

Рас.56.

шавад. Ин амал суди ГЭСҳо то ба 60-70% мерасонад. Ҳозирҳо қариб 40 дарсади энергияи электрикиро ГЭСҳо истеҳсол мекунаанд.

Дар марказҳои оби барқ (МОБ; русиаш ГЭС) барои гардиш додани роторҳои генераторҳо энергияи потенциалии оби афтон (оби аз ин ё он баландӣ афтанда) истифода мешавад. Ротори генератори электрикӣ ба воситаи турбини ҳидравликӣ ба гардиш дароварда мешавад. Тавони ин гуна маркази барқ ба он вобаста мебошад, ки об аз чӣ қадр баландӣ поён меафтад ва ҳар сония чӣ миқдор об ба турбин мезанад. Табдилоти энергия дар марказҳои оби барқ дар рас.57 тасвир ёфтааст.

Марказҳои оби барқ қариб 20 дарсади энергияи электрики истеъмолро истеҳсол мекунаанд.

Вақтҳои охир дар энергетика ҳиссаи марказҳои атомии барқ (МАБ) торафт зиёдтар мешавад. Дар замони ҳозира тақрибан 15,7 дарсади энергияи электрикиро ҳамин МАБҳо ҳосил мекунаанд.

**Истифодаи энергияи электрикӣ.** Истеъмолкунандаи асосии энергияи электрикӣ саноат аст, ки қариб 70%-и тамоми энергияи истеҳсолшавандаро «меҳурад». Нақлиёт низ соҳаи энергияталаб мебошад. Адади роҳҳои оҳани истеъмолкунандаи энергияи электрикӣ сол то сол афзуда истодааст.





Рас. 57.

Ҳиссаи зиёди энергияи электрикӣ истеъмолшавандаро ба энергияи механикӣ табдил додан лозим меояд. Қариб ҳама механизмҳои сановатӣ тавассути муҳаррикҳо (генераторҳо)-и электрикӣ ба ҳаракат дароварда мешаванд. Ин муҳаррикҳо ба се ҷоғунҷанд (ҷойи кам мегиранд), истифодабобанд ва дар олатҳои худкор (автоматӣ) низ қобили истифода ҳастанд.

Қариб сеяки энергияи электрикӣ, ки сановат истеъмол мекунад, барои амалиёти технологӣ (кафшеркорӣи электрикӣ, гудозиши филизот, электролиз ва ғ.) сарф мешавад.

\* \* \* \* \*

Зиндагонӣ ва умуман тамаддуни имрӯзаро бе истифодаи энергияи электрикӣ тасаввур кардан муҳол аст. Фаҳмост, ки дар сурати бо ин ё он сабаб аз қор баромадани марказҳои барқи шаҳри қалон тамоми муассисаҳо «фалаҷ» мешаванд.



1. Оё шумо мисолҳои оварда метавонед, ки «дар қалон мошин ё механизм ҷароғии электрикӣ тамоми истифода намешавад»?
2. Соқинони шаҳри қалон аз харобиҳои шабакаи барқ чӣ зарар мебинанд?



## §26. Интиқоли энергияи электрикӣ

*Истеъмолкунандагони энергияи электрикӣ дар ҳар ҷо ҳастанд. Вале худ ин энергияро дар ҷойҳои наздик ба қонҳои сӯзишворӣ ё захираҳои об ҳосил мекунанд. Ин энергияро ба миқдори зиёд захира кардан илҷ надорад. Онро дарҳол баъди тавлид истеъмол кардан мебояд. Бино бар ин зарурати ба масофаҳои дур интиқол додани ин энергия ба миён меояд.*

Энергияи электрикӣ гоҳи интиқол додан камобеш талаф мешавад. Гап дар он аст, ки ҷараёни электрикии қуввааш  $I$  ҳангоми дар ноқили муқовиматаш  $R$  ҷорӣ будан дар муддати  $t$  ин миқдор гармо хориҷ мекунанд:

$$Q = I^2 R t$$

Ин гармо беҳуда сарф мешавад (ноқилҳоро гарм мекунанд). Дар сурати бисёр дароз будани хатти нақли энергия ин қор ғоидаи иқтисодӣ намедихад. Ба дараҷаи назаррас кам кардани муқовимати ноқилҳо амалан бале душвор аст. Аз ин рӯ қувваи ҷараёнро кам кардан лозим меояд.

Азбаски тавони ҷараён ба ҳосили зарби қувваи ҷараён ва волтаж баробар мебошад, пас, барои доимӣ (собит) мондани тавони нақлшаванда волтажи хатти барқро зиёд кардан мебояд. Ва ҳар қадре ки хатти барқ дароз бошад, волтажи ҳамон қадр баландтарро истифода кардан зарур меояд. Чунончи, дар яке аз хатҳои баландволти маркази обии барқи Маскав (дар дарёи Волга) волтажи 500кВ истифода мешавад. Бо вучуди ин генераторҳои ҷараёни тағйирёбанда барои волтажҳои на бештар аз 20 кВ сохта мешаванд, зеро волтажи аз ин бештар барои аз ҳам ҷудо нигоҳ доштани печакҳову қисмҳои дигари генераторҳо тадбирҳои махсус тақозо мекунанд.

Аз ин рӯ дар марказҳои бузурги барқ трансформаторҳои волтажбаландкунанда мешинонанд, то ки волтажи хатти интиқоли барқро ба қадри кам шудани қувваи ҷараён зиёд кунанд.

Барои бевосита дар муҳаррикҳои дастгоҳҳо, шабакаи равшаной ва ғ. истеъмол кардани энергияи электрикӣ волтажҳои баландро паст кардан мебояд. Ин амал ба василаи

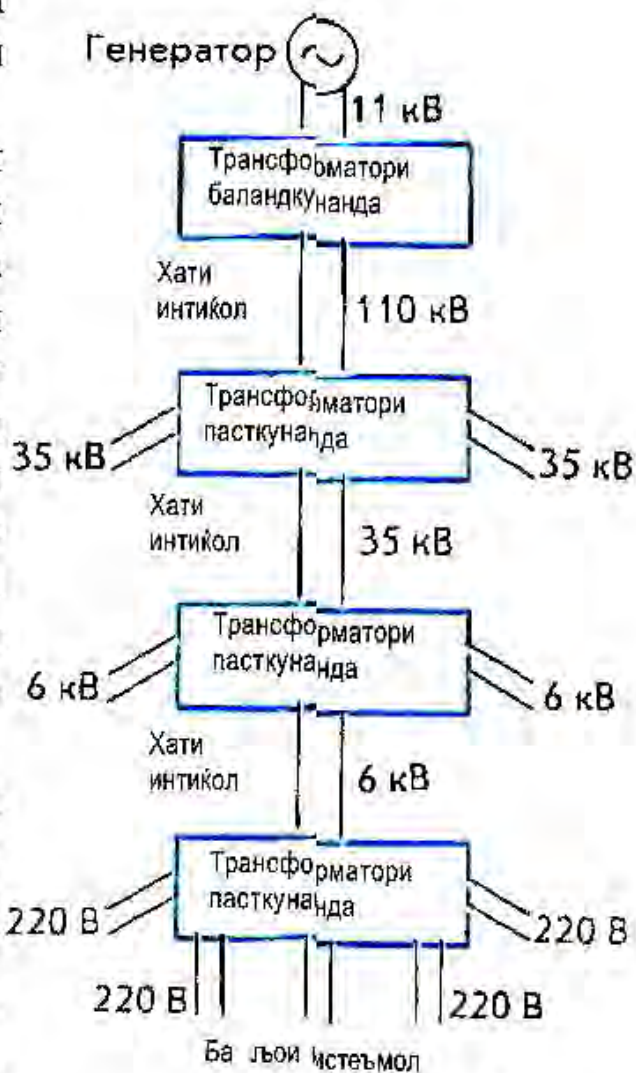


трансформаторҳои волтажпасткунанда анҷом дода мешавад.

Амали паст кардани волтаж ва зиёд кардани қувваи ҷараён чанд зина дорад. Дар ҳар яки он зинаҳо волтаж то рафт пасттар ва масоҳати фарогирандаи шабакаи электрикӣ торафт васеътар мешавад. Реҷаи интиқол ва тақсими энергияи электрикӣ дар рас. 58 тасвир ёфтааст.

Дар сурати бисёр баланд будани волтаж дар байни ноқилҳои хатти интиқол тахлия (пардаҳт, разряд)-и тоҷии электрикӣ рӯй медиҳад, ки он боиси талафи энергия мегардад. Дар ин маврид домана (амплитуд)-и волтажи тағйирёбанда бояд тавре интихоб шавад, ки барои ин ё он масоҳати буриши арзии ноқил талафи энергия дар натиҷаи тахлия (пардаҳт)-и тоҷӣ ҳатталимкон кам бошад.

Марказҳои барқи як қатор ноҳияҳо бо хатҳои интиқоли волтажи баланд дар як шабакаи умумӣ муттаҳид карда шудаанд, ки онро *шабакаи умумии энергия* ё мухтасаран *шабакаи умумӣ* меноманд (русӣ: энергосистема). Истеъмолкунандагон аз ҳамин шабака барқ мегиранд. Ин гуна шабака имкон медиҳад, ки бори он (яъне кори бо барқ таъмингардондани истеъмолкунандагон) дар соҳатҳои «пик» — пагоҳиҳо ва бегоҳиҳо нисбатан баробар тақсим шавад. Ин боз имкон медиҳад, ки кори ба истеъмолкунандагон расондани барқ муназзам бошад.



