

ФИЗИКА

Умумтаълим мактабларининг
ижтимоий-гуманитар йўналишдаги
11-синфи учун дарслик

11

*Қозогистон Республикаси Таълим ва фан
министрлиги тасдиқлаган*



Алмати “Мектеп” 2020

*Книга представлена исключительно в образовательных целях.

согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

УДК 373.167.1

ББК 22.3я72

Ф49

Муаллифлар:

С. Тұяқбаев, Ш. Б. Насохова, Б. А. Кронгарт, М. Е. Абишев

Таржимон В. Мусаева

**Физика. Умумтағым мактабларининг ижтимоий-гуманитар йұналишдаги
Ф49 11-сinfи учун дарслык / С. Тұяқбаев, Ш. Б. Насохова, Б. А. Кронгарт,
М. Е. Абишев. — Алмати: Мектеп, 2020. — 248 б., расм.**

ISBN 978—601—07—1555—4

**Ф 4306021200—134
404(05)—20 65(1)—20**

**УДК 373.167.1
ББК 22.3я72**

ISBN 978—601—07—1555—4

© Тұяқбаев С., Насохова Ш.Б.,
Кронгарт Б.А., Абишев М.Е., 2020
© Таржимон Мусаева В., 2020
© “Мектеп” нашриёти,
бадий безак берган, 2020
Барча хуқуқлари ҳимояланған
Нашрға оид мулкий хуқуқтар
“Мектеп” нашриётіга тегишли

I бўлим. ТЕБРАНИШЛАР

- 1-боб. Механик тебранишлар
- 2-боб. Электромагниттебранишлар
- 3-боб. Ўзгарувчанток

II бўлим. ТЎЛҚИНЛАР

- 4-боб. Электромагниттўлқинлар

III бўлим. ОПТИКА

- 5-боб. Тўлқиноптика
- 6-боб. Геометрикоптика

IV бўлим. КВАНТ ФИЗИКАСИ

- 7-боб. Атом ва квант физикаси
- 8-боб. Атом ядро си физикаси

V бўлим. НАНОТЕХНОЛОГИЯ ВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

- 9-боб. Нанотехнология ва наноматериаллар

VI бўлим. КОСМОЛОГИЯ

- 10-боб. Космология

Шартли белгилар:



Амалий
топширик



Ижодий
топширик



Танқидий
фикрлаш учун
топширик



Үз-үзини тек-
шириш учун
саволлар



Мустақил
ешиш учун
масалалар

■ Ўрта мурак-
кабликдаги
топшириқлар

* Юқори мурак-
кабликдаги
топшириқлар

Күшимча
ўқиши
учун

Муқаддима

Азиз ўқувчилар! Мазкур ўқув йили мактабдаги таълимнинг охирги йили, шу сабабли ҳар бир кун сиз учун жуда қизиқарли ва фойдали бўлиши лозим. Мактабдаги таълим сизнинг касбий билимлар чўққилларини эгаллашингиз учун асосдир.

Замонавий дунёнда тамаддуннинг глобал ривожланиши жараёнида фан устувор аҳамият касб этмоқда. Илм-фан ютуқлари муҳандислик генетикаси, атом энергетикаси, лазер технологиялари, микроэлектроника, космик технологиялар, йўлдошли алоқа системалари каби янги соҳаларни вужудга келтириди. Замонавий тарихнинг ушбу босқичида инсоният заковатининг янада ривожланишига ҳисса қўшадиган энг янги ускуналар ва компьютерлар яратилди. Нанотехнологиянинг жадал ривожланиши ва ютуқлари замонавий дунёни кескин ўзгартирмокда. Бугунги кунда фан юқори босқичга кўтарилиди.

Бу борада бошқа кўплаб фанлар учун асос бўлган физика фани муҳим ўрин тутади.

Табиат ҳодисаларини назарий ва экспериментал жиҳатдан тадқиқ қилиш физиканинг асосини ташкил қиласида. Тадқиқотлар натижасида қитъалар ва халқларни бир-бирига яқинлаштирувчи транспорт ва алоқа воситаларининг янги турлари пайдо бўлди; само забт этила бошланди; сунъий биологик турлар яратилди.

Физик тадқиқот услублари геология, тиббиёт, квант кимёси, молекуляр биология ва биофизикада асосий ўрин эгаллайди. Элементар зарралар физикасида охирги юз йилликда ажойиб кашфиётлар яратилди. Барчамиз янги Оламнинг яратилиши гувоҳи бўлиб турибмиз.

11-синф “Физика” дарслигига кичик синфларда ўрганилган “Механик ва электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар”, “Тўлқин оптикаси”, “Атом ва ядро физикаси” бўлимлари чукур ўрганилади.

Фанни ўзлаштириш, шубҳасиз, тинимсиз меҳнатни талаб этади, яъни илм излаган уни топади.

Ўқишларингизда омад тилаймиз!

Хурмат ила муаллифлар

I бўлим. ТЕБРАНИШЛАР

1-боб. МЕХАНИК ТЕБРАНИШЛАР

1-§. Механик гармоник тебранишлар тенгламалари ва графиклари



Таянч тушунчалар:

- ✓ тебранишлар
- ✓ тебранишлар даври, частотаси, амплитудаси
- ✓ осциллятор
- ✓ гармоник тебранишлар тенгламалари
- ✓ гармоник тебранишлар графиклари

Бугун дарсда:

- механик гармоник тебранишлар түғрисидаги билимингизни чуқурлаштирасиз;
- механик гармоник тебранишлар қонунларини экспериментал, аналитик ва график равишда ўқиб ўрганасиз.



Тебранма ҳаракат. Табиатда ва кундалик ҳаётда жараёнларнинг ўзига хос тури кенг тарқалган бўлиб, унда барча тавсифлари бир хил вақт оралиқларида бир хил қийматга эга бўлади. Бўндай жараёнлар даврий жараёнлар дейилади. Механикада моддий нуқта (жисм) мувозанат вазияти атрофида гоҳ бир томонга, гоҳ бошқа томонга ҳаракатланса, бундай даврий ҳаракат *тебранма ҳаракат* дейилади. Бинобарин, агар даврий жараённинг кечишида уни тавсифловчи барча физик катталиклар турғун мувозанат вазиятига (ноль ҳолат) нисбатан навбат билан мусбат ёки манфий қийматларни қабул қиласа, бундай жараён **тебранма жараён (тебранишлар)** дейилади. Атрофимизда муттасил турли тебранма жараёнлар рўй беради: беланчакнинг тебраниши, йўлни таъмирлаш ишлари, кўприк устидан ҳаракатланган транспорт воситалари, электр тармоқлари, инсонларнинг ўзаро мулоқоти, турли торли асборларни чалиш (1.1, a, b, v, g, d-расмлар) шулар жумласидандир.

Сиз тебранишларнинг баъзи тавсифлари билан 9-синфда танишгансиз.

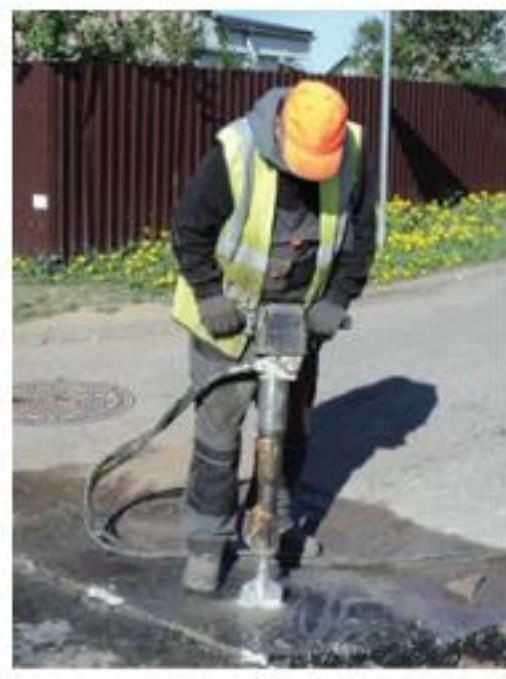
Сиз буни биласиз

Бир хил вақт оралиғида аниқ ёки тахминан тақорорланадиган жараёнлар *тебранишлар* дейилади. Тебранишлар даврий жараёнлардир.

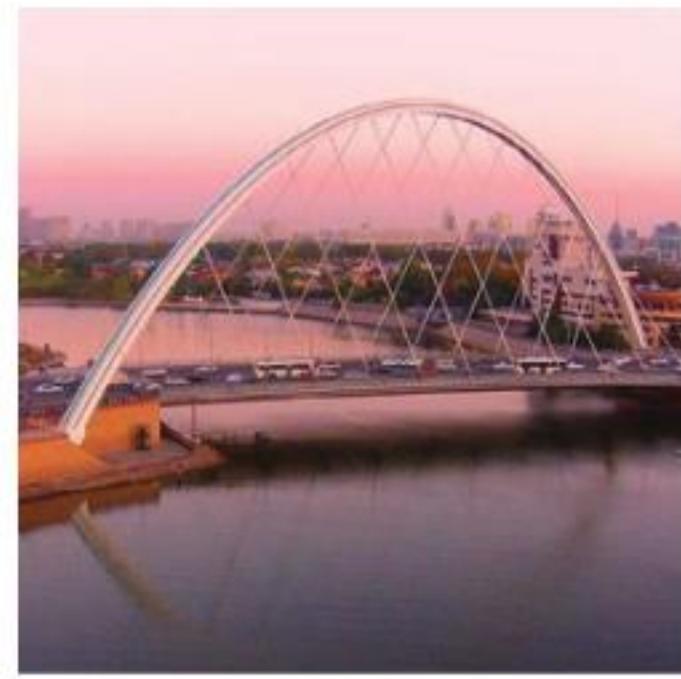
Даврий жараёнларнинг табиатига кўра тебранишлар *механик* ва *электромагнит* тебранишларга бўлинади.



а)



б)



в)



г)



д)

1.1-расм. Турли табиатта эга тебранишларга мисоллар

Табиати ҳар хил бүлган тебранишларни тавсифловчи тенгламаларнинг ифодаланиши ҳам, уларни тавсифловчи параметрлар ҳам бир хил бўлади. Шунинг учун мазкур бобда биз дастлаб механик, сўнгра электромагнит тебранишларни ўқиб ўрганамиз.

Сиз буни биласиз

Тебранишларнинг асосий тавсифлари:

Тебранишлар даври (T) деб система дастлабки ҳолатига қайтадиган энг кичик вақт оралиғига айтилади, яъни жисм бир давр ичida тўлиқ бир марта тебранади.

Тебранишлар частотаси (v) деб 1 с ичидаги тебранишлар сонига тенг катталикка айтилади, у даврнинг тескари қийматига тенг: $v = 1/T$. Ўлчов бирлиги — герц (Гц).

2п секунд ичida содир бўладиган тебранишлар сонига тенг катталик циклик частота (ω) деб аталади.

Тебранишлар амплитудаси (x_m) деб тебранувчи физик катталикнинг мувозанат ҳолатдаги қийматидан энг катта оғиши (силжиши)га айтилади.

Эркин тебранишларни амалга ошира оладиган физик система тебранишлар системаси дейилади.

Мувозанат вазиятидан четга чиқарилиб, ўз ҳолига қўйиб юборилгандан сўнг система эркин, яъни хусусий тебранишларни амалга оширади.

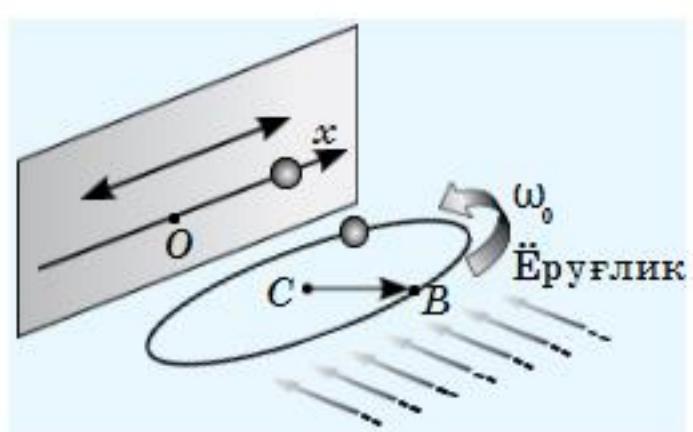
Бундай тебранишлар частотаси системанинг физик параметрлари билан аниқланади.

Механик гармоник тебранишлар. Механик ҳаракатни тавсифловчи физик катталиқ (күчиш, тезлик, тезланиш) нинг даврий равишида ўзгариши **механик тебранишлар** дейилади. Бунга мисол тариқасида мувозанат вазияти атрофида тебранадиган моддий нүкта ёки жисмни келтириш мумкин.

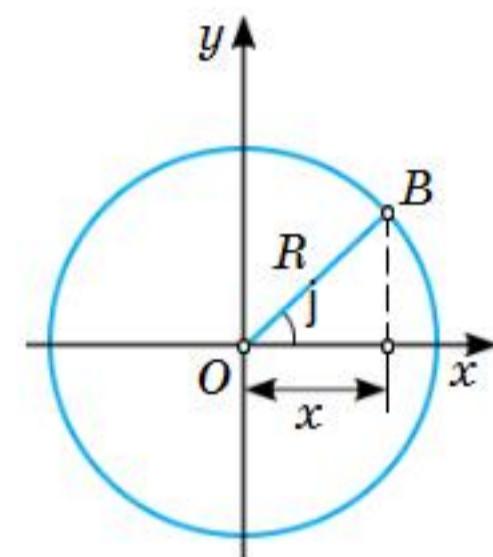
Айлана бўйлаб текис ҳаракатланган моддий нүкта ҳам даврий ҳаракатланади, чунки у тўлиқ бир марта айланиб чиққанда бошланғич вазиятига қайтади. Бу пайтда айлана текислигига перпендикуляр жойлашган экранда моддий нүктанинг проекцияси тебранади (1.2-расм).

Айланинг C марказининг x ўқига проекциясини O ҳарфи билан белгилаймиз. У ҳолда айлана бўйлаб ҳаракатланган B моддий нүкта (шар)нинг проекцияси O нүкта атрофида тебрана бошлайди, унинг берилган пайтдаги мувозанат вазиятидан (O нүктадан) силжишини x ҳарфи билан, максимал силжишини $x_m = R$ ҳарфи билан белгилаймиз. Вакт бўйича x силжишнинг қандай ўзгаришини аниқлаймиз. 1.3-расмдан кўринадики, B нүкта айлана бўйлаб текис ҳаракатланса, унинг айлана текислигига перпендикуляр жойлашган текисликка проекцияси x (силжиши) мувозанат вазияти атрофида тебранади.

Физик катталикнинг вақт ўтиши билан синус ёнки косинус қонунига мувофиқ даврий ўзгаришлари гармоник тебранишлар дейилади.



1.2-расм



1.3-расм. Айлана бўйлаб ҳаракат ва тебранишлар тажрибасининг чизмаси

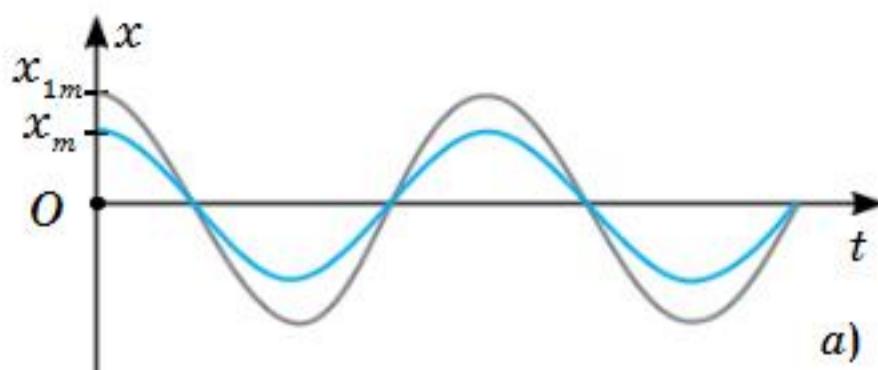
силжишини x ҳарфи бўйича x силжишнинг қандай ўзгаришини аниқлаймиз. 1.3-расмдан кўринадики, B нүкта айлана бўйлаб текис ҳаракатланса, унинг айлана текислигига перпендикуляр жойлашган текисликка проекцияси x (силжиши) мувозанат вазияти атрофида тебранади.

$$x = x_m \cos(\omega_0 t + \phi_0) \quad (1.1)$$

ва

$$x = x_m \sin(\omega_0 t + \phi_0) \quad (1.2)$$

тенгламалар гармоник тебранишлар тенгламасидан иборат. Ушбу иккита тенгламадан қайси биридан фойдаланиш қулайроқ эканлигини дастлабки шартларга қараб танлаб олиш мумкин. Бу ерда x — жисмнинг мувозанат вазиятидан силжиши, x_m — тебранишлар амплитудаси, ω_0 — хусусий тебранишларнинг циклик, яъни доиравий частотаси, t — вақт. Косинус функциянинг аргументи $\phi = \omega_0 t + \phi_0$ гармоник тебранишлар фазаси деб аталади. Бошланғич $t = 0$ пайтда $\phi = \phi_0$, шунинг учун ϕ_0 бошланғич фаза деб аталади.



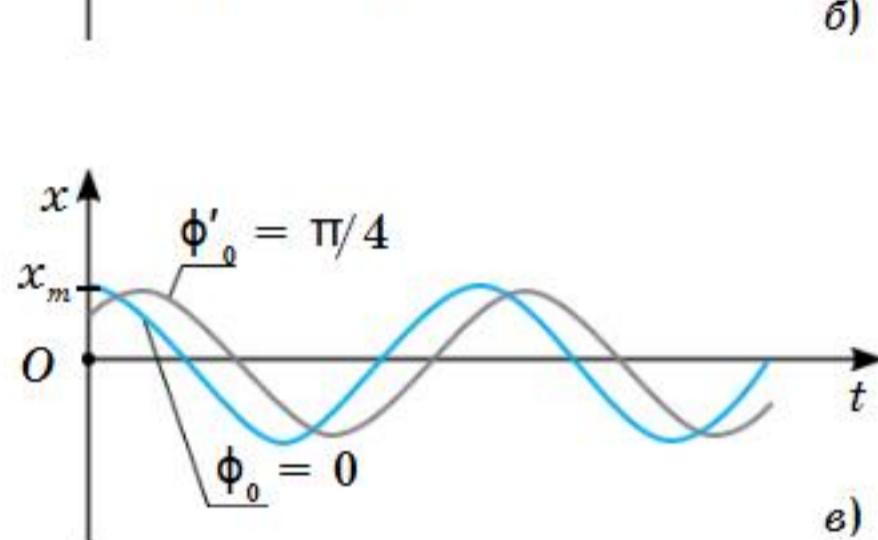
Механик тебранишлар пайтида тебраниши тавсифловчи катталиклар: жисмнинг мувозанат вазиятидан силжиши, тезлик, тезланиш, механик энергиядан иборат.

Гармоник тебранишлар амплитудаси x_m , даври T (частотаси ν) ва бошланғич фазаси Φ_0 турли қийматларни қабул қилган ҳоллардаги графикларни қараб чиқамиз (1.4-расм).

1.4, а-расмда тебранишлар даври ва бошланғич фаза $\Phi_0 = 0$ бир хил бўлганда амплитуданинг икки хил $x_{1m} > x_m$ қийматларига мос келувчи (1.1) тенгламанинг графиклари кўрсатилган.

1.4, б-расмдаги гармоник тебранишлар графиклари бир-биридан факат $T = 2T_1$ тебранишлар даврлари билан фарқ қиласди.

1.4, в-расмда бошланғич фазалари ҳар хил бўлган гармоник тебранишлар графиклари тасвирланган.



б)

1.4-расм. Гармоник тебранишлар графиклари

Агар моддий нуқта гармоник тебранишларни амалга оширса, унинг тезлиги ва тезланиши ҳам даврий равища ўзгаради. Тезлик силжишнинг вақт бўйича биринчи тартибли ҳосиласига тенг:

$$v = v_x = x' = -x_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \Phi_0)$$

ёки

$$v = v_m \cos\left(\omega_0 t + \Phi_0 + \frac{\pi}{2}\right), \quad (1.3)$$

бу ерда $v_m = x_m \omega_0$ — тезлик тебранишлари амплитудаси.

Тезланиши тезликнинг биринчи тартибли ҳосиласи сифатида топамиз:

$$a = a_x = v' = -x_m \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \Phi_0)$$

ёки

$$a = a_m \cos(\omega_0 t + \Phi_0 + \pi), \quad (1.4)$$

бу ерда $a_m = x_m \omega_0^2$ — моддий нуқта тезланиши тебранишларининг амплитудаси.

(1.1) ва (1.3) ифодаларни тақъослаб, тезлик тебранишлари силжиш тебранишларидан фаза бўйича $\left(\frac{\pi}{2}\right)$ қадар олдинда боришини кўриш мумкин.

(1.1) ва (1.4) тенгламаларда эса силжиш ва тезланиш тебранишлари қарама-қарши фазада содир бўлади.

Механик тебранишлар энергияси. Механик тебранишлар мобайнида тебраниш системаси кинетик энергиясининг потенциал энергияга ва аксинча, потенциал энергиянинг кинетик энергияга айланиш жараёни узлуксиз содир бўлади. Тебраниш системасининг кинетик ва потенциал энергиялари қўйидаги ифодалар билан аниqlанади $\sin^2\phi = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\phi)$, $\cos^2\phi = \frac{1}{2}(1 + \cos 2\phi)$:

$$E_k = \frac{mv_x^2}{2} = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{4} [1 - \cos 2(\omega_0 t + \phi_0)],$$

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{4} [1 + \cos 2(\omega_0 t + \phi_0)].$$

Шундай қилиб, системанинг кинетик ва потенциал энергиялари $2\omega_0$ циклик частота билан гармоник тебранади.

Тебраниш системасининг тўлиқ механик энергиясини аниqlаймиз:

$$E = E_k + E_p = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{4} [1 - \cos 2(\omega_0 t + \phi_0) + 1 + \cos 2(\omega_0 t + \phi_0)].$$

Бундан

$$E = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2}. \quad (1.5)$$

бу ерда k – эластиклиқ коэффициенти ($k = \omega_0^2 m$). Тебраниш системасининг тўлиқ механик энергияси вақтга боғлиқ эмас ва гармоник тебранишлар учун ўзгармас катталик бўлиб ҳисобланади.

Эслабқолинг!

Биз энергия исрофи бўлмаган идеал тебраниш системасининг эркин гармоник тебранишлар қонунларини кўриб чиқдик. Аслида, реал (ҳақиқий) тебраниш системалари деб тебранишларда ҳар доим у ёки бу миқдорда энергия исрофи бўлади ва эркин тебранишлар аста-секин сўнади.

Математик ва пружинали маятниклар гармоник тебранишларни амалга ошира оладиган тебранишлар системасининг кенг тарқалган модели бўлиб ҳисобланади (1.5-расм).

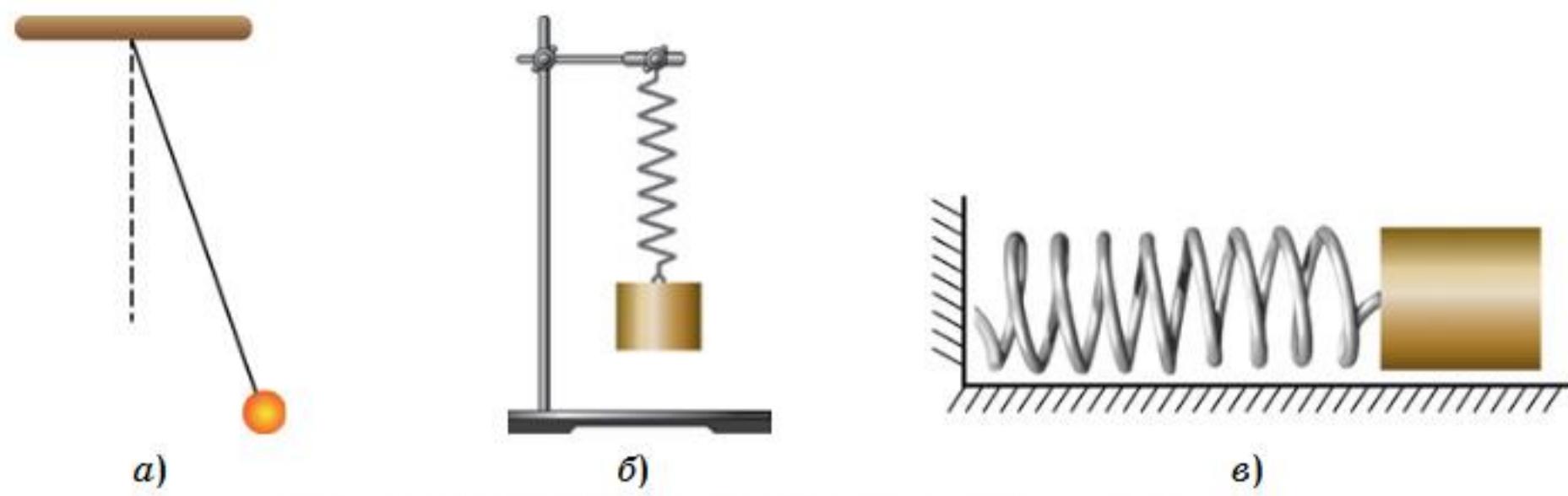
Сиз буни биласиз

Математик маятник деб чўзилмайдиган вазнсиз ипга осилган моддий нуқтага айтилади.

Пружинали маятник — у абсолют эластик, оғирликсиз пружина ва m массалимоддий нуқтадан (кичик оғир жисм) иборат тебраниш системасидир.

Математик маятникнинг тебраниш даври

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (1.6)$$



1.5-расм. а) математик маятник; б) вертикаль; в) горизонтал пружинали маятниклар

Пружинали маятникнинг хусусий тебранишлар даври

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} . \quad (1.7)$$

Эслабқолинг!

Фақат кичик тебранишларуңун, жумладан тебранишлар амплитудасининг кичик қийматларида математик ва пружинали маятникларнинг тебранишлари гармоник тебранишлардан иборат бўлади.

БУ ҚИЗИҚ!



Париж пантеонидаги Фуко маятниги

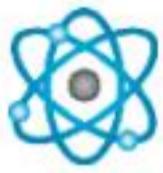
Фуко маятниги — эксперименталасбоббўлиб, унинг ёрдамида Ернинг суткалик айланишини кузатиш мумкин. Уни француз физиги, Париж фанлар академиясининг аъзоси Жан Бернард Леон Фуко ихтиро қилган.

Жан Фуко дастлаб ўз тажрибасини 1851 йил 8 январда Париждаги Пантеон гумбази остида намойиш қилди. Фуко маятниги 67 м узунликдаги пўлат симдан иборат бўлиб, унга 28 кг массали юкни осиб, юкнинг остига металл таёқчани маҳкамлади ва маятникни Пантеон гумбазининг остига жойлаштириди.

Маятникнинг остига маркази аниқ таёқча остида жойлашган, диаметри таҳминан 6 метр бўлган доиравий тўсиқ қурилди ва унинг устига қум тўлдирилди. Маятник вертикальдан оғдирилганда, у тебрана бошлайди. Ўша пайтда маятникнинг учкур таёқчаси тўсиқ устидан ўтган сайин таёқчанинг уни билан қумни сочиб, белги ҳосил қиласди. Энг қизиғи шундаки, таёқча қум устидан ўтганда у қумни аввалги белгисидан таҳминан 3 мм узоқликда сочади. Бу маятникнинг тебраниш текислиги полга нисбатан соат милининг йўналиши бўйича йўналганини кўрсатади. Таҳминан 32 соатдан кейин тебраниш текислиги тўлиқ бир марта айланиб, дастлабки вазиятига қайтади. Тажриба на-тижасини қандай тушунтириш мумкин? Қум доирасида шимолий қутбга энг яқин нуқта бор — демак, у Ернинг ўқига айланга марказидан кўра яқинроқ жойлашган. Ер 360° га бурилганда, қум ҳалқанинг шимолий қисми унинг марказига нисбатан кичикроқ радиусдаги айланабўйлаб ҳаракатланадива бир суткадакамроқ масофанибосиб ўтади. Бу фарқ Жан Фуко нинг маятнигига акс этади. Шундай қилиб, Фуко тажрибаси ёрдамида Ернинг ўз ўқи атрофидасуткаликайланишианиқ намойиш этилганэди. Фуко маятникларитурливақтарда Санкт-Петербургдаги Исаакиев соборида, Япониянинг Нагасаки шаҳридаги Фукусаужи ибодатхонаси мажмуасида, Сан-Петронио (Болоня) Базиликасида, Вильнюсдаги Авлиё Юханно черковида ўрнатилди.



1. Тебранишларни ҳаракатнинг бошқа турларидан қандай ажратиш мүмкін?
2. Тебраниш жараёнларигамисоллар келтириңг.
3. Қандай тебранишлар гармоник тебранишлар деб аталағы?
4. Механик гармоник тебранишлар тенгламасини ёзинг.
5. Тебранишлар амплитудаси, даври, частотаси деб нимага айтилади?
6. Математик маятникнинг тебранишлар даври қандай физик катталиктарға болғылғы?
7. Пружинали маятникнинг тебранишлар даври қандай физик катталиктарға болғылғы?
- *8. Қандай қилиб құл остидаги материалдардан математик маятник ясаш мүмкін?
- *9. Пружинали маятникни мустақил ясаш мүмкінми?



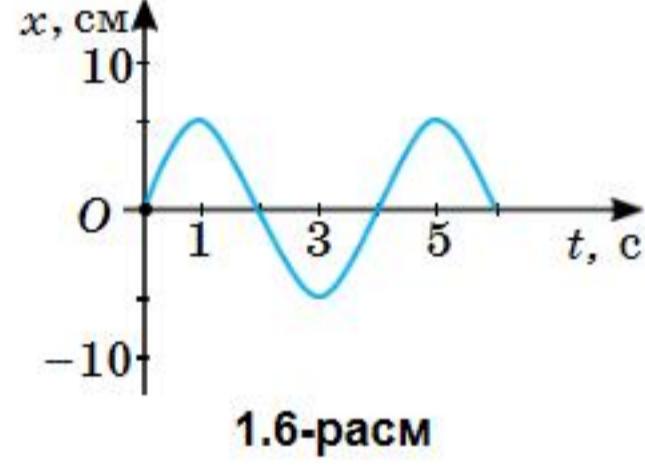
1.1-расмни қўриб чиқинг. Ҳар бир мисолда қандай тебранишлар содир бўлишини айтинг ва уларнинг табиати қандай эканлигини тушунтириңг. Қисқа эссе ёзинг.



1. 1.6-расмдатасвирланган графикдан тебранишлар амплитудасини, даври ва частотасини, бошланғич фазасини иәниңг.
2. Тебранишлар тенгламасини ёзинг.



Математик маятникнинг узунлиги ортганда, пружинали маятникнинг массаси камаяди. Шу пайтда қолган параметрлар қандай ўзгаради? “Ортади”, “камаяди”, “ўзгармайди” сўзлари ёрдамида қуйидаги жадвални дафтаргатүлдириңг.



Маятник	Амплитуда	Давр	Частота	Тўлиқ механик энергия
Математик				
Пружинали				

Масала ечиш намуналари

1-масала. Моддий нуктанинг тебранишлар тенгламаси $x = 10 \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ см. Тебранишлар амплитудасини, даврини ва бошланғич фазани топинг. Моддий нуктанинг $t = 2$ с пайтдаги тезлигини топинг.

Берилган:

$$x = 10 \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ см}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

Топиш керак:

$$x_m = ? \quad \phi_0 = ? \quad T = ?$$

$$v = ?$$

Ечилиши. Масаланинг шартида берилган тенгламани гармоник тебранишлар $x = x_m \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ тенгламаси билан таққослаган ҳолда аниқтаймиз: $x_m = 10 \text{ см}$, $\phi_0 = \frac{\pi}{3}$, бундан $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{6,28}{3,14 \text{ с}^{-1}} = 2 \text{ с}$.

Моддий нүктанинг тебранишлар тезлиги тенгламаси

$$v = x'(t) = -x_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0) = -10 \pi \sin\left(2\pi + \frac{\pi}{3}\right);$$

$$v = -10 \text{ см} \cdot 31,4 \text{ с}^{-1} \cdot 0,87 = -27,3 \text{ см/с.}$$

“–” ишора $t = 2 \text{ с}$ да тезлик вектори x ўқига қарама-қарши йўналганлигини кўрсатади.

2-масала. Математик маятник 20 с да 10 марта тўлиқ тебранади. Унинг узунлигини ҳисобланг.

Берилган:

$$t = 20 \text{ с}$$

$$n = 10$$

Топиш керак:

$$l = ?$$

Ечилиши. Математик маятникнинг тебраниш даври, яъни бир марта тебраниш учун кетган вақт $T = \frac{t}{n}$.

Иккинчи томондан олганда математик маятникнинг тебраниш даврининг формуласи:

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

$$\text{Ўша икки ифодани тенглаштирамиз: } \frac{t}{n} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Бу тенгламаларни квадратга оширамиз: $\frac{t^2}{n^2} = 4\pi^2 \frac{l}{g}$, Бундан

$$l = \frac{t^2 \cdot g}{4\pi^2 n^2} = \frac{400 \text{ с}^2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{4 \cdot 9,86 \cdot 100} \approx 1 \text{ м.}$$



1-машқ

- Моддий нүкта $\Delta t = 1,0$ мин вақт оралиғида $n = 120$ марта тебранади. Унинг T тебраниш даврини, V частотасини ва ω циклик частотасини топинг.

Жавоб: 0,5 с; 2 с⁻¹; 12,56 рад/с.

- Моддий нүктанинг тебранишлар тенгламаси $x = 5 \cos \pi t$ (см). Тебранишлар амплитудаси, даври ва частотасини топинг.

Жавоб: 5 м; 2 с; 0,5 с⁻¹.

- Тебраниш даври $T = 1$ с бўлган математик маятникнинг узунлиги қандай?

Жавоб: $l \approx 25$ см.

4. Математик маятникнинг узунлиги икки марта ортирилса, унинг частотаси неча марта ўзгаради?

Жаоб: 1,41 марта камаади.

***5.** Бир хил вақт ичида битта математик маятник $n_1 = 20$, иккинчи маятник $n_2 = 40$ марта тебранади. Уларнинг узунликлари нисбатини топинг.

Жаоб: $\frac{l_1}{l_2} = 4$.

6. Тебранишлар амплитудаси 7 см, тебранишлар частотаси 0,5 Гц, бошланғич фазаси нолга тенг бўлган гармоник тебранишлар тенгламасини ёзинг ва графигини чизинг.

Жаоб: $x = 0,07 \cos \pi t$ (см).

***7.** Математик маятник 6 см ли амплитуда билан гармоник тебранади. Даврнинг қандай қисмида маятник мувозанат вазиятидан 3 см дан ортиқ бўлмаган масофада бўлади?

Жаоб: Даврнинг $\frac{1}{3}$ қисмида.

1-бобнинг асосий мазмуни

- Эркин тебранишларни амалга ошира оладиган система *тебраниш системаси* дейилади.
- Физик катталиктининг вақтга боғлиқ ҳолда синус ёки косинус қонунига мувофиқ даврий равишда ўзгариши гармоник тебранишлар дейилади:

$$x = x_m \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

ёки

$$x = x_m \sin(\omega_0 t + \phi_0).$$

- Тебраниш системасининг тўлиқ механик энергияси

$$E = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{2}.$$

- Математик маятникнинг тебраниш даври

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

- Пружинали маятникнинг тебраниш даври

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

2-боб. ЭЛЕКТРОМАГНИТТЕБРАНИШЛАР

2-§. Эркин электромагнит тебранишлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ электромагнит тебранишлар
- ✓ ғалтак
- ✓ конденсатор
- ✓ тебраниш контури
- ✓ электр майдон энергияси
- ✓ магнит майдон энергияси
- ✓ ўзиндуқция электр юритувчи күч



Бугун дарсда:

- идеалтебраниш контурида эркин электромагнит тебранишларнинг пайдо бўлиш шартларини ўқиб ўрганасиз;
- тебраниш контурида электр зарядининг вақтга боғлиқ ҳолда ўзгариш қонуниятлари билан танишасиз.

Сиз буни биласиз

Тебранишлар ўзининг физик табиатига кўра механик ва электромагнит тебранишларга бўлинади. Турли табиатли тебранишлар тавсифларидағи ўзгариш қонунлари бир хил ва уларни бир хил параметрлар билан ифодалашмумкин.

Энди электромагнит тебранишларни кўриб чиқамиз. Электромагнит тебранишлар катта амалий аҳамиятга эга.

Электр энергияни ишлаб чиқариш, барча электротехника ва радиоэлектроника соҳалари, замонавий радиотехника қурилмаларининг ишлиши ва бошқалар электромагнит тебранишлардан фойдаланишга асосланган. Электромагнит тебранишларда электр заряди, ток кучи, кучланиш, электр майдон кучланганлиги, магнит майдон индукцияси ва бошқа электродинамик катталиклар даврий равишда ўзгариб туради.

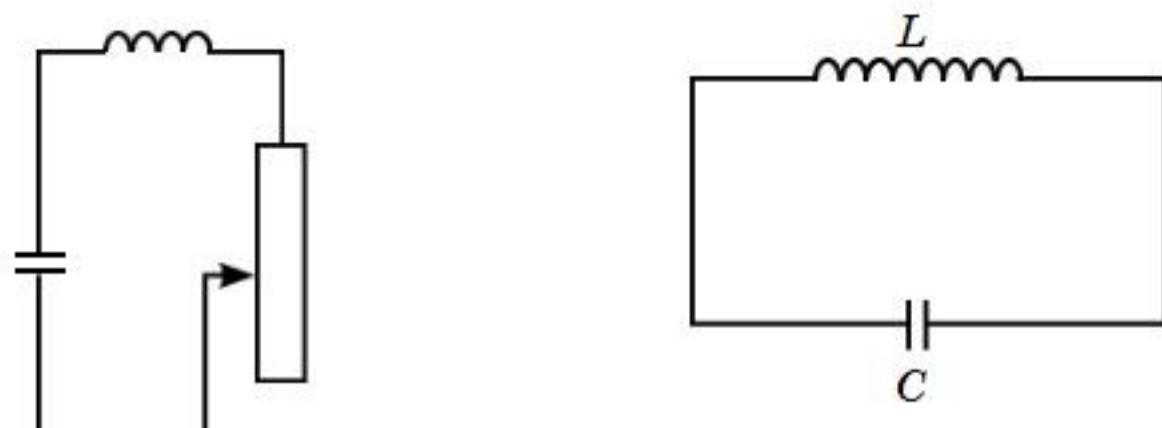
Тебраниш контуридаги эркин электромагнит тебранишлар. Электр ва магнит майдон энергияларининг ўзаро бир-бирига айланиши билан бирга электр заряди, ток кучи ва кучланишининг даврий равишда ўзгариши электромагнит тебранишлар деб аталади.

Эркин электромагнит тебранишларни зарядланган конденсаторни индуктив ғалтакка улаш орқали юзага келтириш мумкин. Бундай тебраниш системасида сўнувчи тебранишлар пайдо бўлади, чунки системага дастлаб берилган энергия симларни қиздиришга ва бошқаларга сарфланиб, тебраниш энергияси камая боради (2.1-расм).

Тебраниш контурида пайдо бўладиган электромагнит тебранишларнинг асосий қонуниятларини ўрнатиш учун аввало ғалтак ва уловчи симлар-



2.1-расм. Тебраниш контури



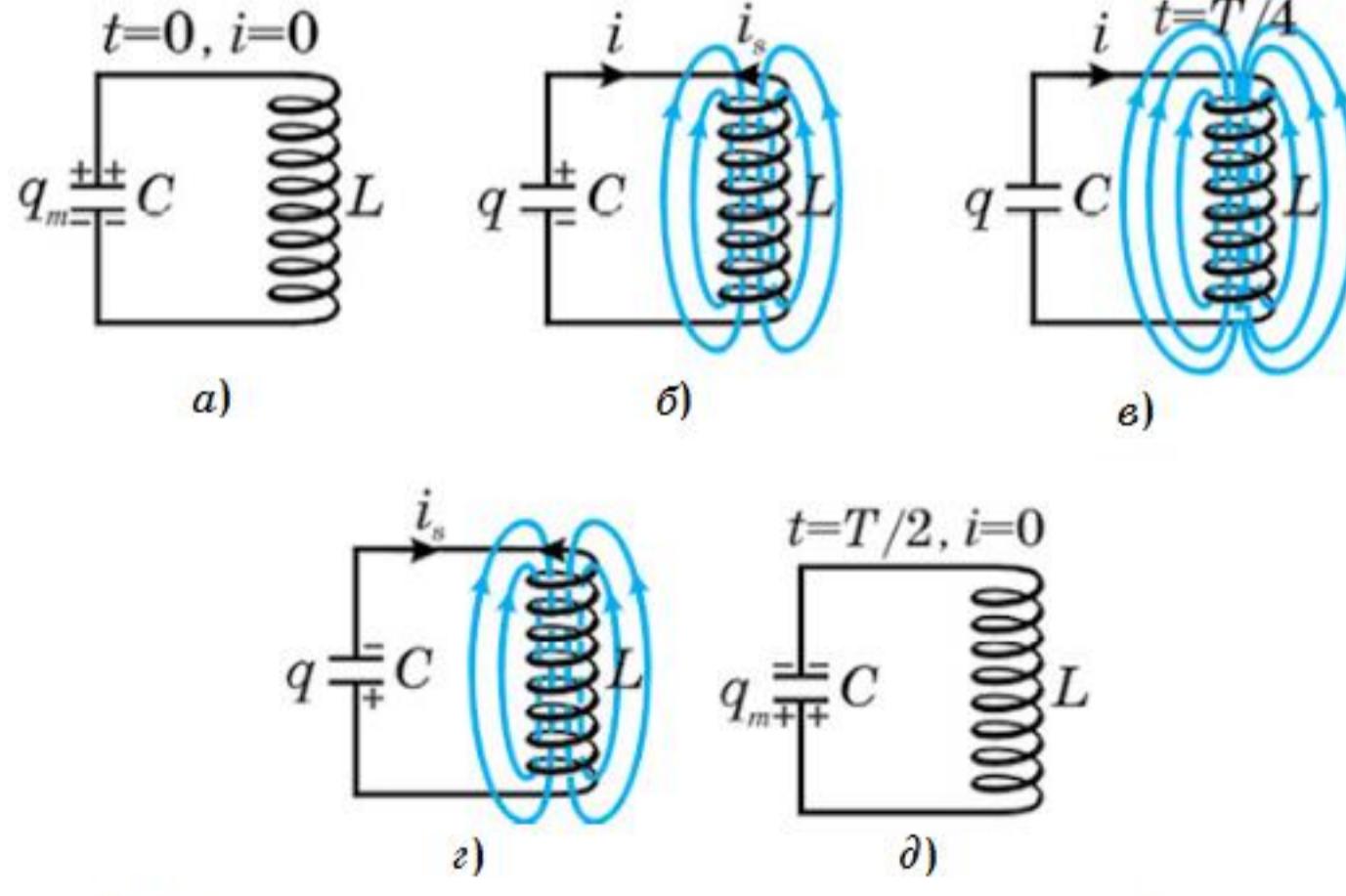
2.2-расм. Тебраниш контуриниң чизмаларда белгиланиши

нинг электр қаршилигини нолга тенг деб оламиз. Факат индуктивлиги L ғалтак ва сифими C бўлган конденсатордан ташкил топган *идеал тебраниш контурини кўриб чиқамиз* (2.2-расм).

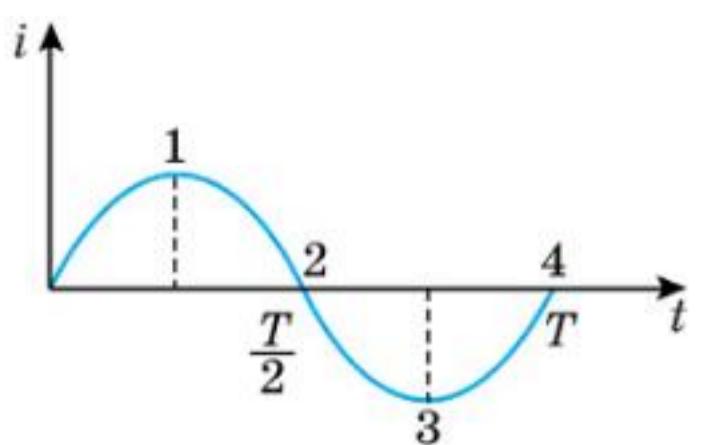
Дастлаб конденсаторни ўзгармас ток манбаига улаб, зарядлаб оламиз. Бунда конденсатор қопламаларида $\pm q_m$ заряд тўпланади ва қопламалар орасида пайдо бўлган электр майдон энергияси $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ кийматга тенг бўлади.

Энди зарядланган конденсаторни ғалтакка улаймиз (2.3, а-расм). Ғалтакдан ток ўтиб, конденсатор зарядсизлана бошлайди. Бунда токнинг ортиши билан бирга ғалтакдаги магнит майдон индукцияси ҳам ортади, шунинг учун контурда ўзиндукия электр юритувчи куч пайдо бўлади.

Ленц қоидасига кўра, ўзиндукия токи i_s контурда тобора ортиб бораётган конденсаторнинг зарядсизланиш токига қарама-қарши йўналади (2.3, б-расм). Бу зарядсизланиш токининг ўсиш тезлигини камайтиради. 2.4-расмда разрядланиш токининг вақтга боғлиқлиги графиги тасвирланган. Ғалтакдаги ток кучининг ортиши билан магнит



2.3-расм. Тебраниш контурида эркин электромагнит тебранишларнинг пайдо бўлиши



2.4-расм. Тебраниш контуридаги ток кучининг вақтга боғлиқлиги графиги

майдон энергияси $W_m = \frac{Li^2}{2}$ ҳам ортаверади, конденсаторнинг электр майдон энергияси $W_e = \frac{q^2}{2C}$ эса камая бошлайди.

Электромагнит майдоннинг түлиқ энергияси исталган пайтда ўша икки майдон энергиялари йиғиндисига тенг үзгармас катталиктан иборат: $W = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$, бу ерда i — ток кучининг оний қиймати.

Конденсаторнинг зарядсизланиши мобайнида ток кучининг ва унга мувофиқ равища магнит майдон индукциясининг ўсиши ҳам секинлашади. Конденсатор түлиқ зарядсизланганда ўзиндукуция электр юритувчи куч (ЭЮК) нолга айланади, ток кучи ва магнит майдон индукцияси эса әнг катта қийматга эга бўлади. Бу пайтга 2.3, *a*-расм ва 2.4-расмдаги 1-нукта мос келади. Бу пайтда магнит майдон энергияси $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$ максимал, бу ерда I_m — ток кучининг амплитудаси, электр майдон энергияси ($W_e = 0$) эса нолга тенг. Бундан кейин ток кучи ва у билан бирга ғалтакдаги магнит майдон камая бошлайди ва контурда ўзиндукуция электр юритувчи куч пайдо бўлади. Ўзиндукуция токи контурдаги ток билан бир хил йўналади, чунки Ленц қоидасига биноан, ўзиндукуция токи камайиб бораётган токни кучайтириши керак (2.3, *a*-расм; 2.4-расмдаги 1-2-қисмлар).

Конденсатор қайта зарядлана бошлайди. Ток кучи тез пасаяди ва унга мос ҳолда ўзиндукуция ЭЮК ортади ва ток кучи нолга тенг бўлганда электр юритувчи куч максимал қийматга эга бўлади (2.3, *d*-расм; 2.4-расмдаги 2-нукта). Конденсатор қайтадан түлиқ зарядланиб бўлганда электр майдон энергияси әнг катта қийматга эришади, магнит майдон энергияси эса нолга айланади.

Шундай қилиб, электромагнит тебранишларнинг ярим даврида содир бўлган жараёнларни батафсил тавсифлаб бердик.

Бундан кейин жараён тескари йўналишда такрорланиб, яна ярим давр ўтгандан сўнг, система дастлабки ҳолатига қайтади (2.4-расмдаги 4-нукта).

Электромагнит тебранишлар пайтида контурда даврий равища электр майдон энергияси магнит майдон энергиясига ва аксинча айлануб туради. Идеал тебраниш контурида энергия йўқотишлари бўлмайди, шунинг учун тебранишлар сўнмайди. Түлиқ энергия сақланади ва исталган пайтда у қуйидагига тенг бўлади:

$$W = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2} \text{ ёки } \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \text{const.}$$

Тебраниш контуридаги әркин электромагнит тебранишлар тенгламаси. Биз күриб чиққан тебраниш контурининг электр қаршилиги $R = 0$ деб олингани учун, унда пайдо бўладиган әркин электромагнит тебранишлар сўнмайдиган гармоник тебранишлар бўлади.

Әркин электромагнит тебранишлар тенгламаларини механик гармоник тебранишлар тенгламалари каби бундай ифодалаш мумкин:

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \phi_0), \quad (2.1)$$

$$q = q_m \sin(\omega_0 t + \phi_0). \quad (2.2)$$

Охирги тенгламалардан бундай хулосага келиш мумкин: *тебраниш контурида конденсатор қопламаларидағи заряд миқдори вақт ўтиши билан синус ёнки косинус қонунига мувофиқ ўзгаради.*

Шундай қилиб, идеал тебраниш контурида электр зарядининг гармоник тебранишлари содир бўлади.

Тебраниш контуридаги тебранишларнинг хусусий циклик частотаси (2.3) ифода билан аниқланади:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}. \quad (2.3)$$

Бундан кўриш мумкинки, циклик частота тебраниш контурининг параметрлари — индуктивлик ва сиғим билан тавсифланади.

$$\text{У ҳолда тебраниш даври } T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}.$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (2.4)$$

(2.4) формула идеал тебраниш контуридаги әркин электромагнит тебранишлар даврини аниқлайди ва у **Томсон формуласи** деб аталади. Бундан кўриниб турибдики, контурнинг индуктивлиги ва сиғими ортиши билан тебраниш даври ҳам ортади. Бу қуйидагича изоҳланади: индуктивлик қанчалик катта бўлса, контурдаги ток кучи шунча секин ўзгаради, сиғим қанча катта бўлса, конденсаторнинг қайта зарядланиши шунча узоқ давом этади.

Тебраниш контуридаги электромагнит тебранишларнинг даври — секунднинг мингдан бир улушидан миллиондан бир улушигача қийматларга эга бўлган жуда кичик катталиқ, демак, унга мувофиқ ҳолда частота (бир неча миллион герц) жуда катта катталиkdir. Шундай қилиб, тебраниш контурида юқори частотали электромагнит тебранишлар ҳосил бўлади.

Бизга маълумки, (2.1) ва (2.2) тенгламалардаги косинус (синус) нинг аргументи $\Phi = (\omega_0 t + \phi_0)$ тебранишлар фазаси деб аталади. Бу сизга тебранувчи катталиқ (заряд, силжиш ва ҳ.к.о)нинг исталган пайтдаги қийматини ва модулини аниқлашга имкон беради. **Фаза** —

давринг улушлари билан ифодаланган вақтнинг бурчакли үлчови бўлиб ҳисобланади. Агар бошлангич $t_0 = 0$ пайтда бошлангич тебраниш фазаси $\Phi_0 = 0$ бўлса,

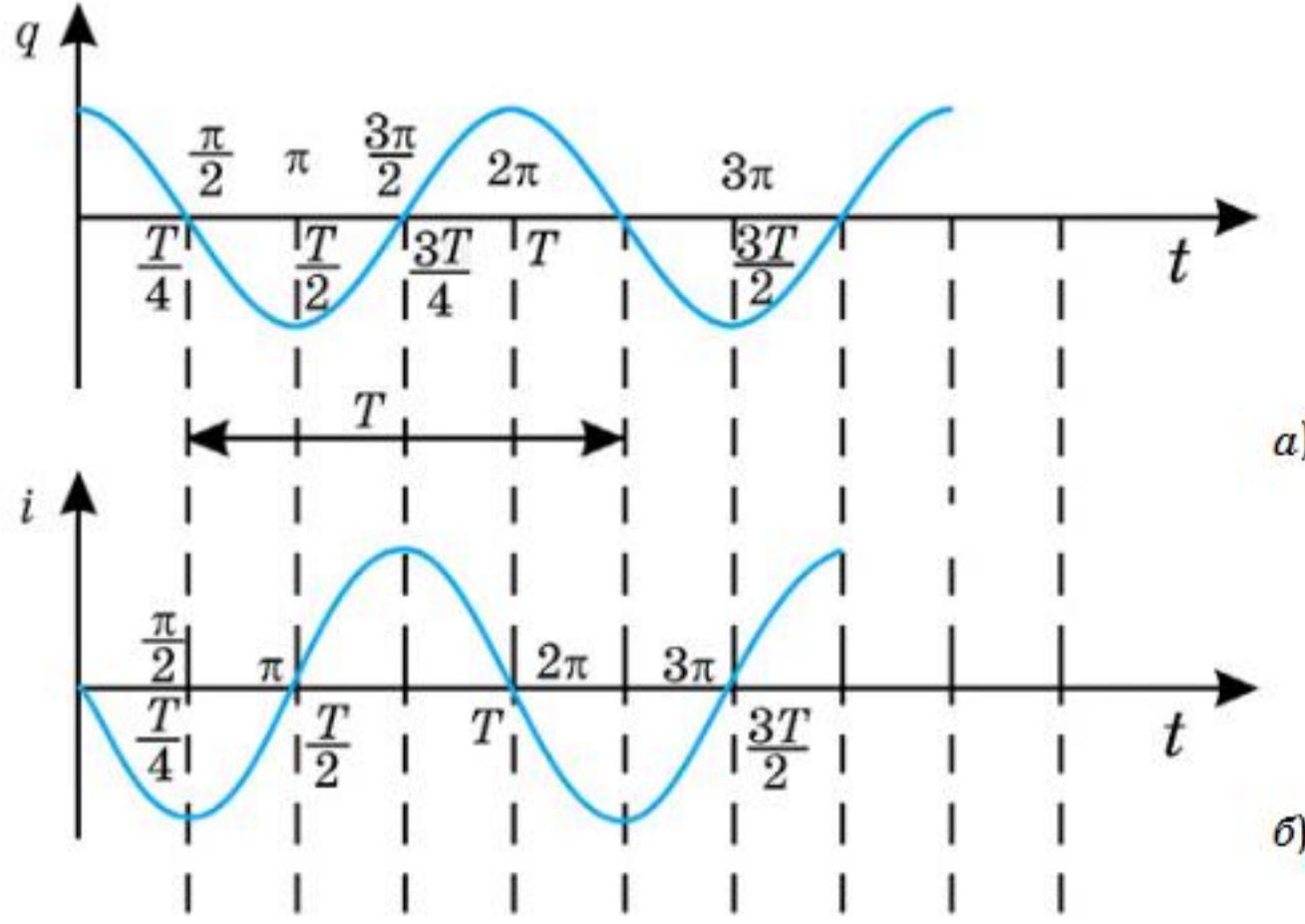
$$\varphi = \omega_0 t = 2\pi \frac{t}{T} \quad (2.6)$$

эга бўламиз. Тебраниш контури ҳар қандай радиоузаткич ва радиоқабул қилгичнинг энг муҳим қисмидир. Одатда, у радиотехника қурилмасининг резонанс системаси сифатида ишлатилади. Юқори частотали генераторларда тебраниш контури электромагнит тебранишлар манбаи бўлиб хизмат қиласи. Оптик диапазондаги электромагнит тебранишлар радиоалоқа, радиолокация ва радионавигацияда кенг қўлланилади.

Идеал тебраниш контуридаги заряд ва ток кучининг тебранишлар графиклари. Гармоник тебранишларни тавсифлашнинг график усули тебранувчи катталикларнинг вақтга боғлиқлигини яққол кўрсатишга, шунингдек, агар масштаб маълум бўлса, тебранишларнинг асосий тавсифларини аниқлашга имкон беради. Дастрас идеал тебраниш контуридаги заряд тебранишлари графикини ясаймиз. Бунинг учун бошлангич фазани ($\Phi_0 = 0$) нолга teng деб олиб, (2.7) тенгламадан фойдаланамиз:

$$q = q_m \cos \omega_0 t. \quad (2.7)$$

Ушбу тенгламанинг графиги 2.5, *a*-расмда тасвирланган. Графикда ординаталар ўқи бўйлаб конденсатор қопламаларидағи заряднинг қийматлари, абсциссалар ўқида остки томонига давринг улушларида кўрсатилган вақт, устки томонига тебранишлар фазаларининг мос қийматлари кўрсатилган.



2.5-расм. Идеал тебраниш контуридаги заряд ва ток кучининг вақтга боғлиқлиги графиклари

Ток кучининг тебранишлар тенгламасини топиш учун заряднинг вақт бўйича ҳосилани оламиз:

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

ёки

$$q_m \omega_0 = I_m$$

деб белгилаб, $i = -I_m \sin \omega_0 t$ ёки

$$i = I_m \cos \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (2.8)$$

(2.7) ва (2.8) тенгламаларни таққослаб кўриш мумкинки, идеал тебраниш контурида заряд тебранишлари билан ток кучи тебранишлари орасида $\frac{\pi}{2}$ га тенг фазалар фарқи мавжуд. Шуни эътиборга олган ҳолда, ток кучининг вақтга боғлиқлиги графигини ясаймиз (2.5, б-расм).

Агар масштаб маълум бўлса, 2.5-расмда келтирилган графиклардан абсциссалар ўқидан тебранишлар даври ва частотасини, ординаталар ўқидан тебранаётган катталикнинг амплитудаси ва оний қийматини аниқлаш мумкин.

Графиклардан фазалар силжиши ҳам яққол кўриниб турибди. Конденсатор қопламаларидағи заряднинг қиймати максимал бўлганда занжирдаги ток кучи нолга тенг.



1. Электромагниттебранишларни таърифланг.
2. Идеал тебраниш контури қандай элементлардан таркиб топган?
3. Қандай тебранишлар эркин электромагниттебранишлардебаталади?
4. Тебраниш контуридаги электромагнит тебранишларнинг тўлиқ энергиясинимага тенг?
5. Тебраниш контуридаги конденсатор қопламаларидағи заряд вақт ўтиши билан қандай қонунга мувофиқ ўзгаради?
- *6. Тебраниш контурида электромагнит тебранишлар қандай содир бўлишини тушунитиринг.
- *7. Тебраниш контурида электромагниттебранишларнинг пайдо бўлишида ўзиндуқция ҳодисаси қандай аҳамиятга эга?
- *8. Нима учун конденсаторва резистордани борат контурда электромагнит тебранишлар юзага келмайди?
9. Идеал тебраниш контуридаги эркин электромагнит тебранишлар даври қандай физик катталикларга боғлиқ?
- *10. Тебраниш контурида конденсатор зарядининг бошланғич қиймати ўзгартирилди. Шу пайтда электромагниттебранишларни тавсифловчи қайси физик катталиклар ўзгаради ва қайслари ўзгармайди?
- *11. Эркин электромагниттебранишлар даври бошланғич пайтда контурга берилган энергияга боғлиқми? Жавобингизни асосланг.

 Үқитувчининг күрсатмалари бўйича 4—5 кишидан иборат гурухларга бўлининг ва қўйидаги топшириқларни бажаринг:

- Математик маятникнинг тебраниш даври маятник массасига, тебранишлар амплитудаси ва маятник узунлигига боғлиқлигини текширинг. Берилган нарсалардан мустақил равишда маятник ясанг. Тажриба учун режа тузинг. Тажриба натижаларини ўзингиз тузган жадвалга киритинг. Холосачиқаринг.
- Пружинали маятникнинг тебраниш даври унинг массасига, пружинанинг бикрлигига, тебранишлар амплитудасига боғлиқлигини текширинг. Берилган нарсалардан мустақил равишда маятник ясанг. Тажриба учун режа тузинг. Тажриба натижаларини ўзингиз тузган жадвалга киритинг. Холосачиқаринг.

Масала ечиш намунаси

Идеал тебраниш контурида конденсатор қопламаларидағи заряд $q = 0,05\cos 10^4 t$ (Кл) қонунга мувофиқ ўзгаради. Тебранишлар амплитудасини, даврини, частотасини ва бошланғич фазасини аниқланг. Агар конденсаторнинг сиғими 0,5 мкФ бўлса, ғалтакнинг индуктивлиги қандай?

Берилган:

$$q = 0,05\cos 10^4 t \text{ (Кл)}$$

$$C = 0,5 \text{ мкФ} = 0,5 \cdot 10^{-6} \Phi$$

Топиш керак:

$$q_m = ? \text{ v } ? T = ?$$

$$\phi_0 = ? L = ?$$

Ечилиши. Конденсатор қопламаларидағи заряднинг гармоник тебранишлари тенгламасини ёзамиз:

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \phi_0).$$

Ушбу тенгламани масаланинг шартида берилган $q = 0,05\cos 10^4 t$ (Кл) тенглама билан таққослаб, қўйидагиларни топамиз:

1) заряд тебранишлари амплитудасини $q_m = 0,05$ Кл;

2) циклик частотани $\omega_0 = 10^4 \pi = 3,14 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$;

3) частотани $v = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{3,14 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}}{2 \cdot 3,14} = 0,5 \cdot 10^4 \text{ Гц} = 5 \text{ кГц}$;

4) тебраниш даврини $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2 \cdot 3,14}{3,14 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$;

5) тебранишларнинг бошланғич фазасини $\phi_0 = 0$;

6) ғалтакнинг индуктивлигини $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ формуладан топамиз:

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = \frac{1}{(3,14 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1})^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \Phi} = 0,002 \text{ Гн.}$$



2-машқ

- Тебраниш контури индуктивлиги $L = 1,6$ мГн ғалтак ва электр сиғими $C = 0,04$ мкФ бўлган конденсатордан ташкил топган. Контурдаги заряд тебранишлари даврини топинг.

Жавоб: 50 мкс.

2. Тебраниш контурида ток кучи $i = 0,01 \cos 1000t$ қонунга мувофиқ ўзгаради. Агар контур конденсаторининг сиғими 10 мкФ бўлса, ғалтакнинг индуктивлиги ва конденсатор қопламаларидағи кучланишнинг максимал қиймати қандай бўлади?

Жавоб: $L = 0,1$ Гн; $U = 1$ В.

3. Идеал тебраниш контурида электромагнит тебранишлар ҳосил бўлади. Агар бошлангич пайтда конденсаторга берилган максимал заряд миқдори икки марта ортирилса: а) ток кучининг амплитудасини; б) конденсаторнинг электр майдон энергияси билан ғалтакнинг магнит майдон энергияси йигиндиси неча марта ўзгаради? Жавобинизни асосланг.
4. Тебраниш контури $L = 1$ Гн сиғимли конденсатор ва индуктивлиги $C = 2,5$ мкФ бўлган ғалтакдан иборат. Конденсатор қопламаларидағи заряд тебранишларининг амплитудаси 0,5 мКл ни ташкил қиласи. Заряд тебранишлари тенгламасини ёзинг.

Жавоб: $q = 0,5 \cdot 10^{-6} \cos 630t$ (Кл).

5. Индуктивлиги $L = 0,1$ Гн бўлган ғалтак ва $C = 2$ мкФ сиғимли конденсатордан ташкил топган тебраниш контурининг хусусий тебранишлар даврини аниқланг.

Жавоб: $2,8 \cdot 10^{-3}$ с.

6. Идеал тебраниш контурида электромагнит тебранишлар ҳосил бўлади. Конденсатор қопламаларидағи заряднинг максимал қиймати $q_m = 10^{-6}$ Кл, контурдаги ток кучининг максимал қиймати $I_m = 10$ А. Тебранишлар частотасини аниқланг.

Жавоб: $1,6 \cdot 10^6$ Гц.

7. Идеал тебраниш контурида электромагнит тебранишларнинг тўлиқ энергияси 0,2 мЖ, кучланишнинг максимал қиймати 100 В, ток кучининг энг катта қиймати 1 А. Контуринг индуктивлигини ва электр сиғимини аниқланг.

Жавоб: 0,4 мГн; 0,04 мкФ.

- *8. Идеал тебраниш контурида конденсатор қопламаларидағи кучланишнинг максимал қиймати $U_m = 30$ В, контурдаги ток кучининг максимал қиймати $I_m = 1,4$ А. Конденсаторнинг электр майдон энергияси ғалтакнинг магнит майдон энергиясига тенг бўлганда контурдаги ток кучи ва кучланишнинг қийматини ҳисобланг.

Жавоб: ≈ 1 А; 21,3 В.

- *9. Хусусий тебранишлар частотаси $V_1 = 20$ кГц тебраниш контуридаги конденсатор бошқа конденсатор билан алмаштирилганда хусусий частота $V_2 = 30$ кГц бўлди. Агар ўша иккита конденсатор параллел уланса, контуринг хусусий тебранишлар частотаси қандай бўлади?

Жавоб: 16,6 кГц.

3-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар. Автотебранишлар



Таянч түшүнчалар:

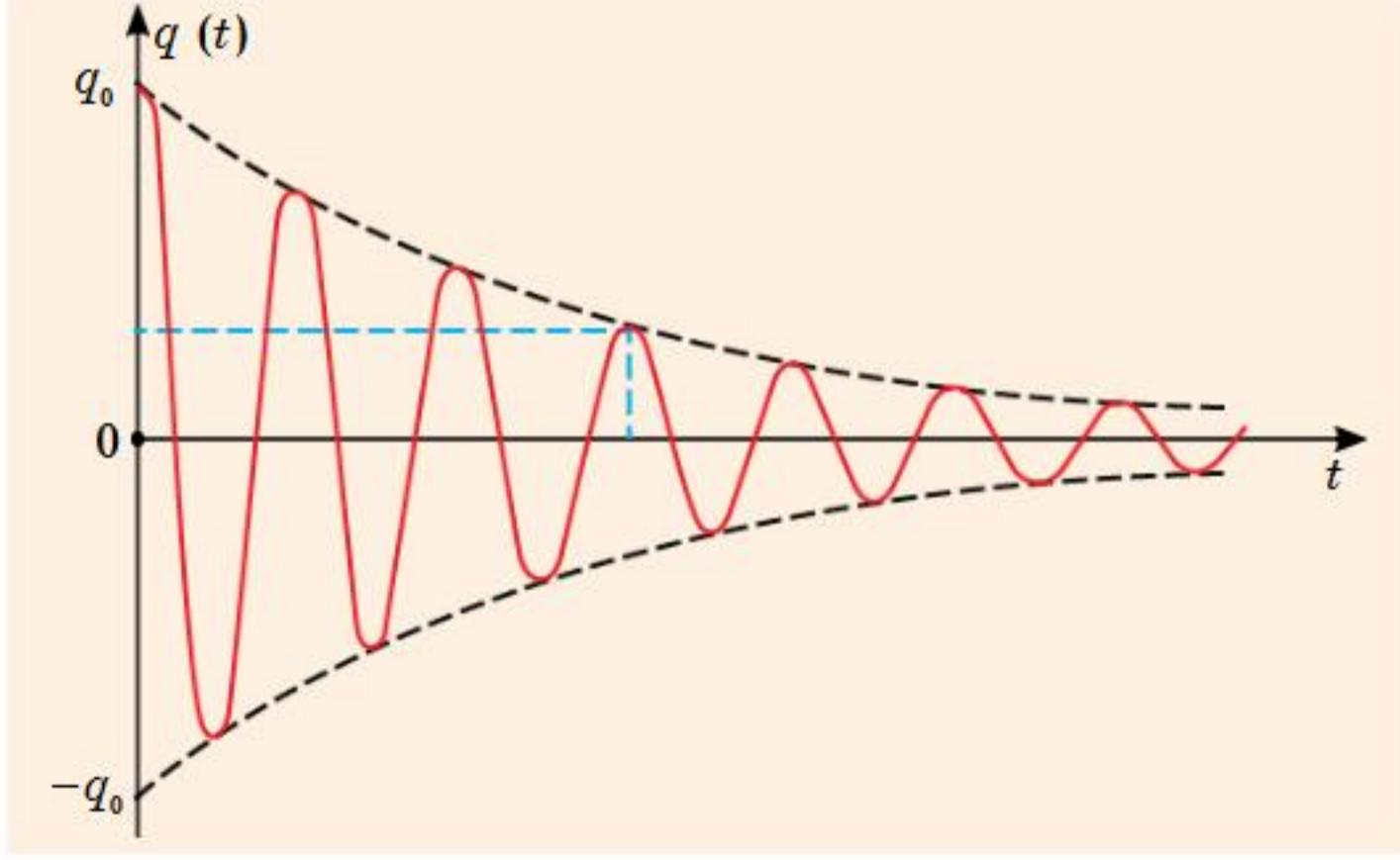
- ✓ сўнувчи тебранишлар
- ✓ мажбурий тебранишлар
- ✓ мажбурловчи күч
- ✓ резонанс
- ✓ автотебранишлар
- ✓ юқори частотали генераторлар

Бугун дарсда:

- мажбурий тебранишларнинг пайдо бўлиш шартларини ўқиб ўрганасиз;
- автотебранишлар тушунчаси билан танишасиз;
- юқори частотали генераторларнинг ишлаш принципи билан танишасиз.



Сўнувчи тебранишлар. Шу кунга қадар биз электр қаршилиги нолга тенг бўлган идеал тебраниш контурида юзага келадиган эркин электромагнит тебранишларни кўриб чиқдик. Бундай идеал тебранишлар ўзгармас амплитуда билан синусоидал қонунга мувофиқ узоқ вақт содир бўлиши мумкин. Аслида, ҳар қандай реал тебраниш контурининг R электр қаршилиги мавжуд, шунинг учун ҳар даврда электромагнит тебранишлар энергиясининг бир қисми контурдаги элементларни қиздиришга сарфланиб, иссиқлик энергиясига айланади. Тебраниш энергиясининг камайиши тебранишлар амплитудасининг ҳам пасайишини англатади. Тебраниш контурида тўпланган барча энергия батамом сарфланганда тебранишлар ҳам тўхтайди. *Тебраниш системаси энергиясининг камайиши туфайли амплитудаси вақт ўтиши билан пасайдиган тебранишлар сўнувчи тебранишлар дейилади.* Сўнувчи тебранишлар, аниқроқ айтганда, гармоник қонунга бўйсунмайди. Тебранишлар амплитудаси экспоненциал қонун бўйича камаяди (3.1-расм).



3.1-расм. Тебраниш контуридаги заряднинг сўнувчи тебранишлари

Мажбурий тебранишлар. Тебранишларнинг сўнишига йўл қўймаслик учун тебраниш системасига ташқи даврий энергия манбаи билан таъсир кўрсатиб, йўқолган тебранишлар энергияси ўрнини муттасил тўлдириб туриш керак. Механик тебранишлар ҳолида бу *мажбурловчи куч* деб аталувчи ташқи даврий куч бўлиши мумкин. Электромагнит тебранишлар учун бундай ташқи куч даврий равишда ўзгариб турадиган кучланишdir (ток манбанинг ЭЮК). Мажбурий тебранишлар сўнмайдиган тебранишлардир.

Электр занжиридаги ташқи истеъмол манбанинг ўзгарувчан ЭЮК таъсирида юзага келадиган ток кучи ва кучланишнинг даврий ўзгаришлари мажбурий электромагнит тебранишлар дейилади. Ўзгарувчан электр токи мажбурий тебранишларга мисол бўла олади, чунки у занжирда ўзгарувчан ток генераторлари ишлаб чиқарган ўзгарувчан кучланиш таъсирида пайдо бўлади. Ўзгарувчан ток қонунлари кейинги бобда батафсил кўриб чиқилади.

Ташқи даврий таъсир бошланганда бир озгача мураккаб тебранишлар кузатилади. Аммо ташқи таъсир бошлангандан бир мунча вақт ўтгач, тебранишлар турғун табиатга эга бўлиб, бошланғич шартларга боғлиқ бўлмай қолади. Шундай қилиб, бироз вақтдан сўнг мажбурий тेbrанаётган система ўзининг бошланғич ҳолатини батамом “унутади”.

Эслабқолинг!

Қарор топган мажбурий тебранишлар частотаси мажбурловчи куч частотасига teng. Электромагнит тебранишлар ҳолида бу — ток манбаи ЭЮКнинг ўзгариш частотаси.

Тебраниш амплитудаси ва мажбурий тебранишларнинг ҳар даврда системага берилган энергия миқдори мажбурловчи кучланишнинг ω частотасига ва тебраниш контурининг актив қаршилигига боғлиқ. Мажбурловчи кучланишнинг ω частотаси тебраниш контурининг ω_0 хусусий частотасига яқинлашганда ва унинг актив қаршилиги камайганда тебранишлар амплитудаси ва системага берилаётган энергия миқдори ортади.

Сиз буни биласиз

Тебраниш системасининг хусусий тебранишлар частотаси мажбурловчи куч частотасига тенглашганда мажбурий тебранишлар амплитудасининг кескин ортиши **резонанс**деб аталади.

Резонанс пайтида системага ташқи манбадан энергия узатилиши учун мақбул шароитлар яратилади. Чунки бу пайтда бутун давр мобайнида система устида ташқи манбанинг иши мусбат катталик бўлади.



3.2-расм. Автотебранишли системанинг асосий элементлари

манбаи тебраниш системасининг ўзида бўлади ва йўқотилган энергия ўрнини тўлдирадиган энергия таъминоти система томонидан тартибга солинади. Шундай қилиб, *системада ташқи даврий кучлар таъсирисиз юзага келадиган сўнмас тебранишлар автотебранишлар дейилади*. Автотебранишлар частотаси ва амплитудаси тебраниш системасининг тузилишига боғлиқ бўлади. Ҳар қандай автотебраниш системасининг таркиби ушбулардан иборат: энергия манбаи, тебраниш системаси ва калит (клапан) (3.2-расм).

Калит (клапан) тебраниш системасига унинг тебранишларига мувофикар энергия манбаидан келадиган энергияни юбориб ёки тўсиб турди. Бу жараённи тебраниш системасининг ўзи автоматик равишда бошқариб турди.

Электр автотебранишларга мисол тариқасида *транзисторли генераторларни кўриб чиқамиз* (3.3-расм). У тебраниш контури, энергия манбаи ва транзистордан ташкил топган.

Сиз буни биласиз

Транзистор— бу турли ўтказувчаникка эга уч хил яримўтказгичлар: эмиттер, база ва коллектордан иборат яримўтказгичли триод. Транзисторлар *p-n-p* ёки *n-p-n* типли бўлиши мумкин. Эмиттер ва коллекторнинг асосий заряд ташувчилари бир хил (масалан, тешиклар), базадаги асосий заряд ташувчиларнинг ишораси уларга қарама-қарши (масалан, электронлар).



3.3-расм. Транзисторли генератор

Автотебранишлар. Сўнмас тебранишларни ҳосил қилишнинг яна бир усули мавжуд. У *автотебранишлардир*. Улар мажбурий тебранишлардан тубдан фарқ қиласиди. Уларга ташқи даврий таъсирнинг ҳожати йўқ. Энергия

Транзистор энергия манбани төбәнишлар такти билан боғловчи клапан (калит) вазифасини бажаради. Транзисторлы генератор юқори частотали (МГц) төбәнишларни ҳосил қиласы, шунинг учун калит ніхоятда катта тезкорликка әга бўлиши ва деярли инерциясиз бўлиши лозим. Транзистор ушбу талабларга жавоб беради.

Келинг, генераторнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. Төбәниш контуридаги энергия исрофини тўлдириш учун унга ўзгармас кучланиш манбай уланади. Агар у төбәниш контурига ҳамма вақт уланиб турса, даврнинг биринчи ярмида (кучланиш манбанинг мусбат қутбига конденсаторнинг мусбат зарядланган қопламаси уланганда) конденсаторни узлуксиз зарядлаб туради. Даврнинг иккинчи ярмида эса конденсатор қопламаларидаи заряднинг ишораси ўзгариб, конденсатор кучланиш манбай орқали зарядсизланади. Бошқача айтганда, төбәниш даврининг биринчи ярмида энергия контурга берилса, иккинчи ярмида кучланиш манбаига қайтарилади. Албатта, мазкур ҳолда кучланиш манбай энергия исрофини тўлдира олмайди.

Агар кучланиш манбай төбәниш контурига даврий равишда, факт конденсаторнинг мусбат қутбга уланган қопламаси мусбат зарядланган пайтдагина уланадиган бўлса, конденсатор ҳамиша қайта зарядланиб туради ва төбәнишлар ҳеч қачон сўнмайди. Калит (транзистор)ни шу тарзда бошқариш учун *тескари боғланиш* қўлланилади (3.2-расм).

Автотөбәнишлар частоталари жуда кенг диапазонга әга. Улар радиотехникада, радиоалоқада, телекўрсатувда, ЭХМларда ва бошқаларда қўлланилади.

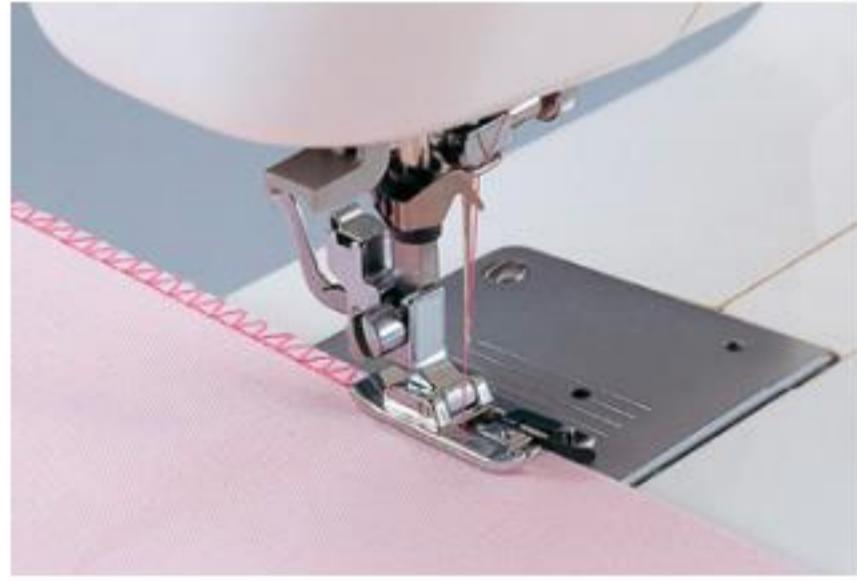
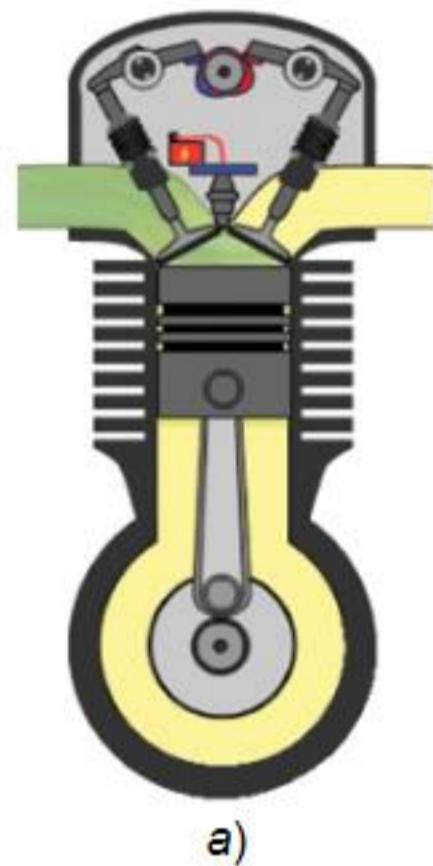
Электромагнит төбәнишлар тирик организмларга ҳам фойдали, ҳам заарли таъсир кўрсатиши мумкин. Маълум бўлишича, инсон организмидаги ҳар қандай аъзоси ўзига хос резонанс частотага әга. Ташқи төбранма (пульсацияловчи) таъсир частотаси резонанс частотасига тўғри келганда, титраш(тепки)лар сезилади, унинг натижасида аъзода қандай ўзгаришлар бўлиши эса амплитудага боғлиқ. Масалан, электромагнит нурларнинг инсон руҳиятига таъсир қилиши исботланган.



1. Нима учун реал төбәниш контуридаги эркин төбәнишлар сўнади?
2. Қандай төбәнишлар мажбурий төбәнишлар деб аталаади?
3. Мажбурий төбәнишлар частотаси ва амплитудаси қандай катталикларга боғлиқ?
4. Автотөбәнишлар мажбурий төбәнишлардан нима билан фарқ қиласы?
5. Автотөбәнишлар системаси қандай асосий элементларлардан ташкил топган?
- *6. Юқори частотали генераторнинг ишлашида транзистор қандай роль ўйнайди?
- *7. Тескари боғланиш нима?



1. Ташқи мажбурловчи күч таъсирида ҳатто тебраниш системаси бўлмаган жисмларнинг ўзи ҳам мажбурий тебраниши мумкин. 3.4, а, б, в, г-расмларни кўриб чиқинг ва қандай мажбурий тебранишлар содир бўлаётганини айтинг. Ҳар қайси ҳолдаги мажбурловчи кучни айтинг. Мажбурий тебранишларга яна бир нечта мисоллар келтиринг.
2. Ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича бир нечта гурухга бўлининг. Электромагнит тўлқинларнинг тирик орназмларга таъсири тўғрисида маълумотлар тўпланг. Тақдимот тайёрланг ва уни муҳокама қилинг.



б)

в)



г)

3.4-расм

4-§. Механик ва электромагнит тебранишлар орасидаги үхашашликлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ үхашашлик
- ✓ координата
- ✓ заряд
- ✓ тезлик
- ✓ ток кучи
- ✓ пружинали маятник
- ✓ тебраниш контури
- ✓ конденсатор
- ✓ фалтак



Бугундарсда:



- механик ва электромагнит тебранишларни таққослаб, уларнинг асосий тавсифлари ва қонуниятлари орасидаги үхашашликлар билан танишасиз.

Сиз буни биласиз

Механик ва электромагнит тебранишларнинг физик табиати ҳар хил, аммо тебранаётган физик катталикларнинг вақт ўтиши билан ўзгариш қонуниятлари бир хил. Уларни бир хил тенгламалар билан тавсифлашумкин. Турли табиатга эга тебраниш жараёнлари бир хил параметрлар билан тавсифланади.

Механик ва электромагнит тебранишлар орасидаги үхашашликни аниқлаймиз. Биз пружинали ва математик маятникларнинг механик тебранишлари пайтида юкнинг x координатаси ва унинг v тезлигининг, шу каби тебраниш контурида электромагнит тебранишлар пайдо бўлганда конденсатор қопламаларидағи q заряд билан контурдаги i ток кучининг даврий ўзгаришларини қараб чиқдик.

Берилган иккала ҳолда тебранаётган катталикларнинг физик табиати ҳар хил, аммо бу тебранишлар бир хил қонуниятларга бўйсунади. Бундай тебранишлар тенгламалари бир хил ифодаланади.

Биз биламизки, тебраниш пайдо бўлиши учун тебраниш системасига қўшимча энергия бериш лозим. Масалан, пружинали маятникнинг пружинасини чўзиш ёки сиқиши орқали биз системага қўшимча потенциал энергия берамиз. Агар энди маятникни эркин қўйиб юборсак, у ҳолда эластиклик кучи уни мувозанат вазиятига қайтаради. Унинг мувозанат вазиятига пружинанинг

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = 0$$

энг кичик потенциал энергия билан тавсифланувчи деформацияланмаган ҳолати ($x = 0$) мос келади. Мазкур ҳолда пружинали маятникнинг тўлиқ энергияси унинг кинетик энергиясига teng:

$$E = E_k = \frac{mv_m^2}{2}.$$

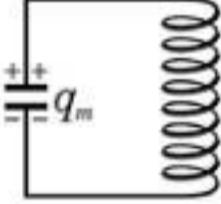
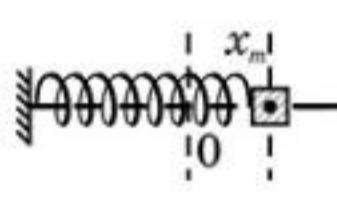
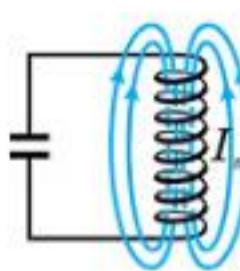
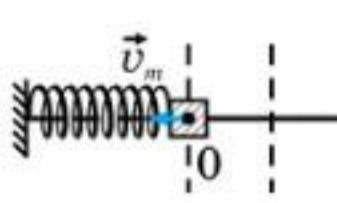
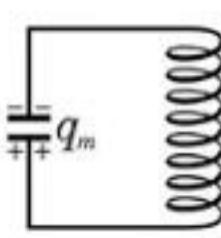
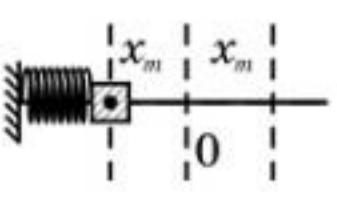
Юк бу мувозанат вазиятидан инерция туфайли ўз-ўзидан ўтиб кетади.

Тебраниш контурига ортиқча энергия (электр майдон энергияси) ни конденсаторни зарядлаш орқали бериш мүмкін. Бундан кейин конденсатор зарядсизланиб бўлган ($q = 0$) да электр майдон энергияси

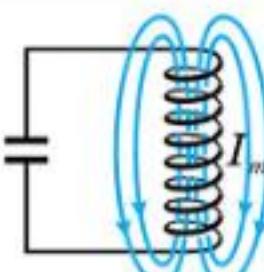
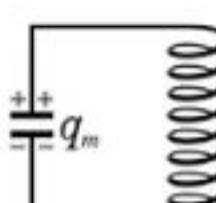
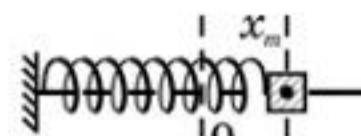
$W_s = \frac{q^2}{2C} = 0$ нолгача камаяди. Ўша пайтда ғалтакдаги магнит майдон

энергияси $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$ максимум қийматга эришиб, тебраниш контурининг тўлиқ энергиясига тенг бўлади. Тебраниш контури бу вазиятдан ҳам ўзиндуқция натижасида ўз-ўзидан ўтиб кетади.

Механик тебранишлар системасида юкнинг мувозанат вазиятидан оғиши тебраниш контуридаги конденсаторнинг зарядланишига ўхшаш бўлади. Бунда пружинали маятникка $E_p = \frac{kx_m^2}{2}$ потенциал энергия, конденсаторга $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ электр майдон энергияси берилади (4.1, а-расм). Бу иккала формууланинг ифодаланиши бир хил: механик тебранишлардаги пружинанинг бикрлиги k нинг ўрнига электромагнит тебранишларда $\frac{1}{C}$ коэффициент турибди, x_m координата эса q_m зарядга мос келади. Жисмнинг мувозанат вазиятига томон силжиши контурда электр токининг пайдо бўлишига ўхшайди. Жисмнинг тезлиги инерция туфайли аста-секин ортгани каби, контурдаги ток кучи ўзиндуқция ҳодисаси натижасида аста-секин ортиб боради.

№	Электромагнит тебранишлар	Механик тебранишлар
1	2	3
4.1, а	 $t = 0$ $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	 $t = 0$ $E_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $E_k = 0$
4.1, б	 $t = \frac{1}{4}T$ $W_s = 0$ $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$	 $t = \frac{1}{4}T$ $E_p = 0$ $E_k = \frac{mv_m^2}{2}$
4.1, в	 $t = \frac{1}{2}T$ $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	 $t = \frac{1}{2}T$ $E_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $E_k = 0$

Давоми

1	2	3
4.1, <i>ε</i>	 $t = \frac{3}{4}T$ $W_s = 0$ $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$	 $t = \frac{3}{4}T$ $E_p = 0$ $E_k = \frac{kx_m^2}{2}$
4.1, <i>δ</i>	 $t = T$ $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	 $t = T$ $E_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $E_k = 0$

4.1-расм. Электромагнит ва механик тебранишлар орасидаги үхашашликлар

Пружинали маятникоң юкнинг үнг томондаги четки вазиятида унга таъсир этувчи қайтарувчи (эластиклик) кучнинг қиймати максимал, унга мос ҳолда юкнинг тезланиши ҳам максимал бўлади. Юк мувозанат вазиятига яқинлашган сари қайтарувчи куч ва тезланиш камайиб, юкнинг тезлиги ортаверади. Мувозанат вазиятида юкка таъсир этувчи куч нолга teng, аммо унинг тезлиги максимал бўлади, шунинг учун юк инерция бўйича ҳаракатини давом эттиради.

Тебраниш контурида конденсаторнинг зарядсизланиши бошланганда унинг қопламаларидағи заряд ва потенциаллар айирмаси максимал, контурдаги ток кучи эса нолга teng. Конденсатор зарядсизланганда занжирдаги ток кучи ортади, бу эса ўз навбатида разрядланиш токининг ортишига қаршилик кўрсатадиган ўзиндукуция токининг пайдо бўлишига олиб келади (Ленц қоидаси). Бундан занжирдаги зарядсизланиш токининг ортиши тўхтамайди, аммо секинлашади.

Даврнинг тўртдан бир қисми, яъни $t = \frac{1}{4}T$ ўтганда юк $x = 0$, $v = v_m$ мувозанат вазиятидан ўтади, конденсатор тўлиқ зарядсизланади: $q = 0$, ғалтакдаги ток кучи $i = I_m$ эса максимал қийматга эришади (4.1, б-расм). Мазкур ҳолда, маятникнинг потенциал энергияси $E_p = 0$ бўлади, кинетик энергия $E_k = \frac{mv_m^2}{2}$ эса максимал қийматга эришади.

Шу каби тебраниш контурида $t = \frac{1}{4}T$ бўлганда электр майдон энергияси $W_s = 0$, магнит майдон энергияси $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$ эса максимал қийматга эришади. Охирги формулаларни таққослаб, механик тебранишлардаги m масса электромагнит тебранишлардаги L индуктивликка мос келишини кўриш мумкин. Ўз навбатида юкнинг v тезлиги билан i ток кучи бир-бирига мос келади. Юк бундан кейин ўз инерцияси билан пружинани сиқиб, чапга силжийди, ғалтакдаги ток эса электронларни конденсаторнинг зарядланмаган бир қопламасидан иккинчи қопламасига томон “ҳайдайди”. Пружина сиқилади, конденсатор қайта зарядланади.

$t = \frac{1}{2} T$ да юк үзининг чап томондаги энг четки вазиятига етиб тұхтайди, конденсатор шу пайтда тұлиқ зарядланиб бўлади (4.1, *в*-расм). Айни пайтда контурдаги ток кучи нолга тенг. Энди юк эластиклик кучи таъсирида үнгга ҳаракатлана бошлайди, конденсатор эса қопламалари орасидаги потенциаллар айирмаси ҳисобига зарядсизланади.

Даврнинг тўртдан уч қисми, яъни $t = \frac{3}{4} T$ ўтганда юк яна максимал тезликда мувозанат вазиятидан ўтади; конденсатор тұлиқ зарядсизланади, контурдаги ток кучи максимал қийматга әришади (4.1, *г*-расм). Ва ниҳоят, тұлиқ битта даврдан сўнг, $i = T$ бўлганда, иккала система ҳам дастлабки вазиятига қайтади (4.1, *д*-расм).

Шундай қилиб, иккала системадаги (пружинали маятник ва тебра-ниш контури) тебранишлар бир хил содир бўлади, аммо тебранаётган катталиклар табиатига кўра ҳар хил бўлади. Мазкур ҳолда айни қандай катталиқ тебранаётгани эмас, балки уларнинг қандай, қайси қонуниятларга мувофиқ тебранаётгани муҳимдир. Ҳар иккала ҳолда ҳам тебраниш қонунлари бир хил.

Электромагнит ва механик тебранишлар орасидаги ўхашликларни аниқлаш нафақат тебраниш жараёнларини чуқурроқ тушунишга ёрдам беради, балки муҳим амалий аҳамиятга ҳам әгадир. Механик ва электр катталиклар орасидаги ўхашликлардан фойдаланиб, баъзи мураккаб электр тебранишлар системалари мос механик тебранишлар системалари билан алмаштирилди, бу эса ўз навбатида унда содир бўлаётган жараёнларни ўрганишни осонлаштиради. Энди механик ва электромагнит тебранишларни тавсифловчи физик катталикларнинг ўхашликларини жадвал кўринишида ифодалаймиз (4.1-жадвал).

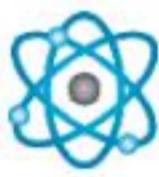
4.1-жадвал

Тебранишларнинг тавсифлари

Механик тебранишлар	Электромагнит тебранишлар
Координата x	Заряд q
Амплитуда x_m	Максимал заряд q_m
Тезлик $v = x'$	Ток кучи $i = q'$
Тезланиш $a = v' = x''$	Ток кучининг ўзгариш тезлиги $i' = q''$
Масса m	Индуктивлик L
Пружинанинг бикрлиги k	Электр сиғимга тескари катталиқ $\frac{1}{C}$
Куч F	Кучланиш U
Деформацияланган пружинанинг потенциал энергияси $E_p = \frac{kx^2}{2}$	Конденсаторнинг электр майдон энергияси $W_i = \frac{q^2}{2C}$
Юкнинг кинетик энергияси $E_k = \frac{mv^2}{2}$	Фалтакнинг магнит майдон энергияси $W_m = \frac{Li^2}{2}$



1. Пружинали маятника бикрлик коэффициенти қандай табаниш контуридаги индуктивликнинг камайиши пружинали маятникнинг үзгаришигамос келади?
2. Табаниш контуридаги индуктивликнинг камайиши пружинали маятникнинг үзгаришигатури келади?
3. Пружинали маятникнинг механик табанишлар тенгламасининг электромагнит табанишлар тенгламасига үхаш белгиларини ёзинг.
4. Нима учун табаниш контуридаги конденсатор қопламалари орасидаги кучланиш нолгатенглашганда контурдаги ток кучи ҳам нолгатенглашмайди? Бунга пружинали маятник табанишларида қандай жараён мос келади? Тушунтириңг.
- *5. Табаниш контури индуктивлиги L , ғалтак ва бир-бирига параллелуланган C_1 ва C_2 сиғимли иккита конденсатордан ташкил топган. Шунга үхаш иккита пружинали маятникдан иборат табаниш система синицизинг.



Ушбу мавзу матни асосида математик маятникнинг табанишлари билан табаниш контуридаги электромагнит табанишлар ўртасидаги үхашликни қараб чиқинг. 4.1-жадвалдаги намуна бўйича ўша табанишларнинг үхаш хусусиятларини жадвалга тўлдириңг.

2-бобнинг асосий мазмуни

- Электромагнит табанишлар деб электр ва магнит майдон энергияларининг ўзаро бир-бирига айланиши билан бирга электр заряди, ток кучи ва кучланишнинг даврий равишда ўзгариш жараёнларига айтилади.
- Табаниш контуридаги заряднинг гармоник табанишлар тенгламаси қўйидаги кўринишга эга $q = q_m \cos(\omega_0 t + \phi_0)$.
- Идеал табаниш контуридаги эркин электромагнит табанишларнинг даври

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

- Механик ва электромагнит табанишлар орасида үхашлик мавжуд. Реал табаниш системасида эркин табанишлар сўнади. Сўнмас табанишларни ҳосил қилиш учун энергия исрофини тўлдириб туриш лозим. Сўнмас табанишларни олишнинг икки усули мавжуд: биринчисида энергия исрофи ташқи энергия манбаидан даврий равишда тўлдирилади. Бундай табанишлар *мажбурий табанишлар* деб аталади.
- Иккинчисида энергия манбаи табаниш системасининг ўзида бўлади ва унинг берилиши система томонидан тартибга солинади. Бундай табанишлар *автоматебанишлар* дейилади.

3-боб. ЎЗГАРУВЧАН ТОК

5-§. Ўзгарувчан ток генератори



Таянч тушунчалар:

- ✓ ўзгарувчан ток генератори
- ✓ электромагнит индукция ҳодисаси
- ✓ магнит оқими
- ✓ индуктор
- ✓ якорь
- ✓ ротор
- ✓ статор



Бугун дарсда:

- ўзгарувчан ток генераторининг ишлаш принципи ва тузилиши билан танишасиз.



Ток генератори деб механик энергияни электр энергияга айлантирадиган қурилмага айтиласи.

Хозирги пайтда әнг күп тарқалған генераторлар — ўзгарувчан ток нинг электромеханик индукцион генераторлари дидир (5.1-расм).

Ўзгарувчан ток генераторларининг афзаллиги — улар тузилишининг соддалиги ва жуда юқори күчланиш шароитида юқори токларни олиш имкониятидадир. Электромеханик индукцион генераторларда механик энергия электр энергияга айланади.



5.1-расм. ГЭС ларда үрнатиладиган генераторлар

Сиз буни биласиз

Ёпік контурни кесиб ўтувчи магнит оқими ўзгарғанда контурда электр токининг пайдо бўлиш ҳодисаси **электромагнитиндукция** дейилади.

Контурнинг *S*юзини кесиб ўтувчи Φ магнит оқими деб қуидаги катталикка айтилади:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha,$$

бу ерда B — магнит индукция векторининг модули, α — \vec{B} индукция вектори билан рамкага ўтказилган \vec{n} нормаль орасидаги бурчак. Индукция ЭЮК ёпік контурни кесиб ўтувчи магнит оқимининг манфий ишора билан олинган ўзгариш тезлигига тенг:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

\vec{B} индукцияли бир жинсли ўзгармас магнит майдонда S юзли симли рамка ўзгармас ω бурчак тезлик билан айланыётган бўлсин (5.2-расм).

Рамка ω бурчак тезлик билан айлангани учун, \vec{B} вектор билан рамка текислигига ўтказилган \vec{n} нормаль орасидаги бурчак $\alpha = \omega \cdot t$, у ҳолда $\Phi = BS \cos \omega t$, яъни магнит индукция оқими гармоник қонунга мувофиқ ўзгаради. Шунинг учун рамкада $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta(BS \cos \omega t)}{\Delta t}$ ЭЮК индукциялади. Агар жуда кичик вақт оралиғигини олсак, у ҳолда $\Delta t \rightarrow 0$ да $\mathcal{E}_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(-\frac{\Delta(BS \cos \omega t)}{\Delta t} \right) = -(BS \cos \omega t) = BS \omega \sin \omega t$.

$\mathcal{E} = BS\omega$ каби белгилаймиз, у ҳолда

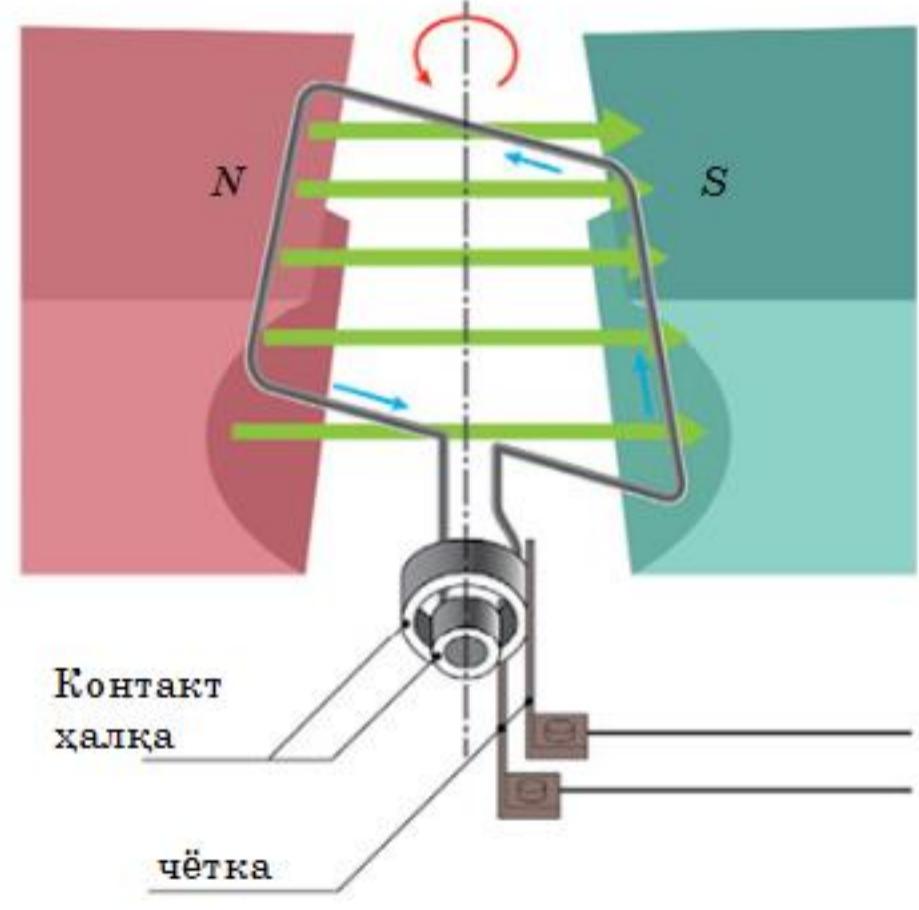
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \omega t. \quad (5.1)$$

Шундай қилиб, магнит майдонда текис айланган симли рамкада индукция ЭЮК пайдо бўлади ва сим бўйлаб синусоидал ўзгарувчан ток оқади. Ушбу токдан фойдаланиш учун рамка кесилади, унинг учлари электр изоляцияланган иккита ҳалқага уланади. Чёткалар ҳалқаларга ёпишиб туради. Ҳалқалар рамка билан бирга айланганда чёткалар ҳалқа бўйлаб сирпанади ва қурилмага ташқи занжирни улайди, натижада ташқи занжирга ток узатилади (5.2-расм). Шу пайтда ташқи занжир (юкланиш) даги ўзгарувчан кучланиш қуидаги қонунга мувофиқ ўзгаради:

$$u = U_m \sin \omega t$$

ёки

$$u = U_m \cos \omega t. \quad (5.2)$$



5.2-расм. Ўзгарувчан ток генераторининг принципиал чизмаси

Бу икки ифодадан қайси бирини танлаш, биз аввалги бобда мұхокама қылганимиздек, вактнинг саноқ бошини танлаб олишимизга боғлик бўлади. Бунда занжирдаги ток кучининг тебранишлар частотаси кучланиш частотаси билан бир хил, аммо умумий ҳолда кучланиш ва ток кучи тебранишларининг фазалари турлича бўлиши мумкин.

Ўзгарувчан ток генераторининг тузилиши. Ҳар қандай индукцион генераторнинг асосий қисмлари қуйидагилардан иборат:

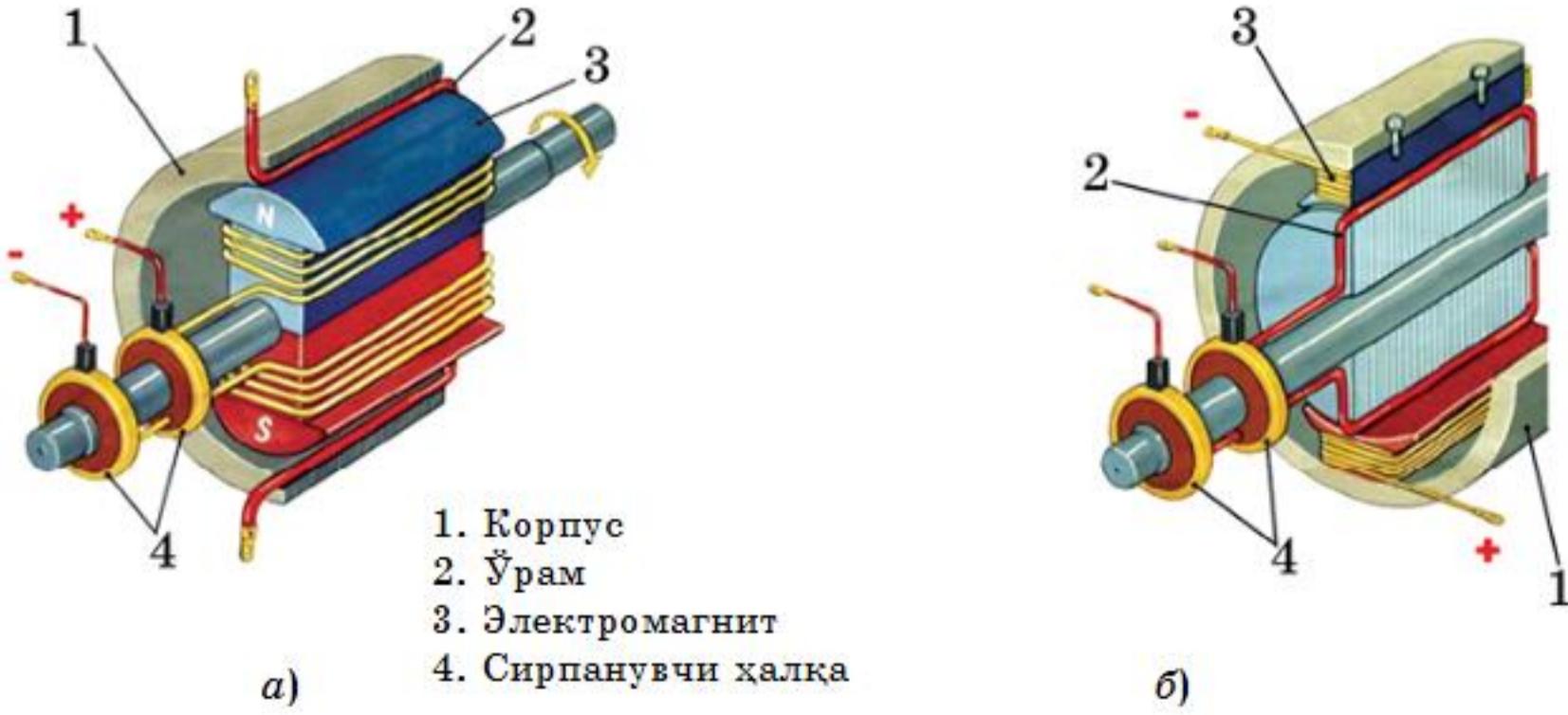
1) *индуктор* — магнит майдонни юзага келтирадиган мослама. Бу доимий магнит ёки электромагнит бўлиши мумкин.

2) *якорь* — ЭЮК индукцияланадиган (пайдо бўладиган) чулғам.

3) *чёткалар ва ҳалқалар* — айланиб турган қисмлардан индукцион токни узадиган ёки электромагнитларга истеъмол токини узатадиган мосламалар.

Кетма-кет уланган ўрамларда индукцияланган ЭЮК ҳар бир ўрамда ҳосил бўлган ЭЮК ларнинг йиғиндисига тенг бўлади, шунинг учун якорнинг чулғамдаги ўрамлари сони кўп бўлади.

Биз биламизки, рамкада пайдо бўладиган ЭЮК $\mathcal{E}_m = BSW = \Phi W$, яъни рамкани кесиб ўтувчи магнит оқимига пропорционал. Магнит оқимини орттириш учун индукцион генераторларда маҳсус магнит система қўлланилди. У электротехник пўлатдан ясалган иккита ўзакдан иборат. Иккала ўзакдан бирининг ариқчаларида магнит майдонни ҳосил қилувчи чулғамлар (электромагнит), иккинчи ўзакнинг ариқчаларида ЭЮК индукцияланадиган чулғам (якорь) жойлашади. Ўзаклардан бири (одатда, ички ўзак) ўз чулғамлари билан бирга горизонтал ёки вертикал ўқ атрофида айланади, у *ротор деб аталади*. Иккинчи қўзғалмас ўзак *статор деб аталади*. Саноат генераторларида электромагнит айланади, яъни у ротор вазифасини бажаради (5.3, *a*-расм), якорь (статор) эса ҳаракатсиз қолади. Электромагнитни таъминлайдиган ток кучи якорда пайдо бўладиган индукцион ток кучидан анча кичик бўлгани учун, айнан шундай қурилма қулайдир. Чунки юқори қувватли токни айланмай



5.3-расм. Ўзгарувчан ток генераторининг модели

турган чулғамда ҳосил қилиш осонроқ. Индукторга күчсиз ток ҳалқалар орқали берилади. У ток алоҳида ўзгармас ток генератори томонидан ишлаб чиқарилади. Генератор ишлаб чиқарған ток статор чулғамидан қўзғалмас шиналар орқали электр энергияси тармоқларига узатилади.

Биз кўриб чиққан генератор *бир фазали* генератор дейилади. Бир фазали генераторлар тежамкор эмас, шунинг учун, одатда, *уч фазали* генераторлар ишлатилади.

Замонавий гидроэлектростанцияларда баландликдан тушаётган сув электр генератори ўзагини секундига 1-2 айланиш частотаси билан айлантиради. Агар генератор якорида фақат битта чулғам бўлса, у (1-2 Гц) частотали ўзгарувчан ток ҳосил қиласр эди. Аммо бизга керакли саноат токининг частотаси 50 Гц бўлиши керак. Шунинг учун, ток частотасини керакли қийматгача ошириш учун генератор якори (ротори)га бир нечта чулғам ўрнатилади. Бундай генераторлар ишлаб чиқарадиган ўзгарувчан токнинг частотаси:

$$V = n \cdot f, \quad (5.3)$$

бу ерда n — қутблар жуфтининг сони; f — роторнинг айланиш частотаси.

Буғ турбиналарининг ротори жуда тез айланади, шунинг учун уларнинг якорида фақат битта чулғам бўлади. Бундай ҳолда роторнинг айланиш частотаси билан ишлаб чиқариладиган токнинг частотаси бир хил, яъни роторнинг айланиш частотаси 50 айл/с бўлиши лозим.

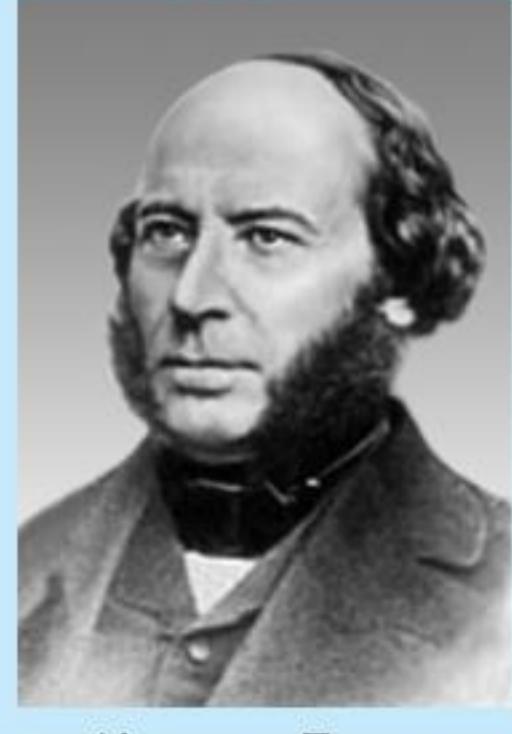
Индукцион ЭЮКнинг амплитуда қийматини орттириш учун якорь чулғамини кесиб ўтувчи магнит майдон индукциясини ёки унинг чулғамларидаги ўрамлар сонини орттириш керак. Магнит майдоннинг \vec{B} индукциясини орттириш учун индукторнинг чўлғами пўлат ўзакка жойлаштирилади ва якорь билан индуктор ўзаклари орасидаги бўшлиқ мумкин қадар кичикроқ қилинади.

Замонавий қудратли генераторлар (15-20) кВ кучланиш ҳосил қиласади, уларнинг ФИК (97-98)% га teng.

БУ ҚИЗИҚ!

Электромагнит индукция ҳодисаси асосида ўзгарувчан токни олиш имкониятини биринчи бўлиб тушунтирган Майкл Фарадей эди. Фарадей принципига асосланган биринчи ўзгарувчан ток генератори 1832 йилда француз олимни, ихтирочи Ипполит Пикси томонидан яратилган. Ушбу генератор тақасимон магнит ричагни айлантириш орқали айланма ҳаракатга келади. Магнит қутблари орасига темир ўзакли иккита қўзғалмас индуктив ғалтак ўрнатилган эди.

Кейинчалик, ушбу қурилмага доимий ўзгарувчан ток ҳосил қилиш учун калит қўшилди, шу тариқа Пикси генератори ҳозирги таниқли қурилмаларга ўхшаш кўринишга келди.



