык чыгарууга болот?

§ 84. ПЛАНЕТАЛАРДЫН СПУТНИКТЕРИ ЖАНА ШАКЕКТЕРИ

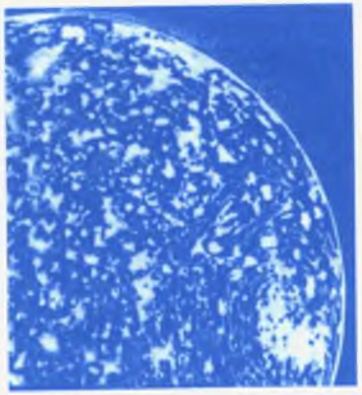
1. Планеталардын спутниктери

Меркурий жана Чолпон планеталарынын спутниктери жок. Жердин бир гана табигый спутниги бар, ал – Ай. Плутон планетасынын да жалгыз спутниги – Харон кийинки күндө аныкталып, анын өлчөмү планетанын өз өлчөмүнө салыштырганда эки эсеге жакын кичине экендиги ырасталган.

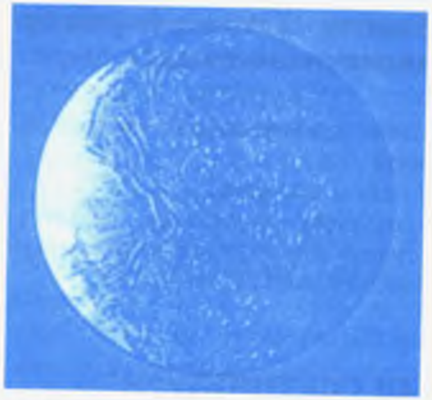
Ал эми Марс планетасынын Фобос жана Деймос делген эки спутнигинин көп мүнөздөмөлөрү белгилүү болду (178-, 179-сүрөттөр).

Калган планеталардын спутниктеринин саны көп, бирок алар планеталардын өзүнө салыштырмалуу өлчөмдөрү жагынан алда канча кичине.

Юпитер планетасынын азырынча 16 спутниги аныкталып, алардын ичинен төрт ири спутниги Галилей тарабынан 1610-жылдын январь айында ачылган. Алар: Ио, Европа, Ганимед жана Калисто. Ганимед спутнигинин өлчөмү Меркурий планетасынан чоң, ал эми Калисто Меркурийдин өлчөмүндөй (181-сүрөт).



181-сүрөт. Юпитер планета-сынын спутниги – Калисто.



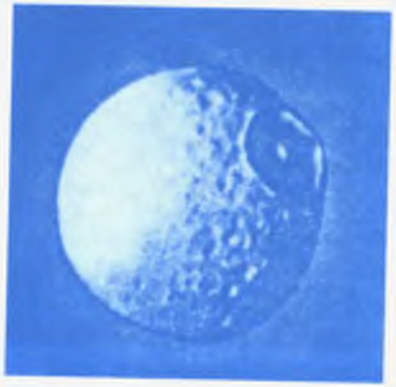
182-сүрөт. Сатурн планетасынын спутниги – Гиперион.

183-сүрөт. Сатурн планетасынын спутниги – Энцелак.

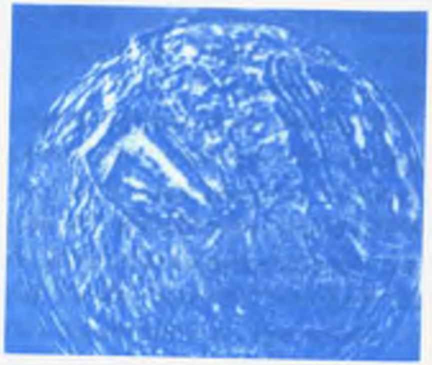
Ио спутнигинен 7 вулкандын атылып турганы байкалган. Сатурн планетасынын 17 спутниги аныкталып, алардын өтө чоңу Титан. Аны жөнөкөй телескоп аркылуу да көрсө болот. Өтө жакын тартылып алынган Сатурндун Энцела, Гиперион, Мимас деген спутниктеринин бетинен чуңкурчалар (кратерлер) даана көрүнүп турат (182, 183, 184-сүрөттөр).

Ал спутник Сатурнду 15 *сутка* 22 *саат* 41 *мүнөттө* эллипс боюнча толук бир айланып чыгат. Анын чоң жарым огу $a = 1222.103$ *км*, эксцентриситети $e = 0,029$га барабар, Айга салыштырганда 1,5 эсе чоң, диаметри 5100 *км* ге барабар.

Уран планетасынын 5, Нептун планетасынын 2 спутниги бар.



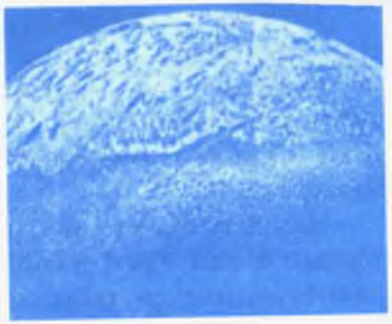
184-сүрөт. Сатурн планетасынын спутниги – Мимас.



185-сүрөт. Уран планетасынын спутниги – Миранда.

Уран планетасынын спутниги Миранданын көрүнүшү өтө кызыктуу (185-сүрөт).

Нептун планетасынын Тритон деген өтө чоң спутнигинин диаметри 2705 *км*. Анын айланасында негизинен азот элементинен турган атмосфера табылган (186-сүрөт).

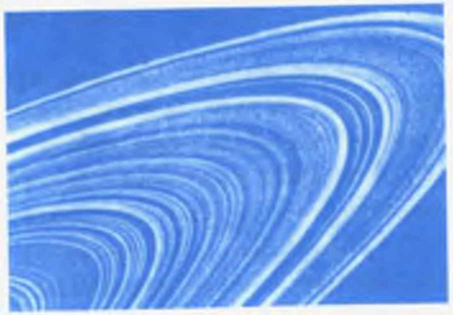


186-сүрөт. Нептун планетасынын спутниги – Тритон.

2. Планеталардын шакектери

Гигант планеталар үчүн алардын спутниктеринин көп санда болушу эмес, алардын тегерегинде көп сандаган шакектердин орун алышы өзгөчө мүнөздүү. Бирок Жер шарынын бетинен телескоп аркылуу Сатурнду курчаган, калыңдыгы бир нече жүз метрден ашпаган жарым шакектердин үчөө төртөөнү гана көрүүгө болот. Ал шакектер XVII кылымда эле Галилей, Гюйгенс тарабынан ачылган.

1980-жылы автоматтык космостук станция «Вояджер» аркылуу тартылып алынган сүрөттө өтө көп сандаган ичке тилкелүү шакектердин бар экендиги аныкталган (187-сүрөт). Сатурн шакегинин негизги тегиздиги Сатурндун өзүнүн орбиталык тегиздигине карата 29 градуска чейин өзгөрүү менен жантайып, 14–15 жыл убакыт өткөндөн кийин көрүнбөй калган учуру да болот. Ал учурда Жердеги байкоочуга карата шакек кырынан көрүнүп, 10 *м*ге жакын калыңдыкты гана түзөт. Шакектер негизинен миллиарддаган майда бөлүкчөдөн туруп, алардын арасында ири көлөмгө ээ болгон телолор бар экендиги байкалат.



187-сүрөт. Сатурн планетасынын шакектери.

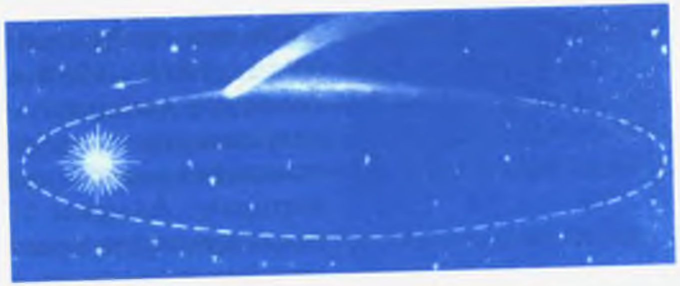
1979-жылы Юпитер планетасынын айланасында да Сатурн планетасы сыяктуу шакектердин бар экендиги биринчи жолу автоматтык станция «Вояджер» аркылуу сүрөтү тартылып алынды. Ал шакектер өтө жука болгондуктан, Жер бетиндеги өтө кубаттуу телескоптор менен да көрүүгө мүмкүн эмес.

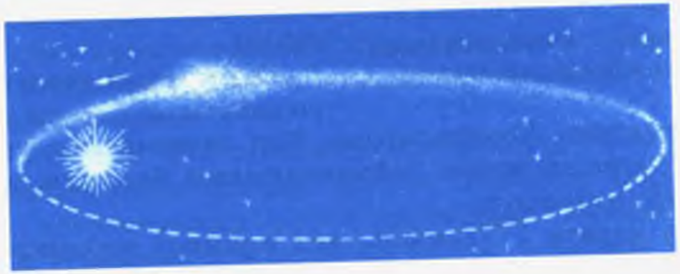
Мындай шакектер 1977-жылы автоматтык станциялар тартып алган Уран планетасынан жана 1986-жылы Нептун планетасынан да табылды. Азыр илимпоз астрономдордун пикири боюнча гигант планеталардын бардыгынын тегерегинде шакектер бар деген жыйынтык чыгарылууда.

? 1. Эмне үчүн Айда атмосфера жок?
2. Айдын картасында «деңиздердин» аттары коюлган. Анда Айдын бетинде суу барбы?
3. Чолпон планетасынын бетинин температурасынын жогору болушун кандайча түшүнсө болот?
4. Айдын бетиндеги чуңкурлар (кратерлер) кандай себептен пайда болгон?
5. Марс планетасынын канча спутниги бар жана алардын физикалык мүнөздөмөлөрү кандай?
6. Эмне үчүн гигант планеталардын спутниктеринин саны көп жана алар кандай заттардан түзүлгөн?
7. Гигант планеталардын шакектери качан аныкталган жана алардын түзүлүшү, көрүнүштөрү кандай?
8. Байкоочу Сатурн планетасынын экваторунан жана уюлунан байкоо жүргүзгөндө, анын шакеги кандай түрдө көрүнөт?

