

ФИЗИКА

1-ҚИСМ

11

Умумтаълим мактабларининг табиий-математик
йўналишдаги 11-синфи учун дарслик

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. К. Мусаева

**Физика. Умумтаълим мактабларининг табиий-математик йўналишдаги
Ф49 11-синфи учун дарслик. 1-қисм / С. Тұяқбаев, Ш. Б. Насохова, Б. А. Кронгарт,
М. Е. Абишев. — Алмати: Мектеп, 2020. — 240 б., расм.**

ISBN 978—601—07—1556—1

**Ф 4306021200—135
404(05)—20 72(1)—20**

**УДК 373.167.1
ББК 22.3я72**

ISBN 978—601—07—1556—1

© Тұяқбаев С., Насохова Ш.Б.,
Кронгарт Б.А., Абишев М.Е., 2020
© Таржимон Мусаева В.К., 2020
© “Мектеп” нашриёти, бадиий
безак берган, 2020
Барча ҳуқуқлари ҳимояланган
Нашрға оид мулкий ҳуқуқлар
“Мектеп” нашриётига тегишли

I бўлим. ТЕБРАНИШЛАР

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

II бўлим. ТЎЛҚИНЛАР

- 4-боб. Тўлқин ҳаракат**
- 5-боб. Электромагниттўлқинлар**

III бўлим. ОПТИКА

- 6-боб. Тўлқин оптика**
- 7-боб. Геометрикоптика**

Шартлы 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 чўққиларини эгаллашингиз учун асосдир. Синфлар бўйича бир қатор дарсликларнинг якуний қисми бўлган қўлингиздаги китоб илгари ёритилган материалларни чуқурроқ таҳлил қиласи ва мустақил равишда билим олишга ундейди.

Агар сиз табиий-математик ёки техник мутахассиликни танлаган бўлсангиз, у ҳолда янгишмадингиз. Замонавий дунёда тамаддуннинг глобал ривожланиш 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 келтирди. Замонавий тарихнинг ушбу босқичида инсоният заковатининг янада ривожланишига ҳисса қўшадиган энг янги ускуналар ва компьютерлар яратилди. Нанотехнологиянинг жадал ривожланиши ва ютуқлари замонавий дунёни кескин ўзгартирмоқда. Бугунги кунда фан юқори босқичга кўтарилди.

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

Хозирги вақтда Қозоғистон ўз муҳандисларига, олимларига, яъни ҳалқ хўжалигининг техник соҳаларига ихтисослашган мутахассисларга мухтоҷ. Шунинг учун ҳам физикани чуқур ўзлаштириш жуда муҳимдир. Дарслик материаллари сиз илгари ўрганган физиканинг барча бўлимларини қамраб олган, аммо сизда физика ҳақида фан сифатида яхлит тасаввур ҳосил бўлиши учун уларни янада юқори илмий ва услубий даражада ёритиб беради. Тиришқоқ ва бардошли бўлсангиз бошлаган ишингизнинг ижобий якунини кўрасиз, яъни “илм излаган, уни топади”. Мақсадга эришишда муваффақиятлар 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
- ✓ гармоник тебранишлар тенгламалари
- ✓ гармоник тебранишлар графиклари



Бугун дарсда:

- механик гармоник тебранишлар ҳақида билимингизни чукурлаштирасиз;
- 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. Шундай қилиб, 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 турли тебранма жараёнлар рўй беради: беланчакнинг тебраниши, йўлни таъмирлаш ишлари, кўприк устидан ҳаракатланган транспорт воситалари, электр тармоқлари, инсонларнинг ўзаро мулоқоти, турли торли асбобларни чалиш (1.1, а, б, в, г, д-расмлар) шулар жумласидандир.

Сиз тебранишларнинг баъзи тавсифлари билан 9-синфда танишгансиз.

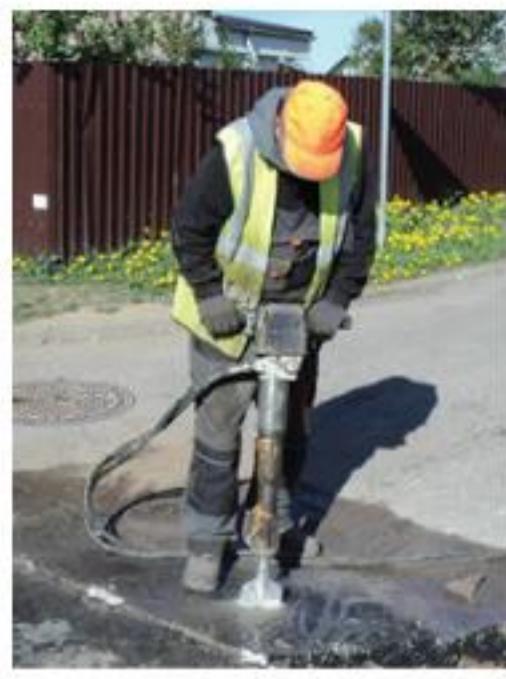
Сиз буни биласиз

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

Даврий жараённинг табиатига кўра тебранишлар механик ва электромагнит бўлиб иккига бўлинади. Турли табиатга эга тебранишларни тавсифловчи тенгламаларнинг ёзилиш шакли ҳам, уларни тавсифловчи параметрлар ҳам бир хил. Шунинг учун мазкур бобда



а)



б)



в)



г)



д)

1.1-расм. Турли табиатта әга тебранишларга мисоллар

биз дастлаб механик, сүнгра электромагнит тебранишларни ўқиб ўрганамиз.

Сиз буни биласиз

Тебранишларнинг асосий тавсифлари:

Тебранишлар даври (T) деб система дастлабки ҳолатига қайтадиган энг қисқа вақт оралиғига айтилади, яғни жисм бир давр ичиде бир марта түлиқ тебранади.

Тебраниш частотаси (v) деб 1 с ичидаги тебранишлар сонига тенг катталикка айтилади, у даврга тескари қийматта тенг: $v = 1/T$. Ўлчов бирлиги — герц.

Тебраниш амплитудаси (x_m) деб тебранаётган физик катталикнинг қабул қилиши мүмкін бўлган максимал қийматига айтилади.

Механик тебранишлар *эркин* ва *мажбурий* бўлиши мумкин. Эркин тебранишлар содир бўладиган физик система *тебранишлар системаси* дейилади.

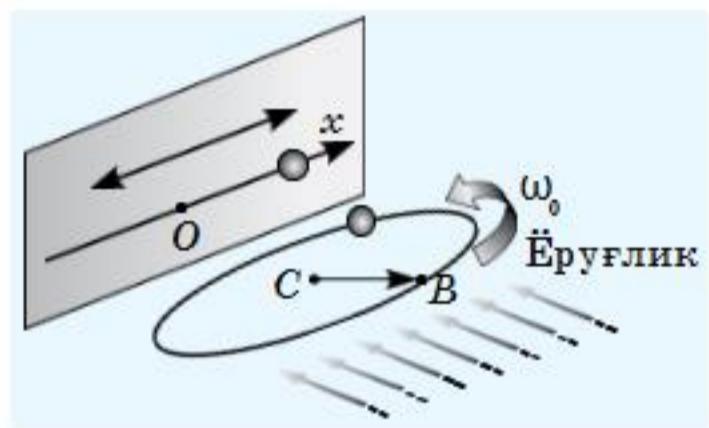
Мувозанат вазиятидан четга чиқарилгандан сўнг система ички кучлар таъсирида эркин тебранишларни амалга оширади. Даврий равища ўзгарадиган, ташқи кучлар таъсирида содир бўладиган тебранишлар *мажбурий тебранишлар* дейилади. Энг содда тебранма жараён — гармоник тебранишлардир.

Механик гармоник тебранишлар. Механик ҳаракатни тавсифловчи физик катталиқ (күчіш, тезлик, тезланиш ва бошқа) ларнинг даврий равишида үзгариши **механик тебранишлар** дейилади. Бунга мисол тариқасида мувозанат ҳолати атрофида тебранадиган моддий нұқта ёки жисмни келтириш мүмкін.

Айланы бүйлаб текис ҳаракатланған моддий нұқта ҳам даврий ҳаракатланади, чунки у түлиқ бир марта айланиб чиққанда бошланғич вазиятига қайтади. Бу пайтда айланы текислигига перпендикуляр жойлашған экранда моддий нұқтанинг проекцияси тебранади.



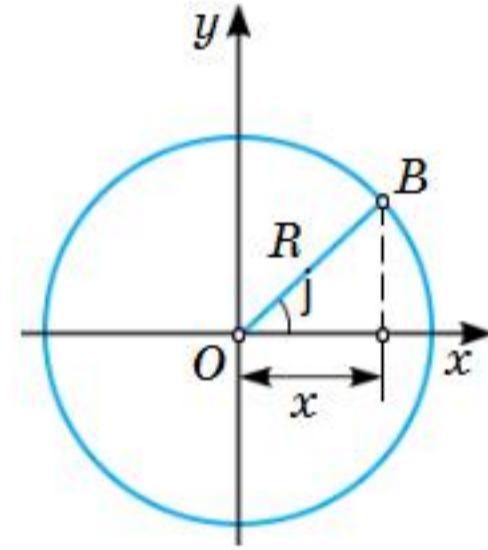
Илмоқли кичик шарни 50 см узунлиқдаги мустақам ингичка ипга боғлаб, ипнинг иккінчи үчидан ушлаб, уни айлантирип, 1.2-расмда күрсатылғандек ёритамиз. Бунда шар айланы бүйлаб текис ҳаракатланади, унинг айланы текислигига перпендикуляр жойлашған экрандаги сояси айланы марказининг экранга проекцияси бўлган О нұқта атрофидатебранади.



1.2-расм

1.2-расмдан кўринадики, шарча соат милига қарама-қарши йўналишда үзгармас ω_0 бурчакли тезлик билан ҳаракатланади. Чизмада шарчанинг ҳаракати расм текислигига, экран эса унга перпендикуляр, горизонтал жойлашған. Шарнинг сояси (проекцияси) ўша экранда жойлашған x ўқ бўйича тебранади.

Айлананинг С марказининг x ўқига проекциясини O ҳарфи билан белгилаймиз, у ҳолда айланы бүйлаб ҳаракатланған B моддий нұқта (шар)нинг проекцияси O нұқта атрофида тебрана бошлайди, унинг берилған пайтдаги мувозанат вазияти (O нұқта)дан силжишини x ҳарфи билан, максимал силжишини $x_m = R$ ҳарфи билан белгилаймиз. Вакт бўйича x силжишнинг қандай үзгаришини аниқлаймиз. 1.3-расмдан кўринадики,



1.3-расм. Айланы бүйлаб ҳаракат ва тебранишлар тажрибасининг чизмаси

$$x = R \cos \phi. \quad (1.1)$$

B нұқта айланы бүйлаб текис ҳаракатланғани учун, унинг бурчак тезлиги $\omega_0 = \frac{\phi}{t}$. Агар бошланғич $t_0 = 0$ пайтда B нұктанинг вазияти ϕ_0 бурчакка мос келса, у ҳолда t пайтда қуйидагича бўлади:

$$\phi = \omega_0 t + \phi_0.$$

Үша қийматни (1.1) тенгламага қўйиб,

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

эга бўламиз. Шундай қилиб, моддий нуқтанинг айланы бўйлаб текис ҳаракатида унинг айланы текислигига перпендикуляр жойлашган текисликка проекцияси x (силжиши) мувозанат вазияти атрофида тебранади. Бу тебранишлар (1.2) тенгламага кўра косинус қонунига мувофиқ ўзгаради.

Айланы бўйлаб ҳаракатланган B нуқтанинг вертикал экрандаги ўққа проекцияси эса мувозанат вазияти атрофида

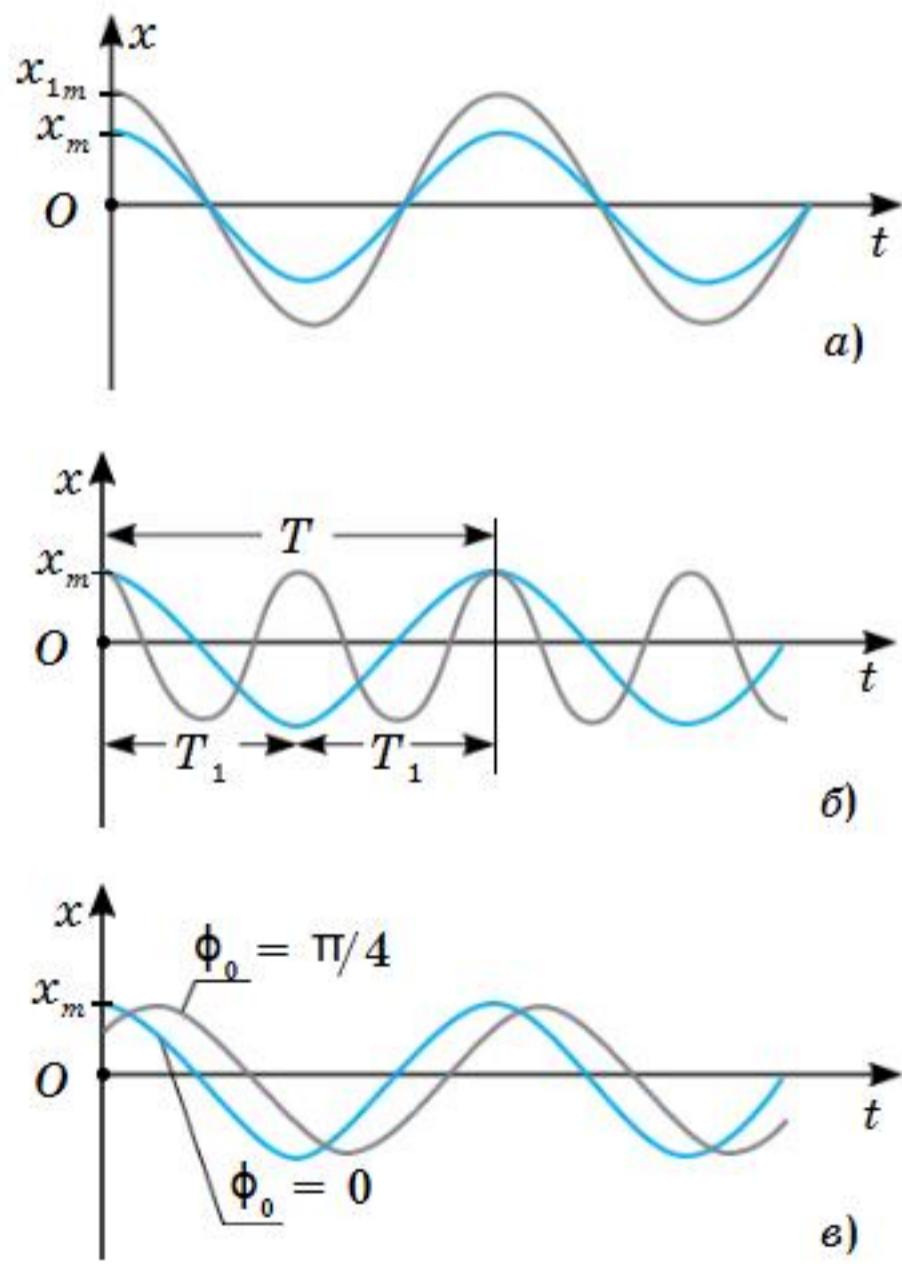
$$x = x_m \sin(\omega_0 t + \phi_0) \quad (1.3)$$

тенгламага мувофиқ тебранади.

Физик катталиктининг вақт ўтиши билан синус ёки косинус қонунига мувофиқ даврий ўзгаришлари гармоник тебранишлар дейилади.

Шундай қилиб, (1.2) ва (1.3) ифодалар гармоник тебранишлар тенгламасидан иборат. Ушбу иккита тенгламанинг қайси биридан фойдаланиш қулай эканлигини дастлабки шартларга қараб танлаб олиш мумкин.

Ушбу тенгламаларда x — силжиш, x_m — тебраниш амплитудаси, ω_0 — хусусий тебранишларнинг доиравий (циклик) частотаси, t — вақт.



1.4-расм. Гармоник тебранишлар графиклари

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 тебранишларда тебранишни тавсифловчи катталиклар: жисмнинг мувозанат вазиятидан силжиши, тезлик, тезланиш, механик энергиядан иборат.

Гармоник тебранишларнинг амплитудаси x_m , даври T (частотаси v) ва бошланғич фазаси ϕ_0 турли қийматларни қабул қилган ҳоллардаги графикиларини қараб чиқамиз (1.4-расм).

1.4, *a*-расмда тебранишлар даври ва бошланғич фаза $\phi_0 = 0$ бир хил бўлганда амплитуданинг икки хил $x_{1m} > x_m$ қийматларига мос келувчи (1.2) тенгламанинг графиклари кўрсатилган.

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

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

Агар моддий нүкта гармоник тебранишларни амалга оширса, унинг тезлиги ва тезланиши ҳам даврий равища ўзгаради. Тезлик ва тезланишнинг ўзгариш қонуниятларини аниқлаймиз. Моддий нүкта x ўқ бўйлаб тебранаётган бўлсин, у ҳолда тезлик вектори ҳам ўша ўқ бўйлаб йўналади. Тезликни силжишнинг вақт бўйича биринчи тартибли ҳосиласи сифатида топиш мумкин:

$$\begin{aligned} v &= v_x = x'(t) = -\omega_0 x_m \sin(\omega_0 t + \phi_0) = \omega_0 x_m \cos\left(\omega_0 t + \phi_0 + \frac{\pi}{2}\right); \\ v &= v_m \cos\left(\omega_0 t + \phi_0 + \frac{\pi}{2}\right), \end{aligned} \quad (1.4)$$

бу ерда $v_m = \omega_0 x_m$ — тебранишлар тезлигининг амплитудаси.

(1.2) ва (1.4) ифодаларни таққослаб, тезлик тебранишлари силжиш тебранишларидан фаза бўйича $\left(\frac{\pi}{2}\right)$ қадар олдинда боришини кўриш мумкин (1.5, а, б-расмлар). Ушбу тезлик модулининг максимал қийматлари моддий нүктанинг мувозанат вазиятидан ўтишига ($x = 0$) мос келишини билдиради.

Гармоник тебранишларда $a = a_x$ тезланиши тезликнинг биринчи тартибли ҳосиласи сифатида аниқлаймиз:

$$a = v'(t) = -\omega_0^2 x_m \cos(\omega_0 t + \phi_0) = -\omega_0^2 x(t). \quad (1.5)$$

Охирги (1.5) формулани қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$a = a_m \cos(\omega_0 t + \phi_0 + \pi), \quad (1.6)$$

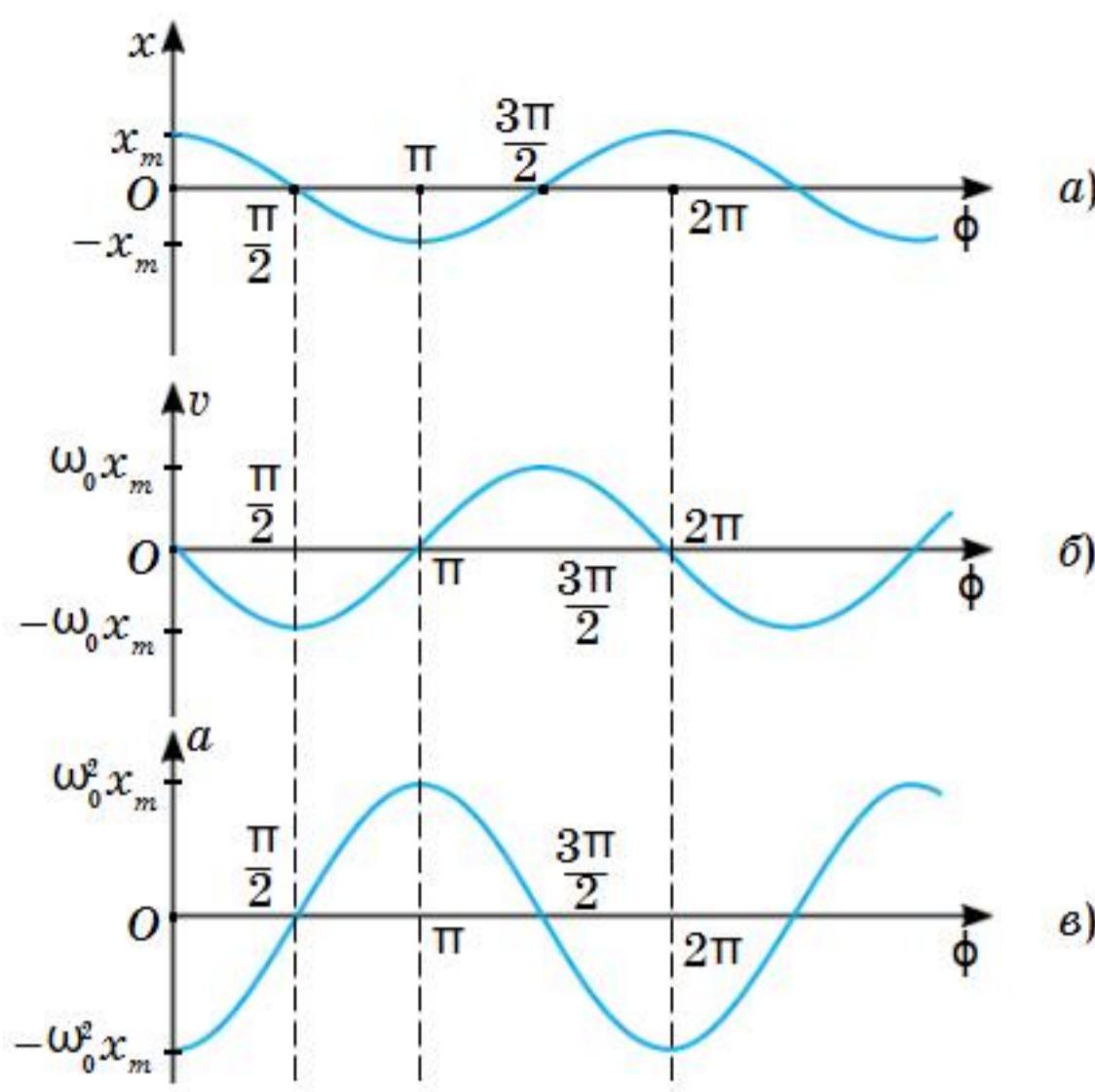
бу ерда $a_m = \omega_0^2 x_m$ — моддий нүктанинг тебранишлар тезланишининг амплитудаси.

(1.5) ифодадаги “–” ишора $a(t)$ тезланиш ишораси ҳар доим $x(t)$ силжиш ишорасига қарама-қарши бўлишини кўрсатади. Бинобарин, Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофик, жисмни гармоник тебранишларга мажбурловчи куч ҳар доим ($x = 0$) мувозанат вазиятига томон йўналган бўлади.

(1.2) ва (1.6) ифодаларни таққослаб, биз тебранувчи нүктанинг силжиши ва тезланиши муттасил қарама-қарши фазада содир бўлади деган холосага келамиз (1.5, а, в-расмлар).

Механик тебранишлар энергияси. Механик тебранишлар мобайнида тебраниш системасининг кинетик энергияси потенциал энергияга ва аксинча, потенциал энергиянинг кинетик энергияга айланиш жараёни узлуксиз содир бўлади.

Кинетик энергияни илгаридан маълум бўлган $E_k = \frac{mv^2}{2}$ формула билан аниқлаймиз.



1.5-расм. Гармоник тебранаётган жисмнинг силжиши, тезлиги ва тезланиши графиклари

Үша ифодага тебранишлар тезлигини $v = x'(t) = -x_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0)$ күйамиз:

$$E_k = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{2} \sin^2(\omega_0 t + \phi_0).$$

Алмаштиришларни бажарғандан кейин

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

эга бўламиз. Хулоса шуки, механик тебранишлар жараёнида система менинг кинетик энергияси ўзининг тебранишлар частотасидан икки баравар юқори частотали гармоник тебранишларни амалга оширади.

Потенциал энергия қўйидаги формула билан аниқланади: $E_p = \frac{kx^2}{2}$.

Бунга $x = x_m \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ ифодани қўйсак, $E_p = \frac{kx_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \phi_0)}{2}$; $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$;

$k = \omega_0^2 m$ бўлгани учун, $E_p = \frac{m\omega_0^2 x_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \phi_0)}{2}$ ва $\cos^2(\omega_0 t + \phi_0) =$

$= \frac{1 + \cos^2(\omega_0 t + \phi_0)}{2}$ эканини эътиборга олиб, қўйидагиларга эришамиз:

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

Шундай қилиб, системанинг потенциал энергияси ҳам $2\omega_0$ циклик частота билан гармоник тебранади.

Тебраниш системасининг түлиқ механик энергиясини анықтаймиз:

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

Бундан

$$E = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{2}. \quad (1.7)$$

Тебраниш системасининг түлиқ механик энергияси вақтга боғлиқ әмас ва гармоник тебранишлар учун үзгармас күттегілдік бўлиб ҳисобланади.

Эслабқолинг!

Биз энергия исрофи бўлмаган идеал тебраниш системасининг эркин гармоник тебранишлари қонунларини кўриб чиқдик. Реал (ҳақиқий) тебраниш системаларида ҳар доим у ёки бу миқдорда энергия исрофи бўлади ва эркин тебранишлар аста-секин сўнади.



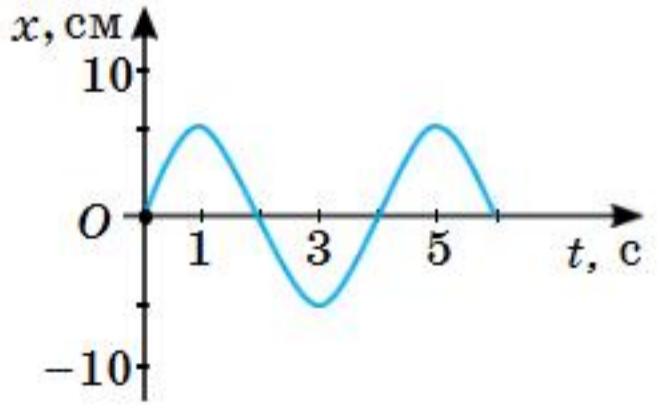
1. Тебранишиңа ракатнинг бошқа турларидан қандай ажратиш мумкин?
2. Тебраниш жараёнларига мисоллар келтиринг.
3. Қандай тебранишлар гармоник тебранишлар деб аталади?
4. Гармоник тебранишлар тенгламасини ёзинг.
5. Тебранишлар амплитудаси, даври, частотаси деб нимага айтилади?
6. Тебранишлар частотаси v ва ω циклик частота ўртасида қандай боғланиш бор?
7. 1.4-расмда кўрсатилган тебранишлар бир-биридан нима билан фарқ қилишини тушунтиринг.
8. Гармоник тебранишлар жараёнда моддий нуқта тезлигива тезланиши қандай ўзгаради?
- *9. Механик гармоник тебранишлар жараёнда энергиялмашиниши ҳақида гапириб беринг.
- *10. Вақтнинг бошланғич $t_0 = 0$ пайтида моддий нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжиши тебранишлар амплитудасига тенг бўлади. Ушбу нуқтанинг гармоник тебранишларини тавсифлаш учун (1.2) ёки (1.3) тенгламалардан қайси бирини фойдаланиш қулай. Нима учун?



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



1. 1.6-расмдатасвирланган графикдан тебранишлар амплитудасини, даври ва частотасини, бошланғич фазасини аниқланг.
2. Тебранишлар тенгламасини ёзинг.
3. Тебранишлар тенгламасидан тезлик ва тезланиш тенгламаларини келтириб чиқаринг.
4. Тезлик ва тезланишнинг амплитудавий қиймаларини аниқланг.
5. $v = v(t)$ ва $a = a(t)$ тенгламаларнинг графикиларини ясанг.



1.6-расм

Масала ечиш намуналари

1-масала. Моддий нүктанинг тебранишлар тенгламаси $x = 7\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ (см). Тебранишлар амплитудасини, даврини ва бошланғич фазани топинг. Моддий нүктанинг $t = 2$ пайтдаги тезлиги ва тезланишини топинг.

Берилган:

$$x = 7\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ (см)}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

Топиш керак:

$$x_m - ? \quad \phi_0 - ? \quad T - ? \\ a - ? \quad v - ?$$

Ечилиши. Масаланинг шартида берилған тенгламани гармоник тебранишлар $x = x_m \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ тенгламаси билан таққослаган ҳолда аниқлаймиз: $x_m = 7$ см, $\omega_0 = \pi$, $\phi_0 = \frac{\pi}{3}$, бундан $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{6,28}{3,14 \text{ с}^{-1}} = 2$ с.

Моддий нүктанинг тебранишлар тезлигининг тенгламаси:

$$v = x'(t) = -x_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0) = -7\pi \sin\left(2\pi + \frac{\pi}{3}\right);$$

$$v = -7 \text{ см} \cdot 3,14 \text{ с}^{-1} \cdot \sin\left(2\pi + \frac{\pi}{3}\right) = -22 \cdot 0,87 \text{ см/с} = -19 \text{ см/с.}$$

“–” ишора $t = 2$ пайтдаги тезлик вектори x ўқига қарама-қарши йўналганлигини кўрсатади.

Тезланиши аниқлаймиз: $a = v'(t) = -\omega_0^2 x_m \cos(\omega_0 t + \phi_0) = -\omega_0^2 x(t);$

$$a = v'(t) = -\pi^2 \cdot 7 \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right) = -(3,14 \text{ с}^{-1})^2 \cdot 7 \text{ см} \cdot \cos\left(2\pi + \frac{\pi}{3}\right) = \\ = -9,86 \text{ с}^{-2} \cdot 7 \text{ см} \cdot 0,5 = -34,5 \text{ см/с}^2.$$

“–” ишора тезланиш тебранаётган катталикнинг силжиш йўналишига қарама-қарши, яъни мувозанат вазиятига томон йўналганлигини кўрсатади.

2-масала. 5 г массали жисм $x = 0,1 \sin \frac{\pi}{2} \left(t + \frac{1}{3}\right)$ (м) тенглама билан тавсифланувчи тебранишларни амалга оширади. Тебраниш бошлангандан 20 с ўтганда кинетик ва потенциал энергиянинг қийматлари қандай бўлади?

Берилган:

$$x = 0,1 \sin \frac{\pi}{2} \left(t + \frac{1}{3}\right) \text{ (м)}$$

$$m = 5 \text{ г} = 0,005 \text{ кг}$$

$$t = 20 \text{ с}$$

Топиш керак:

$$E_k - ? \quad E_p - ? \quad E - ?$$

Ечилиши. Кинетик энергияни топиш учун

маълум бўлган $E_k = \frac{mv^2}{2}$ формуладан фойдаланамиз. Дастрраб тезликни аниқлаймиз:

$$v = x'(t) = -0,1 \cdot \frac{\pi}{2} \cos \frac{\pi}{2} \cdot \left(t + \frac{1}{3}\right),$$

бундан

$$E_k = \frac{m}{2} \left[0,1 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \cos \frac{\pi}{2} \left(t + \frac{1}{3}\right) \right]^2 = 0,01 \frac{m\pi^2}{8} \cos^2 \frac{\pi}{6};$$

$$E_k = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \frac{0,005 \text{ кг} \cdot (3,14 \text{ с}^{-1})^2}{8} \cdot (0,87)^2 = 47 \cdot 10^{-6} \text{ Ж} = 47 \text{ мкЖ.}$$

Энди потенциал энергияни аниқлаймиз. Масаланинг шартида берилған тенгламадан $\omega_0 = \frac{\pi}{2}$ эканини күриш мүмкін ва $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$; $k = \omega_0^2 m$ ифодани қўлланамиз:

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{m\omega_0^2}{2} \cdot 0,01 \sin^2 \left(10\pi + \frac{\pi}{6} \right) = 0,01 \frac{m\omega_0^2}{2} \cdot \sin^2 \frac{\pi}{6};$$

$$E_p = \frac{0,01 \text{ м}^2 \cdot (3,14 \text{ с}^{-1})^2 \cdot 0,005 \text{ кг}}{8} \cdot \frac{1}{4} = 15 \text{ мкЖ.}$$

Тебранишларнинг тўлиқ энергиясини дастлаб (1.7) ифодадан топамиз:

$$E = \frac{mx_m^2 \omega_0^2}{2} = \frac{0,005 \text{ кг} \cdot (0,1 \text{ м})^2 \cdot (3,14 \text{ с}^{-1})^2}{2} = 62 \text{ мкЖ.}$$

Иккинчи томондан, $E = E_k + E_p = 47 \text{ мкЖ} + 15 \text{ мкЖ} = 62 \text{ мкЖ.}$

Хисоблашларни икки хил усулда бажариб, бир хил натижага эга бўлдик.

1-машқ

1. Моддий нуқта $\Delta t = 1,0$ мин вақт оралиғида $N = 120$ марта тебранади. Унинг T тебраниш даврини, V частотасини ва ω_0 циклик частотасини топинг.

Жавоби: $0,5 \text{ с}$; 2 с^{-1} ; $12,56 \text{ рад/с.}$

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

Жавоби: 5 см ; 2 с ; $0,5 \text{ с}^{-1}$.

3. Гармоник тебранишлар тенгламаси: $x = 0,15 \cos \left(0,6\pi t + \frac{\pi}{3} \right)$ (м). Тебранишлар амплитудасини, бошланғич фазасини ва даврини аниқланг.

Жавоби: $0,15 \text{ см}$; $3,3 \text{ с}$; $\frac{\pi}{3}$.

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

Жавоби: $x = 0,07 \cos \pi t$ (см).

5. Тебранишлар фазаси $\frac{\pi}{3}$ бўлгандан силжиш 1 см ни ташкил қиласи.

Агар тебранишлар фазаси $\frac{3\pi}{4}$ бўлса, силжишни ва тебранишлар амплитудасини топинг.

Жавоби: $x = -1,4 \text{ см}$; $x_m = 2 \text{ см.}$

- *6. Косинус қонунига мувофиқ содир бўладиган гармоник тебранишларнинг бошланғич фазаси $\phi_0 = -\pi$, тебраниш амплитудаси 6 см, циклик частотаси $\omega_0 = 3\pi$ рад/с. Нуқтанинг бошланғич пайтдаги мувозанат ҳолатидан силжиши қандай?

Жавоби: $x = -6 \text{ см.}$

- *7. Жисм 0,1 м амплитуда, 2 Гц частота ва $\frac{\pi}{6}$ бошланғич фазада гармоник тебранмоқда. Агар жисм тебранишларининг тўлиқ энергияси 7,7 мЖ бўлса, унинг массаси қандай?

Жавоби: 0,0097 кг.

2-§. Математик ва пружинали маятниклар



Таянч тушунчалар:

- ✓ мувозанат вазияти
- ✓ силжиш
- ✓ математик маятник
- ✓ математик маятник-нинг тебраниш даври
- ✓ пружинали маятник
- ✓ пружинали маятник-нинг тебраниш даври



Бугун дарсда:

- аналитика ва эксперименталу сулдаматематиква пружинали маятникларнинг тебранишларини ўргана сиз.

Математик маятник гармоник тебранишларни амалга ошира оладиган тебраниш системасининг модели бўлиб ҳисобланади.

Сиз буни биласиз

Математик маятник деб чўзилмайдиган вазнсиз ипга осилган моддий нуқтага айтилади (2.1-расм).

Мувозанат вазиятида, маятник вертикаль осилиб турганда оғирлик кучи $m\vec{g}$ ипнинг \vec{T} таранглик кучи билан мувозанатлашади. Маятник мувозанат вазиятидан бирор α бурчакка оғганда оғирлик кучининг уринма бўйлаб йўналган $F_{\tau} = -mgsin\alpha$ ташкил этувчи пайдо бўлади. Бу ифодадаги “–” ишора уринма бўйлаб йўналган ташкил этувчи маятникнинг оғиш йўналишига қарама-қарши йўналганини кўрсатади.

Ньютоннинг иккинчи қонунини тезланиш ва куч векторларининг уринма йўналишига проекцияларини ёзамиз:

$$ma_{\tau} = F_{\tau} = -mgsin\alpha.$$

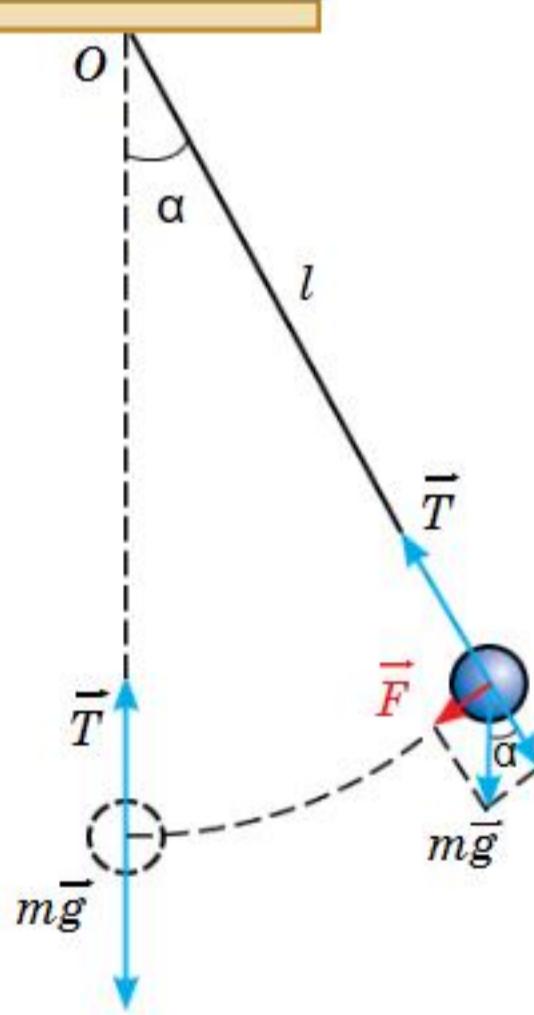
Оғиш бурчагининг кичик қийматлари учун α бурчак $(15-20)^\circ$ дан ошмагандан,

$$\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha = \frac{x}{l}$$

муносабат бажарилади. Шундай қилиб, математик маятникнинг кичик тебранишлари учун Ньютоннинг иккинчи қонунини қўйидагича ифодалаш мумкин:

$$ma_{\tau} = -m\frac{g}{l}x. \quad (2.1)$$

2.1-расм. Математик маятник



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (2.2)$$

Белгилашни киритиб, уринма тезланишни силжишнинг иккинчи тартибли ҳосиласи сифатида аниқлаймиз. У ҳолда (2.1) ифодани қуидаги күринишда ёзиш мумкин:

$$x'' + \omega_0^2 x = 0. \quad (2.3)$$

(2.3) тенглама m массали моддий нуктанинг гармоник тебранишларининг дифференциал тенгламаси. Дарxaқиқат, математика курсидан маълумки, ушбу иккинчи тартибли дифференциал тенгламанинг ечими (1.2) тенглама бўлиб, математик маятникнинг кичик тебранишлари гармоник бўлади.

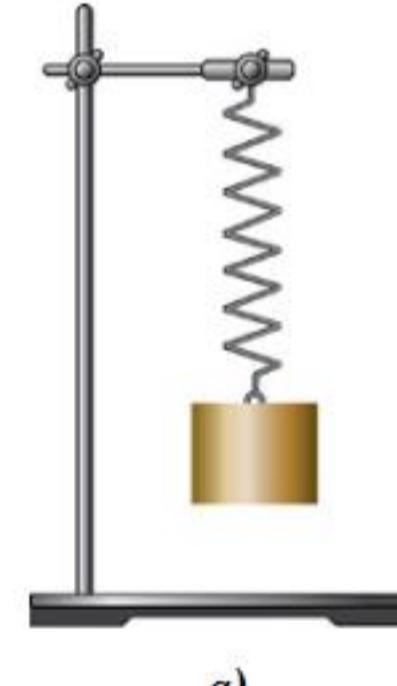
(2.2) ифода — математик маятник кичик тебранишларининг хусусий частотасининг формуласи. Жумладан, математик маятникнинг тебраниш даври қуидагида:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (2.4)$$

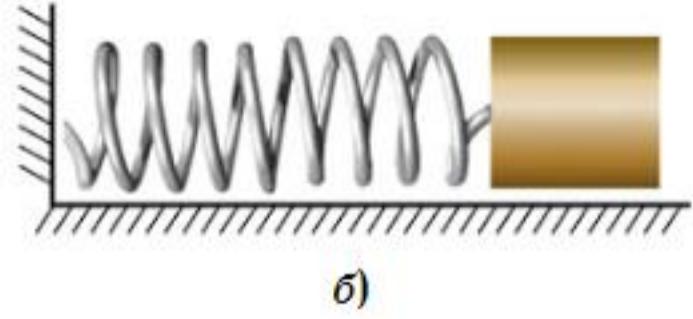
Бу — Гюйгенс формуласи. Математик маятникнинг хусусий тебранишлар даври фақат унинг узунлиги билан эркин тушиш тезланишига боғлиқ. У тебранишлар амплитудасига ҳам, ипнинг вертикальдан (кичик бурчаклар учун) оғиш бурчагига ҳам боғлиқ эмас.

Пружинали маятник. Пружинали маятник — абсолют эластик, оғирликсиз пружина ва m массали моддий нуктадан (кичик оғир жисм) иборат тебраниш системасидир. Пружинали маятник вертикаль (2.2, а-расм) ёки горизонтал (2.2, б-расм) бўлиши мумкин.

Горизонтал пружинали маятникни кўриб чиқамиз. Диаметри бўйлаб пармалаб тешилган, горизонтал ўзак(стержень)ка ўрнатилган кичик шарча шу ўзак бўйлаб ишқаланишсиз сирпана олади. Ўзак иккита вертикаль таянчга маҳкамланган. Пружинанинг бир учи кичик оғир жисмга, иккинчи учи таянчга маҳкамланган (2.3-расм). Пружина деформацияланмагандан, шар С мувозанат вазиятида бўлади. Агар пружинани чўзиш ёки сиқиши орқали шар мувозанат вазиятидан чиқарилса, унга пружина томонидан эластиклик кучи таъсир кўрсата бошлайди ва бу



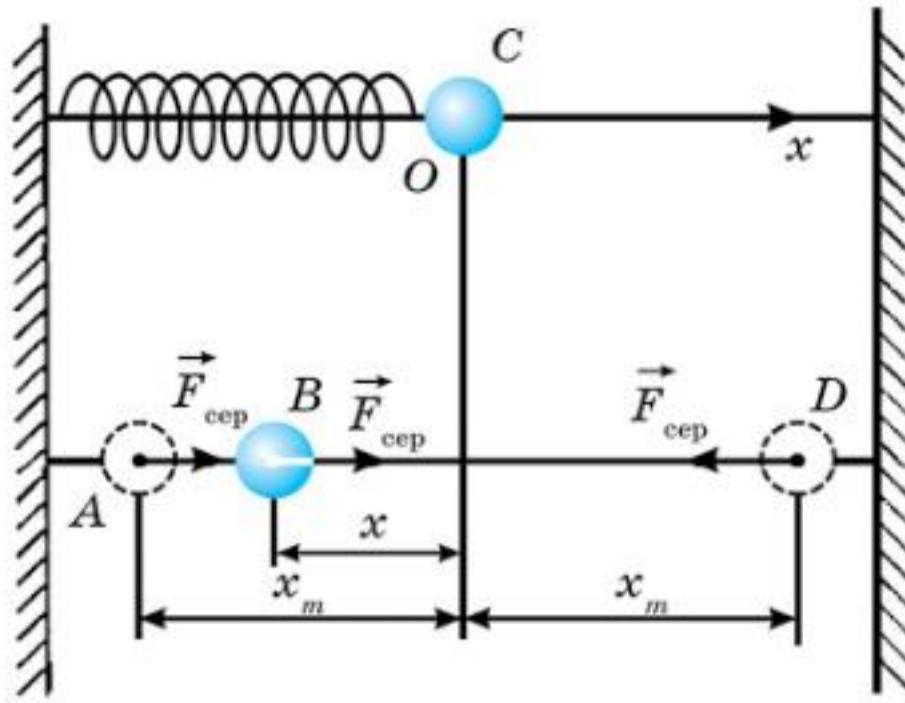
a)



б)

2.2-расм. Пружинали маятниклар:

а) вертикаль, б) горизонтал



2.3-расм. Горизонтал пружинали маятникнинг чизмаси

Бундан $a = \frac{F_{\text{пруж.}}}{m} = -\frac{k}{m}x$. Тезланиш ўрнига силжишнинг вақт бўйича иккинчи тартибли ҳосиласини қўйиб, қўйидаги белгилашларни киритамиш:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}. \quad (2.5)$$

Керакли алмаштиришлардан кейин ўзимизга маълум тенгламани ҳосил қиласиз: $x'' + \omega_0^2 x = 0$. Бундан *пружинали маятникнинг кичик тебранишлари гармоник тебранишлардан иборат* деган холосага келиш мумкин.

Тебраниш даврининг $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ формуласига (2.5) ифодани қўйиб, пружинали маятникнинг тебраниш даври формуласини ҳосил қиласиз:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (2.6)$$

Эслабқолинг!

Тебранишлар амплитудасининг кичик қийматларида математиква пружинали маятникларнинг тебранишлари гармоник тебранишлардан иборат бўлади.

БУ ҚИЗИҚ!

Фуко маятниги — экспериментал асбоб бўлиб, унинг ёрдамида Ернинг суткалик айланишини кузатиш мумкин.

Уни француз физиги, Париж Фанлар академиясининг аъзоси Жан Бернард Леон Фуко ихтиро қилган.

Жан Фуко дастлабўз тажрибасини 1851 йил 8 январда Париждаги Пантеон гумбази остида намойиш қилди. Фуко маятниги 67 м узунликдаги пўлат симдан иборат бўлиб, унга 28 кг массалиюкни осиб, юкнинг остига металлтаёқчани маҳкамладива маятникни Пантеон гумбазининг остига жойлаштириди.

куч ҳар доим мувозанат вазиятига томон йўналади. Қелинг, пружинани сиқиб, уни қўйиб юборайлик. Эластиклик кучи таъсирида шарча $a = \frac{F_{\text{эл}}}{m}$ тезланиш билан мувозанат вазиятига томон ҳаракатлана бошлиди, бу ерда m — шарнинг массаси.

Пружинанинг деформацияси кичик бўлганда Гук қонуни бажарилади:

$$F_{\text{пруж.}} = -kx,$$

Маятникнинг остига маркази аниқ таёқча остида жойлашган, диаметри тахминан 6 метр бўлган айлана девор қурилди ва унинг устига қум тўлдирилди. Маятник вертикальдан оғдирилганда, у тебрана бошлайди. Ўша пайтда маятникнинг учқур таёқчаси девор устидан ўтган сайин таёқчанинг учи билан қумни сочиб, белги ҳосил қиласади. Энг қизиги шундаки, таёқча қум устидан ўтгандау қумни аввалги белгисидан тахминан 3 мм узоқлиқда сочади. Бу маятникнинг тебраниш текислиги полга нисбатан соат мили йўналиши бўйича йўналганини кўрсатади. Тахминан 32 соатдан кейин тебраниш текислиги тўлиқ бир марта айланиб, дастлабки вазиятига қайтади. Тажриба натижасини қандай тушунтириш мумкин? Қум доирасида шимолий қутбга энг яқин нуқта бор — демак, у Ернинг ўқига айлана марказидан кўра яқинроқ жойлашган. Ер 360° га бурилганда, қум ҳалқанинг шимолий қисми унинг марказига нисбатан кичикроқ радиусдаги айлана бўйлаб ҳаракатланади ва бир суткада камроқ масофани босиб ўтади. Бу фарқ Жан Фуконинг маятнигида акс этади. Шундай қилиб, Фуко тажрибаси ёрдамида Ернинг ўз ўки атрофидасуткалик айланиши аниқ намойиш этилган эди. Фуко маятниклари турли вақтларда Санкт-Петербургдаги Исаакиев соборида, Япониянинг Нагасаки шаҳридаги Фукусайжи ибодатхонаси мажмуасида, Сан-Петронио (Бологна) Базиликасида, Вильнюсдаги Авлиё Юханно черковида ўрнатилди.



Париж пантеонидаги Фуко маятниги

- 1. Математик маятникнинг хусусий тебранишлар даври қандай физик катталикларга боғлиқ?
- 2. Пружинали маятникнинг хусусий тебранишлар даври қандай физик катталикларга боғлиқ?
- 3. Қандай қилиб қўлостидағи материаллардан математик маятник ясаш мумкин?
- 4. Пружинали маятникни мустақил ясаш мумкинми? Тушунтириңг.
- 5. Қандай шартлар бажарилганда математик маятникнинг тебраниши гармоник бўлади? Жавобингизни асосланг.
- 6. Қандай шартлар бажарилганда пружинали маятникнинг тебраниши гармоник бўлади? Жавобингизни асосланг.



Ўқитувчининг кўрсатмалари бўйича 4-5 кишидан иборат групкаларга бўлининг ва қуидаги топшириқларни бажаринг:

1. Математик маятникнинг тебраниш даври маятник массасига, тебранишлар амплитудаси ва маятник узунлигига боғлиқлигини текшириңг. Берилган нарсалардан мустақил равишда маятник ясанг. Тажриба учун режа тузинг. Тажриба натижаларини ўзингиз тузган жадвалга киритинг. Холосачиқаринг.
2. Пружинали маятникнинг тебраниш даври унинг массасига, пружинанинг бикрлигига, маятник тебранишларининг амплитудасигабоғлиқлигини текшириңг. Берилган нарсалардан мустақил равишда маятник ясанг. Тажриба учун режа тузинг. Тажриба натижаларини ўзингиз тузган жадвалга киритинг. Холоса чиқаринг.



Математикмаятникнинг узунлиги ортиб, пружинали маятникнинг массасикамайғанда қолған параметрлар қандай үзгаради? “Ортади”, “камаяди”, “үзгармайды” сүзлари ёрдамида қуидаги жадвалини тұлдириңг.

Маятник	Амплитуда	Давр	Частота	Тұлиқ механик энергия
Математик				
Пружинали				

Масала ечиш намуналари

1-масала. Бириңчи математик маятникнинг тебраниш даври $T_1 = 3$ с, иккінчи маятникнинг тебраниш даври $T_2 = 4$ с. Узунлиги үша икки маятник узунликларининг йиғиндисига тенг бўлган математик маятникнинг тебраниш даврини аниқланг.

Берилган:

$$T_1 = 3 \text{ с}$$

$$T_2 = 4 \text{ с}$$

$$l = l_1 + l_2$$

Топиш керак:

$$T = ?$$

Ечилиши. Ҳар бир маятник учун тебраниш даврининг формуласини ёзамиш:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}; \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Дастлабки икки формуладан узунликларни топамиз:

$$l_1 = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2}; \quad l_2 = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}.$$

$$\text{У холда } l = \frac{g}{4\pi^2}(T_1^2 + T_2^2); \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{4\pi^2}(T_1^2 + T_2^2)} \cdot \frac{1}{g} = \sqrt{(T_1^2 + T_2^2)};$$

$$T = \sqrt{9\text{с}^2 + 16\text{с}^2} = 5 \text{ с.}$$

Жавоб: 5 с.

2-масала. Математик ва пружинали маятникларнинг тебраниш даврлари бир хил. Пружинанинг бикрлик коэффициенти $k = 20 \text{ Н/м}$. Агар математик маятник ипининг узунлиги $l = 0,4 \text{ м}$ бўлса, пружинали маятник юкининг массаси қандай?

Берилган:

$$k = 20 \text{ Н/м}$$

$$l = 0,4 \text{ м}$$

$$T_1 = T_2$$

$$m = ?$$

Ечилиши. Математик ва пружинали маятниклар учун тебранишлар даври формулаларини ёзамиш:

$$\boxed{\times} \quad ; \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Тебранишлар даври бир хил бўлгани учун $\frac{l}{g} = \frac{m}{k}$, бундан $m = \frac{kl}{g} = \frac{20 \text{ Н/м} \cdot 0,4 \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2} = 0,8 \text{ кг.}$

Жавоб: 0,8 кг.

**2-машқ**

- 1.** Тебраниш даври $T = 2$ с бўлган математик маятникнинг узунлиги қандай?

Жавоби: $l \approx 1$ м.

- 2.** Математик маятникнинг узунлиги икки марта ортирилса, унинг частотаси неча марта ўзгаради?

Жавоби: 1,41 марта камаяди.

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

Жавоби: $\frac{l_1}{l_2} = 4$.

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

Жавоби: $\frac{1}{3}$ қисмида.

- *5.** Маятникнинг узунлиги $l_1 = 0,52$ м бўлса, соат тўғри ишлайди. Агар маятникнинг узунлиги $l_2 = 0,56$ м бўлса, соат бир суткада қанча вақтга орқада қолади?

Жавоби: 54 мин.

- 6.** Пружинага осилган 0,2 кг массали шарчанинг тебраниш частотаси $V = 5$ Гц. Пружинанинг бикрлик коэффициенти қандай?

Жавоби: 197 Н/м.

- 7.** Пружинанинг бикрлик коэффициенти 20 Н/м, унга осилган юкнинг массаси 0,2 кг бўлса, пружинали маятникнинг тебраниш даврини топинг.

Жавоби: 0,63 с.

- 8.** Агар пружинали маятник юкининг массаси 4 марта камайтирилса, унинг тебраниш даври қандай ўзгаради?

Жавоби: 2 марта камаяди.

- 9.** Пружинали маятник 15 с ичидаги 30 марта тебранади. Агар пружинанинг бикрлиги $k = 175$ Н/м бўлса, юкнинг массасини топинг.

Жавоби: $m = 1,1$ кг.

- *10.** Пружинага осилган мис шарча гармоник тебранишларни амалга оширади. Агар мис шарча айнан шундай радиусли алюминий шарча билан алмаштирилса, маятникнинг тебраниш даври қандай ўзгаради?

Жавоби: $\frac{T_1}{T_2} = 1,8$.

1-бобнинг асосий мазмуни

- Физик катталиктининг вақт боғлиқ ҳолда синус ёки косинус қонунига мувофиқ даврий равища үзгариши гармоник тебранишлар дейилади.

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

ёки

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

тенгламалар гармоник тебранишлар тенгламасидан иборат.

- Математик маятникнинг тебраниши даври

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

- Пружинали маятникнинг тебраниши даври

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

- Гармоник тебранаётган системанинг түлиқ механик энергияси

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

2-боб. ЭЛЕКТРОМАГНИТТЕБРАНИШЛАР

3-§. Эркин электромагнит тебранишлар



Таянч түшүнчалар:

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



Бугундарда:

- 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. Турлиташибранишлартавсифларида ўзгариш қонунлари бир хил ва уларни бир хил тенгламалар билан ифодалашмумкин.

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

Электр энергияни ишлаб чиқариш, барча электротехника ва радиоэлектроника соҳалари, замонавий радиотехника қурилмаларининг ишлаши 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.

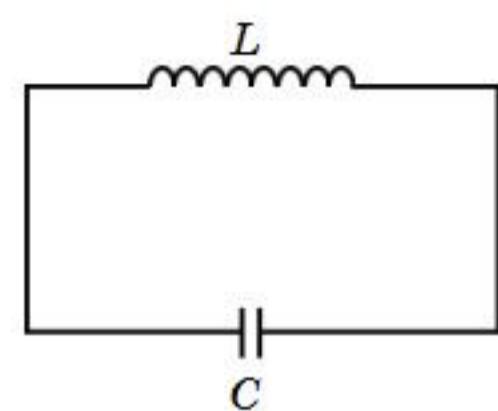
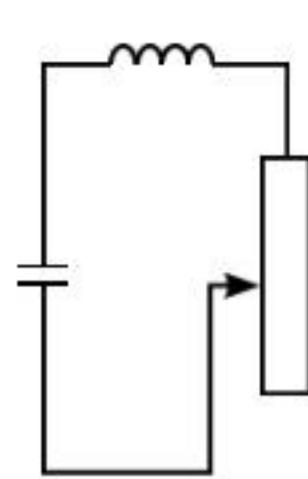
Тебраниш контуридаги эркин электромагнит тебранишлар. Электр ва магнит майдон энергияларининг ўзаро бир-бирига айланиши билан бирга электр заряди, ток кучи ва кучланишининг даврий равишида ўзгариши электромагнит тебранишлар деб аталади.

Эркин электромагнит тебранишларни зарядланган конденсатор индуктив ғалтакка уланган системада юзага келтириш мумкин (3.1-расм). Бундай тебраниш системасида сўнувчи тебранишлар пайдо бўлади, чунки системага дастлаб берилган энергия симларни қиздиришга ва бошқаларга сарфланиб, тебраниш энергияси камая боради.

Тебраниш контурида пайдо бўладиган электромагнит тебранишларнинг асосий қонуниятларини ўрнатиш учун аввало ғалтак ва уловчи симларнинг электр қаршилигини нолга teng деб оламиз. Индуктивлиги



3.1-расм. Тебраниш контури

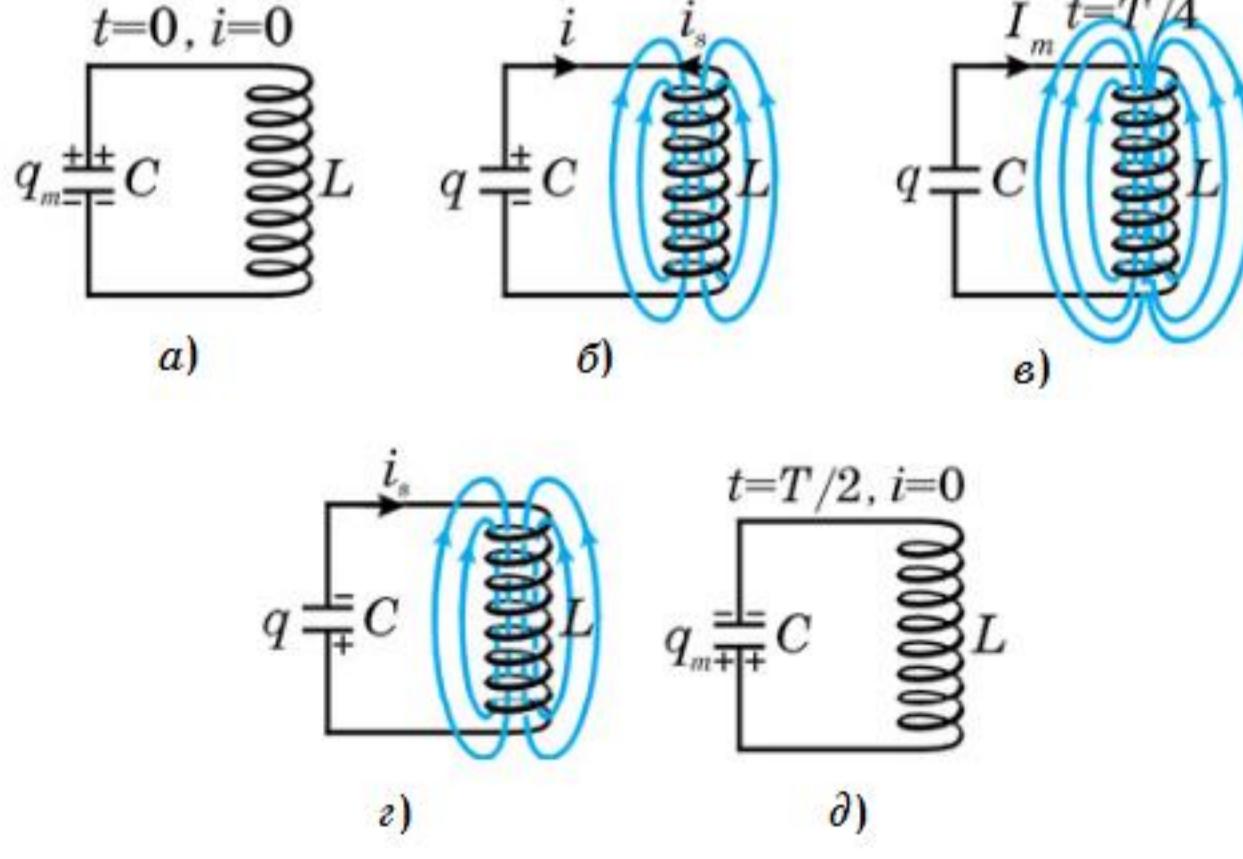


3.2-расм. Тебраниш контурининг чизмаларда белгиланиши

L ғалтак ва сиғими C бўлган конденсатордан ташкил топган электр занжири идеал тебраниш контури (3.2-расм) дейилади. Ўша тебраниш конутрини кўриб чиқамиз.

Дастлаб конденсаторни ўзгармас ток манбаига улаб, зарядлаб оламиз (3.3, а-расм). Бунда конденсатор қопламаларида $\pm q_m$ заряд тўпланади ва қопламалар орасида пайдо бўлган электр майдон энергияси максимал $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ қийматга teng бўлади.

Энди зарядланган конденсаторни ғалтакка улаймиз. Ғалтакдан ток ўтиб, конденсатор зарядсизлана бошлайди (3.3, б-расм). Бунда токнинг ортиши билан бирга ғалтақдаги магнит майдон индукцияси ҳам ортади, шунинг учун контурда ўз индукция электр юритувчи куч пайдо бўлади. Ленц қоидасига кўра, ўзиндукция токи i_s контурда тобора ортиб бораётган конденсаторнинг зарядсизланиш токига қарама-қарши йўналади. Бу зарядсизланиш токининг ўсиш тезлигини камайтиради.



3.3-расм. Тебраниш контурида эркин электромагнит тебранишларнинг пайдо бўлиши

3.4-расмда разрядланиш токининг вақтга боғлиқлиги графиги тасвирланган. Фалтакдаги ток кучининг ортиши билан магнит майдон энергияси $W_m = \frac{Li^2}{2}$ ҳам ортаверади, конденсаторнинг электр майдон энергияси $W_s = \frac{q^2}{2C}$ эса камая бошлайди.

Электромагнит майдоннинг түлиқ энергияси исталган пайтда ўша икки майдон энер-

гиялари йиғиндисига тенг ўзгармас катталиктан иборат: $W = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$, бу ерда i — ток кучининг оний қиймати.

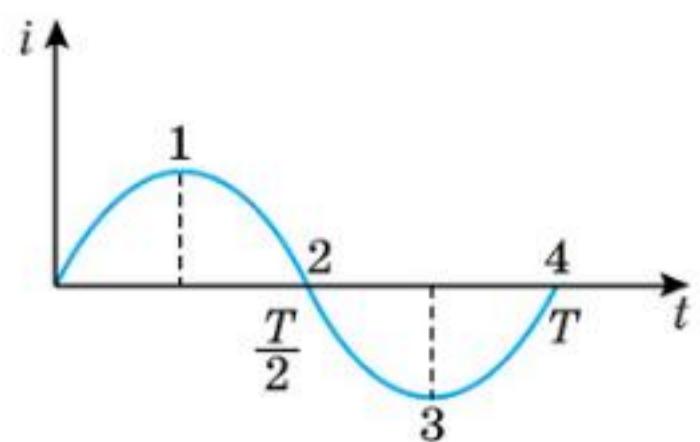
Конденсаторнинг зарядсизланиши мобайнида ток кучининг ва унга мувофиқ равишда магнит майдон индукциясининг ўсиши ҳам секинлашади. Конденсатор түлиқ зарядсизланганда ўзиндуция электр юритувчи куч (ЭЮК) нолга айланади, ток кучи ва магнит майдон индукцияси эса энг катта қийматга эга бўлади. Бу пайтга 3.3, в-расм ва 3.4-расмдаги 1-нуқта 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 ($W_s = 0$) эса нолга тенг. Бундан кейин ток кучи ва у билан бирга ғалтакнинг магнит майдони камая бошлайди ва контурда ўзиндуция электр юритувчи куч пайдо бўлади. Ўзиндуция токи контурдаги ток билан бир хил йўналади, чунки Ленц қоидасига биноан, ўзиндуция токи камайиб бораётган токни кучайтириши керак (3.3, г-расм; 3.4-расмдаги 1-2-қисмлар).

Конденсатор қайта зарядлана бошлайди. Ток кучи тез пасаяди ва унга мос ҳолда ўзиндуция ЭЮК ортади ва ток кучи нолга тенг бўлганда электр юритувчи куч максимал қийматга эга бўлади (3.3, д-расм; 3.4-расмдаги 2-нуқта). Конденсатор қайтадан түлиқ зарядланиб бўлганда электр майдон энергияси энг катта қийматга эришади, магнит майдон энергияси эса нолга айланади. Шундай қилиб, электромагнит тебранишларнинг ярим даврини батафсил тавсифлаб бердик.

Бундан кейин жараён тескари йўналишда такрорланиб, яна ярим давр ўтгандан сўнг, система дастлабки ҳолатига қайтади (3.4-расмдаги 4-нуқта).

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

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



3.4-расм. Тебраниш контуридаги ток кучининг вақтга боғлиқлиги графиги

Тебраниш контуридаги эркин электромагнит тебранишлар тенгламаси. Биз күриб чиққан тебраниш контурининг электр қаршилиги $R = 0$ деб олингани учун, унда пайдо бўладиган эркин электромагнит тебранишлар сўнмайдиган гармоник тебранишлар бўлади. Ана шундай идеал тебраниш контуридаги эркин электромагнит тебранишларни тавсифловчи тенгламани келтириб чиқарамиз. Бизга маълум бўлганидек, идеал тебраниш контурида тебранишларнинг тўлиқ энергияси сақланади:

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

Тўлиқ энергиядан вақт бўйича ҳосила оламиз. Ўзгармас катталикнинг ҳосиласи нолга teng, демак,

$$\left(\frac{Li^2}{2} \right)' + \left(\frac{q^2}{2C} \right)' = 0.$$

Ҳар қандай катталикнинг вақт бўйича биринчи тартибли ҳосиласи ўша берилган катталикнинг ўзгариш тезлигини аниқлайди. Бинобарин, охирги ифодадан кўриниб турибдики, *магнит майдон энергиясининг ортиши тезлиги электр майдон энергиясининг камайиш тезлигига teng*. Охирги ифодани қўйидаги кўринишга келтириш мумкин:

$$Li \cdot i' + \frac{q}{C} q' = 0. \quad (3.1)$$

Таърифга кўра, ток кучи заряднинг вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосиласига teng: $i = q'$, у ҳолда $i' = (q')' = q''$.

Белгилашлар киритамиз:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}. \quad (3.2)$$

Ушбу муносабатларни эътиборга олган ҳолда (3.1) ифодани қўйидаги кўринишга келтириш мумкин:

$$q'' + \omega_0^2 q = 0. \quad (3.3)$$

Биз фактат q зарядга нисбатан ифодаланган ва ўзимизга таниш бўлган (2.3) тенгламани ҳосил қилдик. Унинг ечими ушбу тенгламалардан иборат:

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \Phi_0); \quad (3.4)$$

$$q = q_m \sin(\omega_0 t + \Phi_0). \quad (3.5)$$

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

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

(3.2) ифодадан тебраниш контуридаги тебранишларнинг хусусий циклик частотасини аниқлаймиз:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}. \quad (3.6)$$

Хусусий циклик частота тебраниш контурининг параметрлари — индуктивлик ва сигум билан тавсифланади.

$$\text{Тебраниш даври } T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}; \\ T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (3.7)$$

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

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

Бизга маълумки, (3.4) ва (3.5) tenglamalardagi косинус (синус) нинг аргументи $\phi = (\omega_0 t + \Phi_0)$ тебранишлар фазаси деб аталади. Бу тебранувчи катталиқ (заряд, силжиш ва ҳ.к.о)нинг исталган пайтдаги қийматини ва модулинин аниқлашга имкон беради. **Фаза — давринг улушлари билан ифодаланган вақтнинг бурчакли ўлчови бўлиб ҳисобланади.** Агар дастлабки $t_0 = 0$ пайтда бошлангич тебранишлар фазаси $\Phi_0 = 0$ бўлса,

$$\phi = \omega_0 t = 2\pi \frac{t}{T} \quad (3.8)$$

эга бўламиз. Тебраниш контури ҳар қандай радиоалоқа қурилмасининг ажralmas 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.



1. Электромагниттебранишларни таърифланг.
2. Идеал тебраниш контури қандай элементлардан маркиб топган?
3. Қандай тебранишлар эркін электромагниттебранишлар дебаталади?
4. Тебраниш контуридаги электромагнит тебранишларнинг түлиқ энергиясинимага тенг?
5. Тебраниш контурида конденсатор зарядсизлана бошлагандан кейин $\frac{T}{4}$; $\frac{T}{2}$; $\frac{3T}{4}$; T пайтда конденсаторнинг электростатик майдони ва ғалтакнинг магнит майдон энергиялари қандай қийматтар гаэришади?
6. Тебраниш контурин конденсаторлари қолламаларидаги заряд вақт ўтиши билан қандай қонунга мувофиқ ўзгаради?
- *7. Тебраниш контурида электромагнит тебранишлар қандай содир бўлишини тушунтириңг.
- *8. Тебраниш контурида электромагниттебранишларнинг пайдо бўлишида ўзиндуқция ҳодисаси қандай аҳамиятга эга?
- *9. Нима учун конденсаторва резистордан иборат контурда электромагнит тебранишлар юзага келмайди?
10. Идеал тебраниш контуридаги эркін электромагнит тебранишлар даври қандай физик катталикларга боғлиқ?
- *11. Тебраниш контурида конденсатор зарядининг бошланғич қиймати ўзгартирилди. Шу пайтда электромагниттебранишларни тавсифловчи қайси физик катталиклар ўзгаради ва қайслари ўзгармайди?
- *12. Эркін электромагниттебранишлар даври бошланғич пайтда контурга берилган энергияга боғлиқми? Жавобингизни асосланг.



1. $q = q_m \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ ва $i = q'$ формулалардан фойдаланиб, тебраниш контуридаги ток кучининг вақтга боғлиқлиги қонунини келтириб чиқаринг. Зарядва ток кучи тебранишлари ўртасидаги фазалар фарқини аниқланг. Бошланғич фазанинг:
1) $\phi_0 = 0$; 2) $\phi_0 = \frac{\pi}{4}$ қийматлари учун заряд ва ток кучининг вақтга боғлиқлиги графигини ясанг.
2. Ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича 4—5 кишидан иборат гурӯҳларга бўлинг. Биргаликда, идеал тебраниш контурида эркін электромагнит тебранишлар мавзусида учта масала тузинг. Тузилган масалаларнинг шартларини, уларнинг тўғрилигини ва ечиш йўлларини ўзаро муҳокама қилинг. Сўнгра масалаларнингизни бошқа гурӯҳ билан алмаштиринг ва ўша масалаларни ечинг. Ушбу масалаларни баҳоланг. Ечилган масалаларни оғзаки ёки ёзмаравишда муҳокама қилинг.

Масала ечиш намуналари

1-масала. Тебраниш контури $C = 10^{-5}$ Ф сифимли конденсатор ва индуктивлиги $L = 0,2$ Гн бўлган ғалтакдан иборат. Конденсатор $U_m = 2$ В кучланишгача зарядлангандан кейин, у зарядсизлана бошлади. Ғалтакнинг магнит майдон энергияси конденсаторнинг электр майдон энергиясига тенг бўлганда контурдаги ток кучи қандай бўлади? Контурнинг қаршилиги нолга тенг.

Берилган:

$$\begin{aligned} C &= 10^{-5} \text{ Ф} \\ L &= 0,2 \text{ Гн} \\ U_m &= 2 \text{ В} \\ W_s &= W_m \end{aligned}$$

Топиш керак:
 $i = ?$ **Ечилиши.** Конденсатор зарядсизлана бошлаганда, контурнинг түлиқ энергияси $\frac{CU_m^2}{2}$.

R = 0 бўлганлиги сабабли, электромагнит тебра-нишларнинг умумий энергияси сақланиб қолади:

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2}.$$

Берилган пайтда масаланинг шартига кўра $W_s = W_m$, жумладан,

$$\frac{Cu^2}{2} = \frac{Li^2}{2}.$$

Шунинг учун бундай ёзишимиз мумкин: $\frac{CU_m^2}{2} = 2 \frac{Li^2}{2}$, бундан $\frac{CU_m^2}{2} = Li^2$.

 $= 2 \text{ В} \cdot \sqrt{\frac{10^{-5} \text{ Ф}}{2 \cdot 0,2 \text{ Гн}}} = 0,01 \text{ А}, i = 0,01 \text{ А.}$

Жавоб: 0,01 А.**2-масала.** Идеал тебраниш контурида конденсатор қопламаларидағи заряд $q = 10^{-3} \cos 10^4 \pi t$ (Кл) қонунга мувофиқ ўзгаради. Фалтакнинг индуктивлиги $L = 0,2$ Гн. Тебранишлар амплитудасини, даврини, частотасини ва конденсаторнинг сиғимини анықланг.**Берилган:**

$$\begin{aligned} q &= 10^{-3} \cos 10^4 \pi t \text{ (Кл)} \\ L &= 0,2 \text{ Гн} \end{aligned}$$

Топиш керак:

$$\begin{aligned} q_m &- ? \\ T &- ? \\ v &- ? \\ C &- ? \end{aligned}$$

Ечилиши. Конденсатор қопламаларидағи заряднинг гармоник тебранишлари тенгламасини ёзамиз:

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

Ушбу тенгламани масаланинг шартида берилган $q = 10^{-3} \cos 10^4 \pi t$ тенглама билан таққослаб, қуйидагиларни топамиз:

1. Заряд тебранишлари амплитудаси: $q_m = 10^{-3}$ Кл.
2. Циклик частота: $\omega_0 = 10^4 \pi = 3,14 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$.
3. Частота: $v = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{3,14 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}}{6,28} = 0,5 \cdot 10^4 \text{ Гц} = 5 \text{ кГц}$.
4. Тебраниш даври: $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2 \cdot 3,14}{3,14 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$.
5. Конденсатор сиғимини $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ формуладан топамиз: $C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{3,14^2 \cdot 10^8 \text{ с}^{-2} \cdot 0,2 \text{ Гн}} \approx 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$.

Жавоб: 10^{-3} Кл; 5 кГц; $2 \cdot 10^{-4}$ с; $0,5 \cdot 10^{-8}$ Ф.



3-машқ

- 1.** Тебраниш контурининг индуктивлиги $L = 1,6 \text{ мГн}$, электр сиғими $C = 0,04 \text{ мкФ}$, конденсатордаги максимал кучланиш $U_m = 200 \text{ В}$. Контурни идеал деб ҳисоблаб, ундағи ток кучининг максимал қийматини анықланг.

Жавоби: 1 А.

- 2.** Идеал тебраниш контурида электромагнит түлқинларнинг түлиқ энергияси 0,2 мЖ, кучланишнинг максимал қиймати 100 В, ток кучининг энг катта қиймати 1 А. Контурнинг индуктивлигини ва электр сиғимини анықланг.

Жавоби: 0,4 мГн; 0,04 мкФ.

- 3.** Ҳар бирининг диаметри $D = 20 \text{ см}$ бўлган иккита доиралай пластиналардан ташкил топган ҳаво конденсатори индуктивлиги $L = 1 \text{ мГн}$ ғалтак билан уланган. Конденсатор пластиналари орасидаги масофа 1 см, контурнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин. Ғалтакдаги ток кучининг энг катта қиймати 0,1 А. Конденсатордаги кучланишнинг энг катта қийматини ҳисобланг.

Жавоби: 600 В.

- 4.** Индуктивлиги $L = 31 \text{ мГн}$ бўлган ғалтак қопламаларининг юзи $S = 20 \text{ см}^2$, улар орасидаги масофа $d = 1 \text{ см}$ бўлган ясси конденсаторга уланган. Контурнинг қаршилиги $R = 0$. Ток кучининг максимал қиймати $I_m = 0,2 \text{ мА}$, кучланишнинг максимал қиймати $U_m = 10 \text{ В}$. Конденсатор қопламалари орасидаги муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги қандай бўлади?

Жавоби: $\epsilon = 7$.

- 5.** Идеал тебраниш контурида кучланишнинг энг катта қиймати $U_m = 30 \text{ В}$, ток кучининг энг катта қиймати $I_m = 1,4 \text{ А}$. Ғалтакнинг магнит майдон энергияси конденсаторнинг электр майдон энергиясига тенг бўлганда контурдаги кучланиш ва ток кучининг қийматини ҳисобланг.

Жавоби: $\approx 1 \text{ А}; 21,3 \text{ В}$.

- *6.** Идеал тебраниш контури индуктивлиги $L = 0,2 \text{ Гн}$ ғалтак ва сиғими $C = 10 \text{ мкФ}$ бўлган конденсатордан иборат. Конденсатордаги кучланиш $u = 1 \text{ В}$ бўлганда, контурдаги ток кучи $i = 0,01 \text{ А}$. Ток кучининг максимал қийматини топинг.

Жавоби: 0,012 А.

- *7.** Идеал тебраниш контури кетма-кет уланган $C_1 = 4 \text{ пФ}$ ва $C_2 = 8 \text{ пФ}$ сиғимли иккита конденсатордан ва индуктивлиги $L = 0,4 \text{ мГн}$ бўлган ғалтакдан иборат. Ғалтакдаги ток кучининг максимал қиймати $I_m = 1 \text{ мА}$ бўлса, ҳар бир конденсатор қопламаларидағи максимал кучланишни анықланг.

Жавоби: 8,2 В; 4,1 В.

- 8.** Тебраниш контури $C = 2,5 \text{ мкФ}$ сиғимли конденсатор ва индуктивлиги $L = 1 \text{ Гн}$ бўлган ғалтакдан иборат. Конденсатор қоламаларидаги заряд тебранишлари амплитудаси $0,5 \text{ мКл}$ ни ташкил қиласи. Заряд тебранишлари тенгламасини ёзинг.

Жавоби: $q = 0,5 \cdot 10^{-6} \cos 630t$.

- 9.** Индуктивлиги $L = 0,1 \text{ Гн}$ бўлган ғалтак ва $C = 2 \text{ мкФ}$ сиғимли конденсатордан ташкил топган тебраниш контурининг хусусий тебранишлар даврини аниқланг.

Жавоби: $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$

- 10.** Индуктивлиги $L = 0,04 \text{ Гн}$ бўлган тебраниш контурининг эркин тебранишлар частотаси $V = 800 \text{ Гц}$. Ўша контур конденсаторининг сиғимини ҳисобланг.

Жавоби: 1 мкФ.

- 11.** Конденсатор қоламаларидаги заряд $q = 0,03 \cos 10^5 t \text{ (Кл)}$ қонунга мувофиқ ўзгаради. $t = \frac{T}{8}$ бўлгандаги конденсатор қоламаларидаги заряд қийматини аниқланг.

Жавоби: $0,02 \text{ Кл.}$

- *12.** Хусусий тебраниш частотаси $V_1 = 20 \text{ кГц}$ бўлган тебраниш контуридаги конденсатор бошқа конденсатор билан алмаштирилганда, хусусий частота $V_2 = 30 \text{ кГц}$ бўлди. Агар ўша иккита конденсатор параллел уланса, контурининг хусусий тебранишлар частотаси қандай бўлади?

Жавоби: $16,6 \text{ кГц.}$

- 13.** Идеал тебраниш контурининг сиғими $C = 0,5 \text{ мкФ}$, конденсатор қоламаларидаги максимал кучланиш $U_m = 100 \text{ В}$. Контурдаги ток кучининг энг катта қиймати $I_m = 50 \text{ мА}$ бўлса, унинг хусусий тебраниш частотасини топинг.

Жавоби: 160 Гц.

- *14.** Ҳар бирининг сиғими C бўлган учта бир хил конденсатор бирбирига уланиб, индуктивлиги L ғалтакка уланган. Конденсаторлар дастлаб параллел, сўнгра кетма-кет уланса, контурдаги эркин тебранишлар даври қандай ўзгаради? Контурнинг R қаршилиги ҳисобга олинмасин.

Жавоби: З марта камаяди.

- *15.** $C = 0,5 \text{ мкФ}$ сиғимли зарядланган конденсатор индуктивлиги $L = 5,0 \text{ мГн}$ ғалтак билан уланган. Қанча вақтдан кейин конденсаторнинг электр майдон энергияси ғалтакнинг магнит майдон энергиясига teng бўлади?

Жавоби: $3,9 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$

4-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар.

Автотебранишлар



Таянч түшүнчалар:

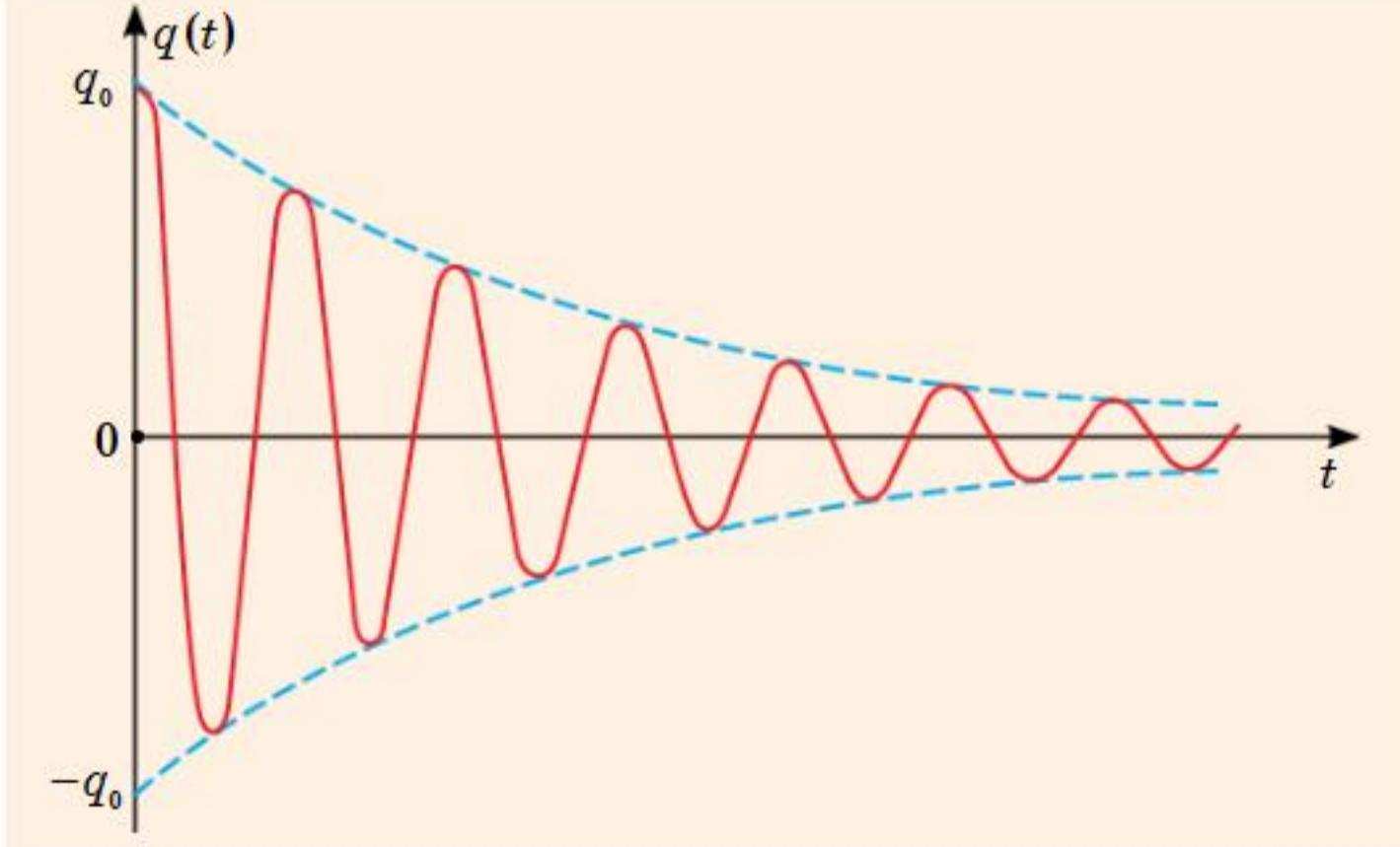
- ✓ сўнувчи тебранишлар
- ✓ мажбурий тебранишлар
- ✓ мажбурловчи күч
- ✓ резонанс
- ✓ автотебранишлар
- ✓ юқори частотали генераторлар



Бугун дарсда:

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

Сўнувчи тебранишлар. Шу кунга қадар биз электр қаршилиги нолга тенг бўлган *идеал тебраниш контурида* юзага келган 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 бир даврдаги 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 пасаядиган тебранишлар сўнувчи тебранишлар дейилади* Сўнувчи тебранишлар, аниқроқ айтганда, гармоник қонунга бўйсунмайди. Тебранишлар амплитудаси экспоненциал қонун бўйича камаяди (4.1-расм).



4.1-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 ўринини муттасил равиша тўлдириб туриш керак. Механик тебранишлар ҳолида бу *мажбурловчи куч* деб аталувчи ташқи даврий куч бўлиши мумкин. Электромагнит тебранишлар учун бундай мажбурловчи куч даврий равиша ўзгариб турадиган ўзгарувчан кучланишдир (ток манбанинг ЭЮК). Мажбурий тебранишлар сўнмайдиган тебранишлардир.

Электр занжиридаги ташқи истеъмол манбанинг ўзгарувчан ЭЮК таъсирида ток кучи ва кучланишинг 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 бошланганидан бир мунча вакт ўтгач, тебранишлар турғун табиатга эга бўлиб, бошланғич шартларга боғлиқ бўлмайди. Шундай қилиб, мажбурий тебранишларда система ўзининг бошланғич ҳолатини батамом “унутади”.

Эслабқолинг!

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

Тебраниш системасига таъсир этувчи мажбурловчи куч (ўзгарувчан кучланиш)нинг ω частотаси тебраниш контурининг ω_0 хусусий частотасига яқинлашганда ва унинг R электр қаршилиги камайганда мажбурий тебранишлар амплитудаси ва ҳар қайси даврда контурдаги энергия миқдори ортади.

Сиз буни биласиз

Тебраниш системасининг хусусий тебранишлар частотаси мажбурловчи куч частотасига teng бўлганда мажбурий тебранишлар амплитудасининг кескин ортиш ҳодисаси резонансдеб аталади.

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

Автотебранишлар. Сўнмас тебранишларни олишнинг яна бир усули мавжуд. У *автотебранишлар* бўлиб, улар мажбурий тебранишлардан



4.2-расм. Автотебранишлар система-
сининг асосий элементлари

системада ташқи даврий кучлар таъсирисиз юзага келадиган сүнмас тебранишлар автотебранишлар дейилади. Автотебранишлар частотаси ва амплитудаси тебраниш системасининг тузилишига боғлиқ бўлади. Ҳар қандай автотебранишлар системасининг таркиби қўйидагилардан иборат: **энергия манбаи, тебраниш системаси ва клапан (калит)** (4.2-расм).

Клапан (калит) тебраниш системасига унинг тебранишларига мувофиқ энергия манбаидан келадиган энергияни юбориб ёки тўсиб турди. Бу жараённи тебраниш системасининг ўзи автоматик равишда бошқариб турди.

Автотебранишлар системасида тебранишлар частотаси ва амплитуда системанинг хоссалари билан аниқланади, мажбурий тебранишларда эса улар ташқи мажбурловчи куч параметрларига боғлиқ бўлади.

Электр автотебранишларга мисол тариқасида *транзисторли генераторларни* кўриб чиқамиз (4.3-расм). У тебраниш контури, энергия манбаи ва транзистордан ташкил топган.

Сиз буни биласиз

Транзистор — бу турли ўтказувчаникка эга уч хил яримутказгичлар: эмиттер, база ва коллектордан иборат яримутказгичли 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).



4.3-расм. Транзисторли генератор

Транзистор энергия манбайни тебранишлар такти билан улайдиган клапан (калит) вазифасини бажаради. Транзисторли генератор юқори частотали (МГц) тебранишларни ҳосил қиласы, шунинг учун калит ніхоятда катта тезкорликка әга бўлиши ва деярли инерциясиз бўлиши лозим. Транзистор ушбу талабларга жавоб беради.

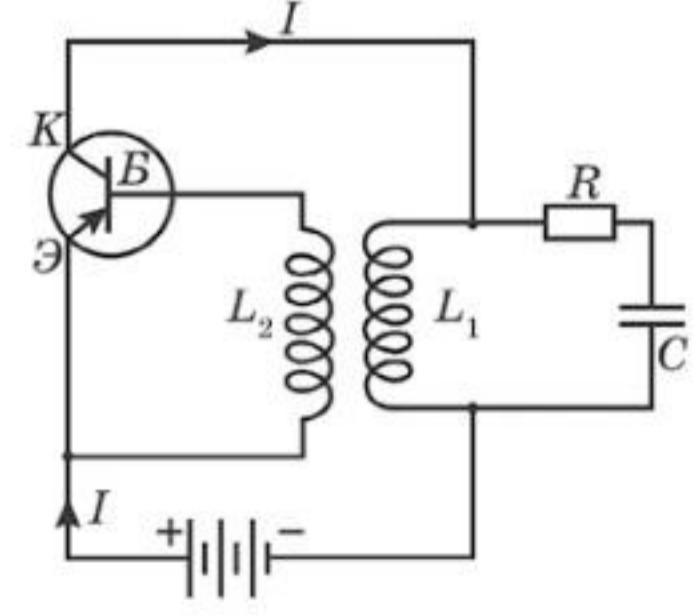
Келинг, генераторнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. Тебраниш контуридаги энергия исрофини тўлдириш учун унга ўзгармас кучланиш манбай уланади. Агар у тебраниш контурига ҳамма вақт уланиб турса, даврнинг биринчи ярмида (кучланиш манбайнинг мусбат қутбига конденсаторнинг мусбат зарядланган қопламаси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

Агар кучланиш манбай тебраниш контурига даврий равишда, факт конденсаторнинг мусбат қутбига уланган қопламаси мусбат зарядланган пайтдагина уланадиган бўлса, конденсатор ҳамиша қайта зарядланиб туради ва тебранишлар ҳеч қачон сўнмайди. Калит (транзистор)ни шу тарзда бошқариш учун *тескари боғланиш* қўлланилади. Бундай боғланиш индуктив ғалтак ёрдамида амалга оширилади. Генераторнинг ишлаш принципини тушуниш учун унинг чизмасига мурожаат қиласиз (4.4-расм).

Ўзгармас кучланиш манбай тебраниш контурига транзистор орқали уланган. Фараз қилайлик, транзисторнинг *Б* базаси *n*-тип яримўтказгич, *К* коллектор ва *Э* эмиттер *p*-тип яримўтказгичдан ясалган бўлсин. Эмиттерга мусбат, коллекторга манфий потенциал берилган. Бунда эмиттер — база ўтиш тўғри, база — коллектор ўтиш эса тескари ўтиш бўлади ва занжирдан ток ўтмайди.

Занжирни улаш учун базага (эмиттерга нисбатан) манфий потенциал бериш керак ва ўша пайтда конденсатор узлуксиз қайта зарядланиб туриши учун унинг устки қопламаси мусбат зарядланиб туриши керак. Конденсаторнинг устки қопламаси манфий зарядланган вақт оралиғида занжирда ток бўлмаслиги керак. Бунинг учун база эмиттерга нисбатан мусбат потенциалга әга бўлиши лозим.

Шундай қилиб, тебраниш контуридаги конденсаторни зарур ҳолларда узлуксиз қайта зарядлаб, энергия исрофини тўлдириб туриш учун, эмиттер ўтишдаги кучланиш ишорасини контурдаги кучланиш тебранишларига тўла мос ҳолда даврий равиш-



4.4-расм. Транзисторли генератор чизмаси

да ўзгартириб туриши керак. Бунинг учун юқорида қайд қилинган тескари боғланиш зарур. 4.4-расмда күрсатилганидек, L_2 индуктив ғалтак эмиттер ўтишга уланган. Ушбу ғалтак тебраниш контурининг ғалтаги билан индуктив боғланган. Электромагнит индукция туфайли L_1 ғалтакнинг магнит майдон тебранишлари L_2 ғалтакдаги кучланиш тебранишларини ҳосил қиласы, натижада эмиттер ўтишда кучланиш тебранишлари содир бўлади. Занжир керакли вакт оралиқларида уланиши учун эмиттер ўтишдаги кучланиш тебранишлари фазасини тўғри танлаш зарур. Контурдаги энергия йўқолиши манбадан келган энергия билан аниқ компенсациялангунча тебранишлар амплитудаси ортаверади. Натижада сўнмас турғун (стационар) тебранишлар тартиби қарор топади. Тебранишлар частотаси Томсон формуласи бўйича аниқланади:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Автотебранишлар частоталари жуда кенг диапазонга эга. Улар турли соҳаларда, масалан, радиотехникада, радиоалоқада, телекўрсатувда, ЭХМларда қўлланилади ва ҳ.к.о.

Электромагнит тебранишлар тирик организмларга ҳам фойдали, ҳам заарли таъсир кўрсатиши мумкин. Маълум бўлишича, инсон организмидаги ҳар қандай аъзо ўзига хос резонанс частотага эга. Ташки тебранма (пульсацияловчи) таъсир частотаси резонанс частотасига тўғри келганда, *тепишлар* (юрак уриши) сезилади, унинг натижасида аъзода қандай ўзгаришлар бўлиши эса амплитудага боғлиқ. Масалан, электромагнит нурларнинг инсон руҳиятига таъсир қилиши исботланган.



1. Нима учун реал тебраниш контуридаги эркин тебранишлар сўнади?
2. Қандай тебранишлар мажбурий тебранишлар деб аталади?
3. Мажбурий тебранишлар частотаси ва амплитудаси қандай каттапликларга боғлиқ?
4. Автотебранишлар мажбурий тебранишлардан нима билан фарқ қиласида?
5. Автотебранишлар системаси қандай асосий элементларлардан ташкил топган?
- *6. Юқори частотали генераторнинг ишилашида транзистор қандай роль ўйнайди?
- *7. Тескари боғланиш нима?
- *8. Юқори частотали генераторнинг қандай ишишини тушунтириңг.
- *9. Автотебранишлар гамисоллар келтириңг.



1. Ташки мажбуровчи куч таъсирида ҳатто тебраниш системаси бўлмаган жисмларнинг ўзи ҳам мажбурий тебраниши мумкин. 4.5—4.6-расмларни кўриб чиқинг ва қандай мажбурий тебранишлар содир бўлаётганини айтинг. Ҳар қайси ҳолдаги мажбуровчи кучни айтинг. Мажбурий тебранишларга яна бир нечта мисоллар келтириңг.
2. Ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича бир нечта гуруҳга бўлининг. Электромагнит тўлқинларнинг тирик организмларга таъсири тўғрисида маълумотлар тўпланг. Тақдимот тайёрланг ва муҳокама қилинг.



4.5-расм



4.6-расм

5-§. Механик ва электромагнит тебранишлар орасидаги үхашашликлар



Таянч тушунчалар:

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



Бугун дарсда:

- механик ва электромагнит тебранишларни таққослаб, уларнинг асосий тавсифлари ва қонуниятлари орасидаги үхашашликларни аниқлайсиз.



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 тавсифлашмумкин. Турли табиатта эга тебранма жараёнлар бир хил параметрлар билан тавсифланади.

Механик ва электромагнит тебранишлар орасидаги үхашашликни аниқлаймиз. Биз пружинали ва математик маятниклар механик тебранаётганда 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 чиқамиз.

Берилган иккала ҳолда тебранаётган катталикларнинг физик табиати ҳар хил, аммо бу тебранишлар бир хил қонуниятларга бўйсунади. Бундай турли табиатга эга тебранишлар тенгламалари бир хил ифодаланади. Биз биламизки, тебраниш пайдо бўлиши учун тебраниш системасига қўшимча энергия бериш лозим. Масалан, пружинали маятникнинг пружинасини чўзиш ёки сиқиш орқали биз системага қўшимча потенциал энергия берамиз. Агар энди маятникни эркин қўйиб юборсак, у ҳолда эластиклик кучи уни мувозанат вазиятига қайтаради. Мувозанат вазиятига пружинанинг

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

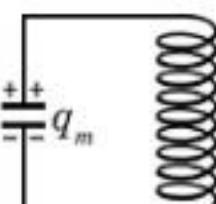
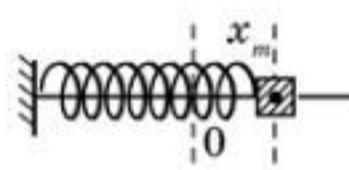
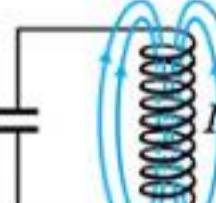
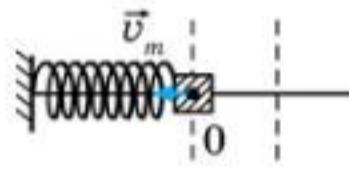
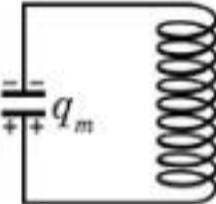
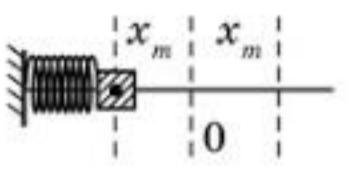
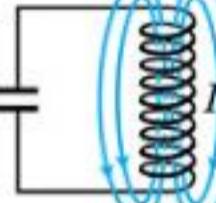
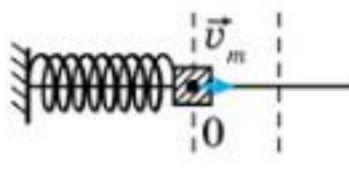
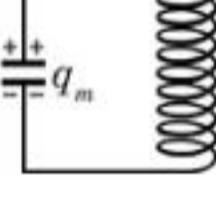
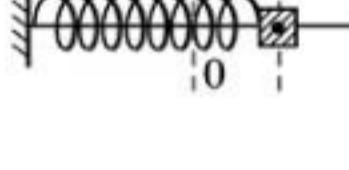
энг кичик потенциал энергия билан тавсифланувчи деформацияланмаган ҳолати ($x = 0$) мос келади. Мазкур ҳолда пружинали маятникнинг тўлиқ энергияси унинг кинетик энергиясига teng:

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

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

Тебраниш контурига ортиқча энергия (электр майдон энергияси) ни конденсаторни зарядлаш орқали бериш мумкин. Конденсатор зарядсизланиб бўлган ($q = 0$) да электр майдон энергияси $W_e = \frac{q^2}{2C} = 0$ бўлганга қадар камаяди. Ўша пайтда ғалтакдаги магнит майдон энергияси $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$ максимум қийматга эришиб, тебраниш контурининг тўлиқ энергиясига teng бўлади. Тебраниш контури бу ҳолатдан 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 $W_e = \frac{q_m^2}{2C}$ электр майдон энергияси берилади (5.1, *a*-расм). Бу иккала формуланинг ифодаланиши бир хил: механик тебранишлардаги пружинанинг бикрлиги k нинг ўрнида 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
5.1, а	 $t = 0$ $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	 $t = 0$ $E_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $E_k = 0$
5.1, б	 $t = \frac{1}{4}T$ $W_s = 0$ $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$	 $t = \frac{1}{4}T$ $E_k = \frac{mv_m^2}{2}$ $E_p = 0$
5.1, в	 $t = \frac{1}{2}T$ $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	 $t = \frac{1}{2}T$ $E_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $E_k = 0$
5.1, г	 $t = \frac{3}{4}T$ $W_s = 0$ $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$	 $t = \frac{3}{4}T$ $E_p = 0$ $E_k = \frac{mv_m^2}{2}$
5.1, д	 $t = T$ $W_s = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	 $t = T$ $E_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $E_k = 0$

5.1-расм. Электромагнит ва механик тебранишлар орасидаги үхашашликлар

Пружинали маятникоң юкнинг ўнг 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 (5.1-расм, б). 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 $W_e = 0$, 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 ўзининг чап томондаги энг четки вазиятига етиб тўхтайди, конденсатор шу пайтда тўлиқ зарядланиб бўлади (5.1, в-расм). Айни пайтда контурдаги ток кучи нолга teng. Энди юк эластиклик кучи таъсирида ўнгга 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 тўлиқ зарядсизланади, контурдаги ток кучи максимал қийматга эришади (5.1, г-расм).