Рас.58

\* \* \* \* \*



Энергияи электрикиро ба масофаҳои дур интиқол додан бас мушкил аст. Вале дар сурати истифода шудани ҷараёни электрикии баландвольтаж мурод ҳосил мегардад.



1. Энергияи электрикиро ба масофаҳои дур чӣ тавр интиқол медиҳанд?
2. Ба воситаи ҷараёни доимӣ ба масофаҳои дур интиқол додани энергияи электрикӣ чӣ бартарӣ дорад?

### Машқи 3

1. Варақаҳои пӯлодини мағза (дилак)-и ротори генератори индуксиониро чӣ тавр ҷой додан мебоянд, ки ҷараёнҳои тӯфонӣ (ҷараёнҳои гирдпеч) кам бошанд?

2. Қоб (рамка)-и симини росткунҷа дар майдони магнитии якҷинса гардиш мехӯрад. Қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и дар ин қоб илқошаванда (индуксияшаванда) дар кадом маврид зиёд хоҳад буд – ҳангоми ба рафти хатҳои индуксияи магнитӣ амудан воқеъ гардидани қоб ё ҳангоми ба он хатҳо мувозӣ (параллел) будани он?

3. Печакҳои трансформатор аз симҳои гуногунгафсӣ печонда шудаанд. Кадоми он печакҳо печи бисёртар дорад?

4. Адади печҳои печакҳои трансформаторро (бе он ки ғалтак кушода шавад) чӣ тавр муъайян кардан мумкин аст?

5. Агар трансформатор тасодуфан ба манбаъи ҷараёни доимӣ пайваста шавад, чӣ ҳодиса рӯй дода метавонад?

6. Сабаб чист, ки агар як печи печакҳои трансформатор сарбаст шавад, трансформатор аз кор мебарояд?

7. Зариби табдилот (ё худ коэффисенти трансформатсия)-и ҳама трансформаторҳои настуқунандаи дар рас. 58 тасвиршударо ёбед. (Талафи энергияро ба назар нагиред). Сипас ҳамин масъаларо барои трансформаторҳои баландкунанда ҳал кунед.

### Муҳимтарин хулосаҳои боби сеюм<sup>1</sup>

1. Ҷараёни электрикӣ аксаран ба воситаи генераторҳои индуксионии электромеханикӣ ҳосил карда мешавад. Ин генераторҳо энергияи механикиро ба энергияи ҷараёни

<sup>1</sup>Дониши аз мутолиъаи боби 3 андӯхтаи худро ин ҷо низ ҳамон тавр хулосабандӣ кунед, ки дар муқаддимаи банди «Муҳимтарин хулосаҳои боби якум» гуфта будем.

электрикӣ табдил медиханд. Кори онҳо бар падидаи индуксияи электромагнитӣ (илқои электромагнитӣ) асос ёфтааст.

2. Ҷараёни электрикии тағйирёбанда ба воситаи трансформатор табдил дода мешавад. Трансформатор ду печаке дорад, ки дар мағзаи пӯлодин кашида шудаанд. «Вазифаи» мағза бо талафи камтарин кам ё зиёд кардани волтаж мебошад. Тағйироти волтаж бо нисбати адади печҳои печаки яқум  $N_1$  бар адади печҳои печаки дуюм  $N_2$  муъайян мешавад:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

3. Трансформатор чанд боре ки волтажро зиёд (кам) кунад, қувваи ҷараён дар занҷир ҳамон дараҷа кам (зиёд) мешавад:

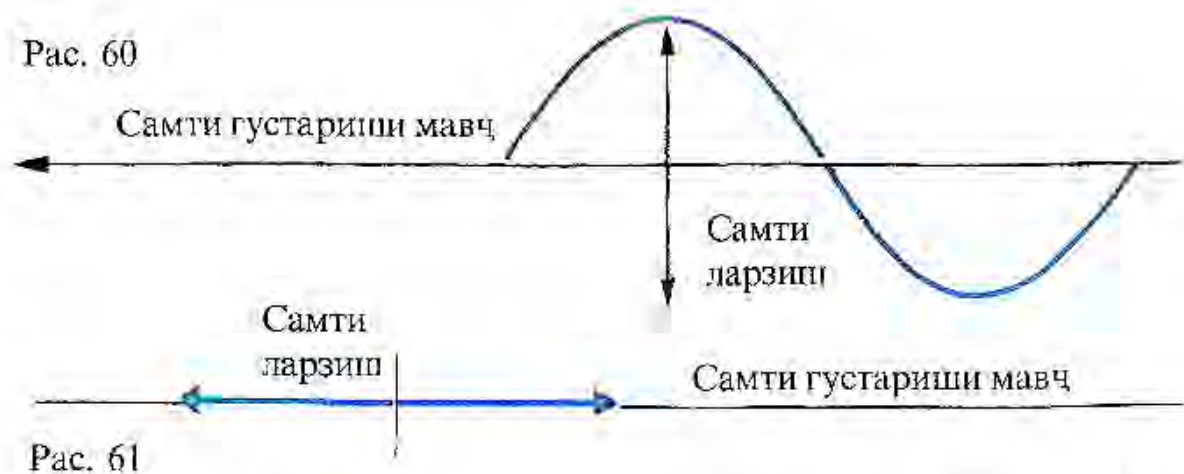
$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

4. Талафи энергия дар ноқилҳо ба дараҷаи ду (ё худ тавони ду)-и қувваи ҷараён мутаносиб мебошад. Вале тавон (тавоноӣ)-и интиқолшаванда ба ҳосили зарби қувваи ҷараён ба волтаж мутаносиб аст. Бино бар ин интиқоли энергия дар сурате матлуб хоҳад буд, ки волтаж зиёд бошаду қувваи ҷараён кам. Волтажро пеш аз интиқол додан (ба масофаҳои дур) ба воситаи трансформатор зиёд мекунанд, вале дар охири хатти интиқол он (волтаж)-ро пеш аз он ки ба «дасти» истеъмолкунандагон бирасад, боз ҳам ба воситаи трансформатор паст мекунанд.









Хусусиятҳои асосии ҳаракати мавҷиро аёнитар аз ҳама дар мисоли мавҷҳои рӯйи об дидан мумкин аст. Мавҷҳо дар ин маврид чун «хокрезҳои» гирде ба назар мерасанд, ки сӯйи пеш медаванд. Зимнан, масофаи байни «хокрезҳо» ё тегаҳои мавҷ тақрибан якхелаанд. Аммо агар ба рӯйи об ягон чизи сабук, масалан, куттии гӯгирдро партоем, вай аз паси (ё ҳамроҳи) мавҷ намеравад, балки тақрибан дар ҳамон як ҷо болову поён (мисли об) лаппидан мегирад.

Ҳангоми густириш ёфтани мавҷ ҳолат (вазъ)-и муъайяни муҳити лаппон (вале на модда!) ҷой иваз мекунад, мекӯчад. Изтиробе, ки дар ягон ҷойи об, масалан ҳангоми ба об партофтани санге ба вучуд меояд, ба қитъаҳои ҳамсоя дода шуда, охишта-охишта ҳар сӯ паҳн мегардад ва зарраҳои навбанаваи муҳитро ба ин ҳаракат ҷалб мекунад. Аммо ҳуди об ҷорӣ намешавад – танҳо шакли сатҳи он мекӯчад.

**Суръати мавҷ.** Муҳимтарин бузургии тавсифдиҳандаи мавҷ суръати он аст. Мавҷҳо, сарфи назар аз табиъати худ, дар фазо якбора, дар як он густириш ёфта (пахн гашта) наметавонанд – онҳо бо ин ё он суръати ниҳой (охирнок) густириш меёбанд. Метавон тасаввур кард, масалан, ки моҳихӯрак ҳамеша дар фазои рӯйи ҳамон як тегаи мавҷ парвоз мекунад. Дар ин сурат суръати густириши мавҷ ба суръати моҳихӯрак баробар хоҳад буд. Мавҷҳои рӯйи об аз он ҷиҳат мушоҳидабобанд, ки суръати густиришашон зиёд нест.

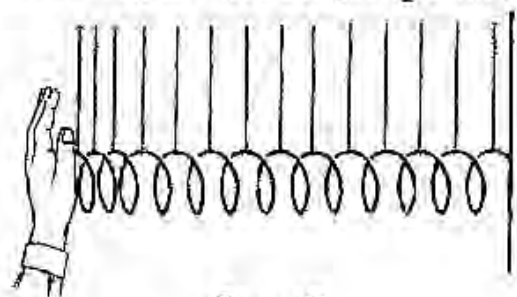
**Мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ.** Мавҷҳоеро ҳам, ки қад-қадди ресмони резинӣ медаванд, мушоҳида кардан осон аст. Агар як нӯги ресмонро маҳкам карда, нӯги дигарашро қадре кашида, онро ҷунбонем, мебинем, ки мавҷе пайдо шуда, ба қадди ресмон



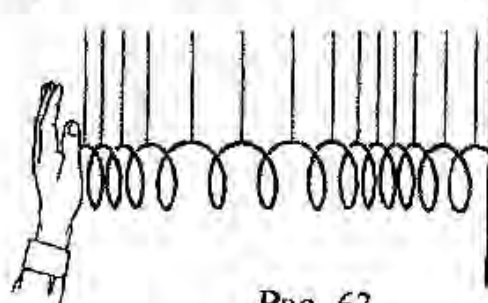
медавад (рас. 59). Ва ҳар кадре ки ресмон сахттар кашида шуда бошад, суръати мавҷ ҳамон кадр зиёдтар хоҳад буд. Мавҷ то нуқтаи басти ресмон расида, акс мешавад ва пас мегардад. Дар ин мисол ҳангоми густариш ёфтани мавҷ шакли ресмон тағйир меёбад. Аммо ҳар як қитъаи он нисбат ба мавқеъи бетағйири мувозанати худ чунбиш мекунад. Бинед, ки ҳангоми ба қадди ресмон давидани мавҷ қитъаҳои алоҳидаи ресмон амудан ба рафти мавҷ чунбиш мекунанд (рас. 60). Ин гуна мавҷҳоро *мавҷҳои арзӣ* (дурусташ: мавҷҳои ʔарзӣ) меноманд.