§ 85. КОМЕТАЛАР, АСТЕРОИДДЕР ЖАНА МЕТЕОРИТТЕР

1. Кометалар. Кометалар Күндүн алыскы мейкиндигинен орун алган, борборунда ядросу бар, асман сферасына жакын келгенде гана байкалган Күн системасынын мүчөлөрү. Алардын көпчүлүгү белгилүү орбита менен өтө созулган эллипс боюнча кыймылдашат. Кометалар планеталар сыяктуу гравитациялык тартылуу күчүнүн аракети астында кыймылдашат. Алар жарыкты жана энергияны Күндөн алып, ага жакындаганда ядросунун бууланышынан кометалардын формасы өзгөчөлөнүп, кометанын башы жана куйругу пайда болгондугу байкалат.



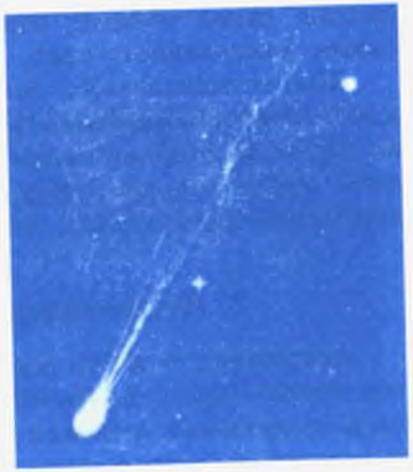


188-сүрөт. Кометалардын метеордук уюктарга айланышы.

Комета Күнгө жакындаган сайын куйругунун өлчөмү чоноюп, Күнгө карама-каршы жакты көздөй багытталат (188-сүрөт).

Англис илимпозу Э. Галлей (1656–1742) мурда ачылган 24 кометанын орбиталарынын элементтерин изилдеген. Алардын ичинен 1531-, 1607- жана 1682-жылдарда көрүнгөн кометалар ар түрдүү комета эмес, ал Күнгө мезгил-мезгили менен кайталанып келүүчү бир эле комета деп түшүндүрүп, анын кезектеги кайталанышы 1758-жылы болоорун алдын-ала айткан.

Чынында эле, Галлей өлгөндөн 16 жылдан кийин комета асман сферасынан көрүнгөн (189-сүрөт). Ошондуктан ал Галлей кометасы деп аталып,



189-сүрөт. Галлей кометасы.

190-сүрөт. Галлей кометасынын ядросу (1986-жыл).

кийинки кайрылып келүүсү 1835-, 1910-, 1986-жылдары болоорун кийинки муундагы астрономдор күтүшкөн. Ушул жылдарда комета кайталанып көрүнгөн. Акыркы 1986-жылкы көрүнүшүндө кометанын ядросу экиге ажыроого жиктелип калгандыгы байкалган (190-сүрөт).

Кометанын кезектеги Күнгө кайрылып келүүсү 2062-жылы күтүлүүдө. Кометалардын Күн системасындагы башка майда телолор менен байланышынын бардыгы дагы бир мүнөздүү өзгөчөлүгү.

Ага карата 1772-жылы чех илимпоз астроному Биэла тарабынан ачылган кометанын Күндү айланып чыгуу мезгили 7 жылга барабар болгондуктан, дайыма айлануу мезгилин сактоо боюнча көрүнүп турган. Бирок бул комета 1846-жылы анын ядросу экиге бөлүнүп, начар көрүнгөн эки кометага айланган.

Кийинки көрүнүү учуру болгон 1856-жылы ал комета такыр көрүнбөй калган. Жоголгон комета 1872-жылы астрономиялык так эсептөөлөрдүн негизинде Жерге «учуучу жылдыздардын» (метеорлордун) жамгырдай жаашы менен байкалган. Ошол убактан бери бул кубулуш 27-ноябрда жыл сайын кайталанып турат.

Жыйынтыктаганда, Биэла кометасы метеордук телолордун уюктарына айланды. Жер шары метеордук уюктун ичине киргенде Жердин тартылуу күчүнүн натыйжасында, уюктагы майда телолор, Жердин атмосферасындагы молекулалар менен кагылышып, метеорлорду пайда кылат.

2. Астероиддер (майда планеталар)

Астрономдор XVIII кылымдын башынан тартып Юпитер менен Марс планеталарынын ортосунан дагы бир планетаны издешкен. Анткени ал учурда планеталардын Күнгө карата аралыктар боюнча жайгашуулары жөнүндөгү Тициус-Боде эрежеси

$$r = 0{,}3 \cdot 2^n + 0{,}4 \quad а.\ б.$$

белгилүү болгон, мында r – астрономиялык бирдик менен туюнтулган планеталардын орточо аралыктары.

Бирок бул орундан чоң планета эмес, 1801-жылы кичине планета Церера табылган. Андан соң ошол эле орундан Паллада, Веста, Юнона деген кичи планеталар (астероиддер) ачылган.

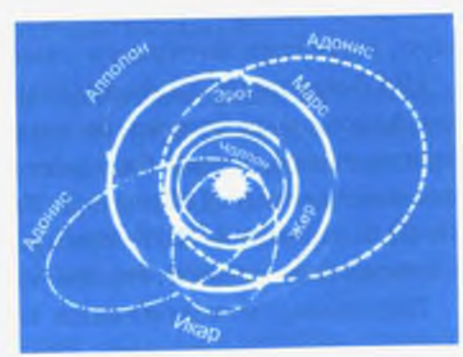
Сүрөткө тартуу ыкмасы пайда болгондон кийин, астероиддердин саны уламдан-улам көбөйө берди.

Азыркы күндө бизге белгилүү болгон 3000ден ашуун астероиддердин орбиталарынын элементтери так эсептелип, алардын 98%ке жакыны Марс планетасы менен Юпитердин ортосунан орун алган.

1991-жылдын 29-октябрында америкалык космостук кеме «Галилео» бар болгону 16 миң километр аралыктан «Гаспар» астероидинин сүрөтү тартылып алынган (191-сүрөт). Ал демейдеги эле астероид болуп, анын чоң жарым огу 2,21 *а. б.* ке барабар болгон. Гаспар астероидинин бетинен өлчөмү 1–2 *км* ди түзгөн чуңкурчалар (кратерлер) аныкталган. Айрым астероиддердин орбитасынын эксцентриситети өтө чоң болгондуктан, алар Марс менен Юпитердин орбитасынын чегинен чыгып да кетишет.

Мындай астероиддердин бири Икар 1968-жылы Жерге өтө эле жакындап келген. Ушул эле сыяктуу көп астероиддер, алсак Гермес, Эрот жана башкалар созулган эллипс формадагы орбитада болуп, Жерге жакындап турушат (192-сүрөт).

191-сүрөт. Гаспра астероиди.



192-сүрөт. Жер орбитасынын аймагына чейин келген астероиддер.

3. Метеориттер

Планеталардын тартылуу күчүнүн таасиринде астероиддердин орбиталары өзгөрүп, алар бири-бири менен кесилишкен абалга чейин барат. Анын натыйжасында астероиддер өзара кагылышып, андан соң быркыроого дуушар болот. Жер бетине түшкөн темир жана таш метеориттер астероиддердин майдаланган сыныктары болуп эсептелет.

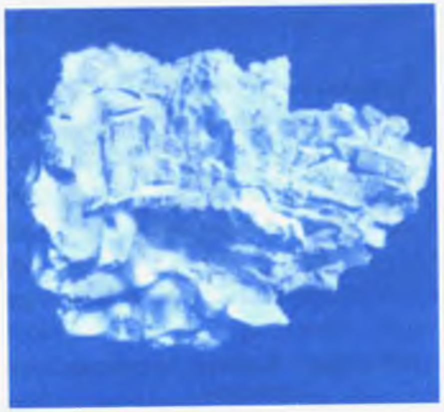
Мындай астероиддердин бөлүктөрү Жердин атмосферасына киргенде жогорку басымдуу күчтүү толкунду пайда кылып, андагы өтө кысылган абанын температурасы ондогон жана жүздөгөн миң *кельвин*ге жетет. Айрым бир метеориттер жогорку ылдамдык менен келип планеталарга түшүп жарылат да, Айдын бетин элестеткен чункурларды (кратерлерди) пайда кылат. Жер бетинде жакшы сакталган өтө чоң чункурлардын бири АКШ дагы Аризон кратеринин диаметри 1200 *м* жана терендиги 200 *м* ге жетет.

Астрономдордун баамдоосуна караганда Жерге түшкөн ал метеориттин массасы 200000 тга жакын болгон.

1908-жылдын 30-июнунда Борбордук Сибирге түшкөн Тунгус метеорити 2000ден ашык чарчы километр жердеги токойлорду талкалап, көп оптикалык, үндүк ж. б. толкундук кубулуштарды пайда кылган. Алсак, пайда болгон толкун жер шарын толук бир айланып чыгып, метеорит түшкөн аймакта 3- жана 4-июлда түн мезгили кадимкидей жарык болуп, китептин бетиндеги тамгалар даана көрүнгөн.

1947-жылдын 12-февралында ыраакы чыгыштын Сихотэ-Алиньск районуна белгилүү Сихотэ-Алинь темир метеорити түшүп, андан бир нече ондогон тонна метеорит заттары жыйналган (193-сүрөт). Таш метеорити 47% кычкылтек, 21% кремний, 16% темир, 14% магний жана 2% башка химиялык элементтерден тураары аныкталган.

Таш-темир метеоритинин курамында 55% темир, 19% кычкылтек, 12% магний, 8% кремний, 5% никель жана 1%ке жакын башка элементтердин бар экендиги далилденди.



193-сүрөт. Темир метеорити.

Темир метеоритинин жаратылышында 91% темир, 8% никель, 0,5% кобальт, жез, фосфор, күкүрт, кремний бар экени билинди.

Азыркы күндө дүйнө боюнча массасы ондогон тоннадан, бир нече граммга чейинки 3000ден ашык метеорит чогултулду. Метеориттер Жер бетине гана түшүп турбастан, башка асман телолорунун бетине да – планеталарга жана алардын спутниктерине, астероиддерге да үзгүлтүксүз түшүп турат.