Ва ниҳоят, тўлиқ битта даврдан сўнг, $t = T$ бўлганда, иккала система ҳам дастлабки вазиятига қайтади (5.1, д-расм).

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

Электромагнит ва механик тебранишлар орасидаги ўхашликларни аниқлаш тебраниш жараёнларини чуқурроқ тушунишга ёрдам бериши билан бирга мухим амалий аҳамиятга ҳам эгадир. Механик ва электр катталиклар орасидаги ўхашликлардан фойдаланиб, баъзи мураккаб электр тебранишлар системалари мос механик тебранишлар системалари билан алмаштирилади, бу эса ўз навбатида унда содир бўлаётган жараёнларни ўрганишни осонлаштиради.

Энди механик ва электромагнит тебранишларни тавсифловчи физик кattаликларнинг ўхашликларини жадвал күринишида ифодалаймиз (5.1-жадвал).

5.1-жадвал

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 катталик $\frac{1}{C}$
Куч F	Кучланиш U
Деформацияланган пружинанинг потенциал энергияси $E_p = \frac{kx^2}{2}$	Конденсаторнинг электр майдон энергияси $W_s = \frac{q^2}{2C}$
Юкнинг кинетик энергияси $E_k = \frac{mv^2}{2}$	Галтакнинг магнит майдон энергияси $W_m = \frac{Li^2}{2}$



1. Пружинали маятникоң бикрлик коэффициенти, нинг ортиши тебраниш контуридаги қандай катталикнинг ўзгаришигамос келади?
2. Тебраниш контуридаги индуктивликнинг камайиши пружинали маятникоң қандай катталикнинг ўзгаришигатүгри келади?
3. Пружинали маятникнинг механик тебранишлар тенгламасини электромагнит тебранишлар тенгламасига ўхаш күринишида ёзинг.
4. Нима учун тебраниш контуридаги конденсатор қолпамалари орасидаги кучланиш нолга тенглашганда контурдаги ток кучи ҳам нолга тенглашмайды? Бунга пружинали маятник тебранишларидаги қандай жараён мос келади? Тушунтириңг.
- *5. Тебраниш контури индуктивлиги L , галтак ва бир-бираға параллелуланган C_1 ва C_2 сиғимли иккита конденсатордан ташкил топған. Шунга ўхаш иккита пружинали маятникдан иборат тебраниш системасини чизинг.



Ушбу мавзу матни асосида математик маятникнинг тебранишлари ва тебраниш контуридаги электромагнит тебранишлар ўртасидаги ўхашликни қараб чиқинг. 5.1-жадвалдаги намуна бүйича ўша тебранишларнинг ўхаш хусусиятларини жадвалга түлдириңг.

6-§. Идеал тебраниш контуридаги заряд ва ток кучининг вақтга боғлиқлиги графиклари



Таянч тушунчалар:

- ✓ заряднинг тебранишлар графиги
- ✓ ток кучининг тебранишлар графиги
- ✓ фазалар силжиши
- ✓ компьютерда модельшашыру
- ✓ вектор диаграммалар



Бугун дарсда:

- электромагнит тебранишларни график усулда ўрганишни кўриб чиқиб, тебраниш жараёнларини компьютерда модельлаш ва вектор диаграммалар усули билан танишасиз.

Идеал тебраниш контуридаги заряд ва ток кучининг тебранишлар графиклари. Гармоник тебранишларни график усулда тавсифлаш тебранаётган катталикларнинг вақтга боғлиқлигини яққол кўрсатишга, шунингдек, агар масштаб маълум бўлса, тебранишларнинг асосий тавсифларини аниқлашга имкон беради. Дастрислаб идеал тебраниш контуридаги заряд тебранишлари графигини ясаймиз. Бунинг учун бошланғич фазани ($\Phi_0 = 0$) нолга teng деб олиб, (3.4) тенгламадан фойдаланамиз:

$$q = q_m \cos \omega_0 t. \quad (6.1)$$

Ушбу тенгламанинг графиги 6.1, а-расмда тасвирланган. Графикда ординаталар ўқи бўйлаб конденсатор қопламаларидағи заряднинг қийматлари, абсциссалар ўқининг остки томонида давр улушларидага кўрсатилган вақт, устки томонида тебраниш фазаларининг мосқийматлари кўрсатилган.

Ток кучининг тебранишлар тенгламасини топиш учун (6.1) заряд тебранишлари тенгламасидан вақт бўйича биринчи тартибли ҳосилани оламиз:

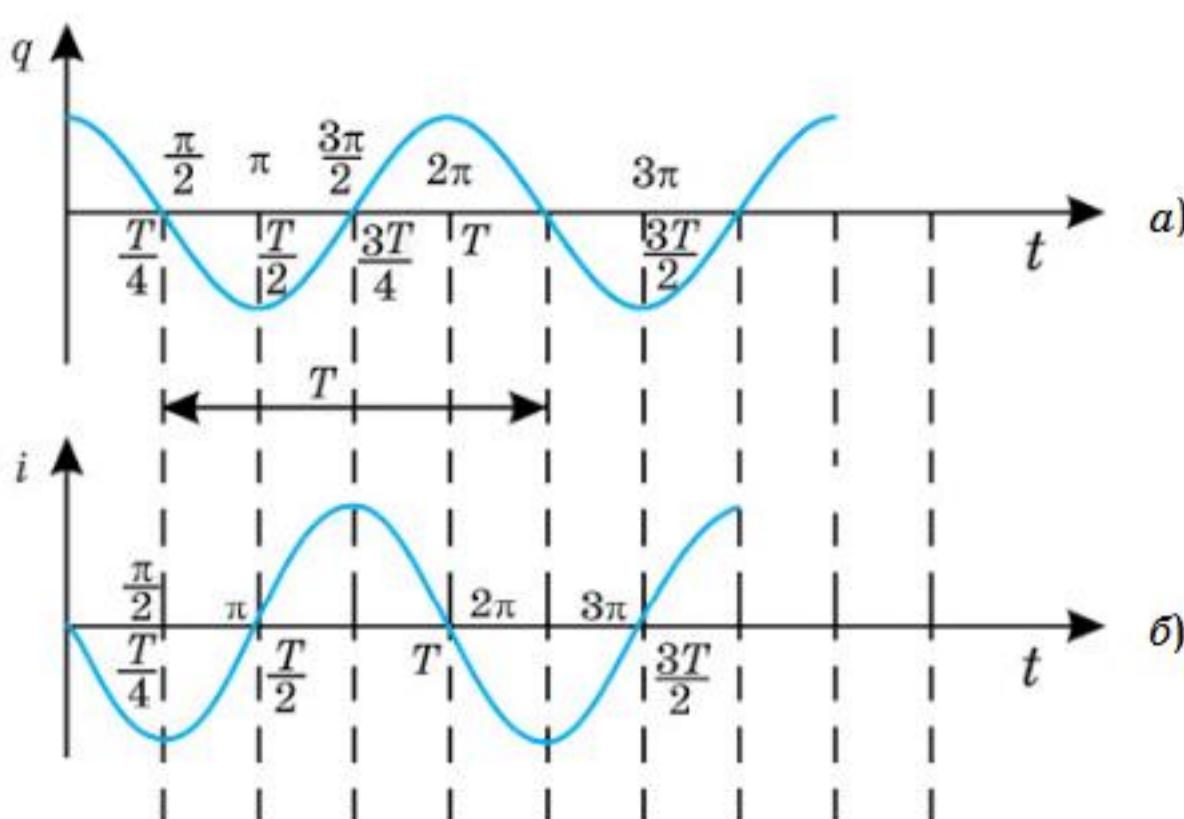
$$i = q' = -q_m \omega_0 \sin \omega_0 t \text{ ёки } q_m \omega_0 = I_m \text{ каби белгилаб,}$$

$$i = -I_m \sin \omega_0 t$$

ёки

$$i = I_m \cos \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (6.2)$$

(6.1) ва (6.2) тенгламаларни таққослаб, кўриш мумкинки, идеал тебраниш контурида заряд тебранишлари ва ток кучи тебранишлари орасида $\frac{\pi}{2}$ га teng фазалар фарқи мавжуд. Шуни ёдда тутган ҳолда, биз ток кучининг вақтга боғлиқлиги графикини ясаймиз (6.1, б-расм).



6.1-расм. Идеал тебраниш контуридаги: а) заряд ва
б) ток кучининг вақтга боғлиқлиги графикалари

Агар масштаб маълум бўлса, 6.1-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.

Заряд ва ток кучининг вақтга боғлиқлиги графикарини компьютерда моделлаш. Юқорида қараб чиқилган боғланиш графикарини компьютерда моделлаш усулини ўрганиш учун “Открытая физика” (1.1-версия; фирма 1С) курсининг CD-дискида берилган тебраниш контури моделидан фойдаланамиз.

Ишни бошлиш учун:

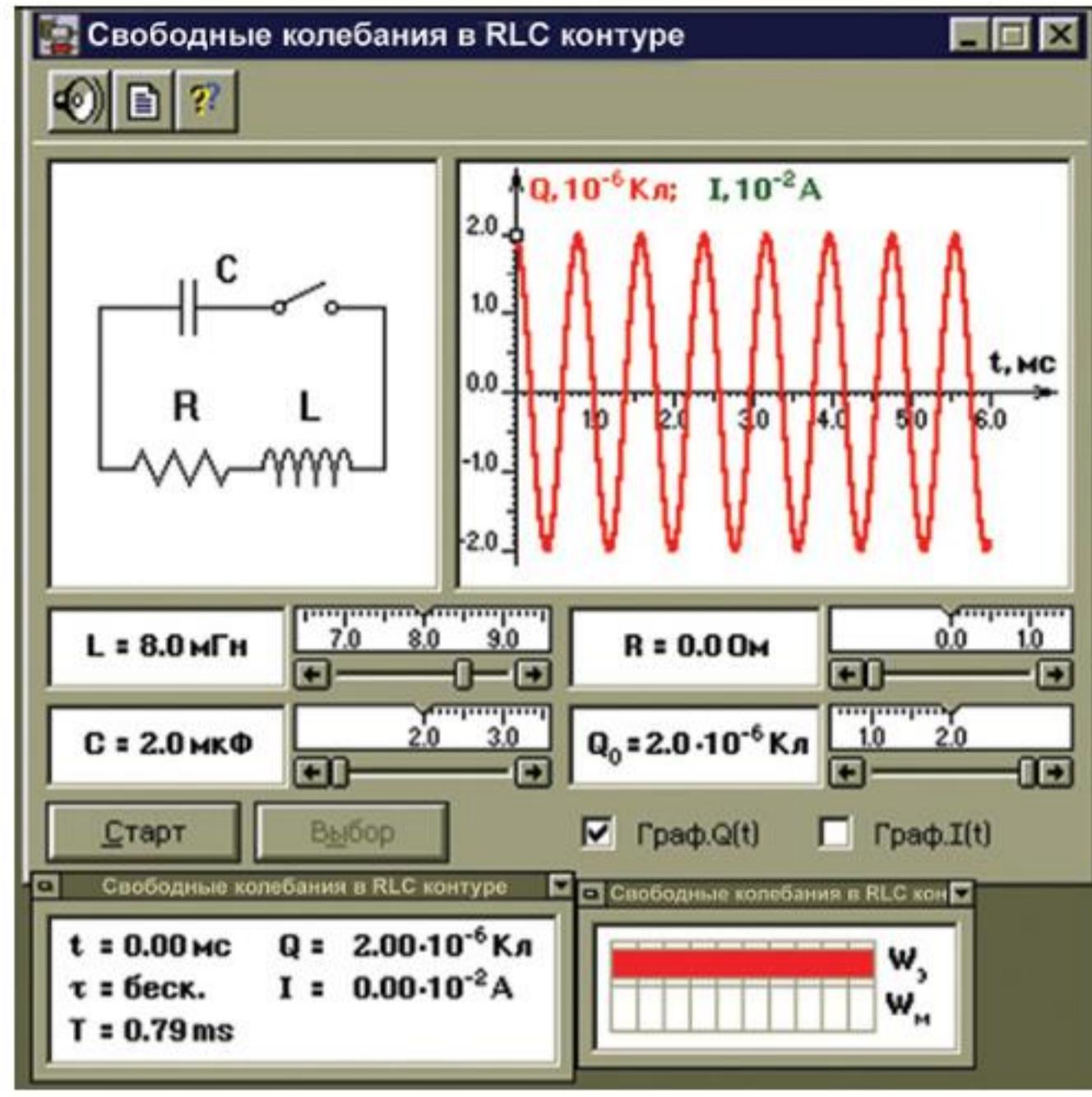
1. “Открытая физика” дастурини ишга тушириш.
2. Мундарижадан “Электричество и магнетизм” бўлимини танлаш, ушбу бўлимдан “Свободные колебания в RLC контуре” бўлимчани танлаш.

3. Тебраниш контурида содир бўладиган барча жараёнларни моделлаштириш тажрибаларини очилган “Свободные колебания в RLC контуре” деразасида амалга ошириш керак.

4. Барча экспериментал қурилмалар “Выбор” режимида амалга оширилади (шунчаки ушбу тугмачани босиш ва L , C , R , Q параметрларнинг тажрибаларга керакли қийматларини қўйиш лозим: чизғични унинг устида жойлашган кўрсаткичга нисбатан суриш ёки кўрсаткичи тугмачаларни сичқончада босиб ёки чизғичдаги югурдакни кўрсаткичга нисбатан силжитиш лозим).

Ишнинг бориши:

1. Тебраниш контури параметрларини шундай ўзгартирамизки, бунда тебранма жараён сўнмас бўлсин, бунинг учун контурнинг қаршилигини $R = 0$ деб оламиз.



6.2-расм. Электромагнит тебранишларни компьютерда моделлаш

2. Системанинг бошланғич параметрларини үрнатамиз:

- конденсаторнинг заряди $2,0 \cdot 10^{-6}$ Кл;
- конденсаторнинг сиғими 2 мФ;
- ғалтакнинг индуктивлиги 8 мГн (6.2-расм).

Заряднинг вактга боғлиқлиги графигини олиш учун Граф. $Q(t)$ банди олдига белги қўямиз (6.2-расм).

Ток кучининг вактга боғлиқлиги графигини олиш учун белгини Граф. $Q(t)$ банддан олиб ташлаб, Граф. $I(t)$ бандга қўямиз.

Вектор диаграммалар усули. Гармоник тебранишларни яққол тасвирлаш учун *вектор диаграммалар* усулидан фойдаланилади. Маълум бир физик катталиктининг гармоник тебранишлари

$$x = A \cos(\omega_0 t + \Phi_0) \quad (6.3)$$

тенглама билан берилган бўлсин.

Ўзаро перпендикуляр бўлган иккита горизонтал ва вертикал ўқ ўтказамиз (6.3-расм). Тебранишлар амплитудасини O нуқтадан бошлаб, танлаб олинган маълум бир масштабда, горизонтал ўққа \vec{A} бурчак остида $\Phi = \omega_0 t + \Phi_0$ вектор кўринишида ясаймиз. \vec{A} вектор соат милига қарама-қарши йўналишда, расм текислигига перпендикуляр бўлган O ўқи атрофида ω_0 бурчакли тезлик билан текис айлансин. Бунда Φ бурчак вакт ўтиши билан чизиқли равишда ортади.

Мазкур ҳолда \vec{A} векторнинг горизонтал ўқса проекцияси қуйидагига тенг бўлади:

$$x = A \cos(\omega_0 t + \phi_0).$$

Ушбу тенглама тебранаётган x катталиктининг берилган пайтдаги қийматини аниқлайди. Механик тебранишларда бу катталик силжиши, электромагнит тебранишларда эса заряд катталигини беради.

(6.3) ифодадан вақт бўйича биринчи тартибли ҳосилани оламиз:

$$x' = -A \omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0) = A \omega_0 \cos\left(\omega_0 t + \phi_0 + \frac{\pi}{2}\right).$$

Бирор физик катталиктининг вақт бўйича биринчи тартибли ҳосиласи шу катталиктининг ўзгариш тезлигига тенг (пружинали маятнишка бу — юкнинг ҳаракат тезлиги $x' = v$, тебраниш контурида заряднинг ўзгариш тезлиги, яъни ток кучи $i = q'$). Шундай қилиб, биз тезликнинг гармоник тебранишлар тенгламасини ҳосил қилдик:

$$x' = -A \omega_0 \cos\left(\omega_0 t + \phi_0 + \frac{\pi}{2}\right). \quad (6.4)$$

Ушбу тебранишлар амплитудаси $A \omega_0$ га тенг. Уни вектор диаграммага горизонтал ўқ билан $\left(\omega_0 t + \phi_0 + \frac{\pi}{2}\right)$ бурчак ҳосил қилган вектор кўринишида ясаймиз (6.3-расм). \vec{A} ва $\vec{A} \omega_0$ векторлар орасидаги бурчак $\frac{\pi}{2}$ га тенг. $\vec{A} \omega_0$ векторнинг горизонтал ўқса проекцияси берилган вақтдаги тезликка (ток кучига) тенг. (6.3) ва (6.4) тенгламаларни таққослаб, бу тебранишларнинг фазалар фарқи $\frac{\pi}{2}$ га тенг эканини кўриш мумкин.

Иккинчи тартибли ҳосила x'' , яъни тезлик ёки ток кучининг биринчи тартибли ҳосиласи механик тебранишларда тезланишга ва электромагнит тебранишларда ток кучининг ўзгариш тезлигига тенг:

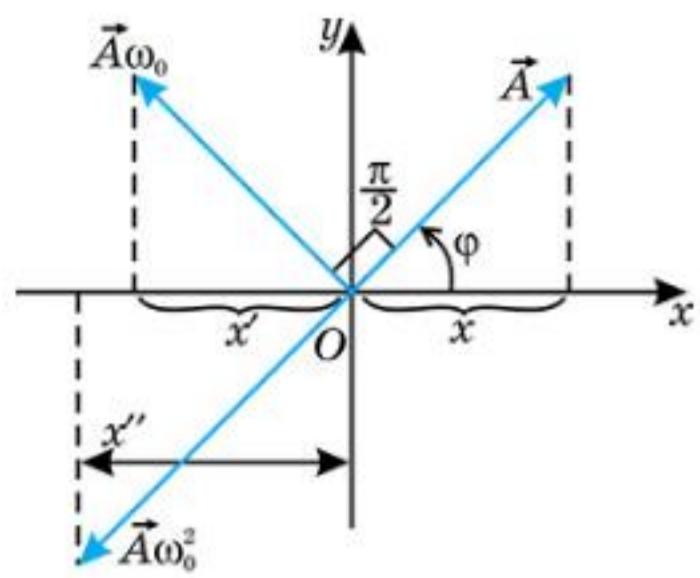
$$x'' = -A \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

ёки

$$x'' = -A \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \phi_0 + \Pi). \quad (6.5)$$

$A \omega_0^2$ амплитудани ҳам вектор диаграммага ясаймиз. \vec{A} ва $\vec{A} \omega_0^2$ векторлар орасидаги бурчак Π га тенг, бу (6.3) ва (6.5) тебранишларнинг фазалар фарқига тенг.

Диаграммага ясалган амплитудаларнинг ҳаммаси соат мили йўналишига қарама-қарши йўналишда ω_0 бурчакли тезлик билан айланади. Улар орасидаги бурчаклар вақтга нисбатан ўзгаришсиз қолади ва мос тебранишларнинг фазалар фарқига тенг бўлиб қолаверади. Шун-



6.3-расм. Вектор диаграммалар усули

дай қилиб, вектор диаграммада гармоник тебранаётган катталиклар ва уларнинг тебраниш фазалари фарқини яққол тасвирилаш мумкин. Масалан, диаграммадан кўриш мумкинки, x силжиш ва x'' тезланиш нолга тенг бўлганда (\vec{A} ва $\vec{A}\omega_0^2$ векторлар вертикал ўқ бўйлаб йўналганда) тезлик максимал қийматга эришади. Тезлик $x' = 0$ бўлганда эса x силжиш ва x'' тезланиш энг катта қийматга эга бўлади.

Тебранишлар фазаси — бу даврулушларида ифодаланган вақтнинг бурчакли ўлчовидир: $\phi = 2\pi \frac{t}{T}$. Тебранишлар фазасини фақат вектор диаграммадагина яққол тасвирилаш мумкин, мазкур усулнинг афзалиги ҳам айнан шундадир.

Энди гармоник тебранишлар синус ёнки косинус қонунига бўйсунади деган мулоҳазага қайтамиз. Биз (6.2), (6.3) ва (6.4) тенгламаларда косинусни қўлладик. Ушбу тенгламаларни синус орқали қандай ёзиш мумкин ва бунда нима ўзгаради? Математика курсидан маълумки,

$$\cos\phi = \sin\left(\phi + \frac{\pi}{2}\right)$$

Буни эътиборга олган ҳолда (3.4) ифодани куйидагича ёзамиз:

$$q = q_m \sin\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} + \Phi_0\right).$$

Охирги ифодадан кўриниб турибдики, бошланғич фаза $\left(\Phi_0 + \frac{\pi}{2}\right)$ га тенг.

Дарҳақиқат, агар бошланғич $t = 0$ ни конденсатор $q = q_m$ тўлиқ зарядланган пайт билан бир хил деб олсак, бошланғич фаза $\Phi_0 = 0$, у ҳолда (6.4) тенгламадан фойдаланиш қулай бўлади. Агар вақтни конденсатор тўлиқ зарядсизланган пайтдан бошлаб ҳисобласак (контурдаги ток кучининг қиймати максимал), синус функциясидан фойдаланиш қулай бўлади:

$$q = q_m \sin\omega_0 t, \text{ бу ерда } \Phi_0 = 0, t = 0 \text{ бўлганда } q = 0.$$

Албатта, умумий ҳолда бошланғич фаза Φ_0 нолга тенг бўлмаслиги ҳам мумкин. Шунинг учун муайян шароитда дастлаб бошланғич шартларни таҳлил қилиб, қайси функциядан (синус ёни косинус) фойдаланиш қулай бўлишини аниқлаш лозим.



1. Заряд ва ток кучи тебранишлари графикларини ясаш учун тебранишларнинг қандай параметрларини билиш керак?
2. Заряд ва ток кучи тебранишлари орасидаги фазалар фарқи нимага тенг?
3. Айтинг-чи, идеал тебраниш контурида заряд ва ток кучининг графикдаги боғланишларини компьютерда моделлаш учун дастлаб қандай ишларни бажариш керак?



4. Тадқиққилинаёттган графикалар никомпьютерда олиш учун системанинг қандай бошланғич параметрларини үрнатыш керак?
- *5. Компьютерда олин ганграфиклардан зарядва ток кучи тебранишларининг қандай параметрларини аниқлаш мүмкін?
6. Вектордиаграммаусули датебранишларнинг бошланғич фазасини қандай аниқлаш мүмкін?
7. Битта вектордиаграмма да күрсатылған китап табранишнинг фазалар фарқини қандай аниқлаш мүмкін?
8. Ушбу вектор диаграммадан берилған пайтдағи тебранишлар фазасини аниқлаш мүмкінми?
- *9. Вектордиаграмма усулининг мөхияти нимада?



1. Заряд амплитудасининг қиймати 0,05 Кл, тебраниш даври 0,02 с, заряднинг бошланғич тебраниш фазаси $\phi_0 = \frac{\pi}{4}$. Ўша маълумотлардан фойдаланиб, идеал тебраниш контуридаги $q = q(t)$ заряд да $i = i(t)$ ток кучининг графикларини ясанг.
2. Идеал тебраниш контурида заряд да ток кучи тебранишларининг вектор диаграммасини тузинг. Заряд тебранишларининг бошланғич фазаси: 1) $\phi_0 = 0$; 2) $\phi_0 = \frac{\pi}{3}$.

2-бобнинг асосий мазмуни

- Тебраниш контуридаги заряднинг гармоник тебранишлари тенгламаси қўйидаги кўринишга эга:

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

бу ерда q_m — конденсатор қопламаларидағи заряднинг энг катта қиймати бўлиб, у тебранишлар амплитудаси деб аталади.

$\phi = \omega_0 t + \phi_0$ — тебранишлар фазаси;

ϕ_0 — бошланғич фаза;

$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ — тебранишларнинг хусусий циклик частотаси;

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ — тебраниш даври (Томсон формуласи).

- Механик ва электромагнит тебранишлар орасида ўхшашлик мавжуд.

• Реал тебраниш системасида эркин тебранишлар сўнади. Сўнмас тебранишларни ҳосил қилиш учун энергия исрофини тўлдириб туриш лозим. Сўнмас тебранишларни олишнинг икки усули мавжуд: *Биринчисида* энергия исрофи ташқи энергия манбаидан даврий равища тўлдирилади. Бундай тебранишлар *мажбурий тебранишлар* деб аталади. *Иккинчисида* энергия манбай тебраниш системасининг ўзида бўлади ва унинг берилиши система томонидан тартибга солинади. Бундай тебранишлар *автомобранишлар* дейилади.

3-боб. ЎЗГАРУВЧАНТОК

7-§. 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 (7.1-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.



7.1-расм. ГЭСларда ўрнатыладиган генераторлар

Сиз буни биласиз

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

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 айланадиганда бўлсин (7.2-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 $\Phi = B S \cos \omega t$, яъни магнит индукция оқими гармоник қонунга мувофиқ ўзгаради. Шунинг учун рамкада $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta(BS \cos \omega t)}{\Delta t}$ ЭЮК индукцияланади.

Агар жуда кичик вақт оралиғигини олсак, у ҳолда $\Delta t \rightarrow 0$ да:

$$\mathcal{E}_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(-\frac{\Delta(BS \cos \omega t)}{\Delta t} \right) = - (BS \cos \omega t)' = BS \omega \sin \omega t.$$

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

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \omega t. \quad (7.1)$$

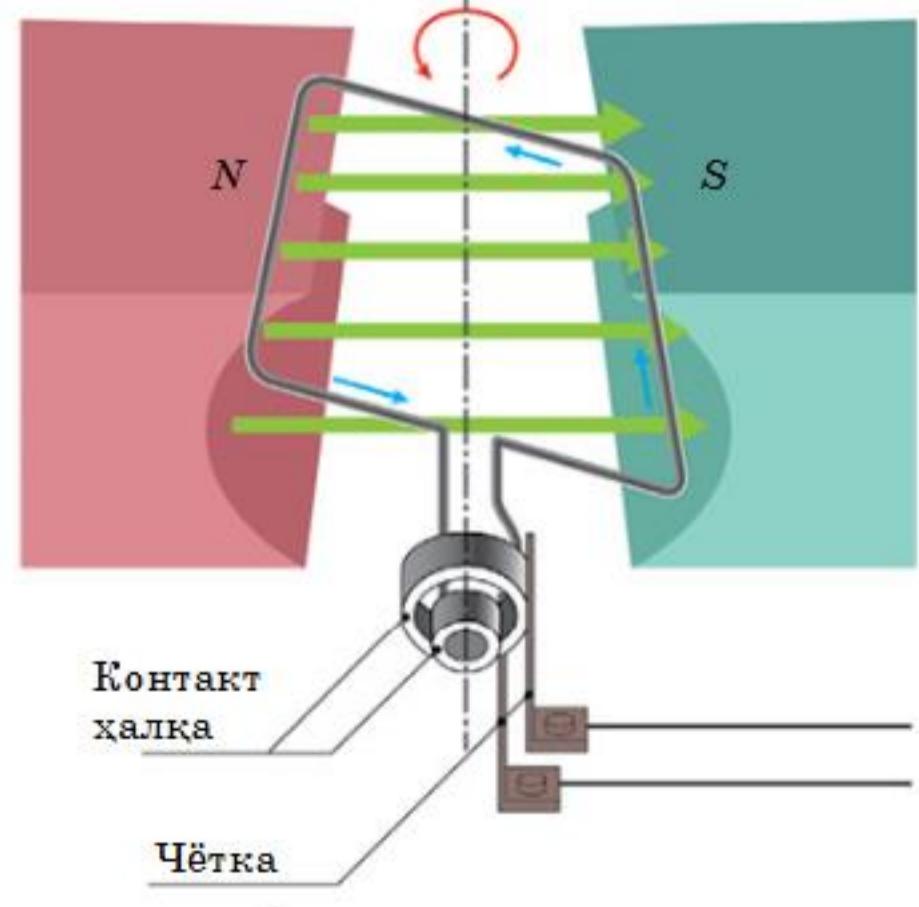
Шундай қилиб, магнит майдонда текис айланган рамкада индукция ЭЮК пайдо бўлади ва сим бўйлаб синусоидал ўзгарувчан ток оқади. Ушбу токдан фойдаланиш учун рамка кесилади, унинг учлари электр изоляцияланган иккита ҳалқага уланади. Чёткалар ҳалқаларга ёпишиб турди. Ҳалқалар рамка билан бирга айланганда, чёткалар ҳалқа бўйлаб сирпанади ва қурилмага ташқи занжирни улайди, натижада ташқи занжирга ток узатилади (7.2-расм). Шу пайтда ташқи занжир (юкланиш) даги ўзгарувчан кучланиш қуидаги қонунга мувофиқ ўзгаради:

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

ёки

$$u = U_m \cos \omega t. \quad (7.2)$$

Бу икки ифодадан қайси бирини танлаш, биз аввалги бобда мухокама қилганимиздек, вақтнинг саноқ



7.2-расм. Ўзгарувчан ток генераторининг принципиал чизмаси

бошини танлаб олишимизга боғлиқ 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 қўйидагилардан иборат:

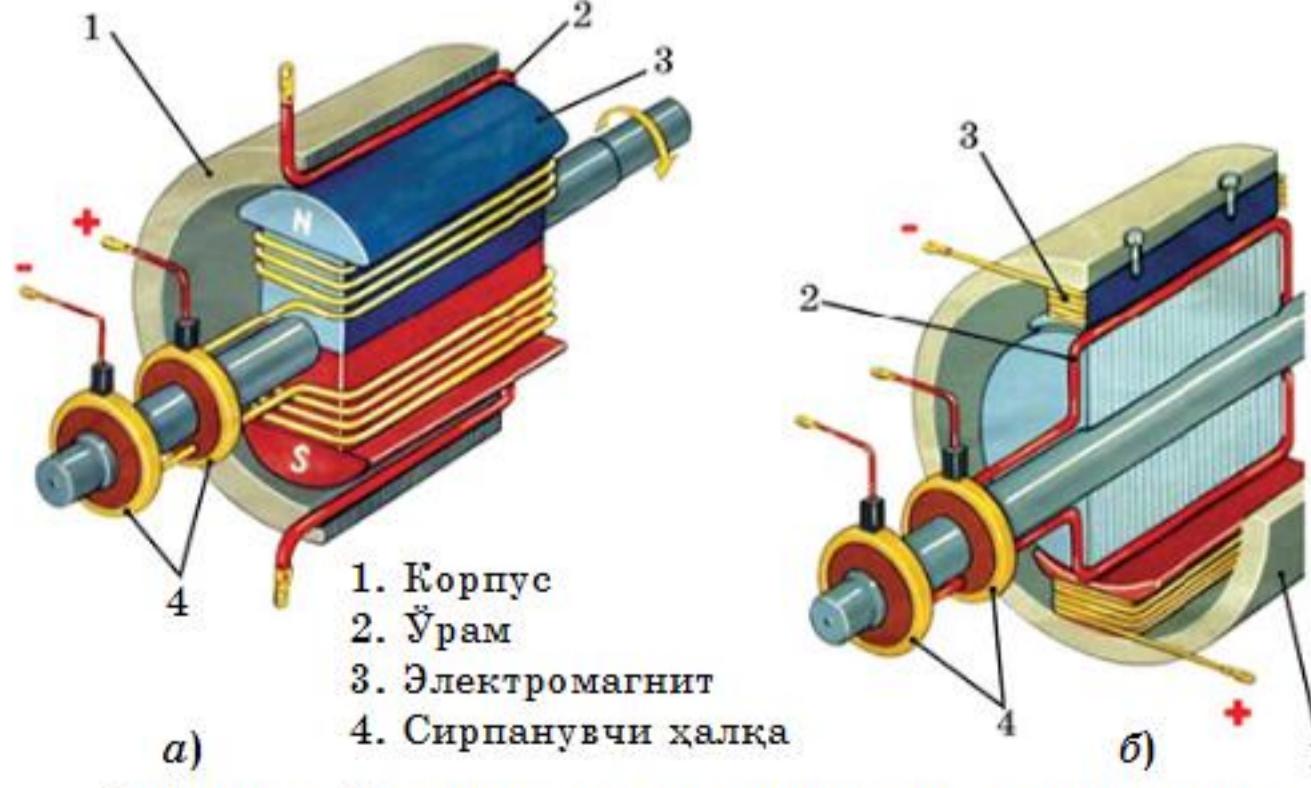
1. *Индуктор* — магнит майдонни юзага келтирадиган мослама. Бу доимий магнит ёки электромагнит бўлиши мумкин.

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 бўлади ЭЮК ларнинг йифиндисига тенг бўлади, шунинг учун якорнинг чулғамдаги ўрамлар 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 қўлланилади. У электротехник пўлатдан ясалган иккита ўзакдан иборат. Иккала ўзакдан бирининг ўйиқларида магнит майдонни ҳосил қилувчи чулғамлар (электромагнит), иккинчи ўзакнинг ўйиқларида ЭЮК индукцияланадиган чулғамлар (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*. 7.3, б-расмда якорь айланади, электромагнит эса ҳаракатсиз қолади. Саноат генераторларида электромагнит айланади, яъни у ротор вазифасини бажаради (7.3, а-расм), ЭЮК индукцияланган якорь (статор) 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 турган чулғамда ҳосил қилиш осонроқ. Индукторга куч-



7.3-расм. Ўзгарувчан ток генераторининг модели

сиз ток ҳалқалар орқали берилади. У алоҳида ўзгармас ток генератори томонидан ишлаб чиқарилади. Генератор ишлаб чиқарган ток статор чулғамидан қўзғалмас шиналар орқали электр энергияси линияларига узатилади.

Биз кўриб чиқсан генератор *бир фазали* генератор дейилади. Бир фазали генераторлар тежамкор эмас, шунинг учун, одатда, электр энергиясини ишлаб чиқариш учун *уч фазали* генераторлар ишлатилади.

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

$$V = n \cdot f, \quad (7.3)$$

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

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

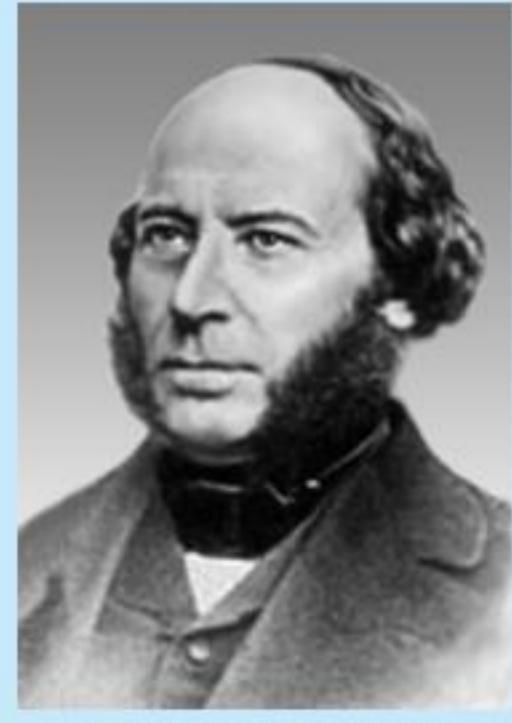
Индукцион ЭЮК нинг амплитуда қийматини орттириш учун якорь чулғамини кесиб ўтувчи магнит майдон индукциясини ёки унинг чулғамларидаги ўрамлар сонини орттириш керак. Магнит майдоннинг \vec{B} индукциясини орттириш учун индукторнинг чўлғами пўлат ўзакка жойлаштирилади ва якорь билан индуктор ўзаклари орасидаги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

Замонавий құдратли генераторлар (15—20) кВ кучланиш ҳосил қиласиди, уларнинг ФИК (97—98)% га teng.

БУ ҚИЗИҚ!

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

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



Ипполит Пикси
(1808—1835)



a)



б)



в)

7.4-расм. Ызгарувчан ток генераторлари

Бугунги кунда үзгарувчан 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 дала-ҳовлиларда, баъзи олис аҳоли турар жойларидаги (7.4, а-расм) электр энергиясининг автоном манбаи бўлиб ҳисобланади. Генераторлар турли транспортларда, жумладан, автомашиналар (7.4, б-расм), электр узатиш локомотивлари, дengиз кемалари (7.4, в-расм) ва бошқаларда 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 клиникалар асосий электр энергияси билан таъминлаш системаларига уланган, аммо фавқулоддаги вазиятларда автоном генераторлар қўлланилади, бу инсон ҳаёти учун нечоғли муҳим эканлиги тушунарли албатта.

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



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



Ушбу мавзу матни билан танишиб чиқинг ва олинган маълумотлардан фойдаланиб, Жадвалда келтирилган ҳар бир мулоҳаза учун түғри жавобни танланг. Түғри жавобни “+” белгиси билан белгиланг.

Мулоҳаза	Түғри	Нотүғри	Маълумот мавжуд эмас
Ўзгарувчан ток генераторининг ишлаш принципи занжирда автотебранишларни уйғотишга асосланган.			
Ўзгарувчан ток генератори ишининг асосида электромагнит индукция ҳодисаси ётади.			
Ўзгарувчан ток генератори ўзгармас токни ўзгарувчан токка айлантиради.			
Ўзгарувчан ток генераторларини синхрон ва асинхрон деб иккига 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 ўзгарувчан 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 фазалигенератор 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 айланыш даври $T = 0,1 \text{ с}$. Рамкада индукцияланадиган ЭЮК нинг вактга боғланиш тенгламасини ёзинг ва унинг амплитуда қийматини аниқланг. Айланыш ўқи магнит майдонга перпендикуляр.

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

$$\mathcal{E}_0 = -\Phi' = \mathcal{E}_{m_0} \sin(\omega t), \text{ бу ерда } \mathcal{E}_{m_0} = BS\omega.$$

Ү ҳолда N та ўрамда индукцияланадиган ЭЮК

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

ЭЮК нинг амплитуда қиймати

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

$$\mathcal{E}_m = 200 \cdot 0,5 \text{ Тл} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \frac{6,28}{0,1 \text{ с}} = 62,8 \text{ В.}$$

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

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

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



4-машқ

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

Жавоби: 4,71 В; 0,02 с.

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

Жавоби: 0,06 с; 20 мВ.

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

Жавоби: 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 $B = 0,1 \text{ Тл}$ индукцияли бир жинсли магнит майдонда $V = 20 \text{ Гц}$ частота билан текис айланмоқда. Рамкадаги ЭЮК амплитудаси 63 В бўлса, унинг ўрамлари сони қанча?

Жавоби: 100.

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

Жавоби: $\mathcal{E} = 100 \text{ В}; V = 400 \text{ Гц}; T = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \phi = 800 \pi t; \phi_0 = 0$.

*6. Радиуси $r = 4$ см бўлган симли ўрам индукцияси $B = 0,04$ Тл бир жинсли магнит майдонда $V = 50$ Гц частота билан текис айланмоқда. Ўрам марказидан ўтувчи айланиш ўқи унинг текислигига ётади ва магнит майдон индукция чизиқлари билан $\alpha = 60^\circ$ ли бурчак ҳосил қиласди. Ўрамда индукцияланадиган ЭЮКнинг амплитудасини топинг.

Жавоби: 63,1 мВ.

*7. 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.

Жавоби: $E = 0,014 \sin 5\pi t$; $E_m = 14$ мВ.

8-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар. Ўзгарувчан ток



Таянч тушунчалар:

- ✓ мажбурий электромагнит тебранишлар
- ✓ ўзгарувчан ток частотаси
- ✓ ток кучи ва кучланишнинг максимал қийматлари



Бугун дарсда:

- ўзгарувчан токнинг асосий тавсифлари билан танишасиз.



Сиз буни биласиз

Ташқи истеъмол манбаидан олинадиган ўзгарувчан ЭЮК таъсирида электр занжирда пайдо бўладиган ток кучи ва кучланишнинг даврий ўзгаришлари мажбурий электромагнит тебранишлар дейилади.

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

Амалий татбиқи жиҳатидан ўзгарувчан ток ўзгармас токка нисбатан самарали экани шубҳасиз. Барча майший электр асбобларида, саноатда, агротехникада, қурилишда қўлланадиган кўплаб қурилмаларда ўзгарувчан токдан фойдаланилади. Ўзгарувчан ток кучи ва кучланишни 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 ўзгарувчан ток деб ҳисоблаш мумкин. Бундай занжирда ток кучи ва кучланишнинг сон қиймати ҳам, ишораси ҳам даврий

равишида ўзгаради. Вақт ўтиши билан катталиги ҳам, йұналиши ҳам даврий равишида ўзгарадиган электр токи ўзгарувчан ток дейилади. Бунда кучланиш ва ток кучининг ўзгаришлари гармоник қонунга бўйсунади.

Занжирдаги кучланишнинг гармоник ўзгаришлари ўтказгичлар ичидаги электр майдон кучланганлигини ҳам айни шундай ўзгаришларга олиб келади. Ўтказгич бўйлаб йўналган электр майдон электронларни тартибли ҳаракатга келтиради, шундай қилиб, занжирда ток пайдо бўлади. Равшанки, агар ўтказгич ичидаги электр майдон вақт ўтиши билан даврий равишида ўзгарса, ток кучи ҳам унга мувофик равишида ўзгаради.

Электр майдон кучланганлигининг ўзгаришлари ўтказгич ичидаги ёруғлик тезлигига тенг тезлик билан тарқалади. Бу тезлик шу қадар каттаки, уни кучланиш тебранишлари даври билан таққослаганда, ўтказгич ичидаги майдон кучланганлиги деярли бир зумда ўзгаради деб ҳисоблаш мумкин. Шунинг учун занжир учларига берилган кучланиш ўзгарганда деярли бутун занжирдаги электр майдон ҳам ўзгаради. Демак, ўзгарувчан ток занжирида ўтказгичнинг исталган кўндаланг 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 таъсири бор. 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 мумкин. Аммо юқорида қайд этилганидек, ўзгарувчан ток кучи ва кучланиш вақт ўтиши билан нолдан максимал қийматгача даврий равишида узлуксиз ўзгаради. Шунинг учун ўзгарувчан ток занжирида ток кучи ва кучланиш ҳақида гап борганда уларнинг оний қийматлари ёки *таъсир этувчи қийматлари* назарда тутилади.

Фақат резистор ва ўзгарувчан кучланиш манбаидан таркиб топган содда занжирни кўриб чиқамиз. Бунда занжир учларидаги кучланиш:

$$u = U_m \cos \omega t. \quad (8.1)$$

Бу ифодада u — кучланишнинг оний қиймати, U_m — максимал, яъни амплитуда қиймати.

Ом қонунига мувофик 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

$$i = I_m \cos \omega t. \quad (8.2)$$

(8.1) ва (8.2) ифодаларни таққослаб, бундай холосага келамиз: агар электр занжири фақат ток манбаи ва резистордан ташкил топган бўлса, кучланиш ва ток кучининг тебранишлари бир хил частота ва бир хил фазада содир бўлади, улар максимум ва минимум қийматларга бир вақтда эришади. Умуман олганда, агар занжирда резистордан ташқари конденсатор ва (ёки) ғалтак ҳам бор бўлса, ток кучи ва кучланишнинг тебраниш частоталари бир хил, аммо фазалар фарқи ҳар хил бўлади. Шунинг учун ўзгарувчан ток занжирда баъзи янги қонуниятлар пайдо бўлади, ўзгармас токнинг биз билган баъзи формулалари бошқача кўринишга келиши мумкин. Бундай ҳолларни кейинги мавзуда батофсил кўриб чиқамиз.

Ўзгарувчан ток кучланиш ва ток кучининг максимал ҳамда оний қийматлари билан бирга, давр ва частота билан тавсифланади.

Ўзгарувчан токнинг (*V*) тебраниш частотаси — вақт бирлиги ичдаги ток кучининг тўлиқ тебранишлари сонига teng катталик. ХБ системасида частотанинг ўлчов бирлиги — Герц (Гц).

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

Ток кучининг тебранишлар даври (*T*) — ток кучининг бир марта тўлиқ тебраниши учун кетган вақт. 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 ток частотаси 50 Гц. Бу бизнинг юртимизда ҳам, дунёдаги кўплаб мамлакатларда ҳам частотанинг стандарт қиймати бўлиб ҳисобланади. АҚШда саноат токининг частотаси 60 Гц.

Агар уйдаги розеткага оддий вольфрам толали чўғланма лампа уласа, тармоқдаги кучланиш частотасига мувофиқ унинг ёритилганлиги секундига 100 марта ўзгаради. Аммо бизнинг кўзимиз ёруғликнинг шу қадар тез липиллашини сезмайди, бизга лампа узлуксиз бир текис ёритиб тургандек кўринади. Инсон кўзи узок вақт ичida лампа юзага келтирган ўртacha ёритилганликни қабул қиласди.

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

Буни аниқлаш учун юқорида қаралған электр лампадаги бир даври ичидағи тебранишларнинг ўртаса қувватини ҳисоблаймиз. Ток кучи ва күчланишнинг оний қийматлари учун ўзгармас ток қонунлари бажарылғани учун, ўзгарувчан токнинг оний қувватини маълум бўлган $p = i^2 R$ формуладан фойдаланиб аниқлаймиз. Ток кучи ўрнига (8.2) ифодани қўямиз: $p = I_m^2 R \cos^2 \omega t$ ва $\cos^2 \omega t = \frac{1 + \cos 2\omega t}{2}$ тригонометрик формуладан 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, битта тебраниш даври ичидағи $\cos 2\omega t$ нинг ўртаса қиймати нолга тенг. Шунинг учун юқорида келтирилган ифодадаги ўртаса қувват факат биринчи қўшилувчи билан аниқланади:

$$\bar{p} = \frac{I_m^2 R}{2}. \quad (8.3)$$

Берилган юкланиш (нагрузка)да ўзгарувчан ток қувватига тенг қувват ажратиб чиқарадиган ўзгармас ток кучининг қийматини I_t , орқали белгилаймиз. У ҳолда $p = I_t^2 R$. Ушбу ифодани (8.3) билан тақкослаб $\frac{I_m^2 R}{2} = I_t^2 R$ эга бўламиз, жумладан,

$$I_t = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (8.4)$$

Ўзгарувчан ток кучининг таъсир этувчи қиймати (I_t) ўтказгичда маълум вақт ичida ўзгарувчан ток ўтганда ажраладиган миқдорга тенг иссиқлик миқдорини ажратадиган ўзгармас ток кучига тенг катталиктан иборат. Күчланишнинг таъсир этувчи қиймати (U_t) шунга ўхшаш

$$U_t = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (8.5)$$

формула билан аниқланади.

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



1. Ўзгарувчанток деб нимага айтилади?
2. Нима учун ўзгарувчанток занжирида ёпиқ контурнинг барча кесимларида берилган вақт оралиғида ток кучининг қиймати бир хил бўлади?
- *3. Ўзгарувчанток билан ўзгармас токни тақкосланг. Уларнинг ўхшашилиги ва фарқини айтинг.
4. Ўзгарувчантокнинг асосий тавсифларини таърифланг.
5. Токкучи ва күчланишнинг таъсир этувчи (эффектив) қийматлари қандай аниқланади?
6. Саноат токининг частотаси қандай?
7. Биз қўлланадиган электр асбоблари 220 В күчланишда ишлайди. Бу ерда күчланишнинг қандай қиймати назарда тутилади?

Масала ечиш намунаси

Үзгарувчан ток занжири қисми учларидаги кучланиш $u = 110\cos 100\pi t$ қонунга мувофик үзгаради. Кучланишнинг таъсир этувчи қийматини ва частотасини аниқланг.

Берилган:

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

Топиш керак:

$$U_7 - ? \quad v - ?$$

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

Кучланишнинг амплитуда қиймати $U_m = 110$ В, у ҳолда кучланишнинг таъсир этувчи қиймати $U_7 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{110}{\sqrt{2}} = 78$ В.

Тебраниш частотаси $v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi \text{ c}^{-1}}{2\pi} = 50$ Гц.

5-машқ

1. Резисторнинг қаршилиги $R = 400$ Ом бўлган үзгармас ток занжирида кучланиш $u = 220\cos 100\pi t$ қонун бўйича үзгаради. Ўша занжирдаги ток тебранишлари тенгламасини ёзинг. Ток кучининг $t = \frac{T}{4}$ даги қийматини топинг.

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

2. $R = 50$ Ом қаршиликли үзгарувчан ток занжири қисмидаги кучланишнинг амплитудавий қиймати 100 В, тебранишлар частотаси $v = 100$ Гц. Ўша занжир қисмидаги ток тебранишлари тенгламасини ёзинг.

Жавоби: $i = 2 \cos 200\pi t$ (А).

3. Ток кучининг таъсир этувчи қиймати $I_7 = 0,1$ А. Ток кучининг $t = \frac{3T}{2}$ бўлгандаги оний қиймати қандай?

Жавоби: $-0,141$ А.

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

Жавоби: 4,54 А; 6,4 А.

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

Жавоби: 6,03 А; 0,325 рад; 100 Гц.

- *6. Занжир қисми учларидаги кучланиш $u = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$ қонунга мувофик үзгаради. $t = \frac{T}{12}$ бўлганда кучланиш $u = 10$ В. Кучланишнинг таъсир этувчи қийматини топинг.

Жавоби: 8,2 В.

9-§. Ўзгарувчан ток занжиридаги актив ва реактив қаршиликлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ актив қаршилик
- ✓ сиғим қаршилик
- ✓ конденсатор
- ✓ индуктив қаршилик
- ✓ фалтак
- ✓ реактив қаршилик
- ✓ фазалар силжиши



Бугун дарсда:

- актив ва реактив қаршиликтің өсауынан ток занжирини үрганасыз ва күриб чиқылған ҳар бир ҳол учун кучланиш ва ток кучи орасидаги фазалар силжишини анықтайсыз.

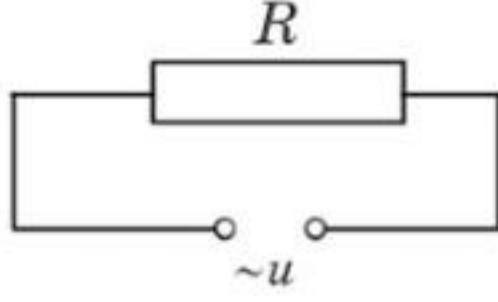
Ўзгарувчан ток занжиридаги актив қаршилик. Ўзгарувчан ток занжирида бизга аввалдан маълум катталиқ — резисторлар, улагич симлар, чўғланма лампа ва бошқа электр иситкич асбобларининг электр қаршилиги **актив қаршилик** дейилади.

Чунки ўзгарувчан ток занжирида бундан ташқари индуктив ва сиғим қаршиликлар бўлиши мумкин. Аммо иссиқлик энергияси фақат актив қаршилиқда ажралади, яъни фақат актив қаршиликтің эга юклама(нагрузка)гина генератордан олинадиган энергияни ютади.

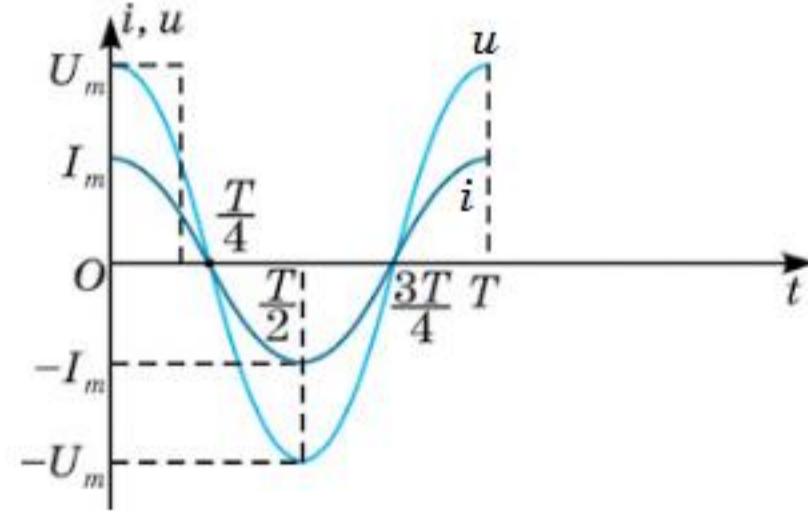
Сиз буни биласиз

Ток манбаидан ташқари фақат резисторга эга ўзгарувчан ток занжири қисмидаги кучланиш ва ток кучининг тебранишари $u = U_m \cos \omega t$; $i = I_m \cos \omega t$ қонунга мувофиқ содир бўлади. Бутенгламаларнитаққослаб, ток кучи ва кучланиш тебранишлари бир вақтда ўзларининг максимум ва минимум қийматларига эришиб, фаза ва частотаси бўйича бир хил бўладидеган хуносагакелиш мумкин.

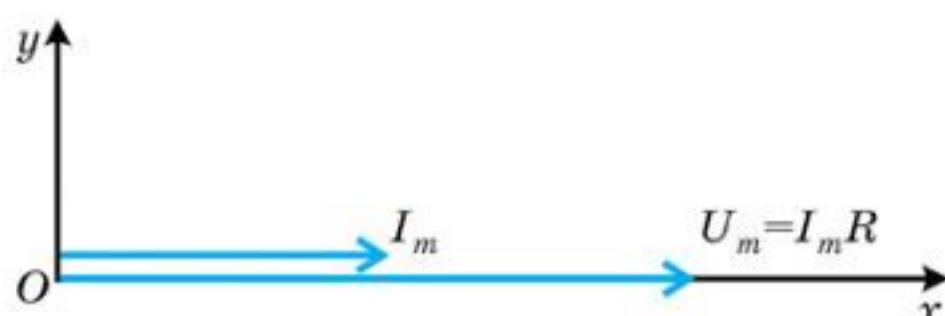
Шундай қилиб, фақат актив қаршиликли ўзгарувчан ток занжирида (9.1-расм) ток кучи ва кучланишнинг тебранишлари синфаз равшида рўй беради. Актив қаршилидаги ток кучи ва кучланиш тебранишларининг графиклари 9.2-расмда тасвирланган.



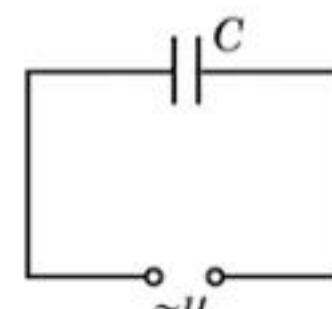
9.1-расм. Фақат актив қаршиликтің эга ўзгарувчан ток занжири



9.2-расм. Ўзгарувчан ток занжиридаги ток кучи ва кучланишнинг боғланиш графиклари



9.3-расм. Фақат актив қаршиликка әга ўзгарувчан ток занжири учун вектор диаграмма



9.4-расм. Ўзгарувчан ток занжиридаги конденсатор

Ток кучи ва кучланиш тебранишлари фазалари орасидаги мұноса-баттарни вектор диаграммалар усули орқали яққол күрсатиш мүмкін (9.3-расм). Диаграммада ўзгарувчан ток кучи амплитудаси ва ўзгарувчан кучланиш амплитудаси параллел векторлар күринишида тасвирланади, улар орасидаги бурчак, яъни тебранишлар фазаларининг фарқы нолға тенг.

Реактив қаршилик. Ўзгармас ток учун индуктив ғалтак оддий ўтказгичдан иборат ва бу ҳолда фақат юқорида қайд қилинган актив қаршилик мавжуд. Конденсатор ўзгармас токни ўтказмайди.

Ўзгарувчан ток бўлган ҳолда индуктив ғалтак ёки конденсаторнинг қаршилиги кўп омилларга, жумладан, токнинг частотасига, ғалтакнинг индуктивлигига, конденсаторнинг сифимиға боғлиқ. *Ўзгарувчан ток занжирида индуктивликка ва (ёки) сигимга боғлиқ ҳолда пайдо бўладиган қаршилик реактив қаршилик деб аталади.*

Ўзгарувчан ток занжиридаги конденсатор. С сифимли конденсаторни $u = U_m \cos \omega t$ ўзгарувчан кучланиш манбаига улаймиз (9.4-расм). Бунда конденсатор доимий равишида қайта зарядланиб туради ва ташқи занжирдан ўзгарувчан ток ўтади.

Агар 9.4-расмда күрсатилган занжирга конденсатор билан кетма-кет электр лампа уланса, конденсаторнинг сифими катта бўлганда лампа ёнади. Агар ўша занжир ўзгармас ток манбаига уланса, лампа ёнмайди, бу занжирда ўзгармас ток оқмайди. Чунки конденсатор қопламалари диэлектрик билан ажратилган, яъни ўзгармас ток учун занжир уланмаган. Ўзгарувчан ток занжирида ҳам конденсатор қопламалари орасидан электр зарядлари ўта олмайди, бироқ унинг даврий равишида қайта зарядланиб, зарядсизланиб туриши натижасида қопламаларни ток манбай билан улаб турган симлардан ўзгарувчан ток ўтади. Агар улагич симларнинг электр қаршилиги ҳисобга олинмаса, занжир фақат конденсатор ва $u = U_m \cos \omega t$ ўзгарувчан кучланиш манбаидан иборат деб ҳисоблаш мүмкін. 10-синф физика курсидан конденсатор қопламалари орасидаги кучланиш сифим билан бундай боғланган: маълумки, $u = \frac{q}{C}$, бу ерда q — конденсатор қопламаларидағи заряд. Конденсатор сифими унинг қопламаларидаги зарядга боғлиқ әмаслигини ёдда тутмоқ лозим. Шунинг учун конденсатор қопламаларидаги заряд кучланишнинг ўзгариш қонуниятига мувофик ўзгаради: $q = Cu$ ёки $q = U_m \cdot C \cdot \cos \omega t$.

Заряднинг вақт бүйича биринчи тартибли ҳосиласи

$$i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right).$$

Күйидаги белгилашларни киритамиз:

$$I_m = \omega C U_m, \quad (9.1)$$

у ҳолда

$$i = I_m \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (9.2)$$

Күчланиш тенгламаси $u = U_m \cos \omega t$ билан (9.2) тенгламани таққослаб, ушбу холосага келиш мүмкін: *ток кучи тебранишлари фазаси конденсатордаги күчланиш тебранишлари фазасидан $\frac{\pi}{2}$ қадар олдинда боради.*

Ток кучи ва күчланишнинг вақтга боғлиқлиги графиклари ҳамда вектор диаграммаси мөс равишида 9.5- ва 9.6-расмларда тасвирланган.

(9.1) ифода ток кучининг амплитудасини анықлады.

Белгилашлар киритамиз:

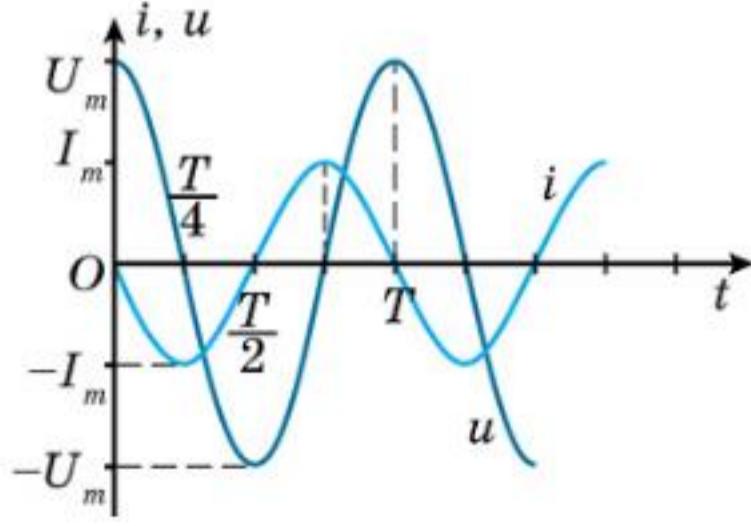
$$X_C = \frac{1}{\omega C}. \quad (9.3)$$

Уни (9.1) формулага қўямиз:

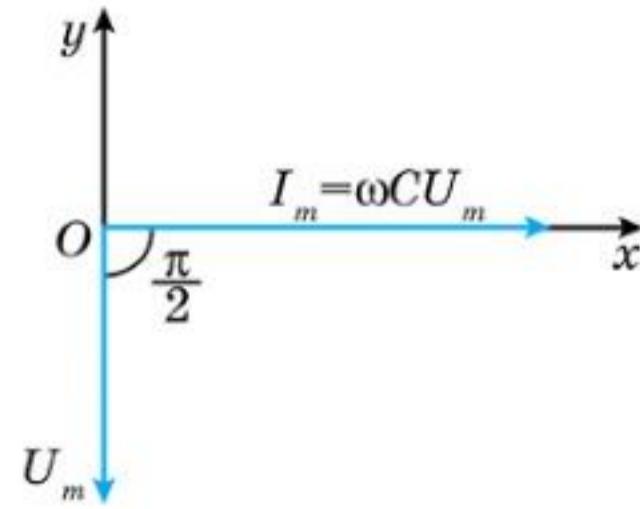
$$I_m = \frac{U_m}{X_C}.$$

Биз занжирнинг бир қисми учун Ом қонунини олдиқ. Бу ерда қаршилик ўрнига циклик частота ва электр сифими кўпайтмасининг тескари қийматига тенг катталиқ турибди: $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{U_m}{I_m}$. Бу катталиқ сигим қаршилик дейилади.

Кўриниб турибдики, конденсаторнинг сифими қанча катта бўлса, сифим қаршилик шунча кичик ва у частотага тескари пропорционалdir. Частота қанчалик катта бўлса, сифим қаршиликнинг қиймати шунча кичик бўлади. Шунинг учун, күчланиш амплитудасининг ўзгармас қийматида, ток кучининг амплитудаси частота ортган сари унга боғлик равишида ортади. Ўзгармас ток учун $\omega = 0$, сифим қаршилик чексиз катта ($X_C = \infty$) ва шунинг учун занжирдан ток ўтмайди.



9.5-расм



9.6-расм

Үзгарувчан ток занжиридаги индуктив ғалтак. Үзгарувчан ток занжиридаги индуктив ғалтак қўшимча қаршиликни юзага келтиради. Буни ўзиндуция ҳодисаси билан тушунтириш мумкин.

Фақат индуктив ғалтак ва үзгарувчан кучланиш манбаидан иборат занжирни кўриб чиқамиз (9.7-расм). Ғалтакнинг актив қаршилиги $R = 0$ бўлсин.

Ғалтакда оний қиймати

$$\mathcal{E}_{is} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = -Li' \quad (9.4)$$

бўлган ўзиндуция ЭЮК пайдо бўлади, бу ерда i' — ток кучининг вакт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосиласи.

Ом қонунига кўра

$$iR = \mathcal{E}_{is} + u, \quad (9.5)$$

бу ерда R — ғалтакнинг актив қаршилиги; u — ғалтак учларидағи кучланишнинг оний қиймати. Идеал ғалтакда $R = 0$, шунинг учун (9.5) тенглама қўйидаги кўринишга келади:

$$0 = \mathcal{E}_{is} + u \text{ ёки } u = -\mathcal{E}_{is}.$$

Ток кучи

$$i = I_m \sin \omega t \quad (9.6)$$

қонунга мувофиқ үзгарганлиги учун, ўзиндуция ЭЮК ушбуга тенг: $\mathcal{E}_{is} = -Li' = -\omega L I_m \cos \omega t$. $u = -\mathcal{E}_{is}$, у ҳолда кучланиш

$$u = \omega L I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right);$$

$$u = U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right), \quad (9.7)$$

бу ерда $U_m = \omega L I_m$ — кучланиш амплитудаси.

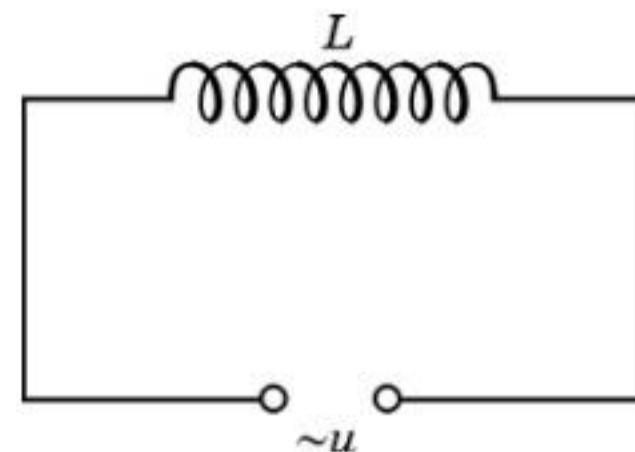
(9.6) ва (9.7) ифодаларни таққослаб, ушбу холосага келамиз: ғалтакдаги ток кучининг тебранишлари кучланиш тебранишларидан фаза бўйича $\frac{\pi}{2}$ қадар орқада бўлади.

Ғалтакдаги ток кучининг максимал қиймати

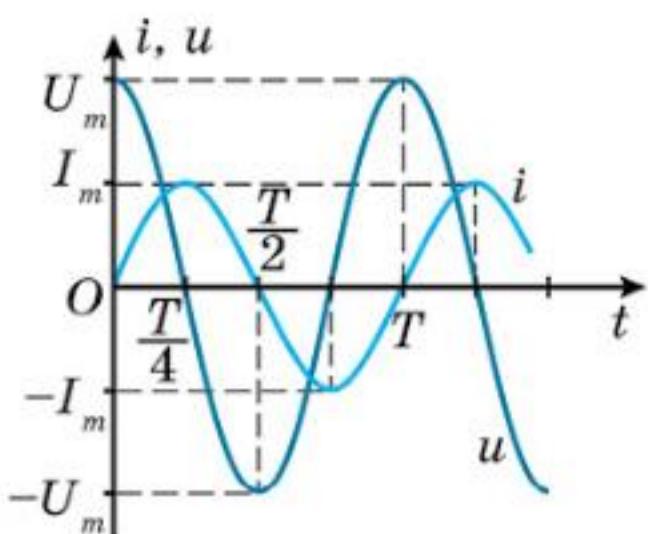
$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}.$$

Ушбу формула — идеал индуктив ғалтакка эга үзгарувчан ток занжирни учун Ом қонуни. Бу ерда ωL ифода ғалтакнинг **индуктив қаршилиги** дейилади ва X_L ҳарфи билан белгиланади. Шундай қилиб, ғалтакнинг индуктив қаршилиги

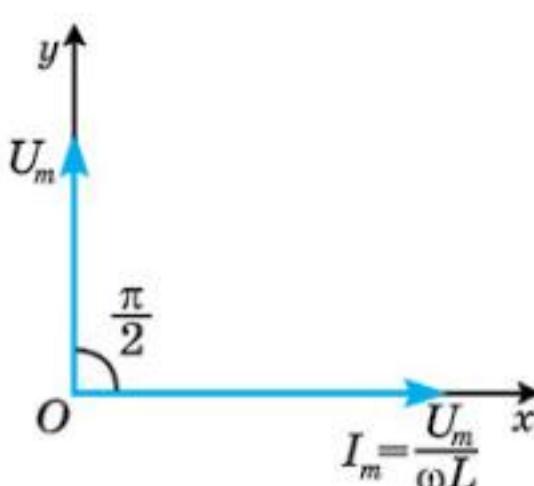
$$X_L = \omega L. \quad (9.8)$$



9.7-расм



9.8-расм



9.9-расм

Агар ток кучи ва кучланиш амплитудаси үрнига уларнинг таъсир этувчи қийматини қўлласак, у ҳолда,

$$I_t = \frac{U_t}{X_L}$$

Ифодадан кўриниб турибдики, индуктив қаршилик ўзгарувчан токнинг циклик частотаси ва индуктивлигига тўғри пропорционал. Индуктивлик ортган сари қаршилик ҳам ортади. Чстота камайса, қаршилик ҳам камаяди. Ўзгармас ток учун частота $\omega = 0$, у ҳолда индуктив қаршилик ҳам нолга teng. Индуктив қаршиликдаги ток кучи ва кучланишнинг вақтга боғлиқлиги графиги 9.8-расмда, унга мос вектор диаграммаси эса 9.9-расмда тасвирланган. Расмлардан кўриниб турибдики, кучланиш тебранишлари ток кучи тебранишларидан фаза бўйича $\frac{\pi}{2}$ га қадар олдинда бўлар экан.



1. Қандай қаршилик актив қаршилик деб аталади?
2. Актив қаршиликка эга ўзгарувчанток занжиридагиток кучи ва кучланиш тебранишларининг фазалари қандай боғланган?
3. Сигум қаршилик нима?
4. Сигум қаршилик қандай катталикларга боғлиқ?
5. Фақат сигум қаршиликка эга занжирдаги ток кучи ва кучланиш тебранишлари орасидаги фазавий муносабатлар қандай?
6. Нима учун конденсаторуланган занжирдан ўзгармасток ўтмайди, лекин ўзгарувчанток ўтади?
7. Ўзгарувчанток занжирига электр лампа уланган. Агар конденсатор у билан кетма-кет уланса, лампа нурлантирадиган ёруғлик энергияси ўзгарадими? Жавобингизни асосланг.
8. Индуктив қаршилик нима?
9. Галтакнинг индуктивлигини орттирганда индуктив қаршилик қандай ўзгаради? Нима учун?
10. Ўзгарувчанток занжиридаги индуктивлик ток кучи катталигига қандай таъсир этишини тушунтиринг.
- *11. Индуктив ғалтак дастлаб ўзгармасток манбаига, сўнграайнан шундай кучланишга мўлжалланган ўзгарувчанток манбаига уланди. Қайси ҳолда занжирдаги ток кучи кўп бўлади? Жавобингизни асосланг.
- *12. Юпқа мис симнинг 15—20 ўрамидан ташкил топган ғалтак 120 В ли ўзгарувчан кучланишга мўлжалланган. Ўқувчи уни 120 В ли ўзгармас кучланиш манбаига улади. Ўша пайтда нима кузатилди?



1. Ызгарувчан ток занжирининг бир қисмida фақат конденсатор мавжуд. $U = U_m \sin(\omega t + \phi_0)$ күчланиш манбаига уланган. Ток кучи ва күчланишнинг вақтга боғлиқлиги графигини ясанг ва тушунтириңг: а) $\phi_0 = 0$; б) $\phi_0 = \frac{\pi}{4}$. Вектор диаграммасини ясанг.
2. Фақат индуктив қаршиликка әга занжир қисмida ток кучи $i = I_m \sin(\omega t + \phi_0)$ қонун бүйича үзгаради. Ток кучи ва күчланишнинг вақтга боғлиқлиги графигини чизинг ва тушунтириңг: а) $\phi_0 = 0$; б) $\phi_0 = \frac{\pi}{4}$. Вектор диаграммасини тузинг.

Масала ечиш намунаси

Занжирнинг фақат резистордан иборат қисмida күчланиш $u = 180\cos 314t$ (В) қонунга мувофиқ үзгаради. Ушбу қисмдаги ток кучининг таъсир әтувчи қиймати $I_s = 1,7$ А. Занжирнинг ўша қисмдаги сиғим қаршилиги резисторнинг қаршилигига тенг бўладиган конденсаторнинг сиғими қандай?

Берилган:

$$u = 180\cos 314t \text{ (В)}$$

$$I_s = 1,7 \text{ А}$$

$$R = X_c$$

Топиш керак:

$$C = ?$$

Ечилиши. Масаланинг шартида берилган күчланиш тенгламасидан унинг таъсир әтувчи қийматини ва циклик частотани топамиз:

$$U_s = \boxed{x} = \frac{180}{\sqrt{2}} \text{ В}, \quad \omega = 314 \text{ рад/с.}$$

$$\text{Резисторнинг қаршилиги } R = \frac{U_s}{I_s}.$$

Масаланинг шартига кўра $R = X_c = \frac{1}{\omega C}$, бундан $C = \frac{I_s}{U_s \cdot \omega}$.

$$C = \frac{1,7 \text{ А}}{\frac{180}{\sqrt{2}} \text{ В} \cdot 314 \text{ рад/с}} = 42 \text{ мкФ.}$$

Жавоби: $C = 42 \text{ мкФ.}$



6-машқ

1. 50 Гц частотали үзгарувчан ток занжиридаги конденсаторнинг сиғим қаршилиги $X_c = 5$ Ом. Конденсаторнинг сиғими қандай?

Жавоби: $6,4 \cdot 10^{-4} \text{ Ф.}$

2. Сиғими $C = 40$ мкФ бўлган конденсаторнинг үзгарувчан ток занжиридаги қаршилиги $X_c = 8$ Ом. Үзгарувчан токнинг частотаси ва даврини аниқланг.

Жавоби: 497,6 Гц; 0,002 с.

3. 50 Гц частотали үзгарувчан ток занжирининг бир қисмiga ҳар бирининг сиғими $C = 1$ мкФ бўлган иккита конденсатор кетма-кет уланган. Занжирнинг ўша қисмидаги сиғим қаршилигини топинг.

Жавоби: 6,4 кОм.

4. Ҳар бирининг сиғими $C_1 = C_2 = 2$ мкФ бўлган иккита конденсатордан иборат батарея 50 Гц частотали үзгарувчан ток занжирига параллел уланган. Батареяning сиғим қаршилигини аниқланг.

Жавоби: 796 Ом.

*5. Конденсатор уланган ўзгарувчан ток занжири қисмидаги ток кучи $i = 0,1\cos(314t + 1,57)$ (А) қонунга мувофиқ ўзгаради. Конденсатордаги кучланишнинг максимал қиймати $U_m = 60$ В. Конденсаторнинг сиғими қандай?

Жавоби: 5 мкФ.

6. Агар ўзгарувчан токнинг частотаси $V = 1$ кГц бўлса, индуктивлиги $L = 5$ Гн бўлган ғалтакнинг индуктив қаршилигини аниқланг.

Жавоби: 31,4 кОм.

7. Индуктивлиги $L = 2$ Гн бўлган ғалтакнинг индуктив қаршилиги $X_L = 628$ Ом бўлса, ўзгарувчан токнинг частотаси ва даврини аниқланг.

Жавоби: 50 Гц; 0,02 с.

8. Агар ғалтак учларидаги ўзгарувчан кучланиш амплитудаси $U_m = 157$ В, ток кучининг амплитудаси $I_m = 5$ А, токнинг частотаси $V = 50$ Гц бўлса, унинг индуктивлиги қандай? Ғалтакнинг актив қаршилиги нолга teng.

Жавоби: 0,1 Гн.

*9. Ғалтакни $V_1 = 50$ Гц частотали ўзгарувчан ток занжирига улаганда, ток кучи $I_1 = 2$ А га teng бўлади. Ўзгарувчан ток частотаси икки марта ортирилса, ток кучи қандай ўзгаради?

Жавоби: 1 А.

10-§. Ўзгарувчан токнинг тўлиқ занжири учун Ом қонуни



Таянч тушунчалар:

- ✓ актив қаршилик
- ✓ реактив қаршилик
- ✓ тўла қаршилик
- ✓ ўзгарувчан токнинг тўлиқ занжири учун Ом қонуни

Бугун дарсда:



- ўзгарувчан ток занжиридаги “тўла қаршилик” тушунчаси билан танишасиз ва R , L , C элементлари бўлган ўзгарувчан ток занжири учун Ом қонунини ўқиб ўрганасиз.

Аввалги мавзуда биз ўзгарувчан ток занжиридаги кучланиш ва ток кучининг тебраниш частоталари ҳар доим бир хил бўлишига, лекин уларнинг фазалари орасидаги боғланиш қаршиликнинг турига боғлиқ бўлишига ишонч ҳосил қилдик. Агар занжир факат актив қаршиликдан иборат бўлса, кучланиш ва ток кучининг тебранишлари бир хил фазада содир бўлади. Занжирда факат сиғим қаршилик бўлган ҳолда ток кучи тебранишлари кучланиш тебранишларидан $\frac{\pi}{2}$ га қадар олдинда бўлади. Агар занжирда факат актив қаршилигини ҳисобга олмаса ҳам бўладиган индуктив ғалтак бўлса, ток кучи тебранишлари кучланиш тебранишларидан $\frac{\pi}{2}$ қалар орқада бўлади. Агар занжирда ўша уч турли қаршиликларнинг ҳаммаси бўлса, ток кучи ва кучланиш тебранишлари орасидаги ўзаро боғланиш қандай бўлар эди?

Бу саволга жавоб бериш учун қаршилиги R резистор, сиғими C конденсатор ва индуктивлиги L ғалтак ўзаро кетма-кет уланган занжирни қараб чиқамиз. Бундай занжир *ўзгарувчан токнинг тўлиқ занжири* дейилади. Занжир учларига $u = U_m \cos \omega t$ кучланиш берамиз (10.1-расм). Ток кучнинг i оний қиймати ҳам, I_m амплитуда қиймати ҳам кетма-кет уланган занжирнинг барча қисмларида бир хил бўлади. Ток манбаи қутбларидаги оний кучланиш унинг алоҳида қисмларидаги кучланишнинг оний қийматлари йиғиндисига teng:

$$u = u_R + u_C + u_L.$$

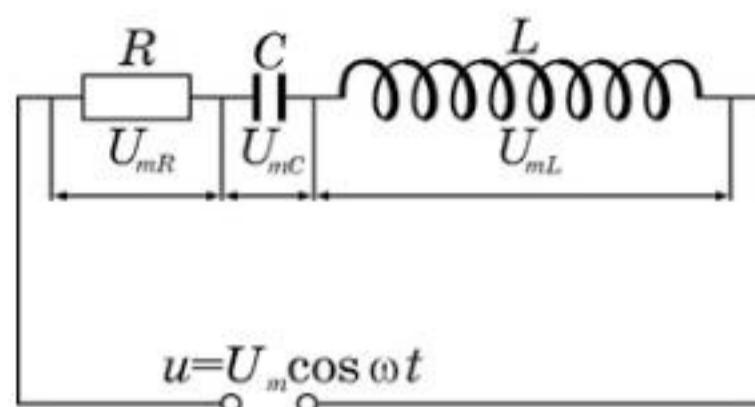
Кўрилаётган занжирда мажбурий электромагнит тебранишлар, яъни ўзгарувчан ток пайдо бўлади. Резистор, конденсатор ва ғалтакдаги кучланиш амплитудаларини мос равишда U_{mR} , U_{mC} ва U_{mL} каби белгилаб, уларни вектор диаграммада ясаймиз (10.2-расм). Ток кучи амплитудасини горизонтал ўқ бўйлаб йўналган вектор кўринишида тасвирлаймиз. У ҳолда горизонтал ўқ билан ҳар бир кучланиш амплитудаси вектори орасидаги бурчак ток кучи ва унга мос кучланиш тебранишларининг фазалар фарқига teng бўлади.

Актив қаршиликдаги кучланишнинг тебранишлар фазаси ток кучи тебранишлари фазаси билан мос келади, конденсатордаги кучланиш тебранишлари ток кучи тебранишларидан фаза бўйича $\frac{\pi}{2}$ қадар орқада бўлади, ғалтакдаги кучланиш тебранишлари эса ток кучи тебранишларидан $\frac{\pi}{2}$ қадар олдинда бўлади. Берилган кучланишнинг U_m амплитудасини барча кучланиш векторлари йиғиндисининг модули сифатида топиш мумкин:

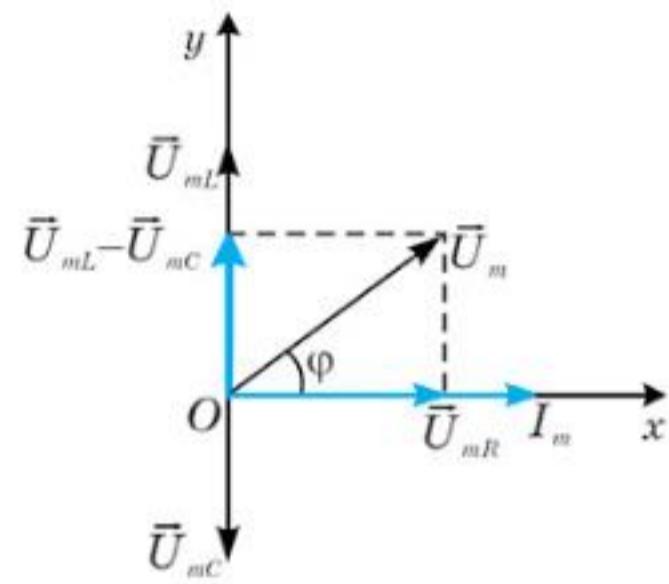
$$\vec{U}_m = \vec{U}_{mR} + \vec{U}_{mC} + \vec{U}_{mL}.$$

Юқорида вектор кўринишида берилган тенгламага қараб, уни вектор катталик деб ҳисоблаш мумкин эмас. Бу факт модуллари берилган кучланишга teng бўлган векторлардир. 10.2-расмдан тўлиқ занжир учларидаги кучланиш амплитудаси Пифагор теоремасига кўра $U_m = \sqrt{U_{mR}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2}$ ифодага teng эканини кўриш мумкин. Ом конунига мувофиқ

$$U_{mL} = I_m X_L, \quad U_{mC} = I_m X_C \quad \text{ва} \quad U_{mR} = I_m R.$$



10.1-расм. Кетма-кет уланган ўзгарувчан ток занжири



10.2-расм. R , L , C элементлардан таркиб топган ўзгарувчан ток занжири учун вектор диаграмма

Үша қийматларни юқорида келтирилган ifодага қўямиз,

$$U_m = \sqrt{I_m^2 R^2 + (I_m X_L - I_m X_C)^2} = I_m \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

Бундан

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}. \quad (10.1)$$

$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ катталик реактив қаршилик дейилади,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (10.2)$$

эса ўзгарувчан ток занжиридаги тўлиқ қаршилик дейилади.

Фазалар фарқидан (ϕ) вектор диаграммани аниқлаймиз:

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{U_{mL} - U_{mC}}{U_{mR}} \text{ ёки } \operatorname{tg}\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}. \quad (10.3)$$

(10.1) тенглама ўзгарувчан токнинг тўлиқ занжири учун Ом қонуни дейилади. $X_L = \omega L$ ва $X_C = \frac{1}{\omega C}$ бўлгани учун, (10.1) формулани ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

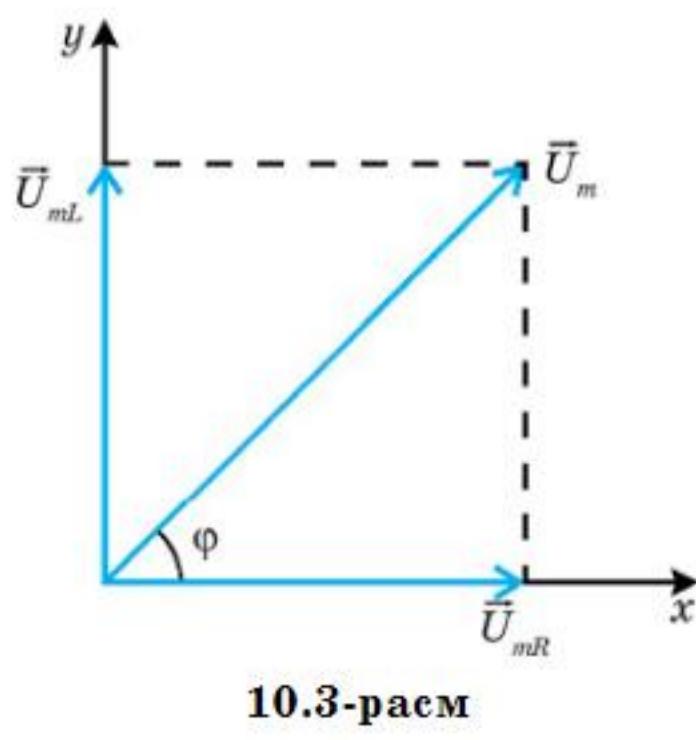
$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}. \quad (10.4)$$

Фазалар фарқини назарга олиб, ток кучи тебранишлари тенгламасини бундай ifодалаймиз:

$$i = I_m \cos (\omega t - \phi). \quad (10.5)$$

Занжирда конденсатор бўлмагандаги хусусий ҳол учун вектор диаграммани ясаймиз (10.3-расм).

Занжирда конденсатор бўлмаганда $I_m = \frac{U_m}{R}$ Ом қонунини ток кучи ва кучланишнинг амплитуда қийматлари учун бундай ёзиш мумкин: $I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$, фазалар силжиши $\operatorname{tg}\phi = \frac{U_{mL}}{U_{mR}} = \frac{\omega L}{R}$.



Охирги иккита ifода агар $\frac{1}{\omega C} = 0$, яъни $C = \infty$ бўлса, (10.3) ва (10.4) формулалар билан бир хил бўлади. Демак, занжирда конденсатор бўлмаганда, сифим C нолга эмас, балки чексизликка teng экан. Дарҳақиқат, агар занжирдаги конденсатор қопламалари бир-бирига чексиз яқинлаштирилса, конденсаторни йўқ деб ҳисоблаш мумкин. Ясси конденсатор сифимишнинг $C = \frac{S\epsilon_0}{d}$ формуладан, агар $d = 0$ бўлса, $C = \infty$ экани келиб чиқади.

Бундан аввал таъкидлаганимиздек, генератордан олинадиган энергия факт актив қаршиликдагина иссиқлик энергияси тарзидан ажралиб чиқади. Реактив қаршиликта энергия ютилиши содир бўлмайди. Реактив қаршиликта электр майдон энергияси даврий равишда магнит майдон энергиясига, ва аксинча айланиб туриши кузатилади. Конденсатор зарядланадиган давринг биринчи чорагида занжирга энергия келиб турари ва конденсаторда электр майдон энергияси тарзидан тўпланади. Давринг кейинги чорагида эса конденсатор зарядсизланиб, бу энергия магнит майдон энергияси сифатида тармоқча қайтарилади.



1. Ўзгарувчантокнинг тўлиқ занжирни қандай элементларни ўз ичига олган?
2. Ўзгарувчанток учун Ом қонунини ёзинг.
3. Кетма-кет уланган R , L , C занжирдаги ток кучи ва кучланиш тебра-нишларининг фазаларфарқи қандай катталикларга боғлиқ?
4. 10.3-расмда тасвирланган вектор диаграммани тушунтириңг.
- *5. Ўзгарувчан ток занжирдаги тўлиқ қаршилик нимага тенг? Унинг формуласини қандай келтириб чиқариш мумкин?



1. Қуйида кўрсатилган ҳоллар учун вектор диаграмма ясанг:
а) $X_L = 0$, $R \neq 0$, $X_C \neq 0$; б) $X_C = 0$, $R \neq 0$, $X_L \neq 0$; в) $R = 0$, $X_L \neq 0$, $X_C \neq 0$.
2. Ўзгарувчан токнинг тўлиқ қаршилиги ва тўлиқ занжир учун иккита масалатузиб, уларни партадош дўстларингиз билан алмашиб ечинг. Ҳар қайси масаланинг мазмуни ва ечилиш усулини биргалиқда муҳокама қилинг, бир-бирингизнинг ишларингизни баҳоланг.

Масала ечиш намунаси

Таъсир этувчи қиймати $U_s = 110$ В кучланишли ўзгарувчан ток занжирига $C = 5 \cdot 10^{-5}$ Ф сифимли конденсатор, индуктивлиги $L = 400$ мГн ва актив қаршилиги $R = 10$ Ом ғалтак кетма-кет уланган. Ўзгарувчан токнинг частотаси $V = 50$ Гц бўлса, унинг тебраниш амплитудаси қандай?

Берилган:

$$U_s = 110 \text{ В}$$

$$C = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$L = 400 \text{ мГн} = 0,4 \text{ Гн}$$

$$R = 10 \text{ Ом}$$

$$V = 50 \text{ Гц}$$

Топиш керак:

$$I_m = ?$$

Ечилиши. Ўзгарувчан ток учун Ом қонунини ёзамиш:

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

$$\text{бу ерда } \omega = 2\pi V.$$

Кучланишнинг амплитуда қийматини унинг таъсир этувчи қиймати $U_s = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ билан боғлиқлигини эътиборга олиб топамиш:

$$I_m = \frac{U_7 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2}} =$$

$$= \frac{110\text{ В} \cdot 1,41}{\sqrt{(10 \text{ Ом})^2 + \left(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 0,4 \text{ Гн} - \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}}\right)^2}} = 2,47 \text{ А.}$$

Жавоби: $I_m = 2,47 \text{ А.}$



7-машқ

1. Кучланишнинг таъсир этувчи қиймати $U_7 = 220 \text{ В}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига $R = 199 \text{ Ом}$ актив қаршилиқ ва $C = 40 \text{ мкФ}$ сиғимли конденсатор кетма-кет уланган. Занжирдаги ток кучининг амплитудасини топинг.

Жавоби: $1,45 \text{ А.}$

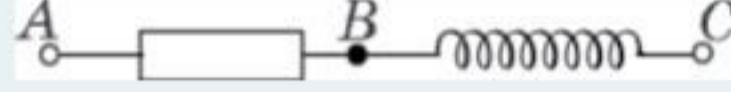
2. Кучланишнинг таъсир этувчи қиймати $U_7 = 127 \text{ В}$ бўлган занжирга индуктивлиги $L = 0,16 \text{ Гн}$, актив қаршилиги $R = 2 \text{ Ом}$ ғалтак ва $C = 64 \text{ мкФ}$ сиғимли конденсатор кетма-кет уланган. Тебраниш частотаси $\nu = 200 \text{ Гц}$ бўлса, ток кучининг таъсир этувчи қиймати қандай?

Жавоби: $0,67 \text{ А.}$

3. $C = 5 \text{ мкФ}$ сиғимли конденсатор ва $R = 150 \text{ Ом}$ қаршилика эга ўтказгич частотаси $\nu = 50 \text{ Гц}$, кучланишнинг таъсир этувчи қиймати $U_7 = 120 \text{ В}$ бўлган ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. Ток кучининг таъсир этувчи ва амплитуда қийматларини, ток ва кучланиш тебранишларининг фазалар силжишини топинг.

Жавоби: $0,18 \text{ А}; 0,26 \text{ А}; 76^\circ 49'.$

4. 10.4-расмда кўрсатилган занжирнинг ABC қисмида синусоидал ток оқади. Кучланишнинг AB қисмидаги қиймати $U_{AB} = 30 \text{ В}$, BC қисмидаги қиймати $U_{BC} = 40 \text{ В}$. Занжирнинг AC қисмидаги кучланишнинг таъсир этувчи қийматини топинг.



10.4-расм

Жавоби: 50 В.

- *5. Ғалтакнинг қаршилиги ўзгарувчан ток занжирига улаб ўлчаганда, у $Z_1 = 110 \text{ Ом}$ бўлди. Шу занжирга айни шундай, аммо солишири-ма қаршилиги икки марта катта симдан ясалган ғалтак уланганда унинг қаршилиги $Z_2 = 140 \text{ Ом}$ бўлди. Биринчи ғалтакнинг актив қаршилигини топинг.

Жавоби: 50 Ом.

11-§. Ўзгарувчан ток занжиридаги қувват



Таянч тушунчалар:

- ✓ ўзгарувчан токнинг оний қуввати
- ✓ ўзгарувчан токнинг актив қуввати
- ✓ ўзгарувчан токнинг реактив қуввати
- ✓ қувват коэффициенти



Бугундарсда:

- ўзгарувчан токнинг актив ва реактив қуввати тушунчасининг физик маъноси билан танишасиз. Қувват коэффициентини аниқлашни ва масалаларешишни ўрганасиз.

Сиз буни биласиз

Ўзгарувчан ток занжиридаги қаршиликларни **актив** ва **реактив** деб бўлиш мумкин. Генератордан олинадиган энергия фақат актив қаршиликда иссиқлик энергияси кўринишида ажралиб чиқади. Реактив қаршиликда энергия ютилмайди, фақат электр майдон энергияси даврий равишда магнит майдон энергиясига, ва аксинча айланаб туради.

Агар кетма-кет уланган актив ва реактив қаршиликлардан таркиб топган занжир учларига $u = U_m \cos\omega t$ ўзгарувчан кучланиш берилса, занжирдаги ток кучи тебранишлари тенгламаси бундай бўлади: $i = I_m \cos(\omega t - \phi)$. Кучланиш ва ток кучи тебранишлари фазаларининг фарқи ушбу ифодабилан аниқланади: $\operatorname{tg}\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$, яъни актив ва реактив қаршилик қийматлари орасидаги боғланишга боғлиқ бўлади.

Шунга мувофик ҳолда “ўзгарувчан ток занжирида актив” ва “реактив қувват” тушунчалари киритилади.

Ўзгарувчан токнинг актив қуввати. Ўзгарувчан ток занжирида оний қувват ток кучи ва кучланишнинг оний қийматлари кўпайтмасига тенг:

$$P(t) = u(t) \cdot i(t) = U_m I_m \cos\omega t \cos(\omega t - \phi).$$

Бу ифодадаги $\cos(\omega t - \phi)$ кўпайтувчини ёйиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$P(t) = U_m I_m (\cos^2\omega t \cdot \cos\phi + \cos\omega t \sin\omega t \sin\phi).$$

Биз бир давр ичида ўртача қувватни аниқлашимиз керак. Бунинг учун вақтга боғлиқ тригонометрик функцияларнинг ўртача қийматларини топамиз: $(\cos^2\omega t)_{\text{ўрт}} = \frac{0+1}{2} = \frac{1}{2}$; $\cos\omega t \sin\omega t = \frac{\sin 2\omega t}{2}$ бўлгани учун, $(\sin 2\omega t)_{\text{ўрт}} = \frac{-1+1}{2} = 0$. Жумладан, қувватни аниқлайдиган ифодадаги иккинчи қўшилувчининг ўртача қиймати нолга тенг.

У ҳолда ўзгарувчан ток занжиридаги ўртача қувват

$$P = \frac{1}{2} I_m U_m \cos\phi. \quad (11.1)$$

Охирги ифодадаги ток кучи ва кучланишнинг таъсир этувчи қийматларини I ва U билан белгилаймиз, бунда

$$P = IU \cos \phi \quad (11.2)$$

хосил бўлади, бу ерда $\cos \phi$ катталик қувват коэффициенти дейилади. Ўша ифода ўзгарувчан токнинг қуввати нафақат ток кучи ва кучланишга, шунингдек уларнинг тебранишлар фазалари фарқига ҳам боғлиқ эканини кўрсатади.

Агар занжирда реактив қаршилик мавжуд бўлмаса, у ҳолда $\phi = 0$, $\cos \phi = 1$, бинобарин $P = I \cdot U$, яъни бизга таниш бўлган ўзгармас ток қуввати формуласини олдик. Занжирда актив қаршилик мавжуд бўлмаса, $\phi = \frac{\pi}{2}$, $\cos \phi = 0$ ва $P = 0$.

Шундай қилиб, факат реактив қаршилик мавжуд занжирдагина ўртача қувват нолга тенг бўлар экан. (11.2) формуладан кўриниб турибдики, қувватни ошириш учун $\cos \phi$ катталикни, яъни қувват коэффициентини орттириш лозим. Саноат қурилмаларида энг камида $\cos \phi = 0,85$ бўлиши лозим.

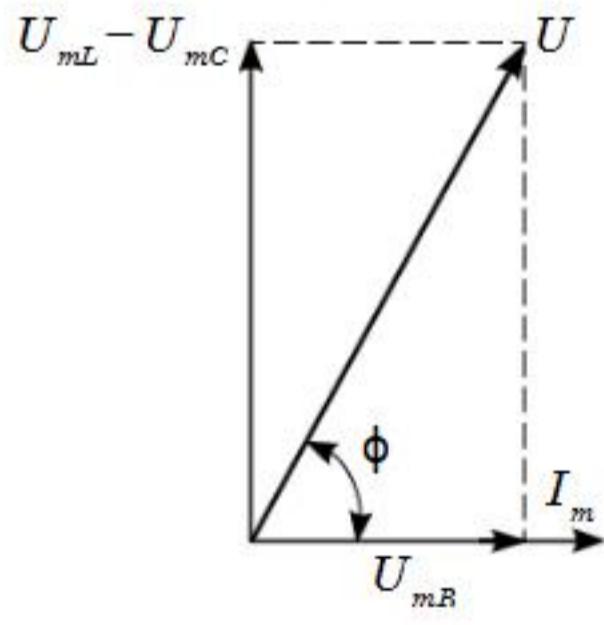
Ўзгарувчан токнинг реактив қуввати. Ўзгарувчан ток занжиридаги *реактив қувват* энергия манбаидан занжирнинг реактив элементларига: индуктив ғалтакларга, конденсаторларга, двигателнинг чулғамларига ва бошқаларга бир давр ичida ўша элементлардан истеъмол манбаига қайтариладиган энергиянинг даврга нисбати билан аниқланади.