Аммо на ҳар мавҷ мавҷи арзӣ аст. Чунбиш (ларзиш) дар самти рафти мавҷ низ рӯй дода метавонад (рас.61). Ин навъи мавҷро *мавҷи тӯлӣ* мегӯянд. Пайдоиши мавҷи тӯлиро бо ёрии фанар (пуржин)-и дарози мулойими дар рас.62 тасвиршуда мушоҳида кардан мумкин аст. Агар як нӯги фанарро ба кафи даст андак такон диҳем, мебинем, ки фишориш (импулси чандирӣ) ба қадди фанар медавад (рас.62). Бо зарбаҳои паёпай дар фанар мавҷе ангехтан мумкин аст, ки натиҷаи фишоришҳову кашишҳои фанар бошад. Ин фишоришҳову кашишҳо дар пайи якдигар медаванд (рас.63). Ҳар як печи фанар дар самти рафти мавҷ чунбиш меҳӯрад.

**Энергияи мавҷ.** Ҳангоми густариш ёфтани мавҷ ҳаракат аз як қитъаи ҷисм ба қитъаи дигари он дода мешавад ё, чунон ки мегӯянд, интиқол меёбад. Интиқоли ҳаракат бо интиқоли энергия алоқаманд аст. *Ҳосияти асосии ҳама мавҷҳо, сарфи назар аз табиъаташон, ин аст, ки онҳо энергияро бе интиқоли модда интиқол медиҳанд.* Мавҷ энергияро аз манбаъе мегирад, ки он нӯги ресмон, тор ва ғ.-ро чунбиш медиҳад. Ин энергия ҳамроҳи мавҷ меҳӯрад. Ба иборати дигар, аз ҳар гуна буриши арзии масалан, ресмон энергия бифосила «ҷорӣ» хоҳад буд. Ин энергия дар мисоли ресмон аз энергияи ҳаракат (энергияи кинетикӣ)-и қитъаҳои ресмон ва энергияи потенциалии тазйик



Рас. 62



Рас. 63



(деформасия)-и чандири он иборат мебошад. Ҳангоми ба қадди ресмон давиданҳои мавҷ домана (амплитуд)-и ҷунбиш оҳиста-оҳиста кам мешавад – ин бо он алоқаманд аст, ки дар ин маврид як қисми энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ табдил меёбад.

**Дарозии мавҷ.** Агар нӯги озоди ресмони резинии кашидаро маҷбур созем, ки бо басомади муъайяни  $\nu$  биларзад, мебинем, ки ин ларзишҳо ба қадди ресмон ҳаракат мекунанд ва ҳар як китъаи ресмон бо ҳамон басомаде меларзад, ки мо нӯги ресмонро бо он ларзиш додаем. Вале дар ин маврид фази ларзишҳо нисбат ба якдигар ғеҷида меоянд. Ин гуна мавҷҳоро *мавҷҳои якбасомад* (мавҷҳои монохроматӣ -- ба маънои «якранг») мегӯянд.

Дар сурати баробари  $2\pi$  будани фосилаи фази байни фазҳои ларзиши ду нуқтаи ресмон ин нуқтаҳо ба кулли якхела ларзиш меҳӯранд, зеро

$$\cos(2\pi\nu t + 2\pi) = \cos 2\pi\nu t$$

мебошад. Ин навъ ларзишҳоро *ларзишҳои ҳамфаз* мегӯянд. Масофаи байни ду нуқтаи ба якдигар наздиктаринеро, ки бо фази якхела ларзиш меҳӯранд, *дарозии мавҷ* меноманд.

**Робитаи байни дарозии мавҷ  $\lambda$ , басомади ларзиш  $\nu$  ва суръати гузариши мавҷ  $u$ .** Мавҷ дар як даври ларзиш масофаи баробар ба  $\lambda$ -ро мепаймояд. Пас, суръати онро ин тавр ёфтаи мумкин аст:

$$u = \frac{\lambda}{T}$$

Даври ларзиш  $T$  ва басомади ларзиш  $\nu$  ин тавр алоқаманданд:

$$T = \frac{1}{\nu}$$

Пас,

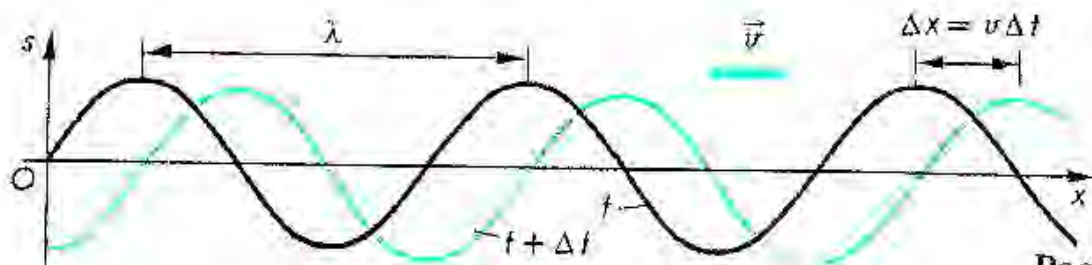
$$u = \lambda\nu$$

будааст, яъне *суръати мавҷ ба ҳосили зарби дарозии мавҷ ва басомади ларзиш баробар мебошад.*

Ҳангоми ба қадди ресмон давидани мавҷ мо бо ду навъ даврият дучор меоем:

**Аввалан,** ҳар як зарраи ресмон ҳаракати замонан (нисбат ба





Рас.64.

вақт) даврӣ мекунад. Дар ларзишҳои мавзун ё худ ларзишҳои ҳармоникӣ (ин ларзишҳо аз рӯи қонуни косинус ё қонуни синус рӯи медиҳанд) басомад ва доманаи ларзиш дар ҳама нуқтаҳо якхелаанд; онҳо танҳо бо фази худ фарқ мекунанд.

Сониан, дар ин ё он лаҳзаи вақт шакли мавҷ дар фазо пас аз ҳар порчаи дарозии  $\lambda$  такрор мешавад. Дар рас.64 нимрӯи мавҷ барои лаҳзаи муъайяни вақт тасвир ёфтааст (**хати сиёҳ**). Ин хат бо мурури замон бо суръати  $v$  ёӯи рост мекуҷад. Мавҷ пас аз фосилаи вақти  $\Delta t$  ба мавқеъе меояд, ки он бо мавҷи сабӯ тасвир ёфтааст.

Мо ба хотир овардем, ки мавҷ чист, басомад ва доманаи ларзиши мавҷ чӣ маънӣ доранд. Барои дарозии мавҷ басомади ларзиш ва суръати гузариши мавҷ ин гуна таносуб муқаррар кардем:  $v = \lambda \nu$ . Ҳамаи ин мафҳумҳо барои мавҷҳои механикӣ ва электромагнитӣ умумианд.

- ?**
1. Мавҷ чист?
  2. Мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ аз якдигар чӣ фарқ доранд?
  3. Хусусиятҳои асосии ҳаракати мавҷӣ чигунаанд?
  4. Дарозии мавҷ чӣ гуна бузургист?
  5. Суръати мавҷ ва дарозии мавҷ чӣ алоқамандӣ доранд?
  6. Оё ҳангоми гузариши ёфтани мавҷ домана (амплитуд)-и он ҳамеша хурд мешавад?

## §29. Мавҷҳои электромагнитӣ

Мавҷҳои механикӣ ба тӯфайли таъсири мутақобили байни зарраҳои модда ба вуҷуд меоянд. Ҳоло биёед бинем, ки мавҷҳои электромагнитӣ чӣ тавр пайдо мешаванд.

**Таъсири мутақобили электромагнитӣ чӣ тавр гузариши**



*меёбад?* Қонунҳои бунёни (фундаменталӣ)-и табиат, аз ҷумла қонунҳои электромагнетизм (ки Максвелл кашф кардааст) аз ин ҷиҳат ҷолиби таваҷҷӯҳ ҳастанд: онҳо назар ба далелҳои, ки заминаи дарк ва кашфи ҳуди ин қонунҳо гардидаанд, маълумоти бештар дода метавонанд.

Дар байни натиҷаҳои сершумори бисе аҷибу муҳими қонунҳои максвеллии майдони электромагнитӣ якеаш шояд таваҷҷӯҳи зиёдест. Ин ҳулосаест дар бораи он, ки *таъсири мутақобили электромагнитӣ бо суръати ниҳойи густариши меёбад.*

Мувофиқи назарияи таъсири дур қувваи куломи ба зарраи барқаманд (зарраи электрон) таъсиркунанда дарҳол баъди аз ҷой ҷунбондани зарраи барқаманди ҳамсоя тағйир меёбад. Таъсир онан (дар як он) нақл мешавад. Аз нуқтаи назари назарияи таъсир аз масофае таври дигар буда ҳам наметавонад: ин ҳолатро чӣ тавр фаҳмидан мебошад, ки як зарраи барқаманд ҳамин гуна зарраи дигарро бевосита аз тариқи ҷойи ҳолӣ «ҳис» мекунад?