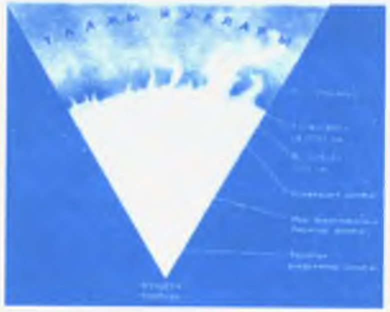
?

1. Астероиддердин көпчүлүгүнүн орбитасы кайсы планетанын орбитасынын ортосунан орун алган?
2. Астероиддер менен метеориттердин ортосунда белгилүү байланыш барбы?
3. Галлей кометасы Күндү канча убакытта бир айланып чыгат?
4. Кометалар менен метеордук уюктун ортосунда байланыш барбы?
5. Метеориттер кандай түргө бөлүнөт? Алардын айрым түрлөрү кандай элементтерден түзүлөт?

§ 86. КҮН – ЭҢ ЖАКЫНКЫ ЖЫЛДЫЗ ЖАНА ТАБИГЫЙ ЖАРЫК БУЛАГЫ

Азыркы убакта 500000ден ашуун жылдыздын спектрлери аркылуу алардын химиялык түзүлүшү жакшы аныкталган. Күн дагы ошол жылдыздардын бири болуп, жылдыздардын спектри (түсү) боюнча *G* классына кирет жана ага окшогон көп жылдыздар бар. Алсак, алардын бири Арабакеч (Возничий) топ жылдызынын өтө жарык жылдызы Капелла.

Бизге жакын турган жылдыз – α Центаврдин аралыгы 270000 а. б. ти түзөт. Ошондуктан ал эң жакынкы жылдыз деп аталат. Күн – Күн системасынын борбордук жана өтө массивдүү телосу. Анын массасы Жерге салыштырганда



194-сүрөт. Күндүн түзүлүш схемасы.

330000 эсе жана бардык планеталарды бирге алганда 750 эсе чоңдук кылат. Так айтканда, Күндүн массасы 2.10^{30} *кг*га, тыгыздыгы 1,41 *г/см*^{3} га барабар. Эркин түшүү ылдамдануусу 274 *м/с*^{2}ты түзүп, радиусу 696000 км же Жер радиусуна салыштырганда 109 эсе чоң.

Температуранын маанисине жана ал аркылуу аныкталуучу процесстердин мүнөзүнө жараша Күндүн катмарын шарттуу түрдө төрт бөлүккө бөлүүгө болот (194-сүрөт).

1. Ички, борбордук бөлүгү (ядросу). Бул жерде басым жана температура ядролук реакциянын жүрүшүн камсыз кылат да, борборунан баштап болжол менен радиусунун 1/3 аралыгына чейин созулат.

2. «Нурдуу» зона борбордук бөлүгүнөн баштап, Күндүн радиусунун 1/3инен 2/3сине чейинки радиустук аралыкты ээлеп, электр-магниттик энергиянын нурланышынын жана жутулушунун натыйжасында энергия катмардан катмарга берилип, сыртка чыгарылат. Мына ушул зона Күндүн жарыгынын табигый булагы болуп саналат.

3. Конвекция зонасы «нурдуу» зонанын жогорку бөлүгүнөн баштап, дээрлик Күндүн көзгө көрүнгөн чегине чейин созулат.

4. Атмосфера, түз эле конвекция зонасынан баштап Күндүн көзгө көрүнгөн фотосферасынын чегинен да алыска кетет.

§ 87. КҮНДҮН ЭНЕРГИЯСЫ

Күн миллиарддаган жылдан бери ар бир секунда сайын өтө чоң энергияны нурлантып чыгарат. Бардык физикалык процесстер сыяктуу эле Күндүн нурлануусу да жаратылыштын негизги закону болгон энергиянын сакталуу жана айлануу законуна баш ийет.

Азыркы учурдун түшүнүгү боюнча, Күндүн жана башка жылдыздардын түпкүрүндө термоядролук реакция процесси жүрөт. Бул реакциянын жүрүшүндө эң чоң энергиянын бөлүнүп чыгарылышы, бир химиялык элементтин экинчи элементке айланышынын натыйжасы болуп саналат. Күндөгү эң негизги элемент – суутек. Күндүн түпкүрүнөн орун алган суутек химиялык биригүү реакциясынын негизинде гелий элементине айланууда чоң сандагы энергия бөлүп чыгарат (§70ты кара). Күн – энергиянын кубаттуу булагы, энергия андан электромагниттик толкун катары рентген, ультракызгылт-көк нурдан радиотолкундарга чейин үзгүлтүксүз чыгып турат. Бул нурлануулар Күн системасындагы бардык телолорго түшүп, алардын атмосферасына таасирин тийгизет жана Жердеги жашоо-тиричиликтин болушу үчүн зарыл болгон жарыкты жана жылуулукту берет.

Күндүн нурлануу кубаттуулугу болжол менен 4.10^{23} *кВт*.

Күндүн энергиясы объективинин фокус аралыгы өтө чоң, көп күзгүлүү, атайын Күнгө ылайыкталып жасалган, Күн телескоптору аркылуу аныкталат.

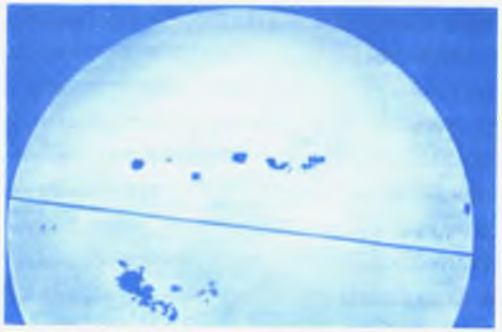
Жердин Күндөн алган энергиясынын агымы болжол менен анын толук энергиясынын 1/2 000 000 000 бөлүгүнө барабар.

§ 88. КҮН БЕТИНДЕ БАЙКАЛУУЧУ АЙРЫМ КУБУЛУШТАР

Күн сферасынын бетинде көп астрономиялык кубулуштарды пайда кылган тактар, көп сандаган данчалар (гранулдар), факелдер жарыгы (от чырак), протуберанцтар, тез жарк этүүлөр жана жарык флоккулдары (муштумчалары) орун алган.

Күндөгү кара такты биринчи жолу Галилей телескоптон көрүп, анын Күндүн көзгө көрүнгөн дискасы боюнча жылгандыгын байкаган. Анын негизинде Күн өз огунун айланасында айланат деген жыйынтык чыгарган.

Тактар туруктуу эмес түзүлүштөр болуп, саны жана формасы үзгүлтүксүз өзгөрүп турат. Адатта Күндөгү кара тактар топ-тобу менен жайланышкан болот.



195-сүрөт. Күн тагы.

Эгер тактар Күн дискасынын четинен орун алса, анда тактын тегерегинде жарык түзүлүштөр көрүнөт. Күндүн дискасынын борборуна жакын жеринен орун алган тактарда мындай жарыктануу көрүнбөйт. Бул жарык түзүлүштөр *факелдер* деп аталат.

Америкалык астроном Дж. Хейл 1908-жылы биринчи жолу Күндүн бетиндеги такты изилдеп, ал орунда магнит талаасынын агымынын бар экендигин аныктаган. Бүгүнкү күндө чоң өлчөмдүү тактардын магнит талаасынын агымы 4500 эрстедке жетээри жогорку тактыкта далилденди. Күн тагынын кайталанышы (цикли) ар бир 100 жылда тогуз жолу же болжол менен 11 жылда тактардын саны кайталанаары байкалат (195-сүрөт).

Өтө чоң өлчөмдөгү тактардын диаметри 100 000 *км*ге жетип, Күндүн жалпы фотосферасынын бетинин температурасынан 1500–2000 *К*ге төмөн болот.

Тескерисинче, факелдердин температурасы фотосферанын бетинин температурасына салыштырганда жогору болот.

Факелдин үстүнөн орун алган хромосферанын температурасы жана тыгыздыгы кыйла чоң болгондуктан ал жарыгыраак көрүнөт. Тактар тобунда бир кыйла өзгөрүүлөр болгондо, хромосферанын чоң эмес бөлүгүнөн, эң оболу күчтүү тез жарк этүүлөр (вспышкалар), андан кийин начар жарк этүүлөр коштолуп турат.

Начар тез жарк этүүлөрдүн убактысы 5–10 *мүнөт*кө созулса, күчтүү тез жарк этүүлөр бир нече саатка жетет. Бул кубулуш тактардын үстүндө болуп, ал эң жогорку энергия бөлүп чыгаруу менен коштолот (10^{25}–10^{26} *Дж*), жарылуу процесси жүрөт. Анын натыйжасында Күн бетиндеги тактар, андагы магнит талаасынын энергиясынан бошонуп, өтө кубаттуу ультракызгылт-көк, рентген жана радионурланууларды пайда кылат. Бул нурлануулар планеталар аралык мейкиндикке таралып, заряддуу бөлүкчөлөрдүн агымын да пайда кылат.

§ 89. КҮН АТМОСФЕРАСЫ

Күн атмосферасы шарттуу түрдө негизинен фотосфера (жарык сфера), хромосфера жана таажы болуп үч катмарга бөлүнөт.

1. Фотосфера. Күндүн жарыктанган сферасынын түздөн-түз байкоого ыңгайлуу болгон бети фотосфера деп аталат. Фотосфера Күн атмосферасынын төмөнкү катмарын түзүп, калыңдыгы 300–400 *км*ге жетет. Бизге жеткен жарык жана жылуулуктар Күндүн түпкүрүнөн чыгып, фотосфера аркылуу бизге жеткирилет. Анын орточо тыгыздыгы 10^{-4} *кг/м*^{3}, 1 *см*^{3} өлчөмдөгү көлөмдө негизинен суутектен турган атомдордун саны 10^{17} даражасына барабар. Фотосферанын температурасы анын тереңине кирген сайын жогорулай берип, орточо 6000 *К*ге жакын. Анын эң жогорку катмарынын температурасы 400 *К*ге жетет.

2. Хромосфера. Күн толук тутулган учурда жакшы байкалган Күн атмосферасынын сырткы катмары хромосфера деп аталат. Хромосфера – түстүү сфера дегенди түшүндүрүп, Күн атмосферасынын фотосферасынын жогорку чеги 400 *км*ден 14000 *км*ге чейин созулган Күн айланасындагы мейкиндик. Күн атмосферасынын жогорку катмарында иондошуу процесси жүрүп, адегенде аз, анан өтө тез өсө баштайт.