Ипполит Пикси
(1808—1835)



a)



б)



в)

5.4-расм. Ўзгарувчан ток генераторлари

Бугунги кунда ўзгарувчан ток генераторларининг кўплаб турлари ишлаб чиқилиб, амалга татбиқ қилинган. Улар электр энергияни ишлаб чиқариш мақсадида қудратли электростанцияларда, шунингдек, доимий электр таъминотидан олисда жойлашган хусусий хонадонлар ва далаҳовлиларда, баъзи олис аҳоли турар жойларида (5.4, а-расм) электр энергиясининг автоном манбаи бўлиб ҳисобланади. Шунингдек, генераторлар турли транспортларда, жумладан, автомашиналарда (5.4, б-расм), электр узатиш билан ишдайдиган тепловозларда, денгиз кемаларида (5.4, в-расм) электр системаларини таъминлаш учун кенг қўлланилади.

Автоном генераторлар халқ хўжалиги ва саноатнинг исталган соҳасида, таъмирлаш, қурилиш ва ишлаб чиқариш корхоналарида қўлланилади. Реанимация ва жарроҳлик бўлимлари бўлган клиникаларда асосий электр энергия билан таъминлаш системалари билан бирга фавқулоддаги вазиятларда автоном генераторлар қўлланилади, бу инсон ҳаёти учун нечоғли муҳим эканлиги тушунарли албатта.

Ўзгарувчан ток генераторларининг шу тариқа кенг тарқалиши уларнинг ихчам ва ишончлилиги, олиб юришга қулай ва кундалик ҳаётда қўлланишга соддалиги билан тушунтирилади.

- ?**
- Нима учун бир жинсли магнит майдонда текис айланувчи рамкада ЭЮК пайдо бўлади, улар қандай катталикларга боғлиқ?
 - Магнит майдонда айланувчи рамкада индукцияланадиган ЭЮКнинг ўзгариш қонунини келтириб чиқаринг.
 - Қўзғалмас рамкада ўзгарувчан токни олиш мумкинми? Агар шундай бўлса, қандай қилиб олиш мумкин?
 - Узгарувчанток генераторлари қандай асосий қисмлардан ташкил топган?
 - *5. Генератори шлашидаги ротор ва статорнинг ролини тушунтиринг.
 - *6. Кўп қутбли ўзгарувчан ток генераторининг афзалигинимада?
 - *7. Индукцион токни ташқи занжирга қандай чиқариш мумкинлигини тушунтиринг.



Ушбу мавзу матнида қўлланилагн маълумотлар ёрдамида қуйида келтирилган жадвални дафтаргатўлдиринг. Жадвалдагитўғри муроҳазани “+” ишораси билан белгиланг.

Мулоҳаза	Түғри	Нотұғри	Маълумот мавжуд әмас
Үзгарувчан ток генераторининг ишлаш принципи занжирда автотебранишларни үйғотишига асосланған.			
Үзгарувчан ток генератори ишининг асосида электромагнит индукция ҳодисаси ётади.			
Үзгарувчан ток генератори үзгармас токни үзгарувчан токка айлантиради.			
Үзгарувчан ток генераторларини синхрон ва асинхрон деб иккиге бўлиш мумкин.			
Генераториндукторида магнит майдон ҳосил бўлади.			
Генераторнинг қўзғалувчан қисми ротор деб аталади.			
Ҳар қандай генераторнинг якори айланма ҳаракатланади.			
Агар генератор якорида фақат битта чулғам бўлса, у бир фазалидеб аталади.			
Ишлаб чиқариладиган үзгарувчан ток частотасини орттириш учун генератор якорига бир нечта чулғам ўрнатилади.			
Ҳар бирининг фазасибошқаларидан 120° га силжиган ЭЮК индукцияланадиган учта бир хил генератордан иборат қурилма уч фазали генератор дейилади.			

Масала ечиш намунаси

Юзи $S = 100 \text{ см}^2$, $N = 200$ ўрамга эга симли рамка $B = 0,5 \text{ Тл}$ индукцияли бир жинсли магнит майдонда айланмоқда. Рамканинг айланиш даври $T = 0,1 \text{ с}$. Рамкада индукцияланадиган ЭЮКнинг вақтга боғлиқлиги тенгламасини ёзинг ва унинг амплитуда қийматини аниқланг. Айланиш ўқи магнит майдонга перпендикуляр йўналган.

Берилган:

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$T = 0,1 \text{ с}$$

$$N = 200$$

$$S = 100 \text{ см}^2$$

Топиш керак:

$$\mathcal{E}(t) - ? \quad \mathcal{E}_m - ?$$

Ечилиши. Рамкадаги ҳар бир ўрамда индукцияланадиган ЭЮК

$$\mathcal{E} = -\Phi' = \mathcal{E}_{m_0} \sin \omega t, \text{ бу ерда } \mathcal{E}_{m_0} = BS\omega.$$

У ҳолда, n та ўрамда индукцияланадиган ЭЮК

$$\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}N = N\mathcal{E}_{m_0} \sin \omega t.$$

ЭЮКнинг амплитуда қиймати

$$\mathcal{E}_m = N\mathcal{E}_{m_0} = NBS\omega = NBS \frac{2\pi}{T};$$

$$\mathcal{E}_m = 200 \cdot 0,5 \text{ Тл} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \frac{2 \cdot 3,14}{0,1\text{с}} = 62,8 \text{ В.}$$

ЭЮКнинг тебранишлар тенгламаси $\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \omega t = \mathcal{E}_m \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \cdot t;$

$$\mathcal{E}(t) = 62,8 \sin \left(\frac{6,28}{0,1} t \right) \cdot t = 62,8 \sin 62,8 t.$$

Жавоб: $\mathcal{E} = 62,8 \sin 62,8 t; \mathcal{E}_m = 62,8 \text{ В.}$



3-машқ

1. Юзи $S = 300 \text{ см}^2$ бўлган симли рамка $B = 0,5$ индукцияли бир жинсли магнит майдонда индукция чизиқларига перпендикуляр ўқ атрофида $V = 50$ айл/с частота билан текис айланади. Рамкада пайдо бўладиган ЭЮКнинг максимал қийматини ва даврини топинг.

Жавоб: 4,71 В; 0,02 с.

2. Индукцияси $B = 0,03$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонда $a = 8 \text{ см}^2$ томонли рамка $\omega = 100$ рад/с бурчак тезлик билан текис айланмоқда. Айланиш ўқи индукция чизиқларига перпендикуляр ва рамканинг марказидан ўтади. Тебраниш даври ва ЭЮКнинг амплитуда қийматини топинг.

Жавоб: 0,06 с, 19,2 мВ.

3. Бир жинсли магнит майдонда айланётган рамкада ҳосил бўладиган ЭЮК тенгламаси қўйидагича: $\mathcal{E} = 50 \sin(10^3 \pi t)$ (В). ЭЮК тебранишлари амплитудасини, даврини, частотасини, фазасини ва бошланғич фазасини ҳисобланг.

Жавоб: 50 В; $2 \cdot 10^{-3}$ с; 500 айл/с; $3,14 \cdot 10^3 t$; $\Phi_0 = 0$.

4. Юзи $S = 500 \text{ см}^2$ бўлган симли рамка $B = 0,1$ Тл индукцияли бир жинсли магнит майдонда $V = 20$ Гц частота билан текис айланмоқда. Рамкадаги ЭЮК амплитудаси 63 В бўлса, унинг ўрамлари сони қанча?

Жавоб: 100.

- *5. ЭЮКнинг вақт ўтиши билан ўзгариши ушбу тенглама билан берилган: $\mathcal{E} = 100 \sin 800 \pi t$ (В). Тебранишлар амплитудасини, даврини, частотасини, фазасини ва бошланғич фазани топинг.

Жавоб: $\mathcal{E}_m = 100 \text{ В}; V = 400 \text{ Гц}; T = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \Phi_0 = 800 \pi t; \Phi_0 = 0$.

- *6. Радиуси $r = 10$ см бўлган симли ҳалқа жойлашган магнит майдон индукцияси вақт ўтиши билан $B = 0,04 \cos 5 \pi t$ қонун бўйича ўзгаради. Ҳалқа текислиги магнит майдон индукция чизиқлари билан $\alpha = 45^\circ$ ли бурчак ҳосил қиласди. Ҳалқада индукцияланадиган ЭЮКнинг ўзгариш қонунини ёзинг ва энг катта қийматини аниқланг.

Жавоб: $\mathcal{E} = 0,014 \sin 5 \pi t; \mathcal{E}_m = 14 \text{ мВ.}$

6-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар. Үзгарувчан ток



Таянч тушунчалар:

- ✓ мажбурий электромагнит тебранишлар
- ✓ үзгарувчан ток
- ✓ үзгарувчан ток частотаси
- ✓ ток кучи ва кучланишнинг максимал қийматлари
- ✓ ток кучининг таъсир этувчи қиймати
- ✓ үзгарувчан ток занжирдаги кучланишнинг таъсир этувчи қиймати



Бугундарсда:

- үзгарувчан токнинг асосий тавсифлари билан танишасиз.

Сиз буни биласиз

Ташқи манбадан олинадиган үзгарувчан ЭЮК таъсирида электр занжирида пайдо бўладиган ток кучи ва кучланишнинг даврий үзгаришлари мажбурий электромагнит тебранишлар дейилади.

Электр занжирда мажбурий электромагнит тебранишларни ҳосил қилиш учун ёпиқ контурни узиб, унинг учларига $u = U_m \cos \omega t$ үзгарувчан кучланиш бериш кифоя.

Амалий татбиқи жиҳатидан үзгарувчан ток ўзгармас токка нисбатан фойдали экани шубҳасиз. Барча майший электр асбобларида, саноатда, агротехникада, қурилишда қўлланадиган кўплаб қурилмаларда үзгарувчан токдан фойдаланилади. Үзгарувчан ток кучи ва кучланиши деярли энергия исрофисиз кенг кўламда ўзгартириш мумкин, бунинг ўзи эса электр энергияни олис масофаларга етказишга имкон беради.

Ўзгарувчан ток. Занжирда қарор топган мажбурий электромагнит тебранишларни үзгарувчан ток деб ҳисоблаш мумкин. Бундай занжирда ток кучи ва кучланишнинг сон қиймати ҳам, ишораси ҳам даврий равишда үзгариб туради. *Вақт ўтиши билан катталиги ҳам, йўналиши ҳам даврий равишда ўзгарадиган электр токи үзгарувчан ток дейилади.* Бунда кучланиш ва ток кучининг үзгаришлари гармоник қонунга бўйсунади.

Занжирдаги кучланишнинг гармоник үзгаришлари ўтказгичлар ичидаги электр майдон кучланганлигини ҳам айни шундай үзгаришларга олиб келади. Ўтказгич бўйлаб йўналган электр майдон электронларни йўналтирилган тартибли ҳаракатга келтиради, шундай қилиб, занжирда ток пайдо бўлади.

Равшанки, агар ўтказгич ичидаги электр майдон вақт ўтиши билан даврий равища ўзгарса, ток кучи ҳам унга мувофиқ равища ўзгаради. Электр майдон кучланганлигининг ўзгаришлари ўтказгич ичидә ёруғлик тезлигига тенг тезлик билан тарқалади. Бу тезлик шу қадар каттаки, уни кучланиш тебранишлари даври билан таққослаганда, ўтказгич ичидаги майдон кучланганлиги ўзгарғанда бирдан ўзгаради, деб ҳисоблаш мүмкін. Шунинг учун занжир учларига берилған кучланиш ўзгарғанда деярли бутун занжирдаги электр майдон ҳам ўзгаради. Демак, *айни берилған пайтдаги ўзгарувчан ток занжирида ўтказгичнинг исталған күндаланғ кесимидағи ток кучининг оний қиймати бир хил*. Бундай ток **квазистационар ток** дейилади. Квазистационар ток учун Ом қонуни бажарилади:

$$I = \frac{E_m}{R}.$$

Ўзгармас ток каби ўзгарувчан токнинг ҳам иссиқлик, магнит ва кимёвий таъсирлари мавжуд. Ўзгарувчан ток кучи ва кучланишнинг электр ўлчов асбоблари ўша таъсирлар асосида ишлайди. Ўзгарувчан ток ўтаётган ўтказгич қизийди. Ўзгарувчан токнинг иши ва қувватини ўзгармас ток учун қўлланиладиган формулалар ёрдамида ҳисоблаш мүмкін. Аммо юқорида қайд этилганидек, ўзгарувчан ток кучи ва кучланиш вақт ўтиши билан нолдан максимал қийматгача даврий равища узлуксиз ўзгаради. Шунинг учун ўзгарувчан ток занжирида ток кучи ва кучланиш ҳақида гап борганда уларнинг *оний қийматлари ёки таъсир этувчи қийматлари* назарда тутилади. Факат резистор ва ўзгарувчан кучланиш манбаидан таркиб топған содда занжирни кўриб чиқамиз. Бунда занжир учларидаги кучланиш:

$$u = U_m \cos \omega t, \quad (6.1)$$

бу ерда u — кучланишнинг оний қиймати, U_m — максимал, яъни амплитуда қиймати. Ом қонунига мувофиқ занжирдаги ток кучи

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

Белгилашлар киритамиз: $I_m = \frac{U_m}{R}$, ток кучининг **максимал (амплитудавий) қиймати**.

Жумладан

$$i = I_m \cos \omega t. \quad (6.2)$$

(6.1) ва (6.2) ифодаларни таққослаган ҳолда бундай холосага келамиз: агар электр занжири факт ток манбаи ва резистордан ташкил топған бўлса, кучланиш ва ток кучининг тебранишлари бир хил частота ва бир хил фазада содир бўлади, улар максимум ва минимум қийматларига бир вақтда эришади. Умуман олганда, агар занжирда резистордан ташқари конденсатор ва (ёки) ғалтак ҳам бор бўлса, у ҳолда ток кучи ва кучланишнинг тебранишлар частоталари бир хил, аммо фазалар

фарқи ҳар хил бўлади. Шунинг учун ўзгарувчан ток занжирида баъзи янги қонуниятлар пайдо бўлади, ўзгармас токнинг биз билган баъзи формулалари бошқача кўринишга келиши мумкин. Бундай ҳолларни кейинги мавзуда батафсил кўриб чиқамиз.

Ўзгарувчан ток ток кучи ва кучланишнинг максимал ва оний қийматлари билан бирга, давр ва частота билан ҳам тавсифланади.

Ўзгарувчан токнинг *тебраниш частотаси* (V) — вакт бирлигидаги ток кучининг тўлиқ тебранишлари сонига тенг катталик. ХБ системасида частотанинг ўлчов бирлиги — Герц (Гц).

Ўзгарувчан токнинг *циклик частотаси* (ω) — 2π секунд ичидағи тўлиқ тебранишлар сонига тенг катталик. ХБ системасида циклик частотанинг ўлчов бирлиги — радиан/секунд: $[\omega] = \text{рад/с}$ ёки $[\omega] = \text{с}^{-1}$.

Ток кучининг тебраниш даври (T) — ток кучининг бир марта тўлиқ тебраниши учун кетган вакт. ХБ системасида даврнинг ўлчов бирлиги — секунд, яъни: $[T] = \text{с}$.

Бизга маълумки, ўзгарувчан ток индукцион ток генераторларида ишлаб чиқарилади. Генератор роторининг ярим айланишида занжирдаги ўзгарувчан ток бир йўналишда, кейинги ярим айланишида унга қарама-қарши йўналишда оқади.

Хонадонларимизни ёритиш тармоқларида, завод ва фабрикалардаги электр тармоқларида ўзгарувчан токнинг частотаси 50 Гц. Бу бизнинг юртимизда ҳам, дунёдаги кўплаб бошқа мамлакатларда ҳам саноат токининг стандарт частотаси бўлиб ҳисобланади. АҚШда саноат токининг частотаси 60 Гц.

Агар уйдаги розеткага оддий вольфрам толали чўғланма лампа уланса, тармоқдаги кучланиш частотасининг даврий ўзгариши натижасида унинг ёритилганлиги (равшанлиги) секундига 100 марта ўзгаради. Аммо бизнинг кўзимиз ёруғликнинг шу қадар тез липиллашини сезмайди, бизга лампа узлуксиз бир текис ёритиб тургандек кўринади. Инсон кўзи узоқ вакт мобайнида лампа юзага келтирган ўртacha ёритилганликни қабул қиласди.

Ўзгарувчан ток занжиридаги ток кучи ва кучланишни амперметр ва вольтметрлар ёрдамида ўлчаш мумкин. Лекин мазкур ҳолда ток кучи ҳам, кучланиш ҳам даврий равишда нолдан максимал қийматгача узлуксиз ўзгариб туради. У ҳолда электр ўлчов асбоблари қандай қийматни кўрсатади?

Буни аниқлаш учун юқорида қараб чиқилган электр лампадаги *тебранишларнинг бир давр ичидағи ўртacha қувватини* ҳисоблаймиз. Ток кучи ва кучланишнинг оний қийматлари учун ўзгармас ток қонунлари бажарилгани учун, ўзгарувчан токнинг оний қувватини маълум бўлган $p = i^2 R$ формуладан фойдаланиб аниқлаймиз. Ток кучининг ўрнига (6.2) ифодани қўямиз: $p = I_m^2 R \cos^2 \omega t$ ва $\cos^2 \omega t = \frac{1 + \cos 2\omega t}{2}$ тригонометрик муносабатдан фойдаланамиз, бунда

$$p = \frac{I_m^2 R}{2} + \frac{I_m^2 R}{2} \cos 2\omega t.$$

Маълумки, косинуснинг энг катта қиймати $+1$ га, энг кичик қиймати эса -1 га тенг. Бинобарин, бир тебраниш давридаги $\cos 2\omega t$ нинг ўртача қиймати нолга тенг. Демак, юқорида келтирилган ифодадаги ўртача қувват фақат биринчи қўшилувчи билан аниқланади:

$$p = \frac{I_m^2 R}{2}. \quad (6.3)$$

Берилган юкланиш (нагрузка)дан ўзгармас ток ўтганда ажралиб чиқадиган қувват ўзгарувчан ток ўтганда ажралиб чиқадиган қувватга тенг бўлган ток кучининг қийматини I_m орқали белгилаймиз. У ҳолда $p = I_m^2 R$.

Ушбу ифодани (6.3) билан таққослаб, $\frac{I_m^2 R}{2} = I_m^2 R$ га эга бўламиз, жумладан,

$$I_m = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (6.4)$$

Ўзгарувчан ток кучининг таъсир этувчи қиймати (I_m) ўтказгичда маълум вақт ичидаги ўзгарувчан ток ўтганда ажратадиган миқдорга тенг иссиқлик ажратадиган ўзгармас ток кучига тенг катталиктан иборат. Кучланишнинг таъсир этувчи қиймати шунга ўхшаш

$$U_m = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (6.5)$$

формула билан аниқланади.

Ток кучи ва кучланишнинг таъсир этувчи қийматлари учун Ом қонуни бажарилади. Электр ўлчов асбоблари ток кучи ва кучланишнинг таъсир этувчи қийматларини кўрсатади.



1. Ўзгарувчанток деб нимага айтилади?
2. Ўзгарувчантокнинг асосий тавсифларини таърифланг.
3. Токкучи ва кучланишнинг таъсирэтувчи қийматлари қандай аниқланади?
4. Саноат токининг частотаси қандай?
5. Биз қўлланадиган электр асбоблари 220 В кучланишда ишлайди. Бу ерда кучланишнинг қандай қиймати назарда тутилади?
- *6. Ўзгарувчанток билан ўзгармас токни таққосланг. Уларнинг ўхшашилиги ва фарқини айтинг.

Масала ечиш намунаси

Ўзгарувчан ток занжири қисми учларидаги кучланиш $u = 110 \cos 100\pi t$ қонунга мувофиқ ўзгаради. Кучланишнинг таъсир этувчи қийматини ва частотасини аниқланг.

Берилган:

$$u = 110 \cos 100\pi t$$

Топиш керак:

$$U_e = ? \quad v = ?$$

Ечилиши. $u = 110 \cos 100\pi t$ тенгламани $u = U_m \cos \omega t$ тенглама билан таққослаб қўйидагиларни топамиз.

Кучланишнинг амплитуда қиймати $U_m = 110$ В, у ҳолда кучланишнинг таъсир этувчи қимати $U_m = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{110}{\sqrt{2}} = 78$ В. Тебраниш частотаси $V = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100 \cdot 3,14 \text{ с}^{-1}}{2 \cdot 3.14} = 50$ Гц.

Жавоб: 78 В; 50 Гц.



4-машқ

1. Ўзгарувчан ток занжиридаги кучланишнинг амплитуда қиймати $U_m = 10$ В. Кучланишнинг $t = \frac{T}{6}$ пайтдаги оний қийматини топинг.

Жавоб: 5 В.

2. Қаршилиги $R = 400$ Ом бўлган ўзгармас ток занжирида кучланиш $i = 220\cos 100\pi t$ қонун бўйича ўзгаради. Ўша занжирдаги ток тебранишлари тенгламасини ёзинг. Ток кучининг $t = \frac{T}{4}$ даги қийматини топинг.

Жавоб: $i = 0,55\cos 100\pi t$; $i = 0,55$ А.

3. $R = 50$ Ом қаршиликли ўзгарувчан ток занжири қисмидаги кучланишнинг амплитуда қиймати 100 В, тебранишлар частотаси $V = 100$ Гц. Ўша занжир қисмидаги ток тебранишлари тенгламасини ёзинг.

Жавоб: $i = 2 \cos 200\pi t$ (А).

4. Ток кучининг таъсир этувчи қиймати $I = 0,1$ А. Ток кучининг $t = \frac{3T}{2}$ пайтдаги оний қиймати қандай?

Жавоб: -0,141 А.

- *5. Қуввати $p = 1$ кВт бўлган иситкич асбоби $U = 220$ кучланиш билан таъминланади. Асбобдан ўтувчи ток кучининг таъсир этувчи ва амплитуда қийматларини ҳисобланг.

Жавоб: 4,54 А; 6,4 А.

- *6. Занжирдаги ток кучи $i = 8,5\sin(628t + 0,325)$ қонун бўйича ўзгаради. Ток кучининг таъсир этувчи қийматини, унинг бошланғич тебранишлар фазасини ва частотасини топинг.

Жавоб: 6,03 А; 0,325 рад; 100 Гц.

- *7. Занжир қисми учларидаги кучланиш $i = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$ қонунга мувофиқ ўзгаради. $t = \frac{T}{12}$ пайтдаги кучланиш $i = 10$ В. Кучланишнинг таъсир этувчи қийматини топинг.

Жавоб: 8,2 В.

7-§. Электр занжирдаги кучланишлар резонанси



Таянч тушунчалар:

- ✓ контурнинг хусусий частотаси
- ✓ ташқи даврий кучланиш частотаси
- ✓ кучланишлар резонанси



Бугун дарсда:

- резонанс ҳодисаси, унинг юзага келишшартлари ва татбиқи билан танишасиз;
- резонанс частотаси ҳисоблашни үрганасиз.

Сиз буни биласиз

Тебраниш системасининг хусусий частотаси ташқи даврий мажбурловчи куч частотасига тенг бўлганда мажбурий тебранишлар амплитудасининг кескин ортиш ҳодисаси **резонанс**дейилади.

Резонанс механик тебранишларга ҳам, электромагнит тебранишларга ҳам хос ҳодисадир. Ўзгарувчан ток мажбурий электромагнит тебранишларга тегишли, шунинг учун маълум бир шартлар бажарилганда актив ва реактив қаршиликларга эга ўзгарувчан ток занжирида резонанс кузатилади.

Ўзаро кетма-кет уланган ўзгарувчан кучланиш манбаи, резистор, индуктив ва сигим қаршиликлардан таркиб топган ўзгарувчан ток занжиридаги резонанс кетма-кет ёки кучланишлар резонанси дейилади. Кучланишлар резонансининг ўзига хос хусусияти шундаки, бунда конденсатор ва ғалтакдаги кучланишлар ўзгарувчан ток занжиридинг қисқичларига берилган $u = U_m \cos \omega t$ кучланишдан анча катта бўлади. Бу пайтда резонанс токи истеъмол манбанинг ички қаршилиги ва R актив қаршилиқдан ўтиш билан чекланади.

Агар занжирдаги актив қаршилик R кичик бўлса, ток кучи амплитудаси $I_m = \frac{U_m}{R}$ жуда катта қийматларга эга бўлади. Бу — **электр занжирдаги резонансдан иборат**. Резонанс рўй бериши учун занжирга берилган кучланиш частотаси контурнинг хусусий частотасига тенг бўлиши керак.

Маълумки, идеал ($R = 0$) тебраниш контуридаги тебранишларнинг хусусий циклик частотаси $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ ифода билан аниқланади. У ҳолда

$$\omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Шундай қилиб, ташқи даврий кучланиш частотаси контурнинг хусусий частотасига тенг бўлганда $\omega_{\text{рез}} = \omega_0$ электр занжирда резо-

нанс күзатылади (7.1). Қаршилик қанча катта бўлса, ток кучи амплитудаси шунча юкори бўлади. 7.1-расмдаги қаршиликлар $R_1 < R_2 < R_3$. Агар занжирнинг қаршилиги $R \rightarrow 0$ чексиз кичик бўлса, ток амплитудаси чексиз ортади: $I_m \rightarrow \infty$.

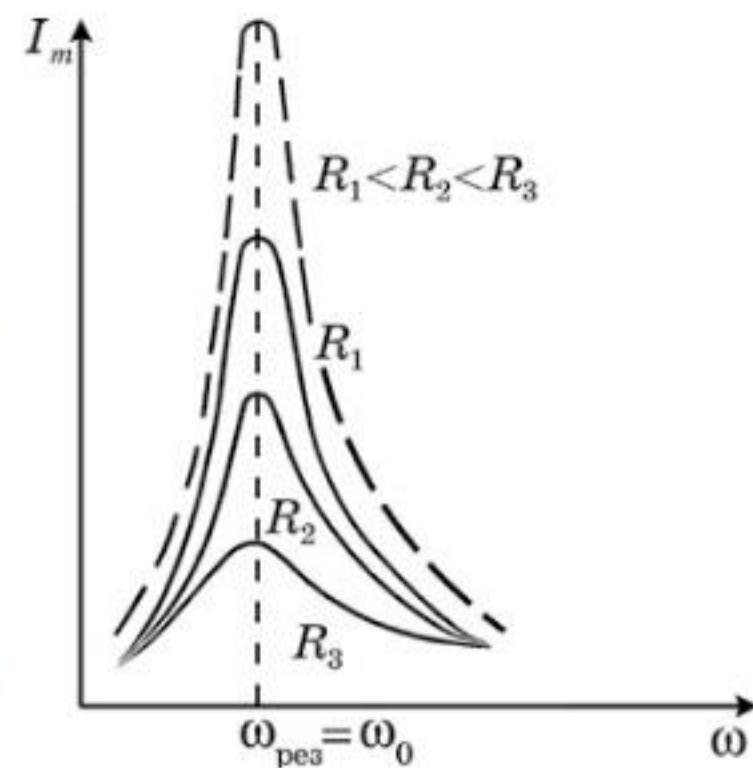
Қаралаётган занжирдаги резонанс кучланишлар резонанси ёки кетма-кет резонанс дейилади. Чунки резонансда токнинг ортиши билан бирга, ғалтак ва конденсатордаги кучланишлар ҳам кескин ортади. Кетма-кет уланганда конденсатор ва ғалтакдаги кучланишлар қарама-қарши фазада тебранади, яъни исталган пайтда $-u_c = u_L$. Шунинг учун резонанс частота учун ўша икки кучланишнинг қийматлари бир-бирига тенг:

$$U_{L_{\text{рез}}} = U_{C_{\text{рез}}}.$$

Бу пайтда $U_{L_{\text{рез}}} = U_{C_{\text{рез}}} = I_m X_{C_{\text{рез}}} = \frac{U_m}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ эканини ҳисоблаб топиш мумкин.

Одатда, тебраниш контурлари учун $\frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} > 1$, шунинг учун конденсатор ва ғалтакдаги кучланишлар занжирга берилган кучланишдан анча катта бўлади ва R қаршилик камайиши билан у яна ҳам ортади. Умуман олганда, фақат қаршиликтин қийматлари етарлича кичик бўлгандагина резонанс ҳақида гап бориши мантиқа эга, 7.1-расмдан кўриниб турибдики, R нинг катта қийматларида резонанс деярли күзатилмайди.

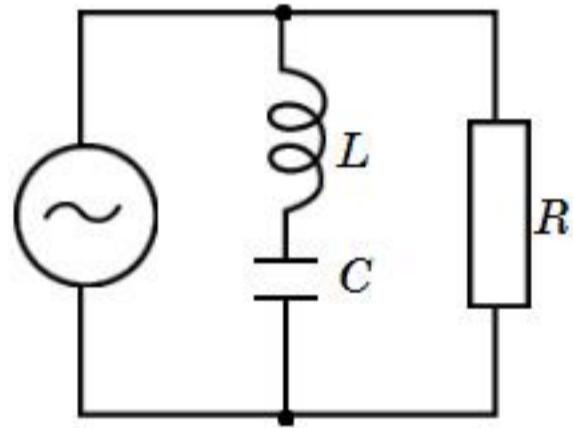
Резонанс ҳодисасининг қўлланилиши. Резонанс ҳодисаси берилган частотадаги кучланиш тебранишларини кучайтиришда фойдаланилади. Кучланишнинг резонансли кучайтирилиши резонанс частотага яқин жуда кичик оралиқда амалга оширилади. Бу масалан, радиоқабул қилгичларда (7.2-расм) кўплаб сигналлар орасидан аниқ бир частотадаги тебранишларни ажратиб олиб, керакли радиотўлқинни ушлашга имкон беради. Ҳар қандай радиоқабул қилгичнинг кириш занжири хусусий частотани тартибга соладиган тебраниш контуридан иборат. Унинг резонанс частотаси конденсатор сифимини ўзгартириш орқали керакли радиостанция сигнални частотасига мос келадиган ҳолда ўзгартирилиши мумкин.



7.1-расм. Ўзгарувчан ток учун кетма-кет занжирдаги резонанс эгри чизиқлари



7.2-расм. Радиокабул қилич



7.3-расм. Электр фильтр

Күчланишлар резонанси электр фильтрларда көнг қўлланилади. Агар узатиладиган сигнал таркибидан маълум бир частотадаги ташкил этувчини олиб ташлаш керак бўлса, қабул қилгичга параллел равишда ўзаро кетма-кет уланган конденсатор ва индуктив ғалтак уланади. Бунда резонанс токи ўша LC занжирда туташув орқали ёпилади ва қабул қилгич (юкланиш)га етиб бормайди. Сигнал частотасининг резонанс частотага мос келмайдиган қисми қабул қилгич орқали ўтади (7.3-расм).

Умуман олганда, электротехникада резонанс ҳодисасининг салбий таъсирлари ҳам кўп. Резонанс сабабли бъзида қурилмаларга берилган күчланиш ҳаддан ташқари ошиб кетади ва уларниң ишдан чиқишига олиб келади. Конденсаторлар ва ғалтакларни ўз ичига олган электр линияларни изоляциялаш ишларини ҳисоблашда ҳам резонансни эътиборга олиш лозим.



1. Резонансдеб қандай ҳодисага айтилади?
2. Резонансчастота нимага тенг?
3. Күчланишлар резонансидан қаерларда фойдаланилади?
4. Күчланишлар резонансига хос ҳусусиятларнитавсифланг.
5. Күчланишлар резонансига мос вектор диаграмма ясанг.



5-машқ

1. Тебраниш контури индуктивлиги $L = 200$ мГн ғалтакдан ва $C = 5 \times 10^{-5}$ Ф сифимли конденсатордан иборат. Резонанс частотани топинг.
Жавоб: ≈ 50 Гц.
2. Индуктивлиги $L = 10^{-6}$ Гн ғалтакдан ва ҳар бир қопламасининг юзи $S = 100$ см² бўлган ясси ҳаво конденсаторидан иборат тебраниш контурида $V_{res} = 2 \cdot 10^7$ Гц частотада резонанс рўй беради. Конденсатор қопламалари орасидаги масофани ҳисобланг.
Жавоб: 0,14 см.

- 3.** Конденсаторининг сиғими $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ бўлган тебраниш контурида резонанс $V_1 = 400 \text{ Гц}$ частотада кузатилади. Агар ўша конденсаторга яна битта конденсатор параллел уланса, резонанс $V_2 = 100 \text{ Гц}$ частотада кузатилади. Иккинчи конденсаторнинг сиғими қандай?

Жавоб: 15 мкФ.

8-§. Электр энергияни ишлаб чиқариш, узатиш ва ундан фойдаланиш. Трансформатор



Таянч тушунчалар:

- ✓ электр станциялари
- ✓ иссиқлик электр станциялари
- ✓ сув электр станциялари
- ✓ электр узатиш линиялари
- ✓ трансформаторлар

Бугун дарсда:



- электрэнергияни ишлаб чиқариш, узатишасослари ва электрэнергияни узатишда ўзгарувчан кучланишнинг афзалликлари билан танишасиз;
- трансформаторнинг ишлаш принципи ва унинг тузилишини ўқиб ўрганасиз.

Электр энергияни ишлаб чиқариш ва узатиш. Замонавий ҳаётни электрсиз тасаввур қилиб бўлмайди. Электр ҳодисаларнинг ихтиро қилиниши ва электр энергиядан фойдаланиш инсоният тамаддуни ривожланишида улкан қадам бўлди. Электр энергиянинг бошқа барча энергия турларидан афзалликларини эътиroz қилиб бўлмайди. Уни симлар орқали деярли энергия йўқотмасдан олис масофаларга узатиш мумкин. Энг муҳими, оддийгина қурилмалар ёрдамида электр энергияни энергиянинг исталган бошқа турларига айлантириш мумкин.

Сиз буни биласиз

Механик энергияни электр энергияга айлантирадиган қурилма *ток генератори* деб аталади. Генераторларнинг энг кенг тарқалган тури ўзгарувчан токнинг электромеханик индукцион генераторлари бўлиб, уларнинг ишлаши электромагнит индукция ҳодисасига асосланган.

Электр энергия ўзгарувчан токнинг индукцион генераторлари ёрдамида турли электр станцияларида ишлаб чиқарилади. Электр станциялари кўмир ва нефть захиралари (иссиқлик электр станциялари) ёнида ёки дарё, сувлар (гидроэлектростанциялар) бўйида қурилади. Иссиқлик электр станцияларида ёқилгининг (масалан, кўмир) ички энергияси электр энергияга айлантирилади. Юқори босим шароитида

қиздирилган буғ оқими буғ турбинасининг роторини, шунингдек, буғ турбинаси билан бир үкқа ўрнатилган генератор роторини айлантиради. Гидроэлектростанцияларда сувнинг механик энергияси электр энергияга айланади. Дарё үзани түғон билан түсилади ва сув сатҳи кўтарилади. Гидравлик турбинанинг куракчаларига баландликдан тушган сув оқими уни генератор ротори билан бирга айлантиради.

Хозирги пайтда дунёда ишлаб чиқариладиган электр энергиянинг бироз қисми атом электр станцияларида ишлаб чиқарилмоқда. Атом электр станциясида оғир ядроларнинг занжир реакцияси натижасида ажралиб чиқадиган атомнинг ички энергияси электр энергияга айланади. Занжир реакция *ядро реакторларида* амалга оширилади.

Электр станциялари ёқилғи ёки сув захиралари яқинида қурилганлиги сабабли, электр энергияни истеъмолчиларга узатиш муаммоси мавжуддир. Истеъмолчилар, одатда, электр странцияларидан олисда жойлашади. Жоуль-Ленц қонунига кўра симларда ажраладиган иссиқлик энергияси $Q = I^2 R t$, бу ерда $R = \rho \frac{l}{S}$ — электр энергияни узатиш линиясини қаршилиги, у узатиш симларининг l узунлиги билан аниқлангани учун, истеъмолчигача бўлган масофа ортган сари исроф ҳам кўпайиб бораверади. Уни қандай камайтириш мумкин?

Унинг икки усули мавжуд:

1. Электр линияси симларининг қаршилигини камайтириш лозим. Линиянинг l узунлигини ўзгартира олмаймиз, у ҳолда симларнинг кўндаланг кесимининг юзини орттириш (йўғон симлардан фойдаланиш) ёки солиширма қаршилиги кичик материаллар (масалан, кумуш)дан фойдаланиш зарур. Бу иккала усулнинг ҳам амалда хеч қандай фойдаси йўқлиги ўз-ўзидан равшан.

2. Жоуль-Ленц қонуни ифодасидан кўриш мумкинки, исрофи камайтиришнинг яна бир йўли, бериладиган қувватни ўзгаришсиз сақлаган ҳолда ток кучини камайтириш керак. Модомики, қувват ток кучи ва кучланишнинг кўпайтмасига teng экан, ток кучини неча марта камайтирасак, кучланиши шунча марта орттириш керак. У ҳолда электр энергияни узатиш муаммоси токни трансформациялаш (ўзгариши) билан боғлиқ.

Генератор P қувватининг берилган қиймати учун кучланишнинг қийматлари U_1 ва U_2 бўлган ҳолларда энергия исрофини ҳисоблаймиз:

$$Q_1 = I^2 R t = \frac{P^2}{U_1^2} R t; Q_2 = I^2 R t = \frac{P^2}{U_2^2} R t. \text{ Уларнинг нисбати } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

Генератор қувватининг берилган қиймати учун линиядаги энергия исрофи унга берилган кучланишга тескари пропорционал.

Агар линияга бериладиган кучланиш етарлича юқори бўлмаса, вақт бирлиги ичida симлардаги исроф генератор қувватидан ошиб кетиши мумкин, бунда энергия истеъмолчига умуман етиб бормайди.

Генератор қувватининг берилган $P = IU\cos\phi$ қиймати учун электр станциясидан истеъмолчига қадар ўтказилган симлардаги қувват исрофи қуидагига тенг:

$$\Delta P = I^2 R = \frac{P^2 \cdot 2R}{U^2 \cos^2 \phi} = \frac{2\rho l P^2}{U^2 S^2 \cos^2 \phi}, \quad (8.1)$$

бу ерда S — симнинг кўндаланг кесимиининг юзи, l — битта симнинг узунлиги, ρ — сим материалиининг солиштирма қаршилиги.

Юқорида таъкидланганлардан равшанки, электр узатиш линиясига юқори кучланиш бериш керак. Ўзгарувчан ток генераторлари ишлаб чиқарадиган кучланиш қарийб 20 кВ дан ошмайди. Шунинг учун электр станцияларида *кучайтирувчи трансформаторлар* қўйилади. Одатда, кучланиш бир неча марта босқичда кучайтирилиб, сўнгра электр тармоғига берилади. Линиянинг охирида *пасайтирувчи трансформаторлардан* фойдаланиб, кучланиш бир неча босқичда пасайтирилади ва ундан кейин истеъмолчига берилади. Маълумки, мамлакатимизда 220 В ли кучланиш энг кўп фойдаланилади.

Трансформаторлар. Трансформатор электр энергияни олис масо-фаларга узатиш системасининг асосий таркибий қисмларидан бири бўлиши билан бирга, у кўплаб қурилмалар ва асбоб-ускуналарда қўлланилади. Замонавий техник ускуналар ва технологияларда трансформатор қўлланилмайдиган электрон қурилмани топиш қийин.

Қувватнинг деярли ўзгармас қийматида ўзгарувчан ток кучланишинг ток кучи билан баравар ўзгариши ўзгарувчан токнинг трансформацияси дейилади.

Ўзгарувчан ток трансформациясини амалга оширувчи асбоб *трансформатор деб аталади*. Унинг ишлаши электромагнит индукция ҳодисасига асосланади (8.1-расм).

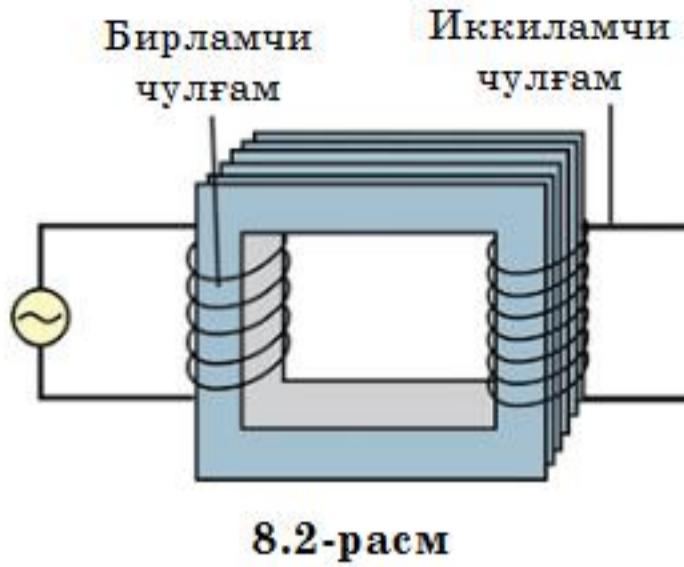
Трансформаторни рус олими П. Н. Яблочков 1876 йил 30 ноябрда ихтиро қилди, ўша куни у очик ўзакли трансформаторга патент олди. Кейин уни 1884 йилда Англияда ака-ука Жон ва Эдуард Гопкинслар ёпиқ ўзакли трансформаторни яратдилар.

Замонавий трансформаторлар
Фуко токини камайтириш учун изоляцияланган пластинкалардан тузилган ёпиқ ўзакдан иборат. Ўзак пластинкалари трансформатор пўлатидан ясалади, у жуда кам исроф билан осонгина қайта магнитланади. Ўзакка иккита ғалтак кийдирилади (8.2-расм).

Биринчи ғалтак ўзгарувчан ток занжирига уланади, у бир-



8.1-расм



ламчи чулғам (**галтак**) дейилади. Иккінчи ғалтакка истеъмолчи, яъни электр қурилмалари уланади. У **иккиламчи чулғам** (**галтак**) дейилади. Ғалтакларнинг актив қаршиликлари кичик. Генератор бирламчи чулғамга U_1 ўзгарувчан кучланиш беради. Ундан ўтадиган ўзгарувчан ток трансформатор ўзагида ўзгарувчан магнит оқимини юзага келтиради. Бунинг натижасида бирламчи ғалтакнинг ҳар бир ўрамида ўзиндукция ЭЮК, иккиламчи ғалтакнинг ҳар бир ўрамида айни шундай индукцион ЭЮК пайдо бўлади.

Агар бирламчи чулғамдаги ўрамлар сони n_1 , иккиламчи чулғамдаги ўрамлар сони n_2 бўлса, у ҳолда $\mathcal{E}_1 = en_1$, $\mathcal{E}_2 = en_2$, бу ерда \mathcal{E} — битта ўрамдаги индукция ЭЮК. Ушбу икки ифодадан

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (8.2)$$

эга бўламиз. Актив қаршилик кичик бўлгани боис, бирламчи ғалтак учун $U_1 \approx |\mathcal{E}_1| = n_1 e$. ЭЮКнинг оний қийматлари e_1 ва e_2 бир фазада (синфаз равишида) ўзгаради. Шунинг учун (8.2) тенгламадаги уларнинг нисбатини ўша ЭЮКларнинг \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 таъсир этувчи қийматлари билан алмаштириш мумкин:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{n_1}{n_2}. \quad (8.3)$$

Бирламчи чулғамдаги ўрамлар сонининг иккиламчи чулғамдаги ўрамлар сонига нисбатига тенг катталик *трансформация коэффициенти* деб аталади:

$$k = \frac{n_1}{n_2}. \quad (8.4)$$

Ўзгармас ток тармоқ бўйлаб узатилса, исроф ўзгарувчан токка нисбатан анчагина кам бўлар эди. Чунки қайта магнитланишга энергия исроф бўлмас эди. Аммо ўзгармас токни трансформациялаш мумкин эмас, сабаби трансформатор электромагнит индукция асосида ишлайди. Дастрлаб ўзгарувчан токнинг кучланиши кучайтирилиб, сўнгра уни ўзгармас токка тўғирлаб, линияга узатиш мумкин. Истеъмолчига етгандан сўнг ўзгармас ток қайтадан ўзгарувчан токка айлантирилиб, кучланиши керакли қийматгача пайсайтириш мумкин бўлар эди. Аммо ўзгармас токни такороран ўзгарувчан токка айлантиришнинг ўз қийинчиликлари мавжуд. Шунинг учун ҳозирги пайтда, асосан, ўзгарувчан ток қўлланилмоқда.

БУҚИЗИҚ!

Қозоғистонда “Alageum Electric” холдинг компанияси заводларыда трансформаторлар ишлаб чиқарылмоқда. У 30 дан ортиқ йирик корхоналарни, шу жумладан Кентау, Шымкент, Орал, Алмати ва Актау шаҳарларидаги трансформатор заводларини ўз ичига олган. Улардан энг қадимгиси — Кентаузаводи, у МДХдаги энг йирик трансформаторускуналарини ишлаб чиқарувчи завод бўлиб ҳисобланади. Бу ердабиринчи TM180/ 10 трансформатори 1960 йил 10 июлда чиқарилди.



“Кентау трансформатор заводи”нинг эллик йиллик тажрибаси натижалари “Урал трансформаторзаводи”га ҳам жорий қилинди. Унинг маҳсулотларининг 90% и экспортга мўлжалланган, шу жумладан 6, 10, 20 кВ кучланишли ва қуввати 2500 кВт гача бўлган қуруқ ва мойли трансформаторларни; ҳар хил турдаги тўлиқ трансформаторлиқ ўшимча станцияларни; 10, 20 кВ га мўлжалланган КСО, КРУ, КРУН серияли тақсимлагичларни; турли мақсадларучун блок-модулли биноларни; паст кучланишли қурилмаларни айтиб ўтиш жоиздир.

“Алмати электромеханика заводи” юқори ва паст вольтли ускуналар, тўлиқ трансформаторнинг ўшимча станциялари ва бошқаларни ишлаб чиқаради.

2019 йил 26 апрелда Шымкентда трансформаторускуналарини ишлаб чиқарадиган янги “Asia Trafo” заводининг тақдимоти бўлиб ўтди. Заводнинг қуввати — йилига 120 та трансформатор ишлаб чиқариши режалаштирган. Ўша заводнинг ишга туширилиши билан “Alageum Electric” холдинги Қозоғистон бозорини 110 кВ дан 500 кВ гача бўлган трансформаторларнинг барча тури билан таъминламоқда. Бунинг натижасида Қозоғистон бозорининг эҳтиёжлари 90% таъминланади. Бундан ташқари, маҳаллий маҳсулотнинг улуши 65-70% га етади деб таҳмин қилинмоқда.

Маълумки, анъанавий энергия манбалари сифатида органик ёқилғи, яъни кўмир, газ, нефть фойдаланилади. Аммо уларнинг табиатдаги захиралари чекланган. Бундан ташқари, органик ёқилғининг ёниш жараёнида атроф-муҳитнинг ифлосланиши замонамизнинг оламшумул муаммосига айланиб бормоқда. Шу сабабли бугунги кунда муқобил энергия манбаларини излаштириш муаммоси жуда долзарб бўлиб қолмоқда. Улардан баъзиларини кўриб чиқамиз.

Қуёш энергияси. Қуёш нурлари энергиясидан деб номланган қурилмада муқобил (альтернатив) энергия манбаи сифатида иссиқлик билан таъминлаш ва фотоэлементлардан фойдаланган ҳолда электр энергияни олиш учун ҳам фойдаланиш мумкин. Қуёш энергиясининг афзалликларига унинг мўл захираси ва шовқинсиз ишлаши, атмосферага заарли чиқиндилар чиқармаслигини келтириш мумкин. Унинг камчиликлари қуёш нурларининг интенсивлиги қурилма ўрнатилган жойнинг иқлим шароитларига, суткалик ва мавсумий ўзгаришларга боғлиқлигидир. Бундан ташқари, хусусий қуёш электр

станцияларини қуриш жуда катта ер майдонларини талаб қилади. Қуёш батареялари таъсирида улар жойлашган ер исийди, бу эса үз навбатида шу ҳудудда иқлим ўзгаришларига олиб келиши мумкин.

Шамол энергияси. Яна бир истиқболли энергия манбаи шамолдир. Шамол генераторларида шамол кучи шамол трубинасининг куракчаларини ҳаракатга келтириш учун ишлатилади. Унинг айланиш моменти үз навбатида электр генераторининг роторига узатилади.

Шамол генераторининг асосий афзаллиги, шамол бўладиган ҳудудларда шамолни битмас-туганмас, чексиз кўп энергия манбаи деб ҳисоблаш мумкин. Бундан ташқари, шамол генераторлари атмосферани ифлослантирумайди.

Муқобил энергия манбаларига океан сувларининг кўтарилиш ва пасайиши, шамол, сув, қуёш энергияси, биоэнергетика, геотермал энергия ва бошқаларни келтириш мумкин.

БУ ҚИЗИҚ!



Муқобил энергия манбаларини ривожлантириш муаммосига 2017 йил 10 июндан 10 сентябргача Нур-Султанда бўлиб ўтган "ЭКСПО-2017" Халқаро ихтисослаштирилган кўргазмаси бағишиланди.

Кўргазма мавзуси — "Келажак энергияси". У энергия тежайдиган дунё технологияларини ривожлантиришга, сув, қуёш, шамол, океан ва бошқа энергия манбаларидан фойдаланиладиган янги технологияларни яратиш муаммоларига бағишиланди.

"ЭСПО-2017" Халқаро кўргазмасида 115 та давлатва 22 та халқаро ташкилотлардан ташриф буюрган қарийб 4 миллион кишидан 15% и 187 чет мамлакатлардан келган сайёхлар бўлди.



1. Электр энергия қаерда ва қандай ишлаб чиқарилади?
2. Электр узатиш линиясида энергия исрофини камайтириш усуллари қандай?
3. Нима учун юқори кучланишли электр узатиш линиялари қўлланилади?
4. Электрэнергияни ишлаб чиқариш ва истеъмолчиларга узатиш чизмасини тузинг.
5. ГЭСларнинг сиклик ёки атом электр станцияларига нисбатан қандай афзалликлари ва камчиликлари бор?
6. Трансформатор қандай мақсадда қўлланилади?
- *7. Трансформаторнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
8. Трансформация коэффициентинима?
- *9. Нима учун трансформатор ўзаги изоляцияланган пластинкалардан ясалади?



"ЭКСПО-2017" Халқаро кўргазмаси ҳақида маълумот тўпланг ва тақдимот тайёрланг. Ушбу кўргазмага шахсан ташриф буюрганмисиз? Агар шундай бўлса, таассуротларингиз ҳақида гапириб беринг.

9-§. Қозоғистонда ва дунёда электр энергияни ишлаб чиқариш ва ундан фойдаланиш



Таянч түшүнчалар:

- ✓ энергия истеъмоли
- ✓ энергия ресурслари
- ✓ электр станцияларининг муқаррар (қарор топган) қуввати
- ✓ электр энергия билан таъминлаш
- ✓ электр тармоқлари



Бугундарсда:

- Қозоғистон ва дунёдаги электр энергиянинг асосий манбалари билан танишасиз.

Жамият тараққий топган сари энергия истеъмоли зарурати жадал суръатда ўсиб бормокда. Бу борада энергиянинг барча бошқа турлари орасида етакчи ўринни электр энергияси әгаллайди. Бу энергияни жуда кам исроф билан энергиянинг бошқа барча турларига осонгина айлантириш ва олис масофаларга узатиш мумкин.

Қозоғистон бой энергия захираларига (нефть, газ, кўмир, уран) эга ва энергетика соҳасида қудратли давлатга айланган. Юртимизда қарийб 70% электр энергия кўмирдан, 14,4% гидроресурслардан, 10,6% газдан ва 5% нефтдан ишлаб чиқарилади. Ҳозирги пайтда Қозоғистонда ишлаб турган электр станцияларининг асосий турларини кўриб чиқамиз:

1. ГРЭС — бу ном тарихан “Государственная районная электростанция” сўзларининг бош ҳарфидан олинган. Ҳозирги пайтда бу ном район электр станцияси маъносига тўғри келмайди. Замонавий ГРЭС — бу қувватли конденсацион иссиқлик электр станцияси (КЭС) ва у юртимизнинг бирлашган электр системаси таркибига киради. ГРЭСларнинг ишлаш принципи сиқилган ва юқори ҳароратга (тахминан 540°C) қадар қиздирилган буғдан фойдаланишга асосланган. Юқори босим остида қиздилган буғ қувурлар орқали турбинага берилади, у ерда турбина роторини айлантириб, жуда паст босимгача кенгаяди. Ўз навбатида, турбина электр генераторининг роторини ҳаракатга келтиради.

2. ТЭЦ (теплоэлектроцентраль). Бу иссиқлик электр станциясида электр энергия ишлаб чиқариш билан бирга буғ ва иссиқ сувнинг иссиқлик энергияси иссиқ сув таъминоти ва тураг-жой бинолари ҳамда иншоотларни иситишга сарфланади.

3. ГЭС — сув электр станциялари (гидроэлектр станциялари), бунда энергия манбай сифатида маълум баландликка кўтарилилган сув (иншооти) қўлланилади. Бунинг учун қулай дарё ўзанларида тўғонлар ва сув омборлари қурилади. Баландликдан тушган сув гидротурбина куракчаларига урилиб, унинг роторини айлантиради ва генераторларни ҳаракатга келтиради. Шундай қилиб, ГЭСларда сувнинг потенциал энергияси электр энергияга айланади. Ҳозирги пайтда Қозоғистонда

электр энергиясини ишлаб чиқариш турли 128 та турдаги электр станциялари томонидан амалга оширилмоқда. 2018 йил 1 январь ҳолатига күра Қозоғистонда электр станцияларининг умумий мұқаррар құввати 21 672,9 МВт ни, фойдаланиладиган миқдори эса 18791,4 МВт ни ташкил қылди. Электр станциялари турларига күра электр энергиясини ишлаб чиқариш бүйича бундай тақсимланади: ГРЭС (КЭС) — 48,9%; ТЭЦ — 36,6%; ГЭС 12,3%. Қолғанлари ноанъанавий энергия манбаларининг озгина фоизини ташкил этади. Қозоғистонда электр энергиясининг асосий истеъмолчилари: саноат — 68,7%, майший истеъмол — 9,3%, хизмат күрсатиш сектори — 8%, транспорт — 5,6%, қишлоқ хұжалиги — 1,2%.

Электр станциялари аҳамиятига күра миллий мавқедаги, саноат ва ҳудудий бўлиб учга бўлинади.



9.1-расм. Экибастуз МАЭС-1



9.2-расм. Шулби СЭС



9.3-расм. Ўскемен СЭС

Улгуржи саводдаги электр энергиясини ишлаб чиқариш ва уни истеъмолчиларга сотишни таъминлайдиган йирик электр станциялари миллий мавқедаги электр станцияларига тааллуклидир. Жумладан, Екибастуз ГРЭС-1 (9.1-расм); Екибастуз ГРЕС-2; “Қазақмыс корпорациясиянинг” ГРЭСи; Тараз ГРЭСи ва бошқалар, шунингдек, юқори құвватли Буқтирма, Шулба (9.2-расм), Ўскемен ГРЭС лари (9.3-расм) ҳам айни шундай мавқега әга ҳисобланади.

Электр ва иссиқлик энергияларини аралаш ишлаб чиқарадиган иссиқлик электр станциялари саноат электр станциялари сирасига киради. Улар йирик саноат корхоналари ва шу атрофдаги ахоли турар-жойларини иссиқлик ва электр энергияси билан таъминлайди. Улар ушбу электр станцияларидир: ТЭЦ-3 “Қарағанды Энергоцентр” МЧШ; ТЭЦ-2 “Арселор Миттал Теміртау” ХЖ; Балхаш ТЭЦи; ТЭЦ “Kazakhmys energy” МЧШ ва бошқалар.

Ҳудудий электр станциялари — бу ҳудуд атрофи билан интеграцияланган иссиқлик электр марказлари

(ИЭМ)дан иборат. Улар ўша атрофдаги шаҳарларни иссиқлик ва электр энергияси билан таъминлайди.

Қозоғистон Республикасидаги электр тармоқлари электр энергияси-ни истеъмолчиларга етказиш ва (ёки) тақсимлаш учун мүлжалланган. Улар қўшимча станциялар, тақсимловчи мосламалар ва 0,4—1150 кВ кучланишли электр узатиш линиялари йиғиндисидан иборат.

Қозоғистондаги электр узатиш линиялари ва тақсимлагич тармоқлари уч қисмдан иборат: улардан иккитаси шимолда ва биттаси жанубда жойлашган. Шимолда у Россиянинг ягона энергия системаси, жанубда — Марказий Осиёнинг бирлашган энергетик системаси билан боғланган. Ушбу икки система ўзаро битта линия билан боғланган. Ҳозирги пайтда шимолий ва жанубий энергия системаларини боғлайдиган иккинчи линиянинг қурилиши давом этмоқда ва ғарбий ва шимолий энергия системаларини боғлайдиган линия қуриш имконияти кўриб чиқилмоқда.

Қозоғистон Республикасида магистрал тармоқ бу Миллий тармоқли электр линияси (МТЛ) бўлиб, у ҳудудлар ва қўшни давлатларнинг энерготизимлари (Россия, Қирғизистон ва Ўзбекистон Республикаси) ўртасида алоқаларни таъминлайди, шунингдек электр станциялари томонидан улгуржи баҳода истеъмолчиларни энергия билан таъминлашни амалга оширади. МТЛ Қозоғистонда электр тармоқларни бошқариш компанияси “КЕГОС” ҲЖ балансида туради.

Қозоғистон Республикаси электр таъминоти бозорининг сектори энергия билан таъминлайдиган корхоналардан (ЭТТ) иборат бўлиб, улар электр энергияни ишлаб чиқарувчи корхоналардан ёки марказлаштирилган савдо муассасаларидан сотиб олади ва кейинчалик уни чакана истеъмолчиларга сотади.

БУ ҚИЗИҚ!

Дунёдаги биринчи электр станцияси 1882 йилда Нью-Йорқда қурилган. Унга умумий қуввати 500 кВт дан ортиқ бўлган бир нечта Эдисон генераторлари ўрнатилган. Двигателлар кўмир ёқадиган буғ қозонларидан олинадиган буғ ёрдамида ҳаракатга келтириларди. Кучланиш автоматик равишда тартибга солинади, двигатель ва генераторнинг роторлари тўғридан-тўғри уланганэди. Кўмир қозонга механик равишда бериларди, кул ва тошқол (шлак)ҳам автоматикравишда чиқариб юбориларди. Станция Нью-Йоркнинг бутун бир районини, таҳминан 2,5 квадрат километр майдонини электр энергия билан таъминлаган.

Биринчи электр станциялари ҳозирги стандартларбўйича жуда паст, таҳминан 110 В кучланишли электр токини ишлаб чиқарган. Биз биламизки, кучланиш қанча паст бўлса, ток кучи шунча юқори бўлади ва шунга мувофиқ ток ўтадиган электр симларидаги энергия исрофи ҳам кўп бўлади. Шунинг учун, ўша пайтда электр энергияни узоқ масофаларгаузатиш муаммоси ҳатто кўтарилимаган эди. Ушбу ҳолат дастлабки электр станцияларини шаҳарларнинг марказларида қуришга мажбур қилди. Шаҳар маркази эса янги қурилишлар учун кўплаб қийинчиликларга олиб келиши тушунарли. Шаҳар марказида бўш жойларнинг етишмаслиги, ёқилғи етказиб бериш ва чиқиндиларни чиқариш, сув таъминоти билан боғлиқ муаммолар, кўп қаватли электр станцияларини (масалан, АҚШда) қуришга ёки уларни ҳатто (масалан, Санкт-Петербургда) баржаларга жойлаштиришга мажбур қилди.



9.4-расм. Ерейментау шамол электр станцияси

Охирги йилларда Қозоғистонда ҳам электр энергиясининг қайта тикланадиган манбаларидан фойдаланиш кескин ривожланмоқда. Ушбу мақсадда шамол ва қуёш электр станциялари қурилмоқда.

Шамол энергияси. 2015 йил август ойида Қозоғистонда 0,05 МВт қувватга эга биринчи саноат типидаги шамол электр станцияси (ШЭС) фойдаланишга топширилди. У Ақмола вилоятида Ерейментау шаҳри яқинида жойлашган (9.4-расм).

Лойиҳани “Самұрық-Энерго” ҲЖ компанияси таркибига киругчи “Первая ветровая электрическая станция” МЧЖ амалга ошириди. Бу станциянинг ҳозирги пайтдаги қуввати 45 МВт ни ташкил этади, улардан ҳар бири 2,05 МВт қувватга эга 22 та шамол генераторларидан ва 220/35 кВ ли янги хусусий қўшимча станциядан иборат. ШЭС органик ёқилғидан фойдаланмай, ҳавога карбонат ангидрид газини чиқармасдан йилига 172,2 миллион кВт / соат электр энергиясини ишлаб чиқаради. Барча ишлаб чиқарилган электр энергияси Қозоғистоннинг миллий электр тармоғига берилади. Шуни таъкидлаш керакки, Ерейментау шамол электр станцияси (ШЭС) томонидан ишлаб чиқарилган энергияси билан “ЭКСПО-2017” Халқаро ихтисослаштирилган кўргазма объектлари электр энергияси билан таъминланди.

Шамол энергетикасига Жамбил вилоятининг Қордай туманида жойлашган 21 МВт қувватлии “Қордай” ШЭС катта ҳисса қўшмоқда. Мазкур станцияда минорасининг баландлиги 60 м, роторининг диаметри 54 м бўлган 21 та “Nordex” фирмасининг шамол генераторлари ўрнатилган. Шу ернинг ўзида ҳар бирининг қуввати 16 МВт бўлган иккита трансформаторли 110/10 кВ юқори вольтли қўшимча станция — “Қордай” ШЭС жойлашган ва 110 кВ кучланишга мўлжалланган 2,4 км электр узатиш линияси қурилган.

Яқин кунларда Манғистау ва Ақмола вилоятларида яна 57 МВт қувватга эга яна учта объектнинг ишга туширилиши режалаштирилган. Шунингдек, умумий қуввати 285 МВт бўлган 18 та шамол электр станциялари ишга туширилади деб кутилмоқда.

Қуёш энергияси. Мамлакатимизда қуёш энергиясидан фойдаланиш жадал ривожланмоқда. Қозоғистон қуёш энергиясининг потенциали юқори мамлакатлар қаторига киради. Бир йилда қуёш нурининг давомийлиги ўрта ҳисобда 2200—3000 соат ни ташкил қиласди.

Мамлакатимиздаги биринчи қуёш электр станцияларидан (ҚЭС) бири — “Отар”, унинг умумий лойиҳавий қуввати 7 МВт бўлган. Би-

ринчи навбати 2012 йилнинг охирларида фойдаланишга берилган. 2013 йил 20 декабрда Қапшағай қуёш электр санцияси ишга туширилди (9,5-расм), унинг лойиҳавий қуввати 2 МВт. Юртимизнинг жанубида ҳам, аникроғи, Туркистан вилоятининг Сарығаш (қуввати 20 МВт), Мактаарал (4,95 МВт) ва Сүзок (50 МВт) туманларида, шунингдек, Арис (14 МВт) ва Кентау (50 МВт) шаҳарларида қуёш электр станциялари қурилмоқда. Шундай қилиб, 2025 йилга келиб, умумий лойиҳавий қуввати 148,8 МВт бўлган 13 та қайта тикланадиган энергия манбалари ишга туширилади деб режалаштирилган. Ҳозирги пайтда қайта тикланадиган энергия манбаларининг улуши мамлакатимиздаги умумий энергия балансининг 1% дан камроқ. 2020 йилга келиб бу кўрсаткич 3%, 2030 йилга келиб 10% ва 2050 йилга келиб 50% га етказилиши режалаштирилган.



9.5-расм. Қапшағай КЭС

Дунёда электр энергиясини ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш. Дунёда электр энергиясига талаб йилдан-йилга ортиб бормоқда. Дунё миқёсида энергия истеъмоли миқдори Халқаро Энергетика Агентлиги (ХЭА), Energy Information Administration (EIA) каби муассасалар томонидан тадқиқ қилиниб, қайд қилинади. Баъзи тахминларга кўра, 2035 йилга келиб, халқ сонининг ортиши муносабати билан 1,6 миллиард киши электр энергиясининг янги истеъмолчиларига айланса, унга ҳозирги пайтда электр энергиясидан ҳали ҳам фойдалана олмайдиган яна 2,7 миллиард киши қўшилади. Натижада, ўша пайтга келиб, электр энергияси истеъмоли дунё миқёсида 40-50 фоизга ошади.

Баъзи халқаро ташкилотларнинг маълумотларига кўра, ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг 37% саноат корхоналари улушкига тўғри келади, транспорт эса қарийб 20 фоизини сарфлайди. 11% ёритиш, турар-жой бинолари ва майший электр жиҳозларини иситиш учун ишлатилади, тижорат эҳтиёжлари учун ишлаб чиқарилган энергиянинг 5% сарфланади. Дунё миқёсида истеъмол қилинадиган электр энергиянинг қолган 27% уни ишлаб чиқариш ва истеъмолчига етказишида исроф бўлади. Ҳозирги пайтда электр станцияларида асосий энергия манбаи органик ёқилғи бўлиб ҳисобланади, бунинг ўзи атроф-муҳит ифлосланишининг глобал муаммосини келтириб чиқаради. ХЭА (Халқаро экология академияси)нинг маълумотларига кўра, 2013 йилда органик ёқилғиларни ёқиш натижасида атмосферага чиқарилган карбонат ангидрид газининг миқдори 32 Гт ни ташкил қилган. Агар 2035 йилга келиб электр энергия истеъмоли миқдорининг кўпайиши бўйича тахминий фикрларни инобатга олсак, бугундан бошлиб экологик

фалокатнинг олдини олиш учун кескин чоралар күриш лозим. Шу мақсадда халқаро ҳамжамият катта куч сарфламоқда. Масалан, күмир ўрнига табиий газдан фойдаланиш суръати жадал ўсиб бормоқда ва 2040 йилга келиб электр энергиясининг қарийб 60% и қайта тикланадиган манбалардан ишлаб чиқарилиши кутилмоқда.



1. Ҳозирги пайтда Қозоғистонда ишлайдиган электр станцияларининг асосийтурлари қандай? Уларнингишилаш принципларини тушунтириңг.
2. Қайси электр станциялари миллий мавқеге азга? Мисоллар жөлтириңг.
3. Саноат электр станцияларини айтинг.
4. Дунё миқёсіда электр энергиясینи истеъмол қилиш тенденциялари ҳақыда айтаб беринг.
- *5. Электр энергиясини ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш суръатининг ўсиши атроф-мухитнинг ифлосланиши шаммоси билан қандай болғанған?



“Менинг оиласыда электр энергиясini истеъмол қилиш” мавзуусида ҳикоя ёзинг. Бунинг учун хонадонингиздаги барча ёритиш ва майший электр асбобларининг техник ұжжатларидан улардан ҳар бири қандай қувват истеъмол қилишини аниқланг. Буасбоблардан ҳар қайсиси кунига тахминан қанча вақт ишлаб туришини билиб олинг. Оиланғиз ойига қанча электрэнергиясидан фойдаланишини ҳисобланг. Түлов чиптасидан айни шундай вақт оралиғида қанча электр энергияси истеъмол қилинишини аниқланг ва уни ўзингизнинг ҳисоб-китобларингиз билан таққосланг. Уларнинг фарқи қандай? Натижани тушунтириңг ва холосачиқаринг.

3-бобнинг асосий мазмуні

- Ток генератори деб механик энергияни электр энергиясига айлантирадиган қурилмага айтилади.

Ҳар қандай индукцион генератор ушбу асосий қисмлардан ташкил топади: *индуктор, якорь, чүткалар ва ҳалқалар*.

- Вақт ўтиши билан катталиги ҳам, йўналиши ҳам даврий равиша ўзгариб турадиган электр токи *ўзгарувчан ток* дейилади..
- Ташқи даврий кучланиш частотаси контурнинг хусусий частотасига тенг $\omega_{рез} = \omega_0$ бўлганда электр занжирида резонанс кузатилади.
- Қувватнинг деярли ўзгармас қийматида ўзгарувчан ток кучланишининг ток кучи билан баравар ўзгариши ўзгарувчан ток *трансформацияси* дейилади.

Ўзгарувчан токнинг трансформациясини амалга оширувчи қурилма *трансформатор* дейилади.

II бўлим. ТЎЛҚИНЛАР

4-боб. ЭЛЕКТРОМАГНИТТЎЛҚИНЛАР

10-§. Электромагнит майдон



Таянч тушунчалар:

- ✓ Максвелл назарияси
- ✓ уюрмавий электр ва магнит майдонлар
- ✓ силжиш токи
- ✓ электромагнит майдон



Бугун дарсда:

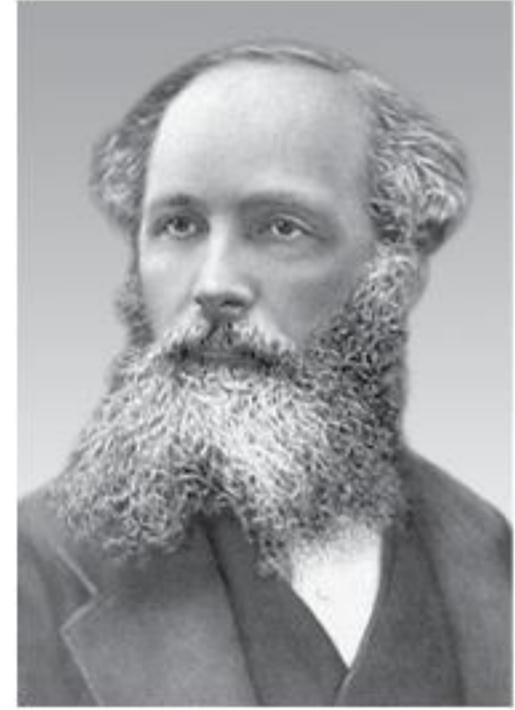
- электромагнит тўлқинларнинг пайдо бўлиш шартларини ва уларнинг хоссаларини ўрганасиз.

Сиз буни биласиз

Тўлқин жараёнларнинг кўплаб қонуниятлари турли хил табиатга эга барча тўлқинлар: эластик мухитдаги механик тўлқинлар; сув сиртидаги тўлқинлар ва бошқалар учун бир хил бўлади. Бу хосса электромагнит майдон тебранишларининг тарқалиш жараёни бўлган электромагнит тўлқинларга ҳам хосдир. Аммо тўлқинларнинг баъзи турларининг тарқалиши фақат маълум бир моддий мухитдагина мумкин бўлса, электромагнит тўлқинлар нафақат вакуумда, балки ҳар қандай моддада ҳам тарқала олади. Радиотўлқинлар, инфрақизил, ультрабинафшарентген нурлари, кўринувчан ёруғлик ва гамма-нурлар электромагнит тўлқинлардир.

Фарадейнинг электромагнит ҳодисалар физикасига олиб келган асосий янгилиги Ньютоннинг олисдан таъсир қилиш назариясини рад қилиб, фазони куч чизиклари билан тўлдириб турадиган “майдон” тушунчасини киритиш бўлди. Олисдан таъсир қилиш назариясига мувофиқ, барча жисмлар бир-бири билан бевосита таъсирлашади ёки ўзаро таъсир бўшлиқда бир лаҳзада тарқалади. Бу назария электромагнит ҳодисалар моҳиятини тушунтира олмади. Фарадей таклиф қилган яқиндан таъсир қилиш назариясига мувофиқ, жисмларнинг ўзаро таъсири куч майдонлари орқали чекли тезликлар билан тарқалади.

1860—1865 йилларда инглиз физиги Ж. К. Максвелл электр ва магнит майдонлар тўғрисидаги Фарадей ғояларини ривожлантириди ва кўплаб тажрибалар натижалари асосида зарядлар ва токлар системаси юзага келтирадиган *электромагнит майдон назариясини* яратди. Электромагнит майдон назарияси асосини *Максвелл тенгламалари* деб аталган тенгламалар системаси ташкил қиласди. Максвелл тенгламаларидан электромагнит тўлқинларнинг мавжудлиги келиб чиқади.



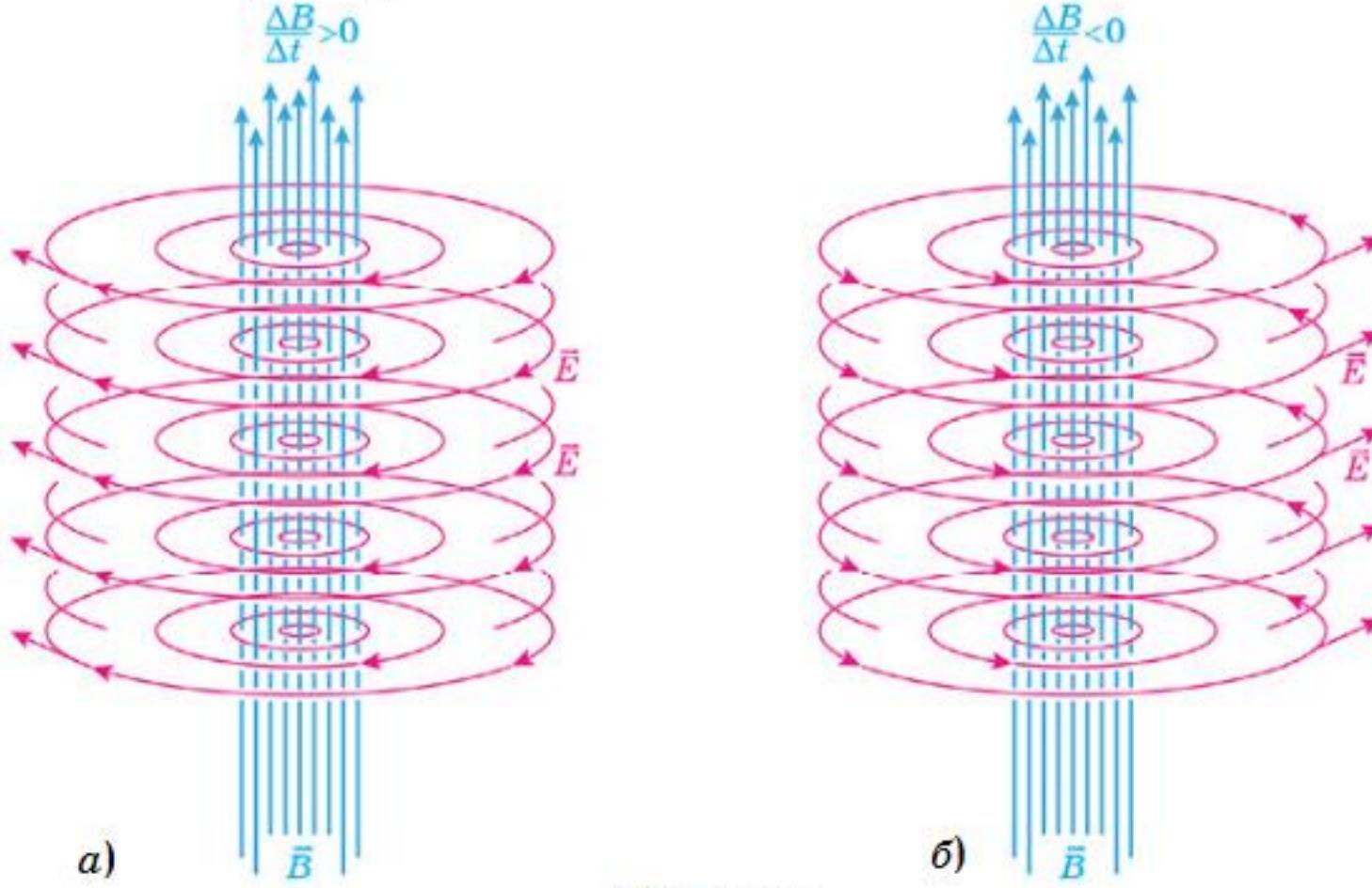
Жеймс Максвелл
(1831—1879)

Г. Герц ёша тұлқынларни үз тажрибаларида тасдиқлади.

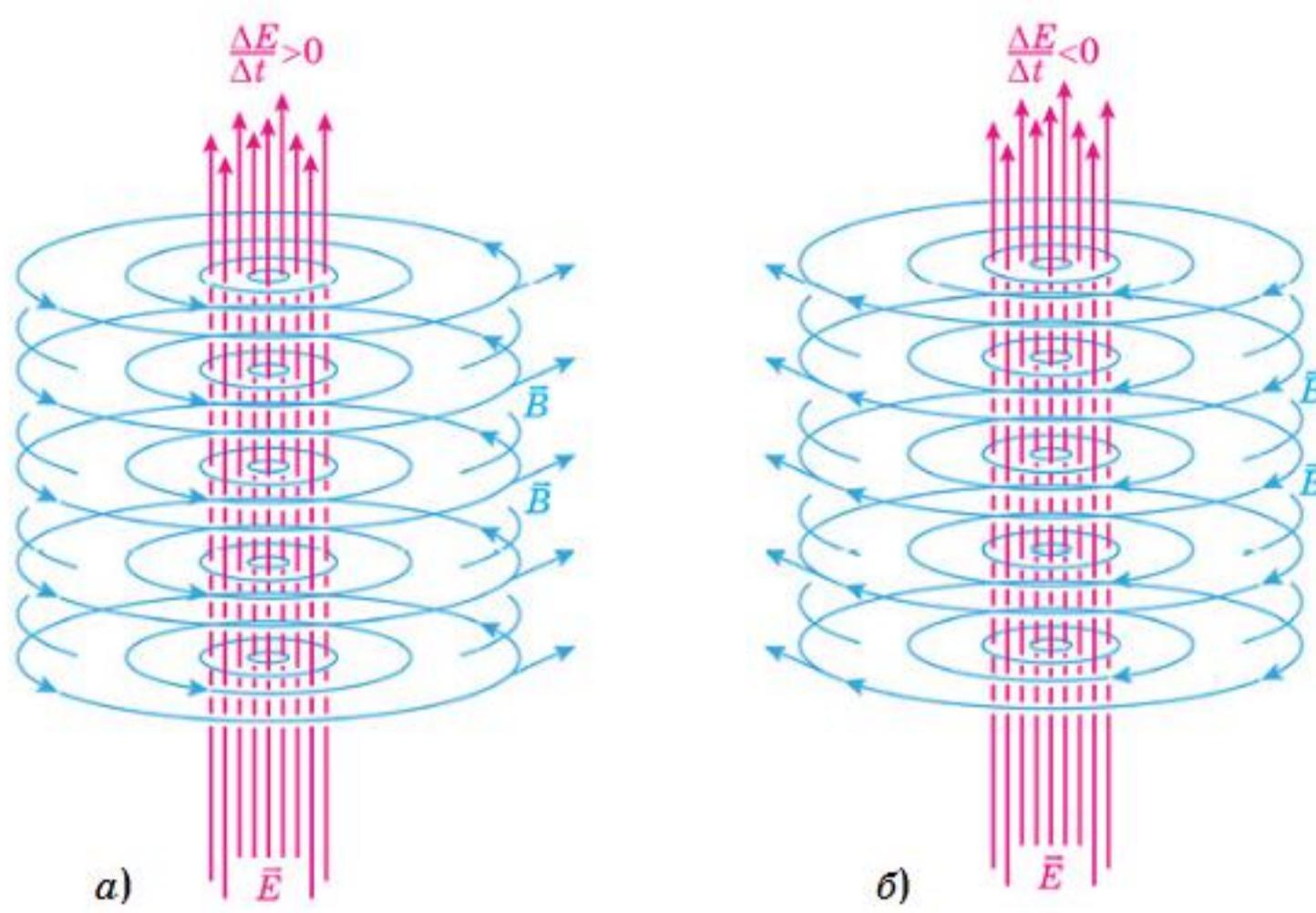
Магнит майдон үзгарғанда үзгарувчан электр майдоннинг пайдо бўлиши. Максвелл Фарадей томонидан 1831 йилда кашф этилган электромагнит индукция ҳодисасини ўрганараН экан, магнит майдоннинг үзгариши унинг атрофидаги фазода уюрмавий электр майдонни ҳосил қиласи деган холосага келди.

Фарадей тажрибаларидаги ёпик ўтказгичдаги индукцион ЭЮК ни ушбу уюрмавий электр майдон юзага келтирараН экан. Ушбу ҳодисанинг ўзига хос хусусияти шундаки, уюрмавий электр майдон нафақат ўтказгичда (мазкур ҳолда бу майдонни аниқлайдиган қурилма), балки ўтказгич атрофидаги фазода ҳам пайдо бўлиши мумкин. Фазонинг исталган нуқтасидаги магнит майдон индукциясининг $\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$ ўзгаришида уюрмавий электр майдон ҳосил бўлади. Электр майдоннинг куч чизиқлари берк чизиқлардан иборат бўлиб, магнит индукция чизиқларини қамраб олади ва унинг текислигига перпендикуляр жойлашади.

Магнит индукцияси $\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$ ортганда, уюрмавий электр майдон \vec{E} кучланганлик векторининг йўналиши чап қўл қоидаси билан аниқланади (10.1, *a*-расм). Магнит индукцияси $\frac{\Delta B}{\Delta t} < 0$ камайганда \vec{E} кучланганлик векторининг йўналиши ўнг қўл қоидаси билан аниқланади (10.1, *б*-расм). Шундай қилиб, электр майдонни электр зарядлари ва үзгарувчан магнит майдон ҳосил қиласи. Маълумки, магнит майдонни факат ҳаракатдаги зарядланган зарраларгина ҳосил қиласи. “Табиатда магнит зарядлар мавжуд эмас” деган фикр — Максвелл ғояларидан биридир. Бу ерда эҳтимол, табиатнинг уйғунлик ва симметрия хоссалари сақланмаган. Нима учун үзгарувчан электр майдон, үз навбатида, магнит майдонни ҳосил қилувчи тескари жараённи амалга оширмайди?



10.1-расм



10.2-расм

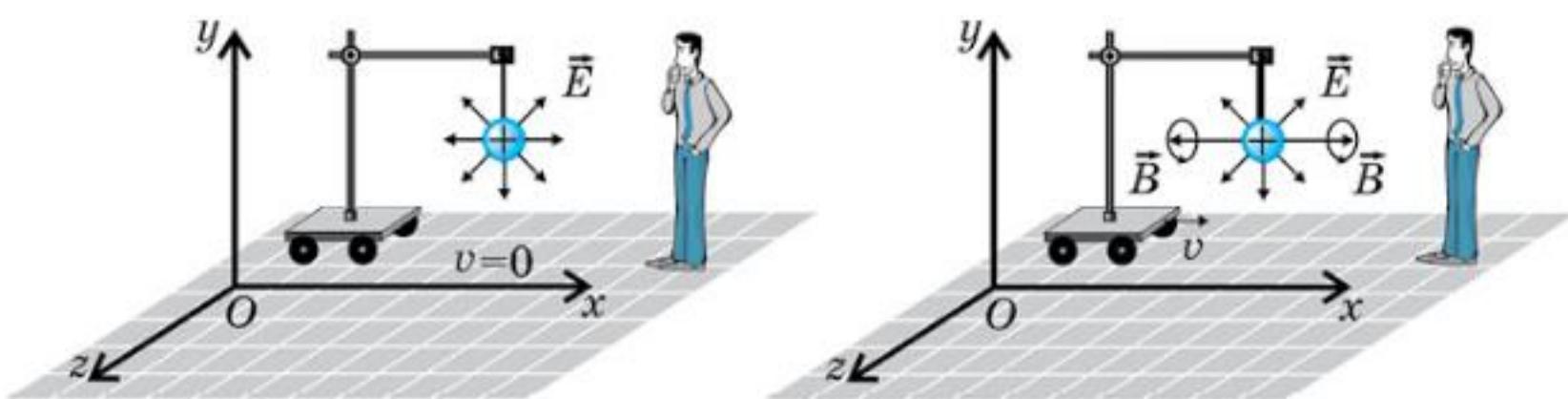
Электр майдон үзгарғанда үзгарувчан магнит майдоннинг пайдо бўлиши. Максвелл илмий ёндашиб, табиатда бундай жараённинг мавжудлигига ишонди. Бундай фикрга у Ампер қонунини умумлаштириб, холосалаш мақсадида олиб борган тадқиқот ишлари натижасида келди.

Шундай қилиб, Максвелл фикрича: *вақт үтиши билан үзгарувчан электр майдон атрофидаги фазода үзгарувчан магнит майдонни ҳосил қиласди.*

Магнит майдон индукциясининг чизиқлари электр майдоннинг кучланганлик чизиқларини қамраб олиб жойлашади ва уларга перпендикуляр йўналади. Электр майдон кучланганлиги $\frac{\Delta E}{\Delta t} > 0$ ортгандага пайдо бўладиган магнит майдоннинг \vec{B} индукция вектори \vec{E} вектор билан ўнг парма ҳосил қиласди (10.2, а-расм). Аксинча, электр майдон кучланганлиги камайганда, яъни $\frac{\Delta E}{\Delta t} < 0$ да магнит индукциясининг \vec{B} вектори \vec{E} вектор билан чап парма ҳосил қиласди (10.2, б-расм).

Электр ва магнит майдонларнинг бир бутунлиги ва нисбийлиги. Максвелл назариясига мувофиқ, үзгарувчан электр ва магнит майдонлар орасидаги узвий боғланиш аниқлангач, материянинг маҳсус тури — электромагнит майдоннинг мавжудлиги аён бўлди. Бу майдонлар бир-биридан ҳоли, мустақил пайдо бўла олмаслиги аниқланди.

Электр майдон электр зарядлари ёки үзгарувчан магнит майдон таъсирида пайдо бўлади. Шу каби магнит майдон ҳам ё үзгарувчан электр токи, ёки уюрмавий электр майдон таъсирида юзага келади. Үзгармас майдоннинг хусусий ҳолида ё электр майдон ($\vec{B} \neq 0$, $\vec{E} = 0$), ёки магнит майдоннинг ($\vec{E} \neq 0$, $\vec{B} = 0$) хоссалари кузатилади ва бу хоссаларнинг намоён бўлиши танлаб олинган саноқ системаларига боғлиқ бўлади.



a)

б)

10.3-расм

Ипак ипга осилган зарядланган шарни күриб чиқамиз. Кузатувчи Ер билан боғланган саноқ системасыда турибди. Ерга нисбатан тинч ҳолатдаги зарядланган шарнинг фактат электр майдони мавжуд (10.3, а-расм). Ҳаракатдаги зарядланган шарнинг электр майдони фазода магнит майдонни юзага келтиради (10.3, б-расм).

Умуман олганда, ўзгарувчан электромагнит майдоннинг электр майдон кучланганилиги билан магнит майдон индукцияси бир-биридан устун эмас.

Электромагнит майдон бир бутун майдондир. Электромагнит майдон назариясини тавсифловчи тенгламалар системасини таҳлил қилиб, Максвелл шундай назарий фикрга келди: **электромагнит майдон фазода электромагнит түлқинлар тарзида тарқала олади.**

Максвелл назарияси асосида юлдузлар ва сайёralарда, ҳатто Коинотда, шунингдек, микрооламдаги атомлар ичида юз берадиган хилма-хил ҳодисаларни тушунтириб, тавсифлаш имкони туғилди.



1. Фарадейнинг қандай ғоялари Максвелл назариясида давом эттирилди?
2. Уюмарвий электр майдон манбаи нима?
3. Магнит майдонни фактат ҳаракатдаги зарядларгина эмас, балки вакт ўтиши билан ўзгарувчан электр майдон ҳам юзага келтиришини қандай тушунтириш мүмкін?
4. Максвелл назариясидағи ассоциациси физик кемтаптарни айтинг.
5. Электромагнит майдоннинг электр ташкил этиувчи манбаларини айтинг.
6. Электромагнит майдоннинг магнит ташкил этиувчи манбаларини айтинг.
7. “Электромагнит майдон” тушунчасынинг кири тулишига қандай ғоялар турткы бўлди?
- *8. Битта саноқ системасида ўзаро перпендикуляр бўлган электр майдон билан магнит майдон нима учун ҳар қандай бошқа саноқ системасида ҳам ўзаро перпендикуляр бўла олади?
- *9. Электр майдон бир саноқ системасидан бошқа саноқ системаси гаётганда нима учун магнит майдон пайдо бўлишини ва аксинча ҳолни қисқача тушунтиринг.

11-§. Электромагнит түлқинлар



Таянч түшүнчалар:

- ✓ электромагнит түлқин тезлиги
- ✓ түлқин узунлиги



Бугундарда:

- электромагнит түлқинларнинг тарқалиш механизми билан танишасиз.



Үзгарувчан электромагнит майдон тебранишларининг фазода тарқалиши **электромагнит түлқин** деб аталади. Максвеллинг фикрича, электромагнит түлқин токли ўтказгичда, диэлектрикда ва электр зарядлари мавжуд бўлмаган вакуумда ҳам тарқала олади. Максвелл назариясидан келиб чиқадиган муҳим натижалардан бири: **электромагнит түлқиннинг тарқалиш тезлиги чеклидир**. Унинг ҳисоблашлари бўйича электромагнит түлқиннинг тарқалиш тезлиги

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}},$$

вакуумда тарқалиш тезлиги:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (11.1)$$

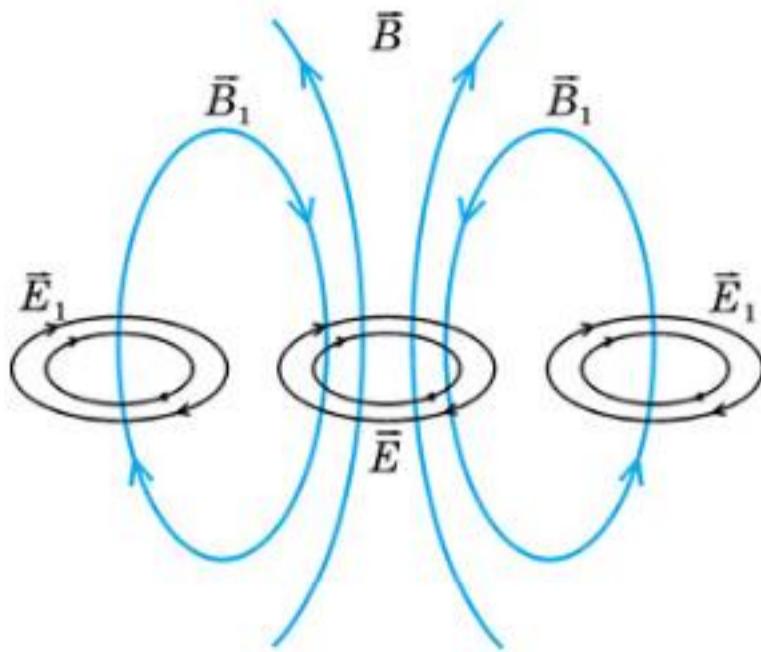
бу ерда $\epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ — электр ва $\mu_0 \approx 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ — магнит доимийлари. Бу доимийлар электромагнит майдоннинг муҳим хоссасидир. Электромагнит түлқиннинг муҳитда тарқалиш тезлиги Максвелл формуласи бўйича аниқланади:

$$v = \frac{c}{n} \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}, \quad (11.2)$$

бу ерда n — муҳитнинг синдириш кўрсаткичи, ϵ — муҳитнинг диэлектрик ва μ — магнит сингдирувчанликлари.

Электромагнит түлқиннинг назарий ҳисоблашлар орқали олинган вакуумдаги тезлиги бевосита ўлчанган ёруғлик тезлигига teng бўлиши катта аҳамиятга эга. Ёруғлик — **электромагнит түлқин бўлиб чиқди**. Бу холосани исботлайдиган ёруғликнинг баъзи хоссаларини кейинги бобда билиб оламиз.

Энди электромагнит түлқиннинг фазода тарқалиш механизмини кўриб чиқамиз. Олдинги мавзуда ўзгарувчан электр ва магнит майдонларнинг бир-бирига айланишини айтиб ўтган эдик. Шу айланишларни амалга ошириш учун фазонинг бирор соҳасида майдонлардан бирининг ғалаёнини ҳосил қилиш керак. 11.1-расмда уюрмавий электр ва магнит майдонлар ғалаёнларининг тарқалиш жараёни кўрсатилган. Уни мувозанат вазиятида тебранадиган ёки айлана бўйлаб тебранма харакатланадиган электр заряди орқали амалга ошириш мумкин. Фа-



11.1-расм

зонинг бирор нүктасида анча катта частота билан тебранувчи электр заряди атрофида модули ва йўналиши гармоник қонунга мувофиқ ўзгарадиган

$$E = E_0 \sin \omega t \quad (11.3)$$

электр майдоннинг \vec{E} кучланганлик вектори пайдо бўлади. Айнан шу пайтда модули ва йўналиши ҳам даврий равиша ўзгарадиган магнит майдоннинг

$$B = B_0 \sin \omega t$$

индукция \vec{B} вектори ҳам юзага келади.

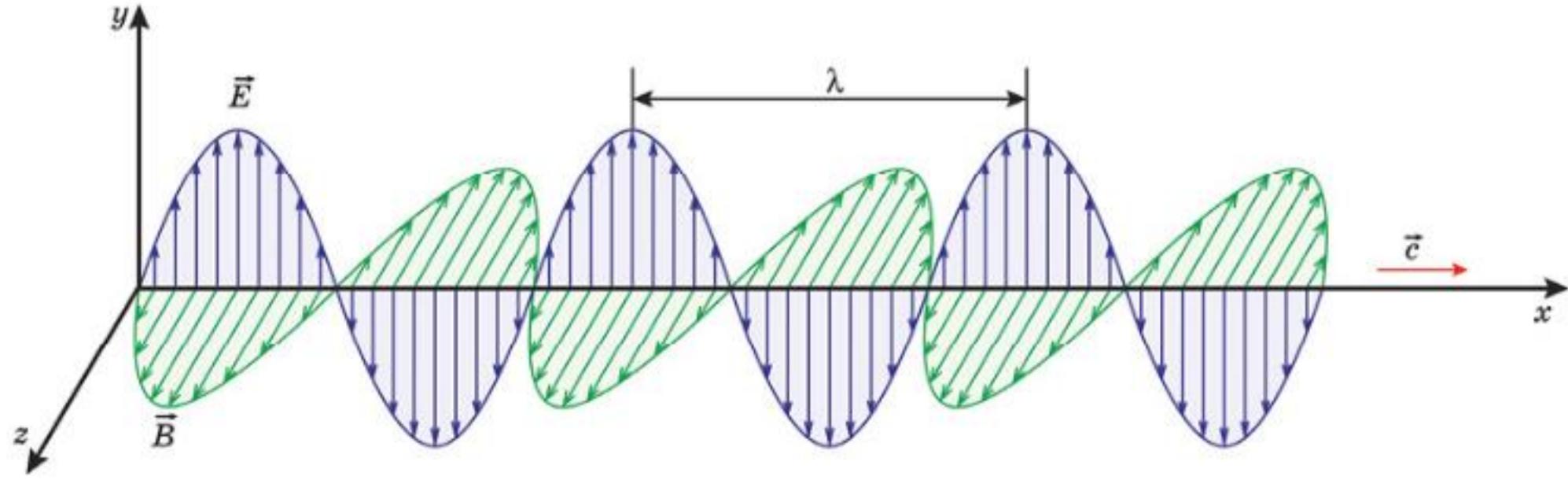
Бу майдоннинг тебранишлари фазода яқин жойлашган нүқталардаги электромагнит тебранишлар манбаи бўлиб ҳисобланади ва унга бир-бирига перпендикуляр бўлган электр майдоннинг E кучланганлик вектори билан B магнит майдон индукция векторининг тебранишлари бироз кечикиб етади.

Шу тариқа, электромагнит майдон фазонинг барча йўналишида $3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ тезлик билан тўлқин тарзида тарқалади (11.2-расм).

Бир хил фазада тебранадиган бир-бирига энг яқин икки нүқта орасидаги масофа электромагнит тўлқин узунлиги дейилади:

$$\lambda = cT = \frac{c}{v}. \quad (11.4)$$

Электромагнит тўлқиннинг асосий тавсифи — унинг тебраниш частотаси v (ёки даври T) бўлиб ҳисобланади. Чунки электромагнит тўлқин бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтганда унинг тўлқин узунлиги ўзгаради, частотаси эса ўзгармай қолаверади.



11.2-расм

Электр майдоннинг кучланганлик ва магнит майдон индукция векторларининг тебраниш йўналишлари тўлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлади. Демак, *электромагнит тўлқин кўндаланг тўлқиндан* иборат.

Электромагнит тўлқиннинг \vec{B} тарқалиш тезлиги кучланганлик ва индукция векторлари ётган текисликларга перпендикуляр бўлади. Демак, электромагнит тўлқинларда \vec{E} ва \vec{B} векторлар бир-бiriга ва тўлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр экан. Агар ўнг парманинг дастаси \vec{E} вектордан \vec{B} векторга қараб айлантирилса, у ҳолда парма учининг илгариланма ҳаракати тўлқин тезлигининг \vec{c} вектори билан устма-уст тушади (11.2-расм). Шундай қилиб, электромагнит тўлқинларни тебранувчи электр зарядлари тарқатади. Бу қандай рўй беради?

Ўтказгичдаги ток кути ўзгарганда унинг магнит майдони ҳам ўзгаради. Ток кучининг ўзгариши эса ўтказгичдаги электр зарядларининг ҳаракат тезлигининг ўзгаришига, яъни зарядларнинг тезланувчан ҳаракатига боғлиқ. Бу тажрибада исботланган. Демак, *электромагнит тўлқин электр зарядларининг тезланувчан ҳаракати натижасида вужудга келади*.

Хуллас, ўзгарувчан электр ва магнит майдонлар электромагнит тўлқин манбаи бўлиб ҳисобланади. Заряднинг тезланиши қанчалик катта бўлса, ҳосил бўлган тўлқин интенсивлиги ҳам шунчалик юқори бўлади. Зарядланган зарра тезланиш билан ҳаракатланганда электромагнит майдонга хос интертлик кузатилади. Майдон тезланиш билан ҳаракатланган зарядланган заррадан ажralиб чиқади ва электромагнит тўлқинлар тарзида фазода эркин тарқала бошлайди.



1. Қандай тўлқинлар электромагнит тўлқинлар дейилади?
2. Электромагнит тўлқиннинг вакуумда ва муҳитда тарқалиш тезлиги қандай аниқланган?
3. Электр майдон кучланганигининг ўзгариш тезлиги фазонинг маълум бир соҳасида ўзгармас бўлса, электромагнит тўлқин пайдо бўладими?
4. Ясси электромагнит тўлқиннинг электр ва магнит векторлари ўзаро қандай боғланган?
5. Электромагнит тўлқиннинг тарқалиш йўналишини қандай аниқлаш мумкин?
- *6. Нима сабадан электр зарядининг тезланувчан ҳаракатидагина электромагнит тўлқин ҳосил бўлади?

12-§. Электромагнит түлқинларнинг нурланиши.

Герц тажрибалари



Таянч тушунчалар:

- ✓ Генрих Герц
- ✓ Герц вибратор
- ✓ Герц тажрибалари



Бугун дарсда:

- электромагнит түлқинларни ҳосил қилиш тажрибалари билан танишасиз

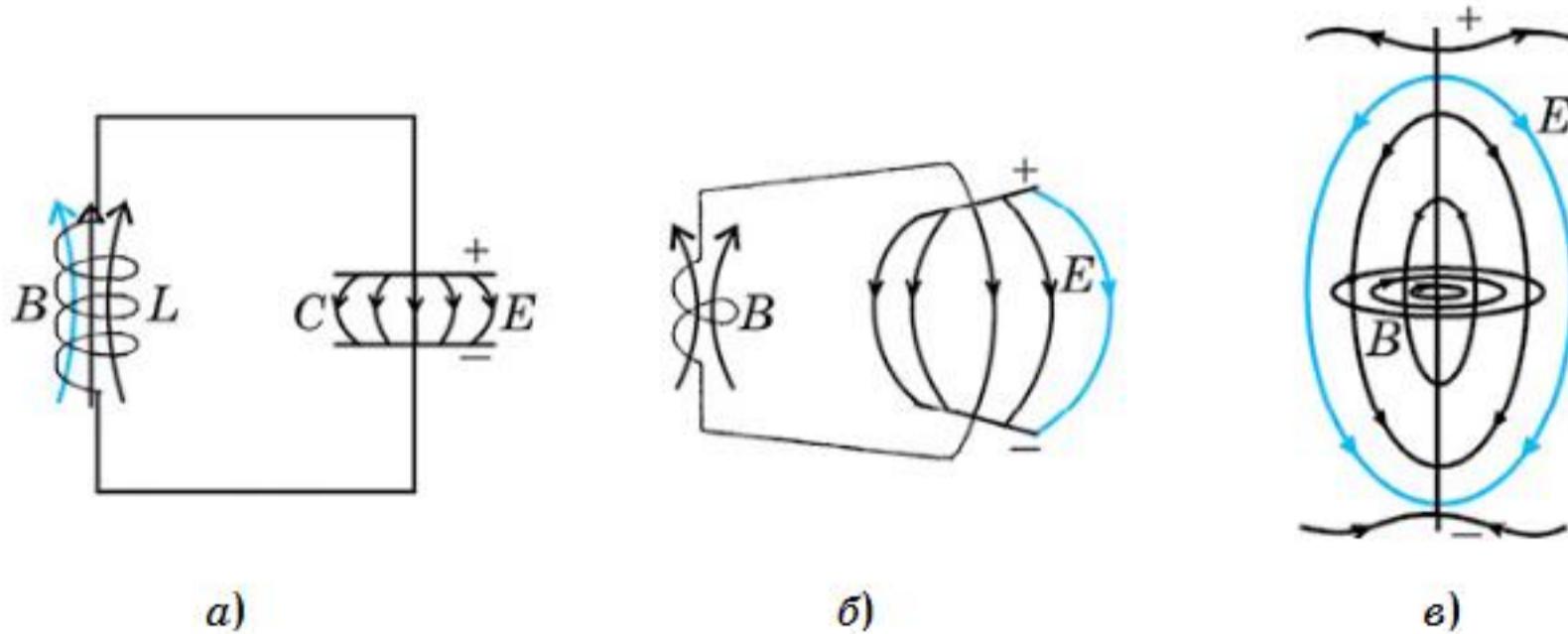


Генрих Герц
(1857—1894)

Хар қандай ғоянинг түгри ёки нотўғрилигини исботлашда эксперимент ҳал қилувчи ўрин тутади. Максвелл табиатда электромагнит түлқинларнинг мавжудлигига шубҳа қилмаган. Максвелл назариясига ўша давр физикларининг кўпчилиги каби дастлаб шубҳа билан қараган немис олим Генрих Герц 1887—1888 йилларда электромагнит түлқинларнинг мавжудлигини экспериментда исботлади.

Очиқ вибратор. Экспериментал равища электромагнит түлқинларни қандай ҳосил қилиш мумкин? Сизга маълумки, тебраниш контуридаги электромагнит майдон тебранишлари фазода тарқала олмайди, чунки ўзгарувчан электр майдон деярли бутунлай конденсатор қопламлари орасида, магнит майдон эса ғалтак ичидаги тўпланган (12.1, *a*-расм). Бундай контур ёпиқ тебраниш контури дейилади.

Конденсатор қопламлари бир-биридан узоқлаштирилса, электр майдон фазонинг кўпроқ қисмини эгаллай бошлайди. Конденсаторнинг сиғими камайганда Томсон формуласига асосан унинг хусусий циклик частотаси ($\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$) ортади. Агар ғалтакнинг ўрамлари сони камайтирилса, у ҳолда индуктивлик *L* камаяди (12.1, *b*-расм). Конденсатор



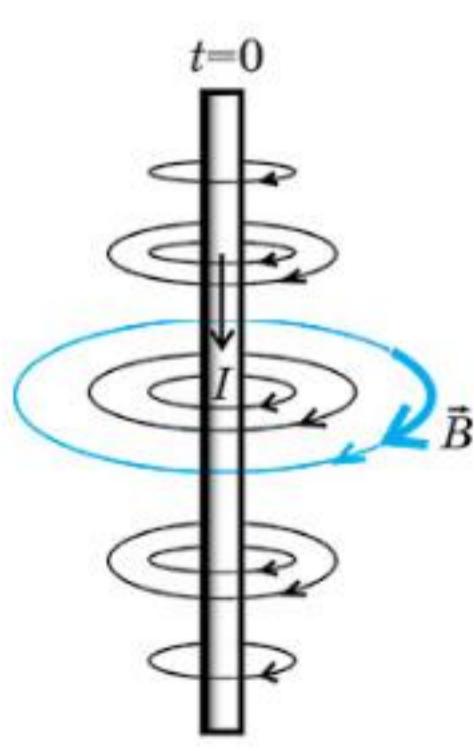
12.1-расм

қопламлари юзини камайтириб, ғалтак ёйилиб, очиб юборилса, түғри симнинг кесмаси ҳосил бўлади (12.1, в-расм).

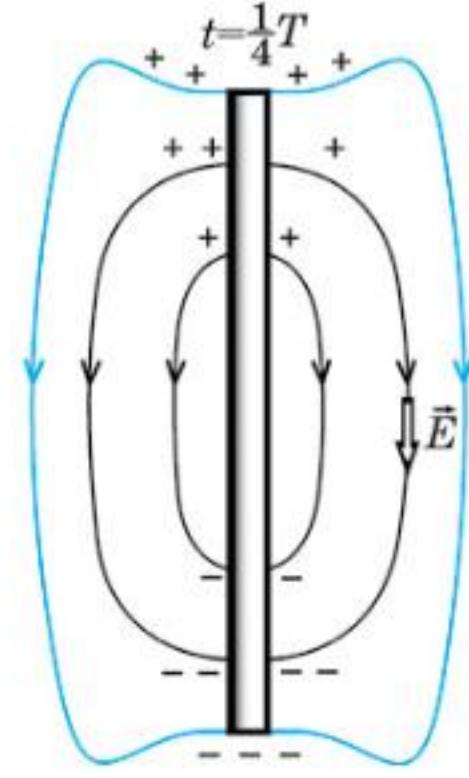
Бу қурилма очиқ тебраниш контури ёки Герц вибратори деб аталади. Очиқ тебраниш контурининг сиғими ва индуктивлиги аҳамиятсиз. Шу сабабли вибратордаги электромагнит майдон тебранишларининг циклик частотаси жуда катта бўлади. Ёпиқ занжирдаги ўзгарувчан ток кучи ўтказгичнинг ҳамма қисмида бир хил бўлса, Герц вибраторидаги аҳвол бутунлай бошқача бўлади. Вибраторнинг турли қисмларида бир хил пайтда ток кучи ҳар хил, унинг ўртасида ток кучи максимум қийматига етганда, вибраторнинг учларида нолга тенг бўлади. Очиқ вибратордаги ток кучи максимал бўлганда, унинг атрофидаги фазода ҳосил бўладиган магнит майдон ҳам максимум қийматга эришади. Электр майдон кучланганлиги эса нолга тенг бўлади (12.2, а-расм). Чорак ($t = \frac{1}{4}T$) даврдан сўнг ток кучи нолга тенг бўлиб, энди вибратор учларида электр зарядлари тўпланади (12.2, б-расм). Электр майдон кучланганлиги максимал қийматгача ортади. Шу тариқа, ток ва заряд тебранишлари, яъни электромагнит тебранишлар пайдо бўлади ва электромагнит майдон вибратор атрофидаги фазони тўлиқ қамраб олади.

Шундай қилиб, очиқ вибратор атрофидаги фазода ўзгарувчан магнит майдон таъсирида уюрмавий электр майдон вужудга келса, ўз навбатида ўзгарувчан электр майдон уюрмавий магнит майдонни ҳосил қиласи. Натижада вибратордан катта масофаларга майдон тебранишлари тарқалиб, электромагнит тўлқин вужудга келади.

Герц тажрибалари. Электромагнит тўлқинларни ҳосил қилиш учун Герц юпқа ҳаво қатлами билан ажратилган иккита бир хил түғри ўтказгичдан иборат вибратордан фойдаланди (12.3, а-расм). Ҳаво қатлами билан ажратилгани туфайли вибраторнинг иккала қисмига



12.2-расм



б)



а)



б)

12.3-расм

юқори кучланиш манбай ёрдамида нисбатан күп заряд берилиши лозим. Потенциаллар айирмаси маълум бир қийматга етганда электр учқуни ҳосил бўлади. Ионланган ҳаво орқали электр зарядлари вибраторнинг бир қисмидан иккинчи қисмiga томон ҳаракатланиб, ток импульсини ҳосил қиласди.

Шундай қилиб, очиқ контурда электромагнит тебранишлар юзага келади. Ток жуда тез ўзгариб, ток манбай орқали ёпилмай, факт контурдагина ҳосил бўлиши керак. Уни вибратор билан ток манбай орасига дросセル қўйиш орқали ростланади. Очиқ контурда электромагнит тебранишларнинг тез сўниб қолишига сабаб, тўлқин нурланганда энергия кўчирилади ва контурда иссиқлик энергияси ажралиб чиқади.

Электромагнит тўлқинларни қабул қилиб, қайд қилиш учун Герц приёмник (қабул қилгич) деб аталувчи иккинчи вибратор (резонатор) ни қўллаган (12.3, б-расм). Очиқ контурдан нурланадиган тўлқинларнинг ўзгарувчан электр майдони таъсирида қабул қилгичда электронлар мажбурий тебранади, тез ўзгарувчан индукцион ток юзага келади. Агар вибраторларнинг ўлчамлари бир хил бўлса, у ҳолда иккала вибратордаги электромагнит тебранишларнинг хусусий частоталари бир хил бўлгани учун, резонанс туфайли қабул қилгичдаги мажбурий тебранишлар амплитудаси сезиларли равишда катта бўлади. Буни Герц ўша мажбурий тебранишларни қабул қилувчи антенна орасидаги жуда кичик бўшлиқда пайдо бўлган учқунларга қараб пайқаган.

Герц ўз тажрибаларида факт электромагнит тўлқинларни ҳосил қилибгина қолмай, балки электромагнит тўлқинларнинг бошка тўлқинларга хос хоссаларини ҳам тадқиқ қилган. Тажриба натижасида у электромагнит тўлқинларнинг тезлигини аниқлаб, уни ёруғлик тезлигига teng эканлигини исботланган. Шундай қилиб, Герц экспериментал тадқиқотларида Максвеллнинг назарий холосаларини тўлиқ исботлади ва ёруғликнинг электромагнит назариясининг яратилишига асос солди.



1. Нима учун ёпиқ тебраниш контури электромагнит тўлқинларни нурлантира олмайди?
2. Нима сабабдан очиқ вибраторда электромагнит тебранишлар пайтида тўлқин нурланади?
3. Герцнинг электромагнит тўлқинларни уйғотиш ва қайд қилиш тажрибаларини тушунтиринг, уни тавсифланг
4. Тарқатувчи ва қабул қилувчи вибраторларда учқун оралиги қандай аҳамиятга эга?
5. Контурдаги электромагнит тебранишлар пайтида нима учун энергия сарфланади?
- *6. Ёпиқ тебраниш контури очиқ контур билан алмаштирилган. Шу пайтда эркин электр тебранишлари нима учун тезроқ сўнади?
- *7. Қандай физик жараёнлар электромагнит тўлқин манбай бўлиб ҳисобланади?

**6-машқ**

1. Очиқ тебраниш контуридаги ток кучи $i = 0,2\cos 5 \cdot 10^5 t$ қонун бүйича үзгаради. Ҳавода тарқаладиган электромагнит түлқиннинг λ узунлигини анықланг. Ылчов бирликлари ХБ системасыда олинган.

Жаоб: $\lambda = 1256$ м.

2. Электромагнит түлқиннинг узунлиги $\lambda = 400$ м бўлса, 1 кГц частотали товуш тебранишлари даврига тенг вақт ичидаги содир бўладиган тебранишлар сонини топинг.

Жаоб: 750.

3. Ўтказгич кўринишидаги очиқ тебраниш контуридаги ток кучи $i = 400\cos 2 \cdot 10^8 t$ (мА) қонун бўйича үзгаради. Вибратор узунлигини топинг.

Жаоб: $l = 1,5$ м.

4. 25 мкГн индуктивлик билан 100 м тўлқин узунлигини қандай қилиб резонансга келтириш мумкин?