Аммо аз нигоҳи назарияи таъсири наздик гап ба кулӣ дигар ва бисо мураккаб аст. Кӯчиши зарраи барқаманд майдони электрикии назди онро тағйир медиҳад ва ин майдони электрикии тағйирёбанда сабабгори пайдоиши майдони магнитии тағйирёбанда (дар фазои атрофи он зарра) мегардад. Ва майдони магнитии тағйирёбанда, дар навбати худ майдони электрикии тағйирёбанда ҳосил мекунад ва ғ.

Ҳамин тариқ, ҳар як кӯчиши зарраи барқаманд (кӯчиши барқа) боиси якбора «шалаппас» кардани майдони электромагнитӣ мегардад, ки он гоҳи густариш ёфтани соҳаҳои то рафт дуртари фазои атрофи он зарраро фаро мегирад ва дар «роҳи» рафти худ майдони то лаҳзаи ҷунбиши барқа вучуддоштаро сохтори дигар медиҳад. Ва дар охир ин «шалаппас» то ба барқаи дуҷум мерасад, ки маҳз ҳамин боиси тағйир ёфтани қувваи ба барқа таъсироваранда мегардад. Аммо ин на дар лаҳзаи кӯчиши барқаи аввал рӯй медиҳад. Густариши изтиробии электромагнитӣ (ки механизми онро Максвелл дарк кардааст) бо суръати ниҳойи рӯй медиҳад (бо вучуде ки ин суръат хеле зиёд аст). Ҳамин аст он хосияти асосии майдони электромагнитӣ, ки ҳама гуна шакку шубҳаи

алоқаманд бо воқеъияти онро аз миён мебардорад.

Максвелл ба тарзи соф риёзӣ (математикӣ) нишон дод, ки суръати густариши изтироби электромагнитӣ баробари суръати вакуумии рӯшноӣ аст.

*Мавҷи электромагнитӣ.* Тасаввур кунед, ки барқа (яъне зарраи барқаманд) аз нуктае ба нуктаи дигар на умуман кӯчидааст, балки ба рафти ягон хатти рост ба ларзиш (ба ларзиши баландбасомад) дароварда шудааст – мисли бори сари фанар (пуржин), вале назар ба он хеле тез ҳаракат мекунад. Он гоҳ майдони электрикӣ дар наздикии бевоситаи барқа ба таври даврӣ тағйир меёбад, яъне меларзад. Яқин аст, ки даври ин тағйирот ба даври ларзиши барқа баробар меояд. Майдони электрикии тағйирёбанда майдони даврӣтағйирёбандаи магнитӣ ҳосил мекунад – ин бошад, дар навбати худ, сабаб мешавад, ки майдони электрикии тағйирёбанда акнун дар масофаҳои дуртар аз барқа ба вуҷуд ояд ва ғ.

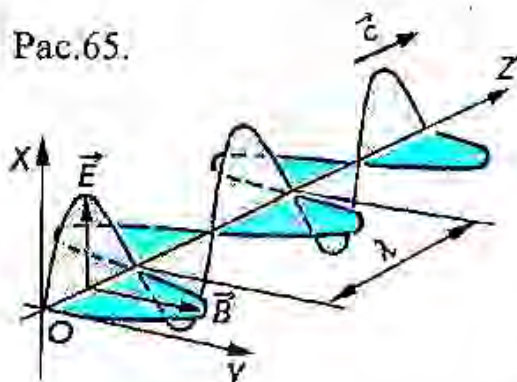
Мо ин ҷо чараёни мураккаби пайдоиши майдони электромагнитии зодаи барқаи ларзонро муойина намекунем, балки тавачҷӯхи шуморо, хонандаи азиз, танҳо ба натиҷаи ниҳойӣ ҷалб мекунем.

Дар фазои атрофи барқа маҷмӯи майдонҳои даврӣтағйирёбандаи электрикӣ ва магнитии нисбат ба якдигар амудие ба вуҷуд меояд, ки он соҳаҳои торафт васеътари фазоро фаро мегирад. Дар рас.65 «сурати онӣ» (сурати яклаҳзаина)-и ҳамин гуна маҷмӯи майдонҳо барои масофаҳои дур аз барқаи ларзон тасвир ёфтааст.

Дар ин маврид *мавҷи электромагнитӣ* ном мавҷе ба вуҷуд меояд, ки аз барқаи ларзон ба ҳама тараф паҳн мешавад.

Мавҷи электромагнитии дар рас.65 тасвиршуда монанди

Рас.65.



мавҷе нест, ки дар натиҷаи ғалаён (ё изтироб)-и ин ё он муҳит дар сатҳи об пайдо мешавад. Дар расм векторҳои  $E$  ва  $B$  барои лаҳзаи муъайяни вақт ва нуктаҳои гуногуни дар рӯи тири  $OZ$  хобидаи фазо (бо масшоби муъайян) тасвир ёфтаанд. Ин ҷо



ҳам, чунон ки барои мавҷҳои рӯйи об буд, муҳит ҳеҷ гуна ҳамандагӣ ё дунгӣ надорад, яъне ҳаму нуқ доштани ҷӣ мавҷҳои рӯйи об ва ҷӣ мавҷҳои электромагнитӣ аз табиъати худи онҳост<sup>1</sup>.

Дар ҳар нуқтаи фазо майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ бо мурури замон ба таври даврӣ тағйир меёбанд. Ҳар қадре ки нуқта аз барқа дуртар бошад, ларзиши майдонҳо то ба он ҳамон қадр дертар мерасад. Пас, ларзишҳо дар масофаҳои гуногун (аз барқа) фази гуногун доранд.

Векторҳои  $E$  ва  $B$  дар ҳама гуна нуқтаҳои фазо ҳамон гуна ларзиш меҳӯранд; онҳо ҳамфазанд. Фосилаи байни наздиктарин нуқтаҳои, ки дар онҳо ларзишҳо ҳамфаз мебошанд, дарозии мавҷ  $\lambda$  -ро ифода мекунад. Барои мавриди дар рас.65 тасвиршуда метавон гуфт, ки векторҳои  $E$  ва  $B$  дар фазо бо даври  $\lambda$  тағйир меёбанд.

Векторҳои шиддати майдони электрикӣ ва индуксияи майдони магнитӣ нисбат ба самти густариши мавҷ ҳамеша амудона (перпендикуларан) равонаанд. *Мавҷи электромагнитӣ мавҷи арзӣ мебошад.*

Ҳамин тарик, векторҳои  $E$  ва  $B$  дар мавҷи электромагнитӣ ҳам нисбат ба якдигар самти амудӣ доранду ҳам нисбат ба самти густариши мавҷ. Агар пармачаи ростпечро аз вектори  $E$  сӯйи вектори  $B$  тоб диҳем, пешрафти он бо вектори суръати мавҷ  $s$  ҳамсамт меояд (ниг. рас.65).

*Афканиши мавҷҳои электромагнитӣ.* Мавҷҳои электромагнитӣ аз ларзиши барқа ба вучуд меоянд. Ин ҷо он ҷиз муҳим аст, ки суръати ҳаракати ин гуна барқаҳо бо мурури замон тағйир мепазирад, яъне онҳо бо шитоб ҳаракат мекунанд. *Буди шитоб шартӣ асосии афканиши мавҷҳои электромагнитӣ аст.* Майдони электромагнитӣ на танҳо ҳангоми ларзидани барқа, балки инчунин дар ҳар гуна тағйироти тези он (барқа) низ ба вучуд меояд (афканиши мешавад) ва, зимнан, ҳар қадре ки шитоби барқа зиёд бошад, шиддати мавҷи хоричгарданда ҳамон қадр бештар хоҳад буд. Хуб инро ҷӣ тавр тасаввур кардан мумкин аст? Гап дар он аст, ки ҳангоми бо суръати дойимӣ ҳаракат кардани зарраи

<sup>1</sup>Иловаи мо (С. Қ.).

барқаманд майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ зодаи он монанди қабои лапишхӯранда ҳамроҳи зарра будан мегиранд, аз он ҷада намешаванд. Аммо дар сурати бо шитоб ҳаракат кардани зарра як хосияти ба худ хоси майдони электромагнитӣ – хосияти инерсиядорӣ – хосияти шастдории майдони электромагнитӣ зухур мекунад. Майдон аз зарра «ҷада» мешавад ва аз ҳамин лаҳза сар карда дар шакли мавҷҳои электромагнитӣ вуҷуд доштан мегирад.

Энергияи майдони электромагнитӣ (дар ин ё он лаҳзаи зақт) ҳамоҳангона бо тағйироти векторҳои  $E$  ва  $B$  ба таври даврӣ тағйир меёбад. Мавҷи давон бо худ ин ё он миқдор энергия мебарад ва ба самти густариши мавҷ бо суръати  $c$  ҳаракат мекунад. Ба туфайли ин мавҷи электромагнитӣ бо мурури замон дар ҳар гуна соҳаи фазо ба таври даврӣ тағйир ёфта метавонад.