3. Күн таажысы. Күн таажысы фотосферадан Күн радиусунчалык өлчөмгө барабар болгон аралыктагы катмардан турат. Анын көрүнүшү Күндүн толук тутулуу учурунда жакшы байкалат. Таажыга астрономдор Күн тутулбаган учурда да хронограф деп аталган атайын деңиз деңгээлинен 2000 *м* бийиктикте жайгаштырылган көп күзгүлүү телескоптор аркылуу байкоо жүргүзө алышат.

Таажынын формасы туруктуу эмес. Анын өзгөрүшү Күн бетиндеги тактардын санына байланыштуу. Күн бетинде тактардын саны көбөйгөндө, таажынын формасы дээрлик тегерек болот (196-*а*, сүрөт). Тактардын саны азайганда же алар

196-сүрөт. Күн таажысы. 1. Күн бетинде тактар көп болгон жылдар.
2. Күн бетиндеги тактар аз болгон жылдар.

такыр эле жок болгондо (196-*б*, сүрөт) таажы Күн экватору боюнча созулган абалда болот.

Күн таажысын түзгөн бардык көрүнүштөрдүн бурчтук ылдамдыгы фотосферанын бурчтук ылдамдыгына барабар болгон айланышты жасайт. Таажылар жалпысынан асман мейкиндигинде алыска созулуп, Күн дискасынын бир нече радиусун түзөт.

Күн бетинен бөлүнүп чыккан айрым плазмалар Күндүн жогорку таажысы деп аталып, Жер орбитасына чейин жетет. Жогорку таажы радиоастрономиялык методдор аркылуу аныкталып, анын өтө алыс аралыкка созулушу далилденген. Мындай Күн таажысы оптикалык телескоптор аркылуу байкалбайт. Күн таажысынын бул түрү ага кирген бөлүкчөлөрдүн жогорку ылдамдыгы жана температурасынын жогору болушу менен түшүндүрүлөт. Таажыдагы газдар дайыма Күндөн чыгып турган плазманын ысык агымын жана Күн шамалын пайда кылат. Хромосферанын, таажынын түзүлүштөрү спутниктердин, орбиталык космос станцияларынын жардамы менен ультракызгылт-көк жана рентген нурларынан тураары аныкталган.

? 1. Күн массасы Жер массасына салыштырганда канча эсе чоң?
2. Күн массасы Күн системасынын массасынын канча процентин түзөт?
3. Күндүн орточо тыгыздыгы канчага барабар жана Жердин орточо тыгыздыгына салыштырганда канча эсе кичине?
4. Күндөн бөлүнүп чыккан энергиянын чоңдугун айтып бергиле.
5. Күн бетинин эффективдүү температурасы деп эмнени түшүнөбүз жана анын сан мааниси канча кельвинге барабар?
6. Күн бетиндеги так менен анын магнит талаасынын агымынын ортосунда кандай байланыш бар?

7. Күн фотосферасын кандайча түшүнөбүз жана анын температурасы тактын, хромосферанын температурасына салыштырганда кандай?

§ 90. ЖЫЛДЫЗДАРДЫН ТЕГИ БОЮНЧА БӨЛҮНҮШҮ

Жылдыздардын теги алардын түсүнө жана температурасына байланыштуу. Жылдыздуу асманга байкоо жүргүзгөндө алардын түсү ар түрдүү экенин көрөбүз. Ысытылган металлдардын түсү боюнча, алардын температурасын баамдаган сыяктуу эле жылдыздардын да түрдүү түстө болушу алардын фотосферасынын температурасынын түрдүүчө экендигинен маалымат берип турат. Күн жана Капелла жылдызынын түсү сары болгондуктан, алардын температуралары 6000 *К*ге жакын. Альдебаран жылдызынын түсү кызгылт болгондуктан, температурасы 3500–4000 *К*ди түзөт. Кызыл жылдыз Бетельгейзенин температурасы болжол менен 3000 *К*ди, өтө «муздак» жылдыздардын температурасы 2000 *К*ди түзөт. Мындай жылдыздардын нурлануусу спектрдин инфракызыл бөлүгүнө туура келет.

Температурасынан күндүкүнөн да жогору болгон жылдыздар бар. Алар: Спика, Сириус, Вега, алардын температурасы 10^4–2.10^4 *К* ге жетет.

Сейрегирээк кездешкен көгүлтүр-ак жылдыздардын температурасы 3.10^4–5.10^4 *К*ге барабар. Бул жылдыздардын түпкүрүндөгү температурасы 10^7 *К*ден ашык.

Демек жылдыздардын спектри бири-биринен өтө кескин айырмаланат. Спектри боюнча жылдыздардын химиялык түзүлүшүн жана атмосферасынын температурасын аныктоого болот.

Бирдей температурадагы жана түстөгү, бирок түрдүүчө жарык чыгаруучулукка ээ болгон жылдыздардын спектрлери жалпысынан бирдей болот. Бул өзгөчөлүктөрдү эске алуу менен жылдыздар теги боюнча бөлүштүрүлөт.

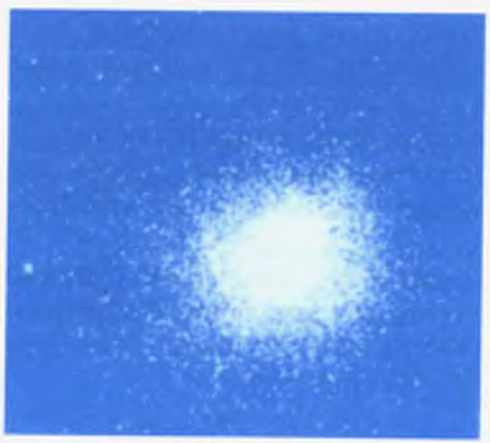
Жылдыздардын алардын спектрлери боюнча класска бөлүштүрүлүшү биринчи жолу XX кылымдын башында Гарвард астрономиялык обсерваториясынын илимпоздору тарабынан ишке ашырылган.

§ 91. ЖЫЛДЫЗДЫК ТОПТОШУУЛАР

Биздин Галактикадагы (Саманчы жолундагы) жылдыздардын саны 10^{12} (триллион). Жылдыздардын түрлөрүнүн ичинен Галактикада массасы боюнча Күн массасынан 10 эсе кичине карликтер өтө көп бөлүгүн түзөт. Ошону менен бирге Галактикада спутниги бар жалгыз жылдыз, кош жылдыздар, гравитациялык тартылуу күчүнө баш ийген бир бүтүн телодой болгон жылдыздардын топтошуулары орун алган. Алардын көпчүлүгүн телескоптун жардамы аркылуу издеп, айрымдарын куралданбаган көз менен да көрүүгө болот. Алсак, Букачар топ жылдызындагы үркөр (Плеяда) жылдыздык топтошуулары. Алар *чачыраган жылдыздык топтошуулар* болуп саналат. Мындай чачыранды топтошуулар азыркы мезгилде минден ашык жана белгилүү туура формасы жок.

Галактиканын ичинде дагы чачыроочу жылдыздык топтошуулардын катарына кирбеген топтошуулар болуп, алар *шар сымал топтошуулар* деп аталат. Бул топтошуулар жалпысынан шар формасында болот. Чачыранды жылдыздык топтошууларда жүз же миндеген жылдыздар орун алса, шар сымал топтошуулар 100 миндеген жылдыздарды камтыйт.

Тартылуу күчү мындай шар формадагы жылдыздык топтошууларды миллиарддаган жылдар бою өзүнө тартып туруу менен, азыр 150дөн ашык шар сымал жылдыздык топтошуулар белгилүү. Андай шар сымал жылдыздык топтолуулардын бири – Геркулес топ жылдызына тушма туш келген топтошуулар (197-сүрөт).



197-сүрөт.
Жылдыздык топтошуулар.

Шар сымал топтошуулардын дагы бир өзгөчөлүгү андан орун алган жылдыздардын дээрлик көпчүлүгү жылдыздар диаграммасынын башкы удаалаштыгынан орун алып, түсү кызыл жана сары болуу менен сверхгиганттар болушат.

Жердин жасалма спутниктерине жайгаштырган телескоптун жардамы менен көп шар сымал топтошууларда рентген нурлануулары бар экени да аныкталды.

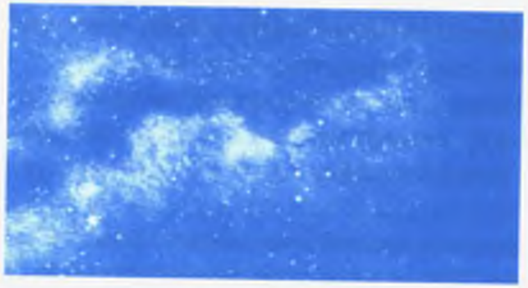
? 1. Жылдыздарга чейинки аралык кандай ыкма менен аныкталат?
2. Астрономияда пайдаланылган аралык бирдиктерин атагыла.
3. Жылдыздар түсү боюнча канча класска бөлүнөт? Алардын айрымдарына мисал келтиргиле.
4. Эмне үчүн Күндүн жана жылдыздардын түпкүрүндө термоядролук реакция күчтүү жүрүп, планеталарда андай кубулуш байкалбайт?

§ 92. ГАЛАКТИКА

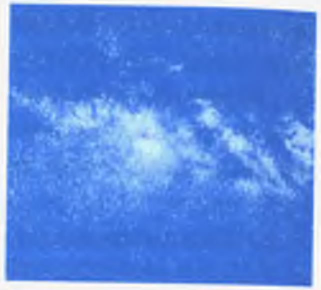
1. Саманчынын жолу

Саманчынын жолу биздин Күн системабыз жайгашкан Галактиканын көп бөлүгүн түзгөн асмандан көрүнгөн чоң алкак. Айрым учурда Саманчынын жолун биздин Галактиканын өзү деп туура эмес түшүнүшөт.