Жаоб: 113 пФ сифимли конденсатор.

5. Тебраниш контури 1 мГн индуктив ғалтак ва кетма кет уланган 500 пФ ва 200 пФ сифимли конденсаторлардан ташкил топган. Мазкур тебраниш контури қандай тўлқин узунлигига мўлжалланган?

Жаоб: 711 м.

6. Индуктив ғалтакдаги ток 0,6 с ичидаги 1 А га ўзгартирилганда 0,2 мВ ЭЮК индукцияланади. Тебраниш контури ушбу ғалтакдан ва 14,1 пФ сифимли конденсатордан иборат генератор қандай узунликда тўлқин нурлайди?

Жаоб: 2,4 км.

13-§. Электромагнит тўлқинлар энергияси


Таянч тушунчалар:

✓ **электромагнит тўлқин оқимининг зичлиги**

Бугун дарсда:

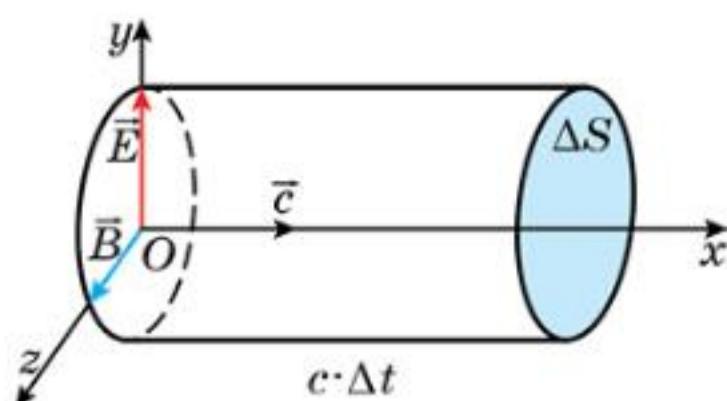
- электромагнит тўлқинларнинг энергия элтишини ва унинг тавсифинитушуниб оласиз.



Барча тўлқинларнинг асосий хоссаси шундан иборатки, улар ўзи билан бирга модда әмас, энергия әлтади. Бу хосса электромагнит тўлқинларга ҳам хос.

Электромагнит тўлқин оқимининг зичлиги. Тезланувчан ҳаракатланадиган зарядланган зарралар атрофига электромагнит тўлқинлар чиқариб, нурланади. Электромагнит тўлқинларнинг асосий энергетик тавсифларидан бири электромагнит нурланиш оқимининг зичлиги ҳисобланади.

Электромагнит нурланиш оқимининг зичлиги деб, тўлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр S юзли сирт орқали Δt вақт ичидаги



түлқиннинг тарқалиш йұналишига перпендикуляр үтгап W энергия миқдорининг сиртнинг юзи билан энергиянинг үтиш вақти күпайтмасига бўлган нисбатига айтилади:

$$I = \boxed{\square} \quad \text{ёки } I = \frac{P_{\text{оп}}}{\Delta S}. \quad (13.1)$$

13.1-расм

Бошқача айтганда, нурланиш оқимининг зичлиги сиртнинг бирлик юзидан бир давр ичида үтувчи электромагнит түлқинлар нурланишининг ўртаса қувватидан иборат. У **түлқин интенсивлиги** деб ҳам аталади. Нурланиш оқими зичлигининг ХБ системасидаги ўлчов бирлиги — $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Ясси электромагнит түлқин тарқаладиган фазодан сиртининг юзи S бўлган соҳани ажратиб оламиз. У 13.1-расмда кўрсатилганидек, түлқиннинг тарқалиш тезлигига перпендикуляр жойлашган Δt вақт оралиғида ўша сиртдан кичик $\Delta V = Sc\Delta t$ ҳажмдаги энергия үтиб улгурди. Бу ҳажмдаги электромагнит майдон энергияси қўйидагига тенг:

$$W = w \cdot \Delta V = w \cdot \Delta S \cdot c \Delta t, \quad (13.2)$$

бу ерда w — электромагнит түлқин энергияси зичлиги. Бу формулани (13.1) ифодага қўйиб, қўйидагига эга бўламиз,

$$I = w \cdot c \quad (13.3)$$

электромагнит нурланиш оқимининг зичлиги электромагнит энергия зичлиги билан унинг тарқалиш тезлиги кўпайтмасига тенг.

Биз кўриб чиқсан Герц вибраторидан, нуқтавий ёки бошқа түлқин манбаларидан нурланадиган электромагнит түлқин энергияси масофага боғлиқ ҳолда ўзгаради. Түлқин интенсивлиги нуқтавий түлқин манбаи учун барча йұналишда бир хил бўлса, Герц вибраторида унинг ўқига перпендикуляр йұналишдагина максимал бўлади. Гармоник тебранувчи нуқтавий заряддан сферик электромагнит түлқин тарқалади. Шу сферик түлқиннинг электр майдон кучланганлиги билан магнит майдон индукцияси масофанинг биринчи даражасига тескари пропорционал $\frac{1}{r}$ равишда жуда секин камаяди. Электростатик майдон кучланганлигини ёдимизга туширамиз: $E \sim \frac{1}{r^2}$.

Электромагнит түлқинлар радиостанциядан олис масофаларга тарқала олади. Түлқин оқимининг зичлиги ёки бирлик юзага тўғри келадиган қувват масофа ортганда жадал камаяди:

$$I = \frac{w}{\Delta S \cdot \Delta t} = \frac{W}{4\pi \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{R^2}, \quad (13.4)$$

бу ерда $\Delta S = 4\pi R^2$ — сфера сиртининг юзи. *Нүқтавий манбадан нурланаётган түлқин интенсивлиги масофанинг квадратига тескари пропорционал бўлади.*

Энди электромагнит майдон энергиясининг тебраниш частотасига боғлиқлигини кўриб чиқамиз. Агар электр заряди Ox бўйлаб $x = x_m \cos \omega t$ гармоник қонунга мувофиқ тебранса, унинг тезланиши вақт бўйича $a = x'' = |\omega^2 x_m \cos \omega t|$ гармоник қонунга мувофиқ ўзгаради. Электромагнит тўлқинни тезланувчан ҳаракатланган зарядланган заралар нурлайди. Бинобарин, тўлқиннинг электр майдон кучланганлиги билан магнит майдон индукцияси тезланишга тўғри пропорционал: $E \sim a$, $B \sim a$. Электр майдон энергиясининг зичлиги

$$w_e = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \quad (13.5)$$

ва магнит майдон энергиясининг зичлиги

$$w_m = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} \quad (13.6)$$

ўзаро тенг. Жумладан, электромагнит майдон энергиясининг зичлиги $w = w_e + w_m = 2w_e$ бўлади.

Электр майдон кучланганлиги ва магнит майдон индукцияси $E \sim a \sim w^2$ ва $B \sim a \sim \omega^2$ эканини эътиборга олсак, майдонлар энергияларининг зичликлари $w_e = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \sim \omega^4$ ва $w_m = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} \sim \omega^4$ частоталарнинг тўртинчи даражасига пропорционал бўлади:

Электромагнит нурланиш оқимининг зичлиги ёки тўлқин интенсивлиги частотанинг тўртинчи даражасига пропорционал: $I = w_c \sim \omega^4$.

Электромагнит майдоннинг тебраниш частотаси қанча катта бўлса, тўлқин интенсивлиги, яъни бирлик юзага мос келувчи қувват шунча ортади.



1. Электромагниттўлқин оқимининг зичлигига тўлқиннинг қандай тавсифи бўлиб ҳисобланади?
2. Тўлқиннинг энергияси масофага боғлиқ ҳолда қандай ўзгаради? Унинг радиотехникадаги аҳамиятини айтиб беринг?
3. Тўлқин энергиясининг электромагнит тебранишлар частотасига боғлиқлиги қандай? У радиоалоқада қандай аҳамиятга эга?
- *4. Нима учун уяли телефонда 900 МГц, 1800 МГц частота қўлланилади?

Масала ечиш намунаси

Радиотўлқин электр майдони кучланганлигининг максимал қиймати $E_m = 0,5$ В/м дан юқори бўлмаслиги керак. Ўша ҳолда электромагнит тўлқин интенсивлиги I нимага тенг?

Берилган:

$$E_m = 0,5 \text{ В/м}$$

$$\epsilon = 1$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

Топиш керак:

$$I = ?$$

Ечилиши. Электромагнит түлқин интенсивлигини түлқин энергиясининг ҳажмий зичлиги орқали ифодалаймиз:

$$I = w_{\omega_m} \cdot c.$$

Электромагнит майдон энергиясининг зичлиги

$$w_{\omega_m} = 2\omega_{\omega_L},$$

$$\text{бу ерда } w_{\omega_L} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}, \text{ жумладан } w_{\omega_m} = \epsilon_0 \epsilon E_m^2.$$

Демак, $I = \epsilon_0 \epsilon E_m^2 \cdot c$.

Үлчов бирлигини текширамиз:

$$[I] = \frac{\Phi}{\text{м}} \cdot \frac{\text{В}^2}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}^2}{\text{В} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Ж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Кл}} = \frac{\text{Ж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

$$I = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 25 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} = 664 \cdot 10^{-6} = 664 \frac{\text{мкВт}}{\text{м}^2}.$$



7-машқ

1. Электромагнит түлқин энергиясининг ҳажмий зичлиги $2 \cdot 10^{-16} \text{ Ж/см}^3$. Нурланиш оқимининг зичлигини топинг.

$$\text{Жавоб: } 0,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

2. Электромагнит түлқин энергияси зичлигининг чекли қиймати $2,2 \cdot 10^{-10} \text{ Дж/м}^3$. Түлқиннинг ҳаводаги электр майдон кучланғанлигининг максимал қийматини ва интенсивлигини топинг.

$$\text{Жавоб: } 5 \text{ В/м; } 6,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

3. Радар импульсининг қуввати 100 кВт. Нурланувчи конус күндаланг кесимининг юзи $2,3 \text{ км}^2$ бўлган нуқтадаги электр майдон кучланғанлигининг максимал қийматини топинг.

$$\text{Жавоб: } 4 \text{ В/м.}$$

4. Электромагнит түлқин энергиясининг фазонинг берилган нуқтасидаги ва берилган вақтдаги зичлиги $w = 5,2 \text{ мкЖ/м}^3$ эканини эътиборга олиб, унинг электр ва магнит векторлари модулларининг қийматларини ўша пайтда ва шу нуқтада баҳоланг: $\epsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$, $\eta = 1,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$.

$$\text{Жавоб: } 2,6 \text{ мкТл; } 0,76 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}.$$

5. Агар электр майдон кучланғанлик векторининг модули $E = 0,3 \text{ кВ/м}$ бўлса, электромагнит түлқин энергиясининг зичлиги фазонинг берилган нуқтасида ва берилган вақтда қандай бўлади? $\epsilon \approx 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

$$\text{Жавоб: } w = 0,8 \text{ мкЖ/м}^3.$$

*6. Агар тебраниш частотаси 15 МГц бўлса, электромагнит тўлқин электр майдонининг кучланганлик ва магнитиндукция векторлари тебранишларининг 30 даврига тенг вақт оралиғида қандай масофага тарқалади?

Жавоб: $l = 600$ м.

14-§. Электромагнит тўлқинларнинг хоссалари



Таянч тушунчалар:

- ✓ қайтиш, синиш
- ✓ қутбланиш
- ✓ интерференция ва дифракция

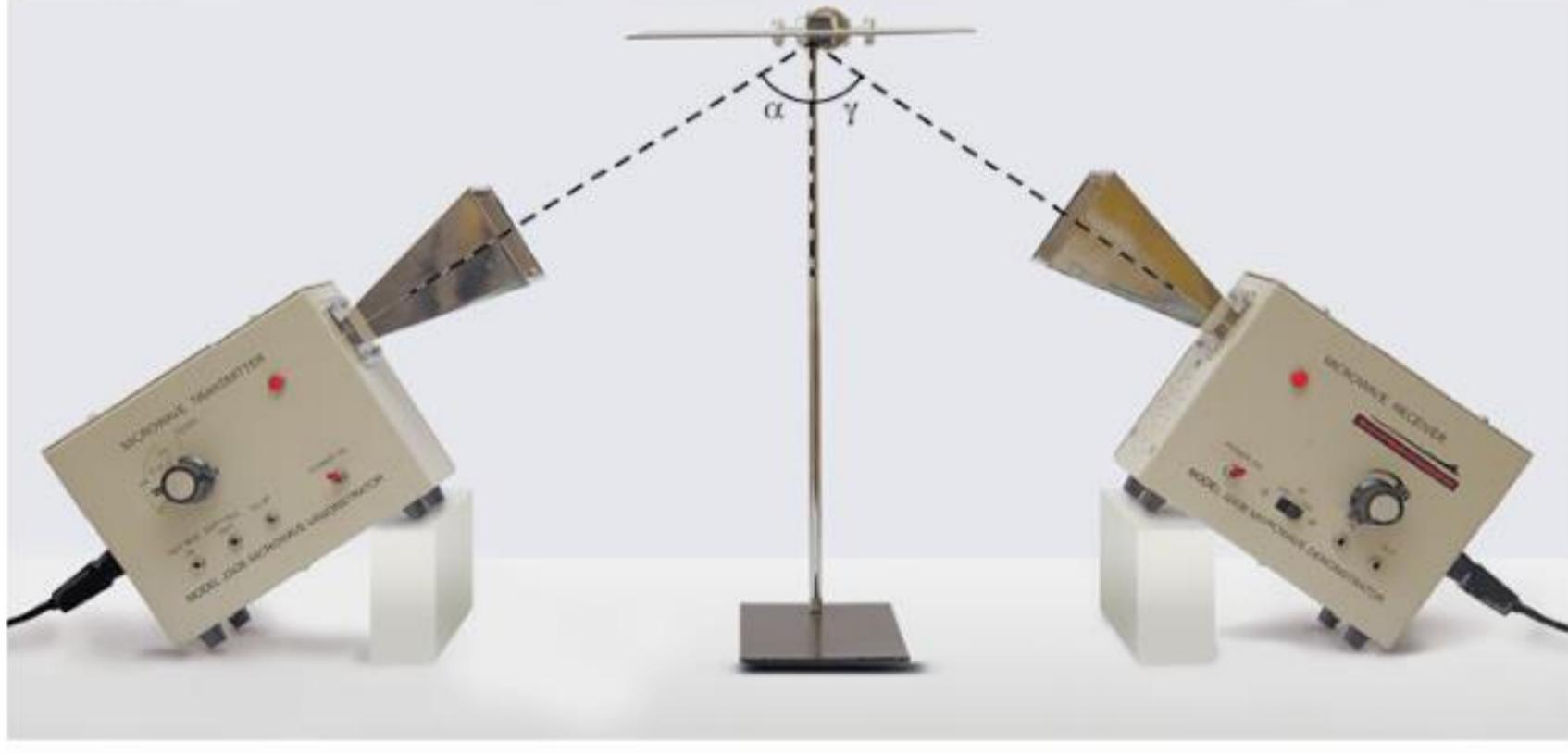
Бугун дарсда:

- электромагнит тўлқинлар хоссаларини тавсифлашни ўрганасиз



Электромагнит тўлқинларнинг хоссаларини узунлиги 3 см бўлган электромагнит тўлқинларни нурлайдиган маҳсус генератор ёрдамида ўрганиш мумкин. Ўта юқори частотали генератор уйғотадиган электромагнит тўлқинлар рупор кўринишидаги узатувчи антеннадан ўқ йўналиши бўйлаб тарқатилади. Қабул қилувчи антеннанинг шакли ҳам худди тарқатувчи антеннага ўхшаш бўлади. Қабул қилгич антеннага кристалл диод ўрнатилган, у антеннада уйғонадиган юқори частотали ўзгарувчан токни бир қутбли *пульсацияланувчи* токка айлантириб беради. Ток кучайтирилгандан кейин товуш кучайтиргич (громкоговоритель)га ёки гальванометрга берилиб, қайд қилинади.

Электромагнит тўлқинларнинг қайтиши. Тарқатувчи ва қабул қилувчи рупорлар орасига металл тунука қўйилса, товуш эши билмайди. Электромагнит тўлқин металл тунукадан қайтади. Агар генератор рупорини 14.1-расмда кўрсатилгандек йўналтирусак, у ҳолда қабул қилувчи



14.1-расм

антенна тушиш бурчагига тенг бурчак билан қайтган электромагнит түлқинни қабул қиласы. Уни товушнинг яхши әшитилганидан сезамиз. Электромагнит түлқиннинг металл сиртидан қайтишини тушуниш осон. Металлга келиб тушган түлқиннинг электр майдони таъсирида металл сиртида эркин электронларнинг мажбурий тебранишлари вужудга келади. Шу мажбурий тебранишлар частотаси электромагнит түлқин частотасига тенг. Сиртга тушган электромагнит түлқин энергияси металлдаги эркин электронларнинг мажбурий тебранишларини үйғотишга сарфланади. Түлқин металлдан ўта олмайды, металл сиртининг ўзи иккиламчи түлқин манбаи бўлиб ҳисобланади, яъни түлқин қайтади. Диэлектрикдан түлқиннинг қайтиши суст бўлади, чунки диэлектрикда электромагнит түлқин таъсирида *богланган электронларнинг мажбурий тебранишлари* юзага келади. Аммо уларнинг мажбурий тебранишлар амплитудаси металлдаги эркин электронларнинг мажбурий тебранишлар амплитудасидан анча кичик. Шунинг учун түлқиннинг диэлектрикдан қайтиши суст бўлади.

Электромагнит түлқинларнинг қайтиш хоссасидан радиоалоқада, радиолокацияда кенг фойдаланилади.

Электромагнит түлқинларнинг синиши. Электромагнит түлқинларнинг синишини парафин билан тўлдирилган учбурчакли призмадан фойдаланиб кузатиш мумкин. Тарқатувчи антеннанинг рупорини 14.2-расмдагидек йўналтирамиз. Қабул қилувчи антенна түлқинни қайд қилмайди. Энди диэлектрик бўлган парафиндан ясалган призмани расмда кўрсатилгандек жойлаштирасак, антенна түлқинни қайд қиласы. Демак, электромагнит түлқин икки муҳитни ажратиб турган *ҳаво-парафин ва парафин-ҳаво чегарасидан ўтганда синади*. Тажрибалар электромагнит түлқинлар бир муҳитдан иккинчисига ўтганда синиш қонунининг бажарилишини кўрсатади.



14.2-расм

Электромагнит түлқинларнинг ютилиши. Рупорларни бир-бирига қарма-қарши қўйиб, уларнинг орасига турли диэлектриклар, масалан, фанер, плексиглас ва бошқаларни қўйсак, түлқиннинг ютилишини кузатиш мумкин. Ютилиш даражаси турли диэлектриклар учун турлича бўлади.

Электромагнит түлқинларнинг қутбланиши. Электромагнит түлқинларнинг \vec{E} ва \vec{B} векторларнинг бир-бирига ва түлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлиши, унинг кўндаланг түлқин эканини кўрсатади. Узатувчи антеннадан нурланадиган түлқиннинг электр майдон кучланганлик вектори \vec{E} нинг тебранишлари маълум бир текисликда содир бўлади. Магнит индукция вектори \vec{B} нинг тебранишлари унга перпендикуляр бўлган текисликда рўй беради. *Майдон тебранишлари бир йўналишда содир бўлган электромагнит түлқинлар қутбланган түлқинлар дейилади.*

Қутбланиш лотинча “*polus*”, грекча “*polos*” — қутб, яъни ўқнинг охри деган сўзлардан олинган. Узатувчи антеннанинг рупори билан қабул қилгич орасига металл симдан ясалган тўрларни жойлаштирамиз (14.3-расм). Тўрнинг иккаласини ҳам вертикал ёки горизонтал йўналтириб, түлқиннинг ўтишини гальванометрда қайд қиласиз. Бу ҳол электр майдон кучланганлик вектори \vec{E} симларга перпендикуляр бўлганда кузатилади. Агар иккинчи тўр 90° га бурилса, у ҳолда түлқин симлардан ўтмайди. Демак, электромагнит түлқин қутбланган кўндаланг түлқин экан. Электр майдоннинг кучланганлик вектори металл симларга параллел йўналтирилганда, уларда эркин электронларнинг мажбурий тебранишлари ҳосил бўлади ва түлқин қайтади. Кучланганлик вектори симларга перпендикуляр йўналтирилганда эса эркин электронларнинг мажбурий тебранишлари кўндаланг бўлгани учун, уларнинг амплитудаси аҳамиятсиз ва электромагнит түлқинлар қайтмасдан ўтади. Шуни айтиш жоизки, агар электромагнит түлқин кўндаланг эмас, бўйлама түлқин бўлганида эди, у ҳолда тўрнинг ихти-



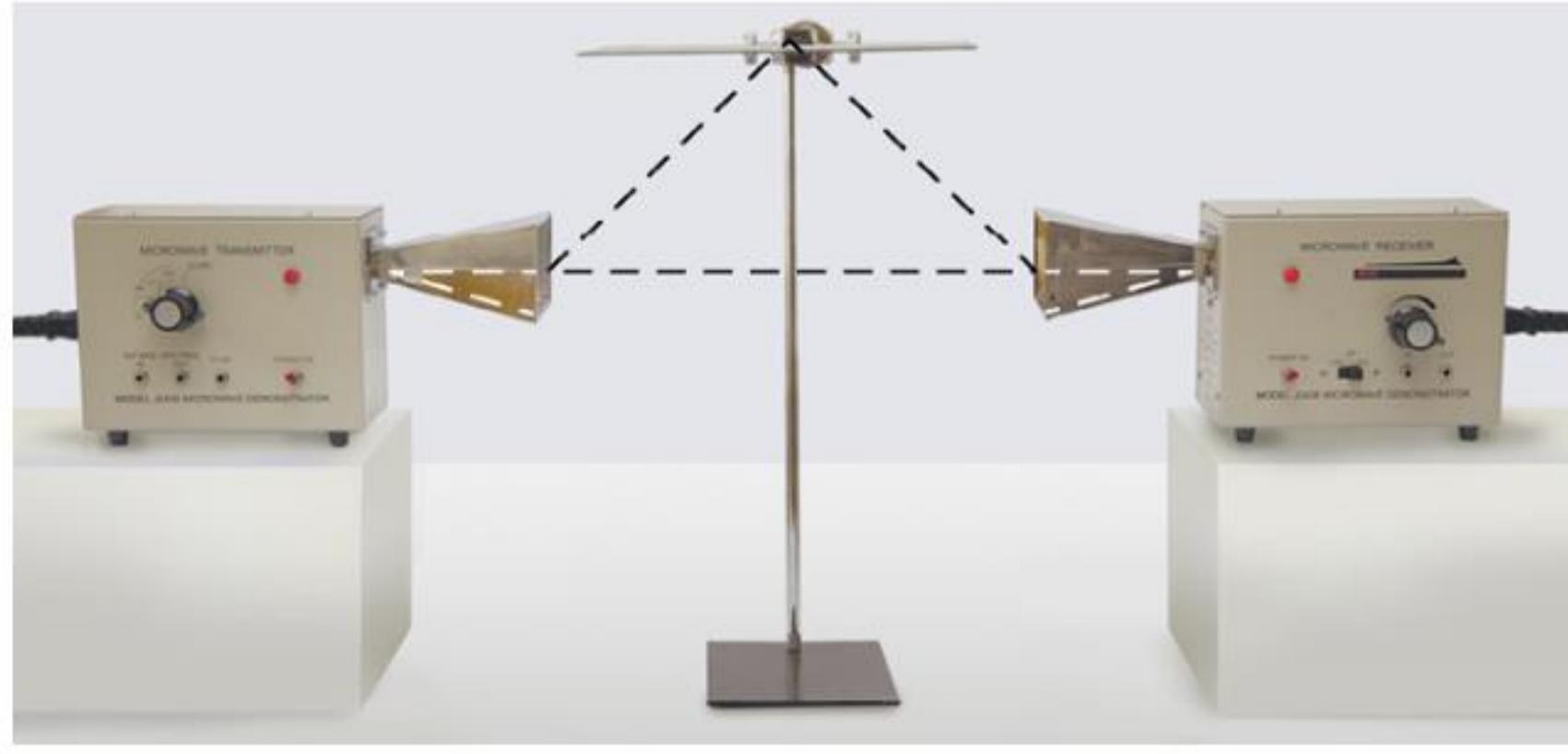
14.3-расм

ёрий вазиятида тұлқин симлардан бемалол үтиб кетар әди. Агар кучланганлик вектори антеннага параллел бўлса, антеннада ҳосил бўлган индукцион токнинг амплитудаси максимал бўлади.

Электромагнит тұлқинлар интерференцияси. Фазода икки ёки бир нечта узатувчи антеннадан нурланган электромагнит тұлқинлар бирбири билан қўшилиши мумкин. *Бир хил частотали иккита тұлқин қўшилганда натижаловчи тұлқин амплитудасининг ортиш ёки камайши ҳодисаси тұлқинлар интерференцияси дейилади.*

Бир хил фазада тебранадиган иккита электромагнит тұлқин фазонинг бир нуқтасига етиб келганда $\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$ шарт бажарилса, интерференция туфайли натижаловчи тебранишлар амплитудаси максимал бўлади. Бу ерда $\Delta l = l_2 - l_1$ катталик тұлқинларнинг йўл айрмаси, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$.

Агар тұлқинларнинг йўл айрмаси $\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$ бўлса, яъни тоқсон марта ярим тұлқин узунлигига teng бўлса, интерференциянинг минимум шарти бажарилади. Натижавий тебраниш ўша нуқтада минимал бўлади. Электромагнит тұлқинлар интеференциясини кузатиш учун узатувчи ва қабул қилувчи рупорларни 14.4-расмда кўрсатилгандек бирбирига қарама-қарши жойлаштириб, горизонтал йўналишдаги металл тунукани юқоридан пастга ҳаракатлантирамиз. Ўшанда товушнинг бир пасайиб, бир кучайишини сезамиз. Рупордан чиқадиган тұлқиннинг бир оз қисми қабул қилувчи антеннага тушади. Қолган қисми антеннага металл сиртидан қайтгандан сўнг унга бориб тушади. Металл тунукани юқори ва пастга ҳаракатлантириб, тушаётган тұлқин билан қайтган тұлқиннинг йўл фарқини ўзгартирамиз. Интерференциянинг максимум ёки минимум шартларидан қайси бирининг бажарилишига боғлиқ ҳолда товуш ё кучаяди, ёки пасаяди.



14.4-расм



14.5-расм

Электромагнит түлқинлар дифракцияси. Түлқинларнинг түгри чизиқли тарқалиш йұналишидан оғиши ёки түлқинларнинг түсікіларни айланиб үтиши түлқинлар дифракцияси дейилади. Түлқин йўлидаги түсікіларнинг ўлчамлари түлқин узунлигидан ки chick ёки унга яқин бўлган ҳолларда түлқинлар дифракцияси яққол кузатилади. Электромагнит түлқинлар дифракциясини 14.5-расмда кўрсатилган қурилма ёрдамида кузатиш мумкин. Ўта юқори частотали генератор билан қабул қилгич орасига ингичка тирқишли металл экран жойлаштирилган. Қабул қилгичнинг жойини ўзгартириб, тебраниш амплитудасининг максимумлари ва минимумлари навбатма-навбат алмашинишини кўриш мумкин. Бу ҳодиса факат тирқиши айланиб ўтувчи түлқинлар дифракцияси натижасидагина содир бўлиши мумкин. Бу электромагнит түлқинларда дифракция ҳодисаси рўй беришини кўрсатади. Дифракция ҳодисасини оптика бўлимида батафсил кўриб чиқамиз.



1. Нима учун электромагнит түлқинлар металл сиртидан яхши қайтади, диэлектрик жисмлардан эса қайтиши заиф бўлади?
2. Электромагнит түлқинлар бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтганда йұналишининг ўзгаришини қандай тушунтириш мумкин?
3. Қандай түлқинлар қутбланган түлқинлар деб аталади?
4. Электромагнит түлқинларнинг кўндаланг түлқин эканлигини тажрибада қандай исботлаш мумкин?
5. Түлқинлар интерференциясинима? Унинг максимум ва минимум шартлари қачон бажарилади?
- *6. Қандай шарт бажарилганда электромагнит түлқинларда дифракция ҳодисаси яққол кузатилади?
- *7. Электромагнит түлқин йўлига алюминий диск қўйилса, қандай ҳодиса юз беради?

15-§. Радиоалоқа принципи



Таянч тушунчалар:

- ✓ модуляция
- ✓ детекторлаш
- ✓ көгерер



Бугун дарсда:

- радиоалоқанинг асосий принципларини ва радиотелефон алоқа қандай амалга оширилишини билиб оласиз.



Попов Александр
Степанович
(1859—1906)

Радиоалоқанинг содда чизмаси 15.1-расмда күрсатилған. Шу чизмага суяңған ҳолда радиоалоқанинг асосий физик принципи амалга оширилади. Фазода тарқалувчи электромагнит түлқинлар орқали ахборотни узатиш ва қабул қилиш учун радиотүлқинлардан фойдаланилади. Узатувчи радиостанцияда юқори частотали тебра нишлар генератори антеннада юқори частотали ўзгарувчан ток ҳосил қиласи.

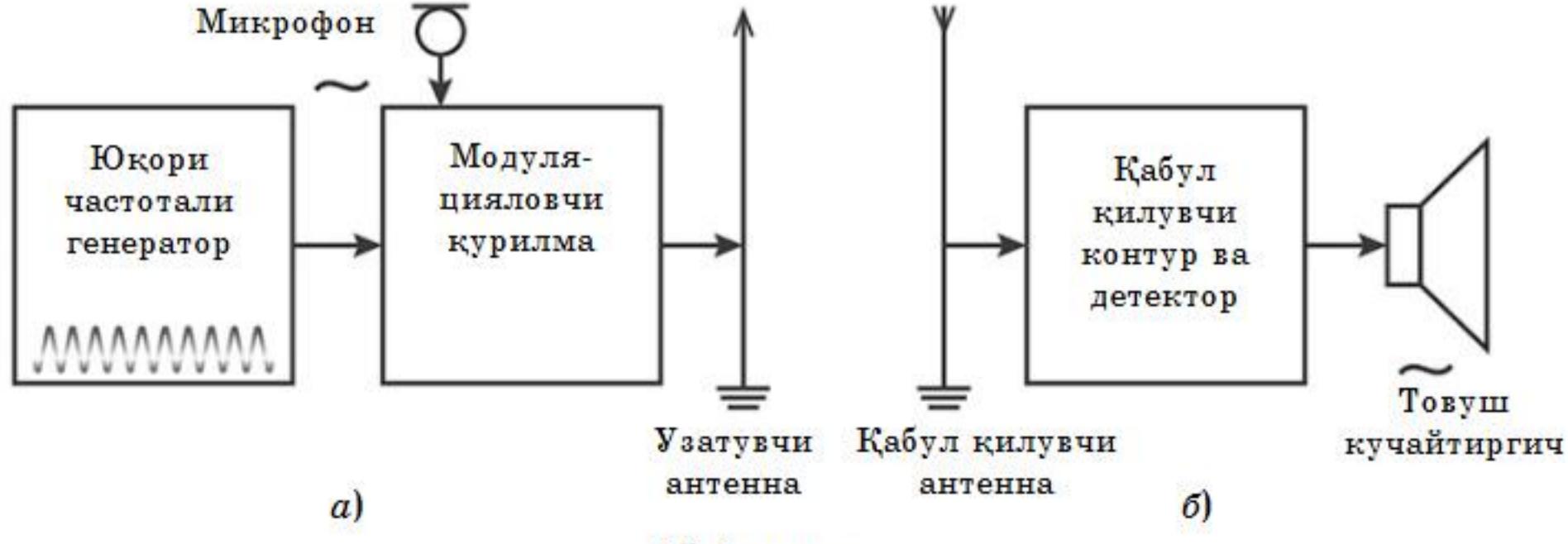
Узатувчи станция қандай частотада ишласа, айнан шундай

частотали ўзгарувчан токни юзага келтиради. Қабул қилувчи антеннага етган электромагнит түлқин, узатувчи станция қандай частотада ишласа, айнан шундай

частотали ўзгарувчан токни юзага келтиради. Қабул қилувчи антеннага уланған тебраниш контурида резонанс натижасида бизга керакли радиосигнал кучайтирилиб, ажратып олинади (15.1, б-расм).

Радиоалоқанинг *радиотелеграф, радиотелефон ва радиохабар узатыш, телехабарлар узатыш, радиолокация* каби турлари мавжуд.

Радиони кашф этиш. Радиотелеграф алоқаси. Герц тажрибалари биринчи бўлиб электромагнит түлқинларнинг тарқалиши мумкинлигини күрсатди. Унинг тажрибаларида түлқиннинг тарқалиши кичик масофада, изланиш олиб борилаётган лаборатория столи доирасидаги-



15.1-расм

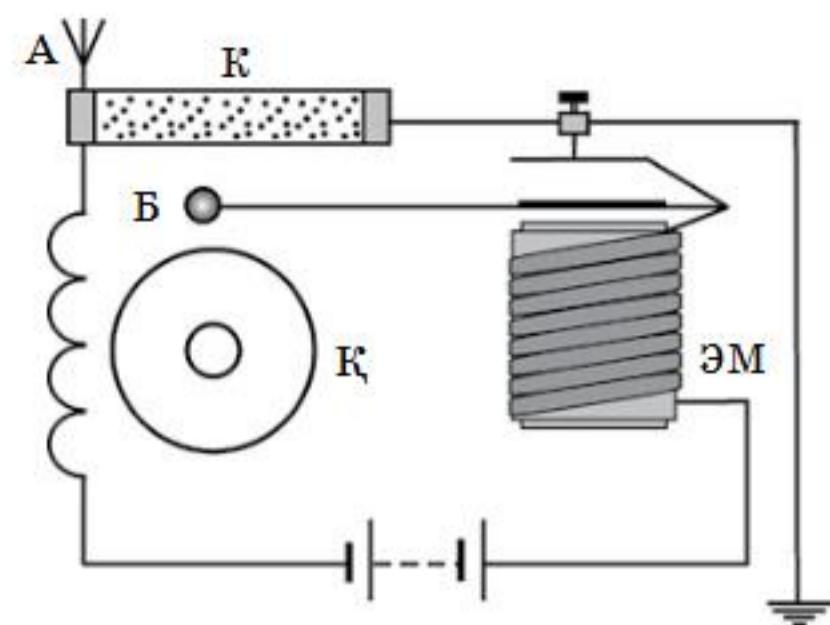
на амалга оширилган эди. Электромагнит түлқинларнинг олис масофаларга симсиз тарқалишига, ҳатто, Герцнинг ўзи шубҳа билан қараган эди. 1895 йил 7 майда рус олим А. С. Попов электромагнит түлқинлардан симсиз алоқа ўрнатиш учун фойдаланиш мумкинлигини Россиянинг физика-кимё жамияти мажлисиде исботлаб берdi. Попов электромагнит түлқинларни қайд қилишнинг ишончли ва яхши сезгир элементи бўлган когерердан фойдаланди. Уни Попов кашфиётидан беш йил аввал, сезгирилиги заиф бўлган Герцнинг учқунни қабул қилувчи вибратори ўрнига ишлатишни таклиф қилган француз физиги Э. Бранли топган эди.

Когерер икки электродли шиша найдан иборат. Унинг ичига металл кукунлари солинган. Одатдаги шароитда когерернинг қаршилиги катта бўлади, чунки когерер ичидаги кукунлар бир-бирига тегиб турмайди. Поповнинг қабул қилгичи (К) когерер, (ЭМ) электромагнит реле, электр қўнғироқ (К) ва ток манбаидан иборат (15.2-расм). А. С. Попов дастлаб ўз қабул қилгичини яшиндаги электр разряди пайтида пайдо бўладиган электромагнит түлқинларни қайд қилиш учун қўллади. Уни “яшин қайд қилгич” деб атади. Антеннага етиб келган юқори частотали электромагнит түлқинлар унда эркин электронларнинг мажбурий тебранишларини уйғотиб, ўзгарувчан токни юзага келтиради. Ўзгарувчан кучланиш таъсирида кукунлар орасида электр учқунлар ҳосил бўлади ва кукунларни пайвандлайди. Когерернинг қаршилиги 100—200 мартагача кескин камаяди. Одатдаги шароитда когерернинг қаршилиги жуда катта бўлганлиги сабабли, реле қўнғироқ занжирни ток манбаига улай олмайди. Энди электромагнит түлқинлар антеннага етиб келганда, электр қўнғироқнинг занжири когерер орқали ток манбаига уланади. Болға (Б) когерерни уриб тўлқин келганлигидан хабардор қиласди.

Электромагнит тўлқин тугаши билан қўнғироқ занжирни яна узилади, чунки болға қўнғироқ билан бирга когерерга ҳам урилади. Когерер силкитиб юборилгандан кейин унинг қаршилиги яна аввалги қийматгача ортади ва янги тўлқинни қабул қилишга тайёр бўлади.

Қабул қилгичнинг сезгирилигини ортириш учун Попов когерернинг бир учини ерга, иккинчи учини эса баландликда турган ўтказгич симга улаб, биринчи қабул қилувчи антеннани яратди.

1896 йили А.С. Попов электромагнит тўлқин узаткич (тарқатгич) ни яратади. Электромагнит тўлқинларни узаткич ва қабул қилгични такомиллаштириб, у телеграфнинг Морзе ҳарфи билан сигнал юбориб



15.2-расм

ва уни қабул қила бошлади. Шу йилнинг 24 марта дунёда биринчи марта 250 м масофага симсиз икки сўздан иборат “Генрих Герц” деган радиограммани узатди ва уни қабул қилди. Яна у бу тўлқинларни телефон орқали инсон қулоғи ҳам қабул қилиши мумкинлигини амалда кўрсатди. Алоқанинг бундай тури *радиотелеграф алоқа* деб аталди. Телеграф тўлқинлари қисқа ва узун электромагнит тўлқин импульсларидан иборат, яъни Морзе алифбосида қабул қилинган “нукта” ва “тире” тарзида берилиб келмоқда.

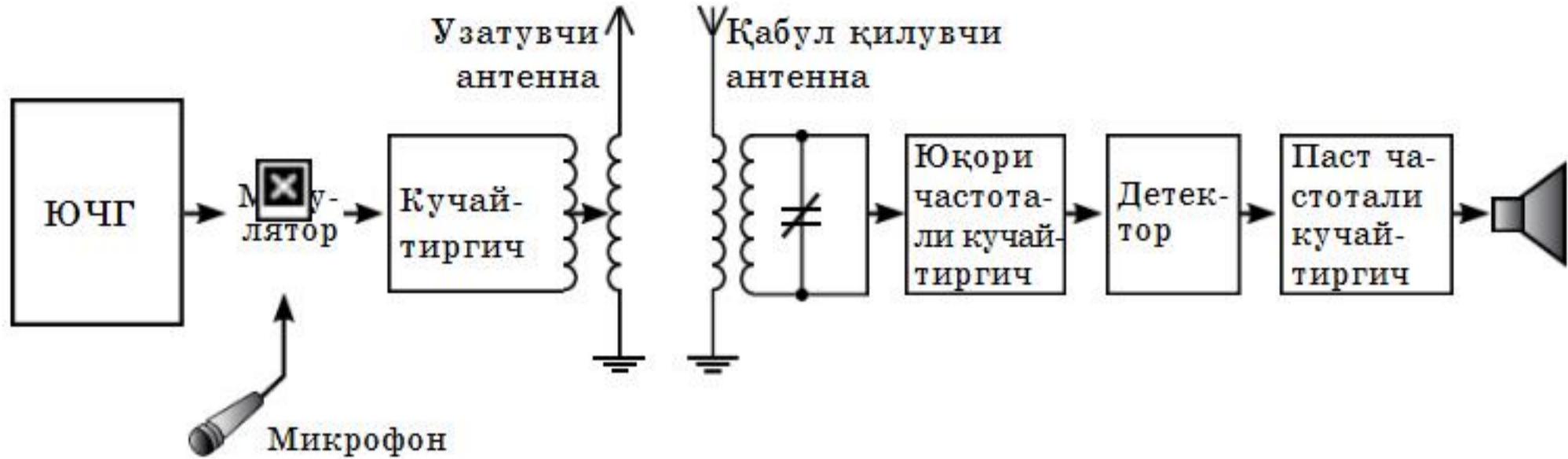
Италиялик ихтирочи Г. Маркони радиотехника ривожи ва унинг турли амалий мақсадларда қўлланишига катта ҳисса қўшди. У 1897 йилда электромагнит тўлқинларни симсиз радиотўлқинли алоқа системасида қўллаш мумкинлигига патент олди. Г. Маркони 1901 йил илк бор Атлантика океани орқали Европа ва Америка орасида радиоалоқани амалга ошириди. У радиони алоқа воситаси сифатида ривожлантиришда муҳим ўрин эгаллайди. А. С. Попов ўз кашфиётига, афсуски, патент ололмаган эди. Шу сабабли радионинг асосчиси сифатида дунё уни тан олмади.

Радиотелефон алоқа. Радиоалоқа ривожланишида энг муҳим давр 1906 йилда америкалик муҳандис Д. Фореснинг уч электродли лампа — *триодни* кашф қилиши билан боғлиқ. Триод асосида 1913 йилда сўнмас электр тебранишларнинг лампали генератори яратилди. Натижада электромагнит тўлқинлар орқали энди мусиқа, сўз, яъни товушни турли масофаларга узатиш амалга оширилди. Ушбу алоқа *радиотелефон алоқа* деб аталади.

Радиотелефон алоқани амалга ошириш ҳозир жуда осон кўринади. Товуш тўлқинлари ҳосил қиласидан ҳаво босимининг тебранишлари микрофонда худди шундай электр тебранишларга айлантирилади. Уни кучайтириб товуш частотасидаги ўзгарувчан токнинг мажбурий тебранишларини антеннада юзага келтириш мумкин. Аммо бундай усул билан радиотелефон алоқасини амалга ошириш мумкин эмас. Антеннадан нурланувчи электромагнит тўлқинларнинг интенсивлиги частотанинг тўртинчи даражасига пропорционал эканини ёдимизга туширамиз: ($I \sim w^4$).

Товушни узатишнинг мураккаблиги қўйидагидан иборат: радиоалоқа учун юқори частотали электр тебранишлар керак, товуш частотаси эса паст частотали тебранишлар бўлиб ҳисобланади. Бундай паст частотали электромагнит тўлқинлар мутлақо нурланмайди, демак, фазода тарқала олмайди. Шунинг учун товуш частотали электромагнит тебранишларни бирор усул билан олис масофаларга узатиш учун юқори частотали электромагнит тебранишларни айлантириш зарур бўлди.

Паст частотали электр тебранишларни мослаштириб юқори частотали электромагнит тебранишларни бошқариш юқори частотали тебранишларни модуляциялаш дейилади.



15.3-расм

Модуляция (лотинча *modulation* — текис, уйғунлик) деб юқори частотали әлтүвчи тебранишларнинг бир ёки бир неча параметрларининг ахборотли сигнал қонунуга мувофиқ үзгариши жараёнига айтиласы.

Радиоалоқада амплитудавий, частотавий ва фазавий модуляциялар кенг қўлланилади. Юқори частотали тебранишлар әлтүвчи частоталар дейилади, чунки улар товуш частотасидаги тебранишлар әлтүвчилари вазифасини бажаради.

Замонавий радиотехникада, аксарият космик алоқа ва телекўрсатувда ҳар доим частотавий модуляция қўлланилади. Радиоқабул қилгичда юқори частотали мураккаб тебранишлардан паст частотали тебранишлар ажратиб олинади. Паст частотали сигнални тиклаш жараёни *демодуляция* ёки *детекторлаш* деб аталади. Детекторланган сигнал күчайтирилгандан кейин акустик тебранишга айлантирилади. 15.3-расмда радиоалоқани амалга оширишнинг асосий принципларини ифодаловчи чизма берилган.



1. Радиоалоқанинг асосий принциплари қандай?
2. А. С. Поповнинг энг биринчи приёмниги — “яшин қайд қилгич” нинг тузилишини тавсифланг.
3. Когерернингишлиши қандай физик принципга асосланган?
4. Попов приёмнигидаги электр қўнғироқ қандай вазифани бажаради?
5. Когерернинг бир учини антеннага, иккинчи учини ергаулашнинг моҳияти нимада?
6. Радиотелеграф алоқа қандай амалга ошириллади?
7. Нима учун паст (товуш) частотали электромагнит тўлқинлар орқали радиоалоқани амалга ошириш мумкин эмас?
- *8. Радиотелефон алоқа деб қандай алоқа турига айтиласы?
- *9. Г. Маркони кашфиётининг моҳияти нимада?
10. Модуляция нима?

16-§. Модуляция ва детекторлаш



Таянч тушунчалар:

- ✓ амплитуда модуляцияси
- ✓ частота модуляцияси
- ✓ детекторлаш



Бугун дарсда:

- амплитуда ва частота модуляциясини ажраты оласиз. Детекторли радиоқабул қылгичнинг ишлаш принципи билан танишасиз.

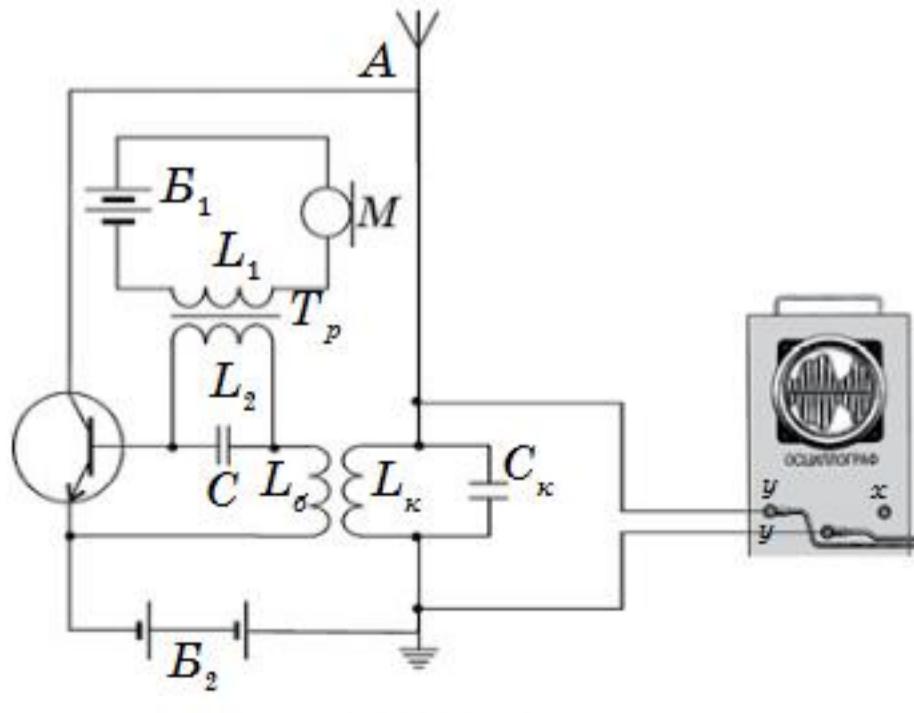
Юқори частотали тебранишлар амплитудасини, частотасини ёки фазасини үзгартыриш орқали модуляциялаш мумкин. Шундай бўлса-да, биз кўпроқ фойдаланадиган усул — *аналог, рақамли, амплитудавий ва частотавий модуляцияларга тўхталамиз.*

Амплитуда модуляцияси (amplitude modulation). Амплитуда модуляцияси вактида юқори частотали тебранишлар амплитудаси товуш частотасига үзгартырилади.

Транзисторли генераторларда ишлаб чиқариладиган юқори частотали тебранишлар амплитудасини модуляциялашни 16.1-расмда кўрсатилган чизмадан фойдаланиб амалга ошириш мумкин. Модулятор M микрофон, B_1 ток манбай ва кетма-кет уланган (T_p) трансформаторнинг L_1 бирламчи чулғамидан иборат. Трансформаторнинг L_2 иккиламчи чулғами транзисторнинг базаси уланган занжирдаги C конденсаторга параллел уланган. Фалатакнинг L_6 тескари боғланишли чулғами орқали ўтувчи юқори частотали үзгарувчан токка C конденсаторнинг қаршилиги кичик бўлади. Трансформаторнинг иккиламчи чулғамининг L_2 индуктив қаршилиги катта. Шунинг учун генератор ишлаб чиқарадиган юқори частотали үзгарувчан ток C конденсатордан осон ўтади, модуляторнинг микрофонли занжиридан эса ўта олмайди.

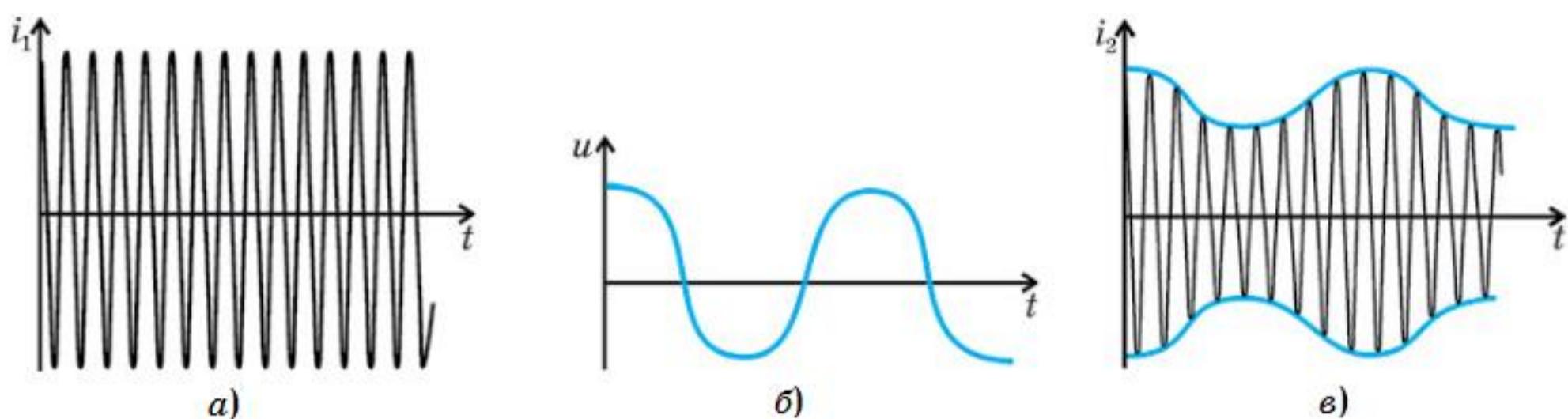
Товуш тебранишлари бўлмаганда генератор юқори частотали сўнмас үзгармас амплитудали гармоник тебранишларни ҳосил қиласди:

$$i_1 = i_0 \sin \omega t,$$



16.1-расм

бу ерда ω — элтувчи частота, i_0 — тебранишларнинг үзгармас амплитудаси. Ушбу тебранишлар графиги 16.2, а-расмда берилган. Микрофон уланганда товуш тўлқинлари унинг занжирида паст частотали электр токини ҳосил қиласди (16.2, б-расм). Бу паст частотали Ω токлар учун C конденсаторнинг қаршилиги катта бўлади. Шу сабабли трансформаторнинг L_2 чулғами учларидаги кучланиш тамомила занжирнинг база-

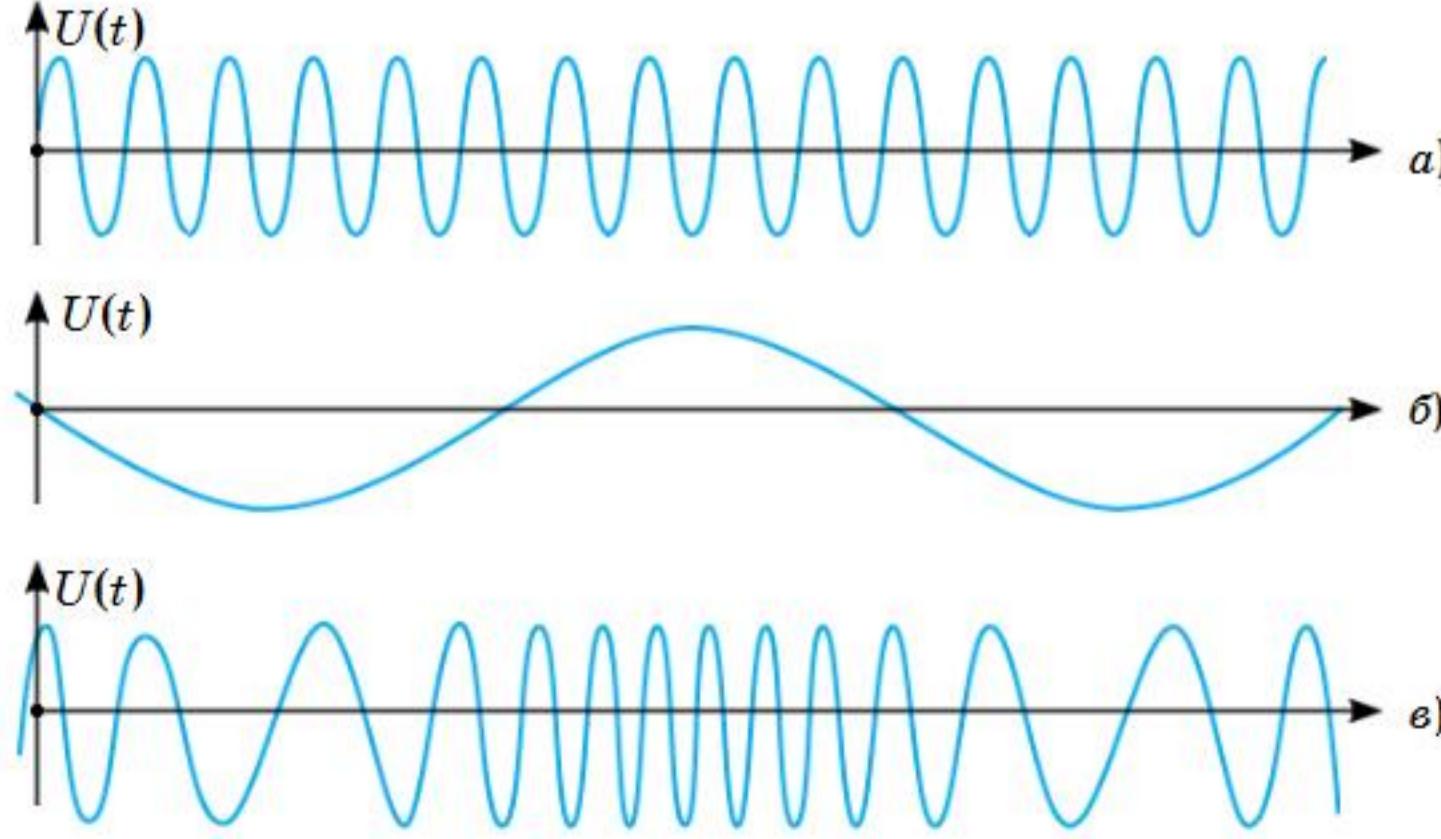


16.2-расм

эмиттер қисмiga тушади. Шу орқали генератор контури занжиридаги юқори частотали ўзгарувчан токнинг амплитудаси товуш частоталарига мос равишда узлуксиз ўзгаради, яъни юқори частотали тебранишлар модуляцияси амалга ошади. Уни контурга уланган (16.2, в-расм) осциллограф экранида кузатиш мумкин.

Частота модуляцияси (FM-frequency modulation). Юқорида қайд қилинган амплитуда модуляцияси етарлича камчиликка эга. Узаткич ва қабул қилгич орасидаги масофа етарлича катта бўлса, у ҳолда юқори частотали модуляцияланган электромагнит тўлқин заифлашади ва заифлашган тўлқин вақт ўтиши билан ўзгара бошлиди. Радиотўлқинлар атмосферадан ўтиб кетганда, ҳаддан ташқари қаршиликлар (шовқин, товушлар) таъсири туфайли амплитуданинг тасодифий ўзгаришларини керакли модуляциядан ажратиш мумкин бўлмай қолади. Ушбу қаршиликларни бартараф қилиш учун частота модуляцияси қўлланилади.

Частота модуляциясида юқори частотали тебранишлар амплитудаси эмас, частота ўзгаради. Частота модуляцияси сигналларининг графикилари (16.3-расмда) берилган: а) юқори частотали ноамплитудавий элтувчи сигналлар; б) модуляцияланган узатувчи товуш сигнал; в) частота модуляцияси сигнал. Шовқинлардан ҳимояни кучайтириш



16.3-расм

учун узатиладиган радиотұлқиннинг әлтүвчи частотаси товуш тебранишлари амплитудасига пропорционал равища үзгаради. Товуш тұлқини қанчалик кучли бўлса, әлтүвчи частота шунча катта бўлади ва аксинча. Ультрақисқа тұлқинли радиостанциялар ва телекўрсатувда товуш тұлқинларини узатиш частота модуляцияси орқали амалга оширилади. Модуляция турлари 16.1-жадвалда берилган.

16.1-жадвал

Аналог модуляция		
Амплитудавий	Фазавий	Частотавий
Тебранишлар амплитудаси үзгаради	Тебранишлар фазаси үзгаради	Тебранишлар частотаси үзгаради
Модуляция сингалининг амплитудаси ортиши билан әлтүвчи сигнал амплитудаси ортади.	Модуляция сингалининг амплитудаси ортиши билан вақт тактика нисбатан силжиш ортади.	Модуляция сингалининг амплитудаси ортиши билан әлтүвчи сигнал тебранишлари частотаси ортади.

Рақамли модуляция — компьютер тармоқларида маълумотларни узатиш учун қўлланиладиган модуляция тури. *Рақамли модуляция деб битларни мос аналог сингалларга алмаштирадиган жараёнга айтилади* (16.2-жадвал).

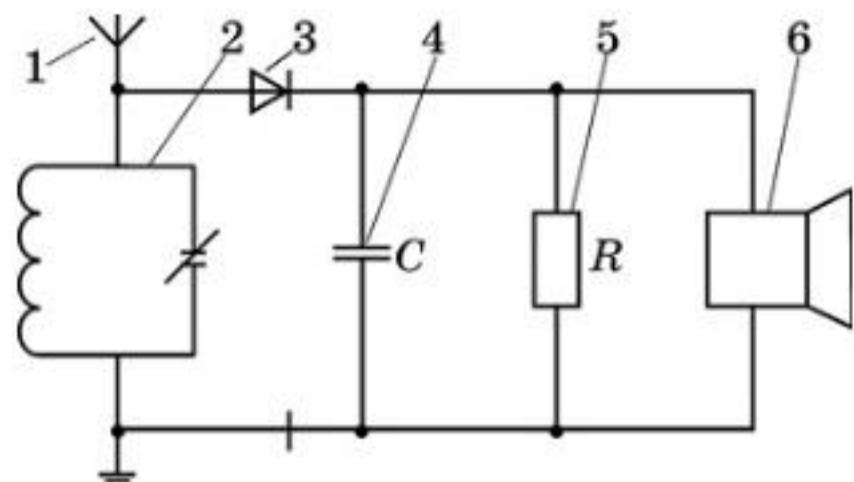
16.2-жадвал

Рақамли модуляция турлари			
Амплитудавий (ASK — Amplitude Shift Keying)	Частотавий (FSK — Frequency Shift Keying)	Фазавий (PSK — Phase Shift Keying)	Квадрат амплитудали (QAM — Quadrature Amplitude Modulation)
Импульсларнинг амплитудаси үзгаради	Импульсларнинг частотаси үзгаради	Импульсларнинг фазаси үзгаради	Бир пайтда амплитуда ҳам, фаза ҳам үзгаради
1 рақамини узатиш учун катта амплитуда, 0 рақамини узатиш учун кичик амплитуда қўлланилади, баъзида 0 га тебранишларнинг бўлмаслиги мос келади.	1 рақамини узатиш учун юқори частотали тебраниш, 0 рақамини узатиш учун паст частотали тебранишлар қўлланилади.	1 рақамини узатиш учун $\Pi/2$ га teng фазалар силжиши қўлланилади.	1 рақамини узатиш учун катта амплитуда $\Pi/2$ га teng фазалар силжиши қўлланилади.

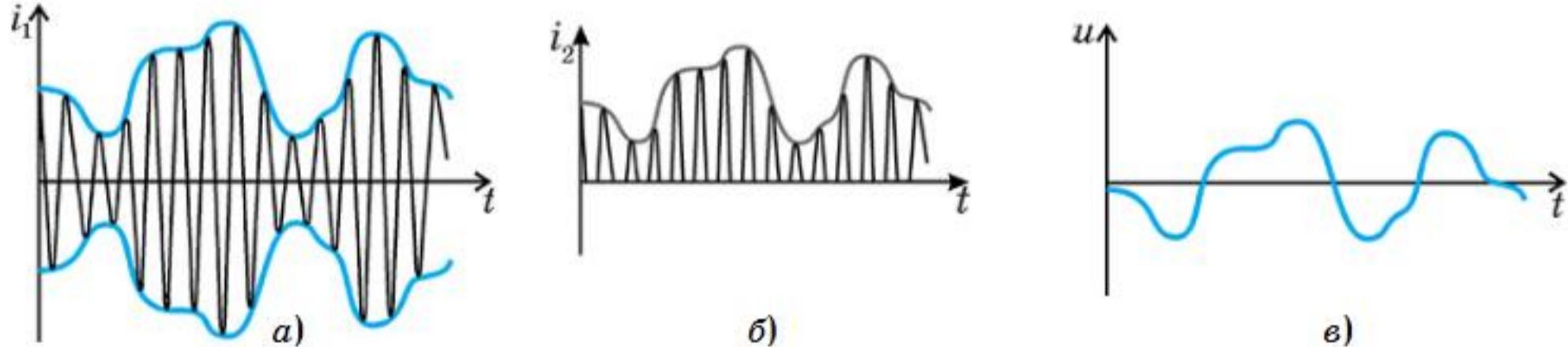
Детекторлаш. Радиоқабул қилгич антеннасида барча радиоузатгичдан, жумладан, яшин разрядидан, электр асбоблари ва электр двигателлари ишлаганда нурланадиган электромагнит тұлқинлар юқори частотали кучсиз индукцион токни үйғотади. Шунинг учун ҳам маълум бир радиохабарни тинглаш учун занжирга тебраниш контурини улаш орқали зарур частотадаги тұлқинлар ажратиб олинади. У тебраниш контуридаги конденсатор сифимини үзгартириб, контурнинг хусусий тебранишлар частотасини антеннада үйғонган мажбурий тебранишлар

частотасига мослаштириш орқали, яғни резонанс натижасида амалга оширилади. Юқори частотали модуляцияланган электромагнит түлқинни қабул қилувчи антenna ушлагандан кейин, товуш частотасидаги тебранишларни мураккаб сигналдан ажратиб олиш керак. Демодуляция ёки детекторлашни амалга оширадиган қурилма сифатида бир томонлама ўтказувчанлик хоссасига эга *детектор* қўлланилади. Детектор вазифасини ярим ўтказгичли диод ёки *транзистор* бажаради.

Энг содда радиоқабул қилгич ёки детекторли радиоқабул қилгичнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. Юқори частотали модуляцияланган тебранишлар (1) антеннадан (2) резонанс контури орқали (3) детекторга келиб тушади (16.4-расм). Детектор занжирида графиги 16.5-расмда кўрсатилган турли амплитудали, қисқа муддатли импульслар занжири шаклида электр токи ҳосил бўлади. Шундай импульслар занжирини товуш чатотасидаги ўзгарувчан токка айлантириш учун (4) конденсатор ва (5) резистордан фойдаланилади. Ҳар ярим даврда юқори частотали ток импульси конденсаторни зарядлайди. Импульслар орасида эса конденсатор резистор орқали зарядсизланади. Конденсатор сифими ва резистор қаршилиги тўғри танлаб олинса, резистор орқали узатувчи станциядаги товуш частотасига мос қелувчи ўзгарувчан ток ўтади. Кучайтиргич ёки телефон мембраннысида берилган товушлар тикланади.



16.4-расм



16.5-расм

1. Амплитуда модуляциясинима?
2. Юқори частотали модуляцияланган тебранишларни уйғотувчи қурилманинг ишлаш принципини тушунтириңг.
3. Модулятор қандай ишлайди?
4. Радиоқабул қилгичдаги антенна нима учун керак?
5. Керакли радиостанция тўлқинини қандай қабул қилиш мумкин?
6. Детектордан қандай мақсадда фойдаланилади?
7. Энг содда детекторли радиоқабул қилгич чизмасини чизинг.
8. 16.4-расмдаги С конденсатор ва R резисторнинг вазифасинимадан иборат?

17-§. Радиотұлқынларнинг тарқалиши. Радиолокация



Таянч тушунчалар:

- ✓ радиотұлқынларнинг номлари
- ✓ радиолокация

Бугун дарсда:

- радиотұлқынларнинг турлари ва радиолокация усули билан танишасиз.



Радио ва телекүрсатууда, радиоалоқада, радиолокация ва радионавигацияда құлланиладиган электромагнит тұлқынлар радиотұлқынлар деб аталади. Радиотұлқынлар 17.1-жадвалда күрсатилғандек бир неча диапазонларга бўлинади.

17.1-жадвал

Тұлқин узунликлари диапазони	Антенна турлари	Ионосфера ва атмосферанинг таъсири	Алоқа учун фойдаланиладиган физик ҳодисалар
Километрли тұлқынлар ($\lambda > 10000$ м)	Мачтали	Ионосферада ютилади	Тұлқынлар дифракцияси, Ернинг қавариқ сиртини айланиб ўтиши
Гектометрли тұлқынлар (100 м — 1000 м)	Мачтали	Ионосферадан қайтади	Ионосферадан қайтиш ҳодисаси
Декаметрли тұлқынлар (10 м — 100 м)	Мачтали	Ионосфера ва Ер сиртидан қайтади	Атмосфера ва Ер сиртидан күп карралы қайтиши
Метрли тұлқынлар (1 м — 10 м)	Йўналтирилган антенналар	Ионосферадан қайтмайди, ўтади	Кўринувчан масофага тарқалади
Дециметрли ва сантиметрли тұлқынлар (10 см — 1 мм)	Параболик күзгули антenna	Ионосферадан қайтмайди, ўтади. Ўтиш қобилияты атмосферанинг шаффоғлигига (туман) боғлиқ	Ернинг йўлдошлари ва метеорлар излари орқали ўта олис масофаларда қабул қилинади
Миллиметрли ва субмиллиметрли тұлқынлар (1 мм ва ундан ҳам кичик)	Сиртига юқори сифатлы ишлов берилған параболик антenna	Атмосфера газларини ўтказишига боғлиқ	Радиоастрономияда қўлланилади

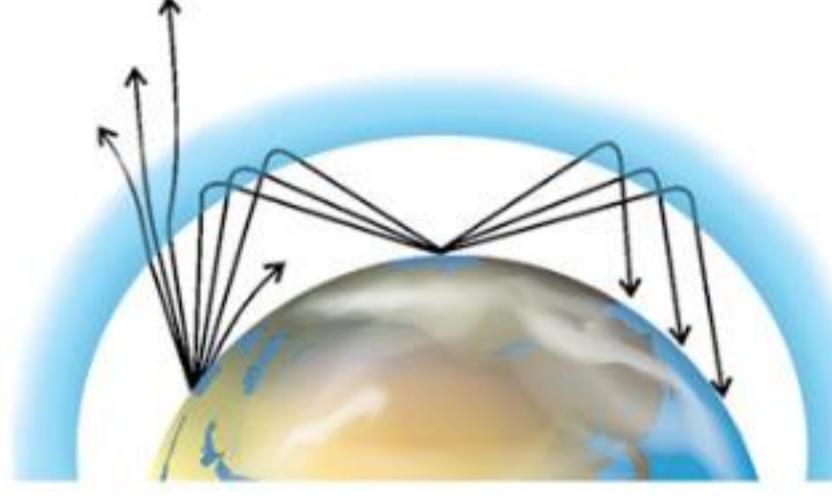
Тұлқин узунликлари турли диапазонларда қўлланиладиган антенна турларининг ўзига хос хусусиятлари бор. Радиохабарларни узатувчи узун, ўрта, қисқа тұлқынларни вертикаль йўналтирилған ўтказгич вибраторлар нурлайди. Қабул қилиш масофасини орттириш мақсадида

антеннани имкон қадар баланд үрнатышга ҳаракат қилинади. Радиолокация, космик радиоалоқа ва телекұрсатувлар учун ультрақисқа түлқинлардан фойдаланилади. Узунлиги ярим түлқин узунлигига тенг вибратор ёки бир нечта шундай вибраторлардан тузилган антenna йўналтирилган метрли электромагнит түлқинларни нурлайди. Сантиметрли ва дециметрли диапазонлардаги радиотүлқинларнинг нурланиши учун параболик қайтаргичлар қўлланилади.

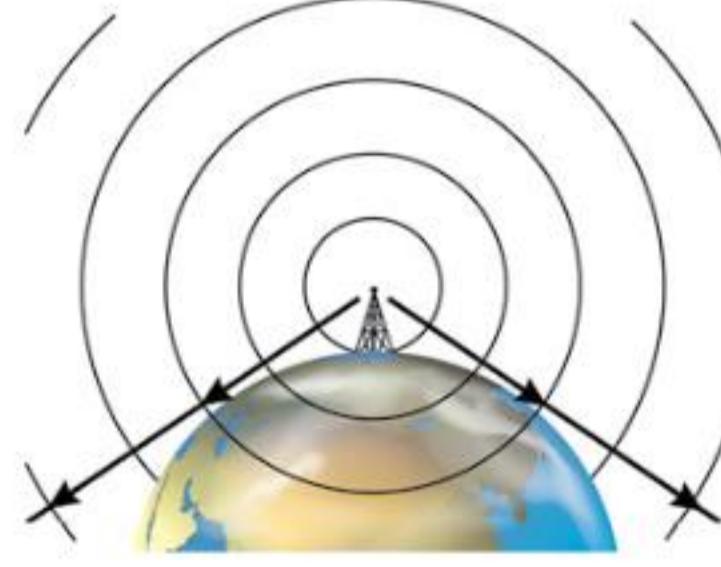
Радиотүлқинларнинг тарқалишига ернинг рельефи ва сув сирти, айникса, атмосферанинг юқори қатлами — ионосфера кўпроқ таъсир кўрсатади. Ионосферани Ер сиртидан 90—300 км баландликда, ионлар ва электронлардан иборат ионланган газ қатлами ташкил қиласди. Атмосферанинг юқори қатламининг ионланиши, асосан, Қуёшнинг ультрабинафша ва рентген нурлари таъсирида бўлади. Қундузи ионларнинг концентрацияси тунга қараганда 20 марта отиқ. Шунинг учун ионосферанинг хоссалари сутка мобайнида ва йил фаслига боғлиқ ҳолда ўзгариб туради. Ионосфера электромагнит түлқинларни қайтаради ва юта олади. Узун радиотүлқинлар дифракция натижасида горизонтдан ўтиб узоқ масофаларга етади. Улар ионосферадан яхши қайтади, шунинг учун ҳам узун түлқинлар олис масофаларга тарқала олади.

Қисқа түлқинларнинг олис масофаларга тарқалиши, унинг Ер сиртидан ва ионосферадан бир неча марта қайтиши туфайли содир бўлади. Ердаги ҳар қандай радиостанция билан қисқа түлқинда алоқа үрнатиш мумкин (17.1-расм). Ультрақисқа түлқинлар ионосферадан қайтмай, ҳеч бир қаршиликсиз ундан ўтиб кетади. Уларнинг дифракцион хоссаси заиф, улар Ер сиртини айланиб ўтмайди. Шу сабабли ультрақисқа түлқинли алоқа фақат узатувчи антеннанинг бевосита кўриниш ҳудудидагина амалга оширилади (17.2-расм). Ретрансляторлар ва спутник (йўлдош) лардан фойдаланиб, олис масофаларга телерадио хабарларни узатиш мумкин.

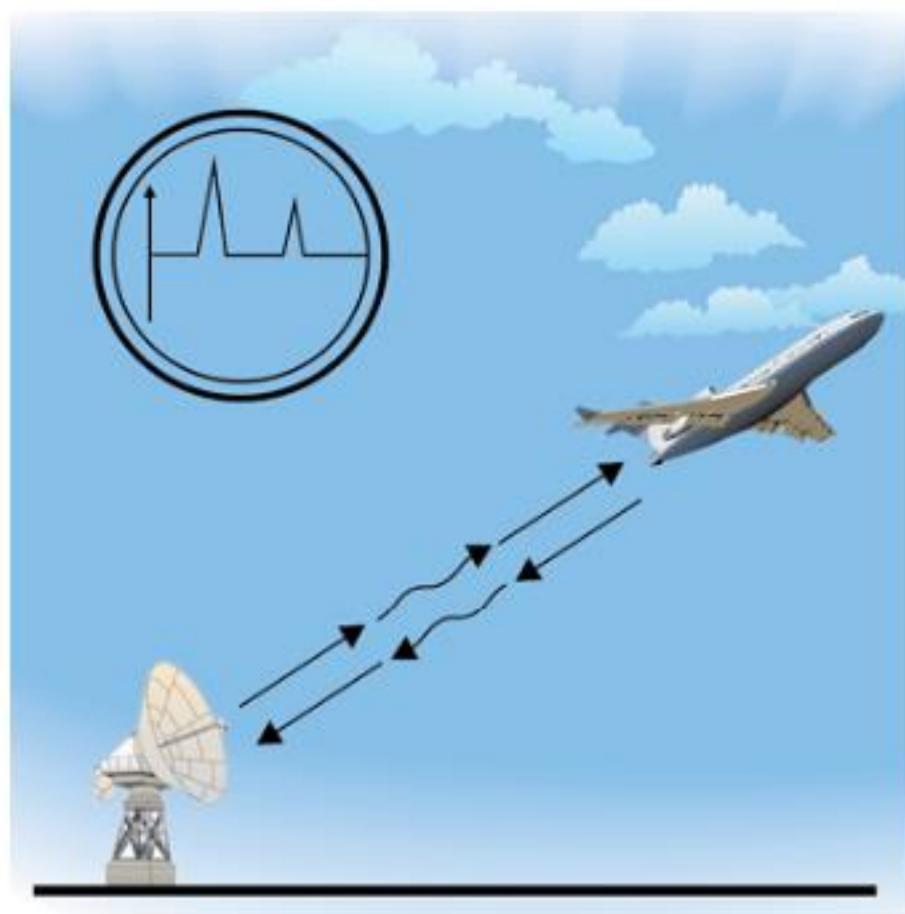
Радиолокация. *Радиотүлқинлар ёрдамида объектни топиш, унгача бўлган масофани ва унинг фазодаги вазиятини, ҳаракат тезлигини аниқлаш радиолокация деб аталади.* Радиолокация асосига радиотүлқинларнинг бирор жисмлардан қайтиш хоссаси олинган. У



17.1-расм



17.2-расм



17.3-расм

радиотұлқинлар қайтадиган объекттарнинг чизиқли үлчамлари түлкін узунлигидан катта бўлганда яққол кузатилади. Шунинг учун радиолокация станцияларида ультрақисқа түлкінлардан фойдаланилади. Радиолокацияда объектни топиш учун йўналтирилган электромагнит түлкінлар дастасидан фойдаланилади. Дециметрли ва ундан кичик түлкін узунликдаги түлкінларда ишлайдиган радиолокаторларда йўналтирилган түлкінни параболик металл кўзгунинг фокусида жойлашган антенналар нурлантиради.

Метрли түлкінларни бирор йўналишда нурлантириш учун маълум бир тартибда жойлаштирилган антенналар системаси қўлланилади. Бир йўналишда интерференцияланган түлкінлар бир-бируни кучайтиrsa, бошқа йўналишларда улар бир-бируни тўлиқ ёки қисман сўндиради. Радиолокатор ёки радар узатувчи ва қабул қилувчи мураккаб радиотехник системадан иборат. Радиолокатор *импульс режимда* ишлайди. Самолёт ўрнини аниқлаш учун радиолокаторнинг антеннаси унга қаратиб йўналтирилади, генератор эса қисқа муддатли электромагнит түлкінларнинг даврий импульсларини чиқаради (17.3-расм). Ҳар бир импульснинг давомийлиги $t = 10^{-6}$ с тартибида, импульс оралиқлари эса $t = 10^{-3}$ с, яъни деярли 1000 марта катта. Объектдан қайтган электромагнит түлкінларни радиолокаторнинг узатгичдан қабул қилгичга алмаштириб уланган антеннаси импульслар оралиғида қабул қиласи.

Электромагнит түлкіннинг объектига бориб ва ундан қайтган t вақтини үлчаш орқали объектига бўлган масофа аниқланади:

$$l = c \cdot \frac{t}{2},$$

бу ерда $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — радиотүлкінларнинг вакуумда тарқалиш тезлиги.

Радар экраныда объектига юборилган ва ундан қайтган электромагнит түлкінлар импульсларига мос келувчи электрон дастасининг оғиши кузатилади ва объектига бўлган масофа бевосита үлчанади. Чунки экрандаги импульсларга мос оғишлилар оралиғи түлкіннинг t ҳаракатланиш вақтига ва объектига бўлган l масофага тўғри пропорционал. Радиолокатор антеннаси ҳар қандай йўналишда айлана олади. Антеннанинг айланиш бурчаги бўйича, маслан, самолёт йўналишини, унинг координатасини аниқлаш мумкин. Вақт ўтишига боғлиқ ҳолда координатларнинг ўзгариши бўйича объектининг тезлиги ва унинг траекториясини ҳисоблаш мумкин.

Хозирги пайтда радиолокацияның құлланиш соҳаси тобора кенгаймоқда. Юртимизнинг хавфсизлигини сақлаш мақсадида ракеталар, самолёт ва кемалар күзатилиб, назорат қилиб турилади. Радарлар бир неча юз километргача бўлган масофадаги объектларни сеза олади. Аэропортдан операторлар самолётларнинг учиши ва қўнишини, ҳаво йўлидаги ҳаракатини радиолокаторлар орқали күзатади ва учувчиларга тегишли кўрсатмаларни бериб, учиш хавфсизлигини таъминлайди.

Қуруқ ва нам Ер рельефи, шаҳардаги бинолар, транспорт коммуникациялари, сув ва бошқалар радиотўлқинларни турлича қайтаради. Самолётдан туриб радиолокацион қурилмалар ёрдамида учувчи ергача бўлган масофани, учиш тезлигини аниқлаш билан бирга Ер сиртнинг радиолокацион харитасини кўриб туради. У бундай ахборотни кечаю кундуз олади.

Радиолокация космик тадқиқотлар ва астрономияда қўлланилади. Радиотелескоплар (17.4-расм) орқали ўта олисдаги космик жисмлардан кўринмас кенг диапазондаги электромагнит тўлқинларни қабул қилиб, оламнинг тузилишини тадқиқ қилиш мумкин. Радиолокацион усул асосида Ердан Ойга ва Меркурий, Венера, Марс, Юпитер сайёralаригача бўлган масофаларни аниқ ҳисоблаш мумкин.

Космик кемаларнинг ҳаммаси бир неча радиолокатор билан таъминланган. Улар бевосита сайёralарнинг сирт қатлами манзарасини кўрсата олади ва осмон жисмлари ҳақида кўплаб маълумотлар беради.



17.4-расм



1. Радиотўлқинларнинг барча диапазонлари чегарасини айтиб беринг. Турли диапазонлар гамос келадиган частоталарни ҳисоблаб топинг.
2. Узун радиотўлқинлар нима учун олис масофаларга тарқалади?
3. Олис масофаларга қисқа тўлқинлар орқали радиоалоқа қандай амалга оширилади?
4. Ионосферанинг пайдо бўлиш сабаби нимада?
5. Қисқа тўлқиндаги радиоалоқаси фатинима учун йил фаслига, кун ва тунга боғлиқ ҳолда ўзгаради?
6. Нима учун телекўрсатувлар учун узатуви антенналар баландликка жойлаштирилиши зарур?
7. Радиолокация нима?
- *8. Радиолокаторнинг ишлаш принципини тушунтириңг.
- *9. Жисмнинг фазодагикоординатаси, унгача бўлган масофа, тезлик қандай ўлчанади?



Күйидаги мавзулардан бирига тақдимот тайёрланг:

1. Радиолокациянинг ривожланиши.
2. Радиолокациянинг құлланилиши.
3. Радиотелескоплар

Масала ечиш намунаси

Радиолокатор 15 см тұлғын узунлигіда ишлайди ва 4 кГц частотали импульслар чиқаради. Ҳар бир импульснинг давомийлиги $T = 2$ мкс. Объектни аниклашдаги әнг олис масофа қандай бўлади? Бир импульсдаги тебранишлар сони қанча? Радиотұлғындағи электромагнит тебранишлар частотаси қандай?

Берилган:

$$\lambda = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

$$f_{\text{имп}} = 4 \text{ кГц} = 4 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$T = 2 \text{ мкс} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Топиш керак:

$$l_m = ?; N_{\text{тебр}} = ?; n_{\text{тебр}} = ?$$

Ечилиши. Объектгача бўлган масофани топиш учун $l_m = ct$ формуладан фойдаланамиз. Бу ерда t — радиотұлғындарнинг тарқалиш вақти. Радиотұлғындарнинг радардан объектга етиб ва ундан қайтиш вақти

$$t_{\text{об}} = 2t, \text{ будан } t = \frac{t_{\text{об}}}{2} \text{ ва } l_m = c \cdot \frac{t_{\text{об}}}{2}.$$

Радиолокатор импульс режимда ишлайди. Яъни у T вақт ичида радиотұлғындарни нурлайди ва $t_{\text{об}}$ вақт ичида фазода тарқалиб, объектга бориб қайтгандан кейингина навбатдаги импульсни чиқаради. Жумладан $t_{\text{об}} = \frac{t}{N_{\text{имп}}} = \frac{t}{\frac{T}{v_{\text{имп}}}} = \frac{t}{v_{\text{имп}}}$. Бинобарин, $l_m = \frac{c}{2v_{\text{имп}}}$.

Биз номаълум катталиклардан бирини аникладик. Энди бир импульсдаги тебранишлар сони $N_{\text{тебр}}$ ни топамиз. Равшанки, бир импульснинг T давомийлиги электромагнит тебранишларнинг $T_{\text{тебр}}$ даврига нисбатига тенг:

$$N_{\text{тебр}} = \frac{\tau}{T_{\text{тебр}}}.$$

Тебранишлар даврини топамиз: $T_{\text{тебр}} = \frac{c}{\lambda}$. У ҳолда $N_{\text{тебр}} = \frac{\tau \cdot c}{\lambda}$.

Энди электромагнит тебранишлар частотасини топиш мумкин:

$$n_{\text{тебр}} = \frac{1}{T_{\text{тебр}}} = \frac{c}{\lambda}; l_m = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{2 \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ Гц}} = 3,7 \cdot 10^4 \text{ м}; N_{\text{тебр}} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,15 \text{ м}} = \\ = 4 \cdot 10^3; v_{\text{тебр}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,15 \text{ м}} = 2 \cdot 10^9 \text{ Гц.}$$

Жавоб: $3,7 \cdot 10^4 \text{ м}; 4 \cdot 10^3; 2 \cdot 10^9 \text{ Гц.}$



8-машқ

1. Нима учун электромагнит тұлғындар орқали сув остида сузаб юрган сув ости кемаси билан радиоалоқа үрнатиш мумкин әмас?
2. Океанда маълум бир чуқурликда сузаб юрган иккита сув ости кемаси ўртасида радиоалоқа үрнатиш мумкинми?

3. Алматидаги Күктүбела жойлашган телеминоранинг баландлиги 372 м, қабул қылувчи антеннасининг баландлиги 10 м. Күктүбенинг баландлиги 250 м бўлса, телекўрсатувлар қандай масофада қабул қилинади? Ернинг радиуси 6 400 км.

Жавоб: 100,5 км.

4. Радиолокатордан юборилган импульснинг объектга бориб ундан қайтиш давомийлиги 0,0001 с бўлса, объектгача бўлган масофа нимага тенг?

Жавоб: 15 км.

5. Радиолокаторнинг ишчи тўлқин узунлиги 5 см ва объектдан қайтадиган импульсларнинг давомийлиги 1,5 мкс. Ҳар бир импульсда қанча тебраниш содир бўлади? Объект аниқланадиган энг кичик масофани топинг.

Жавоб: 9 000; 225 м.

- *6. Кема радиолокатори денгиз сатҳидан 25 м баландликда жойлашган. Шу радар билан денгиз сиртидан қандай энг узоқ масофадаги нишонни кўриш мумкин? Шу пайтда импульслар қандай частота билан узатилади?

Жавоб: 18 км; $8,3 \cdot 10^3$ Гц.

18-§. Рақамли технология



Таянч тушунчалар:

- ✓ аналог сигнал
- ✓ рақамли сигнал
- ✓ асосий рақамли канал
- ✓ ахборот канали



Бугун дарсда:

- аналог сигналга нисбатан рақамли форматдаги сигнални узатишафзалликлари билан танишасиз.



Бугунги кунда биз борган сари рақамли технологиялар оламига кириб бормоқдамиз ва бу жараён вақт ўтиши билан тезлашмоқда. XIX асрнинг биринчи ярмида кашф этилган телеграф ва телефон алоқалари, XX асрнинг биринчи ярмида дунёга келган радиокўрсатув алоқалари аналог (ўхшаш) сигналлар асосида ишлайди. Телефон ва телеграфда сигналлар ўтказувчан тармоқларда электр токи орқали бир объектдан иккинчи объектга узатилади. Радиоалоқа ва телекўрсатуда ўхшаш (аналог) сигналлар электромагнит тўлқинлар орқали узатилади. Ҳозирги пайтда алоқа каналлари ахборатларни бир неча сигнал кўринишида тарқатади, улардан кенг тарқалганлари аналог ва рақамли сигналлардир. *Сигнал* (лотинчадан *signum* — белги) — берилган ахборотни узатувчи физик жараён. Электр сигнал — параметрлари берилган ахборот қонуниятига мувофиқ ўзгарувчи электр токи ёки электр кучланишдан иборат. *Аналог сигнал* — узлуксиз қийматга эга ва вақт функцияларининг параметрлари частота, фаза ва амплитуда билан тавсифланувчи ахборотлар сигналидир. Унинг шакли синусоидадан иборат. Аналог системанинг истеъмолчилар талабини қондира олмаслиги янги рақамли технология тараққиётига кенг йўл очди.

Аналог сигнал орқали ахборот узатишининг баъзи хусусиятларига тўхталиб ўтамиз.

1. Аналог сигналнинг формаси мураккаб.
2. Бузилган аналог сигнални тузатиш қийин, баъзи ҳолларда мутлақо мумкин эмас.
3. Ахборот узатишининг алоқа йўлида йўл қўйилган ташқи қаршиликларга сезгир аналог сигналларни дастлабки ҳолатига келтириш қийин, уни фақат кучайтириш мумкин.
4. Алоқа каналини зичлаш ва гуруҳлаш частота билан аниқланади.
5. Истеъмолчиларга кўрсатадиган хизмат чекланган.
6. Элементар базалари мураккаб ва ҳ.к.

Атроф-муҳитдан келадиган ахборотни инсон сезги аъзолари орқали қабул қиласи. Ёруғлик, иссиқлик, товуш — энергетик сигналлардир. Таъм ва ҳид — кимёвий бирикмалар реакцияларининг таъсири, албатта, унинг асосий табиати энергетик ҳисобланади. Биз энергетик таъсири муттасил ҳис этамиз. Бундай ахборотнинг ҳаммаси аналог ахборотдир. Одам гапирганда товуш частотаси 80 Гц дан 12000 Гц гача, эшишиш қобилияти 16 Гц билан 20000 Гц оралиғида бўлади. Жумладан, товуш узлуксиз аналог сигналдир. Энди ўша товуш нотага туширилса, у рақамли ахборотга айланади. Аналог ахборот билан рақамли ахборотнинг асосий фарқи шундаки, аналог (ўхшаш) ахборот — узлуксиз, рақамли ахборот — *дискрет* (узлукли). Рақамли сигнал — фақат иккита қийматни “0” ва “1” ни қабул қилувчи сигнал: исталган пайтда электр кучланишнинг қиймати икки босқичдан бирига мос келади. Икки босқичли сигнал иккиланган *рақамли сигнал* дейилади. Кучланишнинг икки узлукли босқичида ишлайдиган иккиланган мантиқий тасвиirlарда босқичлардан бири, юқоридагиси, мантиқий “1” га (ҳақиқатга) мос келади, иккинчиси, паstdагиси, “0” га (мавҳумга) мос келади. Катта ахборотларни сақлашда NULL “натижасиз” босқичидан фойдаланилади.

Рақамли технологияларда ахборот миқдорини ўлчашнинг ўзига хос хусусиятлари бор. Ахборот (информация)нинг ўлчов бирлиги бит дейилади (инглизча “binary digit” сўзининг қисқартирилгани — “иккиланган рақам” демакдир).

Бит — ахборот миқдорини ўлчашнинг иккиланган коддаги бирлиги, унинг қиймати бир хил имкониятли икки ҳолатдан бири тўгрисидаги ахборотга тенг.

Байт — ахборотнинг саккиз битга тенг ўлчов бирлиги. Буни компьютер яхлит бирлик сифатида қабул қиласи. Байт билан компьютерда фойдаланиладиган керакли рамзлар кодланади. Энди катта ўлчов бирликлари билан танишамиз:

- 1 Кбайт (бир килобайт) = 1024 байт.
- 1 Мбайт (бир мегабайт) = 1024 Кбайт.
- 1 Гбайт (бир гигабайт) = 1024 Мбайт.

Рақамли сигналларнинг баъзи хусусиятларини келтирамиз:

1. Сигналлар аксарият 2-3 босқичли бўлади.

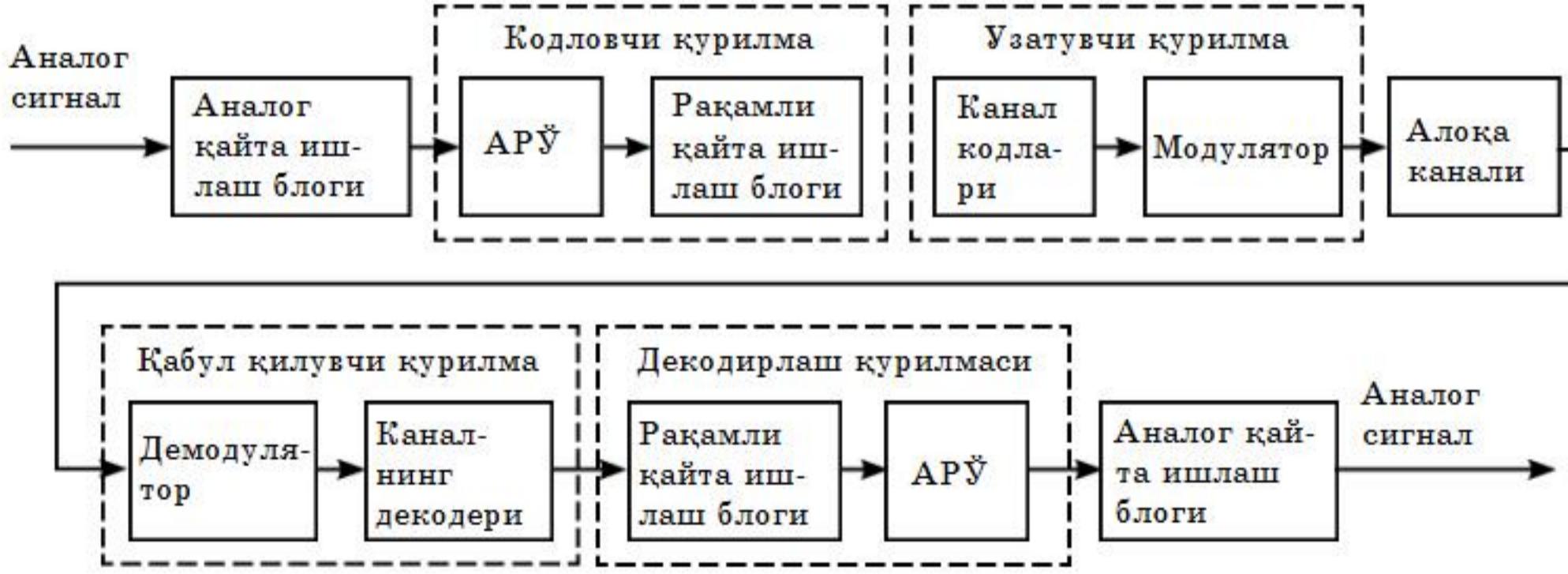
2. Сигналларнинг хатосини топиш ва уни тузатиши мүмкін.
3. Алоқа йўлида заифлашган рақамли сигналларни дастлабки ҳолатига келтириб, сўнгра кучайтириши мүмкін.
4. Алоқа каналини зичлаш (сиқиши) ва гурухлаш вақт билан бажарилади.
5. Кўрсатиладиган хизмат ҳар хил бўлади.
6. Тезлиги ҳисобланади.
7. Интегралли микросхемалардан фойдаланиши имконияти юқори.

Мисол келтирамиз, 100 бетли китобдаги ахборот рақамли форматга алмаштирилса, у 0,166 Мбайт гина бўлади.

Рақамли ахборот юбориш тизими 70-йилларнинг бошларида амалга оширилди. Бу борада ўхшаш сигналларни алмаштириши мақсадида, масалан, одамнинг сўзи, импульсли код модуляцияси (ИКМ) қўлланилади.

Телефон сигнали спектрининг максимал частотаси 3400 Гц бўлгани учун рақамли товуш сигнали 64 Кбайт/с тезлик билан тарқалади, бу канал *асосий рақамли канал* дейилади. Ахборот манбаи бўлиб ҳисобланувчи қурилма нарса-буюм ёки объектлар йиғиндисидан иборат бўлиб, ахборотни уни қабул қилувчига етказадиган канал *ахборот канал* дейилади. Алоқа йўлида ахборот алмаштирилиб узатиладиган каналлар бор. Ахборотни алмаштиришда рақамли технология қўлланиладиган қурилма — компьютерлардир. Та什қи қурилмалардан келиб тушган ахборот клавиатурадан, дискдан, микрофондан ички кодга алмаштирилади, қайта ишланади ва шакли ўзгартирилиб, ташқи қурилмалар — мониторга, принтерга, динамика берилади. 18.1-расмда рақамли телерадио-алоқа тизимининг асосий модуллари тасвирланган чизма берилган.

Аналог товуш сигнали микрофонда электр тебранишлар сигналига ўзгаради. Энди шу ахборотни рақамли сигналга айлантириш *аналог-рақамли ўзгартириш ёки рақамлаш* дейилади. У АРЎ (аналог-рақамли ўзгартиргич) қурилмасида амалга оширилади. Алоқа канали орқали рақамланган ахборот қабул қилгичга келиб тушади ва РАЎ (рақамли-аналог ўзгартиргич) да аналог сигналга ўзгариб, истеъмолчига еткази-



18.1-расм

лади (динамик, монитор ва ҳ.к.). Рақамли радиоахборотда (РРА) товуш сифати ўзгача, аниқ ва яққол. Рақамли технология ёрдамида ҳосил бўладиган радиоахборотларнинг яна бир афзаллиги — ҳаракатдаги радио қабул қилгичларга келадиган сигнал юқори сифатли бўлади ва энг қувватли сигналларни автоматик равишда танлай олади. Рақамли радиоахборотлар (РРА) билан бирга “Радиомультимедиа” кўринишидаги ахборотлар ҳам мавжуд. Улар тингловчиларга қўшимча ахборотни радиоқабул қилгич дисплейига беради.

РРА телефон ва компьютерлар билан чамбарчас боғлиқ. Уяли телефонларга мультимедия файлларининг юборилиши ва қабул қилиниши ўша РРА орқали амалга оширилади. Товуш табиатини ўзгартирмасдан ўз ҳолида тингловчиларга етказиш рақамли технология орқали амалга оширилади. Ҳозирги замонавий компьютерларнинг қуввати ва қулайлиги, товуш ёзиш алгоритмлари ва зичлаш усуллари такомиллаштирилган бўлиб, товуш ва куйни деярли табиий ҳолда етказа олади. Товушни, куйни компьютерга кўчиришдаги рақамли технологиянинг катта ютуғи бўлиб ҳисобланади ва:

- рақамли сигнал ҳеч қачон сифатини йўқотмайди ва ўз-ўзидан ўзгармайди, ўхаш товуш эса магнит тасмада узоқ сақланмайди ва қайта кўчириш пайтида сифати пасаяди;
- компьютерда қайта ишлаш катта ижодий имкониятлар беради;
- кўп каналли қайта иглаш, қўшимча товушлар билан аралаштириш, босқичини ўзгартириш осон амалга оширилади;
- шовқин даражаси жуда паст бўлади;
- лазер технологиялари билан бирлашиши, СД ва ДВД технологиялар мусиқани сақлаш ва етказишнинг энг яхши воситаси бўлиб шаклланди;
- қулай мусиқий архивлар яратишга ва уни эркин етказишга имкон беради, MP3 (MPEG-I Layer III) усулида миллионлаб қўшиқлар, мусиқий асарлар узатилади;
- узоқ масофаларга етказиш имконияти юқори, унинг ёрдамида рақамли тарона ўз табиий ҳолида дунёнинг исталган жойида янграйди, интернет орқали юбориш ҳам жуда қулай.

Қозогистонда рақамли телерадио алоқани ривожлантириш дастури амлага оширилмоқда. DVB-T2 рақамли форматда Нур-Султан, Алмати, Қарағанди, Жезқазған, Жанаўзен шаҳарларида ilk бор рақамли телеахборотлар узатилди. Алмати шаҳри ва вилоят марказларида икки мультиплексли рақамли канал ишлайди. У SDTVнинг 30 каналига эквивалент, бошқа жойларда 15 та каналдан иборат бир мультиплексли канал ишлайди. У вақтга қадар миллий телеахборотларни узатиш оператори “Қазақтелерадио” ҲЖ шунга ўхаш ахборот узатиш тармоғини баравар қўлланди.

Рақамли технологиялар жадал ривожланмоқда. Унинг инсоният маданияти тараққиётига катта ҳисса қўшиши шубҳасиз.



1. Аналог сигналларни узатишининг афзалликлари ва камчиликларини тавсифланғ
2. Рақамли сигнални узатишининг ўзига хос хусусияттарини таҳлил қилинг.
3. "Smart city"да рақамлы технологияқандай құлланилади?

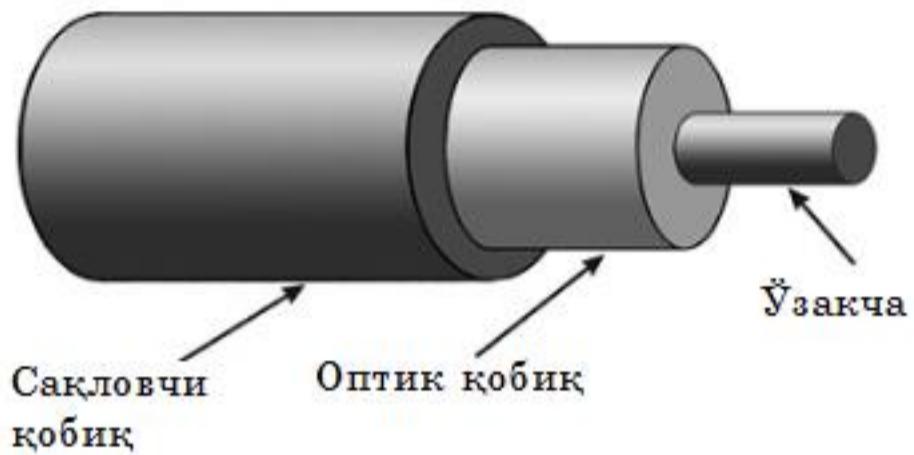
19-§. Оптик толали коммуникацион тармоқлар

Оптик тола (ёруғлик узаткич) концентрик икки қатламдан, яъни ўзакча ва оптик қобиқдан иборат (19.1-расм).

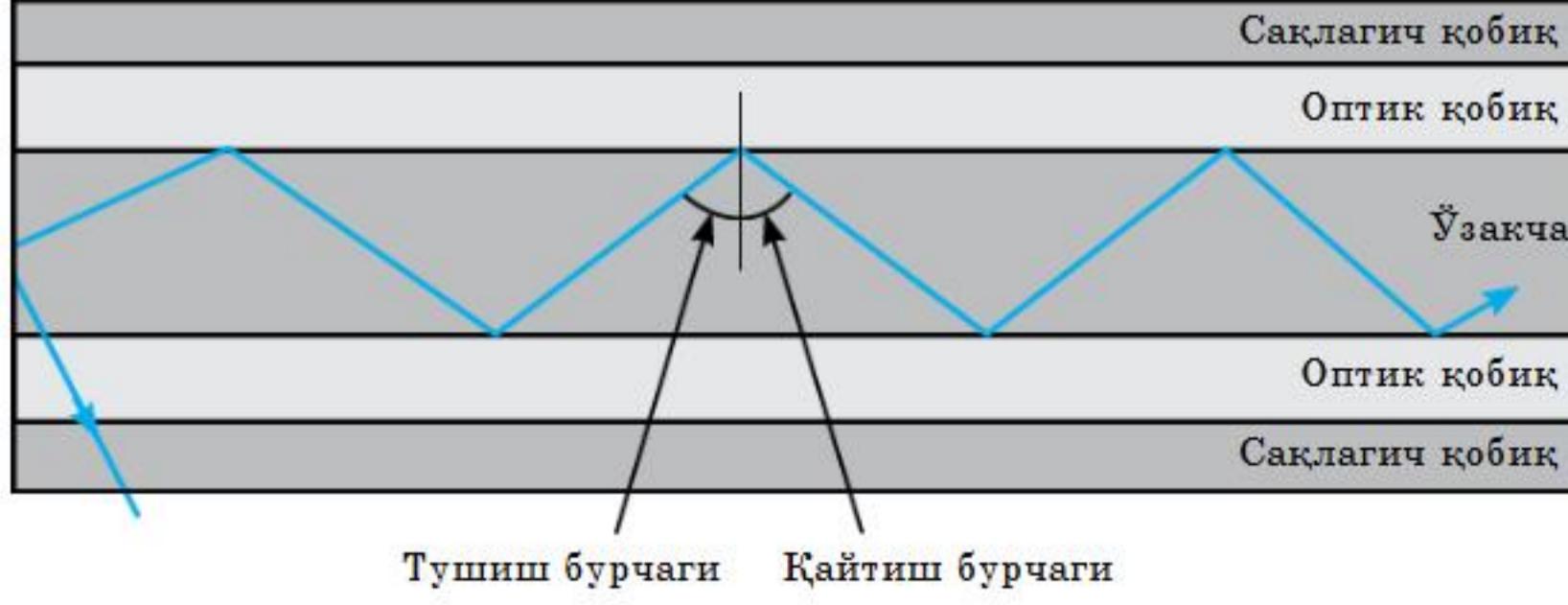
Ўзакча ёруғликни узатишига мүлжалланган. Унинг атрофидағи оптик қобиқнинг синдириш күрсаткичи ўзакчанинг синдириш күрсаткичидан фарқ қиласы да, ўзакда ёруғликнинг түлиқ ички қайтишини таъминлайды. Ёруғликнинг тўла ички қайтиши билан биз кейинги бобда танишамиз.

Оптик қобиқнинг синдириш күрсаткичи ўзакчаникidan 1% кичик бўлади. Оптик қобиқ сиртида қўшимча ҳимоялаш қобиқчаси бўлади. У аксарият бир ёки бир неча қатламдан иборат полимердан ясалади ва толани ташқи таъсирдан сақлайди. 19.2-расмда ёруғликнинг тола бўйлаб тарқалиши кўрсатилган.

Ёруғлик нури “ядро-оптик қобиқча” чегарасига чекли бурчакдан катта бўлган бурчак билан тушгани учун ўша чегарада тўлиқ қайтади. Тушиш бурчаги билан қайтиш бурчаги тенг бўлгани учун ёруғликнинг чегарадан қайтиши давом этаверади. Шу тариқа, ёруғлик нури тола бўйлаб синиқ траектория билан ҳаракатланади.



19.1-расм. Ёруғлик узатгичнинг тузилиши



19.2-расм. Оптик толадаги тўла ички қайтиш

Чегарага чекли бурчакдан кичик бурчак билан тушган ёруғлик нурлари оптик қобиқчага ўтади ва тарқалиб бориб ютилади. Оптик-толали алоқа — ахборот узатишни электромагнит түлқинларнинг оптик диапазонидаги диэлектрик түлқин тарқатувчи восита орқали амалга оширадиган алоқа тури. 1960 йили лазер пайдо бўлгандан бошлаб алоқа тизимида оптик диапазондаги электромагнит түлқинлардан фойдаланиш имкони туғилди.

Оптик толанинг афзалликларига тўхтамализ:

- асосини кремний икки оксиди ташкил этган кенг тарқалган кварцдан тайёрланган тола арzon;
- оптик толанинг диаметри 100 мкм, яъни жуда енгил ва ихчам, унинг авиацияда асбоблар тайёрлаш, кабелли техникада келажаги порлок;
- шишли толалар металл эмас, енгил, шунинг учун ўта мустаҳкам пластикдан фойдаланиб, ундан исталган муҳитда, чунончи, ҳавода, ер остида ва ҳ.к. қўлланиш мумкин.
- тола оптикаси асосида қурилган алоқа тизимлари ёқимсиз электромагнит таъсиrlарни, тўсиқларни сезмайди, ёруғлик узаткич билан бериладиган ахборотдан ҳеч ким рухсатсиз фойдалана олмайди. Оптик-толали алоқа тизимида бегона кишилар рухсатсиз фойдалана олмайди.

Қозоғистонда FTTN технологияси кенг тарақкий этмоқда. FTTN (Fiber To The Home) — хонадонларга ўрнатиладиган оптик толали кабелдан иборат. Юқори тезликка эга коммуникацион тармоқлар хизматига бўлган юқори талабни қаноатлантириш ва кўрсатиладиган хизматлар спектрини кенгайтириш мақсадида 2011 йилда универсал оптик толали алоқа тармоқларининг қурилиши бошланди. Қозоғистоннинг йирик шаҳарларида ва вилоят марказларида оптик толали линиялар фойдаланишга топширилмоқда.

Фуқаролар ва муассасаларга ахборот ва хизмат кўрсатишга оид белгиланган асосий вазифалар кўнгилдагидек амалга оширилмоқда ва “электрон ҳукумат” инфратузилмаси тузилди, мана шундай лойиҳалар сифатида электрон лицензиялар бериш, соликлар ва жарималар тўлови, электрон нотариат, электрон божхона, электрон имзо ва ҳ.к. амалга оширилмоқда.

Юқорида қайд қилинган хизматлар, жумладан, телерадио ахборотларни, ахборотни интернет орқали жаҳонга узатишда оптик толали алоқаларнинг истиқболи порлок эканини кўрсатади.



1. Интернет тармоқларидан кундалик ҳаётда қандай фойдаланасиз?
2. Рақамли тараққиёт ҳақида қандай ўйлайсиз?

20-§. Қозғистонда алоқа воситалари



Таянч түшүнчалар:

✓ алоқа воситалари

Бугундарда:

- Қозғистонда алоқа воситаларининг ривожланиши ва уяли алоқа тизими билан ташишасиз.



Қозғистон Республикасида биринчи радиостанция 1912 йилда Форт-Шевченко шаҳрида қурилган эди. Учқунли хабарлагичнинг қуввати атиги 1 кВт бўлган ва у 300 км радиусли масофагача доимий алоқа ўрнатди. Радиостанция радиотелеграф режимида ишлади.

XX асрнинг иккинчи ярмида Қозғистонда алоқа тизими жадвал ривожланди. Телеграф ва телефон каби эски алоқа воситалари такомиллаштирилибгина қолмай, шу билан бирга фототелеграф, радиоахборот, телекўрсатув, телефон, автоматлаштирилган телефон станциялари, халқаро ва космик алоқа тизимлари кескин ривожлана бошлади. Аввал шаҳарлараро телефон алоқаси устунларга уланган симлар орқали амалга оширилган эди. Ташқи муҳитнинг таъсири алоқанинг узвий ишлашига ҳалақит беради. Шунинг учун алоқанинг кабелли ва радиорелели тармоқлари бўйича амалга ошириладиган турлари кенг қўлланила бошланди. Қозғистондаги дастлабки радиорелели тармоқ Алмати ва ҳозирги Бишкек шаҳарлари орасида қурилиб, 1958 йилдан бошлаб ишлай бошлайди. Радиорелели тармоқларда дециметрли ва сантиметрли тўлқинлар фойдаланилган. Бу тўлқинлар антеннанинг бевосита кўриниш чегарасигача тарқалган. Оралиқ кичик радиостанциялар сигнални кучайтириб, ундан кейин қўшни томонларга йўналтирилган. Телеахборотлар оралиғи 100-130 км бўлган ретрансляторлар орқали бутун республикага шу тариқа тарқалган.

Телевизион ахборот 1958 йили аввал Алматида, сўнгра Ўскемен ва Қарағандидаги телемарказлардан узатила бошланди. Радио-телеахборотларнинг сифати ва тарқалиш соҳасини ортиришда Алматидаги Кўктўбеда 1984 йили ишга туширилган телеминоранинг аҳамияти катта бўлди. Кўктўбеда телеминора 250 м баландликда жойлашган ва унинг баландлиги 372 м га етади.

Россиядаги космик радио-телеалоқа соҳасидаги ютуқлар “Орбита” деб номланган янги алоқа системасини яратишга имкон берди. “Орбита” космик алоқа станцияси 1967 йили Алмати шаҳрида ишлай бошлади. Бу системада ретрансляцион алоқа йўлдошларидан фойдаланилди. Ҳозирги пайтда халқаро йўлдош алоқа тизими атрофлича ривожланмокда. Бунинг учун геостационар (36 000 км) орбитада учадиган йўлдошлар қўлланилади. Шунингдек, Қозғистонда оптик толали алоқа тизимининг Трансосиё-Европа магистралари ишга туширилди.

Миллий йўлдош алоқа тизими яратилмоқда. 2006 йилнинг 18 июнида Бойқўнғир космодромидан “Kazsat” биринчи Қозоғистон алоқа йўлдоши учирилди. Ҳозирги пайтда шу серияли алоқа йўлдошларини учириш дастурлари амалга оширилмоқда. Замонавий янги алоқа воситаларини ривожлантиришга мўлжалланган дастурлар ахборот жамиятига ўтишни назарда тутган. Жумладан, интернет тармоғидан фойдаланадиганлар сонини 75% га, Қозоғистон аҳолисини эфир ракамли телерадиахборотларни узатиш билан таъминлашни 95% га, электрон турда амалга ошириладиган давлат хизматлари улушкини 50% гача етказиш мўлжалланган. Инсоният тараққиётининг XXI асрдаги иммий-техник ривожланишининг навбатдаги босқичи — ахборот, коммуникацион технологияларни ҳаётнинг барча соҳаларига татбиқ қилиш билан тавсифланади. Бу технологиялар инсон ҳаётини ўзгартириб, ахборот жамиятига, ижтимоий-иктисодий ва маданий ривожланган юқори жамиятга ўтиш учун пойdevor ҳамда моддий таъминот бўлиб ҳисобланади. Ҳозирги пайтда уяли алоқа тизими энг яхши ва жадал суръатда ривожланган алоқа тизими ҳисобланади. Дунёда 1973 йилда уяли телефондан дастлаб Motorola компаниясининг уяли алоқа тизими бўлимининг собиқ раҳбари Мартин Купер қўнғироқ қилган. Атиги 41 йил ўтгач, уяли телефон инсоният ҳаётини тубдан ўзгартириб юборади деб ким ҳам ўйлаган дейсиз? Уяли радио-телефон нафақат алоқа ўрнатиш учун, балки кредит карточкаси, майший асбобларни бошқариш пульти, фото, видеокамера ва органайзер сифатида самарали қўлланилмоқда.