Реактив қувват Q ҳарфи билан белгиланади ва қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$Q = U \cdot I \sin \phi. \quad (11.3)$$

Реактив қувватнинг ХБ системасидаги ўлчов бирлиги *вольт-ампер* бўлиб ҳисобланади: $[Q] = [V \cdot A]$.

Ўзгарувчан ток занжиридаги тўлиқ қувват P_r , ҳарфи билан белгиланади. У актив ва реактив ташкил этувчилардан иборат, ХБ системасида *вольт-ампер* билан ўлчанади.



11.1-расм. Ўзгарувчан ток занжири учун кучланишларнинг вектор диаграммаси

Ўзгарувчан ток занжиридаги тўлиқ қувват ток кучи ва кучланишнинг таъсир этувчи қийматларининг кўпайтмасига тенг:

$$P_r = U \cdot I. \quad (11.4)$$

Ўзгарувчан токнинг тўлиқ қуввати ва унинг ташкил этувчилари орасидаги муносабатларни аниқлаш учун тўлиқ занжир учун кучланишларнинг вектор диаграммасини ясаймиз.

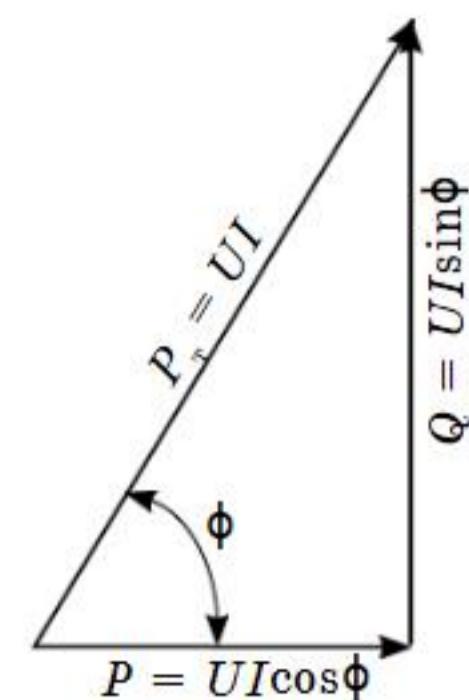
Бизга маълумки, вектор диаграммадаги ток кучи ва кучланишнинг амплитуда қийматларини тасвирловчи векторлар орасидаги бурчак мос катталиклар тебранишларининг фазалари фарқига тенг (11.1-расм).

Кучланишларнинг вектор диаграммасига сүяниб, қувватлар учурчагини ясаш мүмкін (11.2-расм). Бу учурчакнинг иккита катети актив ва реактив қувватларни, гипотенузаси эса түлиқ қувватни тасвирлайды. 11.2-расмдаги ϕ бурчак ток ва кучланиш орасидаги фазалар силжишига тенг. Ушбу бурчакнинг косинуси қувват коэффициенти дейилади:

$$\cos\phi = \frac{P}{P_t}. \quad (11.5)$$

Қувватлар учурчагидан ўзгарувчан токнинг түлиқ қувватини анықтаймиз:

$$P_t = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (11.6)$$



11.2-расм. Қувватлар учурчаги

- 1. Ўзгарувчан токнинг “актив” қуввати тушунчасининг физик маъноси қандай?
- 2. Ўзгарувчан токнинг актив қувватини қандай анықлаш мүмкін?
- 3. Қандай катталик қувват коэффициенти дейилади?
- 4. Фақат реактив элементлардан ташкил топган занжирнинг актив қуввати нимага тенг?
- 5. Ўзгарувчан токнинг реактив қуввати тушунчасининг физик маъноси қандай?
- 6. Ўзгарувчан токнинг реактив қуввати қандай аниқланади?
- 7. Ўзгарувчан токнинг түлиқ қувватини қандай аниқлаш мүмкін?
- *8. 11.1-расмда тасвирланған вектор диаграммани тушунтириңг.
- *9. Қувватлар учурчагини қандай ясаш мүмкінligини тушунтириңг. Унинг ёрдамида қувват коэффициентини қандай аниқлаш мүмкін?

Масала ечиш намунаси

Индуктивлиги $L = 0,5$ Гн, актив қаршилиги $R = 100$ Ом бўлган фалтак ва $C = 10$ мкФ сифимли конденсатор $u = 300\sin 200\pi t$ ўзгарувчан кучланиш манбаига кетма-кет уланган. Ток кучининг амплитуда қийматини, ток кучи ва кучланиш тебранишлари фазалари фарқини, қувват коэффициентини ва истеъмол қувватни топинг.

Берилган:

$$L = 0,5 \text{ Гн}$$

$$R = 100 \text{ Ом}$$

$$C = 10 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$u = 300\sin 200\pi t$$

Топиш керак:

$$I_m = ? \quad \phi = ?$$

$$\cos\phi = ? \quad P = ?$$

Ечилиши. Масаланинг шартида берилган $u = 300\sin 200\pi t$ тенгламадан кучланишнинг амплитуда қийматини $U_m = 300$ В ва циклик частотани $\omega = 200\pi \text{ с}^{-1}$ топамиз.

1. Ом қонунига мувофиқ ток кучининг амплитуда қиймати $I_m = \frac{U_m}{Z}$, бу ерда $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ ўзгарувчан ток занжирининг түлиқ қаршилиги.

У ҳолда

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{300 \text{ В}}{\sqrt{10^4 \text{ Ом}^2 + \left(628 \text{ с}^{-1} \cdot 0,5 \text{ Гн} - \frac{1}{628 \text{ с}^{-1} \cdot 10^{-5} \text{ Ф}}\right)^2}} = 1,63 \text{ А.}$$

2. Фазалар силжишини қуйидаги формуладан топамиз:

$$\operatorname{tg}\phi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{628 \text{ с}^{-1} \cdot 0,5 \text{ Гн} - \frac{1}{628 \text{ с}^{-1} \cdot 10^{-5} \text{ Ф}}}{100 \text{ Ом}} = 1,55.$$

3. Жадвалдаги фазалар силжишининг қиймати $\phi = 57^\circ 12'$ га тенг.

4. Фазалар силжишини билган ҳолда жадвалдан қувват коэффициентини аниқлаймиз: $\cos\phi = 0,54$.

4. Актив қувватни ушбу формула ёрдамида ҳисоблаймиз:

$$P = I U \cos\phi = \frac{I_m U_m}{2} \cos\phi = \frac{U_m^2}{2Z} \cos\phi;$$

$$P = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ В}^2 \cdot 0,5}{2 \cdot \sqrt{10^4 \text{ Ом}^2 + \left(3,14 - \frac{10^5}{628}\right)^2 \text{ Ом}^2}} = 132 \text{ Вт.}$$

Жавоби: 1,63 А; 57°12'; 0,54; 132 Вт.



8-машқ

1. Таъсир этувчи қиймати $U_s = 110$ В бўлган ўзгарувчан кучланиш манбаига индуктивлиги $L = 0,2$ Гн ғалтак ва $R = 20$ Ом актив қаршилик кетма-кет уланган. Ўзгарувчан ток частотаси $V = 50$ Гц бўлса, унинг актив қувватини ҳисобланг.

Жавоби: 55 Вт.

2. Занжир қисмига ўзгарувчан кучланиш берилди. Таъсир этувчи қиймати $U_s = 220$ В, занжирнинг ўша қисмидаги актив қаршилик $R = 100$ Ом, ток кучи ва кучланиш орасидаги фазалар фарқи $\phi = 0,3\pi$. Токнинг актив қувватини аниqlанг.

Жавоби: 167 Вт.

3. Таъсир этувчи қиймати $U_s = 220$ В бўлган ўзгарувчан кучланиш манбаига индуктивлиги $L = 0,5$ Гн ғалтак, сифими $C = 0,5$ мкФ конденсатор ва $R = 10$ Ом актив қаршилик кетма-кет уланган. Токнинг частотаси $V = 50$ Гц. Занжирдаги актив қувватни топинг.

Жавоби: 1,2 мВт.

4. Ўзгарувчан ток занжирни индуктивлиги $L = 0,5$ Гн, актив қаршилиги $R = 1$ кОм ғалтак ва $C = 1$ мкФ сифимли конденсатордан ташкил топган. Кучланиш амплитудаси $U_m = 100$ В, тебраниш частотаси $V = 50$ Гц. Занжирдаги актив қувватни топинг.

Жавоби: 0,5 Вт.

*5. Таъсир этувчи қиймати $U_s = 110$ В, $V = 50$ Гц частотали ўзгарувчан ток занжирига индуктивлиги $L = 0,2$ Гн ғалтак, $R = 2$ Ом актив қаршилик ва ўзгарувчан сифимли конденсатор уланган. Сифимнинг қандай қийматида ўзгарувчан токнинг актив қуввати максимал бўлади? Унинг қиймати нимага тенг?

Жавоби: $C = 0,5 \cdot 10^{-4}$ Ф; $P \approx 605$ Вт.

12-§. Электр занжиридаги кучланишлар резонанси



Таянч түшүнчалар:

- ✓ контурнинг хусусий частотаси
- ✓ ташқи даврий кучланиш частотаси
- ✓ кучланишлар резонанси
- ✓ кучланишни резонанс күчайтириш



Бугундарда:

- резонанс ҳодисаси, унинг юзага келиш шартлари ва татбиқи билан танишасиз;
- резонанс частотани ҳисоблашни үрганасиз.



Сиз буни биласиз

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

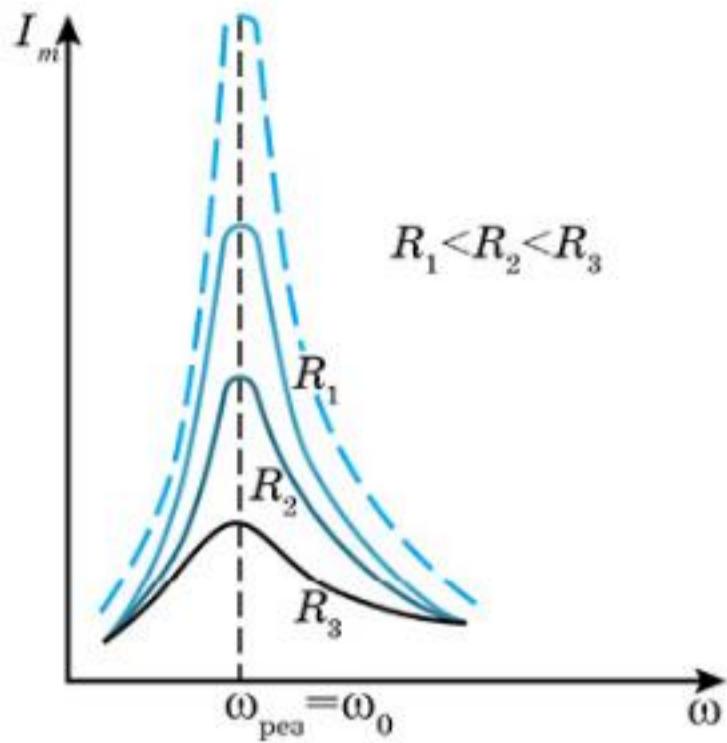
Ўзаро кетма-кет уланган ўзгарувчан кучланиш манбаидан, актив қаршиликдан, индуктив ва сифим қаршиликлардан таркиб топган ўзгарувчан ток занжиридаги резонанс кетма-кет ёки кучланишлар резонанси дейилади. Кучланишлар резонансининг ўзига хос хусусияти шундаки, бунда сифим ва индуктив кучланишлар ўзгарувчан ток занжирининг қисқичларига берилган $u = U_m \cos \omega t$ кучланишдан анча катта бўлади. Демак, кучланишлар резонанси реактив қаршиликлардаги кучланишларнинг бир неча марта ортишига олиб келади. Бу пайтда резонанс токи истеъмол манбанинг ички қаршилиги ва R актив қаршиликдан ўтиш билан чекланади. Шундай қилиб, резонанс частотада кетма-кет контурнинг тўлиқ қаршилиги минимал қийматга эга бўлади.

Энди ўзгарувчан ток учун ўша кетма-кет уланган контурнинг тўлиқ қаршилиги қандай шартлар бажарилганда энг кичик бўлишини аниқлаймиз. Маълумки, ўзгарувчан ток занжирининг тўлиқ қаршилиги $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ ифода билан аниқланади.

Бундан кўриш мумкинки, агар индуктив қаршилик билан сифим қаршилик бир-бирига тенг бўлса, тўлиқ қаршилик энг кичик қийматга эга бўлади. Шундай қилиб, агар

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (12.1)$$

бўлса, $Z = R$. Бу пайтда ток ва кучланиш тебранишлари фазаларининг фарқи $\text{tg}\phi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = 0$, яъни ток ва кучланиш тебранишлари бир хил фазада (синфаз) кечади. Бундай шарт бажарилганда актив қаршилик-



12.1-расм. Ўзгарувчан ток учун кетма-кет занжирдаги резонанс әгри чизиқлари

даги кучланиш занжирга берилган кучланишга тенг: $U_R = U$, конденсатордаги U_C кучланиш билан ғалтакдаги U_L кучланишнинг амплитудалари эса бир-бирига тенг, фазалари қарама-қаршидир.

Агар занжирдаги актив қаршилик R кичик бўлса, ток кучи амплитудаси $I_m = \frac{U_m}{R}$ жуда катта қийматларга эга бўлади. Бу ҳодиса *электр занжирдаги резонансдан иборат*. Резонанс ҳодисаси рўй бериши учун занжирга берилган кучланиш частотаси (12.1) ифодани қаноатлантириши лозим, бундан резонанс частотани аниқлаш мумкин:

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

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

Охирги иккита ифодани тақкослаб, бундай хулосага келиш мумкин: *ташқи даврий кучланиш частотаси контурнинг хусусий частотасига тенг бўлганда* $\omega_{\text{рез}} = \omega_0$ *электр занжирда резонанс кузатилади* (12.1-расм). Актив қаршилик қанча катта бўлса, ток кучи амплитудаси шунча юқори бўлади. 12.1-расмда актив қаршиликлар $R_1 < R_2 < R_3$. Агар занжирнинг актив қаршилиги $R \rightarrow 0$ чексиз кичик бўлса, токнинг амплитудаси чексиз ортади: $I_m \rightarrow \infty$.

Кетма-кет 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:

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

Кучланиш ифодасига $\omega = \omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ резонанс частотанинг қийматини қўйсак,

$$U_{L_{\text{рез}}} = I_m X_{L_{\text{рез}}}; X_{L_{\text{рез}}} = L \omega_{\text{рез}} = L \frac{1}{\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{L}{C}};$$

$$U_{L_{\text{рез}}} = \frac{U_m}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Шундай қилиб, $U_{L_{\text{рез}}} = U_{C_{\text{рез}}} = I_m X_{C_{\text{рез}}} = \frac{U_m}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$.

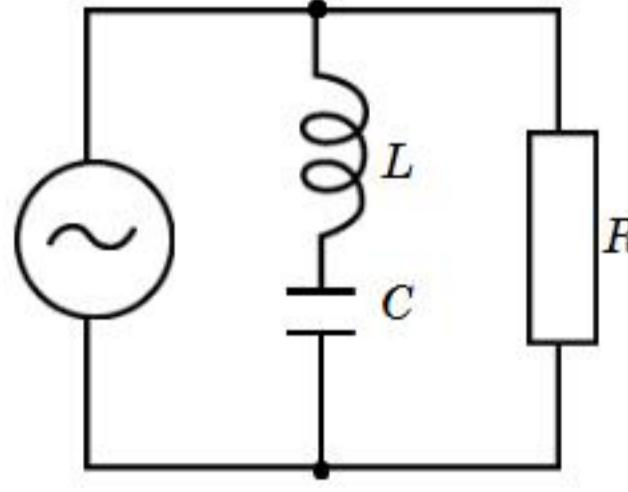
Одатда, тебраниш контурлари учун $\frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} > 1$, шунинг учун конденсатор ва ғалтакдаги кучланишлар занжирга берилган кучланишдан анча катта бўлади ва R актив қаршилик камайиши билан у яна ҳам ортади. Умуман олганда факат актив қаршиликнинг қийматлари етарлича кичик бўлгандагина резонанс ҳақида гап бориши мантиқа эга, 12.1-расмдан кўриниб турибдики, актив қаршиликнинг катта қийматларида резонанс деярли кузатилмайди.

Резонанс ҳодисасининг қўлланилиши. Кучланишлар резонанси ҳодисасидан берилган частотадаги кучланиш тебранишларини кучайтиришда фойдаланилади. Кучланишнинг резонансли кучайтирилиши резонанс частотага яқин бўлган жуда кичик оралиқда амалга оширилади. Бу кўплаб сигналлар орасидан частотаси ўша резонанс частотасига яқин биттагина сигнални ажратиб олиш имконини беради. Масалан, радиоқабул қилгичда (12.2-расм) керакли тўлқин узунлигига шундай созланиши мумкин. Ҳар қандай радиоқабул қилгичнинг кириш занжири хусусий частотасини тартибга соладиган тебраниш контуридан иборат. Унинг резонанс частотаси конденсатор сифимини ўзгартириш орқали керакли радиостанция сигнални частотасига мос келадиган ҳолда ўзгартирилиши мумкин.

Кучланишлар резонанси ҳодисаси *электр фильтрларда* кенг 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 ўрнатилади. Бунда резонанс частота токи ўша LC занжирда туташув орқали ёпилади ва қабул қилгич (юкланиш)дан ўтмайди. Сигнал частотасининг резонанс частотасига мос келмайдиган қисми қабул қилгич орқали ўтади (12.3-расм).



12.2-расм. Радиоқабул қилгич



12.3-расм. Электр фильтр

Үмуман олганда, электротехникада резонанс ҳодисасининг салбий таъсирлари ҳам күп. Резонанс сабабли баъзида қурилмаларга берилган кучланиш ҳаддан ташқари ошиб кетади ва уларнинг ишдан чиқишига олиб келади. Конденсаторлар ва ғалтакларни ўз ичига олган электр тармоқларини изоляциялаш ишларини ҳисоблашда ҳам резонансни эътиборга олиш лозим.



1. Резонансдеб қандай ҳодисага итилади?
2. Резонанс частота нимага тенг?
3. Резонанс пайтида актив, индуктив ва сифим қаршиликлардаги кучланишлар нимага тенг?
4. Кучланишлар резонансидан қаерларда фойдаланилади? Кучланишлар резонансига хусусиятларни тавсифланг.



Кучланишлар резонансига мос вектор диаграмма тузинг.

Масала ечиш намунаси

Ўзаро кетма-кет уланган конденсатор ва ғалтакдан иборат тебраниш контурининг частотаси $V = 4$ кГц. Бу контурнинг резонанс частотаси $V_{\text{рез}} = 1$ кГц, ўзгарувчан токка таъсир этувчи тўлиқ қаршилиги $Z = 10^3$ Ом. Ғалтакнинг актив қаршилиги $R = 10$ Ом. Ғалтакнинг индуктивлиги қандай?

Берилган:

$$V_{\text{рез}} = 1 \text{ кГц} = 1 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

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

$$Z = 10^3 \text{ Ом}$$

$$R = 10 \text{ Ом}$$

Топиш керак:

$$L = ?$$

Ечилиши. Резонанс частота ва занжирнинг тўлиқ қаршилиги формулаларини ёзамиз, $\omega = 2\pi V$ эканини назарга олсак,

$$2\pi V_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi V L - \frac{1}{2\pi C}\right)^2}.$$

Ушбу тенгламаларни квадратга ошириб, биринчи тенгламадан сифимни топамиз:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 V_{\text{рез}}^2 L}.$$

Уни иккинчи тенгламага қўямиз, алмаштиришларни бажаргандан кейин $Z^2 - R^2 = \frac{4\pi^2 L^2}{V^2} \cdot (V^2 - V_{\text{рез}}^2)^2$ эга бўламиз, бундан $L = \frac{V \sqrt{Z^2 - R^2}}{2\pi(V^2 - V_{\text{рез}}^2)}$;

$$L = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ Гц} \cdot \sqrt{(10^6 - 10^2) \text{ Ом}^2}}{6,28 \cdot (16 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^6) \text{ Гц}^2} = 0,01 \text{ Гн} = 10 \text{ мГн}.$$

Жавоби: $L = 10$ мГн.

**9-машқ**

- 1.** Тебраниш контури индуктивлиги $L = 200$ мГн ғалтакдан ва $C = 5 \cdot 10^{-5}$ Ф сиғимли конденсатордан иборат. Резонанс частотани топинг.

Жавоби: ≈ 50 Гц.

- 2.** Индуктивлиги $L = 10^{-6}$ Гн ғалтак ва ҳар бир қопламасининг юзи $S = 100$ см² бўлган ясси ҳаво конденсаторидан иборат тебраниш контурида $V_{\text{рез}} = 2 \cdot 10^7$ Гц частотада резонанс рўй беради. Конденсатор қопламалари орасидаги масофани ҳисобланг.

Жавоби: 0,14 см.

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

Жавоби: 15 мкФ.

- *4.** Учларига $V = 50$ Гц частотали $U = 110$ В ўзгарувчан кучланиш берилган занжирга индуктивлиги $L = 0,5$ Гн ғалтак, $R = 40$ Ом актив қаршилик ва ўзгарувчан сиғимли конденсатор кетма-кет уланган. Конденсаторнинг сиғими қандай бўлганда занжирда резонанс кузатилади? Занжирдаги резонанс ток кучини ва конденсатордаги мос кучланишни топинг.

Жавоби: 20,3 мкФ; 2,75 А; 431 В.

13-§. Электр энергия ишлаб чиқариш, узатиш ва ундан фойдаланиш. Трансформатор

**Таянч тушунчалар:**

- ✓ электр станциялари
- ✓ иссиқлик электростанциялари
- ✓ сув электростанциялари
- ✓ электр узатиш линиялари
- ✓ линиядаги энергия исрофи
- ✓ трансформаторлар

Бугун дарсда:

- электрэнергия ишлаб чиқариш, узатишаслалири ва электр энергияни узатишда ўзгарувчан кучланишнинг афзалликлари билан танишасиз;
- трансформаторнинг ишлаш принципи ва унинг тузилишини ўқиб ўрганасиз.

Электр энергия ишлаб чиқариш ва узатиш. Замонавий ҳаётни электрсиз тасаввур қилиб бўлмайди. Электр энергияни ихтиро қилиш ва электр энергиядан фойдаланиш инсоният тамаддунигининг ривожланишида улкан қадам бўлди, десак муболага бўлмайди. Электр энергиянинг бошқа барча энергия турларидан афзалликларини эътиroz

қилиб бўлмайди. Уни симлар орқали деярли энергия ироф қилмасдан олис масофаларга узатиш мумкин. Энг муҳими, оддийгина қурилмалар ёрдамида электр энергияни энергиянинг 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 ҳодисага 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. Иссиклик электр станцияларида ёқилғининг (масалан, кўмир) иссиқлик энергияси электр энергияга айлантирилади. Юқори босим шароитида қиздирилган буғ оқими буғ турбинасининг роторини, шунингдек, буғ турбинаси билан бир ўққа ўрнатилган генератор роторини айлантиради. Гидроэлектростанцияларда сувнинг механик энергияси электр энергияга айланади. Дарё ўзани тўғон билан тўсилади 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 ажralиб чиқадиган ядронинг ички энергияси электр энергияга айланади. Занжир реакция ядро реакторларида амалга оширилади. Сиз 9-синфда ядро физикаси бўлимида ядро реакторларининг ишлаши билан танишгансиз).

Электр станциялари ёқилғи ёки сув захиралари яқинида қурилганлиги сабабли, электр энергияни истеъмолчиларга узатиш муаммоси мавжуддир. Истеъмолчилар, одатда, электр странцияларидан олиса жойлашади. У ҳолда электр узатиш линиясида исроф кўпаяди. Жоуль-Ленц қонунига кўра симларда ажralадиган иссиқлик микдори $Q = I^2 R t$, бу ерда $R = \rho \frac{l}{S}$ — узатиш линиясининг қаршилиги узатиш симларининг l узунлиги билан аниқлангани учун, истеъмолчигача бўлган масофа ортган сари исроф ҳам кўпайиб бораверади.

Энергия исрофини 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 ортириш (йўғон симлардан фойдаланиш)

ёки солишири маңыздырылған күйимдіктердің көмекшілігінде орналасқан. Бұл иккапен солишири маңыздырылған күйимдіктердің көмекшілігінде орналасқан. Бұл иккапен солишири маңыздырылған күйимдіктердің көмекшілігінде орналасқан.

2) Жоуль-Ленц қонуни ифодасидан күриш мүмкінки, исрофни камайтиришнинг яна бир йўли, бериладиган қувватни ўзгаришсиз сақлаган ҳолда ток кучини камайтириш керак. Модомики, қувват ток кучи ва кучланишнинг кўпайтмасига тенг экан, ток кучи неча марта камайтирилса, кучланишни шунча марта орттириш керак. У ҳолда, электр энергиясини узатиш муаммоси токни трансформациялаш (ўзгариши) билан боғлиқ бўлади.

Генератор ишлаб чиқарадиган кучланиш U_0 , юкланиш истеъмол қиладиган кучланиш U бўлсин. У ҳолда $U_0 = U + IZ$, бу ерда Z — линиянинг тўлиқ қаршилиги. Одатда, линиянинг актив қаршилиги унинг реактив қаршилигидан анча катта бўлади, шунинг учун

$$U_0 - U = IR.$$

У ҳолда линиядаги энергия исрофини қўйидагида ҳисоблаш мүмкин:

$$Q = I^2 R t = (U_0 - U) It.$$

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

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

$$Q_1 = I_1^2 R t = \frac{P^2}{U_1^2} R t; \quad Q_2 = I_2^2 R t = \frac{P^2}{U_2^2} R t.$$

Уларнинг нисбати

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

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

Генератор қувватининг берилган $P = IU\cos\Phi$ қиймати учун электр станциясидан истеъмолчигача ўтказилган симлардаги қувват исрофи қўйидагига тенг:

$$DP = I^2 R = \frac{P^2 \cdot R}{U^2 \cos^2 \Phi} = \frac{2\rho l P^2}{U^2 S \cos^2 \Phi},$$

бу ерда S — симнинг кўндаланг кесимининг юзи, l — узунлиги, ρ — сим материалининг солишири маңыздырылған қаршилиги.

Юқорида айтилганлардан 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 кучайтирилиб, сўнгра электр узатиш симларига берилади. Линиянинг охирида пасайтирувчи трансформа-



13.1-расм

билин бирга, у күплаб турли хил қурилмалар ва асбоб-ускуналарда ҳам қўлланилади. Замонавий техник ускуналар ва технологияларда трансформатор қўлланилмайдиган электрон қурилмани топиш қийин.

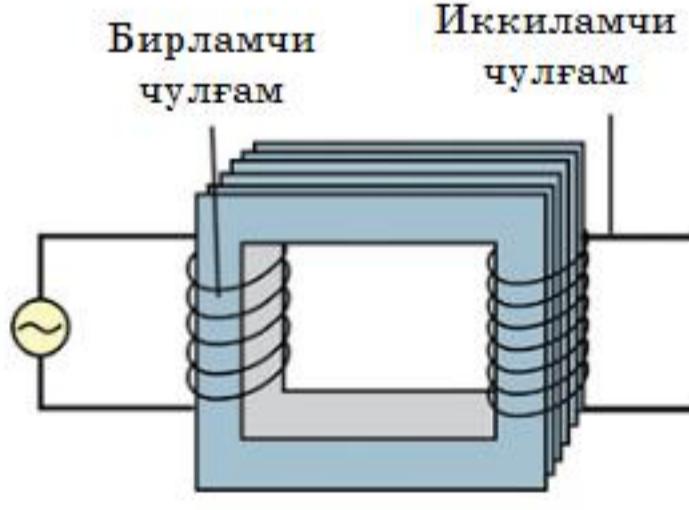
Қувватнинг деярл ўзгармас қийматида ўзгарувчан ток кучланишининг ток кучи билан баравар ўзгариши ўзгарувчан токнинг трансформацияси дейилади.

Ўзгарувчан ток трансформациясини амалга оширувчи асбоб трансформатор деб аталади. Унинг ишлаши электромагнит индукция ҳодисасига асосланади.

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 (13.2-расм).

Биринчи ғалтак ўзгарувчан ток занжирига уланади, у бирламчи чулғам (ғалтак) дейилади. Иккинчи ғалтакка истеъмолчи, яъни электр қурилмалари уланади. У иккиламчи чулғам (ғалтак) 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 ўиндукция ЭЮК, иккиламчи ғалтакнинг ҳар бир ўрамида айни шундай индукцион ЭЮК пайдо бўлади.



13.2-расм. Трансформаторнинг тузилиши

торлардан фойдаланиб, кучланиш бир неча босқичда пасайтирилади ва ундан кейин истеъмолчига берилади. Маълумки, мамлакатимизда 220 В ли кучланиш энг кўп фойдаланилади.

Трансформаторлар. Трансформатор электр энергиясини олис масофаларга узатиш системасининг асосий таркибий қисмларидан бири бўлиши

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 e — битта ўрамдаги индукция ЭЮК. Ушбу икки ифодадан

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (13.1)$$

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 (13.1) формуладаги уларнинг нисбатини ўша ЭЮКларнинг \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 таъсир этувчи қийматлари билан алмаштириш мумкин:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Юкланишсиз трансформатор. Иккиламчи чулғамга юкланиш (нагрузка) уланмаган (13.3-расм), яъни трансформатор салт ишлаш режимида бўлсин. У ҳолда иккиламчи чулғамдан ток ўтмайди, унинг қисқичларидаги кучланиш тахминан $U_2 \approx |\mathcal{E}_2|$ бўлади. Юкланиш йўқ бўлган пайтда иккиламчи занжирда энергия исрофи бўлмайди. Бирламчи занжирда эса уловчи симлар билан ўзакда ажралиб чиқадиган иссиқлик ҳисобига чулғамнинг қизишига ва ўзакнинг қайта магнитланишига энергия исрофи жуда кам бўлганлиги сабабли, уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Шундай қилиб, трансформаторнинг салт юриши учун (13.1) тенгламани эътиборга олиб,

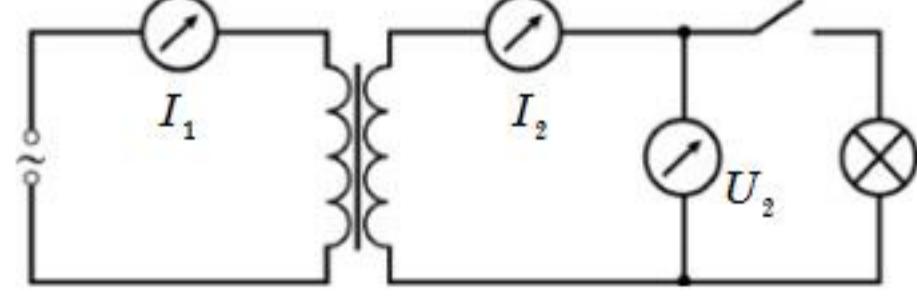
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{n_1}{n_2} = k$$

ифодани оламиз. Бу ерда k — трансформация коэффициенти бўлиб, у бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги ўрамлар сони нисбатига тенг катталик.

Трансформаторнинг салт юришида $k = \frac{U_1}{U_2}$. Агар $k > 1$ бўлса, у ҳолда $U_1 > U_2$, бундай трансформаторлар пасайтирувчи трансформаторлар деб аталади. Агар $k < 1$ бўлса, $U_1 < U_2$, бундай трансформаторлар кучайтирувчи трансформаторлар деб аталади.

Кучайтирувчи трансформаторлар бирламчи чулғамишининг ўрамлари сони иккиламчи чулғамишининг ўрамлари сонидан кам, пасайтирувчи трансформаторларда эса аксинча бўлади.

Ўзгармас ток тармоқ орқали узатилса, энергия исроф ўзгарувчан токка нисбатан анчагина кам бўлар эди. Чунки қайта магнитланишда энергия исроф бўлмас эди. Аммо ўзгармас токни трансформациялаш мумкин эмас, сабаби трансформаторнинг ишлаши электромагнит индукция ҳодисасига асосланган. Дастреб ўзгарувчан токнинг кучланишини кучайтириб, сўнгра уни ўзгармас токка тўғирлаб, линияга узатиш мумкин. Истеъмолчига етгандан сўнг ўзгармас ток қайтадан ўзгарувчан токни айлантириб, кучланишини керакли қийматгача пайсайтириш мумкин бўлар эди. Аммо ўзгармас токни такороран ўзгарувчан токка айлантиришнинг ўз қийинчиликлари мавжуд. Шунинг учун ҳозирги пайтда, асосан, ўзгарувчан ток қўлланилмоқда.



13.3-расм. Юкланишсиз трансформатор

БУ ҚИЗИҚ!



Қозғистонда “Alageum Electric” холдинг компанияси заводларида трансформаторлар ишлаб чиқарылмоқда. У 30 дан ортиқ йирик корхона ва заводларни, шу жумладан Кентау, Шымкент, Орал, Алмати ва Актау шаҳарларидаги трансформатор заводларини ўз ичига олган. Улардан энг қадимгиси — Кентаузаводи, у МДҲдаги энг йирик трансформаторусуналарини ишлаб чиқарувчи завод бўлиб ҳисобланади. Бу ерда биринчи TM180 / 10 трансформатори 1960 йил 10 июлда чиқарилди. У Туркистон вилояти, Кентау шаҳрида жойлашган.

“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 турдагитўлиқ трансформаторлиқўшимча 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”нинг маҳсулотлари юқори вольтли ва паст вольтли ускуналар, тўлиқ трансформатор қўшимча станциялари ва бошқаларни ишлаб чиқаради.

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

Маълумки, анъанавий энергия манбалари сифатида органик ёқилғи, яъни кўмир, газ, нефть фойдаланилади. Аммо уларнинг табиатдаги захиралари чекланган. Эртами-кечми, улар тугайди. Бундан ташқари, органик ёқилғининг ёниш жараёнида атроф-муҳитнинг ифлосланиши замонамизнинг оламшумул муаммосига айланиб бормокда. Шу сабабли бугунги кунда муқобил, қайта тикланадиган энергия манбаларини излаштириш ва ривожлантириш муаммоси жуда долзарб бўлиб қолмоқда. Келинг, улардан баъзиларини кўриб чиқамиз.

Қуёш энергияси. Қуёш нурлари энергиясидан гелиомослама деб номланган қурилмада энергия манбаи сифатида иссиқлик билан таъминлаш ҳамда 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 — бу қуёш нурларининг интенсивлиги қурилма ўрнатилган жойнинг иқлим шароитларига, суткалик ва мавсумий ўзгаришларга боғлиқлигидадир. Бундан таш-

қари, хусусий қуёш электр станцияларини қуриш жуда катта ер майдонларини талаб қиласы, Қуёш батареялари таъсирида улар жойлашган ер исийди, бу эса ўз навбатида шу ҳудудда иқлим ўзгаришларига олиб келиши мүмкін.

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

Шамол генераторининг асосий афзаллиги — шамол бўладиган ҳудудларда шамолни битмас-туганмас чексиз кўп энергия манбаи деб ҳисоблаш мүмкін. Бундан ташқари, шамол генераторлари атмосферани заарли чиқиндилар билан ифлослантирилмайди.

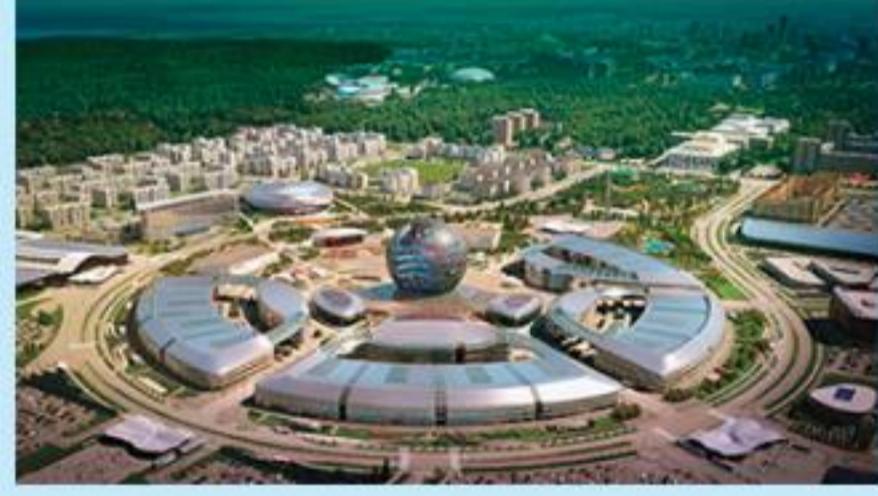
Муқобил энергия манбаларига океан сувларининг кўтарилиши ва пасайиши, шамол, сув, қуёш энергиясы, биоэнергетика, геотермал энергия ва бошқаларни келтириш мүмкін.

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" 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 давлат ва 22 та халқаро ташкилотлар иштирок этди. Кўргазмага қарийб 4 миллион киши ташриф буюрган бўлса, улардан 0,5 миллиони 187 чет мамлакатлардан келган сайёҳлар бўлди.



- 1. Айтинг-чи, электр энергия қаерда ва қандай ишлаб чиқарилади?
- 2. Электр узатиш линиясида энергия исрофини камайтириш усуллари ҳақида гапириб беринг.
- 3. Нима учун юқори кучланишили электр узатиш линиялари ишлатилади?
- 4. Электр энергияни ишлаб чиқариш ва истеъмолчиларга узатиш схемасини тузинг.
- 5. ГЭСларнин атом электрстанцияларива иссиқлик электрстанцияларига нисбатан қандай афзалликлари ва камчиликлари бор?
- 6. Трансформатор қандай мақсадда қўлланилади?
- *7. Трансформаторнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
- 8. Трансформация коэффициентинима?
- 9. Қандай трансформатор пасайтирувчи (кучайтирувчи) трансформатор деб аталади?
- *10. Нима учун трансформатор ўзаги изоляцияланган пластинкалардан ясалади?



“ЭКСПО-2017” Халқаро күргазмаси ҳақида маълумот түпланг ва тақдимот тайёрланг. Ушбу күргазмага шахсан ташриф буюрганмисиз? Агар шундай бўлса, таассуротларингиз ҳақида гапириб беринг.

Масала ечиш намуналари

1-масала. Узунлиги $l_0 = 35$ км электр узатиш линиясидаги кучланиш $U = 140$ кВ. У истеъмолчига $P = 7$ МВт қувват беришга мўлжалланган: $\cos\phi \approx 1$. Шу икки симли линиядаги энергия исрофи 5% дан ошмаслиги керак. Линиядаги мис симлар кўндаланг кесимиининг юзи қандай?

Берилган:

$$l_0 = 35 \text{ км} = 35 \cdot 10^3 \text{ м}$$

$$U = 140 \text{ кВ} = 14 \cdot 10^4 \text{ В}$$

$$P = 7 \text{ МВт} = 7 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

$$\Delta P = 0,05 P$$

$$\cos\phi \approx 1$$

$$\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Топиш керак:

$$S - ?$$

Ечилиши. Электр линиясига бериладиган қувват истеъмолчига узатиладиган қувватдан узатиш пайтида линиядаги қувватнинг исрофи ΔP дан ортиқ бўлиши керак:

$$P_{\pi} - P = \Delta P.$$

$P_{\pi} = IU$; $\Delta P = I^2 R$ муносабатлар ва масаланинг шартига кўра $\Delta P = 0,05P$ эканини назарга олиб, юқоридаги тенгламага қўямиз:

$$\sqrt{\frac{\Delta P}{R}} U = P + 0,05P.$$

Бундан

$$R = \frac{\Delta P \cdot U^2}{(1,05)^2 \cdot P^2} = \frac{0,05 U^2}{(1,05)^2 P}.$$

Икки симли линиянинг узунлиги $l = 2l_0$. Энди $R = \rho \frac{l}{S}$ формуладан мис симлар кўндаланг кесимиининг юзини топамиз:

$$S = \frac{\rho l}{R} = \frac{2\rho l_0 \cdot (1,05)^2 P}{0,05 U^2};$$

$$S = \frac{2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 35 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot (1,05)^2 \cdot 7 \cdot 10^6 \text{ Вт}}{0,05 \cdot (14 \cdot 10^4 \text{ В})^2} = 0,937 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 = 9,37 \text{ мм}^2.$$

Жавоби: $9,37 \text{ мм}^2$.

2-масала. Радиоқабул қилгични таъминлаш учун қўлланиладиган трансформаторнинг бирламчи чулғамида $n_1 = 12000$ та ўрам бор. У $U_1 = 120$ В кучланишли ўзгарувчан ток манбаига уланган. Иккиламчи чўлғамнинг қаршилиги $R_2 = 0,5$ Ом бўлса, унинг ўрамлари сонини топинг. Радиоқабул қилгичга ток кучи $I = 1$ А бўлганда $U_p = 3,5$ В кучланиш берилади.

Берилган: *Ечилиши. Юкланишли трансформаторнинг иккиламчи чулғамидағи күчланиш*

$n_1 = 12\ 000$ $U_1 = 120 \text{ В}$ $R_2 = 0,5 \text{ Ом}$ $I = 1 \text{ А}$ $U_p = 3,5 \text{ В}$

$U_2 = U_p + IR_2,$

бұу ерда U_p — юкланишдаги күчланиш.

Топиш керак: чулғамдаги үрамлар сонини топамиз:
 $n_2 = ?$

$$n_2 = n_1 \frac{U_p + IR_2}{U_1} = 12000 \frac{3,5 \text{ В} + 1 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ Ом}}{120 \text{ В}} = 400.$$

Жавоби: $n_2 = 400$ үрам.



10-машқ

1. Электр энергия $l = 40$ км масофага $d = 5$ мм диаметрли алюминий симлар билан узатылғанда қанча қувват исроф бўлишини ҳисобланг. Тармоқдаги күчланиш $U = 35$ кВ, ҳисобий қувват $P = 1,5$ МВт, $\cos\phi = 0,87$.

Жавоби: 26%.

2. Электр станциясидан $l = 75$ км масофада жойлашган юкланишнинг қуввати $P = 1$ МВт. Мис симлар кўндаланг кесимининг юзи $S = 16 \text{ мм}^2$ бўлса, линияга қандай қувват берилиши керак? Линиядаги күчланиш $U = 40$ кВ, $\cos\phi = 0,63$.

Жавоби: 2 МВт.

3. Кўндаланг кесимининг юзи $S = 15 \text{ мм}^2$ бўлган мис симлар орқали $P = 200$ МВт қувватни қандай масофага узатиш мумкин? Линиядаги күчланиш $U = 350$ кВ, $\cos\phi = 0,87$. Исроф 10% дан ошмаслиги лозим.

Жавоби: 16,7 км.

4. Трансформаторнинг бирламчи чулғамидағи ток кучи $I_1 = 0,5 \text{ А}$, күчланиш $U_1 = 220 \text{ В}$. Иккиламчи чулғамдаги ток кучи $I_2 = 11 \text{ А}$, күчланиш $U_2 = 9,5 \text{ В}$. Трансформаторнинг ФИКни топинг.

Жавоби: 95%.

5. Трансформаторнинг бирламчи чулғамидағи ток кучи $I_1 = 10 \text{ А}$, унинг учларидаги күчланиш $U_1 = 110 \text{ В}$. Иккиламчи чулғамнинг учларидаги күчланиш $U_2 = 1000 \text{ В}$ бўлса, ток кучини топинг.

Жавоби: 1,1 А.

6. Кучайтирувчи трансформаторнинг бирламчи чулғамида $n_1 = 80$ та, иккиламчи чулғамида $n_2 = 1280$ та үрам бор. Бирламчи чулғам учларидаги күчланиш $U_1 = 120 \text{ В}$, иккиламчи чулғамдаги ток кучи $I_2 = 0,25 \text{ А}$. Трансформаторнинг фойдали қувватини аниқланг.

Жавоби: 480 Вт.

7. Трансформация коэффициенти $k = 8$ бўлган пасайтирувчи трансформаторнинг бирламчи чулғами $U_1 = 220$ В кучланишга уланган. Иккиламчи чулғамнинг қаршилиги $R_2 = 2$ Ом, ундағи ток кучи $I_2 = 3$ А. Бирламчи чулғамдаги энергия исрофини ҳисобга олмай, иккиламчи чулғам қисқичларидаги кучланишни топинг.

Жавоби: 21,5 В.

***8.** Трансформация коэффициенти $k = 5$ бўлган пасайтирувчи трансформатор $U_1 = 110$ В кучланиш манбаига уланган. Иккиламчи чулғамнинг қаршилиги $R_2 = 1,2$ Ом, юкланишнинг қаршилиги $R = 1$ Ом бўлса, ундағи ток кучи қандай?

Жавоби: 10 А.

***9.** $V = 50$ Гц частотали ўзгарувчан ток манбайдан $U_1 = 220$ В ли кучланишга уланган трансформаторнинг салт юришида бирламчи чулғамдаги ток кучи $I_1 = 0,2$ А, унинг актив қаршилиги $R_1 = 100$ Ом. Бирламчи чулғамнинг индуктивлигини топинг.

Жавоби: 3,8 Гн.

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



Таянч тушунчалар:

- ✓ энергия истеъмоли
- ✓ энергия ресурслари
- ✓ электр станциялари-нинг муқаррар (қарор топган) қуввати
- ✓ электр тармоқлари

Бугун дарсда:

- Қозоғистон ва дунёдаги электр энергиянинг асосий манбалари, мамлакатимиздаги электр энергия манбаларининг афзапликлари ва камчиликлари билан танишасиз.



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

Қозоғистон бой әнергия захираларига (нефть, газ, күмир, уран) эга ва энергетика соҳасида қудратли давлатга айланган. Юртимизда қарийб 70% электр энергия күмирдан, 14,6% гидроресурслардан, 10,6% газдан ва 4,8% нефтдан ишлаб чиқарилади.

Хозирги пайтда Қозоғистонда ишлаб турган электр станцияларининг асосий турларини кўриб чиқамиз:

1) ГРЭС — бу ном тарихан “Государственная районная электростанция” сўзларининг бош ҳарфидан олинган. Хозирги пайтда бу ном райондаги 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 қиздирилган 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 станциясидир, унда электр энергия ишлаб чиқарилгандан кейин буғнинг иссиқлик энергиясининг бир қисми иссиқ сув таъминоти ва туар-жой бинолари ҳамда саноат объектларини иситиш учун сарфланади.

3) ГЭС — сув электр станциялари (гидроэлектр станциялари), бунда энергия манбаи сифатида маълум баландликка кўтарилиган 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, гидроэлектростанцияларда сувнинг потенциал энергияси электр энергияга айланади.

Хозирги пайтда Қозогистонда электр энергияни ишлаб чиқариш турли 128 та турдаги электр станциялари томонидан амалга оширилмоқда. Электр станцияларининг турларига кўра электр энергияни ишлаб чиқариш қуйидагича тақсимланади: ГРЭС (КЭС) 48,9%; ТЭЦ 36,6%; ГЭС 12,3%. Колганлари ноанъанавий энергия манбаларининг озгина фоизини ташкил этади.

Қозогистонда электр энергиянинг асосий истеъмолчилари: саноат — 68,7%, маиший истеъмол — 9,3%, хизмат кўрсатиш — 8%, транспорт — 5,6%, қишлоқ хўжалиги — 1,2%.

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

Улгуржи саводдаги электр энергияни ишлаб чиқариш ва уни истеъмолчиларга сотишни таъминлайдиган йирик электр станциялари миллий мавқедаги электр станцияларига тааллуклидир. Жумладан, Екибастуз ГРЭС-1 (14.1-расм); Екибастуз ГРЕС-2; “Қазақмыс” корпорациясининг ГРЭСи; Тараз ГРЭСи ва бошқаларни келтириш мумкин, шунингдек, юқори қувватли Буктирма, Шул-



14.1-расм. Екибастуз ГРЭС-1



14.2-расм. Шулба СЭС



14.3-расм. Ўскемен СЭС

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 тақсимлгич тармоқлари уч қисмдан иборат: улардан иккитаси шимолда ва биттаси жанубда жойлашган. Шимолда у Россиянинг ягона энергия системаси, жанубда — марказий Осиёнинг бирлашган энергетик системаси ва ушбу икки система ўзаро битта линия билан боғланган. Ҳозирги пайтда шимолий ва жанубий энергия системаларини боғлайдиган иккинчи линиянинг қурилиши давом этмоқда ҳамда ғарбий ва шимолий энергия системаларини боғлайдиган линия қуриш имконияти қаралмоқда.

Қозоғистон Республикасининг миллий тармоқли электр линияси (МТЛ) ҳудудлар ва қўшни давлатлар энергосистемалари (Россия, Қирғизистон ва Ўзбекистон Республикаси) ўртасидаги алоқаларни, шунингдек электр станциялари томонидан улгуржи баҳода истеъмолчиларни энергия билан таъминлайди.

Қозоғистон Республикаси электр таъминоти бозорининг сектори энергия билан таъминлайдиган корхоналардан (ЭТТ) ташкил топган

ба (14.2-расм), Ўскемен ГРЭСла-ри (14.3-расм) ҳам айни шундай мавқега эга ҳисобланади.

Электр ва иссиқлик энергияларини аралаш ишлаб чиқарадиган иссиқлик электр станциялари саноат электр станциялари сира-сига киради. Улар йирик саноат корхоналари ва шу атрофдаги аҳоли 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.

Худудий электр станциялари — бу ҳудуд атрофи билан интеграцияланган иссиқлик электр марказлари (ИЭМ)дан иборат. Улар

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-Йоркда 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 автоматикравишида чиқариб юбориларди. Станция Нью-Йоркнинг бутун бир районини, таҳминан 2,5 квадрат километр майдонини электр энергия билан таъминлаган.

Биринчи электр станциялари ҳозирги стандартлар бўйича 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 масофаларгаузатиши муаммоси ҳатто кўтарилмаган 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.

Сўнгти йилларда бутун дунёда бўлгани каби 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 (14.4-расм).

Лойиҳани “Самұрық-Энерго” АЖ компанияси таркибида ки-рувчи “Первая ветровая электрическая станция” МЧШ 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



14.4-расм. Ерейментау шамол электр станцияси



14.5-расм. Қапшағай ҚЭС

ангирид газини чиқармасдан йилига 172,2 миллион кВт/соат электр энергия ишлаб чиқаради. Барча ишлаб чиқарылган электр энергияси Қозоғистоннинг миллий электр тармоғига берилади. Шуни таъкидлаш жоизки, Ерейментау шамол электр станцияси (ШЭС) томонидан ишлаб чиқарылган энергия туфайли “ЭКСПО-2017”

Халқаро ихтисослаштирилган күргазма объектлари электр энергия билан таъминланди.

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

Яқин кунларда Манғистау ва Ақмола вилоятларида 57 МВт қувватга эга яна учта объект ишга туширилди. Шундай қилиб, бугунги кунда умумий қуввати 285 МВт бўлган 18 та шамол электр станциялари ишга туширилган.

Қуёш энергияси. Мамлакатимизда қуёш энергиясидан фойдаланиш жадал ривожланмоқда. Қозоғистон қуёш энергиясининг потенциали юқори мамлакатлар қаторига киради. Бир йилда қуёш нури ўрта ҳисобда 2200—3000 соат нур сочиб турар экан. Жанубий ҳудудларда эса йил мобайнидаги қуёшли кунлар сони қарийб 300 га яқин экани аниқланган.

Мамлакатимиздаги биринчи қуёш электр станцияларидан (ҚЭС) бири — “Отар”, унинг умумий лойиҳавий қуввати 7 МВт бўлган. Биринчи навбати 2012 йилнинг охиrlарида фойдаланишга берилган. 2013 йил 20 декабрда Қапшағай қуёш электр станцияси ишга туширилди (14.5-расм), унинг лойиҳавий қуввати 2 МВт. Юртимизнинг жанубида ҳам, аниқроғи, Туркистон вилоятининг Сариағаш (қуввати 20 МВт), Мақтаарал (4,95 МВт) ва Сўзок (50 МВт) туманларида, шунингдек, Арис (14 МВт) ва Кентау (50 МВт) шаҳарларида қуёш электр станцияларининг қурилиши фаол давом этмоқда. Шундай қилиб, ўша ҳудудларда 2025 йилга келиб, умумий лойиҳавий қуввати 148,8 МВт бўлган 13 та қайта тикланадиган энергия манбалари ишга туширилади деб режалаштирилган.

Хозирги пайтда қайта тикланадиган энергия манбаларининг улуши мамлакатимиздаги умумий энергия балансининг 1% дан камроқ.

2020 йилга келиб бу күрсаткич 3% га, 2030 йилга келиб 10% га ва 2050 йилга келиб 50% га етказилиши режалаштирилган.

Дунёда электр энергияни ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш. Дунёда электр энергияга 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 прогнозларга кўра, 2035 йилга келиб, халқ сонининг ортиши муносабати билан 1,6 миллиард киши электр энергиянинг янги истеъмолчиларига айланса, унга ҳозирги пайтда электр энергиясидан ҳали ҳам фойдалана олмайдиган яна 2,7 миллиард киши қўшилади. Натижада, ўша пайтга келиб, электр энергиянинг истеъмоли дунё миқёсида 40—50 фоизга ошади.

Баъзи халқаро ташкилотларнинг маълумотларига кўра, ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг 37% саноат корхоналари улушкига тўғри келади, транспорт эса қарийб 20 фоизини сарфлайди. 11% ёритиш, туарар-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 истеъмолчиға етказишида исроф бўлади. Ҳозирги пайтда электр станцияларида асосий энергия манбай 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 эҳтимолини инобатга олсак, экологик фалокатнинг олдини олиш учун кескин чоралар кўриш лозим. Шу мақсадда халқаро ҳамжамият катта куч сарфламоқда. Масалан, кўмир ўрнига табиий газдан фойдаланиш суръати жадал ўсиб бормоқда ва 2040 йилга келиб электр энергиянинг қарийб 60 фоизи қайта тикланадиган манбалардан ишлаб чиқарилиши кутилмоқда.



1. Ҳозирги пайтда Қозогистонда ишлайдиган электр станцияларининг асосийтурлари қандай? Уларнингишлиш тамойилларини тушунтиринг.
2. Қайси электр станциялари миллий мавқега эга? Мисоллар желтиринг.
3. Саноат электр станцияларини айтинг.
4. МЭСнимани англатади?
5. Дунё миқёсида электрэнергияни истеъмолқилиш тенденциялари ҳақида айтиб беринг.
- *6. Электрэнергияни ишлаб чиқариш ва истеъмолқилиш суръатининг ўсиши атроф-муҳитнинг ифлосланишмуаммоси билан қандай боғланган?



"Менинг оиламда электрэнергияни истеъмолқилиш" мавзусида ҳикоя ёзинг. Бунинг учун хонадонингиздаги барча ёритиш ва майший электр асбобларининг техник ҳужжатларидан улардан ҳар бири қандай қувват истеъмол қилишини аниқланг. Бу асбоблардан ҳар қайсиси кунига тахминан қанча вақт ишлаб туришини билиб олинг. Оилангиз ойига қанча электр энергиясидан фойдаланишини ҳисобланг. Тўлов чиптасидан айни шундай вақт оралиғида қанча электр энергия истеъмол қилинишини аниқланг ва уни ўзингизнинг ҳисоб-китобларингиз билан таққосланг. Уларнинг фарқи қандай? Натижани тушунтириинг ва хулосачиқаринг.

3-бобнинг асосий мазмуни

- Ток генератори деб механик энергияни электр энергияга 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 равишида ўзгарадиган электр токи *ўзгарувчан ток* дейилади.
 - Ўзгарувчан ток занжиридаги кучланиш ва ток кучи тебранишларининг частоталари ҳар доим бир хил бўлади, аммо уларнинг фазавий муносабатлари юкланиш турига боғлиқ. Агар занжирда фақат актив қаршилик бўлса, кучланиш ва ток кучининг тебранишлари бир хил фазада содир бўлади. Занжирда фақат сифим қаршилик бўлган ҳолда ток кучи тебранишлари кучланиш тебранишларидан фаза бўйича $\frac{\pi}{2}$ қадар олдинда бўлади, агар занжирда актив қаршиликни эътиборга олмаса ҳам бўладиган индуктив ғалтак бўлса, ток кучининг тебранишлари кучланиш тебранишларидан фаза бўйича $\frac{\pi}{2}$ қадар орқада бўлади.
 - Ўзгарувчан ток учун Ом қонуни $I = \frac{U}{Z}$, бу ерда $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ – занжирнинг тўлиқ қаршилиги.
 - Ўзгарувчан ток занжиридаги актив қувват: $P = I U \cos \phi$.
 - Ташқи даврий кучланиш частотаси контурнинг хусусий частотасига тенг $\omega_{res} = \omega_0$ бўлганда электр занжирда резонанс кузатилади.
 - Қувватнинг ўзгармас қийматида ўзгарувчан ток кучланишининг ток кучи билан баравар ўзгариши ўзгарувчан ток трансформацияси дейилади.
 - Ўзгарувчан ток трансформациясини амалга оширувчи қурилма трансформатор дейилади.

II бўлим. ТЎЛҚИНЛАР

4-боб. ТЎЛҚИН ҲАРАКАТ

15-§. Эластик механик тўлқинлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ кўндаланг тўлқин
- ✓ бўйлама тўлқин
- ✓ югурувчи тўлқин



Бугун дарсда:

- эластик муҳитда тарқалувчи тўлқин тавсифи, югурувчи тўлқин тенгламаси ва энергияси билан танишасиз.



Кўлга тош ташланса, атрофига доиравий тўлқинлар тарқалади. Агар стол устидаги арқонинг бир учидан юқорига ва пастга тортсангиз, у ҳолда арқон бўйлаб тўлқин тарқалади. Сувдаги тўлқин ва арқон бўйлаб тарқаладиган тўлқин тўлқин ҳаракатнинг яққол иккита мисолидир. Товуш ҳам тўлқин тарзида тарқалади, ҳатто ёруғлик ҳам электромагнит тўлқинидир. Модданинг элементар зарралари, электронлар, баъзи ҳолларда тўлқин хоссани намоён қиласди. Шундай қилиб, тўлқин ҳаракатни ўрганиш жуда муҳимдир, чунки улар физиканинг кўплаб соҳаларида учрайди. Биз мазкур бобда асосий эътиборимизни механик тўлқинларни, яъни фақат эластик муҳитда тарқаладиган тўлқинларни ўрганишга қаратамиз.

Тебранма ҳаракат қаттиқ, суюқ ва газсимон эластик муҳитда бир нуқтадан бошқасига кўчирилиши мумкин. Агар эластик муҳитнинг исталган нуқтасида унинг зарраларининг тебранишлари уйғотилса, зарралар орасидаги эластиклик кучлари таъсирида бу тебранишлар ўша муҳитдаги зарраларга бирин-кетин маълум бир тезликда тарқалади (15.1-расм).

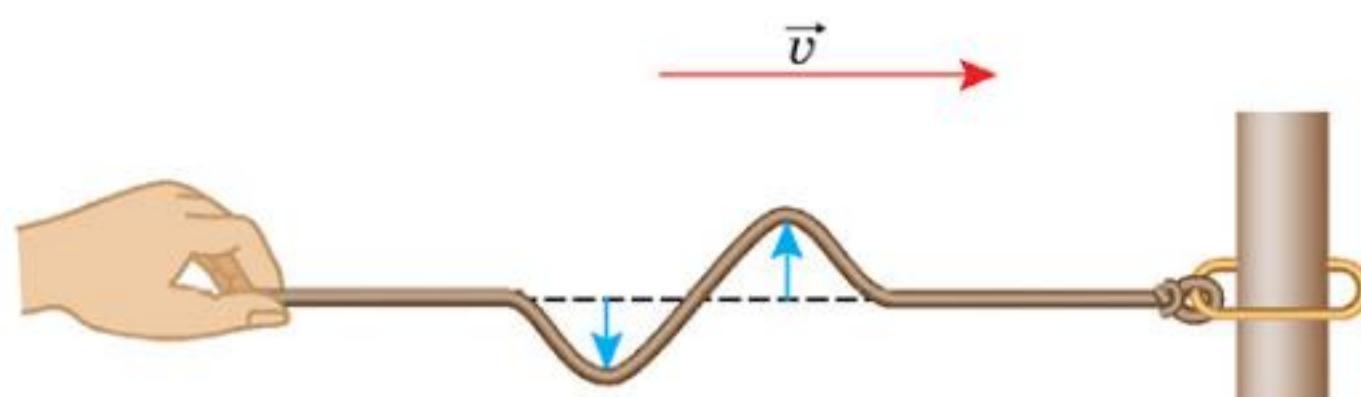
Тебранишларнинг бирор муҳитда тарқалиш жараёни тўлқин ҳаракат дейилади.

Тўлқин — вақт ўтиши билан фазода тарқалувчи тебранишларdir.

Тебранишлар тарқалишида атроф-муҳитга энергия узатилади, шунинг учун узлуксиз тўлқин мавжуд бўлиши учун ўша эластик муҳитда жойлашган тебраниш манбаи бўлиши керак. Тўлқин ҳаракатнинг ўзига хос хусусияти шундаки, унда *фазонинг бир соҳасидан иккинчи соҳасига зарралар эмас, энергия кўчирилади* (зарралар ҳолати кўчирилгандек



15.1-расм



15.2-расм

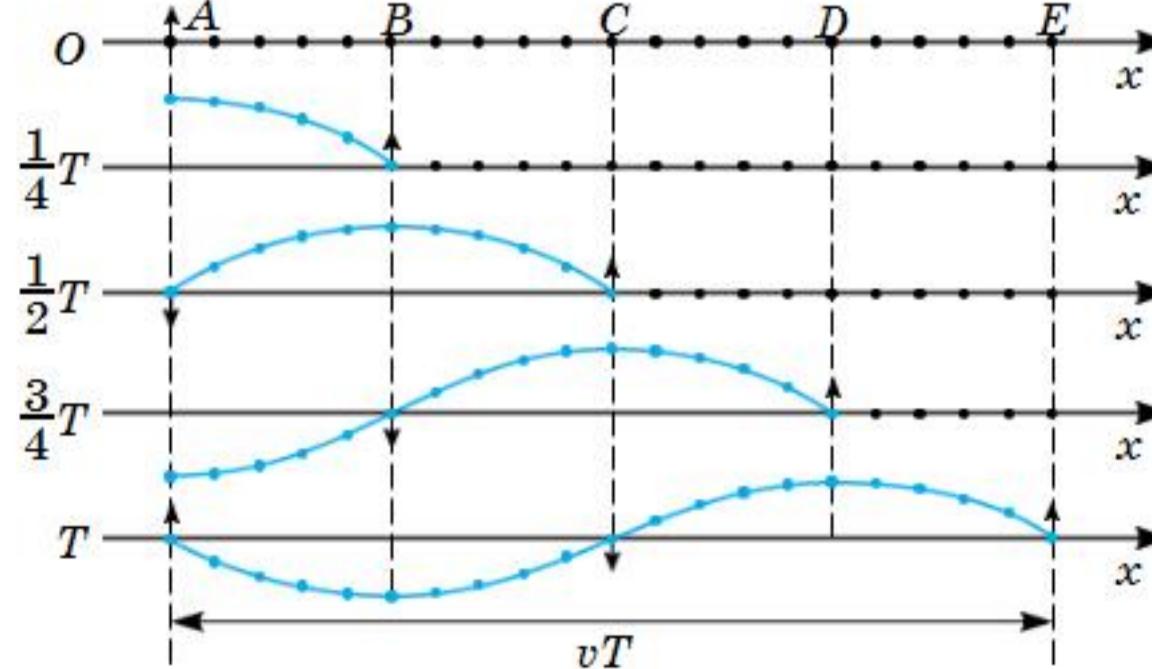
бўлади). Агар муҳитнинг битта зарраси тебранма ҳаракат ҳолатига келса, у ҳолда шу муҳит билан боғланган бошқа зарралар ҳам айнан шундай тебранма ҳаракатга келади, аммо вақт бўйича бироз кечикади. Келиб чиқиш табиатига кўра тўлқинлар механик ва электромагнит тўлқинларга бўлинади. *Механик тўлқинлар механик тебранишларнинг эластик муҳитда тарқалиш жараёнини ифодалайди. Электромагнит тўлқинлар эса ўзаро боғланган ўзгарувчан электр ва магнит майдонларнинг фазода навбат билан тарқалишидир.* Шунингдек, ўша эластик муҳитдаги нуктанинг тебраниш йўналиши ва тўлқиннинг тарқалиш йўналишига боғлик ҳолда тўлқинлар **кўндаланг** ва **бўйлама тўлқинларга** бўлинади.

Муҳит зарралари тўлқинларнинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр йўналишида тебранса, бундай тўқинлар кўндаланг тўлқинлар дейилади.

Кўндаланг тўлқинлар фактат қаттиқ муҳитда ёки эластиклиги турлича икки муҳит чегарасида (масалан, сув сиртида) тарқалади. Бундай бўлишига сабаб шуки, кўндаланг тўлқинлар тарқалаётган муҳит қатламларининг бир-бирига нисбатан силжиши содир бўлади, силжиш пайтида эса эластиклик кучлари фактат қаттиқ жисмлардагина пайдо бўлади (15.2-расм).

15.3-расмда муҳитда тарқалган кўндаланг тўлқин зарраларининг ҳаракати кўрсатилган.

A, B, C, D, E ҳарфлари билан бир-биридан $\frac{1}{4}vT$ га teng масофада, яъни зарра тебранишининг чорак даврида тўлқин тарқаладиган масофада



15.3-расм

жойлашган зарралар белгиланған. Расмда ноль вақт сифатида олинған пайтда түлқин ўқ бўйлаб чапдан ўнгга қараб тарқалиб, *A* заррага етади. Бунинг натижасида қўшни зарраларни ҳам ўзи билан бирга ҳаракатга келтириб, *A* зарра мувозанат вазиятидан юқорига қараб силжийди. *A* зарра чорак давр ўтгандан кейин четки юқориги вазиятига етади, сўнгра *B* зарра мувозанат вазиятидан силжий бошлайди. Яна чорак давр ўтганда зарра юқоридан пастга қараб ҳаракатланиб, мувозанат вазиятидан ўтади. *B* зарра энг четки юқориги вазиятига етганда *C* зарра мувозанат вазиятидан юқорига қараб ҳаракатлана бошлайди. *T* катталикка тенг пайтда *A* зарра тебранишнинг тўла циклини ўтиб, дастлабки пайтдаги ҳаракат вазиятига келади. Бу *T* пайтдаги түлқин *vT* га тенг масофани босиб, *E* заррага етади, сўнгра жараён такрорланади.

Бўйлама түлқин, масалан, горизонтал узун спираль пружинада пайдо бўлади. Агар унинг бир учига ташқи даврий таъсир кўрсатилса, у ҳолда пружина ўрамлари бўйлаб сиқилиш ва чўзишишлар тарзида тўлқинлар югуриб ўтади (15.4-расм).

Биз табиатда турли механик тўлқинларни кузатишимииз мумкин. Уларга товуш тўлқинлари, ультратовуш, инфратовуш, сув сиртидаги тўлқинлар (оғирлик кучи ва сирт таранглик кучи таъсирида пайдо бўлади) ва ер қатламларининг тебранишларини ҳосил қилувчи сейсмик тўлқинлар мисол бўла олади.

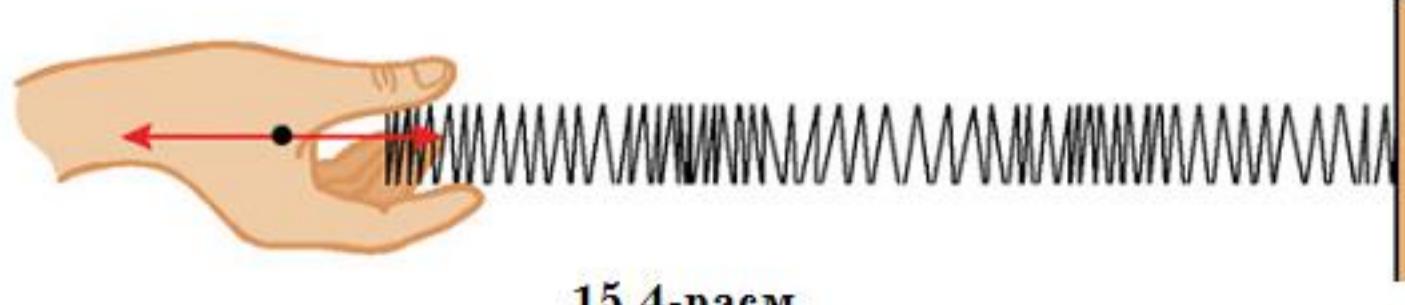
Тўлқин сирт ва тўлқин фронти. Тўлқин сирт ва тўлқин фронти каби тушунчаларни киритиш тўлқин ҳаракатларни ўрганишни анча осонлаштиради.

Тўлқин сирт — бир хил тебранишлар фазаларига мос келувчи нуқталарнинг геометрик ўрни. *Тўлқин фронти* — тебраниш жараёни содир бўлаётган сиртни тебраниш мавжуд бўлмаган сиртдан ажратиб турадиган чегаравий сирт.

Масалан, сув сиртидаги кичик вибратордан тарқалган тўлқин фронти — сферик, ясси узун вибратордан тарқалган тўлқин фронти — тўғри чизиқли (ясси), цилиндрическим товуш кучайтиргичдан чиқадиган тўлқин фронти цилиндр шаклига эга бўлади.

Тўлқинларнинг тавсифлари. Тўлқин ҳаракатларни тавсифлаш учун иккита физик катталик киритилган. Улар *тўлқин узунлиги* ва *тўлқиннинг тарқалиш тезлиги*dir.

Тўлқин узунлиги λ деб бир хил фазада тебранувчи тўлқиннинг бир-бираига энг яқин иккита нуқтаси орасидаги масофа билан



15.4-расм

аниқланадиган физик катталикка айтилади. Жұмладан, у түлқин бир давр ичида босиб үтадиган масофадан иборат. Түлқин тезлиги мұхитнинг бир нұқтасидан иккінчи нұқтасига тебранишларнинг тарқалиш тезлиги билан тавсифланади. Түлқин фронтини ҳосил қилған сферанинг барча нұқталари бир хил фазада тебранади, шунинг учун түлқин фронтининг тарқалиш тезлиги **фазавий тезлик** дейилади. Бу тезликнинг йұналиши түлқин фронтига ҳар доим перпендикуляр бўлади. Изотроп мұхитда v фазавий тезлик ўзгармас бўлгани учун, у түлқин фазаси кўчишининг ўша кўчишга кетган вақтга нисбати билан аниқланади. T вақт ичида түлқин фазаси λ түлқин узунлигига тенг масофага кўчади, бинобарин,

$$v = \frac{\lambda}{T}. \quad (15.1)$$

Агар түлқин гармоник түлқин бўлса, түлқин сиртининг ҳаракат тезлиги түлқиннинг тарқалиш тезлигига тенг бўлади. Тезликни аниқловчи (15.1) ифода фазавий тезлик бўлиб ҳисобланади. Гармоник түлқиннинг фазавий тезлиги түлқин энергиясининг тарқалиш тезлиги билан бир хил бўлади. Түлқин тезлиги түлқин тарқаладиган мұхит моддасига ва түлқин турига боғлиқ бўлади. Түлқиннинг даври ва частотаси ўзаро

$$T = \frac{1}{v} \quad (15.2)$$

муносабат билан боғлиқ бўлгани учун, түлқин тарқалишининг фазавий тезлигини

$$v = \lambda \cdot \nu \quad (15.3)$$

формула ёрдамида топа оламиз.

Қаттиқ мұхитда бўйлама түлқиннинг тарқалиш тезлиги

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (15.4)$$

бу ерда E — Юнг модули, ρ — мұхитнинг зичлиги.

Газлардаги товуш түлқинининг тарқалиш тезлиги (товуш — бу эластик мұхитдаги бўйлама түлқин)

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}, \quad (15.5)$$

бу ерда $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — газнинг ўзгармас босим шароитидаги иссиқлик сиғимининг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сиғимиға нисбати, M — газнинг моляр массаси.

Югурувчи түлқин тенгламаси. Синус қонунига мувофиқ тебранаётган түлқин Ox ўқ бўйлаб тарқалаётган бўлсин. Бу таранг тортилган тордаги, резина ипдаги кўндаланг түлқин, ёки қаттиқ таёқча, ё газ

ёки суюқлик түлдирилган қувурдаги бўйлама тўлқин бўлиши мумкин.

O нуқтада бошланғич фазаси нолга тенг бўлган

$$y = A \sin \omega t$$

тенглама билан тавсифланувчи тебранишлар манбаи жойлашган, бу ерда $t - O$ нуқтада тебраниш бошланган пайтдан бошлаб ҳисобланадиган вакт, y — тўлқиннинг силжиши, A — тўлқин амплитудаси, ω — циклик частота. Бу тўлқин 15.5-расмда туташ чизик билан тасвирланган. Фараз қилайлик, тўлқин v тезлик билан ўнгга қараб ҳаракатланаётган бўлсин. $\Delta t = \frac{x}{v}$ вактдан сўнг тўлқиннинг ҳар бир қисми $v \Delta t$ масофага силжийди, у 15.5-расмда узук чизиқлар билан тасвирланган. Бунда муҳитдаги x координатали исталган нуқтанинг силжиши қўйидагига тенг: $y = A \sin \omega(t - \Delta t) = A \sin \omega(t - \frac{x}{v})$.

x нуқтада тебранишлар амплитудаси ўзгармайди, бироқ фаза ўзгаради. $y = A \sin \omega(t - \frac{x}{v})$ формула *югурувчи тўлқин тенгламасидан* иборат.

Маълумки, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ва $\lambda = vT$, жумладан,

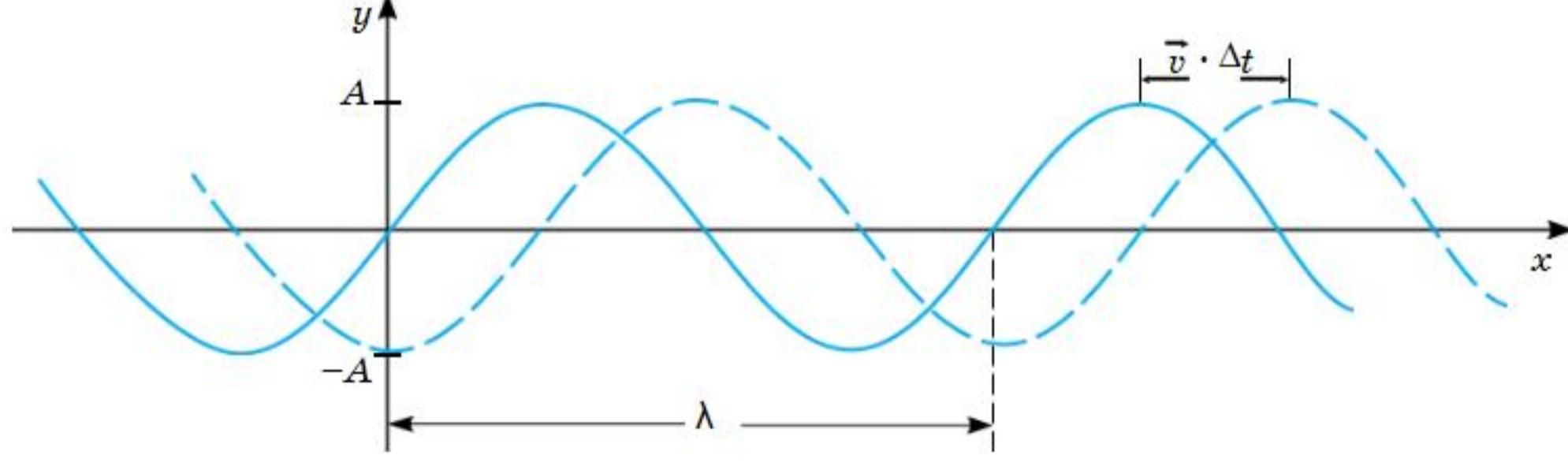
$$y = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right),$$

бу ерда $\frac{2\pi}{\lambda} = k$ **тўлқин сон** деб аталади. *Тўлқин сон узунлиги* 2π бўлган кесмага қанча тўлқин узунлиги тўгри келишини (жойлашишини) кўрсатади. Бинобарин, югурувчи тўлқин тенгламаси қўйидагича ифодаланади:

$$y = A \sin(\omega t - kx). \quad (15.6)$$

O нуқтада тебранишларнинг бошланғич фазаси нолга тенг бўлмаган ҳолда югурувчи тўлқин тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$y = A \sin(\omega t - kx + \phi_0).$$



15.5-расм

Шундай қилиб, синус қонуни бүйича түлқин тарқаладиган мұхит зарраларининг мувозанат вазиятидан силжиши $y(x, t)$ Ox ўқдаги x координата билан t вактга (15.6) тенгламага мувофиқ болып келеді.

Югурувчи түлқин энергияси. Маълумки, түлқин ҳаракатда тебраниш манбаидан чиқадиган энергия күчирилади. Энди югурувчи түлқин энергиясини ҳисоблаймиз. Эластик мұхитдан кичик ΔV ҳажмни ажратиб олиб, унинг кинетик энергияси W_k ни ҳисоблаймиз. Түлқин ҳаракатнинг түлиқ энергияси унинг кинетик ва потенциал энергиялари йиғиндисига тенг. Кинетик энергия қуйидаги формуладан топилади:

$$W_k = \frac{mv^2}{2}$$

Түлқин тезлигини координатадан олинган биринчи тартибли ҳосила орқали топамиз:

$$v = x' = (A\sin(\omega t - kl))' = A\omega\cos(\omega t - kl).$$

Биз ажратиб олган кичик ҳажмли соҳанинг массаси $m = \rho\Delta V$ га тенг, бу ерда ρ — мұхитнинг зичлиги.

У ҳолда түлқиннинг кинетик энергияси қуйидагича бўлади:

$$W_k = \frac{\rho\Delta V A^2 \omega^2}{2} \cos^2(\omega t - kl). \quad (15.7)$$

Маълумки, эластик деформацияланган жисмнинг потенциал энергияси: $W_p = \frac{k\Delta l^2}{2l}$, бу ерда $k = \frac{ES}{l}$ — эластиклик коэффициенти, E — мұхитнинг эластиклик модули, S — кўндаланг кесимнинг юзи, l — мұхитдан ажратиб олинган соҳанинг бўйлами узунлиги. У ҳолда

$$W_p = \frac{ES\Delta l^2}{2l} \cdot \frac{l}{l} = \frac{ESl\Delta l^2}{2l^2} = \frac{E\Delta V \Delta l^2}{2l^2},$$

бу ерда $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$ — нисбий деформация дейилади. Жумладан, $W_p = \frac{E\epsilon^2}{2} DV$.

Тўлқинларнинг эластик мұхитда тарқалиш тезлиги $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ формулага мувофиқ топилгани учун, $E = v^2\rho$ экани келиб чиқади. Бунда тўлқин энергиясининг формуласи ушбу кўринишга келади:

$$W_p = \frac{E\epsilon^2}{2} DV = \frac{\rho v^2 \epsilon^2}{2} DV.$$

Энергия зичлиги деб ҳажм бирлигиде тарқалувчи энергия билан аниқланадиган физик катталикка айтилади: $w = \frac{W}{V}$.

Мазкур ҳолда тўлқин энергиясининг зичлиги:

$$w = \frac{E\epsilon^2}{2} \text{ ёки } w = \frac{\rho v^2 \epsilon^2}{2}.$$

БУ ҚИЗИКІ

Солитон — ўзгача түлкін. Шотланд мұхандиси Жон Скотт Рассел 1834 йилда түлкіннинг ўзгача турини кузатған. У отда сайр қилиб юрганда каналдатысатдан тұтаган баржанинг түмшүғи олдида каттабитта түлкін ҳосил бүлганини, сүнгра унинг шакли ва тезлигини сақлаган ҳолда ҳаракатланғанини кузатған. Түлкінни бир неча километргача кузатиб бориб, сүнгра түлкіннинг баландлығы пасайғанда, каналнинг бурилишида уни йүқтади. Мұхандис солитонни (лотинч. *solus*— ёлғыз, пастқам маъносини англатади) шу тариқа кашф этди.



1. Қандай ҳаракат түлкін ҳаракат деб аталауди?
2. Түлкін нима?
3. Түлкін ҳаракатнинг ўзига хос хусусиятнің мінадан иборат?
4. Түлкіннің тарқалиш тезлигі түлкін үзүнлигінде төбәнеш частотасы билан қандай бөгланған?
5. Бүйлама түлкінлар күндаланған түлкінлардан нима билан фарқ қиласади?
6. Күндаланға бүйлама түлкінлар қандай мұхитда пайдо бўлиши мумкин?
7. Қандай түлкін югурувчы түлкін деб аталауди? Унинг формуласини ёзинг.
8. Түлкін фронти нима? Түлкін тезлиги түлкін фронтига нисбатан қандай йўналған?
9. Түлкін сирт дегандан иманни тушунасиз?
10. Түлкін фронтининг шаклига қараб, түлкінларни қандай турларга ажратиш мумкин?
11. Фазавий тезлик нима?
12. Нима учун түлкінлар энергияга эканини тушунтириңг.
- *13. Денгиз түлкіни соҳилгаяқынлашғанда унинг баландлығы нима сабабдан ортади (масалан, цунами)? Исботланг.



1. 1905 йилдар рус шифокори Н. И. Кротов пульсацияланувчы түлкінни кузатиб, қон босимини ўлчаш усулини таклиф қилди. Ўша мавзууни тадқиқ қилинг ва лойиха ишини тайёрлаб, ҳимоя қилинг.
2. "Түлкінлар ва цunami" мавзусида фотоальбом тайёрланг. Қайси ҳудудларда цунамининг пайдо бўлиш эҳтимоли бор?

16-§. Механик түлкінларнинг тарқалиши.

Механик түлкінлар интерференцияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ түлкінларнинг құшилиши
- ✓ когерент түлкінлар

Бугун дарсда:

- сув сиртида ҳосил бўлган интерференция ҳодисасини ўрганасиз.



Шу пайтга қадар биз түлкінлар ҳаракатини ўрганғанда биргина түлкінни қараб чиқан әдик. Аммо сувга бир вақтнинг ўзида бир неча тош ташланса, унинг сиртида бир неча түлкінлар тарқалади ёки бир хонада бир неча киши сухбатлашғанда товуш түлкінлари бир-бирига қўшилиб кетади. Түлкінлар бир-бири билан учрашғанда улар бир-бирининг бундан буён тарқалишига таъсир кўрсатмайди. Бу хосса факт



16.1-расм

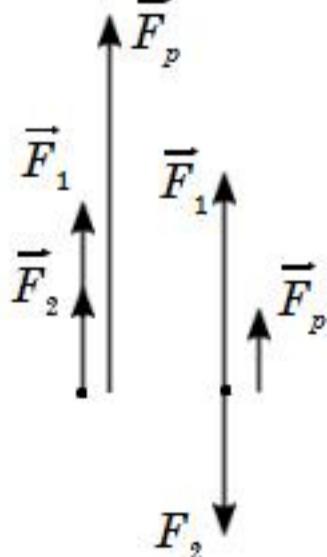
Бир зарраси икки түлқиннинг тебранма ҳаракатига қўшилади. Ҳар бир зарранинг ҳаракати ўша тебранишлар йиғиндисини беради (16.1-расм).

Демак, *түлқинларнинг қўшилиши — тебранишлар содир бўладиган муҳитнинг ҳар бир нуқтасида ўша түлқинларнинг қўшилиши демакдир*. Муҳитнинг исталган қисмининг натижавий силжиши алоҳида зарралар силжишларининг йиғиндисига teng. Бундай силжишлар бошқа түлқинлар мавжуд бўлмагандан ҳам, тарқалаётган түлқинлардан ҳар бири босиб ўтганда ҳам пайдо бўлади. Демак, тўлқин тарқаладиган муҳитнинг ҳар бир заррасига бир нечта куч таъсир қиласи.

Икки ёки бир нечта тўлқинларнинг қўшилишида фазонинг турили нуқталаридағи натижаловчи тебранишлар амплитудаларининг тақсимланиши (максимум ва минимумлар навбат билан жойлашади) вақт ўтиши билан ўзгармай, доимий сақланадиган ҳодиса интерференция дейилади.

Фазода интерференция манзарасини ҳосил қилиш учун қўшилувчи тўлқинларнинг частоталари бир хил ва фазонинг ҳар бир нуқтасида тебраниш фазаларининг силжиши ўзгармас бўлиши лозим. Бундай тўлқинлар когерент тўлқинлар дейилади. Бундай тўлқинларни частоталари бир хил ва фазалар фарқи ўзгармайдиган когерент тўлқин манбалари ҳосил қиласи.

Тўлқинлар интерференциясининг қандай ҳосил бўлишини аниқлаймиз. Бунинг учун M_1 ва M_2 иккита тўлқин манбаидан бир йўналишда чиқадиган иккита тўлқиннинг сув сиртида тарқалишини кўриб чиқамиз (16.3-расм). Сув сиртидаги маълум бир N нуқтада M_1N ва M_2N теб-



16.2-расм

тўлқин ҳаракатгагина хос ва қандай тўлқин энанлигига ҳам (сув сиртидаги тўлқинми, товуш тўлқиними, электромагнит тўлқинларми ёки ёруғлик тўлқиними) боғлиқ эмас. Аммо тўлқинлар учрашган жойларда уларнинг бир-бирига қўшилиши кузатилади. Шу пайтда ўша тўлқинлар йўлида учрайдиган муҳитнинг ҳар

ранишлар бир-бирига қўшилганда нима рўй беришини аниқлаймиз. Биринчи тўлқиннинг тебранишлар тенгламаси

$$y_1 = A_{m_1} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi l_1}{\lambda}\right) \text{ ёки } y_1 = A_{m_1} \sin\phi_1$$

бўлади, бу ерда

$$\phi_1 = \frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi l_1}{\lambda} \quad (16.1)$$

катталик — биринчи тўлқиннинг тебранишлар фазаси.

Иккинчи тўлқиннинг тенгламаси

$$y_2 = A_{m_2} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi l_2}{\lambda}\right) \text{ ёки } y_2 = A_{m_2} \sin\phi_2,$$

бу ерда

$$\phi_2 = \frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi l_2}{\lambda} \quad (16.2)$$

катталик — иккинчи тўлқин тебранишлари фазаси. Бу тўлқинларнинг қўшилиши натижасида бошқа амплитудали гармоник тебранишларни оламиз. Шунингдек, агар тебранишлар фазаларининг фарқи

$$\phi_2 - \phi_1 = 2k\pi (k = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (16.3)$$

бўлса, у ҳолда N нуктада натижавий тебранишларнинг кучайиши кузатилади, яъни у *максимум нуқта* бўлади. Агар фазалар фарқи

$$\phi_2 - \phi_1 = 2(k + 1)\pi \quad (16.4)$$

бўлса, у ҳолда натижавий тебранишлар заифлашади, яъни минимум нуқтани ҳосил қиласиз. (16.1) ва (16.2) формулалардан фойдаланиб, фазалар фарқини ҳисоблаймиз:

$$\phi_2 - \phi_1 = \frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi l_2}{\lambda} - \frac{2\pi}{T}t + \frac{2\pi l_1}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} (l_2 - l_1). \quad (16.5)$$

$\Delta l = l_2 - l_1$ катталик тўлқинларнинг йўл айрмаси дейилади.

Шундай қилиб, (16.3) ва (16.4) формулаларни назарга олиб, интерференциянинг максимум ва минимум шартларини ҳосил қиласиз:

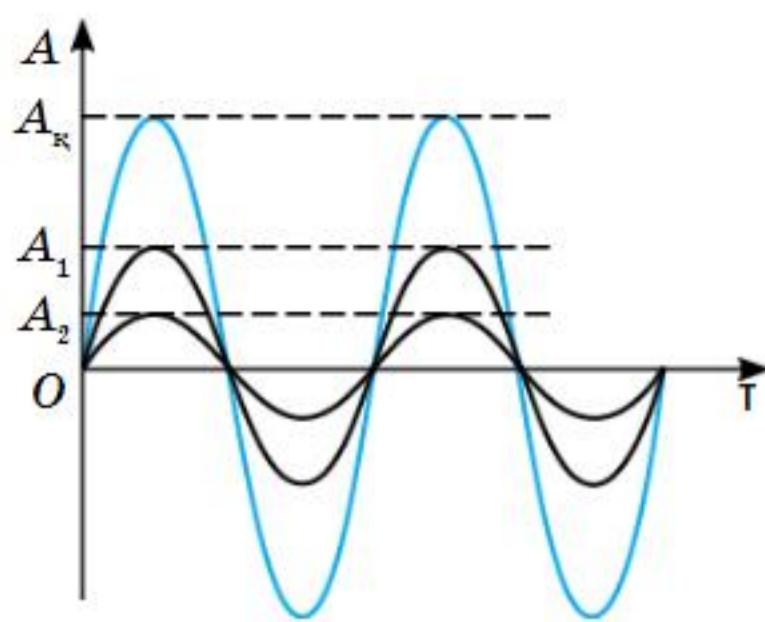
$$\frac{2\pi}{\lambda} (l_2 - l_1) = 2k\pi \text{ ёки } \Delta l = 2\pi k \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad (16.6)$$

тенглама — **максимумлар шарти**,

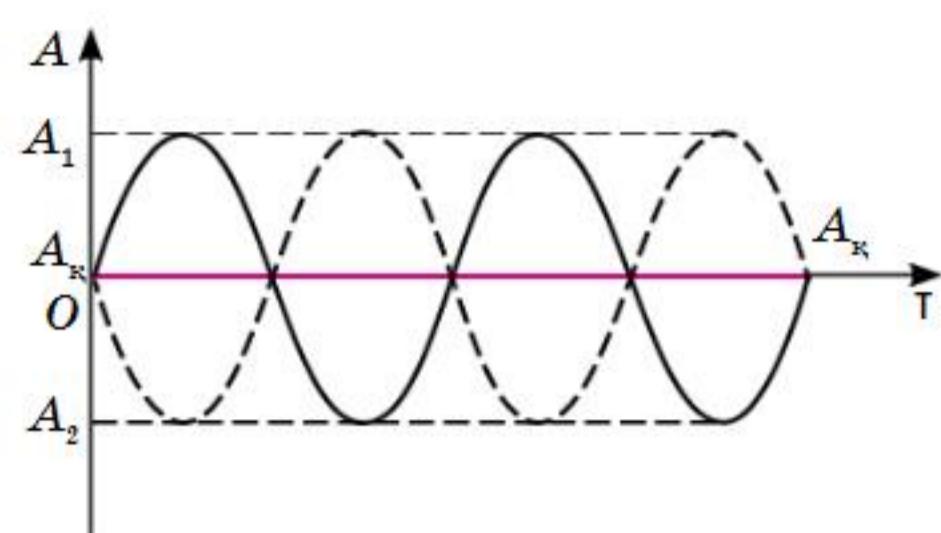
$$\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (16.7)$$

тенглама эса **минимумлар шартидан** иборат.

Бундан келиб чиқадиган хулоса: *агар тўлқинларнинг йўл айрмаси ярим тўлқинларнинг жуфт сонига teng бўлса, бу нуқтада тебранишлар кучаяди, агар йўл айрмаси ярим тўлқинларнинг тоқ сонига teng бўлса, у ҳолда мазкур нуқтада тебранишлар заифлашади.*



16.4-расм



16.5-расм

Эслабқолинг!

Тұлқинлар интерференциясында тұлқин ҳаракат энергияси фазада қайта тақсимланади. Максимум нүкталарда энергия миқдори әңг күп бўлади, минимум нүкталарда эса энергия бўлмайди.



Бир тўғри чизикда ётмайдиган тұлқинларнинг қўшилишида ҳам максимум ва минимум шартларнинг бажарилишини шу каби исботлаш мумкин (16.4-расм). Агар бир хил интенсивликдаги иккита когерент тұлқин бир-бирига қарама-қарши йўналишда тарқалса, ўзгача интерференцион манзара кузатилади, масалан, бир учи боғланган арқон бўйлаб тарқалган ва қайтган тұлқинларнинг қўшилиши рўй беради (16.5-расм). Бундай интерференция турғун тұлқинларнинг пайдо бўлишига олиб келади.



1. Қандай ҳодиса интерференция ҳодисаси дейилади? Уни қандай кузатиш мумкин?
2. Қандай тұлқинлар когерент тұлқинлар дейилади?
3. Интерференция пайтидаги максимум ва минимум шартлар қандай?
4. Нокогерент тұлқинлар бир-бiri билан қўшилғанда тұлқинлар интерференцияси рўй берадими?
5. Нима учун очиқ ҳавога нисбатан бўш хонада тоевуш баландроқ чиқади?
6. Момақалдироқнинг гулдураши интерференция ҳодисаси габоғлиқми?
- *7. Диаметри 30 см бўлған тиргаклар бир-биридан 2—3 м масофада сув ёқасигажойлаштирилса, улар сувдан келган тұлқинларни заифлаштира оладими?



1. Атлантика океани ва Ўртаер денгизи сувлари Гибралтар кўлфазида учрашганда нима учун аралашмаслигинитадқиқ қилинг.
2. Сувдасузвичи кемалар, қушлар ва жониворларнинг чекли тезликларимавжудми? Аниқланг.
3. Нима учун соҳилга уриладиганデンгиз сувларисоҳил чизиғига параллел бўлишини тушуниринг.

17-§. Турғун тұлқинлар



Таянч түшүнчалар:

- ✓ турғун тұлқин
- ✓ дүңглик
- ✓ түгун
- ✓ турғун тұлқин узунлиги



Бугундарсда:



- график усулдан фойдаланиб, түгунлар ва дүңгликтарни анықлашни ва турғун тұлқинларнинг ҳосил бўлишини тушуниб оласиз.

Интерференциянинг алоҳида ҳоли бўлган *турғун тұлқин* деб бир хил частота ва амплитудалар билан бир-бирига қарама-қарши тарқаладиган иккита югурувчи тұлқинларнинг қўшилиши натижасида ҳосил бўладиган тұлқинга айтилади. Тұлқиннинг тарқалиш йўналиши учун Ox ўқининг йўналишини оламиз (17.1-расм). Учрашадиган тұлқинларнинг фазалари бир хил бўладиган нуқтани координаталар боши сифатида оламиз. Уларнинг бошланғич фазалари нолга тенг бўлган пайтдан бошлаб вактни ҳисоблашни бошлаймиз. Энди биринчи тұлқин тенгламасини қўйидаги кўринишда ёзиш мумкин: $y_1 = A\sin(\omega t - kx)$. $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ экани маълум, у ҳолда

$$y_1 = A\sin \blacksquare \quad \text{ёки } y_1 = A\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right). \quad (17.1)$$

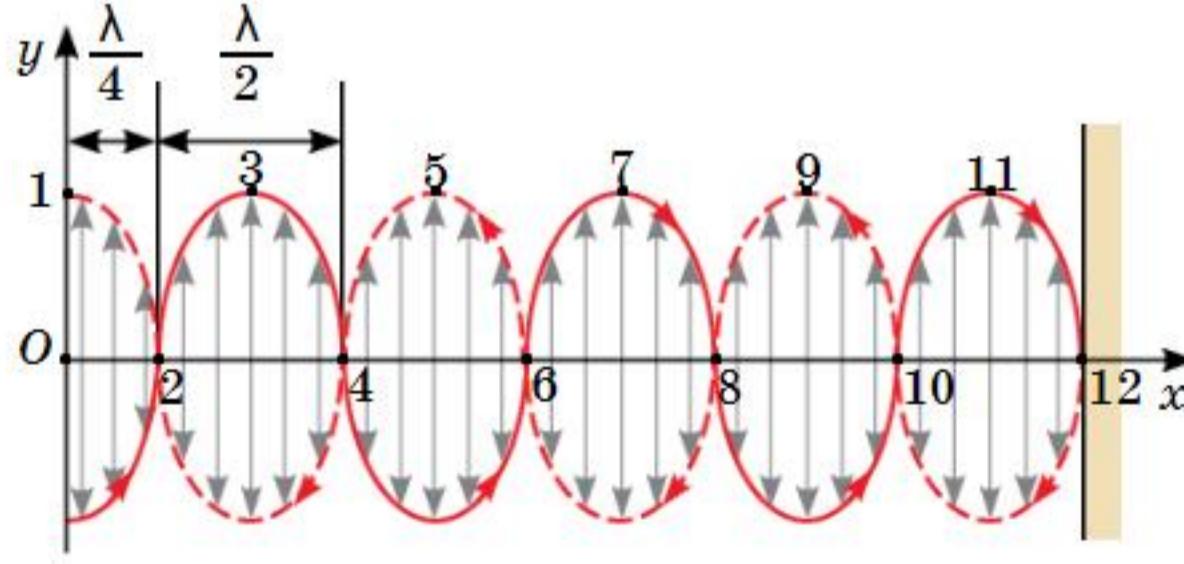
Иккинчи тұлқин тенгламасида $\frac{x}{\lambda}$ катталиктининг олдига минуси ишораси қўйилади:

$$y_2 = A\sin 2\pi \left[\frac{t}{T} - \left(-\frac{x}{\lambda} \right) \right]. \quad (17.2)$$

Бир пайтда иккита тебранишда иштирок этувчи нуқтанинг силжиши y_1 ва y_2 нинг алгебраик йиғиндисига тенг бўлади: $y = y_1 + y_2$. Жумланан, $y = A \left[\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) + \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$.