Ал асман сферасынын түндүк жарым шарында Эгиздер, Букачар, Арабакеч (Возничий), Көөкөр (Кассиопея), Цефей, андан соң Бүркүт топ жылдызынан эки тармакка ажырап, анын бир тармагы түштүк жарым шарына өтөт. Ал учурда Саманчынын жолунун бир бөлүгү Калкан, Жаачы (Стрелец), Чаян, Центаврь, Түштүк крест, Кил, Парус, Тайган топ жылдыздарына туш келет. Саманчынын жолунун аймагы ушуну менен эле чектелбестен, асман сферасында кайра түндүк жарым шарына өтүп, Орион жана Эгиздер топ жылдызына тушма-туш келип, сүттөй ак түстүү тилке болот (198–199-сүрөттөр).



198-сүрөт. Саманчынын жолунун куралданбаган көз менен көрүнүшү.



199-сүрөт. Саманчынын жолунун Жаачы (Стрелец) топ жылдызынын тушунан көрүнүшү.

2. Биздин Галактика

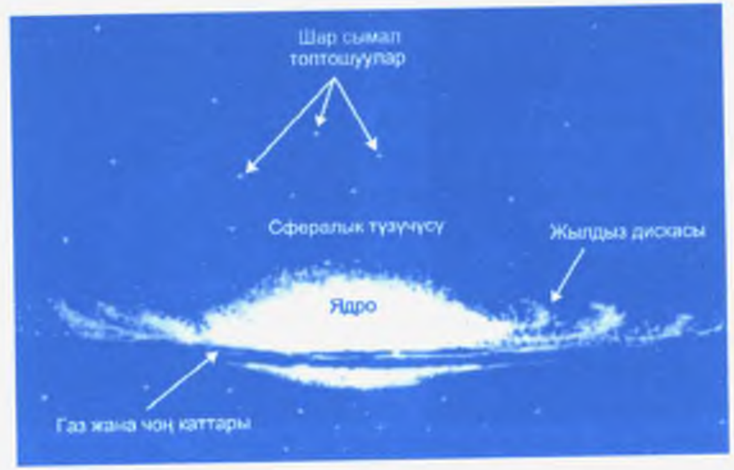
Биз көпчүлүк жылдыздарды Саманчынын жолунун аймагынан көрөөрүбүздү жогоруда түшүндүрдүк. Бирок Саманчынын жолу да биздин Галактикага кирет. Галактиканын курамына топ жылдыздар, жылдыздык топтошуулар, диффузиялык газ-чаң тумандуулуктар, бозомук чаң тумандуулуктар, Планетардык жана Крабсымал тумандуулуктар, жарык булутчалары менен чектелген «Ат башы» караңгы тумандуулуктары кирет.

Жылдыздык топтолушуулар чачыранды жана шар формада болору §95 та түшүндүрүлүп, көрүнүшү боюнча 197-сүрөттө чагылдырылган.

Галактика грек тилинен кыргызчага которгондо «сүт» дегенди билдирет. Галактикадагы жылдыздардын жалпы саны астрономдор тарабынан 10^{12} (триллион) дон ашуун деп белгиленүүдө.

Галактиканын өлчөмүн өтө алыс аралыктан жакшы көрүнгөн жана анын ичинен орун алган, атайын жарык жылдыздардын жардамы аркылуу гана аныктоого болот. Мындай жылдыздарга цефеиддер менен өтө чоң гиганттар кирет.

Галактиканын диаметри болжол менен 30 000 *пк*. 1 парсек (*пк*) жылдык параллакстын 1 секундасына туура келген аралык. 1 ж.ж. = 0,3067 *пк* ти же 100 000 жарык жылын түзөт, бирок анын өтө так чеги жок. Галактикадагы жылдыздардын тыгыздыгы ортосунан акырындык менен азайып аны чеги жок деп эсептөөгө болот.

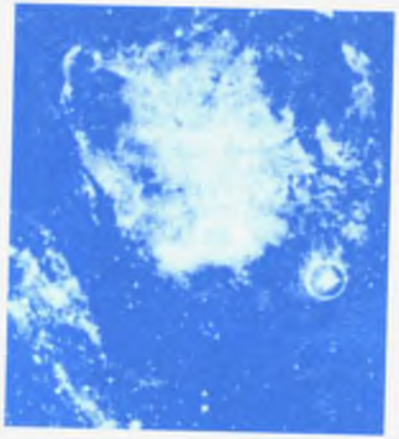


200-сүрөт. Галактиканын түзүлүш схемасы.

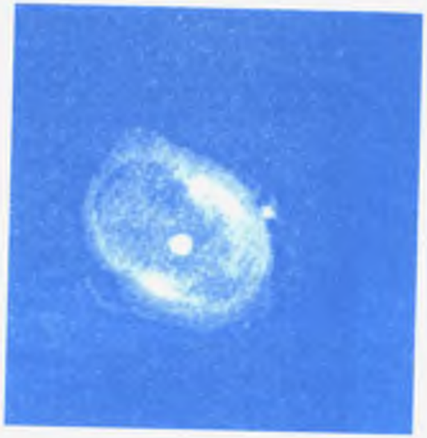
Галактиканын борборунда диаметри 1000–2000 *пк* болгон ядро жайгашкан. Ал ядро жылдыздардын өтө тыгыз жайгашкан топтошууларынан турат. Ал бизден дээрлик 10 000 *пк* (30 000 ж. ж.) аралыкта болуп, ага Жаачы (Стрелец) топ жылдызы тушма-туш келет (200-сүрөт).

Галактиканын ядросунун түзүлүшүндө көптөгөн кызыл гиганттар жана кыска мезгилдүү цефеиддер бар. Башкы удаалаштыктын жогорку бөлүгүнөн орун алган, температурасы эң жогору өтө чоң гиганттар жана классикалык цефеид жылдыздары болуп саналат. Алар борбордон алыс жайгашат да салыштырмалуу жука катмарды же дисканы түзөт. Бул дискадагы жылдыздардын арасында газ-чаң тумандуулуктар жайгашкан. Эгер газ-чаң тумандуулукка өтө чоң жарык жылдыз жакыныраак жайгашса, анда ал ошол тумандуулукту жарыктандырат. Тумандуулук жарык болуп көрүнөт. Мындай тумандуулуктун спектри аны жарыктандырган жылдыздын спектри менен дал келет.

Газ-чаң тумандуулукту өтө ысык жылдыздар жарыктантса (температурасы 2000–3000 *К*ден кем болбогон), анда жылдыздын ультракызгылт-көк нурлануусу тумандуулуктагы суутек менен башка газдарды иондоштуруп, аны жаркыроого мажбур кылат. Газ ультракызгылт-көк нурду жутат да,



201-сүрөт. Орион топ жылдызынын тушундагы диффузиялык тумандуулук.

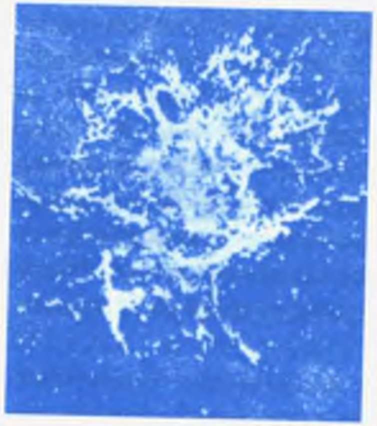


202-сүрөт. Лира топ жылдызынын тушундагы планетардык тумандуулугу.

спектрдин түрлөрүн: кызыл, жашыл ж. б. сызыктарын нурлантат.

Мындай жаркыраган тумандуулуктар диффузиялык газ тумандуулуктары деп аталат. Ысык жылдыз кокусунан суунуп өчсө, ошол замат тумандуулуктун жаркырактыгы да өчөт.

Мындай типтеги тумандуулук Орион топ жылдызынын тушунан орун алган (201-сүрөт). Жерден ага чейинки аралык 500 *пк*, массасы болжол менен Күн массасынан 100 эсеге жакын чондук кылат.



203-сүрөт. Крабсымал тумандуулук.

Тумандуулуктун өзгөчө дагы бир түрү болуп планетардык тумандуулук эсептелет (202-сүрөт). Бул тумандуулук көп жылдыздар үчүн законченемдүү болуп эсептелген, өзүнүн өнүгүшүнүн белгилүү бир стадиясында жылдыздардын түпкүрүнөн атылып чыккан жарык чыгарган газ катмары. Ал тумандуулуктар Күн системасындагы планеталарды элестеткендиктен планетардык тумандуулуктар деп аталат.

Дагы бир өтө чоң эмес Крабсымал тумандуулуктун көрүнүшү жана анын тарыхы өзгөчө кызык (203-сүрөт). Бул тумандуулук 1054-жылы Букачар топ жылдызына тушма-туш келген өтө жаңы (сверх жаңы) жылдыздын жарылышынын калдыгы экендигин илимпоздор так аныкташты. Крабсымал тумандуулуктун жашы 950 жылды түзөт. Ал тумандуулук бизден 1500 *пк* аралыкта жайгашып, диаметри 1 *пк*, массасы 0,1 Күн массасына барабар экендиги далилденди. Ал тумандуулук азыркы учурда 1000 *км/с* ылдамдык менен кеңейүү абалын өткөрүп жатат.

Крабсымал тумандуулуктун дагы бир өзгөчөлүгү ал оптикалык тилкедеги нурланууну гана пайда кылбастан, радионурлануунун, рентген жана гамма-квант нурланууларынын булагы болуп да саналат. Ал тумандуулуктан 1969-жылы пульсар нурлануусу да табылган.

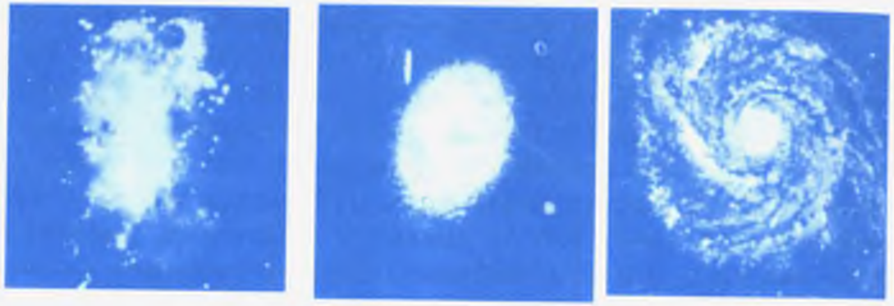
Пульсар өтө күчтүү өзгөрмө магнит талаасына ээ болуп, андагы электрондордун ылдамдыктарын жогорулатып, тумандуулуктан ар түрдүү толкун узундуктагы электрмагниттик толкундардын булагын пайда кылат. Ал электрмагниттик толкун булагына радиотелескопторду багыттоо менен тумандуулуктун көп физикалык касиеттерин жана анын законченемдүүлүктөрүн аныктай алабыз.