Республикамизда уяли алоқа тизимининг ривожланиш тарихи 1994 йилда яратилган биринчи миллий “АЛТЕЛ” алоқа операторидан бошланади. Компания 825 МГц дан 890 МГц гача частота диапазонида AMPS (Advanced Mobile Phone Service) уяли алоқанинг ўхшаш (аналог) стандартида ишлаш тизимини тавсия этди. Бунинг учун Motorola фирмаси технологияси ва ускуналаридан фойдаланилади. Юртимиздаги алоқа воситалари ривожланишининг навбатдаги босқичи 1998 йилда “Кар-Тел” компанияси фаолиятидан бошланди. Ҳозирги пайтда Қозоғистонда уяли алоқа тизими, асосан, GSM, UMTS ва CDMA форматларида амалга оширилмоқда. Қозоғистонда уяли алоқа тизимида, асосан, GSM (900, 1800) МГц, UMTS/WCDMA (2100) МГц ва CDMA (450, 800) МГц стандартларида қўйидаги операторлар хизмат кўрсатмоқда:

“KCell” АЖ савдо маракалари: KCell, Activ ва Vegaline;

“Кар-Тел” МЧЖ савдо маркаси: Beeline;

“Мобайл Телеком Сервис” МЧЖ савдо маркаси: Tele 2;

“АЛТЕЛ” АЖ савдо маркалари: Dalacom, Pathword ва City.

Қозоғистонда 4G технологияси киритилмоқда. Амалдаги 3G технологияси — учинчи авлоднинг мукаммал алоқа воситаси. Унинг асосий афзаллиги ахборотларни узатишнинг, интернетга қўшилишнинг

юқори тезлигини таъминлайди. 3G учинчи авлод тармоқлари видеотелефон алоқаны ташкил этишга, мұккамал телефонда жорий тасвирни күришга имкон беради. 2011 йили уяли алоқа операторлари асосий шаҳарларда ва Қозоғистоннинг барча вилоят марказларида 3G учинчи авлод тармоқларини фойдаланишга топшириди.

4G-LTE технологияси (Long Term Evolution) — маълумотларни 300 Мбит/с тезлик билан базавий (асосий) станциядан фойдаланувчига ва 75 Мбит/с тезлик билан фойдаланувчидан базавий станцияга пакет бериш учун мослаштирилган юқори тезликли мұккамал алоқа тизимиdir.

4G технологияси интернет тармоғига әришиш бўйича алоқа хизматини ривожлантиришга, жумладан, бирга олиб бориладиган хизматлар спектрини кенгайтиришга, онлайн ва бошқа алоқа сифатини оширишга ва тарифларни пасайтиришга имкон беради.

2012 йилдан бошлаб телекоммуникациялар тармоғида 4G стандартдаги тўртинчи авлод тармоқларини қуриш борасидаги лойиҳа амалга оширила бошланди. Юртимизда 1980 йилларнинг охиrlарида дастлабки кабелли телекўрсатув тармоқлари қурила бошланди. Ҳозирги пайтда республикада кабелли телекўрсатув хизматини 146 оператор амалга лширмоқда.

2003 йил март ойида Қозоғистонда кабелли ТК операторлари Ассоциацияси тузилди. “Алма-ТВ” АЖ, Alem “Communications” Холдинги; “Icon TV”; “Қазақтелеком”, “iDTV” йирик операторлар сирасига киради.

Йўлдош алоқа тизимини ривожлантиришда “Бойқөңыр” космодромининг (космик ракеталарни учириш маркази) аҳамияти катта. Йўлдош “Еруғлик” алоқа тизими орқали телеахборотларни Қозоғистоннинг барча ҳудудларига, Россия, Ўзбекистон, Хитой, Монголия давлатларининг чегарадош аҳоли истиқомат қиласидиган жойларига узатишга имкон беради. 2014 йилда учирилган “Kazsat-3” йўлдоши энди телекоммуникацион алоқамизнинг хорижий алоқа операторларидан мустақиллигини таъминлайди. Шунингдек, 2014 йилда ерни дистанцион зондлашни (ДЗ) амалга оширадиган Қозоғистоннинг биринчи “KazEOSat-1” йўлдоши учирилди.



1. Сизнинг шаҳрингизда, истиқомат қиласидиган жойингизда қандай алоқа турлари қўлланилади?
2. 3G, 4G стандартлари ҳақида лойиҳа тайёрланг.
- *3. 5G стандарти ва сунъий заковат бўйича тақдимот тайёрланг.

4-бобнинг асосий мазмуни

- Максвелл электромагнит майдон назариясини яратади. Максвелл назариясининг ғоялари қуидагилардан иборат: ҳар қандай ўзгарувчан магнит майдон фазода уюрмавий электр майдонни ҳосил қиласи. Электромагнит майдон фазода электромагнит түлқин тарзида тарқалади.
- Электромагнит түлқинда электр майдоннинг \vec{E} кучланганлиги ва магнит майдоннинг \vec{B} индукция вектори даврий равишда тебраниб, фазода тарқалади. \vec{E} ва \vec{B} векторлар ўзаро ва түлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр. Электромагнит түлқин — кўндаланг түлқиндир.
- Электромагнит түлқинлар тезланиш билан ҳаракатланадиган зарядланган зарралар (электронлар)нинг тебранишида ҳосил бўлади.

Электромагнит нурланишнинг энергетик тасифи — түлқин оқими зичлиги (интенсивлиги) бўлиб, у қуидагича топилади:

$$I = \frac{W}{\Delta S \cdot \Delta t}.$$

- Электромагнит түлқин интенсивлиги түлқин манбаигача бўлган масофанинг квадратига тескари пропорционал ва частотанинг тўртинчи даражасига тўғри пропорционал бўлади:

$$I \sim \frac{\omega^4}{r^2}.$$

- Электромагнит түлқинлар ёрдамида радиоалоқа, радиолокация, радио-телехабарлар, космик алоқа, радиотелескоп тадқиқотлар ва бошқалар амалга оширилади.

III бўлим. ОПТИКА

5-боб. ТЎЛҚИН ОПТИКАСИ

21-§. Ёруғлик интерференцияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ интерференция
- ✓ интерферометр



Бугун дарсда:

- ёруғлик интерференцияси ҳодисаси;
- ёруғлик интерференциясининг турмушга татбиқи билан танишасиз.



Фазалар силжиши, ўзгармас ва бир хил частотали тўлқинларнинг кўшилиши — ёруғлик тўлқинларининг ўзаро тъсирлашувидағи эътиборни ўзига жалб қиласидиган ҳол. Бунда фазонинг баъзи нуқталарида бу тўлқинлар кўшилиб, бир-бирини кучайтиради, бошқа нуқталарда, аксинча, бир-бирини заифлаштирадиган интерференция ҳодисаси кузатилади. Бунда биз, экранда қоронғу ва ёруғ йўлларнинг навбат билан жойлашганини кўрамиз. Бу интерференция ҳодисасидан иборат. Ёруғлик интерференцияси механик тўлқинлар интерференцияси каби бўлади. Ёруғликнинг минимум (заифлашиш) ва максимум (кучайиш) шартлари мос формулалар билан аниқланади. Шунингдек, ёруғлик тўлқинлари интерференцияси баъзи хусусиятларга эга. Агар иккита ёруғлик манбаидан бир хил частотадаги синусоидал ёруғлик тўлқинлари нурлантирилса, у ҳолда улар учрашган жойда интерференцион манзара ҳосил бўлади. Аммо ўша интерференцион манзарани бир-бираига боғлиқ бўлмаган бир хил ёруғлик чиқараётган иккита ёруғлик манбаидан ҳосил қилиш мумкин эмас. Ёруғлик тўқинларида интерференция ҳодисаси кузитлмайди деган холосага келгандек бўламиз.

Интерференция ҳодисасини 1675 йилда Ньютон, кейинроқ Юнг ва Френель кузатган. Буни қандай тушунтириш мумкин? Аслида, масала тўлқин тизмасида экан. Жисмнинг турли атомлари бир-бираига боғлиқ бўлмаган ҳолда ёруғлик чиқаради. Шунинг учун уларнинг частоталари бир хил бўлишидан қатъий назар, ҳар қайси тизманинг фазаси ҳар хил бўлади. Бу эса ёруғликнинг фазаси бетартиб ўзгарадиган электромагнит тўлқин эканлигини кўрсатади. Демак, икки тўлқин бир-бираига қўшилганда пайдо бўладиган натижавий тўлқиннинг берилган нуқтадаги амплитудаси ҳам тасодифий равишда бир секундда миллион марта (максимум ёки минимум бўлиб) ўзгариб туради.

Бизнинг кўзимизга ёруғлик тушган сирт бир текис ёритилгандек бўлиб кўринади. Шунинг учун ёруғлик тўлқинлари интерференцияси факат когерент тўлқинлар қўшилгандагина юзага келади.

Ёруғлик интерференциясининг турмушга татбиқи. Ёруғлик интерференцияси бу илмий жиҳатдан ҳам, амалий жиҳатдан ҳам қизиқиш уйғотадиган физик ҳодисадир. Ёруғлик интерференциясининг турмушга татбиқининг баъзи мисолларини кўриб чиқамиз.

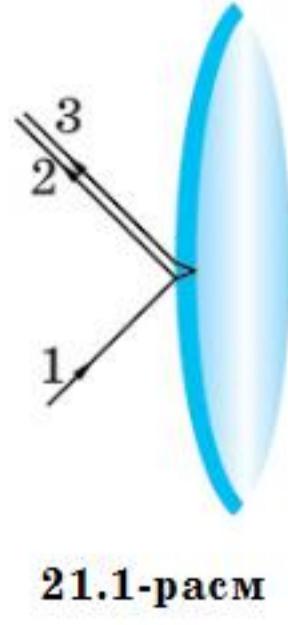
1. *Интерферометрлар* — сезгир асбоб бўлиб, у жуда кичик бурчакларни, ёруғлик тўлқини узунликларини, турли моддаларнинг синдириш кўрсаткичларини, сиртга ишлов бериш сифатини ва сирт атрофидаги сайқаллаш аниқлигини текширишга мўлжалланган. Интерферометрлар айниқса, линзалар, шиша ва бошқа оптик асбоблар сиртига берилган ишлов сифатини текширишда жуда самарали. Улар ёрдамида учиш аппаратлари атрофида содир бўладиган тезкор жараёнлар ўрганилмоқда. Интерферометрнинг ишлаш принципи ёруғлик интерференцияси ҳодисасига асосланган. Барча интерферометрларда ёруғлик нурлари дастлаб икки ёки бир неча когерент нурларга ажралади ва сўнгра шу нурлар бир нуқтага тўпланади. Интерферометрларнинг тузилиши ҳар хил, аммо ишлаш принципи бир хилдир. Замонавий фанда Майкельсоннинг икки нурли интерферометрлари, Линник, Луммер-Герхе ва Фарби-Перонинг кўп нурли интерферометрлари қўлланилади.

2. *Интерференция ҳодисаси* оптик асбобларнинг равшанлигини тартибга солиш мақсадида фойдаланилади, яъни интерференция ёрдамида қайтган нурлар миқдорини ортириш ёки камайтириш мумкин. Оптик асбобларда кўплаб оптик қисмлар бор. Улардан қайтган нурларнинг катта қисми йўқолади. Шунинг учун жисмнинг тасвири заифлашади. Агар линза сиртига жуда юпқа парда суртилса, у ҳолда қайтган нурлар шу парда ёрдамида бир-бирини сўндириши мумкин. У ҳолда ҳамма ёруғлик энергияси линзадан ўтиб, тасвир янада равшанроқ бўлади. Буни парда моддасининг синдириш кўрсаткичини ҳисоблаш натижаси кўрсатади. Аммо линза атрофидаги муҳитнинг синдириш кўрсаткичи ҳавонинг синдириш кўрсаткичидан катта бўлиши лозим. Линза сиртига парда суртиш технологиясини собиқ совет олими, физик Гребенников амалга оширган. Ёруғлик бунда икки марта, дастлаб ҳаво — парда чегарсида, кейин парда — линза чегарсида қайтади (21.1-расм). Парданинг синдириш кўрсаткичи ва қалинлиги шундай танлаб олинадики, бундан қайтган нурлар қарама-қарши фазада бўлади. Шунинг учун улар бир-бирини заифлаширади. Унинг эвазига ўтадиган ёруғлик дастаси катталашади. Ўтган ёруғликнинг максимум шарти бундай берилади:

$$\Delta = 2dn \cos \beta \pm \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0.$$

Агар ёруғлик линза сиртига вертикаль тушса, у ҳолда β бурчак 0° га teng. Жумладан, $\cos \beta = 1$.

Демак, $d = \frac{\lambda_0}{4n}$, бу ерда d — парданинг қалинлиги, λ_0 —



ёруғликтің мұхит (хавода)даги түлқин узунлиги, n — парданинг синдириш күрсаткиси. Ҳисоблашлар ёруғликтің түлік сўниши қуйидаги шарт бажарылғанда рўй беришини күрсатади: $n_{\text{к}} = \sqrt{n_{\text{л}}}$ Парда қалинлиги тушаётган ёруғликтің түлқин узунлигине боғлиқ бўлгани учун ҳисоблашлар анча интенсив нурларнинг түлқин узунликлари, яъни яшил ва бинафша рангли нурлар учун олиб борилди. Шунинг учун равшанлаштирилган оптик линза бинафша рангга келади.



1. Икки дастали интерференцияни олиши усулларини айтиб беринг.
2. Интерференционманзарапарда иккита ёргулук манбаидан пайдо бўлган максимум нуқталаридаги ёритилганлик битта ёргулук манбаидан олинган ёритилганликдан 4 марта ортиқ бўлиши мумкин. Бу энергиянинг сақланиш қонунига зид эмасми?
3. Ниначи қаноти рангининг товланишини тушунтиринг.
4. Турли икки ёргулук манбаидан чиққан нурлар нима учун интерференцияланмайди? Битта ёргулук манбасининг турли иккита нуқтасидан чиққан ёргулук нурлари қўшилганда ҳам шундай бўлади. Нима учун?
5. Ёргулук нурини сўндириш мумкинми? Агар мумкин бўлса, қандай?
6. Интерферометрлар билан танишдингиз? Улар қандай ишлайди?
- *7. Интерференциянинг турмушда қўлланилишига доир мисоллар келтиринг.



Совун пифагора пифагорганда унинг рангти ҳар қатламида турлича бўлади. Нима учун? Тушунтиринг.



9-машқ

1. Агар оқ ёргулук билан ёритилган юпқа парда сиртига перпендикуляр бўйлаб қаралса, у қайтган ёргуликда яшил бўлиб кўринади. Агар парда нурларга нисбатан қия жойлаштирилса, нималар кузатилиди?
- Жавоб:* сариқдан ҳаво ранг, кўк, бинафша рангга айланиб туради.
2. Юпқа парда оқ ёргуликнинг параллел нурлари билан ёритилганда парданинг ҳар хил рангга бўялишини қандай тушунтириш мумкин?
 3. Бензин тўкилган сувнинг сирти нима учун турли рангга бўялади?

22-§. Ёруғлик дифракцияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ дифракция
- ✓ дифракцион панжара
- ✓ панжара доимийсі
- ✓ қайтарувчи панжара-лар

Бугун дарсда:

- Ёруғлик дифракцияси тушунчаси;
- “дифракцион панжара” тушунчаси билан танишасиз.



Ёруғлик дифракцияси деб ёруғликтің түгри чизиқли тарқалишидан оғиши ёки ёруғликтің түсікни айланиб үтишига айтилади. Ёруғлик дифракциясини XVII аср ўрталарида итальян физиги Франческо Мария Гриимальди кашф қилды. У жуда содда тажриба үтказды. Дераза дарчалари орасыда жуда кичик тирқишиң қолдириб, ўша тирқишиң орқали ёруғлик нурини йүғонлиги ҳар хил таёқчаларга туширди. Уларнинг соясини ўрганиб, у геометрик оптика қонунларининг сақланмаганини пайқади. Соя бўладиган жойларда ёруғ йўллар кузатилди. Унинг устига улар рангли бўлиб чиқди. Битта тирқишидан пайдо бўлган дифракцияни кузатиш қийин. Бунинг учун тирқиши ёки түсікнинг ўлчами билан ёруғлик тўлқинининг узунлиги деярли тенг бўлиши керак. Турмушда эса түсик катталиги ёруғлик тўлқини узунлигидан ҳамма вақт катта бўлади. Шунинг учун дифракция түсикдан анча олис масофада кузатилади. Масалан, Ой тутилганда Қуёшдан чиқсан ёруғлик Ери айланиб үтишини кузатиш мумкин. Ойнинг ранги бунда тўқ қизил бўлиб кўринади. Чунки шу узунликдаги қизил тўлқиннинг ёруғлик нурлари Ери айланиб үтиб, Ой сиртида интерференцияланади. Демак, дифракцияни кузатиш учун зарур бўлган шарт бажарилиши керак.

Ёруғлик дифракцияси ҳодисасининг пайдо бўлишига оид бир нечта мисолларини кўриб чиқамиз. Агар ёруғлик манбайнинг йўлига ингичка тирқишли түсик қўйилса, бундай қоронғу жойда жойлашган экранда тирқишининг тасвири пайдо бўлади. Экрандаги тасвир ҳар доим ҳам ёруғ доғ шаклида әмас, баъзида у қора доғ шаклида ҳам кўринади. Агар ингичка сим ёки соч толаси тортилган тирқиши олинса, экранда сим(соҷ)нинг сояси бўлиши керак. Аслида, экранда у симнинг бир нечта соялари пайдо бўлади.

Ёруғлик дифракциясининг рўй бериш сабаби — ёритилганликнинг берилган сиртда тақсимланиши ёруғликтің тўғри чизик бўйлаб тарқалиши асосида геометрик оптика қонунлари ифодалаган оддий манзарадан фарқланишидадир. Ёруғлик дифракцияси ҳодисасини Гюйгенс ва Френель тушунтириб берди. Гюйгенс — Френель принципига кўра тўлқин фронтининг ҳар бир нуқтасини янги (иккиламчи) сферик тўлқиннинг маркази деб ҳисоблаш мумкин. АВ сирт берилган

пайтдаги түлқин фронти бўлсин. У ҳолда D нуқтада түлқин таъсирида содир бўладиган тебранишларни аниқлаш керак.

Френель принципига асосан, бу нуқтага AB сиртнинг ҳар бир элементидан етиб келган иккиламчи түлқин тебранишларини аниқлаб, сўнгра шу тебранишларни унинг фазалари ва амплитудаларини ҳисобга олган ҳолда қўшиш керак. Демак, ҳар қандай D нуқта учун натижаловчи дифракцион манзара шу нуқтага ҳамма иккиламчи түлқинлардан етиб келадиган түлқинларнинг интерференцияси натижаси сифатида аниқланади.

Дифракцион панжара. Аниқ ва ёрқин дифракцион манзарани ҳосил қилиш ва кузатиш учун дифракцион панжарадан фойдаланилади. *Дифракцион панжара — ёруғлик дифракцияси кузатиладиган кўп сонли тўсиқ ва тирқишилар йигиндисидан иборат.*

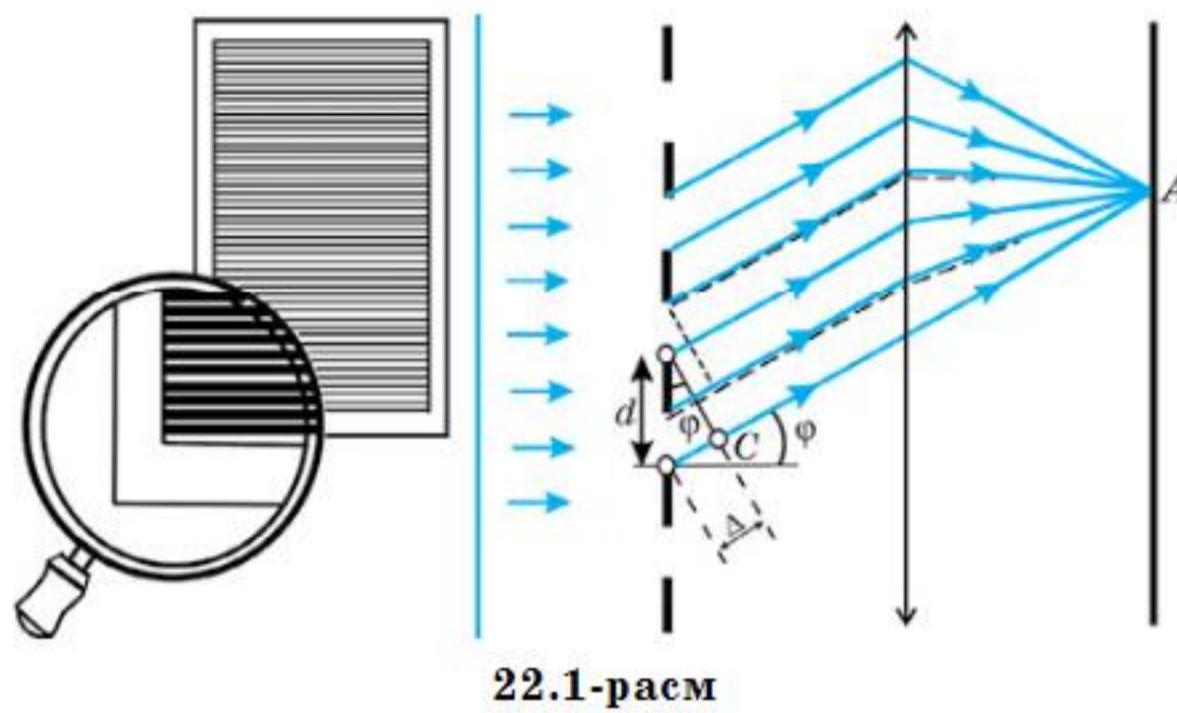
Дифракцион панжара тирқишиларининг жойлашишига қараб *мунтазам* (тартибли) ва *номунтазам* (тартибсиз) дифракцион панжаралар деб иккига бўлинади. Мунтазам дифракцион панжара деб тирқишилари маълум бир қатъий тартибда жойлашган панжараларга, номунтазам дифракцион панжара деб тирқишилари тартибсиз жойлашган панжараларга айтади. Бундан ташқари дифракцион панжаралар геометрик тузилишига қараб ҳам иккига бўлинади: *яssi* ва *фазовий* дифракцион панжаралар. Фазовий номунтазам панжараларга мисол тариқасида ҳавода туман томчиларининг ёки муз кристалларининг тўпланишини, шудрингни келтириш мумкин.

Яssi мунтазам панжара. Уни олмос кесгич ёрдамида параллел ва бир-бирига жуда яқин жойлашган тирқишилар тўпламидан тайёрлашади. Тирқишиларининг эни a , тўсиқ-шрихнинг эни b бўлсин, у ҳолда $b + a = d$ панжаранинг доимийси ёки унинг даври дейилади.

Ёруғликнинг дифракцион панжарада тарқалиш жараёнини кўриб чиқамиз. Монохроматик нурланишнинг яssi фронти панжара тирқишилари текислигига тушаётган бўлсин. Линза ёрдамида ҳамма параллел нурлар дастасини экранга тўплаймиз. Экранда Φ йўналишда тарқалаётган параллел нурлар дастаси тўпланадиган исталган A нуқтани танлаб оламиз. Кўшни икки тирқишидан чиқадиган ёруғлик нурларининг йўл айирмасини 22.1-расмдан осон топамиз: $\Delta d = \sin\Phi$. Агар $\Delta = 2k \frac{\lambda}{2}$ бўлса, A нуқтада максимум кузатилади. У ҳолда дифракцион панжара учун қўйидаги формула ўринли:

$$ds\sin\Phi = k\lambda, \quad (22.1)$$

бу ерда $k = 0, 1, 2, \dots$ Бу ифода орқали максимумларнинг биринчи, иккинчи ва ҳ.к. тартибини топиш мумкин. *Дифракцион манзара — қорамтири оралиқлар билан ажратилган рангли йўллар қаторидир.* Тирқишидан оқ ёруғлик панжарага тушганда, марказдаги оқ доғнинг икки четида биринчи, иккинчи ва ҳоказо тартибли бўялган спектрлар кўринади.



Шунингдек, түлқин узунлиги ортган сари (қызыл ёруғлик) үша түлқиннинг максимуми кузатиладиган бурчак катта бўлади. Агар панжарага яшил рангли ёруғлик туширилса, ҳамма максимумлар яшил рангга бўялади. (22.1) формуладан бир түлқин узунлиги учун бир неча максимумлар кузатилиши мумкин эканини кўриш мумкин. $k = 0$ бўлса, $\phi = 0$ бўлади, яъни максимумга эга бўламиз. Бу нолинчи тартибли максимум дейилади. $k = \pm 1$ бўлганда $\sin\phi = \pm \frac{\lambda}{d}$, у ҳолда биринчи тартибли максимумларни оламиз. Булар нолинчи максимумнинг икки томонида симметрик равища жойлашган. $k = \pm 2$ бўлганда $\sin\phi = \frac{2\lambda}{d}$, яъни иккита иккинчи тартибли симметрик максимумларни оламиз ва ҳ.к.о. Биринчи тартибли максимумлар маълум бир ϕ_1 бурчакда кузатилади. Иккинчи тартибли максимумлар ϕ_2 , бурчак билан кўринади ва у бурчак ϕ_1 дан катта. Агар панжаранинг даври кичик бўлса, у ҳолда ϕ бурчакнинг қиймати турли хил узунликдаги түлқинлар айримасининг қийматига мос равища катта бўлади. Панжаранинг даврини камайтириш турли узунликдаги түлқинлар максимумлари орасидаги бурчак масофани ортишига олиб келади. У ҳолда бундай дифракцион панжара ёрдамида түлқин узунликлари аниқ ажратилади, яъни панжаранинг сифати ортиб, максимумлар равшанлашади. Ҳозирги дифракцион панжараларнинг 1 мм узунлигига 1200 штрих жойлаширилади. Металл пластинка сиртига параллел чизиқлар чизилиб, яхши панжара ясаш мумкин. Бу панжаралар қайтарувчи панжаралар деб аталади. Шаффофф панжара тайёрлаш учун шиша пластинка сиртига параллел чизиқлар чизилади.



1. Дифракцион панжара нима?
2. Дифракцион панжаранинг даври қандай ҳисобланади?
3. Панжара даври ўзгаришибилан дифракцион манзаранинг сифати қандай ўзгаради?
- *4. Дифракцион панжара ёрдамида ёруғлик тўлқинининг узунлиги қандай аниқланади?

**10-машқ**

1. Дифракцион панжара түлқин узунлиги 590 нм бўлган ёруғлик билан ёритилганда учинчи тартибли спектр 10° ли бурчак остида кўринади. Иккинчи тартибли спектр 6° ли бурчак остида кўринадиган ёруғликнинг түлқин узунлигини топинг.

Жавоб: 521 нм.

2. Учинчи тартибли дифракцион спектрда түлқин узунлиги 490 нм бўлган тўртинчи тартибли спектр чизиги билан устма-уст тушадиган чизикнинг түлқин узунлигини топинг.

Жавоб: 653 нм.

3. 1 мм га 100 та чизик мос келадиган дифракцион панжара түлқин узунлиги 720 нм бўлган ёруғлик билан ёритилганда спектрнинг қандай энг катта тартибини кўриш мумкин?

Жавоб: 13.

- *4. 1 мм да 125 та штрихга эга дифракцион панжара билан экран орасидаги масофа 2,5 м. Панжарани түлқин узунлиги 420 нм бўлган ёруғлик билан ёритганда экранда кўк чизиклар кузатилади. Марказий чизикдан экрандаги биринчи чизикча бўлган масофани топинг.

Жавоб: 13 см.

23-§. Ёруғлик дисперсияси. Ёруғликнинг қутбланиши


Таянч тушунчалар:

- ✓ дисперсия
- ✓ призма
- ✓ тўлдирувчи ранглар
- ✓ бирламчи ранглар
- ✓ қутбланиш
- ✓ оптик ўқ

Бугун дарсда:


- призма орқали ўтганда ёруғликнинг таснифланиши билан танишасиз;
- “табиий” ва “қутбланган ёруғлик” тушунчаларидағи фарқни билиб оласиз.

Турли моддаларнинг ранглари тўғрисидаги савол инсонларни қадимдан қизиқтириб келган. Шундай бўлса-да, Ньютонгача бу соҳада ҳеч нарса маълум эмас эди. Ранг модданинг ўзига хос хоссаси деб ҳисобланди. Ҳамма вақт турлича кузатишлар олиб борилганда ёритиш шартлари ўзгарган ҳолда жисмнинг ранги ҳам ўзгаришини аниқлаш мумкин. Ёруғлик билан қоронғилик аралашганда ҳар хил ранглар пайдо бўлади, деган фикрлар ҳам бўлган. Камалак рангини ёмғир томчилари билан боғлашган. Қирраланган олмос рангларининг, шиша призмадан ўтган рангнинг товланиши қадим замонлардан маълум бўлган. Аммо Ньютонгача ҳеч ким бу ҳодисаларни қиёслаб, улар орасидаги боғланишни топишга интилмаган. 1666 йилда шу пайтгacha

маълум бўлиб келган ранг ҳақидаги назарияларни амалда инкор эта-
диган эксперимент ўтказилди. Бу ҳақда Ньютон бундай ёзган.

“1666 йилда мен турли шаклдаги оптик шишаларга ишлов бериб юрган вақтимда ранг тўғрисидаги маълум ҳодисаларни текшириш учун учбурчакли шиша приzmани топиб олдим. Шу мақсадда мен ўзимнинг хонамни қоронғу қилдим ва қуёш нурининг тушиши учун дераза дарча-
сида жуда кичик тирқиши ясадим. Шу тирқишига мен приzmани шундай жойлаштиридимки, ундан синган нур қаршидаги деворга тушарди. Шун-
дай усулда олинган ранг-баранг ва кучайтирилган рангларни кўриш менда жуда катта ҳузур бағишилади”. Ёруғлик манбадан чиқиб, призма орқали ўтганда пайдо бўлган ранг-баранг ранглардан иборат йўлларни Ньютон *спектр* (лат. *spektrum* — кўриш) деб атади (23.1-расм).

Бу тажрибанинг иккита хусусияти, нима учун оқ ёруғлик призмага тушиб, ундан бўялиб чиқиши ва доиравий ёруғлик дастаси приzmада синиб чиққандан кейин йўл-йўл (полоса шаклида) бўлиши Ньютонни ҳайратлантириди. Ёруғлик дастаси узунлигини унинг эни билан таққослаб, Ньютон у узунлик энига қараганда 5 марта катта эканини топди. Бу ҳодисани тушунтириш жуда қийин бўлди.

Аммо Ньютон Қуёш спектрининг ҳар бир рангини бошқалардан ажра-
тиб олиб, уни иккинчи приzmада синишга мажбур қилди. Бунда у ҳар хил ранглар турлича синишини пайқади. Масалан, қизил ранг бошқаларига нисбатан кучсизроқ синса, бинафша ранг эса ҳаммасидан кучли синади.

Ньютон буни тушунтира олмади. Аммо тажриба ёруғликнинг при-
змадан синганда дастасининг узун бўлишини тушунтириди. Бу тажриба оқ ранг мураккаб ранг эканлигини кўрсатди. У асосий еттита рангдан иборат экан: қизил, заргалдоқ, сариқ, яшил, зангори, кўк ва бинафша. Оқ рангнинг мураккаблигини исботловчи Ньютоннинг яна битта тажрибаси бор. Ньютон доира олиб, уни сектор тарзида асосий еттита рангга бўяб қўйди. Бу доира двигателнинг айланиш ўқига маҳкамланади. Доиранинг маълум бир айланиш тезлигига рангли доира оқ бўлиб кўринарди.

Ньютоннинг кашф этган бу ҳодисаси ёруғлик дисперсияси (лат. *dispersio* — сочиб юбормоқ) деган номга эга бўлди. Ёруғлик дисперсияси-
нинг иккита маъноси бор: 1) дисперсия — мураккаб оқ рангни спектларга ажратиш ҳодисаси; 2) дисперсия — модда синдириш кўрсаткичининг тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлигига боғлиқлигини кўрсатадиган



23.1-расм

ходиса. Маълумки, ёруғликтиннинг ваккумдаги тезлиги 300000 км/с. Бошқа шаффоғ мұхитдан үтгандан ёруғлик тезлиги үзгаради ва у вакуумдагидан кичик бўлади. Қизил рангли ёруғлик тўлқинининг тарқалиш тезлиги ҳар қандай мұхитда максимал, бинафша рангли ёруғлик тўлқинининг тарқалиш тезлиги эса минимал бўлади. Масалан, сувда $v_{\text{қизил}} = 228000$ км/с, $v_{\text{бинафша}} = 227000$ км/с, углерод сульфидда $v_{\text{қизил}} = 185000$ км/с, $v_{\text{бинафша}} = 177000$ км/с. Вакуумда ёруғлик дисперсияси бўлмайди, чунки унда ҳамма ёруғлик тўлқинлари бир хил тезлик билан тарқалади.

Дисперсия ҳодисасининг кашф этилиши камалак ҳодисасини тушуниришга имкон берди. Ёруғликтиннинг сув томчиларида ёки атмосферадаги муз кристалларида синиши қуёш нурининг сувда ёки муздаги тақсимоти дисперсиясининг натижаси каби бўлади.

Ёруғлик дисперсияси нормал ва anomal дисперсияларга бўлинади. Тажрибалар кўрсатадики, кўп ҳолларда мұхитнинг синдириш кўрсаткичи тўлқин узунлигига тескари пропорционал бўлади. Бундай дисперсия нормал дисперсия деб аталади. Агар мұхитнинг синдириш кўрсаткичи тўлқин узунлигига тўғри пропорционал бўлса, бундай дисперсия anomal дисперсия дейилади.

Тўлдирувчи (қўшимча) ранглар. Агар қуёш спектридан фактат қизил рангни ажратиб олсак, унинг натижасида зангори яшил ранглар ҳосил бўлади; агар ундан зангори рангни ажратиб олсак, сариқ ранг юзага келади; агар яшил рангни ажратиб олсак, тўқ қизил рангни оламиз. Агар яшил, зангори ва қизил рангларни қўшсак, натижада оқ ёруғликтини ҳосил қиласиз. Айнан шу каби сариқ ва яшил ранглар қўшилиб, оқ ёруғликтини ҳосил қиласади. Бир-бирига қўшилганда оқ ёруғликтини ҳосил қиласиган рангларни Ньютон тўлдирувчи (қўшимча) ранглар деб атаган.

Бирламчи ранглар. 1807 йилда инглиз физиги Томас Юнг жуда мұхим янгилик яратди. У қизил, яшил ва зангори рангларни қўшиб, оқ ранг олиш мүмкінligини исботлади. Шунингдек, қизил, яшил ва зангори ранглар ёрдамида бошқа рангларни ҳам олиш мумин. Қизил, яшил ва зангори рангларни Юнг бирламчи ранглар деб атади. Мана шу бирламчи ранглардан ҳеч бирини бошқа рангларни аралаштириш (комбинациялаш) орқали ҳосил қилиш мүмкін эмас. Буни экранга қизил, яшил ва зангори ранглар доғларини проекциялаб, осонгина текшириш мүмкін. Барча учта ранг бирлашган ёки қўшилган жойда оқ ранг ҳосил бўлади; қизил билан зангори ранглар қўшилганда — қорамтири; қизил ва яшил ранглар қўшилганда эса сариқ ранг ҳосил бўлади.

Моддаларнинг ранглари. Тажрибадан кўринадики, модданинг рангги у моддага оқ ёруғлик тушганда унинг сирти қандай рангни сочишига боғлиқ. Агар модда оқ ёруғликтиннинг барча таркибига киравчи рангларни бир хил сочса, у ҳолда одатдаги текисликда у оқ бўлиб кўринади (масалан, қофоз сирти). Агар модда (масалан, қора ранг) үзига тушган ҳамма рангни ютса, у қора рангли бўлиб кўринади. Турли моддалар

ұзига тушган турлиға рангдаги ёруғликни бир хил сочмайды, шунингдек, улар моддада ҳар хил ютилади. Шунинг учун шаффоғ жисмларга ёруғлик туширилғанда, улар турли рангга бўялган каби кўринади. Бундай моддалар ёргулар фильтрлари дейилади.

Табий ва қутланган ёруғлик. Маълумки, ёруғлик узунлиги 400—700 нм бўлган электромагнит тўлқинлардан иборат. Ҳар хил элементар нурлатгич электр ва магнит майдон кучланганлик векторлари йўналишида электромагнит тўлқинлар нурлайди. Аммо моддада атомлар кўп ва улар тартибсиз жойлашган. Шунинги учун ёруғлик улардан турли йўналишларда тарқалади, ваҳоланки ҳамма йўналишдаги тебранишларнинг амплитудалари бир хил бўлади.

Тебраниш амплитудаси ҳамма текисликларда бир хил бўлган ёруғлик табий ёргулар дейилади. Ҳар хил текисликларда энергиялари турлиға бўлган ёруғлик қисман қутланган ёргулар дейилади. Агар ёруғликнинг барча энергияси бир текисликда тўпланган бўлса, бундай ёруғлик тўла қутланган ёргулар деб аталади. *Тебраниш содир бўладиган текислик тебраниш текислиги, унга перпендикуляр текислик эса қутбланиш текислиги дейилади.*

Табий ёруғлик тебранишларидан маълум бир тебраниши ажратиб олиш ёруғликнинг қутбланиши деб аталади. Қутланган ёруғликни ҳосил қилиш учун қўлланадиган асбоблар поляризаторлар, ёруғликнинг қутбланиш даражасини аниқловчи асбоблар анализаторлар дейилади. Поляризатор ва анализаторларнинг тузилиши бир хил. Ёруғлик қайтганда ҳам, синганда ҳам қутланади.

Ёруғлик қутбланишининг кашф этилиши. Ёруғликнинг қутбланиш ҳодисаси дастлаб турмалин кристаллари билан ўтказилган тажрибада аниқланди. *Турмалин* — қорамтири яшил рангли кристалл, шунинг учун ундан ёруғлик ўтганда тўқ яшил рангда чиқади. Турмалин кристалларидан ўлчамлари бир хил бўлган тўғри тўртбурчак шаклидаги пластинкалар кесиб олинган. Тўғри тўртбурчакнинг бир томони пластинка ичидаги кристалларнинг йўналиши билан бир хил бўлади, у оптик ўқ деб аталади. Бу пластинкаларни оптик ўқлари устма-уст тушадиган ҳолда жойлаштириб, улар орқали ёруғликнинг ингичка дастасини ўтказсак, экранда тўқ яшил доғ ҳосил бўлади. Агар пластинканинг иккинчисига тегмасдан, биттасини айлантира бошласак, экрандаги доғ тушган жойнинг ёритилганлиги камая бошлайди. Уни 90° бурчакка бурганда эса доғ бутунлай йўқолиб кетади. Пластинкани айлантиришни давом эттирасак, ўша доғнинг ёритилганлиги қайтадан ортиб, бурчак 180° га етганда ёритилганлик максимал бўлади. Бу ҳолда пластинкаларнинг оптик ўқлари яна ўзаро параллел жойлашади. Пластинкаларнинг оптик ўқлари ўзаро перпендикуляр бўлса, экраннинг ёритилганлиги минимал (ёруғ доғ йўқолади) бўлади. Пластинкани айлантириш йўналиши ёритилганликнинг ўзгаришига ҳеч

қандай таъсир күрсатмайды. Пластиинкани қайси йұналишда айлантирасқ ҳам, ҳодиса яна шу ҳолда такрорланади.

Демак, агар қуйидаги муроҳазаларни эътиборга олсак, қутбланиш ҳодисасини тушунтириш мумкин.

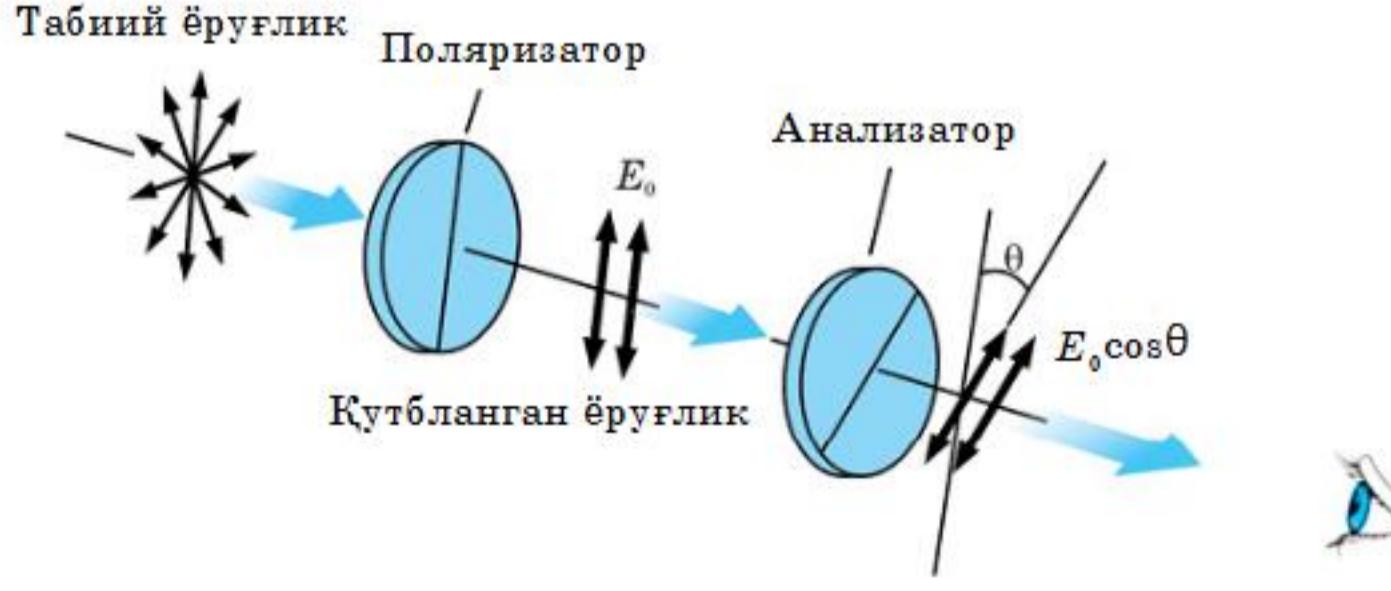
1. Турмалин кристали ёруғликнинг тебраниш текислиги кристалнинг оптик үқига нисбатан аниқ, муайян ҳолатда жойлашган ҳолдагина ёруғликни ўтказади.

2. Ёруғликнинг тебраниш йұналиши ёруғликнинг тарқалиш чизиги йұналишига перпендикуляр йўналган, яъни ёруғлик тўлқинлари — кўндаланг тўлқинлардир.

3. Оддий ёруғлик манбаидан тарқалаётган ёруғликнинг турли текисликлардаги тебранишлари бир хил бўлади.

Учинчи муроҳаза турмалин кристалининг ҳар қандай жойлашиш шароитида кристалл орқали ёруғликнинг bemalol ўтишини тушуниширади. Бунда табиий ёруғликнинг тарқалиш йұналиши (текислиги) кристалнинг ёруғликни ўтказиш йұналиши билан устма-уст тушадиган тебранишлар сони бир хил бўлади (23.2-расм).

Табиий ёруғликнинг турмалин (поляризатор)дан ўтиш пайтида барча мумкин бўлган тебранишлар текисликлари орасидан фақат турмалин ўтказадиган E_0 тебраниш текисликлари танлаб олинади. Шунинг учун турмалин орқали ўтган ёруғлик турмалин кристалининг оптик үқи билан аниқланадиган текисликда ётган кўндаланг тебранишларнинг йигиндиси бўлиб ҳисобланади. Бундай ёруғлик қутбланган ёруғлик деб аталади, унинг тебраниш текислиги эса қутбланган ёруғликнинг тебраниш текислиги дейилади. Демак, биринчи пластиинка ёруғликни қутблайди, ундан ўтган ёруғлик дастасининг тебранишлари фақат битта текисликда, яъни қутбланиш текислигидагина бўлади. Турмалиннинг иккинчи кристали (анализатор) бу тебранишни фақат иккита кристалнинг қутбланиш текисликлари мос келган ҳолдагина ўтказади. Агар бу текисликлар ўзаро перпендикуляр бўлса, у ёруғликни умуман ўтказмайди. Колган ҳолларда ёруғлик қисман ($E_0 \cos \theta$) ўтади, яъни ўтадиган ёруғликнинг интенсивлиги камаяди.



23.2-расм



23.3-расм

Механик модель орқали қутбланиш ҳодисасини тушунтириш осон. Эластик ип олиб, унинг бир учини маҳкамлаб, иккинчи учини айлантирамиз ва унинг йўлига тор тирқишилари бор иккита текисликни жойлаштирамиз. Ўша тор тирқишилар орқали ўтадиган ипнинг тебранишлари фақат битта текисликда бўлади. Агар шу тебранишлар йўлига жуда кичик тирқишли бошқа пареллел иккита текислик жойлаштирилса, у ҳолда иккинчи текисликнинг қандай жойлашишига боғлиқ ҳолда ипнинг тебранишлари ундан ё ўтади, ёки сўнади.

Поляроидлар. Турмушда ёруғликни фақат турмалин кристалларигина эмас, балки кўплаб бошқа кристаллар ҳам қутблайди. Масалан, исланд шпати кристаллари бир вақтда бир-бирига ўзаро перпендикуляр йўналишда қутбланган иккита нурни ўтказади. Турмалин кристали сингари баъзи кристаллар қутбланган иккита нурнинг биттасини тўлиқ ютади, шунинг учун у орқали фақат маълум бир йўналишдагина қутбланган нурлар ўтади. Бундай кристаллар дихронли кристаллар дейилади. Қутбланган нурлардан биттасини кечикириб юборувчи кристаллар ҳам бўлади. Уларнинг қалинликлари 0,1 мм ёки ундан ҳам кичик бўлиши мумкин. Бундай плёнкани целлULOидга ёпишириб, ўлчами тахминан бир неча квадрат дециметр бўлган поляризатор олинади. Бу плёнкалар *поляроидлар* деб аталади. Уларни ишлатиш жуда қулай. Анализатор айлантирилганда ундан ўтган ёруғлик интенсивлигини ўзгартиради (23.3-расм).



1. Ньютоннинг учбурчакли призма билан ўтказган тажрибасини айтиб беринг.
2. Қандай ҳодиса дисперсиядейилади?
3. Тўлдирувчи ранглар деб қандай рангларга айтиласди?
4. Қандай ранглар бирламчи ранглар дейилади?
5. Модданинг рангини қандай тушунтирасиз?
6. Қандай ҳолларда моддаларнинг сиртлари қизил, яшил, оқ, қора бўлиб кўринади? Буни тажрибада қандай кўрсатиш мумкин?
7. Камалакнинг пайдо бўлишини тушунтиринг. Баъзида камалак иккита бўлиб кўринади. Нима учун?
- *8. Турмалин кристалида содир бўладиган ёруғликнинг қутбланиш ҳодисасини тавсифлаб тушунтиринг.
9. Қандай ёруғлик табиий ва қандай ёруғлик қутбланган дейилади?
10. Поляризаторнинг анализатордан фарқи нимада?
- *11. Анализатор поляризатор ганисбатан айлантирилганда кузатиладиган ҳодисани тушунтиринг.
12. Қандай моддалар поляроидлар деб аталади?

5-бобнинг асосий мазмуни

- Интерференциянинг максимумлар шарти

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda;$$

Минимумлар шарти

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

Интерференция ҳодисасининг ҳар доим бўлишини, аммо уни фақат когерент (бир хил частотали ва фазалар фарқи ўзгармас) тўлқинлар ҳолидагина кузатиш мумкинлигини айтиб ўтиш жоиз. Ёруғликнинг интерференцияси ҳодисасидан жисмларнинг сиртига ишлов бериш сифатини аниқлашда фойдаланилади.

- Фақат тўлқинларгагина хос иккинчи ҳодиса *дифракция* деб атала-ди. У тўлқинларнинг тўсиқларни айланиб ўтишидан иборат. Бу ҳодиса фақат тўсиқларнинг ўлчамлари тўлқин узунлиги билан деярли бир хил бўлганда кузатилади. Ёруғлик тўлқинлари дифракциясини дифракцион панжара ёрдамида осонгина кузатиш мумкин. Дифракцион панжара тор оралиқлар билан бўлинган кўп сонли тирқишлилар тўпламидир. Дифракцион панжаранинг ($d \sin \alpha = k\lambda$) формуласи ёрдамида ёруғлик тўлқинлари узунлигини осон топиш мумкин.

- Кўндаланг ёруғлик тўлқинларига хос яна бир ҳодиса — *қутбланишидир*. Унинг моҳияти бундай: табиий ёруғлик (унинг электро-магнит майдони мумкин бўлган барча текисликлар бўйлаб тебранади) қутланган ёруғликка айланади (тебранишлар фақат муайян текислика содир бўлади). Қутбланиш ҳодисасини поляризатор ва анализатордан фойдаланиб кузатиш мумкин.

- Ёруғлик тўлқинларига хос яна бир ҳодиса — *ёруғлик дисперсиясидан иборат*. У ёруғликнинг синдириш кўрсаткичининг унинг ранги (частотаси)га боғлиқлигини кўрсатади. У оқ ёруғликнинг призма орқали унинг таркибига киравчи рангларга ажralиши пайтида кузатилади. Ёруғлик дисперсияси орқали ранглар ва камалакнинг пайдо бўлиши тушунирилади.

6-боб. ГЕОМЕТРИКОПТИКА

24-§. Ёруғликтин түғри чизик бўйлаб тарқалиши



Таянч тушунчалар:

- ✓ ёруғлик нури
- ✓ ёруғлик тезлиги
- ✓ Физо тажрибаси



Бугун дарсда:

- ёруғликтин тарқалишини ўрганадиган геометрик оптика бўлими билан танишасиз.

Геометрик оптика — ёруғликтин табиатига эътибор бермасдан, фақат унинг тарқалишини ўрганадиган оптиканинг бўлими. **Геометрик оптика** — фақатгина геометрия қонунларига асосланган абстракт оптикадир.

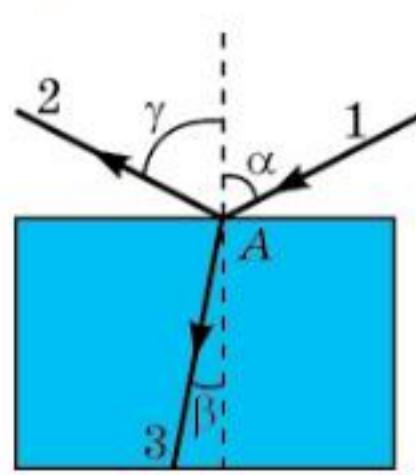
Геометрик оптика тўлқин оптиканинг хусусий ҳоли ҳисобланади. У қаралаётган қисмдаги тўсиқнинг ўлчами умумий тўлқин узунлигига нисбатан жуда катта бўлган ҳолда қўлланилади. Геометрик оптиканинг асосий тушунчаларидан бири — ёруғлик нури тушунчасидир. **Ёруғлик нури** — ёруғлик энергияси тарқаладиган ёки тўлқин фронтига перпендикуляр ўтказилган ва тўлқин галаёнининг тарқалиши йўналишини кўрсатадиган чизик. **Ёруғлик нури** ёруғлик манбаидан чиқади.

Геометрик оптика қонунлари жуда қадим замонда, ёруғлик нурлари илк бор кузатилганда ўтказилган тажрибалар орқали топилган. Геометрик оптикада ёруғликтин тарқалишини тавсифловчи тўртта асосий қонун мавжуд.

1. Ёруғликтин түғри чизиқли тарқалиш қонуни. Ёруғлик нури бир жинсли муҳитда түгри чизик бўйлаб тарқалади.

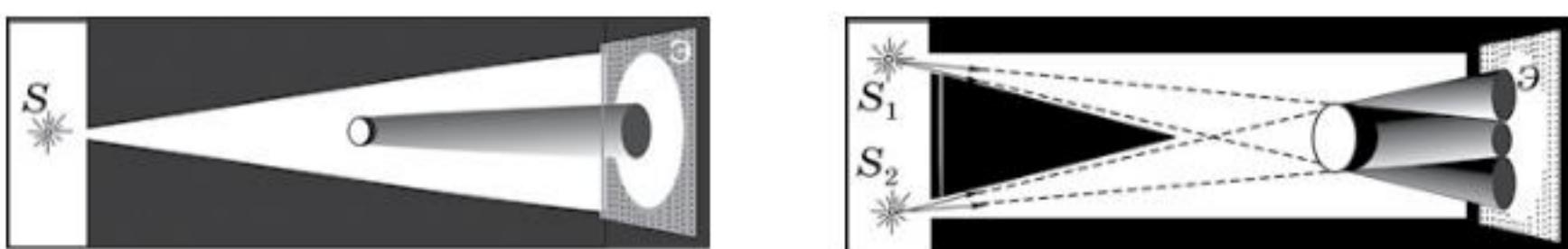
2. Ёруғликтин мустақил тарқалиш қонуни. Ёруғлик нурлари бир-бири билан учрашганда бир нурнинг тарқалиши бошқасининг тарқалишига таъсир кўрсатмайди.

3. Ёруғликтин қайтиш қонуни. 1) тушган нур (1), қайтган нур (2) ва икки муҳит чегарасидаги нурнинг тушиш нуқтасига ўтказилган перпендикуляр бир текисликда ётади; 2) тушиш бурчаги қайтиш бурчаги үга тенг (24.1-расм).



24.1-расм

Ёруғликтин синиш қонуни. 1) тушган нур (1), синган нур (3), икки муҳит чегарасида нурнинг тушиш нуқтасига ўтказилган перпендикуляр бир текисликда ётади; 2) тушиш бурчаги синусининг синиш бурчаги синусига нисбати берилган икки муҳит учун доимий катталик бўлади ва у биринчи муҳитнинг иккинчи муҳитига нисбатан синдириш кўрсаткичи деб аталади, яъни $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$.



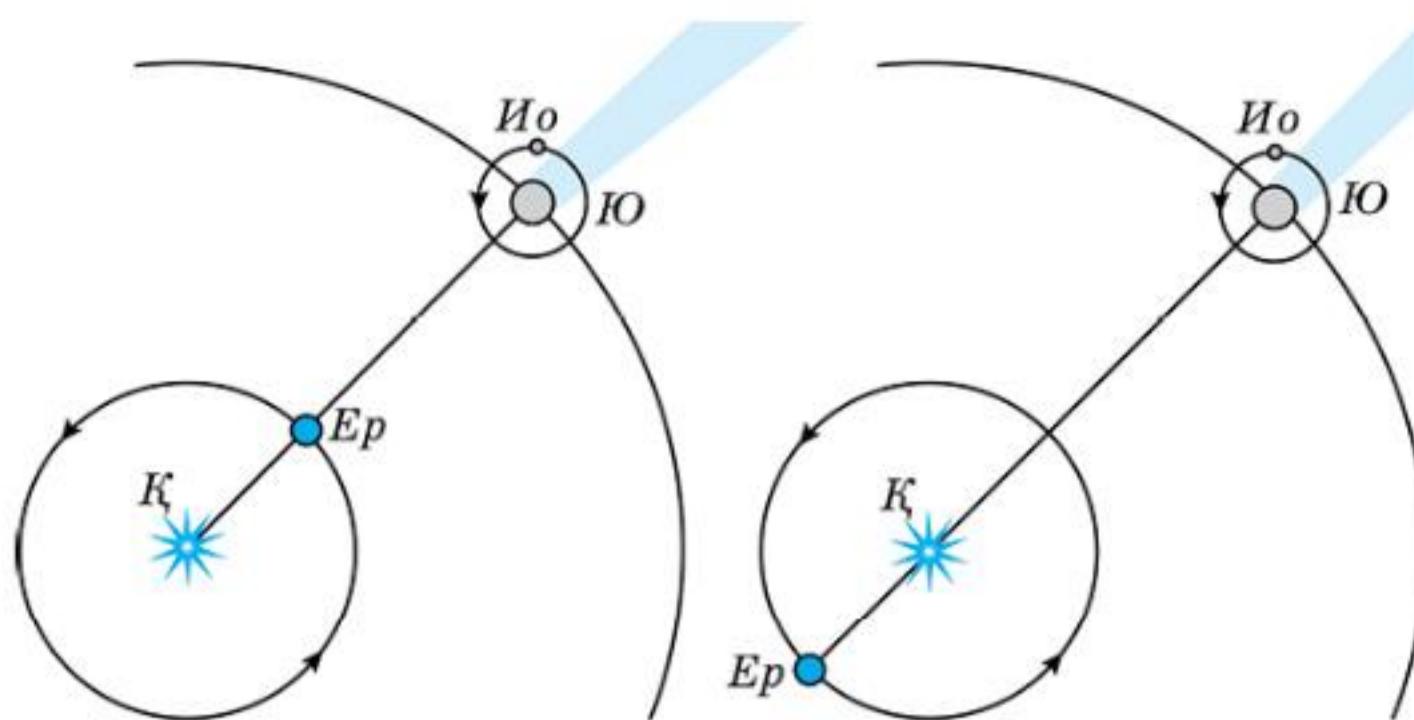
24.2-расм

Ёруғликтің түғри чизик бўйлаб тарқалиши. Ёруғликтің түғри чизик бўйлаб тарқалиши соя ва ярим соянинг пайдо бўлишини тушунтиришга ёрдамлашади. **Соя** — ношафроф жисм ортидаги фазонинг ёргулік энергияси тушмайдиган соҳаси. Ҳаво очик кунлари одамлар, дарахтлар, қурилиш бинолари ва бошқаларнинг соялари аниқ кўринади. Агар нуқтавий ёруғлик манбани олиб, унинг ёруғлик дастаси йўлига ношафроф буюм қўйсак, ўша буюм орқасида конуссимон соя пайдо бўлади ва экранда ўша буюмнинг шакли такрорланган соя кўринади (24.2-расм). Агар ёруғлик манбай чўзиқ шаклда бўлса, у ҳолда жисмнинг ортида чўзиқ конуссимон соя пайдо бўлади. Агар ношафроф жисм иккита ёруғлик манбай билан ёритилса, учта соя пайдо бўлади. Унинг биттаси тўлиқ соя, яъни фазонинг иккала ёруғлик манбанинг ҳам ёруғлиги тушмайдиган соҳаси, қолган иккита соя қоронғироқ, чунки у соянинг соҳасига иккала ёруғлик манбанинг биттасидан ёруғлик тушади. Бу соялар ярим соялар дейилади.

Ёруғлик тезлиги. Ёруғликтің түғри чизик бўйлаб тарқалиши унинг тезлигини аниқлашга имкон берди. 1607 йили итальян физиги Галилео Галилей биринчи бўлиб ёруғлик тезлигини аниқлашга ҳаракат қилди. Кенг текисликнинг қарама-қарши томонига соатлари бир вақтга қўйилган иккита кузатувчини қўйди. Кузатувчилардан бирининг қўлида фонарча бўлиб, уни ёққанда ўз соати бўйича вақтни белгилайди. Иккинчи кузатувчи эса фонардан чиқсан ёруғлик нурини кўрган вақтни қайд қиласи. Бу тажриба амалга ошмади. Чунки вақт оралиғи жуда ҳам кичик эди.

1675 йилда даниялик астроном Оле Рёмер Париж шаҳрида Юпитер йўлдошларининг тутилишини кузатди (24.3-расм). У ҳар бир йўлдошнинг Юпитер атрофида ўртача айланиш вақтини топиб, уни жадвалга ёзиб қўйди. Ер ва Юпитер бир-биридан энг узоқ (максимал) масофада бўлганда, тутилиш кечикиб содир бўлди. Рёмер түғри холосага келди: ёруғлик Ернинг Қуёш атрофида айланиш орбитасининг диаметрига тенг масофани ўтиш учун вақт сарфлайди (бу вақт 22 минутга тенг, аникроғи 1320 с). Ер ва Юпитер бир-бирига жуда яқин келганда тутилиш ўртача айланиш давридан аниқланган вақтдан 22 мин эртароқ бошланишига эътиборини қаратди:

$$c = \frac{2R}{r} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}}{1320 \text{ с}} = 2,27 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$



24.3-расм

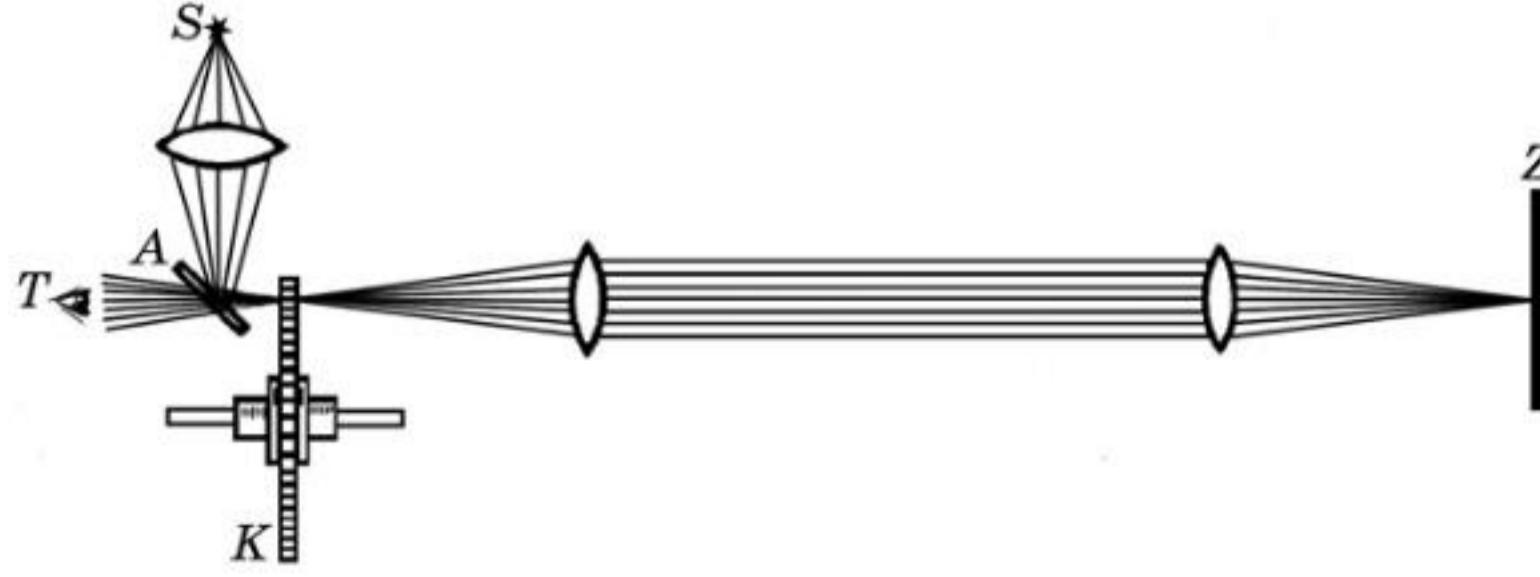
Вақт оралигини ҳисоблашнинг замонавий усулларига асосан, Ернинг Қуёш атрофида айланиш орбитасининг диаметрига тенг масофани ўтиши учун ёруғлик 1000 с сарфлайди. Жумладан, ёруғликнинг тезлиги:

$$c = \frac{2R}{r} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}}{1000 \text{ с}} = 3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

катталика тенг бўлади.

1722 йил инглиз астрономи Жеймс Брадлей ўзи кашф қилган юлдуз аберрацияси ҳодисасига асосланган ҳолда ёруғлик тезлигини топди. Унинг ҳисоблашларига кўра, ёруғлик тезлиги 303000 км/с га тенг бўлди. Ёруғлик тезлигини аниқлашда Рёмер ва Брадлей қўллаган усуллар *астрономик усуллар* деган ном олди. Ёруғлик тезлигини аниқлашнинг лаборатория *усуллари* ҳам мавжуд.

Физо тажрибаси. 1849 йилда француз физиги Арман Ипполит Луи Физо ёруғлик тезлигини Ер шароитида ҳисоблади. Ёруғлик тезлигини катта аниқликда ўлчаш учун вақтнинг жуда кичик оралиқларини жуда катта аниқликда ўлчаш зарур бўлди. Вақтнинг бундай кичик оралиқларини ўлчаш учун Физо 720 тишли Қ ғилдиракдан фойдаланди (24.4-расм). Ёруғлик *S* ёруғлик манбаидан ярим шаффоф бўлган А кўзгуга йўналтирилди, кўзгу уни иккита нурга ажратади. Қайтган



24.4-расм

нур тишли ғилдирак тешиклари орасидан ўтиб Z күзгуга етади. Ундан қайтган нур яна тишли ғилдиракка тушади. Ғилдиракнинг айланиш тезлигини ўзгартириб, тишли ғилдиракдан ўтган ёруғликни ярим шаффоф А күзгуга тушириб ва ундан қайтган нурни Т кўриш трубасига ва демак, кузатувчининг кўзига йўналтириш мумкин. Бундай натижа олиш учун ғилдиракдан кўзгугача ва, аксинча, ундан ғилдиракка бўлган масофани ёруғликнинг босиб ўтиш вақти ғилдирак тишининг энига teng катталикка, яъни ғилдиракнинг бурилиши учун кетган вақтга teng бўлиши керак. Вақтни топамиз: $t = \frac{2l}{c}$, бу ерда l — ғилдиракдан Z кўзгугача бўлган масофа, c — ёруғлик тезлиги. Агар ғилдиракнинг айланиш частотаси V бўлса, у хода унинг ғилдирак тишининг энига teng катталикка бурилиш вақти: $\tau = \frac{1}{2vn}$, бу ерда n — ғилдиракдаги тишлар сони. Бунда $t = \tau$ жумладан,

$$c = \frac{2l}{\tau} = \frac{2l}{\frac{1}{2vn}} = 4nl.$$

Физо тажрибасида l масофа 8,6 км эди. Физо ҳисоблашлар натижасида ёруғлик тезлигининг 313000 км/с эканини топди. Кўрсатилган тажрибадан бошқа ёруғлик тезлигини аниқлайдиган Кэрр эфекти (ёруғликнинг қутбланишига асосланган), Фуко усуллари ҳам мавжуд (у бир минутда 800 марта айланадиган кўзгулардан фойдаланган).

Майкельсон тажрибаси. 1923 йилда Альберт Абрахам Майкельсон айланувчи кўзгулар усулини такомиллаштириди.

Ёруғлик тезлиги $c = \frac{l}{\tau} = (299796 \pm 4)$ км/с экан. Ҳозирги маълумотларга кўра ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги $(299\,792\,458 \pm 0,3)$ м/с га teng.



1. Ёруғликнингтўғри чизик бўйлаб тарқалиш қонунининг моҳияти қандай?
2. Соянима?
3. Ёруғликнингтўғри чизик бўйлаб тарқалиш қонунидан фойдаланиб, соява ярим сояларни қандай тушунтириш мумкин?
4. Ойдаги соялараниқ ва қора, Ердагисояларэсаноаниқ бўлади. Нима учун?
5. Ремёрёруғлик тезлигини қандай аниқлади?
- *6. Ёруғлик тезлигини Физо қандай аниқлаган? Унинг экспериментининг мураккаблиги нимада? Физо нима сабабдан тишли ғилдиракдан фойдаланган?
- *7. Ёруғлик тезлигини Майкельсон қандай аниқлаган? Унинг экспериментининг афзаллигинимада?

25-§. Ёруғликтің қайтиш ҳодисаси. Ясси ва сферик күзгулар



Таянч тушунчалар:

- ✓ қайтиш ҳодисаси
- ✓ күзгудан қайтиш
- ✓ ясси күзгу

Бугун дарсда:

- сферик күзгудаги нурнинг йўлини ясаш ва ёруғликтің қайтиш қонуни билан танишасиз.



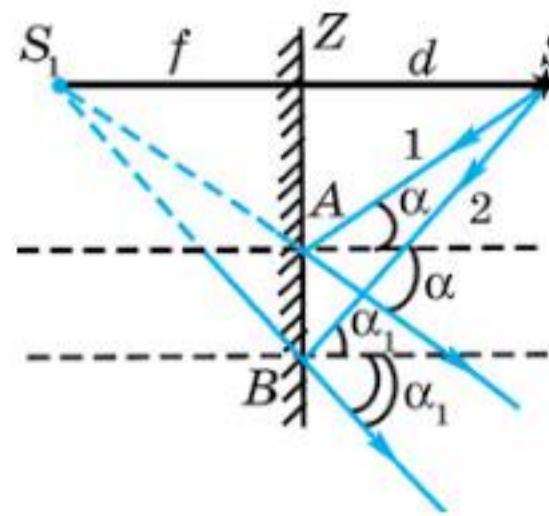
Ёруғликтің қайтиш ҳодисаси. Икки мұхит чегарасыда ёруғлик нурининг үз йўналишини ўзгартириши ҳодисаси ёруғликтің қайтиши дейилади. Бундай ҳолда ёруғлик нурининг бир қисми биринчи мұхитта қайтади.

Қайтишнинг икки тури мавжуд: *күзгусимон* ва *тарқоқ* (диффуз) қайтиш.

Күзгусимон қайтиш — ёруғликтің силлик, жилоланган сиртдан қайтиши (бу сиртларнинг ғадир-бұдурлығы ёруғлик тұлқинининг узунлигидан жуда кичик). Турли күзгусимон сиртлардан ёруғликтің қайтиш интенсивлигі турлича бўлади. Масалан, кумуш юритилган күзгу сиртига тушган нурнинг 96% и қайтади. Силлик жилоланган қора рангли сирт ёруғлик энергиясининг фақат 1% ини қайтаради, холос.

Тарқоқ ёки диффуз қайтиш — ёруғликтің «ғадир-бұдур» сиртдан қайтишидир (бу сиртларнинг ғадир-бұдурлығы жуда юқори). Диффуз қайтишда параллел ёруғлик дасталари турли бурчаклар остида қайтади ва ҳар тарафга сочилади. Ёруғликни ҳар томонга бир хил сочувчи сирт *хира сирт* деб аталади. Бундай сиртлар йўқ, аммо унга яқин сиртлар бор, масалан, бўр шундай сиртдир.

Агар ҳар қандай ёруғлик билан ёритилган жисмнинг нотекис ғадир-бұдур сиртига қарасак, биз у сиртни кўра оламиз. Агар биз кўзгуга қарасак, у ҳолда уни кўра олмаймиз, унинг ўрнига ўзимизнинг ва бошқа жисмларнинг тасвирларини кўрамиз. Шунинг учун ҳам микрофильмлар проекциялари тушириладиган экранларнинг сиртлари күзгусимон эмас, ғадир будур қилиб ясалади. Ёруғлик нотекис сиртлардан яхши сочилади, масалан, қоғоз, чизмачилик қоғози, бўр ва бошқалар шулар жумласидандир. Шунингдек, ёруғлик туман ва чанг зарраларида ҳам яхши сочилади. Сочилган ёруғлик қайтган ёруғликка қараганда одамнинг кўзини камрок чарчатади.



25.1-расем

Ясси кўзгу. Кўзгулар ясси ва сферик кўзгуларга бўлинади. **Ясси кўзгу** деб силлик, жилоланган ва қайтарувчи қатlam билан қопланган, эгрилик радиуси чексизликка интилган ясси сиртга айтилади. S ёруғлик манбайнинг Z ясси кўзгудаги тасвирини олиш усулини қараб чиқамиз (25.1-

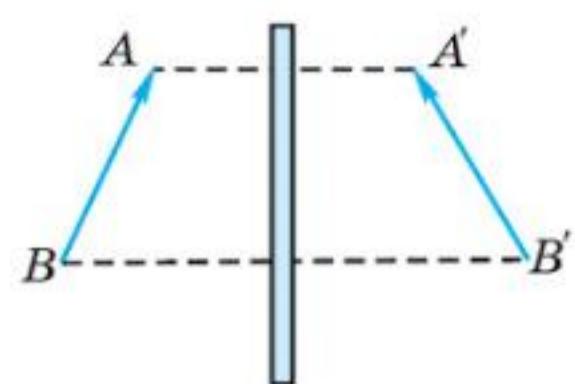
расм). Күзгуга иккита 1 ва 2 нурларни туширамиз. Уларнинг иккаласи ҳам күзгудан қайтади. Бизга эса у S_1 нуқтадан чиққандек кўринади. Бу S_1 нуқта S ёруғлик манбайнинг тасвиридир.

Ёруғлик сочаётган S нуқтадан Z кўзгугача бўлган масофанинг Z кўзгудан S_1 нуқтагача (ёруғлик тасвиригача) бўлган масофага тенг эканини, яъни $d = -f$ бўлишини исботланг.

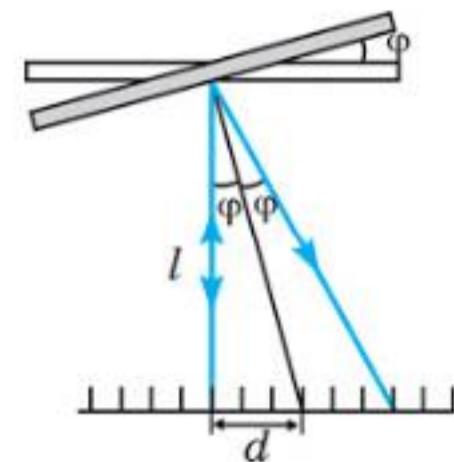
$$d = -f$$

формула яssi кўзгу формуласи дейилади. Яssi кўзгу формуласини келтириб чиқариш учун ёруғликнинг қайтиш қонуни ва геометрия қонунларидан фойдаланинг. Яssi кўзгу жисмнинг мавҳум тасвирини беради, шунинг учун формулада кўзгудан тасвиргача бўлган масофанинг олдига “-” ишораси кўйилади. Яssi кўзгудан олинган тасвирнинг камчилиги унинг кўзгуга нисбатан симметрик эканлигидadir (25.2-расм).

Яssi кўзгудан кўзгули ҳисоблашда фойдаланилади. Бизга жуда кичик катталикни ўлчаш зарур бўлсин. Ёруғлик нури кўзгуга 90° ли бурчак остида тушсин (25.3-расм). Бунда қайтган нур тушган нур тўғри чизиги бўйлаб қарама-қарши йўналади. Агар кўзгу бирор Φ бурчакка бурилса, у ҳолда нур 2Φ бурчакка оғади. Мазкур ҳолда $\operatorname{tg} 2j = \frac{d}{l}$. Агар кўзгуни буриш бурчаги жуда кичик бўлса, у ҳолда кўзгу микроскоп тубусининг ичига жойлаштирилайди.



25.2-расм



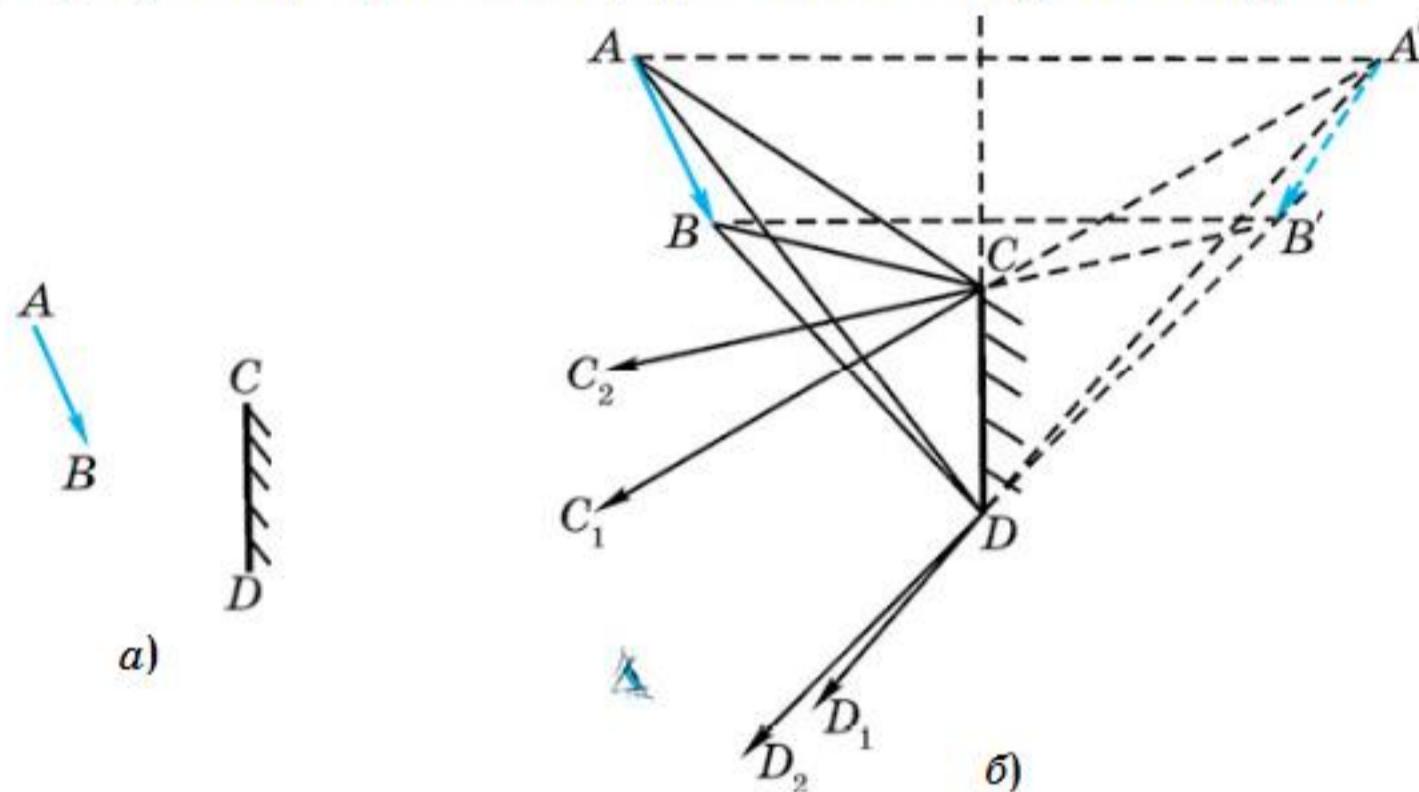
25.3-расм

- 1. Қандай ҳодиса ёруғликнинг қайтиши деб аталади? У қандай қонунларга бўйсунади?
- 2. Қайтишининг қандай турларини биласиз?
- 3. Яssикўзгу деб нимага айтилади?
- 4. Яssикўзгу формуласини келтириб чиқаринг.
- 5. Яssикўзгуда қандай тасвир ҳосилбўлади?
- 6. Яssикўзгу ҳақиқий тасвир ҳосилқила оладими?
- *7. Қалам яssi кўзгудан 25 см масофада ётибди. Агар қалам кўзгудан 10 см узоклаштирилса, унинг тасвири қаламдан қандай масофада ҳосил бўлади?
- 8. Кўзгубуюмнинг мавҳум тасвири ҳосилбўлганерга қўйилса, яssикўзгудаги жисм ва унинг тасвири орасидагимасофа қандай ўзгаради?
- *9. Кўзгули телескоп тузилишининг чизмасини ва ундаги нурнинг йўлларини чизинг.

Масала ечиш намуналари

1-масала. AB буюм ва CD күзгү расмда күрсатылғандек жойлаштирилған (25.4, а-расм). AB буюмнинг күзгудаги тасвирини ясанг. Буюмнинг тасвирини түлиқ күриш учун күз қаерда жойлашиши керак?

Ечилиши: A нүктадан чиққан нурлар күзгудан қайтгандан кейин CC_1 ва DD_1 (25.4, б-расм) түғри чизиклар орасидаги йўлда тарқалади. В нүктадан чиққан нурлар CC_2 ва DD_2 түғри чизиклар орасида тарқалади (нурларнинг қайтиш қонунига мувофик). Буюмнинг барча нүкталаридан чиққан нурлар фақат CC_1 ва DD_2 түғри чизиклар орасидаги йўлларда жойлашган бўлса, күз шу оралиқда бу нурларни кўра олади. Ушбу масаладан мустақил топшириқ олиш мумкин. Одам ўз бўйини түлиқ күриш учун яssi күзгуни қандай масофада жойлаштириши керак?



25.4-расм

2-масала. Қуёш нурлари горизонтал ётган күзгудан қайтиб, вертикал экранга тушади. Горизонтал ётган күзгуда яssi жисм жойлашган. Вертикал экрандаги сояни тавсифланг.

Ечилиши: Жисм баландлигини h деб белгилаймиз, жисмдан экрангача бўлган масофа L бўлсин. Ёруғлик экранга бирор α бурчак остида тушсин. Бу ерда иккита ҳолни кўриб чиқамиз.

1. $L \leq 2htg\alpha$. Мазкур ҳолда экранда асослари бир жайдан бошланган түғри ва тўнтарилған иккита соя (25.5-расм) кўринади. Сояning умумий узунлиги $2h$ бўлади. Соя қуёш нурлари билан ёритилған ва экраннинг ёруғлик түғри тушган ва қайтган нурлари билан ёритилған қисмларидан кескин фарқ қиласи.

2. $L > 2htg\alpha$. Бу ҳолда соя узунлиги $2h$ дан кичик бўлади. Шунингдек, унинг тушган ҳамда қайтган нурлар билан ёритилмаган жойлари бўлади.

Буни мустақил исботланг.

**11-машқ**

1. Қандай шарт бажарилғанда ясси күзгү ҳақиқий тасвир беради?

Жауоб: ёруғликтің түппланған нури түшганды.

2. Ясси күзгүни 20° га бурганда, унинг сиртидан қайтған нур қандай бурчакка бурилади?

Жауоб: 40° .

*3. 60° га тенг икки ёқли бурчак ҳосил қиласынан иккита ясси күзгүли системадан ёруғлик нұқтасининг неча тасвирини күриш мүмкін? Расмини чизган ҳолда исботланг.

Жауоб: 5.

4. Қүёшнинг баландлығы 50° : а) Қудук тубини ёритиш учун; б) Қүёш нурини горизонтал йўналтириш учун ясси күзгүни қандай жойластириш керак?

Жауоб: а) 70° ; б) горизонтта 115° ёки 205° бурчак остида.

5. Хира ёки ялтироқ қоғознинг қайси биридан фотосурат яхши күринади. Нима учун?

26-§. Ёруғликтің синиши ҳодисаси

**Таянч түшүнчалар:**

- ✓ ёруғликтің синиши
- ✓ ёруғликтің тұлаички қайтиши

Бугундарсда:

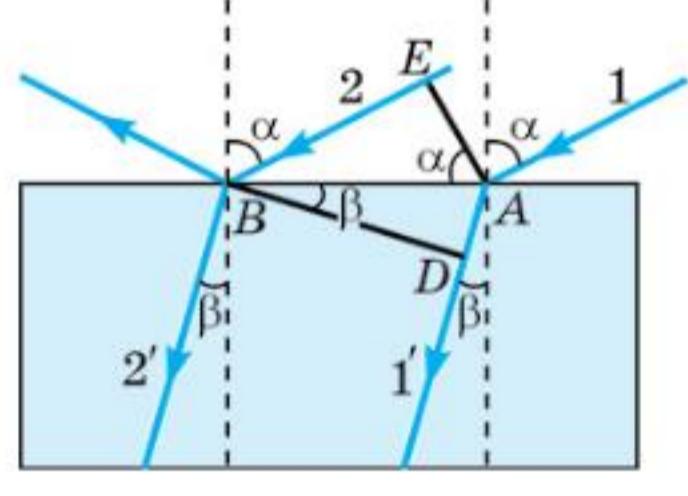
- ёруғликтің синиши қонуни, ёруғликтің тұлаички қайтиши ҳодисаси билан танишасиз.

Ёруғликтің синиши. *Ёруғликтің синиши ҳодисаси деб ёруғлик нури бир мұхитдан иккінчи мұхитта үтганды ёруғлик нурларининг тарқалиш үйналишининг үзгаришига айтілади.* Турли мұхиттарда ёруғликтің тарқалиш тезлиги турлықта бүлгани учун ёруғликтің синиши ҳодисаси көзатылады. Тажрибада исботланған синиши қонулары қуйидагы таърифланады:

1) түшгандың нур 1 , сингандың нур $1'$ да иккі мұхит өзараңында нурнинг түшиш нұқтасына үтказилған перпендикуляр битта текисликда ётады (26.1-расм);

2) түшиш бурчагы синусининг синиши бурчагы синусига нисбати берилған иккі мұхит учун үзгармас катталик бўлиб, у иккінчи мұхиттің биринчи мұхитта нисбатан нисбий синдириши кўрсаткичи деб аталади:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n . \quad (26.1)$$



26.1-расм

Бу қонуннинг иккинчи қисмини исботлаймиз. Бунинг учун 26.1-расмни күриб чиқамиз. Бу расмда 1 ва 2-нурлар — тушувчи параллел нурлар, 1' ва 2' нурлар эса синган нурлардир. Биринчи мұхитда ёруғлик v_1 тезлик, иккинчи мұхитда эса v_2 тезлик билан тарқалади. 1-нур A нүктеге етиб келганды 2-нур E нүктеде бўлсин. 1'-нур иккинчи мұхитда ҳаракатланиб, D нүктеге етиб борганды 2-нур биринчи мұхитда ҳаракатланиб, В нүктеге келади. Буни инобатга олиб, AD ва EB ма-софаларни ҳисоблаш мумкин: $EB = v_1 \tau$, $AD = v_2 \tau$. α — ёруғлик нури-нинг тушиш бурчаги, β — синиш бурчаги бўлсин. У ҳолда $\angle ABD = \beta$, $\angle BAE = \alpha$ ($\angle BAE$ ва α бурчаклар ўзаро перпендикуляр томонларга эга), шунинг учун ABE тўғри бурчакли учбурчакдан

$$\frac{EB}{AB} = \sin \alpha. \quad (26.2)$$

Тўғри бурчакли учбурчак ABD дан эса

$$\frac{AD}{AB} = \sin \beta. \quad (26.3)$$

(26.2) тенгликни (26.3) тенгликка бўлиб, $\frac{EB}{AD} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ эга бўламиз. $AD = v_2 \tau$, $EB = v_1 \tau$ бўлгани учун,

$$\frac{v_1 \tau}{v_2 \tau} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \text{ ёки } \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (26.4)$$

Ёруғликнинг мұхитда тарқалиш тезлиги ўзгармас катталик бўлгани учун уларнинг нисбатлари ҳам ўзгармас бўлади.

$$v_1 = \frac{c}{n_1}, \quad v_2 = \frac{c}{n_2}, \quad \frac{v_1}{v_2} = n_{2,1}. \quad (26.5)$$

Биринчи мұхитда тарқаладиган ёруғлик тезлигининг иккинчи мұхитда тарқаладиган ёруғлик тезлигидан неча марта катта эканини кўрсатувчи физик катталик нисбий синдириш кўрсаткичи деб аталади.

Жумладан, (26.4) formulani bunday kўrini shda ifodalash mumkin:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1}. \quad (26.6)$$

Бу ёруғликнинг синиш қонунидир. Ушбу formulani taхлил қилиб кўриш мумкинки, ёруғликнинг тушиш бурчаги ортиши билан синиш бурчаги ҳам ортади.

Ёруғликнинг вакуумда тарқалиш тезлигининг ёруғликнинг берилган мұхитда тарқалиш тезлигидан неча марта катта эканини кўрсатувчи физик катталик берилган мұхитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи дейилади:

$$n = . \quad (26.7)$$

Бу ерда $c > v$ бўлгани учун, $n > 1$. Масалан, сув учун $n = 1,33$, шиша учун $1,5 < n < 1,8$, ҳаво учун $n = 1,0003$, олмос учун $n = 2,45$. Абсолют синдириш кўрсаткичи каттароқ мұхит оптик жиҳатдан зичлиги каттароқ мұхит дейилади.

Абсолют ва нисбий синдириш күрсаткичлари орасидаги боғланишни топамиз. (26.7) формуладан берилган мұхитдаги ёруғликтің тарқалиш тезлигини топамиз. Бунда бириңчи мұхитдаги ёруғлик тезлигі $\frac{c}{n_1} = v_1$, иккінчи мұхитда эса $\frac{c}{n_2} = v_2$.

(26.5) формулага мувофик

$$n_{2,1} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

У ҳолда ёруғликтің синиши қонуини $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ ёки $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$ күренишда ифодалаш мүмкін, яъни мұхиттің абсолют синдириш күрсаткичининг ёруғлик нурининг тушиш бурчаги синусига қўпайтмаси ўзгармас катталик бўлиб қолаверади:

$$\begin{aligned} n \cdot \sin \alpha &= \text{const}, \\ n_1 \cdot \sin \alpha &= n_2 \cdot \sin \beta. \end{aligned} \quad (26.8)$$

Бу оптик инвариантлик дейилади.

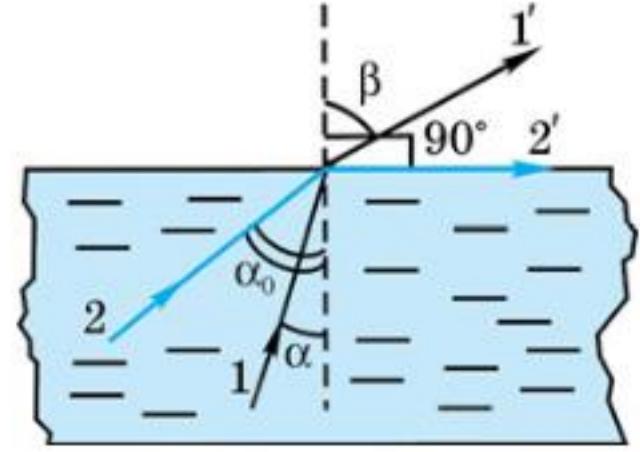
Ёруғлик нури бир мұхитдан иккінчи мұхитга ўтганда, унинг бошланғич йўналишдан оғиши кузатилади. Ёруғлик нурининг тушиш бурчаги қанчалик катта бўлса, унинг оғиш бурчаги шунча катта бўлади.

Ёруғликтің тўла ички қайтиши. Ёруғликтің оптик жиҳатдан зичлиги каттароқ мұхитдан оптик жиҳатдан зичлиги кичикроқ мұхитга ўтишини кўриб чиқамиз. Мазкур ҳолда нурининг тушиш бурчаги нурининг синиши бурчагидан кичик бўлади. Маълумки, нурининг тушиш бурчаги ортган сари синиши бурчаги ҳам ортади. Маълум бир пайтда α_0 тушиш бурчагига мос синиши бурчаги 90° га teng бўлсин (26.2-расм). Бунда ёруғлик нури икки мұхит чегараси бўйлаб кетади. Бундай ҳодиса тўла ички қайтиш деб аталади. Нур α_0 дан катта бурчак билан тушса, ёруғлик нури бириңчи (анча зич) мұхитдан чиқмайди. Ёруғлик нурининг синиши қонуни тўла ички қайтиш ҳоли учун қўйидагича ёзилади:

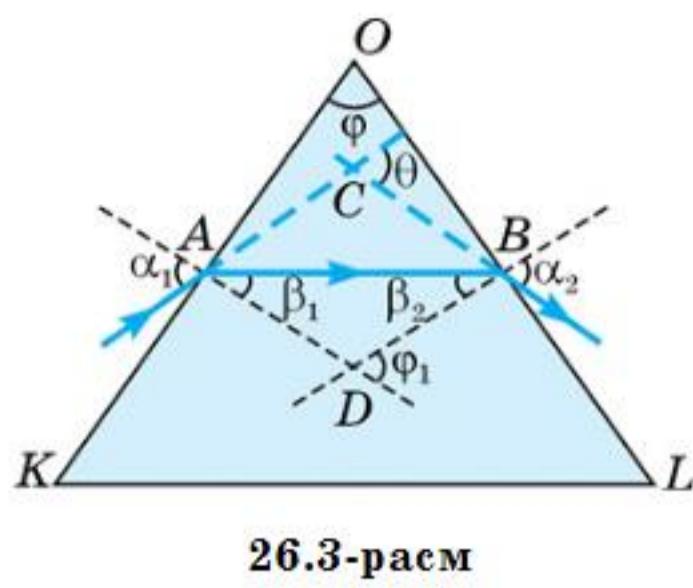
$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \text{ ёки } \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}.$$

Ҳаво ва вакуум учун $n_2 = 1$. Шунинг учун охирги формуладан ёруғликтің бирор мұхитдан ҳаво ёки вакуумга ўтиши бундай бўлади: $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n_1}$. Ушбу формуладан мұхиттің абсолют синдириш күрсаткичи катталигини топамиз:

$$n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_0}.$$



26.2-расм



26.3-расм

Призма. Ёруғликтің қайтиш ва синиши ҳодисалари күплаб оптик асбобларда күлланилади. Шундай асбоблардан бири призмадир. **Призма** кесишуви текисликтер билан чегараланган шаффоф жисмдан иборат. Кесишуви текисликтерден пайдо бўлган бурчак призманинг синдириш бурчаги, кесишуви текисликтерниң ўзи синдирувчи ёқлар деб аталади. Текисликтерниң кесишган чизиклари призманинг синдирувчи қирралари, синдириш бурчаги қаршисида ётган текислик призманинг асоси дейилади. Нурнинг призмада ўтган йўлини кўриб чиқамиз. 26.3-расмда нурнинг ўтган йўли ёруғликтің қайтиш ва синиши қонунларига мос келади. Призманинг KO синдирувчи ёқига α_1 бурчак остида ёруғлик нури тушсин.

Нур призмада сингандан кейин ўзининг тарқалиш йўналишини ўзгартириб, β_1 бурчак остида призманинг KL асосига параллел кетади (AB тўғри чизик). Призманинг иккинчи синдириш ёқига перпендикуляр ўтказиб, ёруғлик дастасининг унга β_2 бурчак остида тушишини кўриш мумкин. Нур призмадан α_2 бурчак остида чиқади. Синган ва тушган нурларнинг давоми C нуқтада кесишади. D нуқта призманинг синдирувчи қирраларига туширилган нормалларнинг кесишиш нуқтаси ҳисобланади. ϕ бурчак — призманинг синдириш бурчаги. θ бурчакни топамиз. Бу нурнинг дастлабки йўналишидан оғиш бурчагидир. **Оғиш бурчаги деб призмага кирган нур призмадан чиққан нур йўналишлари орасидаги бурчакка айтиласди.**

ABC учбурчак учун θ бурчак ташқи бурчак бўлиб, у ўзига қўшни бўлмаган иккита ички бурчакнинг йиғиндисига тенг. Демак, $\theta = \angle CAB + \angle CBA = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2)$ ёки $\theta = (\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 + \beta_2)$. ABD учбурчакда ϕ_1 бурчак ҳам ташқи бурчак, яъни $\phi_1 = \beta_1 + \beta_2$, ϕ , ϕ_1 бурчаклар эса томонлари ўзаро перпендикуляр бурчаклар бўлгани учун, улар ўзаро тенг: $\phi_1 = \phi$. У ҳолда $\theta = \alpha_1 + \alpha_2 - \phi$.

Ёруғликтің синиши қонунидан фойладаниб, тригонометрик алмаштиришларни бажариб, унча мураккаб бўлмаган ҳисоблашлар натижасида $\alpha_1 = \alpha_2$ ва $\beta_1 = \beta_2$ шартлар бажарилганда призманинг оғиш бурчаги энг кичик бўлишини исботлаш мумкин. Ҳисоблашларни давом эттириб, **юпқа призма формуласини оламиз:**

$$\theta_{\min} = (n - 1)\phi.$$

Ёруғликтің призмадан ўтгандан кейинги максимал оғиш шарти ушбу кўринишга эга:

$$\theta_{\max} = \alpha_1 + \frac{\pi}{2} - \phi.$$

Бу пайтда чиққан нур синдирувчи ёқ бўйлаб сирпанади.



1. Қандай ҳодиса ёруғликнинг синиши дөб аталади? Уни қандай күзатиш мүмкін?
2. Ёруғликнинг синиши таърифланға уни көлтириб чықарынг..
3. Ёруғликнинг абсолют ва нисбий синдириш күрсаткичларининг физик маъносини тушунтириң. Улар үзаро қандай бөлгелерге жеткізгендіктерінде көрсетілген?
4. Ёруғликнинг тұла ички қайтиши нима? У қачон күзатилади?
- *5. Призманинг асосий хоссаларини таърифланға
- *6. Призмадан үтгап нурнинг йүлини қандай аниқлаш мүмкін?

Масала ечиш намуналари

1-масала. Синиш бурчаги тушиш бурчагидан икки марта кичик бўлиши учун ёруғлик нури шиша сиртига қандай бурчак остида тушиши керак? Шишанинг синдириш күрсаткичи 1,5 га teng.

Берилган:

$$b = \frac{a}{2}$$

$$n = 1,5$$

Топиш керак:

$$a = ?$$

Ечилиши. $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ синиш қонунидан фойдалана-миз.

$b = \frac{a}{2}$ бўлгани учун, $a = 2b$. У ҳолда формула бундай ёзилади: $\frac{\sin 2\beta}{\sin \beta} = n$. Тригонометриядан маълумки, $\sin 2\beta = 2\sin \beta \cdot \cos \beta$.

Жумладан, $\frac{2\sin \beta \cdot \cos \beta}{\sin \beta} = n$ ёки $\cos \beta = \frac{n}{2}$. Бизга $\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1$ формула маълум. Бундан $\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{n^2}{4}} = \frac{\sqrt{4 - n^2}}{2}$. Синиш бурчаги синусининг бу қийматини формулага қўйиб, $\frac{2\sin \alpha}{\sqrt{4 - n^2}} = n$ га эга бўламиш.

Бундан ёруғлик нурининг тушиш бурчагини топамиш: $\sin \alpha = \frac{n\sqrt{4 - n^2}}{2}$.

Сон қийматларини ўрнига қўйсак, $\sin \alpha = \frac{1,5\sqrt{4 - 2,25}}{2} = 0,992$ чиқади, жумладан, $\alpha = 83^\circ$.

2-масала. Чуқурлиги $H = 2$ м бўлган кўлнинг сиртида $r = 3$ м радиусли ёғоч диск сузиб юрибди. У сочувчи ёруғлик билан ёритилган. Кўл тубидаги ёғочнинг сояси ва ярим сояси радиусларини топинг.

Берилган:

$$H = 2 \text{ м}$$

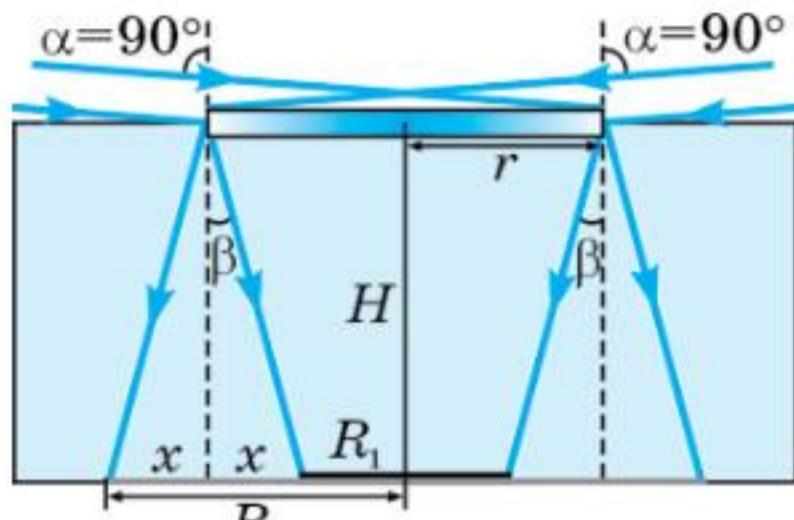
$$r = 3 \text{ м}$$

$$n = 1,3$$

Топиш керак:

$$R_1 = ?$$

$$R_2 = ?$$



26.4-расм

Ечилиши. Диск сиртига сочилувчан ёруғлик тушаётгани учун ёруғликнинг тушиш бурчаги 0° дан 90° гача бўлган исталган бурчак. Агар ёруғликнинг тушиш бурчаги 90° бўлса, кўлнинг тубида тўлиқ соя соҳаси кузатилади. Ярим соянинг максимал радиуси ҳам тушиш бурчаги 90° бўлганда кузатилади (26.4-расм). Ёруғликнинг қайтиш қонунга кўра $\frac{\sin 90^\circ}{\sin \beta} = n$. Бундан $\sin \beta = \frac{1}{n}$

Расмдан кўринадики, $R_1 = r - x$, $R_2 = r + x$ ва $x = H \cdot \tan \beta$. У ҳолда $R_1 = r - H \cdot \tan \beta$ ва $R_2 = r + H \cdot \tan \beta$. $\tan \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$ ҳамда синиш қонуни формуласини иnobатга олсак, $\tan \beta = \frac{1 \cdot n}{n \sqrt{n^2 - 1}} = \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}$. Бинобарин, соя ва ярим соя радиуслари мос равища

$$R_1 = r - \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}} \text{ ва } R_2 = r + \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

бўлади. Сон қийматларини қўйиб ҳисоблаймиз, $R_1 = 0,6 \text{ м}$ ва $R_2 = 5,4 \text{ м}$.

Жавоб: 0,6 м; 5,4 м.



12-машқ

1. Олмос ва шишанинг абсолют синдириш кўрсаткичлари мос равища 2,42 ва 1,5. Агар ўша моддаларда нурнинг тарқалиш вақти бир хил бўлса, шу моддалар қалинликларининг нисбатлари қандай?

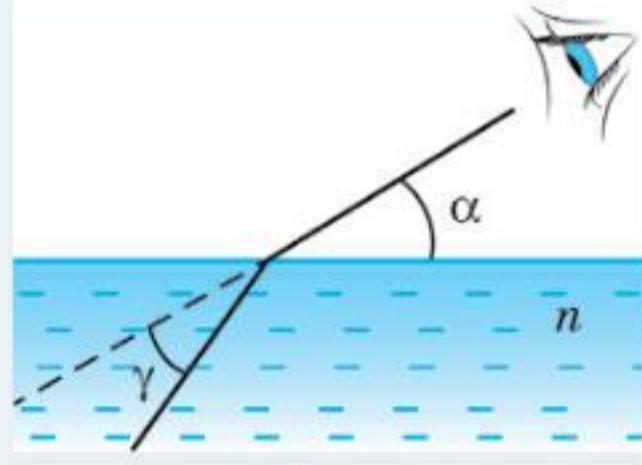
Жавоб: 0,62.

2. Қуёш нурининг ҳаводан шишага ўтгандаги тушиш бурчаги 60° , синиш бурчаги 30° . Ёруғликнинг шишадаги тарқалиш тезлигини ва тўла ички қайтиш бурчагини топинг.

Жавоб: $1,73 \cdot 10^8 \text{ м/с}$; 35° .

3. Ўртасидан синган таёқ сувга шундай ботирилганки, бунда қирғоқда турган ва таёқнинг сувга ботмаган қисми бўйлаб қараб турган кузатувчига у горизонт билан 30° ли бурчак ҳосил қилган тўғри чизик каби кўринади (26.5-расм). Таёқ қандай бурчак билан синган? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $4/3$.

Жавоб: 20° .



26.5-расм

- *4. 10 см баландликда сув билан тўлдирилган стакан тубида чақа ётибди. Кузатувчи чақани сув сиртидан қандай чуқурликда кўради? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $4/3$.

Жавоб: 7,5 см.

27-§. Линзалар. Юпқа линза формуласи



Таянч түшүнчалар:

- ✓ линза
- ✓ қалин линза
- ✓ юпқа линза
- ✓ оптик күч

Бугундарсда:

- линзадатасвир ясашни;
- юпқа линза формулаларидан масалаларе чишкада фойдаланишиңи ўрганасиз.

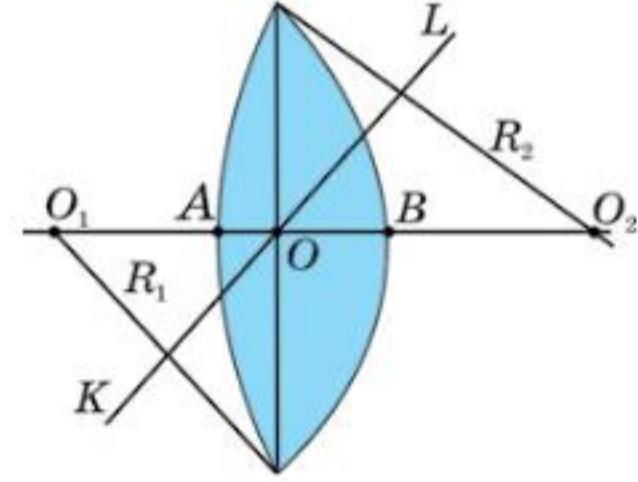


Кўплаб оптик асбобларда, жумладан, телескопларда, микроскопларда, фотоаппаратларда, проекцион аппаратларда, дурбинларда, кўзойнакларда линзаларда қўлланилади. *Линза* — икки томони сферик сиртлар билан чегараланган шаффоф жисм. Улар сочувчи ва йигувчи линзалар бўлиб иккига бўлинади. Сочувчи линзалар ўзи орқали ўтган ёруғликни сочади, йигувчи линзалар эса уларни бир нуқтага йигади. Йигувчи линзанинг ўртаси четига қараганда қалин бўлади, сочувчи линзаларда эса аксинча, чети қалин, ўртаси юпқа бўлади.

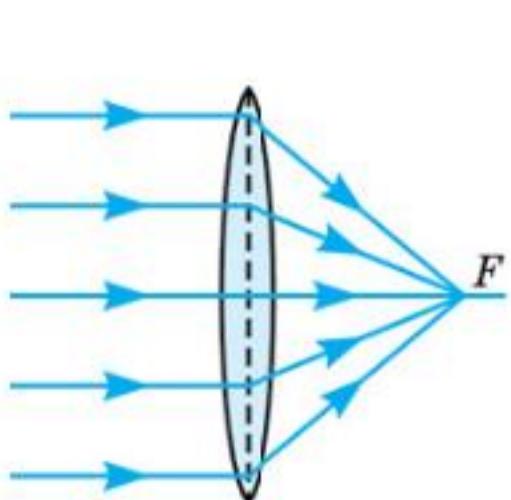
Линзага оид асосий түшүнчалар ва унинг тавсифлари. 27.1-расмда тасвирланган линзани кўриб чиқамиз. Расмдаги O_1 ва O_2 — линзани ҳосил қилувчи сферик сиртларнинг эгрилик марказлари, R_1 ва R_2 — сферик сиртларнинг эгрилик радиуслари. Линзани ҳосил қилган сферик сиртларнинг эгрилик марказлари орқали ўтган тўғри чизик линзанинг бош оптик ўқи дейилади. Линзанинг бош оптик ўқида, линзалар марказида ўтган О нуқта линзанинг оптик маркази деб аталади. Оптик марказ орқали ўтган нурлар синмайди, яъни тарқалиш йўналишини ўзгартирамайди. Оптик марказ орқали ўтувчи, лекин эгрилик маркази орқали ўтмайдиган тўғри чизиклар KL ёрдамчи (қўшимча) оптик ўқлар дейилади. Бош оптик ўқининг линза сиртлари билан кесишадиган А ва В нуқталари линза қутблари деб аталади. Линза қутблари орасидаги масофа линза қалинлигини беради. Агар линзанинг қалинлиги уни ҳосил қилган сферик сиртларнинг эгрилик радиусига тахминан teng бўлса, у қалин линза, агар бу қалинлик линзанинг эгрилик радиусидан анча кичик бўлса, бундай линза юпқа линза дейилади.

Линзани ҳосил қилган сиртларнинг шаклига қараб линзалар қавариқ (яси қавариқ, икки томонлама қавариқ ва ботик-қавариқ) ва ботик (яси ботик, икки томонлама ботик ва қавариқ-ботик) линзаларга бўлинади.

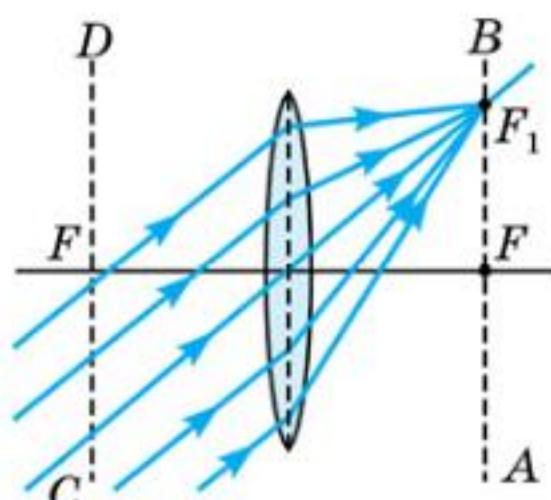
Агар йигувчи линзанинг бош оптик ўқига параллел ёруғлик нурлари туширилса, улар бир нуқтада, яъни линзанинг бош фокуси F да йигилади (27.2-расм). Бу нуқта линзанинг бош оптик ўқида ётади. Линзанинг икки томонида жойлашган иккита бош фокуси бор. Агар линзага унинг ёрдамчи оптик ўқига параллел



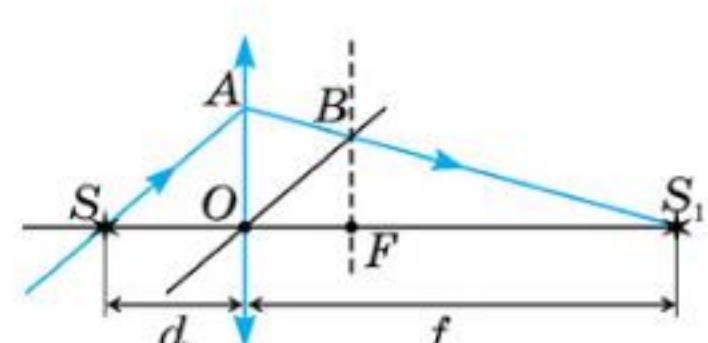
27.1-расм



27.2-расм



27.3-расм



27.4-расм

бұлган нурлар дастасини туширсак, улар ҳам бир нүктада, линзанинг қўшимча F_1 фокусида йиғилади. Бу нүкта линзанинг FF_1 фокал текислигиде ётади (27.3-расм). Линзанинг фокал текислиги деб линзанинг бош фокуси орқали линзанинг бош оптик ўқига перпендикуляр бўлган текисликка айтилади. Линзада иккита (DC ва AB) фокал текислик бор, қўшимча фокуслар сони эса чексиздир.

Амалда асосан юпқа линзалар ишлатилади. Қулайлик учун йиғувчи линза “ $\uparrow\downarrow$ ” белгиси, сочувчи линза “ $\left[\right]$ ” белгиси билан кўрсатилади.

Юпқа линза формуласи. Юпқа линза формуласини келтириб чиқарамиз. 27.4-расмга эътиборни қаратамиз. S — шуълаланувчи нүкта, S_1 — нүктанинг тасвири, SA — тушган нур, AS_1 — линза орқали ўтган нур, F — линзанинг бош фокуси, BF — линзанинг фокал текислиги, O — линзанинг оптик маркази, OB — линзанинг ёрдамчи ўқи (у тушган нур SA га параллел), B — линзанинг ёрдамчи фокуси. Буюм (ёруғ нүкта)дан линзанинг оптик марказигача бўлган SO масофани d ҳарфи, линзанинг оптик марказидан буюмнинг тасвиригача бўлган OS_1 масофани f ҳарфи, линзанинг OF фокус масофасини F ҳарфи билан белгилаб, бундай ҳисоблашларни бажарамиз. SAS_1 ва OBS_1 учурчаклар — учурчаклар ўхашлигининг учинчи аломатига кўра ўхаш учурчаклардир. Ўхаш учурчакларнинг мос томонлари ва томонларининг кесмалари пропорционал бўлади. Демак, $\frac{SS_1}{OS_1} = \frac{SO}{OF}$ ёки юқоридаги

белгилашлардан фойдалансак: $\frac{d + f}{f} = \frac{d}{F}$. Алмаштиришлардан сўнг $\frac{d}{f} + 1 = \frac{d}{F}$ оламиз. Тенгликнинг иккала томонини d га бўламиз, бунда

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}. \quad (27.1)$$

Бу формула *юпқа линза формуласи* дейилади.

Юпқа линза формуласини келтириб чиқаришнинг бошқа усулларини таклиф қилинг.

Охирги формулани қўлланишининг асосий хусусиятларини кўриб чиқамиз. Линзада қандай тасвир (ҳақиқий ёки мавҳум) ҳосил бўлишига

қараб ва линзанинг қандай линза (йиғувчи, сочувчи) эканига боғлиқ ҳолда бу формула қуйидаги күринишиларда ифодаланиши мүмкин.