Тригонометриядан маълумки, $\sin a + \sin b = 2\sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$, у ҳолда

$$y = 2A\cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T}. \quad (17.3)$$



17.1-расм

(17.3) тенглама — *турғун түлқин тенгламаси* ҳисобланади (17.3) тенгламадан турғун түлқиннинг тебранишлар амплитудаси

$$A_t = 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \quad (17.4)$$

тебранувчи нүқталарнинг вазиятига боғлиқ, лекин вақтга боғлиқ әмас. Шунинг учун, турғун түлқин тенгламасини қуидаги күринишида ифодалаш мүмкін:

$$y = A_t \sin \frac{2\pi}{T} t; \quad (17.5)$$

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = n\pi, \quad (17.6)$$

бу ерда $n = 0, 1, 2, \dots$ бўлган нүқталарда тебранишлар амплитудаси максимал қийматга эришади ва $2A$ га тенг бўлади. Бу нүқталар *турғун түлқиннинг дўнглиги* дейилади (17.1-расмдаги 1, 3, 5, 7 ... нүқталар).

(17.6) тенгламанинг шартидан дўнглик қийматларининг координаталарини топамиз:

$$x_d = n \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad (n = 0, 1, 2, \dots). \quad (17.7)$$

Қийматлари $2\pi \frac{x}{\lambda} = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$, бу ерда $n = 0, 1, 2, \dots$ бўлган нүқталарда тебранишлар амплитудаси нолга айланади. Ушбу нүқталар *турғун түлқиннинг тугулари* деб аталади (17.1-расмдаги 2, 4, 6, 8 ... нүқталар). Тугуларда жойлашган муҳит нүқталари тебранмайди. Тугуларнинг координаталари қуидаги қийматларга эга:

$$x_{tug} = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad (n = 0, 1, 2, \dots). \quad (17.8)$$

(17.7) ва (17.8) тенгламалардан келиб чиқадики, қўшни иккита дўнглик ёки қўшни иккита тугун орасидаги масофа югурувчи түлқин узунлигининг ярмига тенг: $x_{tug} = \frac{\lambda}{4}$. Дўнгликлар ва тугулар бир-бирига нисбатан түлқин узунлигининг тўртдан бир $\frac{\lambda}{4}$ қисмига силжиган.

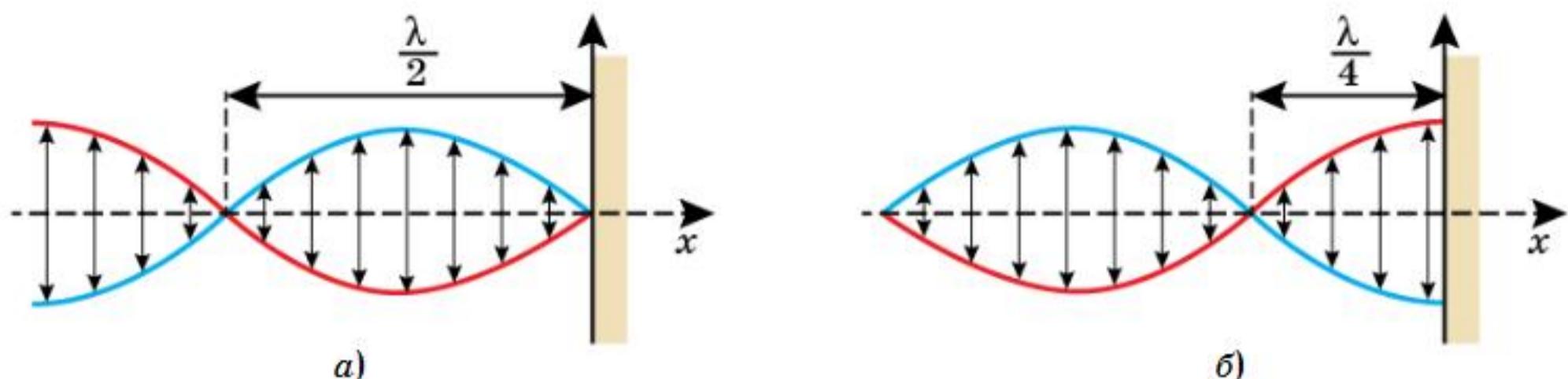
Эслабқолинг!

Ўзгармас узунликдаги тор бўйлаб тарқалган түлқин чегарадан қайтиб, қарама-қарши ҳаракатланган түлқин билан интерференцияланади. Ўша пайтда баъзи частоталардатурғун түлқин пайдо бўлади. Тор яхлит жисм каби тебранади. Турғун түлқинларнинг пайдо бўлиши резонанс ҳодисаси ва жисмнинг резонанс ёки хусусий частоталарида содир бўлади. Интерференцияни сўндирувчи нүқталар (бундай нүқталарда тебраниш мавжуд әмас) *тугулар*, интерференцияни кучайтирувчи нүқталар эса (тебраниш амплитудасимаксимал) *дўнгликлар* дейилади.



Югурувчи ва турғун түлқинларни таққослаш учун жадвални дафтардатўлдириңг.

	Югурувчи түлқин	Турғун түлқин
Тенгламалари		
Амплитудаси		
Фазаси		

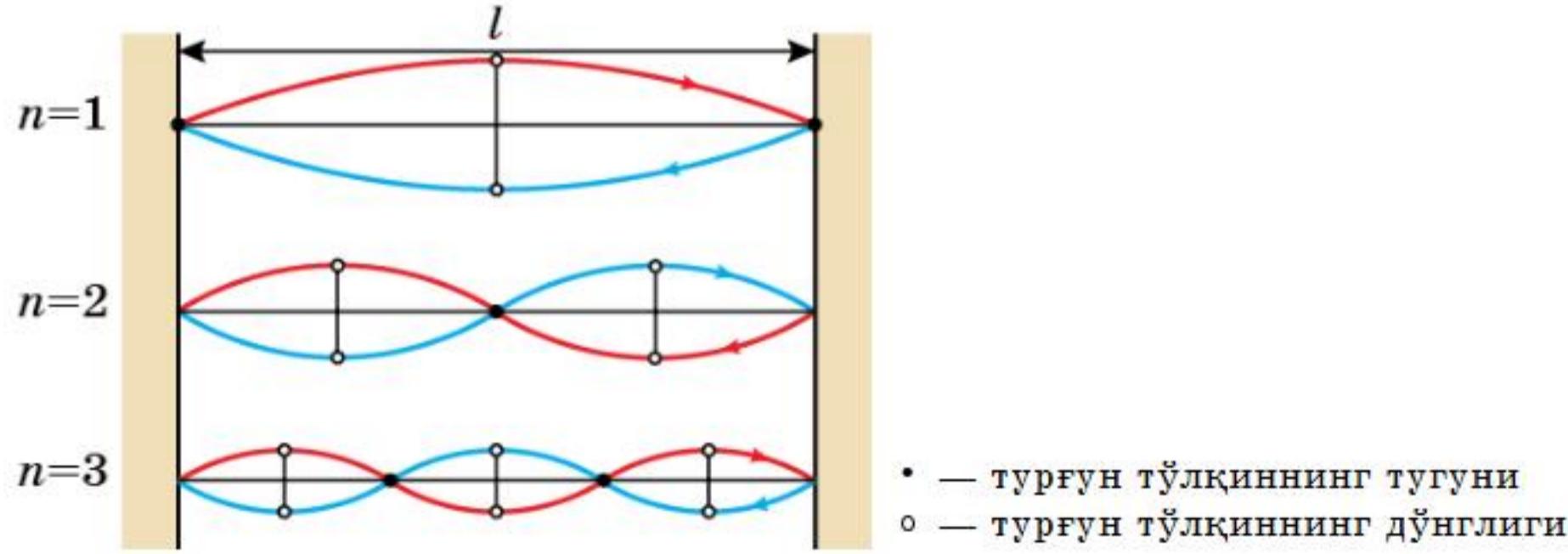


17.2-расм. Торнинг тебраниши

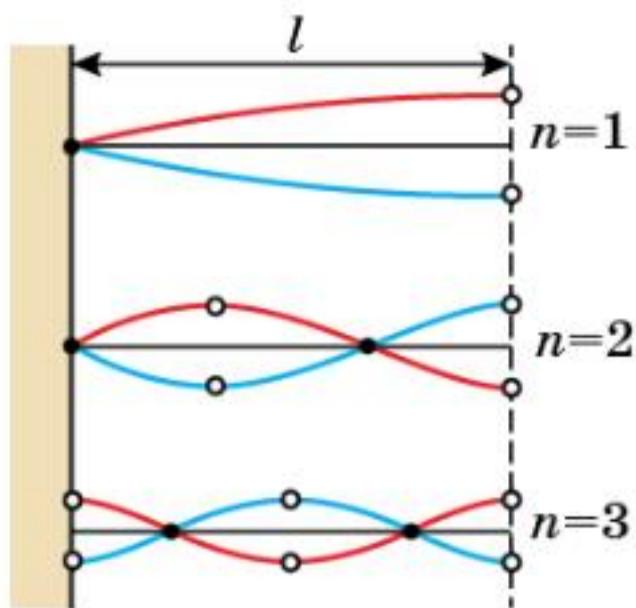
Түрғун түлқинларда құшни иккита тугун орасида жойлашган барча нүқталар бир хил фазада тебранади. Тугуннинг иккала томонидаги мұхит нүқталари қарама-қарши фазада, яъни тебранишлар фазаси π краттилікка қадар силжийди. Югурувчи түлқинлардан фарқылы үлароқ, түрғун түлқинларда энергия күчирилмайды. Түлқин узунлигининг чорак қисміга тенг масофада жойлашган барча нүқталар энергияларининг үзіндісі үзгармас бўлади. Нүқталар орасида энергия алмашинуви содир бўлади. Түрғун түлқинни ташкил қилган тўғри ва тескари түлқинлар бир хил миқдорда ва қарама-қарши йўналишларда энергия ташийди. Түлқиннинг исталган кесимидаги энергиянинг ўртача оқими нолга teng.

Түлқин тарқаладиган мұхитнинг зичлиги түлқин қайтадиган мұхит зичлигидан кам бўлганда қайтиш нүқтасида тугун пайдо бўлади ва қайтган түлқин қарама-қарши фазага үзгаради (17.2, а-расм). Бунда ярим түлқин йўқолиши содир бўлади. Мұхитнинг зичлиги түлқин тарқаладиган мұхит зичлигидан кичик бўлса, қайтиш нүқтасида дўнглик ҳосил бўлади ва ярим түлқин йўқолиши содир бўлмайди (17.2, б-расм).

Торнинг тебранишлари. Икки учи маҳкамланган таранг тортилган торда (масалан, дўмбира, дутор, рубоб, гитара каби асбоблар) кўндаланг түлқин уйғотилганда түрғун түлқин ҳосил бўлади ва торнинг маҳкамланган жойларида тугунлар жойлашади (17.3-расм). Шу-



17.3-расм



◦ — түрғын толқынның шоғыры
• — түрғын толқынның түйіні

17.4-расм

нинг учун торда фақат шундай тебранишлар юзага келади, бунда тор узунлиги бўйлаб тўлқинларниң ярим узунликлари бутун сон марта жойлашади.

Бундан

$$l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ ёки } \lambda_n = \frac{2l}{n} (n = 1, 2, 3, \dots)$$

шарт келиб чиқади, бу ерда l — торниң узунлиги. Тўлқин узунлигига

$$v_n = \frac{v}{\lambda_n} = n \frac{v}{2l} (n = 1, 2, 3, \dots)$$

частоталар мос келади, бу ерда v — торниң чизиқли зичлиги бўйича аниқланадиган тўлқиннинг фазавий тезлиги.

v_n частоталар тор тебранишларининг *хусусий частоталари* дейилади.

Агар торниң бир учи маҳкамланган бўлса, унда маҳкамланган жойида тугун бўлади, бўш учида эса дўнглик жойлашади (17.4-расм).

У ҳолда турғун тўлқиннинг максимал узунлиги $\lambda = 4l_1$, мос равиша частотаси $v = \frac{v}{2l}$. Хусусий тебранишлар частотасининг умумий формуласи

$$v_n = n \frac{v}{4l},$$

бу ерда $n = 1, 3, 5, \dots$.

Солиштирма частоталар асосий частоталар деб аталувчи $v_1 = \frac{v}{2l}$ частоталарга карралидир. $n = 2, 3, \dots$ частоталарга мос келувчи частоталар *обертонлар* (биринчи обертон $n = 2$ га, иккинчи обертон $n = 3$ га мос келади ва ҳ.к.) дейилади.

Умуман олганда, торниң тебранишлари турли хусусий частоталарга эга бўлган бир нечта турғун тўлқинлар бўлиши мумкин.



1. Қандай тўлқинлар турғун тўлқинлар деб аталади? Турғун тўлқиннинг ҳосилбўлиш жараёнини тушунтиринг.
2. Турғун тўлқиннинг тугунлари ва дўнгликларини таърифланг.
3. Турғун тўлқиннинг узунлиги ва частотаси нимага тенг?
- *4. Нима учун турғун тўлқинлар энергияэлтмайди? Исботланг.
5. Қандай частоталар обертонлардейилади?



1. Турғун товуш тўлқинлари фойдаланиладиганмузиқий асбобларни ўрганинг.
2. Иккала томони ҳам ярим очик бўлган найчалардаҳавода ҳосил бўладигантурғун тўлқинларни тавсифлабберинг.
3. Ясси пластина да ҳосил бўлган тўлқинни кузатишнинг яққол усулини 1787 йилда немис физиги Э.Хладни таклиф қилган. Интернет ресурслардан фойдаланиб, Э.Хладни пластинасини тайёрланг. Э.Хладни пластинасининг расмини олиб, ўрганинг.

18-§. Гюйгенс принципи. Түлқинлар дифракцияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ Гюйгенс принципи
- ✓ Иккиламчи түлқин

Бугундарда:

- Гюйгенс принципи ва механик түлқинларда дифракцион манзарани кузатиш шартларини тушуниб оласиз.



Эластик изотроп мұхитда механик түлқинлар түғри чизиқли ва текис тарқалади. Энди түлқинлар бирор түсікқа, масалан, қоя тошга ёки қаттың де-ворга учраганда қандай ҳодиса рўй беришини кўриб чиқамиз. Түлқинлар табиатини тавсифловчи умумий принципни биринчи бўлиб 1960 йилда голландиялик физик Кристиан Гюйгенс ишлаб чиқди. Кейинчалик, бу принцип Гюйгенс принципи деб аталди.

Гюйгенс принципи: мұхитнинг түлқин фронти (галаёни) етиб борган ҳар бир нуқтаси иккиламчи түлқинлар манбаига айланади.

Агар мұхит бир жинсли бўлса, иккиламчи түлқинлар сферик бўлади. Агар Гюйгенс принципига кўра түлқин сиртнинг ҳар қайси нуқтасини иккиламчи сферик түлқин манбаи деб олсан, түлқин сиртнинг маълум T пайтдаги вазиятини билган ҳолда, унинг кейинги $T + \Delta T$ пайтдаги вазиятини аниқлай оламиз.

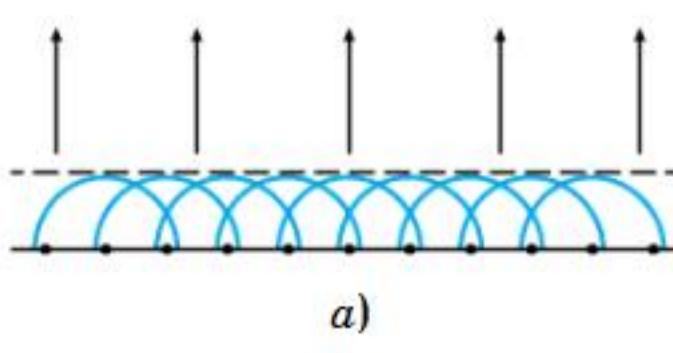


Христиан Гюйгенс
(1629—1695)

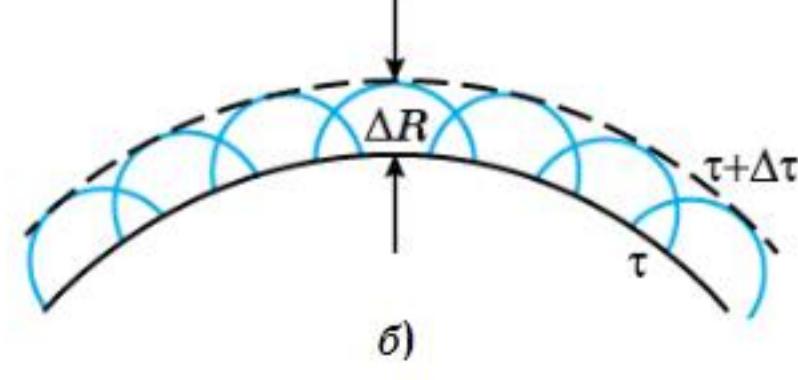
Иккиламчи түлқинларнинг барчасига уринма бўлган сирт түлқин сиртнинг кейинги пайтдаги вазиятини кўрсатади. Улар $\Delta R = v_{\phi} \cdot \Delta t$ масофага тарқалади.

Яхлит чизиқ билан түлқин сиртнинг T пайтдаги, узук чизиқ билан $T + \Delta T$ пайтдаги Гюйгенс принципига мувофиқ ясалган түлқин сиртлари кўрсатилган. Қутилганидек, бир жинсли мұхитда ясси түлқин ясси (18.1, *a*-расм), сферик түлқин эса сферик (18.1, *b*-расм) бўлиб қолаверади.

Гюйгенс принципи турли табиатга эга түлқинлар нафакат механик, балки электромагнит, шу жумладан ёруғлик түлқинлари учун бир хил жавоб беради.



18.1-расм

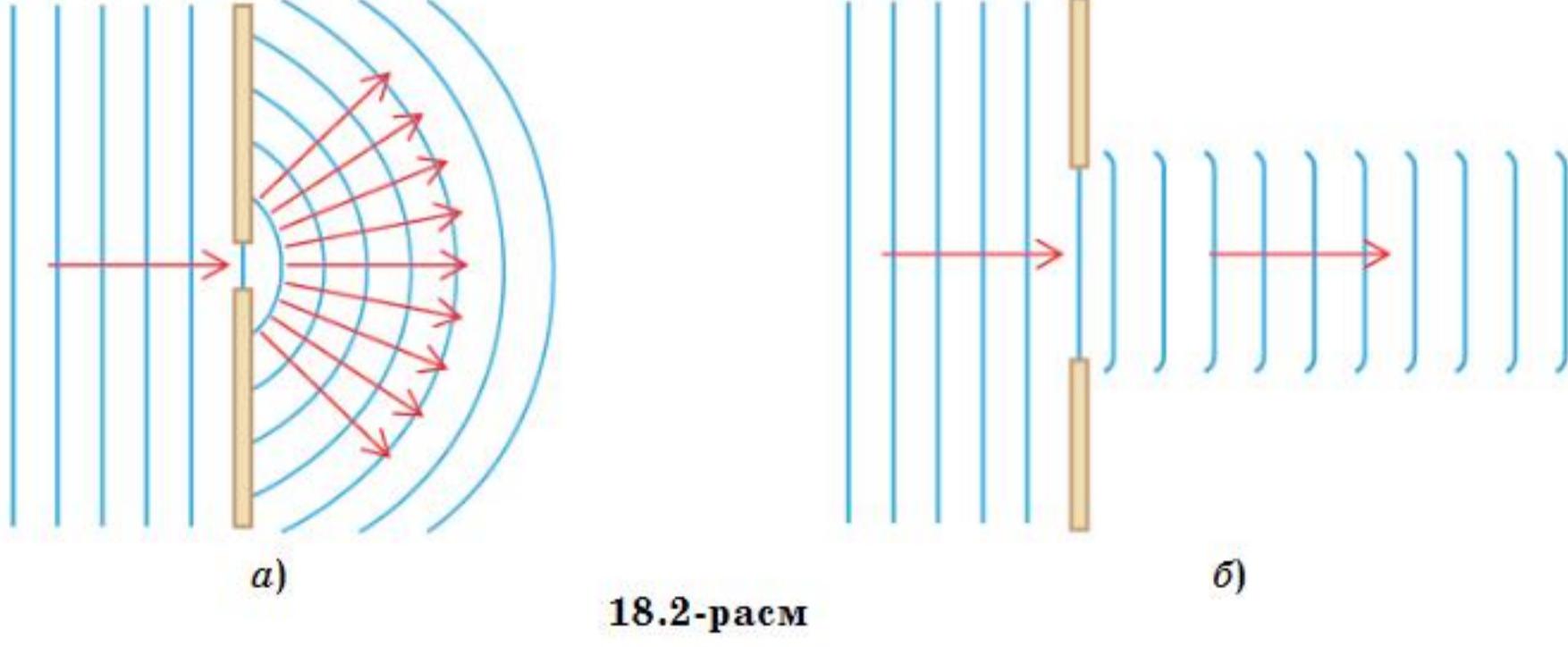


Гюйгенс үз принципини механик тұлқинлар, хусусан, товуш тұлқинлари учун таърифлаган әди. Мазкур ҳолда Гюйгенс принципининг яққол талқини бор: *мухитнинг тебранишлар етиб борган зарралари тебраниб, үз навбатида, мухитнинг у билан үзаро таъсирлашувчи құшни зарралари тебранишларини үйготади.*

Тұлқинлар дифракцияси. Агар ёруғлик дастаси йўлида ношаффоғ түсиқ пайдо бўлса, унинг орқасида соя ҳосил бўлади. Товуш тұлқинларини түсиш осон әмас. Товуш ҳатто бурчак-бурчакдан ёки бетон девор орқасидан ҳам эшитилади.

Табиийки, савол туғилади: нима учун бу түсиқлар “товуш сояси” ни юзага келтирмайди? Шунга ўхшаш савол анхордаги сув сиртида тұлқин тарқалишини кўриб чиқаётганда, унинг йўлида сувдан чиқиб турган ва унча катта бўлмаган тош учраганда пайдо бўлади. Бунда агар тошнинг ўлчамлари катта бўлса, фазонинг “сој”, яъни тұлқин энергияси етиб бормайдиган соҳаси юзага келади. Ушбу кузатишлар асосида бундай холосага келиш мумкин: тұлқин йўлидаги түсиқнинг ўлчамини тұлқин узунлиги билан солишириш мумкин бўлса, у ҳолда тұлқин түсиқни айланиб ўтади.

Тұлқиннинг түгри чизиқ бўйлаб тарқалишидан оғиши ёки тұлқинларнинг түсиқларни айланиб ўтиш ҳодисаси **дифракция** (латинча *diffractus* — “синган” маъносини англатади) дейилади. Сув сиртидаги тұлқин дифракцияси ҳодисасини тұлқин хоссаларни намойиш қилишга мўлжалланган қурилма ёрдамида кузатиш мумкин. Агар тұлқин йўлига тор тирқишли түсиқ қўйилса ва у тирқишининг ўлчами тұлқин узунлигидан кичик бўлса, у ҳолда түсиқ ортида доиравий тұлқинларнинг тарқалишини кўриш мумкин (18.2, *a*-расм). Буни Гюйгенс принципига асосланиб тушунтириш жуда осон. Тұлқин етиб борган мухитнинг ҳар бир нуқтасининг ўзи иккиласи тұлқин манбаи бўлиб ҳисобланади. Тор тирқищдаги иккиласи тұлқинлар бир-бирига жуда яқин жойлашган ва шунинг учун уларни битта нуқтавий манба сифатида қараш мумкин. Агар тирқишининг ўлчами тұлқин узунлигига нисбатан катта бўлса, ўша тирқищдан ўтадиган тұлқинлар деярли ўз шаклларини ўзгартирумайди (18.2, *b*-расм).





1. Гюйгенспринципини таърифлаб беринг.
2. Дифракция түлқиннинг қандай хоссасибўлиб ҳисобланади?
3. Тўсиқларнинг ўлчами қандай бўлганда дифракция ҳодисаси кузатилади?
4. Сув сиртидаги түлқинлар дифракциясини кузатинг ва тушунтиринг.
5. Тўлқинлар дифракциясига матнда көлтирилган мисоллардан бошқа мисоллар келтиринг.

Масала ечиш намуналари

1-масала. Сув сиртининг тебранишлар частотаси 5 Гц бўлганда тўлқин 3 м/с тезлик билан тарқалади. Бир тўғри чизик бўйлаб бирбиридан 20 см масофада жойлашган икки нуқтадаги фазалар фарқини топинг.

Берилган:

$$v = 5 \text{ Гц}$$

$$v = 3 \text{ м/с}$$

$$l = 20 \text{ см}$$

*Топиш
керак:*

$$\phi = ?$$

Ечилиши. Тўлқин узунлигига тенг масофадаги фазалар фарқи 2π га тенг бўлса, у ҳолда l масофадаги фазалар фарқи $\Delta\phi = \frac{2\pi l}{\lambda}$ бўлади. Тўлқин узунлигини $\lambda = \frac{v}{f}$ формуладан топамиз.

Охирги тенгликни дастлабки тенгликка қўйиб, фазалар фарқини топамиз:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi v}{f}; \quad \Delta\phi = \frac{2\pi \cdot 0,2 \cdot 5 \text{ Гц}}{3 \text{ м/с}} = \frac{2\pi}{3} = 120^\circ.$$

Жавоби: 120° .

2-масала. Кўлда турган қайиқдан сувга тош ташлангандан сўнг тўлқин тарқалган. Соҳилда турган кузатувчи унга тўлқиннинг 30 с да етиб келганини ва 20 с ичидан соҳилга 40 марта келиб урилганини, биринчи ва учинчи ўркачлар орасидаги масофа 1 м эканлигини кўрган. Қайиқ соҳилдан қандай масофада бўлган?

Берилган:

$$T_1 = 30 \text{ с}$$

$$N = 40$$

$$T_2 = 20 \text{ с}$$

$$\Delta l = 1 \text{ м}$$

*Топиш
керак:*

$$l = ?$$

Ечилиши. Бир жинсли муҳитда тўлқин тўғри чизиқли текис тарқалади. Қайиқнинг соҳилдан узоқлиги:

$$l = v T_1, \quad (18.1)$$

бу ерда v — тўлқин тезлиги.

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (18.2)$$

формуладан тўлқиннинг тарқалиш тезлигини топамиз, бу ерда λ — тўлқин узунлиги, T — тўлқин тебранишлари даври.

Масаланинг шартига кўра $\lambda = \frac{\Delta l}{2}$, тебраниш даври: $T = \frac{T_2}{N}$. Бундан

$$v = \frac{\lambda \cdot N}{T_2} = \frac{\Delta l \cdot N}{2 T_2}.$$

Олинган ифодани (18.1) тенгламага қўйиб, қайиқнинг соҳилдан қандай масофада эканини аниқлаймиз: $l = \frac{\Delta t \cdot N \cdot \tau_1}{2\tau_2}$;

$$l = \frac{1 \text{ м} \cdot 40 \cdot 30 \text{ с}}{2 \cdot 20 \text{ с}} = 30 \text{ м.}$$

Жавоби: 30 м.

З-масала. Тасодифан олинган M нуқтага биринчи манбадан чиқсан товуш 0,35 с да етади. Иккинчи манбадан чиқсан товуш ўша нуқтага 0,38 с да етиб боради. Агар тўлқинлар когерент, тўлқин узунликлари 6,8 м бўлса, M нуқтада товуш кучаядими ёки пасаядими?

Берилган:

$$\tau_1 = 0,35 \text{ с}$$

$$\tau_2 = 0,38 \text{ с}$$

$$\lambda = 6,8 \text{ м}$$

$$v = 340 \text{ м/с}$$

Топиш

керак:

$$k = ?$$

Ечилиши. Тўлқинлар интерференцияси пайтидаги максимумлар шарти $\Delta l = k\lambda$, бу ерда Δl — тўлқин юришининг йўл айирмаси, k — бутун сон (1, 2, 3, ...).

Агар биз k сони бутун сон эканини топсак, у ҳолда M нуқтада товуш кучаяди, агар k сони бутун бўлмаса, у ҳолда товуш пасаяди. Дастреб биринчи товуш чиқсан жойдан M нуқтагача бўлган масофани топамиз: $l_1 = v \cdot \tau_1$ ва $l_2 = v \cdot \tau_2$. У ҳолда тўлқинларнинг йўл айирмаси $\Delta l = l_2 - l_1 = v(\tau_2 - \tau_1)$.

$k = \frac{\Delta l}{\lambda}$ бўлгани учун, $k = \frac{v(\tau_2 - \tau_1)}{\lambda}$. Олинган катталикларнинг қийматларини ўринларига қўйсак, $k = \frac{340 \text{ м/с} \cdot (0,38 - 0,35) \text{ с}}{6,8 \text{ м}} = 1,5$ бўлади, яъни k сони бутун сон эмас, демак, M нуқтада товуш пасаяди.



11-машқ

1. Агар тўлқиннинг тарқалиш тезлиги 340 м/с, частотаси 440 Гц бўлса, тўлқин узунлиги қандай?

Жавоби: 77 см.

2. Тўлқиннинг тарқалиш тезлиги 5 км/с, тебранишлар частотаси 100 кГц бўлса, бир нурда ётувчи ва бир хил фазада тебранадиган югурувчи тўлқиннинг энг яқин иккита нуқтаси орасидаги масофани аниқланг.

Жавоби: 5 см.

3. Кўл бўйида тинч турган кузатувчининг ёнидан 12 с ичидан 8 та тўлқин дўнглиги ўтди. Биринчи ва учинчи дўнгликлар орасидаги масофа 12 м. Сув зарраларининг тебраниш даври ва тўлқиннинг тарқалиш тезлигини аниқланг.

Жавоби: 1,5 с; 4 м/с.

4. Вибраторнинг тебраниш тенгламаси $x = 3,0 \sin 20\pi t$ (см). Тўлқинни ясси тўлқин деб ҳисоблаб, тебраниш бошлангандан 0,1 с ўтгандан кейин тебраниш манбаидан 5 м масофада жойлашган нуқтанинг силжишини аниқланг (тўлқиннинг тарқалиш тезлиги 200 м/с).

Жавоби: -3 см.

- 5.** Узунлиги 6 м бўлган ясси тўлқин муҳитда 25 м/с тезлик билан тарқалади. Тебранишлар амплитудаси 50 см. Муҳит зарралари тебранишларининг максимал тезлигини, уларнинг бир давр ичидаги кўчишини ва йўлини топинг. Тўлқин тенгламасини ёзинг. Бошланғич пайтда тўлқин зарраларининг силжиши амплитуданинг яримга teng.

Жавоби: $v_m = 13 \text{ м/с}; 0 \text{ м}; l = 4x_m = 2 \text{ м}; x = 0,5 \sin\left(8,3\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$.

- 6.** Замбаракдан 4 км масофада турган кузатувчи чақнаш содир бўлганидан 12 с ўтгач, снаряд товушини эшилади. Ўша маълумотлар бўйича товушнинг ҳаводаги тезлигини топинг.

Жавоби: 333 м/с.

- 7.** Инсон 16 Гц частотадан 20000 Гц частотагача бўлган товушни қабул қила олади. Инсон томонидан қабул қилинган тўлқин узунликлари оралигини ҳисобланг. Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 м/с.

Жавоби: 21,25 м дан 17 мм гача.

- 8.** Товуш сезгиси одамларда тахминан 0,10 с сақланади. Асосий ва тўсиқдан қайтган товушни ажратা олиш учун одам тўсиқдан қандай масофада бўлиши керак? Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 м/с.

Жавоби: 17 м.

- 9.** Биринчи кемадан иккинчисига ҳаво ва сув орқали бир вақтнинг ўзида иккита товуш сигнали юборилди. Биринчи сигнал иккинчисидан 2 с кейин етиб боради. Агар товуш ҳавода 340 м/с, сувда 1480 м/с тезлик билан тарқалса, кемалар орасидаги масофани топинг.

Жавоби: 883 м.

- *10.** Иккита когерент манбалар 300 Гц частота билан бир хил фазада тебранмоқда. Тебранишларнинг максимал кучайиши ва максимал заифлашиши рўй берадиган йўл айирмасини топинг. Биринчи тўлқин манбайдан 20 м ва иккинчи манбадан 30 м масофада жойлашган нуқтада интерференция натижаси қандай бўлади?

Жавоби: 5 м; 2,5 м; таҳ.

4-бобнинг асосий мазмуни

- Тебранишларнинг бирор муҳитда тарқалиши жараёни *тўлқин ҳаракат* деб аталади.
- Фазода вақт ўтиши билан тарқаладиган тебранишлар тўлқин дейилади. Муҳит зарралари тўлқинларнинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр йўналишда тебранса, бундай тўқинлар *кўндаланг тўлқинлар* дейилади.

- Икки ёки бир нечта түлқиннинг қўшилишида фазонинг турли нуқталаридаги натижаловчи тебранишлар амплитудаларининг тақсимланиши (максимум ва минимумлар навбат билан жойлашади) вақт ўтиши билан ўзгармай, доимий сақланадиган ҳодиса *интерференция* дейилади.

• Фазода интерференцион манзарани ҳосил қилиш учун қўшилувчи түлқинларнинг частоталари бир хил ва фазонинг ҳар бир нуқтасида тебраниш фазаларининг силжиши ўзгармас бўлиши лозим. Бундай түлқинлар *когерент түлқинлар* дейилади. Когерент түлқинлар бир хил частота ва бир хил фазалар фарқига эга когерент түлқинлар манбаларидан олинади.

- Интерференциянинг алоҳида ҳоли бўлган турғун түлқин деб бир хил частота ва амплитудалар билан бир-бирига қарама-қарши тарқаладиган иккита югурувчи түлқинларнинг қўшилиши натижасида ҳосил бўладиган түлқинга айтилади.

Турғун түлқин тенгламаси

$$y = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \cdot \sin \omega t.$$

Турғун түлқиннинг тебраниш амплитудаси

$$A_r = 2A \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x \right).$$

- *Гюйгенс принципи*: муҳитнинг түлқин ғалаёни (фронти) етиб борган ҳар бир нуқтаси иккиласи түлқинлар манбаига айланади.
- Түлқиннинг тўғри чизик бўйлаб тарқалишидан оғиши ёки түлқинларнинг тўсиқни айланиб ўтиш ҳодисаси *дифракция* (латинча *diffractus* — “синган” маъносини англатади) дейилади.

5-боб. ЭЛЕКТРОМАГНИТТҮЛҚИНЛАР

19-§. Электромагнит майдон



Таянч түшүнчалар:

- ✓ Максвелл назарияси
- ✓ уюrmавий электр ва магнит майдон
- ✓ силжиш токи
- ✓ электромагнит майдон



Бугундарсда:

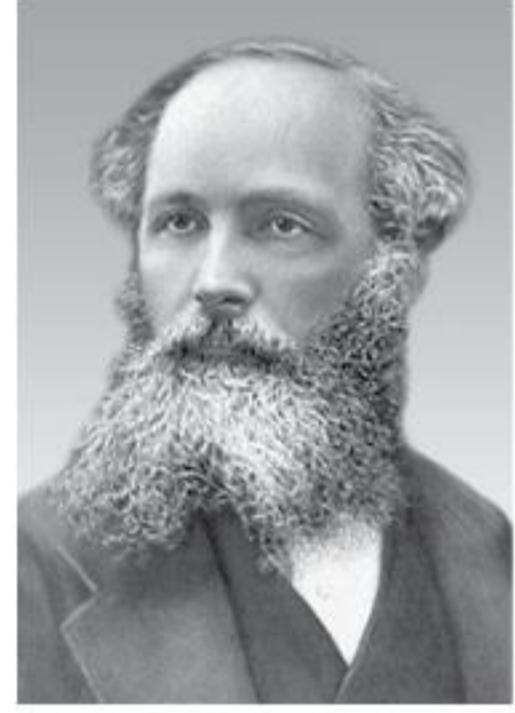
- электромагнит түлқинни үзгарувчан бир бутун электромагнит майдон юзага келтиришини билиб оласиз.



Сиз буни биласиз

Түлқин жараёнларнинг күплаб қонуниятлари турли хил табиатдаги барча түлқинлар: эластик мұхитдаги механик түлқинлар; сув сиртидаги түлқинлар ва бошқалар учун универсалдир. Бұхосса шунингдек, электромагнит майдон тебранишларининг тарқалиш жараёни бўлган электромагнит түлқинларга ҳам хосдир. Аммо түлқинларнинг баъзи турларининг тарқалиши фақат маълум бир моддий мұхитдагина мумкин бўлса, электромагнит түлқинлар нафақат вакуумда, балки ҳар қандай моддада ҳам тарқала олади. Радиотүлқинлар, инфрақизил, ультрабинафша, рентген нурлари, кўринувчан ёруғлик ва гамма-нурлар электромагнит түлқинлардир.

Фарадейнинг электромагнит ҳодисалар физикасига олиб келган асосий янгилиги Ньютоннинг олисдан таъсир қилиш назариясини рад қилиб, фазони куч чизиқлари билан тўлдириб турадиган майдон тушунчасини киритиш эди. Олисдан таъсир қилиш назариясига мувофиқ, барча жисмлар бирбiri билан бевосита таъсирлашади ёки ўзаро таъсир бўшлиқда ва 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.



Жеймс Максвелл
(1831—1879)

1860—1865 йилларда инглиз физиги Д. 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 қиласиди. Максвелл тенгламаларидан электромагнит түлқинларнинг мавжудлиги келиб чиқади.

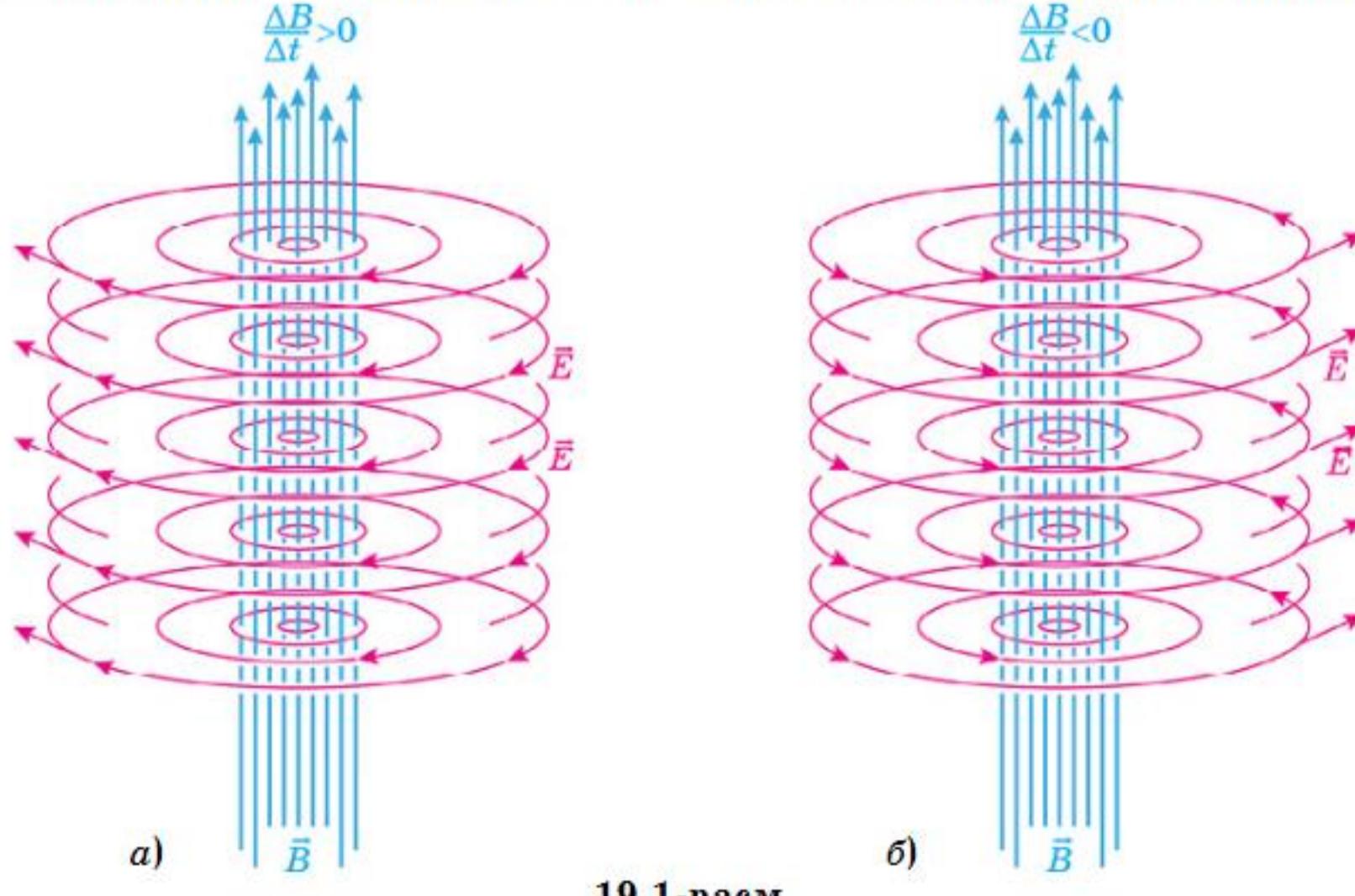
Г. Герц ўша түлқинларнинг мавжудлигини ўз тажрибаларида тасдиқлади.

Магнит майдон үзгарғанда үзгарувчан электр майдоннинг пайдо бўлиши. Максвелл Фарадей томонидан 1831 йилда кашф этилган электромагнит индукция ҳодисасини ўрганаар экан, **магнит майдондаги ҳар қандай үзгариш унинг атрофидаги фазода уюрмавий электр майдоннинг пайдо бўлишига олиб келади** деган холосага келди.

Фарадей тажрибаларидаги ёпиқ ўтказгичда индукцион ЭЮК ни ўша уюрмавий электр майдон юзага келтирар 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 ҳар қандай нуқтасидаги магнит майдон индукциясининг $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ ўзгаришида уюрмавий электр майдон ҳосил бўлади.

Электр майдоннинг куч чизиқлари берк чизиқлардан иборат бўлиб, магнит индукция чизиқларини ўраб олади ва уларга перпендикуляр бўлган текисликда жойлашади (19.1, *a*-расм).

Магнит индукция $\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$ ортса, уюрмавий электр майдон \vec{E} кучланганлик векторининг йўналиши чап винт қоидаси билан аниқланади. Магнит индукция $\frac{\Delta B}{\Delta t} < 0$ камайганда \vec{E} кучланганлик векторининг йўналиши ўнг винт қоидаси билан аниқланади (19.1, *b*-расм). Шундай қилиб, электр майдонни электр зарядлари ва үзгарувчан магнит майдон ҳосил қиласи. Маълумки, магнит майдонни факат ҳаракатдаги зарядланган зарраларгина ҳосил қиласи. Максвелл ғояларидан келиб чиққан яна бир муҳим холоса: *табиатда магнит зарядлар мавжуд эмас*. Бу ерда эҳтимол, табиатда қайтарувчанлик ва симметрия хоссалири сақланмаган. Нима учун үзгарувчан электр майдон, ўз навбатида, магнит майдонни ҳосил қилувчи тескари жараённи амалга оширмайди?



19.1-расм

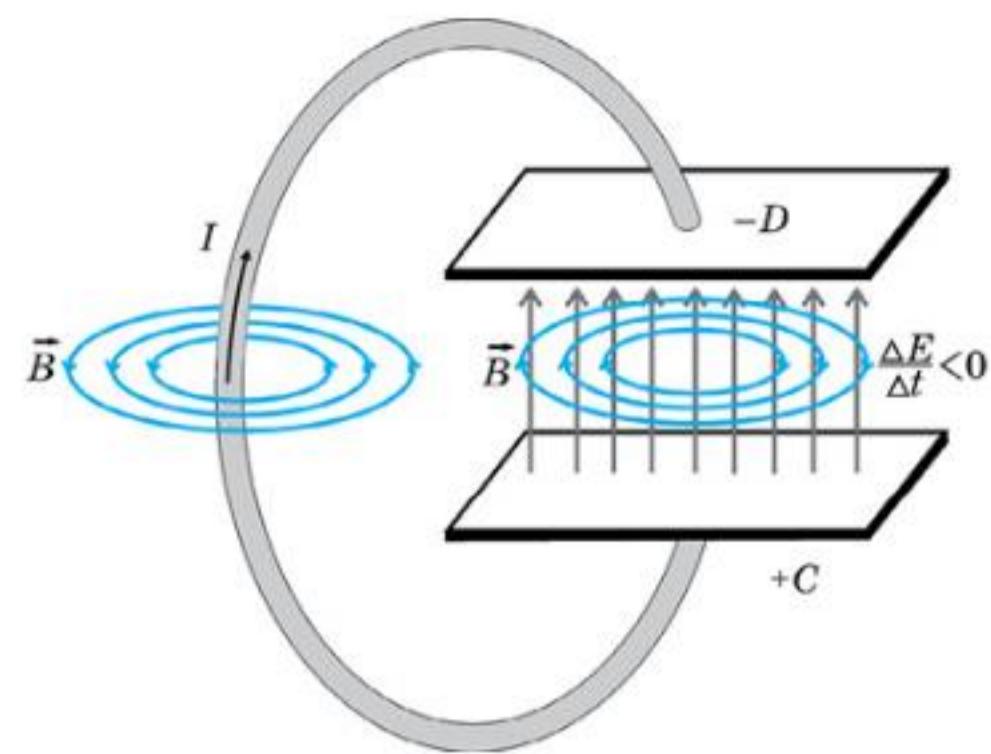
Электр майдон үзгарганда үзгартувчан магнит майдоннинг пайдо бўлиши. Максвелл илмий нуқтаи назардан ёндашиб, табиатда бундай жараённинг мавжудлигига ишонди. Бундай фикрга у үзгармас ток оқаётган ўтказгичларнинг үзаротаъсирини ўрганиш орқали келди. Ушбу үзаротаъсири Ампер қонунига бўйсунади. Ампер қонунининг факат үзгармас ток оқаётган ўтказгичлар орасидаги үзаротаъсири кучи учун бажарилишини аниқлаган Максвелл: *бу қонун ўтказгич уланмаган ва үзгарувчан ток импульсини ҳосил қилганда амалга ошадими?* деган фикрни илгари сурди.

Бунинг учун Максвелл диэлектрик билан тўлдирилган конденсатор қопламаларини ўтказгич орқали улаганда кузатиладиган разрядни тадқиқ қилган (19.2-расм). Конденсатор зарядсизланган қисқа вақт оралиғида ўтказгич бўйлаб C қопламадан D қопламага йўналтирилган ўтказувчанлик токи үзгарувчан магнит майдонни ҳосил қиласи. Ўтказувчанлик токи конденсатор қопламалари орасида узилади. Аммо қопламалар орасидаги диэлектрикда магнит майдон пайдо бўлиши аниқланган. *Мана шу үзгарувчан магнит майдонни силжиш токи деб аталувчи вақт бўйича үзгарувчан электр майдон ҳосил қиласи деган* фикрни дастлаб Максвелл айтган. Шундай қилиб, Максвелл фикрича, *вақт бўйича үзгарувчан электр майдон ҳар доим атрофидаги фазода үзгарувчан магнит майдонни ҳосил қиласи*.

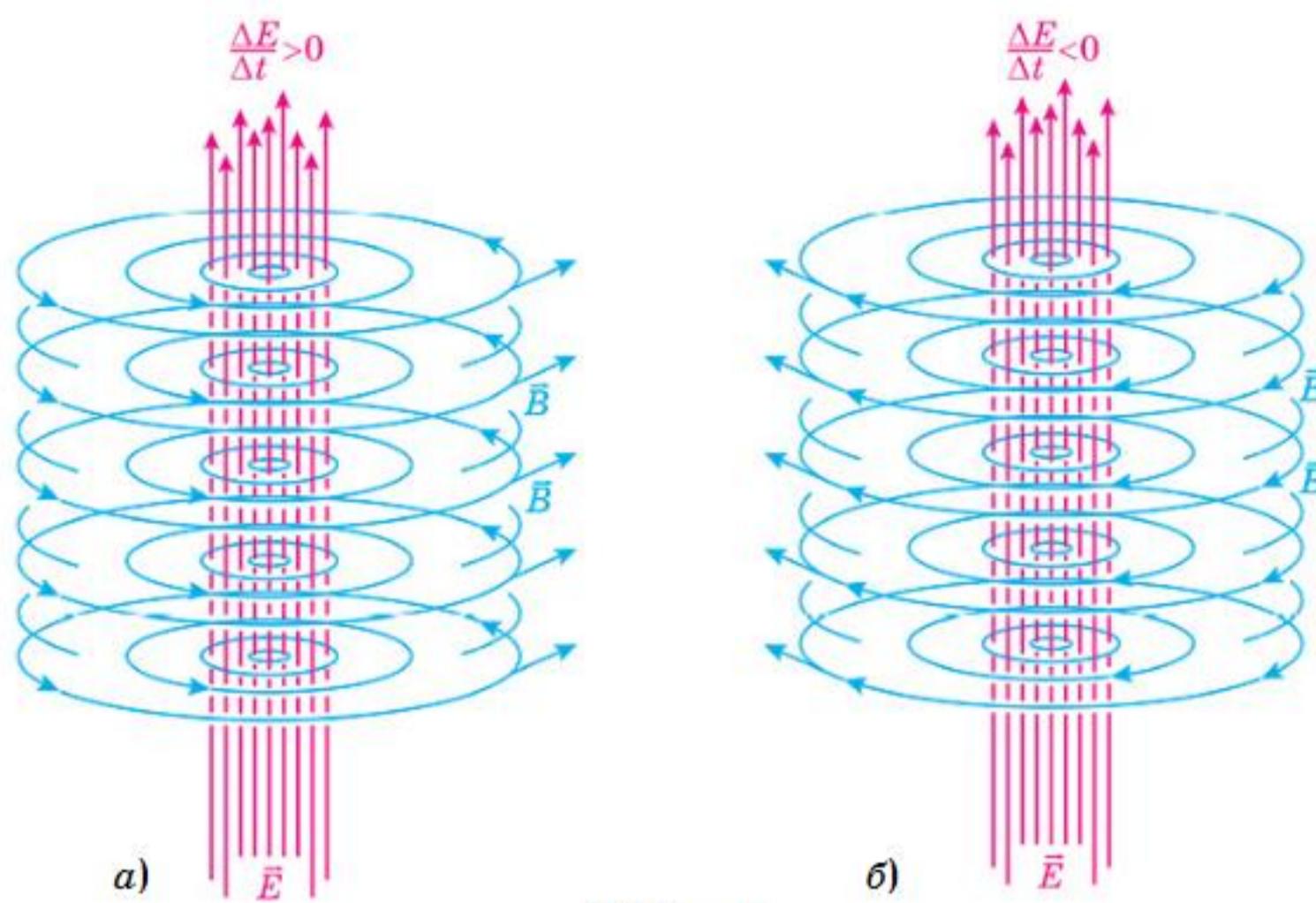
Магнит майдон индукция чизиқлари электр майдоннинг кучланганлик чизиқларини қамраб олган ҳолда жойлашади ва уларга перпендикуляр йўналади. Электр майдон кучланганлиги $\frac{\Delta E}{\Delta t} > 0$ ортгандага пайдо бўладиган магнит майдоннинг \vec{B} индукция вектори \vec{E} вектор билан ўнг винт ҳосил қиласи (19.3, а-расм). Аксинча, электр майдон кучланганлиги камайганда, яъни $\frac{\Delta E}{\Delta t} < 0$ да магнит индукциянинг \vec{B} вектори \vec{E} вектор билан чап винт ҳосил қиласи (19.3, б-расм). *Силжиш токи тушунчаси киритилгандан сўнг ҳар қандай электр токини берк ток деб қабул қилиш мумкин ва у тўлиқ ток деб аталади:*

$$I_t = I_{\text{жк}} + I_{\text{сил.}}$$

Масалан, тебраниш контури ғалтагидаги ўтказувчанлик токи (электронларнинг тартибли ҳаракати) конденсатор қопламалари орасидаги силжиш токига (ўзгарувчан электр майдон) алмашади. Шуни таъкидлаш жоизки, силжиш токи ўтганда ўтказувчанлик токи сингари Жоуль—Ленц қонунига кўра иссиқлик ажралиб чиқмайди.



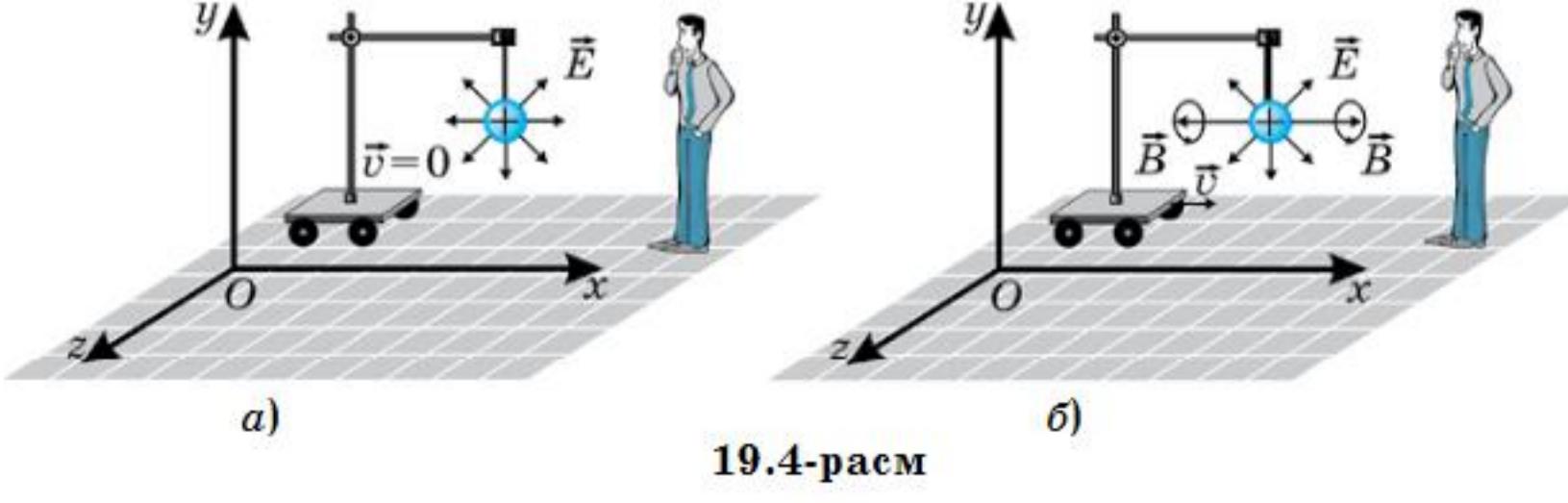
19.2-расм



19.3-расм

Электр ва магнит майдонларнинг бир бутунлиги ва нисбийлиги. Максвелл назариясига мувофиқ, ўзгарувчан электр ва магнит майдонлар орасидаги узвий боғланиш аниқлангац, материянинг маҳсус тури — электромагнит майдоннинг мавжудлиги аён бўлди. Бу майдонлар бир-биридан ҳоли, мустақил пайдо бўла олмаслиги аниқланди. Электр майдон электр зарядлари ёки ўзгарувчан магнит майдон таъсирида пайдо бўлади. Шу каби магнит майдон ҳам ё ўзгарувчан электр токи, ёки уюрмавий электр майдон таъсирида юзага келади. Ўзгармас майдоннинг хусусий ҳолида ё электр майдон ($\vec{B} = 0, \vec{E} \neq 0$), ёки магнит майдон ($\vec{E} = 0, \vec{B} \neq 0$) хоссалари кузатилади ва бу хоссаларнинг намоён бўлиши танлаб олинган саноқ системаларига боғлиқ бўлади. Ипак ипга осилган зарядланган шарни кўриб чиқамиз. Кузатувчи Ер билан боғланган саноқ системасида турибди. Ерга нисбатан тинч ҳолатдаги зарядланган шарнинг факат электр майдони мавжуд (19.4, а-расм). Ҳаракатдаги зарядланган шарнинг электр майдони фазода магнит майдонни юзага келтиради (19.4, б-расм).

Умуман олганда, фазода у ёки бошқа майдоннинг мавжуд бўлиши мос саноқ системасининг танлаб олинишга боғлиқ. Ва майдонлардан ҳеч бири бир-биридан устун эмас.



19.4-расм

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 ходисаларни тушунтириб, тавсифлаш имкони туғилди.



1. Фарадейнинг қандай ғоялари Максвелл назариясида давом эттирилди?
2. Уюрмавий электр майдон манбаи нима?
3. Магнит майдонни фақат ҳаракатдаги зарядлар гинаэмас, балки вақт ўтиши билан ўзгарувчан электр майдон ҳам юзага келтиришини қандай тушунтириш мүмкін?
4. Ўтказуучанлик токи билан силжиш токининг ўхшашлиги ва фарқи нимада?
5. Максвелл назариясидағы ассоций физик катталикларни айтинг.
6. Электромагнит майдоннинг электр ташкил этувчи манбаларини айтинг.
7. Потенциал ва уюрмавий майдонлар орасидаги фарқ нимада?
8. Электромагнит майдоннинг магнит ташкил этувчи манбаларини айтинг.
9. Электромагнит майдон тушунчаси киритилишига қандай ғоялар турткы бўлди?
- *10. Битта саноқ системасида ўзаро перпендикуляр бўлган электр ва магнит майдонлар нима учун ҳар қандай бошқа саноқ системасида ҳам ўзаро перпендикуляр бўла олади?
- *11. Нима учун электр майдон бир саноқ системасидан бошқа саноқ системасига ўтганда магнит майдон пайдо бўлишини ва аксинча ҳолни қисқача тушунтиринг.



20-§. Электромагнит түлқинлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ **электромагнит түлқин тезлиги**
- ✓ **электромагнит түлқиннинг тарқалиш тезлиги**
- ✓ **электромагнит түлқин узунлиги**



Бугун дарсда:

- Электромагнит түлқинларнинг тарқалиш механизми билан танишасиз.



Ўзгарувчан электромагнит майдон тебранишларининг фазода тарқалиши **электромагнит түлқин** деб аталади. Максвелл фикрича, электромагнит түлқин токли ўтказгичларда, диэлектрикларда ва электр зарядлари мавжуд бўлмаган вакуумда ҳам тарқала олади. Максвелл назариясидан келиб чиқадиган муҳим натижалардан бири: **электромаг-**

нит түлқиннинг тарқалиш тезлиги чеклидир. Унинг ҳисоблашлари бўйича электромагнит түлқиннинг тарқалиш тезлиги

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

вакуумда тарқалиш тезлиги:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (20.1)$$

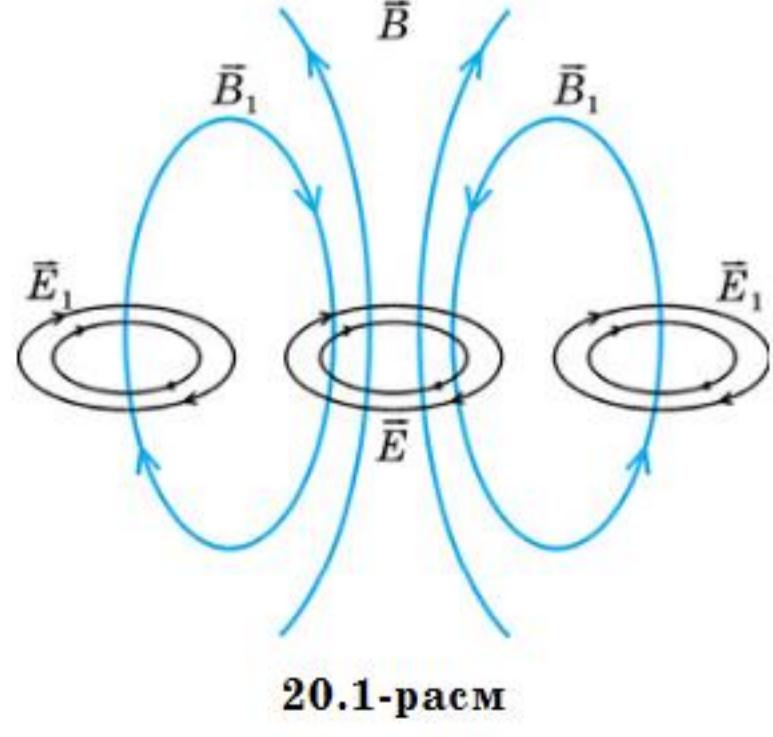
бу ерда $\epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ — электр ва $\mu_0 \approx 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{А}}$ — магнит доимийлари. Бу доимийлар электромагнит майдоннинг мұхим хоссасидир. Электромагнит түлқиннинг мұхитда тарқалиш тезлиги Максвелл формуласи бўйича аниқланади:

$$v = \frac{c}{n} \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}, \quad (20.2)$$

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

Электромагнит түлқиннинг назарий ҳисоблашлар натижасида олинган вакуумдаги тезлиги бевосита ўлчанган ёруғлик тезлигига тенг 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 әдик. Шу айланишларни амалга ошириш учун фазонинг бирор соҳасида майдонлардан бирининг ғалаёнини уйғотиш керак. 20.1-расмда уюрмавий электр ва магнит майдонлар ғалаёнининг тарқалиш жараёни кўрсатилган. Уни мувозанат ҳолатида тебранадиган ёки айланы бўйлаб тебранма ҳаракатланадиган электр заряди орқали амалга ошириш мумкин. Фазонинг бирор нүктасида анча катта частота билан тебранадиган электр заряди атрофида модули ва йўналиши гармоник қонунга мувофиқ ўзгарадиган



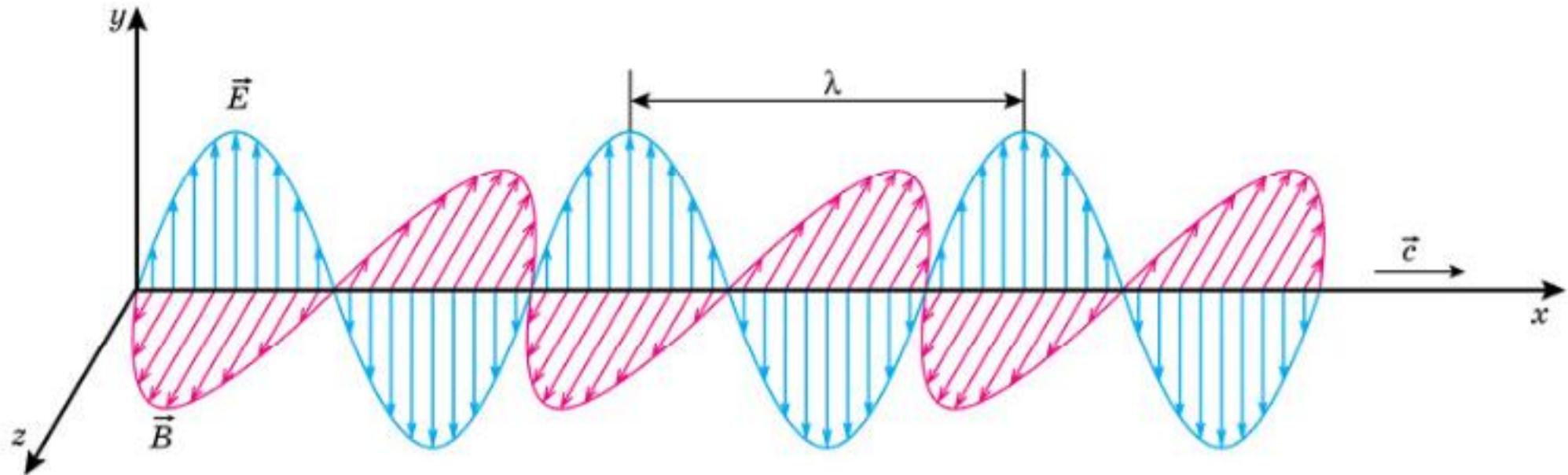
$$E = E_0 \sin \omega t \quad (20.3)$$

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

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

индукция вектори ҳам юзага келади.

Бу майдоннинг тебранишлари фазода яқин жойлашган нүкталардаги электро-



20.2-расм

магнит тебранишлар манбай бўлиб ҳисобланади ва унга бир-бирига перпендикуляр бўлган электр майдон кучланганлик вектори билан магнит майдон индукция векторининг тебранишлари бироз кечикиб етади. Ўша (20.1) формулага мувофиқ Ox ўқининг мусбат йўналиши бўйича с тезлик билан тарқалган электр майдон кучланганлигининг гармоник югурувчи тўлқинининг тенгламаси (20.2-расм).

$$E = E_0 \sin \omega t \left(t - \frac{x}{c} \right). \quad (20.4)$$

Электромагнит тўлқинининг магнит майдон индукцияси ҳам вақт ва фазо бўйича электр майдон кучланганлиги билан синхрон ўзгаради. Шунинг учун магнит майдон индукцияси учун гармоник югурувчи тўлқин тенгламасини

$$B = B_0 \sin \omega t \left(t - \frac{x}{c} \right)$$

кўринишда ёзиш мумкин.

Шундай қилиб, электромагнит майдон фазонинг барча йўналишида $3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ тезлик билан тўлқин тарзида тарқалади. Электромагнит тўлқинларнинг исталган нуқтасида \vec{E} ва \vec{B} векторларнинг тебранишлар фазалари бир хил бўлади.

Тебранишлар фазаси бир хил бўлган бир-бирига энг яқин икки нуқта орасидаги масофа электромагнит тўлқин узунлиги дейилади:

$$\lambda = cT = \frac{c}{v}. \quad (20.5)$$

Электромагнит тўлқинининг 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.

Электр майдон кучланганлиги ва магнит майдон индукция векторларининг тебраниш йўналишлари тўлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлади. Демак, *электромагнит тўлқин кўндаланг тўлқин* экан.

Электромагнит түлқиннинг \vec{c} тарқалиш тезлиги кучланганлик ва индукция векторлари ётган текисликларга перпендикуляр бўлади. Шундай қилиб, электромагнит түлқинларда \vec{E} ва \vec{B} векторлар ўзара ва түлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр экан. Агар ўнг резьбали пармани \vec{E} вектордан \vec{B} векторга қараб буралса, у ҳолда парма учининг илгариланма ҳаракати түлқин тезлигининг \vec{c} вектори билан устма-уст тушади (20.2-расм). Демак, электромагнит түлқинларни тебранувчи электр зарядлари тарқатади. Бу қандай рўй беради?

Ўтказгичдаги ток кучи 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 түлқинлар электр зарядларининг тезланувчан ҳаракати натижасида вужудга келади.*

Хуллас, ўзгарувчан электр ва магнит майдонлар электромагнит түлқин манбаи бўлиб ҳисобланади. Заряднинг тезланиши қанчалик катта бўлса, ҳосил бўлган түлқин 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 түлқин тарзида фазода эркин тарқала бошлайди.



1. Қандай түлқинлар электромагнит түлқинлар дейилади?
2. Электромагнит түлқиннинг вакуумда ва муҳитда тарқалиш тезлиги қандай аниқланган?
3. Электромайдон кучланганлигининг ўзгариш тезлиги фазонинг маълум бир соҳасида ўзгармас бўлса, электромагнит түлқин пайдо бўладими?
4. Гармоник электромагнит түлқиннинг электр ва магнит векторлари түлқин манбаидан г масофада қандай ўзгаради?
5. Ясси электромагнит түлқиннинг электр ва магнит векторлари ўзара қандай боғланган?
6. Электромагнит түлқиннинг тарқалиш йўналишини қандай аниқлаш мумкин?
7. Нима сабадан электр зарядининг тезланувчан ҳаракатидагина электромагнит түлқин ҳосил бўлади?



Қандай физик жараёнлар электромагнит түлқин манбаи сифатида хизмат қилишини тадқиқ қилинг.

21-§. Электромагнит түлқинларнинг нурланиши.

Герц тажрибалари



Таянч тушунчалар:

- ✓ Генрих Герц
- ✓ Герц вибратори
- ✓ Герц тажрибалари



Бугун дарсда:

- электромагнит түлқинларни ҳосил қилиш тажрибалари билан танишасиз.



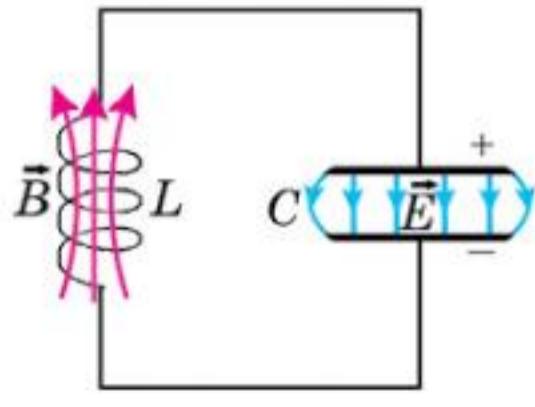
Хар қандай ғоянинг түғри ёки нотұғрилигини исботлашда эксперимент ҳал қилувчи үрин тутади. Максвелл табиатда электромагнит түлқинларнинг мавжудлигига шубҳа қымаган. Ўша давр физикларининг аксарияти каби таниқли немис физиги Генрих Герц Максвелл назариясига шубҳа билан қараган. Аммо у Максвелл назариясининг түғрилигини экспериментал равища тасдиқлаган биринчи физик әди. Генрих Герц 1887—1888 йилларда электромагнит түлқинларнинг мавжудлигини экспериментда исботлади.



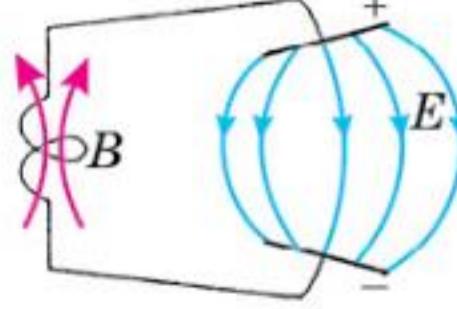
Генрих Герц
(1857—1894)

Очиқ вибратор. Экспериментал равища электромагнит түлқинларни қандай ҳосил қилиш мүмкінligи билан танишамиз. Сизга маълумки, тебраниш контуридаги электромагнит майдон тебранишлари фазода тарқала олмайды, чунки үзгарувчан электр майдон деярли бутуnlай конденсатор қопламлари орасыда, магнит майдон эса ғалтак ичиде түпланган (21.1, а-расм). Бундай контур *ёпиқ тебраниш контури* дейилади.

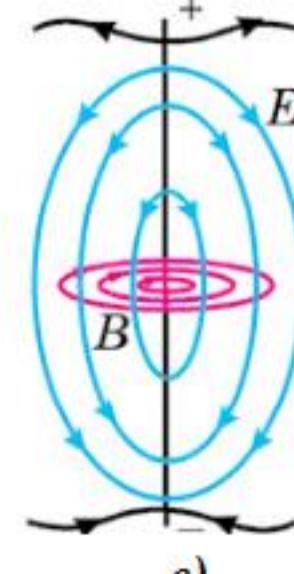
Конденсатор қопламлари бир-биридан узоклаштирилса, электр майдон фазонинг күпроқ қисмини әгаллай бошлайды. Конденсаторнинг сиғими камайганда Томсон формуласига асосан унинг хусусий циклик частотаси $\left(\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right)$ ортади. Агар ғалтакдаги ўрамлар сони камайтирилса, у ҳолда индуктивлик L камаяди (21.1, б-расм). Конденсатор



a)

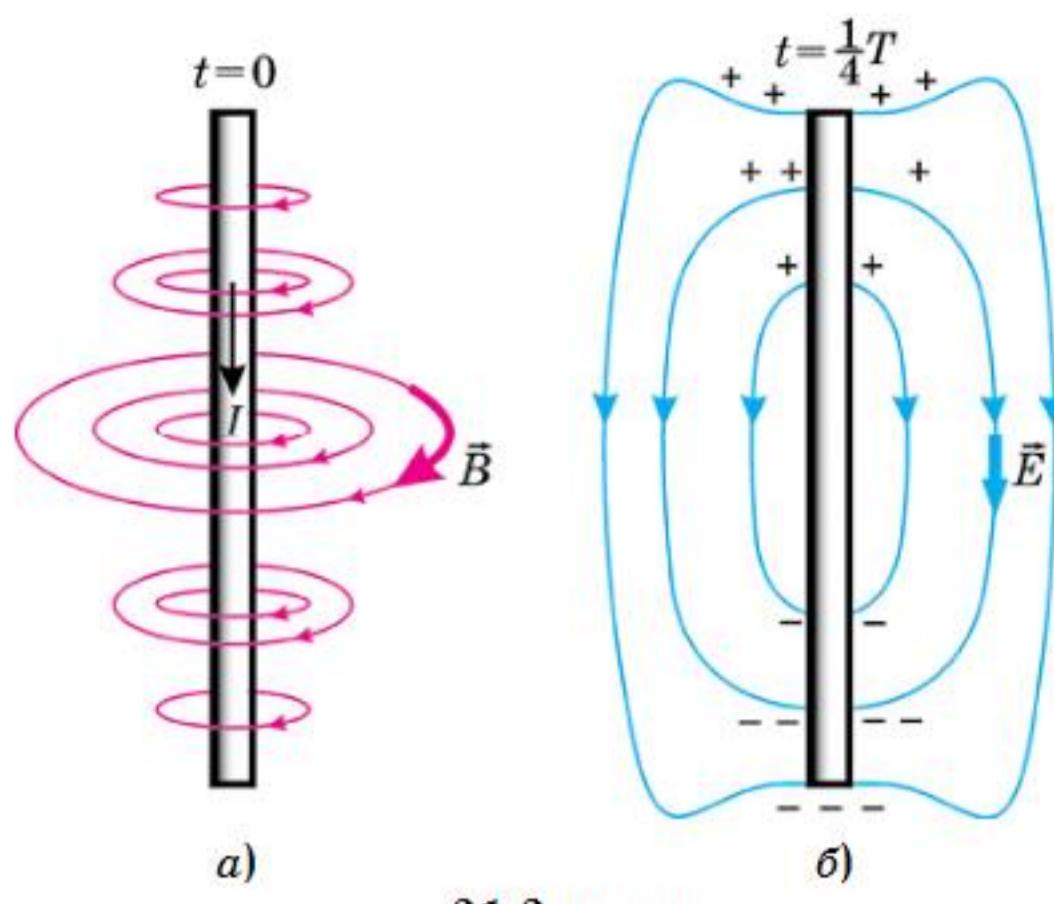


б)



в)

21.1-расм



21.2-расм

қолламлари юзини камайтириб, ғалтак ёйилиб, очиб юборилса, түғри симнинг кесмаси ҳосил бўлади (21.1, 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 хусусий частотаси жуда катта бўлади. Ёник 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 қийматга эришганда, 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 (21.2, а-расм). Чорак даврдан $\left(t \approx \frac{1}{4}T\right)$ сўнг ток кучи нолга тенг бўлиб, энди вибратор учларида электр зарядлари тўпланади (21.2, 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.

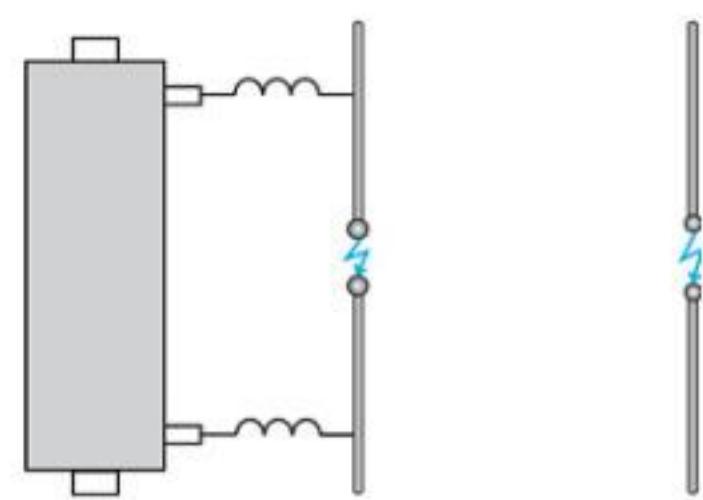
Шундай қилиб, очиқ вибратор атрофидаги фазода ўзгарувчан магнит майдон таъсирида уюрмавий электр майдон вужудга келса, ўз навбатида ўзгарувчан электр майдон уюрмавий магнит майдонни ҳосил қиласида. Натижада вибратордан катта масофаларга майдон тебранишлари тарақалиб, электромагнит тўлқин вужудга келади.

Герц тажрибалари. Электромагнит тўлқинни ҳосил қилиш учун Герц юпқа ҳаво қатлами билан ажратилган иккита бир хил түғри ўтказгичдан иборат вибратордан фойдаланди (21.3, а-расм). Ҳаво қатлами билан ажратилгани туфайли вибраторнинг иккала қисмiga юқори кучланиш

манбай ёрдамида катта миқдорда заряд берилиши мүмкін. Потенциаллар фарқи маълум бир қийматга етганда электр учқуни ҳосил бўлади. Ионланган ҳаво орқали электр зарядлари вибраторнинг бир қисмидан иккинчи қисмига томон ҳаракатланиб, ток импульсини ҳосил қиласди.

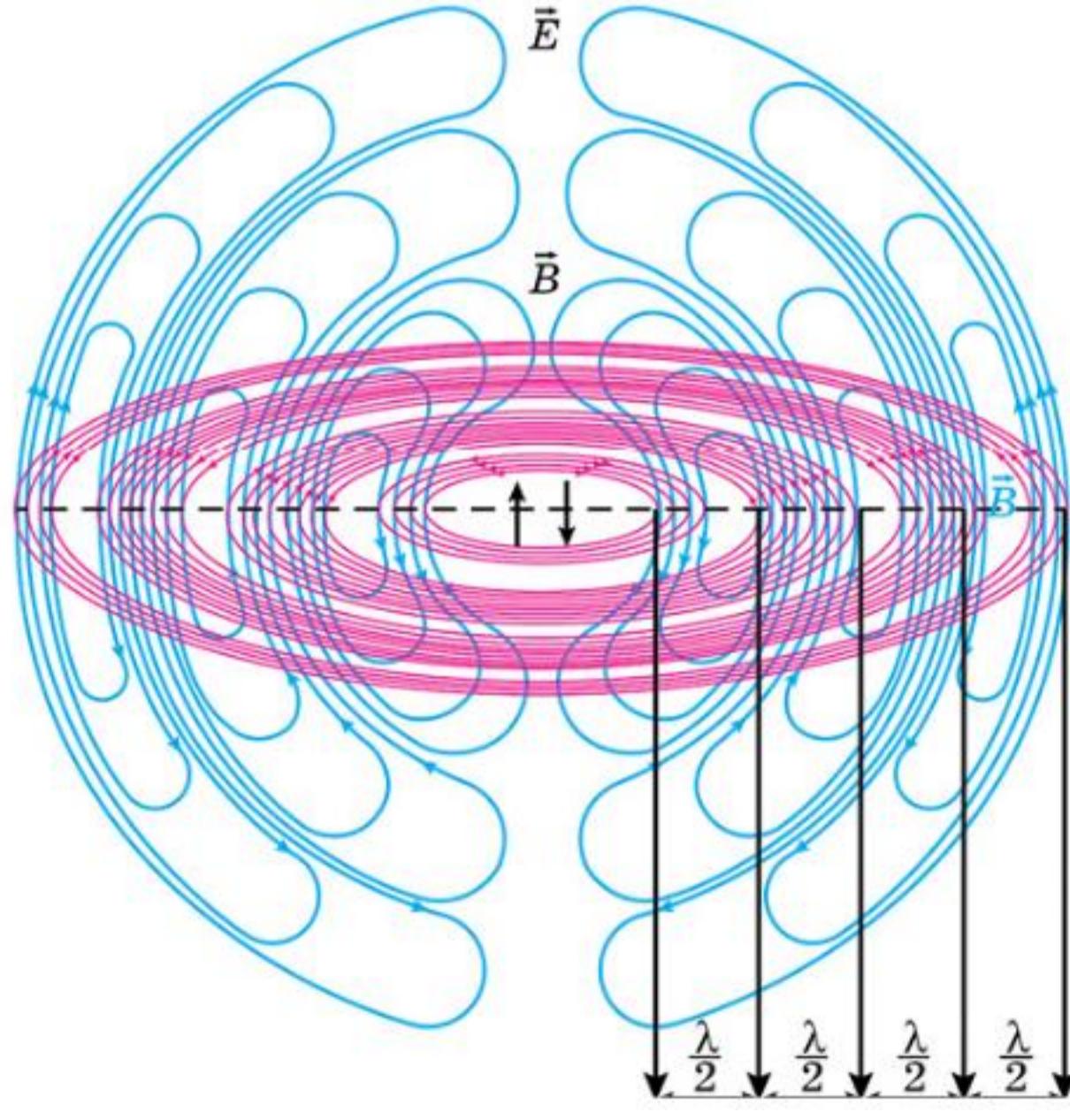
Шундай қилиб, очик контурда электромагнит тебранишлар юзага келади, Жуда тез ўзгарувчан ток фақат контурдагина ҳосил бўлиши керак. Уни вибратор билан ток манбай орасига дроссель қўйиш орқали ростланади. Очик контурда электромагнит тебранишларнинг тез сўниб қолишига сабаб, тўлқин чиқарилгандан энергия кўчади ва контурда иссиқлик энергияси ажраби чиқади.

Электромагнит тўлқинларнинг \vec{E} электр майдон ва \vec{B} магнит индукция векторлари ўзаро перпендикуляр. \vec{E} вектор вибратор орқали ўтувчи текисликда ётади, \vec{B} вектор эса шу текисликка ва тўлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлади. Шу сабабли магнит индукция чизиқлари вибраторга перпендикуляр бўлган концентрик айланаларни ҳосил қиласди. Магнит чизиқлари $\frac{\lambda}{2}$ масофадаги нуқталарда ўз йўналишини ўзгартиради (21.4-расм).



a) б)

21.3-расм



21.4-расм

Электромагнит түлқинларнинг тарқалиши вибратор үқига перпендикуляр йўналишда энг интенсив бўлади. Вибратор үқи бўйлаб эса тўлқин тарқалмайди.

Электромагнит тўлқинларни қабул қилиб, қайд қилиш учун Герц приёмник (қабул қилувчи) деб аталувчи иккинчи вибратор (резонатор) ни қўллаган (21.3, б-расм). Очик контурдан тарқаладиган тўлқинларнинг ўзгарувчан электр майдони таъсирида қабул қилувчи вибраторда 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 бўлади ва резонанс туфайли қабул қилувчи вибратордаги мажбурий тебранишлар амплитудаси сезиларли равишда катта бўлади. Буни Герц ўша мажбурий тебранишларни қабул қилувчи антенна орасидаги жуда кичик бўшлиқдан ўтаётган майда учқунларни қараб пайқаган.

Герц ўз тажрибаларида фақат электромагнит тўлқинларни ҳосил қилибгина қолмай, балки бу тўлқинларнинг бошқа тўлқинларга ҳос хусусиятларини ҳам аниқлаган. 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 сабабданочиқ вибраторда электромагниттебранишларпайтида тўлқин нурланади?
3. Герцнинг электромагнит тўлқинларни уйғотиш ва қайд қилиш тажрибаларини тушунтиринг.
4. Тарқатувчи ва қабул қилувчи вибраторларда учқун оралиги қандай аҳамиятга эга?
5. Контурдаги электромагнит тебранишлар пайтида нима учун энергия сарфланади?
- *6. Ёпиқтебраниш контури очиқ контур билан алмаштирилган. Шу пайтда эркин электр тебранишлари нима учун тезроқ сўнади?
- *7. Қандай физик жараёнлар электромагниттўлқинлар манбаи бўлиб ҳисобланади?

**12-машқ**

- 1.** Очиқ тебраниш контуридаги ток кучи $i = 0,2 \cos 5 \cdot 10^5 t$ қонун бүйича ўзгаради. Ҳавода тарқаладиган электромагнит түлқиннинг λ узунлигини аниқланг. Ўлчов бирликлари ХБ системасида олинган.

Жавоби: $\lambda = 1256$ м.

- 2.** Электромагнит түлқиннинг узунлиги 400 м бўлса, 1 кГц частотали товуш тебранишлари даврига тенг вақт оралиғида содир бўладиган тебранишлар сонини топинг.

Жавоби: 750.

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

Жавоби: $l = 1,5$ м.

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

Жавоби: 113 пФ сифимли конденсатор.

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

Жавоби: 711 м.

- 6.** Индуктив ғалтакдаги ток 0,6 с ичидаги 1 А ўзгартирилганда 0,2 мВ ЭЮК индукцияланади. Тебраниш контури ушбу ғалтакдан ва 14,1 нФ сифимли конденсатордан ташкил топган генератор қандай узунлика тўлқин чиқаради?

Жавоби: 2,4 км.

22-§. Электромагнит тўлқинлар энергияси



Таянч тушунчалар:

✓ **электромагнит тўлқин оқимининг зичлиги**



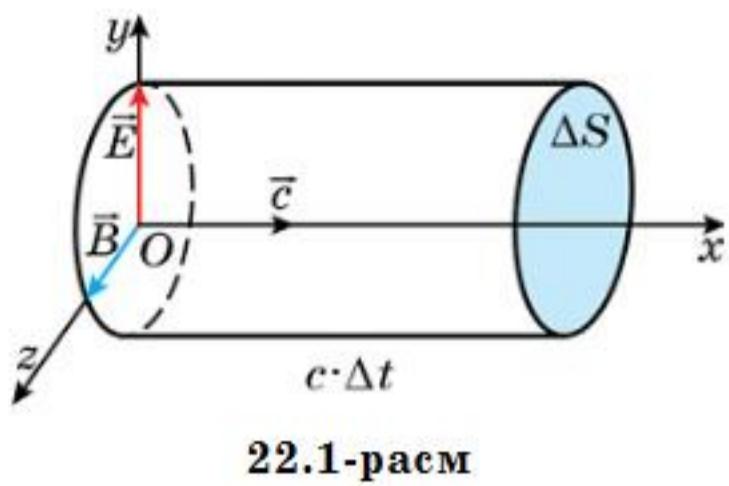
Бугун дарсда:

- электромагнит тўлқин энергия элтишини ва унинг тавсифини тушишиб оласиз.



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

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



Электромагнит нурланиш оқимининг зичлиги деб, түлқиннинг тарқалиш үйналишига перпендикуляр S юзли сирт орқали Δt вақт ичидә үтган W электромагнит энергия миқдорининг сирт юзи билан энергиянинг үтиш вақтига күпайтмасига бўлган нисбатига айтилади:

$$I = \blacksquare \quad \text{ёки} \quad I = \frac{P_{\text{шр1}}}{\Delta S}. \quad (22.1)$$

Бошқача айтганда, нурланиш оқимининг зичлиги сиртнинг бирлик юзидан бир давр ичидә үтувчи электромагнит нурланишининг ўртача қувватидан иборат. Ёки у түлқин интенсивлиги деб аталади. Нурланиш оқими зичлигининг ХБ системасидаги ўлчов бирлиги — $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Яси электромагнит түлқин тарқаладиган фазодан сиртининг юзи S бўлган соҳани ажратиб оламиз. У 22.1-расмда кўрсатилганидек, түлқиннинг тарқалиш тезлигига перпендикуляр жойлашган Δt вақт оралиғида ўша сиртдан кичик $\Delta V = Sc\Delta t$ ҳажмдаги энергия ўтиб улгурди. Бу ҳажмдаги электромагнит майдон энергияси қўйидагига тенг:

$$W = w \cdot \Delta V = w \cdot \Delta S \cdot c \Delta t, \quad (22.2)$$

бу ерда w — электромагнит түлқин энергияси зичлиги. Бу формулани (22.1) ифодага қўйиб, қўйидагига эга бўламиз.

$$I = w \cdot c \quad (22.3)$$

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

Биз кўриб чиқан Герц вибраторидан, нуқтавий ёки бошқа түлқин манбаларидан нурланадиган электромагнит түлқин энергияси масофага боғлиқ ҳолда ўзгаради. Түлқин интенсивлиги нуқтавий түлқин манбай учун барча йўналишда бир хил бўлса, Герц вибраторида унинг ўқига перпендикуляр йўналишдагина 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 $\frac{1}{r}$ равишида жуда секин камаяди. Электростатик майдон кучланганлигини ёдимизга туширамиз: $E \sim \frac{1}{r^2}$.

Шунинг учун электромагнит түлқинлар радиостанциядан олис масофаларга тарқала олади. Түлқин оқимининг зичлиги ёки бирлик юзага тўғри келадиган қувват масофа ортганда кескин камаяди:

$$I = \frac{W}{\Delta S \cdot \Delta t} = \frac{W}{4\pi \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{R^2}, \quad (22.4)$$

бу ерда $S = 4\pi R^2$ — сфера сиртининг юзи. *Нүктавий манбадан тарқаладиган түлқин интенсивлиги масофанинг квадратига 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 асосан ўзгаради. Электромагнит түлқин тезланувчан ҳаракатланган зарядланган зарралар чиқаради. У ҳолда түлқиннинг электр майдон кучланганлиги ва магнит майдон индукцияси тезланишга тўғри пропорционал: $E \sim a$, $B \sim a$. Электр майдон энергиясининг зичлиги

$$w_e = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \quad (22.5)$$

ва магнит майдон энергиясининг зичлиги

$$w_m = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} \quad (22.6)$$

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

Электр майдон кучланганлиги ва магнит майдон индукцияси $E \sim a \sim \omega^2$ 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 $w_m = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} \sim \omega^4$ частотанинг тўртинчи даражисига пропорционал бўлади.

Электромагнит нурланиш оқимининг зичлиги ёки тўлқин интенсивлиги частотанинг тўртинчи даражасига пропорционал: $I = w_c \sim \omega^4$. Электромагнит майдоннинг тебранишлар частотаси қанча катта бўлса, тўлқин интенсивлиги, яъни бирлик юзага мос келувчи қувват шунча ортади.



1. Электромагнит тўлқин оқимининг зичлигига тўлқиннинг қандай тавсифи бўлиб ҳисобланади?
2. Тўлқин энергияси масофага боғлиқ ҳолда қандай ўзгаради? Унинг радиотехникада гиаҳамиятини 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

Радиотүлқиннинг электр майдон кучланганлигининг максимал қиймати $E_m = 0,5 \text{ В/м}$ дан юқори бўлмаслиги керак. Ўша ҳолда электромагнит тўлқин интенсивлиги I нимага тенг?

Берилган:

$$E_m = 0,5 \text{ В/м}$$

$$\epsilon = 1$$

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

$$I = ?$$

Ечилиши. Электромагнит тўлқин интенсивлигини тўлқин энергиясининг ҳажмий зичлиги орқали ифодалаймиз: $I = w_{\text{эм}} \cdot c$.

Электромагнит майдон энергиясининг зичлиги

$$w_{\text{эм}} = 2w_{\text{эл}},$$

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

Демак, $I = \epsilon_0 \epsilon E_m^2 \cdot c$. Ўлчов бирлигини текширамиз:

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

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

Жавоби: $664 \frac{\text{мкВт}}{\text{м}^2}$.



13-машқ

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

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

2. Электромагнит тўлқин энергияси зичлигининг чекли қиймати $2,2 \cdot 10^{-10} \text{ Ж/м}^3$. Тўлқиннинг ҳаводаги электр майдон кучланганлигининг максимал қийматини ва интенсивлигини топинг.

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

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

Жавоби: 4 В/м.

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

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

- 5.** Агар электр майдон күчланганлык векторининг модули $E_m = 0,3 \text{ кВ/м}$ бўлса, электромагнит тўлқин энергиясининг зичлиги фазонинг берилган нуқтасида ва берилган вақтда қандай бўлади? ($\epsilon_0 \approx 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$).

Жавоби: $w = \epsilon_0 E^2 = 0,8 \text{ мкЖ/м}^3$.

- 6.** Агар тебранишлар частотаси 15 МГц бўлса, электромагнит тўлқин электр майдонининг күчланганлык ва магнит индукция векторлари тебранишларнинг 30 даврига тенг вақт оралиғида қандай масофага тарқалади?

Жавоби: $l = 600 \text{ м.}$

- 7.** Электромагнит тўлқин электр майдонининг күчланганлык ва магнит индукция векторлари тебранишларининг фазаси унинг тарқалиш йўналишида $j = 2\pi n \left(t - \frac{r}{c} \right)$ ифода билан аниқланади, бу ерда r — тебраниш манбаидан ҳисобланадиган масофа. Тебранишларнинг фазалар фарқи $Dj = 2\pi n$ бўлган фазонинг икки нуқтаси бир-биридан $D_r = cT = l$ масофада жойлашишини кўрсатинг.

Жавоби: $Dj = 2\pi n \frac{\Delta r}{c}$ рад; $\Delta r = l$ бўлганда $Dj = 2\pi$.

- 8.** Агар тебраниш контури индуктивлиги $2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ ғалтак ва яси конденсатордан иборат бўлса, у қандай тўлқин узунлигига мўлжалланган? Конденсатор қопламлари орасидаги масофа 1 см , қопламалар орасидаги диэлектрикнинг диэлектрик сингдирувчанлиги 11 га тенг, қопламларнинг юзи 800 см^2 .

Жавоби: 2350 м.

- 9.** Радиолокатор 15 см ли тўлқин узунлигига ишлайди ва 1 с да 4000 импульс чиқаради. Ҳар қайси импульснинг давомийлиги $T = 2 \text{ мкс}$. Ҳар қайси импульсдаги тебранишлар сони қанча ва объектни аниқлашдаги энг олис масофа қандай бўлади?

Жавоби: $4000; 37,5 \text{ км.}$

- *10.** Тебраниш контурида электромагнит тўлқин энергияси $W = 0,5 \text{ мЖ}$, тебранишлар частотаси $\Pi = 400 \text{ кГц}$, конденсатордаги максимал заряд $q_0 = 50 \text{ нКл}$. Шу контурдаги ғалтакнинг индуктивлигини аниқланг.

Жавоби: $0,06 \text{ Гн.}$

23-§. Электромагнит түлқинларнинг хоссалари



Таянч тушунчалар:

- ✓ қайтиш, синиш
- ✓ қутбланиш
- ✓ интерференция
- ✓ детекторлаш

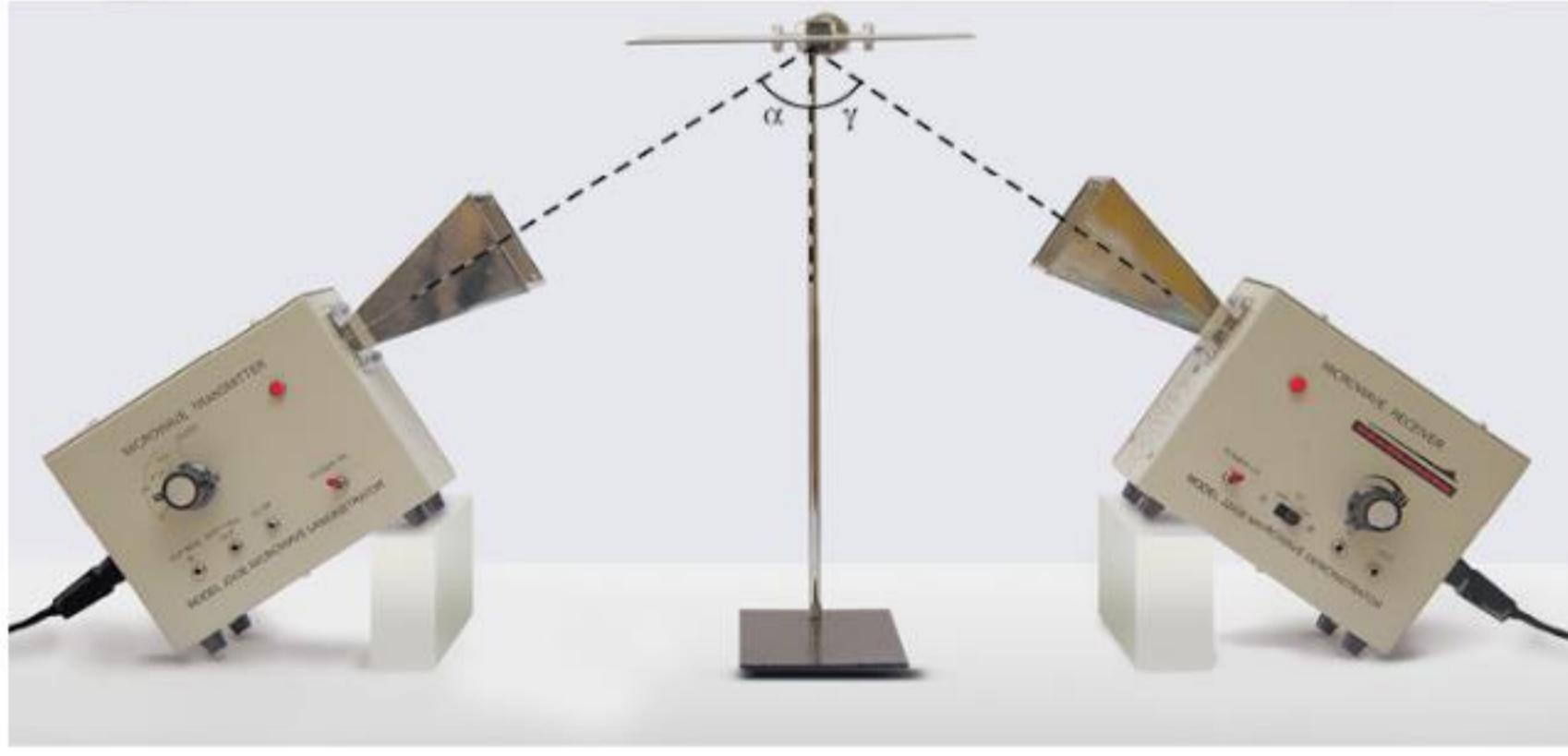
Бугун дарсда:

- электромагнит түлқинларнинг хоссаларини тавсифлашниурганасиз.