Максвелл ба ин ки мавҷҳои электромагнитӣ вуҷуд доранд, шакке надошт. Вале танҳо пас аз даҳ соли вафоти ӯ ин мавҷҳо дар таҷриба ҳосил карда шудаанд. Ин корро Хертз сомон дод.

\* \* \* \* \*

Мавҷҳои электромагнитӣ дар он замина ба вуҷуд меоянд, ки майдони электрикӣ тағйирёбанда майдони магнитӣ тағйирёбанда ҳосил карда метавонад. Ва ин майдони магнитӣ тағйирёбанда, дар навбати худ, майдони электрикӣ тағйирёбанда ба вуҷуд меоварад.



1. Векторҳои  $E$ ,  $B$  ва  $c$  дар мавҷи электромагнитӣ нисбат ба якдигар чӣ гуна самт доранд?
2. Зарраи барқаманд бояд чӣ тавр ҳаракат кунад, ки мавҷи электромагнитӣ афканда тавонад?

### §30. Қашфи таҷрибавии мавҷҳои электромагнитӣ

Акнун биеед бинем, ки мавҷҳои электромагнитӣ нахустин бор чӣ тавр ҳосил карда шудаанд. Ҷараёни пайдоиши ин мавҷҳо мураккаб аст. Бино бар ин мо онро танҳо ба таври умумӣ муойина мекунем.

Мавҷи электромагнитӣ дар заминаи робитаи мутақобили майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ тағйирёбанда ба вуҷуд



меоянд. Тағйироти яке аз ин майдонҳо боиси пайдоиши майдони дигар мегардад. Чунон ки дар §5 гуфтем, ҳар қадре ки индуксияи магнитӣ (яъне илқои магнитӣ) бо мурури замон зудтар тағйир ёбад, шиддати майдони электрикии ҳосилшаванда ҳамон қадр зиёд хоҳад буд ва, дар навбати худ, ҳар қадре ки шиддати майдони электрикӣ зудтар тағйир пазираад, индуксияи магнитӣ ҳамон қадр зиёдтар хоҳад буд. Пас, *барои ба вуҷуд овардани мавҷҳои электромагнитии шадид ларзишҳои электромагнитии ба қадри кофӣ баландбасомад ҳосил кардан зарур аст.* Маҳз ба ҳамин шарт шиддати майдони электрикӣ  $E$  ва индуксияи майдони магнитӣ  $B$  зуд тағйир ёфта метавонанд.

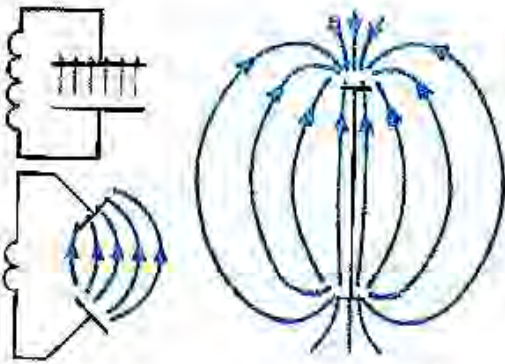
Ларзишҳои басомадашон назар ба басомади чараёни саноатӣ (50 Ҳз) хеле зиёдро ба воситаи контури ларзишҳо ба вуҷуд овардан мумкин аст. Ҳар қадре ки индуктивият ва гунҷойиши контур кам бошанд, басомади ларзиш ҳамон қадр зиёдтар хоҳад буд:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

**Контури кушодаи ларзишзо.** Аммо баландбасомад будани ларзишҳои электромагнитӣ тавлиди бошиддати мавҷҳои электромагнитиро ҳанӯз таъмин намекунад. Дар контури муқаррарӣ, он ки дар рас.25 тасвир ёфтааст (онро *контури баста* номидан мумкин аст) майдони магнитӣ қариб битамом дар даруни ғалтак фароҳам омадаасту майдони электрикӣ – дар даруни конденсатор. Дур аз контур майдони электромагнитӣ амалан вуҷуд надорад. Ин гуна контур чун манбаи мавҷҳои электромагнитӣ баста аст.

Ҳ.Ҳертз барои ба вуҷуд овардани мавҷҳои электромагнитӣ дастгоҳи одие – контури кушодаи ларзишҳо, контури бозро истифода кард. Ин контурро ҳоло *вибратори Ҳертз* мегӯянд.

Агар оҳиста-оҳиста рӯяҳои конденсатори контури бозро аз ҳам дур ва масоҳати онҳоро кам кардан гирему дар айни ҳол адади печҳои ғалтакро низ кам кунем, контур боз шуда охири охирон ба як сими рост табдил меёбад (рас.66). Ҳамин аст контури кушодаи ларзишҳо. Гунҷойиш ва индуктивият (яъне илқо)-и вибратори Ҳертз кам аст. Аз ин рӯ басомади ларзиши



Рас.66.

он бағоят зиёд мебошад. Дар контури боз барқаҳо дар нӯғҳои ноқил чамъ буда наметавонанд, балки дар тамоми ноқил тақсим мешаванд. Чараён дар ҳамон як лаҳзаи вақт дар ҳама буришҳои ноқил як сӯ равоӣ мебошад. Аммо қувваи он дар буришҳои гуногуни ноқил якхела нест. Дар нӯғҳои

ноқил чараён сифрӣ асту дар мобайни он қимати зиёдтарин дорад. (Хотиррасон бод, ки дар занҷирҳои муқаррари чараёни тағйирёбанда қувваи чараён дар ҳамон як лаҳза дар ҳама буришҳои ноқил якхела аст). Майдони электромагнитӣ тамоми фазои атрофи контурро фаро мегирад.

Барои дар ин гуна контур ангехтани ларзиш дар замони Хертз миёни симро тавре мебуриданд, ки фосилаи нисбатан танги ҳавоӣ ё худ фосилаи шарархез (фосилаи шарарзо) пайдо шавад (рас.67); баъд ҳар ду қисми ноқилро бо қимати хеле баланди фарқи потенциалҳо барқаманд (электронҳо) мекарданд. Вақте ки фарқи потенциалҳо аз қимати муъайян зиёд мешуд, дар фосилаи шарархез шарора ба вуҷуд меомад (ё чунон ки мегӯянд, аз фосила шарар мехест). Он гоҳ занҷир сарбаст мешуд (рас.68) ва дар контури кушода ларзиш ба вуҷуд меомад.

Ларзишҳои контурӣ хомӯшшавандаанд ва ин ду сабаб дорад: аввал ин ки контур муқовимати фаъол дорад; дуюм ин ки вибратор мавҷи электромагнитӣ меафканад – дар натиҷа энергияи он талаф меёбад. Баъди қатъ гардидани ларзишҳо ҳарду ноқил то дами дар фосилаи шарархез ба вуҷуд омадани шарораи нав аз манбаъ барқа (бори электрикӣ) мегиранд ва ин падида аз сари нав такрор мешавад.

Дар замони ҳозира барои дар контури кушодаи ларзишзо ҳосил кардани ларзишҳои хомӯшнашаванда онро ба таври



Рас.67.



Рас.68.





**Хайнрих Ҳертз** (1857-18) – олими барҷастаи олмонӣ, ки мавҷудияти мавҷҳои электромагнитиро бори нахуст (с.1886) ба таври таҷрибавӣ исбот кардааст. Ҷ мавҷҳои электромагнитиро таҳқиқ карда ошкор сохт, ки хосиятҳои асосии ин мавҷҳо ва мавҷҳои рӯшноӣ айнан якхела ҳастанд. Таҷрибаҳои Ҳертз дуруст будани назарияи майдони электромагнитӣ ва, аз ҷумла, назарияи электромагнитии рӯшноиро тасдиқ кардаанд. Ҳертз аввалин касе буд, ки муъодилаҳои Максвелло дар ҳамон шакле, ки ҳозир истифода мешаванд, навиштааст. Соли 1886 ӯ падидаи фотоэлектрикӣ (фотоэффeк)-ро мушоҳида кардааст. Мушоҳидаҳои Ҳертз аввалин мушоҳидаи падидаи номбурда буданд.

индуктивӣ бо контури ларзишҳои генератори лампагӣ ё генератори транзисторӣ ё генераторҳои навъи дигар алоқаманд мегардонанд (яъне илқопайваст мекунанд).

**Таҷрибаҳои Ҳертз.** Ҳертз мавҷҳои электромагнитиро дар натиҷаи дар вибратор бо ёрии манбаъи шиддати баланд ангехтани силсилаи импулсҳои ҷараёни зудтағйирёбанда ба вучуд оварда буд. Ларзиши барқҳои электрикӣ дар вибратор боиси пайдоиши мавҷи электромагнитӣ мегардад. Аммо дар вибратор на як зарраи барқаманд, балки адади бағоят зиёди электронҳои ҳамоҳангона ҳаракаткунанда ларзиш меҳӯранд. Дар мавҷи электромагнитӣ векторҳои  $E$  ва  $B$  нисбат ба якдигар самти амудӣ доранд ва зимнан вектори  $E$  дар ҳамвории аз вибратор гузаранда меҳобаду вектори  $B$  нисбат ба ин ҳамворӣ амудӣ (перпендикуляр) аст. Шиддати афканиши мавҷҳо дар самти нисбат ба меҳвари вибратор амудӣ зиёди зиёд мебошад. Ба қадди меҳвари вибратор ҳеҷ гуна мавҷ афканда намешавад.