1. Йиғувчи линзада ҳақиқий тасвир ҳосил бўлса, $d > 0$ (мусбат), $f > 0$ (мусбат) ва $F > 0$ (мусбат) бўлади. Юпқа линза формуласи бу ҳол учун қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

2. Йиғувчи линзада мавҳум тасвир ҳосил бўлганда $d > 0$ (мусбат), $f < 0$ (манфий) ва $F > 0$ (мусбат) бўлади. Юпқа линза формуласи

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

3. Сочувчи линза ҳар доим мавҳум тасвир беради, яъни $d > 0$ (мусбат), $f > 0$ (мусбат) ва $F < 0$ (манфий). Юпқа линза формуласи

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}.$$

Линзанинг оптик кучи. Линза нурларни қандай синдиришини аниқлаш учун линзанинг оптик кучи деб аталувчи физик катталиқ киритилади. У D ҳарфи билан белгиланади. *Линзанинг оптик кучи деб унинг бош фокус масофасига тескари катталиқка айтилади.* *Линзанинг оптик кучининг физик маъноси ёруғлик нурларининг линзадан ўтишдаги синиш даражасини тавсифлашдан иборат:*

$$D = \frac{1}{F} \quad (27.2)$$

ёки

$$D = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Линзанинг оптик кучи диоптрия билан ўлчанади:

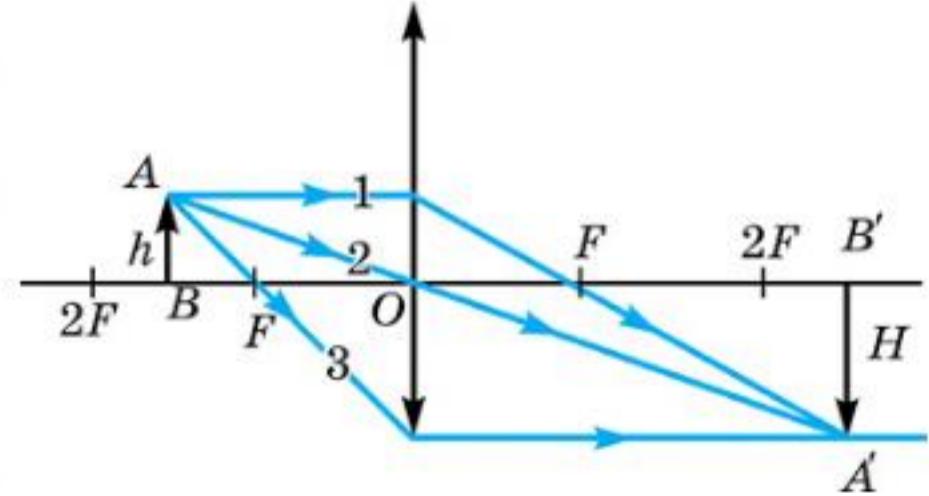
$$1 \text{ дптр} = 1 \text{ м}^{-1}.$$

Линзаларда тасвирлар ясаш. Линзаларда тасвир ясаш учун қуйидаги асосий учта нурлардан фойдаланилади (27.5-расм).

1. Бош оптик ўққа параллел нурлар линзада сингандан сўнг, унинг фокуси орқали ўтади.

2. Линзанинг оптик маркази орқали ўтувчи нур синмайди.

3. Линзанинг бош фокуси орқали ўтувчи нур линзада сингандан кейин бош оптик ўққа параллел равища кетади.



27.5-расм

Йиғувчи линзада буюмнинг ҳақиқиј ва мавҳум тасвирлари ҳосил бўлиши мумкин. Ҳақиқиј тасвир синган нурлар ўзаро кесишганда, мавҳум тасвир эса нурларнинг ўзлари эмас, уларнинг давомлари кесишганда ҳосил бўлади.

Линзаларнинг катталаштириши. Линза буюмнинг катталаштирилган ёки кичиклаштирилган тасвирини беради. *Линзанинг чизиқли катталаштириши* деб тасвирининг чизиқли ўлчамининг буюмнинг чизиқли ўлчамига нисбати билан аниқланадиган физик катталикка айтилади:

$$\Gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{H}{h}. \quad (27.3)$$

27.5-расмдан

$$\Gamma = \frac{f}{d} \quad (27.4)$$

эканини исботлаш мумкин. Бу ерда d — буюмдан линзагача, f — линзадан тасвиргача бўлган масофа.

Сочувчи линзадаги буюмнинг тасвири ҳар доим кичиклаштирилган, тўгри (тўнтарилмаган) ва мавҳум бўлади. Йиғувчи линза эса буюмнинг қаерда туришига боғлиқ ҳолда ҳақиқиј, мавҳум, катталаштирилган ёки кичиклаштирилган тасвирини ҳосил қиласди.

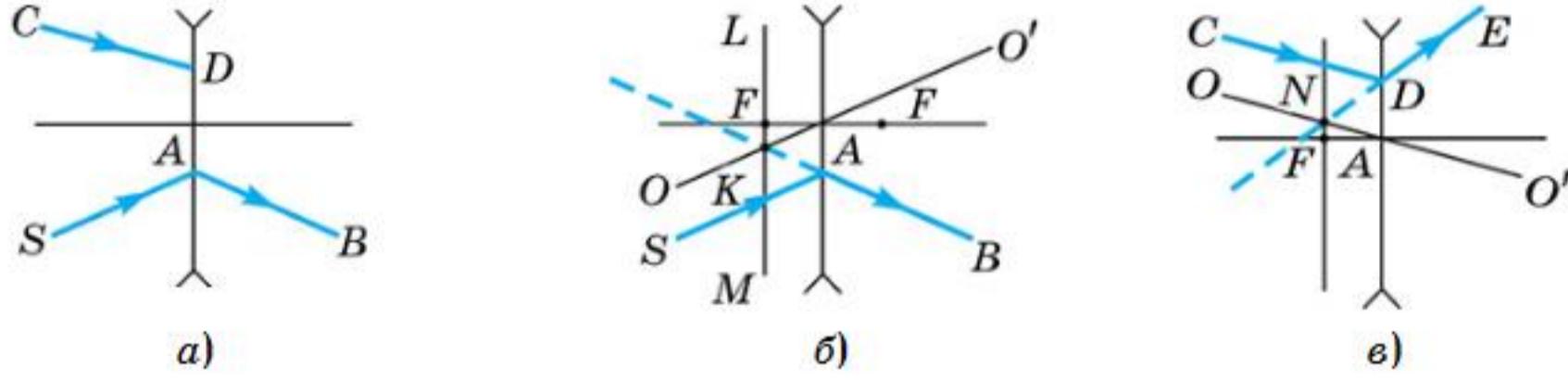


1. Линза нима? Унинг қандай турларини биласиз?
2. Сочувчи линзанинг йиғувчи линзадан фарқи нимада? Бир нечта фарқларини курсатинг.
3. Линзанинг оптик маркази ва фокуси нима? Линзанинг бош ва қўшимча оптик ўқлари деб нимага айтилади?
4. Йиғувчи линзанинг фокусини тажриба орқали қандай аниқлаш мумкин? Сочувчи линза фокусини-чи?
5. Йиғувчи линзанинг фокуси қандай? Сочувчи линзанинг фокуси-чи?
6. Қандай текислик фокал текислик дейилади?
7. Қўшимча фокус ёрдамида линзанинг бош фокусини қандай топиш мумкин?
8. Қандай тасвир ҳақиқиј, мавҳум деб аталади?
- *9. Юпқа линза формуласини келтириб чиқаринг, уни таҳлил қилинг. Буюм ва линзаларнинг жойлашиши турлича бўлган ҳоллар учун юпқа линза формуласидан фойдаланинг: а) $d > 2F$; б) $d = 2F$; в) $d = F$; г) $d < F$. Сочувчи ва йиғувчи линзаларни қараб чиқинг.
10. Қуйидаги ҳоллар учун буюмларнинг тасвирларини ясанг; а) буюм линзанинг бош фокусида; б) буюм линза ва унинг бош фокуси оралиғида жойлашган. Олинган тасвирларни тавсифлаб беринг.
11. Линза атрофидагимуҳит линзадан нурларнинг ўтишига қандай таъсир кўрсатади?
12. Линзанинг оптик кучи нима?
13. Линзанинг чизиқли катталаштириши нима? “Линзанинг катталаштириши 0,25 га teng” деган жумлани қандай тушунасиз?
- *14. Агар линзанинг ярми ношаффофтўсиқ билан ёпилса, линзада буюмнинг тўлиқ тасвири ҳосил бўладими?
- *15. Параллел ёруғлик дастаси иккита йиғувчи линзадан чиққандан кейин параллелигича қолиши учун улар қандай жойлашган бўлиши керак? Чизмасини ясанг.

Масала ечиш намуналари

1-масала. 27.6, а-расмда сочувчи линзадан сингандан кейинги нурнинг SA йўли кўрсатилган. Ясашлар орқали линзанинг бош фокуслари вазиятини топинг. CD нурнинг давомини кўрсатинг.

Ечилиши. SA нурга параллел қўшимча OO' ўқини ўтказамиз (27.6, б-расм). Бу ўқ синган AB нурнинг давоми қўшимча ўқ билан LM фокал текисликда ётувчи K нуқтада кесишади. Сочувчи линзанинг бош фокуси фокал текисликда линзанинг бош оптик ўқи билан кесишадиган нуқта бўлади. CD нурнинг кейинги йўлини (давомини) топиш учун OO' тўғри чизик ўткамиз (27.6, в-расм). OO_1 тўғри чизик линзанинг оптик марказидан CD нурга параллел равиша ўтказилган. Шу тўғри чизик линзанинг LM фокал текислиги билан кесишган N нуқта линзанинг қўшимча фокуси бўлади. N ва D нуқталар орқали тўғри чизик ўтказиб, CD нурнинг линзадан сингандан кейинги йўлини топамиз. Бу DE тўғри чизиқдан иборат.



27.6-расм

2-масала. Фокус масофаси F_1 бўлган юпқа линза буюннинг тўғри тасвирини $\Gamma_1 = \frac{2}{3}$ га катталашибдириди. Агар шу линза буюм ва линза орасидаги масофани сақлаган ҳолда оптик кучининг модули айнан шундай бўлган бошқа йиғувчи линза билан алмаштирилса, линзанинг катталашибтириши қандай бўлади (27.7-расм)?

Берилган:

$$\Gamma_1 = \frac{2}{3}$$

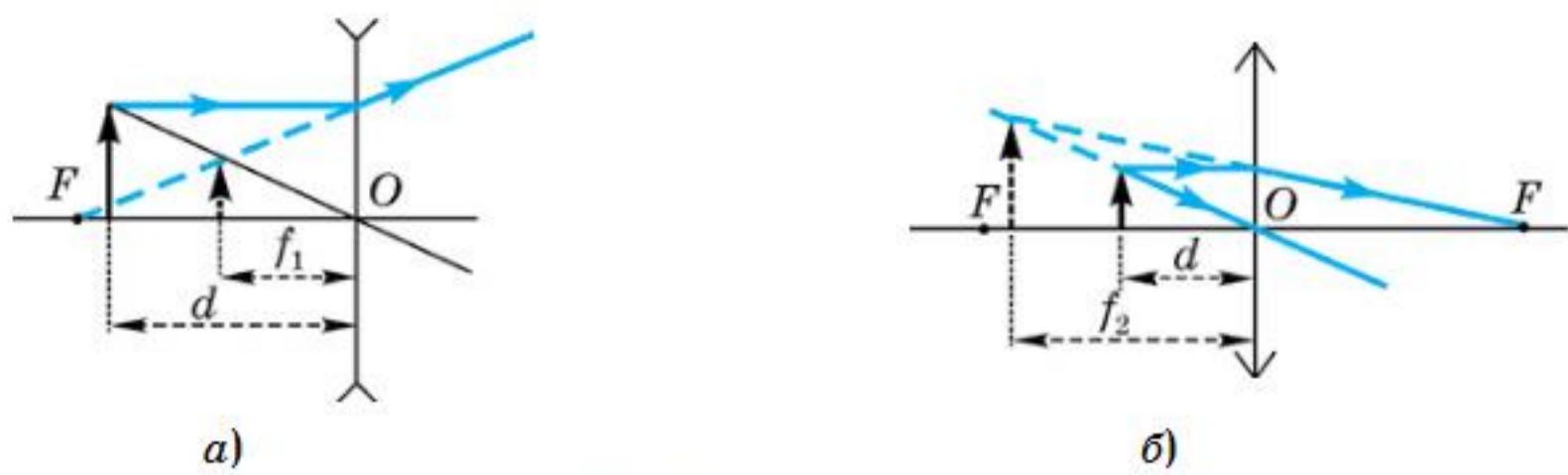
Топиш керак:

$$\Gamma_2 = ?$$

Ечилиши. Дастрлаб сочувчи линза билан иш юритдик, чунки фақат унинг ёрдамида кичрайтирилган тўғри (тўнкарилмаган) тасвир олиш мумкин. Сочувчи линза учун юпқа линза формуласи ушбу кўринишга эга:

$$-\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_1}. \quad (27.5)$$

Линза сочувчи бўлгани учун, унинг F фокус масофаси олдига “-” ишораси қўйилади. Модомики, тасвир мавҳум экан, тасвирдан линзагача бўлган масофа ҳам “-” ишора билан олинади. Линзанинг катталашибтириши 0,5 дан ортиқ, демак, буюм линзанинг фокуси билан унинг оптик маркази орасида жойлашган. Сочувчи линзанинг йиғувчи линза



27.7-расм

билин алмаштиргандан кейин буюмнинг тасвирини f_2 масофада оламиз (27.7, б-расм), шунинг учун линзанинг катталаштириши үзгаради. Бу ҳол учун юпқа линза формуласи қуйидагича ёзилади:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_2}. \quad (27.6)$$

Қаралаётган ҳолда йиғувчи линза мавҳум ($d < F$), катталаштирилган, түғри тасвир бергани учун, f_2 нинг олдига “-” ишораси қўйилади. Линзанинг катталаштиришини мос равишда бундай топамиз: $\Gamma_1 = \frac{f_1}{d}$ (биринчи ҳолда), $\Gamma_2 = \frac{f_2}{d}$ (иккинчи ҳол учун). Бундан

$$f_1 = \Gamma_1 d, \quad (27.7)$$

$$f_2 = \Gamma_2 d \quad (27.8)$$

формулалар келиб чиқади. Масаланинг шартига кўра $d_2 = -d_1$, яъни $\frac{1}{F_2} = -\frac{1}{F_1}$. Демак, $-\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_2}$, бундан

$$\frac{2}{d} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}. \quad (27.9)$$

Бу формулага f_1 ва f_2 нинг қийматларини қўйиб, ушбу тенгликни оламиз:

$$\frac{2}{d} = \frac{1}{\Gamma_1 d} + \frac{1}{\Gamma_2 d} \text{ ёки } \Gamma_2 = \frac{\Gamma_1}{2\Gamma_1 - 1} = 2.$$

Масалада келтирилган ҳолни график кўринишда учта асосий (ажойиб) нурдан фойдаланиб кўрсатиш мумкин (27.7, а, б-расмлар).

Жавоб: $\Gamma_2 = 2$.



13-машқ

- Иккита соат ойнасини елимлаб, “қавариқ” линза ясалди. Шу линза сувдаги ёруғлик дастасига қандай таъсир кўрсатади? Жавобингизни расм асосида тушунтиринг.

Жавоб: сочилади.

2. Йиғувчи линза ёрдамида буюмнинг мавҳум тасвирини қандай олиш мүмкін? Жавобни линзадаги нурларнинг йўлини ясаш орқали тушунтиринг.

Жавоб: атроф-муҳитга боғлиқ.

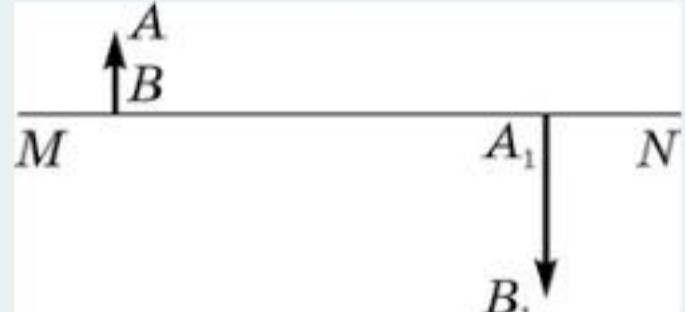
3. Қачон йиғувчи линза ёрдамида олинган тасвирнинг баландлиги буюмнинг баландлигига teng бўлади? Жавобни линзада нурларнинг йўлини ясаш орқали тушунтиринг.

Жавоб: буюм линзадан $2F$ масофада бўлганда.

4. Линзанинг MN бош оптик ўқи, AB буюм ва унинг A_1B_1 тасвири берилган (28.8, *a*, *b*-расмлар). Линзанинг оптик марказини ва унинг фокус масофасини топинг.



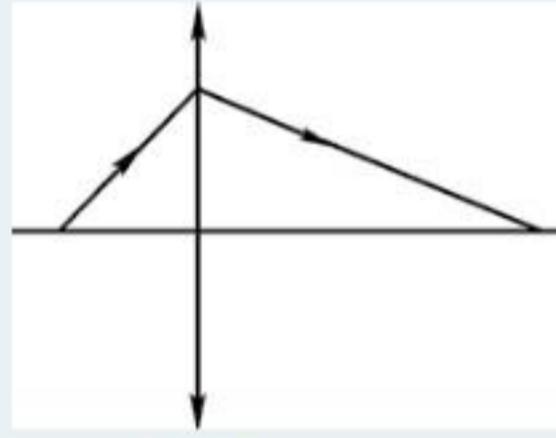
a)



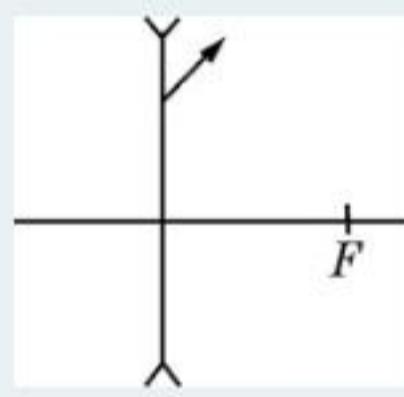
b)

27.8-расм

5. Линзанинг бош оптик ўқи ва нурлардан бирининг йўли берилган (27.9-расм). Линзанинг фокусини топинг.

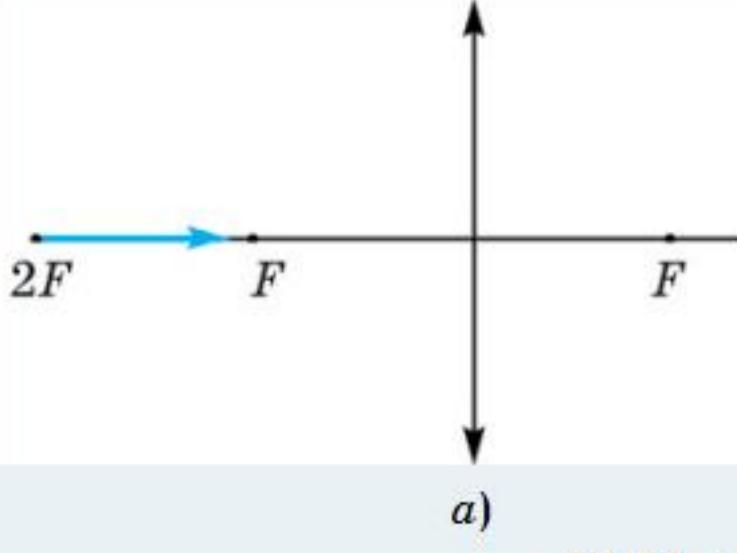


27.9-расм

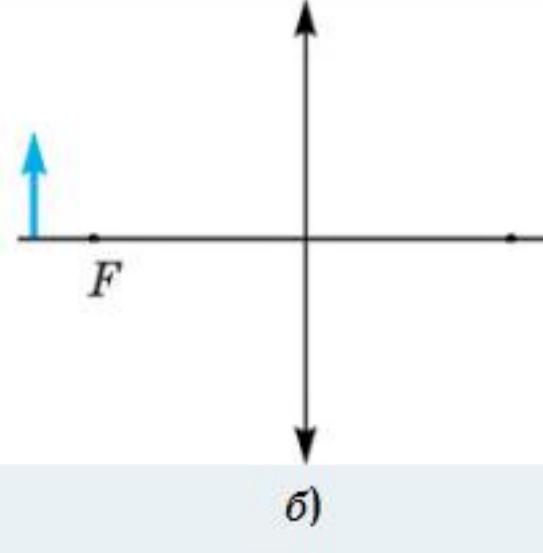


27.10-расм

6. 27.10-расмда фокус масофаси F бўлган линзадан ўтган нурнинг йўли берилган. Нурнинг линзагача бўлган йўлини чизинг.
7. Берилган буюмнинг линзадаги тасвирини ясанг (27.11, *a*, *b*-расмлар). Бу қандай тасвир?



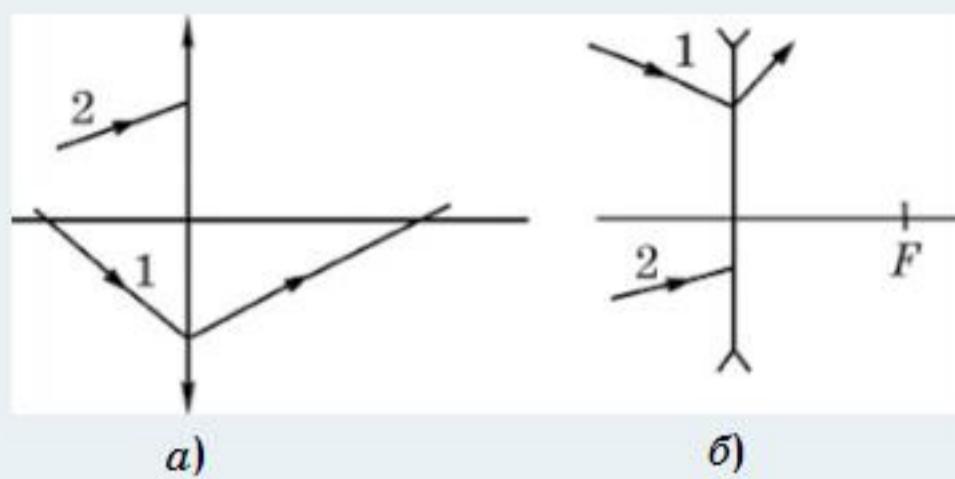
a)



b)

27.11-расм

- 8.** 27.12, а, б-расмларда линзадаги 1-нурнинг йўли кўрсатилган. Ясаш орқали 2-нурнинг йўлинни топинг.



27.12-расм

- 9.** Экранда юпқа линза ёрдамида буюмнинг 2 марта катталаштирилган тасвири олинган. Буюм 1 см га силжитилди. Аниқ тасвир олиш учун экранни силжитиш керак бўлди. Ўша пайтда катталаштириш 4 марта бўлиб чиқди. Экранни қандай масофага силжитиш керак?

Жавоб: 8 см.

- 10.** Буюм йигувчи линзанинг олдига, ундан 20 см масофага бош оптик ўққа жойлаштирилди. Унинг ҳақиқий тасвири $4F$ масофада олинди (F — линзанинг фокус масофаси). Линзанинг оптик кучини топинг.

Жавоб: 6,67 дптр.

- *11.** Буюм йигувчи линза олдига ундан $1,5 F$ масофада бош ўптиқ ўққа қўйилган. Бунда тасвир линзадан 21 см масофада ҳосил бўлади. Линзанинг фокус масофасини топинг.

Жавоб: 7 см.

- *12.** Нуқтавий ёруғлик манбай билан экран орасидаги масофа 3 м. Уларнинг орасига қўйилган линзада буюмнинг аниқ тасвири линзанинг бир-биридан 1 м масофада жойлашган икки вазиятида ҳосил бўлади. Линзанинг фокус масофасини топинг.

Жавоб: 0,67 см.

28-§. Оптик асбоблар



Таянч тушунчалар:

- ✓ фотоаппарат
- ✓ микроскоп
- ✓ күз
- ✓ күзойнак
- ✓ коллиматор

Бугундарда:

- линзалар системасиданурлар йүлини ясашни;
- телескоп, микроскоп, лупадаги нурлар йүлини ясашни ва тушунтиришни ўрганасиз.



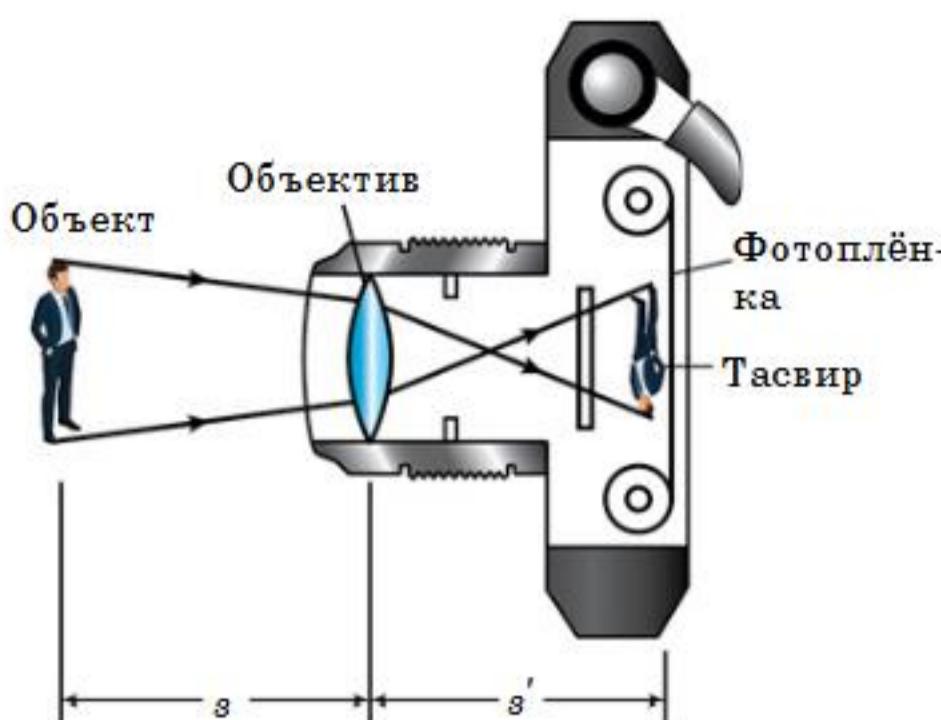
Геометрик оптика қонунлари жуда күп оптик асбобларнинг асосини ташкил қиласы, уларнинг асосий қисми буюмнинг тасвирини ҳосил қиладиган оптик системадан иборат. Құлланилишига күра оптик асбоблар проекцион аппарат, микроскоп, телескоп, фотоаппарат ва бошқаларга бўлинади.

Проекцион оптик асбоблар. Проекцион асбобларга экранда буюмнинг ҳақиқий, катталаштирилган тасвирини ҳосил қиладиган оптик асбоблар киради. Бундай асбоблар уч турга бўлинади: *диаскоп* (диа — шаффоф), у экранда шаффоф буюмларни проекциялади; *эпископ* — экранда ношаффоф буюмларни проекциялади; *эпидиаскоп* — экранда ҳам шаффоф, ҳам ношаффоф буюмлар тасвирини ҳосил қиласы.

Барча ҳолларда ҳам буюм объектив, фокус ва иккиланган фокус оралиғига жойлаштириллади. Буюм қанчалик фокусга яқин жойлашган бўлса, проекцион асбобда шунча катталаштирилган тасвир ҳосил бўлади. Диаскопда қувватли ёруғлик манбаи бўлиб, унинг ёруғлик оқими конденсатор (линзалар системаси) ёрдамида диапозитивга (шаффоф объект) йўналтириллади. Ёруғлик оқимини кучайтириш учун баъзида ёруғлик манбанинг ортига ботик кўзгу қўйилади, у ёруғликни қайтариб, сўнгра линзалар системасига йўналтиради. Конденсатор шундай жойлаштириллади, у кучсиз ёруғлик манбанинг тасвирини объективга беради, у эса ўз навбатида диапозитивни экранга проекциялади.

Ношаффоф буюмларни, масалан, китобдаги расмларни кўрсатиш учун уларни ботик кўзгунинг фокусида жойлашган ёруғлик манбайдан келадиган нурлар ёрдамида кучли ёритиш керак. Ёруғлик оқими расмдан қайтиб ясси кўзгуга тушади, сўнгра ёруғлик кучли ёритилган объектив ёрдамида экранга тушади. Бундай асбоб *эпископ* деб аталади.

Фотоаппарат. *Фотоаппарат* — бу линзалар системасидан иборат оптик асбоб бўлиб, унинг ёрдамида тасвирни сақлай оладиган ёруғликни сезувчан плёнкадан буюмнинг тасвири олинади. *Фотоаппаратнинг асосий қисмлари: объектив, ёруғлик ўтказмайдиган ношаффоф камера, фотоплёнкадан иборат* (28.1-расм). Объектив — тасвирни фотоплёнкага проекцияладиган линзаларнинг мураккаб системаси. Объектив ёрдамида сферик ва хроматик aberrациялар, астигматизм ва бошқа линзаларга хос оптик нуқсонлар тузатилади. *Фотоплёнка*



28.1-расм

тасвир аниқ бўлиши учун объектив билан фотоплёнка орасидаги масофани ўзгартириб туриш керак. Бу объективни силжитиш орқали амалга оширилади. Фотоплёнкага тушадиган ёруғлик энергиясининг микдори сурат сифатига таъсир қиласи. Шунинг учун фотоаппаратда ёруғликинг фактат аниқ бир вакт оралиғидагина ўтказадиган маҳсус затвор экспозиция вақтини белгилайди. Бу эса плёнканинг сифатига ва унинг ёритилганлигига боғлиқ бўлади. Фотоплёнканинг ёритилганлиги объективнинг ёруғлик кучига боғлиқ. Объективнинг ёруғлик кучи — объектив диаметрининг унинг фокус масофасига нисбатининг квадратига teng катталиқдир. Объективнинг ишчи диаметрини диафрагма ёрдамида ўзгартириш мумкин. Диафрагманинг тирқишини кичрайтириб, фотоаппаратда ҳар хил масофада жойлашган нуқталарнинг тасвирларини бир хил аниқликда олиш мумкин. Бунда одатда, аниқлик чуқурлиги ортган дейишиади.

Фотографиянинг аҳамиятини ортиқча баҳолаб бўлмайди. Ҳозирги пайтда фотография тез, рангли ва стереоскопик фотографияга айланди. У ҳаётнинг барча соҳаларида ишлатилади: унинг ёрдамида космик объекtlар, микрозарралар ҳақида ҳам маълумотлар, кўринмас нурларнинг изларини ҳам олиш мумкин. Бадий фотография ҳам ривожланган. Фотомухбирлар атрофимиздаги воқеалар ҳақида хабардор қилиб турадилар.

Кўз. Кўз — “тирик” оптик асбоб бўлиб, одамга ҳам, ҳайвонларга ҳам атроф-муҳитни таниб билишга имкон яратади. Кўз соққасининг тўр пардасида кўз буюмнинг кичиклаштирилган, ҳақиқий, тўнкарилган тасвирини беради. Кўзни тузилиши 28.2-расмда келтирилган.

1. *Склера* — кўз соққасининг ташқи пардаси.
2. *Шоҳ парда* — склеранинг олдинги шаффоф қисми (унинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,38$).
3. *Томир парда* — кўзни озиқлантирувчи қон томирларидан иборат, У склерага ички томондан қўшилади.

текислигига ҳақиқий, кичиклаштирилган, тўнкарилган буюм тасвири олинади.

Ёруғлик энергияси таъсирида фотоплёнкада кумуш бромид парчаланиб, негатив пайдо бўлади. Расмга олиш пайтида буюм иккиланган фокус масофасидан узокроққа қўйилади, шунда унинг тасвири фокус ва иккиланган фокус оралиғига ҳосил бўлади. Буюмдан объективгача бўлган масофа турлича бўлгани сабабли, тасвир аниқ бўлиши учун объектив билан фотоплёнка орасидаги масофани ўзгартириб туриш керак. Бу объективни силжитиш орқали амалга оширилади. Фотоплёнкага тушадиган ёруғлик энергиясининг микдори сурат сифатига таъсир қиласи. Шунинг учун фотоаппаратда ёруғликинг фактат аниқ бир вакт оралиғидагина ўтказадиган маҳсус затвор экспозиция вақтини белгилайди. Бу эса плёнканинг сифатига ва унинг ёритилганлигига боғлиқ бўлади. Фотоплёнканинг ёритилганлиги объективнинг ёруғлик кучига боғлиқ. Объективнинг ёруғлик кучи — объектив диаметрининг унинг фокус масофасига нисбатининг квадратига teng катталиқдир. Объективнинг ишчи диаметрини диафрагма ёрдамида ўзгартириш мумкин. Диафрагманинг тирқишини кичрайтириб, фотоаппаратда ҳар хил масофада жойлашган нуқталарнинг тасвирларини бир хил аниқликда олиш мумкин. Бунда одатда, аниқлик чуқурлиги ортган дейишиади.

Фотографиянинг аҳамиятини ортиқча баҳолаб бўлмайди. Ҳозирги пайтда фотография тез, рангли ва стереоскопик фотографияга айланди. У ҳаётнинг барча соҳаларида ишлатилади: унинг ёрдамида космик объекtlар, микрозарралар ҳақида ҳам маълумотлар, кўринмас нурларнинг изларини ҳам олиш мумкин. Бадий фотография ҳам ривожланган. Фотомухбирлар атрофимиздаги воқеалар ҳақида хабардор қилиб турадилар.

Кўз. Кўз — “тирик” оптик асбоб бўлиб, одамга ҳам, ҳайвонларга ҳам атроф-муҳитни таниб билишга имкон яратади. Кўз соққасининг тўр пардасида кўз буюмнинг кичиклаштирилган, ҳақиқий, тўнкарилган тасвирини беради. Кўзни тузилиши 28.2-расмда келтирилган.

4. Камалак парда — томир парданинг олдинги қисми. Одамларда камалак парданинг ранги турлича бўлади.

5. Кўзниң қорачиги — камалак парданинг ўртасидаги тешик, у орқали ёруғлик ўтади. Қорачиқнинг диаметри рефлектив равишда кўзга тушаётган ёруғлик миқдорига қараб 2 мм дан 8 мм гача ўзгариб туради.

6. Кўз гавҳари — икки ёқлама қавариқ линзага ўхшаш, шаффоф, эластик жисм, у тасвирни кўз соққасининг тўр пардасига проекциялади. Кўз гавҳарининг эгрилиги уни ҳар томондан ўраб турган мускуллар таъсирида ўзгариши мумкин, шу туфайли турли хил масофада жойлашган нукталарнинг тасвирлари тўғридан-тўғри тўрнинг сезувчан пардасига тушади. Бу жараён *аккомодация* деб аталади. Буюмнинг барча қисмларини энг яхши кўришга имкон берадиган масофа *энг яхши кўриш масофаси* деб аталади. Нормал кўз учун у 25 см га teng.

7. Кўз гавҳарини деморфациялайдиган мускуллар, унинг эгрилик радиусини ўзгаришга олиб келади. Шу билан бирга, бу мускуллар кўзни буриб, унинг ўқини буюм томонга йўналтиради. Ўнг ва чап кўз мускулларининг зўриқиши буюм кўзга яқинлашган сари кучайиб боради. Буюм яқин турганда ўнг ва чап кўзниң тўр пардаларидаги тасвирлари бир-биридан озгина фарқланади. Бу одамга буюмгача ва унинг қисмларигача бўлган масофани, шунингдек, унинг ҳажмини аниқлашга имкон беради.

8. Сувга ўхшаш суюқлик.

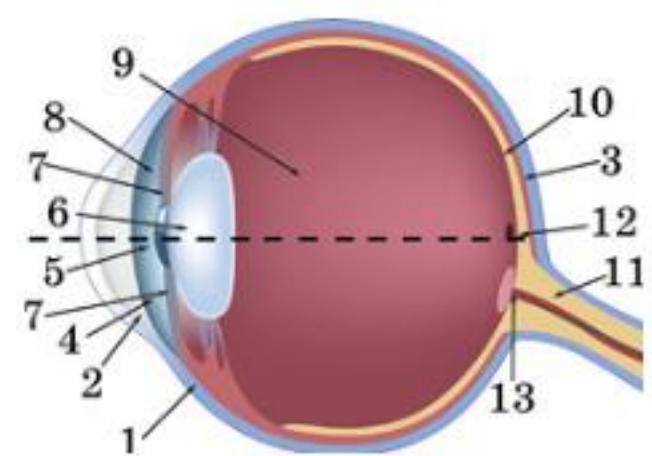
9. Кўз соққасининг ички қисми қуюқроқ шаффоф шишиасимон жисм билан банд.

10. Кўз соққасининг тубини тўлиқ ёпиб турадиган — *тўр парда*. У кўз асаб томирлари толаларидан иборат.

11. Кўриш асаблари учлари колбачалар ва таёқчалар деб аталадиган асаб томирларидан иборат. Улар ёруғликни сезувчан элементлардир.

12. Сарик дөг — пардадаги энг сезувчан жой.

13. Кўр дөг — кўриш асаб томирлари кирадиган тўр пардадаги жой. Кўзни фокус масофаси ўзгарувчан ва экрангача (тўр парда) бўлган масофа ўзгармайдиган оптик система сифатида қабул қилиш мумкин. Ёруғлик тўрчага тушади, унинг асаб томир учлари (колбачалар ва таёқчалар) қабул қилинган импульсни бош миянинг кўриш марказига юборади. Бу жараён кўриш образини шакллантиради. Кўзниң тузилиши хроматик ва сферик aberrацияларни йўқотиш қобилиятига эга. Улардан биринчиси кўз гавҳарининг орқа ва олдинги фокус масофаларининг teng эмаслиги, иккинчиси кўз тузилишининг бир жин-



28.2-расм

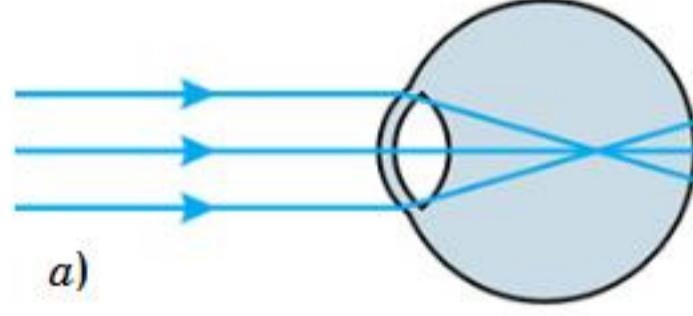
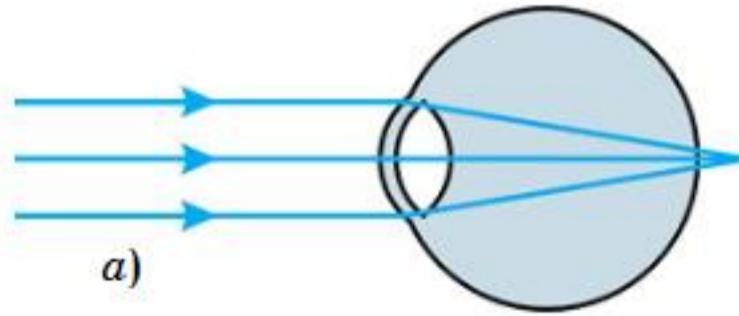
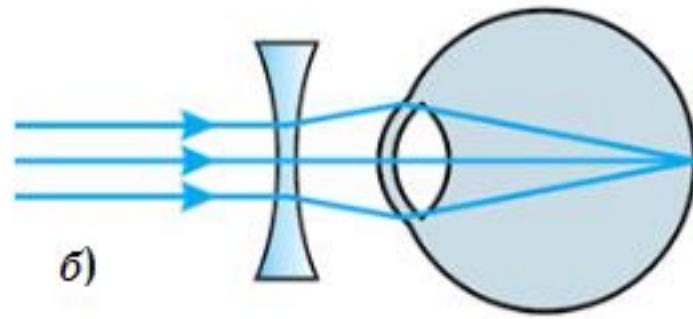
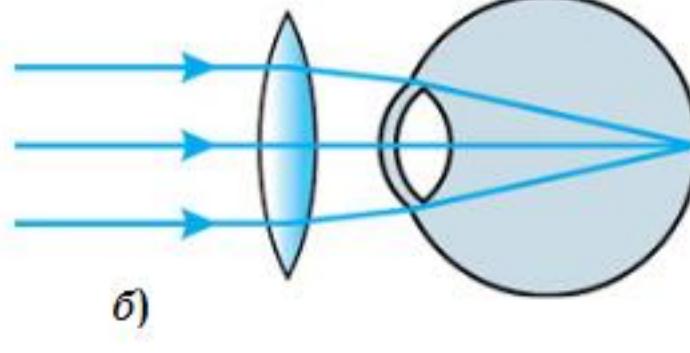
сли эмаслиги (синдириш күрсаткичи марказда 1.41, четларида 1.38) сабабли йўқотилади.

Ўзининг тузилиши бўйича кўз фотоаппаратга ўхшайди. Объектив ролини шишасимон жисм ва гавҳар бажаради. Аниқ тасвирни олиш аккомодация орқали амалга оширилади. Қорачик ўлчами ўзгариб турдиган диафрагма ролини бажаради.

Кўзойнак. Нормал кўриш қобилиятига эга одамда (энг яхши кўриш масофаси 25 см) буюннинг тасвири тўр пардада ҳосил бўлади. Айрим кишиларнинг кўзи зўриқмаган ҳолда тасвирни тўр пардада эмас, унинг олдида ҳосил қиласиди (28.3, *a*-расм). Кўзниг бу нуқсони яқиндан кўрарлик деб аталади. Яқиндан кўрадиган одам маълум бир масофадан бошлаб яқин жойлашган буюмларни яхши кўради, узоқдаги буюмларни равшан кўра олмайди. Бу нуқсонни тузатиш учун сочувчи линзалар ўрнатилган (минус деб аталади) кўзойнак тақилади (28.3, *b*-расм).

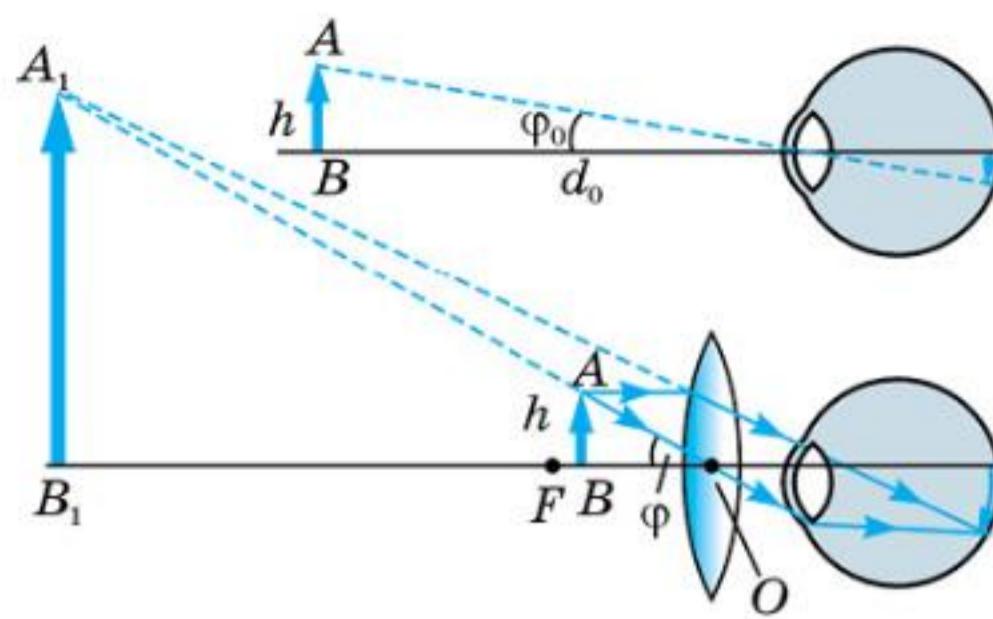
Агар кўз тўр парданинг орқасида тасвир берса, бундай нуқсон узоқдан кўрарлик дейилади (28.4, *a*-расм). Бундай нуқсони бор одамлар узоқдаги нарсаларни кўрса-да, унинг қисмларини аниқ ажратади. Яқин турган буюмларни узоқдан кўрувчи одам аниқ кўрмайди. Уларнинг аккомодациясининг қуий чегараси 25 см дан ортиқ кўрмайди. Узоқдан кўрарлик нуқсони йиғувчи линзалар ўрнатилган кўзойнак ёрдамида тузатилади (28.4, *a*, *b*-расмлар).

Лупа. Қаралаётган буюннинг жуда кичик қисмларини ажратади олиш учун кўриш бурчаги катта бўлиши керак. Кўриш бурчагини буюнни кўзга яқинлаштириш орқали катталаштириш мумкин, бу оптик асбоблар ёрдамида амалга оширилади. Катта кўриш бурчагига кўзниг тўр пардасидаги катта таъсир мос келади. Кичик бурчакларда тасвирлар ўлчамининг нисбати тахминан кўриш бурчакларининг нисбатига teng. Буюнни оптик асбоб орқали кузатгандаги кўриш бурчагининг қуролланмаган кўз билан қарагандаги кўриш бурчагига нисбати асбобнинг бурчак катталаштириши деб аталади: $\Gamma = \frac{\Phi}{\Phi_0}$.

*a)**a)**b)**b)*

28.3-расм

28.4-расм



28.5-расм

Күролланмаган күз билан қараганда буюмнинг кўриш бурчаги $j_0 = \frac{h}{d_0}$ бўлади, бу ерда $d_0 = 25$ см — энг яхши кўриш масофаси, h — буюмнинг чизиқли ўлчами.

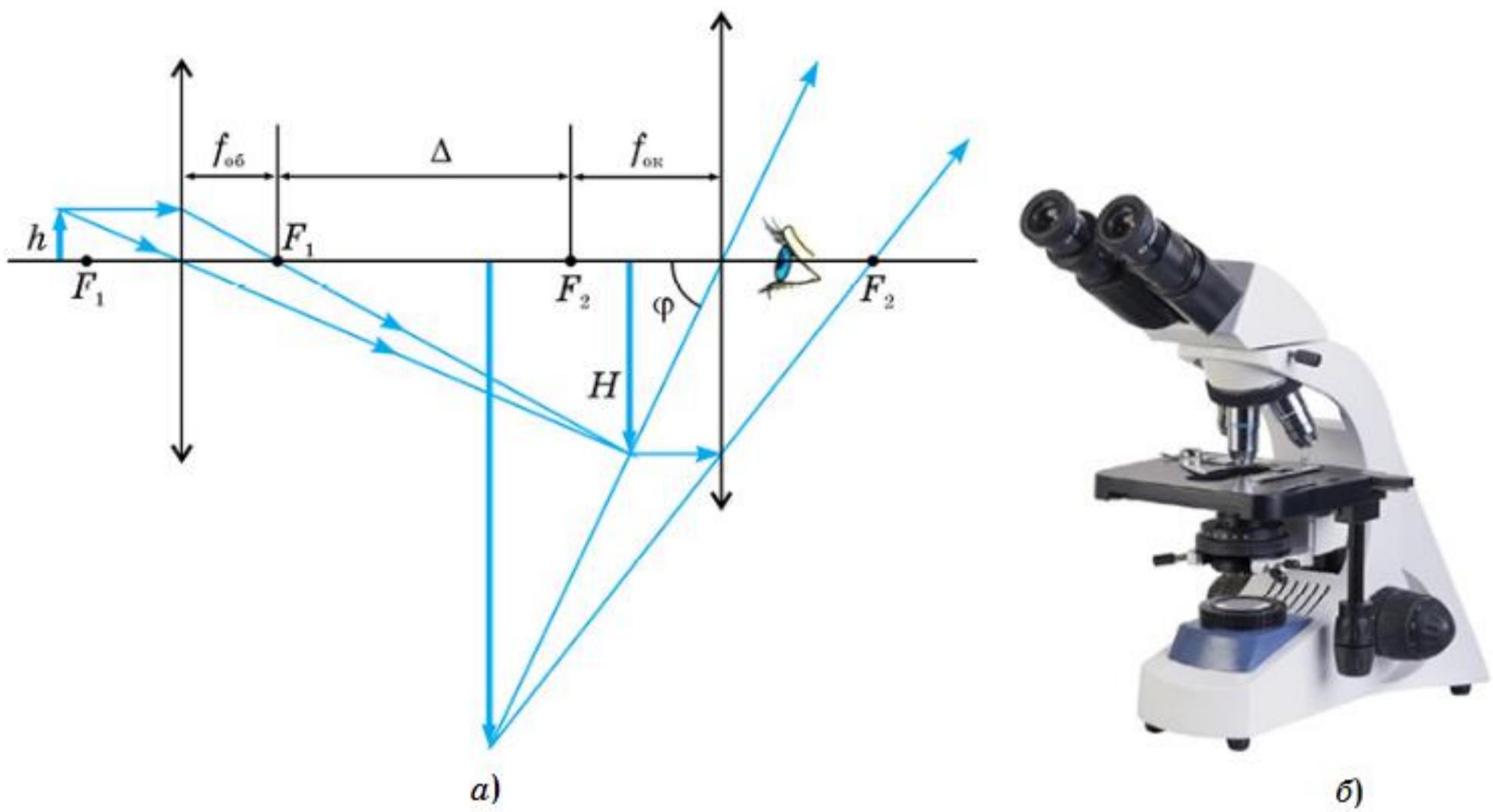
Кичик буюмларни кўришга мослашган энг содда асбоб қисқа фокусли линза ҳисобланади. ($F \approx 10$ см). Бу линза *лупа* дейилади. Лупани кўзга яқинлаштириб, буюм унинг фокал текислигига жойлаштирилади (28.5-расм). Бунда кўзни зўриқмасдан тўр пардада тасвир ҳосил бўлади. Лупа орқали қараганда буюм $j = \frac{h}{F}$ бурчак остида кўринади. Лупанинг бурчак катталаштиришини топамиз:

$$\Gamma = \frac{h/F}{h/d_0} = \frac{d_0}{F}. \quad (28.1)$$

Лупанинг катталаштириши унинг ўлчамлари билан чекланган. Маълумки, қавариқлиги катта бўлган линзанинг оптик кучи ҳам катта бўлади. Демак, линзанинг ўлчами кичиклаштирилганда, кўриш бурчаги камаяди. Бу эса лупани ишлатиш имкониятини қийинлаштиради. Шунинг учун катталаштириши 40 дан юқори бўлган лупалар қўлланилмайди. Лупадан соатсозлар, геологлар, ботаниклар, криминалистлар, филателистлар фойдаланишади.

Микроскоп. Жуда кичик буюмларни кўриш учун микроскоп ишлатилади. Энг содда микроскоп иккита линзанинг комбинациясидан иборатdir (28.6, a, b-расмларда микроскопнинг ташқи кўриниши ва ундаги нурлар йўли тасвирланган). Буюмга йўналтирилган узун фокусли йиғувчи линза *объектив* деб аталади. У буюмнинг ҳақиқий, катталаштирилган тасвирини беради. Бу тасвир кичик фокусли йиғувчи линза (лупа) орқали кўрилади, у *окуляр* деб аталади.

Кўрилаётган h буюм объективнинг F_1 фокуси оралиғига, фокусга яқинроқ жойлаштирилади. Бунда объектив буюмнинг ҳақиқий, катталаштирилган H тасвирини беради, у объективдан ташқарида окулярнинг фокусига яқин жойда (фокус билан оптик марказ орасида) ҳосил бўлади.



28.6-расм

Микроскопнинг катталашириши (Γ) деб микроскоп орқали күзатганда буюмнинг күринувчи жыныс бурчагининг энг яхши күриш масофасидан буюмни қоролланмаган күз билан қарагандаги жыныс күриш бурчагига нисбати билан аниқланадиган катталашириши айтиласди.

$j_0 = \frac{h}{d_0}$, $j = \frac{H}{F_2}$ бўлгани учун, микроскопнинг бурчак катталашириши

$$\Gamma = \frac{j}{j_0} = \frac{\frac{H}{F_2}}{\frac{h}{d_0}} = \frac{Hd_0}{F_2h} \quad (28.2)$$

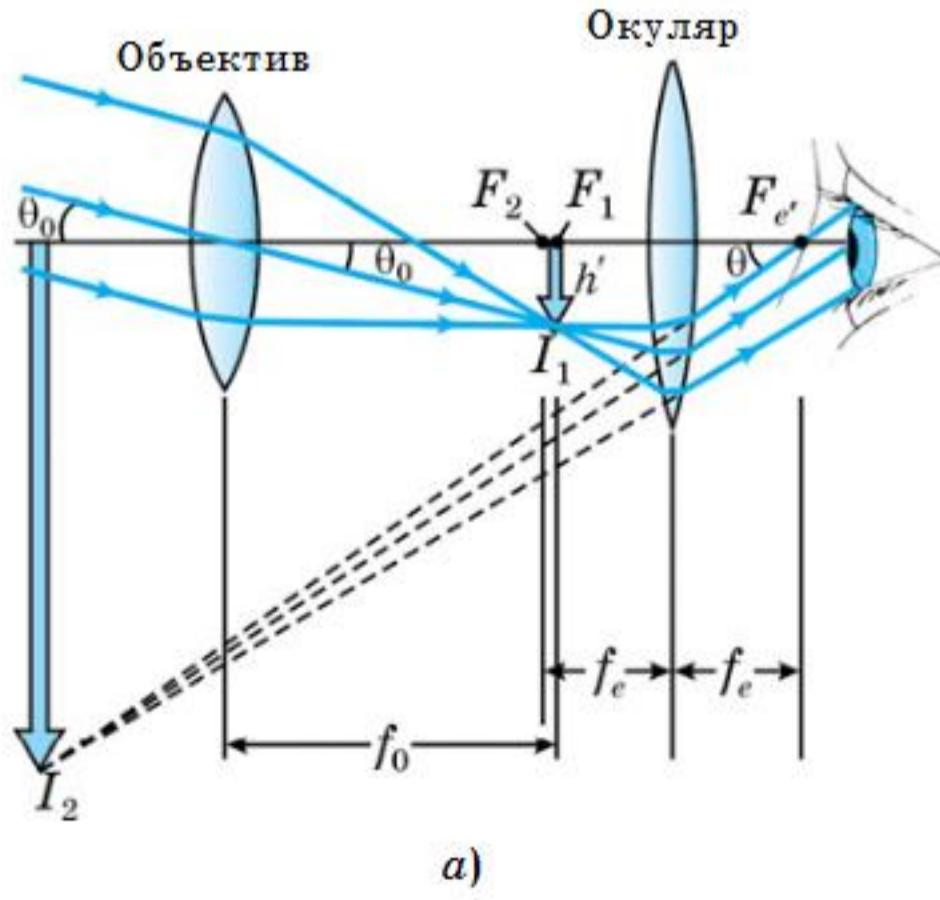
формула билан аниқланади, бу ерда h — буюмнинг чизиқли ўлчами, H — объектив берадиган тасвирнинг чизиқли ўлчами, F_2 — окулярнинг фокус масофаси, d_0 — энг яхши күриш масофаси.

Биринчи тасвирнинг чизиқли ўлчамини биринчи тасвирдан объективнинг фокусигача бўлган масофа тахминан объектив билан окулярнинг фокуслари орасидаги масофага тенг эканидан келиб чиқсан ҳолда топамиз, яъни $D \approx D + F_1$, чунки $F_1 < D$. Бинобарин, $\frac{H}{h} = \frac{\Delta}{F_1}$, бу ерда F_1 — объективнинг фокус масофаси. Объективнинг орқа фокуси билан окулярнинг олдинги фокуси орасидаги масофа Δ микроскоп тубусининг оптик узунлиги деб аталади. Буни (28.1) формулага қўямиз:

$$\Gamma = \frac{d_0 \Delta}{F_1 \cdot F_2}. \quad (28.3)$$

Хозирги оптик микроскоплар тасвири 2-3 минг марта катталаштиради. Қичик ўлчамдаги буюмларни күришга имкон берадиган оптик асбоблар билан бир қаторда, олисдаги буюмларни күриш имконини берадиган оптик асбоблар ҳам бор. Уларга телескоплар, күриш трубалари, дурбинлар ва ҳоказолар киради. Энг биринчи күриш трубасини Г.Галилей 1609 йилда ихтиро қылган. Масалан, күриш трубаси объективи ёрдамида буюм тасвири күзга яқин оралиқда ҳосил қилинади, сүнгра унга окуляр орқали лупа билан қарагандай қаралади.

Телескоп — осмон жисмлари (сайёралар, юлдузлар, кометалар)ни күзатышга мүлжалланган оптик асбоб. Телескоплар линзали (рефрактор, лотинча “refractus” — синдириш) ва күзгули (рефлектор, лотинча “reflectere” — қайтарувчи) бўлади. Биринчи күзгули телескопни 1671—1672 йилларда И. Ньютон яратган. Телескоп-рефлекторнинг объективи катта диаметрли параболик күзгудан иборат. Күзгуларда хроматик аберрация бўлмагани учун телескоп-рефлекторнинг телескоп-рефрактордан афзаллиги бор. Шу билан бирга, катта диаметрли күзгуни ясаш линзани ясашдан осонроқ. Шу туфайли замонавий катта телескопларнинг ҳаммаси рефлекторлардир. Дунёдаги энг катта телескоп-рефлектор күзгусининг диаметри 6 м. У собиқ СССРда тайёрланган ва Шимолий Кавказда жойлаширилган. Дунёдаги энг катта, объективининг диаметри 1,02 м бўлган телескоп рефрактор АҚШ да яратилган ва шу ерга ўрнатилган. Телескопнинг катталаштириши 500 дан катта бўлади, чунки объективнинг фокус масофани катта. Телескоплар ёрдамида Ойдаги ўлчами 1 м дан кичик, Марсда эса 100 м атрофида бўлган жисмларни күриш мумкин (28.7, *a*, *b*-расмларда телескоп-рефрактордаги нурлар йўли ва унинг ташқи күриниши тасвирланган).

*a)**б)*

28.7-расм



1. Лупа қандай мақсадда құлланилади?
2. Нима учун күз оптик системасиғатида қаралади?
3. Нима учун фотосуратга олишда буюм икки фокуслы линза орасыга жойлаштирилади?

6-бобнинг асосий мазмуні

- Геометрик оптикада ёруғликнинг тарқалишини тавсифловчи түртта асосий қонун мавжуд:

ёруғликнинг түғри чизиқли тарқалиш қонуни. Ёрглик нури бир жинсли мұхитда түгери чизиқ бүйлаб тарқалади;

ёруғликнинг мустақил тарқалиш қонуни. Ёрглик нурлари бир-бiri билан учрашганда бир нурнинг тарқалишии бошқасининг тарқалишига таъсир күрсатмайды;

ёруғликнинг қайтиш қонуни. 1) тушган нур, қайтган нур ва икки мұхит чегарасидаги нурнинг тушиш нүқтасига ўтказилған перпендикуляр бир текисликда ётады; 2) ә тушиш бурчаги V қайтиш бурчагига тенг;

ёруғликнинг синиш қонуни. 1) тушган нур, синган нур ва икки мұхит чегарасида нурнинг тушиш нүқтасига ўтказилған перпендикуляр бир текисликда ётады; 2) тушиш бурчаги синусининг синиш бурчаги синусига нисбати берилған икки мұхит учун доимий катталик бўлади ва у биринчи мұхитнинг иккинчи мұхитга нисбатан нисбий синдириш күрсаткичи деб аталади: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$.

• Аксарият оптик асбобларнинг ишлаши ёруғликнинг қайтиш, синиш ҳодисасига ва унинг қонунларига асосланган. Яssi, сферик күзгулар ва оптик линзалар шулар жумласидандир.

- *Юпқа линза формуласи*

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

IV бўлим. КВАНТ ФИЗИКАСИ

7-боб. АТОМ ВА КВАНТ ФИЗИКАСИ

29-§. Ёруғликнинг корпускуляр-тўлқин табиатининг бирлиги



Таянч тушунчалар:

- ✓ корпускула
- ✓ электромагнит нурланиш хоссаларининг икки ёқламалилиги
- ✓ флуктуациялар

Бугун дарсда:

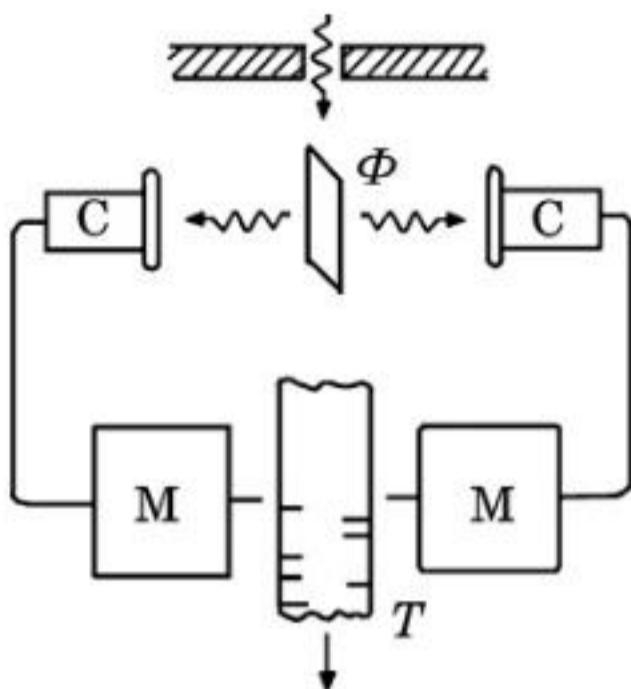
- электромагнит нурланиш табиатининг икки ёқламалилик хоссалари билан танишасиз.



Ёруғликнинг тўлқин табиати. Ёруғлик нима? Бу саволга олимлар қадимдан жавоб изладилар. XIX асрга қадар ёруғлик тез ҳаракатланувчи зарралар — корпускулалар оқими сифатида қаралди. И. Ньютон ҳам шу нуқтаи назар тарафдори эди. Бироқ XIX асрда ёруғликнинг тўлқин хоссалари намоён бўлувчи интерференция, дифракция каби ҳодисалар кашф этилди. Бу ҳодисаларни биз аввалги бобларда қараб чиқдик. Юнг ва Френель ишларининг натижаси рақобатдаги икки корпускуляр ва тўлқин назариядан бирининг, яъни тўлқин назариянинг ғолиблигига олиб келди. Бундан кейин Максвелл тадқиқотларининг натижаси ёруғликнинг электромагнит тўлқин эканини узил-кесил исботлаб берди.

Ёруғликнинг корпускуляр табиати. Бироқ XIX асрнинг охири ва XX аср бошларида кашф қилинган иссиқлиқдан нурланиш, фотоэффект ҳодисаларини, чизиқли спектрлар қонуниятларини тадқиқ қилиш натижалари ёруғликнинг фотонлар оқими тарзида тарқалишини кўрсатди. Шунингдек, ёруғликнинг фотонлар оқими тарзида тарқалиши ва нурланишнинг модда билан таъсири квант табиатга эгалиги бевосита тажрибаларда исботланди. Уларнинг баъзиларини кўриб чиқамиз.

Боте тажрибаси. Агар ёруғлик қайд қилувчи асбоб билан таъсирлашувчи зарралар бир-биридан мустақил фотонлар оқимидан иборат бўлса, у ҳолда жуда заиф ёруғлик оқимларини қайд қилинганда интенсивликнинг флуктуациялари (лат. *fluctuatio* — тебраниш), яъни жуда кичик четлашишлари кузатилади. Бундай четлашишлар ҳар секундда асбобга тушувчи N фотонлар сонининг ўртача қийматидан тасодифий четлашишлар натижасида кузатилади. Агар N сони жуда катта бўлса, четлашиш жуда кичик, агар N сони кичик бўлса, бундай четлашишларни ўлчаш мумкин. Шундай тажрибаларнинг биринчисини 1924 йили немис физиги В. Боте ўтказди (29.1-расм).



29.1-расм.

Боте тажрибаси

Тажриба үтказилған қурилмада иккита газ разрядли С санагич орасига Ф юпқа металл фольга жойлаштирилди. Фольгага ёнидан қисқа тұлқинли рентген нурларининг жуда заиф ингичка дастаси туширилди. Тушган нурланиш оқими таъсирида фольганинг үзи жуда кичик интенсивликдаги рентген нурларини чиқара бошлайды (рентген флуоресценцияси), яъни фольга чиқарадиган фотонларнинг сони жуда камдир. Рентген нурлари С санагич-га тушганда маҳсус М механизмлар ишга тушади. Бу механизмлар текис ҳаракатланувчи Т тасманинг икки четига белги тушириб туради.

Агар фольгадан нурланадиган рентген нури тұлқин тарзидан узлуксиз, ҳамма томонға бир хил тарқалса, тасманинг икки томонига тушадиган белгилар симметрик бўлиб чиқар эди. Аммо тажрибада бу белгилар тартибсиз, тасодифий жойлашган бўлиб чиқди. Буни фақат фотонлар фольгадан бир-биридан мустақил, узлукли равишда барча йўналишда учиб чиқишининг натижаси деб тушунтириш мумкин.

Вавилов тажрибалари. Бу тажрибаларда ўта заиф, интенсивлиги инсон кўзининг ёруғликни сезиш чегараси билан мос келувчи ёруғлик манбаларининг даврий чақнашлари кузатилди. Агар одам бироз вақт қоронғуда ўтиrsa, у фақат интенсивлиги маълум бир чекли қийматдан юқори ёруғликни кўра олади, ундан заифларини кўрмайди. Масалан, тұлқин узунлиги 500 нм ёруғликни кўриш учун одам кўзига секундига камида 200—400 фотон тушиши керак. Бунда қоронғудаги заиф чақнашларнинг баъзиларини кузатувчи кўриб, баъзиларини кўра олмаган. Бундан ҳар чақнаш пайтида интенсивлик ўртача қийматдан четлашиб турган деган холосага келиш мумкин, яъни учиб чиқсан фотонлар сони баъзан кўзнинг кўриш чегарасига етиб келмаган.

Ёруғликнинг узлукли, квант табиатини исботловчи бошқа тажрибалар ҳам бор.

Ёруғлик табиатининг икки ёқламалилиги (дуализми). Шундай қилиб, XIX асрнинг охири ва XX асрнинг бошларида кашф қилинган ҳодисалар ёруғликнинг фотонлар оқими тарзидан тарқалишини кўрсатди. Шу сабабли ёруғлик нима? Тұлқинми ёки заррами деган савол қайта туғилди. Физик олимлар аста-секин саволнинг бундай қўйилишининг үзи нотўғри эканлигини тушундилар.

Ёруғлик айни бир вақтда ҳам узлуксиз электромагнит тұлқин хоссага, ҳам дискрет фотонларнинг заррача хоссасига эга. Абсолют қора жисм нурланишини ва ёруғлик босимининг флюктуацияларини

текшириб, ёруғлик хоссаларининг икки ёқламалилигини (дуализмини) биринчилардан бўлиб тушунган Эйнштейн бўлди. У шу айтилган четлашишларни ҳисоблаш формуласини келтириб чиқарди. Бу формула икки қўшилувчи йиғиндисидан иборат, биринши қўшилувчи — “квант ҳади” ёруғликни фотонлар оқими сифатида тавсифласа, иккинчи қўшилувчи — “тўлқин ҳади” тарқаладиган электромагнит тўлқиндаги флюктуацияларни тавсифлайди. Юқори частотада “квант ҳадининг”, паст частотада “тўлқин ҳадининг” улуши катта бўлади. Муайян оптик ҳодисалар қонуниятларини саралаб, тўлқин узунлиги камайган сайин (ёки частота ортган сайин) ёруғликнинг квант хоссалари (ва аксинча) яққол намоён бўлишига ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Агар ёруғликнинг тарқалиш жараёнига статистик жиҳатдан қарасак, унинг корпускуляр-тўлқин дуализми тушунарли бўла бошлайди. Квант нуқтаи назардан ёруғлик — фотонлар оқими, унинг энергияси, импульси ва массаси шу фотонларда мужассамланган. Ёруғлик бирор оптик система орқали (масалан, дифракцион панжарадан) ўтганда фотонлар у билан таъсирлашиб, фазода қайта тақсимланади. Бунинг натижасида, масалан, дифракцион манзара кузатилади. Экраннинг берилган нуқтасининг E ёритилганлиги вақт бирлигига шу нуқтага тушган барча фотонлар энергияларининг йиғиндисига, яъни n_0 фотонлар сонига пропорционал. Демак, E ва n_0 катталиклар экраннинг берилган нуқтасига фотонларнинг тушиш эҳтимоллигига пропорционал. Тўлқин нуқтаи назарга кўра E ёритилганлик интенсивликка, у эса амплитуданинг квадратига пропорционал, яъни $E \sim A^2$. Шу икки нуқтаи назарни қиёслаб, бундай холосага келамиз: *фазонинг бирор нуқтасидаги ёруғлик тўлқини амплитудасининг квадрати шу нуқтага фотонларнинг келиб тушиш эҳтимоллигини аниқлайди*.

Шундай қилиб, ёруғликнинг корпускуляр ва тўлқин хоссалари бир-бiriни инкор қилмайди, аксинча улар бир-бiriни тўлдиради. Нурланишнинг корпускуляр хоссалари: унинг энергияси, импульси ва массаси узлукли зарраларда — фотонларда мужассамланганлигига боғлиқ бўлса, тўлқин хоссалари шу фотонларнинг фазода тақсимланишининг статистик қонуниятларига боғлиқ. Тажрибалар шуни кўрсатдики, тўлқин хоссалар нафақат фотонлар оқимига, балки алоҳида фотонга ҳам хос экан. Фотон дифракцион панжарадан ўтгач, экраннинг қайси нуқтасига келиб тушишини аниқ айтиш мумкин эмас, фақатгина ҳар қайси фотон экраннинг бирор нуқтасига тушиш эҳтимоллигини ҳисоблаш мумкин. Бу мавзууда айтилганлардан равшанки, фотонлар Ньютон корпускулаларидан мутлақо бошқача зарралар эканлигини кўриш мумкин. Ньютон корпускулалари оддий классик зарралар хоссаларига эга бўлса, фотонлар ҳам зарра, ҳам тўлқин хоссага эга.



1. Ёруғлуктабиати ҳақидағы таълимомтинг ривожланиши ҳақида айтинг.
2. Ёруғлукнинг түлкін хоссаси қандай ҳодисаларда яққол күзатылади? Шу ҳодисалар ҳақида айтиб беринг.
3. Ёруғлукнинг квант хоссаси қандай ҳодисаларда яққол күзатылади? Шу ҳодисалар ҳақида айтиб беринг.
- *4. Боте тажрибасини тавсифланг.
- *5. Ёруғлукнинг корпускуляр-түлкін хоссаларининг яхлитлигини асосланг.
- *6. Нима учун квант назариягүра ёруғлук интенсивиги жуда паст бўлганда флукутациялар күзатилиши лозим?

30-§. Спектрлар. Спектрал анализ, спектрал аппаратлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ нурланиш спектри
- ✓ ютилиш спектри
- ✓ туташ спектр
- ✓ чизиқли спектр
- ✓ йўл-йўл спектр
- ✓ спектрал анализ
- ✓ спектрал аппаратлар

Бугун дарсда:



- чиқариш ва ютилиш спектрлари билан танишасиз;
- спектрал аппаратларнинг ишлаш принципини ва уларнинг қўлланиш соҳасини ўрганасиз.

Чизиқли нурланиш спектрларининг кашф этилиши ва уларнинг асосий қонуниятларини ўрганиш атом физикасининг яратилишига олиб келиб, янада ривожланишига таъсир кўрсатган муҳим экспериментал омиллардан биридир. Спектрларнинг турларини ва уларнинг асосий қонуниятларини кўриб чиқамиз.

Нурланиш спектрлари. Модда чиқарган нурлар таркибида учрайдиган барча түлкін узунликлари йиғиндиси *нурланиш спектри* дейилади. Нурланиш спектрларининг уч тури мавжуд:

- 1) туташ (узлуксиз) спектрлар;
- 2) чизиқли (атом) спектрлар;
- 3) йўл-йўл (молекуляр) спектрлар.

Туташ спектрларни қизиган қаттиқ жисмлар, суюқликлар ва юқори босим шароитида қизиган газлар чиқаради. Бу спектрда ёруғлик ранглари бир-бирига оҳиста, узлуксиз алмашади. Ранглар орасида аниқ чегара мавжуд эмас (30.1, *a*-расм).

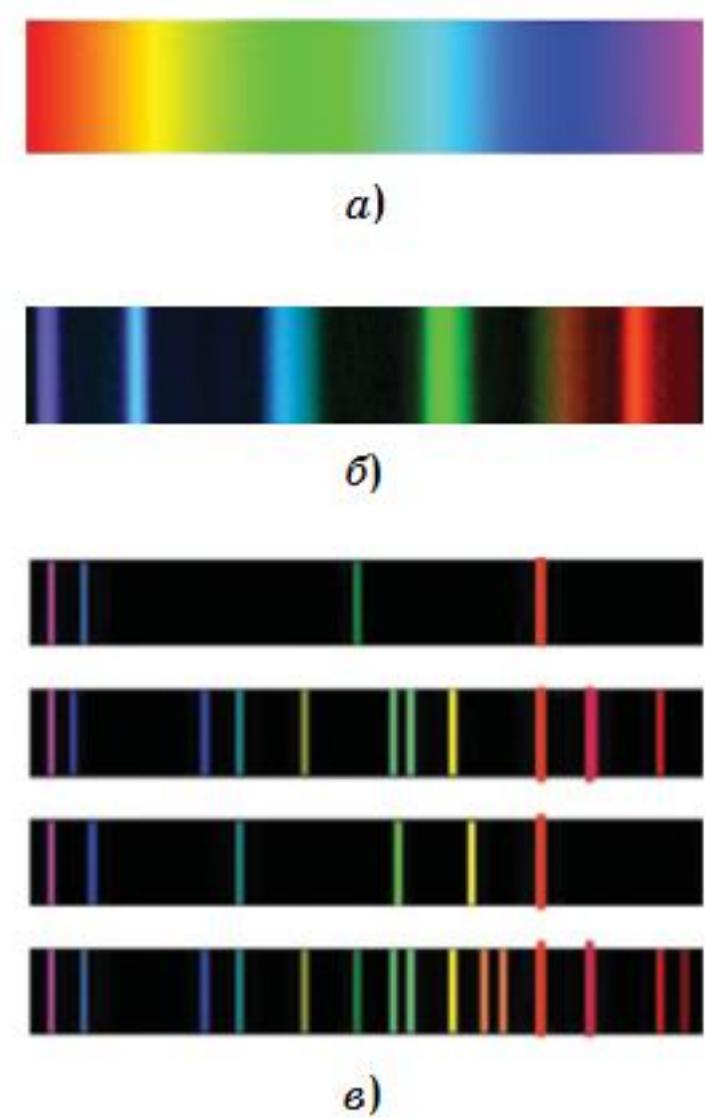
Йўл-йўл спектрларни молекулалари бир-бири билан заиф боғланган қаттиқ қизиган моддалар беради. Мазкур спектр бир чети секин хиралашиб йўқолиб кетадиган йўлаклардан иборат (30.1, *b*-расм).

Чизиқли спектрлар — бу қора фонда алоҳида-алоҳида жойлашган, ингичка ёруғ аниқ чизиқлардан таркиб топган оптик спектрлар (30.1, *c*-расм). Чизиқли спектрни қаттиқ қиздирилган сийраклашган газлар

ёки исталган кимёвий элементнинг қизиган буғлари нурлайди.

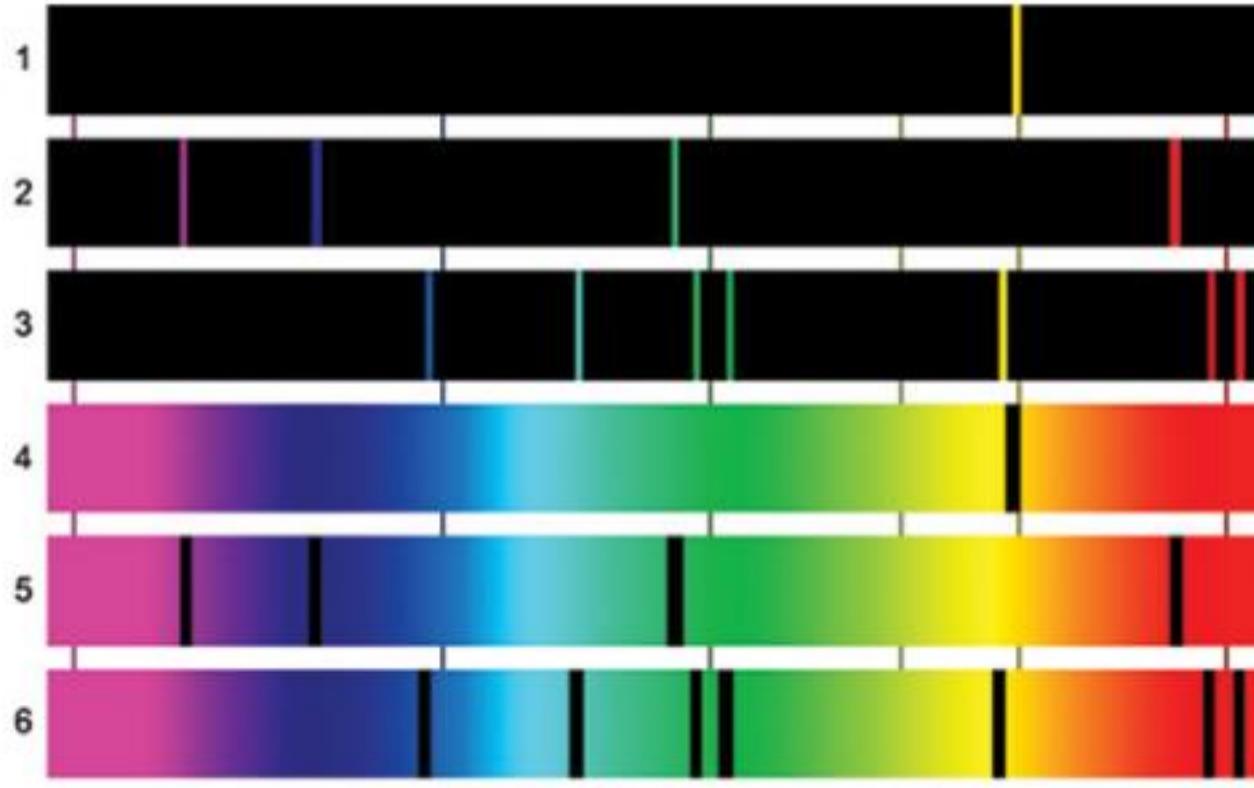
Ютилиш спектрлари. Берилган модда ютадиган ёруғлик таркибига киравчи барча түлқин узунликлари түплами **ютилиш спектрлари** дейилади. Агар туташ спектрлар берадиган нурланишни бирор моданинг буғи орқали ўтказиб, сўнгра унинг спектри олинса, туташ спектр устида қора чизиқлар пайдо бўлганини кўрамиз. Бу қора чизиқлар айни шу модданинг қизиган буғлари чиқарадиган нурланиш чизиқлари ўрнида пайдо бўлади. Бу — *ютилиш спектрлари*дир. 30.2-расмда биринчи учта спектр — натрий, водород ва гелий буғларининг чизиқли спектрлари, кейинги учтаси эса шу моддаларнинг ютилиш спектрлари.

Тадқиқотлар ҳар қайси газнинг фақат ўзига хос бўлган чизиқли спектри мавжудлигини кўрсатди. Спектрларнинг ҳар бир чизифига аниқ бир частота (түлқин узунлиги) мос келади. Демак, сийраклаштирилган газлар фақат частоталари (түлқин узунликлари) аниқ бир қийматларга эга электромагнит тўлқинларни чиқаради. Нима учун? Нима сабабли берилган газнинг спектри частоталарнинг бирор V_1, V_2, V_3, \dots дискрет қийматлари тўпламидан иборат. Бу қийматлар нима билан аниқланади? Шу каби муҳим саволларга жавобни атомларнинг ички тузилишидан излаш керак. Чунки ҳар қандай сийраклашган газ молекулалари алоҳида атомлардан тузилган. Шунинг учун ҳам нурланиш атомларнинг ичидаги борадиган жараёнларга боғлиқ бўлиши керак.



30.1-расм. Нурланиш спектрлари:

а) туташ спектр; б) йўл-йўл спектр; в) чизиқли спектрлар



30.2-расм. Натрий, водород ва гелий буғларининг нурланиш ва ютилиш спектрлари

Барча чизиқли спектрлар орасидан әнг соддаси водород спектридир. Спектрнинг күринувчи қисми атиги түртта чизикдан иборат бўлгани учун, водород спектри тажрибаларда батафсил ўрганилган. Швейцариyalик олим Бальмер тажриба натижаларини ўрганиб, 1885 йилди водород спектрининг күринувчан қисмидаги барча чизиклар частоталарини аниқловчи формулани топди:

$$v = R' \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ ёки } \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (30.1)$$

бу ерда $R' = 3,29 \cdot 10^{15}$ Гц; $R = 1,0968 \cdot 10^7$ м⁻¹ — Ридберг доимийлари. Бу — *Бальмер формуласи*.

Бальмер формуласи билан аниқланадиган спектр чизиклари бирбиридан n сонининг қиймати билан фарқ қиласи ва ушбу чизиклар тўплами *Бальмер серияси* дейилади.

Бундан ташқари, водород спектрининг инфрақизил ва ультрабинафша қисмларида яна бир нечта сериялар топилди. Барча сериялар учун ёзилган формулаларни бирлаштириб, Бальмер қўйидаги умумий формулани ёзди:

$$v = R' \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ ёки } \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (30.2)$$

Бу — Бальмернинг умумлашган формуласи, бу ерда $m = 1, 2, 3, \dots$, $n = (m + 1), (m + 2), (m + 3), \dots$.

Кейинчалик фақат водород әмас, балки ҳар қандай модда атомларининг нурланиш спектри частоталарини (30.2) формула, яъни бирор икки соннинг айирмаси кўринишида ифодалаш мумкинлиги аниқланди.

Агар $T_1(m) = \frac{R}{m^2}$; $T_2(n) = \frac{R}{n^2}$ каби белгиласак, Бальмер формуласини

$$v = T_1(m) - T_2(n) \quad (30.3)$$

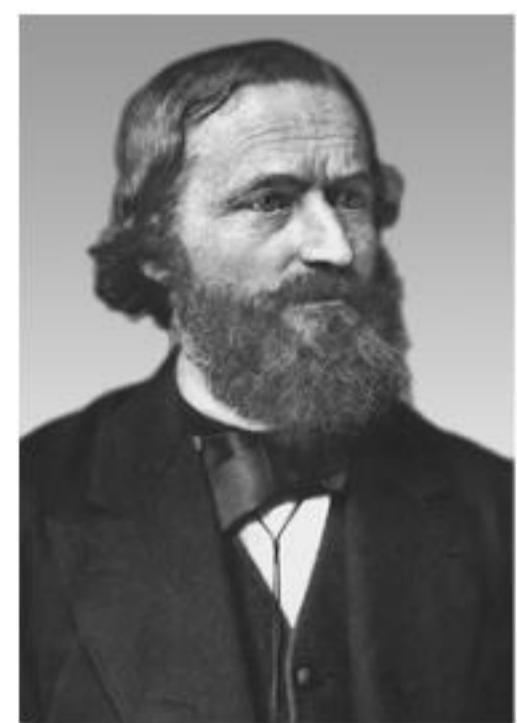
кўринишида ифодалаш мумкин, бу ерда $T_1(m)$ ва $T_2(n) - m$ ва n сонларнинг функциялари *термлар* деб аталади.

Шундай қилиб, исталган модда атомларининг частоталарини икки термнинг айирмаси каби ифодалаш мумкин. Бундан ушбу холоса келиб чиқади: барча модда атомларининг тузилишларида умумий қонуниятлар мавжуд.

Бальмернинг кашфиёти атом тузилиши ҳақидаги таълимотнинг ривожланишига катта ҳисса кўшди. Модда атомларининг нурланиш спектрларининг қонуниятлари фақат квант назарияда тўлиқ тушунтирилади.

Спектрал анализ. Ҳар бир элементнинг бошқаларга ўхшамайдиган, фақат ўзига хос чизиклардан иборат спектри мавжудлиги спектрал анализ усулининг пайдо бўлиши ва ривожланиши учун имкон яратди.

Спектрал анализ — модданинг нурланиш ёки ютилиш спектрларини тадқық қилиб, унинг кимёвий таркибини аниқлашдан иборат. Мазкур усулнинг асосчилари (1859 й.) немис олимлари Г. Р. Кирхгоф ва Р. В. Бунзенлардир. Юқорида таъкидланганидек, ҳар қайси газнинг нурланиш спектри бошқа ҳеч қандай элементнинг спектрига ўхшамайди. Унинг таркибидаги равshan аниқ чизиқларнинг ўрни ҳам, рангги ҳам ўзгармайди. Ҳар бир чизиқнинг рангги бирор тўлқин узунлигининг аниқ бир қийматига мос келади. Олимлар ҳар бир газнинг спектридаги чизиқларнинг рўйхатини ва ёруғлиги ҳақида маълумотлар кўрсатилган жадвалларни тузишди. Бундай жадваллар ёрдамида текширилаётган газ (модда буғи)нинг спектрига қараб, унинг элемент таркибини аниқлаш мумкин. Спектрал анализ усулида XIX асрнинг иккинчи ярмида Қуёш таркибини аниқлаш имкони туғилди. Қуёш спектри таркибида 1868 йилда аввал номаълум бўлган бир элементнинг чизиқлари аниқланди. Шу тариқа гелий (юононча *helios* — Қуёш) кашф этилди. Бундан 27 йилдан сўнг бу газнинг оз миқдори Ер атмосфераси таркибида ҳам топилди. Ҳозирги вактда гелий бутун оламда тарқалиш миқдори бўйича иккинчи ўринда турган элементdir.



Густав Роберт
Кирхгоф
(1824—1887)



Роберт Вильгельм
Бунзен
(1811—1899)

БУ ҚИЗИҚ!

“Спектр” атамасини биринчи бўлиб 1671—1672 йилларда Ньютон киритди. У 1666 йилда оқ ёруғлик дастасини учбурчакли шиша призмадан ўтганда камалақдаги каби ҳар ҳил рангли йўлакларга ажралишини кузатди. Бу рангли йўлакларни у “спектр” деб атади. Ньютон ўзининг “Оптика” (1704 й.) деб номланган асарида призма ёрдамида оқ ёруғликнинг 7 та ҳар хил рангли ёруғлик дасталарига ажралишини кўрсатган тажрибалари натижаларини эълон қилди. Аниқроғи, у Қуёш нурининг спектрини олиб, уни тушунтириди. Ньютон ёруғликнинг ранги бу унинг ўзига тегишли хоссаси эканини, уни призма ҳосил қилмаслигини тушунтириди. Ньютоннинг бу меҳнатларинатижасида оптик спектроскопия асослари яратилди.

Спектрал аппаратлар. Спектрал анализни амалга ошириш учун аниқ спектр олишга имкон берадиган, яъни турли частотали тўлқинларни спектрнинг турли қисмларида устма-уст тушмайдиган қилиб, аниқ ажратадиган асбоб керак. Бундай асбоблар *спектрал аппаратлар* дейилади. Уларнинг асосий қисми текшириладиган нурланишни спек-

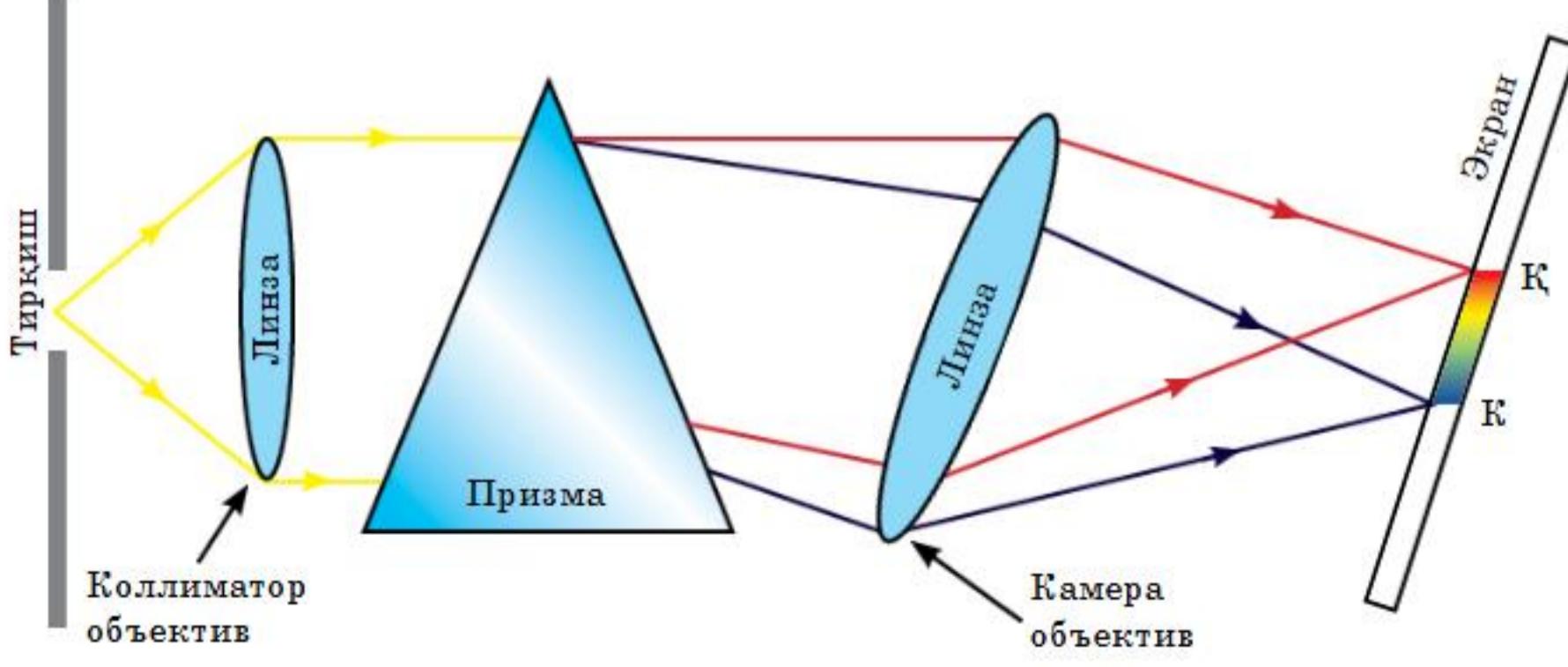


30.3-расм. Икки найли спектроскоп

даста бўлиб чиқади ва призмага тушади. Призмадан частоталарига мос ҳар хил йўналишда параллел ёруғлик дасталари чиқади ва улар иккинчи линзага тушади. Бу линзанинг фокал текислигига экран — хира шиша ёки фотопластиинка қўйилади. Линза ўзидан чиқсан параллел дасталарни экранга проекциялади ва экранда тирқишининг ҳар хил частоталарга мос келувчи турли рангдаги тасвиirlари пайдо бўлади. Бу тасвиirlар спектрни ҳосил қиласи.

Спектрал аппаратларнинг ишлатилиши. Астрономияда спектрал анализ орқали кузатувчидан миллионлаб километр узоқликда жойлашган осмон жисмларининг кимёвий таркиби аниқланади.

Геологияда спектрал анализ усули ер пўстлоғидаги минераллар таркибини аниқлашга имкон беради.



30.4-расм. Призмали спектрографнинг тузилиши

Заргарлик соҳасида бу — қимматбаҳо металларнинг пробаларини белгилаш, қотишмаларнинг таркибини аниқлаш ва ноёб тошларнинг соғлик даражасини баҳолашдан иборат.

Нефтни шилабчиқариши ва қайта ишилаш соҳаларида бу — хом-ашёнинг ифлосланишини ва ёқилғи маҳсулотларидаги аралашмаларни аниқлайди.

Археология ва тасвирий санъат соҳаларида спектрал анализ усулида санъат асарлари ва археологик ёдгорликлар ҳақида илмий холосалар чиқарып, уларнинг ҳақиқийлиги ва буюмнинг қанчалик қадимийлиги аниқланади.

Қишлоқ хўжалиги ва озиқ-овқат саноатида тупроқнинг, сув ва турли озиқ-овқат маҳсулотларининг таркибида микроэлементлар, оғир металларнинг бор-йўқлиги аниқланади.



1. Нурланиш спектрларининг қандай турларини биласиз?
2. Туташ спектр нима? Йўл-йўл спектр-чи? Уларни тавсифланг. Туташ ва йўл-йўл спектрларнинг нурланиш манбаларини айтинг.
3. Қандай спектрчили спектрдейилади? Қандай моддаларчили спектр чиқаради?
4. Бальмерформуласини ёзиб, тушунтириңг.
5. Спектрланализ усулида қандай тадқиқотлар бажариш мумкин?
- *6. Призмали спектрлаппаратнинг тузилишини тушунтириңг
- *7. Спектрланализ усулининг татбиқи ҳақида айтиб беринг

31-§. Электромагнит нурланиш шкаласи



Таянч тушунчалар:

- ✓ инфрақизил нурланиш
- ✓ ультрабинафшанурланиш
- ✓ рентген нурлари
- ✓ частоталардиапазони
- ✓ электромагнит нурланиш шкаласи

Бугун дарсда:

- инфрақизил, ультрабинафшава рентген нурларининг пайдо бўлиши ва модда билан таъсирашувтабиати, уларнинг электромагнит нурланиш шкаласидаги ўрни билан танишасиз.



Электромагнит нурланишнинг ер сиртидаги энг қувватли табиий манбай Қуёш бўлиб ҳисобланади. Ер сирти яқинида Қуёш нурларининг таркиби мураккаб ва у Қуёшнинг горизонтдан баландлигига боғлиқ. Аниқроғи, халқаро таснифига мувоғиқ, оптик диапазонга қўшни ётган Қуёшнинг нурланиш спектридан инфрақизил ва ультрабинафша нурларни алоҳида ажратиб қараш мумкин. Қуёш нурланиши барча турларининг табиати бир хил, аммо уларнинг хоссалари тўлқин узунлигига (частотага) боғлиқ. Масалан, тўлқин узунлиги камайиши билан нурланишнинг биологик таъсири кучая боради.

Инфрақизил нурланиш. Қуёшнинг нурланиш спектри частотаси (түлқин узунлиги) турли электромагнит түлқинлар аралашмасидан иборат. *Инфрақизил нурланиш* — түлқин узунлиги 760 нм дан (2600-3000) нм гача диапазондаги электромагнит түлқинлардир. Қизиган жисмлардан тарқаладиган иссиқлик — түлқин узунлиги 1400 нм дан 1 мм гача оралиқда ётган инфрақизил нурланиш, шунинг учун уни иссиқликтан нурланиш деб ҳам аталади. Қуёш спектрининг ярмидан кўпи инфрақизил нурлардан иборат. Шартли равишда инфрақизил нурланиш диапазони уч соҳага ажратилади: яқин: $\lambda = 0,74\text{--}2,5 \text{ мкм}$; ўртача: $\lambda = 2,5\text{--}50 \text{ мкм}$; олис: $\lambda = 50\text{--}2000 \text{ мкм}$.

Модда орқали ўтганда инфрақизил нурланиш атомлар ва молекулаларнинг тебранма ҳаракатини кучайтиради, бу эса модда ҳароратининг ортишига олиб келади. Шу туфайли инфрақизил нурланишнинг иссиқлик таъсири бор.

Инфрақизил нурланишнинг тирик организмларга *фотокимёвий таъсири* тўқималар ва ҳужайраларнинг энергия ютиши билан боғлик. Бу ферментли жараёнларнинг фаоллигини орттириб, натижада модда алмашинувининг тезлашишини, регенерация, иммуногенез жараёнларининг кучайишини юзага келтиради. Иссиқликтан нурланиш организмнинг алоҳида қисмларига ҳам, организмга ҳам тўлиқ таъсир қиласиди. Тўқималарнинг алоҳида қисмларига таъсири биокимёвий реакцияларнинг, иммунобиологик жараёнларнинг, ҳужайраларнинг ривожланиши билан тўқималар регенерациясининг тезлашишига, қон айланишининг кучайишига олиб келади. Организмга умумий таъсири шамоллашга қарши, оғриқни камайтирувчи, умумий тонусни орттирувчи эффектларга олиб келади. Бу таъсирлар физиотерапияда ревматизм, остеохондроз каби касалликлар вақтида шамоллаш натижасида бўладиган оғриқни камайтириш мақсадида кенг қўлланилади.

Инфрақизил нурланиш умумий ва маҳаллий иқлимга ҳам ўз таъсирини кўрсатади. Ер сиртининг турли даражада қизиши, сувларнинг буғланиши ҳаво ва сув массивларининг ҳаракатини, циклонлар ва антициклонларни, океанлардаги илиқ ва совук оқимларни юзага келтириб, инсонлар ҳаётига катта таъсир кўрсатади. Инфрақизил нурланиш тирик организмларга тушганда тана қизиб, ҳарорат кўтарилиши каби ёқимсиз таъсир ҳам кўрсатади.

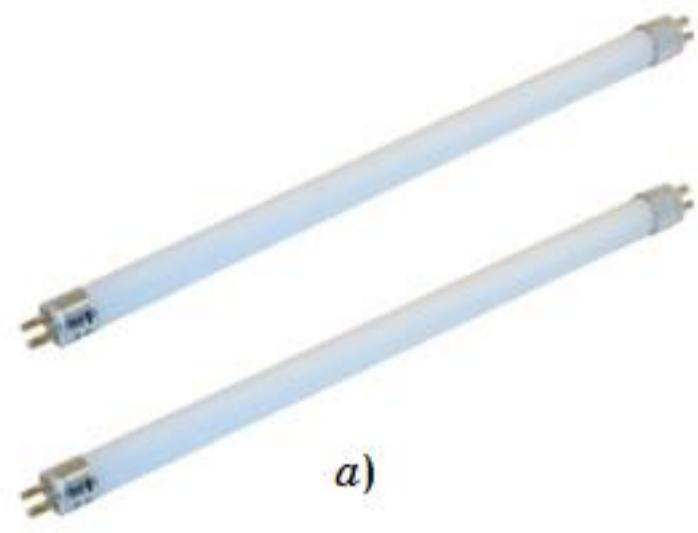
Инфрақизил диапазонда одам ҳам, кўплаб бошқа иссиқ қонли ҳайвонлар ҳам кўра олмайди. Бироқ бъзи биологик турлар кўриш аъзолари билан инфрақизил нурларни қабул қила олади. Масалан, бъзи илонлар инфрақизил диапазонда кўради. Улар тунда иссиқ қонли ҳайвонларни овлашга чиқади. Сарик илонлар ҳам инфрақизил, ҳам оддий оптик диапазонда кўра олади. Балиқлар орасида пирианиялар ва

олтинбалиқлар инфрақизил диапазонда күра олиш қобилиятига эга. Шу каби чивинлар ҳам инфрақизил нурланишда күриш хусусиятига эга. Улар коронғуда тананинг қон томирлари күп жойларини аниқ топа олади.

Ультрабинафша нурлар. Ультрабинафша нурлар — түлкін узунликлари 10 нм дан 400 нм гача диапазонда ётган электромагнит нурланишдан иборат. Ер атмосфераси чегарасида ультрабинафша нурлар қуёш нурлари спектрининг 5% ини ташкил қиласы, ер сиртида бу улуш 1% ни ташкил қиласы, чунки унинг қисқа түлкінли қисми (300 нм дан кам) Ернинг озон қатламида ютилади. Ультрабинафша нурланиш спектрини қуидаги гурухларга бўлиш мумкин (ISO — Стандартлаш бўйича халқаро ташкилотнинг стандарти): яқин ёки ультрабинафша А — узун түлкінли диапазон (400—300) нм, ўртача ёки ультрабинафша В, бунга (300—200) нм түлкін узунлиги мос келади, олис ёки ультрабинафша С — қисқа түлкінли диапазон (200—122) нм, экстремал (121—10) нм. Ер сиртидаги ультрабинафша нурланишининг асосий табиий манбаи — Қуёшdir. Эритем лампалар, симоб-кварцли асбоблар, люминесцент лампалар, симоб-ксенон лампалар, газразрядли асбоблар, солярий аппаратлари ва ҳ.к сунъий манбалар жумласидандир. Сунъий ультрабинафша нурланишнинг яна бир тури — лазерлар.

Эритемли лампалар (31.1, а-расм) — паст босимли симобли лампалардан иборат. Уларнинг колбалари маҳсус шишадан ясалади. Колбанинг ички сиртига түлкін узунликлари 280—380 нм диапазонда ётган ультрабинафша нурлар чиқарадиган люминофор суртилади. Бу лампалар даволаш ва профилактик мақсадларда физиотерапияда қўлланилади.

Симобли-ксенонли лампалар (31.1, б-расм), бунда ксенон ва симоб буғи тўлдирилган колбада электр ёйи ёниб туради. Бундай лампалар ультрабинафшанинг улуши кўпроқ бўлган кўкимтири, оқ ёруғлик нурлайди. Булар ҳам физиотерапияда ҳамда стериллаш ва озонлаш мақсадларида фойдаланилади.



а)



б)



в)

31.1-расм. Ультрабинафша нурларнинг сунъий манбалари:
а) эритем лампалар;
б) симобли ксенон лампалар;
в) солярийлар учун аппаратлар

Солярий (31.1, в-расм) — маълум дозада нурлантириш мақсадида қўлланиладиган махсус жиҳозланган майдонча. Нурлантириш манбаи махсус эритемли ультрабинафша лампалар бўлиб ҳисобланади. Унинг колбаси шишасига ультрабинафша спектринг хавфли қисқа тўлқинли соҳасини ютиб қоладиган махсус аралашмалар киритилади.

Ультрабинафша нурланишнинг лазер манбаларидан, асосан, тиббиёт асбобларида, биотехнологияларда ва илмий тадқиқотларда текшириш тизими ва автоматлаштириш қурилмаларида фойдаланилади.

Рентген нурлари — тўлқин узунлиги 10^{-7} м дан 10^{-12} м гача диапазонда ётган электромагнит тўлқинлар. Рентген нурларининг асосий манбаи рентген трубкалари (найлари) ҳисобланади. Найнинг ичидаги анод ва катод орасига юқори кучланиш берилади. Қиздирилган катоддан учиб чиқсан электронлар электр майдонда тезлашиб, анодга урилганда кескин тормозланади. Шу пайтда тормозловчи рентген нурланиш юзага келади.

Анод ва катод орасидаги кучланиш янада ортирилса, электр майдонда тезлаштирилган электронлар энергияси шу қадар ортадики, улар анод моддаси билан тўқнашганда ўша электрон атомнинг ички электронларидан бирини юлиб чиқариши мумкин. Бунда тормозловчи рентген нурларининг туташ спектри фонида тавсифий рентген нурларининг узлукли аниқ чизиқлари пайдо бўлади. Бу чизиқларга мос келувчи частоталар аноднинг қандай моддадан ясалганига боғлиқ, шунинг учун бундай рентген нурлари тавсифий нурлар деб аталади.

Сиз буни биласиз

Электромагнит нурланиш тўлқин узунликлари (частоталари)нинг қийматлари жуда кенг диапазонда ётади. Тўлқин узунлиги (частота) қандай бўлса ҳам, электромагнит тўлқинларнинг табиати ва хоссалари бир хил, бироқ улар турли даражада намоён бўлади. Тўлқин узунлиги (частота)нинг қийматларига қараб электромагнит тўлқинларнинг манбалари ва уларни қабул қилувчи асбоблар ҳам турлича бўлади. Шунинг учун электромагнит нурланишлар тўлқин узунлиги (частота)бўйича электромагнит нурланишлар шкаласида таснифланади. Бу шкала табиатда мавжуд барча электромагнит тўлқинлар тўлқин узунликлари (частоталари)нинг узлуксиз занжири бўлиб ҳисобланади (31.2-расм).

Электромагнит тўлқинлар шкаласи. 31.2-расмдан кўриниб турибдики, электромагнит тўлқинлар шкаласидан қўйидаги соҳаларни ажратиб қараш мумкин: радиотўлқинлар, инфрақизил нурлар, кўринувчан ёруғлик, ультрабинафша нурлар, рентген нурлари, гамма-нурлар.



31.2-расм. Электромагнит түлкінлар шкаласи

Түлкін узунлікleri түрлича бўлган электромагнит нурланишларни бир-биридан уларнинг қандай усулда олинганлиги бўйича ҳам ажратиш мумкин (радиотүлкінлар, иссиқликдан нурланиш, ультрабинафша нурланиш, рентген нурланиши ва ҳ.к.о). Түлкін узунлиги ҳар хил диапазондаги нурланишларни қайд қилиш усуллари ҳам турличадир. Юлдузлар, қора ўралар каби космик обьектлар ҳам электромагнит нурланишларнинг қувватли манбалари бўлиб ҳисобланади, улар сунъий йўлдошлар, космик кемалар ёрдамида текширилади. Бундай илмий ишлар, асосан, гамма- ва рентген нурларини тадқиқ қилишга йўналтирилади, сабаби бу нурларнинг аксарият қисми ер атмосфера расидан ўтишда ютилади ва ер сиртида уларнинг интенсивлиги паст бўлади. Қисқа түлкінли нурланишлар (гамма- ва рентген нурлари) модда ичида заиф ютилади, шу сабабли уларнинг ўтувчанлик қобилияти юкори бўлади.



1. Турли электромагнит нурлар бир-биридан қандай тасвиғлари билан фарқланади?
2. Инфрақизил нурланишининг асосий хоссаларини айтинг.
3. Ультрабинафшанурланиши нима? Унима учун айнан шундай аталади?
4. Ультрабинафшанурланишининг қандай сунъий манбалари мавжуд?
5. Рентгеннурлари ҳақида нима биласиз?
6. Электромагниттүлкінлар шкаласи нима?



Электромагнит түлкінлар шкаласини ўрганинг. Шкалада кўрсатилаган асосий диапазонларни ажратиб қараб, уларнинг бир-биридан (түлкін узунлигидан бошқа) қандай фарқ и борлигини аниқланг. Турли диапазондаги электромагнит түлкінларнинг татбиқини қараб чиқинг. Тақдимот тайёрланг.

32-§. Фотоэффект



Таянч тушунчалар:

- ✓ фотоэффект
- ✓ фотоэлектронлар
- ✓ фотоэффекттің қызыл чегарасы
- ✓ фотоэлемент
- ✓ ички фотоэффект
- ✓ вентил фотоэлемент
- ✓ люксометр



Бугун дарсда:

- фотоэффекттің негізгілерінің табиати билан танишасиз.

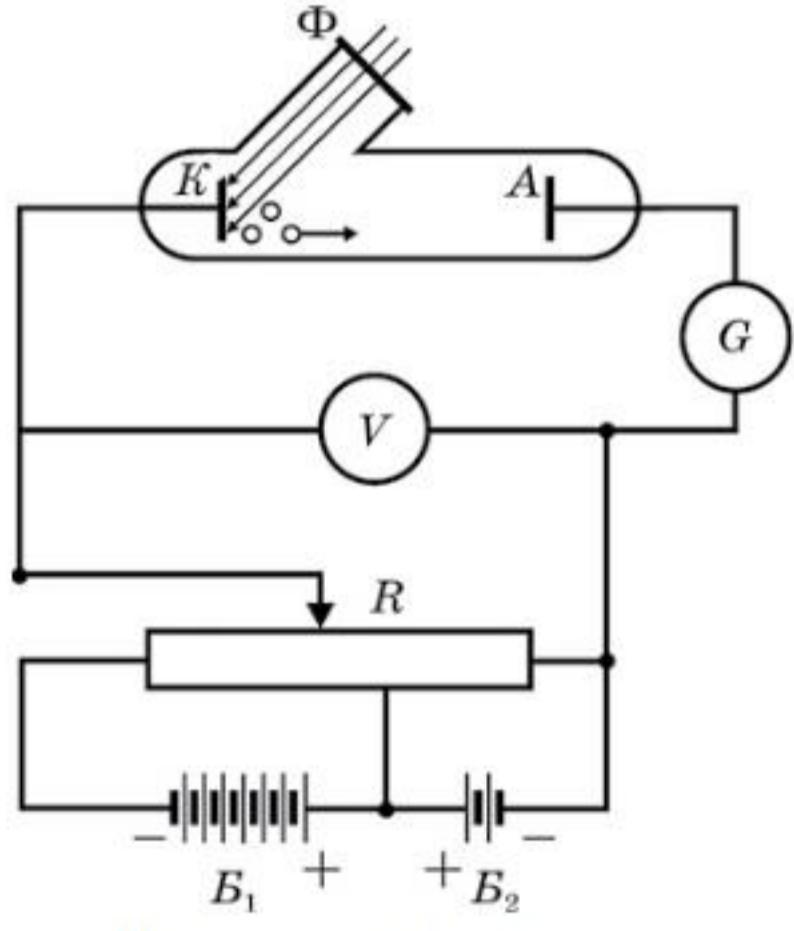
XIX асрнинг охири ва XX асрнинг бошларыда кашф этилган ҳодисалар орасыда замонавий квант назариянинг пайо бўлиб, ривожланишига сабаб бўлган ҳодисаларнинг бири фотоэффектдир.

Сиз буни биласиз

Моддага тушаётган нурланиш таъсирида унинг сиртидан электронларнинг учебчиқиши ҳодисаси ташқи фотоэлектрикэффект(фотоэффект)деб аталади.

Фотоэффект ҳодисасини 1887 йилда Г. Герц ўз назариясида кўрсатган электромагнит тўлқинларни тадқиқ қилаётib, тасодифан кашф қилди. У электромагнит тўлқинлар қабул қилгичини (Герц диполини) ясад, унинг шарчаларига ва ҳар хил таъсир кўрсатиб, ҳамда шарчалар орасидаги масофани ўзгаририб, сигнал қабул қилишини осонлаштирумочи бўлди. Шу мақсадда шарлар ультрабинафша нурлар билан нурлантирилганда, агар нурлар манфий зарядланган шарга тушса, кучланишнинг кичик қийматларида ҳам улар орасида учқун (шарлар орасидаги ҳаво қатламининг “тешилиши”) пайдо бўлишини пайқади.

Фотоэффект ҳодисасини тажрибада биринчилардан бўлиб ўрганиб, қонуниятларини жорий қилган рус олим А. Г. Столетов бўлди. Бу ҳодисани ўрганишда Герцнинг шогирди, немис олим Ф. Ленард, америкалик олим Р. Э. Милликен катта ҳисса қўшдилар. Элементар электр зарядларни ва фотоэффект ҳодисасини ўрганишдаги ютуқлари учун 1923 йилда Милликен Нобель мукофоти сазовари бўлди.



32.1-расм. Фотоэффектни ўрганишга мўлжалланган қурилма чизмаси

Фотоэффектни үрганиш учун 32.1-расмда күрсатылған қурилмадан фойдаланиш мүмкін. Ичидағи ҳавоси сўриб олинган баллонга икки электрод — анод ва катод жойлаштирилади.

Катодда кварц дарча орқали ультрабинафша ёруғлик туширилғанда үндан фотоэлектронлар үчиб чиқиб, электр майдон таъсирида катодтан анодга томон ҳаракатлана бошлайды.

Столетов қонунлари. Ўтказилған тажрибаларнинг натижаларини таҳлил қилиб, 1905 йилда А. Г. Столетов фотоэффектнинг қуйидаги қонунларини ўрнатди:

1. Фотоэлектронларнинг максимал тезлиги тушаётган ёруғликнинг интенсивлигига боғлиқ әмас, у фактат ёруғликнинг частотасига боғлиқ.

Тушаётган ёруғликнинг интенсивлиги ортиши билан фотоэлектронларнинг тезлиги ҳам ортади.

Бу экспериментал боғланишни классик физика орқали тушунтириш мүмкін әмас, сабаби Максвеллнинг электромагнит назарияси бүйича ёруғлик интенсивлигининг ортиши тушаётган электромагнит нурланиш амплитудасининг ортиши билан бир хил бўлади, у ҳолда фотоэлектронларнинг тезлиги ҳам ортиши керак эди. Демак, бу ҳолда классик назария билан тажриба натижалари орасидаги зиддият кузатилади.