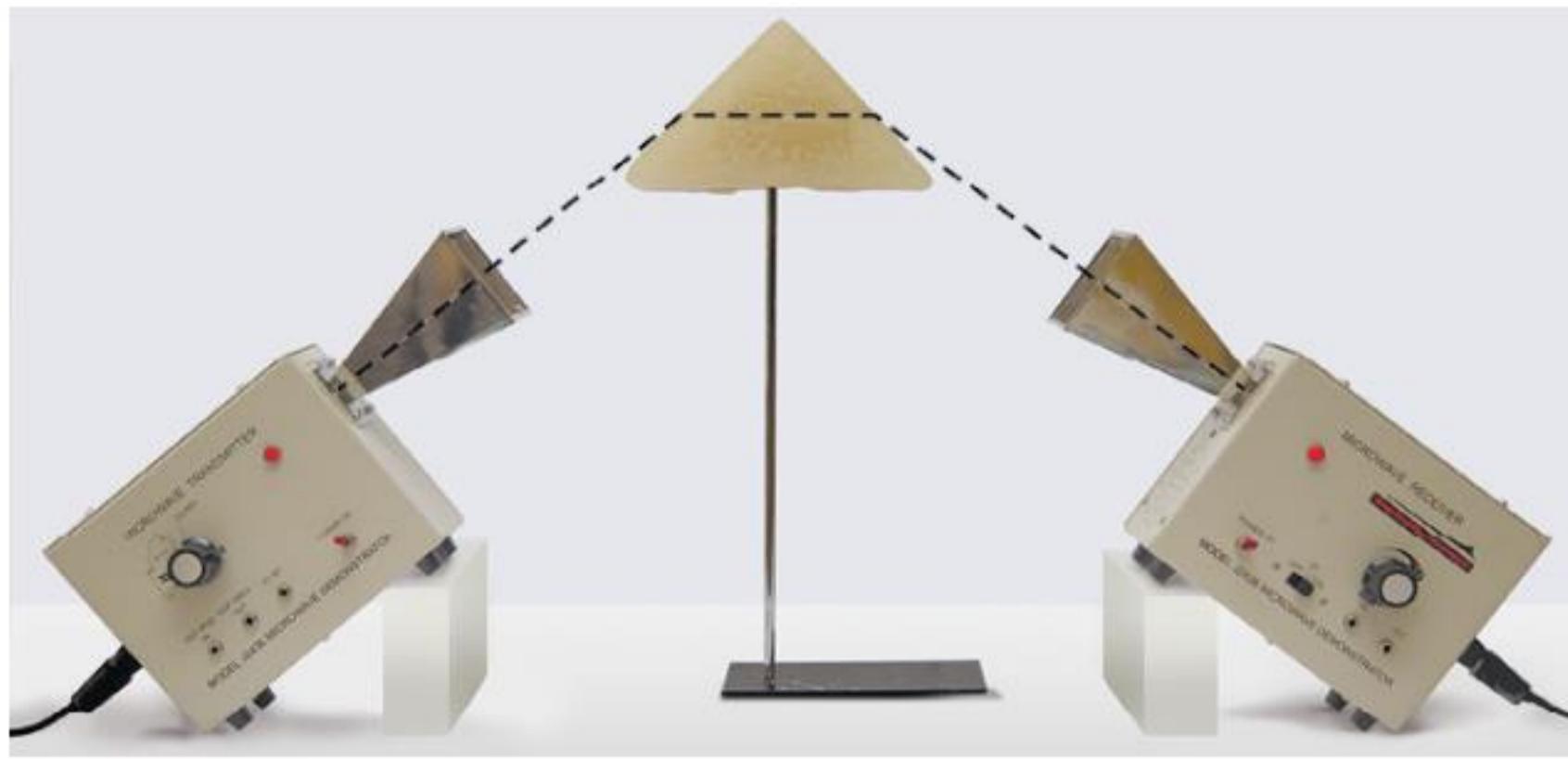


Электромагнит түлқинларнинг хоссаларини узунлиги 3 см бўлган электромагнит түлқинларни нурлайдиган махсус генератор ёрдамида ўрганиш мумкин. Ўта юқори частотали генератор уйғотадиган электромагнит түлқин рупор кўринишидаги узувчи антеннадан ўқ йўналиши бўйлаб тарқалади. Қабул қилувчи антеннанинг шакли ҳам худди узатувчи антеннага ўхшаш бўлади. Қабул қилувчи 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 түлқинларнинг қайтиши. Узатувчи ва қабул қилувчи рупорлар орасига металл тунука қўйилса, товуш эшигилмайди. Электромагнит түлқин металл тунукадан қайтади. Агар генератор рупорини 23.1-расмда кўрсатилгандек йўналтиrsак, у ҳолда қабул қилувчи антенна тушиш бурчагига тенг бурчак билан қайтган электромагнит түлқинни қабул қиласди. Уни товушнинг яхши эшигилганидан 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 тебраниш-



23.1-расм



23.2-расм

лар частотаси электромагнит түлқин частотасига тенг. Сиртга тушган электромагнит түлқин энергияси металлдаги әркин электронларнинг мажбурий тебранишларини үйғотишга сарфланади. Түлқин металдан ўта олмайды, металл сиртининг ўзи иккиламчи түлқин манбай бўлиб ҳисобланади, яъни түлқин қайтади. Диэлектрикдан түлқиннинг қайтиши суст бўлади, чунки диэлектрикда электромагнит түлқин таъсирида боғланган электронларнинг мажбурий тебранишлари юзага келади. Аммо уларнинг мажбурий тебранишлар амплитудаси металлдаги әркин 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. Узатувчи антеннанинг рупорини 23.2-расмдагидек йўналтирамиз. Қабул қилувчи антenna түлқинни қайд қилмайди. Энди диэлектрик ҳисобланувчи парафиндан ясалган приzmани расмда кўрсатилгандек жойлаштиrsак, антenna түлқинни қайд қилади. Демак, электромагнит түлқин икки муҳитни ажратиб турган ҳаво-парафин ва парафин-ҳаво чегарасидан ўтганда синади. Тажрибалар электромагнит түлқин бир муҳитдан иккинчисига ўтган синиш қонунининг бажарилишини кўрсатади.

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

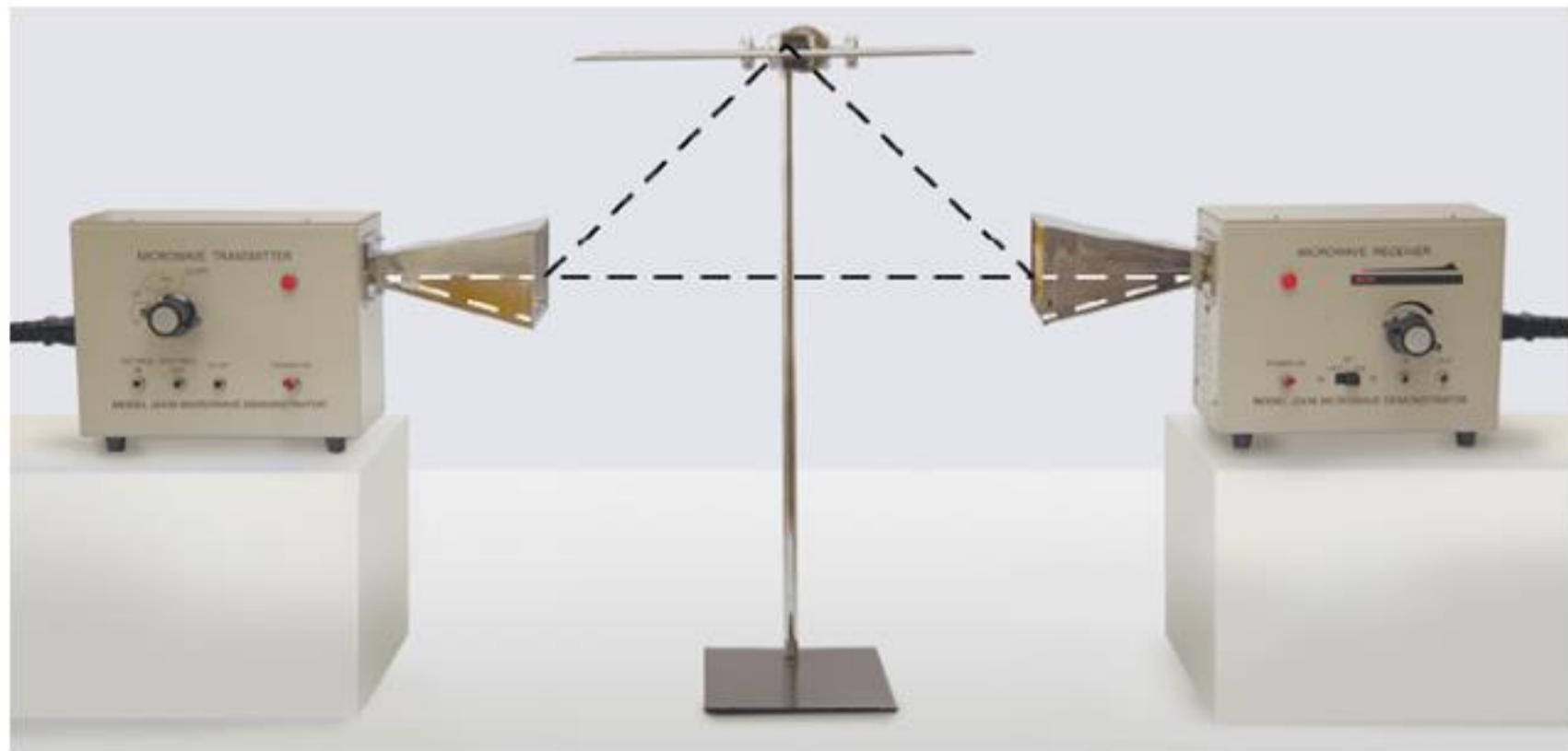
Электромагнит тұлқинларнинг қутбланиши. Электромагнит тұлқиннинг \vec{E} ва \vec{B} векторларнинг ўзаро ва тұлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлиши, унинг кўндаланг тұлқин эканини кўрсатади. Узатувчи антеннадан нурланадиган тұлқиннинг электр майдон кучланганлик вектори \vec{E} нинг тебранишлари маълум бир текисликда бўлса, магнит индукцияси вектори \vec{B} нинг тебранишлари унга перпендикуляр бўлган текисликда рўй беради. *Майдон тебранишлари бир йўналишда содир бўлган электромагнит тұлқинлар қутбланган тұлқинлар дейилади.*

Қутбланиш лотинча “*polus*”, грекча “*polos*” — қутб, яъни ўқнинг чеккаси сўзларидан олинган. Узатувчи антеннанинг рупори билан қабул қилувчи антenna рупори орасига металл симдан ясалган тўрларни жойлаштирамиз (23.3-расм). Тўрнинг иккаласини ҳам вертикал ёки горизонтал йўналтириб, тұлқиннинг ўтишини гальванометрда қайд қиласиз. Бу ҳол электр майдон кучланганлик вектори \vec{E} симларга перпендикуляр бўлганда кузатилади. Агар иккинчи тўр 90° га бурилса, у ҳолда тұлқин симлардан ўтмайди.

Демак, электромагнит тұлқин қутбланган кўндаланг тұлқин экан. Электр майдоннинг кучланганлик вектори металл симларга параллел йўналтирилганда, уларда эркин электронларнинг мажбурий тебранишлари ҳосил бўлади ва тұлқин қайтади. Кучланганлик вектори симларга перпендикуляр йўналтирилганда эса эркин электронларнинг мажбурий тебранишлари кўндаланг бўлгани учун, уларнинг амплитудаси аҳамиятсиз ва электромагнит тұлқин қайтмасдан ўтади. Шуни айтиш жоизки, агар электромагнит тұлқин кўндаланг эмас, бўйлама тұлқин бўлганида эди, у ҳолда тўрнинг ихтиёрий вазиятида тұлқин симлардан bemalol ўтиб кетар эди. Уйлардаги телевизор антеннасини ўрнатганда электромагнит тұлқиннинг қутбланганлигини эсда тутмок



23.3-расм



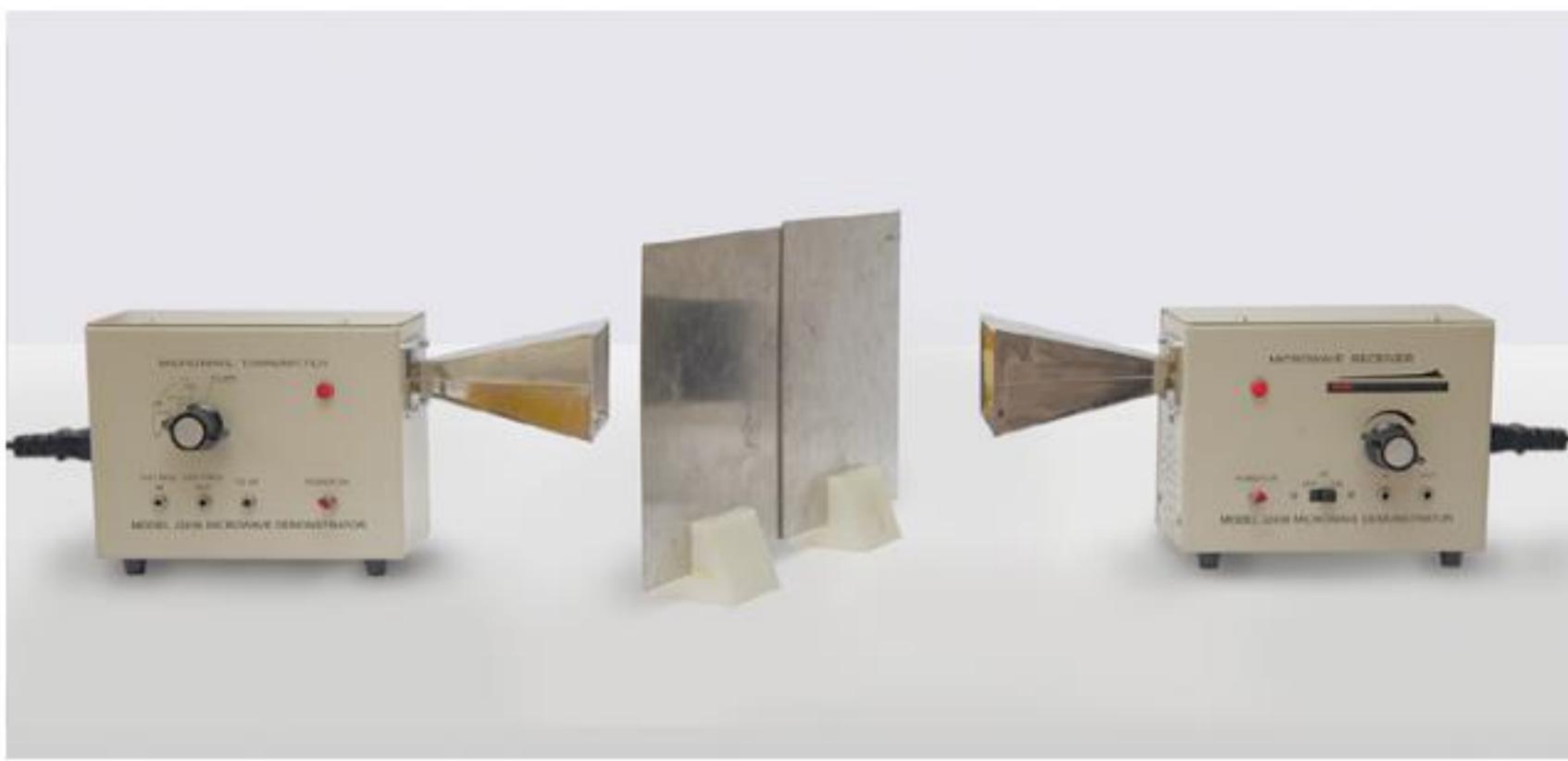
23.4-расм

керак. Күчланғанлик вектори антеннага параллел бўлганда антеннада уйғонадиган индукцион токнинг амплитудаси максимал бўлади.

Электромагнит тўлқинлар интерференцияси. Фазода икки ёки бир нечта узатувчи антеннадан тарқалган электромагнит тўлқинлар бир-бiri билан қўшилиши мумкин. *Бир хил частотали иккита тўлқин қўшилганда натижаловчи тўлқин амплитудасининг ортиш ёки камайиш ҳодисаси тўлқинлар интерференцияси дейилади.*

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

Агар тўлқинларнинг йўл айрмаси $\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, яъни тоқ сон марта яrim тўлқин узунлигига teng бўлса, интерференциянинг минимум шарти бажарилади. Натижавий тебраниш ўша нуқтада минимал бўлади. Электромагнит тўлқинлар интеференциясини кузатиш учун узатувчи ва қабул қилувчи рупорларни 23.4-расмда кўрсатилгандек бир-бирига қарама-қарши жойлаштириб, горизонтал йўналишдаги металл тунукани юқоридан пастга сурнимиз. Ўшанда товушнинг гоҳ пасайиб, гоҳ кучайишини сезамиз. Рупордан чиқадиган тўлқиннинг бир оз қисми қабул қилувчи антеннага тушади. Қолган қисми антеннага металл сиртидан қайтгандан сўнг бориб тушади. Металл тунукани юқори ва пастга суриб, тўғри тўлқин билан қайтган тўлқиннинг йўл фарқини ўзгартирамиз. Интерференциянинг максимум ёки минимум шартларидан қайси бирининг бажарилишига боғлиқ ҳолда товуш ё кучаяди, ёки пасаяди.



23.5-расм

Электромагнит түлқинлар дифракцияси. Түлқинларнинг түгри чизиқли тарқалиш йұналишидан оғиши ёки түлқинларнинг түсікіларни айланиб үтиши түлқинлар дифракцияси дейилади. Түлқин йўлидаги түсікіларнинг ўлчамлари түлқин узунлигидан кичик ёки унга яқин бўлган ҳолларда түлқинлар дифракцияси яққол кузатилади. Электромагнит түлқинлар дифракциясини 23.5-расмда кўрсатилган қурилма ёрдамида кузатиш мумкин. Ўта юқори частотали генератор билан қабул қилгич орасига ингичка тирқишли металл экран жойлаштирилган. Қабул қилгичнинг жойини ўзгартириб, тебранишлар амплитудасининг максимум ва минимумлари навбатма-навбат алмашинишини кўриш мумкин. Бу ҳодиса фақат тирқиши айланиб ўтувчи түлқинлар дифракцияси натижасидагина содир бўлиш мумкин. Бу электромагнит түлқинларда дифракция ҳодисаси рўй беришидан далолат беради. Дифракция ҳодисасини оптика бўлимида батафсил кўриб чиқамиз.



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

24-§. Радиоалоқа принципи



Таянч түшүнчалар:

- ✓ модуляция
- ✓ детекторлаш
- ✓ көгерер

Бугундарда:



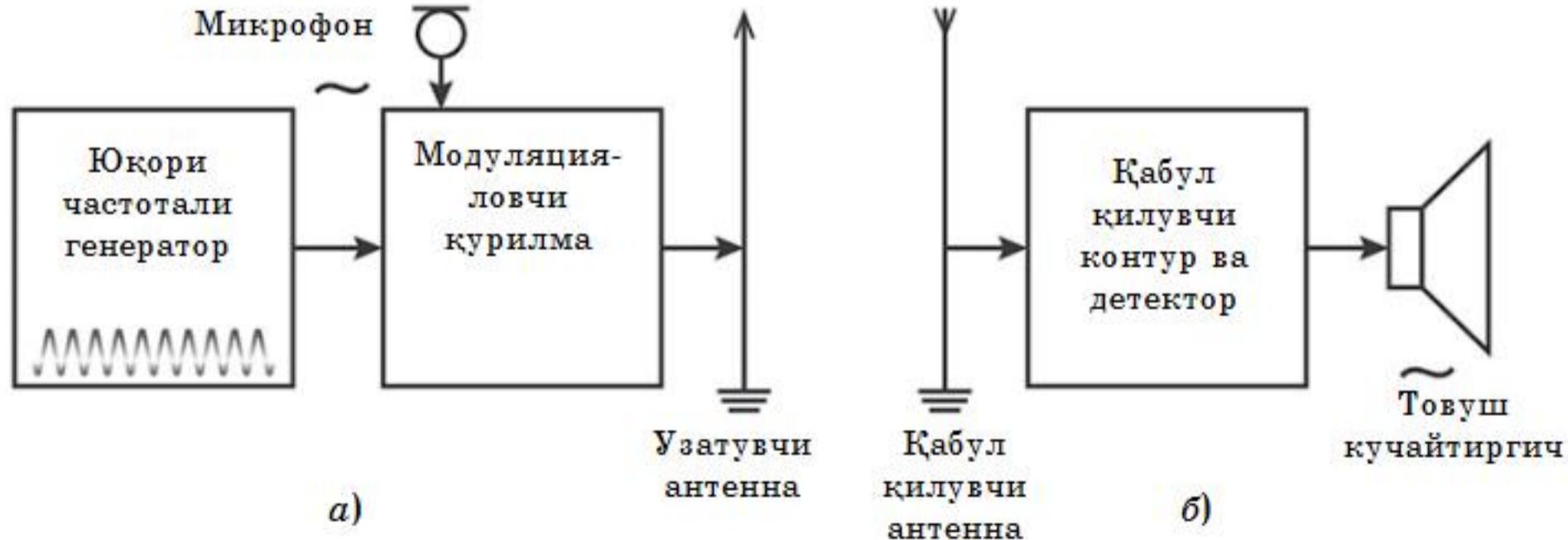
- радиоалоқаның асосий принципларини ва радиотелефон алоқа қандай амалга оширилишини билиб оласиз.

Радиоалоқаның содда чмзмаси 24.1-расмда күрсатилған. Шу чизмага суюнган ҳолда радиоалоқаның асосий физик принципи амалга оширилди. Фазода тарқалувчи электромагнит түлқинлар орқали ахборотни узатиш ва қабул қилиш учун радиотүлқинлардан фойдаланилади. Узатувчи радиостанцияда юқори частотали тебранишлар генератори антеннада юқори частотали үзгарувчан ток ҳосил қиласиди. У үз навбатида фазода тез үзгарувчан электромагнит майдонни вужудга келтиради ва у электромагнит түлқин тарзыда атрофга тарқалади (24.1, а-расм).

Қабул қилувчи антеннаға етган электромагнит түлқин, узатувчи станция қандай частотада ишласа, айнан шундай частотали үзгарувчан токни юзага келтиради. Қабул қилувчи антеннаға уланған тебраниш контури резонанс натижасыда бизга керакли радиосигнал кучайтириб, ажратып олади (24.1, б-расм).

Радиоалоқаның *радиотелеграф*, *радиотелефон* ва *радиохабар тарқатиши*, *телехабарлар тарқатиши*, *радиолокация* каби турлари мавжуд.

Радиони кашф этиш. Радиотелеграф алоқаси. Герц тажрибалари ilk бор электромагнит түлқинларни тарқатиши имконини күрсатди. Унинг тажрибаларида түлқиннинг тарқалиши кичик масофада, изланиш олиб борилаётган лаборатория столи доирасидагина амалга оширилған эди. Электромагнит түлқинларнинг олис масофаларга симсиз тарқалишига Герцнинг үзи шубҳа билан қараган эди. Илк бор электромагнит түлқинлардан симсиз алоқа ўрнатиш учун фойдаланиш мүмкінлигини



24.1-расм



Попов Александр
Степанович
(1859—1906)

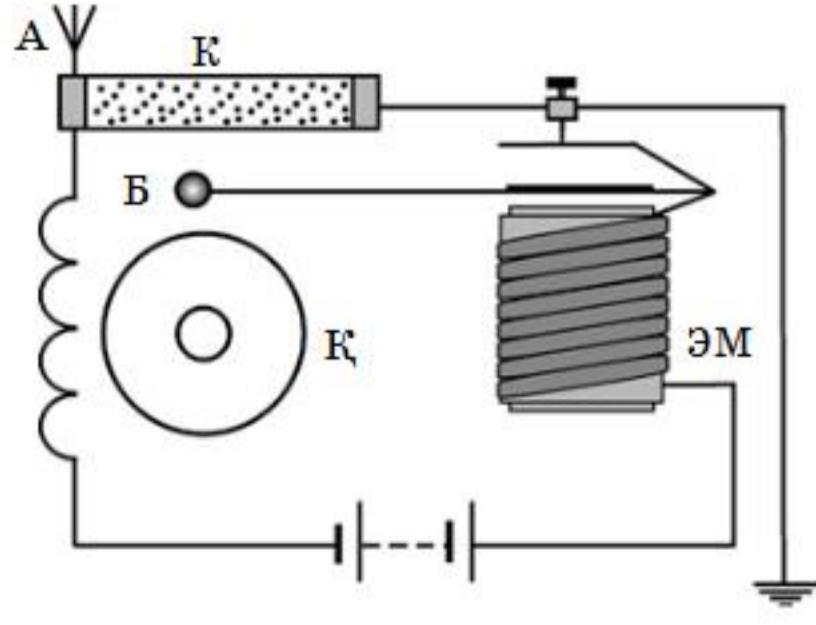
1895 йил 7 майда рус олими А.С. Попов Россиянинг физика-кимё жамияти мажлисида исботлаб берди ва ўзи ихтиро қылган асбобнинг ишлашини намойиш этди. Попов электромагнит түлқинларни қайд қилишнинг ишончли ва яхши сезгир элементи бўлган когерердан фойдаланди. Уни Попов кашфиётидан беш йил аввал, сезувчанлиги 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 бўлиб, 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 (24.2-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 ҳолда когерернинг қаршилиги жуда катта бўлганлиги сабабли, реле қўнғироқ занжирини 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 занжири яна узилади, чунки болға қўнғироқ билан бирга когерерга ҳам урилади. Когерер силкитиб юборилгандан кейин унинг қаршилиги яна аввалги қийматигача ортади ва янги тўлқинни қабул қилишга тайёр бўлади.

Қабул қилгичнинг сезгирлигини 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 тўлқинларни узаткич (тарқатгич) ни яратади. Электромагнит тўлқинларни тарқатгич ва қабул қилгични такомил-



24.2-расм

лаштириб, у телеграфнинг Морзе ҳарфи билан сўзларни узатиб 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 амалиётда кўрсатди. Алоқанинг бу тури *радиотелеграф алоқа* деб аталди. Телефон тўлқинлари қисқа ва узун электромагнит тўлқин импульсларидан иборат, яъни Морзе алифбосида қабул қилинган “нуқта” ва “тире” тарзида берилади.

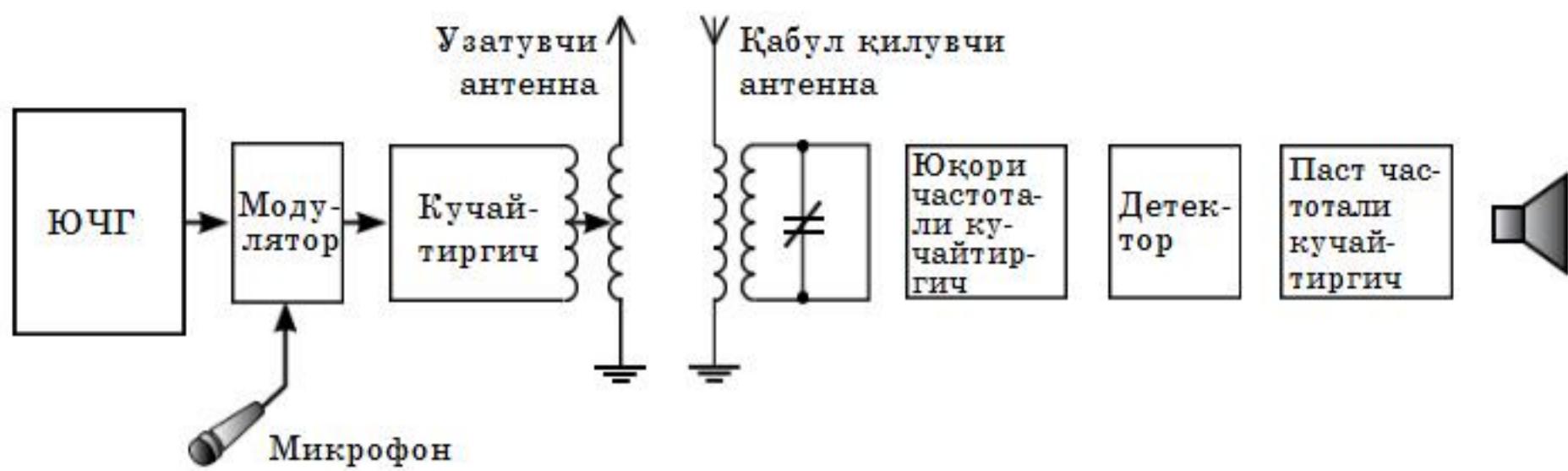
Италиялик ихтирочи Г. Маркони радиотехника ривожи ва унинг турли амалий мақсадларда қўлланишига катта ҳисса қўшди. У 1897 йилда электромагнит тўлқинларни симсиз алоқада қўллаш мумкинлигига патент олди. Г. Маркони 1901 йил илк бор Атлантика океани орқали Европа ва Америка орасида радиоалоқани амалга ошириди. Радиони алоқа воситаси сифатида ривожлантиришга унинг қўшган ҳиссаси катта. А. С. Попов ўз кашфиётига, афсуски, патент ололмаган эди.

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 мумкин бўлди. Ушбу алоқа *радиотелефон алоқа* деб аталди.

Радиотелефон алоқани амалга ошириш ҳозир жуда осон кўринади. Товуш тўлқини ҳосил қиласидан ҳаво босими 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 тўлқинлар интенсивлиги частотанинг тўртинчи даражасига пропорционал эканини ёдимизга туширамиз: ($I \sim \omega^4$).

Товушни узатишнинг мураккаблиги қўйидагидан иборат: радиоалоқа учун юқори частотали электр тебранишлар керак, товуш частотаси паст частотадаги тебранишлар бўлиб ҳисобланади. Шунинг учун товуш частотасидаги электромагнит тебранишларни узоқ масофага узатиш учун юқори частотали электромагнит тебранишларни қандайдир усул билан товуш частотасига айлантириш зарур.

Паст частотали электр тебранишларни мослаб юқори частотали электр тебранишларга айлантириш жараёни юқори частотали электр тебранишларни модуляциялаш дейилади.



24.3-расм

Модуляция (лотинча *modulation* — текис, уйғунлик) деб юқори частотали әлтүвчи тебранишларнинг бир ёки бир неча параметрларининг ахборот сингал қонунига мувофиқ ўзгарадиган жараёнига айтиласы.

Радиоалоқада амплитудавий, частотавий ва фазавий модуляциялар кенг қўлланилади. Юқори частотали тебранишлар әлтүвчи частоталар дейилади, чунки улар товуш частотасидаги тебранишларни әлтүвчи 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 (олдинги ҳолатига келтириш) жараёни **демодуляция** ёки **детекторлаш** деб аталади. Детекторланган сигнал кучайтирилгандан кейин акустик тебранишга айлантирилади. 24.3-расмда радиоалоқани амалга оширишнинг асосий принципларини ифодаловчи чизма берилган.



1. Радиоалоқанинг асосий принциплари қандай?
2. А. С. Поповнингэнг биринчи приёмниги “яшин қайд қилгич” нинг тузилиши қандай?
3. Когерернинг ишлаши қандай физик принципга асосланган?
4. Попов приёмниги (қабул қилгич) даги электр қўнғирок қандай вазифани бажаради?
5. Когерернинг бир учини антеннага, иккинчи учини ергаулашнинг моҳияти нимада?
6. Радиотелеграфалоқа қандай амалга оширилади?
7. Нима учун паст (товуш) частотали электромагнит тўлқинлар орқали радиоалоқани амалга ошириш мумкин эмас?
8. Радиотелефоналоқа деб қандай алоқа турига айтиласы?
- *9. Г. Маркони кашфиётининг моҳияти нимада?
10. Модуляция нима?



Нима учун Нобель мукофотининг лауреати Марконининг шарафига 1937 йил 20 июнда дунё бўйлаб радиостанциялар 2 дақиқага ахборот эшилтиришларини тұхтатди?

25-§. Модуляция ва детекторлаш



Таянч тушунчалар:

- ✓ амплитудавий модуляция
- ✓ частотавий модуляция
- ✓ детекторлаш



Бугундарсда:

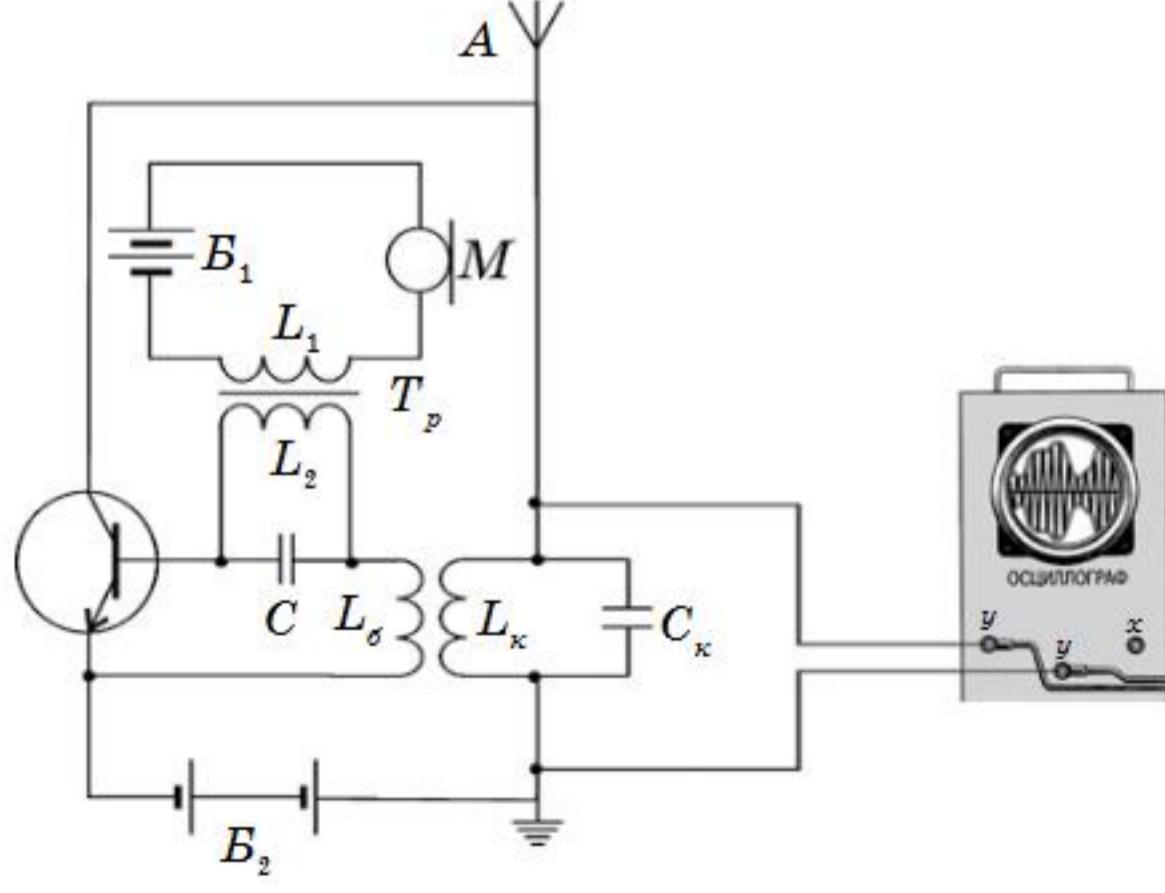
- амплитудавий ва частотавий модуляцияни ажратиши үрганиб оласиз;
- детекторлы радиоқабул қылгичнинг ишлеш принципини тушуниб оласиз.



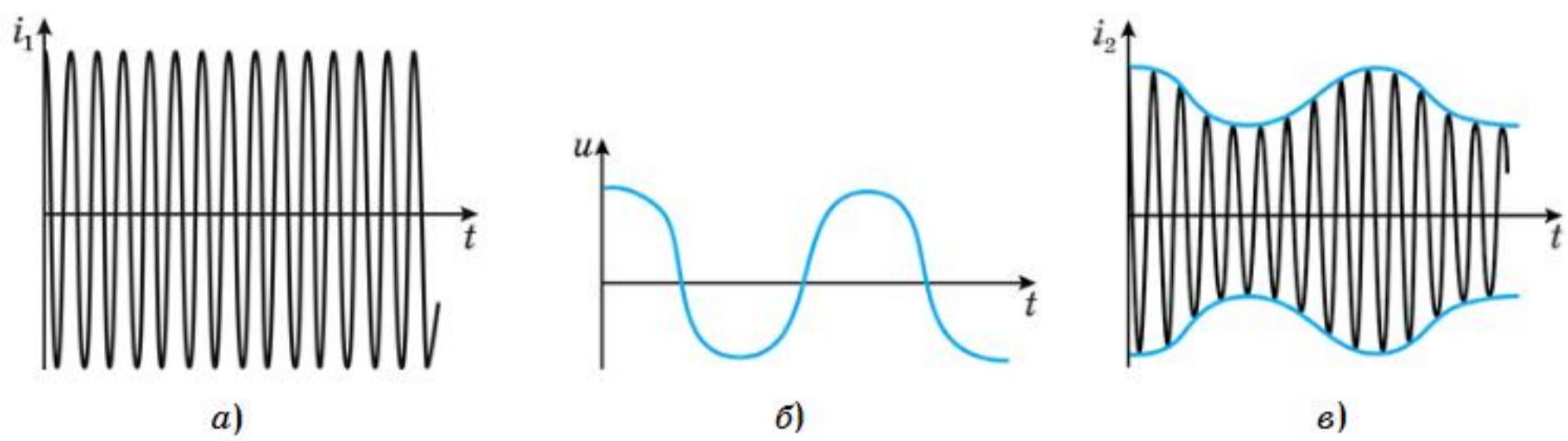
Юқори частотали тебранишлар амплитудасини, частотасини ёки фазасини үзгартириш орқали модуляциялаш мумкин. Шундай бўлса-да, биз кўпроқ фойдаланадиган усул — аналог ва рақамли модуляцияларга жумладан амплитудавий ва частотавий модуляцияларга тўхталамиз.

Амплитуда модуляцияси (amplitude modulation). Амплитудавий модуляция вақтида юқори частотали тебранишлар амплитудаси товуш частотаси билан үзгартирилади.

Транзисторли генераторда ишлаб чиқариладиган юқори частотали тебранишлар амплитудасини модуляциялашни 25.1-расмда кўрсатилган чизмадан фойдаланиб амалга ошириш мумкин. Модулятор микрофон M , ток манбаи B_1 ва кетма-кет уланган (T_p) трансформаторнинг L_1 бирламчи чулғамидан иборат. Трансформаторнинг иккиласи чулғами L_2 контурда транзисторнинг базаси уланган занжирдаги C конденсаторга параллел уланган. Фалатакнинг тескари боғланишли чулғами L_6 орқали ўтувчи юқори частотали үзгарувчан токка бўлган C конденсаторнинг қаршилиги кичик бўлади. Трансформаторнинг иккиласи чулғамининг L_2 индуктив қаршилиги катта. Шунинг учун генератор ишлаб чиқаридиган юқори частотали үзгарувчан ток C конденсатордан осон ўтади, модуляторнинг микрофонли занжиридан эса ўта олмайди.



25.1-расм



25.2-расм

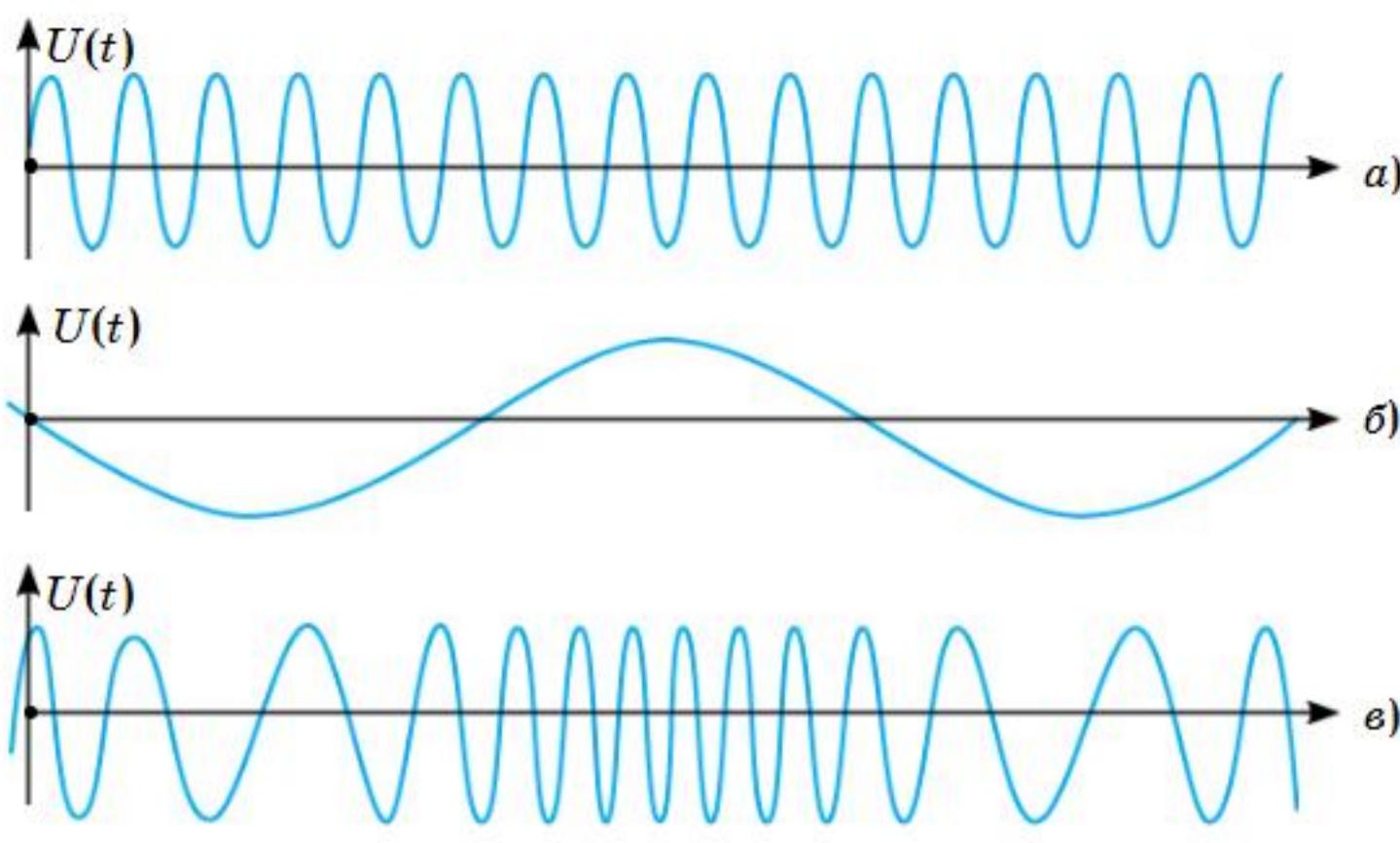
Товуш тебранишлари бўлмаганда генератор юқори частотали сўнмас ўзгармас амплитудали гармоник тебранишларни ҳосил қиласди:

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

бу ерда ω — элтувчи частота, i_0 — тебранишларнинг ўзгармас амплитудаси. Мана шу тебранишлар графиги 25.2, *a*-расмда берилган. Микрофон уланганда товуш тўлқинлари унинг занжирида паст частотали электр токини ҳосил қиласди (25.2, *b*-расм). Бу паст частотали Ω токлар учун С конденсаторнинг қаршилиги катта бўлади. Шу сабабли трансформаторнинг L_2 чулғами учларидаги кучланиш тамомила занжирнинг база — эмиттер қисмига тушади. Шу орқали генератор контури занжирдаги юқори частотали ўзгарувчан токнинг амплитудаси товуш частоталарига мос равишда узлуксиз ўзгаради, яъни юқори частотали тебранишлар модуляцияси амалга ошади. Уни контурга уланган (25.2, *c*-расм) осциллограф экранида кузатиш мумкин.

Частотавий модуляция (FM-frequency modulation). Юқорида қайд қилинган амплитудавий модуляция сезиларли камчиликка эга. Узаткич ва қабул қилгич орасидаги масофа катта бўлса, у ҳолда юқори частотали модуляцияланган электромагнит тўлқин заифлашади ва заифлашган тўлқин вақт ўтиши билан ўзгара бошлайди. 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.

Частотавий модуляцияда юқори частотали тебранишлар амплитудаси эмас, частотаси ўзгаради. Частотавий модуляция сигналларининг графиклари (25.3-расм) берилган. Шовқинлардан ҳимояни кучайтириш учун узатиладиган радиотўлқиннинг элтувчи частотаси товуш тебранишлари амплитудасига мутаносиб ўзгаради. Товуш тўлқини қанчалик кучли бўлса, элтувчи частота шунча юқори бўлади ва аксинча. Товуш тўлқинларини радиостанциялар ва телекўрсатувларда узатиш частотавий модуляция орқали амалга оширилади. Модуляция турлари 25.1-жадвалда берилган.



25.3-расм

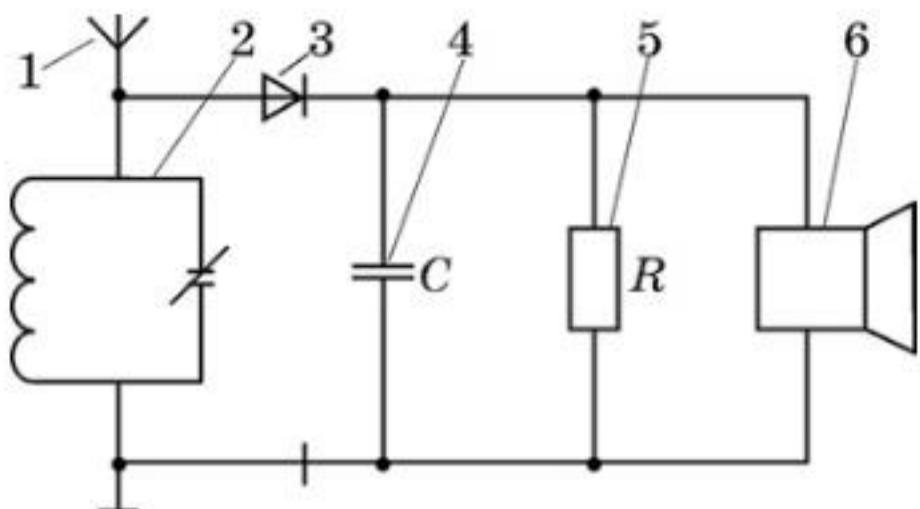
25.1-жадвал

Аналог модуляция турлари		
Амплитудавий	Фазавий	Частотавий
Тебраниш амплитудаси ўзгаради	Тебраниш фазаси ўзгаради	Тебраниш частотаси ўзгаради
Модуляция сигналининг амплитудаси ортиши билан элтувчи сигнал амплитудаси ортади.	Модуляция сигналининг амплитудаси ортиши билан вакт тактика нисбатан сильжиш ортади.	Модуляция сигналининг амплитудаси ортиши билан элтувчи тебранишлар частотаси ортади.

Рақамли модуляция — компьютер тармоқларида маълумотларни узатиш учун қўлланиладиган модуляция тури. **Рақамли модуляция** деб битларни мос аналог сигналларга алмаштирадиган жараёнга айтилади (25.2-жадвал).

25.2-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 ўзгаради	Импульсларнинг частотаси ўзгаради	Импульсларнинг фазаси ўзгаради	Бир пайтда амплитуда ҳам, фаза ҳам ўзгаради
1 рақамини узатиш учун катта амплитуда, 0 рақамини узатиш учун кичик амплитуда қўлланилади, баъзида 0 га тебранишларнинг бўлmasлиги мос келади.	1 рақамини узатиш учун юқори частотали тебраниш, 0 рақамини узатиш учун паст частотали тебраниш қўлланилади.	1 рақамини узатиш учун $\pi/2$ га teng фазанинг силжиши қўлланилади.	1 рақамини узатиш учун катта амплитуда ва $\pi/2$ га teng фазанинг силжиши қўлланилади.

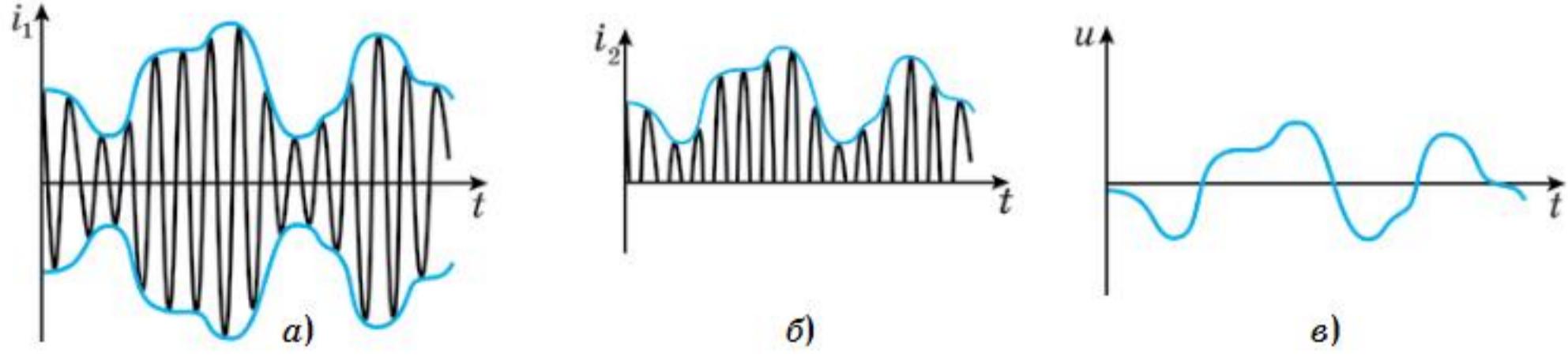


25.4-расм

Детекторлаш. Радиоқабул қилгич антеннасида барча радиоузатгичдан, жумладан, яшин разрядидан, электр асбоблари ва электр двигателлари ишлаганда учқун разряддан келдиган электромагнит түлқинлар юқори частотали кучсиз индукцион токни үйғотади. Шунинг учун ҳам маълум бир радиохабарни тинглаш

учун занжирга тебраниш контурини улаш орқали зарур частотадаги түлқин ажратиб олинади. У тебраниш контуридаги конденсатор сиғимини ўзгартириб, контурнинг хусусий тебранишлар частотасини антеннада үйғонган мажбурий тебранишлар частотасига мослаштириш орқали, яъни 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 хусусиятига эга *детектор* қўлланилади. Детектор вазифасини ярим ўтказгичли диод ёки транзистор бажаради.

Энг содда радиоқабул қилгич ёки детекторли радиқабул қилгичнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. Юқори частотали модуляцияланган тебранишлар (1) антеннадан (2) резонанс контури орқали (3) детекторга келиб тушади (25.4-расм). Детектор занжирида графиги 25.5-расмда кўрсатилган, амплитудалари ҳар хил, 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. Конденсатор сиғими ва резистор қаршилиги тўғри танлаб олинса, резистор орқали узатувчи станциядаги товуш частотасига мос келувчи ўзгарувчан ток ўтади. Карнайда ёки телефон мембраннысида берилган товушлар тикланади.



25.5-расм



1. Амплитудавий модуляция нима?
2. Юқори частотали модуляцияланған тебранишларни уйғотувчи курилманинг ишилаш принципини тушунтириңг.
3. Модулятор қандай ишлайды?
4. Радиоқабулқилгичдаги антенна нима учун керак?
5. Керакли радиостанция тұлқинини қандай қабул қилиш мүкін?
6. Детектордан нима мақсадда фойдаланылады?
- *7. Энг содда детекторли радиоқабулқилгич чизмасини чизинг.
- *8. 25.4-расмдаги С конденсатор ва R резисторнинг вазифаси нимадан иборат?

26-§. Радиотұлқинларнег тарқалиши. Радиолокация



Таянч тушунчалар:

- ✓ радиотұлқинларнинг номлари
- ✓ радиолокация

Бугун дарсда:

- радиотұлқинларнинг турлари ва радиолокация усули билан танишасиз.



Радио ва телекүрсатувда, радиоалоқада, радиолокация ва радионавигацияда құлланиладиган электромагнит тұлқинлар *радиотұлқинлар* деб аталади. Радиотұлқинлар 26.1-жадвалда күрсатилғандек бир неча диапазонларга бүлинади.

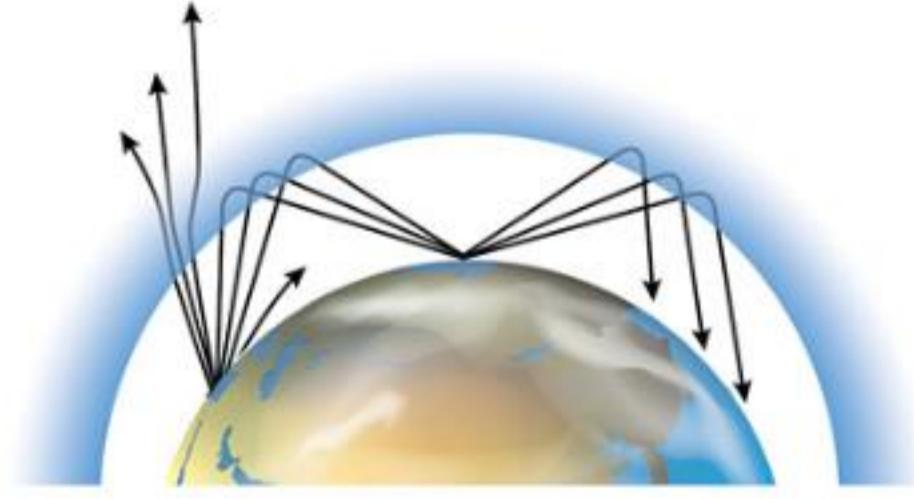
26.1-жадвал

Тұлқин узунликла-ри диапазони	Антенна тур-лари	Ионосфера ва атмосферанинг таъсири	Алоқа учун фойда-ланиладиган физик ҳодисалар
Километрли тұлқинлар ($\lambda > 10000$ м)	Мачтали	Ионосферада ютилади	Тұлқинлар дифракцияси, Ернинг қавариқ сиртини айланиб үтиши
Гектометрли тұлқинлар (100 м — 1000 м)	Мачтали	Ионосферадан қайтади	Ионосферадан қайтиш ҳодисаси
Декаметрли тұлқинлар (10 м — 100 м)	Мачтали	Ионосфера ва Ер сиртидан қайтади	Атмосфера ва Ер сиртидан күп каррали қайтиши
Метрли тұлқинлар (1 м — 10 м)	Йўналтирилған антенналар	Ионосферадан қайтмайди, үтади	Күринувчан масофага тарқалади
Дециметрли ва сантиметрли тұлқинлар (10 см — 1 мм)	Параболик күзгү шаклидаги антенна	Ионосферада қайтмайди, үтади. Үтиш қобиляти атмосферанинг шаффоғлигига (туман) боғлиқ	Ернинг йўлдошлари ва метеорлар излари орқали үта олис масофаларда қабул қилинади
Миллиметрли ва субмиллиметрли тұлқинлар (1 мм ва ундан ҳам кичик)	Сиртига юқори сифатлы ишлов берилған параболик антенна	Атмосфера газларини үтказишига боғлиқ	Радиоастрономияда құлланилади

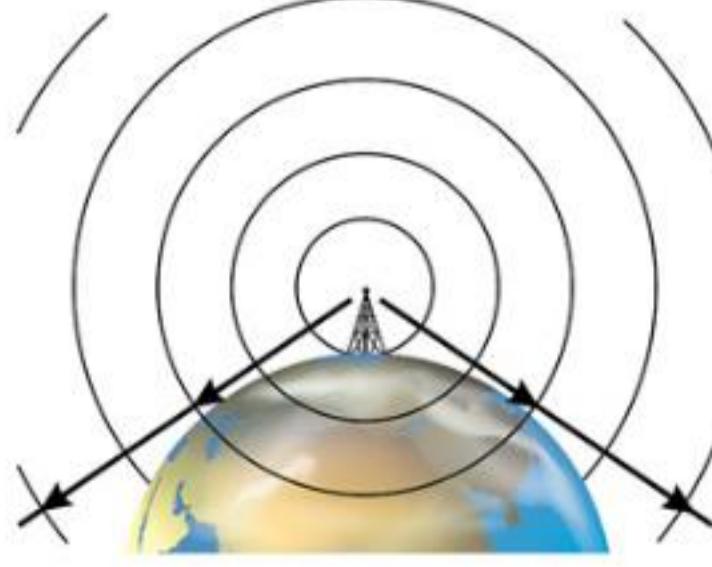
Тұлқин узунликлари турли диапазонларда құлланиладиган антенна турларининг үзига хос хусусиятлари бор. Радиохабарларни узатувчи узун, ўрта, қисқа тұлқинларни вертикал йўналтирилган үтказгич *вибраторлар* нурлайди. Қабул қилиш масофасини орттириш мақсадида антеннани имкон қадар баланд үрнатышга ҳаракат қилинади. Радиолокация, космик радиоалоқа ва телекүрсатувлар учун ультрақисқа тұлқинлардан фойдаланилади. Узунлиги ярим тұлқин узунлигига тенг вибратор ёки бир нечта шундай вибраторлардан тузилған антенна йўналтирилған метрли әлектромагнит тұлқинларни нурлайди. Санти-метрли ва дециметрли диапазонлардаги радиотұлқинларнинг нурланиши учун параболик қайтаргичлар құлланилади.

Радиотұлқинларнинг тарқалишига ернинг рельефи ва сув сирти, айникса, атмосферанинг юқори қатлами — ионосфера күпроқ таъсир күрсатади. Ионосферани Ер сиртидан 90—300 км баландлықдаги ионлар ва әлектронлардан иборат газ қатлами ташкил қиласы. Атмосфера 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 равища үзгариб туради. Ионосфера әлектромагнит тұлқинларни қайтаради ва юта олади. Узун радиотұлқинлар дифракция натижасыда горизонтдан ўтиб узок масофаларга етади. Улар ионосферадан яхши қайтади, шунинг учун ҳам узун тұлқинлар олис масофаларга тарқала олади.

Қисқа тұлқинларнинг олис масофаларга тарқалиши унинг Ер сиртидан ва ионосферадан бир неча марта қайтиши туфайли содир бўлади. Ердаги ҳар қандай радиостанция билан қисқа тұлқинда алоқа үрнатиш мумкин (26.1-расм). Ультрақисқа тұлқинлар ионосферадан қайтмай, ҳеч бир қаршиликсиз ундан ўтиб кетади. Уларнинг дифракцион хоссаси заиф, улар Ер сиртини айланиб ўтмайди. Шу сабабли ультрақисқа тұлқинли алоқа факт үзатувчи антеннанинг бевосита кўриниш ҳудудидагина амалга оширилади (26.2-расм). Ретрансляторлар ва спутник (йўлдош) лардан фойдаланиб, олис масофаларга телерадио хабарларини узатиш мумкин.



26.1-расм



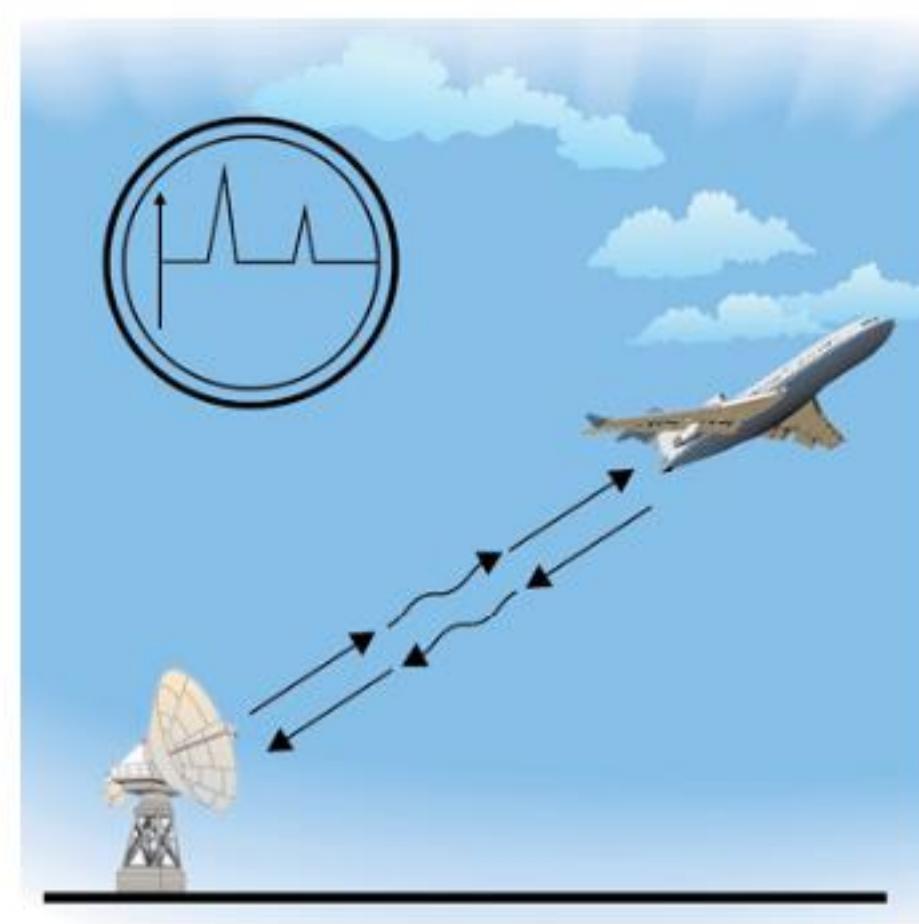
26.2-расм

Радиолокация. Радиотүлқинлар ёрдамида обьектни топиш, унгача бўлган масофани ва унинг турган жойини аниқлаш радиолокация деб аталади. Радиолокация асосини радиотүлқинларнинг бирор жисмлардан қайтиш хоссаси ташкил қиласиди. У радиотүлқинлар қайтадиган обьектларнинг чизиқли ўлчамлари тўлқин узунлигидан катта бўлганда яққол кузатилади. Шунинг учун радиолокация станцияларида ультрақисқа тўлқинлардан фойдаланилади. Радиолокацияда обьектни топиш учун йўналтирилган электромагнит тўлқинлар дастасидан фойдаланилади. Дециметрли ва ундан кичик тўлқин узунликдаги тўлқинларда ишлайдиган радиолокаторларда йўналтирилган тўлқинни параболик металл кўзгуниинг фокусида жойлашган антенналар ҳосил қиласиди. Метрли тўлқинларни бирор йўналишда тарқатиш учун маълум бир тартибда жойлаширилган антенналар системаси қўлланилади. Бир йўналишда интерференцияланган тўлқинлар бир-бирини кучайтирса, бошқа йўналишларда улар бир-бирини батамом ёки қисман сўндиради. Радиолокатор ёки радар узаткич ва қабул қилгич мураккаб радиотехник системадан иборат. Радиолокатор импульс режимда ишлайди. Самолёт ўрнини аниқлаш учун радиолокаторнинг антеннаси унга қаратиб йўналтирилади, генератор эса қисқа муддатли электромагнит тўлқинларнинг даврий импульсларини чиқаради (26.3-расм). Ҳар бир импульснинг давомийлиги $t = 10^{-6}$ с тартибидан, импульс оралиқлари эса $t = 10^{-3}$ с, яъни деярли 1000 марта катта. Объектдан қайтган электромагнит тўлқинни радиолокаторнинг узатгичдан қабул қилгичга алмаштирилиб уланган антеннаси импульслар оралиғида (паузалар вақтида) қабул қиласиди. Электромагнит тўлқиннинг обьектга бориб ва ундан қайтган t вақтини ўлчаш орқали обьектгача бўлган масофа аниқланади:

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

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

Радар экранидаги обьектга юборилган ва ундан қайтган электромагнит тўлқинлар импульсларига мос келувчи электрон дастасининг оғиши кузатилади ва обьектгача бўлган масофа бевосита ўлчанади. Чунки экрандаги импульсларга мос оғишлилар оралиғи тўлқиннинг t ҳаракатланиш вақтига ва обьектгача бўлган l масофага тўғри пропор-



26.3-расм



26.4-расм

масофадаги объектларни сеза олади. Аэропортдан операторлар самолёттарнинг учиши ва қўнишини, ҳаво йўлидаги ҳаракатини радиолокаторлар орқали кузатади 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 кеча-ю кундуз олиб туради.

Радиолокация космик тадқиқотлар ва астрономияда қўлланилади. Радиотелескоплар (26.4-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 сайёralariiga 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.



- *1. Радиотўлқинларнинг барча диапазонлари чегарасини иайтиб беринг. Тури диапазонларга мос 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?

ционал. Радиолокатор антеннаси ҳар қандай йўналишда айлана олади. Антеннанинг айланиш бурчаги бўйича, маслан, самолёт йўналишини, унинг координатасини аниқлаш мумкин. Вакт ўтишига боғлиқ ҳолда координатларнинг ўзгариши бўйича объектинын тезлиги ва унинг траекториясини ҳисоблаш мумкин.

Хозирги пайтда радиолокациянинг қўлланиш соҳаси тобора кенгаймоқда. Юртимизнинг хавфсизлигини сақлаш мақсадида ракеталар, самолёт ва кемалар кузатилиб, уларнинг ҳаракати радиолокация ёрдамида назорат қилиб турилади. Радарлар бир неча юз километргача бўлган

- 
5. Қисқа түлкіндеги радиоалоқа сифаты нима учун йил фаслиға, кун ва тунга бөглиқ ҳолда үзгәради?
 6. Нима учун телекұрсатувлар учун узатуевчи антенналар баландликка жойлаштирилиши зарур?
 7. Радиолокация нима?
 8. Радиолокаторнинги шлаш принципини тушунтириңг.
 9. Жисмнинг фазодеги координатаси, унгача бүлгән масофа, тезлик қандай үлчанади?



Күйидеги мавзуларға маъруза тайёрланг:

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

Масала ечиш намунаси

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

Берилган:

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

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

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

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Топиш керак:

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

Ечилиши. Объектгача бўлган масофани топиш учун

$$l_m = ct$$

формуладан фойдаланамиз. Бу ерда t — радиотүлкінларнинг тарқалиш вақти. Радиотүлкінларнинг радардан объектга етиб ва ундан қайтиш вақти

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

Радиолокатор импульс режимда ишлайди. Яъни у T вақт ичида радиотүлкінларни нурлайди ва $t_{\text{об}}$ вақт ичида фазода тарқалиб, объектга бориб қайтгандан кейингина навбатдаги импульсни чиқаради.

Жумладан, $t_{\text{об}} = \frac{t}{N_{\text{имп}}} = \frac{t}{\frac{t}{T}} = \frac{1}{v_{\text{имп}}}.$

Бинобарин, $l_m = \frac{c}{2v_{\text{имп}}}.$

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

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

Тебраниш даврини топамиз:

$$T_{\text{тебр}} = \frac{\lambda}{c}. \text{ У ҳолда, } N_{\text{тебр}} = \frac{\tau \cdot c}{\lambda}.$$

Энди электромагнит тебранишлар частотасини топиш мүмкин:

$$n_{\text{тебр}} = \frac{1}{T_{\text{тебр}}} = \frac{c}{\lambda};$$

$$l_m = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{2 \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ Гц}} = 3,7 \cdot 10^4 \text{ м}; \quad N_{\text{тебр}} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,15 \text{ м}} = 4 \cdot 10^3;$$

$$V_{\text{тебр}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,15 \text{ м}} = 2 \cdot 10^9 \text{ Гц.}$$

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



14-машқ

- Нима учун электромагнит түлқинлар орқали сув остида сузіб юрган сув ости кемаси билан радиоалоқа үрнатиш мүмкин әмас?
- Океанда маълум бир чуқурликда сузіб юрган иккита сув ости кемаси ўртасида радиоалоқа үрнатиш мүмкинми?
- Алматидаги Күктүбела жойлашган телеминоранинг баландлиги 372 м, қабул қилувчи антеннасининг баландлиги 10 м. Күктүбенинг баландлиги 250 м бўлса, телекўрсатувлар қандай масофада қабул қилинади? Ернинг радиуси 6 400 км.

Жавоби: 100,5 км.

- Радиолокатордан юборилган импульснинг объектга бориб ундан қайтиш давомийлиги 0,0001 с бўлса, объектгача бўлган масофа нимага teng?

Жавоби: 15 км.

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

Жавоби: 9 000; 225 м.

- Кема радиолокатори дengiz сатҳидан 25 м баландликда жойлашган. Шу радар билан дengiz сиртидан қандай энг узок масофадаги нишонни кўриш мүмкин? Шу пайтда импульслар қандай частота билан узатилади?

Жавоби: 18 км; $8,3 \cdot 10^3 \text{ Гц.}$

- * Нима учун космик кемалар билан радиоалоқа масофасини уч марта орттириш учун узаткич қувватини 9 марта орттириш керак? Радиолакация масофасини 3 марта орттириш учун узаткич қувватини неча марта орттириш керак? Иккала ҳолда ҳам радиотўлқинлар манбани нуқтавий деб ҳисбланг. Радиотўлқинларнинг тарқалишида энергия ютилишини ҳисобга олманг.

Жавоби: 81 марта.

27-§. Рақамли технология



Таянч тушунчалар:

- ✓ аналог (үхаш) сигнал
- ✓ рақамли сигнал
- ✓ асосий рақамли канал
- ✓ ахборот канали

Бугундарда:

- аналогга нисбатан рақамли форматдаги сигнални узатиш афзalлукларини тушуниб оласиз.



Бугунги кунда биз тобора рақамли технологиялар оламига кириб бормоқдамиз ва бу жараён вакт ўтиши билан тезлашмоқда. XIX асрнинг биринчи ярмида кашф этилган телеграф ва телефон алоқалари, XX асрнинг биринчи ярмида дунёга келган радиокўрсатув алоқалари үхаш (аналог) сигналлар асосида ишлайди. Телефон ва телеграфда сигналлар ўтказувчан тармоқларда электр токи орқали бир объектдан иккинчи объектга етказилади. Радиоалоқа ва телекўрсатувда үхаш (аналог) сигналлар электромагнит тўлқинлар орқали узатилади. Ҳозирги пайтда алоқа каналлари ахборатларни бир неча сигнал кўринишида тарқатади, улардан кенг тарқалганлари аналог (үхаш) 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 ва вакт бўйича унинг параметрларининг ўзгариши частота, фаза ва амплитуда билан тавсифланувчи ахборот сигналига боғлиқ. Унинг шакли синусоидадан иборат. Аналог системанинг истеъмолчилар талабини қондира олмаслиги янги рақамли технология тараққиётига кенг йўл очди.

Аналог сигнал орқали ахборот узатишнинг баъзи хусусиятларига тўхталиб ўтамиз.

1. Аналог сигналнинг формаси мураккаб.

2. Бузилган аналог сигнални тузатиш қийин, баъзи ҳолларда мутлақо мумкин эмас.

3. Ахборот узатишнинг алоқа йўлида йўл қўйилган ташқи қаршиликларга сезгир аналог сигналларни дастлабки ҳолатга келтириш қийин, уни факт 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, табиики, унинг асосий табиати ҳам энергетик ҳисобланади. Биз энергетик таъсири муттасил ҳис этамиз. Бундай ахборотнинг ҳаммаси аналог

ахборотдир. Одам гапирганды товуш частотаси 80 Гц дан 12000 Гц гача, эшитиш қобилияти 16 Гц дан 20000 Гц гача оралиқда бўлади. Бинобарин, 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 *ракамли сигнал* дейилади. Кучланишнинг икки узлукли босқичида ишлайдиган иккиланган мантиқий тасвирларда босқичлардан бири, юқоридагиси мантиқий “1” га (ҳақиқатга) мос келади, иккинчиси, паstdагиси “0” га (мавхумга) мос келади. Катта ахборотларни сақлашда NULL “натижасиз” босқичидан ҳам 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 тўғрисидаги ахборотга teng.

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

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

Рақамли сигналларнинг хусусиятларини келтирамиз:

1. Рақамли сигналлар аксарият 2-3 босқичли бўлади.
2. Сигналларнинг хатосини топиш ва уни тузатиш мумкин.
3. Алоқа йўлида заифлашган рақамли сигналларни дастлабки ҳолатига келтириб, сўнгра кучайтириш мумкин.
4. Алоқа каналини зичлаш (сиқиши) ва гурухлаш вақт билан бажарилади.
5. Кўрсатиладиган хизмат ҳар хил бўлади.
6. Тезлиги ҳисобланади.

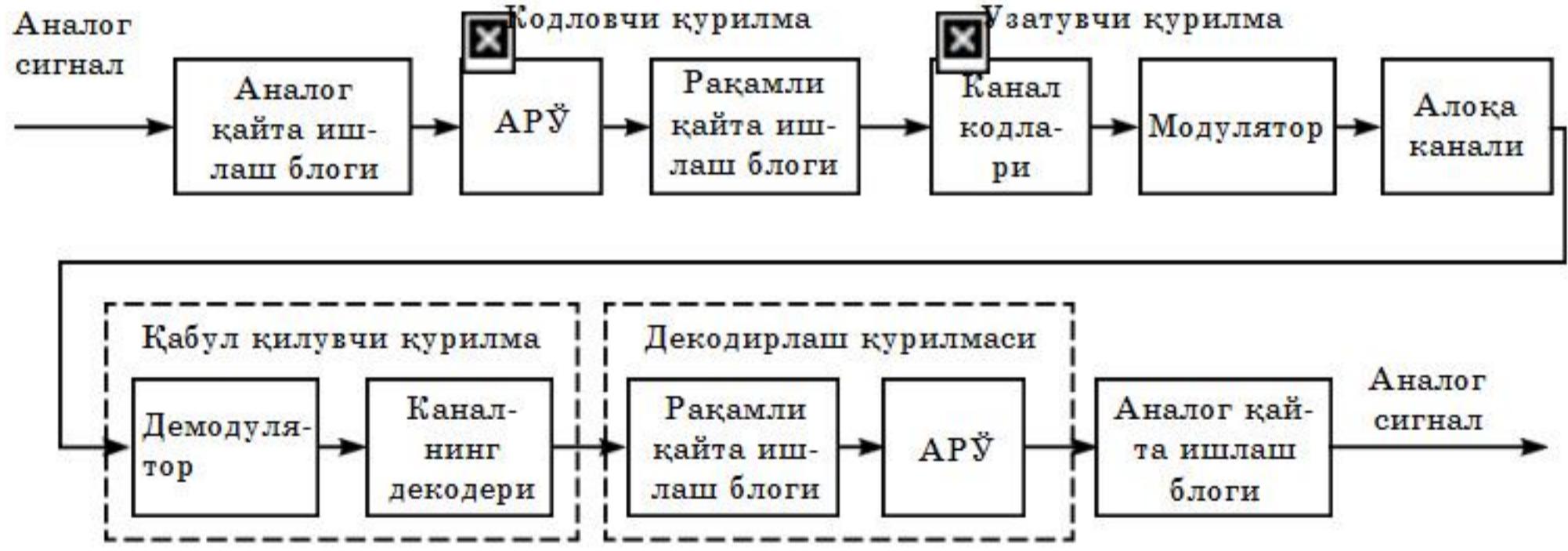
7. Интегралли микросхемалардан фойдаланиш имконияти юқори.

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 алмаштириш мақсадида, масалан, одамнинг сўзи, импульсли код модуляцияси (ИКМ) қўлланилади.

Телефон сигналы спектрининг максимал частотаси 3400 Гц бўлгани учун рақамли товуш сигналы 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 каналы* дейилади. Алоқа йўлида ахборот алмаштирилиб узатиладиган каналлар бор. Ахборотни алмаштиришда рақамли технологияни қўлланадиган қурилма — компьютерлардир.

Ташқи қурилмалардан келиб тушган ахборот клавиатурадан, дискдан, микрофондан ички кодга алмаштирилади, қайта ишланади ва шакли ўзгартирилиб, ташқи қурилмалар — мониторга, принтерга, динамика берилади. 27.1-расмда рақамли радио-телеалоқа тизимининг асосий модуллари тасвирланган чизма берилган.

Ўхшаш (аналог) товуш сигналы микрофонда электр тебранишлар сигналига ўзгаради. Энди шу ахборотни рақамли сигналга айлантириш аналог-рақамли ўзгартиргич ёки рақамлаш дейилади. У АРЎ (аналог-рақамли ўзгартиргич) қурилмасида амалга оширилади, яъни сигнал дискретланади, квантланади, кодланади. Алоқа канали орқали рақамланган ахборот қабул қилгичга келиб тушади ва АРЎ (аналог-рақамли ўзгартиргич) да аналог сигналга ўзгариб, истеъмолчига етказилиди (динамик, монитор ва ҳ.к.). Рақамли радиоахборотда (РРА) товуш сифати ўзгача, аниқ ва яққол. Рақамли технология ёрдамида ҳосил бўладиган радиоахборотларнинг яна бир афзаллиги — ҳаракатдаги радиоқабул 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.



27.1-расм

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 рақамили технология орқали амалга оширилади. Ҳозирги замонавий компьютерларнинг қуввати ва қулайлиги, товуш ёзиш алгоритмлари ва зичлаш усуллари такомиллаштирилган бўлиб, товуш ва мусиқани деярли табиий ҳолда етказа олади. Товушни, мусиқани компьютерга кўчириш рақамили технологиянинг катта ютуги бўлиб ҳисобланади ва:

- рақамили сигнал ҳеч қачон сифатини йўқотмайди ва ўз-ўзидан ўзгармайди, ўхшаш 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 ўзгариши 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;
- қулаг 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 рақамили тарона ўз табиий ҳолида дунёнинг исталган жойида янграйди, интернет орқали юбориш ҳам жуда қулаг.

Қозогистонда рақамили телерадио алоқани ривожлантириш дастури амлага оширилмоқда. DVB T2 рақамили форматида Нур-Султан, Алмати, Қарағанди, Жезқазан, Жанаўзен шаҳарларида илк бор рақамили телеахборотлар узатилди. Алмати шаҳри ва вилоят марказларида икки мультиплексли рақамили канал ишлайди. У SDTV 30 каналига эквивалент, бошқа жойларда 15 та каналдан иборат бир мультиплексли канал ишлайди. У вақтга қадар миллий телеахборотларни узатиш оператори “Қазақтелерадио” АЖ шунга ўхшаш ахборот узатиш тармоғини баравар қўлланган.

Рақамили технологиялар жадал суръатда ривожланмоқда. Унинг инсоният тараққиётiga катта ҳисса қўшиши шубҳасиз.



1. Аналог сигналларни узатишнинг афзалликлари ва камчиликларини тавсифланг.
2. Рақамили сигнални узатишнинг ўзига хос хусусиятларини таҳлил қилинг.
3. “Smart city” да рақамили технология қандай қўлланилади?

28-§. Оптик толали коммуникацион тармоқлар

Оптик тола (ёруғлик узаткич) концентрик икки қатламдан, яғни үзакча ва оптик қобиқдан иборат (28.1-расм).

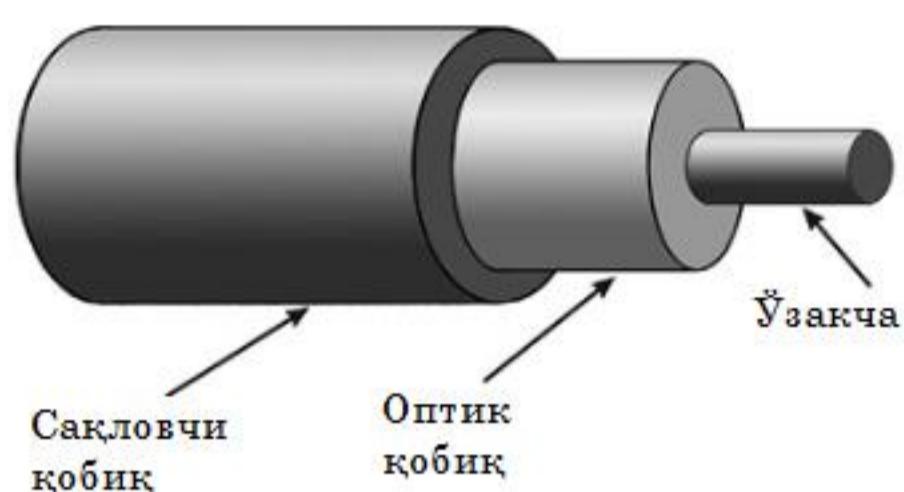
Үзакча ёруғликни узатишига мүлжалланган. Унинг атрофидаги оптик қобиқнинг синдириш күрсаткичи үзакчанинг синдириш күрсаткичидан фарқ қиласы да үзакда ёруғликнинг түлиқ ички қайтишини таъминлайды.

Оптик қобиқнинг синдириш күрсаткичи үзакчаникidan 1% кичик бўлади. Оптик қобиқ сиртида кўшимча химоялаш қобиқчаси бўлади. У аксарият бир ёки бир неча қатламдан иборат полимердан ясалади ва толани ташки таъсирдан сақлайди.

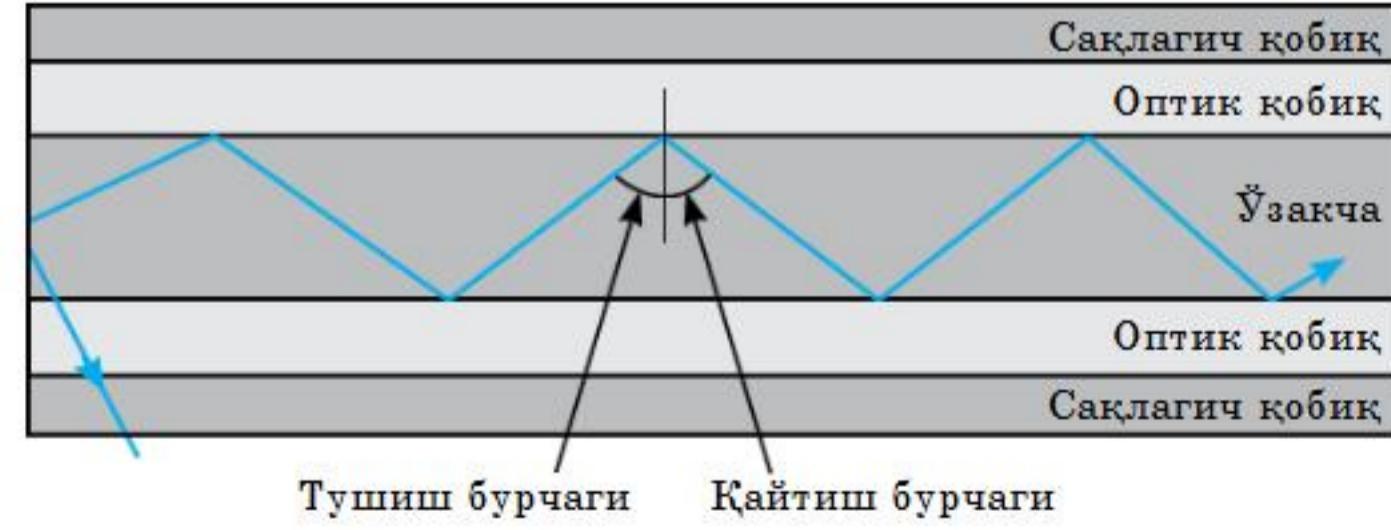
28.2-расмда ёруғликнинг тола бўйлаб тарқалиши кўрсатилган.

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

Чегарага чекли бурчакдан кичик бурчак билан тушган ёруғлик нурлари оптик қобиқчага ўтади ва тарқалиб бориб ютилади. Оптик толали алоқа — ахборот узатиши электромагнит тўлқинларнинг оптик диапазондаги диэлектрик тўлқин узаткич воситасида амалга оширадиган алоқа тури. 1960 йили лазер пайдо бўлгандан бошлаб алоқа тизимида оптик диапазондаги электромагнит тўлқинлардан фойдаланиш имкони туғилди.



28.1-расм. Ёруғлик узатгичнинг тузилиши



28.2-расм. Оптик толадаги тўла ички қайтиш

Оптик толанинг афзалликларига тұхталамиз:

- арzon кварцдан тайёрланған толанинг асосини кремний икки оксиidi ташкил этади;
- оптик толанинг диаметри 100 мкм, яъни жуда енгил ва ихчам, унинг авиацияда асбоблар тайёрлаш, кабелли техникада келажаги порлок;
- шишиали толалар металл әмас, енгил, шунинг учун үтә мустаҳкам пластикдан фойдаланиб, ундан исталған мұхитда, чунончи, ҳавода, ер остида ва ҳ.к. қўлланиш мумкин;
- тола оптикаси асосида қурилған алоқа тизимлари ёқимсиз электромагнит таъсирларни, тўсиқларни сезмайди, ёруғлик узаткич билан бериладиган ахборотдан ҳеч ким рухсатсиз фойдалана олмайди. Оптик-толали алоқа тизимида бегона кишилар ахборотдан рухсатсиз фойдалана олмайди.

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

Фуқаролар ва муассасаларга ахборот ҳамда хизмат кўрсатишга оид белгиланған асосий вазифалар кўнгилдагидек амалга оширилмоқда ва “электрон ҳукумат” инфратузилмаси яратилди, мана шундай лойиҳалар сифатида электрон лицензиялар бериш, солиқлар 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 узатишида оптик толали алоқаларнинг истиқболи порлок эканини кўрсатади.



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



Компакт-диск ҳақида ахбороттайёрлангихтиро қилиниши, таёйрлаништехнологияси, ёзувлар.

29-§. Қозоғистонда алоқа воситаларининг ривожланиши



Таянч түшүнчалар:

✓ алоқа воситалари



Бугундарда:

- Қозоғистонда алоқа воситаларининг ривожланиши ва уяли алоқа тизими билан танишасиз.



Қозоғистон Республикасида биринчи радиостанция 1913 йилда Форт-Шевченко шаҳрида қурилган эди. Учқунли хабарлагичнинг қуввати атиги 1 кВт бўлган ва у 300 км радиусли масофагача доимий алоқа ўрнатиб, радиотелеграф режимида ишлади.

XX асрнинг иккинчи ярмида Қозоғистонда 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. Таşқи мұхитнинг таъсири алоқанинг узвий ишлашига ҳалақит берарди. Шунинг учун алоқанинг кабелли ва радиорелели тармоқлари бўйича амалга ошириладиган турлари кенг қўлланила бошланди. Қозоғистондаги дастлабки радиорелели алоқа Алмати ва ҳозирги Бишкек шаҳарлари орасида қурилиб, 1958 йилдан бошлаб ишлай бошлайди. Радиорелели тармоқларда дециметрли ва сантиметрли тўлқинлар фойдаланилган. Бу тўлқинлар антеннанинг бевосита кўриниш чегарасига тарқалган. Оралиқ кичик радиостанциялар сигнални кучайтириб, ундан кейин қўшни томонларга йўналтирилган. Телеахборотлар оралиғи 100—130 км бўлган ретрансляторлар орқали бутун республикага шу тариқа узатилган.

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

Россиядаги космик алоқа 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 ривожланмоқда. Бунинг учун геостационар (36 000 км) орбитада учадиган йўлдошлар қўлланилади. Шунингдек, юртимизда толали оптик алоқа тизимининг Трансосиё-Европа магистрални ишга туширилди. Миллий йўлдош алоқа

тизими яратилмоқда. 2006 йилнинг 18 июнида Бойқұнғир космодромидан “Kazsat” биринчи Қозоғистон алоқа йўлдоши учирилди.

Хозирги пайтда шу серияли алоқа йўлдошларини учириш дастурлари амалга оширилмоқда. Замонавий янги алоқа воситаларини ривожлантиришга қаратилган дастурлар ахборот жамиятига ўтишини назарда тутган. Жумладан, интернет тармоғидан фойдаланувчилар сони 75%га, аҳолини эфир рақамли телерадиахборотларни узатиш билан таъминлаш 95%га, электрон кўринишда амалга ошириладиган давлат хизматлари улушини 50%гача етказиш мўлжалланган. XXI асрда инсоният тараққиётининг ривожланиши илмий-техника тараққиётнинг навбатдаги босқичи — ахборот, коммуникацион технологияларни ҳаётнинг барча соҳаларига татбиқ қилиш билан тавсифланади. Бу технологиялар инсон ҳаётини ўзгартириб, ахборот жамиятига, ижтимоий-иктисодий ва юксак маданий ривожланган жамиятга ўтиш учун пойдевор ҳамда моддий таъминот бўлиб ҳисобланади. Хозирги пайтда уяли алоқа тизими энг яхши ва жадал суръатда ривожланган алоқа тизими ҳисобланади. Дунёда 1973 йилда уяли телефондан дастлаб Motorola компаниясининг мобиль 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 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 бошланди. Компания 825 МГц — 890 МГц частота диапазонида AMPS (Advanced Mobile Phone Service) уяли алоқанинг аналог стандартида ишлаш тизимини тавсия этди. Бунинг учун Motorola фирмасининг технологияси ва ускуналаридан фойдаланилди. Юртимиздаги алоқа воситалари ривожланишининг навбатдаги босқичи 1998 йилда “Карл-Тел” компанияси фаолиятидан бошланди. Хозирги 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;

“Карл-Тел” МЧЖ савдо маркаси: Beeline;

“Мобайл Телеком Сервис” МЧЖ савдо маркаси Tele 2;

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

Қозоғистонда 4G технологияси киритилда. Амалдаги 3G технологиясининг асосий афзаллиги ахборотларни узатишнинг, интернетга

қўшилишнинг юқори тезлигини таъминлайди. 3G учинчи авлод тармоқлари видеотелефон алоқани ўрнатишга, мұккамал телефонда жорий тасвирни кўришга имкон беради. 2011 йилда 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 эришиш бўйича алоқа хизматини ривожлантиришга, жумладан, бирга олиб бориладиган хизматлар спектрини кенгайтиришга, мұккамал ТА (IPTV), видеотасвирлар ва 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 охирларида дастлабки кабелли телекўрсатув тармоқлари қурила бошланди. Ҳозирги пайтда Республика кабелли телекўрсатув хизматини 146 оператор бажармоқда.

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

Йўлдош алоқа тизимини ривожлантиришда “Бойқўнғир” космодромининг (космик ракеталарни учирис маркази) аҳамияти катта. Йўлдош “Ёруғлик” 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.

30-§. Юқори частотали электромагнит түлқинларнинг биологик таъсири ва улардан ҳимояланиш



Таянч тушунчалар:

- ✓ **табиий ва сунъий электромагнит нурланиш турлари**

Бугун дарсда:

- алоқа тизимларида құлланиладиган юқори частотали электромагнит түлқинларнинг инсон аъзосига таъсирини тушуниб оласиз.



Инсоният гравитацион майдон, радиоактив нурлар ва электромагнит нурлар уммонауда ҳаёт кечирмоқда. Умумжағон тараққиеті ташқи мұхитнинг табиий майдон манбаларига сунъий нурланиш манбаларини қўшди. Электромагнит нурланишнинг табиий ва сунъий манбалари мавжуд. Атмосфера, Қуёш ва юлдузларнинг радионурланиши, Ернинг электр ва магнит майдонлари табиий электромагнит майдонлар сира-сига киради.

Сунъий электромагнит майдон манбаларига телерадиостанциялар, трансформаторлар, радиолокаторлар, электр тармоқлари тизимлари, микротүлқинли печь, электр-пиширгичлар, ўлчов куроллари, телекўрсатув, уяли телефон ва ҳ.к. киради. Бу майдонларнинг тирик организмларга таъсир қилиш фаоллиги уларнинг интенсивлигі ва теб-ранишлар частотасига боғлиқ. Масалан, микротүлқинли печдаги майдонда товуқ гүштини тез пишириш мүмкин, лекин идиш совуқлигича қолаверади. Сунъий электромагнит нурланиш мұхити ўзгармас электр ва магнит майдонлардан, паст частотали электромагнит майдонлардан, шунингдек, 30 кГц ва 300 ГГц диапазондаги радиотүлқинлардан иборат. Стиник майдон тирик организмларга яқын соҳадагина таъсир қиласи, чунки унинг энергия оқими зичлиги масофанинг квадратига тескари пропорционал равишда камаяди.

Электр майдон кучланганлигининг одамлар учун санитария че-гаравий қиймати $1 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ га teng. Юқори кучланишли электр узатиш тизимларида бу чекли қиймат ўнлаб, ҳатто юзлаб метр масофагача оғади. Максус ўтказилган тадқиқотлар олти кун мобайнида электр тармоғининг тагида кунига 15 дақиқадан 3 марта турган одамнинг ўзида неврологик ўзгаришларга, миянинг ишлаш қобилиятининг пасайишига олиб келишини кўрсатди. Қувватли электромагнит майдон манбаларига саноатда қўлланадиган частотадаги токларни киритиш мүмкин. Юқори кучланишли электр линияларга эга соҳалардаги электр майдон кучланганлиги 1 метрга ҳисоблаганда бир неча минг вольтга етиш мүмкин. Масалан, 330 кВ кучланишли электр узатиш станциясидаги кучланганлик $5000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, кучланиш 550 кВ бўлса, эса кучланганлик

8000 $\frac{\text{В}}{\text{м}}$ гача етади. Вахоланки, тупроқ электромагнит түлқинларни яхши ютгани учун, электр линиясидан 100 м масофада майдон кучланғанлиги юзлаб вольтгача камаяди. Шунингдек, бинолар, дараҳтлар, ернинг рельефи майдонга түсқинлик қиласы.

Радио ва телекүрсатувдаги юқори частотали электромагнит түлқинларнинг одам организмига таъсири унинг тебранишлар частотасига боғлиқ. Частота юқори бўлганда, яъни түлқин узунлиги қисқа бўлса, майдоннинг заарли таъсири кучая боради. Электромагнит түлқинлар узоқ масофаларга тақалади, шунинг учун уларнинг инсон соғлигига заарли таъсири хавфи сакланади.

Ўзгарувчан электромагнит түлқинлар одам танасига ўтиб, ундаги сув молекулаларини түлқиннинг тарқалиш йўналишида ҳаракатлантиради. Организмдаги пайлар каби баъзи диэлектрикларнинг ўзгарувчан қутбланиши ва ўтказувчанлик токининг пайдо бўлиши ҳисобига организмдаги ҳужайраларнинг қизишига олиб келади. Электромагнит түлқинлар сув миқдори кўпроқ бўлган одам танасининг кўз, мия, буйрак, ошқозон ва бошқа аъзоларига кучлироқ таъсир кўрсатади. Кўзнинг ўткирлиги пасайишига олиб келади, бу таъсир бир неча ҳафтадан кейин сезилиши мумкин. Ўзгармас магнит ва электр майдонларнинг қуввати чекли меъёрдан ошиб кетиши нафас олиш, ҳазм қилиш органларининг, юрак-қон айланиш тизимининг бузилишига олиб келади. Юқори частотали ультратовушлар, лазер нурлари ва электромагнит түлқинлар инсон миясига кучли таъсир кўрсатади. Агар тинчлик мақсадларида фойдаланилмаса, бундай психотроп қуроллар таъсирида мия фаолияти ўзгаради, ўйлаш, эсда сақлаш, ўзини тутиш қобилияtlари пасаяди, мияга янги маълумотлар киритилиши мумкин.

Телемарказ, радиолокатор станциялари атрофида маҳсус санитария ҳимоя зоналари қурилади. Қучланиши 750 кВ дан юқори бўлган электр узатиш узеллари аҳоли яшайдиган уйлардан камида 300 м узоқликда жойлашиши шарт. Юқори частотали қурилмалар жойлашган ҳамма жойда ҳимоялаш чоралари қабул қилинган бўлиши зарур. Компьютер ва телевизор кинескопларида маҳсус ҳимоя қатламлари бўлшига қарамасдан, электромагнит нурланиш жиҳатидан улар ҳали ҳам хавфли манба ҳисобланади.



1. Ўзингиз яшайдиган жойларда, уйларда, мактаблар атрофида юқори частотали электр линиялари борми? Уларни билинг ва улардан узоқроқ юринг.
2. Компьютер олдида ҳар куни қанча вақт ўтирасиз? Ўз кайфиятингизни ўзингиз назорат қилинг.
3. Уяли телефоннинг кичик радиостанция эканлигини ёдда тутинг! Унинг фойдаси ва зарари ҳақида маъруза тайёрланг.

5-бобнинг асосий мазмунни

• Максвелл электромагнит майдон назариясини яратди. Максвелл назариясининг ғоялари қуидагилардан иборат: ҳар қандай үзгарувчан магнит майдон фазода уюрмавий электр майдонни ҳосил қиласи; үзгарувчан электр майдон ҳар доим уюрмавий магнит майдаонни юзага келтиради; электромагнит майдон фазода электромагнит түлқин тарзида тарқалади.

• Электромагнит түлқинда электр майдоннинг \vec{E} кучланганлиги ва \vec{B} магнит майдон индукциясининг даврий тебранишлари юз беради. \vec{E} ва \vec{B} векторлар ўзаро ва түлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр. Электромагнит түлқинлар — кўндаланг түлқинлар.

• Электромагнит түлқинлар тезланиш билан ҳаракатланган зарядланган зарралар (электронлар)нинг тебранишида ҳосил бўлади.

• Электромагнит нурланишнинг энергетик тасифи — нурланиш оқимининг зичлиги (интенсивлиги) бўлиб, у қуидагича топилади:

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

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

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

• Г. Герц тажрибалари электромагнит түлқинларнинг тарқалишини исботлади. А. С. Попов ва Г. Маркони радиоалоқани амалга ошириш мумкинлигини кашф қилдилар.

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

III бўлим. ОПТИКА

6-боб. ТҮЛҚИН ОПТИКА

31-§. Ёруғликнинг электромагнит табиати



Таянч тушунчалар:

- ✓ ёруғлик
- ✓ ёруғликнинг түлқин назарияси

Бугун дарсда:

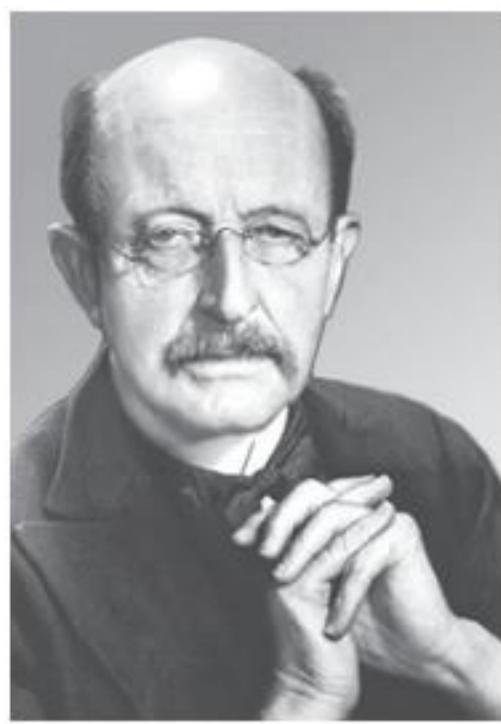
- ёруғликнинг табиати ва тарқалиши ҳақидаги турли назариялар билан танишасиз.