Ҳертз мавҷҳои электромагнитиро бо ёрии вибратори қабул (резонатор), ки ба вибратори фиристанда монанд буд, қайд мекард. Бо таъсири майдони электрикии тағйирёбандаи мавҷ дар вибратори қабул ларзиши ҷараён рӯй мемихад. Дар сурати бо басомади ларзиши мавҷи электромагнитӣ баробар омадани басомади хусусии вибратори қабул резонанс мушоҳида мешавад. Ларзишҳои резонаторӣ дар сурати бо вибратори нурафкан мувозӣ (паралел) будани резонатор бо домана (амплитуда)-и зиёд рӯй мемиханд. Ҳертз ин ларзишҳоро аз мушоҳидаи шарораҳои дарёфт, ки дар фосилаи хурди байни ноқилҳои вибратори қабул пайдо мешуданд.



Ҳерц мавҷҳои электромагнитиро на танҳо ба вуҷуд овард, балки боз ошкор сохт, ки рафтори онҳо ба рафтори мавҷҳои дигар монандӣ дорад ва, аз ҷумла ӯ ошкор сохт, ки мавҷҳои электромагнитӣ аз варақаҳои филизӣ инъикос мешаванд, интерференс мешаванд ва ғ. Дар сурати бо мавҷи аз вибратор оянда зам шудани мавҷи аз варақаи филизӣ инъикосшуда максимумҳо ва минимумҳои ларзиш ба вуҷуд меоянд. Резонатор (вибратори қабул)-ро ин ё он сӯ кӯчонда, максимумҳои мавҷи истода ва аз рӯйи он дарозии мавҷро ёфтан мумкин аст.

**Суръати мавҷҳои электромагнитӣ.** Дар таҷрибаҳои Ҳерц дарозии мавҷ чанд даҳяки метр буд. Ҳерц басомади хусусии ларзиши электромагнитии вибраторро ҳисоб карда, аз рӯйи формулаи  $v = \lambda \nu$  суръати мавҷи электромагнитиро ёфт. Ин суръат (с) тақрибан 300.000 км/с баромад.

Таҷрибаҳои Ҳерц пешгӯиҳои Максвелро ба хубӣ тасдиқ кардаанд.

\* \* \* \* \*

Барои ба вуҷуд овардани мавҷҳои электромагнитӣ дар контури кушодаи ларзишзо ларзишҳои электромагнитии баландбасомад ба вуҷуд овардан мебояд.



1. Сабаб чист, ки контури муқаррарии ларзишзо (контури сарбаст) барои хориҷ гардондани мавҷҳои электромагнитӣ ва қайд кардани онҳо истифода намешавад?
2. Суръати гузариши (наҳшиавӣ)-и таъсири мутақобили электромагнитӣ чӣ қадр аст?
3. Вибраторҳои фиристанда ва қабулкунанда нисбат ба якдигар мавқеъи амудӣ доранд. Оё дар ин маврид дар вибратори қабул ларзиш ба вуҷуд меояд?

### §31. Зичии сели тобиши электромагнитӣ

Тобиши электромагнитӣ ҳомили ин ё он миқдори энергия мебошад. Мушаххасоти энергияи тобишҳо бисёр муҳиманд, зеро дараҷаи ба асбобҳои сабткунанда таъсир овардани манбаъи тобишро «таъйин» мекунанд. Мо ин ҷо танҳо бо яке аз ин гуна мушаххасаи тобиши электромагнитӣ ошно мешавем.



*Зичии сели тобиш.* Сатҳро муойина мекунем, ки масоҳати  $S$  дорад ва аз тариқи он тобиши электромагнитӣ ин ё он миқдори энергияро мегузаронад. Ин гуна масоҳат дар рас.69 тасвир шудааст. Ин ҷо хатҳои рост самти густариши мавҷҳои электромагнитиро ифода мекунанд. Хатҳои мазкур шуоъҳоеанд, ки амудан ба сатҳ мезананд, ба сатҳе, ки дар ҳама нуқтаҳои он ларзишҳо фази якхела доранд. Ин гуна сатҳҳоро *сатҳҳои мавҷӣ* мегӯянд.

*Зичии сели тобиши электромагнитӣ*  $I$  гуфта нисбати энергияи электромагнитии  $\Delta W$ -и дар муддати  $\Delta t$  аз сатҳи ба рафти шуоъҳо амудан воқеъшудаи  $S$  гузарандаро бар ҳосили зарби масоҳати  $S$  ва муддати  $\Delta t$  мефаҳманд, яъне

$$I = \frac{\Delta W}{S \cdot \Delta t} \quad (4.1).$$

Ин бузургӣ аслан тавони тобиши электромагнитӣ ё худ энергияе мебошад, ки дар воҳиди вақт аз тариқи воҳиди масоҳат мегузарад. Зичии сели тобишро дар Манзумаи байналмилалии воҳидҳо (SI) бо ватт бар метри мураббаъ ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) ифода мекунанд. Ин бузургиро *шиддати мавҷ* (*интенсивияти мавҷ*) низ меноманд.

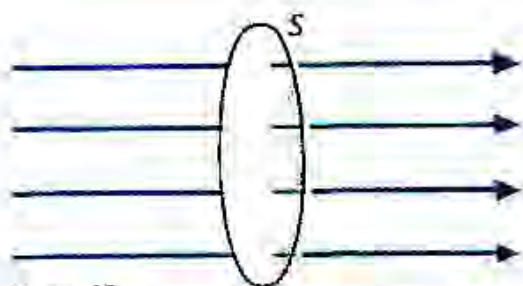
Бузургии  $I$ -ро ба воситаи зичии энергияи электромагнитӣ ва суръати густариши он  $c$  ифода мекунем. Сатҳи  $S$ -ро амудан ба рафти шуоъҳо ҷой дода, дар он силindre месозем бо мабдаъи (ташқилдиҳанда)-и  $c \cdot \Delta t$  (масоҳати  $S$ -ро ба сифати асоси силindre интиҳоб мекунем) (рас.70). Ҳаҷми силindre баробари  $\Delta V = Sc\Delta t$  аст. Энергияи майдони электромагнитӣ дар даруни силindre ба ҳосили зарби зичии энергия ва ҳаҷм баробар мебошад:  $\Delta W = wc\Delta t \cdot S$

Ҳамаи ин энергия дар муддати  $\Delta t$  аз асоси ростии силindre мегузарад. Бино бар ин аз (4.1) ин гуна ифода ҳосил мешавад:

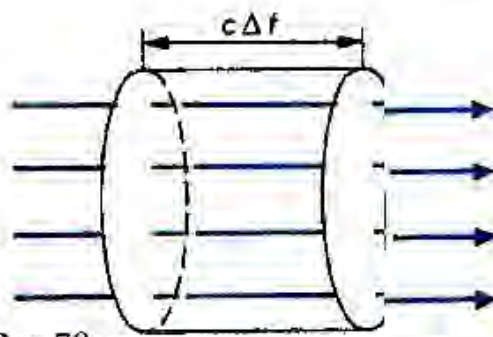
$$I = \frac{wc\Delta t S}{S \cdot \Delta t} = wc, \quad (4.2)$$

яъне *зичии сели тобиш ба ҳосили зарби зичии энергияи электромагнитӣ  $w$  ва суръати густариши он баробар будааст.*

Акнун вобастагии сели тобишро ба масофаи то манбаъ



Рас.69.



Рас.70.

муқаррар мекунем. Барои ин боз як мафҳуми дигарро ёнистан мебоҷад.

**Манбаъи нуқтагии тобиш.** Манбаъҳои афкананда-тобиши электромагнитӣ бағоят гуногун буда метавонанд. Содатарини онҳо манбаъи нуқтагӣ (нуқтаманбаъ) мебошад.

Манбаъи тобишро дар сурате манбаъи нуқтагӣ ё нуқтаманбаъ мегӯянд, ки андозаҳои он назар ба масофаи муойина шудани таъсираш хеле кӯтоҳ бошанд. Дар ёробари ин, фарз карда мешавад, ки ин гуна манбаъ мавҷҳои электромагнитиро ба ҳама тараф бо шиддати якхела меафканад<sup>1</sup>. Манбаъи нуқтагӣ ҳам мисли нуқтаи материалӣ (нуқтаи моддӣ), гази идеалӣ (гази ҳаёلى) ва монанди инҳо як навъ муболиға (идеализатсия) мебошад. Ин гуна моделҳо дар физика бисёр истифода мешаванд.

Ситораҳо рӯшноӣ (мавҷи электромагнитӣ) меафкананд ва он рӯшноӣ то ба мо низ меояд. Азбаски масофаи маҷнани мо то ситораҳо назар ба андозаҳои ситораҳо ҳазорҳо бор зиёд аст, пас, метавон гуфт, ки ситораҳо беҳтарин модели манбаъи нуқтагӣанд.

**Вобастагии зичии сели тобиш ба масофаи то манбаъ.** Энергияе, ки онро мавҷҳои электромагнитӣ бо худ доранд, ба қадри аз манбаъ дур шудани тобиш дар масоҳати торафт бештар тақсим мешавад (шуоъҳо тит мешаванд). Биҷо бар ин энергияе, ки онро шуоъҳо аз тариқи масоҳати воҳидӣ дар воҳиди вақт интиқол медиҳанд (яъне зичии сели тобиш) ба қадри аз манбаъ дур шудан мекоҳад.

Вобастагии зичии сели тобишро ба масофаи то манбаъ

<sup>1</sup>Вибратори Хертз ба сифати ин гуна манбаъ хидмат карда наметавонад, зеро энергияи афканандаи он дар ҳар самт (масалан, нисбат ба меҳвари вибратор) ҳар хел аст.