2. Фототок кучининг тўйиниш қиймати (фотоэлектронлар сони) тушган ёруғлик интенсивлигига пропорционал равища ортади, лекин ёруғлик частотасига боғлиқ әмас.

3. Ҳар бир металл учун фотоэффектнинг қизил чегараси мавжуд. Бу фотоэффект ҳодисаси кузатиладиган нурланиш частотасининг энг кичик V_{\min} (тўлқин узунлигининг энг катта λ_{\max}) қиймати. Тушаётган нурланиш частотаси бундан паст (тўлқин узунлиги бундан катта) бўлганда фотоэффект кузатилмайди.

Фотоэффект учун Эйнштейн тенгламаси. Юқорида келтирилған тажрибадан аниқланган фотоэффект қонунларини 1905 йилда Эйнштейн назарий жиҳатдан тушунтириб берди. У Планк ғоясини бундан буён ривожлантириб, монохроматик ёруғлик дастасининг энергияси ҳар бирининг қиймати hV бўлган энергия улушларидан иборат деган фикрни айтди. Металл сиртига ёруғлик тушганда бир квант энергиясини битта электрон бутунлай ютиши мүмкін, у ҳолда электрон қўшимча hV энергия олади. Бу энергиянинг бир қисми металдан электронни узиб чиқаришга, яъни $A_{\text{шығ}}$ чиқишишига сарфланади, қолгани эса металл сиртига үчиб чиққан эркин электронга кинетик энергия сифатида берилади:

$$hV = A_{\text{шығ}} + \frac{mv_{\max}^2}{2}. \quad (32.1)$$

Биз машҳур *фотоэффект учун Эйнштейн тенгламасини* олдик.



Александр
Григорьевич
Столетов
(1839—1896)

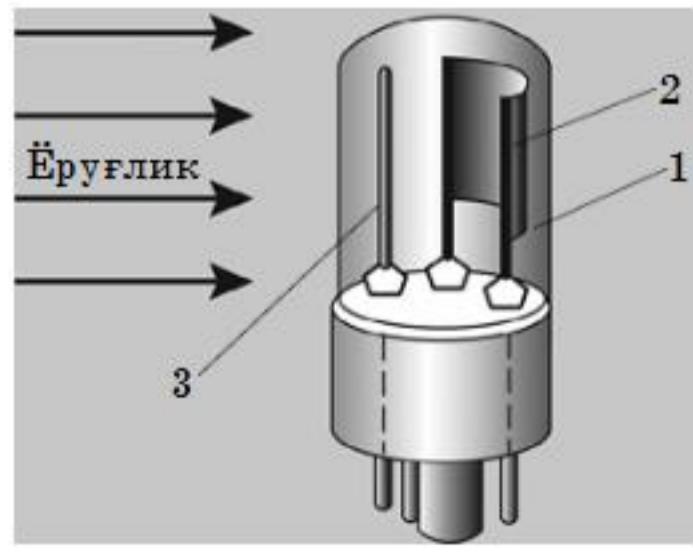
Аслида бу — қаралаётган жараён учун энергиянинг сақланиш қонунидан иборат. Айтиб ўтиш жоизки, тушаётган ёруғлик энергияси квантларининг ҳаммасини ҳам электронлар тўлиқ ютиб, фотоэффект ҳодисасини юзага келтиравермайди. Ютилган ҳар қайси мингта квантдан биттасигина фотоэлектронни узиб чиқарди, энергиянинг қолгани тўлиқ металлни қиздиришга сарфланади.

Эйнштейн тенгламаси фотоэффектнинг барча экспериментал қонунларини тушунтириб бера олади. Берилган металл учун чиқиш иши $A_{\text{шығ}}$ ўзгармас катталик бўлгани учун, (32.2) тенгламага кўра фотоэлектронларнинг кинетик энергияси V частотага пропорционал равиша ортади. Эйнштейннинг фикрича, битта квант энергиясини битта электрон ютади, шу сабабли металлдан учиб чиқсан фотоэлектронларнинг сони (тўйиниш токи) металл сиртига тушган квантлар сонига, демак ёруғликнинг интенсивлигига пропорционал бўлиши керак. Шунингдек, бу тенгламадан фотоэффект ҳодисаси кузатилиши учун тушган квант энергияси энг камидан электронни металлдан узиб чиқаришга етарли бўлиши лозим, яъни унинг энг кичик қиймати чиқиш ишига тенг бўлиши керак экан. Демак, $hV_{\min} = A_{\text{чиқ}}$, бундан

$$V_{\min} = \frac{A_{\text{чиқ}}}{h} \text{ ёки } \lambda_{\max} = \frac{hc}{A_{\text{чиқ}}}. \quad (32.2)$$

Бу — фотоэффектнинг қизил чегарасидир.

Фотоэффект ҳодисаси фан ва техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланилади. Фотоэффект ҳодисаси асосида ясалган асбоблар фотоэлементлар дейилади. Улардан энг соддаси — вакуумли фотоэлемент, у ичидан ҳавоси сўриб олинган (1) шиша баллон тарзида ясалади (32.2). баллоннинг ички сиртининг бир қисмига юпқа металл қатлам билан қопланган, у (2) фотокатод вазифасини бажаради. Анод сифатида баллоннинг ўртасига жойлаштирилган (3) металл ҳалқа ёки сийрак тўр ишлатилади. Фотоэлемент аккумулятор батареялар занжирига уланади. Унинг ЭЮК фототокнинг қиймати тўйиниш токига тенг бўладиган қилиб олинади.



32.2-расм. Вакуумли
фотоэлемент

Вакуумли фотоэлементлар инерциясиз, уларда фототок нурланиш интенсивлигига пропорционал бўлади. Мана шу хоссалар вакуумли фотоэлементларни фотометрик асбоблар сифатида қўллашга имкон беради. Улардан баъзиларини қараб чиқамиз: люксометр — фазонинг керакли соҳасидаги, масалан, туар жойлардаги ёки иш жойидаги ёритилганликни ўлчайдиган асбоб (32.3, а-расм). Унинг асосий қисми ёруғлик энергиясини электр энергияга айлантирувчи яrim ўтказгичли фотоэлементдан иборат.



32.3-расм. Фотометрик асбоблар

Фототокнинг кучи ёритилганикка қатъий пропорционал бўлади. *Фотоэлектрик экспонометр* — фото ва кино туширишда керакли экспозиция вақтини аниқлашга мўлжалланган асбобдир (32.3, б-расм). Бунда обьектнинг ёритилганилиги ёки равшанлиги фотоэлемент ёки фоторезистор ёрдамида аниқланади ва шу орқали керакли экспозиция танлаб олинади. *Фотореле* — ўзига келиб тушган ёруғлик оқимининг ўзгаришига қараб электр занжирларни узиб ёки улаб турадиган асбоб (32.3, в-расм). У ёритилганикни бошқариш учун, масалан, кўча чироқларини автоматик равишда истеъмол манбаидан узиб, унга улаб тuriш учун фойдаланилади. Бундан ташқари, фоторелелар ишлаб чиқаришда ҳам, ҳарбий соҳада ҳам қўлланилади.

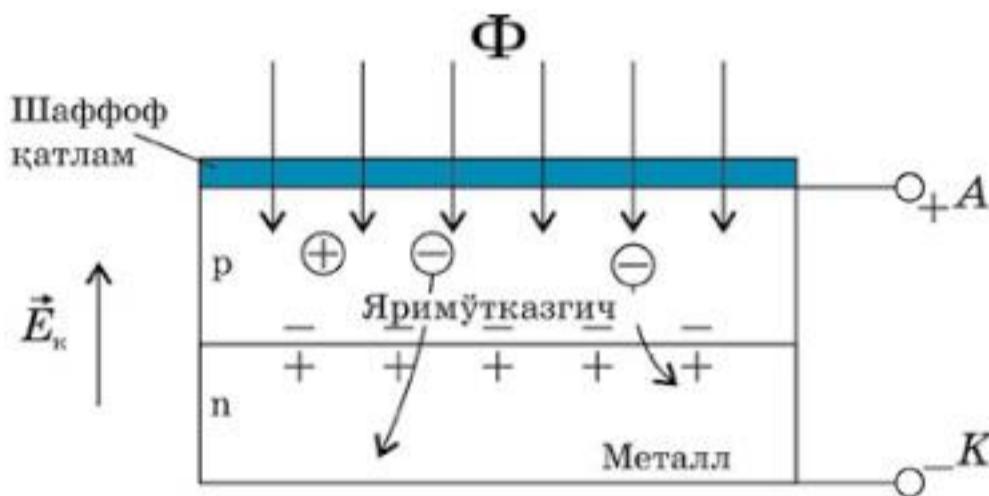
Ички фотоэффект — нурланиш таъсирида яримўтказгичдаги эркин зарядлар (электронлар ва тешиклар) концентрациясининг ортиш ҳодисаси. Маълумки, яримўтказгичда пайдо бўладиган ва рекомбинацияланадиган эркин зарядлар орасида динамик мувозанат қарор топади. Бундай ҳолатдаги яримўтказгичга квантларининг энергияси эркин зарядларни генерациялаш энергиясидан каттароқ бўлган нурланиш туширилганда яна қўшимча эркин зарядлар пайдо бўлиб, унинг ўтказувчанилиги ортади. Бу ҳодиса — фотоқаршилиқда (32.4-расм) қўлланилади. Ёруғлик тушганда ярим ўтказгичнинг қаршилиги камаяди ва нурланиш интенсивлиги қанча юқори бўлса, қаршилик шунча кам бўлади. Унинг яна бир татбиқи — беркитувчи қатлами бор фотоэлемент (32.5-расм), яъни вентилли фотоэлемент.

У металл ва металлнинг шаффоф қатлами суртилган тешикли яримўтказгич (металл оксиди)дан иборат.

Бу ердай фотоэлементлар ток манбалари (қуёш батареялари), фотоэкспонометрлар, турли жараёнларни автоматлаштириш ва



32.4-расм. Фотоқаршиликлар



32.5-расм. Беркитувчи қатламлы фотоэлемент

бўлади. Ўша жойда пайдо бўлган p - n ўтиш электронларни металдан оксидга, тешикларни эса оксиддан металлга ўтказиб туради. Ярим ўтказгичга E_k ёруғлик оқими тушганда электронларнинг ҳам, тешикларнинг ҳам концентрацияси ортади. Диффузия натижасида электронлар контакт орқали эркин ўтади, тешиклар эса ўта олмайди. Шунинг учун ёруғлик таъсирида электронлар металда, тешиклар эса ярим ўтказгичда йигилади. A ва K контактлар орасида потенциаллар айрмаси — фото ЭЮК ҳосил бўлади, у ярим ўтказгичнинг ёритилганлигига пропорционал.

Бундай фотоэлементлар ток манбалари (қуёш батареялари)да, фотоэкспонометрларда, турли жараёнларни автоматлаштириш ва бошқаришда текшириш асбоблари, ҳарбий техникада кўринмайдиган нурланиш билан сигнал узатиш ёки локация асбоблари сифатида ва бошқа мақсадларда кенг қўлланилади.

бошқаришда тадқиқот асбоблари, ҳарбий техникада кўринмайдиган нурлар билан сигнал узатиш ёки локация асбоблари сифатида ва бошқа мақсадларда кенг қўлланилади.

Металл ва яримўтказгичнинг чегарасида диффузия натижасида кучланганлиги \bar{E} бўлган контакт беркитувчи (ёпувчи) қатлам ҳосил

- ?**
1. Ташқи фотоэффектходисаси ҳақида айтиб беринг.
 2. Фотоэффектучун Столетовқонунларини таърифланг.
 - *3. Фотоэффект учун Эйнштейн тенгламасини ёзаб, унинг асосида фотоэффектнинг тажрибада ўрнатилган қонунларни тушунтиринг.
 - *4. Фотоэффектнинг қизил чегараси деб нимага айтилади? Жавобингизни асосланг.
 5. Вакуумли фотоэлементнима?
 6. Фотоэлементларнинг татбиқига мисоллар келтиринг.
 7. Вентилли фотоэлементнима? Улар қаерда қўлланилади?



Ушбу мавзуни ўзлаштиришда олган маълумотлардан фойдаланиб, қуидаги жадвални дафтаргатулдиринг. Мос устунга “+” ишорасини қўйинг.

№	Мулоҳаза	Тўғри	Нотўғри
1	2	3	4
1	Фотоэффект моддага инфракизил нурлар туширганда кузатилиди		
2	Фотоэффект моддага ультрабинафшанурлар туширганда кузатилади		
3	Эйнштейн тенгламаси фотоэффектнинг барча қонунларини тушунтириб беради		

1	2	3	4
4	Фотоэффектпайтида металлданэлектронлар учеб чиқади		
5	Фотоэффектпайтида металлданпротонлар учеб чиқади		
6	Фотоэффектэлектронлар металлгаурилганды күзатилади		
7	Фотоэффекткүйөш батареялариининг асосини ташкил қилади		
8	Фотоэлементлардаэлектр энергияси ёруғлик энергиясига айланади		
9	Фотореле— ўзига тушган ёруғлик оқимининг ўзгаришига қараб электр занжирларини узиб ёки улаб турадиган асбоб		

33-§. Ёруғликнинг кимёвий таъсири



Таянч тушунчалар:

- ✓ фотокимёвий реакция
- ✓ фотокимёвий реакция-нинг қизил чегараси
- ✓ фотосинтез
- ✓ фотосурат



Бугун дарсда:

- ёруғликнинг кимёвий таъсиrlари билан танишасиз



Моддага ёруғлик нурлари тушганда унинг хоссалари турли ўзгаришларга учраши мумкин, яъни ёруғликнинг *кимёвий таъсири* бор. Тушган ёруғлик таъсирида модда хоссаларининг ўзгариши модда ичида борадиган кимёвий реакциялар натижалари бўлади, бундай реакциялар *фотокимёвий реакциялар* деб аталади. Модда ичида борадиган фотокимёвий реакцияларнинг икки турини ажратиб қараш мумкин, булар: тушган ёруғлик таъсирида модда молекулаларидан янада мураккаброқ молекулалар ҳосил бўладиган *синтез реакциялари* ва ёруғлик таъсирида модданинг мураккаб молекулаларидан янада соддароқ молекулалар тузиладиган *парчаланиш реакциялари*.

Одатда, бирламчи кимёвий реакциялар иккиласи кимёвий айланышларга уланади. Бирламчи кимёвий реакцияларда иштирок этган модданинг массаси модда ютган ёруғлик тўлқини энергиясига пропорционал экани аниқланган. Ҳар қандай кимёвий реакция моддага тушган ёруғлик тўлқинлари частотасининг бирор энг кичик V_0 қийматидан бошлаб боради. Частотанинг ушбу қиймати *фотокимёвий реакциянинг қизил чегараси* деб аталади. Частотаси қизил чегарадан паст нурланишлар фотокимёвий реакция ҳосил қила олмайди.

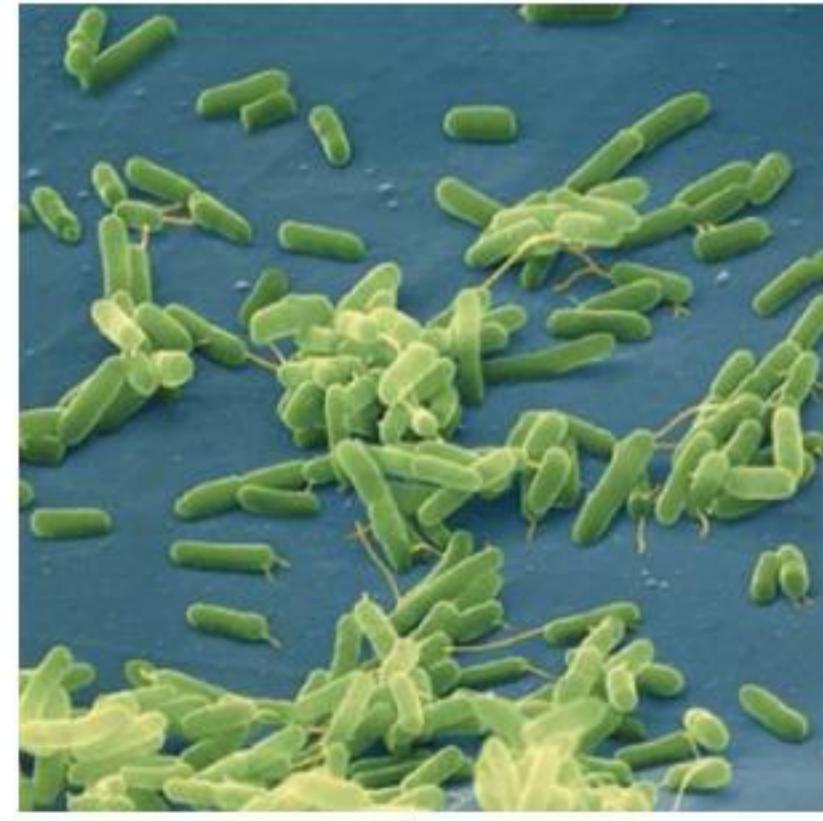
Квант назарияга кўра кимёвий боғланиш атомларни молекулаларга бириктириб ушлаб туради. Бизга маълумки, ёруғлик тўлқинлари фотонлар оқимидан иборат. Нурланиш билан таъсиrlашиб мобайнида молекула фотон ютиши мумкин, бунинг натижасида у қўшимча

$h\nu$ энергия олади. Агар бу энергия кимёвий боғланишни узиш учун етарли бўлса ($\nu \geq \nu_0$), фотокимёвий реакция содир бўлади, агар етарли бўлмаса ($\nu < \nu_0$), реакция содир бўлмайди. Фотокимёвий реакциялар табиатда ҳам, замонавий инсоният жамиятининг кўплаб соҳаларида ҳам муҳим ўрин тутади.

Фотосинтез. Табиатда ўсимликларнинг яшил барглари ва кўплаб микроорганизмлар фаолияти натижасида жуда муҳим фотокимёвий реакциялар боради. Барглар ҳаводаги карбонат ангидрид газини ютиб, унинг молекулаларини алоҳида қисмларга — углерод ва кислородга парчалайди. Бу қуёш нурланиши спектрининг қизил қисми таъсирида хлорофилл молекулаларида амалга ошади. Ўсимликларнинг илдизлари тупроқдан ҳайвонлар ва инсонларга керакли элементларнинг атомларини сўриб олади. Бу атомлар углерод занжирига жойлашади. Улардан ўсимликлар, ҳайвонлар ва инсонларга озиқ-овқат — оқсиллар, мойлар ва углеводларни ишлаб чиқаради. Бунинг барчаси Қуёш нури энергияси ҳисобига амалга ошади. Шундай қилиб, ўсимликлар ва баъзи микроорганизмларда ёруғлик таъсирида кислороднинг ажралиши билан бирга содир бўладиган углеводларнинг пайдо бўлиш жараёни фотосинтез деб аталади. У табиатда кислород айланишини таъминлайди ва ер сиртидаги жонзотларнинг энергетик асосини ташкил қиласи. Ёруғлик квантлари таъсирида сув молекулаларининг кислород ажратиб парчаланиши қуёш нурини биосфера энергиясининг асосий манбаига айлантиради.

Энергияни қуёш нурларидан олувчи организмлар *фототрофлар* деб аталади. Уларга барча яшил ўсимликлар (33.1, *a*-расм) ва баъзи бактериялар, масалан, цианобактериялар (33.1, *б*-расм) киради.

Ўсимликлар органик моддаларнинг биринчи занжирдаги ишлаб чиқарувчилари бўлгани учун, барча бошқа организмларга озиқ бўлади.

*a)**б)*

33.1-расм. Фототрофлар:

а) ўсимликлар; *б*) цианобактериялар

Цианобактериялар — күк яшил сув ўтлари, улар ер юзидағи әнг қадимий тирик организмлар бўлиб ҳисобланади. Цианобактериялар бизнинг сайёрамизда фотосинтез орқали ер атмосферасини кислород билан тўйинтиради ва шу билан ҳаётнинг барча бошқа турларининг пайдо бўлишини таъминлайди. Атмосферага ажralадиган эркин кислород манбаи — сув. Ёруғлик таъсирида сувнинг парчаланиши борадиган реакцияларнинг тўплами фотолиз деб аталади. Демак, ер сиртидаги ҳаёт манбаи — сув ва қуёш нуридир.

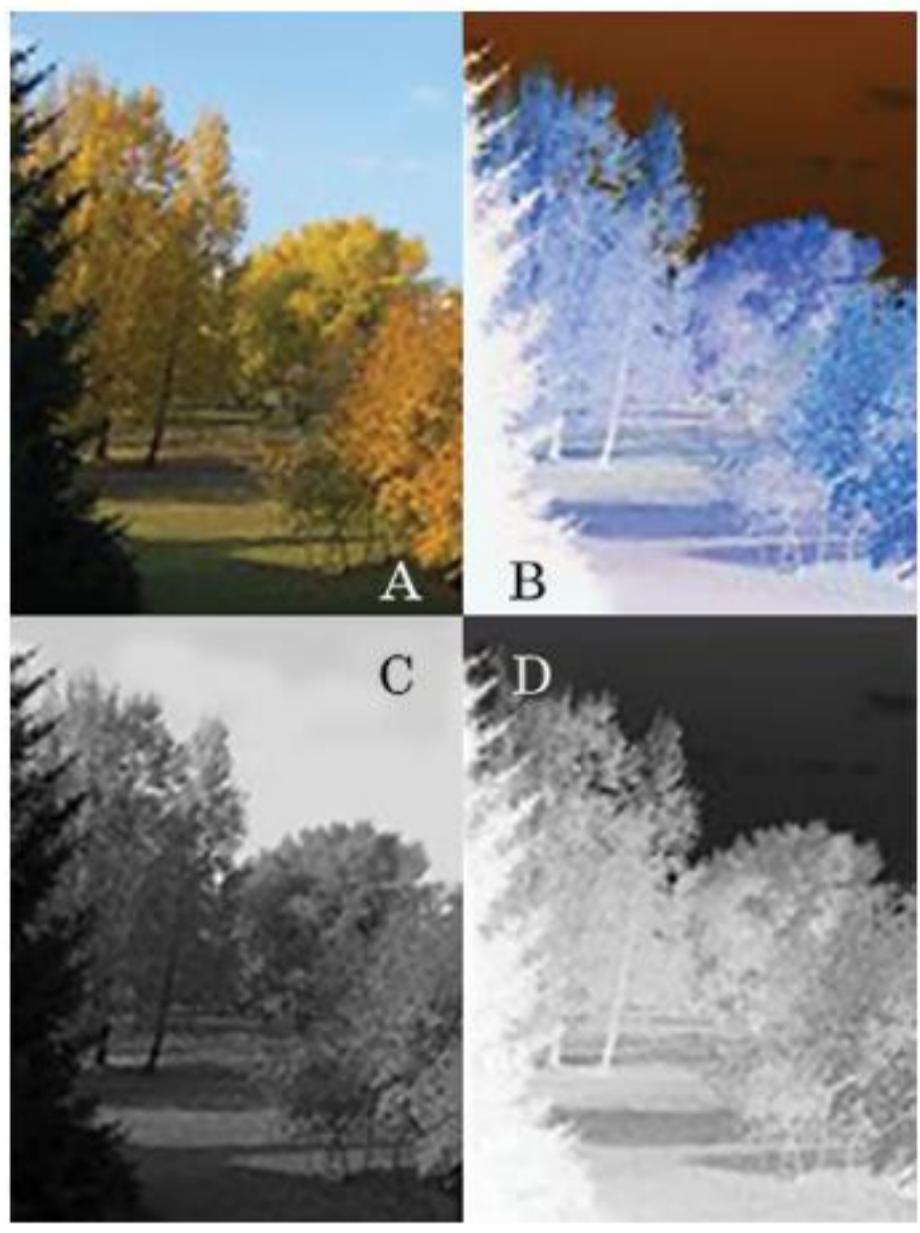
Фотосурат. Ёруғликнинг кимёвий таъсири фотосурат асосида ётади. Юончада фотосурат сўзи ёруғлик билан ёзиш (*photos* — ёруғлик, *graph* — ёзаман) демакдир. Оптик асбоб — фотоаппарат ёрдамида олинган тасвир фотопленкага ёки фотопластинкага босиб чиқарилади. Фотосурат босиб чиқарадиган материаллар сифатида ёруғлик сезгир моддалар қўлланилади. Бу моддалар ёруғлик тушганда кимёвий ўзгаришларга учрайди. Фотосуратда реагентлар сифатида кумушнинг галлоидли тузлари: бромли, хлорли ва йодли кумуш фойдаланилади. Энг кўп қўлланиладиган моддалар — булар бромли ва хромли кумуш. Фотоқоғозда AgBr кумуш бромиднинг майда кристалларидан иборат ёруғликсезгир қатlam бўлади. Ёруғлик тушганда электрон бром ионидан ажралиб чиқади ва уни кумуш иони қамраб олади. Бунинг натижасида кумуш иони нейтрал атомга айланади, фотоқоғоз эса ёруғлик таъсирида қораяди. Молекуланинг парчаланиши ушбу схема бўйича содир бўлади:



бу ерда Ag^* — кумушнинг уйғонган атоми, Br^+ — бромнинг мусбат иони, e^- — электрон.

Фотосуратларни олишнинг классик усули қуйидаги босқичлардан иборат:

1. Негатив. Фотосурат олингач, маҳсус шароитда (қоронғуда ва қизил ёруғликда) фотопластиинка ёки фотоплёнкага кимёвий ишлов берилади: очилтириш, сувда чайиш, қотириш. Қотирилган пластинкалар ва плёнкаларни яхшилаб ювиб, қуритилади. Шу тариқа негатив олинади. Кумуш доначаларидан тузилган негатив тасвирни ўтувчи ёруғликда қараганда унинг турли қисмларининг ёритилганлиги туширилган объектнинг мос қисмлари ёритилганлигининг акси бўлиб чиқади. Бошқача айтганда, негатив тасвирда фотога туширилган буюмнинг қора жойлари оқ, оқ жойлари эса қора бўлиб чиқади. Рангли фотосуратларда буюмнинг тасвирини олиш жараёнида ранглари расмга туширилган буюмнинг рангига қўшимча бўёвчи моддалар қўлланилади. Шу сабабли, масалан, кўк рангли буюм негативда сариқ, яшил рангли буюм тўқ қизил ва ҳ.к. бўлиб чиқади. Юқоридаги 33.2-расмда оқ-қора ва рангли фотосуратларнинг негатив ва позитив тасвирлари кўрсатилган.



33.2-расм. Позитив ва негатив тасвирлар

ёкимсиз таъсир экани тушунарлы, албатта. Қуёшда куйишнинг оқибатлари ҳақида бирдан аниқ холоса чиқарып бўлмайди. Қуёш нурларининг таъсир миқдорига қараб, қуёшда қорайиш одам организмига ҳам ижобий, ҳам салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

БУ ҚИЗИҚ!



Ж. Ньепс “Деразадаги манзара”
фоторасми

Ёруғлик сезгир қатлам сифатида у лаванда мойига аралашган асфальтни қўллади. Уни қалай, мис ёки кумушланган пластинкага суртди. Бу усул дагеротипия деб аталади. Дагеротипли — ёруғлик сезгир металл пластинкада тасвир олиш жараёнини 1839 йилнинг 9 августида француз рассоми ва ихтирочиси

2. Позитив. Фотосуратни олиш учун фотоқоғозни негатив устига қўйиб, унга ёруғлик туширилади. Бироз тургач, фотосуратга лаборатория шароитида (қизил сариқ ёки қизил ёруғликда) худди фотопластинкадаги каби ишлов берилади: очилтирилади, сувда чайилади, қотирилади, яхшилаб ювиб, қуритилади. Фотонсурати босиб чиқаришни икки хил усулда амалга ошириш мумкин: контактли (фотоқоғозни негатив устига қўйиши) ва проекцион усулда (проекцион аппарат — фотокаттлаштиргич орқали). Иккинчи усулда негативга нисбатан катталашган позитив тасвир ҳосил бўлади.

Ёруғликнинг кимёвий таъсирининг ҳам фойдали, ҳам заарли томонлари бор. Масалан, қуёш нурида газламалар ранги кўтарилиши

Хозирги кунгача сақланган, дунёдаги энг биринчи фотосуратни 1826 йили француз ихтирочиси Жозеф Нисефор Ньепс туширган. Қуйида кўрсатилган бу фотосуратни у “Деразадаги кўриниш” деб атаган. Дунёдаги энг биринчи одамнинг фотопортретини 1839 йилда машҳур американский фотограф Роберт Корнелиус туширган. У фотообъективнинг қопқоқласини очиши билан, югуриб келиб, кадрда линза ёпилгунча ҳаракатланмай 3—15 минут ўтирган экан.

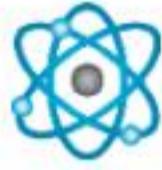
Демак, фотосуратга олишнинг амалий усулини дастлаб Жозеф Ньепс ба-

Луи Дагер Француз Фанларакадемиясида баён қилади. Шунинг натижасида фотографик тасвир олишнинг бу усули бутун дунёга маълум бўлди.

Биринчи рангли фотосуратни — бантик қилиб боғланган уч хил рангли лентанинг фотосини 1861 йили Максвелл Лондонда Қироллик институтида ўқиган маърузасида кўрсатган. Sony компанияси 1981 йилда рақамли камерани ўйлаб топди, натижада анъанавий фотоплёнкадан воз кечиб, рақамли фотографияларолиш имконияти туғилди. Бироқ кўплаб моҳир фотосуратчилар ҳозиргача фотоплёнкани қўллашни афзал кўрадилар.



1. Қандай реакциялар фотокимёвий реакциялардеб аталади?
2. Фотокимёвий реакциянинг қизил чегараси деб нимага айтилади?
3. Фотосинтез жараёнлари ҳақида айтиб беринг.
4. Фотосуратчилар ҳақида нима биласиз? Мисоллар келтириңг.
- *5. Фотопластинкада ёки фотоплёнкада тасвир қандай пайдо бўлади?
- *6. Негатив тасвирнинг позитив тасвиридан қандай фарқи бор?



Маълумотлар тўплаб, “Офтобдан қорайишнинг фойдаси ва зарари” мавзусида рефераттайёрланг.

34-§. Рентген нурлари



Таянч тушунчалар:

- ✓ рентген нурлари
- ✓ рентген трубкаси (найи)
- ✓ тормозловчи тентген нурлари
- ✓ тавсифий тентген нурлари



Бугун дарсда:

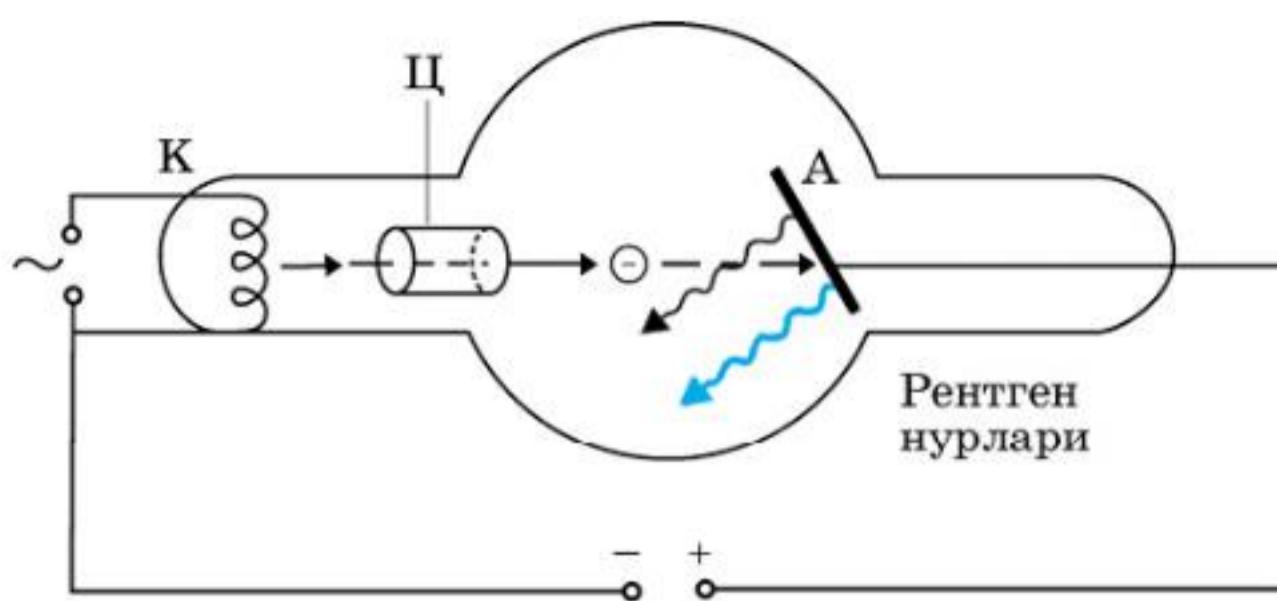
- рентген нурларининг асосий тавсифлари ва унинг татбиқи билан танишасиз.



Сиз буни биласиз

Рентгеннурларини 1895 йилда В. Рентген кашф қилган. Бу — тўлқин узунлиги жуда кичик, тахминан ($10^{-12} - 10^{-9}$) м диапазонда ётган электромагнит нурланишдан иборат. У тез электронлар модда ичидан тормозланганда пайдо бўлади.

Тормозловчи рентген нурлари. Рентген нурларини олиш учун рентген трубкалари қўлланилади. Бу — ичидан ҳавоси сўриб олинган ва учта электрод жойлаштирилган баллон (34.1-расм). Қиздириладиган катод К термоэлектронлар манбаи бўлади, цилиндрик электрод Ц катод ва анод орасида юзага келган юқори кучланишда тезлатилган электронларни фокуслайди. Анод (уни антикатод деб ҳам аталади) W, Cu, Pt каби оғир металлардан ясалади.



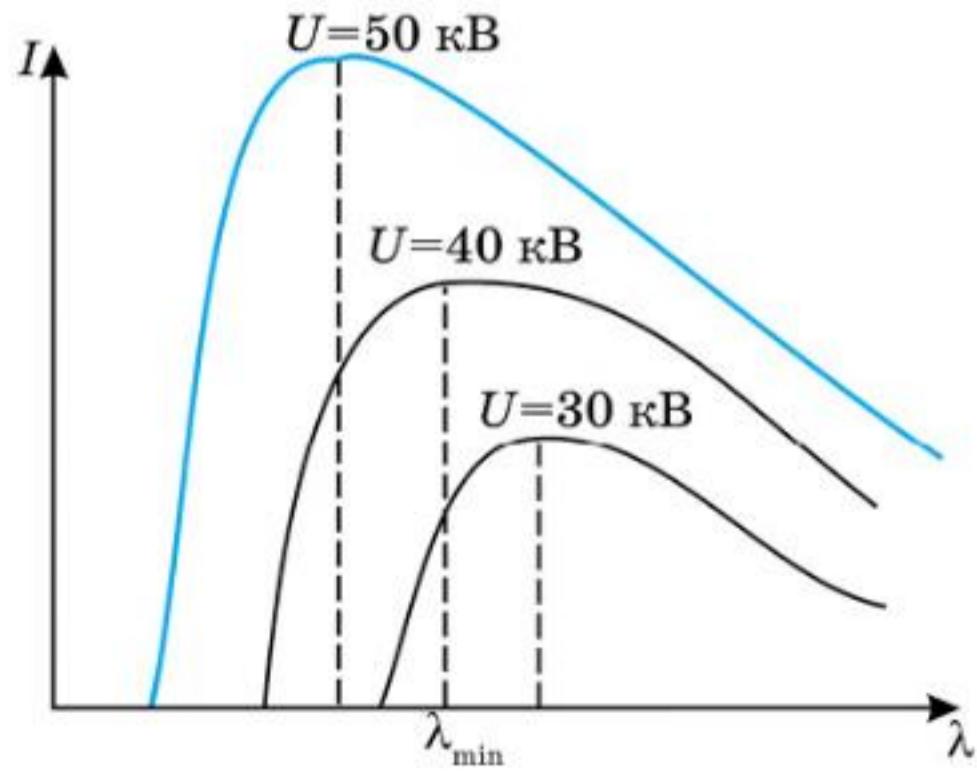
34.1-расм. Рентген найи

Тезланишли ҳаракатланган электронлар катта тезлиқда антикатодга келиб урилади ва бирдан тормозланади. Шу вактда чиқадиган электромагнит түлқинлар тормозловчи рентген нурлари деб аталади. Электронлар тормозланган вактда уларнинг энергиясининг фақат 1-3% и нурланиш энергиясига сарфланади, қолгани иссиқлик энергиясига айланади, шу сабабли антикатод қаттиқ қизийди. Уни бирор усулда совитиб туришга түғри келади.

Рентген нурланишининг пайдо бўлишини классик электромагнит назария доирасида тушунтириш мумкин. Бу назария бўйича тезлатилган зарядли зарра албатта нурланиши керак. Қаралаётган ҳолда электрон антикатодга урилиб тормозланади ва тескари тезланиш олади, шу сабабли у нурланади.

Нурланиш қуввати электрон зарядининг квадратига ва унинг тезланишининг квадратига пропорционал, яъни $r \sim e^2 a^2$. Электрон тормозланганда классик назарияга кўра нолдан чексизликкача бўлган барча узунликдаги түлқинлар нурлар чиқариши керак. Нурланиш қувватининг максимумига мос келадиган тўлқин узунлиги электронларнинг тезлиги ортиши билан камайиши керак, яъни у тезлатувчи

U кучланиш ортирилганда қисқа тўлқинлар томонга силжиши керак.



34.2-расм. Тормозловчи рентген нурланиши спектри

34.2-расмда тажрибада олинган рентген нурланиши қувватининг тўлқин узунлигига боғланиш графикилари тасвирланган. Бу расмга кўра, тажрибада олинган боғланишлар, асосан, классик назариянинг холосалари билан мос келади. Аммо бу ерда бир зиддият бор: Эгри чизиклар нолдан эмас, маълум бир λ_{min} тўлқин узунлигидан бошланади. Мана, шу λ_{min} тўлқин

узунлиги тормозловчи рентген нурланишининг қисқа түлқинли чегараси деб аталади.

Қисқа түлқинли чегаранинг мавжудлигини квант назарияси осонгина тушунтиради. Агар электрон тормозланганда нурланиш энергияси квантлар тарзida чикса, ҳар квантнинг (фотоннинг) энергияси, албатта, электронни ўзининг энергиясидан ортиқ бўла олмайди. У ҳолда, $h\nu_{\max} = eU$, бундан $\lambda_{\min} = \frac{c}{\nu_{\max}} = \frac{ch}{eU}$; $\lambda_{\min} = \frac{ch}{e} \cdot \frac{1}{U}$.

Бу натижা тажриба билан яхши мос келади. Тажрибадан λ_{\min} ни аниқлаб, унинг қийматини юқоридаги формулага қўйиш орқали Планк доимиисини ҳисоблаб топиш мумкин. Бу аниқлиги энг юқори усуллардан бири.

Тормозланувчи электронларнинг энергияси етарли даражада юқори бўлганда тормозловчи рентген нурларининг туташ спектри устида ингичка чизиқлар пайдо бўлади. Бу — тавсифий рентген нурланиши. Рентген нурларининг бу тури антикатоднинг моддасини тавсифлайди.

Рентген нурланишининг татбиқи. Рентген нурлари замонавий жамиятнинг кўплаб соҳаларида кенг қўлланилмоқда. Шулардан бир нечасини атаб ўтайлик. Рентген нурларининг түлқин узунлиги жуда қисқа (10–12 м-дан 10–9 м гача) бўлгани учун, қаттиқ жисмларнинг кристаллари улар учун дифракцион панжара вазифасини бажара олади. Кристаллга рентген нурларини тушириб, ундан пайдо бўлган дифракцион манзарани текшириш орқали модданинг тузилиши ҳақида маълумотлар олиш мумкин. Шу каби материалларнинг рентгенографияси, рентген топографияси соҳаларини ҳам айтиб ўтиш мумкин.

Компьютерли томография. Сиз тиббиётда рентген нурланиши диагностикада ва турли касалликларни даволашда кенг қўлланилишини биласиз. Бу соҳанинг сўнгги ютуқларидан бири компьютерли томография ҳисобланади.

Рентген компьютерли томографнинг (34.3-расм) ишлаши одам танасининг текширилаётган қисмига рентген нурларининг ингичка дастасини тушириб, кейин танадан ўтган дастани қайд қилишга асосланган. Рентген нурлари танадан ўтганда турли тана органлари нурларни турли миқдорда ютади. Бу нурларни компьютер орқали тадқиқ қилиб, натижада жуда сифатли учўлчовли (ҳажмий) тасвир олинади. Бу тасвир касалланган аъзодаги ўзгаришларни жуда аниқ ва тўғри кўрсатади.

Рентген компьютерли томограф рентген нурларининг сусайиши коэффициентини 0,5% атрофидаги аниқликкача баҳолашга имкон беради, оддий рентгенография усулида эса бу қиймат (10—20)%, яъни рентген компьютерли томографиянинг сезгирилиги жуда юқори, шунингдек бу



Вильгельм Рентген
(1845—1923)



34.3-расм. Рентген-компьютерли томограф

усулда түқималар ва мускуллар қатlam-қatlam бўлиб кўриниб, бирбирига кўшилиб кетмайди.

Одатдаги флюорографияда, асосан, суяклар ва ўпка кўринса, компьютерли томографияда юмшоқ түқималар (жигар, мия, буйрак ва ш.к.) ҳам аниқ кўринади. Бу касалликнинг дастлабки белгиларини аниқлашга ва тезроқ диагноз қўйишга имкон беради. Ҳозирги вактда компьютерли томография стоматологияда ҳам тишлар ва жағ суякларини текширишда кенг қўлланилмокда.

Рентген компьютерли томографиянинг янги соҳаси — бу спиралли компьютерли томография (СКТ ёки ангиография). Бунда одам нафасини бир тўхтатганда бутун организмни сканерлашга бўлади, шу сабабли пациентга тушадиган нурий юкланиш камаяди. КТ-нинг янги тури — мультиспиралли компьютерли томография (МСКТ). Бу асбоб текширишни жуда юқори тезликда бажаришга ҳамда майда ва ҳаракатдаги тузилмаларни аниқ тасвирлашга, масалан, қон томирларини кузатишга имкон беради.

Магнит-резонансли томография (МРТ). Замонавий тиббиётнинг сўнгги ютуқларидан бири — магнит-резонансли томографлар. Бу асбоблар текширилаётган аъзонинг қатlam-қatlam тасвирларини олишга имкон беради.

Асбобнинг ишлаш принципи асосида ядроий магнит резонанс ҳодисаси ётади. Магнит-резонансли томографда магнит майдони юзага келиб, маълум бир частотадаги радиотўлқинлар чиқарилади. Одам аъзосидаги водород атомларининг ядролари бундай таъсирларга сезгир бўлади. Тананинг текширилаётган аъзоси жойлашган қисми атрофига датчиклар қўйилади. Улар текшириш давомида шу аъзода бўлаётган ўзгаришларни қайд этиб, қайта ишлаш учун процессорга юборади.

Магнит-резонансли томограф текширилаётган пациентнинг танасида ўзгармас магнит майдони бўлишини таъминлайди. Бу аппарат орга-

низмни радиотұлқинлар билан стимуляциялады; аъзонинг электромагнит нурланишини қайд қиласы; олинган сигналларни қайта ишлаб, уни тасвирга айлантирады.

Магнит-резонансли томограф ёрдамида қон томирлари ички каналарининг тасвирини олиш (магнит-резонансли ангиография), пациентнинг қон айланишининг анатомик ва функционал хусусиятларини бақолаш, умуртқаны текшириш мүмкін. Асбобнинг бундан бошқа ҳам күп имкониятлари мавжуд.

Магнит-резонансли томографда олинган расм текширлаётган аъзонинг фотографик сурати бўлмайди. Мутахассис пациентнинг танаси чиқарган радиосигналларнинг юқори сифатли мукаммал тасвирини олади. МРТ диагностика компьютерли томография усулидан анча афзал, сабаби текшириш борасида ионловчи нурланиш әмас, одам организмига заарсиз бўлган электромагнит тўлқинлар қўлланилади.



1. Рентгеннурлари нима?
2. Рентгентрубкасининг ишлаш принципини тушунтириңг.
3. Тормозловчирентгеннурланишининг қисқа тўлқинли чегарасидеб нимага айтилади?
- *4. Рентгенкомпьютерлитомографнинг ишлаш принципини тушунтириңг.
- *5. МРТ текшириши усули ҳақида айтиб беринг

7-бобнинг асосий мазмуни

- Модда чиқарган нурлар таркибида учрайдиган барча тўлқин узунликлари йиғиндиси нурланиш спектри дейилади.
- Берилган модда ютадиган ёруғлик таркибига киравчи барча тўлқин узунликларининг йиғиндиси ютилиш спектри дейилади.
- *Спектрал анализ* — модда билан нурланишининг ўзаро таъсир спектрларини текшириш орқали модда таркибини аниклайдиган сифат ва миқдорий усуллар йиғиндиси.

Тушаётган ёруғлик таъсирида металл сиртидан электронларнинг учиб чиқиш ҳодисаси ташқи фотоэлектрик әффект (фотоәффект) деб аталади.

- Фотоәффект учун Эйнштейн тенгламаси

$$hV = A_{\text{ш}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}.$$

- *Рентген нурлари* — тўлқин узунлиги жуда кичик, тахминан (10^{-12} – 10^{-9}) м диапазонда ётувчи электромагнит нурланиш. У тез электронлар модда ичидаги тормозланганда пайдо бўлади.

8-боб. АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ

35-§. Табиий радиоактивлик



Таянч тушунчалар:

- ✓ радиоактивлик
- ✓ силжиш қойдаси
- ✓ альфа-емирилиш
- ✓ бета-емирилиш
- ✓ гамма-емирилиш

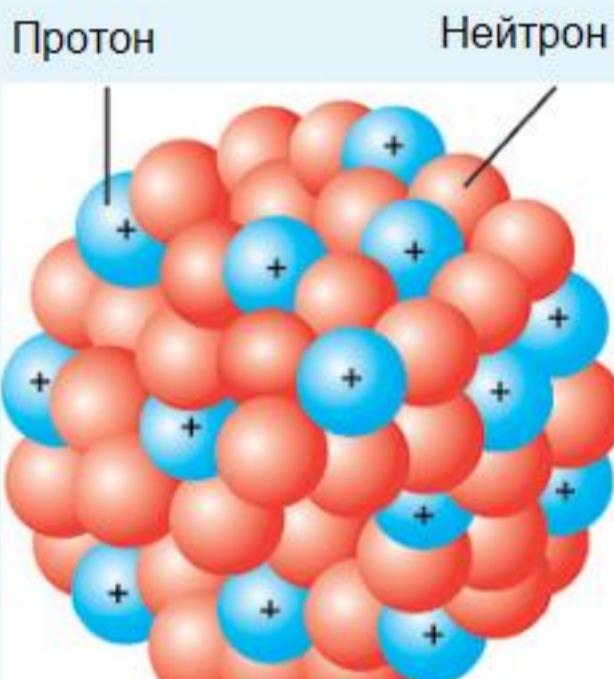


Бугун дарсда:

- радиоактивлик ҳодисаси ва радиоактив альфа-, бета-, гамма-емирилишлар билан танишасиз.

Сиз буни биласиз

Атом ядрою ҳақидаги тушунчаны 1911 йили Э. Резерфорд киритди. У ўзининг ходимлари Э. Марсден, Х. Гейгер билан бергә зарраларнинг юпқа металл қатламидан ўтишини ва сочилишини текширган. У ўз тажрибаларининг натижаларини тушунтириш учун атомнинг ядро моделини таклиф қилди.



35.1-расм

Атом мусбат зарядланган ядро ва манфий зарядланган электронлар тўплами — электрон қобиқлардан тузиленган (35.1-расм). Атом массаси деярли тўлиқ ядрода тўпланган. Атомга қараганда ядро жуда кичик ва у жуда мустаҳкам. Атом ядросининг кашф қилиниши назарий ва экспериментал физика олдига атом ядросининг тузилишини ва унинг хоссалари ҳақидаги янги масалани қўйди. Шу тариқа ядро физикаси деб аталувчи физиканинг янги бир соҳаси дунёга келди.

Ядро физикаси атом ядросининг тузилишини, хоссаларини, унинг айланишларини, микрооламда бўлаётган ҳодисаларни ўрганади. Элементар зарраларнинг табиатини, ўзаро таъсиралишларива айланишларини тадқиқ қиласди.

Табиатда барқарор ядролар билан бир қаторда емирилишга мойил ядролар ҳам мавжуд. Ядро физикасининг ривожланиш тарихи 1886 йили француз олим А. Беккерель кашф қиласди табиий радиоактивлик ҳодисасидан бошланади. А. Беккерель уран тузининг фотопластинага таъсирини ўрганган. Тажрибалар мобайнида у қўйидаги ҳодисани пайқаган: уран тузлари зич қора қофоз билан ўралган фотопластинага таъсири қилиб, унинг қорайишини юзага келтирадиган, ўтвчанлиги юқори номаълум нурларни чиқарар экан. Пухта ўтказилган тадқиқотлар натижасида Беккерель ўтвчанлиги юқори номаълум нурларни уран атомининг ўзи, ҳеч қандай ташқи таъсиrlарсиз, ўз-ўзидан чиқаришини аниқлади. Номаълум нурларнинг моддалар билан таъсирашганда фотопластиинани қорайтириши, яъни кимёвий

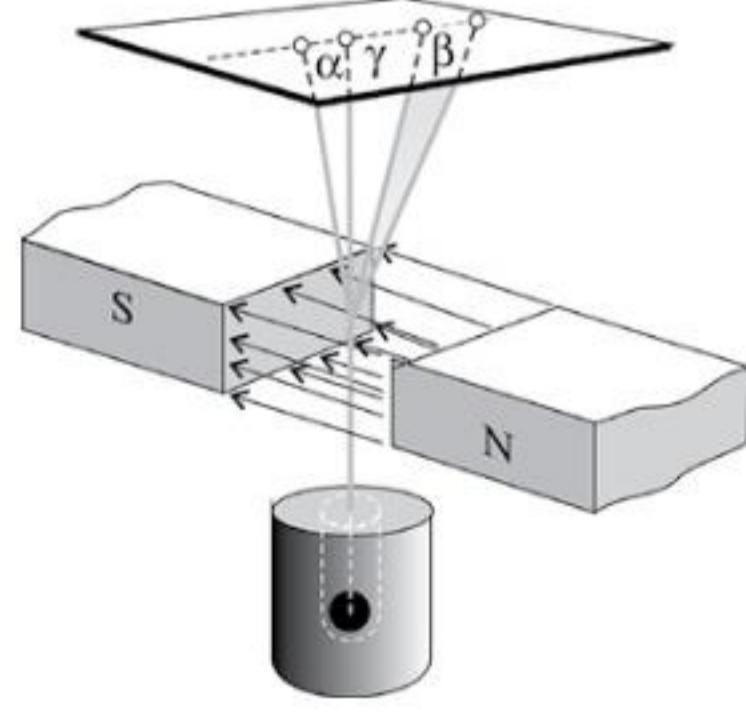
таъсири, газларни ионлаштириши, айрим қаттық жисмлар ва суюқликларнинг люминесценциясини юзага келтириши каби хоссалари маълум бўлди.

Бу ҳодисани тадқиқ қилиш ишлари қизғин бошланиб кетди. Францияда 1898 йили М. Склодовская-Кюри ва П. Кюри торий (Th) элементининг ўз-ўзидан нур чиқаришини кашф қилишди. Ўз-ўзидан нур чиқарадиган кимёвий элементни *радиоактив* деб, нур чиқариш жараёнини эса *радиоактивлик* деб номлашни М. Склодовская-Кюри таклиф қилган эди. Радиоактивлик лотинча “radio” — нур чиқариш, “actus” — таъсир деган сўзлардан олинган. Шу йили эр-хотин олимлар уран рудасини қайта ишлаш орқали икки янги радиоактив кимёвий элементни аниқлашди. Радиоактивлиги урандан миллион марта кучли элементни (Ra) радий, иккинчи элементни М. Склодовская-Кюри ватани шарафига полоний (Po) (лот. Польша) деб номланди. 1908 йили Резерфорд спектрал анализ усулида радиоактив газ — радонни (Rn) кашф қилди. Қенг миқёсда ўтказилган тажрибалар Менделеев жадвалида қўрғошиндан кейинги ҳамма оғир элементлар ядроларининг табиий радиоактивликка эга эканлигини кўрсатди. Баъзи енгил элементларнинг ҳам табиий радиоактивлик хоссалари аниқланди, масалан, калий изотопи $^{40}_{19}\text{K}$, углерод изотопи $^{14}_6\text{C}$ ва ҳ.к.о.

Радиоактив емирилиш. Э. Резерфорд ва П. Кюри радиоактив нурланиш табиатини тадқиқ қилиб, унинг таркиби мураккаб эканлигини аниқлашди. Радиоактив радий Ra қўрғошиндан ясалган қалин идишнинг ичидаги жойлашган. Идишнинг ўртасида цилиндрический канал бор. Идиш тубидаги радиийдан чиқсан нурларга перпендикуляр йўналишда кучли магнит майдони таъсир қиласи. Канал қархисида фотопластина ўрнатилган ва барча асбоб вакуумда жойлаштирилган. 35.2-расмда кўрсатилгандек, радиийдан чиқадиган нурлар оқими магнит майдондан ўтгандан кейин учта дастага ажралган. Дасталарнинг бундай ажралиши фотопластина даги қорайган жойлар бўйича аниқланади. Улар мос равишда α (альфа)-нур, β (бета)-нур ва γ (гамма)-нур деб аталди. α -нур — мусбат зарядланган зарралар (α -зарра) оқими, β -нур — жуда тез ҳаракатланувчи ва тезликлари турлича манфий зарядланган зарралар (β -зарра) оқими. Магнит майдонда оғиш бурчагининг турлича бўлиши α -зарра ва β -зарра массаларининг бир хил



Мария
Склодовская-Кюри
(1867—1934)



35.2-расм

эмаслигини ҳамда улар қарама-қарши ишоралар билан зарядланганини күрсатади. Ү-нур магнит майдонда оғмайдиган, юқори частотали электромагнит нурланиш квенти әкан. Атом ядроининг тузилиши ва таркибига, нуклонларнинг боғланиш энергиялари ҳақида маълумотларга таяниб, радиоактив нурланиш табиатини тушунтириш осон. Таркибиде нейтронларга қараганда протонларнинг сони кўп бўлган ядро барқарор эмас, сабаби кулон таъсирашуви энергияси устунроқ.

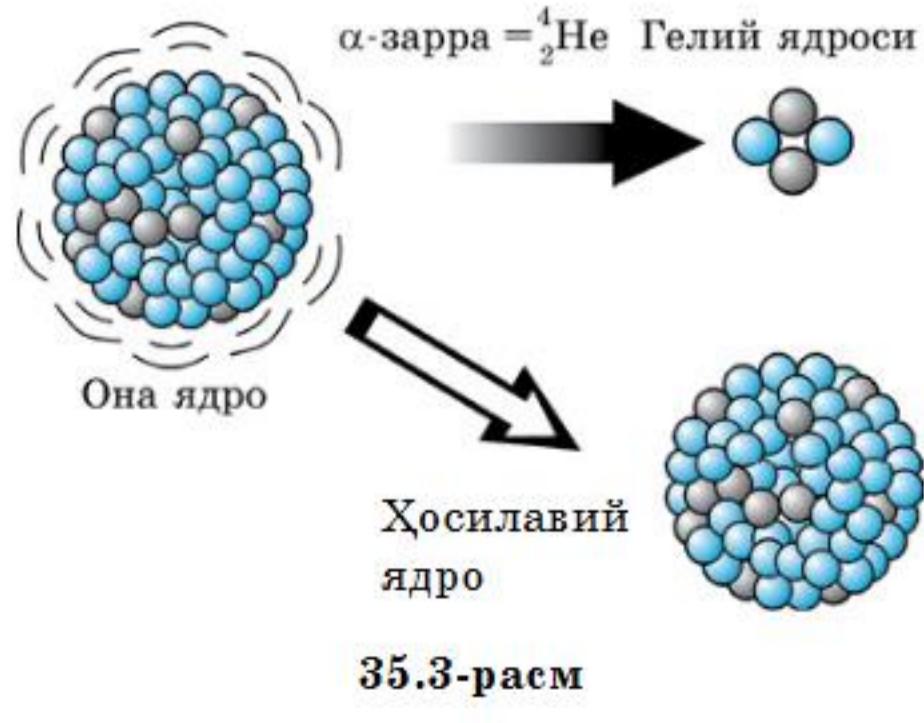
Нейтронлар сони протонлар сонига қараганда анча кўп бўлган ядроининг барқарор бўлмаслигининг сабаби — нейтроннинг массаси протоннинг массасидан катта: $m_n > m_p$. Ядро массасининг ортиши унинг энергиясининг ортишига олиб келади. Ортиқча энергияга эга ядро шу энергиянинг ортиқ қисмини икки хил йўл билан ажратиб чиқариши мумкин.

Механик, термик ва бошқа ташқи таъсирашлариз ядро ўз-ўзидан емирилиб, радиоактив нур чиқаради ва бўлиниш натижасида ўзгариб янги элементнинг ядрои пайдо бўлади. Ўз-ўзидан емирилиш жараёнида α -зарралар ядродан учб чиқса, уни *альфа-емирилиш* деб аталади.

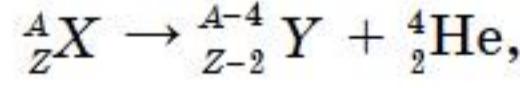
Ядро ўзининг электр зарядини бир заряд бирлигига ўзгартириши, яъни нейтроннинг протонга ёки протоннинг нейтронга айланиши орқали емирилади. Бу жараён ядродан электроннинг ёки позитроннинг (мусбат зарядли электрон) учб чиқиши билан бирга ўтади, уни *бета-емирилиш* дейилади.

Радиоактив ядроларнинг ўз-ўзидан емирилиши вақтида айланишлари 1913 йили инглиз олими Ф. Содди ифодалаган *силжиш қоидасига* бўйсунади. Радиоактив емирилишда электр зарядининг, масса сонининг ҳамда импульс ва энергиянинг сақланиш қонунлари ҳам бажарилади.

Альфа-емирилиш. α — зарраларнинг табиатини 1908 йилда Резерфорд кўплаб экспериментал тадқиқотлар натижасида аниқлади. Альфа емирилишда ядродан ўз-ўзидан α -зарра — гелий атомининг ядрои ${}^4_2\text{He}$ (иккита протон ва иккита нейтрон) учб чиқади ва янги кимёвий элементнинг ҳосилавий ядрои пайдо бўлади. 35.3-расмда альфа-емирилиш жараёни кўрсатилган.

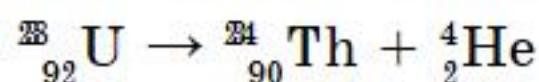


Альфа-емирилишда атом ядрои Z заряд сони иккитага ва A масса сони тўрттага камайган ҳосилавий ядрога айланади. Натижада янги элемент Менделеев даврий системасининг бошига қараб икки катакка силжийди:

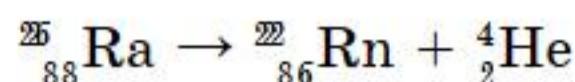


бу ерда X — оналик ядро белгиси, Y — ҳосилавий ядро белгиси. Гелий атомининг ядрои бўлган α -зарра учун ${}^4_2\text{He}$ белгисидан фойдаланамиз.

Мисол келтирамиз. Уран ядросининг $^{238}_{92}\text{U}$ -емирилиш реакциясида ҳосилавий ядро — торий $^{234}_{90}\text{Th}$ пайдо бўлади:



Яна бир α -емирилиш реакциясини ёзамиш:



$^{238}_{92}\text{U}$ нуклид билан $^{226}_{88}\text{Ra}$ нуклид бошланғич (оналик) ядро, $^{234}_{90}\text{Th}$ ва $^{222}_{86}\text{Rn}$ нуклидлар эса ҳосилавий ядро деб аталади. Элемент белгисининг юкори томонидаги сонлар, яъни масса сонлари (нуклонлар сони) тенгликнинг иккала томонида ҳам бир хил: $238 = 234 + 4$, яъни массаларнинг сақланиш қонуни бажарилади. Шунингдек, $92 = 90 + 2$ электр зарядининг сақланиш қонуни ҳам ўринли.

Оналик ядро емирилганда α -зарра билан ҳосилавий ядро маълум бир кинетик энергия билан турли томонларга сочилиб учади. Айрим емирилишларда ҳосилавий ядро уйғонган ҳолатда бўлиши мумкин. Емирилиш энергиясини она ядро билан боғланган саноқ системасида энергиянинг сақланиш қонунини фойдаланиб ҳисоблаш мумкин. Емирилиш энергияси Q_α уйғониш энергияси билан кинетик энергияларнинг йиғиндисига тенг. Бошланғич энергия она ядронинг тинчлик энергиясига тенг эканини назарга олсак, у ҳолда

$$M_\alpha c^2 = (M_\gamma + M_{\text{He}})c^2 + Q_\alpha,$$

бу ерда M_α — она, M_γ — ҳосилавий ядроларнинг, M_{He} — гелий атоми ядросининг массалари. Бундан емирилиш энергиясини топамиз:

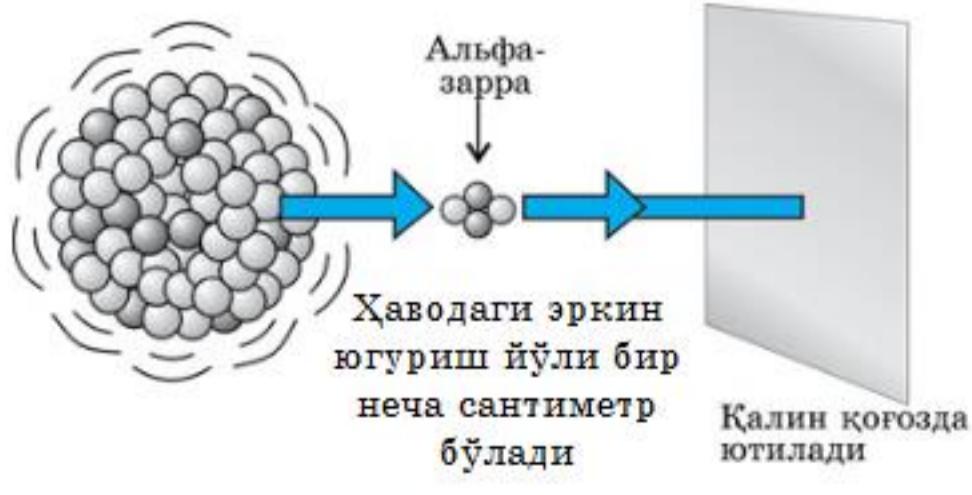
$$Q_\alpha = (M_\alpha - M_\gamma - M_{\text{He}})c^2.$$

Масалан, ураннинг α -емирилишида 4 МэВ энергия ажралиб чиқади.

Атом номери $Z \geq 82$ оғир ядроларда альфа-емирилиш кузатилади. 35.4-расмда тасвирланганда, α -зарранинг ўтувчанлик қобилияти паст, ҳавода эркин югуриш йўли атиги 3—7 см. Қалинроқ қофозда ютилади. Ионлаштириш қобилияти жуда юқори, шу сабабли энергиясини тез йўқотади.

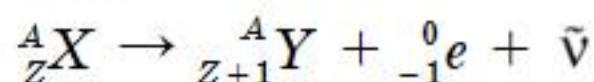
Бета-емирилиш. β -нурнинг табиатини 1899 йилда Резерфорд кашф қилган. У — тез ҳаракатланувчи электронлар оқимидан иборат. β -зарра ${}^0_{-1}e$ каби белгиланади. Масса сонининг $A = 0$ бўлиши электроннинг массаси массанинг атом бирлигига нисбатан жуда кичик эканини кўрсатади. Силжиш қоидасини бета-емирилишга қўллаймиз.

Бета-емирилишда атом ядросининг заряд сони Z битта заряд бирлигига ортади, масса сони эса

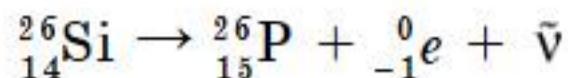


35.4-расм

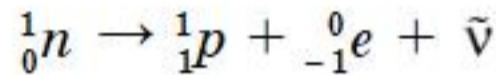
үзгармайды. Яңғы элемент Менделеев даврий системасининг охирига қараб бир катакка силжийди:



бу ерда $\tilde{\nu}$ — электр заряди нолга тенг, тинчликдаги массага әга бўлмаган электрон антинейтриноси деб аталадиган зарра. Масалан,

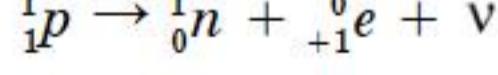


Бундай емирилиш электрон β -емирилиш деб аталади. Радиоактив электрон β -емирилиш жараёни ядрода нейтроннинг протонга айланиши ва шу пайтда электрон ва антинейтринонинг бир вактда ҳосил бўлиши орқали амалга ошади:

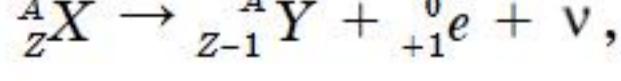


Ядро ичида электроннинг пайдо бўлиши шу нейтрон емирилишининг натижаси экан. Бета-емирилишда ҳосилавий ядро билан электрон системасининг энергияси емирилишгача бўлган она ядро система-си энергиясидан кам бўлишини ўлчашлар кўрсатди. β -емирилишда энергиянинг сақланиш қонунининг бажарилиши шубҳа туғдирди. 1930 йилда В. Паули β -емирилишда ядродан электрондан бошқа яна бир масса сони ва заряд сони ($A = 0, Z = 0$) нолга тенг зарра ажralиб чиқади деган ғояни илгари сурди. β -емирилишда энергиянинг сақланиш қонунининг бузилишига сабаб, етишмай турган энергия шу нейтрал заррага тегишли экан.

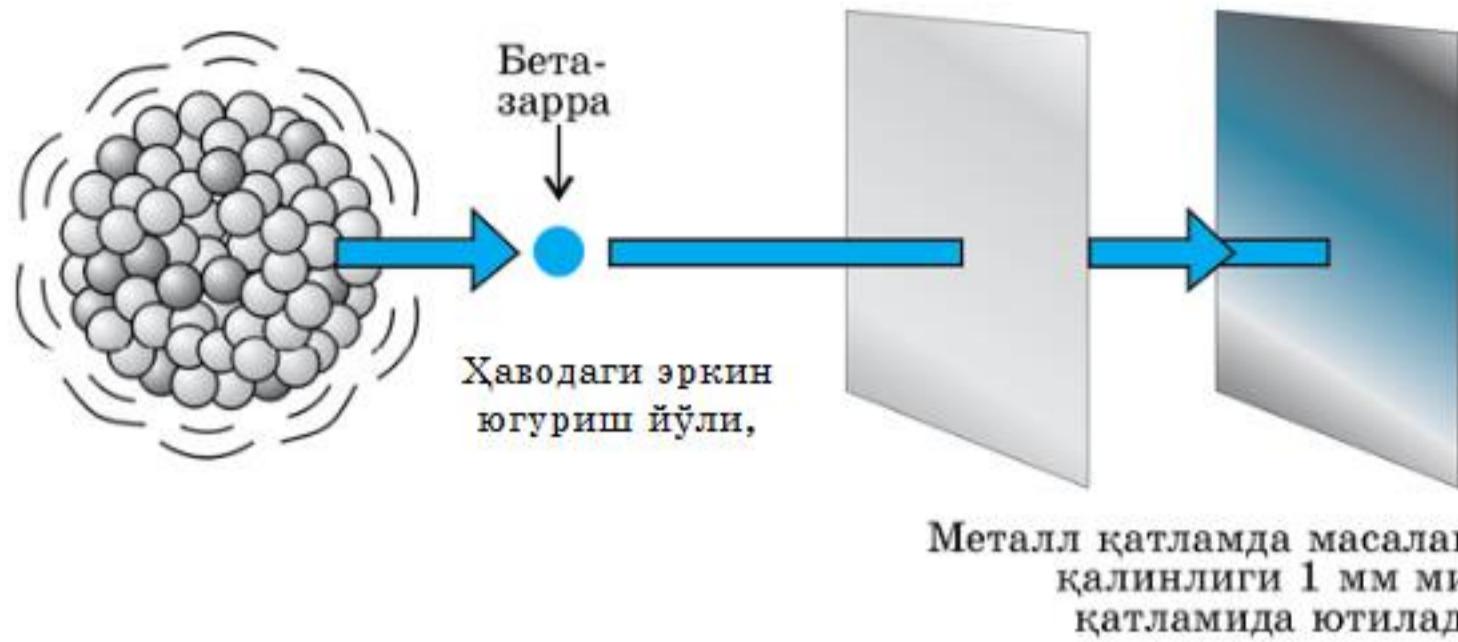
Буюк итальян олими Э. Ферми таклифи бўйича бу зарра *нейтрино* ν (итал. *neutrino* — кичик нейтрон) деб аталди. Нейтринонинг электр заряди ва тинчлик массаси нолга тенг бўлгани учун, у модда билан деярли таъсирлашмайди, шу сабабли эксперимент орқали уни қайд қилиш жуда қийин бўлди. Узоқ давом этган изланишлар натижасида факт 1956 йилдагина нейтрино қайд қилинди. Антинейтрино эса шу нейтринонинг антизарраси бўлиб ҳисобланади. Электрон β^+ -емирилишдан ташқари позитрон β^+ -емирилиш жараёни ҳам рўй бериши мумкин. Позитрон радиоактивликда ядродаги протонлардан биттаси нейтронга айланиб, позитрон ${}^0_{+1} e$ ва электрон нейтриноси ν ажralиб чиқади:



Ядронинг Z заряд сони бирлик зарядга камаяди, натижада элемент Менделеев даврий системасининг бошига қараб бир катакка силжийди:

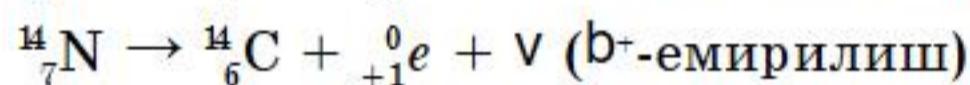
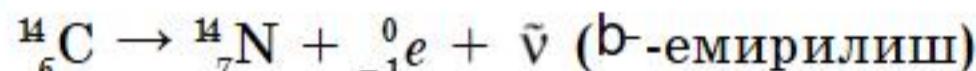


бу ерда ${}^0_{+1} e$ — позитрон, электроннинг антизарраси, унинг массаси электрон массасига тенг.



35.5-расм

β -емирилишга



реакцияларни мисолга келтириш мумкин.

Оналик ядро билан боғланган саноқ системасида энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб, β -емирилишнинг Q_β энергиясини аниқлаш мумкин:

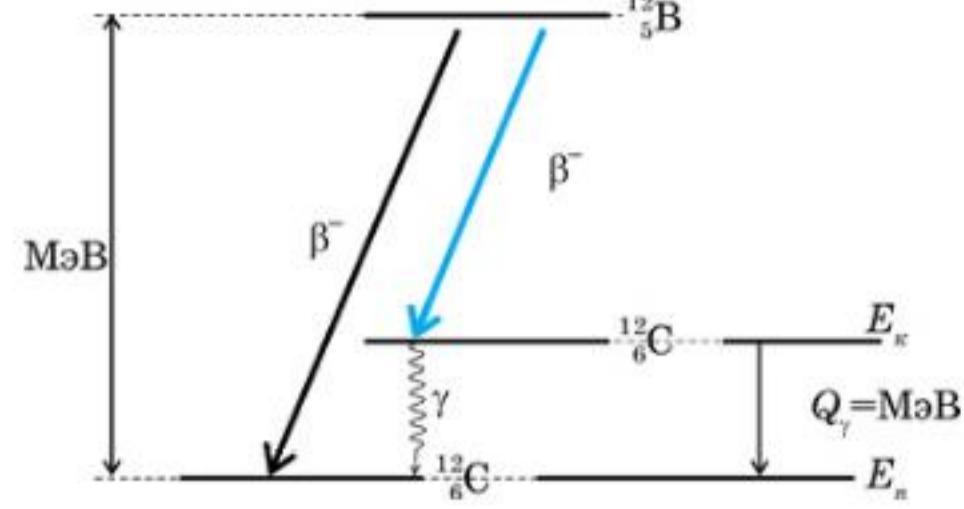
$$M_m c^2 = M_t c^2 + Q_\beta,$$

бундан

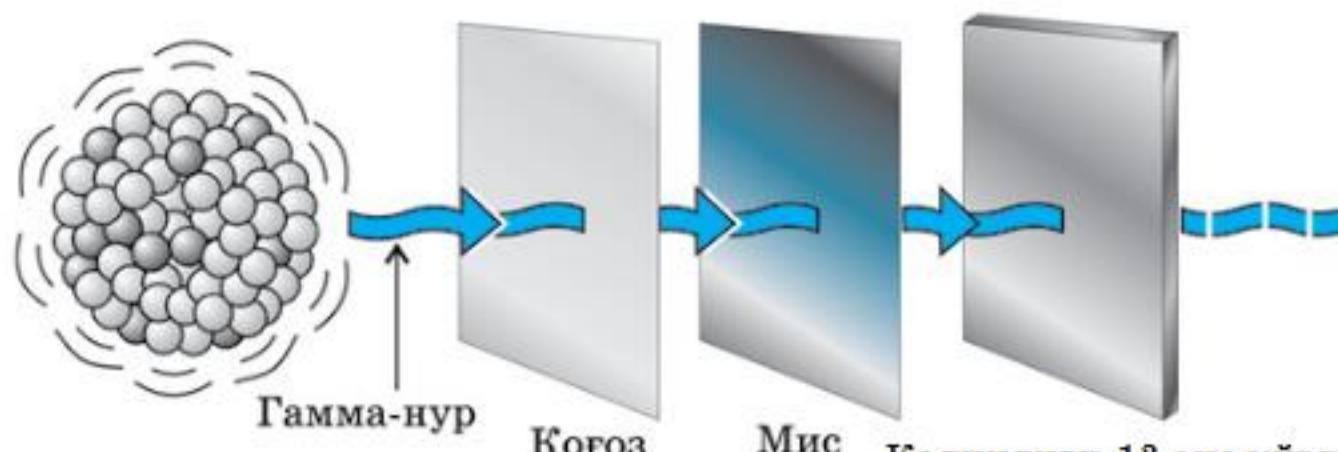
$$Q_\beta = (M_m - M_t)c^2.$$

Бу емирилиш энергияси электрон (позитрон), антинейтрито (нейтрино) ва ҳосилавий ядрога берилади. Ҳосилавий ядро уйғонган ҳолатда бўлиши мумкин. β -электронларнинг вакуумдаги тезлиги тахминан $v_\beta = 2 \cdot 10^8$ м/с. 35.5-расмда кўрсатилганидек, β -заррага қараганда α -зарранинг ўтувчанлиги кучли, ҳаводаги эркин югуриш йўлининг узунлиги деярли 1 м, аммо қалинлиги 1 мм мис қатламидан ўта олмайди.

Гамма-емирилиш. 1900 йилда П. Виллард яровий нурланиш таркибида учинчи компонентнинг борлигини топди, уни γ -нурланиш деб атади. Гамма-нурланиш магнит майдонда оғмайди, демак, у зарядга эга эмас. Гамма-нурланиш радиоактив емирилишнинг алоҳида бир тури эмас, у альфа- ва бета-емирилишлар билан биргаликда содир бўладиган жараёндир. Юқорида қайд қилинганидек, ҳосилавий ядро уйғонган ҳолатда бўлади. Уйғонган ҳолатдаги ядро атом каби юқори энергетик сатҳдан қўйи энергетик сатҳга ўтганда $h\nu = E_\kappa - E_n$ энергияли гамма квантини



35.6-расм

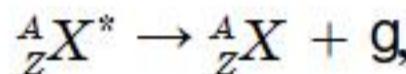


Қалинлиги 13 мм қүрғошин қатламида (ёки 120 м ҳаво қатламида) интенсивлиги иккى марта камаяди

35.7-расм

чиқаради, бу ерда E_{γ} — уйғонган, E_n — нормал ҳолатдаги энергиялар (35.6-расм). Ядродан чиқувчи γ -нурлар фотонлар оқимидан иборат экан.

Гамма-емирилиш формуласини ёзамиз:



бу ерда X^* — уйғонган оналик ядро, X — унинг нормал ҳолатдаги нуклиди. 35.6-расмда кобалт ядроси β -емирилишининг чизмаси күрсатилган. γ -нурнинг түлқин узунлиги жуда қисқа: $\lambda = 10^{-8} - 10^{-11}$ см. Шу сабабли радиоактив нурлар орасида γ -нурнинг ўтувчанлик қобилияти энг юқори. 35.7-расмда күрсатилганидек, улар қалинлиги 10 см қүрғошин қатламидан bemalol ўтиб кета олади. Гамма-квантининг ўтувчанлик қобилияти жуда юқори, ҳаводаги эркин югуриш йўлиниң узунлиги 120 м.



1. Беккерельтажрибасининг моҳияти нимада?
2. Радиоактив нурланиш таркиби қандай ва у қандай аниқланган?
3. Альфа-емирилишніма?
- *4. Содди кашф қилған қонуниятнинг маъносини тушунтириңг.
5. Бета-емирилишніма? Электронва позитрон β -емирилишларнинг фарқи нимада?
6. Нейтринони қайд қилиш мураккаблиги нимада?
- *7. Гамма-емирилиш механизмини тушунтириңг.



Радиохирургияда қўлланиладиган “гаммапичок” ҳақида лойиҳа тайёрланг.



14-машқ

1. Уран ${}^{238}_{92} U$ изотопининг α -емирилишида қандай ядро ҳосил бўлади?
2. Актиний ${}^{226}_{89} Ac$ изотопи уч марта α -емирилишдан кейин қандай элемент ядросига айланади?

Жавоб: ${}^{208}_{83} Bi$

3. Кўрғошин ${}^{208}_{82} Pb$ изотопининг радиоактив емирилишида β -зарра учиб чиқди. Кўрғошин изотопининг ядроси қандай элемент ядросига айланади?

Жавоб: ${}^{208}_{82} Pb \rightarrow {}^{209}_{83} Bi + {}^0_{-1} e + \bar{\nu}$

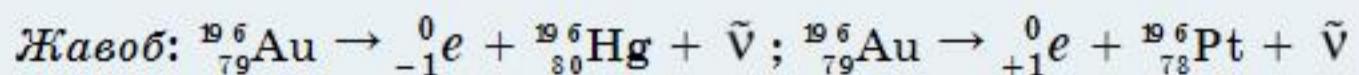
4. Ксенон $^{36}_{54}\text{Xe}$ ядроси 4 марта β^- -емирилишга учрагандан кейин үңдай барқарор ядрога айланади?

Жавоб: $^{36}_{55}\text{Se}$

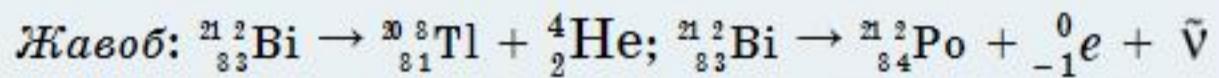
5. Торий $^{232}_{90}\text{Th}$ изотопининг ядроси икки марта α -емирилишга, икки марта электрон β^- -емирилишга ва яна бир марта α -емирилишга учрайди. Шу айланишлардан сүнг үндай элемент ядроси ҳосил бўлади?

Жавоб: $^{208}_{86}\text{Rn}$

6. Олтиннинг $^{196}_{79}\text{Au}$ радиоактив изотопи электрон ва позитрон емирилиши мумкин. Емирилиш реакциясини ёзинг.



7. Висмутнинг $^{212}_{83}\text{Bi}$ ядроси α -емирилишдан сүнг таллий ${}^{208}_{81}\text{Tl}$ изотопига ёки β^- -емирилишдан сүнг полонийнинг ${}^{212}_{84}\text{Po}$ изотопига айланади. Мос равиша емирилиш реакцияларини ёзинг.



8. ${}^{235}_{92}\text{U}$ ураннинг ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ қўрғошинга айланиш занжирида қанча α - ва β^- -емирилишлар сони бор?

Жавоб: $n_a = 7; n_b = 4$.

9. Сунъий равиша олинган радиоактив ${}^{241}_{93}\text{Np}$ нептуний элементи қанча α - ва β^- -емирилишлардан кейин висмутнинг барқарор ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ изотопига айланади?

Жавоб: саккизта α -емирилиш ва олтита β^- -емирилиш.

36-§. Радиоактив емирилиш қонуни



Таянч тушунчалар:

- ✓ радиоактив емирилиш қонуни
- ✓ ярим емирилиш даври
- ✓ активлик



Бугундарсда:

- радиоактив емирилиш қонуни асосида ядрорий қолдиқлар таъсирининг узоқ вақт давом этиши сабабини тушуниб оласиз;
- радиоактив емирилиш формуласидан масалалар ечишда фойдаланишини ўрганасиз.



Экспериментал тадқиқотлар радиоактив емирилиш тўлиқ статистик қонуниятга бўйсунишини исботлади. Айни бир радиоактив изотопнинг ядролари бир хил бўлади. Атом ядросининг қачон емирилишини олдиндан айтиш мумкин эмас. Қачон ва ядролардан қайси бири емирилиши тасодифий воқеадир.

Хар бир радиоактив модда учун маълум бир вақт оралиғи мавжуд, шу вақт ичидаги активлиги икки марта камаяди. Радиоактив модданинг асосий тавсифи — ярим емирилиш давридан иборат.

Радиоактив ядролар сонининг ярми емириладиган вакт оралиғи (T) ярим емирилиш даври деб аталади. Турли моддалар учун ярим емирилиш даври турлича қийматтаға әга бўлиши мумкин. Масалан, радоннинг ярим емирилиш даври $T = 3,82$ сутка, радий учун $T = 1600$ йил. Ярим емирилиш даври қанча кичик бўлса, радиоактив нурланиш шунчалик интенсив бўлади. Шуни назарда тутмоқ лозимки, радиоактив емирилиш тезлигига ташқи шароитлар (босим, ҳарорат ва б.) таъсир кўрсатмайди. Демак, биз емирилиш тезлигига таъсир кўрсата олмаймиз ва радиоактив изотопнинг бирор бир кимёвий бирикмаларининг ҳам ҳеч қандай таъсири йўқ.

Радиоактив емирилиш қонунининг математик ифодасини топамиз. Бошланғич пайтда ($t = 0$) радиоактив атомлар сони N_0 га тенг бўлсин, деб фараз қиласайлик. У ҳолда ярим емирилиш даври $t_1 = T$ ўтгандан сўнг емирилмаган атомларнинг сони $\frac{N_0}{2}$ га тенг бўлиб қолади. Атомлар бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда емирилади. Демак, ярим емирилиш даври атомларнинг бошланғич сонига боғлиқ бўлмайди. Яна битта ярим емирилиш даври $t_2 = 2T$ ўтгандан сўнг емирилмаган атомлар сони

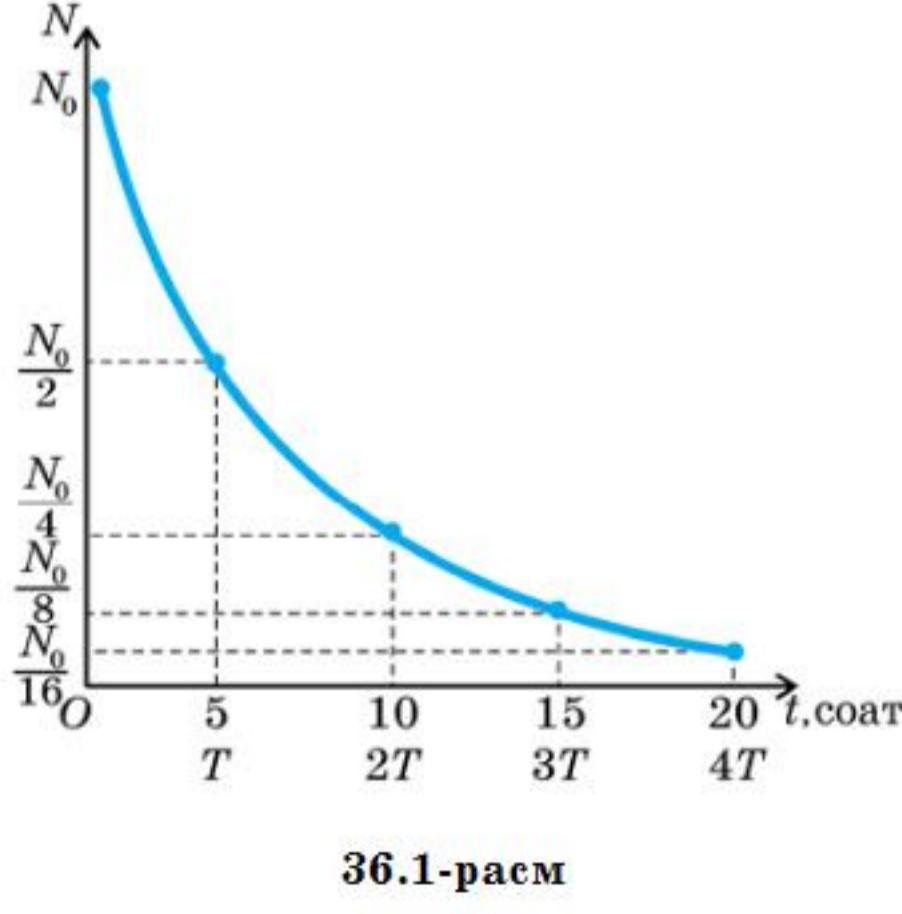
$$\frac{1}{2} \frac{N_0}{2} = \frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^2}.$$

Ярим емирилишнинг n даври ўтгандан сўнг, $t = nT$ вактда радиоактив атомлардан $N = N_0 \frac{1}{2^n}$ қолади, $n = \frac{t}{T}$ бўлгани учун,

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Ушбу тенглама радиоактив емирилиш қонуни дейилади.

Радиоактив емирилмаган атомлар сонининг вактга боғланиш графиги 36.1-расмда кўрсатилган. Бу боғланиш графиги экспонентадан иборат.



Емирилмаган атомларнинг N сонини ва унинг бошланғич N_0 сонини билган ҳолда t вактдан сўнг емирилган атомлар сонини аниқлаш мумкин:

$$N_n = N_0 - N.$$

Радиоактив емирилиш қонунини 1902 йили Э. Резерфорд ва Ф. Содди кашф қилишган.

Радиоактив ядронинг емирилиш хоссасини тавсифловчи яна бир катталик мавжуд. Вакт бирлиги ичida емириладиган ядролар сони билан

аниқланадиган катталик радиоактив модда (элемент)нинг активлиги (А) деб аталади:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right|.$$

Активликнинг Халқаро бирликлар системасидаги ўлчов бирлиги — беккөрель.

1 беккөрель (Бк) — 1 с вақт бирлиги ичидә битта емирилиш содир бўладиган радиоактив модданинг активлиги:

$$[A] = 1 \text{ Бк} = \frac{1 \text{ емирилиш}}{1 \text{ с}}.$$

Амалда активликнинг яна бошқа ўлчов бирлиги қўлланилади, у — кюри (Ки):

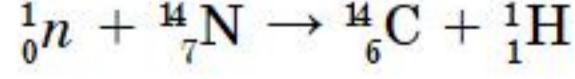
$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}; 1 \text{ мКи} = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Бк}.$$

Менделеев жадвалидаги кимёвий элементларнинг ярмидан кўпроғининг табиий радиоактив изотопи мавжуд. Уларнинг ярим емирилиш даврлари диапазони жуда катта. Масалан, уран $^{238}_{92}\text{U}$ изотопининг ярим емирилиш даври $T = 4,5$ млрд йилга, торий изотопининг ярим емирилиш даври $T = 14$ млрд йилга тенг. Ер сайдерасининг пайдо бўлганига 4-5 млрд йил ўтди деб хисобласак, уран ва торийнинг батамом емирилиб бўлмаганлиги ўз-ўзидан равшан.

Табиатда ярим емирилиш даври қисқа, ҳатто секунднинг миллиондан бир улушига тенг бўлган элементлар ҳам бор. Радиоактив емирилишнинг ажойиблиги шундаки, ярим емирилиш даври қисқа бўлган изотопларни эрта ҳам, индин ҳам, ҳатто 100 йилдан кейин ҳам табиатда учратиш мумкин.

Ёш аниқлашнинг радиоуглерод усули. Келиб чиқиши биологик бўлган археологик топилмалар ёшини аниқлашнинг радиоуглерод усули 1000 йилдан 75 000, ҳатто 100 000 йилгача оралиқни ўз ичига олади. Айни шу усулда Миср мумиёлари, организмлар, суюклар, ёғочлар ва бошқа материалларнинг ёши аниқланади.

Ер атмосферасига келиб тушган космик нурлар, асосан, протонлардан иборат. Ер атмосферасининг атомлари билан тўқнашган протонлар улардан иккиласми прононлар ва нейтронларни узиб чиқаради, улар ўз навбатида, азот ядроси билан янги ядервий реакцияга киришади:



${}_{6}^{14}\text{C}$ углерод атоми β -радиоактив ва у $T = 5730$ йиллик ярим емирилиш даври билан емирилади.

Атмосферада емирилган ва қайта тузилган ${}_{6}^{14}\text{C}$ атоми ядроларининг сони тенглашади. ${}_{6}^{14}\text{C}$ ва ${}_{6}^{12}\text{C}$ атомининг ядролар сони $1 : 1,5 \cdot 10^{-12}$ каби

нисбатда бўлади. Радиоактив $^{14}_6\text{C}$ углерод ҳаводаги кислород билан бирекиб, углерод икки оксидига айланади. Барча ўсимликлар карбонат ангирид газини ютганда $^{12}_6\text{C}$ атом ядролари билан бирга, маълум миқдорда радиоактив $^{14}_6\text{C}$ углеродни ҳам ютади. Ўсимликлардан фойдаланган инсонлар ва жониворлар организмига ҳам шу $^{14}_6\text{C}$ радиоактив углерод киради. Бироқ тирик организм ҳалок бўлганда $^{14}_6\text{C}$ атомининг сони радиоактив емирилиш қонунига мувофиқ камаяди. Емирилиш тезлигини аниқлаб, исталган археологик қазилманинг ёши аниқланади. Бу кашфиёти учун америка физиги У. Либби 1960 йили Нобель мукофотига сазовор бўлган.



1. Атом ядроларининг емирилиши қандай қонуниятларга бўйсунади?
2. Радиоактив емирилиш қонунининг моҳияти нимада?
3. Ярим емирилиш даври $T = \text{const}$ бўлиши қандай қоидани тасдиқлайди?
4. Радиоактивизотопнинг активлигинима? Беккерель қандай катталикнинг ўлчов бирлиги?
- *5. Ернинг ёши бир неча миллиард йил, радиийнинг ярим емирилиш даври эса 1600 йил эканлиги маълум. У ҳолда нима сабабдан Ерда ҳозирги кунгача радиийнинг маълум бир миқдори сақланган?

Масала ечиш намунаси

Радиоактив кобальтнинг массаси 4 г. Агар кобальтнинг ярим емирилиш даври 72 сутка бўлса, у ҳолда 216 сутка ичida унинг неча грамми емирилади?

Берилган:

$$m_0 = 4 \text{ г}$$

$$t = 216 \text{ сутка}$$

$$T = 72 \text{ сутка}$$

Топиш керак:

$$D_m = ?$$

Ечилиши. Модданинг массаси атомлар сонига тўғри пропорционал бўлгани учун, масса ҳам вақтга боғлиқ ҳолда экспоненциал қонун бўйича ўзгаради:

$$\Delta m = m \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

У ҳолда, $\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$ деб ёза оламиз.

$\frac{\Delta m}{m_0} = 1 - 2^{-\frac{t}{T}}$ бўлади. Бундан $D_m = m_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$, $D_m = 4 \text{ г} \cdot \left(1 - 2^{-\frac{216}{72}}\right) = \frac{4 \text{ г} \cdot 7}{8} = 3,5 \text{ г.}$

Жавоб: 3,5 г.

**15-машқ**

1. Бир суткада массаси 1 г препаратдаги полонийнинг $^{84}_{36}\text{Po}$ нечта атоми емирилади?

Жауоб: $\Delta N = 1,44 \cdot 10^{19}$ атом.

2. Бир секунд ичида массаси 1 г висмутдан $N = 4,58 \cdot 10^{15}$ β^- зарра учебчикиши маълум бўлса, $^{83}_{33}\text{Bi}$ висмутнинг ярим емирилиш даврини аниқланг.

Жауоб: $T = 5$ сутка.

3. Бошланғич радиоактив ядроларнинг $\frac{7}{8}$ улуши 150 с ичида емирилган. Элементнинг ярим емирилиш даврини аниқланг?

Жауоб: $T = 50$ с.

4. Йод $^{131}_{53}\text{I}$ изотопининг ярим емирилиш даври 8 суткага тенг. Препаратнинг бошланғич массаси 40 г бўлса, 80 суткадан сўнг радиоактив изотопнинг қанча ядроси қолади?

Жауоб: $1,8 \cdot 10^{20}$.

5. $^{137}_{55}\text{Cs}$ радиоактив цезий изотопининг $t = 20$ суткада қанча атоми емирилишини топинг. Цезийнинг ярим емирилиш даври $T_{1/2} = 30$ сутка.

Жауоб: $\Delta N = 1,6 \cdot 10^{18}$.

- *6. Қадими ёғоч буюмлардаги $^{14}_6\text{C}$ углерод изотопининг активлиги янги кесилган дараҳтдаги шу изотоп активлигининг $2/3$ қисмига тенг. Агар $^{14}_6\text{C}$ атомлари ядроларининг ярим емирилиш даври 5570 йил бўлса, қадими буюмнинг ёшини минг йилгача аниқликда топинг.

Жауоб: ≈ 3000 йил.

37-§. Атом ядроси


Таянч тушунчалар:

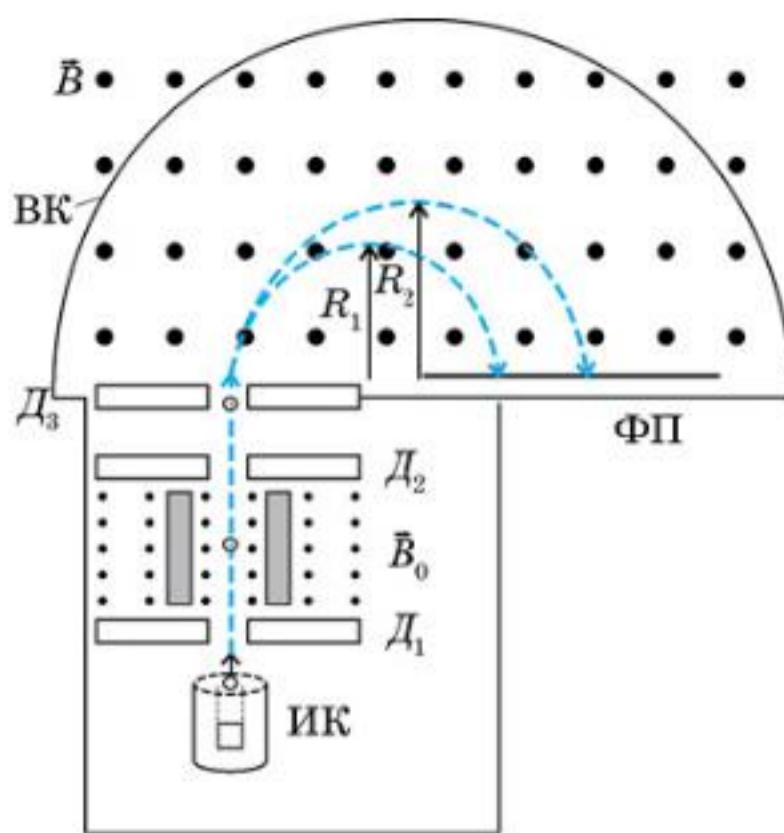
- ✓ ядро заряди
- ✓ ядро массаси
- ✓ массанинг атом бирлиги
- ✓ нисбий атом масса

Бугун дарсда:


- атом ядроси тавсифлари билан танишасиз;
- ядро физикасида қўлланиладиган ўлчов бирликларни билиб оласиз.

Атом ядросининг заряди. Атом ядросининг асосий тавсифларидан бири унинг электр заряди хисобланади. Атом ядроси зарядини дастлаб 1913 йилда Г. Мозли ўлчаган. Ядро зарядини бевосита ўлчашни инглиз физиги Ж. Чедвик 1920 йилда амалга ошириди. Атом ядросининг заряди элементар e электр зарядининг Менделеев жадвалидаги кимёвий элементнинг Z тартиб (атом) номерига кўпайтмасига тенг бўлади:

$$q = Z \cdot e. \quad (37.1)$$



37.1-расм

Демак, Менделеев жадвалидаги кимёвий элементнинг тартиб номери исталган элемент атоми ядроидаги мусбат зарядлар сони билан аниқланади. Шу сабабли элементнинг Z тартиб номери *заряд сони* деб аталади.

Атом ядроининг массаси. Атом ядроининг физик хоссалари унинг заряди билан бирга, массаси билан ҳам аниқланади. Ядрони тавсифлайдиган катталиклар ичиде энг муҳимларидан бири — массадир.

Ядро физикасида ионлар ва атом ядроларининг массалари кўпинча масс-спектрограф ёрдамида ўлчанади. 37.1-расмда масс-спектрографнинг чизмаси тасвирланган. Текшириладиган модданинг атомлари ионлар манбаида (ИМ) мусбат ионланиб, заиф электр майдон таъсирида D_1 диафрагма орқали ҳар хил тезликда ўтади. D_1 ва D_2 диафрагмалар орасида мусбат ионлар электр майдонда тезланувчан ҳаракатланади ва шу пайтда мусбат ионларга индукцияси \vec{B}_0 бўлган магнит майдон ҳам таъсир қиласи.

Шу тариқа тезлатилган мусбат ионлар бир-бирига перпендикуляр йўналган \vec{E}_0 электр ва \vec{B}_0 магнит майдонлар орқали ўтади. D_2 диафрагма орқали бурилмай ўтиш учун $F_z = F_m$ ёки $qE_0 = vqB_0$ шарт бажарилиши керак. Бу тенгламадан тезликни аниқлаймиз:

$$v = \frac{E_0}{B_0}. \quad (37.2)$$

Ўша тезликка эга бўлган мусбат ионлар бир жинсли \vec{B} магнит майдонда жойлашган ВК вакуумли камерага ўтади. Магнит майдоннинг \vec{B} индукция вектори ионлар тезлиги векторига перпендикуляр жойлашган. Магнит майдонда ҳаракатланган мусбат ионларга модули $F = qvB$ бўлган Лоренц кучи таъсир қиласи. Ионлар шу куч таъсирида айлана бўйлаб ҳаракатланади. Ярим доира чизиб, бир хил массали ионлар ФП фотопластинанинг турли жойларида қайд қилинади. $F_p = F_{\text{п}}$, ёки $M \cdot \frac{v^2}{R} = qvB$ бўлгани учун, ионнинг массаси

$$M = \frac{qBR}{v} \quad (37.3)$$

ифода бўйича юқори аниқликда ҳисобланади. Атом ядроининг массасини M ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган.

Ядро физикасидаги ўлчов бирликлари. Ўлчов бирликларининг Халқаро системасида қўлланиладиган узунлик, масса ва бошқа сизга таниш ўлчов бирликлари билан бирга, ядро физикасида маҳсус бирликлар қўлланилади. Бундай эҳтиёж яровий жараёнларнинг субатом оламда кечиши туфайли юзага келади.

Масалан, ядро физикасидаги әнг катта масофа — атом радиусининг ўзи 10^{-10} м га тенг. Узунлик бирлиги сифатида *ферми* қабул қилинган: $1 \text{ fm} = 10^{-15}$. Массанинг бирлиги сифатида углерод $^{12}_{\text{C}}$ атоми массаси-нинг $\frac{1}{12}$ қисми олинади, у *массанинг атом бирлиги* (м.а.б) ҳисобланади.

$$1 \text{ м.а.б.} = 1,660546 \cdot 10^{-27} \text{ кг}, 1 \text{ кг} = 6,023091 \cdot 10^{26} \text{ м.а.б.}$$

Нисбий атом массаси $A_r = \frac{m_A}{1 \text{ м.а.б.}}$ атомнинг абсолют массасида қанча атом бирлиги борлыгини күрсатади. Масалан, водород учун $A_r = 1,00783$, углерод учун $A_r = 12,0$, кислород учун $A_r = 15,99482$.

Ядро физикасида энергия электронвольттарда үлчанади:

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ж.}$$

Каррали бирликлари ҳам қўлланилади: $1 \text{ кэВ} = 10^3 \text{ эВ}$; $1 \text{ МэВ} = 10^6 \text{ эВ}$; $1 \text{ ГэВ} = 10^9 \text{ эВ}$.

Кўпинча элементар зарраларнинг массалари массанинг атом бирлигидан ташқари, энергиянинг үлчов бирликлари МэВ ёки ГэВ билан ҳам үлчанади. Шунинг учун массанинг атом бирлигига тенг бўлган энергия эквивалентини аниқлаймиз. Масса ва энергия орасидаги ўзаро боғланишни Эйнштейннинг $E = mc^2$ формуласи ифодалайди.

Массаси $m = 1 \text{ м.а.б.}$ га тенг бўлган зарранинг массаси учун $E_0 = 1,660546 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (299792458 \text{ м/с})^2 \approx 1,4924 \cdot 10^{-10} \text{ Ж}$. Бу энергияни мегаэлектронвольтда ифодалаймиз:

$$E = \frac{1,4924 \cdot 10^{-10} \text{ Ж}}{1,60218 \cdot 10^{-12} \text{ Ж/МэВ}} \approx 931,5 \text{ МэВ.}$$

Демак, $1 \text{ м.а.б.} = 931,5 \text{ МэВ}$.

Атомдаги электронлар массаси ядронинг массасига нисбатан ҳисобга олмаса ҳам бўладиган даражада кичик. Шу сабабли массанинг атом бирлигига олинган ва атом массасига әнг яқин бутун сон *масса сони* деб аталади. У A ҳарфи билан белгиланади. У юқори аниқликни талаб қилмайдиган ҳисоблашларда, хусусан массаларнинг нисбати қатнашадиган ифодаларда ядро массасининг катталиги сифатида қўлланилади. Масалан, гелий атомининг массаси $M_{\text{He}} = 4,0026 \text{ м.а.б}$ бўлса, масса сони $A = 4$ бўлади.



1. Даврий системадаги элементнинг тартиб номери унинг ядросининг заряди билан қандай боғланган?
2. Нима учун ядро заряди атомнинг кимёвий хоссаларини ифодалайди?
3. Ядро физикасида қўшимча қандай үлчов бирликлари ишлатилади?
- *4. Масс-спектрограф қандай мақсадда қўлланилади? Унинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?

38-§. Ядронинг нуклон модели



Таянч тушунчалар:

- ✓ протон
- ✓ нейтрон
- ✓ массасони
- ✓ нуклонлар
- ✓ нуклидлар
- ✓ изотоплар
- ✓ изобаралар

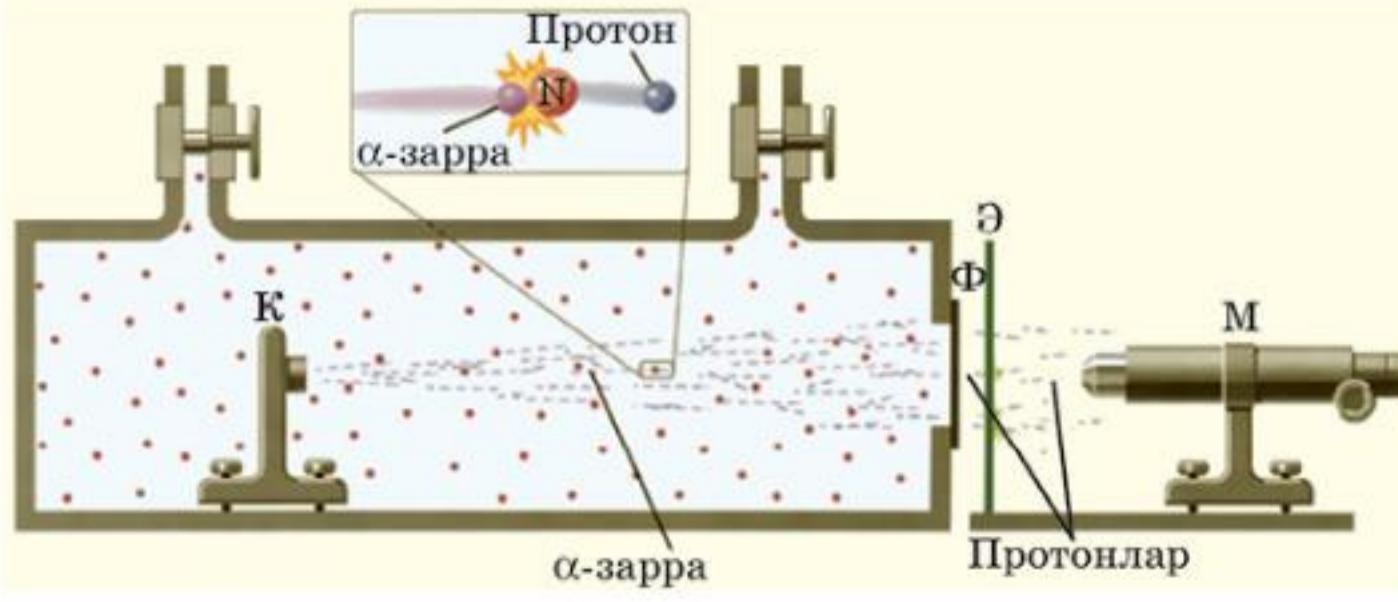


Бугун дарсда:

- ядронинг протон-нейтрон модели ва изотоплар билан танишасиз.

Протоннинг кашф қилиниши. Атом яроси кашф қилингандан кейин унинг тузилиши қандай деган савол туғилди. 1919 йилда Э. Резерфорд α-зарралар билан үтказган тажрибаларини давом эттириб, ядро таркибига кирувчи биринчи заррани анықлади.

Ёпиқ идишда α-заррани чиқарувчи элемент Ra радий ва рух сульфиди билан қолланган шаффоф Э экран бор (38.1-расм). Ёпиқ идишдан ҳаво сўриб олинган. α-зарралар экран билан тўқнашганда чақнашлар содир бўлади. Бу чақнашлар М микроскоп орқали кузатилади. Навбатдаги тажрибада идиш азот гази билан тўлдирилади. Энди α-зарралар ўз энергиясини азот атомларини ионлашга ва уларни уйғотишга сарфлагани учун, экранга етиб бормайди. Лекин жуда сийрак бўлса ҳам, экранда чақнашлар кузатилади. Ионланишда пайдо бўлган электронлар бундай чақнашларни ҳосил қила олмайди. Демак, α-зарра азот атоми билан тўқнашганда унинг ядроидан номаълум бир зарядланган зарра учуб чиқкан. Магнит ва электр майдонларнинг ўша номаълум зарраларга таъсирини ўрганиш натижалари унинг мусбат электр зарядли зарра эканини кўрсатди ва бу зарранинг массаси водород атоми ядроининг массасига teng бўлиб чиқди. Бу тажриба бошқа моддалар билан (фтор, натрий, бор, алюминий ва ш.к.) такрорланди. Уларни α-зарралар билан бомбардимон қилганда ҳар доим водород атомининг ядрои учуб чиқади. Бу ядро таркибига водород атоми ядроининг кишини ис-



38.1-расм

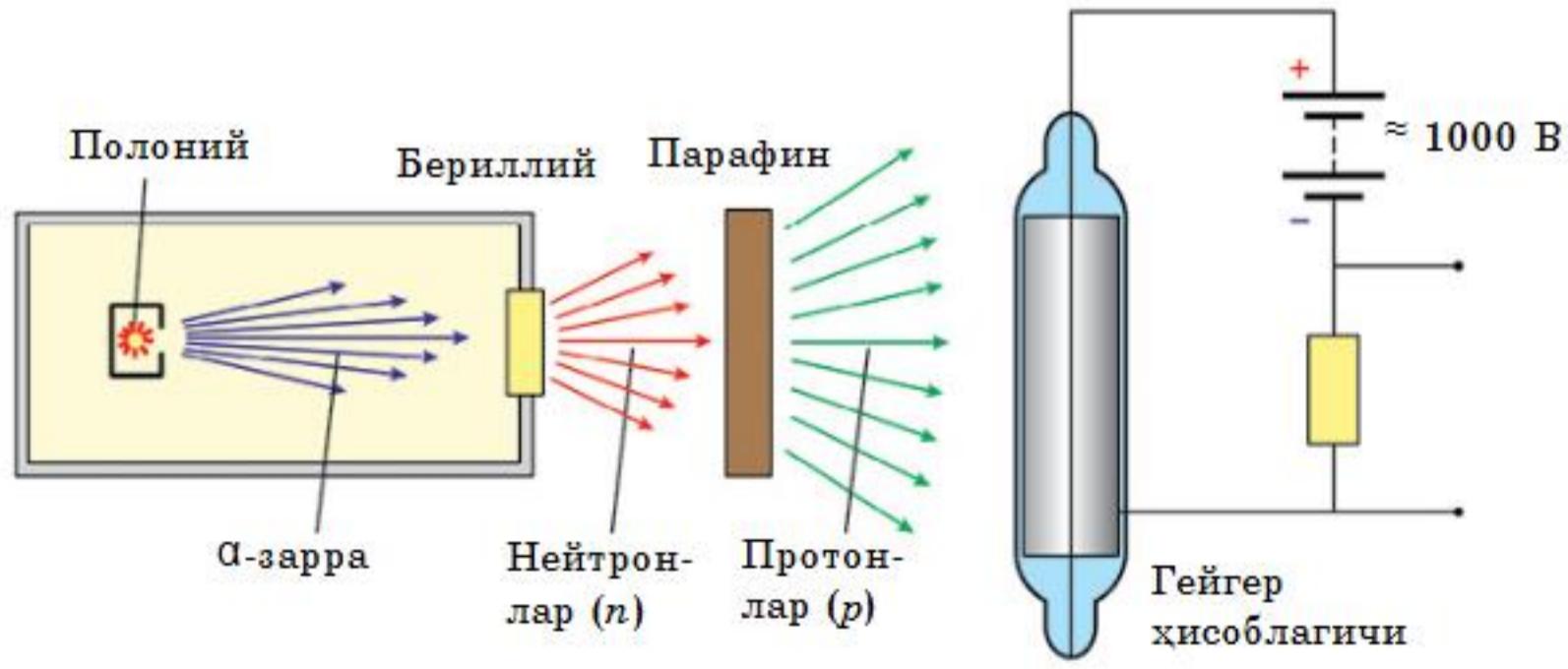
ботлайди. Мана шу водород атомининг ядроси *протон* (грек. *protos* — биринчи) деб аталди.

Протон мусбат зарядланган ва унинг заряди электроннинг элементар зарядига ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) тенг. Протоннинг массаси $m_p = 1,6726 \times 10^{-27}$ кг = 1,00728 м.а.б. Энергетик эквиваленти $m_p = 938,27$ МэВ.

Протоннинг кашф қилиниши дастлаб атом ядроининг протон-электрон моделини таклиф қилишга имкон берди. Бироқ тажрибалар ва ҳисоблашлар атом ядроининг факт проптон ва электронлардангина тузилиши мумкин эмаслигини исботлади.