Ушбу бобда биз кундалик ҳаётда кўп учрайдиган ёруғлик ҳодисаларини ўрганишни бошлаймиз. Ёруғлик энергиясидан амалда фойдаланишни аллақачон ўрганиб олганмиз. Ёруғликнинг муҳитда тарқалиш қонунлари, шунингдек ёруғликнинг турли моддалар билан ўзаро таъсиридаги табиати қандай бўлиши бизга маълум. Масалан, ёруғлик иссиқлик, кимёвий таъсирга эга, шунингдек сиртга босим беради, яъни ёруғликнинг механик таъсири намоён бўлади. Атрофимиздаги олам ҳақидаги маълумотларнинг 80 фоизга яқини кўз орқали қабул қилинади. Ёруғликнинг кўзга таъсир кўрсатишининг ўзи кимёвий жараён. Ёруғлик кўзнинг сезгир мемранасига таъсир этиши натижасида кўриш ва шунга мувофиқ миядаги марказий асабни кўзғатади.

Ёруғликнинг тарқалиш қонуниятларини, унинг моддалар билан ўзаро таъсир жараёнларини, ёруғлик табиатини ўрганадиган физиканинг соҳаси оптика дейилади.

Ёруғлик табиати ҳақидаги тасаввурларга қисқача шарҳ. Инсоният азалдан ёруғлик табиати масаласига қизиқиб келган. Қадимда одамлар кўриш қобилиятининг сирини очишга интилишган. Милоддан аввалги III асрда қадимги юнон файласуфлари ёруғлик табиати ҳақида жуда кўп турли фаразларни илгари суришган. Масалан, Пифагор, одамнинг кўзи нарсаларга йўналган “флюидлар” чиқаради ва улар орқали одам кўради, деб ишонган. Евклид инсон кўзидан чиқадиган кўриш нурлари назариясини яратган. Улар буюмни ҳис қилишади ва у ҳақида маълумотни одамларга етказади. Унинг фикрига кўра, ўша буюмдан ажralиб чиқсан кичик атомлар одам кўзига тушади ва бундан одамлар кўради, деб ҳисоблаган. Демак, ҳар бир буюмдан шу буюмга ўхшаш қобиқчалар узлуксиз равишда ажralиб чиқади. Ушбу қобиқлар — “шарпалар” ёки шу буюмнинг тасвири инсон кўзига тушиб, унда шу буюмнинг тасвирини, шакли, ранги ва ўлчамларини ҳис қилиш туйғусини уйғотади. Аристотель “ёруғлик — фазодаги ёруғлик манбаидан тарқаладиган ёруғликнинг таъсири” деб тушунтирди. Пла-



Макс Планк
(1858—1947)

тон бу икки назарияни бирлаштиришга ҳаракат қилди. Унинг фикрича, буюмдан чиққан нур ва күздан чиққан нурнинг ўзаро таъсири натижасида күзда буюмнинг тасвири ҳосил бўлар экан.

XVII асрнинг ўрталарида (1672 йил) буюк инглиз физиги Исаак Ньютон ёруғликнинг корпускуляр назариясини яратди. Ушбу назарияга кўра, ёруғлик — *шуълаланувчи буюмлар томонидан ажраби чиқарилган ёргулук дастасининг тез учадиган зарралар* (корпускулалар) оқимидир. Бу назария қарийб 200 йил давом етди. У ёруғликнинг қайтиш ва синиш қонунларини, унинг тўғри чизик бўйлаб тарқалишини, дисперсиясини яхши тушунтириди. Аммо ёруғлик интерференцияси ва дифракциясини тушунтира олмади. Бироз вақт ўтгач, 1690 йилда голландиялик физик Гюйгенс янги назарияни — *ёруғликнинг тўлқин назариясини* илгари сурди. Бу назарияга кўра ёруғлик маҳсус мухит (эфир) тебранишларининг тарқалиши ҳисобланди. Ёруғлик ҳам товуш каби сферик тўлқинлар билан тарқалади. Аммо товуш тўлқинларидан фарқли ўлароқ, ёруғлик жуда юқори (300000 км/с) тезликда тарқалади. Ёруғликнинг тўлқин назарияси XVIII асрда машҳур олимлар Л. Эйлер, М. В. Ломоносов, Б. Франклин томонидан қўлланди. Ёруғликнинг тўлқин назарияси ёруғлик интерференциясини, дифракциясини, ёруғлик нурларининг мустақил тарқалиш ҳодисаларини яхши тушунтириди. Лекин у ёруғликнинг тўғри чизиқли тарқалишини исботлай олмади. XIX аср бошларида О. Френель ва Т. Юнг ўтказган тажрибалар натижаси ёруғликнинг тўлқин назариясини ишончли далиллади.

Корпускуляр ва тўлқин назариялар 200 йил мобайнида биргаликда мавжуд бўлди. Улар ўртасидаги рақиблик кўплаб ёруғлик ҳодисаларида содир бўладиган жараёнларни тушунтиришда олға силжишга имкон берди.

1865 йилда инглиз физиги Ж. Максвелл электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги ёруғликнинг тарқалиш тезлигига teng эканлигини назарий жиҳатдан исботлади. Демак, ҳар қандай электромагнит ғалаён ёруғлик тезлигига teng тезлик билан тарқалиши керак. Бундан келиб чиқадики, ёруғлик электромагнит тўлқинларнинг хусусий ҳолидир. Бундан кейин Максвелл ёруғликнинг барча тўлқин хоссаларини тушунтириб берадиган ёруғликнинг электромагнит назариясини яратди.

XIX аср охириларида немис физиги Г. Герц ташқи фотоэффект (тушаётган ёруғлик таъсирида модда сиртидан электронларнинг ажраби чиқиши) ҳодисасини кашф қилди. 1900 йилда немис физиги М. Планк ёруғлик нурни алоҳида порция (квант)лар тарзида чиқаради ва ютади деган гипотезани илгари сурди. А. Эйнштейн бу гипотезани ривожлан-

тириб, ёруғлик — локал зарралар, яъни фотонлардан иборат деган фикрга келди. Ёруғлик тарқалганда ўзини электромагнит түлқин, моддалар билан таъсирлашганда эса зарралар (квантлар) кўринишида намоён қиласи. Шу тариқа ёруғликнинг квант назарияси пайдо бўлди. Мазкур назарияга кўра ёруғлик — алоҳида квантлар тарзида нурланадиган ва ютиладиган электромагнит түлқинлардир.

Шундай қилиб, ёруғлик корпускуляр-түлқинли дуализмга (икки ёқламалик) эга, яъни у түлқин хоссаларини ҳам, корпускуляр хоссаларини ҳам намоён қилиши мумкин. Бундан ташқари, ёруғлик түлқини узунлиги қанча қисқа бўлса, ёруғликнинг корпускуляр хоссалари шунча яққол намоён бўлади ва түлқин узунлиги қанча катта бўлса, унинг түлқин хоссалари устун бўлади.



1. Оптика нима?
2. Ёруғликнима?
3. Ёруғлик назариясини кимлар ўрганган?

32-§. Ёруғлик интерференцияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ Юнг усули
- ✓ Френель усули
- ✓ ёруғлик интерференцияси
- ✓ Ньютон ҳалқалари

Бугун дарсда:



- ёруғлик интерференцияси ҳодисаси;
- икки нурли интерференция ва уни амалгаошириш усуллари;
- ёруғлик интерференциясидан турмушда фойдаланиш билан танишасиз.

Фазалар силжиши ўзгармас ва бир хил частотали түлқинларнинг қўшилиши ёруғлик түлқинларининг ўзаро таъсирлашувидағи эътиорни ўзига жалб қиласидиган ҳолат. Бунда фазонинг баъзи нуқталарида бу түлқинлар қўшилиб, бир-бирини кучайтиради, бошқа бир нуқталарда, аксинча, бир-бирини заифлаширадиган интерференция ҳодисаси кузатилади. Бунда экранда қоронғу ва ёруғ йўллар навбат билан жойлашади. Бу интерференция ҳодисасидан иборат. Ёруғлик интерференцияси механик түлқинлар интерференцияси каби бўлади. Ёруғликнинг минимум (заифлашиш) ва максимум (кучайиш) шартлари мос равишида (16.6) ва (16.7) формулалар билан аниқланади. Шунингдек, ёруғлик түлқинлари интерференцияси баъзи хусусиятларга эга. Агар иккита ёруғлик манбаидан бир хил частотали синусоидал ёруғлик түлқинлари нурлантирилса, у ҳолда улар учрашган жойда интерференцион манзара ҳосил бўлади. Аммо ўша интерференцион манзарани бир-бирига боғлиқ бўлмаган бир хил ёруғлик чиқараётган иккита ёруғлик манбаидан



Томас Юнг
(1773—1829)

хосил қилиш мүмкін әмас. Шунинг учун ёруғлик түқинларида интерференция ҳодисаси күзитлмайды деган холосага келгандек бўламиз.

Интерференция ҳодисасини 1675 йилда Ньютон, кейинроқ Юнг ва Френель кузатган. Буни қандай тушунтириш мүмкін? Аслида, масала тўлқин тизмасида экан. Жисмнинг турли атомлари бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда ёруғлик чиқаради. Шунинг учун уларнинг частоталари бир хил бўлишидан қатъи назар, ҳар қайси тизманинг фазаси ҳар хил бўлади. Бу эса ёруғлик фазаси бетартиб ўзгарадиган электромагнит тўлқин эканлигини кўрсатади. Демак, икки тўлқин бир-бирига қўшилганда пайдо бўладиган натижавий тўлқиннинг берилган

нуқтадаги амплитудаси ҳам тасодифий равища бир секундда миллион марта (максимум ёки минимум бўлиб) ўзгариб туради. Бизнинг кўзимиз ёруғлик энергияси тушган бутун сиртни бир текис ёритилганда қабул қиласди. Шунинг учун ёруғлик тўлқини интерференцияси фақат когерент тўлқинлар қўшилгандағина юзага келади.

Икки нурли интерференция ва уни амалга ошириш усуллари. Когерент тўлқинлар сунъий равища интерферометр ёрдамида ҳосил қилинади. Когерент тўлқинларни ҳосил қилишнинг энг содда тури — битта ёруғлик нурини иккига ажратишдан иборат.

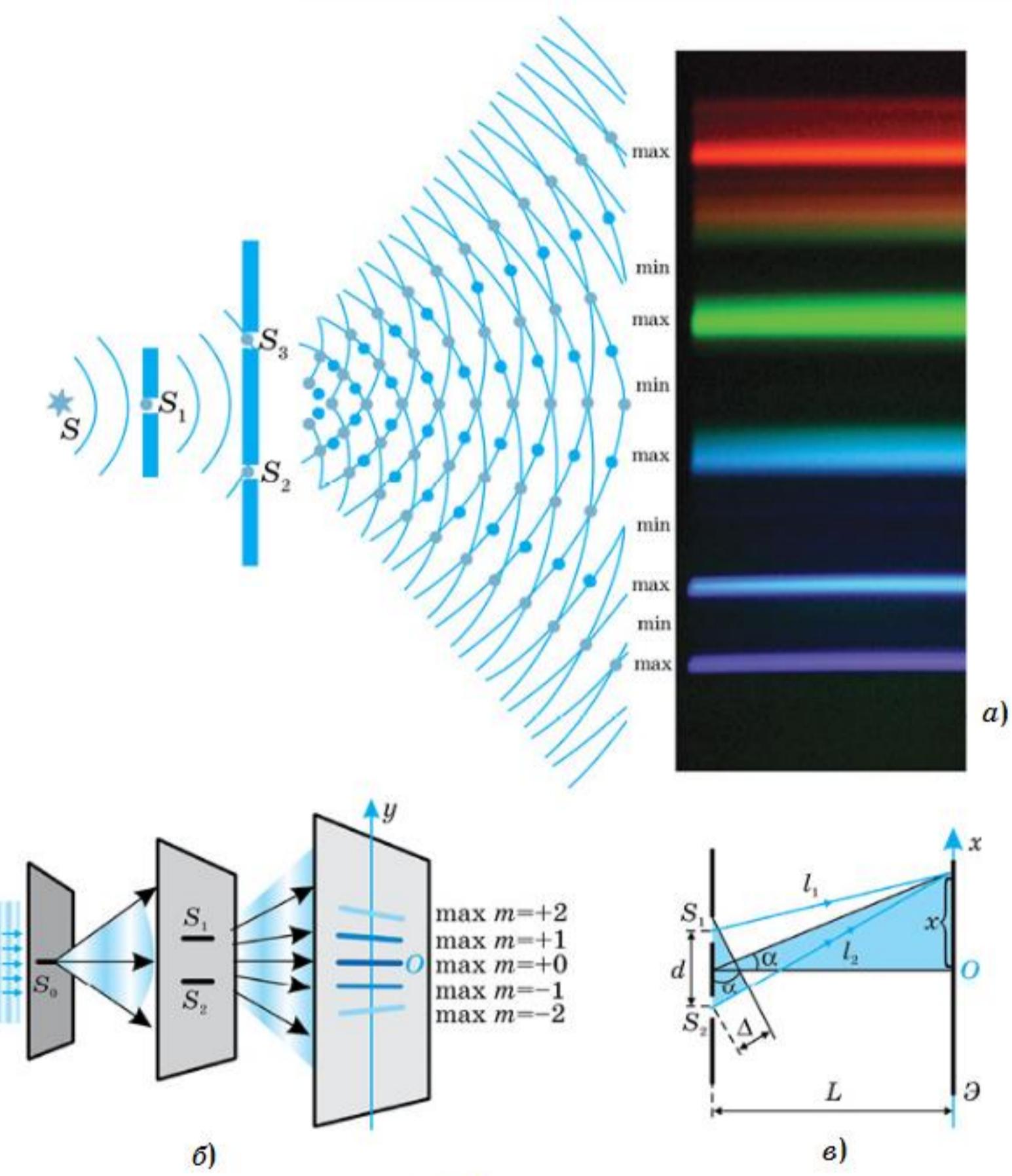
1. Юнг усули. Инглиз физиги Томас Юнг ёруғлик тўлқинларининг фазовий когерентлигини ҳосил қилди. Бунинг учун у S ёруғлик манбаини олиб, унинг олдига S_0 тирқишли тўсик ўрнатди. Ёруғлик тўлқинлари ўша тирқишдан ўтиб, бир вақтда бир хил фаза билан иккита S_2 ва S_1 тирқишларга етиб боради. Бу тирқишлар бир-бирига яқин ва ёруғлик манбаига нисбатан симметрик жойлаштирилган (32.1, *a*, *b*-расм).

Шунинг учун S_2 ва S_1 тирқишлар бир тўлқин сиртда ётади деб ҳисоблаш мүмкін. Гюйгенс принципига кўра тўлқин сиртнинг ҳар

бир нуқтаси иккиламчи тўлқин манбаи бўлиб ҳисобланади. Бизнинг ҳолимизда бу биринчи ва иккинчи тирқишлардир. Бу тўлқинлар бир-бири билан қўшилиб, интерференцион манзара ҳосил қиласди. 32.1-расмда кўрсатилган йўл фарқини аниqlаш учун ҳисоблашларни бажариб, ушбу формулага келамиз: $\Delta = \frac{d}{L}x$, бу ерда Δ — тўлқинларнинг йўл айирмаси (фарқи), d — S_3 ва S_1 тирқишлар орасидаги масофа, L — S_1 ва S_2 тирқишлардан экрангача бўлган масофа, x — марказий максимумдан экрандаги интерференцион манзара кузатилган O нуқтагача бўлган масофа (32.1, *b*-расм).

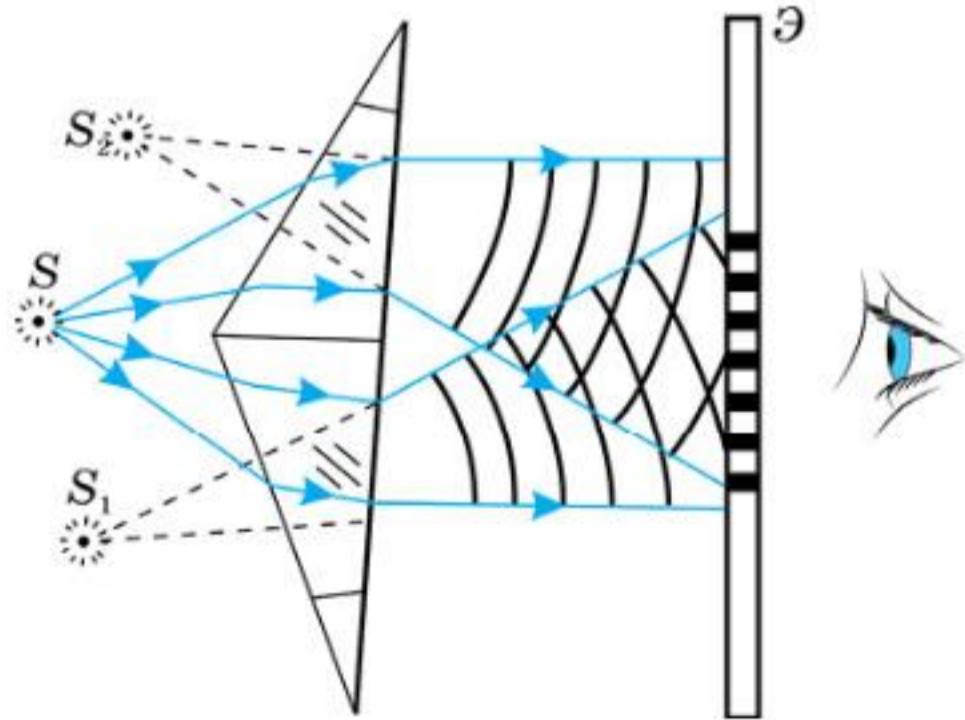


Огюстен Френель
(1788—1827)

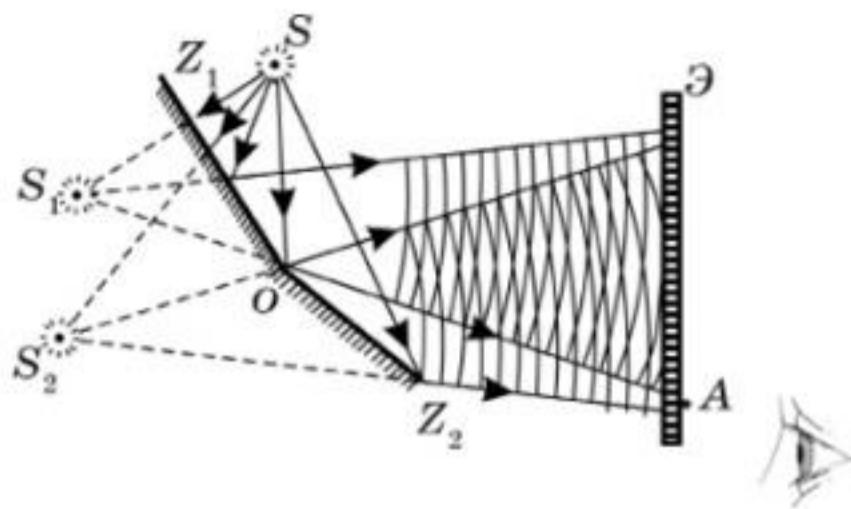


32.1-расм

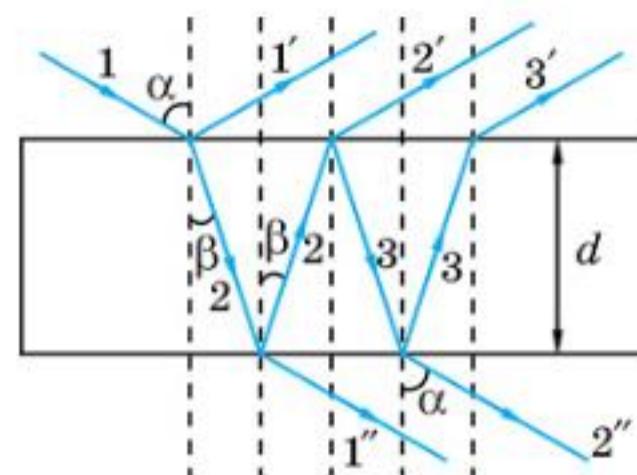
2. Френель усуллари. Когерент ёруғлик түлқинини ҳосил қилишнинг бошқа усулини француз физиги Огюстен Жан Френель таклиф этди. Бунинг учун у бипризма (икки призма) ва бикүзгу (икки күзгу)дан фойдаланди. Бипризма ҳар бирининг синиш бурчаги жуда кичик бўлган иккита бир хил призмадан иборат. Уларнинг асослари бир-бира га ёпиширилган. Френель бипризмаси асосидаги бурчак $\approx 175^\circ - 179^\circ$ га teng ўтмас бурчакдир. S ёруғлик манбаидан чиққан нур бипризмага тушади ва ундан иккита S_1 ва S_2 ёруғлик түлқини олинади. Улар айланга ёйи бўйлаб жойлашган (32.2-расм).



32.2-расм



32.3-расм



32.4-расм

Экранда турғун интерференцион манзара — навбат билан жойлашган қорамтири ёруғ йўл (полоса) лар юзага келади.

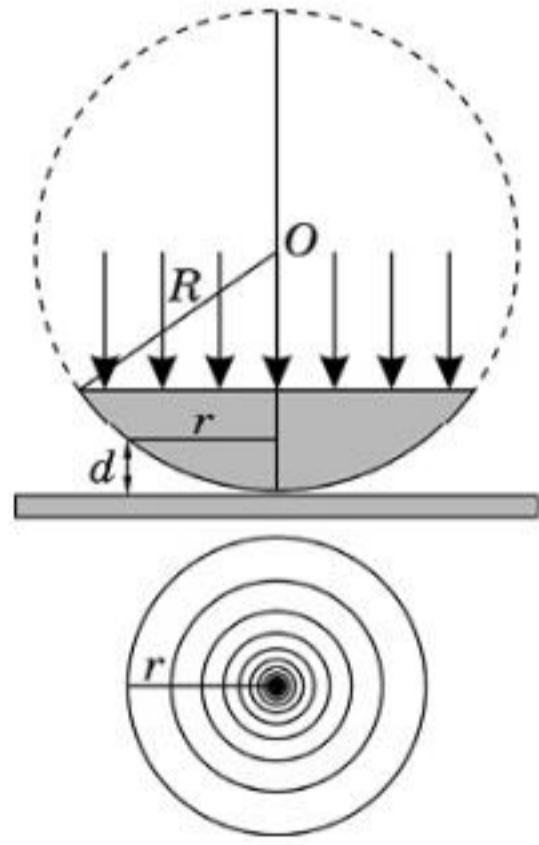
Бикўзгунинг ишлаш принципи ҳам юқоридаги каби бўлади. Z_1 ва Z_2 кўзгулар S ёруғлик манбаидан чиққан нурларни қайтариб, экранга йўналтиради ва бу нурни иккига ажратади, улар экранда интерференцион манзара ҳосил қиласди (32.3-расм).

3. Юпқа парда усули. Сув сиртига мой, нефть, бензин томчилари томганда шу сиртда ёруғликнинг ранг-баранг товланишини кўп кўрганмиз. Бундай манзара совун пифагида, ниначи қанотида ҳам кузатилади. Бензиннинг юпқа пардаси сиртига ёруғлик тушганда қандай жараён содир бўлишини кўриб чиқамиз (32.4-расм). Бензиннинг юпқа пардаси ясси параллел пластинкалар ҳосил қиласди. S ёруғлик манбаидан чиқадиган нур пардалардан ўтганда бир неча когерент нурларга ажралади. Ёруғлик интерференциясини тушган ёруғликда ҳам, қайтган ёруғликда ҳам кузатиш мумкин. Бензин пардасининг қалинлиги узлуксиз ўзгаргани учун юпқа пардадаги интерференцион манзара ўзгариб туради.

Баъзи ҳисоблашларни бажариб, тўлқиннинг юпқа пардадаги йўл айирмасини аниқлайдиган формуулани топамиз:

а) ўтган ёруғликда $\Delta = 2dn \cos \beta$, бу ерда Δ — тўлқиннинг йўл айирмаси, d — парданинг қалинлиги, n — парда моддасининг синдириш кўсаткичи, β — ёруғликнинг синиш бурчаги:

б) қайтган ёруғликда $\Delta = 2dn \cos \beta + \frac{\lambda}{2}$. Қайтган ёруғликда йўл айирмасига ярим тўлқин узунлиги қўшилади, чунки қайтганда ярим тўлқин йўқолади (32.4-расм).



32.5-расм

4. Ньютон халқалари. Ньютон халқлари юпқа пардалардаги интерференциянинг хусусий ҳоли бўлиб, у юпқа парданинг қалинлиги текис ўзгарган ҳолда кузатилади. 1675 йилда Ньютон астрономик рефракторнинг қавариқ объективи билан ясси шиша орасидаги юпқа ҳаво қатлами рангини кузатган. Ньютон тажрибасида зич сиқилган шиша

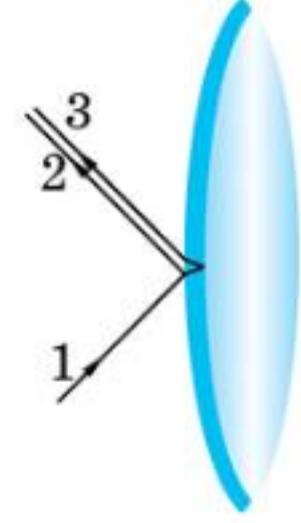
ва объектив орасидаги юпқа ҳаво қатламининг қалинлиги шиша билан объективнинг тегиб турган жойидан объективнинг ташқи қисмiga томон бир меъёрда катталашыб боришини кузатди (32.5-расм).

Содда ҳисоблашлар орқали қайтган ёруғликдаги Ньютоннинг қорамтири ҳалқалари (ёки ўтган ёруғликдаги ёруғ ҳалқаларнинг) радиусларини аниқлаш мумкин: $r = \sqrt{k\lambda R}$, бу ерда $k = 0, 1, 2, \dots, r$ — ҳалқа радиуси, R — линзанинг эгрилик радиуси, λ — тўлқин узунлиги. Қайтган ёруғликдаги Ньютоннинг ёруғ ҳалқалари (ёки ўтган ёруғликдаги қорамтири ҳалқалар)нинг радиуслари: $r = \sqrt{2(k - 1)\frac{\lambda}{2}R}$, бу ерда $k = 0, 1, 2, \dots$.

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

1. *Интерферометрлар* — сезгир асбоб бўлиб, у жуда кичик бурчакларни, ёруғлик тўлқини узунликларини, кичик кесимлар узунлигини, турли моддаларнинг синдириш кўрсаткичларини, сиртга ишлов бериш сифатини ва сирт атрофидаги сайқаллаш аниқлигини текширишга қодир. 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 қўлланилди.

2. *Интерференция ҳодисаси* оптик асбобларнинг равшанлигини тартибга солиш мақсадида фойдаланилди, яъни интерференция ёрдамида қайтган нурлар миқдорини орттириш 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 кўрсатди. Аммо линза атрофидаги муҳитнинг синдириш кўрсаткичи ҳавонинг синдириш кўрсаткичидан катта бўлиши лозим. Линза сиртига парда суртиш технологиясини собиқ совет олими, физик Гребеншиков амалга оширган. Ёруғлик бунда икки марта, дастлаб ҳаво — парда чегарасида, кейин парда — линза чегарасида қайтади (32.6-расм). Парданинг



32.6-расм

синдириш күрсаткичи ва қалинлиги шундай танлаб олинады, бундан қайтган нурлар қарама-қарши фазада бўлади. Шунинг учун улар бир-бирини заифлаштиради. Унинг эвазига ўтадиган ёруғлик дастаси катталашади. Ўтган ёруғликнинг максимум шарти бундай берилади:

$\Delta = 2dn \cos\beta \pm \frac{\lambda_0}{2}$. Агар ёруғлик линза сиртига вертикал тушса, у ҳолда β бурчак 0° га тенг. У ҳолда $\cos\beta = 1$, $\Delta = k\lambda_0$. Бинобарин, $d = \frac{\lambda_0}{4n}$, бу ерда d — парданинг қалинлиги, λ_0 — ёруғлик тўлқинининг муҳит (ҳавода)даги тўлқин узунлиги, n — парданинг синдириш күрсаткичи. Ҳисоблашлар ёруғликнинг тўлиқ сўниши қўйидаги шарт бажарилганда рўй беришини кўрсатади: $n_p = \sqrt{n_d}$. Парда қалинлиги тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлгани учун, ҳисоблашлар анча интенсив нурлар, яъни яшил ва бинафша рангли нурлар учун олиб борилди. Шунинг учун равшанлаштирилган оптик линза бинафша рангга яқин бўлади.

3. *Интерферометрлар* ёрдамида қаттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиш коэффициентини аниқлаш, шунингдек, магнит майдондаги ферромагнетиклар ўлчамларининг ўзгаришини ҳам ўлчаш мумкин.

Юқорида ёруғлик интерференцияси ҳодисасининг татбиқига доир келтирилган мисоллардан ёруғлик интерференциясининг нечоғли муҳим аҳамиятга эга эканлиги ҳақида холоса чиқариш мумкин.

БУ ҚИЗИҚ!

Кўз олдингизда баъзанкичина хира доғлар пайдо бўладими? Ушбу доғлар доиравий қон ҳужайраларида ёруғлик дифракциясинатижасида юзага келадигани интерференцион манзара бўлиб ҳисобланади. Қон ҳужайралари қон босимининг кўтарилиши ёки тепки таъсирида капиллярлардан кўзга тушиши мумкин. Осмотик босим таъсиридан кейин бу ҳужайралар шар каби шишиб кетади.



1. Ёруғлик интерференциясинин механик интерференциядан фарқи нимада?
2. Икки дастали интерференцияни олиш усуллариниайтиб беринг.
3. Интерференцион манзара ларда иккита ёруғлик манбаидан пайдо бўлган максимум нуқталари даги ёритилганлик битта ёруғлик манбаидан олинган ёритилганликдан 4 марта ортиқ бўлиши мумкин. Бу энергиянинг сақланиш қонунига зид эмасми?
- *4. Ниначи қаноти рангининг товланишини тушунтиринг.
5. Турли икки ёруғлик манбаидан чиқсан нурлар нима учун интерференцияланмайди? Битта ёруғлик манбанинг турли иккита нуқтасидан чиқсан ёруғлик нурлари қўшилганда ҳам шундай бўлади. Нима учун?
6. Қизил ёруғликдан фойдаланиб, Френелнинг бикўзгулари орқали интерференцион йўл (полоса) олинди. Агар бинафша ёруғликдан фойдалансак, интерференцион йўл (полоса) манзараси қандай ўзгараради?
7. Ёруғлик нурини сўндириш мумкини? Агар мумкин бўлса қандай?
8. Соғунпуғагидаги кўкимтири рангли жойининг қалинлигига таҳминан қанча?
9. Интерференциянига турмушда кўпланилиши гадоир мисоллар келтиринг.



1. "Майкельсон интерферометри", "Линник, Луммер-Герхе, Фарби-Перо интерферометрларива уларнинг құлланилиши", "Оптикани равшанлаштириш" мавзусидакиичик реферат тайёрланг.

2. Лазериккита тирқиши олдигажойлаштирилған (32.7-расм). Лазер ёруғлик частотаси 670 ТГц нур чиқарғанда экранда тасмалар күзатилади.

- интерференцион тасмалар қандай пайдо бўлганини тушунтириңг.
- ёруғлик тўлқинининг узунлиги 450 нм га тенг эканини кўрсатинг.



- Сув сиртига бензин томчиларини томизинг. Бензин томчилари ўрнида турли рангдаги доғларнинг пайдо бўлишини қандай тушунтириш мумкин?
- Совун пуфагига пуфлангандаунинг ранги ҳар қатламида турлича бўлади. Нима учун? Тушунтириңг.



- Нима учун баъзи қушлар ва ҳашаротлар қанотларининг ранги турли бурчаклардан қаралганда ўзгаради?
- Атмосфера ўзгаришларига учраган ёки узоқ вақт нам тупроқда ётганшиша сиртида турли рангларни кўриш мумкин. Уларнинг пайдо бўлишини қандай тушунтириш мумкин?

Масала ечиш намунаси

Когерент S_1 ва S_2 ёруғлик манбалари тўлқин узунлиги 500 нм бўлган ёруғлик чиқаради. Ёруғлик манбалари орасидаги масофа 0,5 мм, ҳар бир ёруғлик манбаидан экрангача бўлган масофа 2 м. Экрандаги O нуқтадан қандай масофада ёруғликнинг биринчи максимуми кузатилади?

Берилган:

$$k = 1$$

$$d = 0,5 \text{ мм} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\lambda = 500 \text{ нм} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$L = 2 \text{ м}$$

Топиш керак: x — ?

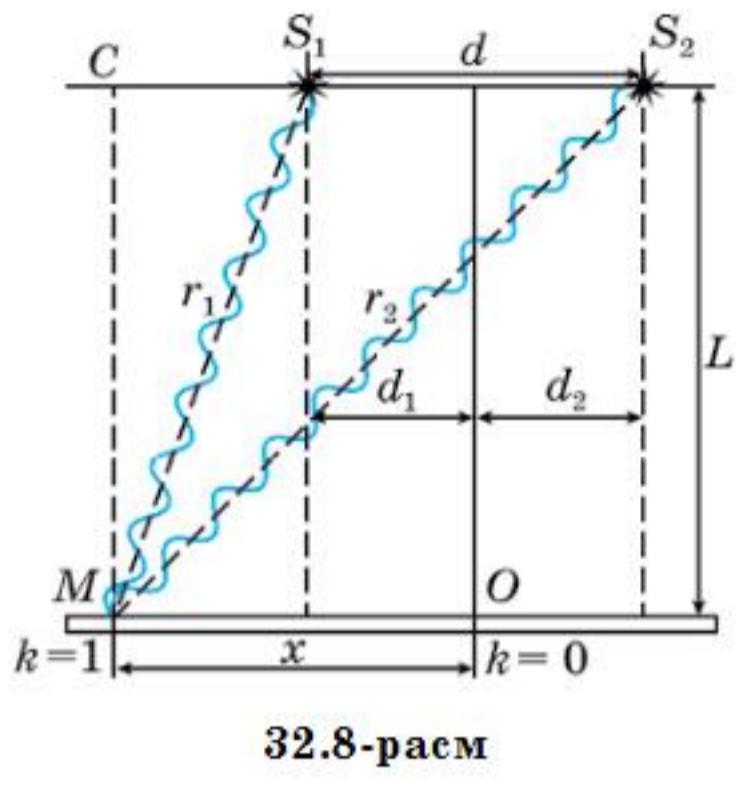
Ечилиши. Интерференция пайтидаги максимум шарти: $\Delta = k\lambda$, бу ерда Δ — иккала ёруғлик манбаидан чиққан нурларнинг йўл айирмаси, k — максимум тартиби, λ — ёруғлик тўлқинининг узунлиги. Спектр биринчи қаторли бўлгани учун $k = 1$. 32.8-расмдан ҳар қайси манбадан чиққан нурларнинг йўлларини тўғри бурчакли S_1MC ва S_2MC учбурчакларнинг гипотенузалари тарзида топамиз.

$d_1 = d_2 = \frac{d}{2}$ бўлгани туфайли, Пифагор теоремасига кўра

$$r_1^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2 \text{ ва } r_1^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2.$$

Охириги икки ифодани бир-биридан айирамиз, $r_2^2 - r_1^2 = 2xd$ ёки $(r_2 - r_1)(r_2 + r_1) = 2xd$. Агар $S_1S_2 = d$ икки ёруғлик орасидаги масофа улардан экрангача бўлган $MC = L$ масофага нисбатан унча катта бўлмаса,





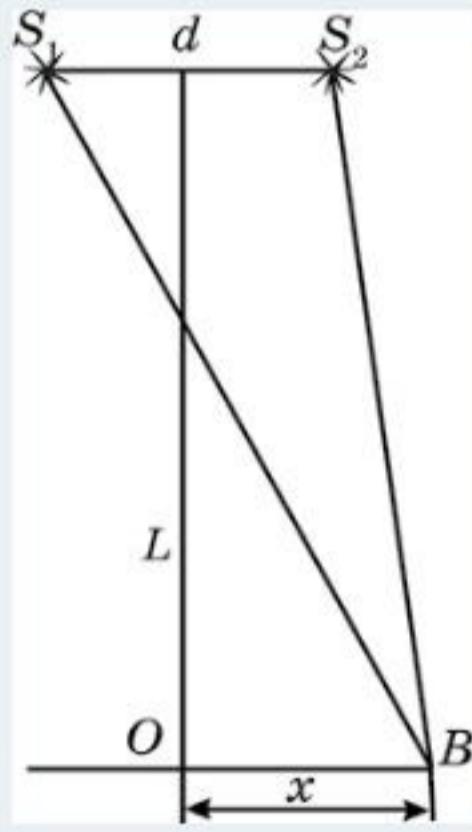
яъни $d \ll L$, у ҳолда интерференцион манзара яққол кузатилади. Мазкур ҳолда $r_2 + r_1 \approx 2L$ ва $r_2 - r_1 = \frac{2xd}{2L}$, $\Delta = r_2 - r_1$ бўлгани учун, $\Delta = \frac{xd}{L}$. У ҳолда Δ нинг қийматларини тенглаштириб, $k\lambda = \frac{xd}{L}$ тенгламани ҳосил қиласиз. Бундан $x = \frac{k\lambda L}{d}$. Сон қийматларини ўрнига қўямиз, жумладан, $x = \frac{1 \cdot 500 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 2 \text{ м}}{0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2 \text{ мм.}$



15-машқ

- Фазонинг маълум бир нуқтасига геометрик йўл айирмаси 1,2 мкм бўлган когерент нурлар тушади, уларнинг вакуумдаги тўлқин узунлиги 600 нм. Интерференция таъсирида бу нуқтада нима кузатилишини аниқланг. Масалани ҳаво, сув, синдириш кўрсаткичи 1,5 бўлган шиша учун ечинг.

Жавоби: кучаяди, заифлашади, кучаяди.



- Экран иккита S_1 ва S_2 когерент манбадан чиққадиган тўлқин узунлиги 590 нм бўлган ёруғлик билан ёритилади. Манбалар орасидаги масофа 200 мкм ва экраннинг О марказидан 15 мм масофада B нуқта орқали O нуқтадан ҳисоблаганда иккинчи интерференцион йўлларнинг маркази ўтади (32.9-расм). Ёруғлик манбаларидан экрангача бўлган масофани аниқланг.

Жавоби: 2,03 м.

- Орасидаги масофа 0,32 мм бўлган оқ ёруғликнинг когерент манбалари ингичка тирқишлиар тарзида берилган. Интерференция кузатиладиган шу манбалардан экрангача бўлган масофа 3,2 м. Экрандаги иккинчи интерференцион спектрнинг қизил ($\lambda_k = 760$ нм) ва бинафша ($\lambda_k = 400$ нм) чизиқлари орасидаги масофани топинг.

Жавоби: 7,2 мм.

- Иккита когерент ёруғлик манбалари орасидаги масофа 240 мкм, улар экрандан 2,5 м масофада жойлашган. Экранда қора ва оқ йўллар навбат билан такрорланган. 5 см масофада 10,5 та йўл (полоса) жойлашади. Экранга тушаётган ёруғлик тўлқинининг узунлиги қандай?

Жавоби: 4,57 нм.

- Қалинлиги 0,5 мкм юпқа парда тўлқин узунлиги 590 нм ёруғлик билан ёритилади. Агар парданинг синдириш кўрсаткичи 1,48 бўлса, ёруғлик эса парда сиртига перпендикуляр йўналтирилса, шу пардан ўтган ёруғлик қандай рангда бўлади? Агар парданинг нурларга нисбатан қиялиги ўзгартирилса, парданинг ранги қандай ўзгаради?

Жавоби: қора рангдан очик рангга ва аксинча.

- *6. Қандай минимал қалинликда синдириш күрсаткичи 1,54 бўлган материалдан ясалган пластинка сиртига перпендикуляр, тўлқин узунлиги 750 нм нурлар тушганда пластинка қайтган нурда қизил, қора рангга бўялади?

Жавоби: 120 нм қизил рангга бўялганда,
240 нм қора рангга бўялганда.

7. Агар оқ ёруғлик билан ёритилган юпқа парда сиртига перпендикуляр бўйлаб қаралса, у қайтган ёруғликда яшил бўлиб кўринади. Агар парда нурларга нисбатан қия жойлаштирилса, нималар кузатилади?

Жавоби: қизилдан ҳаво ранг, кўк, бинафша рангга айланиб туради.

8. Юпқа парда монохроматик параллел нурлар билан ёритилганда нима учун унинг бир жойларида оқ, бошқа жойларида қора полосалар пайдо бўлишини тушунтиринг.

9. Юпқа парда оқ ёруғликнинг параллел нурлари билан ёритилганда парданинг ҳар хил рангга бўялишини қандай тушунтириш мумкин?

33-§. Ёруғлик дифракцияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ дифракция
- ✓ коллиматор
- ✓ Френель принципи



Бугун дарсда:

- Френель принципидан фойдаланиб, дифракцион манзара билан танишасиз.



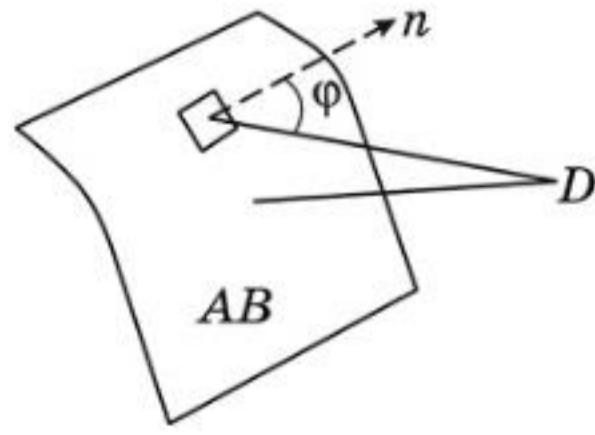
Ёруғлик дифракцияси деб ёруғликнинг тўғри чизиқли тарқалишидан оғиши ёки ёруғликнинг тўсиқни айланиб ўтишига айтилади. Ёруғлик дифракциясини XVII аср ўрталарида итальян физиги Франческо Мария Гриимальди кашф қилди. У жуда содда тажриба ўтказди. Дераза дарчалари орасида жуда кичик тирқиши қолдириб, ўша тирқиши орқали ёруғлик нурини йўғонлиги 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 тирқишдан пайдо бўлган дифракцияни кузатиш қийин. Бунинг учун тирқиши ёки тўсиқнинг ўлчами билан ёруғлик тўлқинининг узунлиги деярли teng бўлиши керак. Турмушда эса тўсиқ катталиги ёруғлик тўлқини узунлигидан ҳамма вакт катта бўлади. Шунинг учун дифракция тўсиқдан анча олис масофада кузатилади. Масалан, Ой тутилганда Қуёшдан чиққан ёруғлик Ери айланиб ўтишини кузатиш мумкин. Ойнинг ранги бунда тўқ қизил бўлиб кўринади. Чунки шу узунликдаги қизил тўлқинининг ёруғлик нурлари Ери айланиб ўтиб, Ой сиртида интерференцияланади. Демак, дифракцияни кузатиш учун керакли шароитлар яратилиши лозим.

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

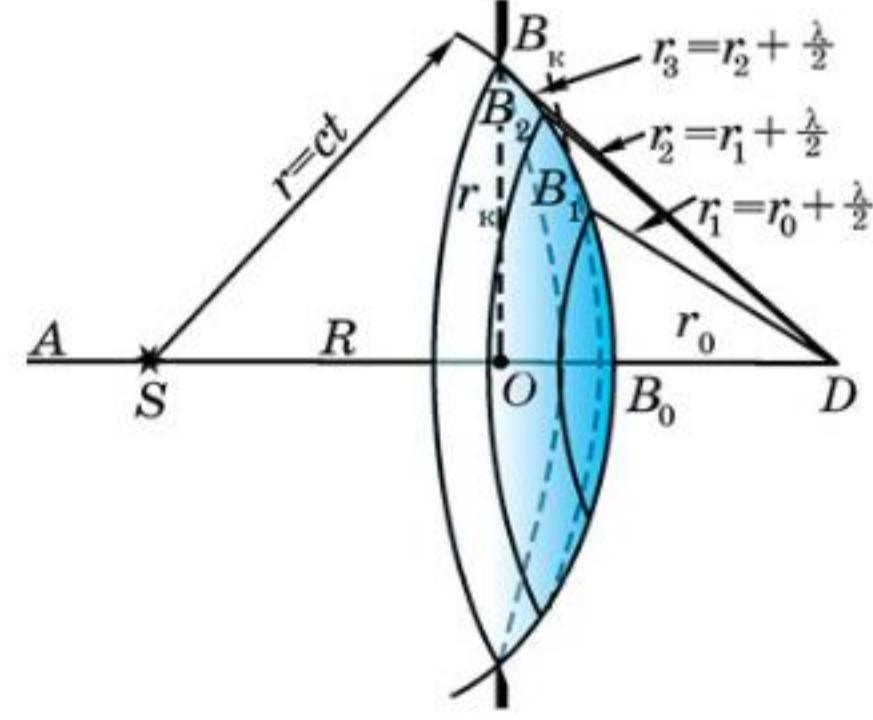
Ёруғлик дифракциясининг намоён бўлишининг сабаби — ёритилганликнинг берилган сиртда тақсимланиши ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалишига асосланган геометрик оптика қонунлари ифодалаган манзарадан фарқ қиласи. Ёруғлик дифракция ҳодисасини Гюйгенс ва Френель тушунтириб берди. Гюйгенс — Френель принципига асосан тўлқин фронтининг ҳар бир нуқтасини янги (иккиламчи) сферик тўлқиннинг маркази деб ҳисоблаш мумкин. AB сирт (33.1-расм) бирор пайтдаги тўлқин фронти бўлсин. У ҳолда D нуқтада тўлқин таъсирида пайдо бўладиган тебранишларни аниқлаш керак.

Френель принципига асосан, бу нуқтага AB сиртнинг ҳар бир элементидан етиб келган иккиламчи тўлқинлар тебранишларини аниқлаб, сўнгра шу тебранишларни унинг фазалари ва амплитудаларини ҳисобга олган ҳолда қўшиш керак. Демак, ҳар қандай D нуқта учун натижавий дифракцион манзара шу нуқтага барча иккиламчи тўлқинлардан келадиган тўлқинларнинг интерференцияси натижаси сифатида қаралади.

Бир нуқтага яқинлашувчи нурлар дифракцияси. Бизга r_k радиусли доиравий тирқишдан R масофада жойлашган S ёруғлик манбаи берилган бўлсин (33.2-расм). Ёруғлик тирқишининг чеккасидаги B_k нуқтага тушсин. Ёруғлик бу ерда ўз йўналишини ўзгартиради. OS тўғри чизиқда исталган нуқтани танлаб оламиз. Бу нуқтага тирқишдан чиққан ёруғлик нурлари йигилади. S ёруғлик манбаи нуқтавий ва монохроматик, ёруғлик тўлқини тарқаладиган муҳит эса изотроп бўлсин. Бундан исталган пайтда олинган тўлқин фронти радиуси $r = ct$ сфера шаклида бўлади. Бу тўлқин сиртдаги ҳар бир нуқта иккиламчи сфе-



33.1-расм



33.2-расм

рик тұлқинлар манбаи бўлади. Тұлқин сиртдаги ҳамма нұқталарда тебранишлар бир хил фазада ва бир хил частотада содир бўлади. Демак, иккиламчи тұлқинлар когерент тұлқинлар әкан. Бу тұлқинлар D нұқтада қўшилганда натижавий тебранишлар амплитудаси ортиши ёки камайиши мүмкін (D нұқтадан тұлқин сиртнинг ҳар бир нұқтасигача бўлган масофа ҳар хил, шу туфайли турли нұқталардан келадиган тебранишлар фазалари ҳам турлича бўлади), яъни ўша нұқтада оқ ёки қора доғлар пайдо бўлади.

Кузатилган ҳодиса доиравий тирқишдан чиқиб, бир нұқтага тўпланган (яқинлашган) нурларнинг дифракцияси деб аталади.

Параллел нурлардаги дифракция. Дастрлаб мазкур дифракцияни немис физиги Йозеф Фраунгофер ўрганган. Фраунгофер дифракцияси қўшимча оптика ёрдамида олинган ёруғлик дифракциясидир. Параллел нурлар олиш учун ёруғлик манбаи чексиз узоқликка жойлаштирилди. Лаборатория шароитида параллел нурлар олиш учун *коллиматор* (лотинча *collimo* — тўғри чизик бўйлаб йўналтириш) найдан фойдаланилди. Ёруғлик манбаи линзанинг фокусига жойлаштирилди. Бунда ёруғлик нурлари линзада сингандан кейин параллел йўналишда кетади. Бу параллел нурлар йўлига яна битта линза қўйилади. Бу линза нурларни иккинчи линзанинг фокал текислигига жойлашган экранда бир нұқтага йигади.

Оптик асбобларнинг ажратат олиш қобилияти. Ёруғлик дифракцияси ҳодисаси аксарият оптик асбобларнинг ва инсон кўзининг ажратат олиш қобилиятини чеклаб қўяди. Одам кўз қорачигининг диаметри, кундузги ёруғлик шароитида $D = 2$ мм экани бизга маълум. Бу ёруғлик тұлқинлари ўтадиган тирқишининг диаметри бўлиб ҳисобланади. Одамнинг кўзи $\lambda = 560$ нм узунликдаги тұлқинларни яхши қабул қиласи. У ҳолда марказий дифракцион доғнинг бурчак радиуси қўйидагига teng:

$$\alpha = \frac{\lambda}{D} = \frac{560 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-3}} \approx 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \approx 1'.$$
 (33.1)

Демак, иккита ёруғлик манбаи, агар уларнинг бурчак масофаси битта нұқтавий ёруғлик манбаидан пайдо бўлган дифракцион оқ доғнинг бурчак радиусидан катта бўлса, одамнинг кўзига алоҳида алоҳида олинган ёруғлик манбаи сифатида сезилади. Шунинг учун одам кўзининг ажратиш қобилияти таҳминан 1 га teng бўлади. Телескоп орқали юлдузни фотосуратга олганда юлдуз фотосуратининг тасвири ёруғлик дифракцияси таъсирида нұқтавий бўлиб чиқмайди. Объективининг диаметри 6 м бўлган телескопнинг ажратат олиш қобилияти таҳминан $0,02''$. Дифракция ҳодисаси микроскопнинг ҳам ажратат олиш қобилиятини чеклайди. Агар микроскоп объективидан олинган иккита нұқтавий жисмнинг тасвиirlари уларнинг дифракцион тасвиirlарининг қўшилиши натижасида кўринмаса, у ҳолда тасвиirlарни окуляр орқали катталаштириш ҳам тасвиirlарни кўришга имкон бермайди.

Микроскоп объективининг диаметри катталашганда ёруғликнинг тұлқин узунлиги, буюм билан объектив орасидаги масофа камайган-

да эса микроскопнинг ажрата олиш қобилияти ортади. Шунинг учун микроскопнинг ажрата олиш қобилиятини катталаштиришнинг бир йўли қисқа тўлқинли ультрабинафша нурланишни қўллашдир. У нурлар фотоплёнкага тушиб, уни ёритади. Олинган тасвир очилтирилади ва кейин уни кўриш мумкин.

БУ ҚИЗИҚ!

Баъзида ҳавода жуда чиройли садафрангли булатларни кўриш мумкин. Қуёш ботгандан сўнг, улар шунчалик ёрқинки, улардан тушган ёруғлик қорни ёритади. Ушбу булатларнинг пайдо бўлиш сабаби ёруғлик дифракциясидир. Садафрангли булатлар, асосан, 15 дан 27 км гача баландлиқда қутб кенгликларида кузатилади ва жуда кам учрайдиган ҳодиса. Уларнинг радиуси (0,1—3 мкм) кўринувчи ёруғлик тўлқинининг узунлигига яқин бўлган томчилардан иборат. Ушбу томчиларда ёруғлик дифракцияси содир бўлади, бу томчи радиуси ва тўлқин узунлигига боғлиқ.



1. Оптиканда дифракциянинг хусусиятлари қандай?
2. Гюйгенс—Френель принципини тушунтиринг. Кичик тирқиш орқали ўтган ёруғлик тўлқини фазонинг бирор нуқтасида тебраниш ҳосил қиласди. Уша тебраниш амплитудасини қандай ҳисоблаш мумкин?
3. Френель соҳаларинима? Улар қандай ҳосил қилинади?
- *4. Френель соҳаларининг юзлари бир хил бўлишини исботланг. Френель соҳаларитенглигинимани беради?
5. Доиравий тирқиши диаметрини катталаштирганда ёки тирқишидан экрангачабўлган масофани ўзгартирганда, дифракцион манзара марказидаги ёритилганликнинг даврий ўзгаришини қандай тушунтириш мумкин?
6. Фраунгофер дифракцияси сининг Френель дифракциясидан фарқи нимада?
7. Нима учун жуда майда буюмларни микроскоп орқали кўра олмаймиз?
8. Кўзнинг ажрата олиш қобилияти қандай омилларга боғлиқ?
- *9. Кўзгусининг диаметри 6 м бўлган оптик телескоп орқали Ойдаги фазогирни кўриш мумкинми?
- *10. Одам сочининг йўғонлигини ўлчашга оид оптик усулни тавсия қилинга.



Агар чангланган кўзгу олдига шам ёқсак, аланга атрофидатурли рангларни кўриш мумкин. Эксперимент ўтказиб, уни тушунтиринг.

34-§. Дифракцион панжара



Таянч тушунчалар:

- ✓ дифракцион панжара
- ✓ панжара доимииси
- ✓ қайтарувчи панжалар

Бугун дарсда:

- “Дифракцион панжара” тушунчаси билан танишасиз.



Аниқ ва ёрқин дифракцион манзарани ҳосил қилиш ҳамда кузатиш учун дифракцион панжарадан фойдаланилади. *Дифракцион панжара — ёруғлик дифракцияси кузатиладиган кўп сонли тўйсик 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 айтилади. Бундан ташқари дифракцион панжаралар геометрик тузилишига қараб ҳам иккига бўлинади: яssi ва фазовий дифракцион панжаралар. Фазовий номунтазам дифракцион панжараларга мисол тариқасида ҳавода туман томчиларнинг ёки муз кристалларининг тўпланишини, шудрингни келтириш мумкин.

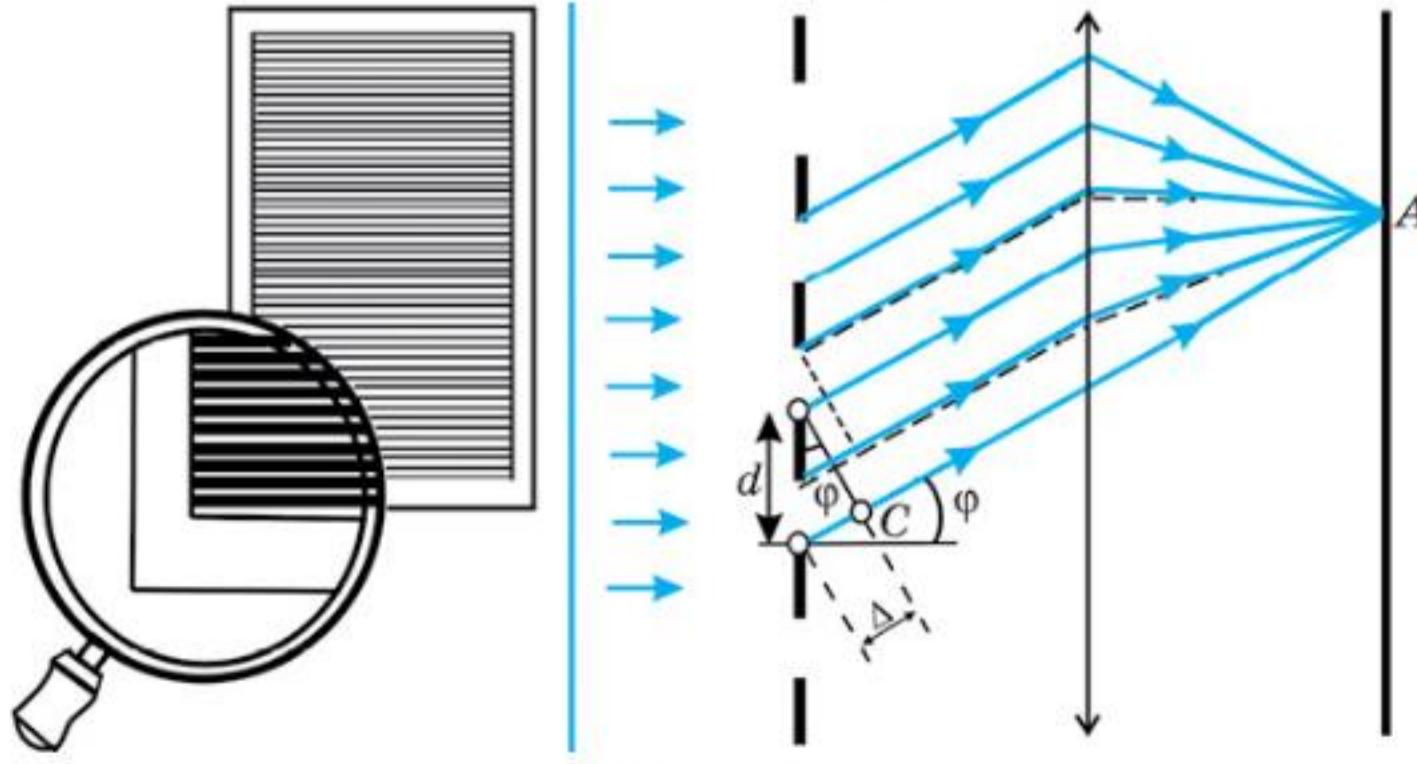
Яssi мунтазам панжара. Уни олмос кескич ёрдамида параллел ва бир-бирига жуда яқин жойлашган тирқиш ва тўсиқлар тўпламидан тайёрланади. Тирқишининг эни a , тўсиқ-шрихнинг эни b бўлсин, у ҳолда $b + a = d$ панжаранинг доимийси ёки унинг даври дейилади.

Ёруғликнинг дифракцион панжарада тарқалиш жараёнини кўриб чиқамиз. Монохроматик нурланишнинг яssi фронти панжара тирқишилари текислигига тушаётган бўлсин. Линза ёрдамида ҳамма параллел нурлар дастасини экранга тўплаймиз. Экраннинг Φ йўналишида тарқалаётган параллел нурларнинг дасталари тўпланадиган исталган A нуқтани танлаб оламиз. Қўшни икки тирқишдан чиқадиган ёруғлик нурларининг йўл айирмасини 34.1-расмдан осон топамиз: $\Delta = d \sin \phi$.

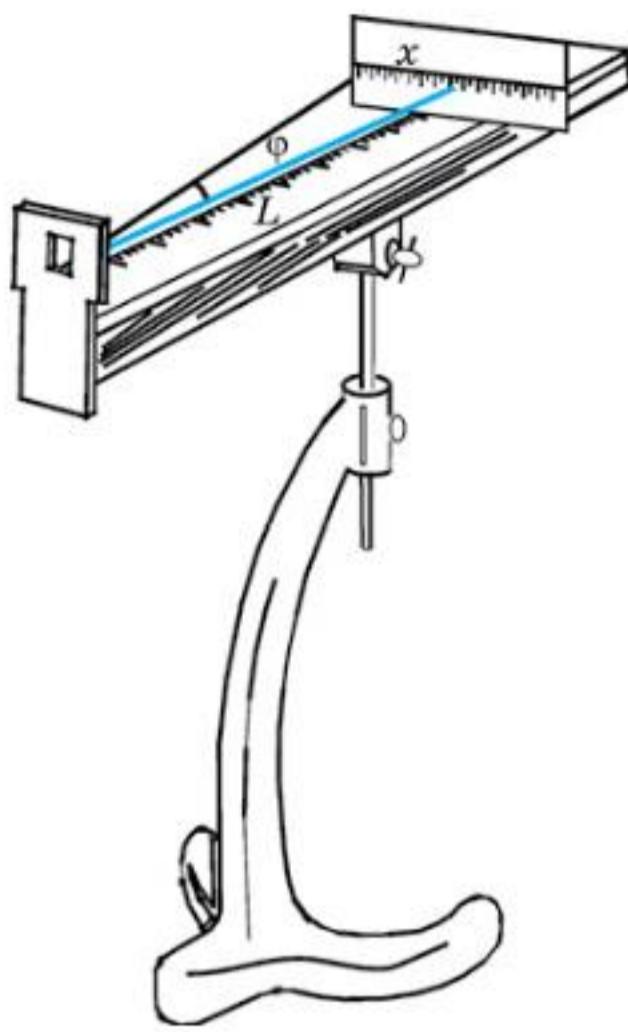
Агар $\Delta = 2k \frac{\lambda}{2}$ бўлса, A нуқтада максимум кузатилади. У ҳолда дифракцион панжара учун қуйидаги формула ўринли:

$$d \sin \phi = k \lambda, \quad (34.1)$$

бу ерда $k = 0, 1, 2, \dots$. Ушбу ифода орқали дифракция натижасида ҳосил бўлган максимумларнинг биринчи, иккинчи ва ҳ.к. тартибини топиш мумкин. **Дифракцион манзара** — қорамтир оралиқлар билан ажратилади ранги йўллар қаторидир. Тирқишдан оқ ёруғлик панжрага тушганда, марказдаги оқ доғнинг икки четида биринчи, иккинчи ва ҳоказо тартибли бўялган спектрлар кўринади.



34.1-расм



34.2-расм

Шунингдек, түлқин узунлиги ортган сари (қызил ёруғлик) ўша түлқиннинг максимуми кузатиладиган бурчак катта бўлади. Агар панжарага яшил рангли ёруғлик туширилса, ҳамма максимумлар яшил рангга бўялади. (34.1) 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 иккинчи тартибли иккита 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 айирмасининг қийматига мос равища катта бўлади. Панжаранинг даврини камайтириш турли узунликдаги түлқинлар максимумлари орасидаги бурчак масофани ортиришга 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 жойлаштирилади. Металл пластинка сиртига параллел чизиклар чизиб яхши панжара ясаш мумкин. Бу панжаралар қайтарувчи панжаралар деб аталади. Шаффофф панжара тайёрлаш учун шиша пластинка сиртига параллел чизиклар чизилади.

Ёруғлик түлқини узунлигини аниқлаш. Ёруғлик түлқини узунлигини топиш учун 34.2-расмда кўрсатилган асбобдан фойдаланилади. Миллимуртли бўлимлари бўлган узун чизғичнинг битта учига қора экранни шундай жойлаштирамизки, у шу чизғич бўйлаб эркин силжисин. Экраннинг ўртасида тирқиши бор. Чизғичнинг иккинчи учида дифракцион панжарани ўрнатамиз. Панжара ва тирқиши орқали ёруғлик манбаига қарасак, биз экраннинг қора фонида тирқишининг икки томонидан дифракцион спектрларнинг биринчи, иккинчи ва шу каби тартибларини кўрамиз. Дифракцион панжара формуласидан фойдаланиб, жуда кичик бурчак учун $\sin\phi \approx \tan\phi$ эканини ва 34.2-расмдан $\tan\phi = \frac{x}{L}$ эканини хисобга олиб, ёруғлик түлқинининг узунлигини ҳисоблаймиз:

$$\lambda = \frac{d \sin \phi}{k} = \frac{d \tan \phi}{k} = \frac{dx}{kL}, \quad (34.2)$$

бу ерда d — панжаранинг даври, x — тирқишдан аниқланадиган түлкін узунлиги спектрининг чизигуга бўлган масофа, L — дифракцион панжарарадан экранга чизғич бўйлаб олинган масофа.



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



1. Сунъий садафтумачаларнинг сиртига майда чизиклар чизамиз. Бундан кейин тугма рангли бўлиб кўринади. Нима учун?
2. Деразадагитюль орқали кўча чироғига қаранг. Кузатилганҳодисани тушунириңг.



Сизнинг ихтиёрингизда 1 мм да 500 та штриҳдан иборат дифракцион панжара, ўлчаштасмасива яшил ёруғликни ўтказадиган фильтрбор. Яшил ёруғликнинг түлкін узунлигини аниқлаш учун нима қилиш керак?

Масала ечиш намунаси

Түлкін узунлиги $\lambda = 750$ нм бўлган нур дифракцион панжарага тушганда ундан $L = 1$ м масофада жойлашган экрандаги максимумлар қатори бир-биридан $x = 15$ см масофада бўлса, дифракцион панжара даври нимага teng? Панжаранинг $l = 1$ мм даги чизиклар сонини аниқланг. Бу панжара қанча максимум бера олади? Охирги дифракцион максимумга мос келадиган нурларнинг максимал силжиш бурчаги қандай?

Берилган:

$$L = 1 \text{ м}$$

$$k = 1$$

$$l = 1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\lambda = 750 \text{ нм} = 750 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$x = 15 \text{ см} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Топиш керак:

$$d = ? \quad N/l = ?$$

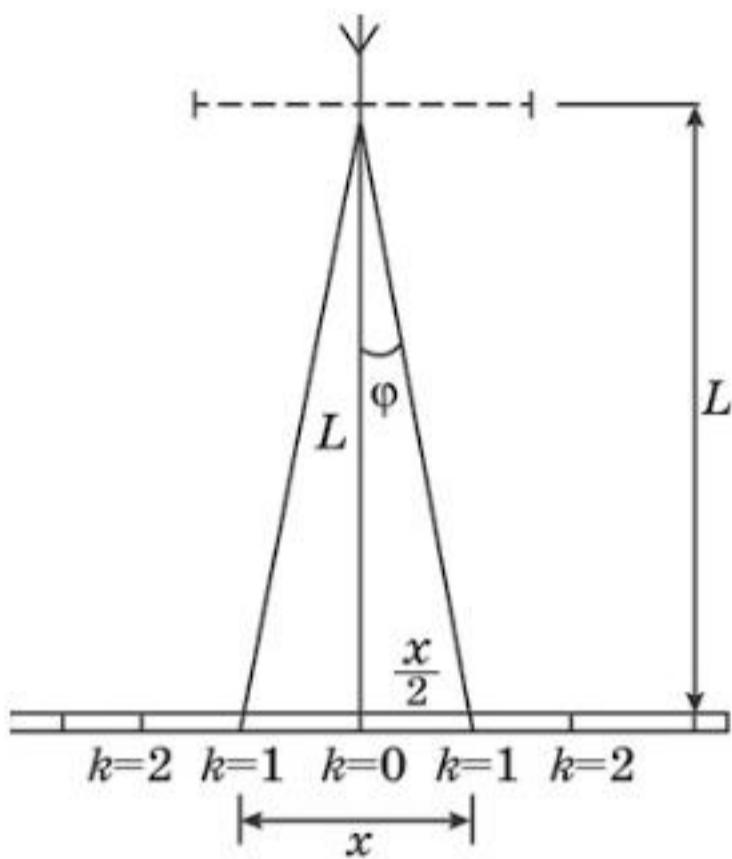
$$m = ? \quad \Phi_{\max} = ?$$

Ечилиши. Дифракцион панжаранинг максимум шартидан фойдаланамиз:

$$ds \sin \phi = k \lambda, \quad (34.3)$$

бу ерда d — панжаранинг даври, ϕ — берилган қаторнинг дифракцион максимуми кўринадиган бурчак, k — дифракцион қатор тартиби, λ — тушаётган ёруғликнинг түлкін узунлиги. Бизнинг ҳолимизда: $k = 1$. Масалани ечиш учун расмини чизамиз (34.3-расм).

Масаланинг шартига кўра $\frac{x}{2} < L$, бу ϕ бурчак жуда ҳам кичик деган маънони англатади. Кичик бурчакларда $\sin \phi = \operatorname{tg} \phi$. Расмда кўрсатилганидек, $\operatorname{tg} \phi = \frac{x}{2L}$. Бунда (34.3) формула $\lambda = \frac{d \cdot x}{2L}$ кўринишга эга бўлади. Бундан панжаранинг даврини топамиз: $d = \frac{2L\lambda}{x}$.



34.3-расм

Физик катталикларнинг сон қийматларини ўринларига қўйиб, дифракцион панжара доимийсини топамиз: $d = \frac{2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 750 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{15 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 10 \text{ мкм.}$

Дифракцион панжаранинг узунлиги панжара даврини унинг сиртидаги чизиклар сонига кўпайтмасига тенг: $l = N \cdot d$. Бундан $\frac{N}{l} = \frac{1}{d}$ бўлади. Сон қийматларини қўйсак, $\frac{N}{l} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = \frac{10^6}{10} = 10^5 \text{ м}^{-1}$. Демак, 1 мм даги чизиклар сони $\frac{N}{l} = 100 \text{ мм}^{-1}$.

Нур дифракцион панжарадан ўтганда охирги максимумнинг тартиби учун нурнинг оғиш бурчаги 90° дан ортиқ бўлмаслигини ҳисобга олиш лозим.

Бунда биринчи формуладан фойдаланиб, дифракцион максимум учун $ds \sin 90^\circ = k_{\max} \lambda$ эканини топамиз. Бундан $k_{\max} = \frac{d}{\lambda}$. Сон қийматларини ўрнига қўйсак: $k_{\max} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{75 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 13,3 \approx 13$.

Марказий максимумнинг ўнг томонида 13 та, чап томонида ҳам 13 та максимум кузатилади. Демак, берилган дифракцион панжарадаги максимумларнинг умумий сони $m = 2k_{\max} + 1 = 27$ бўлади. Энди охирги дифракцион максимумга мос келадиган нурнинг максимал оғиш бурчагини топамиз. Бунинг учун яна биринчи формулага мурожаат қиласиз:

$ds \sin \phi_{\max} = k_{\max} \cdot \lambda$, бундан $\sin \phi_{\max} = \frac{k_{\max} \cdot \lambda}{d}$. Сон қийматларини ўрнига қўйсак, $\sin \phi_{\max} = \frac{13 \cdot 750 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{10 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 0,975$. Бундан $\phi_{\max} = 77^\circ$.

Жавоби: 10 мкм; 100 мм^{-1} ; 27; 77° .



16-машқ

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

Жавоби: 533 нм.

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

Жавоби: 653 нм.

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

Жавоби: 13.

4. 1 мм да 125 та штрихга эга дифракцион панжара билан экран орасидаги масофа 2,5 м. Панжарани түлкін узунлиги 420 нм бўлган ёруғлик билан ёритганда экранда кўк чизиқлар кузатилади. Марказий чизиқдан экрандаги биринчи чизиққача бўлган масофани топинг.

Жавоби: 13 см.

35-§. Ёруғлик дисперсияси



Таянч тушунчалар:

- ✓ дисперсия
- ✓ призма
- ✓ тўлдирувчи ранглар
- ✓ бирламчи ранглар

Бугун дарсда:

- призма орқали ўтган ёруғликнинг таснифлари билан танишасиз.



Турли моддаларнинг ранглари тўғрисидаги савол инсонларни қадимдан қизиқтириб келган. Шундай бўлса-да, Ньютонгача бу соҳада ҳеч нарса маълум бўлмаган ва ранг модданинг ўзига хос хоссаси деб ҳисобланган. Ваҳоланки, диққат билан кузатишлар олиб борилганда ёритиш шартлари ўзгарганда жисмнинг ранги ҳам ўзгаришини аниқлаш мумкин. Ёруғлик билан қоронғилик аралашганда ҳар хил ранглар пайдо бўлади, деган фикрлар ҳам бўлган. Қамалак 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 пайтга қадар маълум бўлиб келган ранг ҳақидаги назарияларни инкор этадиган тажриба амалга оширилди. Бу ҳақда Ньютон бундай ёзган:

“1666 йилда мен турли шаклдаги оптик шишаларга ишлов бераеттанимда рангга оид маълум ҳодисаларни текшириш учун учбурчакли шиша приzmани топиб олдим. Шу мақсадда мен ўзимнинг хонамни қоронғу қилдим ва қуёш нурининг тушиши учун дераза дарчасида жуда кичик тирқиши ясадим. Шу тирқишига мен приzmани шундай жойлаштиридимки, ундан синган нур қаршидаги деворга тушарди. Шундай усулда олинган ранг-баранг ва кучайтирилган рангларни кўриш менга жуда катта ҳузур бағишилади”. Ёруғлик манбадан чиқиб, призма орқали ўтганда пайдо бўлган ранг-баранг ранглардан иборат йўлларни Ньютон спектр (лат. *spektrum* — кўриш) деб атади (35.1-расм). Бу тажрибанинг иккита хусусияти, нима учун оқ ёруғлик призмага тушиб, ундан бўялиб чиқиши ва доиравий тирқишдан тушган



35.1-расм

ёруғлик дастаси призмада сишиб чиққандан кейин тасма 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 ажратиб олиб, уни иккинчи призмада синишга мажбур қилди. Бунда у ҳар хил ранглар турлича синишини пайқади. Масалан, қизил ранг бошқаларига нисбатан кучсизроқ синса, бинафша ранг эса ҳаммасидан ҳам кучли синади.

Ньютон буни тушунтира олмади. Аммо тажриба ёруғликнинг призмадан синганда дастасининг узун бўлишини тушунтириди. Бу тажриба оқ ранг мураккаб ранг эканлигини кўрсатди. У асосий еттига рангдан иборат экан: қизил, зарғалдоқ, сариқ, яшил, зангори, кўк ва бинафша. Оқ рангнинг мураккаблигини исботловчи Ньютоннинг яна битта тажрибаси бор. Ньютон доира олиб, уни сектор тарзида асосий еттига 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 дисперсиясининг иккита маъноси бор: 1) дисперсия — мураккаб оқ рангни спектларга ажратиш ҳодисаси; 2) дисперсия — модданинг синдириш кўрсаткичининг тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлигига боғлиқлигин.

Маълумки, ёруғликнинг ваккумдаги тезлиги 300 000 км/с. Бошка шаффоф муҳитдан ўтганда эса ёруғлик тезлиги ўзгаради ва у вакуумдагидан кичик бўлади. Қизил рангли ёруғлик тўлқинининг тарқалиш тезлиги ҳар қандай муҳитда максимал, бинафша рангли ёруғлик тўлқинининг тарқалиш тезлиги эса минимал бўлади. Масалан, сувда $v_{\text{қизил}} = 228\,000 \text{ км/с}$, $v_{\text{бинафша}} = 227\,000 \text{ км/с}$. Углерод сульфидда $v_{\text{қизил}} = 185\,000 \text{ км/с}$, $v_{\text{бинафша}} = 177\,000 \text{ км/с}$. Вакуумда ёруғлик дисперсияси содир бўлмайди, чунки унда ҳамма ёруғлик тўлқинлари бир хил тезликда тарқалади.

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

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

Тўлдирувчи (қўшимча) ранглар. Агар қуёш спектридан фақат 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 ёруғликни ҳосил қиласиз. Айни шу каби сариқ ва яшил ранглар аралашганда, оқ ёруғликни ҳосил қиласиди. Бир-бирига қўшилганда оқ ёруғликни ҳосил қиласиган рангларни Ньютон тўлдирувчи (қўшимча) ранглар деб атаган.

Бирламчи ранглар. 1807 йилда инглиз физиги Томас Юнг жуда муҳим янгилик яратди. У қизил, яшил ва зангори рангларни қўшиб, оқ ранг олиш мумкинлигини исботлади. Шунингдек, қизил, яшил ва зангори ранглар ёрдамида бошқа рангларни ҳам олиш мумкин. Қизил, яшил ва зангори рангларни Юнг *бирламчи ранглар* деб атади. Мана шу бирламчи ранглардан ҳеч бирини бошқа рангларни аралаштириш (комбинациялаш) орқали ҳосил қилиш мумкин эмас. Буни экранга қизил, яшил ва зангори ранглар доғларини проекциялаб, осонгина текшириш мумкин. 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 ранги шу модда оқ ёруғлик билан ёритилганда унинг сирти қандай рангни сочишига боғлиқ. Агар модда оқ ёруғликнинг барча таркибий қисмига киравчи рангларни бир хил сочса, одатдаги текисликда у оқ бўлиб кўринади (масалан, қоғоз сирти). Агар модда (масалан, қора ранг) ўзига тушган ҳамма рангни ютса, у қора рангли бўлиб кўринади. Турли моддалар ўзига тушган турлича рангдаги ёруғликни бир хил сочмайди, шунингдек, улар моддада ҳар хил ютилади. Шунинг учун шаффоғ жисмларга ёруғлик туширилганда, улар турли рангга бўялган каби кўринади. Бундай моддалар ёруғлик фильтрлари дейилади.



1. Ньютоннинг учбурчакли призма билан ўтказган тажрибасини айтиб беринг.
2. Қандай ҳодиса дисперсиядейилади?
3. Тўлдирувчи ранглар деб қандай рангларга айтилади?
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?



1. Ёмғирдан кейин камалак пайдо бўлишини қандай тушунтириш мумкин? Нима учун у камон шаклига эга?
2. Нима учун вакуумда турли рангдаги ёруғлик нурларининг тезлиги бир хил, аммо шишада турлича бўлади?



1. Оқ варакқа қора чизик тортинг. Ушбу чизикка шиша призма орқали қараганда нимани кўрасиз? Нима учун ушбу манзара ҳосил бўлади?
2. Тор тирқиши орқали призмага тушган ёруғлиқдан экранда узлуксиз спектр ҳосил бўлади. Тирқиши катталаштиргансари спектр қандай ўзгаради?

36-§. Ёруғликтардың құтбланиши



Таянч тушунчалар:

- ✓ құтбланиш
- ✓ оптик үқ
- ✓ поляроидлар

Бугун дарсда:

- “табиий” ва “қутланған ёруғлик” тушунчаларининг фарқини билиб оласиз.



Табиий ва қутланған ёруғлик. Маълумки, ёруғлик узунлиги 400—700 нм бўлган электромагнит тўлқинлардан иборат. Ҳар хил элементар нурлатгич (атом) электр ва магнит майдон кучланғанлик векторлари йўналишида электромагнит тўлқинлар нурлайди. Аммо моддада атомлар кўп ва улар тартибсиз жойлашган. Шунинг учун ёруғлик улардан турли йўналишларда тарқалади, ваҳоланки ҳамма йўналишдаги тебришишларнинг амплитудалари бир хил.

Тебраниш амплитудаси ҳамма текисликларда бир хил бўлган ёруғлик *табиий ёруғлик* дейилади. Ҳар хил текисликларда энергиялари турлича бўлган ёруғлик қисман қутланған ёруғлик дейилади. Агар ёруғликтарнинг барча энергияси бир текислика тўпланған бўлса, бундай ёруғлик *тўла қутланған ёруғлик* деб аталади. *Тебраниш содир бўладиган текислик тебраниш текислиги, унга перпендикуляр текислик эса қутбланиш текислиги дейилади.*

Табиий ёруғлик тебранишларидан маълум бир тебранишдаги ёруғлики ажратиб олиш ёруғликтарнинг қутбланиши деб аталади. Қутланған ёруғлики ҳосил қилиш учун қўлланадиган асбоблар поляризаторлар, ёруғликтарнинг қутбланиш даражасини аниқловчи асбоблар анализаторлар дейилади. Поляризатор ва анилизаторларнинг тузилиши бир хил. Ёруғлик қайтганда ҳам, синганда ҳам қутланади.

Ёруғлик қутбланишининг кашф этилиши. Ёруғликтарнинг 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 үқ деб аталади. Бу пластинкаларни оптик үқлари устма-уст тушадиган ҳолда жойлашириб, улар орқали ёруғликтарнинг ингичка дастасини ўтказсак, экранда тўқ яшил доғ ҳосил бўлади. Агар пластинканынг иккинчисига тегмасдан, биттасини айлантира бошласак, экрандаги доғ тушган жойнинг ёритилганлиги камая боради. Уни 90° бурчакка бурганда эса доғ бутунлай йўқолиб кетади. Пластинканы айлантиришни давом эттирсак, ўша доғнинг ёритилганлиги қайтадан ортиб, бурчак 180°га етганда ёритилганлик максимал бўлади. Мазкур

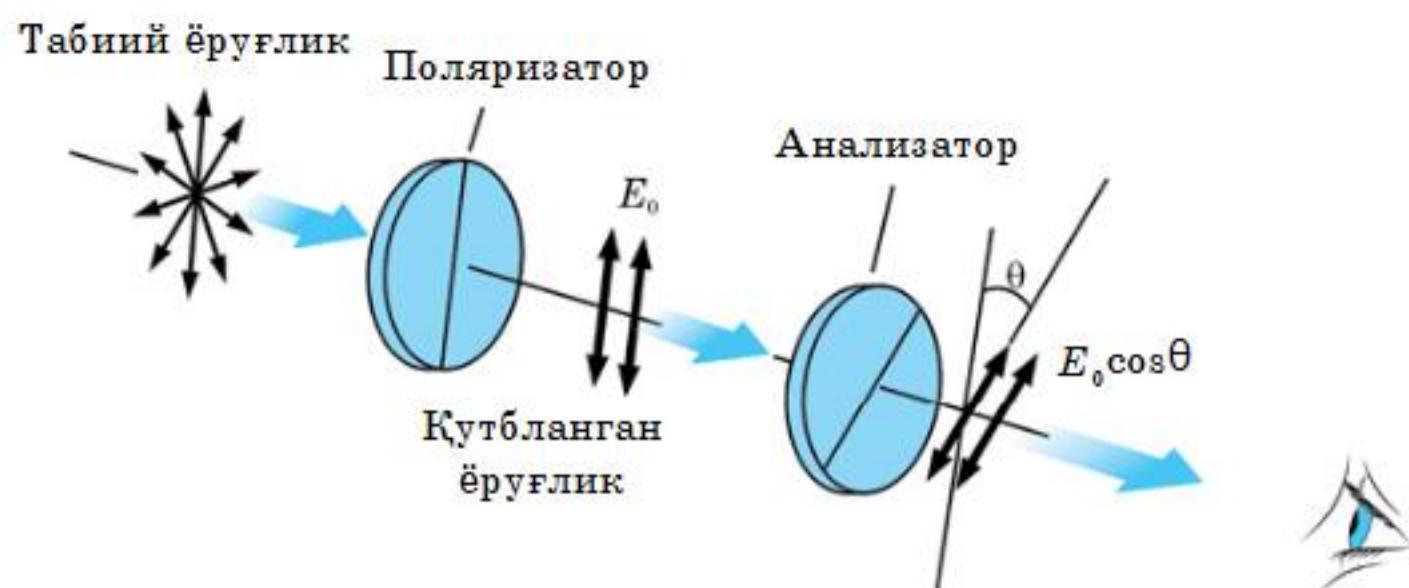
холда пластиналарнинг оптик ўқлари яна ўзаро параллел жойлашади. Пластиналарнинг оптик ўқлари бир-бирига перпендикуляр бўлса, экраннинг ёритилганлиги минимал (ёруғ доғ йўқолади) бўлади. Пластиналари айлантириш йўналиши ёритилганликнинг ўзгаришига ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди. Пластиналари қайси йўналишда айлантирсан ҳам, ҳодиса яна шу холда такорланади.

Бу ҳодисани қандай тушунтириш мумкин? Қуйидагича мулоҳаза юритиш мумкин. Биринчи турмалин пластиналарнинг оптик ўқларини маълум бўлди дейлик. Ёруғлик электромагнит тўлқин экани маълум. Бу тўлқинлар эса кўндаланг тўлқинлардир. Электр ва магнит майдонларнинг тебраниш текисликлари ўзаро перпендикуляр ва улар тўлқиннинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлади. Ёруғлик манбаидан чиқсан ёруғлик дастаси нурга нисбатан симметрик, яъни унинг тебранишлари текисликларда барча мумкин бўлган йўналишларда содир бўлади. Тўлқин турмалин кристали пластиналарнинг оптик ўқига параллел ёки перпендикуляр бўлишига боғлиқ). Иккинчи кристалл биринчи кристалл орқали ўтган дастанинг ўша юқорида айтилган хоссаларини аниқлашга ёрдам беради. Демак, агар қуйидаги мулоҳазаларни эътиборга олсан, қутбланиш ҳодисасини тушунтириш мумкин:

1. Турмалин кристали ёруғлик тебранишларини фақат уларнинг тебраниш текислиги кристалнинг оптик ўқига нисбатан аниқ, маълум бир ҳолатда жойлашган ҳолдагина ўтказади.
2. Ёруғлик дастасидаги ёруғлик тебранишлари йўналиши ёруғликнинг тарқалиш чизиги йўналишига перпендикуляр йўналган, яъни ёруғлик тўлқинлари — кўндаланг тўлқинлардир.
3. Оддий ёруғлик манбаидан тарқалаётган ёруғликнинг турли текисликлардаги тебранишлари бир хил бўлади.

Учинчи мулоҳаза турмалин кристалининг ҳар қандай жойлашиш шароитида (ориентациясида) ёруғликнинг кристалл орқали bemalol ўтишини тушунтиради. Бунда табиий ёруғликнинг тарқалиш йўналиши (текислиги) кристалнинг ёруғликни ўтказиш йўналиши билан устма-уст тушадиган тебранишлар сони бир хил бўлади (36.1-расм).

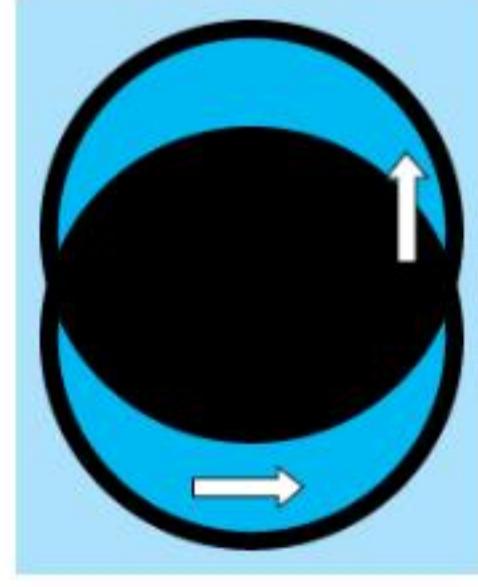
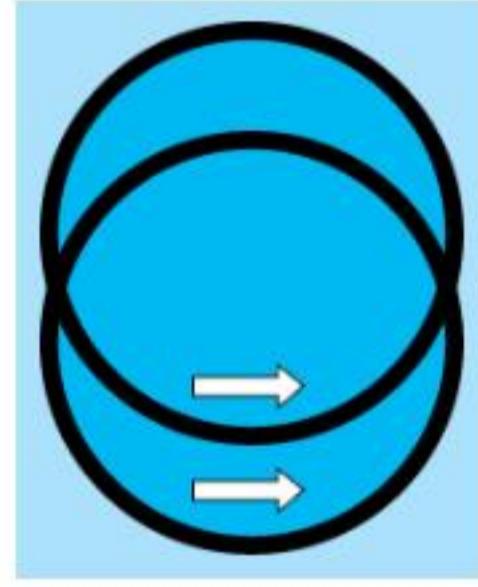
Табиий ёруғликнинг турмалин (поляризатор)дан ўтиш пайтида барча мумкин бўлган тебраниш текисликлари орасидан фақат турмалиндан ўта оладиган E_0 тебраниш текисликлари танлаб олинади. Шунинг учун турмалин орқали ўтган ёруғлик турмалин кристалининг оптик ўқи билан аниқланадиган текисликда ётган кўндаланг тебранишларнинг йиғиндиси бўлиб ҳисобланади. Бундай ёруғлик қутбланган ёруғлик деб аталади, унинг тебраниш текислиги эса



36.1-расм

қутбланган ёруғликтинг тебраниши текислиги дейилади. Демак, биринчи пластинка ёруғлики қутблайды, ундан үтган ёруғлик дастасининг тебранишлари фақат битта текисликда, яъни қутбланиш текислигидагина содир бўлади. Турмалиннинг иккинчи кристали (анализатор) бу тебранишни фақат иккита кристалнинг қутбланиш текисликлари мос келган ҳолдагина ўтказади. Агар бу текисликлар бир-бирига перпендикуляр бўлса, у ёруғлики умуман ўтказмайди. Колган ҳолларнинг ҳаммасида ёруғлик қисман ($E_0 \cos \theta$) ўтади, яъни ўтадиган ёруғликтинг интенсивлиги камаяди.

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



36.2-расм

Поляроидлар. Турмушда ёруғлики 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 нур ўтади. Бундай кристаллар дихронли кристаллар дейилади. Қутбланган нурлардан биттасини кечиктириб юборувчи кристаллар ҳам бўлади. Уларнинг қалинликлари 0,1 мм ёки ундан ҳам кичик бўлиши мумкин (36.2-расм). Бундай плёнкани целлулойдга

ёпиштириб, ўлчами тахминан бир неча квадрат дециметр бўлган поляризатор олинади. Бу плёнкалар *поляроидлар* деб аталади. Уларни ишлатиш жуда қулай. Анализатор айлантирилганда ундан ўтган ёруғлик интенсивлиги ўзгаради.



1. Турмалин кристалида содир бўладиган ёруғлик нинг қутбланиш ҳодисасини тавсифлаб тушунтиринг.
2. Қандай ёруғлик табиий ва қандай ёруғлик қутбланган дейилади?
3. Поляризаторнинг анализатордан фарқи нимада?
- *4. Анализатор поляризатор ганисбатан айлантирилганда кузатиладиган ҳодисани тушунтиринг.
5. Қандай моддалар поляроидлар деб аталади?



1. Фотосуратда қутбланган ёруғлик фильтри — поляроид нима учун қўлланилади?
2. Рентгеннурлари учун мўжалланган поляризатор асбобининг ишлаш принципи қандай бўлиши мумкин?

6-бобнинг асосий мазмуни

- *Интерференциянинг максимумлар шарти*

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

минимумлар шарти

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

- Ёруғлик тўлқинлари дифракциясини дифракцион панжара ёрдамида осонгина кузатиш мумкин. У навбат билан такрорланиб келадиган тирқишлиар ва тўсиқлардан иборат. Дифракцион панжара ($ds \sin \alpha = k\lambda$) формуласи ёрдамида ёруғлик тўлқини узунлиги осонгина аниқланади.

- Кўндаланг ёруғлик тўлқинларига хос яна бир ҳодиса — қутбланишdir, унинг моҳияти бундай: табиий ёруғлик (унинг электромагнит майдони мумкин бўлган барча текисликлар бўйлаб тебранади) қутбланган ёруғликка айланади (тебранишлиар факт муайян текисликда содир бўлади). Қутбланиш ҳодисасини поляризатор ва анализатордан фойдаланиб кузатиш мумкин.

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

7-боб. ГЕОМЕТРИКОПТИКА

37-§. Ёруғлиknинг түғри чизик бўйлаб тарқалиши



Таянч тушунчалар:

- ✓ геометрик оптика
- ✓ *Ферма принципи
- ✓ *ёруғлик тезлигини аниқлаш усуллари
- ✓ *Физо тажрибаси



Бугун дарсда:

- ёруғлиknинг тарқалишини ўрганадиган геометрик оптика бўлими билан танишасиз;
- Ферми принципи ёрдамида геометрик оптика қонунларини келтириб чиқаришни, астрономик ва лаборатория усулида ёруғлик тезлигини аниқлашни ўрганиб оласиз.

Геометрик оптика — ёруғлиknинг табиатига эътибор бермасдан, факт унинг тарқалишини ўрганадиган оптиканинг бўлими. Геометрик оптика — фактгина геометрия қонунларига асосланган абстракт оптикадир.

Геометрик оптика тўлқин оптикасининг хусусий ҳоли ҳисобланади. У қаралаётган қисмдаги тўсиқларнинг ўлчамлари умумий тўлқин узунлигидан жуда катта бўлган ҳолда қўлланилади. Геометрик оптиканинг асосий тушунчаларидан бири — ёруғлик нури тушунчасидир. **Ёруғлик нури** — ёруғлик энергияси тарқаладиган ёки тўлқин фронтига перпендикуляр ўtkazилган ва тўлқин галаёнининг тарқалиши йўналишини кўrsatадиган чизик. **Ёруғлик нури ёруғлик манбаидан чиқади.**

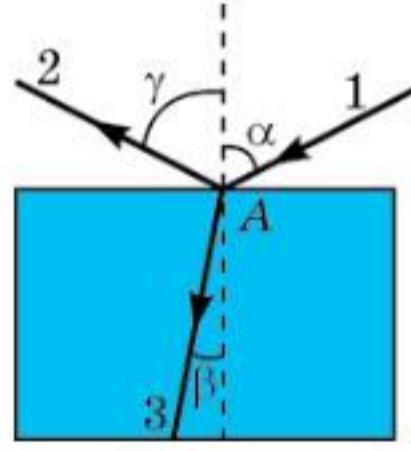
Геометрик оптика қонунлари жуда қадимда, ёруғлик нурларини ilk бор кузатишлар бошланганда ўtkazилган тажрибалар орқали топилган. Геометрик оптикада ёруғлиknинг тарқалишини тавсифловчи тўртта асосий қонун мавжуд.

Ёруғлиknинг түғри чизиқли тарқалиш қонуни. **Ёруғлик нури** бир жинсли муҳитда тўғри чизик бўйлаб тарқалади.

Ёруғлиknинг мустақил тарқалиш қонуни. **Ёруғлик нурлари** бир-бiri билан учрашганда бир нурнинг тарқалиши бошқасининг тарқалишига таъсир кўrsatmайди.

Ёруғлиknинг қайтиш қонуни. 1) тушган нур (1), қайтган нур (2) ва икки муҳит чегарасидаги нурнинг тушиш нуқтасига ўtkazилган перпендикуляр бир текисликда ётади; 2) α тушиш бурчаги қайтиш бурчаги β га teng (37.1-расм).

Ёруғлиknинг синиш қонуни. 1) тушган нур (1), синган нур (3), икки муҳит чегарасида нурнинг тушиш нуқтасига ўtkazилган перпендикуляр битта текисликда ётади; 2) тушиш бурчаги синусининг синиш бурчаги синусига нисбати берилган икки муҳит учун доимий катталик бўлади ва у биринчи муҳитнинг иккинчи



37.1-расм

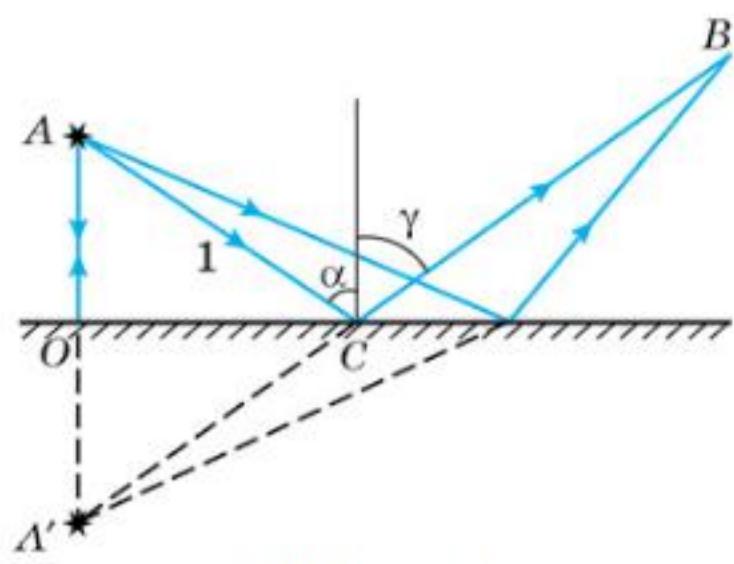
мухитга нисбатан синдириш күрсаткичи деб аталади, яъни $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$.

Ферма принципи. Бир жинсли муҳитда ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиш қонунини, икки муҳит чегарасида ёруғликнинг синиш ва қайтиш қонунларини XVII аср ўрталарида француз олимни Пьер Ферма таклиф қилган Ферма принципи ёрдамида осон келтириб чиқариш мумкин. Бу принципга кўра ёруғлик фазонинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига энг кам вақт сарфланадиган йўл бўйлаб ўтади (тарқалади).

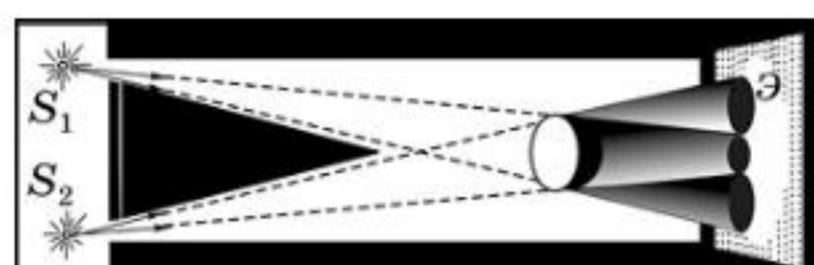
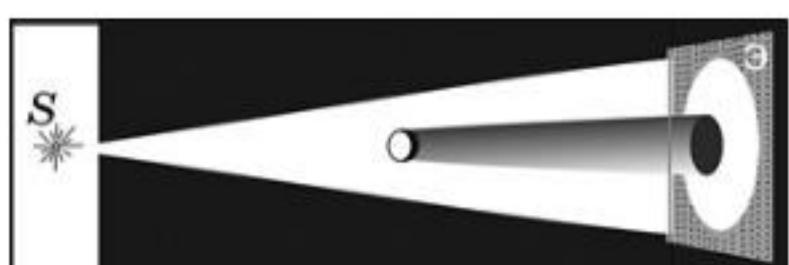
Ферма принципини ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиш қонунига қўллаймиз. Тўғри чизик (кесма) — икки нуқта орасидаги энг қисқа масофа. Бир жинсли муҳитнинг барча нуқталарида ёруғлик тезлиги бир хил. Ёруғлик берилган муҳитнинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига ўтиш учун фақат тўғри чизик бўйлаб ҳаракатлангандагина энг кам вақт срафлайди.