омӯхтан дар сурате осонтар аст, ки манбаъ дар маркази кӯра (сфера)-и радиусаш  $R$  чой дода шавад. Масоҳати сатҳи кӯра  $S = 4\pi R^2$  аст. Бигзор манбаъ ба ҳама тарафҳо дар муддати  $\Delta t$  ба қадри  $\Delta w$  энергия афканад. Он гоҳ чуни навистан мумкин аст:

$$I = \frac{\Delta w}{S\Delta t} = \frac{\Delta w}{4\pi\Delta t} \cdot \frac{1}{R^2}, \quad (4.3)$$

яъне зичии сели тобиши афкандаи манбаъи нуқтагӣ чаппа мутаносибан ба квадрати масофаи то манбаъ кам мешавад<sup>1</sup>.

**Вобастагии зичии сели тобиш ба басомад.** Мавҷҳои электромагнитӣ дар натиҷаи ҳаракати шитобдор кардани зарраҳои барқаманд (зарраҳои электрон) афканда мешаванд (ниг. §29). Шиддати майдони электрикӣ ва индуксия (яъне илқо)-и магнитии мавҷи электромагнитӣ ба шитоби зарраи нурафкан  $a$  мутаносибанд. Шитоб дар ларзишҳои мавзун (ларзишҳои ҳармоникӣ) ба квадрати басомад мутаносиб мебошад. Бино бар ин шиддати майдони электрикӣ ва индуксияи магнитӣ ба квадрати басомад мутаносибанд:

$$E \sim a \sim \omega^2, \quad B \sim a \sim \omega^2 \quad (4.4)$$

Зичии энергияи майдони электрикӣ ба квадрати шиддати майдон мутаносиб аст (ниг. «Физика, 10», §51) энергияи майдони магнитӣ – ба квадрати индуксияи магнитӣ. Зичии сели энергияи майдони электромагнитӣ ба ҳамъи зичиҳои энергияҳои майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ баробар мебошад. Бино бар ин зичии сели нурҳо  $I$ -ро бар асоси (4.2) ин тавр ифода кардан мумкин аст:

$$I \sim w \sim (E^2 + B^2) \quad (4.5)$$

Азбаски мувофиқи (4.4)  $E \sim \omega^2$  ва  $B \sim \omega^2$  мебошанд, пас,

$$I \sim \omega^4, \quad (4.6)$$

яъне зичии сели тобиш ба дараҷаи чаҳоруми басомад мутаносиб аст. Ба иборати дигар, дар сурати ду бор зиёд шудани басомади ларзиши зарраҳои барқаманд энергияи

<sup>1</sup>Зичии сели тобиши вибратори Хертз низ дар ин ёон самт ба қадри афзудани масофа айнан ҳамин тавр кам мешавад.

афкандашаванда 16 бор меафзояд! Ҳамин аст, ки дар мавҷрабо (антен)-и радио ларзишҳои баландбасомад – аз даҳҳо ҳазор то даҳҳо миллион Ҳз (ҳертз) ангехта мешавад. Ҷараёниҳои тағйирёбандаи саноатӣ (50 Ҳз) амалан нур намеафкананд.

\*\*\*\*\*

Мавҷҳои электромагнитӣ ҳомили энергия мебошанд (энергияро нақл мекунанд). Зичии сели тобиш ё худ шиддати тобиш ба ҳосили зарби зичии энергия ва суръати гузариши он баробар аст. Шиддати мавҷҳо ба дараҷаи ҷаҳоруми басомад мутаносиб мебошад ва ҳамзамон ба ин мутаносибан ба дараҷаи дуҷуми масофаи то манбаъ кам мешавад.



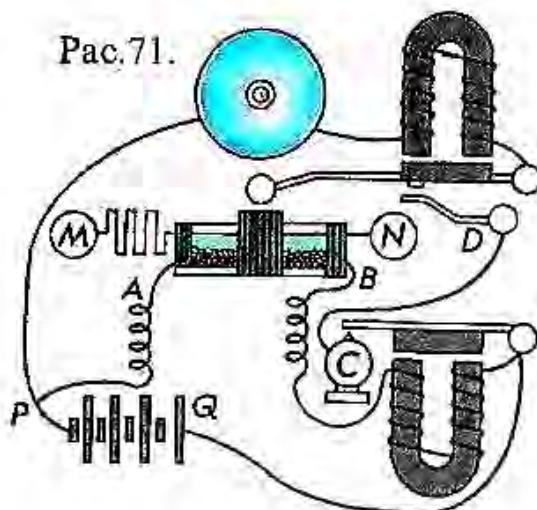
1. Зичии сели нури электромагнитӣ чӣ гуна бузургист?
2. Чӣ гуна манбаъи нурҳои манбаъи нуқтагӣ (ё худ нуқтаманбаъ) мегӯянд?
3. Сабаб чист, ки ҷараёни тағйирёбандаи шабакаи равшанӣ амалан нур намеафканад (тобиши электромагнитӣ надорад)?

### §32. Ихтироии радио (А.С.Попов, 7 майи 1895)

Таҷрибаҳои Ҳертз, ки шарҳи онҳо с.1888 нашр шуд, таваҷҷӯҳи физикдонони тамоми ҷаҳонро ба худ ҷалб кард. Бисёр олимони ба ҷустуҷӯи роҳҳои тақмили дастгоҳҳои фиристанда ва қабулкунандаи мавҷҳои электромагнитӣ пардохтанд.

Дар Руссия омӯзиши мавҷҳои электромагнитиро яке аз аввалин шуда омӯзгори мактаби афсарони Кронштадт А.С.Попов оғоз кард. Ӯ таҳқиқотро аз такрори таҷрибаҳои Ҳертз сар кард ва баъдтар усули бозътимодтару хассостари сабти мавҷҳои электромагнитиро ба майдони истифода овард.

Попов ба сифати ҷузви бевосита «ҳискунандаи» мавҷҳои электромагнитӣ *коҳерер* ном найчаи шишагинеро истифода кард, ки он ду электрод дошт ва дар дарунаш оҳанреза (суниш)







**Попов Александр Степанович (1859 – 1906)**

физикдони машҳури рус, ихтироъкори радио. Попов, ки ба имконияти ба воситаи мавҷҳои электромагнитӣ, яъне ба имкони бе сим алоқа кардан бовар дошт, коҳерер ном ҷузви ҳассосеро истифода карда, тавонист, ки аввалин радиоро бисозад.

Ҳангоми бо ёрии асбоби ихтироъкардаи Попов муқаррар кардани радиоалоқа ошкор гардид, ки радиомавҷҳо аз киштиҳо инъикос мешаванд.

рехта шуда буд. Кори ин асбоб бар таъсири тахлия (пардаҳт, разряд)-и электрикӣ ба хокаи филизӣ (хокаи металлӣ) асос ёфтааст. Дар шароити муқаррарӣ коҳерер муқовимати зиёд дорад, зеро расиши байни зарраҳои хока хуб нест. Мавҷи электромагнитӣ дар коҳерер ҷараёни тағйирёбандаи баландбасомад ба вучуд меоварад. Дар байни оҳанрезаҳо шарорачаҳои хурд-хурде пайдо мешаванд – дар натиҷа онҳоро бо якдигар мечаспанд, ки ин муқовимати коҳерерро якбора (дар таҷрибаҳои Попов аз 100 000 Ом то 1000-500 Ом, яъне 100-200 бор) кам мекунад. Барои ба ҳолати аввала (яъне ба ҳолати зиёдмуқовимат) бозовардани асбоб онро такон додан кофӣ буд. Ба мақсади худкор шудани асбоби қабули мавҷҳо, ки алоқаи бесимро имконпазир мегардонад, Попов баъди қабули сигнал барои такон додани коҳерер зангӯлаи электрикиро ба кор бурд. Занҷири зангӯла дар лаҳзаи ворид гаштани мавҷи электромагнитӣ ба воситаи релеи ҳассосе сарбаст мешуд. Кори зангӯла дар лаҳзаи хотима ёфтани амали қабули мавҷ қатъ мегардид, зеро болғачаи зангӯла на танҳо кулоҳаки он, балки ҳуди коҳерерро низ мекӯбид. Он гоҳ коҳерер барои қабули мавҷи нав тайёр мешуд. Тарҳи содашудаи дастгоҳи қабул дар рас. 71 тасвир ёфтааст.

Попов барои афзудани ҳассосияти дастгоҳи худ яке аз нӯтҳои коҳерерро замин карду нӯги дигари онро ба порчаи сими баландпояе пайваст. Ин аввалин мавҷрабо (антен)-и қабул барои алоқаи бесим буд. Замин кардани асбоб сатҳи ҷараёнгузаронандаи Замиро ба қисми контури кушодаи ларзиш табдил медиҳад, ки ин дурии қабули мавҷҳоро меафзуд.



Радиоҳои ҳозира ба дастгоҳи Попов монандие надоранд, аммо сохти кори онҳо аслан як аст. Радиои имрӯза низ мавҷрабӯе дорад, ки дар он мавҷи воридшаванда ларзишҳои электрикии бисёр суст ба вучуд меоварад. Ин ҷо низ мисли дастгоҳи Попов энергияи ларзишҳо барои бевосита қабул кардани онҳо қорбаст намешавад. Сигналҳои суст танҳо барои танзими кори манбаъҳои энергияи ҷузъиёти дигари занҷири электрикии радио истифода мешаванд. Дар аксари радиодастгоҳҳои замони мо ин гуна тарзи идора кардани кори асбобҳо ба воситаи асбобҳои нимоқили сурат мегирад.