§ 93. ААЛАМДЫН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ЭВОЛЮЦИЯСЫ ЖӨНҮНДӨГҮ АЗЫРКЫ КӨЗКАРАШТАР

1. Башка Галактиктер

XX кылымдын башында асмандын айрым бөлүктөрүнөн телескоп аркылуу көрүнгөн тумандуу тактар, биздин Галактикадан сырткары орун алган галактикалар экендиги аныкталган. Алар *галактиктер* деп аталып, ар бири миллиарддаган жылдыздардан тураары аныкталды.

Күн системасынан өтө алыскы аралыкта жайгашкан бул дүйнөнү куралсыз көз менен көрүүгө дээрлик мүмкүн эмес. Бирок өтө кубаттуу телескоптор пайда болгондон бери адам баласына Ааламдын жашыруун сырлары ачылып, анда миллиарддаган галактиктер орун алаары белгилүү болду. Галак-



204-сүрөт. Галактиктердин негизги түрлөрү:
а – туура эмес; *б* – эллипстик; *в* – спиралдык.

тиктер дүйнөсүн астрономиянын бир бөлүгү болгон *галактикадан сырткары астрономия* үйрөтөт.

Көз менен көрүнбөгөн микродүйнөдөгү элементардык бөлүкчөлөрдүн физикасы сыяктуу галактикадан сырткары астрономия бизден өтө алыс жайгашкан, куралсыз көз менен көрүүгө мүмкүн болбогон жана үзгүлтүксүз кеңейүү абалында болгон Аалам жөнүндөгү космос объектилерин үйрөтөт.

Сырткы көрүнүшү боюнча галактиктер жалпысынан эллипс, спираль жана туура эмес формада болуп үчкө бөлүнөт (204-сүрөт).

Эллипстик галактиктер түрдүү формадагы кысылыштарга ээ болуп эллипсоид формасын алат. Ал галактиктер гигант жана карликтер түрүндө Ааламдан кездешип, бардык галактиктердин төрттөн бир үлүшүн түзөт. Бул галактиктер жалпы түзүлүшү боюнча эң жөнөкөй. Жылдыздардын жайланышы анын борборунан алыстаган сайын саны азая берет.

Спиралдык галактиктер жалпы галактиктердин өтө көбүн түзөт. Буга биздин Галактика жана Андромеда (М–31) гигант тумандуулугу кирет (205-сүрөт).

Андромеда куралсыз көз менен көрүнгөн аз сандагы галактиктердин эң жакшы байкалганы. Спиралдык галактиктер Күн массасынын 10^9–10^{12} даражасындагы массасын түзөт.

Туура эмес галактиктердин борборунда ядросу жок болуп, анын түзүлүшүндөгү ирettүү законченемдүүлүктү аныктоо өтө кыйын. Жер шарынын түштүк жарым шарында жашаган адамдар куралданбаган көз менен туура эмес галактиктердин катарына кирген Чоң жана Кичи Магеллан булутчаларын көрө алышат. Алар биздин Галактиканын спутниктери болуп саналат. Магеллан булутчаларынын массасы жана өлчөмү биздин Галактикага салыштырганда алда канча кичине.

205-сүрөт. Андромеда топ жылдызынын тушундагы М–31 спиралдык Галактика жана анын спутниги эллипстик галактик (оң жактагы жогорку).

Ааламда эллипстик, спираль жана туура эмес формадагы галактиктерден башка да галактиктер болушу мүмкүн. Алсак, алардын бири өзара аракеттешүүчү галактиктер. Алар көп учурда бири-бирине жакын жайгашып, жарык чыгаруучу материя «көпүрө» аркылуу байланышып, бири экинчисине кирип да турат.

2. Метагалактика

Галактиктер да жылдыздар тобу сыяктуу топ-тобу менен жайгашканы байкалат. Алсак, биздин Галактика Чоң жана Кичи Магеллан булутчалары жана 20га жакын Галактиканын спутниктеринен турган системаны түзөт. Алар эселенген галактиктер болуп, өз айланасындагы бир нече спутниктери менен бирге Андромеда тумандуулугун ичине алат.

Биздин Галактика жана Андромеда тумандуулугу галактиктердин жергиликтүү системасын түзүп, өлчөмү миндеген парсекке барабар болот. Жергиликтүү группа өтө чоң эмес системаны түзүп, анын ичине жүз жана миңдеген галактиктер кирип, галактиктердин топтошууларын түзөт.

Бизге жакын жайгашкан галактиктер топтошуулары Бийкеч топ жылдызына тушма-туш келип, жүздөгөн ири га-

лактиктерди камтыйт. Бул Галактиктик система бизден 20 *мпк* аралыкта жайгашып, анын диаметри 6 *мпк*ке барабар. Өтө ири Галактиктик топтошуулар Волос Вероники, Түндүк Таажы, Геркулес ж. б. топ жылдыздарга туш келет.

Галактикадан тышкары астрономиялык байкоодон, диаметри 50 *мпк*ке барабар болгон 10 миң чамасындагы галактиктердин жергиликтүү жогорку топтошуулары бар экендиги аныкталды. Ал жогорку топтошуучу галактиктердин борбору Бийкеч топ жылдызына туш келет.

Андан башка бир нече ондогон Галактиктердин жогорку топтошуулары аныкталып, алардын экөө бизге жакын жайгашып 100 мпк аралыктан орун алган. Ошентип, Ааламдын курамына ар түрдүү убакыт деңгээлинде атомдун ядросунан баштап, галактиктердин гиганттык жогорку топтошууларына чейинки системалар кирет.

3. Метагалактика жана анын кеңейиши

Азыркы мезгилдеги астрономиялык байкоонун жыйынтыгы боюнча чексиз Ааламдын бир бөлүгү Метагалактика же биздин Аалам деп аталат. Биздин Аалам түшүнүгү жалпы Ааламдан айырмаланып, азыркы мезгилдеги пайда болгон өтө кубаттуу телескоп аркылуу байкоого мүмкүн болгон Ааламдын бир бөлүгү болуп эсептелет. Метагалактикадагы галактиктердин арасындагы мейкиндиктер да өтө сейректелген газ, аларды аралап өткөн космос нурлары, андагы гравитациялык жана электрмагниттик талаалар орун алган болот. Өтө алыскы метагалактикалык объекттерден жарык бизге миллиард жылда жетет. Азырынча бизге белгилүү болбогон башка дагы метагалактикалардын жашашы мүмкүн.

1929-жылы америкалык астроном Э. Хаббл кызыктуу законченемдүүлүктү ачып, көптөгөн галактиктердеги спектр сызыктары кызыл түстү карай жылышын байкаган. Спектрлердин жылыш өлчөмү галактиктердин бизден алыстап жайланышына байланыштуу экени аныкталды. Бул кызыктуу физикалык кубулуш *кызыл жылыш* деп аталат.

Астрономдор кызыл жылыш законченемдүүлүгүнүн негизинде, биз менен башка галактиктер арасындагы аралык үзгүлтүксүз чоңоюуда болоорун жыйынтыкташты. Натыйжада, Метагалактиканы түзгөн бардык галактиктер өзара бири-биринен алысташат. Мындан каалаган башка Галактикада жайгашкан байкоочу, биз сыяктуу эле кызыл жылышты көрүшү мүмкүн.

Метагалактиканын кеңейишинин ачылышы Метагалактика өткөн байыркы мезгилдерде башкача болуп, азыркы учурдагы абалы, көп убакыт өткөндөн кийин, ал дагы таптакыр башкача болоорун далилдеди.

Кызыл жылыш боюнча галактиктердин алыстоо ылдамдыгы аныкталган. Кээ бир галактиктердин алыстоо ылдамдыгы өтө жогору болуп, жарык ылдамдыгына салыштырмалуу болгон.

Өтө жогорку ылдамдыкка, айрым учурда 250 000 *км/с* тан ашкан, бизден эң алыскы аралыкта жайгашкан Метагалактикага кирген квазарлар ээ болушат.

? 1. Жылдыздардын чачыранды топтошуулары шар сымал топтошуулардан кандайча айырмаланат?
2. Саманчынын жолу жылдыздардан тураарын кантип далилдөөгө болот?
3. Биздин Галактиканын борбору кайсы топ жылдызга туш келет?
4. Жылдыздар арасында чандардын болушун кайсы байкоонун негизинде айтууга болот?
5. Көрүнүшү боюнча Галактиктерди жылдыздык топтошуулардан кантип ажыратууга болот?
6. Бизге жакын жайгашкан жана куралсыз көз менен байкалган галактиктер кайсылар?
7. Биз куралсыз көз менен Андромеда тумандуулугун жакшы көрө алабыз. Ал мындан 2 миллион жыл мурда кандай абалда болгон?
8. Биздин Галактика галактиктердин кайсы тибине кирет?

▲ 1. Санкт-Петербургдагы Исаак соборунун имаратына орнотулган маятниктин узундугу 93 *м*. Маятниктин термелүү мезгилин жана жыштыгын аныктагыла.

2. Рефрактордук телескоптун объективинин фокус аралыгы 4 *м*, анын окулярынын фокус аралыгы 20 *мм*ге барабар. Телескоптун чоңойтушун аныктагыла.

3. Марстын синодикалык айлануу мезгили 780 суткага, Жердин сидерикалык мезгили 365,3 суткага барабар болсо, Марстын сидерикалык айлануу мезгилин аныктагыла.

4. Планетанын синодикалык мезгили 3 жылга, Жердин сидерикалык мезгили 365,3 суткага барабар болгондогу ал планетанын сидерикалык мезгилин аныктагыла.

5. $r = 0{,}3 \cdot 2n + 4$ Тициус-Боде эрежесине $n = 0,\ 1,\ 2$ маанилерин койгондо кайсы планеталардын аттары белгилүү болот?

6. Галлей кометасы акыркы жолу 1986-жылы көрүнгөн. Анын кийинки көрүнүшү кайсы жылы болот?