Энди қайтиш қонунини исботлаймиз. A нуқтадан чиқсан 1-нур кўзгунинг бирор C нуқтасидан қайтиб, берилган B нуқтага ўтади (37.2-расм). Ферма принципига кўра ёруғлик ACB йўлни энг кам вақтда юриб ўтиши лозим, демак, у исталган бошқа, масалан ADB йўлдан қисқа. Ёруғлик бир жинсли муҳитда тўғри чизик бўйлаб тарқалгани сабабли A нуқтадан C нуқтагача тўғри чизик бўйлаб тарқалиб, кўзгудан шу нуқтада қайтгач, C нуқтадан B нуқтагача яна тўғри чизик бўйлаб тарқалади. C нуқтанинг вазиятини аниқлаш учун OA га тенг OA' кесмани A нуқтадан кўзгуга перпендикуляр ҳолда ўтказамиз ва A' ва B нуқталарни бирлаштирамиз. $A'B$ кесманинг кўзгу билан кесишган жойи C нуқтанинг вазиятини беради. $AC = A'C$ — бўлгани учун, A нуқтадан чиқиб B нуқтага етган нурнинг ACB йўли $A'CB$ кесмага тенг. 37.2-расмдан кўринадики, исталган D нуқтадан ўтган ёруғлик йўли $A'DB$ га тенг ва $A'CB$ дан узун, чунки $A'B$ тўғри чизик кесмаси A' ва B нуқталар орасидаги энг қисқа масофадир. Ўша расмдан кўринадики, C нуқтанинг айнан шу вазияти тушиш ва қайтиш бурчаклари тенглигига мос келади: $\alpha = \gamma$.

Ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиши. Ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиши соя ва ярим соянинг пайдо бўлишини тушунишига ёрдам беради. Соя — ношаффоф жисм ортидаги фазонинг ёруғлик энергияси тушмайдиган соҳаси. Ҳаво очик кунлари одамлар, дарахтлар, қурилиш бинолари ва бошқаларнинг соялари аниқ кўринади. Агар нуқтавий ёруғлик манбани олиб, унинг ёруғлик дастаси йўлига ношаффоф буюм қўйсак, ўша буюмнинг орқасида конуссимон соя пайдо бўлади ва экранда ўша буюмнинг шаклига мос



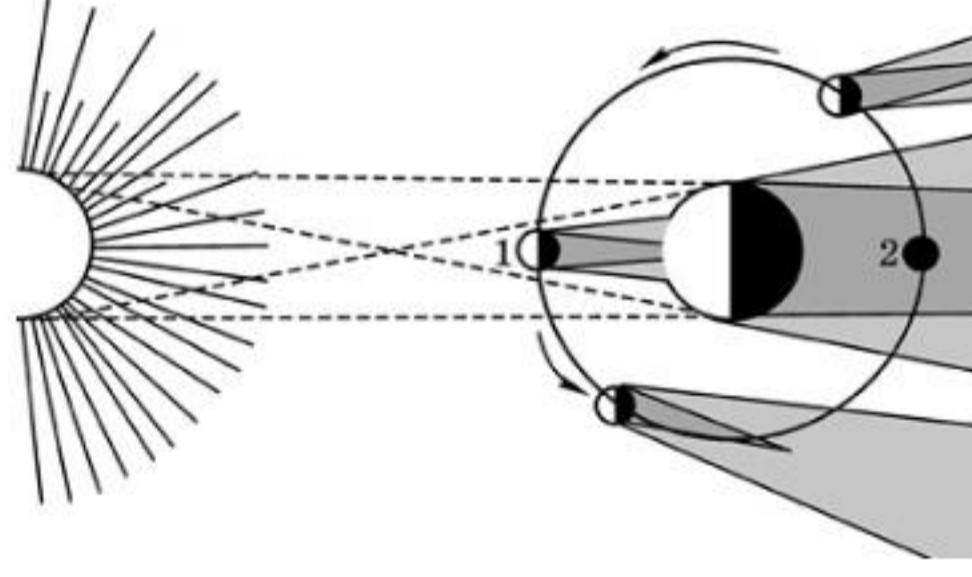
37.2-расм



37.3-расм

соя күринади (37.3-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 иккала ёруғлик манбанинг ҳам ёруғлиги тушмайдиган фазонинг соҳаси, қолган иккита соя қоронфироқ, чунки у соянинг соҳасига иккала ёруғлик манбанинг биттасидан ёруғлик тушади. Бу соялар ярим соялар дейилади.

Қуёш ва Ойнинг тутилишлари. Ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиши Қуёш ва Ой тутилишларининг содир бўлишини тушунишига имкон беради. Қуёш нури билан ёритилган сайёралар ва уларнинг йўлдошлари соялар ва ярим соялар ҳосил қиласади. Масалан, Ойнинг конуссимон соясининг максимал узунлиги 384 000 км, Ернинг конуссимон сояси узунлиги фазода 33 млн км га чўзилади. Агар Ой Ер атрофида ҳаракатланганда Ер билан Қуёш орасида (37.1-расм, 1-ҳол) бўлиб қолса, у Қуёшдан келган нурни тўсади. Натижада Қуёш тутилиши ҳодисаси кузатилади. Қуёш тўлиқ ёки қисман тутилиши мумкин. Тутилишни Ойнинг сояси (тўлиқ тутилиш) ёки ярим сояси (ярим тутилиш) тушган жойларда кўриш мумкин. Қуёшнинг тўлиқ тутилиш вақти ҳар хил, аммо 2-3 дақиқадан ортиқ давом этмайди. Қуёшнинг тутилиши фақат янги Ой чиққандан кузатилади. Агар Ой Ер атрофида айланганда унинг айланиш орбитасининг текислиги Ернинг Қуёш атрофидаги орбитаси текислигига мос келса, у ҳолда Қуёш тутилиши ҳар янги ой чиққандан такрорланиб турар эди. Ой орбитаси текислиги билан Ер орбитаси текислиги орасидаги бурчак $5^{\circ}9'$ га teng. Қуёшнинг тутилиши фақат Ер ва Ой орбиталарининг кесишадиган соҳасига Ой яқин келгандагина юз бериши мумкин. Қуёшнинг тўлиқ тутилиши бир ярим йилда бир марта такрорланиши кузатилган.



37.4-расм

Аммо Ернинг айни бир ҳудудида бу ҳодисанинг такрорланиши жуда кам учрайди. Ер ва Ойнинг ҳаракати яхши ўрганилгани учун тутилиш бўладиган вақтни ҳисоблаш қийин эмас.

Ойнинг тутилиши Ой Ер соясининг соҳасига тушганда (37.4-расм, 2-ҳол) кузатилади. Ойнинг тутилиш вақти Қуёшнинг тутилиш вақтига нисбатан анча

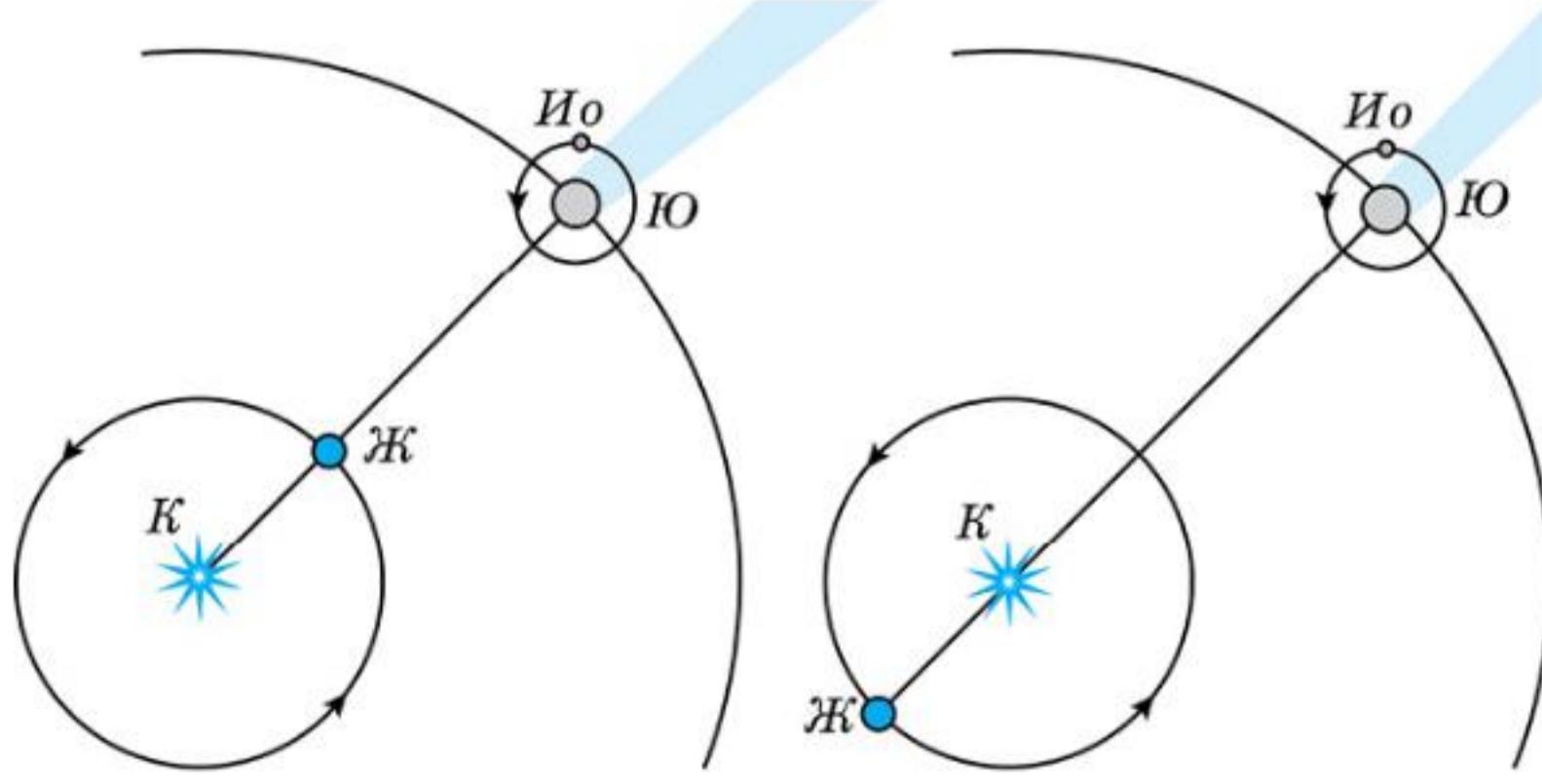
узокроқ бўлади, чунки Ер соясининг диаметри Ой сояси диаметридан анча катта. Ойнинг тутилиш вақти бир соатлар давом этиши мумкин. Тутилиш вақтида Ой тўқ қизил рангга бўялади.



Тутилиш вақтида Ой тўқ қизил рангга бўялади. Нима учун?

Ёруғлик тезлиги. Ёруғликнинг тўғри чизик бўйлаб тарқалиши унинг тезлигини аниқлашга имкон берди. 1607 йилда итальян физиги Галилео Галилей биринчи бўлиб ёруғлик тезлигини аниқлашга ҳаракат қилди. У кенг текисликнинг қарама-қарши томонига соатлари бир вақтга қўйилган иккита одамни қўйди. Кузатувчилардан бирининг қўлида фонарь бўлиб, уни ёқканда ўз соати бўйича вақтни белгилайди. Иккинчи кузатувчи эса фонардан чиқсан ёруғлик нурини кўрган вақтни қайд қиласди. Бу тажриба амалга ошмади. Чунки вақт оралиғи жуда ҳам кичик эди.

1675 йилда даниялик астроном Оле Рёмер Париж шаҳрида Юпитер йўлдошларининг тутилишини кузатди (37.5-расм). У ҳар бир йўлдошнинг Юпитер атрофидаги ўртасида айланиш вақтини топиб, уни жадвалга ёзиб қўйди. Ер ва Юпитер орасидаги масофа энг қисқа (минимал) бўлганда тутилиш айланиш даврининг ҳисобланган ўртаси даврида 22 минут аввал содир бўлишига эътибор берган. Ер ва Юпитер бир-биридан энг узок (максимал) масофада бўлганда, тутилиш ана шундай вақтга кечикиб содир бўлади. Рёмер тўғри холосага келди ва бундай четлашишларнинг сабабини қўйидагича изоҳлади: ёруғлик Ернинг Қуёш атрофидаги айланиш орбитасининг диаметрига teng масофани ўтиши учун шунча вақт сарфлайди (бу вақт 22 минутга teng, аникроғи 1320 с). Ер ва Юпитер бир-бирига жуда яқин келганда тутилиш ўртаси



37.5-расм

айланиш давридан аниқланган вақтдан 22 мин әртароқ бошланишига өткізбекорини қаратди:

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

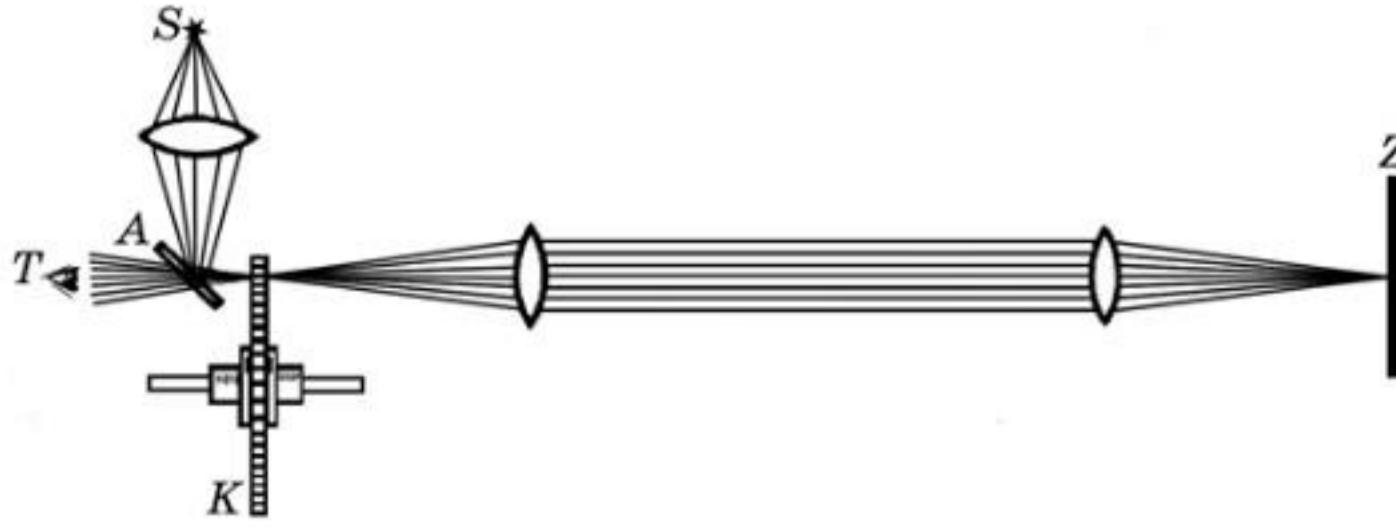
Вакт оралиғини ҳисоблашнинг замонавий усулларига асосан, Ернинг Қуёш атрофидан айланиш орбитасининг диаметрига тенг масофани үтиш учун ёруғлик 1000 с сарфлайды. Жумладан, ёруғлик тезлиги:

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

катталикка 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. Ёруғлик тезлигини аниқлашда Рёмер ва Брадлей қўллаган усуллар *астрономик усуллар* деган ном олди. Ёруғлик тезлигини аниқлайдиган лаборатория усуллари ҳам мавжуд.

Физо тажрибаси. 1849 йилда француз физиги Арман Ипполит Луи Физо ёруғлик тезлигини Ер шароитида ҳисоблади. Ёруғлик тезлигини аниқ ўлчаш учун вақтнинг жуда кичик оралиқларини жуда катта аниқликда ўлчаш талаб этилди. Вактнинг бундай кичик оралиқларини аниқлаш учун Физо 720 тишли *K* ғилдиракдан фойдаланди (37.6-расм). Ёруғлик *S* ёруғлик манбаидан ярим шаффофф бўлган *A* кўзгуга йўналтирилди, кўзгу уни иккита нурга ажратади. Қайтган нур нур яна тишли ғилдиракка тушади. Ғилдиракнинг айланиш тезлигини ўзгартириб, тишли ғилдиракдан ўтган ёруғликни яримшаффофф *A* кўзгуга тушириб ва ундан қайтган нурни *T* кўриш найига ва демак, кузатувчининг кўзига йўналтириш мумкин. Бундай натижа олиш учун ғилдиракдан кўзгугача ва аксинча, кўзгудан ғилдираккача бўлган масофани ёруғликнинг босиб үтиш вақти ғилдирак тишининг энига тенг катталикка, яъни ғилдиракнинг бурилиши учун кетган (кесиклари ўрига тишларининг келиш вақтига) вақтга тенг бўлиши керак. Вактни топамиз: $t = \frac{2l}{c}$,



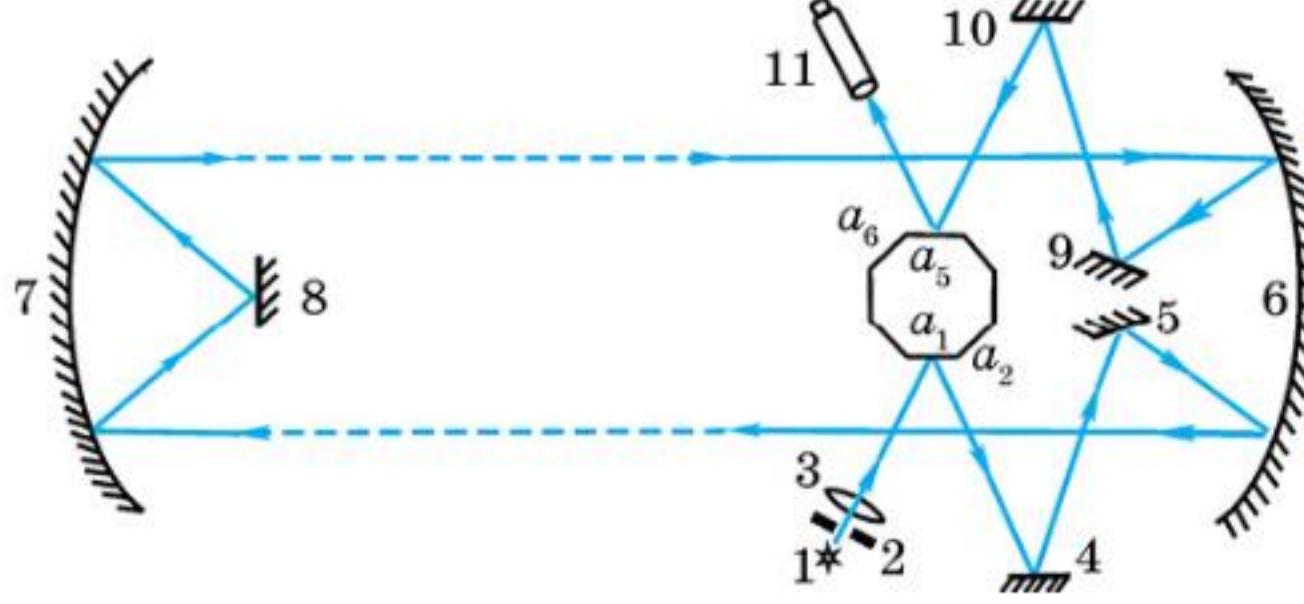
37.6-расм

бу ерда l — ғилдиракдан Z күзгугача бўлган масофа, c — ёруғлик тезлиги. Агар ғилдиракнинг айланиш частотаси V бўлса, у ҳолда унинг ғилдирак тишининг энига тенг катталикка бурилиш вакти: $T = \frac{1}{2vn}$, бу ерда n — ғилдиракдаги тишлар сони. Бунда $t = T$, 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 *айланувчан кўзгулар усулини* такомиллаштириди. Унинг курилмасининг чизмаси 37.7-расмда келтирилган. Ёруғлик (1) манбаидан чиққан ёруғлик дастаси диаграмма (2) ва фокусловчи тизим (линза) (3) орқали ўтиб, айланиб турган саккиз ёқли кўзгунинг a_1 кирраси(ёқи)га тушади. Бу ёқдан қайтган ёруғлик дастаси (4) кўзгуга тушади, сўнгра 4→5→6→7→8→9→10 кўзгулар тизими орқали четки a_5 кўзгуга йўналади. Бу ёқдан ҳам қайтган ёруғлик кўриш трубаси (11) га тушади. (6) ва (7) ботик кўзгулар икки тоғнинг чўққисига жойлаштирилди. Улар орасидаги масофа 35373,21 м эди. Саккиз ёқли кўзгунинг айланиш тезлиги 528 айл/с. Ёруғлик икки тоғ орасидаги масофани икки марта босиб ўтган вақтда кўзгу бутун айланишнинг 1/8 қисмига бурилади, яъни a_5 ёқининг ўрнига a_6 ёқи келиб қолади. Шу тариқа кўриш трубасида ёруғлик кўринади. Кўзгунинг 1/8 қисмининг айланиш давомийлиги $T = \frac{1}{8v} = \frac{1}{8 \cdot 528} c = 236,7$ мкс. Ёруғлик босиб ўтган масофа $l = 2 \cdot 35373,21 \text{ м} = 70746,42 \text{ м}$. У ҳода ёруғлик тезлиги $c = \frac{l}{\tau} = (299796 \pm 4) \text{ км/с}$ экан. Ҳозирги маълумотларга кўра ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги $(299792458 \pm 0,3)$ м/с га teng.



37.7-расм



1. Ёруғликтің түрі чизик бүйлаб тарқалиш қонунини айтиб беринг.
2. Соянима?
3. Ёруғликтің түрі чизик бүйлаб тарқалиш қонунидан фойдаланиб, соява ярим сояларни қандай тушунтириш мумкин?
4. Ойдагисоялараниң ва қора, Ердагисояларсаноаның бүлади. Нима учун?
5. Операция пайтида шифокорнинг құлы операция қилинаётгандай соятуширмаслиги учун нима қилиши керак?
6. Қуёшнинг тутимиш жараёнини тушунтиринг. Тұла тутимиш қандай шарттар бажарылғанды содир бүлади? Қуёшнинг тутимиши төз-төз бўлиб турадими?
7. Ойнинг тутимиши нима? Унинг сабаблари қандай? Ойнинг қандай фазаларидатутимишлар содир бүлади?
8. Агар Ерда тұлық Ой тутимиши күзатилса, ўша вақтда Ойда бўлган фазогирлар қандай ҳодисаны күзатишади?
9. Ремёрёрглик тезлигини қандай аниқлади?
- *10. Ёруғликтезлигини Физо қандай аниқлаган? Унинг экспериментининг мураккаблигинимада? Физо нима сабабдан тишли ғилдиракдан фойдаланган?
- *11. Ёруғликтезлигини Майкельсон қандай аниқлаган? Унинг экспериментининг афзаллигинимада?

1. Кечқурун, күча чироғига яқынлашиб, соянгиз ва ярим соянгизнинг ўлчамлари қандай ўзгаришини билиб олинг. Жавобингизни ёруғликтің түрі чизик бүйлаб тарқалиш қонуни ёрдамида тушунтириңг.
2. Биттақаламдан турли узунликдаги сояларни қандай ҳосил қилиш мумкин?

38-§. Ёруғликтің қайтиш ҳодисаси. Ясси ва сферик күзгударлар



Таянч тушунчалар:

- ✓ қайтиш ҳодисаси
- ✓ күзгудан қайтиш
- ✓ ясси күзгударлар
- ✓ сферик күзгударлар
- ✓ оптик үқ
- ✓ фокустекислиги

Бугун дарсда:

- сферик күзгудаги нурнинг йүлини ясашни ва ёруғликтің қайтиш қонуни билан танишасиз;
- яссивасфериккүзгударлар формулалариңа масалалар ечишда фойдаланишиңи үрганасиз.



Ёруғликтің қайтиш ҳодисаси. Иккى мұхит чегарасыда ёруғликтің нурнинг үз үйналишини ўзгартириши ҳодисаси ёруғликтің қайтиши дейилади. Бундай ҳолда ёруғлик нури бириңчи мұхитта қайтади. Бұл ҳодисаны батағсил күриб чиқамиз. 38.1, a-расмда ярим шаффоғ иккита пластинкага A бурчак остида тушаётгандай иккита параллел (1) ва (2) ёруғликтің нури тасвирланған. Уларнинг қайтиш бурчаги ү бўлсин. Мана шу бурчак катталигини аниклаймиз. Ёруғликтің бириңчи мұхитта тарқалиш тезлиги v_1 -га teng. Энди 38.1, a, b-расмларни күриб чиқамиз. 1-нур иккита мұхит чегарасыда A нүктеге түшиб, ундан қайтади ва

1' иўналишда ўз ҳаракатини давом эттиради. Ўша пайтда 2-нур D нүктада бўлади (38.1, а-расм). 1'-нур C нүктага етган вақт оралиғида 2-нур D нүктадан B нүктага етади. B нүкта ҳам A нүкта каби икки муҳит чегарасида жойлашган. Мазкур ҳолда 1'-нур босиб ўтган масофа $AC = v_1 t$, 2-нур ўтган масофа эса $DB = v_2 t$ бўлади. Демак, AC ва DB кесмалар тенг. У ҳолда ACB ва ABD учбуручаклар ўзаро тенг, чунки $AC = DB$, AB томон умумий, CB ва AC томонлар, DB ва AD томонлар ўзаро перпендикуляр.

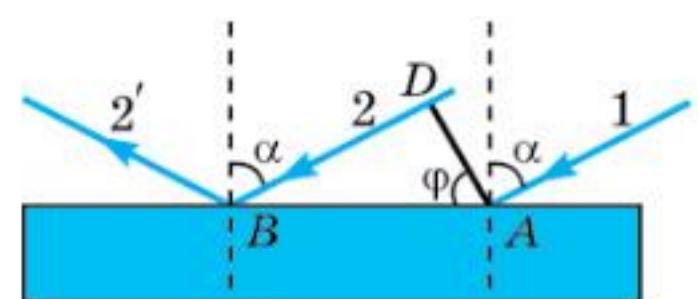
Тенг учбуручакларда тенг томонлар қаршисида тенг бурчаклар ётади, демак, $\phi = \phi_1$ (чунки улар ўзаро тенг DB ва AC томонлар қаршисида ётган бурчаклар). Маълумки, ҳар қандай учбуручакнинг ички бурчаклари йифиндиси 180° га тенг бўлади. Жумладан, ADB учбуручакда $\phi + 90^\circ + (90^\circ - \alpha) = 180^\circ$, яъни (38.1, в-расм). ACB учбуручак учун эса $\phi_1 + 90^\circ + (90^\circ - \gamma) = 180^\circ$, яъни $\phi_1 = \gamma$. Юқорида биз $\phi = \phi_1$ эканини исботладик, демак, $\alpha = \gamma$. Қайтишнинг иккинчи қонуни (*тушиш бурчаги қайтиш бурчагига тенг*) исботланди.

Қайтишнинг икки тури мавжуд: *кўзгусимон ва тарқоқ (диффуз) қайтиши*.

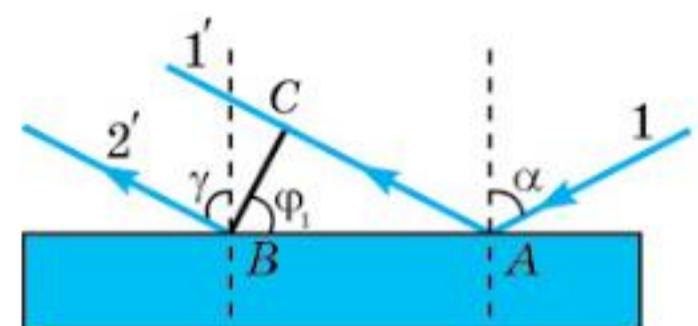
Кўзгусимон қайтиш — ёруғликнинг силлиқ, жилолангандан сиртдан қайтиши (бу сиртларнинг ғадир-будурлиги ёруғлик тўлқинининг узунлигидан жуда кичик) демакдир. Турли кўзгусимон сиртлардан ёруғликнинг қайтиш интенсивлиги турлича бўлади. Масалан, кумуш юритилган кўзгу сиртига тушган нурнинг 96% игача қайтарилади. Силлиқ жилолангандан қора рангли сирт ёруғлик энергиясининг фактат 1% ини қайтаради, холос.

Тарқоқ ёки диффуз қайтиш — ёруғликнинг ғадир-будур сиртдан қайтишидир (бу сиртларнинг ғадир-будурлиги 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.

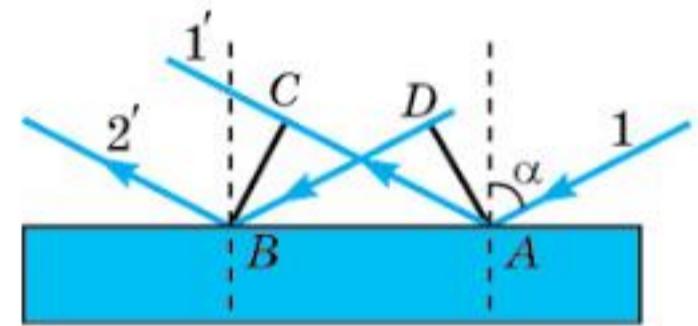
Агар ҳар қандай ёруғлик билан ёритилган жисмнинг нотекис ғадир-будур сиртига қарасак, биз у сиртни кўра оламиз. Агар биз кўзгуга қарасак, у ҳолда уни кўра олмаймиз, унинг ўрнига ўзимизнинг ва бошқа жисмларнинг тасвирларини кўрамиз. Шунинг учун ҳам микрофильм-



а)

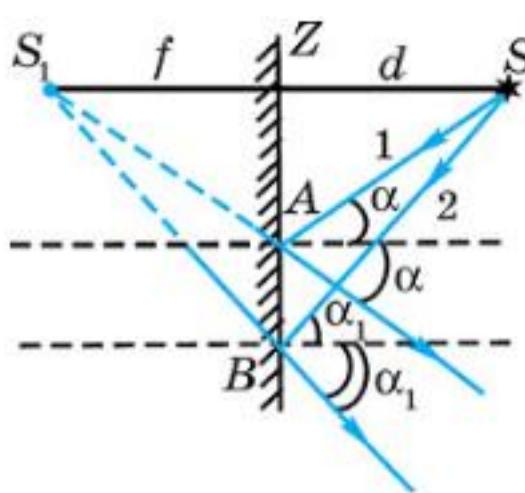


б)



в)

38.1-расм



38.2-расм

лар проекциялари тушириладиган экранларнинг сиртлари күзгусимон силлик әмас, ғадир-будур қилиб ясалади. Ёруғлик нотекис сиртлардан яхши сочилади, масалан, қоғоз, чизмачилик қоғози, бүрва бошқалар шулар жумласидандыр. Шунингдек, ёруғлик туман ва чанг зарраларида ҳам яхши сочилади. Сочилган ёруғлик қайтган ёруғликка қараганда одамнинг күзини камроқ чарчатади.

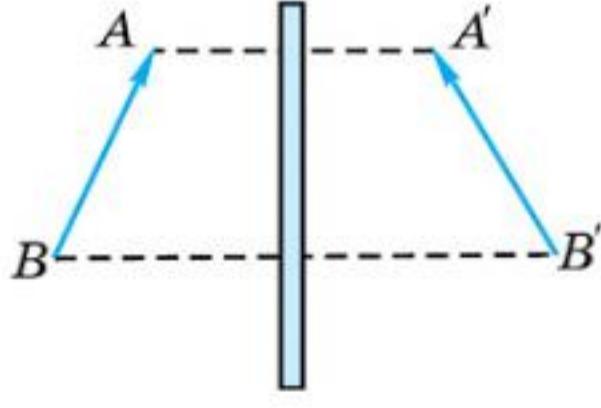
Ясси күзгу. Күзгулар ясси ва сферик күзгуларга бўлинади. **Ясси күзгу деб силлик, жилоланган ва қайтарувчи қатлам билан қопланган, эгрилик радиуси чексизликка интилган ясси сиртга айтилади.** S ёруғлик манбанинг Z ясси күзгудаги тасвирини олиш йўлини қараб чиқамиз. (38.2-расм). Күзгуга иккита 1 ва 2 нурларни туширамиз. Уларнинг иккаласи ҳам күзгудан қайтади. Бизга эса у S_1 нуқтадан чиққандек кўринади. Бу S_1 нуқта S ёруғлик манбанинг тасвиридир.

Ёруғлик сочаётган S нуқтадан Z күзгугача бўлган масофа Z күзгудан S_1 нуқтагача (ёруғлик тасвиригача) бўлган масофага teng эканини, яъни $d = -f$ бўлишини исботланг.

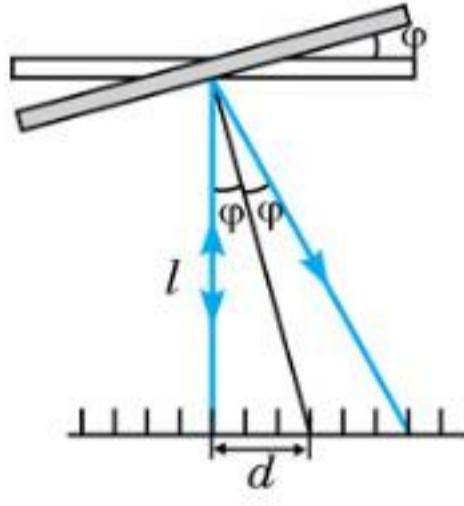
$$d = -f \quad (38.1)$$

формула ясси күзгу формуласи дейилади. Ясси күзгу формуласини келтириб чиқариш учун ёруғликнинг қайтиш қонуни ва геометрия қонунларидан фойдаланинг. Ясси күзгу жисмнинг мавҳум тасвирини беради, шунинг учун формулада күзгудан тасвиргача бўлган масофанинг олдига “-” ишораси қўйилади. Ясси күзгудан олинган тасвирнинг камчилиги унинг күзгуга нисбатан симметрик эканлигидадир (38.3-расм).

Ясси күзгудан күзгули ҳисоблашда фойдаланилади. Бизга жуда кичик катталикни ўлчаш зарур бўлсин. Ёруғлик нури күзгуга 90° ли бурчак остида тушсин (38.4-расм). Бунда қайтган нур ўша йўналишга қарама-қарши томонга кетади. Агар күзгу бирор ϕ бурчакка бурилса, у ҳолда нур 2ϕ бурчакка оғади. Мазкур ҳолда $\tan 2j = \frac{d}{l}$. Агар күзгуни буриш бурчаги жуда кичик бўлса, у ҳолда күзгу микроскоп тубусининг ичига жойлаштирилади.



38.3-расм



38.4-расм

Қүйидаги ҳолни күриб чиқамиз: ўзаро перпендикуляр жойлашган икки күзгу олдига ёруғлик манбаи қўйилган (38.5, а-расм). Манбанинг нечта тасвирини кўра оламиз? Тажриба натижаси тасвирининг учта бўлишини кўрсатади. Буни қандай тушунтириш мумкин? S' — S ёруғлик чиқараётган нуқтанинг биринчи кўзгудаги тасвири, S'' — ёруғлик чиқараётган нуқтанинг иккинчи кўзгудаги тасвири, S''' — S' тасвирининг иккинчи кўзгудаги тасвири. Бу тасвир S'' тасвирининг биринчи кўзгудаги тасвири билан устма-уст тушади. Натижада маркази O нуқтада бўлган айлана бўйлаб жойлашган учта тасвир ҳосил бўлади (38.5, б-расм). Бунда ўзаро перпендикуляр жойлашган иккита кўзгуда ҳосил бўлган тасвиirlар сонини топиш формуласи қўйидагича бўлади:

$$N = \frac{360^\circ}{90^\circ} - 1 = 3.$$

Умумий ҳолда, кўзгулар бир-бирига нисбатан ихтиёрий α бурчак остида жойлашганда тасвиirlар сони қўйидаги формула билан топилади.

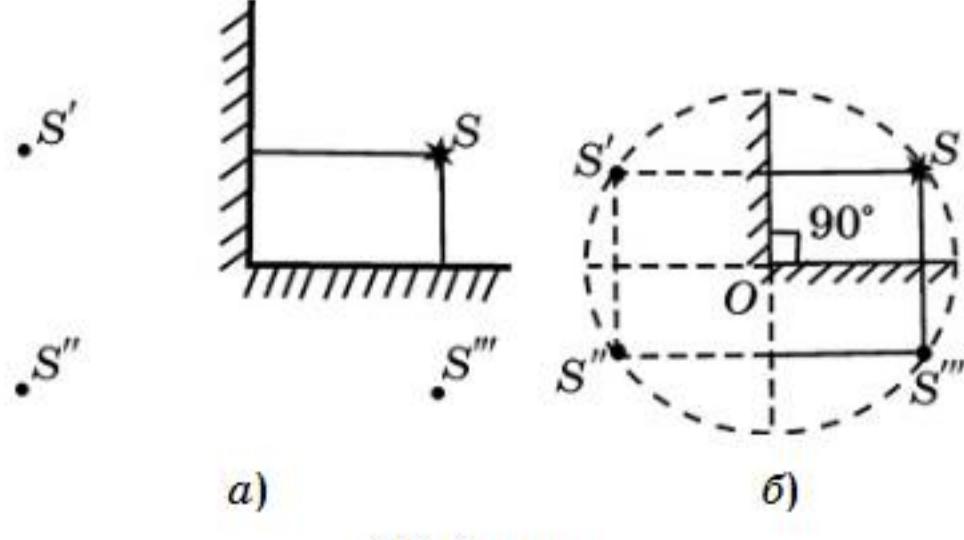
$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1. \quad (38.2)$$

Ушбу формулани тажриба орқали текширинг.

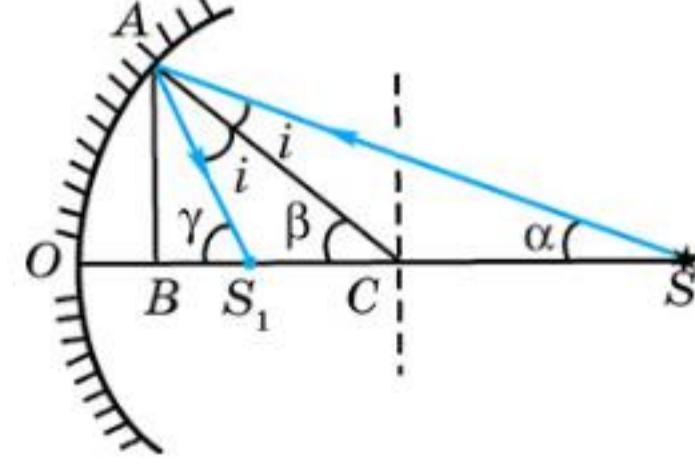
Яssi кўзгулар *перископларда* қўлланилади. Перископ — панага яшириниб кузатишлиар олиб борадиган оптик асбоб.

Сферик кўзгулар. Қайтарувчи сиртлари эгри бўлган кўзгулар *эгри кўзгулар* деб аталади. Эгри кўзгу турларидан бири — *сферик кўзгулардир*. Уларнинг қайтарувчи сиртлари ботиқ ёки қавариқ бўлади. Қавариқ сферик кўзгуларни кўриб чиқамиз. Ҳар қандай сферик кўзгунинг учи, яъни қутби бор. Бу сферанинг марказий нуқтасидир. У O ҳарфи билан белгиланади.

Сферик кўзгунинг оптик ўқи деб кўзгу қутби ва кўзгунинг эгрилик марказидан ўтувчи тўғри чизиқса айтилади. 38.6-расмни кўриб чиқамиз. Бу ерда S — кўзгунинг оптик ўқида жойлашган ёруғлик манбаи; S_1 — ёруғлик манбанинг тасвири; i — тушган нур билан сферик кўзгунинг эгрилик радиуси орасидаги бурчак; β — оптик ўқ билан кўзгунинг эгрилик радиуси орасидаги бурчак; α — тушган нур билан



38.5-расм



38.6-расм

оптик ўқ орасидаги бурчак; γ — қайтган нур билан оптик ўқ орасидаги бурчак бўлсин. $OS = d$, $OS_1 = f$, $OC = r$, $AB = h$ каби белгилаймиз. S_1 нуқта қайтган нурларнинг кесишган жойидаги нуқта бўлганлиги учун, у ёруғлик нуқтаси(манбаи)нинг ҳақиқий тасвири бўлиб ҳисобланади. AB кесма кўзгунинг бош оптик ўқи OC га перпендикулярдир. ASC учбурчакни кўриб чиқамиз. β бурчак — учбурчакнинг ташқи бурчаги бўлади. Ушбу теоремадан фойдаланамиз: “Учбурчакнинг ташқи бурчаги унга қўшни бўлмаган иккита ички бурчакнинг йиғиндиси тенг”. Жумладан, $\beta = \alpha + i$ тенглик ўринли. ΔSAS_1 учун ҳам γ бурчак ташқи бурчак, демак, $\gamma = \alpha + 2i$. Охири тенгликнинг иккала томонига ҳам α бурчакни қўшиб, $\gamma + \alpha = 2\alpha + 2i$ ҳосил қиласиз. Аммо $\beta = \alpha + i$ бўлгани учун, $\gamma + \alpha = 2\beta$ бўлади. Бош оптик ўқ билан кичик бурчак ҳосил қиласиган параксиал нурларни кўриб чиқамиз. Бунда AB кесма OS га перпендикуляр бўлади. ABS тўғри бурчакли учбурчакдан $\operatorname{tg} \alpha \approx a = \frac{h}{d}$, ABC учбурчакдан $\operatorname{tg} \beta \approx b = \frac{h}{r}$, ABS_1 учбурчакдан $\operatorname{tg} \gamma \approx g = \frac{h}{f}$.

Ўша ифодаларни $\alpha + \gamma = 2b$ формулага қўйиб,

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{r} \quad (38.3)$$

ифодани оламиз. Бу формула *сферик кўзгу формуласи* дейилади.

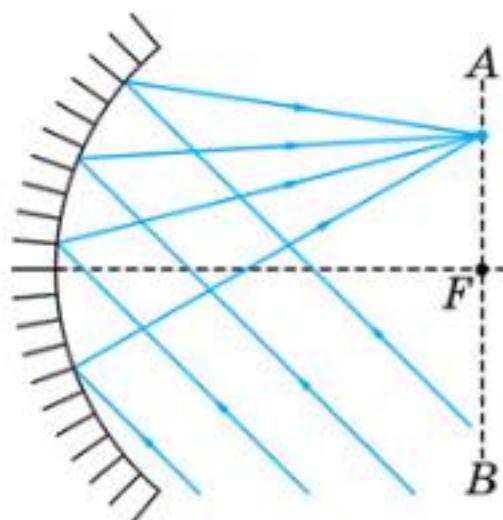
Нуқтавий ёруғлик манбаи чексизликда жойлашган бўлсин, у ҳолда $d \rightarrow \infty$ ва $\frac{1}{d} = 0$, демак, $\frac{1}{f} = \frac{2}{r}$ ёки $f = \frac{r}{2}$ бўлади. Узокда жойлашган жисмлардан келган нурларнинг, яъни бош оптик ўқقا параллел нурлар йигиладиган доимий нуқта $\frac{2}{r}$ сферик кўзгунинг бош фокуси дейилади. Кўзгунинг қутбидан фокусгача бўлган масофа кўзгунинг **фокус масофаси** $F = \frac{r}{2}$ дейилади.

Жумладан, сферик кўзгу формуласи бундай ёзилади:

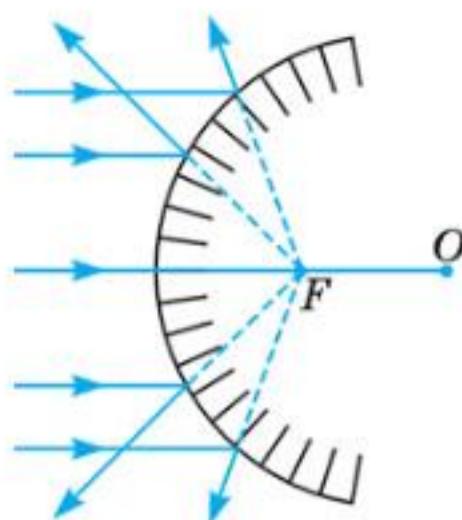
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}. \quad (38.4)$$

Агар $r \rightarrow \infty$ бўлса, у ҳолда сферик кўзгунинг ўрнига ясси кўзгу олиниади. Бунда $d = -f$ бўлади. Бу *ясси кўзгу формуласидир*.

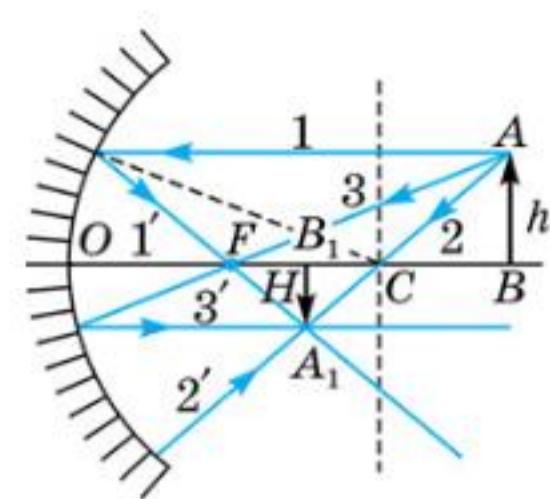
(38.4) формулани таҳлил қиласиз. Бунинг учун бу ифодани $\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$ кўринишда ёзамиз. Агар $d > F$ бўлса, яъни буюм кўзгу фокусининг орқасида турса, у ҳолда $\frac{1}{f} > 0$ ва $f > 0$. Демак, бу ҳолда биз ҳақиқий тасвир оламиз, яъни тасвир кўзгунинг олдида бўлади. Агар $d < F$ бўлса, у ҳолда $f < 0$, бунда биз мавҳум тасвир ҳосил оламиз, яъни тасвир кўзгунинг орқа томонида бўлади. Агар кўзгуга тушадиган параллел нурлар дастаси бош оптик ўқقا параллел бўлмаса, улар қайтгандан



38.7-расм



38.8-расм



38.9-расм

кейин бош фокусда әмас, балки фокал текисликда йиғилади. **Күзгүнинг фокал текислиги деб күзгүнинг бош оптик үқига перпендикуляр бўлиб, унинг фокуси орқали ўтувчи текисликка айтилади** (38.7-расм).

Қавариқ кўзгу (38.8-расм) ҳар доим мавҳум тасвир беради ($f < 0$). Бу кўзгунинг фокуси мавҳум ($F < 0$) бўлади, чунки бунда нурларнинг ўзлари әмас, балки уларнинг давоми тўпланади (кўзгу ёруғлик нурларни сочади). Буни инобатга олсак, қавариқ сферик кўзгу формуласи куйидагича ёзилади:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}. \quad (38.5)$$

Сферик кўзгудаги тасвирни ясаш учун асосий учта нурдан фойдаланилади (38.9-расм):

1) 1-нур кўзгунинг бош оптик үқига параллел бўлади, у кўзгу сиртидан қайтгандан кейин кўзгу фокусидан ўтади ($1'$ -нур);

2) 2-нур кўзгунинг эгрилик марказидан ўтиб, кўзгу сиртидан қайтгандан сўнг тушган нур чизиғи бўйлаб орқага қайтади ($2'$ -нур);

3) 3-нур кўзгунинг фокусидан ўтиб, кўзгу сиртидан қайтгандан сўнг бош оптик үққа параллел кетади ($3'$ -нур).

Сферик кўзгуларда тасвир ясаганда параксиал нурлардан фойдаланиш кераклигини ёдда тутмоқ лозим (параксиал нурлар кўзгуга жуда кичик бурчак остида тушадиган нурлардир).

Сферик кўзгулар буюмнинг катталаштирилган ёки кичрайтирилган тасвирини ҳосил қиласи. **Кўзгунинг катталаштириши деганда тасвир чизиқли ўлчамининг буюмнинг чизиқли ўлчамига нисбатига тенг бўлган физик катталик тушунилади** (38.9-расм). $AB = h$, $A_1B_1 = H$ бўлсин, у ҳолда $\Gamma = \frac{H}{h}$. Ҳисоблашлар натижаси сферик кўзгунинг катталаштириши буюмдан кўзгунинг қутбигача бўлган $BO = d$ ва тасвирдан кўзгунинг қутбигача бўлган $OB_1 = f$ масофаларга боғлиқ эканини кўрсатади. Бинобарин, кўзгунинг катталаштириши

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}. \quad (38.6)$$

Параболик ботиқ күзгулар жуда кенг қўлланилади. Улар ўзига тушган ёруғликнинг параллел нурлар дастасини бир нуқтага йиғади. Агар бундай күзгунинг фокусига ёруғлик манбани ўрнатсак, параллел нурлар дастасини оламиз. Бу автомобилларда, прожекторларда қўлланилади. Ботиқ күзгулар, шунингдек, осмон жисмларини, жумладан, юлдузларни, сайёralарни ўрганишда телескоп-рефлекторларда ҳам қўлланилади.

БУ ҚИЗИК!

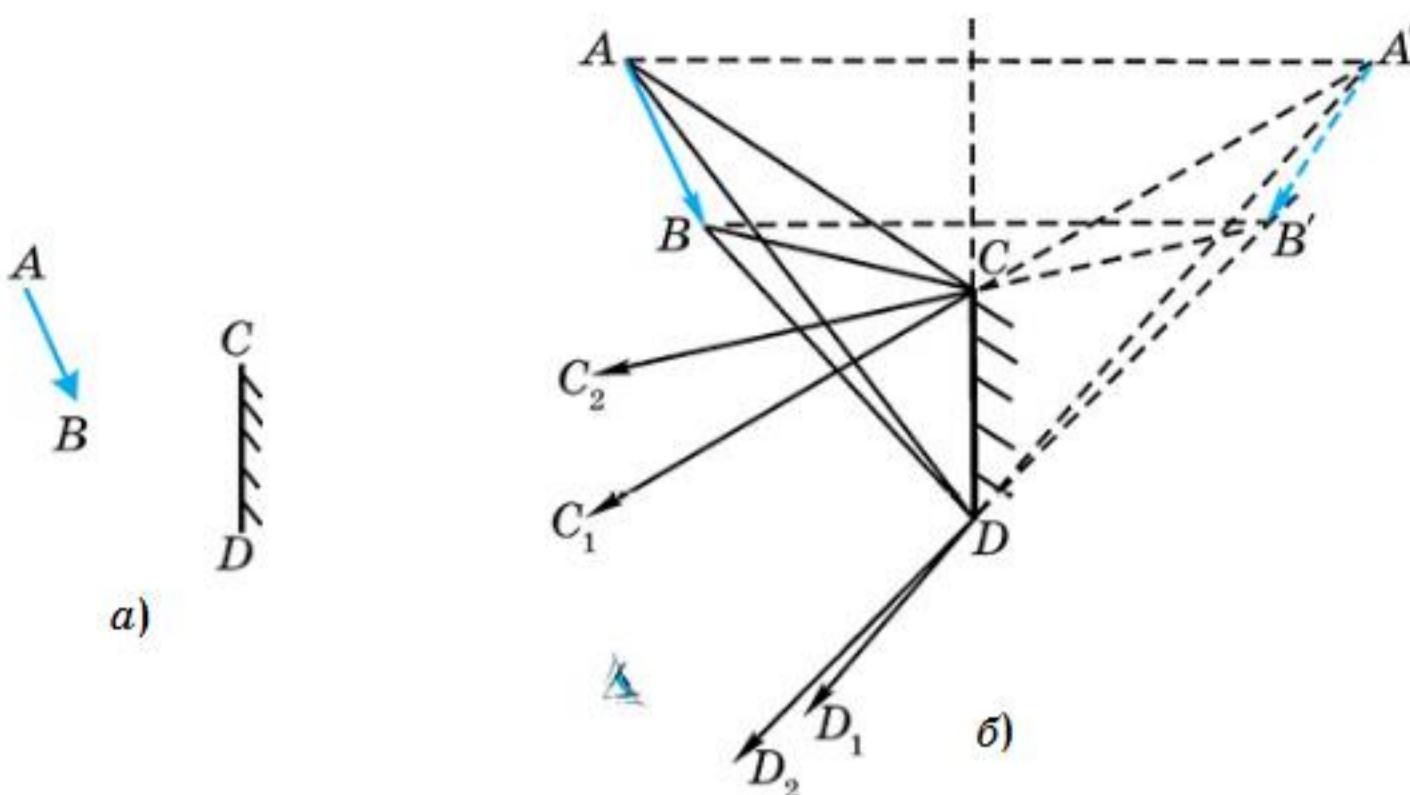
Агар сиз сұхбатдошингизнинг кўзига диққат билан қарасангиз кичрайган ўз тасвириңизни қўришиңиз мүмкін. Ушбу тасвир қандай пайдо бўлди? Бундай ҳолда кўзниң шох пардаси қавариқ кўзгу вазифасини бажаради, яъни тасвир кўзниң шох пардаси сиртида пайдо бўлар экан.



1. Қандай ҳодиса ёруғликнинг қайтиши деб аталади? У қандай қонунларга бўйсунади?
- *2. Ёруғликнинг қайтиш қонунини келтириб чиқаринг.
3. Қайтишининг қандай турларини биласиз?
4. Яссикўзгу деб нимага айтиласди?
- *5. Яссикўзгу формуласини келтириб чиқаринг.
6. Яссикўзгуда қандай тасвир ҳосил бўлади?
7. Яссикўзгу ҳақиқий тасвир ҳосил қила оладими?
8. Қалам яссикўзгудан 25 см масофада ётибди. Агар қалам 10 см га кўзгудан узоклаштирилса, унинг тасвири қаламдан қандай масофада бўлади?
9. Кўзгубуюннинг мавхум тасвири ҳосил бўлганерга қўйилса, яссикўзгудаги жисм ва унинг тасвир орасидаги масофа қандай ўзгаради?
10. Кўзгупителескоп қандай тузилган? Унинг тузилиш чизмасини ва ундағи нурнинг йўлларини чизинг.
11. Агар икки яссикўзгу бир-бирига нисбатан 60° ли икки ёқли бурчак ҳосил қилса, биз нечта тасвир оламиз? Бурчак 30° бўлса-чи?
12. Ўзаро параллеликкита яссикўзгу нечта тасвир беради?
13. Сфериккўзгунинг қайси бири ёруғликни сочади, қайси бири ўзигатушган параллел ёруғлик дасталарини битта нуқтага йиғади? Бу нуқта нима деб аталади?
14. Қандай сферик кўзгунинг фокуси мавхум ва қандай сферик кўзгунинг фокуси ҳақиқий бўлади?
15. Қандай тасвир ҳақиқий тасвир дейилади?
16. Сфериккўзгуда тасвир ҳосил қилувчи асосий нурларни айтинг.
17. Кўзгунинг катталаштириши дегандан имани тушунасиз?
18. Яссива сфериккўзгуларнинг хира сиртларнинг турмушда қўлланилишга мисоллар келтиринг.

Масала ечиш намуналари

1-масала. AB буюм ва CD кўзгу расмда кўрсатилгандек жойлаштирилган (38.10, а-расм), AB буюмнинг кўзгудаги тасвирини ясанг.



38.10-расм

Буюмнинг тасвирини түлиқ күриш учун күз қаерда жойлашиши керак?

Ечилиши. А нүктадан чиққан нурлар күзгудан қайтгандан кейин CC_1 ва DD_1 (38.10, б-расм) түғри чизиқлар билан чегараланган йўлда тарқалади. В нүктадан чиққан нурлар CC_2 ва DD_2 түғри чизиқлар орасида тарқалади (нурларнинг қайтиш қонунига мувофик). Буюмнинг барча нүкталаридан чиққан нурлар фақат CC_1 ва DD_2 түғри чизиқлар орасидаги йўлларда жойлашса ва күз шу оралиқда жойлашган бўлса, одам бу нурларни кўра олади. Ушбу масаладан мустақил топшириқ олиш мумкин. Одам ўз бўйини түлиқ күриш учун ясси кўзгуни қандай масофада жойлаштириш керак?

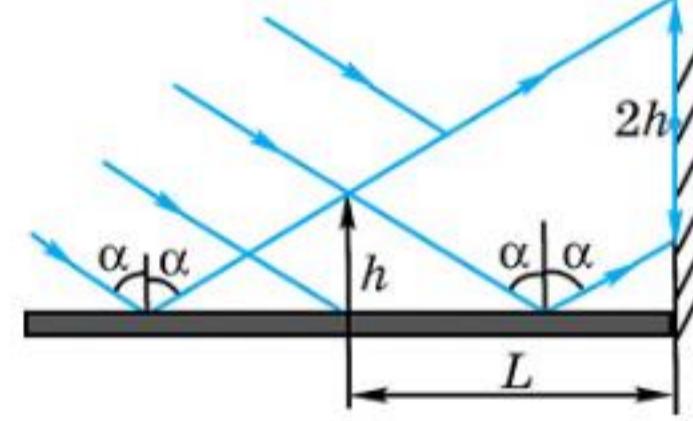
2-масала. Қуёш нурлари горизонтал ётган күзгудан қайтиб, вертикал экранга тушади. Горизонтал ётган күзгуда ясси жисм жойлашган. Вертикал экрандаги сояни тавсифланг.

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

1. $L \parallel 2htg\alpha$. Мазкур ҳолда экранда асослари бир жойдан бошланган түғри ва тўнтарилган иккита соя (38.11-расм) кўринади. Соянинг умумий узунлиги $2h$ бўлади. Соя қуёш нурлари билан ёритилган ва экраннинг ёруғлик түғри тушган ва қайтган нурлар билан ёритилган қисмларидан кескин фарқ қиласди.

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

Уни мустақил исботланг.



38.11-расм

**17-машқ**

1. Қандай шарт бажарилғанда ясси күзгү ҳақиқий тасвир беради?
2. Ясси күзгүни 20° га бурганда, унинг сиртидан қайтган нур қандай бурчакка бурилади?

Жағоби: 40° .

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

Жағоби: 5.

4. Қуёшнинг баландлығи 50° . а) Қудук тубини ёруғлаштириш учун; б) Қуёш нурини горизонтал йўналтириш учун ясси күзгүни қандай жойлаштириш керак?

Жағоби: а) 70° ; б) горизонтга 115° ёки 65° бурчак остида.

5. Хира ёки ялтироқ қофознинг қайси биридан фотосурат яхши күрінади. Нима учун?

6. 5 см диаметрли доиравий ношаффоғ гардишга нұқтавий ёруғлик манбаидан ёруғлик тушади. Гардишга қарама-қарши экран жойлаштирилған. Гардиш ва ёруғлик манбасы орасидаги масофа 1 м, экрандан гардишгача бўлган масофа 2 м. Экранда ҳосил бўлган соянинг юзини ҳисобланг.

Жағоби: 177 см^2 .

7. 3 м баландликдаги хонада чироқ шифтдан 50 см масофада осилган. Чироқ нурлари фақат юқорига йўналган. Диаметри 60 см бўлган ясси күзгү шифтдаги чироқ устига ўрнатилган. Хона полидан қайтган ёруғлик диаметрини топинг.

Жағоби: 4,2 м.

- *8. Иккита күзгү 72° га тенг икки ёқли бурчак ҳосил қиласы. Күзгүлардан бирига ёруғлик нури тушади. Дастраб тушган нур билан күзгудан қайтган нур орасидаги бурчакни топинг.

Жағоби: 144° .

- *9. Параллел ёруғлик дастаси горизонтал йўналишда тарқалади. Ясси күзгү горизонтга нисбатан қандай бурчак остида жойлаштирилса, қайтган нур вертикал равища тарқалади?

Жағоби: 135° .

- *10. Кўзгуга тушган ёруғлик манбасы ёрдамида вертикал қудукнинг тубини ёруғлантириш керак. Ёруғлик нурлари горизонтга нисбатан 30° ли бурчак ҳосил қиласы. У ҳолда ясси күзгү горизонга нисбатан қандай бурчак остида жойлаштирилиши керак?

Жағоби: 60° .

39-§. Ёруғликтардың синиши ҳодисаси



Таянч тушунчалар:

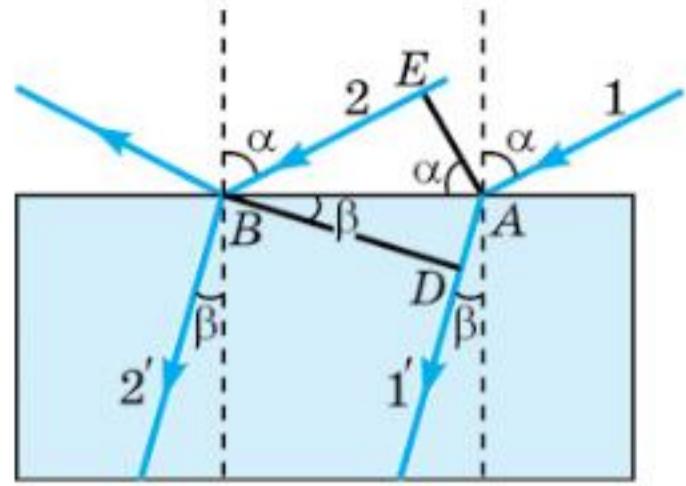
- ✓ ёруғликтардың синиши
- ✓ толалар оптикасы
- ✓ тұлақайтыш

Бугундарда:

- Гюйгенс принципи ёрдамиа ёруғликтардың синиши қонуни билан танишасиз.



Ёруғликтардың синиши. Ёруғликтардың синиши ҳодисаси деб ёруғлик нури бир мұхитдан иккінчи мұхиттегі үтиш чегарасыда үзининг тарқалиш үйналишини үзгартышига айтиласы. Турли мұхитларда ёруғликтардың тарқалиш тезлиги турлича бүлгани учун ёруғликтардың синиши ҳодисаси күзатылады. Тажрибада исботланған синиши қонунлари қуйидагы таърифланады:



39.1-расм

1) тушган нур 1, синган нур 1' ва икки мұхит чегарасыда нурнинг тушиш нүктасына үтказилған перпендикуляр битта текисликда ётади (39.1-расм);

2) тушиш бурчаги синусининг синиши бурчаги синусына нисбеті берилған икки мұхит учун үзгармас катталик бўлиб, у иккінчи мұхиттегі биринчи мұхиттегі нисбатан нисбий синдириш кўрсаткичи деб аталади:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n. \quad (39.1)$$

Бу қонуннинг иккінчи қисмини исботлаймиз. Бунинг учун 39.1-расмни кўриб чиқамиз. Бу расмда 1 ва 2 нурлар — тушувчи параллел нурлар, 1' ва 2' нурлар эса синган нурлардир. Биринчи мұхитда ёруғлик v_1 тезлик билан, иккінчи мұхитта эса v_2 тезлик билан тарқалади. 1-нур A нүктега етиб келганды 2-нур E нүктада бўлсин. 1'-нур иккінчи мұхитда ҳаракатланиб, D нүктега етиб борганды 2-нур биринчи мұхитда ҳаракатланиб, B нүктега келади. Ушбу жараённи инобатга олиб, AD ва EB масофаларни ҳисоблаш мумкин: $EB = v_1 t$, $AD = v_2 t$. α — ёруғлик нурининг тушиш бурчаги, β — синиши бурчаги бўлсин. У холда $\angle ABD = \beta$, $\angle BAE = \alpha$ ($\angle BAE$ ($\angle BAE$ ва α бурчаклар ўзаро перпендикуляр томонларга эга), шунинг учун ABE тўғри бурчакли учбурчакдан:

$$\frac{EB}{AB} = \sin \alpha. \quad (39.2)$$

Тўғри бурчакли учбурчак ABD дан эса:

$$\frac{AD}{AB} = \sin \beta. \quad (39.3)$$

(39.2) тенгликни (39.3) тенгликка бўлиб, $\frac{EB}{AD} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ эга бўламиз.

$AD = v_2 t$, $EB = v_1 t$ бўлгани учун,

$$\frac{v_1 \tau}{v_2 \tau} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \text{ ёки } \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (39.4)$$

Ёруғликнинг турли муҳитларда тарқалиш тезликлари ўзгармас катталик бўлгани учун, уларнинг нисбатлари ҳам ўзгармас бўлади:

$$v_1 = \frac{c}{n_1}, \quad v_2 = \frac{c}{n_2}, \quad \frac{v_1}{v_2} = n_{2,1}. \quad (39.5)$$

Биринчи муҳитда тарқалган ёруғлик тезлигининг иккинчи муҳитда тарқалган ёруғлик тезлигидан неча марта катта эканини кўрсатувчи физик катталик нисбий синдириш кўрсаткичи дейилади.

Жумладан, (39.4) формулани бундай ифодалаш мумкин:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1}. \quad (39.6)$$

Бу — ёруғликнинг синиш қонунидир. Ушбу формулани таҳлил қилиб, ёруғликнинг тушиш бурчагининг ортиши билан синиш бурчагининг ҳам ортишини кўриш мумкин.

Ёруғликнинг вакуумда тарқалиш тезлиги ёруғликнинг берилган муҳитда тарқалиш тезлигидан неча марта катта эканини кўрсатувчи физик катталик берилган муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи дейилади:

$$n = \frac{c}{v}. \quad (39.7)$$

Бу ерда $c > v$ бўлгани учун, $n > 1$. Масалан, сув учун $n = 1,33$, шиша учун $1,5 < n < 1,8$, ҳаво учун $n = 1,0003$, олмас учун $n = 2,45$. Абсолют синдириш кўрсаткичи каттароқ муҳит оптик жиҳатдан зичлиги каттароқ муҳит дейилади.

Абсолют ва нисбий синдириш кўрсаткичлари орасидаги боғланишни топамиз. (39.7) формуладан берилган муҳитдаги ёруғликнинг тарқалиш тезлигини топамиз. Бунда биринчи муҳитдаги ёруғликнинг тезлиги $\frac{c}{n_1} = v_1$, иккинчи муҳитда эса $\frac{c}{n_2} = v_2$.

(39.5) формулага мувофик

$$n_{2,1} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}.$$

У ҳолда ёруғликнинг синиш қонунини $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ ёки $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$ кўринишида ифодалаш мумкин, яъни муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичининг ёруғлик нурининг тушиш бурчаги синусига кўпайтмаси ўзгармас катталик бўлиб қолаверади: $n \cdot \sin \alpha = \text{const}$,

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta. \quad (39.8)$$

Бу оптик инвариантлик дейилади.

Ёруғлик нури бир мұхитдан иккінчи мұхитга ўтганда, унинг бошланғич йўналишдан оғиши күзатылади. Ёруғлик нурининг тушиш бурчаги қанчалик катта бўлса, унинг оғиш бурчаги шунча катта бўлади.

Ёруғликнинг тўла ички қайтиши. Ёруғликнинг оптик жиҳатдан зичлиги каттароқ мұхитдан оптик жиҳатдан зичлиги кичикроқ мұхитга ўтишини кўриб чиқамиз. Мазкур ҳолда нурнинг тушиш бурчаги нурнинг синиш бурчагидан кичик бўлади. Маълумки, нурнинг тушиш бурчаги ортган сари синиш бурчаги ҳам ортади. Маълум бир пайтда α_0 тушиш бурчагига мос синиш бурчаги 90° га teng бўлсин (39.2-расм). Бунда ёруғлик нури икки мұхит чегараси бўйлаб йўналади. Бундай ҳодиса *тўла ички қайтиш* деб аталади. Нур α_0 дан катта бурчак билан тушса, ёруғлик нури биринчи (анча зич) мұхитдан чиқмайди. Ёруғлик нурининг синиш қонуни тўла ички қайтиш ҳоли учун қўйидагича ёзилади:

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \text{ ёки } \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}.$$

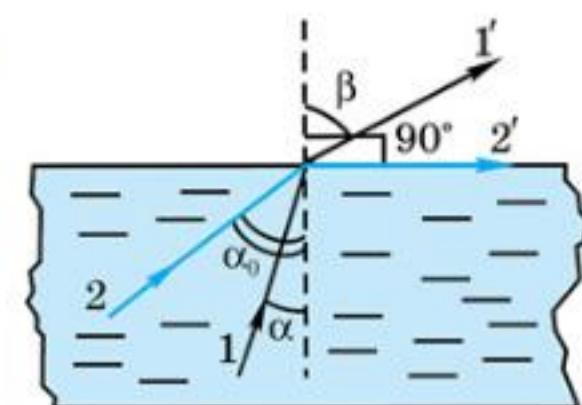
Ҳаво ва вакуум учун $n_2 = 1$. Шунинг учун охирги формуладан ёруғликнинг бирор мұхитдан ҳаво ёки вакуумга ўтиши бундай бўлади: $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n_1}$. Ушбу формуладан мұхитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи катталигини топамиз: $n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_0}$.

Тўла ички қайтиш ҳодисасидан кўплаб оптик асбобларда фойдаланилади. Ундан тиббиётда, эндоскопик аппаратларда фойдаланилади.

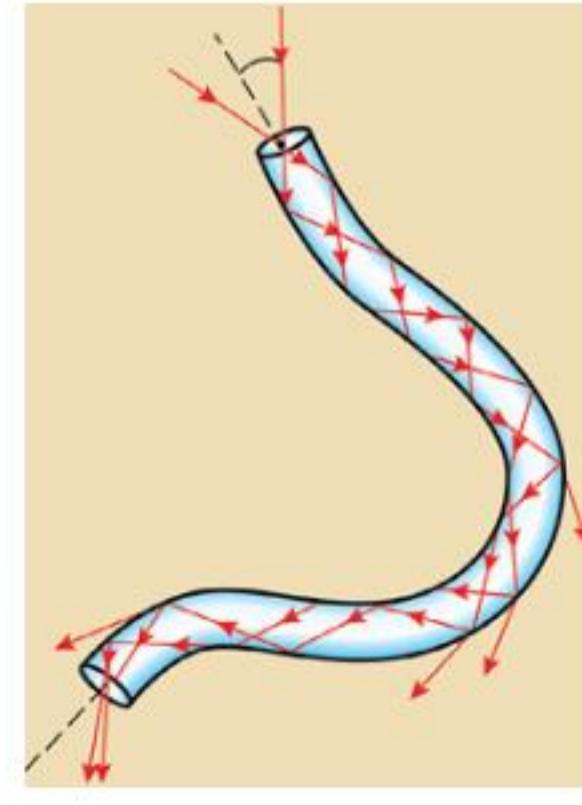
Толали ёруғлик ўтказгич (световод)нинг яратилиши энг қизиқарли ва амалий татбиқи жиҳатидан мұхим ҳисобланади. У бир неча микрометрдан миллиметргача бўлган ингичка ҳар турли эгилган шаффоф материал (шиша, кварц)дан иборат. Толага тушган нур тўла ички қайтиш ҳисобига ундан олис масофаларга тарқала олади (39.3-расм). Уни ишлаб чиқариш ва татбиқ этиш билан шуғулланадиган илмий-техника йўналиши *толалар оптикаси* дейилади.

Толалар оптикасининг афзалликлари:

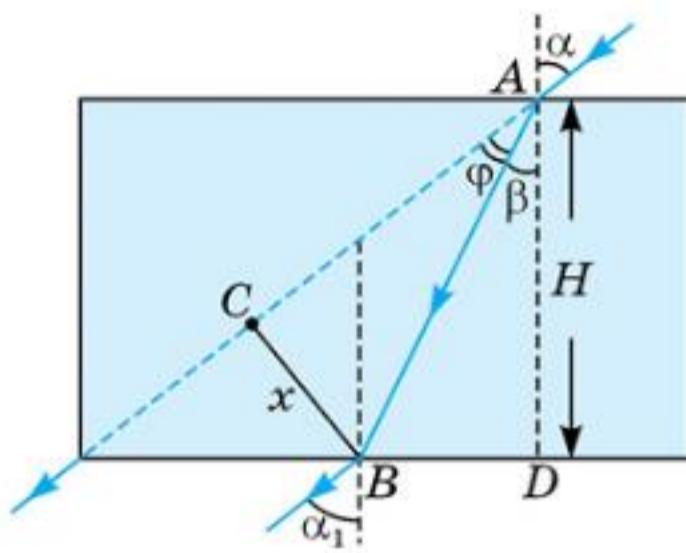
- юқори тезлик (10 Гбит/с дан бошлаб);
- ишончлилик (оптик толалар ташқи мұхит таъсирида яроқсиз ҳолга келмайди, тўсиқлар бўлмайди ва бундан ташқари, у заиф электромагнит таъсирга эга);
- ўтказиш қобилияти юқори бўлгани учун жуда қисқа вақт ичидан катта ҳажмдаги маълумотлар узатылади (онлайн режимида фильмларни томоша қилишингиз, мусиқа тинглашингиз мумкин ва бошқалар);



39.2-расм



39.3-расм



39.4-расм

- оптик тола ёрдамида маълумотлар олис масофаларга узатилади;
- ахборот хавфсизлиги (маълумотлар бевосита бир нүктадан иккинчисига узатилади, оптик толадан кабелга ўтиш деярли мумкин эмас, маълумотлар учинчи томонга берилмайди);
- оғирлиги ва ҳажмининг ихчамлиги;
- кимёвий таъсирга ва ёнғинга чидамли.

Ясси параллел пластина. Ёруғлик нурларининг ясси параллел пластиналарга тушиши муҳим амалий аҳамиятга эга. *Ясси параллел пластиналар — икки томони параллел сиртлар билан чегараланган шаффоғ жисмдан иборат.* Бундай пластиналардан ўтгандан кейин ёруғлик нурлари дастлабки йўналишларига параллел бўлади, аммо бироз масофага силжийди. Шу фикрни исботлаймиз. Пластиналарга остида ҳам, устида ҳам абсолют синдириш кўрсаткичи n_1 бўлган бир хил муҳит мавжуд (39.4-расм). Пластина моддасининг абсолют синдириш кўрсаткичи n_2 , бўлсин. У ҳолда ёруғликнинг синиш қонунига мувофиқ

A нүкта учун (нурнинг пластинага кириш нүкласи): $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$,

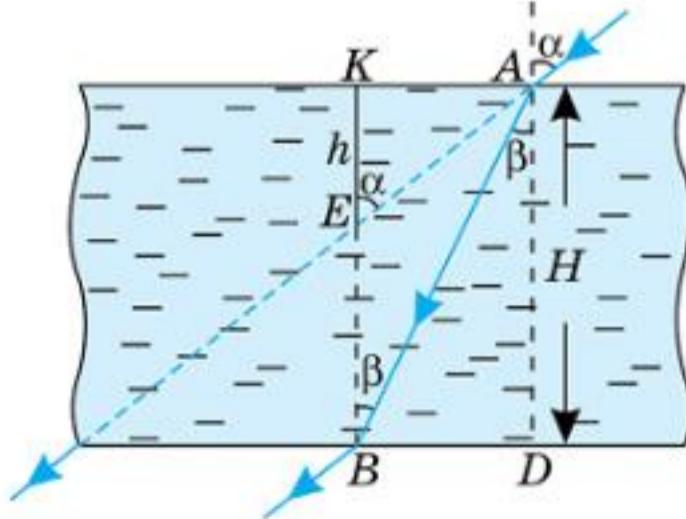
B нүкта учун эса (нурнинг пластиналардан чиқиш нүкласи) $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{n_2}{n_1}$ бўлади. Бу икки формулани таққослаб, биз $\alpha = \alpha_1$ эканини кўрамиз. Демак, ёруғлик нури ясси параллел пластиналардан ўтганда тарқалиш йўналишини ўзгартирмайди, бироз масофага силжийди, холос. *СВ* нурнинг $CB = x$ силжиш катталигини топамиз. *ABC* тўғри бурчакли учбурчакдан $x = AB \sin \phi$, бу ерда $j = a - b$. *ABD* тўғри бурчакли учбурчакдан $AB = \frac{H}{\cos \beta}$. Жумладан, *нурнинг силжиши катталиги*

$$x = H \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta} \quad (39.9)$$

формула билан аниқланади. Бу формуладан кўринадики, пластина қанча қалин ва тушиш бурчаги катта бўлса, нур шунча кўп силжийди.

Ҳақиқий ва кўринма чуқурлик. Аквариумга ёки дарё сувига қараганда уларнинг туби аслига қараганда яқин бўлиб кўринишига эътибор бергандирсиз. Ушбу ҳолни қандай физик ҳодиса асосида тушунтириш мумкин? Жавобингизни асосланг.

Биз кўлнинг ҳақиқий чуқурлигини ўлчаймиз. Кўлнинг сиртига кичик бурчак остида тушадиган ёруғлик нурини кўриб чиқамиз. 39.5-расмда кўлга тушаётган ёруғлик нури-



39.5-расм

нинг α тушиш бурчаги күрсатилган. Күлнинг күринма чуқурлиги KE бўлсин, AKE тўғри бурчакли учбурчакдан $KA = h \cdot \operatorname{tg}\alpha$. Тўғри бурчакли ADB учбурчакдан эса $BD = H \cdot \operatorname{tg}\beta$. $BD = AK$ бўлгани учун, $h \operatorname{tg}\alpha = H \operatorname{tg}\beta$. Бундан күлнинг ҳақиқий чуқурлигини оламиз:

$$H = h \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\beta}. \quad (39.10)$$

Призма. Ёруғликнинг қайтиш ва синиш ҳодисалари кўплаб оптик асбобларда қўлланилади. Шундай асбоблардан бири призмадир. **Призма** кесишуви текисликлар билан чегараланган шаффоф жисмдан иборат. Кесишуви текисликлардан пайдо бўлган бурчак призманинг синдириш бурчаги, кесишуви текисликлар призманинг синдирувчи ёқлари деб аталади. Текисликларнинг кесишган чизиклари призманинг синдирувчи қирралари, синдириш бурчаги қаршисида ётган текислик призманинг асоси дейилади.

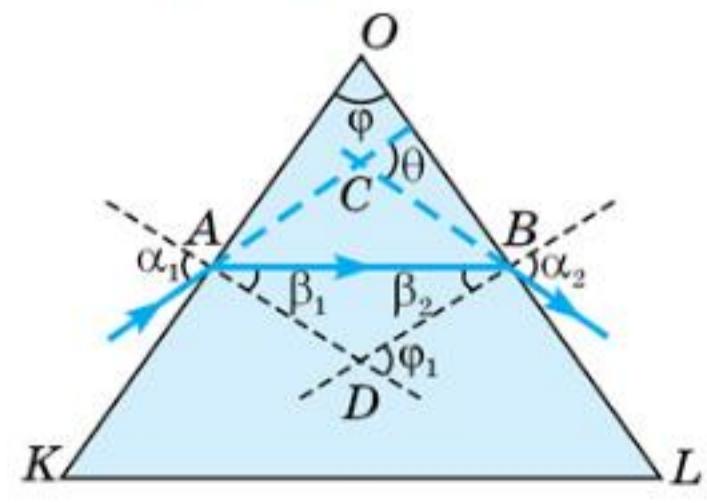
Нурнинг призмада ўтган йўлини кўриб чиқамиз. 39.6-расмга эътибор берсак, нурнинг ўтган йўли қайтиш ва синиш қонунларига мос келади. Призманинг KO синдирувчи ёқига α_1 бурчак остида ёруғлик нури тушсин.

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 бурчакидир. **Оғиш бурчаги деб призмага кирган нур билан призмадан чиқсан нур йўналишлари орасидаги бурчакка айтилади.**

ABC учбурчак учун θ бурчак ташқи бурчак бўлиб, у ўзига кўшини 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 ва ϕ_1 бурчаклар эса томонлари ўзаро перпендикуляр бурчаклар бўлгани учун улар ўзаро тенг: $\phi_1 = \phi$ бўлади. У ҳолда, $\theta = \alpha_1 + \alpha_2 - \phi$.

Ёруғликнинг синиш 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:

$$\theta_{\min} = (n - 1)\phi.$$



39.6-расм

Ёруғликтің призмадан үтгандан кейинги максимал оғиши шарти ушбу күрнештегі өзінің тұрақтылығынан таба алады: $\theta_{\max} = a_1 + \frac{\pi}{2} - \phi$. Бу пайтда чиққан нур синди-рүвчи ёк бүйлаб сирпанади.



1. Қандай ҳодиса ётуғликтің синиши дебаталади? Унима учун кузатилади?
- *2. Ётуғликтің синиши қонунини таърифланға уни келтириб чиқаринг.
3. Ётуғликтің абсолют ва нисбий синдириш күрсаткичларинің физик маъносини тушунтириңг. Улар үзаро қандай боғланған?
4. Ётуғликтің тұла ички қайтиши нима? У қачон кузатилади?
5. Ётуғликтің синиши параллель пластинкалар орқали үтганданда қандай ҳодисаларни кузатиши мүмкін?
6. Күлнің хақиқияттың күрнешін чуқурликтаринима? Уларниң сабабдантенг бүлмайды?
7. Призманиң асосий хоссаларини таърифланғ.
8. Призмадан үтган нурнің ійліні қандай аниқлаш мүмкін?



Тангагақоракуя суриб, сувга ташланг. Сувга ётуғликтің түширилғандатанғаннанға ранғи қагдай үзгәради?

Масала ечиш намуналари

1-масала. Синиши бурчаги түшиш бурчагидан иккі марта кичик бўлиши учун ётуғликтің нури шиша сиртига қандай бурчак остида түшиши керак? Шишаниң синдириш күрсаткичи 1,5 га teng.

Берилган:

$$b = \frac{a}{2}$$

$$n = 1,5$$

*Топиш
керак:
a — ?*

Ечилиши. $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ синиши қонунидан фойдаланамиз.

$b = \frac{a}{2}$ 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 $\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{n^2}{4}} = \frac{\sqrt{4 - n^2}}{2}$. Синиши бурчаги синусининг бу қийматини формулага қўйиб, $\frac{2 \sin \alpha}{\sqrt{4 - n^2}} = n$ га эга бўламиш.

Бундан ётуғликтің нурнің түшиш бурчагини топамиш: $\sin a = \frac{n \sqrt{4 - n^2}}{2}$. Сон қийматларини ўрнига қўйсак, $\sin a = \frac{1,5 \sqrt{4 - 2,25}}{2} = 0,992$ чиқади, жумладан $a = 83^\circ$.

Жавоби: 83° .

2-масала. Чуқурлиги $H = 2$ м бўлган кўлнің сиртида $r = 3$ м радиуси ёғоч гардиш сузиги юрибди. У сочувчи ётуғликтан 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:

$R_1 = ?$

$R_2 = ?$

ва $x = H \cdot \operatorname{tg} b$. У ҳолда $R_1 = r - H \cdot \operatorname{tg} b$ ва

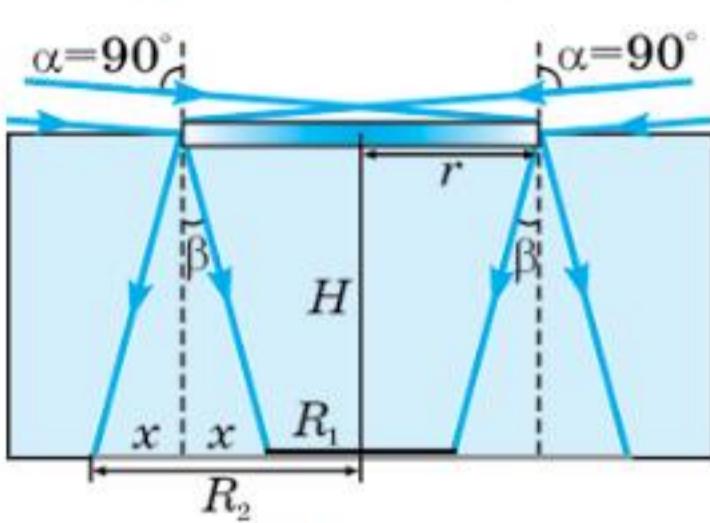
$R_2 = r + H \cdot \operatorname{tg} b$. $\operatorname{tg} b = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$ ҳам-

да синишиң қонуни формуласини инобатта

олсак, $\operatorname{tg} b = \frac{n}{n\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}$. Бинобарин,

соя ва ярим соя радиуслари мос равища

$R_1 = r - \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}}$ ва $R_2 = r + \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}}$ бўлади.

Сон қийматларини қўйиб ҳисоблаймиз, $R_1 = 0,6 \text{ м}$ ва $R_2 = 5,4 \text{ м}$.

39.7-расм

Жавоби: 0,6 м; 5,4 м.**18-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?

Жавоби: 0,62.

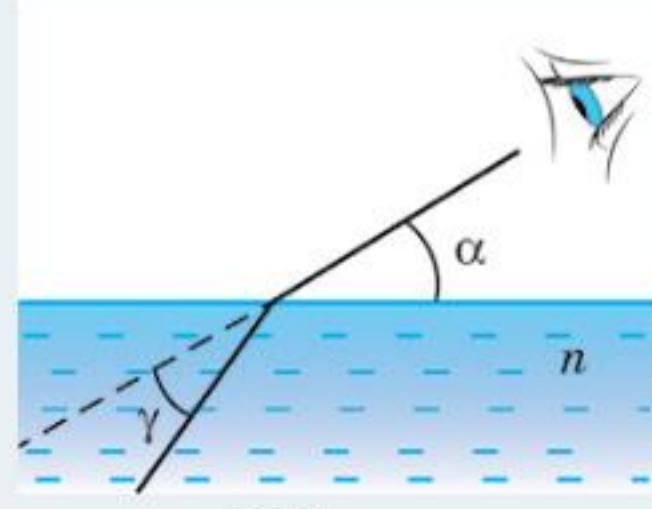
2. Қуёш нурининг ҳаводан шишага ўтгандаги тушиш бурчаги 60° , синиши бурчаги 30° . Ёруғликнинг шишадаги тарқалиш тезлигини ва тўла ички қайтиш бурчагини топинг.

Жавоби: $1,73 \cdot 10^8 \text{ м/с}$; 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 (39.8-расм). Таёқ қандай бурчак билан синган? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $4/3$.

Жавоби: 20° .

4. Суюқлик қўйилган идиш ичига ёруғлик манбаи жойлашган. Идишнинг тубида ясси кўзгу бор. Идишдаги суюқлик қатлами 6 см га teng. Идиш сиртида юзи 314 см^2 бўлган қора диск сузиб юрибди. Агар суюқликнинг синдириш кўрсаткичи 1,14 бўлса, ташки кузатувчига кўриниш учун ёруғлик манбаи қандай чуқурликка қўйилиши керак?

Жавоби: 0,5 см.

39.8-расм

5. Қалинлиги 6 см ясси параллел пластинкадан ёруғлик үтгандың ёруғликнинг ён томонға силжишини аниқланғ. Нурнинг тушиш бурчаги 40° , пластинка материалынинг синдириш күрсаткичи 1,6.

Жағоби: 1,8 см.

***6.** 10 см баландлықта сув билан тұлдирілған стакан тубида чақа ётибди. Кузатувчи чақаны сув сиртидан қандай чуқурлықта күради? Сувнинг синдириш күрсаткичи $4/3$.

Жағоби: 7,5 см.

***7.** Кузатувчи нұхаттағы пастки ёқи нұхатдан 5 см масофада жойлашған қалин шиша орқали қарайды. Шишанинг қалинлиғи 8 см, синдириш күрсаткичи 1,5. Нұхатнинг күрінадиган тасвири шишанинг пастки ёқидан қандай масофада жойлашған?

Жағоби: 4 см.

40-§. Линзалар. Юпқа линза формуласи



Таянч тушунчалар:

- ✓ линза
- ✓ қалин линза
- ✓ юпқа линза
- ✓ оптик күч

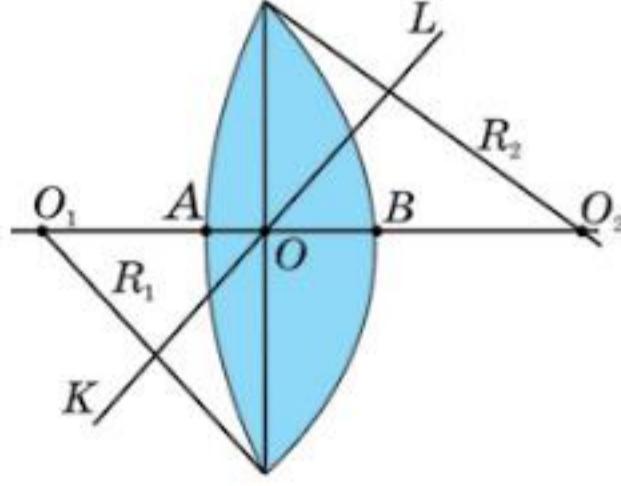
Бугун дарсда:



- юпқа линза формулаларидан масалалардағы фойдаланышни үрганаңыз.

Күплаб оптик асбобларда, жумладан, телескопларда, микроскопларда, фотоаппаратларда, проекцион аппаратларда, дурбинларда, күзойнакларда линзалар құлланилады. *Линза — иккى томони сферик сиртлар билан чегаралған шаффо жисм. Улар иккى турға бүлинади: сочувчи ва йиғувчи линзалар.* Сочувчи линзалар үзи орқали үтган ёруғликни сочады, йиғувчи линзалар эса уларни бир нүктеге йиғады. Йиғувчи линзанинг үртаси четига қараганда қалин бўлади, сочувчи линзаларда эса аксинча, чети қалин, үртаси юпқа бўлади.

Линзага оид асосий тушунчалар ва унинг тавсифлари. 40.1-расмда тасвирланған линзаниң күриб чиқамиз. Расмдаги O_1 ва O_2 — линзаниң ҳосил қилувчи сферик сиртларнинг әгрилик марказлари, R_1 ва R_2 — сферик сиртларнинг әгрилик ридиуслари. Линзаниң ҳосил қилган сферик сиртларнинг әгрилик марказлари орқали үтган түғри чизик линзанинг бош оптик ўқи дейилади. Линзанинг бош оптик ўқида, линзалар марказида ётган O нүкта линзанинг оптик маркази деб аталади. Оптик марказ орқали үтган нурлар синмайди, яъни



40.1-расм

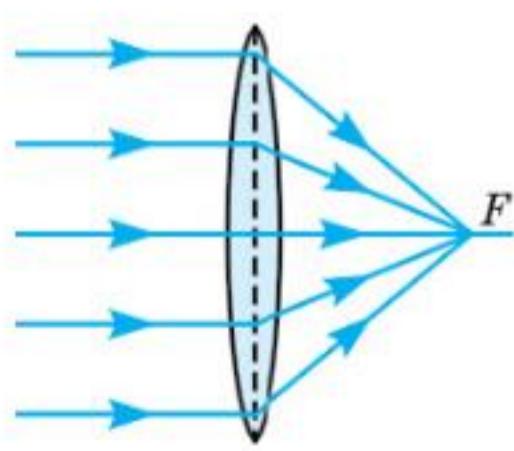
тарқалиш йўналишини ўзгартирмайди. Оптик марказ орқали ўтувчи, лекин эгрилик маркази орқали ўтмайдиган түғри чизиқлар KL ёрдамчы (қўшимча) оптик ўқ дейилади. Бош оптик ўқнинг линза сиртлари билан кесишадиган A ва B нуқталари линза қутблари деб аталади. Линза қутблари орасидаги масофа линза қалинлиги дейилади. 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.

Линзанинг ҳосил қилган сиртларнинг шаклига қараб линзалар қавариқ (яssi қавариқ, икки томонлама қавариқ ва ботик-қавариқ) ва ботик (яssi ботик, икки томонлама ботик ва қавариқ-ботик) линзаларга бўлинади.

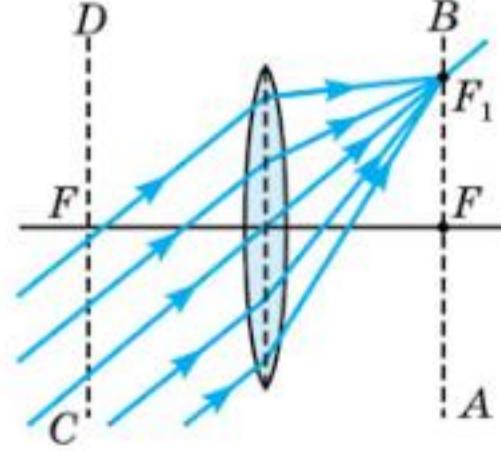
Агар йиғувчи линзага унинг бош оптик ўқига параллел ёруғлик нурлари туширилса, улар бир нуқтада, яъни линзанинг бош фокуси F да йиғилади (40.2-расм). Бу нуқта линзанинг бош оптик ўқида ётади. Линзанинг икки томонида жойлашган иккита бош фокуси бор. Агар линзага унинг ёрдамчи оптик ўқига параллел бўлган нурлар дастасини туширсак, улар ҳам бир нуқтада, линзанинг қўшимча F_1 фокусида йиғилади. Бу нуқта линзанинг FF_1 фокал текислигига ётади. (40.3-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.

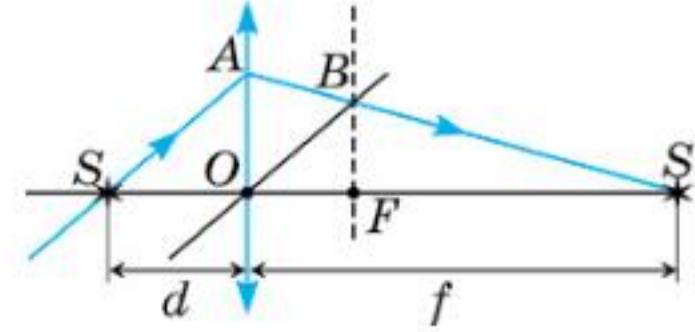
Юпқа линза формуласи. Юпқа линза формуласини келтириб чиқарамиз. 40.4-расмга эътиборни қаратамиз. S — шуълаланувчи нуқта, S_1 — нуқтанинг тасвири, SA — тушган нур, AS_1 — линза орқали ўтган нур, F — линзанинг бош фокуси, BF — линзанинг фокал текислиги, O — линзанинг оптик маркази, OB — линзанинг ёрдамчи ўқи (у тушган нур SA га параллел), B линзанинг ёрдамчи фокуси. Буюм (ёруғ нуқта)дан линзанинг оптик марказигача бўлган SO масофани d ҳарфи, линзанинг оптик марказидан буюмнинг тасвиригача бўлган OS_1



40.2-расм



40.3-расм



40.4-расм

масофани f ҳарфи, линзанинг OF фокус масофасини F ҳарфи билан белгилаймиз. Шундай қилиб, навбатдаги ҳисоблашларни бажарамиз. SAS_1 ва OBS_1 учурчаклар — учурчаклар үшашлигининг учинчи аломатига кўра үшаш учурчаклардир. Үшаш учурчакларнинг мос томонлари ва томонларининг кесмалари пропорционал бўлади. Демак, $\frac{SS_1}{OS_1} = \frac{SO}{OF}$ ёки юкоридаги белгилашлардан фойдалансак: $\frac{d+f}{f} = \frac{d}{F}$. Алмаштиришлардан сўнг: $\frac{d}{f} + 1 = \frac{d}{F}$. Тенгликнинг иккала томонини d га бўламиз,

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}. \quad (40.1)$$

Бу формула *юпқа линза формуласи* дейилади.

Юпқа линза формуласини келтириб чиқаришнинг бошқа усулларини таклиф қилинг.

Охирги формулани қўлланишнинг асосий хусусиятларини кўриб чиқамиз. Линзада қандай тасвир (ҳақиқий ёки мавҳум) ҳосил бўлишига ва линзанинг турига (йиғувчи, сочувчи) боғлиқ ҳолда формула қўйидаги кўринишларда ифодаланиши мумкин.

1. Йиғувчи линзада ҳақиқий тасвир ҳосил бўлса, у ҳолда $d > 0$ (мусбат), $f > 0$ (мусбат) ва $F > 0$ (мусбат) бўлади. Юпқа линза формуласи мазкур ҳол учун қўйидагича ифодаланади:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

2. Йиғувчи линзада ҳақиқий тасвир ҳосил бўлса, у ҳолда $d > 0$ (мусбат), $f < 0$ (манфий) ва $F < 0$ (мусбат) бўлади. Юпқа линза формуласи бу ҳол учун қўйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

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 бош фокус масофасига тескари бўлган катталиқка айтилади.* Линзанинг оптик кучининг физик маъноси ёруғлик нурларининг линзадан ўтишдаги синиш даражасини тавсифлашдан иборат:

$$D = \frac{1}{F} \quad (40.2)$$

ёки

$$D = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

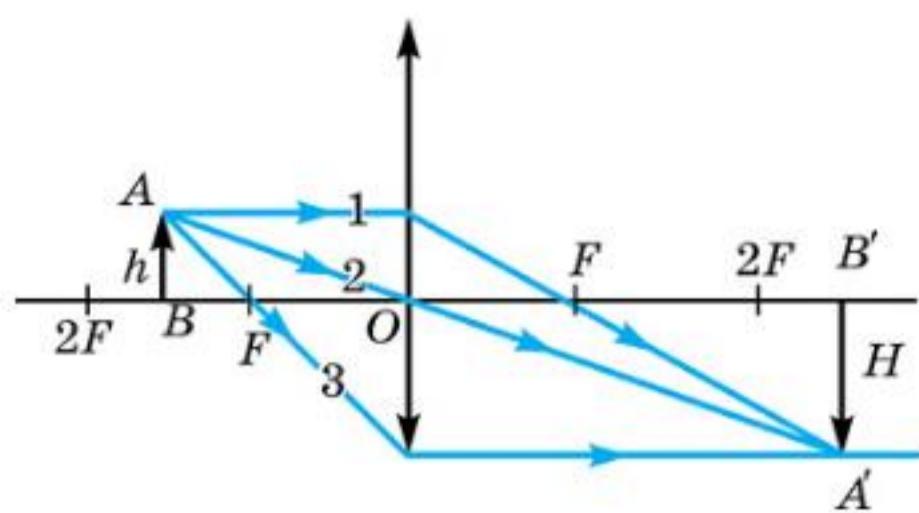
Линзанинг оптик кучи диоптрия билан ўлчанади:

$$1 \text{ дptr} = 1 \text{ м}^{-1}.$$

Линзада тасвир ясаш. Линзада тасвир ясаш учун қуидаги асосий уча нурлардан фойдаланилади (40.5-расм).

1. Бош оптик ўққа параллел бўлган нурлар линзадан сингандан сўнг линзанинг фокусидан ўтади.

40.5-расм



2. Линзанинг оптик маркази орқали ўтувчи нур синмайди.

3. Линзанинг бош фокуси орқали ўтувчи нур линзада сингандан кейин бош оптик ўққа параллел равишда кетади.

Йигувчи линзада буюмнинг ҳақиқий ва мавҳум тасвирлари ҳосил бўлиши мумкин. Ҳақиқий тасвир нурлар ўзаро кесишиганда, мавҳум тасвир эса нурларнинг ўзлари эмас, балки уларнинг давомлари кесишиганда ҳосил бўлади.