Нейтроннинг кашф қилиниши. Ядро таркибиға кирудук яна бир заррани топишга интилғанлар — немис олимлари В. Боте ва Г. Беккер әди. Улар 1930 йилда үтказган тажрибаларида литий ва бериллийни α -зарралар билан бомбардимон қилганда проптон ўрнига жуда заиф ютиладиган бошқа зарралар учыб чиқишини күзатишиди. Бу зарралар қалинлиги 20 см бўлган қўроғошин қатламидан ўтиб кетган. Бу масалани француз олимлари Ирен ва Фредерик Жолио-Кюрилар тадқиқ қилдилар. Улар бериллийни α -зарралар билан бомбардимон қилганда пайдо бўлган нур йўлига парафин пластинкани қўйганда, 38.2-расмда кўрсатилгандек, водородга тўйинган парафиндан проптонлар учыб чиқади, деб тахмин қилишиди. Инглиз олими Ж. Чедвик шу йили бериллийни α -зарралар билан бомбардимон қилганда ундан чиқадиган номаълум табиатли нурнинг хоссаларини тадқиқ қилиш ишларини олиб борди.

Энергия ва импульснинг сақланиш қонунларига асосланиб бажарилган ҳисоблашлар натижасида номаълум зарранинг массаси аниқланди. Чедвик бу нур электр жиҳатдан нейтрал зарралар оқими эканини исботлади. Номаълум зарранинг массаси тахминан проптоннинг массасига тенг бўлиб чиқди. Атом ядроининг таркибида проптон каби оғир, бироқ нейтрал зарранинг бор бўлиши мумкин деган илғор фикрни 1920 йили Э. Резерфорд айтган ва уни нейтрон деб аташни таклиф қилган эди.



38.2-расм

Шундай қилиб, янги зарра нейтрон деб аталди. Нейтроннинг электр заряди нолга тенг, шу сабабли унинг модда орқали ўтувчанлик қобилияти жуда юқори. Ҳозирги аниқ ўлчашларга кўра нейтроннинг массаси $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,00866 м.а.б. = = 939,56 МэВ.

Нейтрон ${}_0^1n$ белги билан белгиланади, электр зарядга эга эмас, нисбий атом массаси бирга яқин. Нейтроннинг массаси протоннинг массасидан 2,5 электрон массасига ортиқ. Узок вақт давомида ҳавода ҳам, ерда ҳам нейтрон эркин ҳолатда учрамади. Факат 1950 йилдагина шу ҳодисанинг сири очилди. Нейтрон барқарор зарра эмас. Ядродан ажралиб чиқсан нейтрон 14 минут ичида протонга, электрон ва тинчлик массаси йўқ зарра *антинейтронга* ўз-ўзидан емирилади. Бу ҳақида келгуси мавзуларда батафсил тўхталамиз.

Атом ядроининг таркиби. 1932 йил нейтрон кашф қилингач, рус олимни Д. Д. Иваненко ва немис олимни В. Гейзенберг ядроннинг *протон-нейтрон* модели ҳақида гипотезани илгари суришди. Ҳозирги пайтда атом ядроининг протон-нейтрон таркиби тадқиқотлар асосида исботланган ва илмий қабул қилинган сўзсиз ҳақиқат ҳисобланади. Нормал шароитда атом электр нейтрал бўлгани учун, протоннинг заряди модули бўйича электроннинг зарядига, яъни ядродаги протонлар сони атом қобиқласидаги электронлар сонига тенг. У ҳолда протонлар сони заряд сонига (Z) тенг бўлиши керак. Ядроннинг таркибига кирувчи мусбат зарядли протон ва электр нейтрал нейтронларни *нуклонлар* деб аташ қабул қилинган (лот. *nuklius* — ядро). Ядродаги нуклонларнинг умумий сони A масса сони деб аталади:

$$A = Z + N. \quad (38.1)$$

Ушбу ифодадан ядро таркибидаги N нейтронлар сонини аниқлаш мумкин: $N = A - Z$.

Ядро таркибини тавсифлаш учун унинг Менделеев жадвалидаги атом номери Z билан масса сони A қўлланилади. Атомдаги электронларнинг массаси ядро массасига қараганда ҳисобга олмаса ҳам бўладиган даражада кичик. Шу сабабли атом ядроининг масса сони A бутун сонгача аниқликда олинган кимёвий элементнинг нисбий атом массасига тенг. Тартиб номери Z , масса сони A бўлган кимёвий элементнинг ядроси ${}_Z^AX$ каби белгиланади. Масалан, ${}_{6}^{12}\text{C}$ каби белгилаш — атом номери $Z = 6$, масса сони $A = 12$ бўлган углерод атоми ядроининг белгисидир.

Протон ${}_1^1p$, нейтрон ${}_0^1n$ каби белгиланади. Протон водород атомининг ядроси бўлгани учун, уни баъзида ${}_1^1\text{H}$ деб ҳам белгилаш мумкин. Атом ядроси атамаси ўрнига унга муқобил атама сифатида *нуклидлар* атамаси ҳам кенг қўлланилади.

Изотоплар. Атом ядроларининг массаларини аниқ ўлчашлар кимёвий элементларнинг кўпчилигига заряд сонлари бир хил, бироқ массалари

турлича атомлар борлигини күрсатди. *Ядро зарядлари (тартиб номерлары Z) бир хил, масса сонлари A ҳар хил элементлар атомлари изотоплар* (грек. *isos* — бир хил ва *topos* — жой) деб аталади. Масалан, табиатда тартиб номери $Z = 18$ га teng аргоннинг ядрои таркибида $N = 18; 20; 22$ нейтронлар бўлган уч хил $^{36}_{18}\text{Ar}$, $^{38}_{18}\text{Ar}$, $^{40}_{18}\text{Ar}$ изотоплари учрайди. Атом қобиғидаги электронларнинг сонлари бир хил бўлгани учун изотопларнинг кимёвий хоссалари ҳам бир хил. Ядроларнинг массалари ҳар хил, шу сабабли изотопларнинг физик хоссаларида фарқлар бор.

Табиатдаги энг оғир элементлардан бири уран $^{235}_{92}\text{U}$, $^{238}_{92}\text{U}$, $^{234}_{92}\text{U}$ кўринишда учрайди. Энг енгил элемент водородда ҳам учта изотоп бор: ^1H , ^2H ва ^3H . Водороднинг енгил изотопи ^1H — протий, ^2H — изотопи — дайтерий деб аталиши сизга 9-синф физика курсидан маълум. Дайтерийнинг табиий водород таркибида улуши 0,015%. У кислород билан бирикканда оғир сув ҳосил бўлади. Водороднинг учинчи ^3H изотопи — тритий дайилади ва у табиатда учрамайди.

Масса сонлари A бир хил, заряд сонлари Z ҳар хил нуклиидлар изобаралар (бир хил оғир деган сўз) деб аталади.

Ҳозирги вақтда кимёвий элементларнинг ҳаммасида ҳам изотоплар борлиги маълум.



1. Протон қандай кашф қилинди?
2. Чедвик тажрибаларининг мақсади нима?
3. Массасони нима?
4. Табиатда эркин нейтронлар нима учун кам учрайди?
5. Нуклонлар ва нуклиидларга таъриф беринг?
- *6. Кимёвий элемент изотопларидағи асосий фарқ нимада?
7. Изобаралар деб нимага айтилади?



16-машқ

1. Бериллий, кремний ва бром атомларидаги ядроларнинг таркибини аниқланг.
2. Атом ядросида 7 та протон ва 7 та нейtron, 51 та протон ва 71 та нейtron, 101 та протон ва 155 та нейtron бўлган кимёвий элементларни аниқланг.
3. ^2He , ^4Be , ^{16}O изотоплардаги протонларни нейтронлар билан, нейтронларни протонлар билан алмаштирасак, у ҳолда қандай элементларнинг ядролари пайдо бўлади?

Жавоб: ^3H , ^7Li , ^{15}Ne

4. Қуйидаги нейтрал атомларда қанча электрон, протон, нейtron ва нуклонлар бор: а) $^{24}_{12}\text{Mg}$, $^{26}_{12}\text{Mg}$; б) $^{40}_{18}\text{Ar}$, $^{40}_{20}\text{Ca}$; в) $^{12}_{6}\text{C}$, $^{14}_{7}\text{N}$? Ҳар бир гурӯҳни нима бирлаштириб туради?

Жавоб: а) изотоплар; б) изобаралар.

39-§. Ядродаги нуклонларнинг боғланиш энергияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ ядро кучлари
- ✓ боғланиш энергияси
- ✓ массадефекти
- ✓ сеҳрли сонлар

Бугун дарсда:



- атомядроси боғланиш энергиясини ҳисоблашни ва солиштирма боғланиш энергиясининг ядронинг массасонига графикравища боғлиқлигини билиб оласиз.

Ядро кучлари. Оламдаги фундаментал таъсирлашиш кучларининг икки тури — гравитацион ва электромагнит кучлар билан танишсиз. Сиз 9-синфда атом ядросини ташкил қылган нуклонлар орасидаги ўзаро таъсир кучи ҳақида бошланғич маълумот олгансиз. Уран $^{92}_{\text{U}}$ атом ядросидаги мусбат зарядланган протонлар орасида $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ қувватли электростатик итаришиш кучи мавжудлиги маълум. Оғир элементларнинг ядроларида, масалан, уранда 92 протон бор, уларнинг ўзаро итаришиш кучи бир неча минглаб ньютонга етади. Бунда бирбиридан итариладиган протонларни, электр заряди нолга teng нейтронларни ядрода ушлаб турган қандай куч?

Массаларга боғлиқ ҳолда протонлар ва нейтронларни ушлаб турган гравитацион куч $F_g = G_1 \frac{m_p \cdot m_n}{r^2}$ бўлса керак, деган холосага келиш мумкин. Аммо олиб борилган ҳисоблашлар ядродаги икки протон орасидаги гравитацион тортишиш кучи улар орасидаги электростатик кулон итаришиш кучидан анча кичик эканлигини кўрсатди:

$$\frac{F_g}{F_{\text{эл}}} = \frac{1}{10^{36}}.$$

Атом ядроларининг барқарорлиги ядролар ичида шу кунгача маълум бўлган кучлардан табиати мутлақо бошқача, жуда катта тортишиш кучининг мавжудлигини исботлайди.

Ядродаги нуклонларни емирилиб кетишидан сақлаб, унинг мустаҳкамлигини таъминлайдиган кучлар ядро кучлари деб аталади. Хозирги пайтда тажрибалар асосида ядро кучларининг хоссалари яхши ўрганилган. Улар орасидан энг муҳимларини қараб чиқамиз.

1. Масалан, протоннинг марказидан $r = 10^{-15}$ м масофада ядро кучлари кулон кучидан 35 марта, гравитацион кучдан 1038 марта кучли бўлади. Шу сабабли, ядро кучлари **кучли ўзаро таъсир** деб аталади ва табиатдаги фундаментал ўзаро таъсир кучларидан бири бўлиб ҳисобланади.

2. Ядро кучлари — қисқа масофадагина таъсир этувчи кучлардир. Масофа ортгани сайин ядро кучлари жуда тез камаяди. Таъсир этиш

соҳаси радиуси $r > 3 \cdot 10^{-15}$ м дан катта бўлганда ядро кучи таъсирини эътиборга олмаса ҳам бўлади. Нуклонлар орасидаги тортишиш кучининг энг катта қиймати $r = 1,41 \cdot 10^{-15}$ м масофада кузатилади. Масофа $r < 0,5 \cdot 10^{-15}$ м бўлганда нуклонлар орасида жуда катта итаришиш кучи пайдо бўлади. Демак, ядро кучлари тортишиш кучлари ҳисобланади.

3. Тажрибалардан кўринадики, протон-нейтрон, нейтрон-нейтрон ва протон-протон жуфтлар орасидаги ядровий тортишиш кучлари барча ҳолларда ҳам бир хил бўлади. Демак, ядро кучлари нуклонларнинг электр зарядлари бор ёки йўқлигига боғлик эмас.

4. Ядро кучлари тўйиниш хоссасига эга, бу нуклоннинг ядродаги барча нуклонлар билан эмас, фақат ўзига яқин қўшнилари билангина таъсиралишини кўрсатади.

5. Ядро кучлари марказий кучлар эмас. Ядро кучлари ёки кучли ўзаро таъсир — атом ядроидаги энг катта интенсивликда ўтадиган ҳодисаларни бошқарадиган кучлар. Улар элементар зарралар орасида кучли боғланишни ҳосил қиласди. Фақат кучли ўзаро таъсиргина атом ядроидаги протонлар ва нейтронларни бир-бири билан маҳкам боғлаб турди ва барча моддалар ядроларининг барқарорлигини таъминлайди. Ядро кучларининг шу ва бошқа хоссаларини тушунтириш учун унинг ўз назарияси керак. Ядровий ўзаро таъсиrlар мураккаб бўлгани учун, шу вақтга қадар ядро кучларининг мукаммал назарияси яратилмаган.

Нуклонларнинг ядродаги боғланиш энергияси. Ядронинг заряди унинг таркибига кирувчи протонлар зарядларининг йиғиндисига teng эканлиги ўлчашлар орқали аниқланган. “Нуклонлар массаларининг йиғиндиси атом ядрои массасига tengми?” деган савол туғилади. Масс-спектрограф ёрдамида ўтказилган жуда аниқ ўлчашлар ихтиёрий кимёвий элементнинг тинчликдаги атом ядрои массаси уни ташкил қилган алоҳида протонлар ва нейтронлар массаларининг йиғиндисидан доимо кичик эканини кўрсатади:

$$M_{\text{я}} < Z \cdot m_p + N \cdot m_n. \quad (39.1)$$

У ҳолда массалар фарқи қаёққа йўқолади? Бунинг жавобини масса ва энергия орасидаги ўзаро боғланишни ифодаловчи Эйнштейннинг $E = mc^2$ формуласи асосида бериш мумкин. Атом ядроидан бир нуклонни ажратиб олиш учун уни ушлаб турган ядро кучларига қарши иш бажарилиши, яъни ядрога маълум миқдорда энергия берилиши керак. Атом ядроини алоҳида нуклонларга батамом парчалаб юбориш учун зарур бўлган минимал энергия ядронинг боғланиш энергияси деб аталади.

Энергиянинг сақланиш қонуни бўйича айни шундай энергия алоҳида протонлар ва нейтронлар ядрога бирикканда ажралиб чиқади. Ядровий тортишиш кучлари иши ҳисобига нуклонлардан атом ядрои тузилганда пайдо бўладиган массалар фарқи **масса дефекти** деб аталади. Масса дефектини ҳисоблаш формуласини ёзамиз:

*Книга представлена исключительно в образовательных целях

$$\Delta M = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\alpha}.$$

Энди ядронинг боғланиш энергиясини ҳисоблаш мүмкин:

$$E_6 = \Delta M \cdot c^2 = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\alpha}) \cdot c^2. \quad (39.2)$$

Ядро физикасида массанинг атом бирлиги (1 м.а.б.), энергия учун эса мегаэлектронвольт (МэВ) қўлланишини инобатга олиб, (39.2) формуласи шу бирликлар учун ёзамиз:

$$E_6 = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\alpha}) \cdot 931,5 \text{ МэВ.}$$

Демак, алоҳида нуклонлардан ядро тузилганда ядронинг E_6 боғланиш энергиясига тенг энергия ажралиб чиқади. Энергиянинг ажралиб чиқиши ядро массасининг масса дефекти микдоригача камайишига олиб келади.

Ядронинг боғланиш энергияси ядронинг барқарорлигини тавсифловчи жуда муҳим катталик ҳисобланади. Шунингдек, ядро физикасида *солишириш боғланиш энергияси* деган тушунча ҳам қўлланилади.

Солишириш боғланиш энергияси деб ядронинг боғланиш энергиясининг A масса сонига нисбатига, яъни бир нуклонга тўғри келадиган боғланиш энергиясига айтилади:

$$\Delta M = \frac{E_6}{c^2}. \quad (39.3)$$

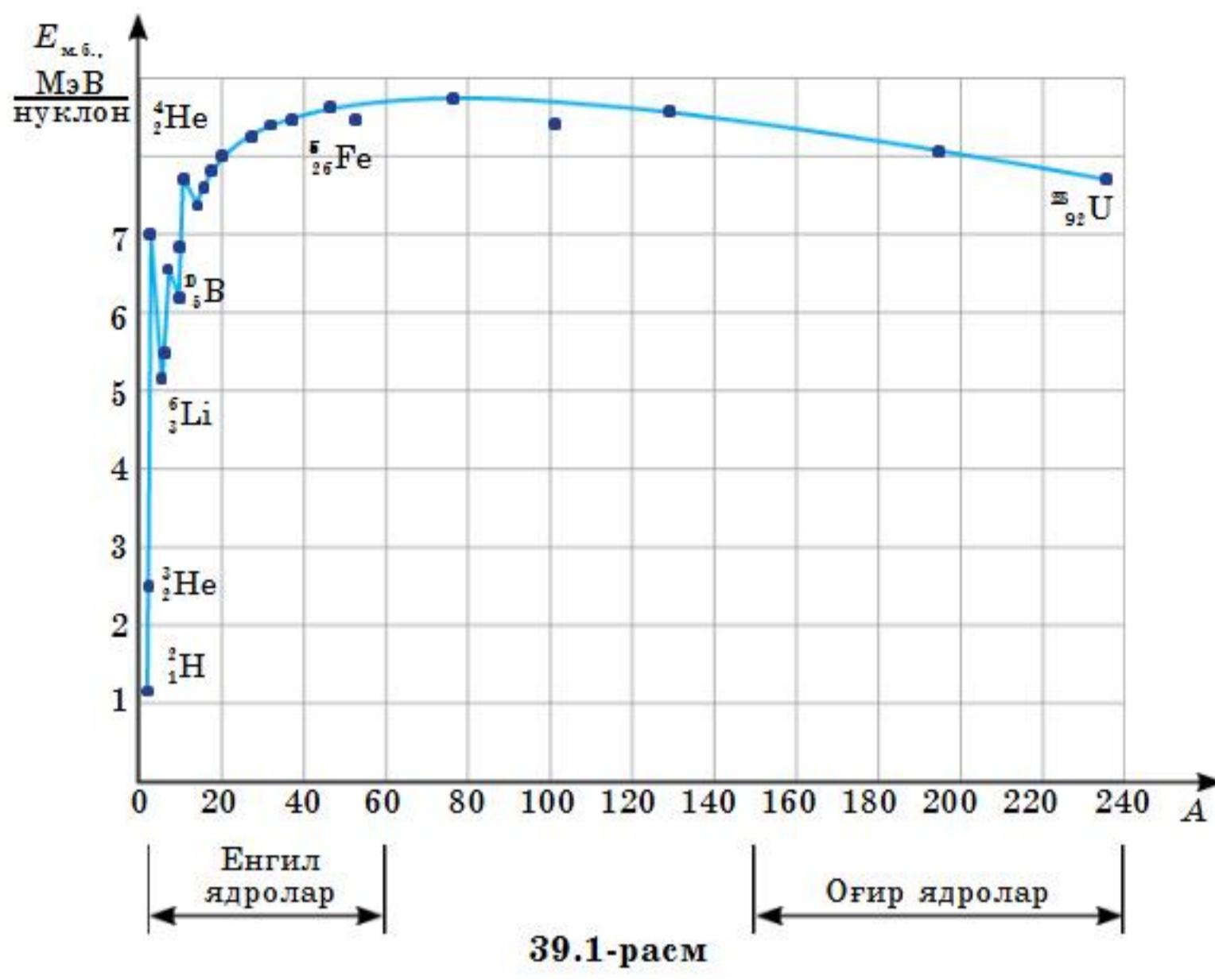
Нуклонларнинг солишириш боғланиш энергияси турли атом ядроларида турлича. Ядродаги нуклонлар солишириш боғланиш энергиясининг A масса сонига боғлиқлиги 39.1-расмда кўрсатилган. Масса сони A нинг ортиши билан солишириш боғланиш энергияси ${}^2_1\text{H}$ дейтерий ядроси учун 1,1 $\frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$ қийматдан темирнинг ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ изотопи учун 8,8 $\frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$ қийматгача ортади. Солишириш боғланиш энергияси максимал бўлган элементларнинг ядролари энг барқарор ядролардир. Энди масса сони A ортиши билан солишириш боғланиш энергияси камайиб боради, масалан, ураннинг ${}^{238}_{92}\text{U}$ изотопи учун у

$$E_{m,6} = 7,6 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}.$$

Протонлар сонининг ортиши натижасида оғир элементлар ядроларидаги нуклонларнинг солишириш боғланиш энергияси камаяди. Бу эса ўз навбатида улар орасида кулон итаришиш кучларининг ортишига олиб келади.

Ядродаги нуклонларнинг солишириш боғланиш энергияси атомдаги электронларнинг боғланиш энергиясидан юз минглаб марта катта бўлади.

Енгил элементларнинг солишириш боғланиш энергиясининг камайиши ядро сиртидаги ҳодисаларга боғлиқ бўлади. Ядро сиртига яқин жойлашган нуклонларнинг ядро ичидаги нуклонларга қараганда ўзаро таъсирашадиган қўшнилари сони камроқ бўлади. Сабаби ядро кучлари қисқа масофалардагина таъсири қиласи.



даги нуклонларга қараганда ядро сиртидаги нуклонларнинг боғланиш энергияси камрок бўлади. Радиуси кичик ядроларда нуклонларнинг аксарияти ядро сиртига яқин жойлашади. Шу сабабли енгил ядроларнинг солиштирма боғланиш энергияси кам.

Протонлар сонининг ортиши кулон итаришиш кучининг ортишига олиб келади, натижада оғир элементлар ($Z > 82$) ядроларининг солиштирма боғланиш энергияси камаяди. Демак, оғир элементлар ядролари бекарор бўлади. Кулон кучлари ядрони парчалашга ҳаракат қиласиди. *Табиатда кўп учрайдиган ва ядродаги протонлар ёки нейтронларнинг сони сеҳрли сонлар деб аталувчи 2, 8, 20, 24, 50, 82, 126 сонларга teng бўлган ядролар барқарор ҳисобланади.* Агар протонларнинг ҳам, нейтронларнинг ҳам сонлари сеҳрли сонларга тенг бўлса, у ҳолда бундай иккиланган сеҳрли сонли ядролар ўта барқарор бўлади. Табиатда шундай бешта ядро бор: ${}^4_2 \text{He}$, ${}^{16}_8 \text{O}$, ${}^{40}_{20} \text{Ca}$, ${}^{48}_{24} \text{Ca}$, ${}^{82}_{36} \text{Sr}$, ${}^{92}_{38} \text{Sr}$,

Сеҳрли ядроларнинг барқарорлиги ядронинг қобиқ модели асосида тушунириллади.



1. Атом ядросида нуклонларни қандай куч ушлаб туради?
2. Ядро кучларининг асосий хусусиятлари қандай?
3. Массадефекти нима?
4. Ядронинг боғланиш энергиясини мани тавсифлайди?
5. Солиштирма боғланиш энергиясининг маъносини тушуниринг?
- *6. Нима учун рух ядроси уран ядросига қараганда барқарор бўлади?



17-машқ

1. Бор $^{11}_5\text{B}$ ядросининг масса дефектини килограмм ва массанинг атом бирликларида ҳисобланг.

Жавоб: $0,08181$ м.а.б., $1,358 \cdot 10^{-28}$ кг.

2. ^4_2He гелий ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

Жавоб: 28,3 МэВ.

3. ^7_3Li литий ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

Жавоб: 39,3 МэВ.

4. $^{40}_{20}\text{Ca}$ кальций ядросини протон ва нейтронларга парчалаш учун қандай минимал иш бажариш керак?

Жавоб: 342 МэВ.

5. ^6_3Li литий ядроидаги нуклонларнинг солиштирма боғланиш энергиясини топинг.

Жавоб: 5,33 МэВ/нуклон.

6. Темир $^{56}_{26}\text{Fe}$ ядроидаги нуклонларнинг солиштирма боғланиш энергиясини топинг.

Жавоб: 10,3 МэВ/нуклон.

7. Уран $^{238}_{92}\text{U}$ нуклидидаги нуклонларнинг солиштирма боғланиш энергиясини ҳисобланг.

Жавоб: 7,57 МэВ/нуклон.

40-§. Ядро реакциялари. Сунъий радиоактивлик



Таянч тушунчалар:

- ✓ ядро реакцияси
- ✓ таркибли ядро
- ✓ сунъий радиоактивлик
- ✓ экзотермик реакция
- ✓ эндотермик реакция



Бугун дарсда:

- ядро реакциясини ёзишда масса ва заряд со- нининг сақланиш қонуни құллашни үрганасиз.

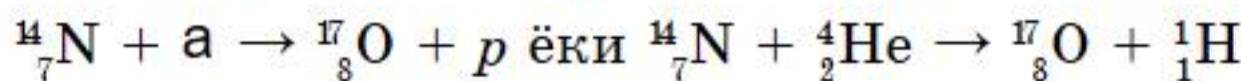


Ядро реакцияси тушунчаси чуқур маңнога әга. Күпинча унга ядервий үзаро таъсирлар иштирокида борадиган исталған икки ёки ундан ортиқ элементар зарраларнинг түқнашувидан ҳосил бўладиган ҳодисалар киритилади. Албатта, ядролар иштирокида борадиган түқнашувлар ҳам ядро реакцияларидир. Айрим ҳолларда шу ядролар иштирокида үтадиган айланишларгина ядро реакцияси деб тушунилади. Ядро физикасида ядролар ҳам, элементар зарралар ҳам үрганилади, шу сабабли ядро реакцияси тушунчаси кенг маңнода қўлланилади. Атом ядросининг бошқа ядролар, элементар зарралар ва Ү-кванттар билан

үзаро таъсирлашуvida ҳосил бўладиган айланишлар ядро реакциялари деб аталади.

Ядро реакцияси $a + A \rightarrow B + b$ ёки қисқача $A(a, b)B$ каби ёзилади, бу ерда A — бошланғич ёки нишон ядро, a — бомбардимон қилувчи зарра, B — ҳосилавий ядро, b — ядродан ажралиб чиқсан зарра.

Аввалги мавзуларда айтилганидек, биринчи ядро реакциясини, α -зарралар билан азот ядрои бомбардимон қилиб, унинг кислород ядросига айланишини 1919 йилда Э. Резерфорд амалга оширган эди:



Маълумки, табиий радиоактив емирилишда ҳам атом ядрои ҳосилавий ядрога айланади. Ядро реакциясида ҳам шундай ўзгаришлар бўлади. Жараёнлар ўхшаш бўлгани билан, асосий фарқ шундаки, радиоактив емирилиш ташқи таъсирсиз, ўз-ўзидан боради, ядро реакцияси эса бомбардимон қилувчи зарра таъсирида амалга ошади.

Ядро реакцияларида сақланиш қонунлари. Ядро реакцияларида энергиянинг, импульснинг, импульс моментининг, электр зарядининг ва нуклонлар сонининг сақланиш қонунлари бажарилади. Сақланиш қонунлари асосида ядро реакцияларининг қандай кечиши мумкинлигини олдиндан билиш мумкин.

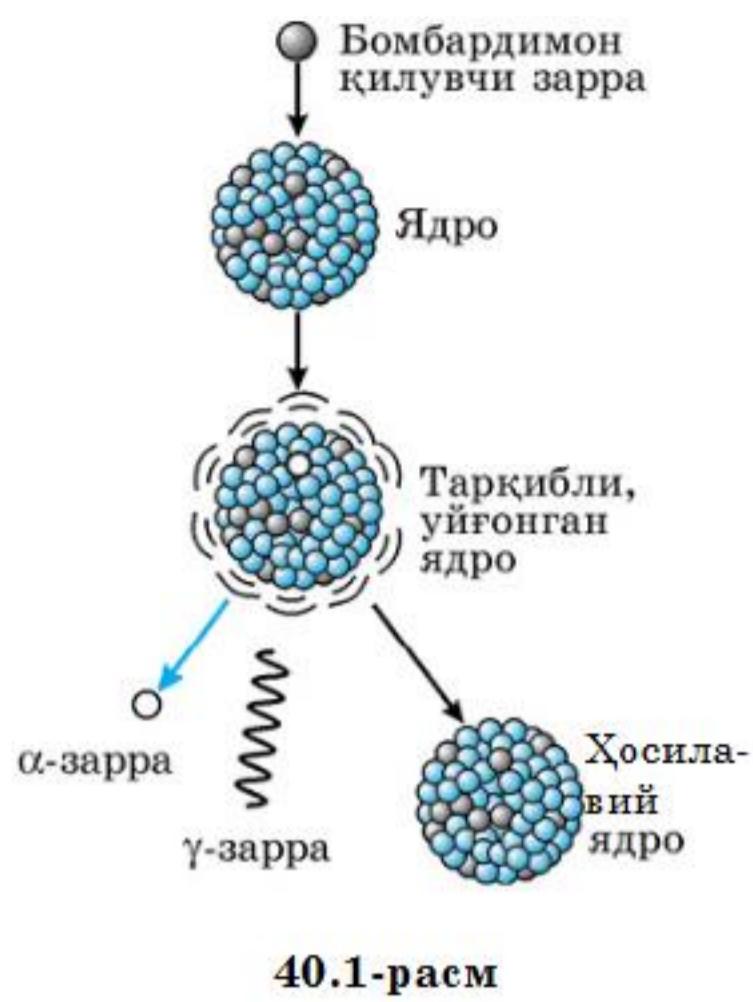
Резерфорд амалга оширган дастлабки ядро реакцияларидағи электр заряди билан нуклонлар сонининг сақланиш қонунлари бажариладими? Текшириб кўринг.

Ядро реакциясининг механизми. Ядро реакцияси содир бўлиши учун зарралар ёки ядролар ядро кучларининг таъсир этиш соҳасига кириши, яъни 10–15 м масофагача яқинлашиши керак. Мусбат зарядланган зарра ёки ядрога кулон итаришиш кучларини енгиб чиқадиган миқдорда кинетик энергия берилгандағина нишон ядрога яқинлаша олади. Нейтрон каби зарядсиз зарранинг ядрога кириши эса юқори кинетик энергияни талаб қилмайди. Нейтроннинг кашф қилиниши ядро реакцияларини тадқиқ қилишда муҳим бурилиш бўлди.

Реакция бориши учун зарядланган зарралар ва атом ядроларига электр ёки магнит майдонларда ўнлаб мегаэлектронвольтдан юзлаб гигаэлектронвольтгача энергия маҳсус тезлаткичларда (циклотрон, синхрофазотрон ва ш.к.) тезлатилиш натижасида берилади.

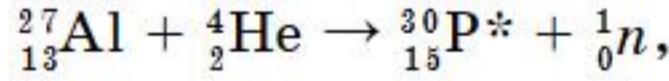
Бомбардимон қилувчи зарраларнинг энергияси жуда юқори бўлмаганда, 1936 йилда Н. Бор таклиф қилган ядро реакциялари механизмига мувофиқ реакция икки босқичда ўтади. Аввал бомбардимон қилувчи зарра нишон ядрога урилганда ядро заррани қамраб олади (40.1-расм). Бунинг натижасида уйғонган ҳолатдаги *таркибли ядро* пайдо бўлади.

Кучли таъсирлашиш натижасида ядронинг уйғониш энергияси барча нуклонларга тез тақсимланади. Ҳар бир нуклоннинг энергияси унинг ядродан чиқиб кетишига етарли бўлмайди. Таъсирлашиш натижасида



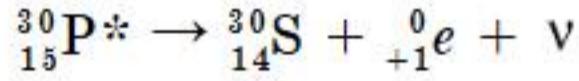
нуклонлар бир-бири билан энергия алмашинади. Тасодифий бир пайтда бир нуклонда ёки нуклонлар гуруҳида түпланган энергия ядронинг боғланиш энергиясидан ортиқ бўлади. Шунинг таъсирида реакциянинг иккинчи босқичи бошланиб, таркибли ядро емирилишга учрайди. Ядронинг емирилиш йўллари протонли, нейтронли, γ -зарралари ва ҳ.к. бўлиши мумкин. Шу тариқа, ядро реакциясини нишон ядрони протонлар, дейтронлар (оғир водороднинг ^1_1H ядроси), α -зарралар ва оғир элементларнинг кўп зарядли ионлари билан бомбардимон қилиш орқали амалга ошириш мумкин.

Сунъий радиоактивлик. Ядро реакциясида ер сиртида табиий ҳолда учрамайдиган радиоактив ядролар ҳосил бўлади. Ядро реакцияси натижасида олинган изотопларнинг радиоактивлигини 1934 йил француз физиклари Ирен ва Фредерик Жолио-Кюрилар кашф қилдилар. Улар бу ҳодисани сунъий радиоактивлик деб атадилар. Улар алюминий, бор ва бошқа енгил элементларнинг ядроларини α -зарралар билан бомбардимон қилиб, реакция маҳсулотларини магнит майдонда жойлашган Вильсон камераси ёрдамида ўрганиб, позитроннинг учиб чиқишини аниқлашди. α -зарралар билан бомбардимон қилиш тўхтатилганда ҳам позитрон учиб чиқиши давом этган. Бироқ вақт ўтиши билан уларнинг сони радиоактив емирилиш қонунига кўра $N = N_0 e^{-\lambda t}$ камая бошлаган. Шу тариқа сунъий радиоактивлик ҳодисаси кашф қилинди. Сунъий радиоактивликнинг кашф қилиниши ушбу ядро реакцияси ёрдамида амлга оширилди:

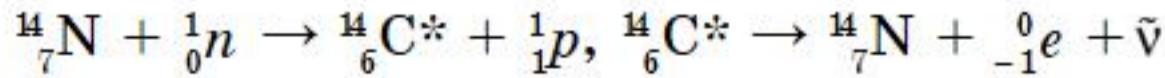


бу ерда “*” белгиси радиоактив изотоп эканини кўрсатади.

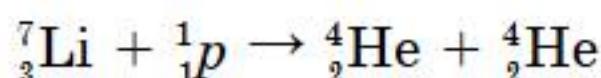
Фосфорнинг радиоактив изотопи β^+ -нурларнинг манбаидир. Унинг ядросидан позитрон ва электрон нейтрину учиб чиқади:



Сунъий электрон радиоактивликни азот ядросини нейтронлар билан бомбардимон қилиш орқали олиш мумкин бўлган реакцияни ёзамиз:



Литий ядроси тез нейтронлар билан бомбардимон қилинганда биринчи марта унинг ядросининг емирилиш реакцияси амалга оширилди:



Охирги вактларда радиоактивликнинг яна бир тури — протон радиоактивлик аникланди. Бу жараёнда ядродан ўз-ўзидан протон учиб чиқади.

Сунъий радиоактив изотоплар тиббиётда, саноатда, ҳарбий мақсадларда, узоқ вақт ишлайдиган ток манбаи сифатида кенг қўлланилади.

Ядро реакцияларидаги энергия айланишлари. Ядро реакцияларидаги энергия айланишлари билан бирга, унинг ички энергияси, яъни боғланиш энергияси ўзгаради. Масса ва энергиянинг ўзаро боғланиш қонунини эътиборга олиб, реакциялардаги энергия ўзгаришини ҳисоблаш мумкин. Ядро реакциялари учун энергиянинг сақланиш қонунини ёзамиз:

$E_{01} + E_{\text{к1}} = E_{02} + E_{\text{к2}}$, бу ерда E_{01} ва E_{02} — реакциядан олдинги ва реакциядан кейинги системаларнинг тинчлик энергиялари, $E_{\text{к1}}$ ва $E_{\text{к2}}$ — мос равиша уларнинг кинетик энергиялари.

$A + a \rightarrow B + b$ схема бўйича борадиган реакция энергиясини тавсифлаш учун қуйидаги формуулалардан фойдаланамиз:

$$E_{01} = M_A c^2 + m_a c^2; \quad E_{02} = M_B c^2 + m_b c^2;$$

$$E_{\text{к1}} = E_{\text{кA}} + E_{\text{ка}}; \quad E_{\text{к2}} = E_{\text{кB2}} + E_{\text{кb}}.$$

Алмаштиришлар орқали

$$\Delta E = E_{01} - E_{02} = E_{\text{к2}} - E_{\text{к1}}$$

тенгламага эга бўламиз.

Зарралар ва ядроларнинг реакцияга киришишдан олдинги ва реакциядан кейинги тинчлик энергияларининг айрмаси ядро реакциянинг энергетик чиқиши деб аталади.

Агар $\Delta E > 0$ бўлса, у ҳолда реакцияда энергия ажралади, тинчлик энергияси ҳисобига реакция маҳсулотларининг кинетик энергияси ортади.

Демак, ядро реакцияларида кинетик энергияларнинг ўзгариши реакцияда иштирок этган зарралар ва ядроларнинг тинчлик энергияларининг ўзгаришига тенг. Бундай реакция экзотермик реакция деб аталади.

Агар $\Delta E < 0$ бўлса, у ҳолда реакцияда энергия ютилади, кинетик энергиянинг камайиши ҳисобига системанинг тинчлик энергияси (массаси) ортади. Бундай реакция эндотермик реакция деб аталади.

Ядро реакциясида ажралиб чиқадиган энергиянинг миқдори жуда катта. Ядро энергиясидан инсон манфаатлари йўлида фойдалана билиш хавфсизлиги ва самарадорлигини орттириш — ҳозирги замон физикаси олдида турган долзарб масалалардан биридир.



1. Ядро реакциясинима?
2. Ядрореакцияларитенгламасини ёзинг. Реакцияпайтида қандай сақланиш қонунлари бажарилади?
3. Табиий радиоактив емирилиш билан ядро реакциялари орасида фарқ борми?
4. Ядро реакциясининг бориши механизмини тушунтириңг.
5. Қандай зарралар билан ядро реакциясина амалга ошириш самарали?
6. Ядро реакция энергиясинима?
- *7. Нима сабабдан кимёвий реакцияга қараганда ядро реакциясида жуда катта энергия ажралади?
8. Сунъий радиоактивлик қандай ҳосил қилинади?

Масала ечиш намуналари

1-масала. Бор ${}_{5}^{11}\text{B}$ ядроларини протонлар билан бомбардимон қилганда бериллийнинг ${}_{4}^{8}\text{Be}$ ядроси пайдо бўлади. Реакция тенгламасини ёзинг. Бу реакцияда энергия ажраладими ёки ютиладими?

Берилган:

$$M_{{}_{5}^{11}\text{B}} = 11,0931 \text{ м.а.б.}$$

$$M_{{}_{1}^{1}\text{H}} = 1,00783 \text{ м.а.б.}$$

$$M_{{}_{4}^{8}\text{Be}} = 8,00538 \text{ м.а.б.}$$

$$M_{{}_{2}^{4}\text{He}} = 4,00260 \text{ м.а.б.}$$

Топиш керак:

$$\Delta E - ?$$

ёки

$$\Delta E = [(M_{\text{B}} + M_{\text{H}}) - (M_{\text{Be}} + M_{\text{He}})] \cdot 931,5 \text{ МэВ.}$$

Бундан реакцияда ажраладиган энергияни аниқлайлик:

$$\Delta E = [(11,0931 + 1,00783) - (8,00538 + 4,00260)] \cdot 931,5 \text{ МэВ} = \\ = 0,00923 \cdot 931,5 \text{ МэВ} \approx 8,6 \text{ МэВ.}$$

Жавоб: $\Delta E = 8,6 \text{ МэВ}$ энергия ажралиб чиқади.

2-масала. ${}_{1}^{2}\text{H} + \gamma \rightarrow {}_{1}^{1}\text{H} + {}_{0}^{1}n$ кўринишдаги реакция амалга ошиши учун керак бўлган γ -квантнинг минимал энергиясини топинг.

Берилган:

$$M_{{}_{1}^{2}\text{H}} = 2,01410 \text{ м.а.б.}$$

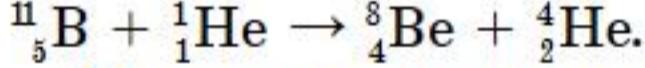
$$M_n = 2,00866 \text{ м.а.б.}$$

$$M_p = 1,00783 \text{ м.а.б.}$$

Топиш керак:

$$\Delta E_\gamma - ?$$

Ечилиши. ${}_{1}^{2}\text{H} + {}_{1}^{1}\text{H} \rightarrow {}_{4}^{8}\text{Be} + {}_{2}^{4}\text{He}$. Заряднинг сақланиш қонунига кўра $5 + 1 = 4 + Z$; $Z = 2$ масса сонининг сақланиш қонуни бўйича $11 + 1 = 8 + A$; $A = 4$. У ҳолда,



Реакция тенгламаси формуласини ёзамиш:

$$\Delta E = E_{01} - E_{02}$$

Ечилиши. Реакцияда ажралиб чиқадиган (ютиладиган) энергия формуласини ёзамиш:

$$\Delta E_\gamma = [M_{{}_{1}^{2}\text{H}} - (M_n + M_p)] \cdot 931,5 \text{ МэВ.}$$

Энди реакция пайтидаги энергияни аниқлайлик:

$$\Delta E_\gamma = [2,01410 - 3,01649] \cdot 931,5 \text{ МэВ} = \\ = -2,2 \text{ МэВ.}$$

Жавоб: $-2,2 \text{ МэВ}$ энергия ютилади.

**18-машқ**

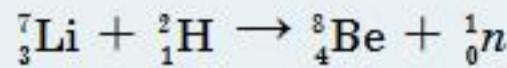
1. $^{14}_7\text{N}$ азот ядроси нейтронни қамраб олиши натижасида номаълум элемент ва α -зарра пайдо бўлган. Ядро реакциясини ёзиб, номаълум элементни аниқланг.

Жавоб: $^{11}_5\text{B}$

2. Берилган ядро реакциянинг энергетик чиқишини ҳисобланг:

**Жавоб:** 2,3 МэВ.

3. Куйидаги ядро реакциясида энергия ютиладими ёки ажралиб чиқадими?

**Жавоб:** 15 МэВ.

4. Эндотермик реакциянинг $^{17}_8\text{O} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{p} + ^{17}_7\text{N}$ энергияси $\Delta E = -7,89$ МэВ. Нейтрал атомларнинг жадвалдаги массалари бўйича азот изотопининг массасини аниқланг.

Жавоб: 17,00844 м.а.б.**41-§. Оғир ядроларнинг бўлиниши****Таянч тушунчалар:**

- ✓ ядронинг бўлиниши
- ✓ ядронинг томчи модели

Бугун дарсда:

- ядро бўлинишини томчи модели асосида ўқиб билиб оласиз.



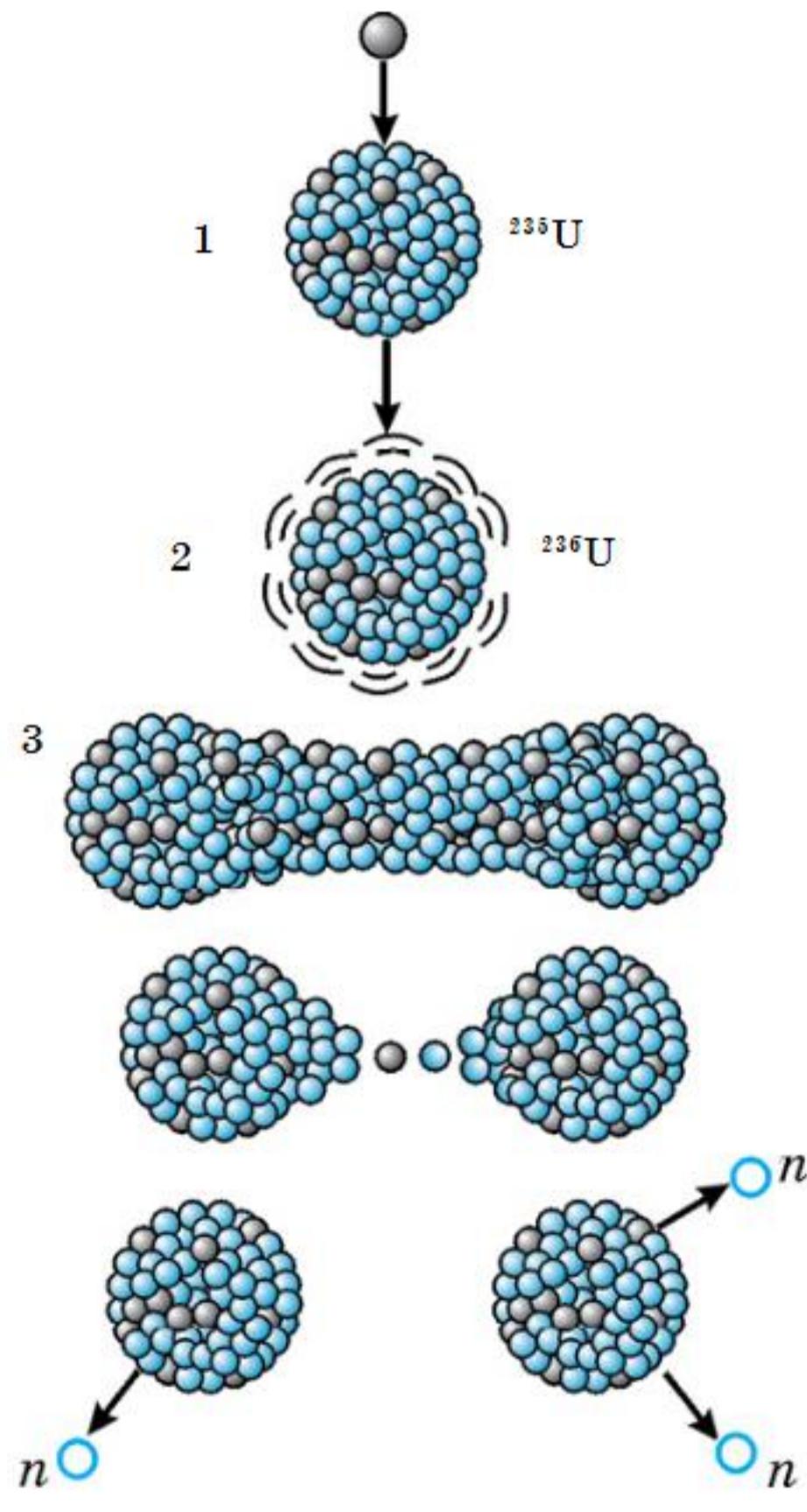
Ядро реакциялари орасида оғир ядролар, хусусан уран ядроларнинг ташқи омиллар таъсирида бўлиниши катта аҳамиятга эга. Чунки атом ядросида жуда катта энергия захираси тўпланган. Ядронинг ички энергиясини икки йўл, яъни оғир ядроларнинг бўлиниш реакциясини ва енгил ядроларни синтез реакцияларини амалга ошириш орқали ажратиб олиш мумкин.

Уран ядросининг бўлиниш реакцияси. 1934 йилда итальян физиги Э. Ферми нейтронлар билан уран ядроларини бомбардимон қилиб, ядро реакциясида пайдо бўлган сунъий радиоактивликни тадқиқ қилишни бошлаган.

И. Жолио-Кюри ва П. Савичнинг 1938 йилда уран ядроларини нейтронлар билан бомбардимон қилганда ядро реакцияси маҳсулотларидан бири La лантан атомининг ядроси экани аниқланди. Шу йили немис физиклари О. Ган ва Ф. Штассман уран ядроларини нейтронлар билан бомбардимон қилганда Менделеев жадвалининг ўрта қисмидаги барий Ва ва криптон Kr каби урандан икки марта енгил янги элементларнинг

хосил бўлишини аниқлашди. 1939 йилда инглиз олим О. Фриш ва австралиялик олим Л. Мейтнер ушбу натижаларни нейтронни қамраб олган уран ядросининг иккита парчага бўлиниши деб тушунтириди. Бу ҳодиса ядронинг бўлиниши деб аталди.

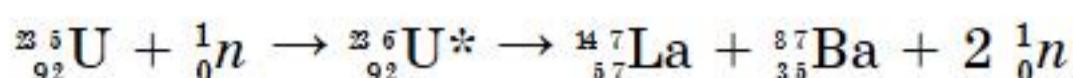
Ядронинг бўлиниш механизми. 1939 йил Я. Френкель, Н. Бор ва Ж. Уилер ядронинг бўлиниш қонуниятларини “ядронинг томчи модели” асосида тушунтиришиди ва бўлиниш механизмини таклиф қилишди. Нуклидларни сиқилмайдиган зарядланган суюқлик томчи сига ўхшатиш мумкин (41.1 расм). Уран-235 ядросининг шакли шарга ўхшаш. Нейтронни ютиб олган ядро (1) таркибли ядрога (2) айланади. Нейтроннинг кинетик ва боғланиш энергиялари ҳисобига ортиқча энергия олган таркибли ядро уйғониб, деформациялана, яъни чўзила бошлайди (3). Шу пайтда унинг ҳажми ўзгармайди, лекин сиртининг юзи ортади. Маълумки, суюқликнинг сирт энергияси суюқлик сиртининг юзига тўғри пропорционал. Демак, сирт энергия ортади. Бу пайтда бўлиниш энергетик жиҳатдан самарали эмас. Шу сабабли сирт таранглик кучи ядрони дастлабки шарсизмон ҳолатига келтиришга интилади. Аксинча, протонлар орасидаги кулонитаришиш кучлари ядрони янада чўзишга ҳаракат қиласи.



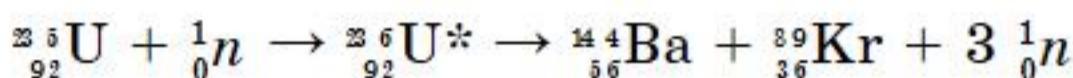
Нуклонлар орасидаги масофа ортса, кулонитаришиш кучлари камайиб, бўлиниш осонроқ бўлади. Уйғониш энергияси кўпроқ бўлган ҳолда кулонитаришиш кучлари нуклонларнинг тортишиш кучларидан кўп бўлади. Шундай қилиб, ядро икки парчага бўлинади. Уран ядросининг бўлиниши ядронинг тинчлик массаси бўлиниш жараёнида ҳосил бўладиган парчаларнинг тинчлик массалари йиғиндисидан катта бўлгани учун амалга ошади. Тинчлик массасининг камайишига мос энергия ажралиб чиқади. Тўлиқ масса сақланади, чунки катта тезликда ($v = 10^7$ м/с) ҳаракатланувчи парчаларнинг массалари уларнинг тинчлик массаларидан ортиқ бўлади. Оғир ядроларда нейтронлар сони кўпроқ бўлгани учун, ядронинг

бүлинишида парчалар билан бирга, нейтронларнинг ҳам ажралиб чиқишининг кашф қилиниши муҳим янгилик бўлди.

Ҳар бир ядро бўлингандада 2 ёки 3 нейтрон ажралиб чиқади. Уран-235 нинг бўлиниш реакциясини ёзамиз:



ёки



бу ерда ${}^{236}_{92}\text{U}^*$ — уйғонган таркибли ядро, яъни у — бекарор изотоп.

Ураннинг солиштирма боғланиш энергияси $7,6 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$ эканини эътиборга олсак, бўлиниш парчаларининг ўртача солиштирма боғланиш энергияси $8,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$ бўлади. Бунда солиштирма боғланиш энергиялари

фарқи $0,9 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$. Демак, уран ядроси бўлингандада 200 МэВ энергия ажралиб чиқиши керак. Бажарилган ўлчашлар бунинг тўғрилигини кўрсатди. Шу ажралиб чиқсан энергиянинг асосий қисми (≈ 165 МэВ) парчаларнинг кинетик энергиясига айланади, қолган қисми нейтронлар ва реакцияда ажралиб чиқадиган γ -нурларнинг энергиясига айланади.

Эркин нейтронларнинг энергияси жуда кичик $5 \cdot 10^{-3}$ эВ дан бошлаб бир неча миллион электронвольтгача оралиқда ётади. Ядронинг бўлинишида ҳосил бўлган парчаларнинг массалари аксарият ҳолда 2 : 3 каби нисбатда бўлади. Парчалардаги нейтронларнинг сони кўп бўлгани учун уларнинг радиоактивлиги юқори. Бир неча электрон β -емирилиш натижасида барқарор ядроли изотоп ҳосил бўлади.

Рус физиклари Г. Флеров ва К. Петржак 1940 йилда уран ядросининг спонтан (ўз-ўзидан) бўлинишини кашф қилди. Та什қи таъсирсиз, яъни уран ядросини нейтронлар билан бомбардимон қилмасдан ҳам уран ядроси ўз-ўзидан бўлиниши мумкин экан.

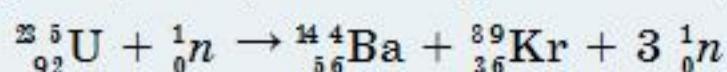


1. Ядронинг бўлиниши деб қандай реакцияга айтилади?
2. Уран ядросининг бўлинишини “ядронинг томчи модели” асосида тушунтиринг.
3. Нима учун уран ядроси бўлингандада катта, таҳминан 200 МэВ энергия ажралиб чиқади?
4. Нима учун ядро бўлингандада бир неча нейтронлар учуб чиқади?
- *5. Нима учун парчалар β -емирилишга учрайди? Қанча β -емирилишдан сўнг ${}^{56}_{56}\text{Ba} \rightarrow {}^{50}_{50}\text{Na}$ айланиш амалга ошаади?



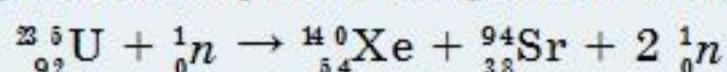
19-машқ

1. Күйидаги ядро реакцияларнинг энергетик чиқишини ҳисобланг:



Жауоб: ≈ 188 МэВ.

2. Күйидаги ядро реакцияларнинг энергетик чиқишини ҳисобланг:



Жауоб: ≈ 208 МэВ.

*3. Уран-235 изотопининг бир атомини икки бүлакка бўлганда 208 МэВ энергия ажралиб чиқади. 1 г уран тўлиқ бўлинганда ажралиб чиқадиган энергияга тенг энергия олиш учун қанча керосин керак? Керосиннинг солиштирма ёниш иссиқлиги $4,3 \cdot 10^7$ Ж/кг.

Жауоб: 2 т.

42-§. Занжир ядро реакциялари



Таянч тушунчалар:

- ✓ секинлатгичлар
- ✓ иссиқлик нейтронлари
- ✓ кўпайиш коэффициенти
- ✓ критик масса
- ✓ термоядро реакцияси

Бугун дарсда:

- ядервий синтез ва занжир ядро реакцияси тушунчаси билан танишасиз.



Оғир ядроларнинг нейтронлар таъсирида бўлиниш реакцияси пайтида янги бир неча нейтронларнинг ажралиб чиқиши жуда муҳим. Аввалги мавзуда айтганимиздек, уран-235 изотопининг ҳар бир ядроси бўлинганда ўрта ҳисобда 2-3 та иккинчи тартибли ёки ҳосилавий деб аталган нейтронлар пайдо бўлади. Ўша бўлинишдан чиқсан нейтронлардан иккитаси қўшни иккита ядрони бўлсин, деб фараз қиласиз. Бу бўлинган икки ядродан учиб чиқсан ҳосилавий нейтронлар қўшни тўртта ядрони бўлади. Шу тариқа давом этиб, нейтронлар сони ва улар бўладиган ядролар сони кескин кўчкисимон ортади. Мана шундай бўлинадиган ядролар сонининг кўчкисимон ортиш ҳодисаси *занжирли бўлиниш реакцияси* деб аталади.

Ядервий занжир реакция деб, шундай реакцияга айтиладики, муайян ядро реакцияси навбатдаги айни шундай реакцияни ҳосил қиласи.

42.1-расмда уран ядроси бўлинишининг бошқарилмайдиган занжир реакциясининг ривожланиши кўрсатилган.

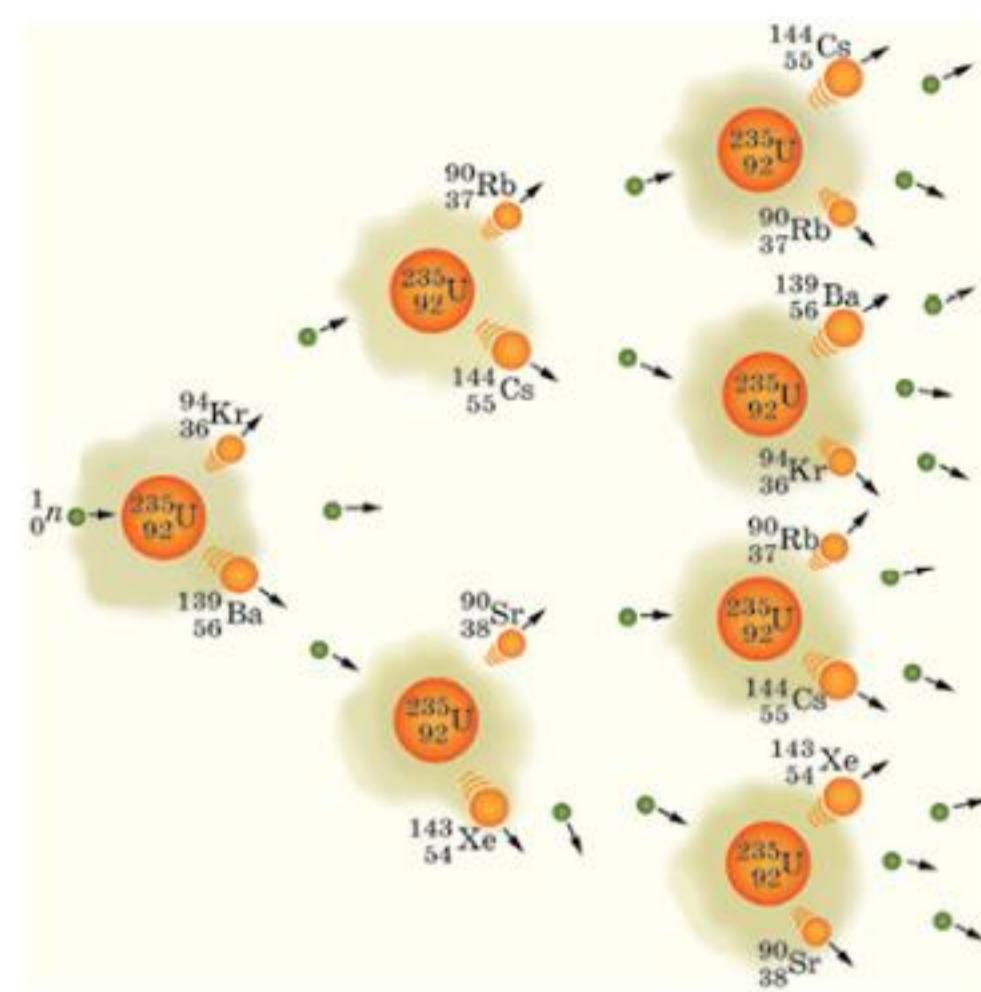
Занжир реакцияни амалга ошириш учун нейтронлар таъсирида емиладиган исталган оғир ядролардан фойдаланиб бўлмайди.

Сабаби, уран ядроси бўлинганда ажралиб чиқадиган аксарият нейтронларнинг энергияси 1—4 МэВ атрофида бўлади. Бу пайтда уларнинг тезликлари $v = 10^7$ м/с га етади ва улар *тез нейтронлар* деб аталади. Табиий уран асосан икки изотопнинг ($^{238}_{92}\text{U}$ ва $^{235}_{92}\text{U}$) аралашмасидан иборат. Унинг 99,3% ини уран-238 ташкил қиласа, қолган 0,7% и уран-235 нинг улушкида бўлади. Тез нейтронларни уран-238 изотопининг ядроси бўлинмасдан ҳам ютади, факат деярли беш нейтрондан биттасигина ядрони бўлади. Шу сабабли уран-238 изотопи занжир реакцияни амалга ошириш учун яроқсиз. Оз микдорда учрайдиган уран-235 ядроси билан реакцияга киришиш эҳтимоллигини орттириш учун тез нейтронларнинг тезлигини камайтириш керак. Бу секинлатгичлар деб аталувчи моддалар ёрдамида амалга оширилади. Яхши секинлатгичлар қаторига одий сув, оғир сув (H_2O) ва графит киради. Уларнинг ядролари билан тўқнашганда нейтронларнинг энергияси камаяди.

Тезлиги хона ҳароратидаги иссиқлик ҳаракатининг тезлигига $v \approx 2000$ м/с га teng бўлган нейтронлар *иссиқлик (суст) нейтронлар* дейилади. Уран-235 ядроларининг иссиқлик нейтронлари таъсирида бўлиниш эҳтимоллиги тез нейтронлар билан бўлинишига қараганда юзлаб марта ортиқ. Занжир ядро реакцияси (ядровий занжир реакцияси) узлуксиз бориши учун вақт ўтиши билан ҳосилавий нейтронларнинг ўртача сони ўзгармаслиги лозим. Лекин бўлинишда пайдо бўлган нейтронларнинг ҳаммаси ҳам бир хил ядовий бўлиниш реакциясини юзага келтирмайди, янги ядролардан баъзиларини реакцияга қатнашмайдиган бошқа ядролар ютиб олади, бироқ реакция бормайди, баъзилари ташқи муҳитга сочилиб кетади.

Нейтронларнинг кўпайиш жадаллигини тавсифловчи физик катталик *нейтронларнинг кўпайиш коэффициенти* (k) дейилади. *Нейтронларнинг кўпайиш коэффициенти деб нейтронларнинг исталган бир “авлоддаги сонининг ундан аввалги “авлоддаги”сонига нисбатига айтилади:* $k = \frac{N_t}{N_{t-1}}$, бу ерда N_t , N_{t-1} катталиклар i ва $i - 1$ авлодлардаги нейтронлар сони.

Агар $k = 1$ бўлса, у ҳолда нейтронлар сони вақт ўтиши билан ўзгармайди ва занжир реакция барқарор, бир маромда ўтади. Агар



42.1-расм

$k > 1$ бўлса, занжир реакциянинг жадаллиги жуда тез ортиб, ядро портлаши юз беради. Агар $k < 1$ бўлса, нейтронлар сони вақт ўтиши билан камаяди ва занжир реакция тўхтайди.

Критик масса. Занжир ядро реакцияси узлуксиз бориши учун яна бир муҳим шартни эътиборга олиш керак. Уран массасининг маълум бир миқдорида занжир реакция бир текис ўтади. Агар ураннинг массаси шу миқдордан кам бўлса, нейтронлар ўзларининг ҳаракат йўлида етарли миқдордаги ядроларни учратмайди ва ташқи муҳитга сочилиб кетади. Натижада, занжир реакция тўхтаб қолади.

Занжирли бўлинниш реакцияси барқарорлигини таъминлаб турувчи парчаланадиган модда (уран)нинг энг кам массаси критик масса деб аталади. Соф уран-235 учун критик масса 50 кг га яқин. Зичлиги 18950 кг/м³ урандан ясалган массаси ана шундай шарнинг радиуси тахминан 8,5 см бўлади. Плутоний-239 учун ўлчови теннис тўпидаи келадиган шарнинг критик массаси 5,6 кг.

Термоядро реакциялари. Ядро реакцияларида катта миқдорда энергия ажралиб чиқадиган реакция тури *енгил элементлар (¹H; ²H; ³H ва ш.к.) ядроларининг синтези* (бирикиши) бўлиб ҳисобланади. Енгил элемент ядроларининг синтези қарийб миллионлаб градус (10^7 — 10^9 К) ҳароратдагина амалга ошади.

Ўта юқори ҳароратларда енгил ядроларнинг бирикиб, оғир ядроларни ҳосил қилиш реакцияси термоядро реакцияси деб аталади. Иккита енгил элемент ядроларининг тинчлик массаларининг йиғиндиси уларнинг бирикишидан ҳосил бўлган ядронинг тинчлик массасидан катта. Масса дефекти натижасида кўп миқдорда энергия ажралиб чиқиши керак. Масалан, водород изотоплари дейтерий ²D ва тритий ³T ядроларининг бирикиш реакциясида гелий ⁴He атомининг ядроси ҳосил бўлади ва 17,6 МэВ энергия ажралади:
$${}_{1}^{2}\text{D} + {}_{1}^{3}\text{T} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{0}^{1}n + 17,6 \text{ МэВ.}$$

Термоядро синтезида бир нуклонга $\frac{17,6 \text{ МэВ}}{5} = 3,5 \text{ МэВ}$ энергия, уран ядросининг бўлинниш реакциясида бир нуклонга 0,9 МэВ энергия ажралиши мос келади. Демак, енгил ядролар синтезида ажралиб чиқадиган солиштирма энргия ядроларининг бўлинниш реакциясидаги хусусий энергиядан 4 марта катта бўлади.

Ҳозирги маълумотлар бўйича Қуёш ва юлдузлар марказидаги энергия манбаи — термоядро реакция. Қуёш ядросида ҳарорат 15 млн ($1,5 \cdot 10^7$ К) градусга атрофида, босими қарийб 200 млрд атмосфера. Қуёш моддасининг атомлари бундай ҳароратда ташқи электронлардан ажралиб, ядро (протон)лардан ва эркин электронлардан ташкил топган ионлашган газ — *плазмага* айланади.



1. Занжир бўлининш реакцияси қандай амалга ошади?
2. Энергиялари даги фарқларига қараб нейтронлар қандай гурӯҳларга бўлиниади?
3. Нима учун табиий уранда ($U-238$) занжир реакция амалга ошмайди?
4. Нейтронларнинг кўпайиш коэффициенти нима? Унинг занжир реакциясининг боришига таъсири қандай?
5. Қандай масса критик масса дейилади?
- *6. Атом бомбанинг инсоният учун қандай ҳавфи бор?



“Семей полигони ва унинг оқибатлари” мавзусида эссе тайёрланг.

43-§. Радиоактив нурларнинг биологик таъсири. Радиациядан ҳимояланиш



Таянч тушунчалар:

- ✓ радиация
- ✓ экспозицион доза
- ✓ эквивалент доза
- ✓ радиацион фон



Бугун дарсда:

- альфа-, бета- ва гамма- нурларнинг табиатини, хоссалари ва биологик таъсирини тушуниб оласиз



Радиоактив нурлар, нейтронлар оқими атроф-муҳитга, айниқса тирик организмга заарли таъсир қиласи. Радиоактив нурларни ионловчи нурлар ёки қисқача радиация деб аталади. Маълум энергияга эга бу нурлар ва зарралар жисмларнинг молекулалари ҳамда атомларини ионлайди. Уларнинг кимёвий фаоллиги ўзгаради, ҳужайралар мутацияга учрайди, хромосомадаги генларни шикастлаб, турли физиологик ўзгаришларни юзага келтиради. Табиат заҳарланади. Нурланишнинг интенсивлиги юқори бўлса, ҳавфли ўсмалар ва нурланиш касаллиги пайдо бўлиб, тирик организмлар ҳалок бўлиши мумкин. Нурланиш наслга кучли ва заарли таъсир кўрсатади.

Радиациянинг ҳавфилилиги шундаки, нурланиш ҳатто ҳавфли дозаларда ҳам касаллик алматлари бирдан сезилмайди. Ионловчи нурлар энг аввал иликни шикастлайди, натижада қон айланиш жараёни бузилади. Сўнгра овқат ҳазм қилиш йўли ва бошқа органларнинг ҳужайралари шикастланади. Радиоактив нурларнинг, масалан, γ -нурларининг чекли миқдордаги дозаси тиббиётда ҳавфли рак ҳужайраларини йўқотиш учун ишлатилади.

Ионловчи нурларнинг биологик таъсири маҳсус катталиклар билан характерланади. Тирик организмлар тўқималарининг радиациядан олган энергиялари органи сайин кимёвий реакциянинг фаоллиги тез ўзгариб, шикастланиш даражаси ортади. Шу сабабли радиациянинг

тирик организмга берадиган энергия миқдорини түғри аниқлаш мүхим ажамиятга әга.

Нурланишнинг ютилган дозаси деб ютилган ионловчи нурланиш энергиясининг нурланган модда массасига нисбатига айтилади:

$$D = \frac{E}{m}.$$

ХБ системасыда нурланишнинг ютилган дозасининг ўлчов бирлиги **1 Гр (грэй).**

Массаси 1 кг нурланаётган моддага 1 Ж ионловчи нурланиш энергияси узатилганда ютилган дозаси бир грэйга (1 Гр) тенг:

$$1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}.$$

Амалда нурланишнинг экспозицион дозаси деган катталиқ қўлланилади. У рентген ва гамма-нурларнинг қуруқ ҳавони ионлаш эфекти бўйича ўлчанади. Унинг ХБ системасига кирмайдиган ўлчов бирлиги **1 Р (рентген):**

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}.$$

Радиацияни ўлчайдиган дозиметрларда **1 Р \approx 0,01 Гр** деб олинади. Тирик организмларнинг нурланишдан шикастланиши нурланиш турларига боғлиқ. Ионловчи нурларнинг биологик таъсирини рентген ва гамма-нурларнинг биологик таъсиrlари билан солиштириш қабул қилинган. Шу сабабли нурланишнинг тирик организмларга таъсири маҳсус катталиқ — *эквивалент доза* билан характерланади.

Ютилган нурланишнинг эквивалент дозаси деб ютилган доза билан биологик эффективлик (самараалик) коэффициентининг кўпайтмасига тенг катталика айтилади:

$$D_{\text{экв}} = k \cdot D,$$

бу ерда k — биологик эффективтик коэффициенти, у тажрибаларда аниқланади. Рентген, β -нур, γ -нур учун $k = 1$, суст нейтрон учун $k = 2,3$, тез нейтрон учун $k = 10,0$, α -нур учун $k = 20,0$ бўлади.

Эквивалент дозанинг ўлчов бирлиги сифатида *зиверт* — 1 Зв қабул қилинган.

Радиоактив нурларнинг таъсирига биз доим учраб турамиз. Бундай радиация манбаи — космик нурлар. Ердаги радиоактив моддаларга — бинолар, рентген трубкалари, телевизор, одамнинг танаси (бизнинг танамиизда $0,01 \text{ г}$ радиоактив $^{40}_{19}\text{K}$ калий бор) киради. Булар *табиий радиация фони* дейилади. Табиий радиация фонининг ҳисобига одам бир йилда $2 \cdot 10^{-3}$ Гр доза олади. Радиациядан ҳимояланишнинг халқаро

комиссияси нурланиш билан ишлайдиган одамлар учун бир йилдаги дозанинг чекли миқдорини 0,05 Гр деб белгилаган.

Радиациядан ҳимояланиш. Атом әлектростанцияларида радиоактив изотоплар, радиоактив қолдиқлар билан ишлайдиган одамларнинг радиациядан ҳимояланиш чоралари бажарилиши лозим. Радиоактив нурларнинг интенсивлиги масофанинг квадратига тескари пропорционал равища камайишини ҳисобга олсак, хавфли зонадан ишчи-ларни етарлича узокроқ масофада жойлаштирган афзал. Радиоактив препаратларни қўл билан ушламай, маҳсус узун қисқичлардан, ме-ханик роботлардан фойдаланиш лозим. Рентген ва гамма-нурлардан ҳимояланишда уларни яхши ютадиган қўрғошин ишлатилади. Радиоактив моддалар нафас олиш йўллари ва тери орқали одам организмига ўтмаслиги учун маҳсус ҳимоя материалларидан фойдаланилади. Озиқ-овқат маҳсулотлари қатъий назоратдан ўтказилади. Чернобиль АЭС ида бўлган ҳалокат инсониятга радиоактив нурларнинг, изотопларнинг ўта хавфли эканини кўрсатди. Радиациядан ҳимояланиш чораларини билиш ва доим уни ёдда тутмоқ лозим.



1. Радиоактив нурларнинг тирик организмларга қандай хавфи бор?
2. Ютилган доза деб нимага айтилади? Унинг ўлчов бирлиги қандай?
3. Эквивалент доза нима?
4. Табиий радиация фони нурланиш касаллигини юзага келтирадими?
- *5. Радиациядан қандай ҳимояланashi мумкин?

44-§. Ядро реактори. Ядро энергетикаси



Таянч тушунчалар:

- ✓ ядро реактори
- ✓ иссиқлик чиқарувчи элементлар
- ✓ ростловчи стерженлар
- ✓ бридерлар
- ✓ ядро энергетикаси



Бугун дарсда:

- ядро реакторларининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишасиз.



Бошқариладиган занжир бўлинини реақциясини амалга оширадиган қурилма ядро реактори деб аталади. Биринчи ядро реактори АҚШда Э. Ферми бошчилигидаги 1942 йили ишга туширилди. Иккинчи реакторни Россияда И. В. Курчатов етакчилигидаги олимлар гурухи 1946 йили ишга туширди.

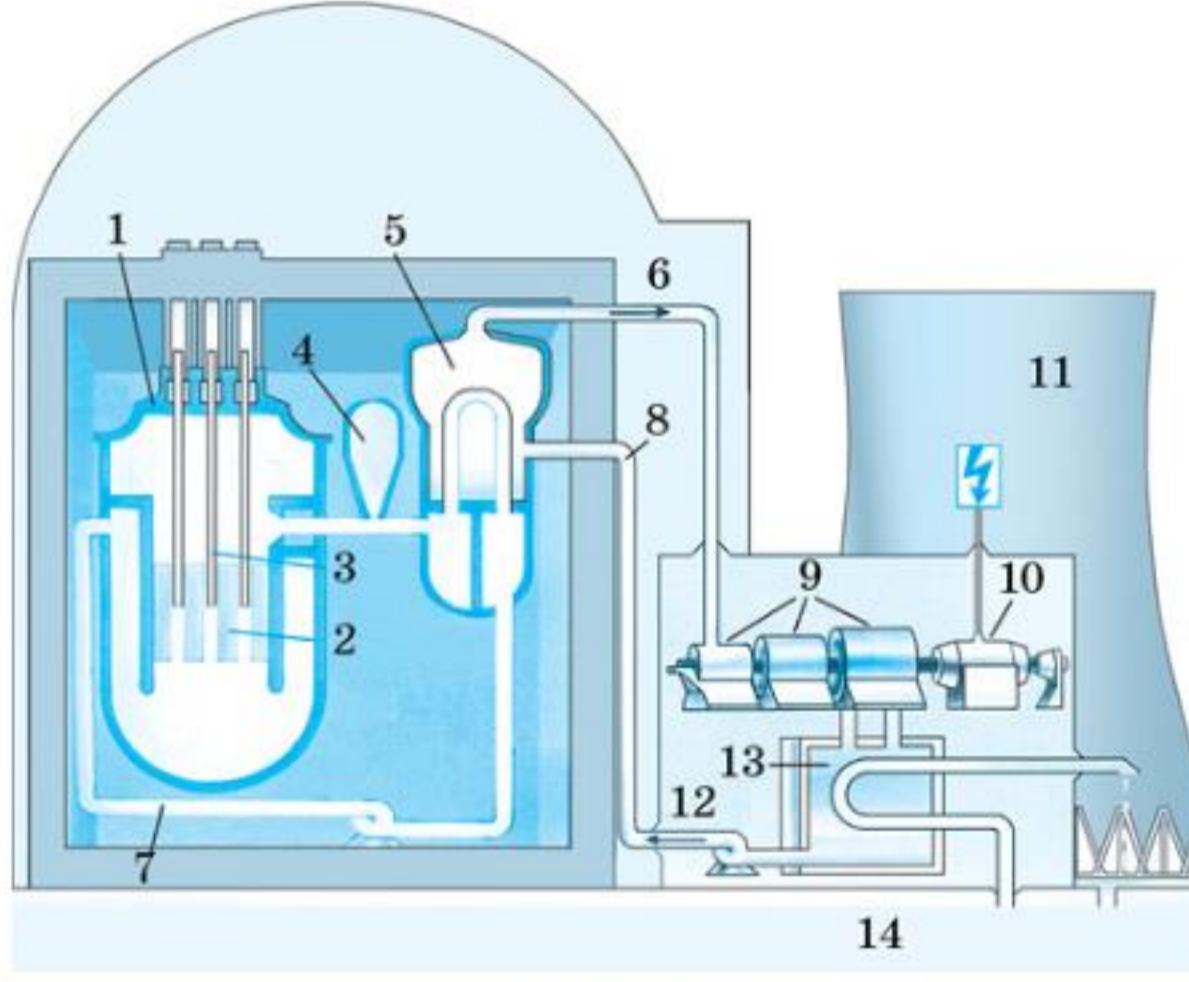
Хозирги вақтда дунёning кўпгина ривожланган давлатларида ядро реакторлари бор қурилмалардан фойдаланилади. Реакторлар қувватлари бўйича ва қўлланиш мақсадларига қараб бир неча турларга бўлинади:

- илмий текшириш реакторлари;
- ишлаб чиқариш, яъни радиоактив изотопларни ишлаб чиқарувчи реакторлар;
- ядронинг энергиясини электр энергиясига айлантирувчи энергетик реакторлар.

Суст нейтронлардаги ядро реакторлари. Энергетик қурилмага эга ядро реакторининг асосий қисмлари ва тузилиши 44.1-расмда кўрсатилган. Исталган ядро реактори қўйидаги асосий қисмлардан тузилади:

- занжир реакция борадиган актив ҳудуд;
- нейтронларни секинлатгич;
- актив ҳудудда ажralадиган энергияни узатувчи иссиқлик элтгич;
- нейтронларни қайтаргич;
- занжир реакциясининг тезлигини ростловчи стерженлар;
- пўлатдан ясалган ҳимоя қобиғи;
- темир-бетонли биологик қўрғон;
- автоматик бошқариш системаси.

Иссиқлик нейтронли реакторнинг актив ҳудудида ядро ёқилғиси сифатида уран-235 дан фойдаланилади. Табиий урандаги 235-изотопининг миқдори 0,7%, шу сабабли унинг миқдорини 5% гача ортириб, бойитилади. Бойитилган урандан ясалган иссиқлик чиқарувчи элементлар деб аталувчи ядро ёқилғиси герметик ёпиқ пўлат қувурнинг ичига жойлаштирилади. Иссиқлик чиқарувчи элементлари бор қувурларни нейтронларни секинлатгич сув ёки оғир сув ўраб туради. Секинлатгич



44.1-расм

- 1 — реактор қозони; 2 — иссиқлик чиқарувчи элемент (ИЭ); 3 — ростловчи стерженлар; 4 — босим ростлагич; 5 — буғ генератори; 6 — буғ; 7 — биринчи контур; 8 — иккинчи контур; 9 — турбиналар; 10 — генератор; 11 — градирня; 12 — сув; 13 — конденсатор; 14 — совуткич

сифатида, реакторнинг турига қараб графит ҳам қўлланилади.

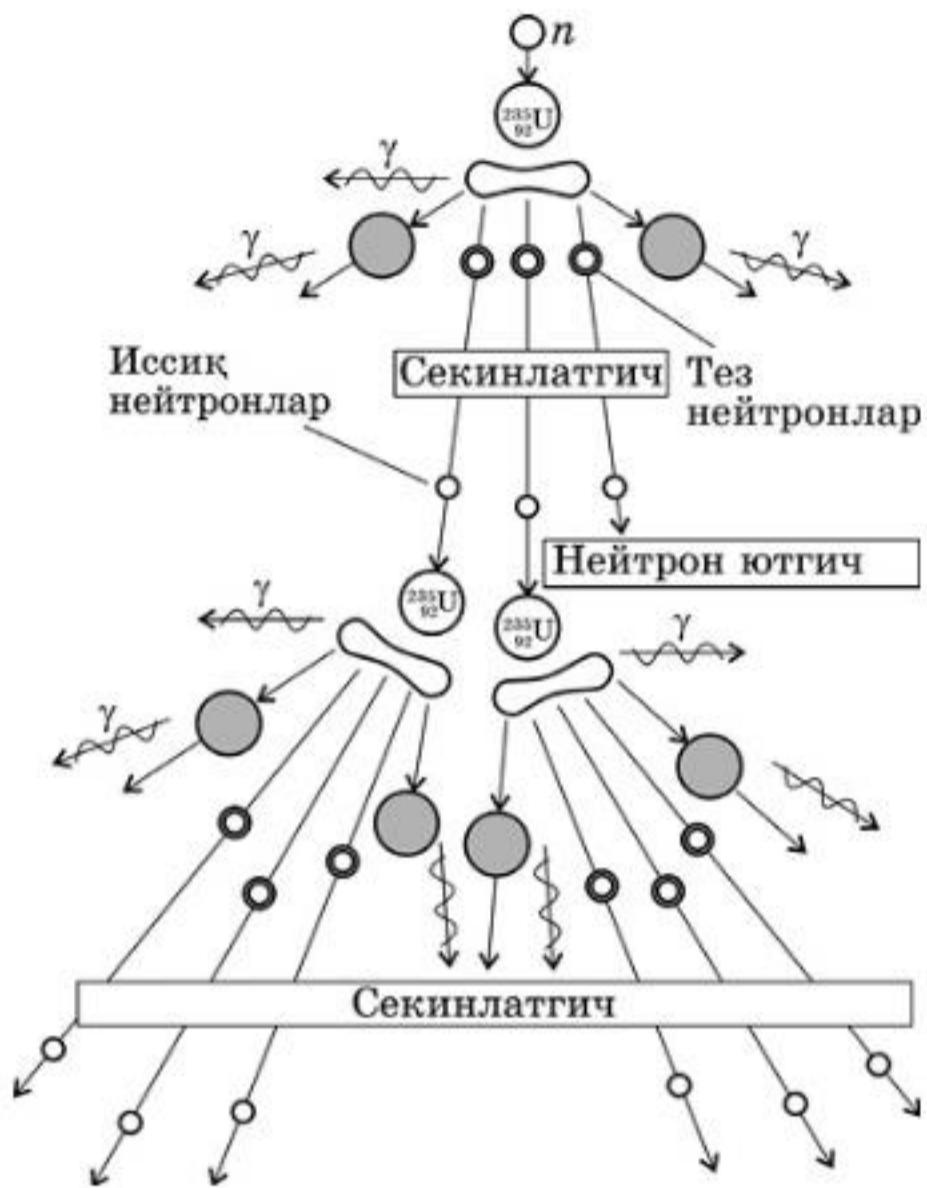
Реакцияда ажраладиган энергияни иссиқлик элтувчи ёрдамида олиб чиқилади. Кўпинча иссиқлик элтувчи сифатида жуда юқори босимдаги оддий сувдан фойдаланилади. Жуда юқори босим сувни қайнаб кетишдан сақлайди. Яхши иссиқлик элтувчиларга оғир сув, сув буги, гелий гази, суюқ натрийлар киради.

Актив ҳудуд нейтронларнинг ташқи муҳитга сочилишини камайтириб, уларни ортга қайтарадиган бериллий қатлами билан ўралади. Унинг сиртидан ўтувчанлиги юқори γ -нурлари ва нейтронлардан ҳимояланиш учун пўлат ва қалинлиги бир неча метрлик темирбетон билан қопланади. Нейтронларни яхши ютадиган бор ёки кадмийдан ясалган ростловчи стерженлар орқали реакциянинг тезлиги бошқарилади. Ростловчи стерженлар актив ҳудудга тўлиқ ботирилганда реактор ишламайди.

Нейтронларнинг асосий қисми ютилганлиги учун, занжир бўлинеш реакцияси ривожланмайди. Актив ҳудудда занжир реакция бошланиб, барқарор бўлгунча ростловчи стерженлар аста-секин чиқарилаверади. Реакторнинг қуввати белгиланган микдордан оша бошлагандага аварияни олдини олувчи ростловчи стерженлар автоматик равишда актив ҳудудга киритилади.

Иссиқлик нейтронларидаги занжир реакция 44.2-расмда кўрсатилган. Иссиқлик чиқарувчи элементлардаги занжир ядро реакциясида ажралган энергиянинг асосий қисми парчалар ва нейтронларнинг кинетик энергиясига, қолгани γ -нурларнинг электромагнит энергиясига айланади. Парчалар ва нейтронлар сув орқали ўтганда уни юқори (330°C) ҳароратгача қиздиради. Ўта қизиган сув насос ёрдамида реактор ва қувурлардан, буғ генераторидан иборат биринчи контур бўйлаб ҳаракатга келтирилади. Буғ генераторида иккинчи контурдаги сув буғга айланади. Юқори босимдаги буғ қувватли генераторнинг роторига уланган турбиналарни айлантиради.

Ядро энергетикаси. Занжир реакцияларда ажралиб чиқадиган ядро энергиясидан амалий мақсадда фойдаланишнинг энг самарали йўли уни электр энергиясига айлантиришdir. Бу реакторлар ёрдамида атом электр станцияларида (АЭС) амалга оширилади. Собиқ СССРда 1954



44.2-расм

йили Обнинск шаҳрида қуввати 5000 кВт бўлган биринчи атом электр станцияси ишга туширилди. 1971 йилдан Қозоғистонда Ақтау шаҳрида тез нейтронли реакторга эга атом электр станцияси ва денгиз сувини чучуклаштириш қурилмаси ишлай бошлади. Саноати ривожланган давлатларда гидро электр станцияларини қуриш қийинлиги ва органик ёқилғи захирасининг чекланганлигидан ядро энергетикаси соҳаси жадал ривожланмоқда. Органик ёқилғида ишлайдиган иссиқлик электр станцияларига қараганда атом электр станцияларининг афзаликлари мавжуд. Атом электр станциялари атроф муҳитни тутун ва кул билан ифлосламайди, ҳаводаги кислородни сарфламайди. Лекин ядро энергетикасининг ҳам атроф-муҳит учун заарли ва хавфли таъсирлари бор. АЭСда ишлайдиган одамларни Ү-нурлари ва нейтронлар оқимининг заарли таъсирларидан ҳимоялаш масалаларига катта аҳамият берилади. Сабаби радиоактив ифлосланиш жуда хавфли. Уран ядросининг бўлинишида пайдо бўлган радиоактив чиқиндиларни, ишлатилиш муддати тугаган иссиқлик чиқарувчи элементларни ва бошқа моддаларни кўмиш пайтида мураккаб муаммолар учрайди. АЭСларининг ишлаш муддати қарийб 20 йил атрофида. Бу муддат ўтгач узоқ йиллар давомида унинг барча қисмлари ва материалларига радиация таъсир этганлигидан уни қайта ўз ҳолига келтириш ва ишлатиш мумкин эмас. 1986 йили Чернобиль АЭСида бўлган авария юз минглаган одамларнинг уй-жойларини ташлаб, кўчишга мажбур қилди. Унинг асоратлари ҳали яна ўнлаб, ҳатто юзлаб йиллар давомида сезилади.

Албатта, ядро энергетикасининг инсоният учун аҳамияти катта. Ҳозирги вақтда ядро реакторларининг хавфсизлигини орттириш мақсадида ҳар тарафлама изланишлар юритилиб, бу соҳага катта эътибор қаратилмоқда.



1. Ядрореакторининг асосий қисмларини айтинг ва ҳар бирининг вазифасини тавсифланг.
2. Иссиқлик нейтронли реакторда нима учун нейтронларни секинлатгич ишлатилади?
3. Занжир реакция қандай бошқарилади?
4. Иссиқва тез нейтронли реакторлардагро ёқилғиси сифатидан имадан фойдаланилади?
5. Реактордаги ураннинг критик массасини камайтириш мумкинми?
6. Ядро энергияси электр энергиясига қандай айлантириллади?
- *7. Ядро энергетикасининг бошқа энергетика турларига қараганда жадал ривожланиш сабаби нимада?

Масала ечиш намунаси

ФИКи 25% бўлган атом электр станциясининг қуввати 1 млн кВт. Бир йилда сарфланадиган уран-235 изотопининг массасини аниқланг. Ураннинг бир ядроси емирилганда 200 МэВ энергия ажралади.

Берилган:

$$P = 1 \text{ млн кВт} = 10^9 \text{ Вт}$$

$$t = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Ж}}{\text{ядро}}$$

$$\eta = 25\% = 0,25$$

$$M = 0,235 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Топиш керак:

$$m = ?$$

Ечилиши. Ядроларнинг сонини молекулалар сонини аниқлайдиган формула орқали топамиз:

$$N = \frac{m}{M} N_A,$$

бу ерда m — уран-235 уран-235 изотопининг бир йилда сарфланадиган массаси, M — изотопнинг моляр массаси, N_A — Авагадро сони. Емирилишда ажралиб чиқадиган энергия

$$E = E_0 \cdot N = E_0 \cdot \frac{m}{M} \cdot N_A.$$

Истеммолчига бериладиган энергия $W = P \cdot t$.

$$\hbar E = W \text{ ёки } \hbar E_0 \frac{m}{M} N_A = P \cdot t,$$

$$\text{бундан } m = \frac{PtM}{\eta E_0 N_A} = \frac{10^9 \text{ Вт} \cdot 3,16 \cdot 10^7 \text{ с} \cdot 0,235 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{0,25 \cdot 3,2 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Ж}}{\text{ядро}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 1542 \text{ кг.}$$

Жавоб: 1542 кг.



20-машқ

1. ФИКи 20% бўлган атом электр станциясининг қуввати 1000 МВт. 1 суткада сарфланадиган уран-235 изотопининг массасини топинг.

Жавоб: 5,3 кг.

2. АҚШнинг “Наутилус” атом сувости кемасининг иссиқлик қурилмасининг қуввати 14,7 МВт, ФИКи 25%. Ёқилғи сифатида бойитилган уран ишлатилади, унинг 1 кг массасидаги ядролар бўлинганда $6,9 \cdot 10^{13}$ Ж энергия чиқади. Кема бир йил давомида сузиши учун қанча ёқилғи захираси керак?

Жавоб: 26,9 кг.

3. Агар атом музёари двигателининг қуввати $3,2 \cdot 10^4$ кВт ва атом реактори 1 суткада 200 г уран-235 сарфласа, атом музёари двигателининг ФИКни ҳисобланг. Уран атоми битта ядросининг бўлинишида 200 Мэв энергия ажралиб чиқади.

Жавоб: $\eta = 17\%$.

8-бобнинг асосий мазмуни

- Ядро физикаси атом ядросининг тузилишини, хоссаларини, унинг бир-бирига айланишларини ўрганади, микрооламда юз бераётган ҳодисаларни қараб чиқади.
- Резерфорд тажрибалар асосида атомнинг ядро моделини таклиф қилди. Ядронинг ўлчами 10^{-15} м тартибида бўлиб чиқди.
- Резерфорд дастлаб атом ядроларини α -зарралар билан бомбардимон қилиб, уларнинг сунъий айланишларини амалга оширган. У 1919 йили протонни кашф қилди, Чедвик эса 1932 йили ядронинг таркибига кирувчи иккинчи зарра — нейтронни кашф қилди.
- Гейзенберг ва Д. Иваненко атом ядросининг протон-нейтрон модельни таклиф қилишди. Бу моделга асосан ядро протонлар ва нейтронлардан, яъни нуклонлардан тузилган:

$$A = Z + N.$$

- Ядронинг ичида нуклонларни қисқа масофалардагина таъсир этувчи ядро кучлари ушлаб туради. Ядро физикасида нуклонларнинг боғланиш энергияси жуда муҳим характеристика ҳисобланади. Боғланиш энергияси ядрони алоҳида нуклонларга парчалаш учун сарфланадиган энергияга teng.
- 1896 йили А. Беккерель табиий радиоактивлик ҳодисасини кашф қилди. Радиоактив элементлар ўз-ўзидан α -, β -ва γ -нурларини чиқаради. Бу нурларнинг табиати аниқланди: α -нурлар — гелий атомларининг ядролари, β -нурлар — электронлар оқими, γ -нурлар эса узунлиги ўта қисқа электромагнит тўлқинлар экан.
- Атом ядроларининг турли зарралар ва нурлар чиқариб, ўз-ўзидан ўзгариш қонунини, яъни радиоактив емирилиш қонунини Резерфорд кашф қилди:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}.$$

- Атом ядроларининг бир-бири билан ва элементар зарралар билан ўзаро таъсирлашишида таркибий ўзгариши ядро реакциялари деб аталади. Ядро реакцияларида энергия ажралиши ёки ютилиши мумкин.
- Радиоактив нурлар маълум бир чекли микдордан ошиб кетса, тирик организмларга катта зарап келтиради.

V бўлим. НАНОТЕХНОЛОГИЯ ВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

9-боб. НАНОТЕХНОЛОГИЯВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

45-§. Нанотехнологиянинг асосий ютуқлари, муҳим масалалари ва ривожланиш босқичлари. Наноматериаллар



Таянч тушунчалар:

- ✓ нанотехнология
- ✓ наноматериаллар
- ✓ нанороботлар



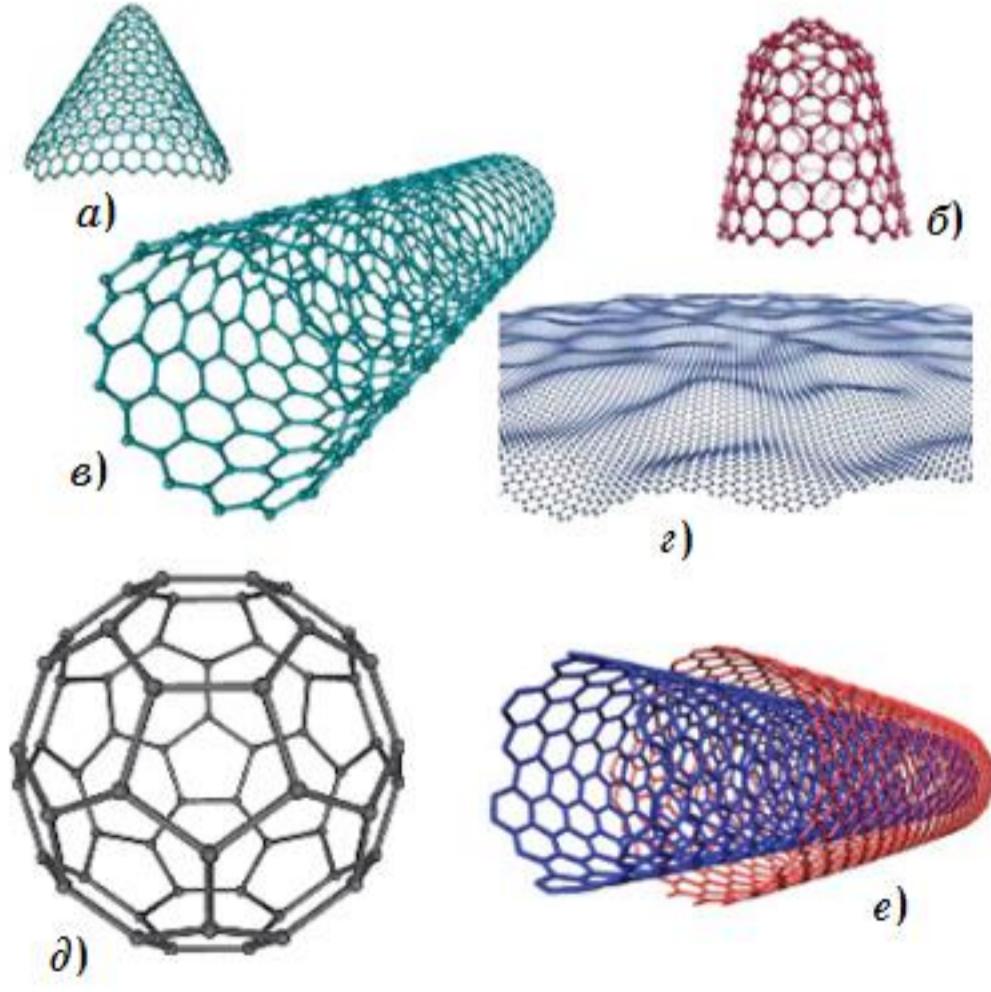
Бугун дарсда:

- наноматериалларнинг физик хоссалари ва уларни олиш йўллари билан танишасиз;
- нанотехнология татбиқини муҳокама қиласиз.



Хозирги пайтда “нанотехнологиялар”, “наноматериаллар” тушунчаси кенг тарқалиб, кўпчиликка таниш бўла бошлади. Сиз бу тушунчаларни телеахборатлардан, олимларнинг сўзларидан кўп эшигандирсиз. Дунёдаги ривожланган мамлакатларда илмий лойиҳалар ва дастурларни маблағ билан таъминлашда ҳам нанотехнологияларни ривожлантириш йўналишига алоҳида эътибор қаратилади. Шундай экан, нанотехнология нима, фан ва техниканинг мазкур соҳаси нимани тадқиқ қиласи? Бугун мана шу саволларга жавоб берамиз.

Нанотехнология деб алоҳида бир янги хоссоли материаллар олиш мақсадида атом, молекуляр ва супрамолекуляр (бир неча молекула) сатҳларда материя (модда) билан таъсирлашиш усулларига айтилади. Одатда, бу энг камидан модданинг бир ўлчови 1—100 нм чамасидаги тузулмалар билан таъсирлашиш ҳисобланади. Масалан, машҳур графен ясси наноматериал: яъни икки ўлчови жуда катта, учинчи ўлчови бир атомли, углерод нанонайчаси чизиқли наноматериал, фуллерен эса нуқтавий наноматериал бўлиб ҳисобланади (45.1-расм).



45.1-расм.

a) Нанокон; б)nanoхорн; в) нанонайча;
г) графен; д) фуллерен; е) иқки қатлами нанонайча

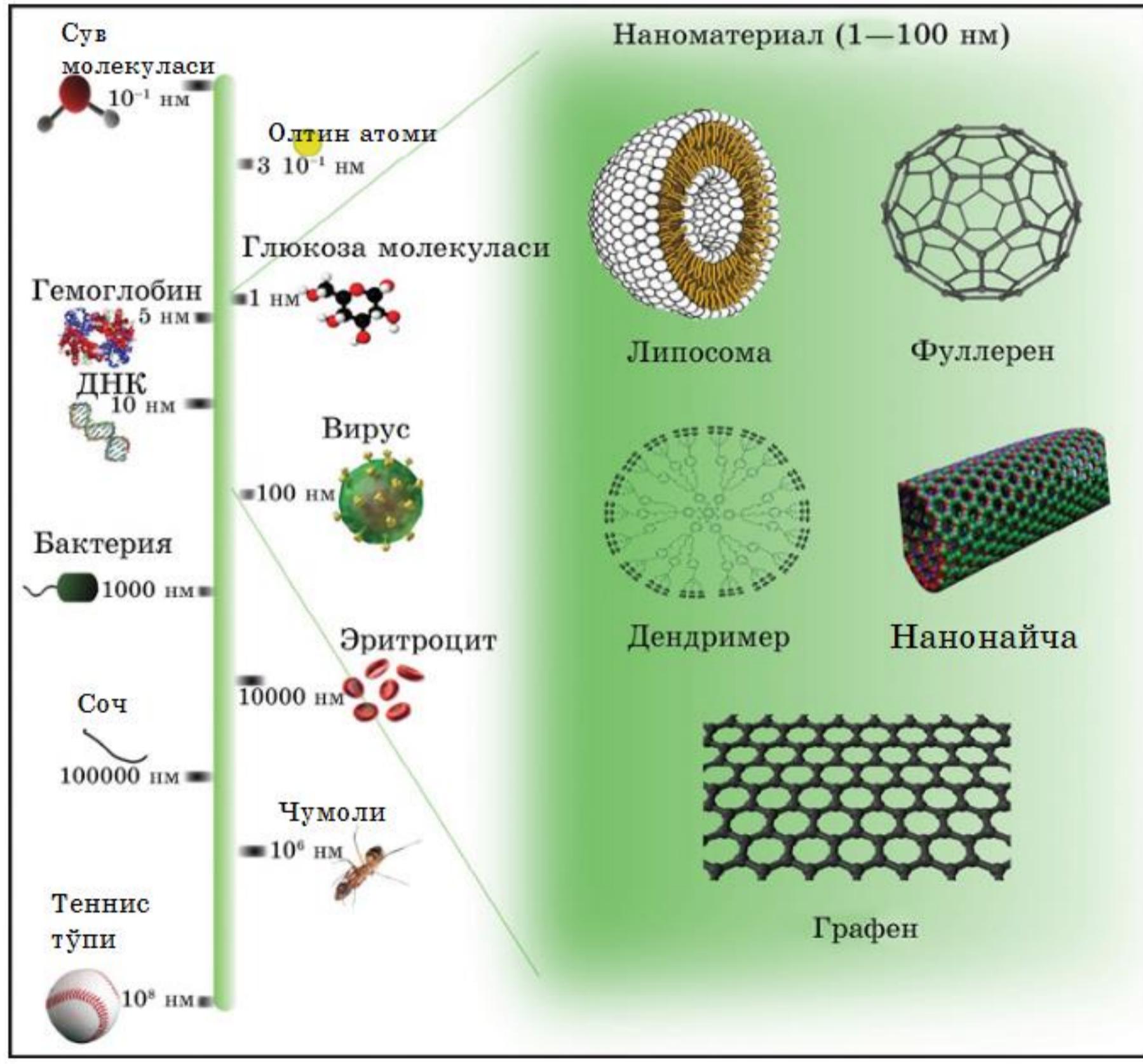


Ричард Филлипс
Фейнман
(1918—1988)

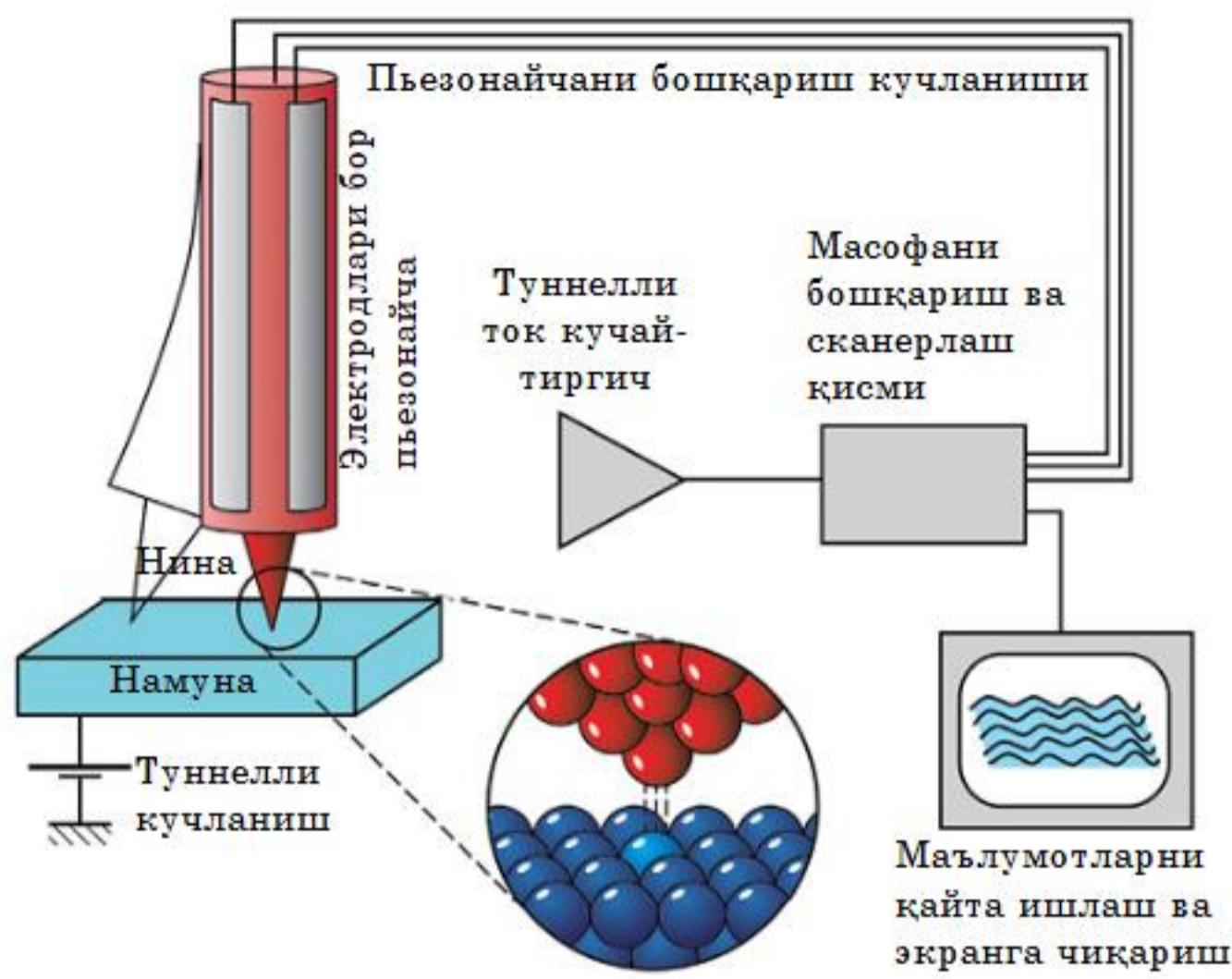
моддаларнинг бошқа ўлчовлардаги моддалардан фарқини 45.2-расмдан кўришга бўлади.

Наноматериал — нанозарралардан тузилган ёки нанотехнология асосида ясалган *макроскопик модда*. Бирдай кимёвий таркибли модданинг нанозараси унинг йирик схемасидан физик, кимёвий, оптик, биологик хоссалари бўйича жуда катта фарқ қиласди.

“Нано” қўшимчаси миллиарддан бир қисм маъносини беради ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), у юончада “карлик” маъносини англатади. Айтиб ўтиш керакки, баъзи ҳолларда нано қўшимчаси нисбатан анча кичик, майда деган маънода ҳам қўлланилади. Масалан, наноспутник — массаси бир неча килограмм бўлган спутник, нанотираннус эса бўйи бир-икки метр бўлган карлик тиранозаврdir. Наносатҳдаги



45.2-расм. Наносатҳниг бошқа ўлчовларга нисбати



45.3-расм. Сканерловчи туннелли микроскоп

Нанотехнологиялар ҳақида дастлаб илмий турда америка олим Р. Ф. Фейнман Калифорния технология институтидаги Америка физиклари жамиятининг мажлисида 1959 йили 29 декабря берган “There’s Plenty of Room at the Bottom” (“Қуйида жуда күп бүш ўрин бор”) номли дарсида баён қилган. Бироқ у вақтда нанотехнология термини бўлмаган. “Нанотехнология” терминини дастлаб 1974 йили япон олими Норио Танигути таклиф қилди. Фан соҳаси сифатида нанотехнология тушунчаси 1980 йилдан шакллана бошлади. 1981 йили немис олими Герд Карл Биннинг ва швейцариялик олим Генрих Рорер атомларни тасвирлаш билан бирга, улар устида амаллар бажаришга имкон берадиган сканерловчи туннелли микроскоп ихтиро қилиб, наnofанлар учун реал асбоб яратиши (45.3-расм). Нанотехнологиялар даври шундан бошланди дейиш мумкин.

Инсонлар нанотехнологияларнинг қўлланилишини 2000 йиллардан бошлаб сеза бошлади. Худди шу вақтдан бошлаб ривожланган давлатлар нанотехнологияни ривожлантиришнинг давлат дастурларини тузиб, молия бўла бошлашди. Нанотехнология физика, кимё, биология, тиббиёт, электроника соҳаларида ва қишлоқ хўжалигига кенг қўлланиб, наноматериаллар ва нанозарралар кундалик ҳаётда ишлатиладиган тоддалар таркибига кира бошлади. Замонавий нанотехнология бўйича олдинги ўринда энг кўп патентга эга Samsung корпорацияси турибди. Бу компания 2021 йили процессор ясашнинг бугунги кундаги (2019 й.) энг илғор 3 нм технологиясини коммерциялик ишлаб чиқаришда йўлга кўйишини эълон қилди. Шунингдек, бу соҳадаги илмий изланишлар бўйича LG (Корея), IBM (АҚШ) ва Toshiba (Япония) компаниялари,

АҚШ, Европа жамияти, Хитой, Япония, Россия илмий тадқиқот ташкilotлари пешқадамлик қилмокда.

Нанотехнологияни қўллашнинг фойдаси билан бирга хавфли томонлари ҳам мавжуд. Нанозарраларнинг тирик организмга таъсири ҳар турли. Нанозарра ўлчамига, шаклига, концентрациясига ва таъсир этиш объектига боғлиқ ҳолда турлича таъсир кўрсатиши мумкин: бир ҳолда даволаса, бошқа ҳолда заҳарлаши мумкин. Масалан, фуллерен маълум бир мойлар билан аралаштирилганда соғлиқ учун фойдали бўлса, сувга солинган жуда оз концентрациядаги коллоиди тери ва буйрак ҳужайралари учун заҳарли. Углерод нанонайчаларининг кўпчилиги тирик организмларни мутацияга учратиб, ҳужайраларнинг апоптозига сабаб бўлади. Шу сабабли наноматериалларни ишлаб чиқарганда атроф-муҳитни ифлосламасликка, халқаро ташкилотлар ва давлатлар томонидан нанотехнологияларга тегишли келишилган хавфсизлик чораларини сақлашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Қозогистонда нанотехнологик изланишлар барча техник ва тадқиқот университетларида жадал олиб борилмоқда. Масалан, Назарбаев университети, ал-Форобий номидаги Қозоқ миллий университети, Бокетов номли Қарағанди Давлат университетлари қошидаги нанолабораторияларда илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.



1. Нанотехнологиямодданинг қандай хоссаларига асосланган?
2. Нанотехнологияусулларинима билан фарқланади?
3. Наноматериалларкитта бўлиши мумкинми?
- *4. Нанозарралар организмга қандай таъсир кўрсатади?



1. Углерод нанонайчаларидан ясалган троc энг мустаҳкам модда. Ундан юқори ҳароратда фойдаланишмумкинми? Сабабини тушуниринг.
2. Аэрогель турларини таҳлилқилинг ва улар қандай соҳаларда қўлланилиши ҳақида ахборат тўплаб, эссе ёзинг.

9-бобнинг асосий мазмуни

- **Нанотехнология** — алоҳида бир ўзгача ва янги хоссали материаллар олиш мақсадида атом, молекуляр ва супрамолекуляр (бир неча молекула) сатҳларда материя (модда) билан таъсирлашиш усулларига айтилади.
- **Наноматериал** — нанозарралардан тузилган ёки нанотехнология асосида ясалган макроскопик модда.
- **Сканерловчи туннелли микроскоп** — атомларни тасвирилаш билан бирга, улар устида амаллар бажаришга имкон берувчи нанофанлар учун жуда муҳим асбоб.

VI бўлим. КОСМОЛОГИЯ

10-боб. КОСМОЛОГИЯ

46-§. Астрономия, астрофизика ва космология



Таянч тушунчалар:

- ✓ астрономия
- ✓ космология



Бугун дарсда:

- астрономия фанининг асоси ва бўлимларининг ўзаро боғлиқ эканлиги билан танишасиз.



Табиат қонунларини тадқиқ қилиш борасидаги замонавий ютуқлар инсоннинг табиатга бўлган дунёқарашини анча теранглаштириб, кўпгина фанлар орасидаги чегарани тахминан белгилай оладиган даржага етказди. Астрономиянинг сўнгги ютуқларига асосланиб, унинг тадқиқот объектлари коинотдаги кўринмас материядан, то тирик организмларгача бўлган оралиқни қамраб олади, деб айта олиш мумкин. Агар физика табиатнинг энг асосий, энг умумий ва фундаментал қонунларини ўрганадиган фан бўлса, унда астрономияни Коинотни физика усуллари ёрдамида ўрганадиган фан деб аташ мумкин.

Астрономия сўзи юонча “*астрон*” — “*юлдуз*” ва “*номос*” — “*атама, қонун*” сўзларидан келиб чиққан. Ушбу бобнинг қамровига мувофиқ, *астрономия* — самовий жисмлар, уларнинг системалари ва бутун Оламнинг физик тузилиши, пайдо бўлиши ва ривожланишини ўрганадиган фандир. Астрономиянинг асосий тадқиқот объектлари — Қуёш, планеталар ва уларнинг йўлдошлари, метеор жисмлар, туманликлар, юлдузлар, юлдуз тўдалари, галактикалар ва бошқа космик объектлардир. Агар Ер Қуёш системасининг бир планетаси сифатида осмон жисми деб қараладиган бўлса, у ҳолда Ер ҳам астрономиянинг тадқиқот объекти ҳисобланади.

Сиз буни биласиз

Зодиакалюлдуз туркumlари эклиптика бўйлаб жойлашган. Қуёш, Ой ва планеталар осмон сферасидаэклиптика яқинида айланади.