7. Күн батканда батышта комета турганын байкайбыз. Анын куйругу горизонтко карата кандай багытталган?

8. Галактиканын кызыл жылышынын негизинде аныкталган ылдамдыгы $\vartheta = 200\ \frac{км}{с}$ жана Хаббл турактуулугу $H = 100 \frac{км}{с \cdot мпс}$ ке барабар болгон учурдагы анын аралыгын аныктагыла.

9. Аралыгы $D = 2000$ *мпс*, Хаббл турактуулугу $H = 100 \frac{км}{с \cdot мпс}$ ке барабар учурдагы, кызыл жылышка туура келген Галактиканын алыстоо ылдамдыгын аныктагыла.

10. Жылдыздын 1 *пк* аралык бирдигин а. б. (астрономиялык бирдигине) жана ж. ж. (жарык жылына) айландыргыла.

11. Орточо тыгыздыгы $\bar{\rho} = 5 \cdot 10^3\ \frac{кг}{м^3}$ барабар болгон жер шарын Ак Карлик жана Нейтрон жылдызынын тыгыздыгына жеткириш үчүн, аны канча өлчөмгө кысуу керек?

12. Жылдыздык нурлануудагы максималдуу толкун узундугунун чоңдугу $\lambda_{max} = 0{,}1 мкм$ ге барабар. Винн законун колдонуп, анын температурасын аныктагыла.

13. Эгер кызыл өтө чоң Гиганттын диаметри Күн диаметринен 3000 эсе, ал эми массасы Күн массасынан 30 эсе чоң болсо, анда анын орточо тыгыздыгы кандай?

14. Алыскы галактиктердин спектр сызыктарынын жылышуусу алардын алыстоо ылдамдыгы болгон 15000 *км/с* чоңдугуна дал келет. Ага чейинки аралык канча?

ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШТЕР

№ 1 ИШ. ЭЛЕКТР-МАГНИТТИ ЧОГУЛТУУ ЖАНА АНЫ СЫНОО

Иштин максаты: даяр тетиктерден электрмагнит чогултуу жана анын магниттик аракети эмнеге көзкаранды экенин тажрыйбада текшерүү.

Куралдар жана материалдар: элементтер батареясы, реостат, ажыраткыч, туташтыруучу зымдар, компас, электрмагнитти чогултуучу тетиктер

Ишти аткарууга көрсөтмөлөр

1. Батарея, катушка, реостат жана ажыраткычтарды удаалаш туташтырып, электр чынжырын чогулткула. Чынжырды туюктап, компастын жардамы менен катушканын магнит уюлдарын аныктагыла.

2. Компасты катушканын огу боюнча жылдыргыла. Катушканын магнит талаасы компаска аракет этпей калган аралыкка токтоткула. Катушкага темир өзөкчө кийгизип, электрмагниттин компаска тийгизген таасирин байкагыла. Жыйынтык чыгаргыла.

3. Реостаттын жардамы менен катушкадагы ток күчүн өзгөртүп, электрмагниттин магнит жебесине жасаган аракетин байкагыла. Жыйынтык чыгаргыла.

4. Даяр тектиктерден така түрүндөгү магнит даярдагыла. Электрмагниттин катушкаларынын бош учтарында түрдүү магнит уюлдары пайда болгондой кылып, аларды бири-бирине удаалаш туташтыргыла. Уюлдарды компастын жардамы менен текшергиле. Магниттин түндүк жана түштүк уюлдарын компас менен аныктагыла.

№ 2 ИШ. ТУРАКТУУ ТОКТУН ЭЛЕКТР КЫЙМЫЛДАТКЫЧ КҮЧҮН ОКУП-ҮЙРӨНҮҮ

Иштин максаты: туруктуу токтун электр кыймылдаткычынын түзүлүшү жана анын негизги бөлүктөрү менен окуучуларды тааныштыруу.

Куралдар жана материалдар: жаа түрүндөгү магнит, жарым шакектүү контактысы бар электр кыймылдаткычынын кыймылдуу бөлүгү, щеткалар, жыгач койгучу, подшипниктер, ток булагы, туташтыруучу зымдар

Ишти аткарууга көрсөтмөлөр

1. Электр кыймылдаткычын чогулткула.

2. Кыймылдаткычты ток булагына туташтырып, аны кыймылга келтиргиле. Эгер кыймылдаткыч иштебесе, себебин таап, аны оңдогула.

3. Чынжырдагы токтун багытын өзгөртүп, электр кыймылдаткычынын кыймылдуу бөлүгүнүн айлануу багытын өзгөрткүлө.

№3 ИШ. ЭЛЕКТР ТОГУНУН МАГНИТТИК КАСИЕТИН ҮЙРӨНҮҮ

Иштин максаты: электр тогунун айланасында магнит талаасынын болушун, токтун магнит жебесине жасаган аракетин, электр тогу менен магниттин өзара аракетин байкоого арналган тажрыйбаларды жасоого көнүгүү, алардын мазмунун, практикалык колдонулушун түшүнүү.

Куралдар жана материалдар: ток булагы, ВС–24 М түзөткүчү, туруктуу магниттер, магнит жебеси, Эрстед тажрыйбасын жасоого арналган түзүлүш, өткөргүч зымдар, электр чынжырын ажыраткыч, ар кандай өлчөмдөгү мыктар, кнопка, ийне, жеңил шайба, штатив, ичке жип ж. б.

Ишти аткарууга көрсөтмөлөр

1. Жүз же жүз элүүнчү *мм* өлчөмүндөгү мыкка изоляциясы бар ичке жез зымынан ороп, ага ВС-24М түзөткүчү аркылуу ток жибергенде, мык өзүнө майда мыктарды, кнопка, шайба ж. б. майда тетиктерди тартат. Бул кубулушту түшүндүргүлө.

2. Эрстед тажрыйбасын демонстарциялоонун өзүңөр түзгөн ар кандай вариантын сунуш кылгыла. Тажрыйбага керек болуучу түзүлүштү жасоого аракет жасагыла.

3. Магнит менен тогу бар катушканын өзара аракети. Түз магнитти штативге горизонталь багытта бекиткиле. Магнит менен катар ичке узун жипке илинген катушканы жайгаштыргыла (Катушканы калыңдыгы 0,3 *мм* болгон зымдан жасап алса болот. Оромонун саны болжол менен 200. Диаметри 7 *см*). Катушканын оромолорун магнитке перпендикуляр жайгаштыргыла да, ал аркылуу ВС-24 *М* түзөткүчү менен 1,5 *А* туруктуу ток өткөргүлө. Алгач катушка магниттен түртүлүп, кайра айланат да магнитке кийгизилип калат. Кубулуштун себебин түшүндүргүлө.

4. Диаметри 0,2–0,25 *мм* изоляцияланган ичке жез зымынан бош түрмөк жасагыла. Түрмөктүн учтарына ажыраткыч аркылуу ВС–24*М* түзөткүчүнөн 8–10 *А* ток жибергиле. Чынжырды туюктаганда түрмөктүн зымдары бири-бирине кысылат, ал эми чынжырды ажыратканда мурдагы абалына келет. Кубулуштун себебин түшүндүргүлө.

№4 ИШ. АЙНЕКТИН СЫНУУ КӨРСӨТКҮЧҮН АНЫКТОО

Иштин максаты: айнектин сынуу көрсөткүчүн лабораториялык жол менен аныктоого үйрөтүү.

Куралдар жана материалдар: калыңдыгы 1–1,5 *см* тунук айнек пластинкасы, сызгыч, транспортир, ийне (2 даана), ак барак.

Ишти аткарууга көрсөтмөлөр

1. Ак баракты алып, анын жогорку оң жак бурчуна аты-жөнүнөрдү, классыңарды жазгыла.

2. Кагаздын бетине өзара перпендикуляр болгон сызык чийгиле. Сызыктардын кесилишкен чекитин *О* тамгасы менен белгилегиле.

3. Калың айнек пластинкасын горизонталь сызык боюнча, ортосу *О* чекитине туура келгендей кылып, кагаздын бетине койгула.

4. Перпендикуляр сызыктын үстүнүн сол жак бөлүгүнө перпендикуляр менен каалагандай бурч түзгүдөй сызык жүргүзүп, анын жогорку чекитине бир ийнени сайып койгула.

5. Айнек пластинканын ылдыйкы бөлүгүнөн биринчи ийнени карап, түшүүчү сызыктын уландысына экинчи ийнени сайып койгула.

6. *О* чекитин экинчи ийне сайылган чекит менен туташтыргыла.

7. Түшүү бурчун α, сынуу бурчун γ тамгалары аркылуу белгилеп, алардын чоңдугун транспортир менен өлчөгүлө.

8. $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$ формуласы боюнча айнектин сынуу көрсөткүчүн аныктагыла.

9. Айнектин, суунун сынуу көрсөткүчүн аныктоонун башка жолун ойлонуп көргүлө.

5-ИШ. ТОМПОК ЛИНЗАНЫН ЖАРДАМЫНДА СҮРӨТТӨЛҮШТҮ АЛУУ

Линзанын фокус аралыгын жана оптикалык күчүн аныктоо

Иштин максаты: чогултуучу линзанын жардамы менен сүрөттөлүштү алуунун ар кандай жолдорун үйрөнүү. Линзаны мүнөздөөчү негизги чондуктарды аныктоо, алардын өзара көзкарандылыгын үйрөнүү.

Куралдар жана материалдар: чогултуучу линза, экран, тике жылчыгы бар калпак кийгизилген лампочка, батарея же башка ток булагы, узун сызгыч же ченөөчү тасма.

Иштi аткарууга көрсөтмөлөр

1. Линзанын жардамы менен экранда терезенин сүрөттөлүшүн алгыла. Линзадан экранга чейинки аралыкты өлчөгүлө. Ал болжол менен линзанын фокус аралыгына барабар.
2. Линзанын оптикалык күчүн аныктагыла.
3. Лампочканы ток булагына туташтырып, анын калпагындагы тик жылчыкчанын экрандагы сүрөттөлүшүн алгыла.
4. Лампочканы линзадан ар кандай аралыкта жайгаштырып, сүрөттөлүштөрдүн мүнөзүн аныктагыла. Аралыктын өлчөмү төмөнкүдөй болушу мүмкүн: 1) $d < F$; 2) $d = F$; 3) $F < d < 2F$; 4) $d > 2F$.
5. Линза менен буюмдун жогорудагы жайланыштары жана ал учурлардагы сүрөттөлүштү алуунун жолдорунан мисалдар келтиргиле. Алар кайсы куралдарда колдонулаарын айтып бергиле.