Линзанинг катталаштириши. Линза буюмнинг катталаштирилган ёки кичиклаштирилган тасвирини беради. *Линзанинг чизиқли катталаштириши* деб тасвирнинг чизиқли ўлчамининг буюмнинг чизиқли ўлчамига нисбати билан аниқланадиган физик катталикка айтилади:

$$\Gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{H}{h}. \quad (40.3)$$

40.5-расмдан $\Gamma = \frac{f}{d}$ эканини исботлаш мумкин. Бу ерда d — буюмдан линзагача, f — линзадан тасвиргача бўлган масофа.

Сочувчи линзадаги буюмнинг тасвири ҳар доим кичиклаштирилган, тўғри (тўнтарилмаган) ва мавҳум бўлади. Йигувчи линза эса буюмнинг қандай жойда туришига bogлиқ ҳолдан ҳақиқий, мавҳум, катталаштирилган ёки кичиклашган тасвирини беради.

Линзада ҳосил бўлган тасвирларнинг камчиликлари. Турмушда биз кўпинча қалин линзалардан фойдаланамиз, физикада ҳисоблашлар эса юпқа линзалар учун мўлжалланган; назарияда кичик диаметрли линзаларни ўрганамиз, аслида эса уларнинг диаметрлари бир неча метр бўлади; назарияда параксиал нурларни ўрганамиз, аслида линзага тушадиган барча нурлар параксиал бўлмайди. Шунинг учун линзалар хира тасвирлар беради.

Линзаларнинг асосий камчиликлари:

1) **сферик аберрация** (латинча *aberratio* — огиш, четга чиқиши) — кенг параллел нурлар дастасидан фойдаланилганда линзада бир фокуснинг ўрнига бир нечта фокус ҳосил бўлади. Сферик аберрацияни бартараф этиш учун маҳсус линзалар, диафрагма ва линзалар системасидан фойдаланилади;

2) хроматик аберрация — линзалар ёруғлик нурларини фокусга түплаганда рангга бўялган дөгларнинг пайдо бўлиши. Ёруғлик тўлқинларининг синиши уларнинг узунликларига боғлиқ (тўлқин узунлиги ортган сари унинг синиши камаяди) бўлгани учун қайд қилинган камчиликлар кузатилади. Хроматик аберрацияни тузатиш учун маҳсус линзалар системасидан (ахроматлар ва анахроматлар) фойдаланилади;

3) астигматизм — линзанинг бўйлама ва кўндаланг ўлчамларига, яъни линзанинг эгрилигига боғлиқ нуқсон. Агар доира шаклидаги линзалардан фойдаланилса, астигматизмни бартараф этиш мумкин;

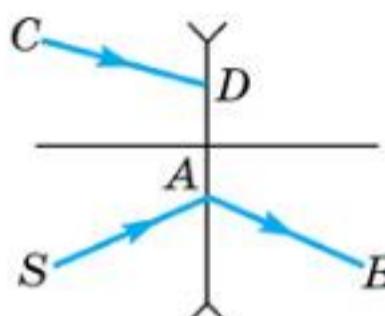
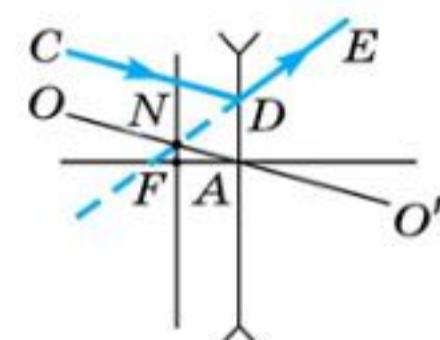
4) дисторсия — (лотинча *distorsio* — эгриланиш) — тасвирининг бузиб кўрсатилиши. Бу линзанинг кўндаланг катталашуви кўриш соҳаси чегарасида бир хил бўлмаслигидан ҳосил бўлади. Бунда буюм ва унинг тасвирининг геометрик ўхшашлиги бузилади. Масалан, линза берадиган квадратнинг тасвири бошқа шаклдаги кўринишда бўлиши мумкин. Айниқса, геодезия ва самолётдан расмга олиш вақтида дисторсиянинг олдини олишга алоҳида эътибор қаратилади.



1. Линза қандай оптик асбоб? Унинг қандай турларини биласиз?
- *2. Сочувчи линзанинг йигувчи линзадан фарқи нимада? Бир нечта фарқларини кўрсатинг.
3. Линзанинг оптик маркази ва фокуси нима? Линзанинг бош ва қўшимча оптик ўқлари деб нимага айтилади?
4. Йигувчи линзанинг фокусини тажриба орқали қандай аниқлаш мумкин? Сочувчи линза фокусини-чи?
5. Йигувчи 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 ҳақиқий, мавхум тасвир деб аталади?
- *9. Юпқа линза формуласини келтириб чиқаринг, уни таҳлил қилинг. Уни буюм ва линзаларнинг жойлашиши турлича бўлганҳолларучун ёзинг: а) $d > 2F$; б) $d = 2F$; в) $d = F$; г) $d < F$. Сочувчи ва йигувчи линзаларни қараб чиқинг:
10. Қуйидаги ҳоллар учун буюмларнинг тасвиirlарини ясанг; а) буюм линзанинг бош фокусида; б) буюм линза ва унинг бош фокуси оралиғида жойлашган. Олинган тасвиirlарни тавсиифлаб беринг.
11. Линза атрофидагимуҳит линзадан нурларнинг ўтишига қандай таъсир кўрсатади?
12. Битта линза ҳам йигувчи, ҳам сочувчи бўлиши мумкинми? Агар шундай бўлса, уни асослангва мисол келтиринг. Агар бўлмаса, тушунтиринг.
13. Линзанинг оптик кучи нима?
14. Линзанинг чизиқли катталаштириши нима? “Линзанинг катталаштириши 0,25 га тенг” деганжумлани қандай тушунасиз?
15. Агар линзанинг ярми ёпиб қўйилса, линзада буюмнинг тўлиқ тасвири ҳосил бўладими?
- *16. Параллел ёруғлик дастаси иккита йигувчи линзадан чиққандан кейин параллелигича қолиши учун улар қандай жойлашган бўлиши керак? Чизмасини ясанг.

Масала ечиш намуналари

1-масала. 40.6, *a*-расмда сочувчи линзадан сингандан кейинги нурнинг *SA* йўли кўрсатилган. Линзанинг бош фокуслари вазиятини топинг. *CD* нурнинг давомини кўрсатинг.

*a)**б)**в)***40.6-расм**

Ечилиши. *SA* нурга параллел қўшимча *OO'* ўқни ўтказамиз (40.6, *б*-расм). Бу ўқ синган *AB* нурнинг давоми қўшимча ўқ билан *LM* фокал текислигига ётувчи *K* нуқтада кесишади. Сочувчи линзанинг бош фокуси фокал текислигига линзанинг бош оптик ўқи билан кесишадиган нуқта бўлиб ҳисобланади. *CD* нурнинг давомини топиш учун *OO'* тўғри чизик ўтамиз (40.6, *в*-расм). *OO₁* тўғри чизик линзанинг оптик марказидан *CD* нурга параллел ўтказилган. Шу тўғри чизик линзанинг *LM* фокал текислиги билан кесишган *N* нуқта линзанинг қўшимча фокуси ҳисобланади. *N* ва *D* нуқталар орқали тўғри чизик ўтказиб, *CD* нурнинг линзада сингандан кейинги йўлинин топамиз. Бу *DE* тўғри чизиқдан иборат.

2-масала. Фокус масофаси *F₁* бўлган юпқа линза буюннинг тўғри тасвирини $\Gamma_1 = \frac{2}{3}$ га катталашибди. Агар шу линзани буюм ва линза орасидаги масофани сақлаган ҳолда оптик кучининг модули айнан шундай бўлган бошқа йиғувчи линза билан алмаштирилса, линзанинг катталашибдириши қандай бўлади (40.7-расм)?

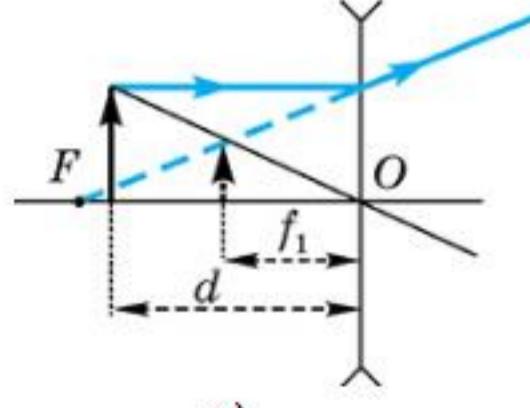
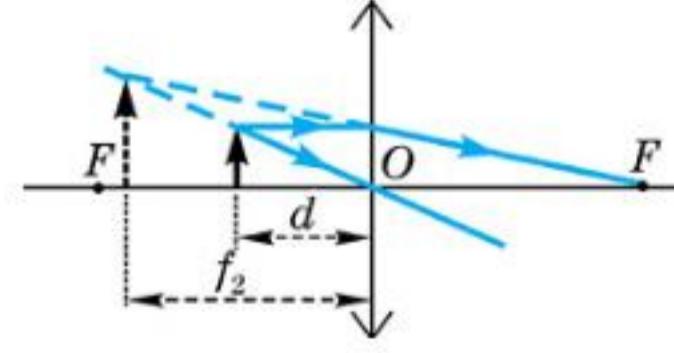
Берилган:

$$\Gamma_1 = \frac{2}{3}$$

Топиш керак:

$$\Gamma_2 = ?$$

Ечилиши. Дастрлаб сочувчи линза билан иш кўрдик, чунки фақат унинг ёрдамида кичиклашибдирилган тўғри (тўнкарилмаган) тасвир олиш мумкин.

*а)**б)***40.7-расм**

Сочувчи линза учун юпқа линза формуласи ушбу күринишга эга:

$$-\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_1}. \quad (40.4)$$

Линза сочувчи бўлгани учун, унинг F фокус масофаси олдига “-” ишораси қўйилади. Модомики, тасвир мавҳум экан, тасвирдан линзагача бўлган масофа ҳам “-” ишора билан олинади. Линзанинг катталаштириши 0,5 дан ортиқ, демак, буюм линзанинг фокуси билан унинг оптик маркази орасида жойлашган. Сочувчи линзани йиғувчи линза билан алмаштиргандан кейин буюмнинг тасвирини f_2 масофада оламиз (40.7, б-расм), шунинг учун линзанинг катталаштириши ўзгаради. Бу ҳол учун юпқа линза формуласи қўйидагича ёзилади:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_2}. \quad (40.5)$$

Қаралаётган ҳолда йиғувчи линзада мавҳум ($d < F$), катталаштирилган, тўғри тасвир бергани учун, f_2 нинг олдига минус “-” ишораси қўйилади. Линзанинг катталаштиришини мос равища қўйидаги формуалар ёрдамида топамиз:

$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d}$ (биринчи ҳолда), $\Gamma_2 = \frac{f_2}{d}$ (иккинчи ҳол учун). Бундан

$$f_1 = \Gamma_1 d, \quad (40.6)$$

$$f_2 = \Gamma_2 d \quad (40.7)$$

формуалар 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

$$\frac{2}{d} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}. \quad (40.8)$$

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 нурдан фойдаланиб кўрсатиш мумкин (40.7, а, б-расмлар).

Жавоби: $\Gamma_2 = 2$.



19-машқ

1. Иккита соат ойнаси елимлаб, “қавариқ” линза ясалди. Шу линза сувдаги ёруғлик дастасига қандай таъсир күрсатади? Жавобингизни расм асосида тушунтириңг.

Жавоби: сочилади.

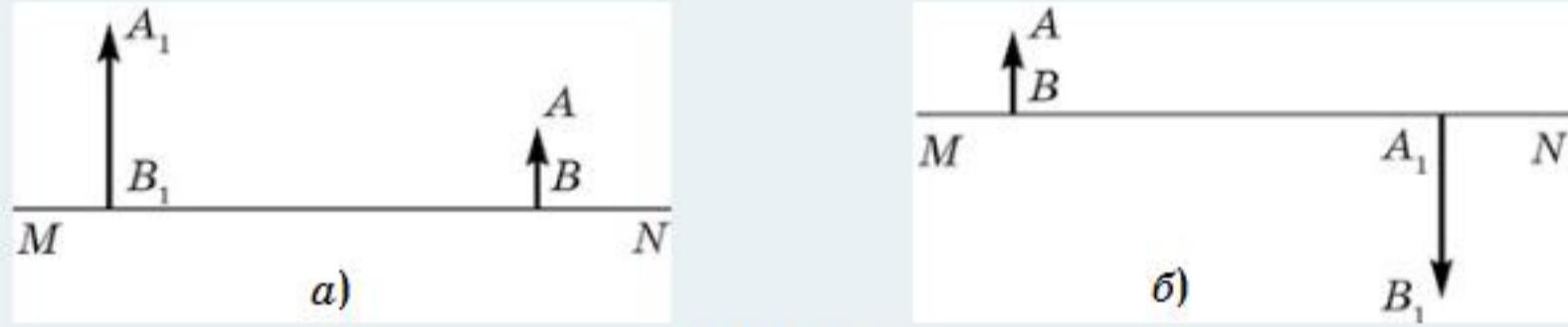
2. Йиғувчи линза ёрдамида буюмнинг мавҳум тасвирини қандай олиш мүмкин? Жавобни линзадаги нурларнинг йўлини ясаш орқали тушунтириңг.

Жавоби: атроф-муҳитга боғлиқ.

3. Қачон йиғувчи линза ёрдамида олинган тасвирининг баландлиги буюмнинг баландлигига teng бўлади? Жавобни линзада нурларнинг йўлини ясаш орқали тушунтириңг.

Жавоби: буюм линзадан $2F$ масофада бўлганда.

4. Линзанинг MN бош оптик ўқи, AB буюм ва унинг A_1B_1 тасвири берилган (40.8, *a*, *b*-расмлар). Линзанинг оптик марказини ва унинг фокус масофасини топинг.

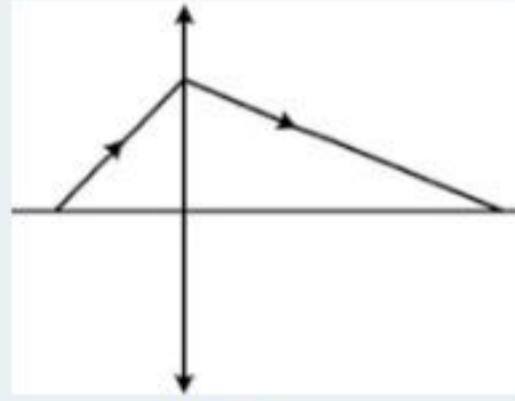


40.8-расм

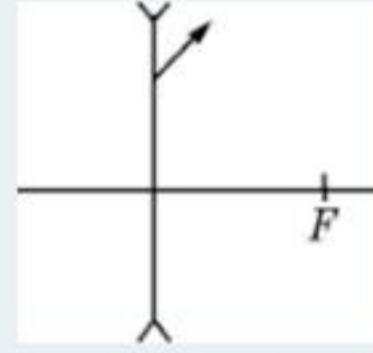
5. Линзанинг бош оптик ўқи ва нурлардан бирининг йўли берилган (40.9-расм). Линзанинг фокусини топинг.

6. 40.10-расмда фокус масофаси F бўлган линзадан ўтган нурнинг йўли берилган. Нурнинг линзагача бўлган йўлини чизинг.

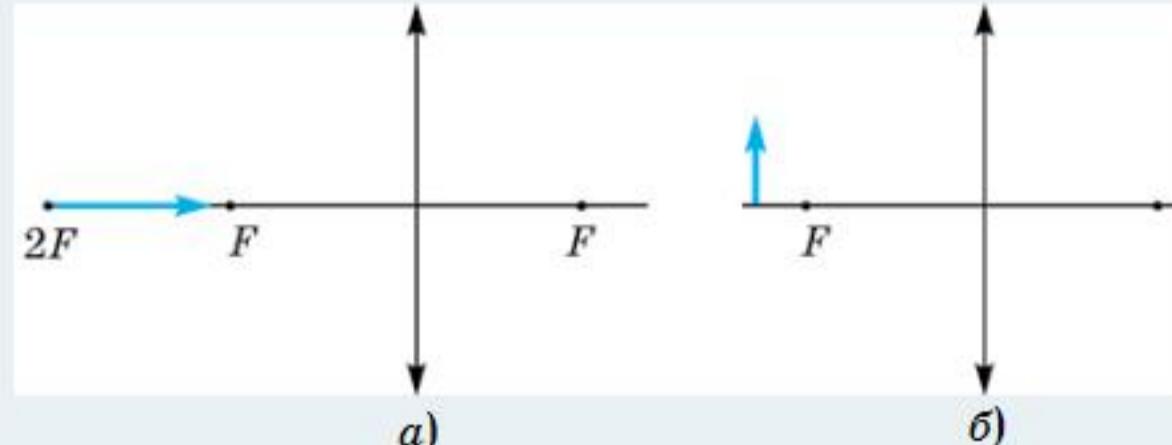
7. Берилган буюмнинг линзадаги тасвирини ясанг (40.11 *a*, *b*-расмлар). Бу қандай тасвир?



40.9-расм

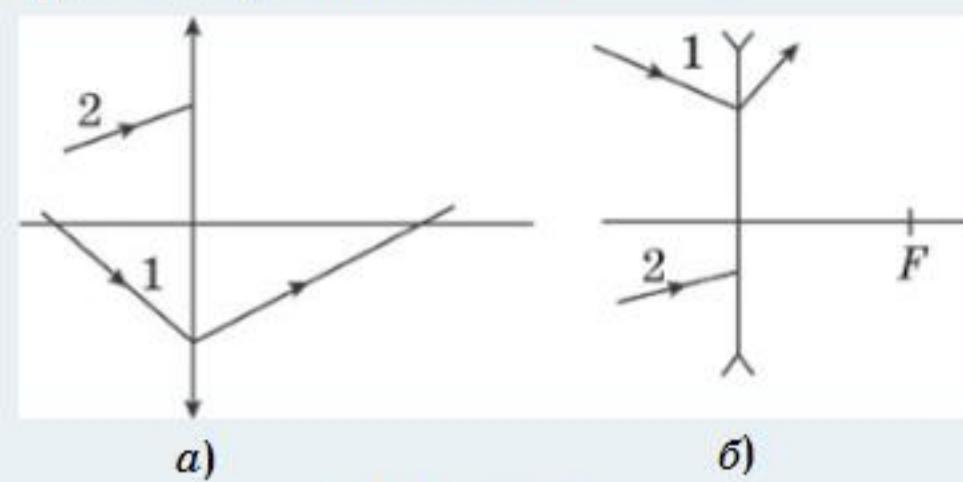


40.10-расм



40.11-расм

- 8. 40.12, а, б-расмларда линзадаги 1-нурнинг йўли кўрсатилган. Ясаш орқали 2-нурнинг йўлини топинг.**

**40.12-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 силжитилган?**

Жавоби: 8 см.

- 10. Буюм йигувчи линзанинг олдига, ундан 20 см масофага бош оптик ўққа жойлаштирилди. Унинг ҳақиқий тасвир олиниди (F — линзанинг фокус масофаси). Линзанинг оптик кучини топинг.**

Жавоби: 6,67 дптр.

- 11. Буюм йигувчи линза олдига ундан 1,5F масофада бош оптик ўққа қўйилган. Бунда тасвир линзадан 21 см масофада ҳосил бўлади. Линзанинг фокус масофасини топинг.**

Жавоби: 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 бўлди. Линзанинг фокус масофасини топинг.**

Жавоби: 0,67 м.

- 13. Йигувчи линзадан 125 см масофада унинг бош оптик ўқига парпендикуляр жойлашган буюм экранда баландлиги 25 мм тасвир беради. Агар линзанинг фокус масофаси 0,25 м бўлса, буюмнинг баландлиги қандай?**

Жавоби: 10 см.

- *14. Буюмдан тасвиргача бўлган масофа буюмдан линзагача бўлган масофадан 5 марта ортиқ. Бу қандай линза? Унинг катталаштиришини топинг. Масалани ечишнинг барча усулини кўриб чиқинг.**

Жавоби: йигувчи: а) агар тасвир ҳақиқий бўлса, $\Gamma = 4$;
б) агар тасвир мавҳум бўлса, $\Gamma = 6$.

- *15. Буюмдан линзагача ва линзадан тасвиргача бўлган масофа бир хил ва 0,5 м га teng. Агар буюм линза томонга 20 см масофага силжитилса, тасвир неча марта катталашади? Линзанинг фокус масофасини топинг.**

Жавоби: $\Gamma = 6,25$; $F = 25$ см.

41-§. Линзалар системасыда тасвир ясаш. Оптик асбоблар



Таянч тушунчалар:

- ✓ фотоаппарат
- ✓ микроскоп
- ✓ күз
- ✓ күзойнак
- ✓ коллиматор

Бугундарда:

- линзалар системасиданурлар йүлини ясашни;
- телескоп, микроскоп, лупадаги нурлар йүлини ясашни ва тушунтиришни ўрганасиз.

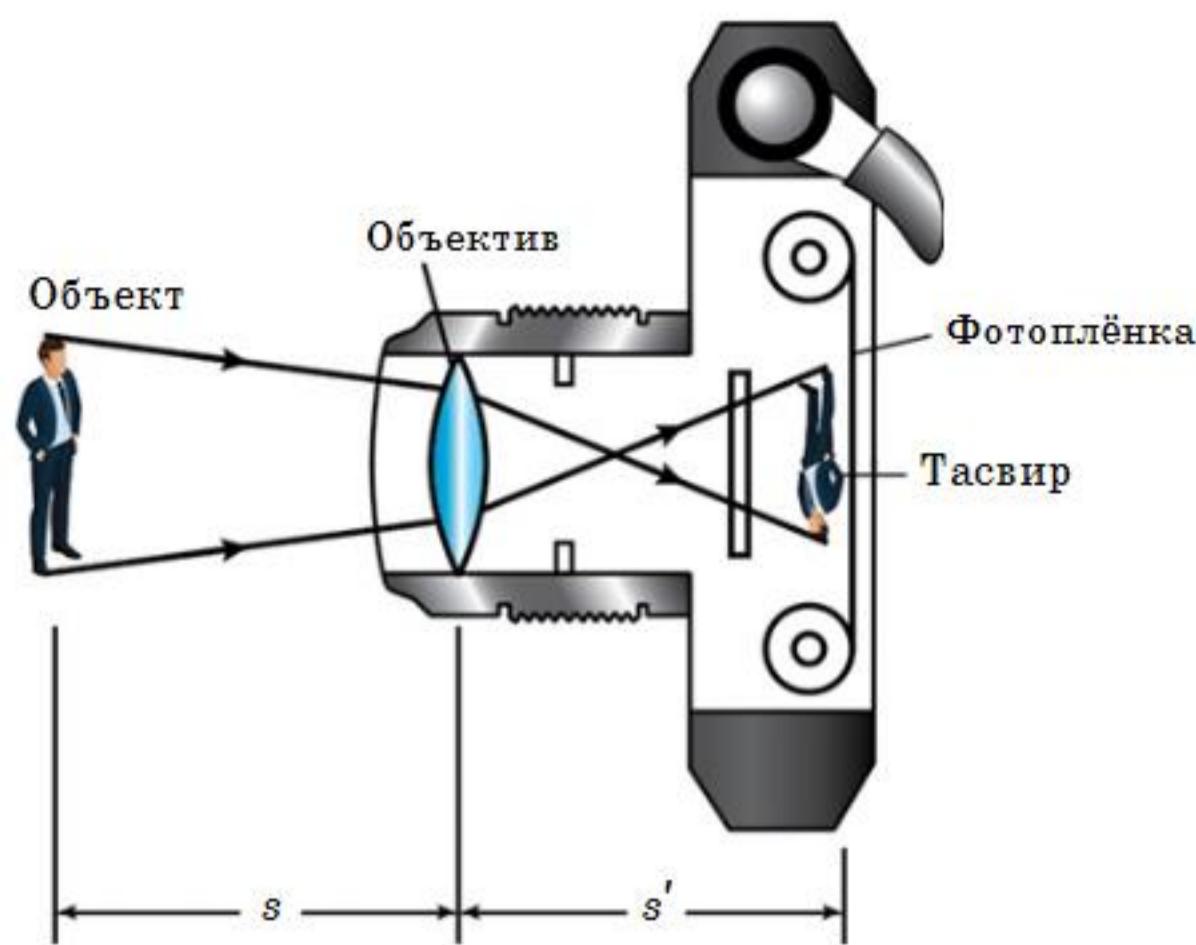


Асосий қисми буюмнинг тасвирини ҳосил қиласиган бирор оптик системадан иборат турли хил оптик асбобларнинг ишлаш принципи геометрик оптика қонунларига асосланган. Бажарадиган вазифасига қараб оптик асбоблар проекцион аппарат, микроскоп, телескоп, фотоаппарат ва бошқаларга бўлинади.

Проекцион оптик асбоблар. Проекцион асбобларга экранда буюмнинг ҳақиқий, катталашибтирилган тасвирини ҳосил қиласиган оптик асбоблар киради. Бундай асбоблар уч турга бўлинади: *диаскоп* (*диа* — шаффоф), у экранда шаффоф буюмларнинг тасвирини ҳосил қиласи: *эпископ* — экранда ношаффоф буюмларнинг тасвирини ҳосил қиласи, *эпидиаскоп* — экранда ҳам шаффоф, ҳам ношаффоф буюмлар тасвирини ҳосил қиласи. Барча ҳолларда ҳам буюм объектив билан фокус ва иккиланган фокус оралиғига жойлашибтириллади. Буюм қанчалик фокусга яқин жойлашса, проекцион асбобда шунча катталашибтирилган тасвир ҳосил бўлади. Диаскопда қувватли ёруғлик манбаи бор, унинг ёруғлик оқими конденсатор (линзалар системаси) ёрдамида диапозитивга (шаффоф объект) йўналтириллади. Ёруғлик оқимини кучайтириш учун баъзида ёруғлик манбаи ортига ботик кўзгу қўйиллади, у ёруғликни қайтариб, линзалар системасига йўналтиради. Конденсатор шундай жойлашибтирилладики, у кучсиз ёруғлик манбаи тасвирини объективга беради, у эса ўз навбатида диапозитивни экранда проекциялади.

Ношаффоф буюмларни, масалан, китобдаги расмларни кўрсатиш учун уларни ботик кўзгунинг фокусида жойлашган ёруғлик манбаидан келадиган нурлар ёрдамида кучли ёритиш керак. Ёруғлик оқими расмдан қайтиб, ясси кўзгуга тушади, сўнгра ёруғлик кучи ортирилган 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 плёнкада буюмнинг тасвири олинади. Фотоаппаратнинг асосий қисмлари: объектив, ёруғлик ўтказмайдиган ношаффофф камера, фотопленкадан иборат (41.1-расм). *Объектив* — тасвирни фотоплёнкага проекцияладиган линзаларнинг мураккаб системаси. Объектив ёрдамида сферик ва хроматик аберрациялар, астигматизм ва бошқа линзаларга хос оптик нуқсонлар тузатилади. Фотоплёнка



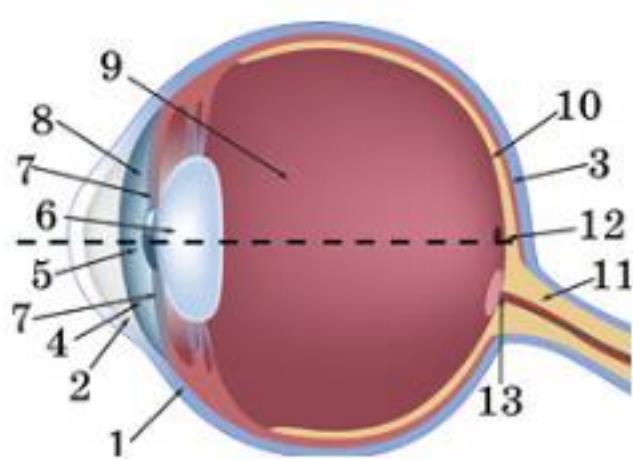
41.1-расм

текислигіда ҳақиқий, кичиклаштирилған, түнкаройлған 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 оралиғида 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 ёруғликнинг фақат аниқ бир вақт оралиғидагина ўтказадиган затвор бор, у экспозиция вақтини белгилайди. Бу эса плёнканинг сифатига ва унинг ёритилишига боғлиқ бўлади. *Фотоплёнканинг ёритилиши объективнинг ёруғлик кучига боғлиқ. Объективнинг ёруғлик кучи — объектив диаметрининг унинг фокус масофасига нисбатининг квадратига teng катталиктадир.* Объективнинг ишчи диаметрини диафрагма ёрдамида ўзгартириш мумкин. Диафрагманинг тирқишини кичрайтириб, фотоаппаратда ҳар хил масофада жойлашган нукталарнинг тасвирларини бир хил аниқликда олиш мумкин. Бунда кескинлик даражаси ортган дейишади.

Фотографиянинг аҳамияти жуда катта. Ҳозирги фотография тез, рангли ва стереоскопик фотографияга айланди. У ҳаётнинг барча соҳаларида ишлатилади: унинг ёрдамида космик объектлар, микро-зарралар ва бошқа ҳақида ҳам маълумотлар олиш мумкин. Улар ҳатто кўринмайдиган нурлар изини қайд қиласи. Бадиий фотографиялар кўзни қувонтиради. Фотомухбирлар бизни атрофимиздаги воқеалар ҳақида хабардор қилиб турадилар.

Күз. Күз — “тирик” оптик асбоб бўлиб, одамга ҳам, ҳайвонларга ҳам атроф-муҳитни таниб билишга имкон яратади. Күз — кўз соққасининг тўр пардасида буюмнинг кичиклаштирилган, ҳақиқий, тўнкарилган тасвирини беради. Кўзниң тузилиши 41.2-расмда келтирилган.



41.2-расм

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.

4. **Камалак парда** — томир парданинг олдинги қисми. Турли 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 қат-қат жисм, у тасвирини кўз соққасининг тўр пардасига проекциялади. Кўз гавҳарининг эгрилиги уни ҳар томондан ўраб турган мускулларнинг таъсирида ўзгариши мумкин, шу туфайли турли хил масофада жойлашган нукталарнинг тасвиirlари тўғридан-тўғри тўрнинг сезувчан пардасига тушади. Бу жараён **аккомодация** деб аталади.

Буюмнинг ҳамма 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 кўзларнинг тўр пардаларидаги тасвиirlари бир-биридан озгина фарқланади. Бу одамга буюмгача унинг қисмларигача бўлган масофани, шунингдек, кузатиладиган жисмнинг ҳажмини аниқлашга имкон беради.

8. **Сувга ўхшаш суюқлик.**

9. Кўз соққасининг ички қисмини тўлдириб турадиган қуюқроқ шаффоф шишасимон жисмга ўхшайди.

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 доғ** — пардадаги энг сезувчан жой.

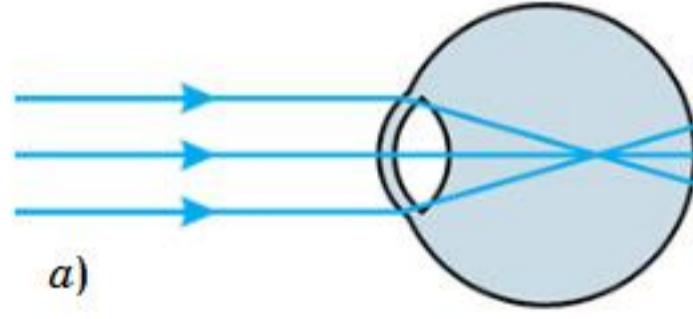
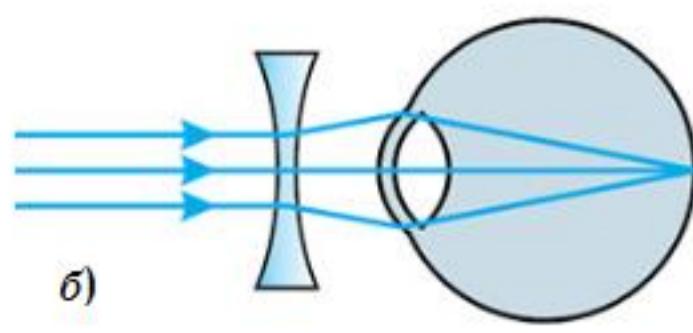
13. **Кўр доғ** — кўриш асаб томирлари кирадиган тўр пардадаги жой.

Күзни фокус масофаси ўзгарувчан ва экрангача (түр парда) бўлган масофа ўзгармайдиган оптик система сифатида қабул қилиш мумкин. Ёруғлик тўрпардага тушади, унинг асаб томир учлари (колбачалар ва таёқчалар) қабул қилинган импульсни бош миянинг кўриш марказига юборади. Бу жараён кўриш образини шакллантиради. Кўзнинг тузилиши хроматик ва сферик аберрацияларни йўқотиш қобилиятига эга. Улардан биринчиси гавҳарнинг орқа ва олдинги фокус масофаларининг тенг эмаслиги, иккинчиси кўз тузилишининг бир жинсли эмаслиги (синдириш кўрсаткичи марказда 1,41, четларида 1,38) сабабли йўқотилади.

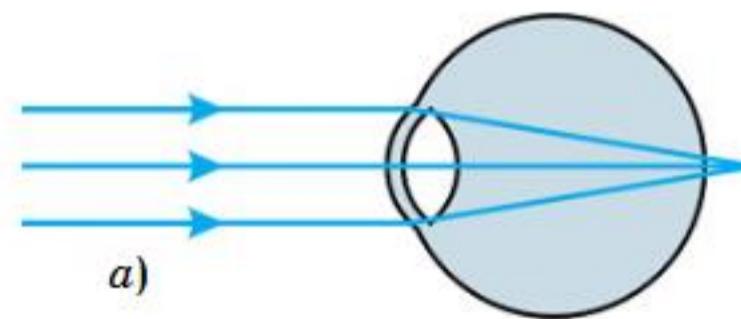
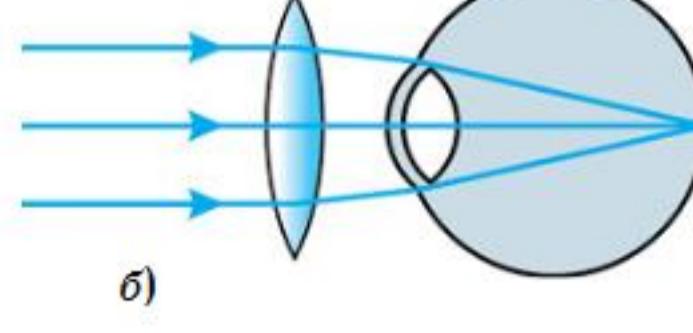
Ўзининг тузилиши бўйича кўз фотоаппаратга ўхшайди. Объектив ролини шишасимон жисм ва гавҳар бажаради. Аниқ тасвирни олиш аккомодация орқали амалга оширилади. Қорачик ўлчами ўзгариб турдиган диафрагма ролини бажаради.

Кўзойнак. Нормал кўриш қобилиятига эга одамда (энг яхши кўриш масофаси 25 см) буюмнинг тасвири тўр пардада ҳосил бўлади. Айрим кишиларнинг кўзи зўриқмаган ҳолда тасвирни тўр пардада эмас, балки унинг олдида ҳосил қиласиди (41.3, *a*-расм). Кўздаги бундай нуқсон яқиндан кўрарлик деб аталади. Яқиндан кўрадиган одам маълум бир масофадан бошлабгина яқин жойлашган буюмларни яхши кўради, узоқдаги буюмларни равshan кўра олмайди. Бу нуқсонни тузатиш учун сочувчи линзалар ўрнатилган (минус деб аталади) кўзойнак тақилади (41.3, *б*-расм).

Агар кўз тўр парданинг орқасида тасвир берса, (41.4, *a*-расм) бундай нуқсон узоқдан кўрарлик деб айтилади. Бундай нуқсони бор одамлар узоқдаги нарсаларни кўрса-да, унинг қисмларини аниқ ажратадилар. Яқин турган буюларни узоқдан кўрувчи одам аниқ кўрмайди. Уларнинг аккомодациясининг қути чегараси 25 см дан ортгандаёқ тугайди. Узоқдан кўрарлик йиғувчи линзалар ўрнатилган кўзойнак тақиши билан тузатилади (41.4, *а*, *б*-расмлар).

*a)**б)*

41.3-расм

*a)**б)*

41.4-расм

Лупа. Қаралаётган буюмнинг жуда кичик қисмларини ажрата олиш учун күриш бурчаги катта бўлиши керак. Күриш бурчагини буюмни кўзга яқинлаштириш орқали катталаштириш мумкин, бу оптик асбоблар ёрдамида амалга оширилади. Катта күриш бурчагига кўзнинг тўр пардасидаги катта тасвир мос келади. Кичик бурчакларда тасвирлар ўлчамининг нисбати тахминан күриш бурчакларининг нисбатига тенг. Буюмни оптик асбоб орқали кузатганда күриш бурчагининг қуролланмаган кўз билан қарагандаги күриш бурчагига нисбати асбобнинг *бурчак катталаштириши* деб аталади: $\Gamma = \frac{\Phi}{\Phi_0}$.

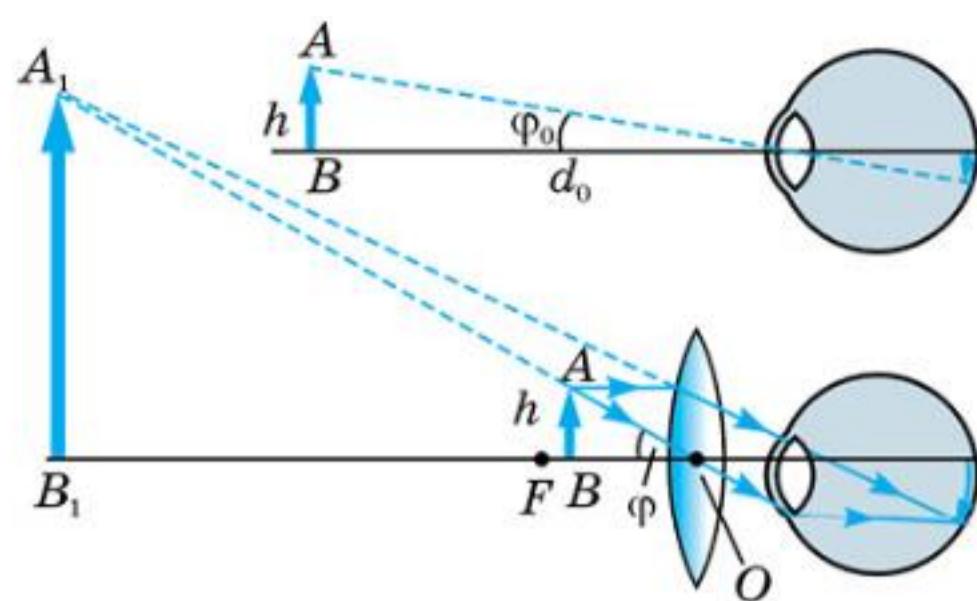
Қуролланмаган кўз билан қараганда буюмнинг күриш бурчаги $j_0 = \frac{h}{d_0}$ бўлади, бу ерда $d_0 = 25$ см — энг яхши күриш масофаси, h — буюмнинг чизиқли ўлчами.

Кичик буюмларни кўришга мўлжалаланган энг содда асбоб қисқа фокусли линза ҳисобланади ($F \approx 10$ см). Бу линза *лупа* дейилади. Лупани кўзга яқин ушлаб, буюм линзанинг фокал текислигига жойлаштирилади (41.5-расм). Бунда кўзни зўриқтирмасдан тўр пардада тасвир ҳосил бўлади. Лупа орқали қараганда буюм $j = \frac{h}{F}$ бурчак остида кўринади. Лупанинг бурчак катталаштиришини топамиз:

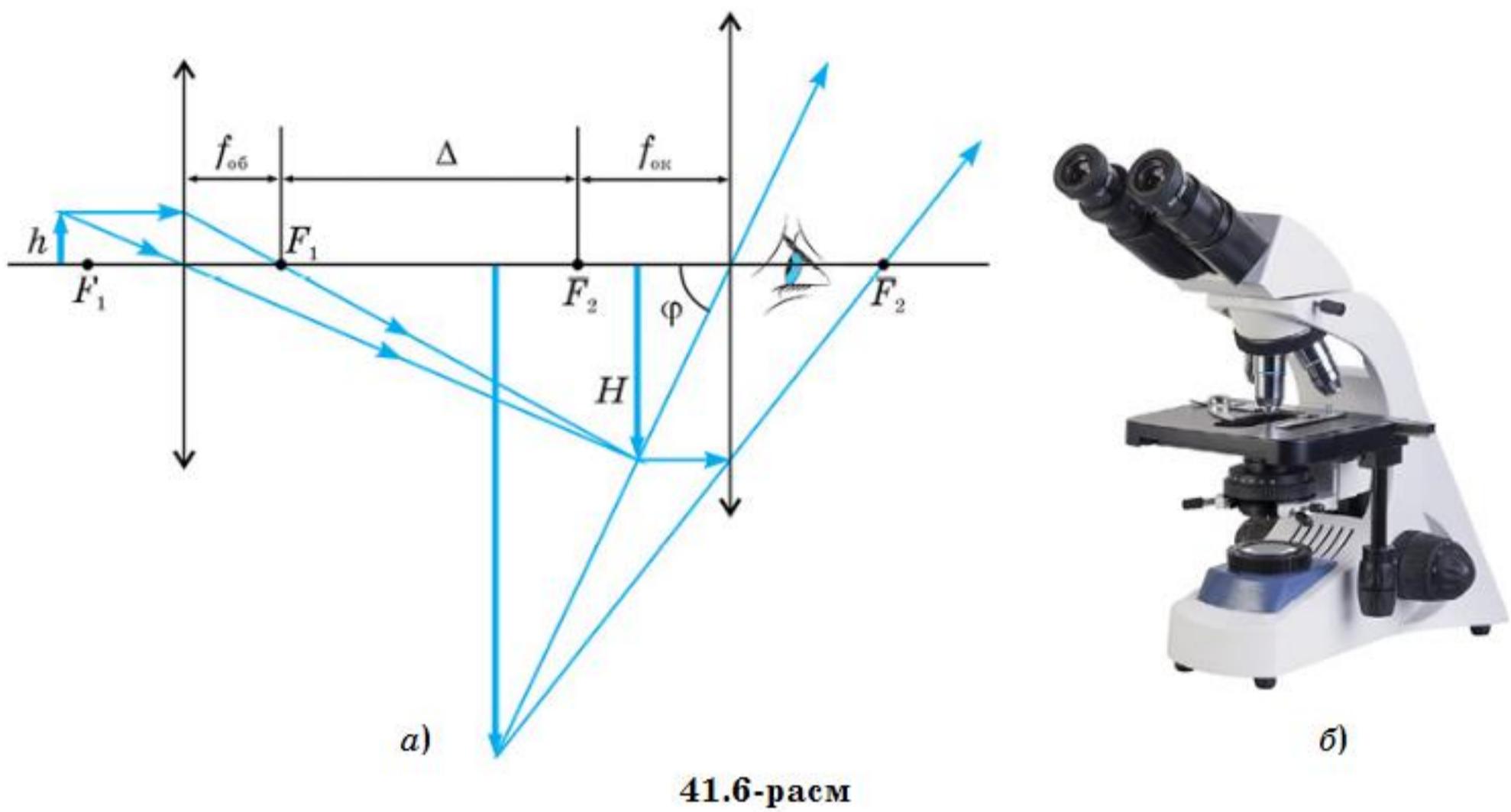
$$\Gamma = \frac{\frac{h}{F}}{\frac{h}{d_0}} = \frac{d_0}{F}. \quad (41.1)$$

Лупанинг катталаштириши унинг ўлчамлари билан чекланган. Маълумки, оптик кучи катта бўлган линза қавариқ линзада иборат. Демак, линзанинг ўлчами кичиклаштирилганда, күриш бурчаги камајади. Бу эса лупани ишлатиш имкониятини қийинлаштиради. Шунинг учун катталаштириши 40 дан юқори бўлган лупалар ишлатилмайди. Лупадан соатсозлар, геологлар, ботаниклар, криминалистлар, филателистлар фойдаланишади.

Микроскоп. Жуда кичик буюмларни кўриш учун микроскоп ишлатилади. Энг содда микроскоп иккита линзанинг комбинациясидан иборат (41.6, *a*, *b*-расмларда микроскопнинг ташқи кўриниши ва ундаги нурлар йўли тасвирланган). Буюмга йўналтирилган қисқа фокусли йиғувчи линза *объектив* деб аталади. У буюмнинг ҳақиқий, катталаштирилган тасвирини беради. Бу тасвир узун фокусли йиғувчи линза (лупа) орқали кўрилади, у *окуляр* деб аталади.



41.5-расм



41.6-расм

Текширилаётган h буюм объективнинг F_1 фокуси орқасиғига, фокусга яқинроқ жойлаштирилди. Шунинг учун объектив ва буюм орасидаги масофа ҳамда объективнинг орқасидаги фокуси ва окуляр олдидаги фокус оралиғининг танлаб олинишига мос ҳолда объектив буюмнинг ҳақиқий, катталаштирилган H тасвирини беради, у объективдан ташқарида окулярнинг фокусига яқин жойда (фокус билан оптик марказ орасида) ҳосил бўлади.

Микроскопнинг катталаштириши (Γ) деб микроскоп орқали кузатганда буюмнинг кўринувчи ё кўриш бурчагининг энг яхши кўриш масофасидан буюмни қуролланмаган кўз билан қарагандаги ё кўриш бурчагига нисбати билан аниқланадиган катталикка айтилади.

$j_0 = \frac{h}{d_0}$, $j = \frac{H}{F_2}$ бўлгани учун микроскопнинг бурчак катталаштириши

$$\Gamma = \frac{j}{j_0} = \frac{\frac{H}{F_2}}{\frac{h}{d_0}} = \frac{Hd_0}{F_2h} \quad (41.2)$$

формула билан аниқланади, бу ерда h — буюмнинг чизиқли ўлчами, H — объектив берадиган тасвирининг чизиқли ўлчами, F_2 — окулярнинг фокус масофаси, d_0 — энг яхши кўриш масофаси. Биринчи тасвирининг чизиқли ўлчамини биринчи тасвиридан объективнинг фокусигача бўлган масофа тахминан объектив билан окулярнинг фокуслари орасидаги масофага teng эканидан келиб чиқсан ҳолда топамиз, яъни $D \approx D + F_1$, чунки $F_1 \ll D$. Бинобарин, $\frac{H}{h} = \frac{D}{F_1}$, бу ерда F_1 — объективнинг фокус масофаси. Объективнинг орқа фокуси билан окулярнинг олдинги фокуси орасидаги масофа микроскоп тубусининг оптик узунлиги (Δ) деб аталади.

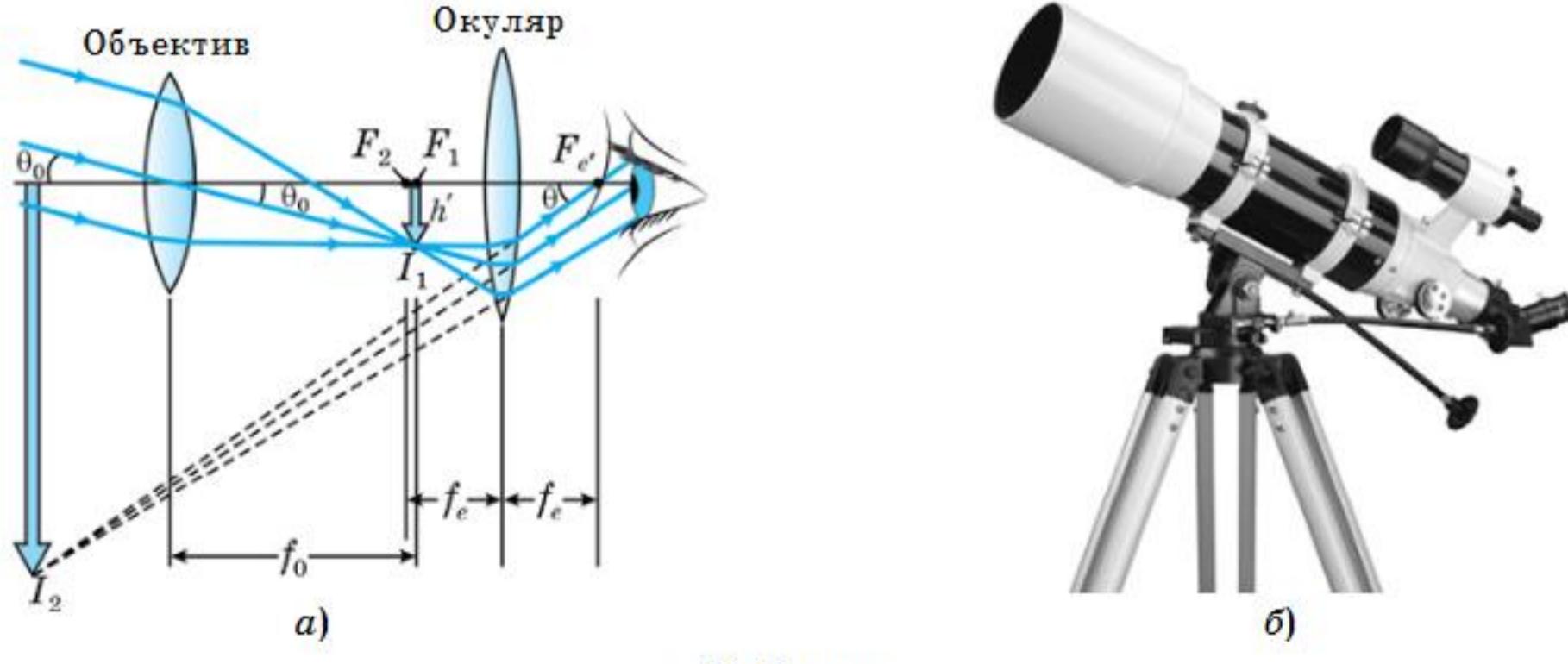
Буни (41.2) формулага қўямиз:

$$\Gamma = \frac{d_0 \Delta}{F_1 \cdot F_2}. \quad (41.3)$$

Хозирги оптик микроскоплар тасвирини 2-3 минг марта катталаштиради.

Кичик ўлчамдаги буюмларни кўришга имкон берадиган оптик асбоблар билан бир қаторда, олисдаги буюмларни кўриш имконини берадиган оптик асбоблар ҳам бор. Уларга телескоплар, кўриш трубалари, дурбинлар ва ҳоказолар киради. Энг биринчи кўриш трубасини Г. Галилей 1609 йили ихтиро қилган. Масалан, кўриш трубаси объективи ёрдамида буюм тасвири кўзга яқин оралиқда ҳосил қилинади, сўнгра унга окуляр орқали лупа билан қарагандай қаралади.

Телескоп — осмон жисмлари (сайёralар, юлдузлар, кометалар)ни кузатишга мўлжалланган оптик асбоб. Телескоплар линзали (рефракторли, лотинча *refractus* — синдириш) ва кўзгули (рефлекторли, лотинча *reflectere* — қайтарувчи) бўлади. Биринчи кўзгули телескопни 1671—1672 йилларда И. Ньютон яратган. Телескоп рефлекторнинг объективи катта диаметрли параболик кўзгудан иборат. Кўзгуларда хроматик аберрация бўлмагани учун, телескоп-рефлекторнинг телескоп-рефрактордан афзаллиги бор. Шу билан бирга, катта диаметрли кўзгуни ясаш линзани ясашдан осонроқ. Шу туфайли замонавий катта телескопларнинг ҳаммаси рефлекторлардир. Дунёдаги энг катта телескоп рефлектор кўзгусининг диаметри 6 м. У сабиқ СССРда тайёрланган ва Шимолий Кавказда жойлаштирилган. Дунёдаги энг катта, объективининг диаметри 1,02 м бўлган телескоп рефрактор АҚШ да яратилган ва шу ерга ўрнатилган. Телескопнинг катталаштириши 500 дан катта, чунки объективнинг фокус масофаси катта бўлади. Телескоплар ёрдамида Ойдаги ўлчами 1 м дан кичик, Марсда эса 100 м атрофида бўлган жисмларни ажрата олиш мумкин (41.7, а, б-расмларда телескоп рефлектордаги нурлар йўли ва унинг ташқи кўриниши тасвиранган).



41.7-расм

БУ ҚИЗИК!

Яқындан күрар күз нормал күзга қараганда жуда майда буюмларни (масалан, майда ұарфларни) ажратады. Нима учун? Сабабияқындан күрарлык буюмни катта бурчак остида күрар экан.

Қандай (сочувчи ёки үйгүвчи) линза ёрдамида ёритилғанликни орттириш мүмкін. Аслидағақатай үйгүвчи линза ёрдамидегина ёритилғанликни орттириш мүмкін. Шунинг учун узоқдан күрарлык ҳолида күзойнан күз қорачиғининг ёритилғанлигини орттиради.



1. Лупа қандай мақсадда құлланилади?
2. Нима учун күз оптик система сифатида қаралади?
3. Нима учун фотосурағта олишда буюм икки фокуслы линза орасыға жойлаштирилади?



Нима учун кундузи юлдузлар күрінмайды? Кундузи юлдузларни күриш үсуларини тәклифқилинг.

7-бобнинг асосий мазмуні

- Геометрик оптикада ёруғликтин тарқалишини тавсифловчи түртта асосий қонун мавжуд:

1) **ёруғликтин түғри чизиқли тарқалиш қонуни.** Ёруғлик нури бир жинсли мұхитда түғри чизиқ бүйлаб тарқалағын;

2) **ёруғликтин мустақил тарқалиш қонуни.** Ёруғлик нурлари бир-бiri билан учрашғанда бир нурнинг тарқалиши бошқасининг тарқалишига таъсир күрсатмайды;

3) **ёруғликтин қайтиш қонуни.** 1) түшгап нур, қайтган нур ва икки мұхит чегарасында нурнинг тушиш нұқтасына үтказилған перпендикуляр бир текисликда ётады; 2) а тушиш бурчаги қайтиш бурчаги үга менг;

4) **ёруғликтин синиш қонуни.** 1) түшгап нур, сингап нур ва икки мұхит чегарасында нурнинг тушиш нұқтасына үтказилған перпендикуляр бир текисликда ётады; 2) тушиш бурчаги синусининг синиш бурчаги синусына нисбати берилған икки мұхит учун үзгармас каталиқ бўлади ва у биринчи мұхитнинг иккинчи мұхитга нисбатан синдириш күрсатқичи деб аталағын, яъни:

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

- Аксарият оптик асбобларнинг ишлаши ёруғликтин қайтиш, синиш ҳодисасына ва унинг қонунларига асосланған. Ясси, сферик күзгулар ва оптик линзалар шулар жумласидандир.

• Юпқа линза формуласи

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

ЛАБОРАТОРИЯИШЛАРИ

1-лаборатория иши.

Трансформатор чулғамидаги ўрамлар сонини анықлаш

Асбоб-ускуналар: трансформатор, созланадиган ўзгарувчан кучланиш манбаи, ўзгарувчан кучланишни ўлчайдиган вольтметр, изоляцияланган ўтказгич, улаш симлари.

Ишининг назарияси. Салт (бўш) юриш пайтида трансформатор чулғамларидаги кучланишлар нисбати ундаги ўрамлар сони нисбати тенг:

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

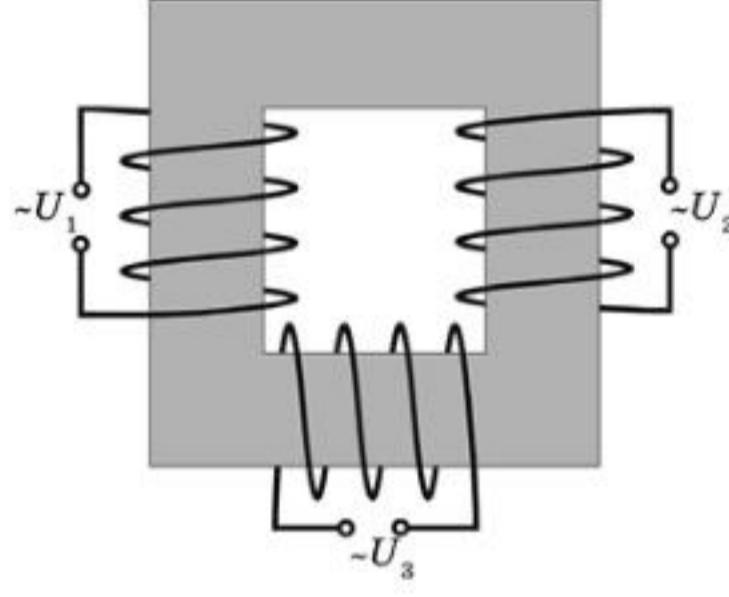
Кучланишни вольтметр билан ўлчаш мумкин.

Чулғамлардаги ўрамлар сонини анықлаш учун ўрамларни сони маълум бўлган учинчи чулғамни ясаб олиш керак. Айни 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 ($n_3 \approx 10—20$ ўрам), учинчи чулғамни ясанг (1-расм).
2. Бирламчи чулғамни ўзгарувчан кучланиш манбаига уланг.



1-расм

3. Вольтметр ёрдамида барча чулғамлардаги кучланишни ўлчанг.
4. Чулғамлардаги ўрамлар сонини қуийдаги формула ёрдамида аниқланг:

$$n_1 = \frac{U_1 \cdot n_3}{U_3}; \quad n_2 = \frac{U_2 \cdot n_3}{U_3}.$$

5. Жадвални тўлдиринг.

n_1	n_2	n_3	U_1 (В)	U_2 (В)	U_3 (В)

2-лаборатория иши.

Хавода товуш тезлигини анықлаш

Асбоб-ускуналар: таянчга ўрнатилған пұлат үзак ёки камертон, резина болға, бир-бирига ўрнатылады трубалар түплами.

Ишининг мақсади: турғун түлқинлар хоссаларига асосланған усулдан фойдаланиб, ҳаводаги товуш тезлигини анықланг.

Топшириқ. Товуш түлқинларининг интерференцияси ҳодисасидан фойдаланиб, ҳавода товушнинг тарқалиш тезлигини ва товуш түлқини узунлигини үлчанг.

Ишининг назарияси: Эластик узлуксиз мұхиттің бир қисміда механик тебранишлар үйғотылғанда, мұхит зарраларининг үзаро таъсири натижасыда құшни зарраларнинг тебранишлари юзага келади, сүнгра бошқа зарралар тебраниб, борган сари олисдаги зарраларни үйғотади. Зарраларнинг тебранишлар даврига (T) тенг вақт оралығыда тебраниш жараёни тарқалыған масофа түлқин узунлиги (λ) дейилади.

Түлқиннинг тарқалиш тезлигини анықлаш учун түлқин узунлигини ва тебранишлар даврини (T) ёки тебранишлар частотасини (V) билиш лозим:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (1)$$

ёки

$$v = \lambda \cdot V. \quad (2)$$

Ушбу ишда товуш түлқинлари манбаи сифатида камертон (товуш түлқинининг частотаси $V = 517$ Гц) ёки резинка таянча ўрнатылған пұлат үзакдан фойдаланылади. Агар товуш манбаи трубанинг бир учиға яқинлаштирилса, у ҳолда товуш тебранишлари унинг ичида тарқалади. Трубанинг бошқа учиға етиб борғач, товуш түлқини қисман қайтади ва тескари йұналишда тарқалади. Тушган ва қайтган товуш түлқинларининг тебранишлари қүшиледи. Иккі түлқиннинг қүшилиши натижасыда турғун түлқинларни оламиз. Түлқинлар когерент бўлгани учун, уларнинг интерференцияси кузатилади. Тебранишлар амплитудасининг максимумлар шарти ушбу тенгликдир:

$$\Delta l = n\lambda, \quad (3)$$

бу ерда Δl — тўғри (тушган) ва қайтган товуш түлқинларининг йўл айирмаси, $n = 1, 2, 3, \dots$ — бутун сонлар.

Агар трубанинг иккала томони ҳам очиқ бўлса, у ҳолда тўғри ва қайтган товуш түлқинларининг йўл айирмаси трубанинг бир учида иккиланган труба узунлигига teng бўлади:

$$\Delta l = 2l. \quad (4)$$

Агар тажрибада товуш түлқинлари интерференциясининг максимумлари кузатыладиган трубанинг минимал узунлиги l_{\min} ни аниқласак, у ҳолда (3) ва (4) тенгламалардан $n = 1$ бўлганда

$$\lambda = \Delta l = 2l_{\min} \quad (5)$$

бўлади. Жумладан товуш түлқинларининг тарқалиш тезлиги қўйидагига тенг:

$$v = 2l_{\min} V. \quad (6)$$

Ишининг бориши:

1. Камертон ёки резинка таянчга ўрнатилган пўлат ўзакка резина болғача билан уриб, уни тебранишга келтиринг.

2. Бири иккинчисининг ичига ўрнатилган трубаларни товуш манбаига яқинлаштиринг. Бир тубани иккинчи труба ичидаги ҳаракатлантириб, товуш баландлиги максимал бўладиган ҳолдаги уларнинг ўзаро вазиятини белгилаб олинг (2-расм).

3. Товуш түлқинлари тебранишлар амплитудасининг максимумлар шарти бажариладиган трубанинг умумий l узунлигини ўлчанг.

4. (5) ва (6) формулалар ёрдамида товуш түлқинларининг ҳавода тарқалиш тезлигини ва түлқин узунлигини ҳисобланг.

Қўшимча топшириқ.

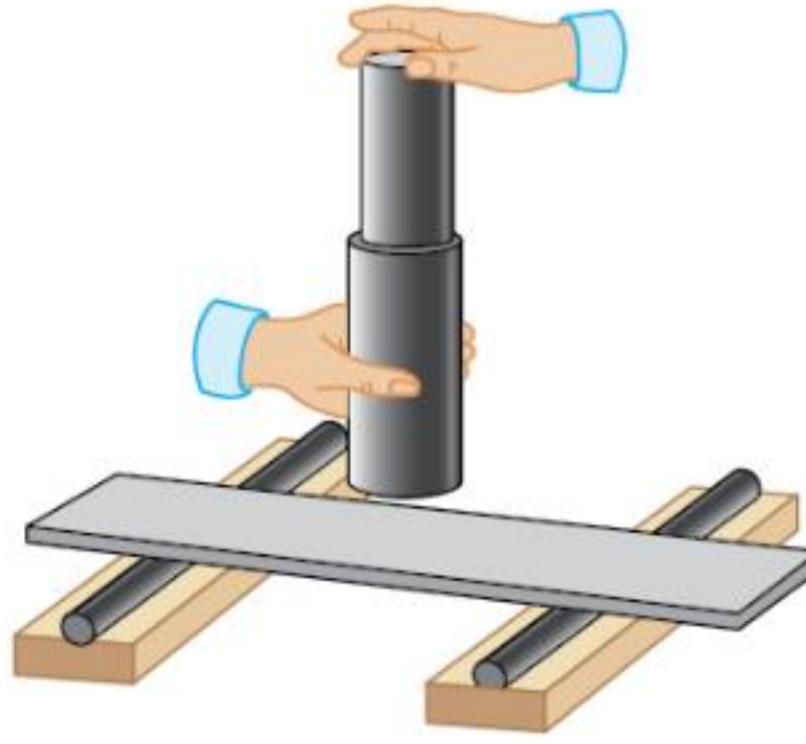
1. Трубанинг бир учи ёпиқ бўлган ҳолда тажрибани такрорланг.

2. Трубанинг ёпиқ томонидан түлқин қайтганда ярим түлқин узунлигини йўқотади, мазкур ҳолда түлқиннинг йўл айирмаси Δl ушбуга тенг:

$$\Delta l = 2l + \frac{\lambda}{2},$$

$n = 1$ бўлганда интерференцион манзаранинг максимумлар шартига кўра $2l + \frac{\lambda}{2} = \lambda$, бундан $l = \frac{\lambda}{4}$, $\lambda = 4l$. У ҳолда, $v = \lambda V$, жумладан, $v = 4lV$.

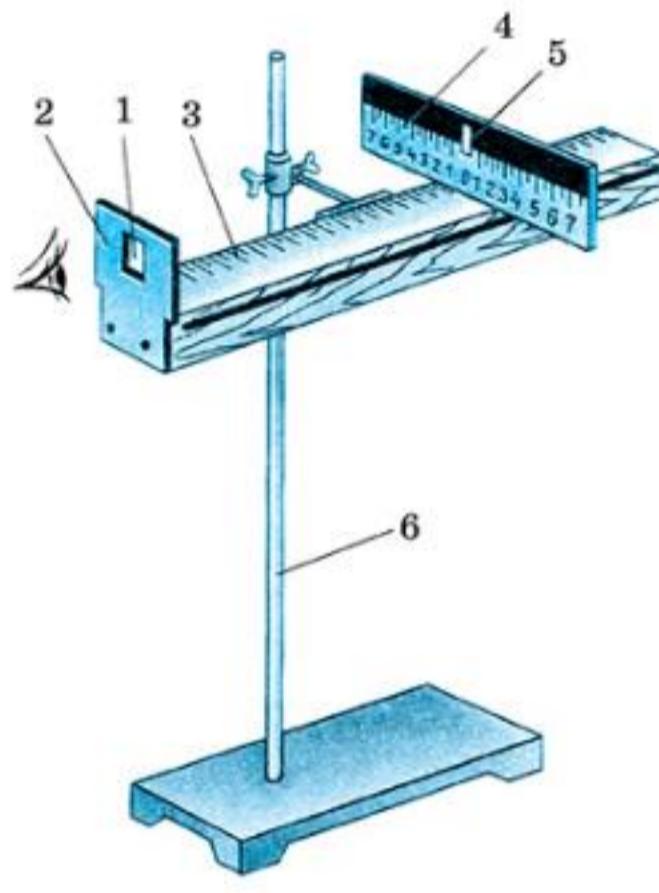
3. Холоса чиқаринг.



2-расм

З-лаборатория иши.

Дифракцион панжара ёрдамида ёруғликтин түлқин узунлигини анықлаш



3-расм

Асбоб-ускуналар: ёруғликтин түлқин узунлигини анықладиган асбоб; дифракцион панжара; ёруғлик манбаи.

Ишининг назарияси. Ёруғлик дифракцияси дифракцион панжара ёрдамида яхши кузатилади. Дифракцион панжара формуласи

$$ds \sin \phi = k \lambda \quad (1)$$

бўйича турли узунликдаги тўлқинлар учун максимумлар турли бурчаклар остида кузатилади. ϕ бурчак кичик бўлгани ҳамда панжара билан экран орасидаги L масофа тиркишдан тўлқиннинг 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: $\lambda = \frac{d \cdot x}{k \cdot L}$.

Ишининг бориши:

1. Дифракцион панжарани (1) асбобнинг рамкасига (2) қўйиб, уни штативга маҳкамланг (3-расм).

2. Ҳаракатланувчи экранни (5) дифракцион панжарадан 50 см масофага қўйинг.

3. Дифракцион панжара (1) орқали қараб, асбобни тўсиқчанинг ингичка тиркишидан кўринадиган қилиб қўйинг. Бу пайтда экраннинг қоронғу фонида бир неча тартибли дифракцион спектрни кўриш мумкин. Спектрлар қия жойлашган бўлса, панжарани улар тик жойлашадиган қилиб буринг.

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, хulosса чиқаринг.

Спектрнинг тартиби, k	Панжаранинг даври, 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

4-лаборатория иши.

Ёруғлик интерференцияси ва дифракциясими,

қутбланишини кузатиш

Асбоб-ускуналар: 2 та шиша пластина; чүгланиш толаси түғри бўлган чўғланма лампа (синфга 1 та); ёритилган фотоплёнка; писка.

Ишнинг назарияси. Бизга маълумки, интерференция деб, икки ёки бир нечта тўлқинларнинг устма-уст тушиши натижасида фазонинг турли нуқталарида вақт ўтиши билан ўзгармайдиган натижавий тебранишлар амплитудасининг (уларнинг минимум ва максимумлари навбат билан жойлашади) ҳосил бўлишига айтилади.

Фазода юқорида қайд этилган манзарани ҳосил қилиш учун устма-уст тушган тўлқинларнинг частоталари бир хил ва фазонинг ҳар бир нуқтасида ўзгармас тебраниш фазасига бўлиши керак. Бундай тўлқинлар *когерент тўлқинлар* дейилади. Уларни бир хил частота ва ўзгармас фазада тебранадиган когерент тўлқин манбалари нурлайди.

Когерент ёруғлик тўлқинлари устма-уст тушганда фазонинг бир нуқтасида тўлқинлар бир-бирини кучайтиrsa, бошқа бир нуқталарида бир-бирини заифлаштиради. Бу пайтда навбат билан жойлашган оқ ва қора йўлаклар кузатилади. Бу ёруғлик интерференциясидир.

Биз сув сиртида қалқиб юрган бензин, мой томчилари, совун кўпиги ва ниначи қанотининг турли рангга бўялишини кўрганмиз. Бу ҳодисалар ёруғлик интерференцияси натижасидир. Бензиннинг юпқа қатлами ясси параллел пластинкасимон бўлади. *S* ёруғлик манбаидан чиққан нур қатламда бир неча когерент нурларга ажралади. Биз эса ёруғлик интерференциясини ўтган ва қайтган ёруғликда кузата оламиз. Иккита шиша пластинадан фойдаланиб, ёруғлик интерференциясини кузатиш мумкин.

Ёруғликнинг тўғри чизиқли тарқалиш йўналишидан оғиши ёки тўсиқни айланиб ўтиши *дифракция ҳодисаси* дейилади. Ёруғлик дифракциясими битта тирқишида ҳосил қилиш қийин, чунки бу ҳодиса тўлқин узунлиги тирқиши ёки тўсиқнинг ўлчамига яқин бўлгандагина кузатилади. Амалда эса тирқишининг ўлчами ёруғлик тўлқини узунлигидан бир неча марта катта бўлади. Агар ёруғлик манбаи олдига ингичка тирқиши қўйилса, у ҳолда қоронғу жойга қўйилган экранда ўша тирқишининг тасвирини оламиз, лекин бу тасвир рангли бўлади. Тирқиши қаршисида ҳосил бўлган доғ ҳар доим ҳам оқ бўлавермайди, баъзида у қора бўлади. Тирқишига ингичка сим ёки соч толаси таранг тортилган бўлса, экранда ўша сим ёки соч толаси тасвирини олишимиз керак. Аслида эса, экранда бир эмас, бир неча тасвир ҳосил бўлади.

Ишдан мақсад: интерференция ва дифракция ҳодисаларини кузатиш.

Ишнинг бориши.

Ёруғлик интерференциясини кузатиш.

1. Икки шиша пластинани яхшилаб тозаланг, иккаласини жипслаб бармоқ билан сиқинг.

2. Пластиналарни қайтган ёруғликда қоронғи фонда күринг. Пластинкаларни шундай жойлаштириңгі, уларда тушаётган ёруғлик ёрқин шуълалар ҳосил қымасин.

3. Пластиналар бир-бирига тегиб турған айрим жойларида равшан камалак доираларни кузатинг.

4. Олинган интерференцион манзараппанинг пластинкалар орасидаги ҳаво қатламига мос ҳолда шакли ва жойлашишининг үзгаришларини кузатинг. Ҳаво қатламининг қалинлегини пластинкаларни қаттықроқ сиқиши орқали үзгартыриш мүмкін.

5. Ытувчи интерференция манзарасини ёруғликда кузатинг.

Ёруғлик дифракциясини кузатиш.

1. Фотоплёнкада 0,5 мм көнглика тирқиши ясанг.

2. Тирқишининг вертикаль ҳолда күзгі яқын тутиңг.

3. Тирқиши орқали вертикаль жойлашған лампанинг чүгланиш толасига қараб, унинг иккала томонидаги рангли йүлакларни кузатинг (дифракцион спектр).

4. Тирқиши 0,5 мм дан 0,8 мм гача көнгайтириб дифракцион спектрнинг қандай үзгаришини кузатинг.

5. Холоса чиқаринг.

Ёруғликнинг қутбланишини кузатиш.

Асбоб-ускуналар: ёндөрдаги поляроид, бир томони қора рангга бүялған, 60×90 үлчамлы шиша пластина, чүгланиш толаси түғри бүлгән автомобиль чироги, адаптер.

Ишдан мақсад: ёруғликнинг қутбланиш ҳодисасини тажрибада аниклаш.

Ишнинг назарияси: баъзи шаффоф кристалл орқали үтувчи, масалан, исланд шпатининг кристалли, ёруғ томонининг интенсивлиги иккита кристалнинг бир-бирига нисбатан қандай жойлашганига боғлиқ эканлигини тажриба күрсатади. Кристаллар бир хил йұналиб жойлашса, иккинчи кристалл орқали ёруғлик заиф үтади. Агар иккинчи кристалл дастлабки йұналишига нисбатан 90° ли бурчакка бурилса, ундан ёруғлик үтмайды. Агар ёруғликни күндаланг түлқин деб олсак, у ҳолда бу ҳодисани тушунтириш мүмкін.

Биринчи кристалл орқали үтган ёруғлик қутланади, яъни электр майдон кучланғанлик вектори \vec{E} бир текисликда тебранувчи түлқинларнигина кристалл үтказади. Бу текислик қутбланиш текислиги дейилади.

Иккинчи кристалл үтказадиган тебранишлар текислиги қутбланиш текислиги билан мос келса, қутланған ёруғлик иккинчи кристалдан заифлашмай үтади. 90° ли бурчакка бурилған иккинчи кристалл қутланған ёруғликни үтказмайды.

Ёруғликнинг қутбланиш ҳодисаси ёруғликнинг түлқин табиатини ва унинг күндаланг түлқин эканини исботлайды.

Ишнинг бориши:

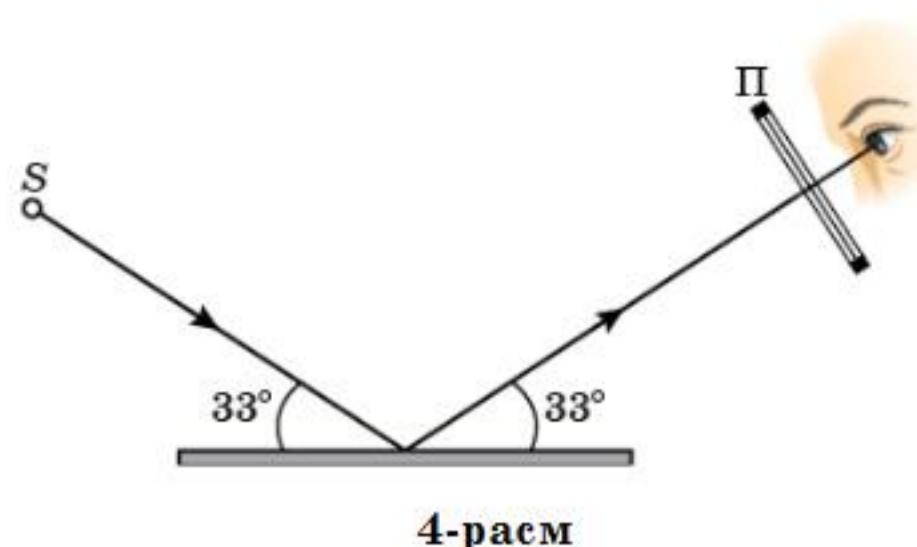
1. Күриш нури ўқи билан мос келадиган ўқ бўйлаб ёнган чироқقا поляроид орқали қараб, ўша ўқ бўйлаб оҳиста айлантиринг. Ёниб турган чироқ равшанлигининг ўзгармаслиги бундай мулоҳаза юритишга асос бўлади, “чироқнинг ёруғлиги қутбланмаган”.

2. Стол устига бўялган томонини пастга қаратиб шиша пластинкани қўйинг ва пластинкадаги чироқ тасвирини кузатиб, ундан қайтган ёруғликни ўрганинг (4-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 ёруғликнинг максимуми ва минимуми алмашиб туради. Демак, пластинкадан қайтган ёруғлик қутбланган.

3. Ўтказилган тажрибада пластинкадан қайтган ёруғлик шишани қутбланиш текислиги билан (поляроид ёндоридаги чизиқлар билан белгилангандан) мослаштиради.



4-расм

5-лаборатория иши.**Шишанинг синдириш кўрсаткичини яssi параллел пластинка ёрдамида аниқлаш**

Асбоб-ускуналар: томонлари параллел яssi шиша пластина; 4 дона инглиз тўғноғичи; ўлчаш чизиғичи; оқ қофоз; лампа; аккумулятор батареяси; калит; улаш симлари; тирқишли экран; транспортир.

Ишнинг назарияси. Ёруғлик бир мухитдан иккинчисига ўтганда унинг тарқалиш тезлиги ҳар хил бўлади. Синиш қонуни бўйича:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \quad (1)$$

бу ерда n — иккинчи мухитнинг биринчи мухитга нисбатан синдириш кўрсаткичи. Агар биринчи мухит ҳаво бўлса, унинг абсолют синдириш кўрсаткичи 1. У ҳолда иккинчи мухитнинг нисбий синдириш кўрсаткичи абсолют синдириш кўрсаткичига 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. Қалит орқали занжирни уланг. Қоғоз сиртида ёруғликнинг ингичка йўлагини ҳосил қилинг.

4. Ёруғлик йўлига бирор бурчак остида пластинани қўйинг (5-расм).

5. Пластина шаклини қоғозга чизиб туширинг ва тушган нурнинг боши A ва охири B ҳамда ёруғликнинг пластинадан чиқиш нуқтаси F ни белгиланг (6-расм).

6. Занжирни узиб қоғоздан шиша пластинани олинг.

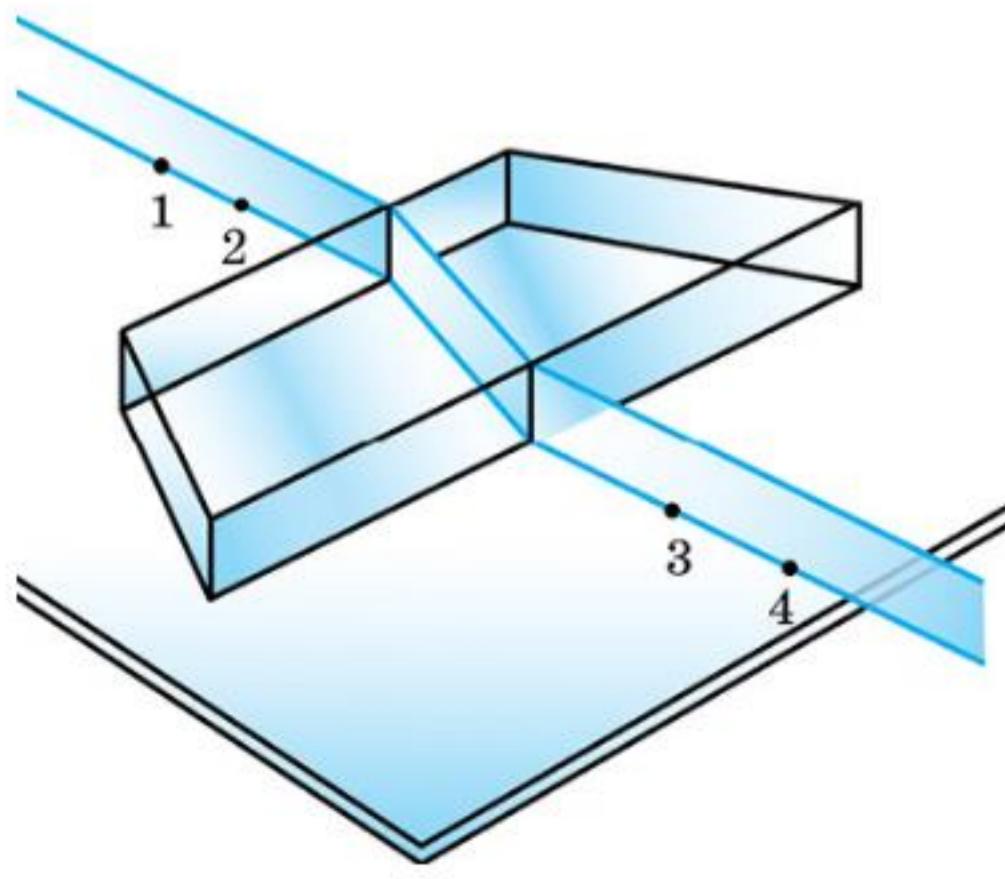
7. Маркази B нуқтада, радиуси эса AB бўладиган айлана чизинг (6-расм). B ва F нуқталарни тўғри чизиқ орқали бирлаштириб, уни айлана билан кесишиш нуқтаси C гача чўзинг. Пластинага ёруғликнинг B тушиш нуқтаси орқали перпендикуляр тўғри чизиқ ўтказинг. Унга A ва C нуқталардан AE ва CD перпендикулярларни ўтказинг ҳамда уларнинг узунликларини ўлчанг.

$$8. n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{AE}{AB}}{\frac{DC}{AB}} = \frac{AE}{DC}$$

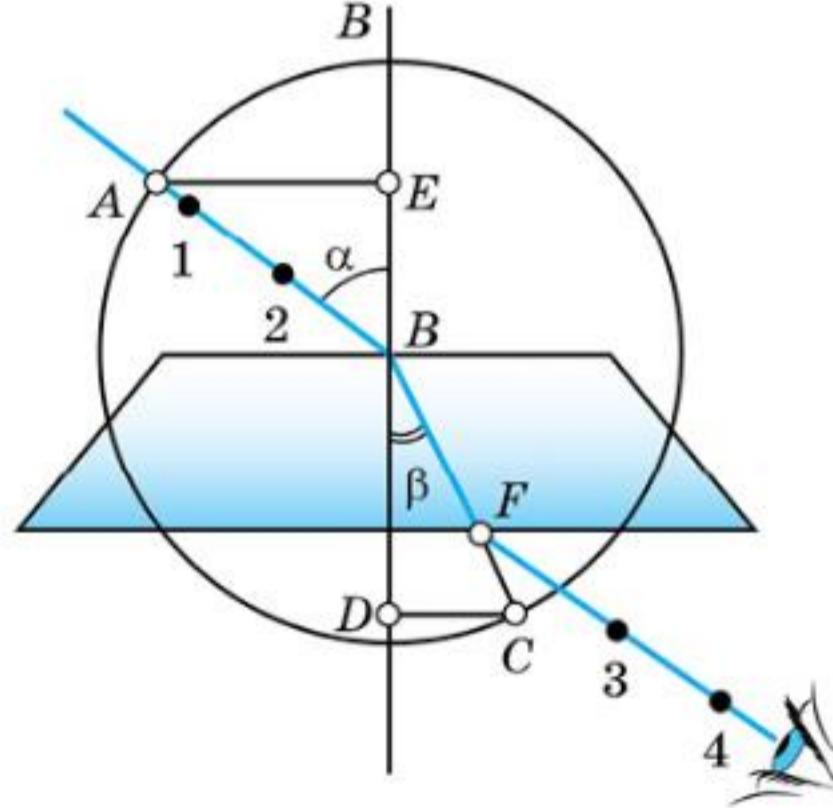
формула бўйича шишанинг синиш кўрсаткичини ҳисобланг.

9. Тажрибани бошқа бурчаклар учун такрорланг ва натижаларни таққосланг (тажрибани 3 марта ўтказинг).

10. Тажрибаларни ёруғлик манбаисиз инглиз тўғноғичлардан фойдаланиб такрорланг ва холоса чиқаринг.



5-расм



6-расм

Үқувчиларнинг лойиҳалаш-тадқиқот ишлари учун топшириқлар

Таълим лойиҳаси — бу маълум бир ўқув ва билишга оид муаммони ҳал этишга қаратилган мустақил ижодий фаолият тури. Бу ишларни шартли равишда қўйидаги босқичларга бўлиш мумкин.

Тайёрлов босқичи

Ўқув-билишга оид муаммоларни ўрнатиш.

- Лойиҳа мавзусини аниқлаш, уни синфда мухокама қилиш.
- Лойиҳанинг мақсади ва вазифаларини аниқ ифодалаш.
- Лойиҳа турини (якка, жуфтлик, гурух) 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 ҳисбот тайёрлаш.
- Мавзуни янада чуқурроқ 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 гуруҳга бўлиш мумкин: “Физиканинг ривожланиш тарихи”, “Эксперимент ва моделлаштириш — табиатни ўрганишнинг асосий физик усуллари”, “Физик билимларнинг амалий татбиқи”.

Қўйида 11-синф физика курси учун ўқув лойиҳаларининг намунавий 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.

- Түлқин оптикасида фундаментал тажрибалар.
- Ташқи фотоэффектнинг ихтиро қилиниш ва тадқиқ қилиш тарихидан.
- 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 синовдан ўтказиш.
- Компьютер ёрдамида магнит майдондаги зарядланган зарралар ҳаракатини ўрганиш.
- Электромагнит хоссаларни кузатиш ва ўрганиш.
- Компьютер ёрдамида юпқа линзаларда тасвир ҳосил қилиш.
- Ёруғлик түлқинлари 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 табиқи

- Электромагнит нурланиш турлари ва улардан фан ва техникада фойдаланиш.
- Табиатда оптик ҳодисалар.
- Лазерли технологияларни қўллаш соҳалари.
- Атом электр станциялари ишлашидаги 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 үзіда 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 равиша ўзгарадиган электр токи.

Ўзгарувчан ток кучининг таъсир этувчи қиймати деб ўтказгичда бир хил вақт оралиқларида ўзгарувчан ток ўтганда ажралиб чиқадиган энергияга тенг миқдорда иссиқлик ажратиб чиқарадиган ўзгармас ток кучига тенг катталикка айтилади.

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.

Байт — ахборотнинг 8 битга тенг ўлчов бирлиги.

Бит — иккилик коддаги ахборот миқдорини ўлчаш бирлигидир, у тенг эҳтимолли иккита ҳолдан биттаси тўғрисидаги ахборотга тенгдир.

Бўйлама тўлқин — мұхит зарраларининг тебраниш йўналиши тўлқинларнинг тарқалиш йўналиши билан бир хил бўлган тўлқинлар.

Гармоник тебранишлар — физик катталикларнинг вақт ўтиши билан синус ёки косинус қонунига мувофиқ ўзгаришлари.

Генератор — механик энергияни электр энергияга айлантирувчи қурилма.

Геометрик оптика ёруғликнинг тарқалишини унинг тўлқин табиатини ҳисобга олмасдан ўрганадиган оптика бўлимидир.

Гюйгенс принципи — 1 вақт оралиғидаги тўлқин фронтининг ҳар бир нүктаси янги (иккиласи) тўлқин манбай бўлиб ҳисобланади.

Демодуляция — модуляцияланган паст частотали сигнални қайта тиклаш жараёни.

Дифракцион манзара — қоронғу бўшлиқлар билан ажратилган ранг-баранг ёруғлик чизиқларидир.

Дифракцион панжара — ёруғлик дифракцияси кузатыладиган тўсиқлар ёки тирқишлар бирикмаси.

Ясси кўзгу деб текис силлиқланган ва қайтарувчи қатlam билан қопланган, эгрилик радиуси чексизликка интилган ясси сиртга айтилади.

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 ҳодиса.

Ёруғликнинг синиш ҳодисаси — бу нурлар бир мұхитдан иккинчисига ўтганда, икки мұхит чегарасида ёруғлик нурларининг тарқалиш йўналишининг ўзгариши.

Ёруғликнинг қайтиши — икки мұхит чегарасида кузатыладиган ёруғлик нурининг тарқалиш йўналишининг ўзгариш 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 нүкталаридаги натижаловчи тебранишлар амплитудаларининг тақсимланиши (уларнинг максимум ва минимумлари навбат билан жойлашади) вақт ўтиши билан ўзгармай, доимий сакланадиган ҳодисадан иборат.

Кўндаланг тўлқин — мұхит зарралари тўлқинларнинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр йўналишда тебранадиган тўлқинлар.

Линза — икки томонидан сферик сиртлар билан чегараланган шаффоф жисмлардир.

Лупа — катталаштирувчи ойна орқали кичик буюмларни күришга мүлжалланган қисқа фокусли линза.

Математик маятник деб чўзилмайдиган, ингичка вазнисиз ипга осилган моддий нуктага айтилади.

Механик тебранишлар деб механик ҳаракатни (тезлик, кўчиш, тезланиш, механик энергия) тавсифловчи физик катталиктининг даврий (ёки деярли даврий) равишида ўзгаришига айтилади.

Микроскоп деб жуда кичик объектларни кўриш учун кўзни (окуляр) ва линзани ўз ичига олган қурилмага айтилади.

Модуляция — юқори частотали тебранишлар параметрларидан бирини мослаб паст частотага ўзгартирадиган жараён.

Оптика — ёруғликнинг тарқалиш қонуниятларини, унинг моддалар билан ўзаро таъсир жараёнларини ва ёруғлик табиатини ўрганадиган физиканинг соҳаси.

Радиолокация — радиотўлқинлар орқали объектни топиб, объектгача бўлган масофани ва унинг фазодаги вазиятини, ҳаракат тезлигини аниклаш.

Радиотелеграф алоқа — электр алоқаси бўлиб, унда дискрет (алифбо, рақамли ёки рамзлар) хабарлар радиотўлқинлар орқали узатилади.

Радиотелефон алоқа — электромагнит тўлқин орқали мусика, сўз, яъни товуш олис масофаларга узатилади.

Реактив қаршилик — ўзгарувчан ток занжирида индуктивлик ёки сиғимга боғлик ҳолда пайдо бўладиган қаршилик.

Резонанс — тебраниш системасининг частотаси мажбурловчи кучнинг тебраниш частотаси билан бир хил бўлганда мажбурий тебранишлар амплитудасининг кескин ортиш ҳодисаси.

Нисбий синдириш кўрсаткичи — биринчи мухитда тарқалган ёруғлик тезлигининг иккинчи мухитда тарқалган ёруғлик тезлигидан неча марта катта эканлигини кўрсатадиган физик катталиқ.

Сигнал — берилган ахборотни узатувчи физик жараён (тўлқин).

Телескоп — осмон жисмларини кузатиш учун мүлжалланган оптик асбоб.

Тебраниш амплитудаси — тебранувчи физик жисмнинг энг катта қиймати.

Тебраниш частотаси — 1 с ичидаги тебранишлар сонига тенг катталиқ, у даврнинг тескари қийматига тенг: $v = 1/T$. Ўлчов бирлиги — герц.

Тебраниш даври — система бошлангич ҳолатига қайтадиган энг қисқа вақтга тенг катталиқка айтилади, яъни бир давр ичida тўлиқ бир марта тебраниши 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.

Трансформатор — ўзгарувчан ток ва кучланиш қийматларини ўзгартирадиган қурилма.

Турғун тўлқин деб бир хил частота ва амплитуда билан бир-бирига қараб тарқаладиган иккита югурувчи тўлқинларнинг қўшилишида пайдо бўладиган тўлқинларга айтилади.

Ферма принципи — ёруғлик фазонинг бир нуктасидан иккинчи нуктасига энг кам вақт сарфланадиган йўл бўйлаб тарқалади.

Фотоаппарат — линзалар системаси ёрдамида ёруғлик сезувчан плёнкада сақланадиган буюмнинг тасвирини оладиган оптик асбоб.

Рақамли сигнал — бу фақат иккита қийматни, яъни “0” ва “1” ни қабул қиладиган сигнал: электр кучланиш қиймати исталган пайда шу икки қийматдан бирига мос келади.

Силжиш токи деб индукцион электр майдоннинг вақт бўйича ўзгариш тезлигига пропорционал бўлган физик катталиқка айтилади.

Электромагнит тебранишлар — электр ва магнит майдон энергияларининг ўзаро бир-бирга айланиб, ўзгариши билан бирга бўладиган электр заряди, ток кучи ва кучланишнинг даврий равишида ўзгариш жараёнларига айтилади.

Электромагнит тўлқинлар — ўзгарувчан электромагнит майдон тебранишларининг фазода тарқалиши.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РҮЙХАТИ

1. *Касъянов 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: Үмумтаълим 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 қўлланма.* 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 таҳрирлигига. М.: Просвещение, 2007.
13. *Туяқбаев С. Т., Насохова Ш. Б. ва бошқалар Физика: үмумтаълим мактабларининг табиий-математик йўналишдаги 11-синфи учун дарслик.* Алмати, 2015.
14. Физический практикум для класса с углубленным изучением физики № Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардин таҳрирлигига М.: Просвещение, 2002.
15. *Шутов В. И., Сухов В. Г., Подлесный Д. В. Эксперимент в физике. Физик практикум.*
16. Ёш физикнинг энциклопедик лӯғати / 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 тебранишлар тенгламалари ва графиклари	5
2-§. Математик ва пружинали маятниклар	14
1-бобнинг асосий мазмуни	20

2-боб. Электромагнит тебранишлар

3-§. Эркин электромагнит тебранишлар	21
4-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар. Автотебранишлар	30
5-§. Механик ва электромагнит тебранишлар орасидаги ўхшашликлар	35
6-§. Идеал тебраниш контуридаги заряд ва ток кучининг вақтга боғлиқлиги графиклари	40
2-бобнинг асосий мазмуни	45

3-боб. Ўзгарувчан ток

7-§. Ўзгарувчан ток генератори	46
8-§. Мажбурий электромагнит тебранишлар. Ўзгарувчан ток	53
9-§. Ўзгарувчан ток занжиридаги актив ва реактив қаршиликлар	58
10-§. Ўзгарувчан токнинг тўлиқ занжири учун Ом қонуни	64
11-§. Ўзгарувчан ток занжиридаги қувват	69
12-§. Электр занжиридаги кучланишлар резонанси	73
13-§. Электр энергия ишлаб чиқариш, узатиш ва ундан фойдаланиш. Трансформатор	77
14-§. Қозогистонда ва дунёда электр энергияни ишлаб чиқариш ва ундан фойдаланиш	86
3-бобнинг асосий мазмуни	92

II бўлим. ТЎЛҚИНЛАР

4-боб. Тўлқин Ҳаракат

15-§. Эластик механик тўлқинлар	93
16-§. Механик тўлқинларнинг тарқалиши. Механик тўлқинлар интерференцияси	99
17-§. Турғун тўлқинлар	103
18-§. Гюйгенс принципи. Тўлқинлар дифракцияси	107
4-бобнинг асосий мазмуни	111

5-боб. Электромагнит тўлқинлар

19-§. Электромагнит майдон	113
20-§. Электромагнит тўлқинлар	117
21-§. Электромагнит тўлқинларнинг нурланиши. Герц тажрибалари	121
22-§. Электромагнит тўлқинлар энергияси	125
23-§. Электромагнит тўлқинларнинг хоссалари	130
24-§. Радиоалоқа принципи	135
25-§. Модуляция ва детекторлаш	139
26-§. Радиотўлқинларнинг тарқалиши. Радиолокация	143

27-§. Рақамли технология	149
28-§. Оптик толали коммуникацион тармоқлар	153
29-§. Қозғистонда алоқа воситаларининг ривожланиши	155
30-§. Юқори частотали электромагнит түлқинларнинг биологик таъсири ва улардан ҳимояланиш	158
5-бобнинг асосий мазмуни	160

III бўлим. ОПТИКА

6-боб. Тўлқин оптикаси

31-§. Ёруғликнинг электромагнит табиати	161
32-§. Ёруғлик интерференцияси	163
33-§. Ёруғлик дифракцияси	171
34-§. Дифракцион панжара	174
35-§. Ёруғлик дисперсияси	179
36-§. Ёруғликнинг қутбланиши	182
6-бобнинг асосий мазмуни	185

7-боб. Геометрик оптика

37-§. Ёруғликнинг тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиши	186
38-§. Ёруғликнинг қайтиш ҳодисаси. Ясси ва сферик кўзгулар	192
39-§. Ёруғликнинг синиш ҳодисаси	201
40-§. Линзалар. Юпқа линза формуласи	208
41-§. Линзалар системасида тасвир ясаш. Оптик асбоблар	217
7-бобнинг асосий мазмуни	224

Лаборатория ишлари

1-лаборатория иши. Трансформатор чулғамидаги ўрамлар сонини аниқлаш	225
2-лаборатория иши. Ҳавода товуш тезлигини аниқлаш	226
3-лаборатория иши. Дифракцион панжара ёрдамида ёруғликнинг тўлқин узунлигини аниқлаш	228
4-лаборатория иши. Ёруғлик интерференцияси ва дифракциясини, қутбланишини кузатиш	229
5-лаборатория иши. Шишанинг синдириш кўрсаткичини ясси параллел пластинка ёрдамида аниқлаш	231
Ўқувчиларнинг лойиҳалаш-тадқиқот ишлари учун топшириқлар	233
Глоссарий	235
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати	237



Учебное издание

**Тұяқбаев Сабир
Насохова Шолпан Бабиевна
Кронгарт Борис Аркадьевич
Абишев Медеу Ержанович**

ФИЗИКА

Часть 1

Учебник для 11 классов
естественно-математического направления
общеобразовательных школ
(на узбекском языке)

Мұхаррір *И. Гаипова*
Бадий мұхаррір *А. Сланова*
Техник мұхаррір *Л. Садикова*
Компьютерда сағыфалаган *И. Алмабаева*

Нашриётта 7 июль 2003 йилда Қозогистон Республикаси Таълим ва
фан министрлигининг № 0000001 давлат лицензияси берилган

ИБ № 6254

Нашрға 17.08.20 рухсат этилди. Ҳажми $70 \times 100 \frac{1}{16}$. Офсет қофози.
Харф тури “SchoolBook Kza”. Офсет нашри. Шартли босма табоги $19,35 + 0,32$ форзац.
Шартли бүёқ тамғаси 78,72. Нашр ҳисоб табоги $12,62 + 0,54$ форзац.
Адади 5000 дона. Буюртма №

“Мектеп” нашриёти, 050009, Алмати шаҳри, Абай шоҳ кўчаси, 143-уй
Факс: 8(727) 394-37-58, 394-42-30
Тел.: 8(727) 394-41-76, 394-42-34
E-mail: mekter@mail.ru
Web-site: www.mekter.kz

*Книга представлена исключительно в образовательных целях

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