Астрономия соҳасида олиб борилаётган тадқиқотларнинг муҳим вазифаларидан бири — ердан ташқаридаги цивилизацияларни излаш ва улар билан алоқа ўрнатиш. Бу инсоният олдида турган энг долзарб саволлардан биридир. Астрономиянинг асосий тадқиқот усули кузатишидир. Кузатишлиар, асосан, турли телескоплар ёрдамида бажарилади. Ҳозирги кунда технологияларнинг ривожланиши билан кучли

компьютерларнинг пайдо бўлиши, мониторинг ва электромагнит нурланишни таҳлил қилиш, спектрал анализ, фотосурат ва видеоёзувлар, оптик диапазондан ташқарида электромагнит нурланишни аниқлаш имкониятлари сезиларли даражада кенгайди. Космонавтиканинг ривожланишига боғлик астрономияда тажриба ўтказиш имконияти пайдо бўлди. Астрономлар космик кемалар ва сунъий йўлдошлар ёрдамида коинотни тадқиқ қилишнинг янги босқичига кўтарилишиди. Қуёш системасини ўрганишда планеталараро космик кемалардан фойдаланиш астрономияда кўплаб кашфиётлар қилиш имконини берди. Самовий жисмларни ўрганишнинг яна бир усули бу Ерга тушадиган космик нурлар ва материалларни ўрганишdir.

Астрофизикада муҳим ўрин тутган, сўнгги вақтларда алоҳида йўналиш сифатида қаралаётган космология бўлими жуда жадал ривожланмоқда. Замонавий космология Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси яратилгандан сўнг юзага келди. Космология Оламни яхлит олганда унинг пайдо бўлиши ва ривожланишини, геометрик тузилишини, ундаги модданинг қандай пайдо бўлганини, қоронғу энергия ва қоронғу материянинг табиати ва уларнинг Олам ривожланишидаги ўрнини ўрганади.

Бизнинг мамлакатимизда астрономия соҳасидаги илмий тадқиқотлар 1940 йили сентябрь ойида Қуёшнинг тўлиқ тутилишини кузатишдан бошланди. Алмати шаҳрида Қуёшнинг тўлиқ тутилишини кузатиб, ўрганиш учун Совет Иттифоқининг турли шаҳарларидан астрономлар келишиди. Қозоқ Фанлар академиясининг биринчи президенти академик Қаниш Имантайўғли Сатпаевнинг ташаббуси билан академия қошида Астрономия ва астрофизика илмий институти ташкил топди (кейинчалик Фесенков номидаги Астрофизика институти деб аталди). Бу институт ҳозирги кунда ҳам ўз фаолиятини давом эттироқда.

Фесенков номидаги Астрофизика институти Қозоғистонда астрономия ва астрофизика соҳасидаги фундаментал тадқиқотлар ўтказадиган асосий илмий ташкилот ҳисобланади. АФИ-нинг илмий ишларига астрономик кузатишлар, назарий тадқиқотлар ва компьютерли моделлаштириш киради. Назарий тадқиқотларнинг асосий йўналишларига юлдузлар динамикаси ва астрофизик ҳисоблашлар, осмон механикаси, сонли моделлаштириш асосида галактикаларнинг актив ядроларини ўрганиш, Коинотнинг ёш пайтидаги космологик моделини ривожлантириш, Коинотдаги тузилмаларнинг пайдо бўлиши ва эволюциясини ўрганиш, қора материялар ва қора энергияларнинг табиатини тадқиқ қилиш киради.

Дунёдаги астрономик обсерваториялар ичida Алмати яқинидаги ба-ланда тоғларда жойлашган икки кузатиш обсерваторияси кўпчиликка таниш (46.1-, 46.2-расмлар). Бу обсерваториялардаги кузатиш ишлари бир неча ўн минглаган ёруғлик сезгир элементлардан иборат матрицаси бор ПЗС-камера деб аталувчи, тасвирларнинг панорамали қабуллагичи бўлган янги асбоблар билан жиҳозланган телескоплар ёрдамида олиб



46.1-расм. АФИнинг Аси-Турғен обсерваторияси



46.2-расм. АФИнинг Тянь-Шань обсерваторияси

борилади. Асосий вазифа Қуёш ва гигант планеталарнинг атмосфера-ларида рўй бераетган жараёнларни, кометалар ва юлдузлараро муҳит ва туманликларни, актив галактикаларнинг спектрофотометриясини тадқиқ қилишга йўналтирилган.



1. Астрономик тадқиқотларнинг аҳамияти нима?
2. Космологиянимани ўрганади?
3. Қозғистондаги Астрофизика институти нимани ўрганади?
- *4. Қозғистонлик фазогирларчақида тақдимот тайёрланг.

47-§. Юлдузлар олами. Ўзгарувчан юлдузлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ юлдуз туркумлари
- ✓ бурж
- ✓ ёрқинлик
- ✓ параллакс
- ✓ ёруғлик йили
- ✓ парсек
- ✓ оқ карлик
- ✓ нейтрон юлдузлар
- ✓ қора туйнук

Бугун дарсда:

- юлдузларгача масофани қандай аниқлашни, юлдузларнинг шаклланиши ва ривожланишини ва унинг қандай сўнишини билиб оласиз.



Юлдуз — бу водород ва гелийдан иборат, марказида термоядро реакциялари бориши натижасида атрофга доимий энергия (ёруғлик ва зарралар тарзида) таратувчи, плазма ҳолатидаги массаси улкан шарсимон осмон жисмидир. Юлдузларга улар эволюциясининг сўнгги босқичи бўлган **оқ карлик** ва **нейтрон** юлдузлар ҳам киритилади.

Юлдузларнинг асосий хусусиятлари уларнинг ёрқинлиги, сирт ҳарорати, радиуси, кимёвий таркиби ва массасидир. Уларнинг кўплари Қуёш тавсифи бирликларида ўлчанади (47.1-жадвал).

Қүёшнинг асосий тавеиғлари

Номи	Белгиланиши	Қиймати
Қүёш массаси	M_{\odot}	$1,989 \cdot 10^{30}$ кг
Қүёш радиуси	R_{\odot}	$6,957 \cdot 10^8$ м
Қүёш ёрқинлиги	L_{\odot}	$3,827 \cdot 10^{26}$ Вт

Бундан ташқари гигант юлдузлар ўлчами *астрономик бирликларда* (1 а.б. = 149597870700 м) ўлчанади. Юлдузларгача масофа ёруғлик *йили билан* (ёруғлик бир Юлиан йилида (356,25 сутка) учиб ўтадиган масофа — 1 ё.й. = $9,46 \cdot 1015$ м = $63241,1$ а.б. = 0,306 пк)

1 ё.й. = $365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60$ с · 2,99 м/с = 9460730472580800 м
ёки парсекларда (1 а.б. тик қараганда 1 с бурчак остида кўринадиган масофа — 1 пк = $3,09 \cdot 1016$ м = 206264,8 а.б. = 3,262 ё.й.) ўлчанади:

$$1 \text{ пк} = \frac{1 \text{ радиан}}{1''} \text{ а.б.} = \frac{360 \cdot 60 \cdot 60}{2\pi} \text{ а.б.} = 3,0856776 \cdot 10^{16} \text{ м.}$$

Юлдузлар, асосан, галактика ичидаги жойлашиб, унинг маркази атрофика айланадилар. Юлдузлар галактика ичидаги юлдузлараро мухитдан (газ-чанг туманликдан (булутлардан)) пайдо бўлишидан бошлаб, ҳаёти давомида турли эволюцион босқичлардан ўтади.

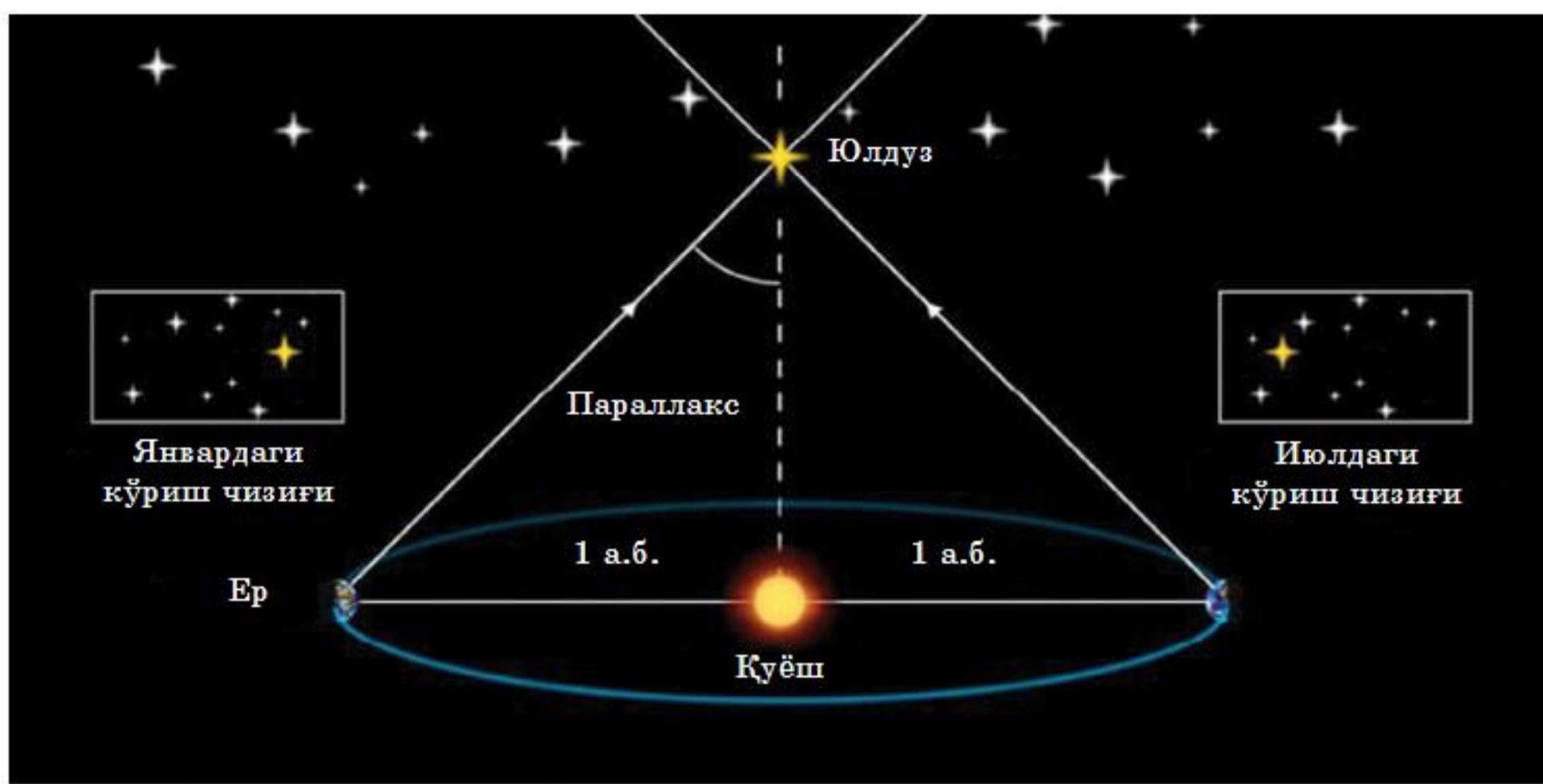
Юлдузларгача бўлган масофа. Қуёш бизга энг яқин жойлашган юлдуздир. Қуёшга энг яқин юлдуз — Центавр юлдуз туркумининг Проксима юлдузи. Унгача масофа 4,244 ёруғлик йили.

Бизга яқин юлдузларгача масофалар параллакс усулида аниқланади (47.1-расм). Ҳозирги оптик телескоплар параллаксни ~0,001% нисбий хатоликда ўлчай олади. Ер йўлдошидаги орбитал телескопдан 1000 пк гача масофани ўлчаш мумкин. Ер сиртидан эса атмосферадаги чайқалишлар туфайли 100 пк гача масофани ўлчаш мумкин. Радиотелескоплар ёрдамида 10 Мпк масофагача ўлчашлар юритилади.

Сиз буни биласиз

Ёруғлик Қуёшдан Ергачатахминан 8 минутда етиб келади.

Юлдузларни ўрганиш учун фотокамера, спектрограф, магнитограф ва бошқа кўплаган асбоблар билан жиҳозланган маҳсус телескоплар қўлланилади. Юлдузлар ҳақида маълумотларни олимлар улардан келган ёруғликни спектрга ажратиб ўрганиш орқали олади. Спектр орқали юлдуз сиртининг (юлдуз фотосфераси) ҳарорати ва кимёвий таркиби аниқланади.



47.1-расм. Юлдузнинг бир йиллик параллакси

БУ ҚИЗИҚ!

Қуёш ядросида пайдо бўлган фотон Қуёш сиртига юз минг йилдан кўп вақтда етади.

Юлдузгача масофани топғандан сўнг унинг бошқа тавсифлари ҳам аниқланади.

“Кўринма юлдуз катталиги” деган тушунчани грек астрономи Гиппарх эр.ав. II асрда киритган. Кўринма юлдуз катталиги юлдузнинг ёрқинлиги (юлдузнинг бирлик вақтда чиқарадиган ёруғлик энергияси) катталигини кўрсатади. Икки юлдузнинг кўринма юлдуз катталиклари т ва уларнинг ёрқинлиги L бўлса, уларнинг нисбатини **Погсон формуласи** орқали ифодалаш мумкин:

$$m_2 - m_1 = - 2,5 Lg \frac{L_2}{L_1}.$$

Бундан 1^m юлдузининг ёрқинлиги 6^m юлдузининг ёрқинлигидан 100 марта катта эканлиги кўринади. Ёрқинлиги ва равшанлиги маълум юлдузларгача масофани тескари квадрат қонуни бўйича топиш мумкин. Ёрқинлиги маълум ёруғлик манбалари астрономияда “*стандарт шамлар*” деб аталади.

Юлдузлар биздан ҳар хил масофаларда жойлашган, шу сабабли уларнинг кўринма юлдуз катталиклари юлдузнинг ҳақиқий нурланиш қувватини (унинг ҳақиқий ёрқинлигини) аниқлай олмайди.

Юлдузнинг ҳақиқий (астрономияда “абсолют” деб аташга келишилган) ёрқинлигини аниқлаш учун унгача бўлган масофани топиш керак.

Агар юлдузнинг кўринма катталиги ва парсекда ифодаланган унгача бўлган масофа берилса, қўйидаги формула ёрдамида бу юлдузнинг абсолют юлдуз катталигини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$M = m + 5 - 5Lgr.$$

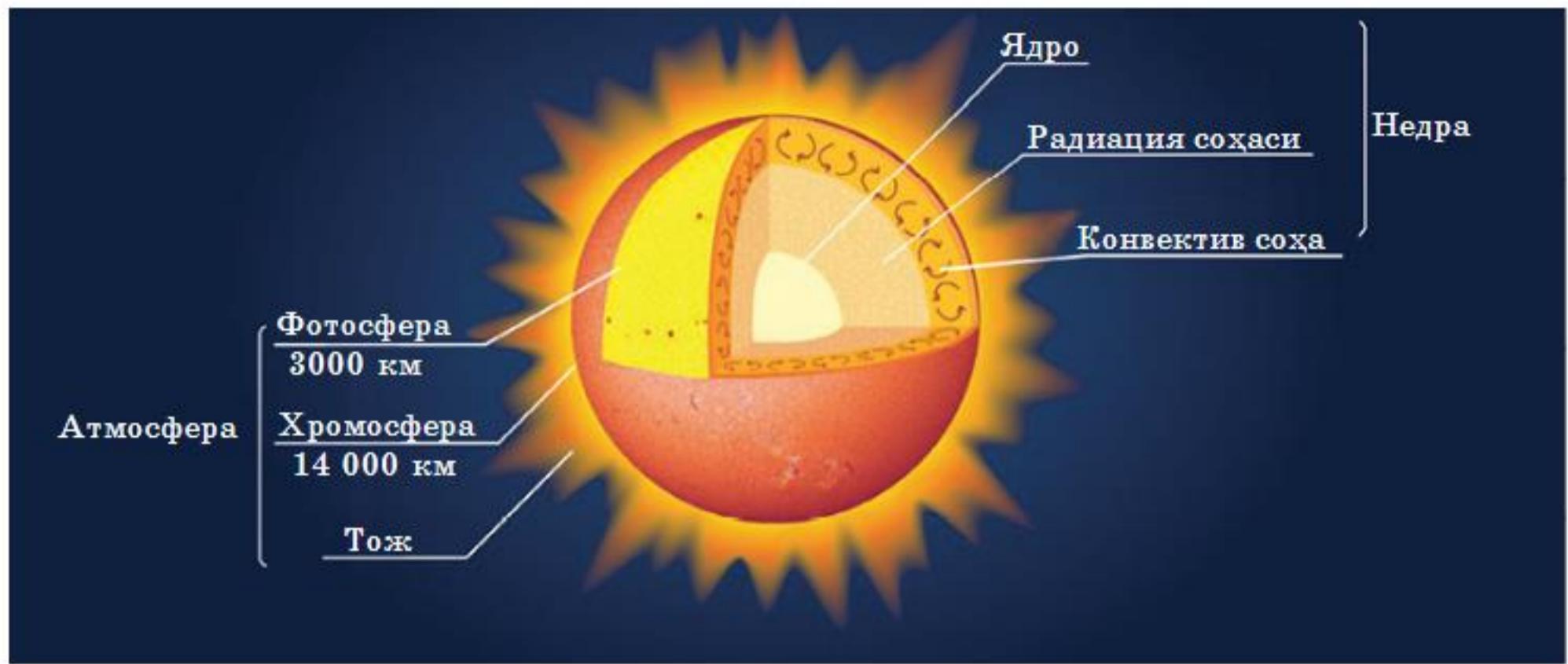
Юлдузларнинг пайдо бўлиши. XX асрнинг иккинчи ярмида астрономлар кузатишлар натижасига асосланиб, юлдузларнинг юлдузлараро мухитдаги, асосан, водород ва гелийдан иборат молекуляр булутлардан пайдо бўлганини кашф қилишди.

Тасодифий кучлар таъсирида (масалан, гравитацион майдон тебранишлари, ташки зарб тўлқини ва ҳ.к.з.) бу булут ўз гравитацияси ҳисобига марказга қараб сиқила бошлайди. Зичлик қанча катталашганда сиқилувчи соҳа *глобулага* (коронғу газ-чанг туманлигига) айланади (47.2-расм). Глобула ичида сферасимон соҳа тузилиб, модда бу соҳа марказига қулай бошлагандаги (акреция) *protoюлдуз* пайдо бўлади.

Сиқилаётган протоюлдузнинг гравитацион энергияси унинг ички қатламларини қиздиради. Ҳароратнинг ортиши билан чанг газга айланади, газ эса ионлашиб, молекулалар диссоциацияланади. Протоюлдуз марказидаги ҳарорат водороднинг гелийга синтезланиши термоядро реакцияси бошланадиган 15—20 млн К-га етганда босим кескин ортиб, сиқилиш тўхтайди, протоюлдуз юлдузга айланади.



47.2-расм. λ Центавр туманлигидаги Тэkeri глобулалари



47.3-расм. Қуёшнинг тузилиши

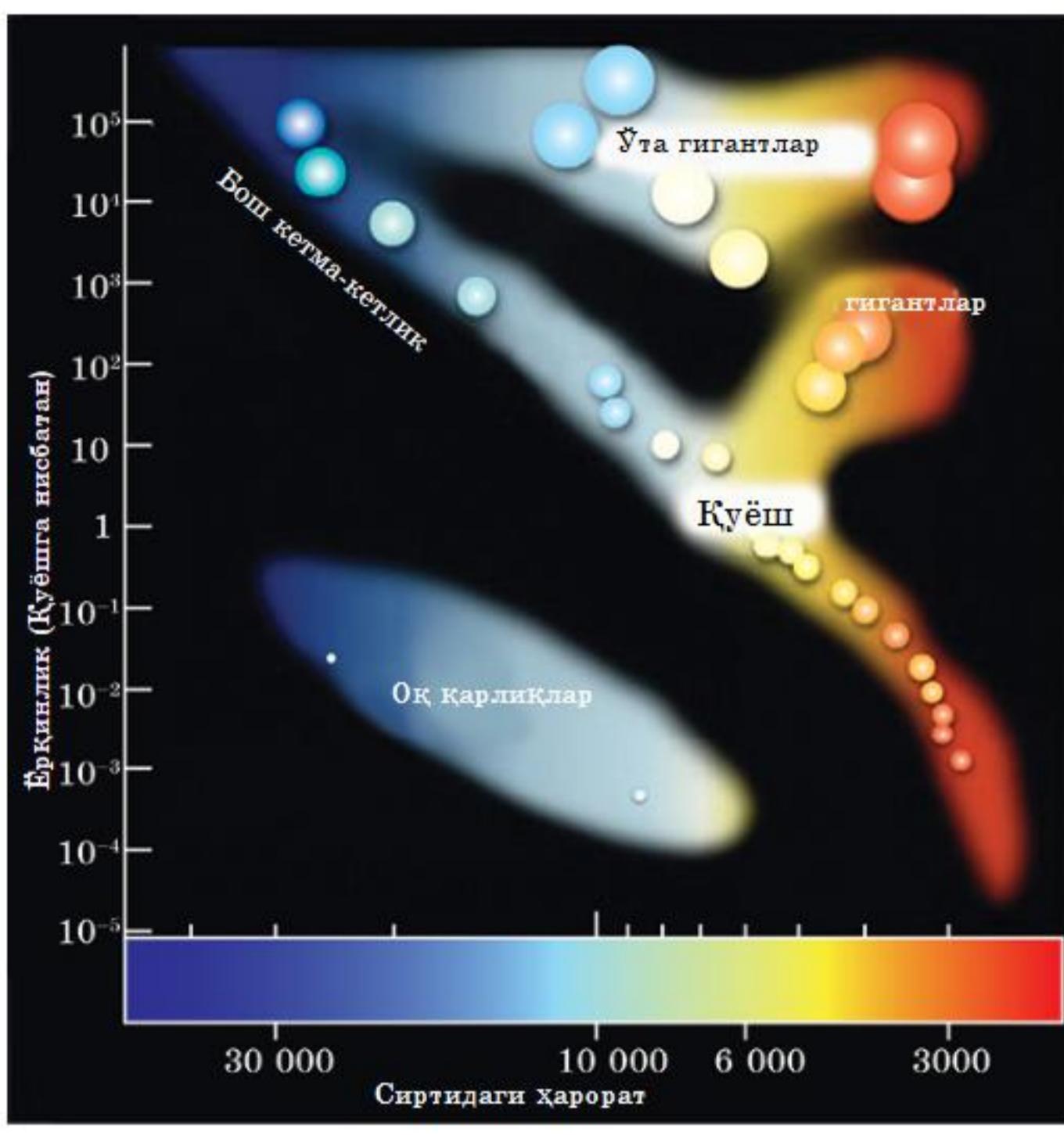
Бу жараён Қуёшга ўхшаш юлдузлар учун тахминан 50 млн. йил давом этади. Сиқилиш соҳаси қанча катта бўлса, пайдо бўлган юлдуз массаси шунча катта бўлади. Юлдузнинг кейинги тақдирини унинг массаси ва таркиби аниқлайди, сабаби юлдуз мухитида водород ва гелийдан бошқа элементлар ҳам бўлиши мумкин. Улар эса термоядро реакцияси боришини тезлатиб, юлдуз эволюциясига таъсир этади.

Юлдуз ядросида ажралган энергия туфайли пайдо бўлган босим ташки қатламларга етиб, юлдуз катталашади. Катталашган сайин ҳарорат пасайиб, босим камаяди ва гравитацион куч таъсирида юлдуз қайта сиқилади: янги пайдо бўлган юлдузларнинг бундай ўзгарувчанлик даврининг узоқлиги миллионлаган йилларга чўзилиши мумкин.

Охир оқибатда тебранишлар сўниб, юлдуз бу икки куч мувозанатлашган барқарор ҳолатга ўтади ва оддий ёруғлик чиқарадиган юлдузга айланади. Юлдузлар ҳаётининг нормал босқичида (водороднинг ёниб тугаш даври) тузилиши уч худуддан иборат: термоядро реакцияси ҳудуди (ядро); нурланиш орқали энергияни ўтказиш ҳудуди (радиацион соҳа) ва конвектив ҳудуд. Массалари Қуёш массасига яқин юлдузларнинг бу ҳудудлари ўхшаш бўлади (47.3-расм).

Юлдузнинг массаси қанчалик катта бўлса, унинг равшанилиги шунчалик ёрқин бўлади. Унинг сиртки қатламиининг ҳарорати қанчалик юкори бўлса, унинг конвектив ҳудуди шунча кичик бўлади (47.4-расм).

Юлдузларнинг спектрал синфлари. Юлдуз спектрлари олина бошлангач, уларнинг спектрал таснифи тузилди. XX асрнинг бошларида Герцшпрунг ва Рассел юлдузларни “абсолют юлдуз катталик” — “спектрал синф” шкалалари бўйича мослаштириб, диаграмма ясашди (47.4-расм). Астрономияда спектрал синфи ҳарфлар билан белгилаш қабул қилинган: *O* — ҳаво ранг, *B* — оқ, *A, F, O* — яшил-сариқ, *K, M* — қизғиш-сариқ). Юлдузларнинг ёрқинлиги абсолют юлдуз каттаклари билан берилади.



47.4-расм. Герцшпрунг—Рассел диаграммаси

Бу диаграммада юлдузлар маълум бир чизиқлар бўйлаб жойлашади. Уларнинг кўпчилиги (70%) бош кетма-кетлик деб аталувчи чизиқ бўйлаб жойлашади. Бу юлдузлар марказларида водород ёниши ўрин олган. Вакт ўтиши билан бу юлдузлар қизил гигантларга айланиб, бошқа чизиқларга кўчади. Умуман олганда, Герцшпрунг—Рассел диаграммаси юлдузлар эволюциясини тавсифлайди.

Диаграммага эътибор берилса, юлдузлар эволюциясига тегишли яна бир қонуниятни кўриш мумкин. Уч соҳа юлдузлар ҳаётининг уч босқичини кўрсатади: бош кетма-кетлик — юлдузлар ҳаётининг асосий босқичи, гигант ва ўта гигантлар ҳудуди — юлдузларнинг “қариш даври” ва оқ карликлар ҳудуди “юлдузлар қабри” (сўнган юлдузлар). Бу диаграмма яна бир қонуниятни кўрсатади: юлдуз қанча катта бўлса, у бош кетма-кетликнинг шунча юқори қисмida жойлашади.

Юлдузларнинг нормал даври уларнинг массаларига ҳам боғлиқ. Юлдузларнинг ҳаёти миллионлаган йиллардан миллиардлаган йилларга чўзилиши мумкин. Юлдузнинг массаси қанча катта бўлса, унинг ҳаёти шунча қисқа бўлади. Қуёшдан массаси ўн марта ортиқ юлдузлар Қуёшга қараганда миллион марта ортиқ ёруғлик чиқаради. Натижада улардаги водород заҳираси бир неча ўн миллион йилларгагина етади. Массалари Қуёш массасига яқин юлдузлар ўзларининг водород ёқилғисини анча

секин сарфлаб, миллиардлаган йиллар давомида доимий равища ёруғлик ажратиб туради.

Юлдузларнинг сўниши. Юлдузлар пайдо бўлиш пайтидаги каби сўниш пайтида ҳам бекарор ҳолга ўтади.

Юлдуз ядросида водород ёниб гелийга айланади. Гелий водороддан оғир бўлганлиги сабабли юлдуз ядросига йиғилиб, ёниш ҳудуди ядро сирти томон силжийди. Ёниш ҳудуди юлдуз сиртига яқинлашганда босим гравитациядан ортиқ бўлиб, моддани сиртга итаради, юлдузнинг ўлчамлари ортади, сирт ҳарорати эса камаяди. У рангини ўзгартириб, қизил гигантга айланади. Қизил гигант — ядроси энергия узатувчи юпқа қатлам билан ўралган, қолган қисми эса конвектив ҳудуд бўлган, ўлчамлари 100—800 Қуёш радиуси оралиғидаги жуда катта ўлчамли юлдуз.

Ядронинг ички ҳарорати ортиб, юлдузнинг массаси унинг ядроси ҳарорати 100 млн градусгача кўтарилишига етарли бўлганда гелий ёна бошлайди (гелийнинг чақнаши массаси $\sim 2,25 M_{\odot}$ гача бўлган юлдузларда кузатилади).

Оқ карлик — айниган электрон газ босими билан мувозанатда бўлган моддадан тузилган (хоссалари металларга мос келади), ўлчамлари Ерга ўлчовдош, массаси $0,1—1,44 M_{\odot}$ оралиғидаги осмон жисми. Оқ карликлар уларда энергия манбаи бўлмаганидан бошланғич $\sim 10^4$ К ҳароратдан ўнлаган миллиард йиллар давомида совиб, иссиқ оқ карлик ҳолатидан қўнғир ҳолат босқичига алмашади, кейин вақт ўтиши билан кўзга кўринмайдиган қора карликка айланади. Оқ карликнинг зичлиги тахминан $10^5—10^9$ г/см³ оралиғида, яъни бир сантиметр кубга 100 кг дан бошлаб (гелийдан иборат бўлса) миллион тоннагача оралиқда, магнит майдони эса 10^5 Тл гача бўла олади.

Сиз буни биласиз

Галактика марказида жуда ҳам улкан туйнук бор.

Нейтрон юлдуз — асосан, нейтронлардан иборат бўлиб, ўлчамлари 10 км атрофида, кузатилган массаси (назарияда $0,1—2,8$) $1,3—1,5 M_{\odot}$ оралиғида, зичлиги атом ядросининг зичлигидай ($2,8 \cdot 10^{17}$ кг/м³) бўлган осмон жисми. Унинг бир сантиметр куб ҳажмидаги модда массаси тахминан 10 млрд тонна, магнит майдони 10^{11} Тл гача бўлади.

Массаси $30 M_{\odot}$ ортиқ гигант юлдузлар ядроси унинг ҳаётининг сўнгига Қора туйнукка айланади. Қора туйнук радиуси қўйидаги формула билан аниқланади:

$$r_s = \frac{2GM}{c^2},$$

бу ерда r_g — “*гравитацион радиус*”, радиуси r_g бўлган сфера “*Шварцшильд сфераси*” деб аталади. M — юлдуз массаси, G — гравитацион доимий, c — ёруғлик тезлиги. Нейтрон юлдузларнинг радиуслари уларнинг гравитацион радиусларидан бир неча мартагагина катта. Шварцшильд сферасига кирган исталган модда (ҳатто ёруғлик нури ҳам) қайтиб чиқа олмайди, шу сабабли у “*Қора түйнук*” деган номга эга бўлган.

БУ ҚИЗИҚ!

Қора түйнукнинг радиуси унинг массасигатўри пропорционал. Демак, агар масса икки марта ортса, унда радиус ҳам икки марта ортади. Оқ карликларнинг радиуси эса массасигатескари пропорционал, яъни унинг массаси ортганда ўлчами аксинча, камаяди.



1. Юлдузларнурланиш учун керакли энергияни қаердан олади?
2. Ўта янги юлдуз портлағач унинг ўрнида нима қолади?
3. Герцшпрунг—Расселдиаграммасининг бош кетма-кетлигидаги юлдузларнинг ўрни нимага боғлиқ?
4. Юлдузлардақандай реакция ҳисобигаводород элементидан бошқа енгил кимёвий элементлар пайдо бўлади?
5. Юлдузнинг ранги орқали унинг сиртидаги ҳароратни қандай аниқлаш мумкин?
- *6. Қуёш ва Ерни “қора ўра” гача сиқиши мумкинми?

Масала ечиш намунаси

Юлдузнинг йиллик параллакси $1''$ бўлса, унгача бўлган масофани астрономик бирликларда ҳисобланг.

Берилган:

$$S = 1''$$

$$a = 1 \text{ а.б.}$$

Топиш керак:

$$r = ?$$

Ечилиши. $r = 206265''$ а/р формуладан фойдаланамиз, бу ерда $p = 1''$, $a = 150\,000\,000$ км = 1 а.б. Бу берилганларни формулага қўйиб,

$$r = 206265'' \cdot 1 \text{ а.б.} / 1'' = 206\,265 \text{ а.б.}$$

оламиз.



21-машқ

1. Веганинг йиллик параллакси $0,12''$ га teng. Унгача масофа парсекда, ёруғлик йилида, астрономик бирлиқда, километрда ўлчаганда қандай бўлади?

Жавоб: $8,3$ пк; $27,17$ ж.ж.; $1718\,875$ а.б.; $2,58 \cdot 10^{14}$ км.

2. Юлдуз 30 км/с тезлиқда ҳаракатланади. $300\,000$ йил ичидага унинг қандай масофани ўтишини парсекда аниқланг.

Жавоб: $9,2$ пс.

3. Юлдуз катталиги 15^m , равшанлигининг тебраниш даври 5 кун бўлган цефейгача масофани аниқланг.

Жавоб: 41 687 пс.

4. 1987 йили Катта Магелланда чақнаган ўта янги юлдузнинг абсолют юлдуз катталигини баҳоланг. Уни максимум равшанликдаги кўринма юлдуз катталиги 3^m га тенг.

Жавоб: -18^m .

5. Қуёшдан 10 пк масофада атмосфераси 10000 км/с тезликда сочиладиган ўта янги юлдуз чақнади. 50 йилдан кейин нима кузатилади?

Жавоб: осмонда ўлчами 20° ёруғ туманлик пайдо бўлади.

***6.** Қуёшгача масофа 150 млн км бўлса, унинг абсолют юлдуз катталигини ҳисобланг?

Жавоб: $+4,8^m$.

***7.** Қуёшда бўлган чақнаш натижасида артофга плазма улоқтирилди. Бу Қуёш плазмаси 3 суткадан сўнг Ерга етиб, магнитосферада кучли ғалаёнларни юзага келтирди. Плазманинг қандай тезликда ҳаракатланганлигини аниқланг ($1 \text{ а.б.} = 150 \text{ млн км}$).

Жавоб: 578 км/с.

48-§. Бизнинг галактика. Бошқа галактикаларнинг кашф қилиниши. Квазарлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ Галактика
- ✓ Юлдуз тўдалари
- ✓ Квазарлар

Бугун дарсда:

- Галактикамизнинг тузилиши, таркиби, галактика турлари, шакли ва ўлчамлари, квазарлар ҳақида билиб оласиз.



Қуёш системаси — шарсимон ядросининг (балдж) ўртасида гигант қора туйнук бор, қолган қисми дискка ўхшаш, диаметри 100 минг ёруғлик йили, тахминан 200 млрд юлдузлардан, газ-чанг туманликлардан ва қоронғу материядан иборат бўлган система — “Сомон йўли” галактикасининг таркибий қисми (48.1-расм). Қуёш галактика маркази атрофини тахминан 200 млн йилда бир айланиб чиқади. Ер пайдо бўлгандан буён Қуёш системаси галактика марказини 23 марта айланиб чиқкан.

Галактикаларнинг шакллари ва ўлчамлари ҳар хил. Кузатилган энг кичик галактика диаметри 5 кпк, энг каттаси тахминан 600 кпк.

Галактикаларнинг асосий тўрт тури бор (48.2-расм):

1. Эллиптик галактикалар (E) — диск ташкил этувчиси йўқ галактикалар.



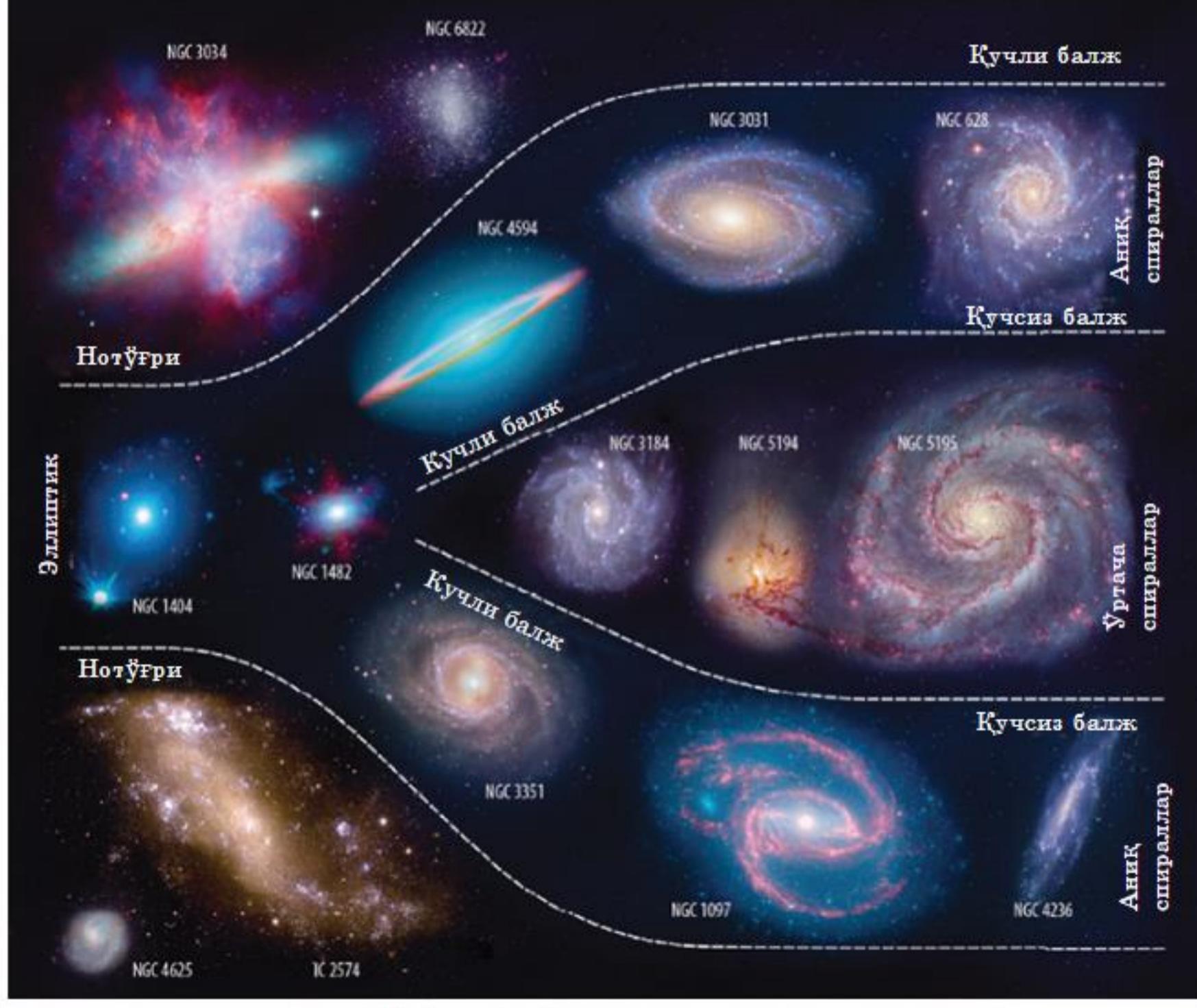
48.1-расм. Күйш системасининг галактикадаги ўрни

2. Спирал галактикалар (S) — спирал енглари бор дисксимон галактикалар.

3. Линзасимон галактикалар (S0) — спирал енглари йўқ дисксимон галактикалар.

4. Нотўғри галактикалар (Irr) — шакли ноаниқ, нотўғри шаклдағи тузилмаларга эга, массасининг 50% и юлдузлааро газдан иборат галактикалар.

Кўзга кўринадиган фактат тўрт галактика бор. Улар: Андромеда M31, Учурчак M33, Катта ва Кичик Магеллан булутлари галактикалари.



48.2-расм. Галактика турлари

Галактиканың дискидаги газ, асосан, уннинг текислигига яқин түпланган ва бир текис тақсимланмаган. Уларнинг ичида тузилиши бир жинсли әмас узунлиги бир неча минг ёруғлик йили бўлган гигант булутлардан бошқа, ўлчами бир парсекдан ошмайдиган кичик булутлар бор. Бизнинг галактиканың кимёвий таркиби, асосан, водород ва гелийдан иборат. Шу икки элемент билан солиштирганда қолган элементлар жуда оз миқдорда учрайди.

Бизнинг галактикада Қуёшга ўхшаш якка юлдузлар 30% дан кўп әмас. Асосан, юлдузлар қўшалоқ ёки бир неча юлдузлар системасининг аъзоси бўлади. Галактикада юлдузлар *тарқоқ* (ўнлаган юлдузлардан иборат) ва *шарсимон* (юз минглабан юлдузлардан иборат) юлдуз тўдалари таркибига киради.

Шарсимон юлдуз тўдалари галактиканың марказига яқин жойлашган. Марказга яқин соҳада ҳар бир куб парсек ҳажмдаги юлдузлар сони бир неча мингга етади. Агар биз галактика ядросига яқин жойлашган юлдуз атрофидаги планетада яшасак, унда осмонда ёрқинлиги Ойнинг ёрқинлигидай ўнлаб юлдузлар ва ҳозирги осмонимиздаги энг ёруғ юлдуздан ҳам ёруғроқ юлдузлар сони бир неча мингта бўлар эди.

Тарқоқ юлдуз тўдаларининг сони шарсимон юлдуз тўдаларидан анча кўп, улар, асосан, галактика (спирал галактика ҳақида айтиляпти) спиралининг тармоқларида жойлашган.

Галактика ядроси Мерган юлдуз туркуми йўналишида жойлашган. Галактиканың айланиш тезлиги марказда нолдан бошланиб, ундан 2 минг ёруғлик йили масофада 200—240 км/с гача ортиб, кейин доимий бўлиб қолади. Галактиканың ёши 12 млрд йилдан ошади.

Бошқа галактикаларнинг кашф қилиниши. Тахминан юз йил аввал барча кўринадиган туманликлар бизнинг галактикага тегишли деб ҳисобланган. Бу уларгача масофаларни аниқлашнинг қийинчиликларига боғлиқ эди. Янги ўлчаш усуллари воситасида кўринадиган Коинот галактикаларга тўла эканлиги аниқланди. Ҳозирги вақтда кузатиладиган Коинотда тахминан 2 трлн галактикалар бор. Улар гуруҳ бўлиб жойлашган ва энг сезгир асбоблар ёрдамида аниқланадиган масофада ҳар томонга тарқалиб, бир-биридан узоқлашиб боради. Галактикаларнинг маҳаллий тўдасида юқорида аталган галактикалар билан бирга 50 дан ортиқ аъзоси бор. Жанубий яримшарнинг тунги осмонидан бизга энг яқин галактикалар — “Магеллан булутларини” кузата оламиз. “Магеллан булутлари” Сомон йўлидан кўп марта кичкина. Улар бизнинг галактиканың йўлдошлари.

2,62 млн ёруғлик йили масофада Андромеда галактикаси жойлашган. У гуруҳдаги энг катта галактика — ўлчови бизнинг галактикандан икки мартача катта (такхминан 1 трлн юлдузлари бор). Учбурчак галактикаси ўлчами бизнинг галактикандан 2 марта кичик ва биздан 2,8 млн ёруғлик йили масофада жойлашган.

Оламдаги энг йирик галактикаларга эллиптик галактикалар киради. Уларнинг баъзилари шарсимон, баъзилари чўзиқроқ бўлади. 800 минг галактика киритилган каталогга кўра галактикалар ичидаги тахминан 80% спираль, 17% эллиптик ва 3% нотўғри галактикалар ҳисобланади. Галактикаларгача масофалар ҳар хил усувлар: цефеид усули, шу билан бирга янги ва ўта янги юлдузлар ёрдамида аниқланади.

Квазарлар. Квазарлар (ингл. *quasar*, *quasistellar radio source* — радионурланишнинг квазијулдуз манбаи) — оламдаги энг қувватли нурланиш манбаи. Бу осмон жисмлари минутига Қуёшнинг 10 млн йилда чиқарадиган энергиясидан ортиқ энергия чиқаради. Уларнинг ёрқинлиги бутун бир галактиканинг ёрқинлигидан юзлаб марта кучли бўла олади. Кўплаган квазарлар — рентген нурларининг қувватли манбалари. Квазарлар коинотдаги энг олис жисмлар ҳисобланади (уларгача масофа миллиардлаган ёруғлик йилини ташкил қиласди), уларнинг спектрида қизил силжиш тахминан $z = 7,5$ гача боради. Квазарлар жуда олис галактикаларнинг ёш, фаол ядролари ҳисобланади.



1. Бизнинг галактиканинг қайси қисмларида шарсимон юлдуз тўдалари жойлашган?
2. Квазарлар оддий галактикалардан қандай фарқланади?
3. Алмати шаҳрида булатсиз очиқ тунда Магелланбулути галактикасини кузата оласизми?
- *4. Квазарравшанлигининг даврий ўзгариши орқали унгача масофани иқлаш мумкинми?



22-машқ

1. Галактика марказидан юлдуз 5,5 кпк масофада жойлашган ва 200 км/с тезликда ҳаракатланади. Юлдузнинг галактика маркази атрофида тўлиқ бир айланиши вақтини топинг.

Жавоб: 10^7 й.

2. 1987 йили 23 февралдан 24 февралга ўтар кечаси астрономлар 55 кпк масофадаги Катта Магеллан булутида ўта янги юлдуз чақнашини қайд қилишди. Бу ҳодисанинг ҳақиқий юз берган вақтини аниқланг.

Жавоб: 179 300 йил аввал.

49-§. Катта портлаш назарияси.

Қизилга силжиш ва галактикаларгача масофани аниқлаш. Галактиканинг кенгайиши



Таянч түшунчалар:

- ✓ умумий нисбийлик назарияси
- ✓ гравитацион түлқинлар
- ✓ катта портлаш
- ✓ қора энергия, қора материя

Бугун дарсда:

- Катта портлаш назарияси, “қоронғу энергия” ва “қоронғу материя” түшунчалари билан танишасиз;
- Хаббл қонуни ва Олам модели ҳақида маълумотлар оласиз.

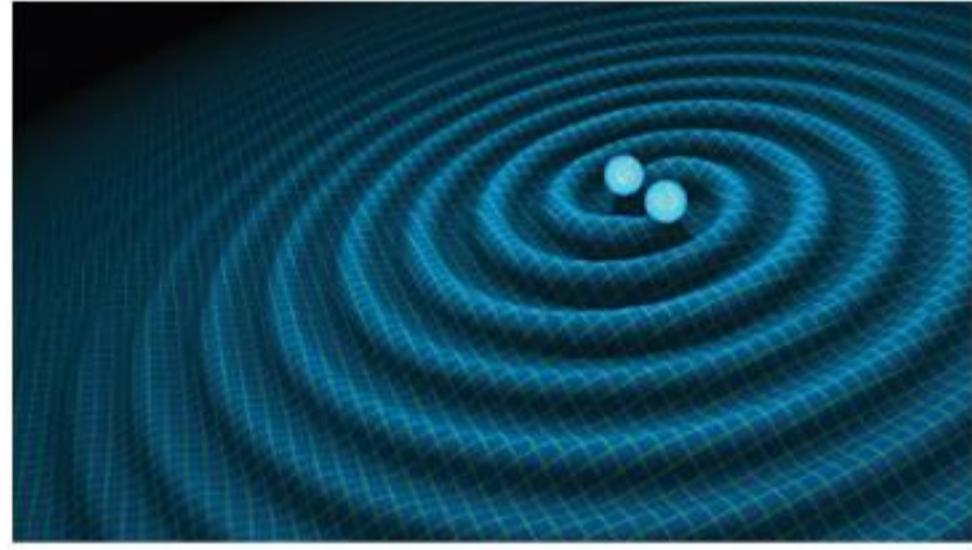


Замонавий гравитация назарияси — Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси (УНН). Умумий нисбийлик назарияси катта масштаблардагина аҳамиятли. У фазо-вақт ва модда бир-бирига таъсир қилишини тасдиқлайди. Модда фазо ўлчамларига, әгрилигига ва вақт ўтишига таъсир қиласи, фазо-вақт эса модда ҳаракати қонунларини таърифлайди. Модда яқинида фазо чўзилиб, вақт секинлашади. Масалан, нейтрон юлдуз яқинида кўзга кўринадиган ҳажмдан ҳақиқий ҳажм катта бўлади. Вақт ўтиши юлдуз сиртига яқинлашган сайин секинлашаверади. Бу назария шунингдек гравитацион түлқинлар мавжудлигини эътироф этади (49.1-расм). 2017 йили гравитацион түлқинларни кашф қилгани учун америка олимларига физика соҳасидаги Нобель мукофоти берилди.

Гравитацион түлқин фазо-вақт эгриланишининг тарқалиши ҳисобланади. Уларни қайд қилиш мумкинлиги Коинот ҳақида кўплаган янги маълумотлар олишга ёрдамлашади.

Коинотни яхлит тадқиқ қиласидиган космология шу назария (УНН) доирасида ишлайди. Ҳозирги түшунчалар бўйича Коинот **Катта портлашдан бошланиб, инфляция** деб аталувчи жуда тез кенгайиш давридан ўтган (49.2-расм). Кейин, 13,7 млрд йил ўтгач ҳозирги вақтда кузатилаетган секин кенгайиш босқичига алмашган. Коинот ясси бўлганлигидан унинг чеки йўқ, бироқ биз кузата оладиган масофа Коинот ёши билан боғлиқ, сабаби ёруғлик тезлигининг чекли бўлиши бизнинг кузатиш соҳамизга чеклов қўяди.

Шу ўринда қоронғу энергия ва қоронғу материя түшунчалари ҳақида айтиб ўтиш жоиз. *Қоронғу энергия* деб Коинотнинг тезланувчан кен-



49.1-расм. Қўшалоқ юлдузларнинг гравитацион түлқин чиқариши



49.2-расм. Коинот эволюцияси

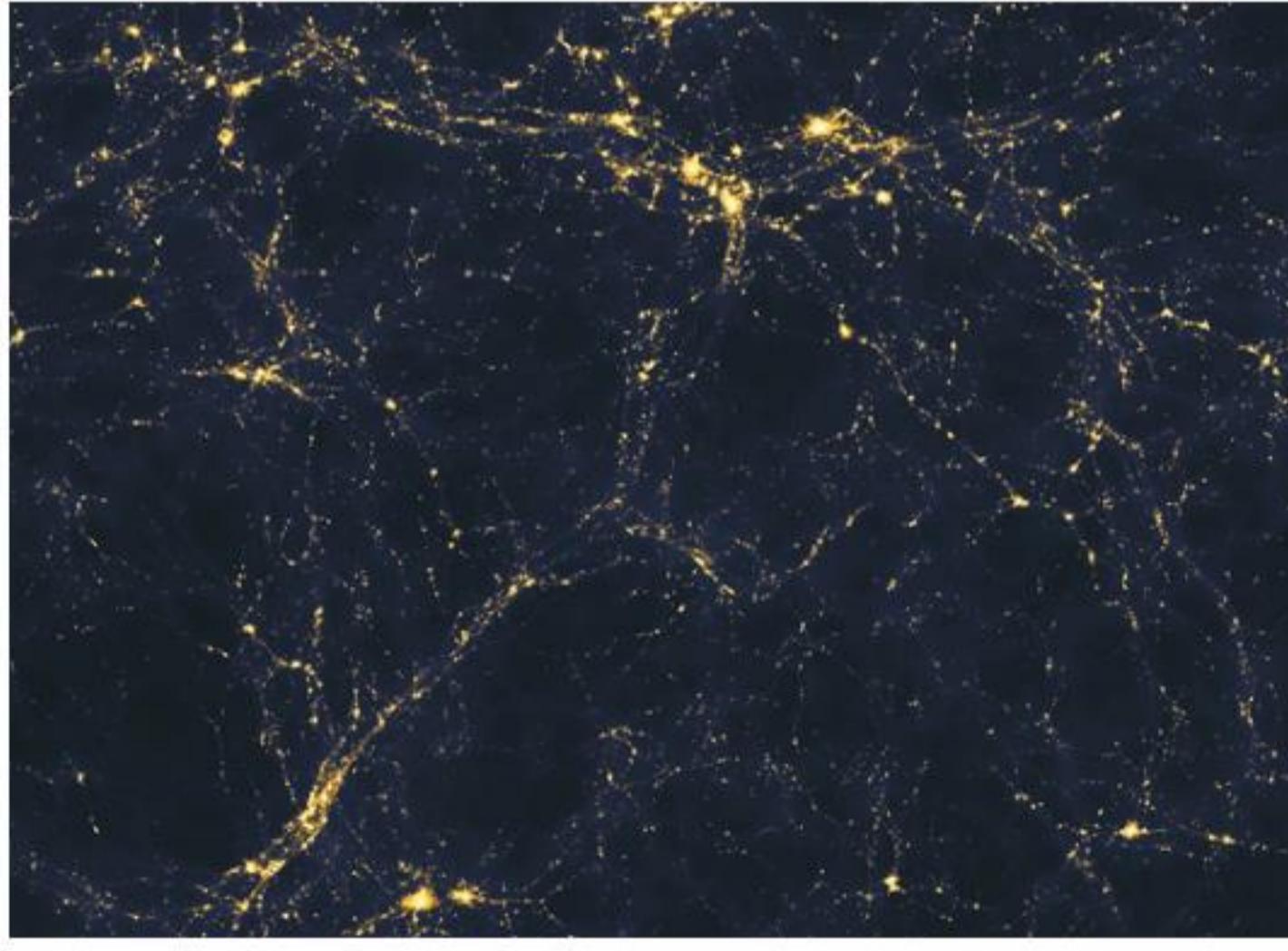
гайишіга сабабчи бўлган, табиати ҳозирча номаълум, Коинот фазосини бир хил текис тўлдирувчи майдонга айтилади. *Қоронғу материя* эса галактикалар яқинида тўпланган, номаълум, электромагнит ва кучли таъсирлашишда иштирок этмайдиган материядир. Ҳозирги кунда бутун Коинотдаги модданинг 68,3% и қоронғу энергиядан, 26,8% и қоронғу материядан, фактат 4,9% и бизга маълум моддадан иборатлиги аниқланди. Айнан шу йўналишдаги тадқиқотларга ҳозирги кунда кўп эътибор берилмоқда. Чунки, ҳақатан ҳам, бизга маълум модданинг беш фоиздан ҳам кам эканлиги жуда ажабланарли ҳолdir.

Катта портлашдан кейин Коинот кенгайиб, совий бошлаган. Коинот ёши 400 минг йил бўлганда қоронғу энергия ва қоронғу материядан бошқа модда электронлардан, протонлардан, нейтронлардан ва электромагнит нурланишдан иборат бўлган. Кейин Коинот кенгайиш жараёнида ҳарорати 4000 К гача совиб, материя ёруғлик учун шаффоф ҳолатга ўтган ва ҳозир *реликтив микротүлқинли фон нурланиши* деб аталувчи электромагнит нурланиш пайдо бўлган. Коинотнинг кенгайиши бошланганидан тахминан миллион йил ўтгач, барқарор атомларнинг шаклланиш даври бошланади. Ундан кейин атомлар энди ўзаро

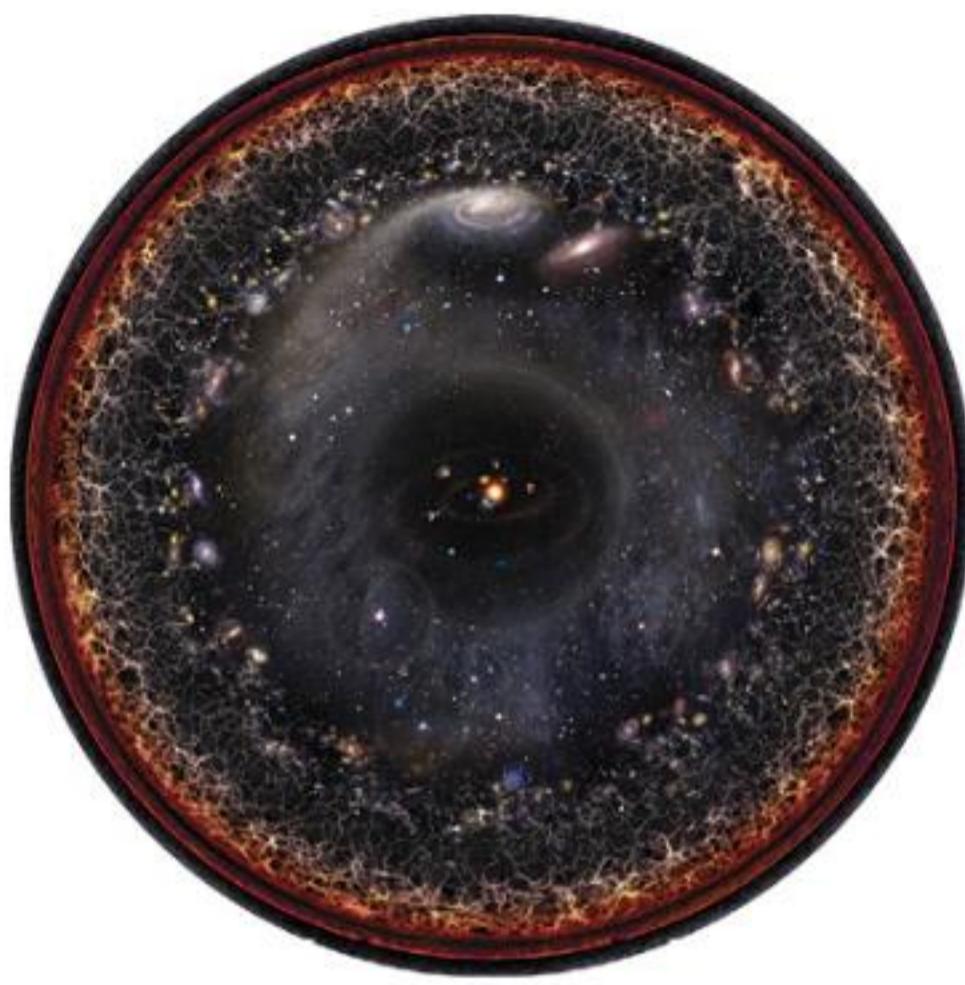
бирикиб, молекулаларга айланади. Юзлаб миллион йиллар давомида гравитация материяни модданинг бекиёс улкан тузилмалариға, водород ва гелийнинг жуда катта булутларига түплаб, ҳозирги кузатилаётган галактикаларни ташкил қылган.

Бизнинг Галактика ва бошқа галактикалар бирлашиб, ўлчами юзлаб миллион ёруғлик йилини ташкил қылган галактика тўдалари ва галактикаларнинг ўта улкан тўдаларига тўпланган. Улар Метагалактика фазоси орқали бир-бирига кетма-кет уланиб кетган. У ғоваксимон ҳажмли тузилишга эга. Бундан катта масштабларда *филаментларга* (узунлиги 50—80 Мпк толалар) бирлашади (49.3-расм). Бир жинсли ва изотроп жуда катта масштабда юзага келган Метагалактика мана шундай тузилган.

Галактикалар ичида гравитацион майдонлар бу материяни иссиқ юлдузларга айлантирган. Бу пайтда юлдузлар пайдо бўлиб, сўниб турган. Гигант юлдузлар ўзларининг ҳаётининг сўнгги босқичида ўта янги юлдузлар каби портлаб, ҳаётнинг асоси бўлган элементларни, яъни, биз нафас оладиган кислородни, организм учун керакли углеродни, қоннинг таркибидаги темирни коинот фазосига сочади. Портлашдан кейин газ ва чангдан иборат булутлар пайдо бўлганда, бу элементлар гравитацион куч таъсирида йиғилади ва янги юлдуз — Қуёш пайдо бўлади. Уларнинг атрофида планеталар шакллана бошлайди. Бу тахминан 4,6 млрд йил олдинги воқеалар. Шундай планеталарнинг бирида тирик мавжудотлар эволюция босқичларидан ўтишиди, энди эса уларнинг ичидағи энг онглиси ҳисобланган инсон ҳаётнинг қандай пайдо бўлганини тушунишга ҳаракат қилмоқда. Катта портлашдан буён



49.3-расм. Коинотнинг жуда катта масштабдаги тузилмалари —
филаментлар



49.4-расм. Коинотнинг кузатиладиган соҳаси (логарифмик масштабда)

Демак Коинот ёши 13,7 млрд йил 10^{18} с, кузатиладиган фазо ўлчамлари 93 млрд ёруғлик йили 10^{27} м экан. Тахминларга кўра бу ҳудуддан ташқари бошқа параллель Коинотлар ҳам бўлиши мумкин (мультиоламлар гипотезаси). Улардаги фундаментал доимийлар ўзгача бўлиб, Коинот манзааси умуман бошқача бўлиши мумкин. Ҳақиқатдан ҳам, шу доимийлар салгина ўзгача бўлганда, биз билган Коинот бўлмас эди, унда инсоннинг яшаши ҳам гумон эди. Бу ҳолат Антроп принцип билан тушунтирилади. Коинотлар сони чексиз, бирок кузатилаётган Коинотнинг ўзига хос хоссалари фундаментал доимийларининг қийматларига боғлиқ. Биз келажакдаги изланишлар бу ҳолатни ойдинлаштира олади, деб умид қиласиз (49.4-расм).

Хаббл қонуни. 1929 йили америка астрономи Эдвин Хаббл галактика биздан қанча узоқда бўлса, у шунча тезроқ биздан узоқлашиши ва унинг спектри қизил томонга шунча кўпроқ силжишини кашф қилди:

$$v = Hr,$$

бу ерда v — галактиканинг узоқлашиш тезлиги, r — унгача бўлган мақсади, H — Хаббл доимийси ($67,80 \pm 0,77$ (км/с · Мпк)). Хаббл қонуни фақат олис галактикалар учунгина қўлланилади. Хаббл қонуни Коинотнинг кенгайишини, яъни Катта портлаш натижасида Коинотнинг пайдо бўлганлигини исботлайди.

Қизил силжиш миқдори

$$z = \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda},$$

бу ерда λ_0 — ўлчанган тўлқин узунлиги, λ — спектрдаги бошланғич узунлик. Ҳозирги кунда қизил силжишнинг энг катта миқдори 11,09,

тахминан 13,7 млрд йил ўтди ва Коинотнинг бугунги манзааси шаклланди.

Коинотнинг пайдо бўлишининг портлаш характеристини исботлайдиган фактларни олимлар ҳозирги кунларда ҳам топишмоқда. Булар:

- космосда Коинотнинг пайдо бўлиш вактидан таралган реликтив микротўлқинли фон нурланышнинг мавжудлиги;

- коинотнинг кенгайишидан юзага келган галактика спектрларидаги қизилга силжиш;

- катта портлаш назарияси башорат қилганидай водороднинг 12 атомига гелийнинг бир атоми мос келиши.

бу 13,39 млрд ёруғлик йили масофасидаги GN-z11 галактика учун характерлидир.

Коинот модели. Бизнинг Коинотнинг замонавий модели Λ CDM (Lambda-Cold Dark Matter) деб аталади. Λ CDM модели 1998 йили Коинотнинг тезланувчан кенгайиши кашф этилгач стандарт модельга айланди, сабаби аввалги модельларнинг зиддиятлари бунда осон ва табиий тарзда ҳал бўлди. Бу модель Коинот барион материядан ташқари лямбда аъзо — қоронғу энергия ва совуқ қоронғу материядан ҳам ташкил топган деб ҳисоблайди. Баъзи Λ CDM моделини умумлаштирувчи муқобил модельларга асосан Коинотнинг кенгайиши унинг қайтадан сиқилиши билан алмашади ва Коинотнинг ривожланиши тўхтайди. Бошқа бир тахминларга кўра Метагалактиканинг сиқилиши кейин яна қайта кенгайишга олиб келади. Учинчи бир гипотеза бўйича Коинотнинг кенгайиши мангу давом этади. Барча юлдузларнинг ёруғлиги вақт ўтиши билан сочилиб, галактикалар қоронғуликка сингиб йўқолади.



1. Метагалактиканинг ўлчамлари қандай?
2. Катта портлаш назарияси гаҳозирги пайтда қандай далиллар бор?
3. Қуёшнинг ёши нечада?
4. Метагалактиканинг тузилиши қандай?
5. Галактикаларнинг спектридағи қизилга силжиши нимани кўрсатади?
- *6. Ҳарорати ЗК бўлган нурланиш негареликтive деб аталади?

10-бобнинг асосий мазмуни

- **Астрономия** — осмон жисмлари, улар системалари ва бутун Коинотнинг физик тузилишини, пайдо бўлишини, ҳаракатини ва ривожланишини тадқиқ қиласиган фан.

- **Космология** — Коинотни яхлит олганда пайдо бўлиши ва ривожланишини, геометрик тузилишини, ундаги модданинг қандай пайдо бўлганлигини, қоронғу энергия ва қоронғу материянинг табиатини ва уларнинг Коинот ривожланишидаги тутган ўрнини ўрганадиган астрономия соҳаси.

- **Қоронғу энергия** — Коинотнинг тезланувчан кенгайишига сабабчи, табиати ҳозирча номаълум, ҳамма жойда бирдай тараалган майдон.

- **Қоронғу материя** — галактикалар атрофида тўпланган номаълум, электромагнит ва кучли таъсирларга қатнашмайдиган материя.

- **Хаббл қонуни** — галактика қанча олис масофада бўлса, шунча тезрок узоклашади ва унинг спектри қизилга томон шунча кўп силжийди:

$$v = Hr,$$

бу ерда v — галактиканинг узоклашиш тезлиги, r — унгача масофа, H — Хаббл доимийси ($67,80 \pm 0,77$ (км/с · Мпк)).

ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ

1-лаборатория иши.

Трансформатор чулғамидаги үрамлар сонини анықлаш

Асбоб-ускуналар: трансформатор, созланадиган үзгарувчан кучланиш манбаи, үзгарувчан кучланишни үлчайдиган вольтметр, изоляцияланган үтказгич, улаш симлари.

Ишининг назарияси. Салт (бўш) юриш пайтида трансформатор чулғамларидаги кучланишлар нисбати ундағи үрамлар сони нисбатига тенг:

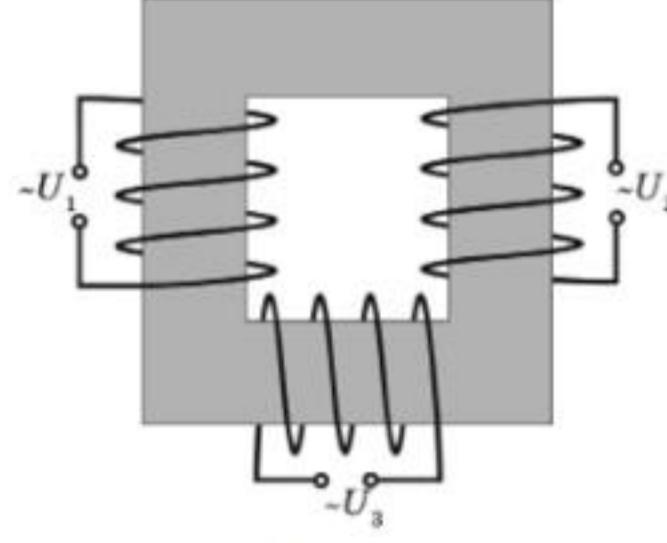
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Кучланишни вольтметр билан үлчаш мумкин. Чулғамлардаги үрамлар сонини анықлаш учун үрамлар сони маълум бўлган учинчи чулғамни ясаб олиш керак. Айнан шундай мақсадда трансформатор ўзакчасига изоляцияланган узун симни санаб ўраб, учинчи чулғамни ясаймиз. У ҳолда

$$\frac{U_1}{U_3} = \frac{n_1}{n_3}; \quad \frac{U_2}{U_3} = \frac{n_2}{n_3}.$$

Ишининг бориши:

1. Трансформаторнинг ўзакчасига узун сим ўраб ($n_3 \approx 10—20$ үрам), учинчи чулғамни ясанг (1-расм).
2. Бирламчи чулғамни үзгарувчан кучланиш манбаига уланг.



1-расм

3. Вольтметр ёрдамида барча чулғамлардаги кучланишни үлчанг.
4. Чулғамлардаги үрамлар сонини қуийдаги формула ёрдамида анықланг:

$$n_1 = \frac{U_1 \cdot n_3}{U_3}; \quad n_2 = \frac{U_2 \cdot n_3}{U_3}.$$

5. 1-жадвални тўлдиринг.

1-жадвал

n_1	n_2	n_3	U_1 (В)	U_2 (В)	U_3 (В)

2-лаборатория иши.

Дифракцион панжара ёрдамида ёруғликтининг түлқин узунлигини анықлаш

Асбоб-ускуналар: ёруғликтин түлқин узунлигини анықлайдиган асбоб; дифракцион панжара; ёруғлик манбаи.

Ишнинг назарияси. Ёруғлик дифракцияси дифракцион панжара ёрдамида яхши кузатилади. Дифракцион панжара формуласи

$$ds \sin \phi = k\lambda. \quad (1)$$

бўйича турли узунликдаги түлқинлар учун максимумлар турли бурчаклар остида кузатилади. ϕ бурчак кичик бўлгани ҳамда панжара билан экран орасидаги L масофа тирқишдан түлқиннинг максимуми кузатиладиган x масофадан кўп марта катта бўлгани учун,

$$\sin \phi \approx \operatorname{tg} \phi \frac{x}{L} \quad (2)$$

каби олиш мумкин.

(1) ва (2) формулалардан қўйидагига эга бўламиз: $\lambda = \frac{dx}{kL}$.

Ишнинг бориши:

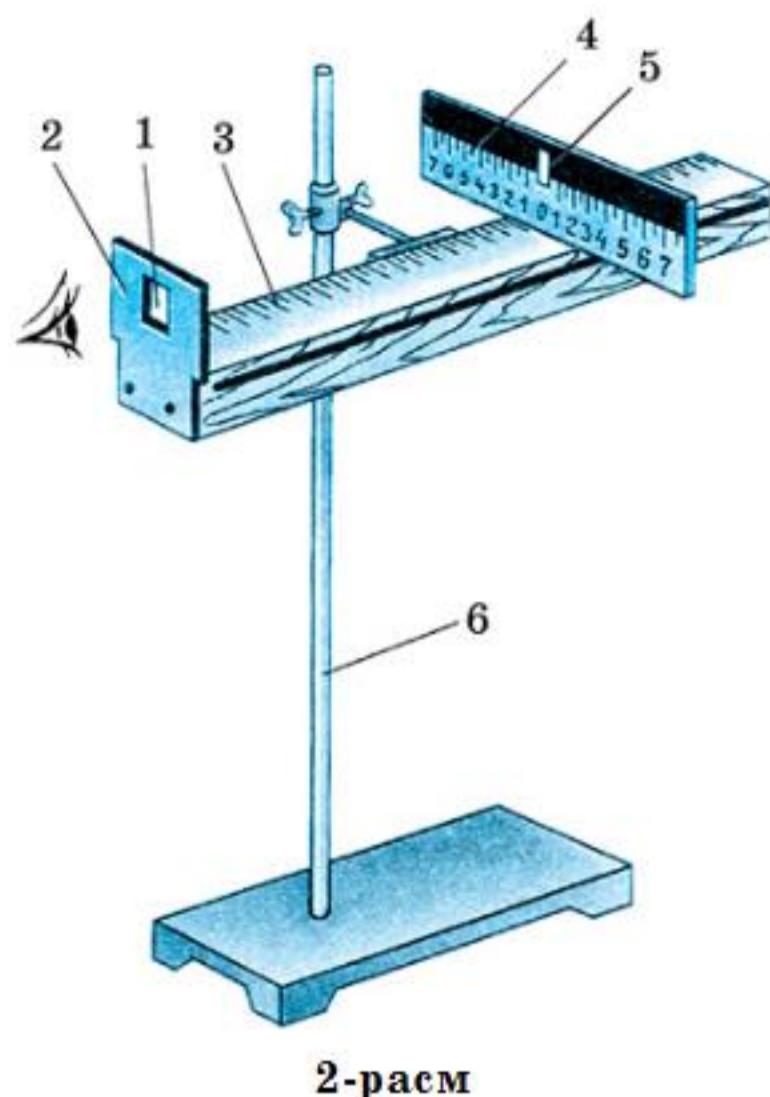
1. (1) Дифракцион панжарани (2) асбобнинг рамкасига қўйиб, уни штативга маҳкамланг (2-расм).

2. (5) Ҳаракатланувчи экранни дифракцион панжарадан 50 см масофага қўйинг.

3. Дифракцион панжара (1) орқали қараб, асбобни тўсиқчанинг ингичка тирқишидан кўринадиган қилиб қўйинг. Бу пайтда экраннинг қоронғи фонида бир неча тартибли дифракцион спектрни кўриш мумкин. Спектрлар қия жойлашиб қолса, панжарани улар тик жойлашадиган қилиб булинг.

4. Экрандаги шкала бўйича биринчи тартибли спектрдаги қизил ва бинафша ранг чегарасини аниқланг, шунингдек, спектрдаги яшил чизик ўрнини ҳам кузатинг.

5. Ўлчаш натижаларини жадвалга ёзинг, холоса чиқаринг.



2-расм

2-жадвал

Спектрнинг тартиби, k	Панжаранинг давари, d (м)	Панжарадан экран (шкала) гача масофа, L (м)	Спектрнинг ранги ва чегаралари, x (м)			Тўлқин узунлиги, λ (м)		
			қизил	яшил	бинафша	қизил	яшил	бинафша

З-лаборатория иши. Ёруғликтің қутбланишини күзатыш

Асбоб-ускуналар: ёндордаги поляроид, бир томони қора рангга бўялган, 60×90 үлчамли шиша пластинка, чўғланиш толаси тўғри бўлган автомобиль чироғи, адаптер.

Ишдан мақсад: ёруғликтің қутбланиш ҳодисасини тажрибада аниқлаш.

Ишнинг назарияси: Баъзи шаффофт кристалл орқали ўтувчи, масалан, исланд шпатининг кристалли, ёруғ томонининг интенсивлиги икки кристаллнинг бир-бирига нисбатан қандай жойлашганлигига боғлик эканлигини тажриба кўрсатади. Кристаллар бир хил йўналиб жойлашса, иккинчи кристалл орқали ёруғлик заиф ўтади. Агар иккинчи кристалл дастлабки йўналишига нисбатан 90° ли бурчакка бурилса, ундан ёруғлик ўтмайди. Агар ёруғлики кўндаланг тўлқин деб олсак, у ҳолда бу ҳодисани тушунтириш мумкин.

Биринчи кристалл орқали ўтган ёруғлик қутбланади, яъни электр майдон кучланганлик вектори \vec{E} бир текисликда тебранувчи тўлқинларнигина кристалл ўтказади. Бу текислик қутбланиш текислиги дейилади.

Иккинчи кристалл ўтказадиган тебранишлар текислиги қутбланиш текислиги билан мос келса, қутбланган ёруғлик иккинчи кристаллдан заифлашмай ўтади. 90° ли бурчакка бурилган иккинчи кристалл қутбланган ёруғлики ўтказмайди.

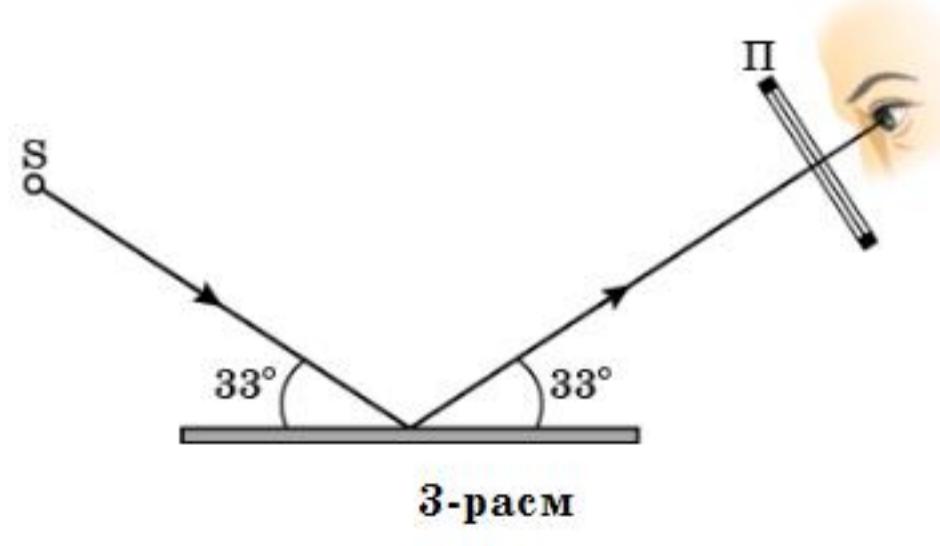
Ёруғликтің қутбланиш ҳодисаси ёруғликтин тўлқин табиатини ва унинг кўндаланг тўлқин эканини исботлайди.

Ишнинг бориши:

1. Кўриш нури ўқи билан мос келадиган ўқ бўйлаб ёнган чироқقا поляроид орқали қараб, ўша ўқ бўйлаб оҳиста айлантиринг. Ёниб турган чироқ равшанлигининг ўзгармаслиги бундай мулоҳаза юритишга асос бўлади, “чироқнинг ёруғлиги қутбланмаган”.

2. Стол устига бўялган томонини пастга қаратиб шиша пластинкани қўйинг ва пластинкадаги чироқ тасвирини кузатиб, ундан қайтган ёруғлики ўрганинг (3-расм).

Қайтган ёруғлик нурини ўқ деб олиб, поляроидни оҳиста айлантиринг, чироқ равшанлигининг навбат билан ортиши ва камайишини кузатинг.



Поляроид тўлиқ бир марта айлантирилганда чироқнинг равшанлиги икки марта энг катта ва энг кичик бўлади. Ҳар 90° сайин ёруғликтин максимуми ва минимуми алмашиб туради. Демак, пластинкадан қайтган ёруғлик қутбланган.

3. Ўтказилган тажрибада пластиинкадан қайтган ёруғлик шишани қутбланиш текислиги билан (поляроид ёндоридаги чизиқлар билан белгиланган) мослаштиради.

4. Холоса чиқаринг

4-лаборатория иши.

Шишанинг синдириш күрсаткичини ясси параллел пластиинка ёрдамида анықлаш

Асбоб-ускуналар: томонлари параллел ясси шиша пластина: инглиз түғноғичи — 4 дона; үлчаш чизиги; оқ қоғоз; лампа; аккумулятор батареяси; калит; улаш симлари; тирқишли экран; транспортири.

Ишнинг назарияси. Ёруғлик бир муҳитдан иккинчисига ўтганда унинг тарқалиш тезлиги ҳар хил бўлади. Синиш қонуни бўйича

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \quad (1)$$

бу ерда n — иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан синдириш күрсаткичи. Агар биринчи муҳит ҳаво бўлса, унинг абсолют синдириш күрсаткичи 1. У ҳолда иккинчи муҳитнинг нисбий синдириш күрсаткичи абсолют синдириш күрсаткичига teng бўлади.

Ишнинг бориши:

1. Электр лампани калит орқали батареяга улаб, электр занжирини йиғинг.

2. Лампанинг олдига тирқишли экран қўйинг, ундан кейин оқ қоғоз қўйинг.

3. Калит орқали занжирни уланг. Қоғоз сиртида ёруғликнинг ингичка йўлагини ҳосил қилинг.

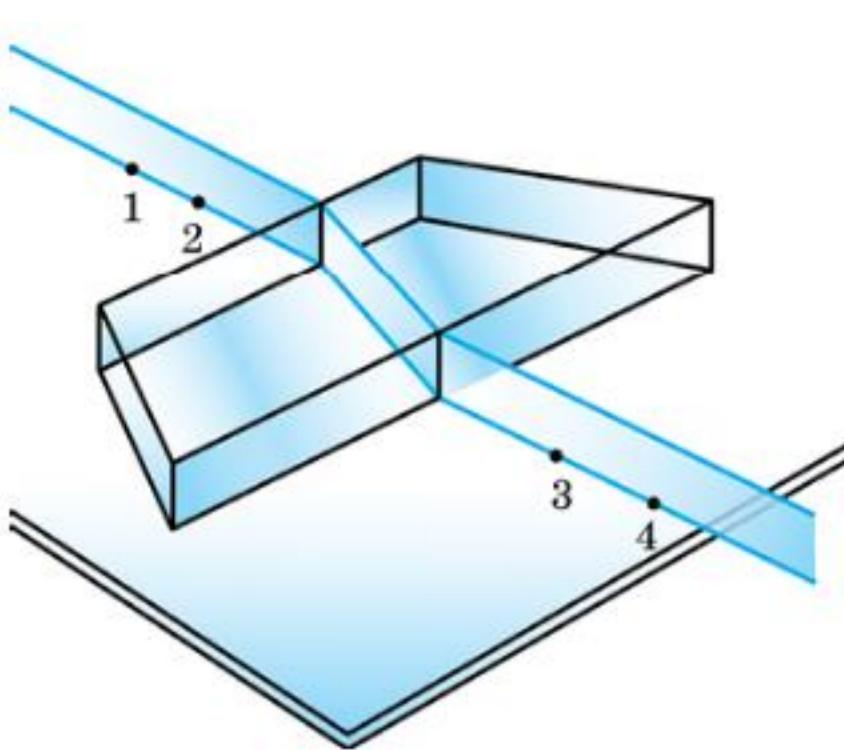
4. Ёруғлик йўлига бирор бурчак остида пластиинани қўйинг (3-расм).

5. Пластина шаклини қоғозга чизиб туширинг ва тушган нурнинг боши A ва охири B ҳамда ёруғликнинг пластиинадан чиқиш нуқтаси F ни белгиланг (4-расм).

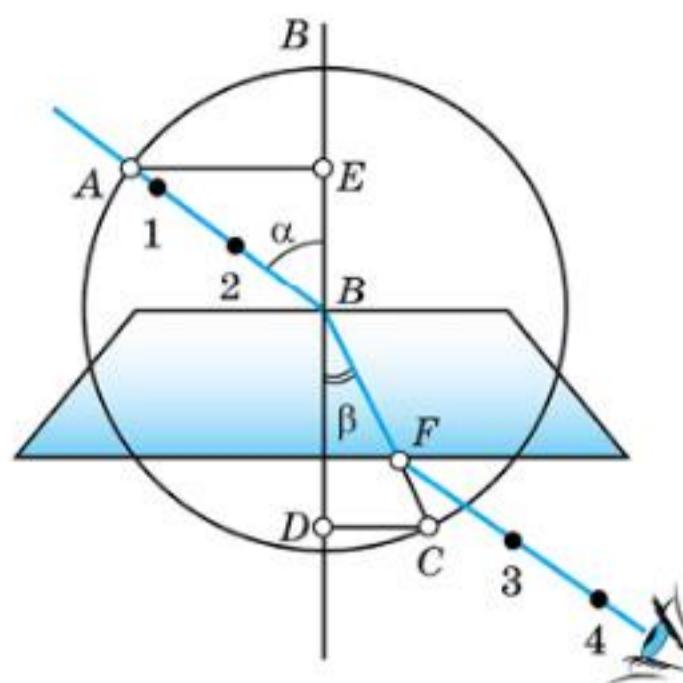
6. Занжирни узиб қоғоздан шиша пластиинани олинг.

7. Маркази B нуқтада, радиуси эса AB бўладиган айлана чизиги (5-расм). B ва F нуқталарни тўғри чизик орқали бирлаштириб, уни айлана билан кесишиш нуқтаси C гача чўзинг. Пластинага ёруғликнинг B тушиш нуқтаси орқали перпендикуляр тўғри чизик ўтказинг. Унга A ва C нуқталардан AE ва CD перпендикулярларни ўтказинг ҳамда уларнинг узунликларини ўлчанг.

8. $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{AE}{AB}}{\frac{DC}{AB}} = \frac{AE}{DC}$ формула бўйича шишанинг синдириш күрсаткичини хисобланг.



4-расм



5-расм

9. Тажрибани бошқа бурчаклар учун тақрорланг ва натижаларни таққосланг (тажрибани 3 марта ўтказинг).

10. Тажрибаларни ёруғлик манбаисиз инглиз тұғногиичларидан фойдаланиб тақрорланг ва холоса чиқаринг.

5-лаборатория иши.

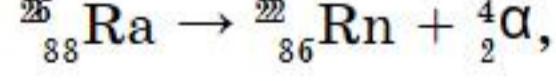
Ярим емирилиш даврини аниклаш

Ишдан мақсад: график усулда ярим емирилиш даврини аниклаш.

Асбоб-ускуналар: “сосна” (Анри-01-02) дозиметри; фильтр; фен.

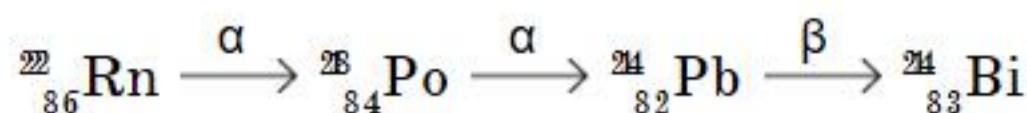
Ишининг назарияси. Қисқа муддатли яшайдиган радиоактив изотопнинг ярим емирилиш даврини емирилиш эгри чизиги ёрдамида аникланади. Уни ясаш учун радиоактив препаратни кюветга солиб, унинг устига дозиметр қўйилади. Асбоб таймер орқали маълум вақт оралиқларида дозиметрнинг кўрсатишлари қайд қилинади. Саноқ тезлиги икки мартадан ортиқ камайганда ўлчаш тўхтатилади ва емирилиш эгри чизиги ясалади. Тажрибага керакли қисқа ярим емирилиш даври радиоактив изотоплар кам миқдорда бўлса ҳам атмосфера таркибида бўлади.

Табиий радиоактив элемент — радий исталган тупроқда, ер қобиги таркибида учрайди (1 г тупроқда 10^{-12} г бўлади). Шунинг учун ўрта ҳисобда 1 мин га teng вактда тупроқнинг ҳар бир граммида радиининг иккита ядрои α -зарра чиқарилади:



радон $^{222}_{86}\text{Rn}$ (инерт газ) пайдо бўлади. У аста-секин тупроқда тўпланиб, сўнгра атмосферага чиқади.

α -емирилиш натижасида радон атомларининг ядролари ядро реакцияси жараёнида $^{214}_{84}\text{Po}$ полоний атомларининг ядроларига айланади:



Вақт ўтиши билан радиоактив ядролар сони емирилиш натижасида

ушбу қонунга мувофиқ камаяди: $N_t = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, бу ерда N_0 — ўлчашнинг бошланғич пайтидаги ($t = 0$) радиоактив ядролар сони; N_t — вақтдаги емирилмаган радиоактив ядролар сони; T — ярим емирилиш даври.

Бу радиоактив изотопларнинг ярим емирилиш даври қисқа бўлади. Ярим емирилиш даврини аниқлаш учун фильтр тайёрланади (докага ўралган юпқа қатламли пахта), унинг ўлчами дозиметр кюветига мос бўлиши керак.

Ишнинг бориши:

1. Дозиметрдаги узиб улагични “Т” холатга келтиринг, “улаш” тугмачасини босинг. 10 мин дан кейин “тўхташ” тугмачасини босинг. Дисплейдан N_Φ (фон импульслари сони) кўрсатишларини ёзиб олинг ва қурилманинг фони $A_\Phi = \frac{N_\Phi}{t}$ ни аниқланг.

2. Иситгичи ўчирилган феннинг ҳаво кирадиган тешигига қўлдан тайёрланган фильтр ўрнатиб, уни резина ҳалқа билан маҳкамланг. Фенни уланг ва 5 мин давомида ҳавони дамланг.

3. Фендан фильтрни олиб, кюветга жойлаштиринг. Орқа қопқоғи очилган дозиметрни кюветга қўйинг ва асбоб кўрсатишларини ҳар 3 минутда қайд қилинг. Ўлчаш ва ҳисоблашлар натижаларини 3-жадвалга тўлдиринг.

3-жадвал

Вақт t , мин	0	3	6	9	12	15
Импульслар сони, N_t						
Саноқ тезлиги, $A_t = \frac{N_t}{t}$						

4. Ўлчашлар натижаси бўйича емирилиш эгри чизигини ясанг. Горизонтал ўқ бўйлаб вақтни, вертикал ўққа саноқ тезлигини (фоннинг қиймати олиб ташланади) ясанг. Изотоп активлиги икки марта камайдиган T вақтни емирилиш эгри чизиги бўйича аниқланг.

5. Ёзма равишда хулоса чиқаринг.

Үқувчиларнинг лойиҳалаш-тадқиқотишлари учун топшириқлар

Таълим лойиҳаси — бу маълум бир ўқув ва билишга оид муаммони ҳал этишга қаратилган мустақил ижодий фаолият тури. Бу ишларни шартли равища қуйидаги босқичларга бўлиш мумкин.

Тайёрлов босқичи.

- Ўқув-билишга оид муаммоларни ўрнатиш.
- Лойиҳа мавзусини аниқлаш, уни синфда мухокама қилиш..
- Лойиҳанинг мақсади ва вазифаларни аниқ ифодалаш.
- Лойиҳа турини (индивидуал, жуфтлик, груп) аниқлаш.
- Иш режалари ва жадвалларини тузиш.
- Ахборотни излаштириш ва танлаш.
- Тўпланган материалларни тартибга солиш ва таҳлил қилиш.

Асосий босқич.

- Лойиҳани ишлаб чиқиш.
- Олинган натижаларни мухокама қилиш.
- Лойиҳани расмийлаштириш.
- Уни турли мактаб тадбирларида тақдимотга тайёрлаш.
- Лойиҳанинг тақдимоти.

Якуний босқич.

- Тақдимотларни мухокама қилиш ва баҳолаш.
- Натижаларни хулосалаш.
- Бажарилган ишлар тўғрисида ҳисобот тайёрлаш.
- Мавзуни янада чукурроқ ўрганиш истиқболларини аниқлаш.

Лойиҳа маъруза, реферат, компьютерли тақдимотлар шаклида расмийлаштирилиши мумкин. Ишнинг тахминий ҳажми 10—15 саҳифани (5—10 слайд) ташкил этади.

Физикадаги ўқув лойиҳаларини уч групга бўлиш мумкин: “Физиканинг ривожланиш тарихи”, “Эксперимент ва моделлаштириш — табиатни ўрганишнинг асосий физик усуллари”, “Физик билимларнинг амалий татбиқи”.

Қуйида 11-синф физикаси курси учун ўқув лойиҳаларининг намунаий мавзулар келтирилган.

Физиканинг ривожланиш тарихи

- Ўзгармас ток қонунларининг кашф қилиниш тарихи.
- Электромагнит тўлқинларининг кашф қилиниш тарихи.
- Ёруғлик тезлигини ўлчаш тарихидан.
- Радиоалоқанинг келиб чиқиши ва ривожланиш тарихидан.
- Тўлқин оптикасида фундаментал тажрибалар.

- Ташқи фотоэффектнинг ихтиро қилиниш ва тадқиқ қилиш тарихдан.
- Атомларнинг ички тузилишини тадқиқ қилиш бўйича Резерфорднинг муҳим тажрибалари.
- Нисбийлик назариясининг яратилиш тарихи.
- Элементар зарралар.

Эксперимент ва моделлаштириш — табиатни ўрганишнинг асосий физик усуллари

- Компьютер ёрдамида ўзгармас токнинг электр занжирларини тузиш ва синаш.
- Компьютер ёрдамида магнит майдондаги зарядланган зарраларнинг ҳаракатини ўрганиш.
- Компьютер ёрдамида электромагнит индукция бўйича Фарадей тажрибаларини ўрганиш.
- Электромагнит хоссаларни кузатиш ва ўрганиш.
- Компьютер ёрдамида юпқа линзаларда тасвир ҳосил қилиш.
- Ёруғлик тўлқинлари интерференциясини, дифракциясини лазер нурлари ёрдамида компакт дискда кузатиш ва ўрганиш.
- Компьютер ёрдамида ташқи фотоэффект қонуниятларини ўрганиш.
- Компьютер ёрдамида чизиқли спектрларни ўрганиш.
- Компьютер ёрдамида ядрорий ўзгаришларни ўрганиш.
- Ой фазаларини кузатиш.

Физик билимларнинг амалий татбиқи

- Мустақил разряд турлари ва уларнинг техникада татбиқи.
- Электромагнит нурланиш турлари ва улардан фан ва техникада фойдаланиш.
- Табиатда оптик ҳодисалар.
- Лазерли технологияларни қўллаш соҳалари.
- Атом электр станциялари ишлишидаги экологик муаммолар.
- Ионлаштирувчи нурланишни қайд қилиш усуллари.
- Семей полигони ва Семей-Невада ҳаракати.
- Катта Адрон коллайдер.

ГЛОССАРИЙ

Абсолют синдириш күрсаткичи — вакуумдаги ёруғлик тезлигининг шу мұхитдаги ёруғлик тезлигидан неча марта катта эканлигини күрсатувчи физик катталик.

Автотебранишлар — автотебраниш системасининг ўзида жойлашган энергия манбаидан керакли пайтларда тебраниш системаси (маятник ёки тебраниш контури)га узатыладиган энергия ҳисобига содир бўладиган сўнмайдиган тебранишлар.

Ўзгарувчан ток — вақт ўтиши билан миқдори ҳам, йўналиши ҳам даврий равища ўзгарадиган электр токи.

Амплитуда модуляцияси — узатувчи сигналнинг ўзгарувчан параметри унинг амплитудаси бўлган модуляция тури.

Аналог сигнал — узлуксиз қийматни ва вақт функцияларининг параметрлари частота, фаза ва амплитуда билан тавсифланадиган маълумотлар сигнали.

Астрономия — осмон жисмларининг, уларнинг системаларининг ва бутун Коинотнинг физик тузилишини, пайдо бўлишини, ҳаракати ва ривожланишини ўрганадиган фан.

Гармоник тебранишлар — физик катталикларнинг вақт ўтиши билан синус ёки косинус қонунига мувофиқ ўзгишлари.

Геометрик оптика ёруғликнинг тарқалишини унинг тўлқин табиатини ҳисобга олмасдан ўрганадиган оптика бўлимиdir.

Жисмнинг нурланиш қобилияти деб унинг сирт юзи бирлигидан частотанинг бирлик интервалида чиқадиган нурланиш қувватига айтилади.

Дифракцион манзара — қоронғу бўшлиқлар билан ажратилган ранг-баранг ёруғлик чизиқларидир.

Дифракцион панжара — ёруғлик дифракцияси кузатыладиган тўсиқлар ёки тирқишлиар бирикмаси.

Ясси кўзгу деб текис силлиқланган ва қайтарувчи қатlam билан қопланган, эгрилик радиуси чексизликка интилган ясси сиртга айтилади.

Ярим емирилиш даври — радиоактив ядролар сонининг ярми емириладиган вақт оралиги.

Ёруғлик дисперсияси — ёруғликнинг синдириш күрсаткичининг унинг рангига (частотасига) боғлиқлиги.

Ёруғлик нури — бу ёруғлик энергияси тарқаладиган чизиқ ёки тўлқин фронтига перпендикуляр ўтказилган ва тўлқинларнинг тарқалиш йўналишини күрсатадиган чизиқ.

Ёруғлик дифракцияси — ёруғликнинг тўғри чизиқли тарқалишдан оғиши ёки тўсиқларни айланиб ўтиш ҳодисаси.

Ёруғликнинг қутбланиши — кўндаланг ёруғлик тўлқинларига хос ҳодисадан иборат.

Ёруғликнинг синиш ҳодисаси — бу нурлар бир мұхитдан иккинчисига ўтганда, икки мұхит чегарасида ёруғлик нурларининг тарқалиши йўналишининг ўзгиши.

Ёруғликнинг қайтиши — икки мұхит чегарасида кузатыладиган ёруғлик нурининг тарқалиш йўналишининг ўзгиши ҳодисасидир. Бундай ҳолда, ёруғлик нурлари бошланғич мұхитга қайтади.

Частота модуляцияси — узатувчи сигналнинг ўзгарувчан параметри унинг частотаси бўлган модуляция тури.

Интерференция — икки ёки бир неча тўлқинларнинг қўшилишида фазонинг турли нүқталаридаги натижаловчи тебранишлар амплитудаларининг тақсимланиши (уларнинг максимум ва минимумлари навбат билан жойлашади) вақт ўтиши билан ўзгармай, доимий сақланадиган ҳодисадан иборат.

Космология — Коинотнинг пайдо бўлиши ва ривожланишини, геометрик тузилишини, ундаги модданинг қандай пайдо бўлганини, қоронғу энергия ва қоронғу

материянинг табиати ва уларнинг Коинот ривожланишидаги ўрнини ўрганадиган астрономия бўлими.

Линза — икки томонидан сферик сиртлар билан чегараланган шаффоф жисмлардир.

Лупа — катталаштирувчи шиша орқали кичик буюмларни кўришга мўлжалланган қисқа фокусли линза.

Математик маятник деб чўзилмайдиган, ингичка вазнисиз ипга осилган моддий нуқтага айтилади.

Солиштирма боғланиш энергияси — ядронинг боғланиш энергиясининг A масса сонига нисбати, яъни бир нуклонга мос келадиган боғланиш энергияси.

Механик тебранишлар деб механик ҳаракатни (тезлик, кўчиш, тезланиш, механик энергия) тавсифловчи физик катталиктининг даврий (ёки деярли даврий) равишида ўзгаришига айтилади.

Микроскоп деб жуда кичик обьектларни кўриш учун кўзни (окуляр) ва линзани ўз ичига олган қурилмага айтилади.

Модуляция — юқори частотали тебранишлар параметрларидан бирини мослаб паст частотага ўзгартирадиган жараён.

Наноматериал — нанозарралардан тузилган ёки нанотехнология асосида ясалган макроскопик модда.

Нанороботлар — ўлчамлари 100 нм дан ошмайдиган, ҳаракатланиш, амаллар бажариш, дастурлаш, ахборот алмашиш ва қайта ишлаш қобилиятларига эга машиналар.

Нанотехнология — алоҳида ўзига хос ва янги хоссалар олиш мақсадида материя билан (модда билан) атом, молекуляр ва супрамолекуляр (бир неча молекула) сатҳларда амаллар бажариш усуллари.

Оптика — ёруғликнинг тарқалиш қонуниятларини, унинг моддалар билан ўзаро таъсир жараёнларини ва ёруғлик табиатини ўрганадиган физиканинг соҳасидир.

Оптик равшанлик — интерференция ёрдамида қайтган нурлар миқдорини ортириш ёки камайтириш мумкин бўлган ҳодиса.

Планк доимийсиги. $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Ж · с — бу 1900 йили М. Планк иссиқлик нурланиши қонунларини тушунтириш борасида киритган фундаментал физик доимийларнинг бири.

Радиоактив модданинг активлиги — вақт бирлиги ичидаги емириладиган ядролар сони билан аниқланадиган катталик.

Радиоактивлик — бекарор атом ядросининг ўз-ўзидан емирилиб нурланиш қобилияти.

Радиоактив емирилиш — бекарор атом ядросининг ўз-ўзидан емирилиб, бошқа атом ядросига айланши ва нурлар чиқариш қобилияти.

Радиолокация — радиотўлқинлар орқали обьектни топиб, обьектгача бўлган масофани ва унинг фазодаги вазиятини, ҳаракат тезлигини аниқлаш.

Радиотелеграф алоқа — электр алоқаси бўлиб, унда дискрет (алифбо, рақамли ёки рамзлар) хабарлар радиотўлқинлар орқали узатилади.

Радиотелефон алоқа — электромагнит тўлқин орқали мусиқа, сўз, яъни товуш олис масофаларга узатилади.

Рентген нурланиши — частотаси жуда юқори (тўлқин узунлиги жуда қисқа $\lambda = 10^{-12} - 10^{-9}$ м) электромагнит нурланиш. Уни немис физиги В. Рентген кашф қилган.

Нисбий синдириш кўреаткичи — биринчи муҳитда тарқалган ёруғлик тезлигининг иккинчи муҳитда тарқалган ёруғлик тезлигидан неча марта катта эканлигини кўрсатадиган физик катталик.

Сигнал — берилган ахборотни узатувчи физик жараён (тўлқин).

Сканерловчи туннелли микроскоп — атомларни тасвирлаш билан бирга, уларга таъсирлашишга имкон берувчи нанофанлар учун ўта муҳим асбоб.

Телескоп — осмон жисмларини кузатиш учун мўлжалланган оптик асбобдир.

Тебраниш амплитудаси — тебранувчи физик жисмнинг энг катта қиймати.

Тебраниш частотаси — 1 с ичидаги тебранишлар сонига тенг катталик, у даврнинг тескари қийматига тенг: $V = 1/T$. Ўлчов бирлиги — герц [1 Гц].

Тебраниш даври — система бошланғич ҳолатига қайтадиган энг қисқа вақтга тенг катталикка айтилади, яъни бир давр ичиде тўлиқ бир марта тебранишни амалга оширади.

Тебранишлар деб бир хил вақт оралиқларида аниқ ёки тахминан такрорланадиган жараёнларга айтилади.

Тебраниш контури деб конденсатор ва индуктив ғалтакдан иборат ёпиқ системага айтилади.

Термоядро реакциялари — жуда юқори ҳароратда енгил ядроларнинг бирикиб, оғирроқ ядрони ҳосил қилиш реакцияси.

Занжир ядро реакцияси — маълум бир ядро реакцияси навбатдаги худди шундай реакцияни юзага келтирадиган жараён.

Трансформатор — ўзгарувчан ток ва кучланиш қийматларини ўзгартирадиган қурилма.

Фотоаппарат — линзалар системаси ёрдамида ёруғликни сезувчан плёнкада сақланадиган буюмнинг тасвирини оладиган оптик асбоб.

Фотон — электромагнит нурланишнинг корпускуляр хоссаларини тушунтириш учун киритилган квазизарра. Фотон — электромагнит майдон кванти.

Фотоэлектронлар — ташқи фотоэффект жараёнида металл сиртига тушган ёруғлик таъсирида учиб чиқадиган электронлар.

Фотоэффект — электромагнит нурланишнинг модда билан таъсиrlашиши борасида кузатиладиган ҳодисалар. Ташқи фотоэффект жараёнида нурланиш таъсирида электронлар металдан узиб чиқарилади, ички фотоэффект жараёнида нурланиш таъсирида ярим ўтказгичнинг электр ўтказувчанлиги ортади.

Рақамли сигнал — бу фақат иккита қийматни, яъни “0” ва “1” ни қабул қиласидиган сигнал: электр кучланиш қиймати исталган пайтда шу икки қийматдан бирига мос келади.

Электромагнит тебранишлар — электр ва магнит майдон энергияларининг ўзаро бир-бирга айланиб, ўзгариши билан бирга бўладиган электр заряди, ток кучи ва кучланишнинг даврий равишда ўзгариш жараёнларига айтилади.

Электромагнит тўлқинлар — ўзгарувчан электромагнит майдон тебранишларининг фазода тарқалишидан иборат.

Ядро кучлари — ядродаги нуклонларни емирилишдан сақлаб, унинг мустаҳкам боғланишини таъминловчи кучлар.

Ядро реакциялари — атом ядросининг бошқа ядро, элементар зарра ва квантлар билан ўзаро таъсиrlашиши вақтида юз берадиган айланишлар.

Ядронинг боғланиш энергияси — атом ядросини тўлиқ алоҳида нуклонларга ажратиш учун керакли минимал энергия.

А-емирилиш — радиоактив ядронинг ўз-ўзидан емирилиш жараёнида А-зарраларнинг ядродан учиб чиқиши.

Б-емирилиш — радиоактив ядронинг ўз-ўзидан емирилиш жараёнида ядродан электрон ва позитроннинг, нейтрино ва антинейтринонинг учиб чиқиши.

Ү-емирилиш — радиоактив ядронинг ўз-ўзидан емирилиш жараёнида квантларнинг ядродан учиб чиқиши.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РҮЙХАТИ

1. *Касьянов В. А. Физика: 11-синф.* М.: Дрофа, 2018.
2. *Кокс Ф.Г., Парсондейж М. Дунё энциклопедияси. Атомы и молекулы.* М.: Росман, 1997.
3. *Мухаметов М., Есжанов А. ва бошқалар Физика: Умумтаълим мактабларининг 11-синфлари учун дарслик.* Алмати, 2008.
4. *Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б. Физика: Таълим муассасаларининг 11-синфи учун дарслик.* М.: Просвещение, 2002.
5. *Мякишев Г. Я., Синяков А.З. Физика: Колебания и волны. Физикани чуқур ўрганиш учун 11-синфлар учун дарслик.* М.: Дрофа, 2001.
6. *Мякишев Г. Я., Синяков А.З. Физика: Оптика ва квантовая физика. Физикани чуқур ўрганиш учун 11-синфлар учун дарслик.* М.: Дрофа, 2002.
7. *Павленко Ю.Г. Начало физики.* Дарслик. М.: Экзамен, 2005.
8. *Тарасов Л. В. Физика в природе: Ўқувчилар учун китоб.* М.: Просвещение, 1988.
9. *Турчина Н.В. Физика в задача для поступающих в вузы. 2500 масала.* М.: Оникс. Мир и образование, 2009.
10. *Универсальный справочник школьника / Тузувчи. Г.П.Шалаев.* М.: "Слово" филологик жамияти. Олма-Пресс образование, 2005.
11. *Факты. Люди. Даты. События. Кичик энциклопедик маълумотнома.* М.: Астрель, 2002.
12. *Физика. Физикани чуқур ўзлаштирадиган 11-синфлар учун дарслик.* Ихтисослашган босқич. / Ед А.А. Пинский, О.Ф. Кабардин. Таҳрирлиги остида. М.: Просвещение, 2007.
13. *Тұяқбаев С. Т., Насохова ШБ. ва бошқалар Физика: Ўрта мактабларнинг табиий-математик йўналишдаги 11-синфи учун дарслик.* Алмати, 2015.
14. *Физический практикум для класса с углубленным изучением физики.* Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина таҳрирлигига М.: Просвещение, 2002.
15. *Шутов В.И., Сухов В.Г., Подлесный Д.В. Эксперимент в физике. Физик практикум.*
16. *Ёш физикнинг энциклопедик лугати / тузувчилар.* В.А. Чуянов. М.: Педагогика, 1991.
17. *Элементарный учебник физики. I, II, III жилд.* академик Г.С. Ландсберг таҳрирлигига. М.: АОЗТ "Шрик", 1995.
18. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>

МУНДАРИЖА

Муқаддима	4
-----------------	---

I бўлим. ТЕБРАНИШЛАР

1-боб. Механик тебранишлар

1-§. Механик гармоник тебранишларнинг тенгламалари ва графиклари	5
--	---

2-боб. Электромагнит тебранишлар

2-§. Эркин электромагнит тебранишлар	14
--	----

3-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар. Автотебранишлар	22
--	----

4-§. Механик ва электромагнит тебранишлар ўртасидаги ўхшашликлар	27
--	----

3-боб. Ўзгарувчан ток

5-§. Ўзгарувчан ток генератори	32
--------------------------------------	----

6-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар. Ўзгарувчан ток.....	39
--	----

7-§. Электр занжирдаги кучланишлар резонанси.....	44
---	----

8-§. Электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш ва ундан фойдаланиш.	47
--	----

Трансформатор	47
---------------------	----

9-§. Қозогистонда ва дунёда электр энергиясини ишлаб чиқариш ва ундан фойдаланиш.....	53
--	----

II бўлим. ТЎЛҚИНЛАР

4-боб. Электромагнит тўлқинлар

10-§. Электромагнит майдон	59
----------------------------------	----

11-§. Электромагнит тўлқинлар	63
-------------------------------------	----

12-§. Электромагнит тўлқинларнинг нурланиши. Герц тажрибалари	66
---	----

13-§. Электромагнит тўлқин энергияси	69
--	----

14-§. Электромагнит тўлқинларнинг хоссалари	73
---	----

15-§. Радиоалоқа принципи	78
---------------------------------	----

16-§. Модуляция ва детекторлаш	82
--------------------------------------	----

17-§. Радиотўлқинларнинг тарқалиши. Радиолокация.....	86
---	----

18-§. Рақамили технологиялар	91
------------------------------------	----

19-§. Оптик толали коммуникацион тармоқлар	95
--	----

20-§. Қозогистондаги алоқа воситалари.....	97
--	----

III бўлим. ОПТИКА

5-боб. Тўлқин оптикаси

31-§. Ёруғлик интерференцияси	101
-------------------------------------	-----

32-§. Ёруғлик дифракцияси	104
---------------------------------	-----

33-§. Ёруғлик дисперсияси. Ёруғликнинг қутбланиши	107
---	-----

6-боб. Геометрик оптика

24-§. Ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиши	114
--	-----

25-§. Ёруғликнинг қайтиш ҳодисаси. Ясси кўзгу	118
---	-----

26-§. Ёруғликнинг синиш ҳодисаси	121
--	-----

27-§. Линзалар. Юпқа линза формуласи	127
--	-----

28-§. Линзада тасвир ясаш. Оптик асбоблар	135
---	-----

IV бўлим. КВАНТ ФИЗИКАСИ

7-боб. Атом ва квант физикаси

29-§. Ёруғликнинг корпускуляр-тўлқин табиатининг бирлиги	143
30-§. Спектрлар. Спектрал анализ, спектрал аппаратлар	146
31-§. Электромагнит нурланиш шкаласи.....	151
32-§. Фотоэффект	156
33-§. Ёруғликнинг кимёвий таъсири	161
34-§. Рентген нурлари	165

8-боб. Атом ядроси физикаси

35-§. Табиий радиоактивлик	170
36-§. Радиоактив емирилиш қонуни	177
37-§. Атом ядроси.....	181
38-§. Ядронинг нуклон модели.....	184
39-§. Ядродаги нуклонларнинг боғланиш энергияси	188
40-§. Ядро реакциялари. Сунъий радиоактивлик	192
41-§. Оғир ядроларнинг бўлиниши	197
42-§. Занжир ядро реакциялари	200
43-§. Радиоактив нурларнинг биологик таъсири. Радиациядан ҳимояланиш	203
44-§. Ядро реактори. Ядро энергетикаси	205

VI бўлим. НАНОТЕХНОЛОГИЯ ВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

9-боб. Нанотехнология ва наноматериаллар

45-§. Нанотехнологиянинг асосий ютуқлари, муҳим масалалари ва ривожланиш босқичлари. Наноматериаллар	211
--	-----

VII бўлим. КОСМОЛОГИЯ

10-боб. Космология

46-§. Астрономия, астрофизика ва космология	215
47-§. Юлдузлар олами. Юлдузларгача масофа.....	217
48-§. Бизнинг галактика. Бошқа галактикаларнинг кашф қилиниши. Квазарлар	225
49-§. Катта портлаш назарияси. Қизилга силжиш ва галактикаларгача масофани аниқлаш. Коинотнинг кенгайиши.....	229

Лаборатория ишлари

1-лаборатория иши. Трансформатор чулғамининг сонини аниқлаш.....	234
2-лаборатория иши. Дифракцион панжара ёрдамида ёруғликнинг тўлқин узунлигини аниқлаш	235
3-лаборатория иши. Ёруғлик қутбланишини аниқлаш.....	236
4-лаборатория иши. Шишанинг синдириш кўрсаткичини яssi параллел пластинка ёрдамида аниқлаш	237
5-лаборатория иши. Ярим емирилиш даврини аниқлаш.....	238
Ўқувчиларнинг лойиҳалаш-тадқиқот ишлари учун топшириқлар.....	240
Глоссарий	242
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати	245



Учебное издание

**Туякбаев Сабыр
Насохова Шолпан Бабиевна
Кронгарт Борис Аркадьевич
Абишев Медеу Ержанович**

ФИЗИКА

**Учебник для 11 классов
общественно-гуманитарного направления
общеобразовательных школ
(на узбекском языке)**

**Мұхаррір И. Гаипова
Бадий мұхаррір А. Сланова
Техник мұхаррір Л. Садикова
Компьютерда сақиғалаган Г. Алимшееева**

Нашриётта 7 июль 2003 йилда Қозогистон Республикаси Таълим ва фан министрлигининг № 0000001 давлат лицензияси берилган

ИБ № 6253

**Нашрға 17.08.20 рухсат этилди. Ҳажми $70 \times 100^{1/16}$.
Офсет қофози. Ҳарф тури “SchoolBook Kza”. Офсет нашри.
Шартли босма табоғи $20,0 + 0,32$ форзац. Шартли бүёқ тамғаси 81,32.
Нашр ҳисоб табоғи $12,98 + 0,54$ форзац. Адади 3500 дона.
Буюртма №**

**“Мектеп” нашриёти, 050009, Алмати шаҳри, Абай шоҳ кўчаси, 143
Факс: 8(727) 394-42-30, 394-37-58
Тел.: 8(727) 394-42-34
E-mail: mekter@mail.ru
Web-site: www.mekter.kz**