ЖООПТОР

III глава. 3. 100 *Гц*. **4.** $\frac{1}{4}$Т , 90⁰. **7.** 17 *м*. **8.** $9\cdot10^7$ *км*. **9.** ≈8 *мин*. 18 *сек*. **11.** 3 *м*.

V глава. 2. 4 *м*, 2 *м*, 1 *м*. **3.** 180⁰. **4.** min. **5.** max. **6.** дифракция, чагылуу, түз сызыктуу таралуу. **7.** ультракызгылт-көк, толкун узундугу кичине.

VI глава. 1. 14, 16, 56 массанын атомдук бирдиги. **5.** $2,4\cdot10^{15}$ *Гц*. **6.** $1,3\cdot10^{-7}$ *м*.

VII глава. 2. терс зарядын жоготуп, оң зарядка ээ болот. **4.** $6,63\cdot10^{-19}$ *Дж* (байкалбайт). **5.** $2,5\cdot10^{-19}$ *Дж*.

VIII глава. 1. массасы 27 эсе, заряды 39,5 эсе. **2.** протон. **5.** $\approx3,9\cdot10^{26}$ *Дж*.

IX глава. 1. 20 *сек*. **2.** 200 эсе. **3.** 688 сутка. **4.** 3/4 жыл же 3/2 жыл. **5.** Меркурий, Чолпон, Жер. **6.** 2062-жылы. **7.** Күнгө карама-каршы. **8.** 20 *мпс*. **9.** 200 000 *км/с*. **10.** 206265 а. б. же 3,26 ж. ж. **11.** 236 *км* 236 *м*. **12.** 30 000 *К*. **13.** $1,5\cdot10^{-3}$ *кг/м*³. **14.** 15 *мпк*.

МАЗМУНУ

Киришүү 3

I глава
Магнит кубулуштар 5

§ 1. Магнит. Магнит талаасы 5
§ 2. Жердин магнит талаасы 9
§ 3. Эрстед тажрыйбасы. Токтун магнит талаасы 11
§4. Магниттик күч сызыктар.
Түз өткөргүчтөгү токтун магнит талаасы 13
§ 5. Тегерек өткөргүчтөгү токтун магнит талаасы 16
§ 6. Электр-магнит жана алардын колдонулушу 19
§ 7. Тогу бар өткөргүчкө жана заряддалган бөлүкчөгө магнит талаасынын таасири 21

II глава
Электр-магниттик индукция. Өзгөрмө ток 25

§ 8. Электр-магниттик индукция кубулушу.
Фарадей тажрыйбалары 25
§ 9. Индукциянын электр кыймылдаткыч күчү.
Ленц эрежеси 28
§ 10. Өзгөрмө ток. Өзгөрмө токтун генератору 33
§ 11. Өзгөрмө токтун трансформатору 36
§ 12. Өзгөрмө токту аралыкка берүү 38
§ 13. Электр кыймылдаткычы жана аны колдонуу 40

§ 14. Электр куралдары менен иштөөдө
коопсуздукту сактоо 44
§ 15. Кыргызстанда электр энергиясын өндүрүү 45

III глава
Электр-магниттик термелүүлөр жана толкундар 50

§ 16. Термелүү кыймылы.
Термелүү мезгили жана жыштыгы 50
§ 17. Термелүүнүн амплитудасы жана графиги 52
§ 18. Термелүү фазасы 53
§ 19. Нерсенин термелүү кыймылынын энергиясы 55
§ 20. Толкун. Толкун узундугу 56
§ 21. Толкундун таралышы.Гюйгенс принциби 59
§ 22. Термелүү контуру 60
§ 23. Термелүү контурунда заряддардын
термелеши 61
§ 24. Ачык термелүү контуру 63
§ 25. Герц тажрыйбалары. 65
Электр-магниттик толкунду нурлантуу 65
§ 26. Электр-магниттик толкундун колдонулушу 67

IV глава
Жарык кубулуштары 71

§ 27. Жарык булактары. Жарыктын таралышы 72
§ 28. Жарыктын чагылуусу. Чагылуу закону 74
§ 29. Жалпак күзгү. Жалпак күзгүдөгү сүрөттөлүш 78
§ 30. Жарыктын сынышы. Сынуу закондору 80
§ 31. Жарык нурунун үч бурчтуу призма
аркылуу өтүшү 83
§ 32. Линзалар. Линза аркылуу нурдун өтүү жолу 85
§ 33. Линзанын фокусу жана оптикалык күчү 88
§ 34. Линзанын жардамы менен нерсенин 92
сүрөттөлүшүн алуунун жолдору 92
§ 35. Көз, анда жүрүүчү оптикалык кубулуштар 96

V глава

Жарыктын толкундук касиеттери 101

§ 36. Когеренттүү толкун булактары 101
§ 37. Толкундун интерференциясы 103
§ 38. Жарыктын интерференциясы 104
§ 39. Толкундардын таралышындагы өзгөчөлүктөр 105
§ 40. Дифракция кубулушу 106
§ 41. Дифракциялык торчо жана жарык спектри 108
Жарыктын дисперсиясы 113
§ 42. Ньютон тажрыйбалары 113
§ 43. Түстөр жана алардын толкун узундуктары 114
§ 44. Түстөр биздин турмушубузда 115

VI глава

Квант физикасы

Атом физикасынын негиздери 118

§ 45. Квант физикасынын калыптанышы 118
§ 46. Резерфорд тажрыйбалары. Атом модели 120
§ 47. Атомдун планеталык модели менен байланышкан кыйынчылыктар 122
§ 48. Бор постулаттары. Атомдун нурланышы 123
§ 49. Суутек атомунун спектри 125
§ 50. Элементтердин Д. И. Менделеев түзгөн мезгилдик системасы жана атомдордун түзүлүшү 127
§ 51. Лазер нуру 130
§ 52. Рентген нуру 132

VII глава

Жарыктын аракеттери 136

Жарыктын заттар менен өзара аракеттешүүсү 136
§ 53. Фотоэлектрдик эффект 136
§ 54. Фотоэлектрдик эффекттин закондору 138
§ 55. Фотоэффект кубулушунун түшүндүрүлүшү 140
§ 56. Фотоэффекттин колдонулушу. Фотоэлементтер 142
§ 57. Комптон эффектиси 143
§ 58. Жарыктын басымы 144
§ 59. Жарыктын химиялык аракеттери 145

VIII глава

Ядро физикасынын негизи 148

§ 60. Атом ядросунун түзүлүшү 148
§ 61. Радиоактивдүүлүк 149
§ 62. Радиоактивдүү нурлар 152
§ 63. α-, β-, γ- нурларынын жаратылышы 153
§ 64. Радиоактивдүүлүк – ядродогу ички айланыштардын натыйжасы 154
§ 65. Бөлүкчөлөрдү каттоо. Эсептегичтер 157
§ 66. Изотоптор 158
§ 67. Атом ядросунун жасалма айланышы 159
§ 68. Ядронун байланыш энергиясы. Деффект масса 160
§ 69. Ядролук реакция 162
§70. Термоядролук реакция 165
§ 71. Элементардык бөлүкчөлөр 168
§ 72. Элементардык бөлүкчөлөрдүн толкундук касиеттери 168

IX глава

Космос физикасы 172

§ 73. Ааламдын түзүлүшү жөнүндө алгачкы маалыматтар 173
§ 74. Жылдыздуу асман 175
1. Жылдыздуу асмандын көрүнүшү 175
2. Негизги топ жылдыздар 175
§ 75. Жылдыздардын түрлөрү 178

§ 76. Жылдыздуу асмандын айланышы – Жердин өз огунун айланасында айланышынын натыйжасы .. 180
Асман сферасы жана анын суткалык айланышы 180
§ 77. Жердин өз огунун айланасында айланышына карата астрономиялык далилдер. Фуко маятниги 182
§ 78. Күндүн көзгө көрүнгөн кыймылы – Жердин Күндүн айланасында айланышынын натыйжасы 183
Эклиптика 183
§ 79. Күндүн айланасында Жердин айланышына далилдер. 184
Жылдык параллакс 185
§ 80. Астрофизиканын изилдөө каражаттары 186
1. Оптикалык телескоп 186
2. Радиотелескоп 188
3. Астрономиялык обсерваториялар 189
§ 81. Күн системасынын түзүлүшү 191
§ 82. Жер тибиндеги планеталар 193
§ 83. Гигант планеталар 197
§ 84. Планеталардын спутниктери жана шакектери ... 199
1. Планеталардын спутниктери 199
2. Планеталардын шакектери 201
§ 85. Кометалар, астероиддер жана метеориттер 202
1. Кометалар 202
2. Астероиддер (майда планеталар) 204
3. Метеориттер 206
§ 86. Күн – эң жакынкы жылдыз жана 207
табигый жарык булагы 207
§ 87. Күндүн энергиясы 208
§ 88. Күн бетинде байкалуучу айрым кубулуштар 209
§ 89. Күн атмосферасы 211
§ 90. Жылдыздардын теги боюнча бөлүнүшү 213
§ 91. Жылдыздык топтошуулар 214
§ 92. Галактика 215
1. Саманчынын жолу 215
2. Биздин Галактика 216
§ 93. Ааламдын түзүлүшү жана эволюциясы жөнүндөгү азыркы көзкараштар 219

1. Башка Галактиктер 219
2. Метагалактика 221
3. Метагалактика жана анын кеңейиши 222

Лабораториялык иштер 226

№ 1 иш. Электр-магнитти чогултуу жана аны сыноо . 226
№ 2 иш. Туруктуу токтун электр кыймылдаткыч күчүн окуп-үйрөнүү 227
№3 иш. Электр тогунун магниттик касиетин үйрөнүү .. 228
№4 иш. Айнектин сынуу көрсөткүчүн аныктоо 229
№5 иш. Томпок линзанын жардамында сүрөттөлүштү алуу. 230

Жооптор 231