7 майи с.1895 дар маҷлиси Ҷамъияти физикдонону кимиёдонони Рус Попов кори асбоби ихтироъкардаи худро, ки воқеъан аввалин радио буд, намоиш дод. Рӯзи 7 май рӯзи ихтирои радиост ва ҳар сол ҷашн гирифта мешавад.

Попов дастгоҳҳои қабулкунандаву фиристандаро суботкорона такмил меод. Ӯ дар пеши худ вазифа гузошт, ки асбоби ихтироъкардаашро барои ба масофаҳои дур нақл кардани сигналҳои электромагнитӣ созгор гардонад.

Радиоалоқа аввал барои масофаи 250 м метр воқеъӣ гардонда шуд. Попов дере нагузашта дурии алоқаро то ба 600 м расонд. Баъд, с.1899 дар манёврҳои Флоти баҳри Сиёҳ ӯ дар масофаи 20 км радиоалоқа муқаррар кард. Соли 1901 бошад, дурии алоқаи радиой ба 150 км расид. Дар ин дастовард роли муҳимро сохти нави дастгоҳи фиристандаи мавҷ бозид. Фосилаи шарарҳез дар контури ларзише интиҳоб шуд, ки он ба антени мавҷферистанда робитаи индуктивӣ (яъне илқоробита) дошт ва бо он дар резонанс буд. Тарзҳои сабти сигнал низ моҳиятан тағйир дода шуда буданд. Мувозан (параллелан) бо зангула дастгоҳи телеграфие пайваста буданд, ки сигналҳоро ба таври автоматӣ сабт мекард. Соли 1899 имкони бо ёрии телефон қабул кардани сигналҳо ошкор гашт. Аввали с.1900 радиоалоқа дар халиҷи Фин барои наҷот додани ғарқшавандагон бомуваффақият истифода шуд. Ҷамон вақт бо иштироки А.С.Попов татбиқи радиоалоқа дар қушунҳои Руссия, аз ҷумла дар амалиёти нерӯҳои баҳрӣ оғоз ёфт.

Дар хориҷа ба кори такмили ин гуна асбобҳо ширкати таъсисдодаи инженери италийӣ Г. Марконӣ машғул гашт.

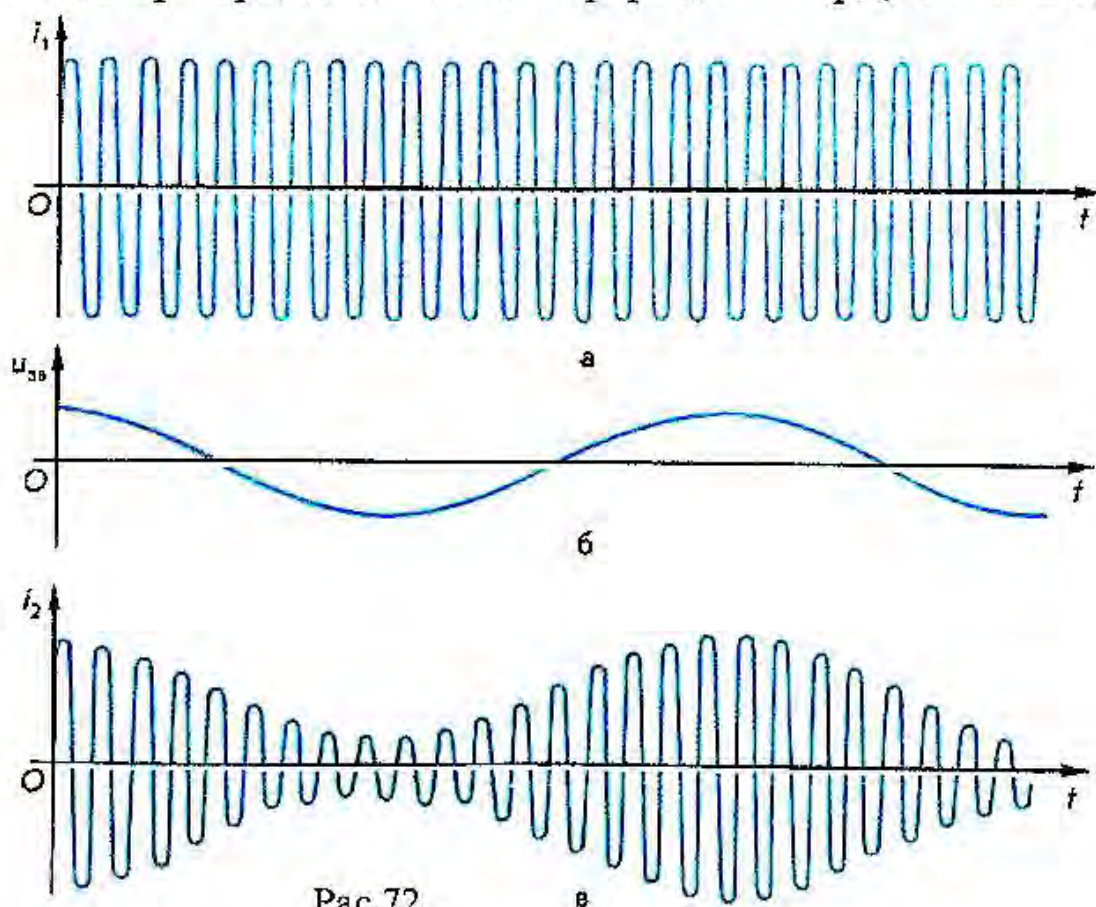


Таҷрибаҳои сершумор имкон дод, ки аз фарози укёнуси Атлас (Атлантик) алокаи радиотелеграфӣ муқаррар карда шавад.

### §33. Қоидаҳои бунлоди (принсипҳои)-и радиоалока

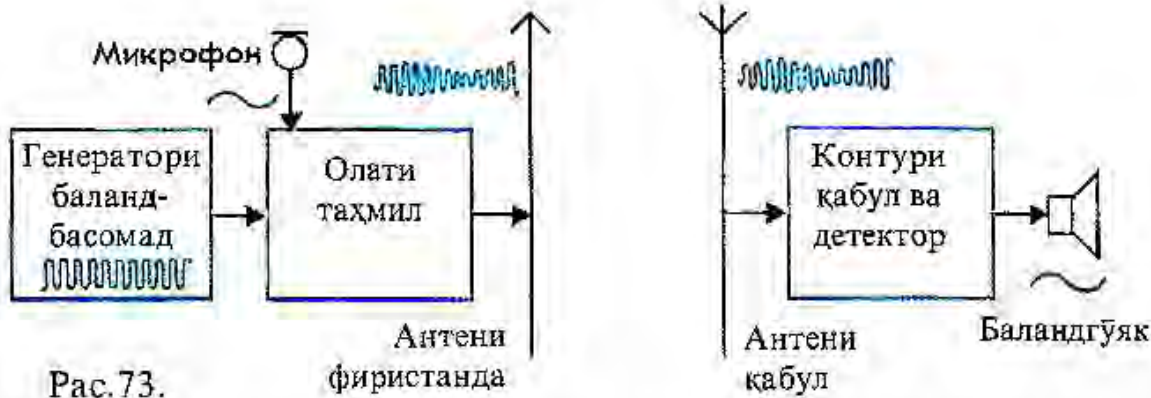
*Инҳоанд қоидаҳои бунлоди радиоалока: қараёни тағйирёбандаи баландбасомаде, ки дар антени фиристанда ба вуҷуд меояд, дар фазои атроф майдони электромагнитии зудтағйирёбандае ҳосил мекунанд, ки он дар шакли мавҷҳои электромагнитӣ паҳн мегардад. Ин мавҷҳо ба мавҷрабо (антени қабул) расида, дар он қараёни тағйирёбанда ҳосил мекунанд бо басомади баробар ба басомади қории дастгоҳи фиристанда.*

Дар таракқиёти радиоалока муҳимтарин марҳала бунёди генератори ларзишҳои электромагнитии хомӯшнашаванда буд (с. 1913). Дар баробари нақли сигналҳои телеграфӣ иборат аз импульсҳои кӯтоҳ ва импульсҳои нисбат ба онҳо тӯлонитар боз алокаи радиотелефонӣ боэътимод ва хушсифат низ имконпазир гардид. Ин имкон фароҳам овард, ки тавассути



Рас.72.





Рас. 73.

мавҷҳои электромагнитӣ сухан ва мусиқӣ низ нақл карда шаванд.

**Алоқаи радиотелефонӣ.** Дар алоқаи радиотелефонӣ ларзишҳои ҳаво (дар мавҷи садо ё худ мавҷҳои савтӣ) бо ёрии микрофон ба ларзишҳои электрикӣ ҳамонгунашакл табдил дода мешаванд. Чунин ба назар мерасид, ки агар ин ларзишҳоро тақвият дода, ба антени фиристанда равона созем, дар он сурат ба воситаи мавҷҳои электромагнитӣ нутқ ва мусиқиро аз ҷойе ба ҷойе нақл кардан имконпазир мегардад. Вале ин тарзи интиқол (нақл)-и мавҷҳои радио қобили амалӣ шудан нест, зеро басомади ларзишҳои садо (ларзишҳои савтӣ) нисбатан паст аст ва мавҷҳои электромагнитии пастбасомад (яъне басомадҳои мутобиқи мавҷҳои садо) қариб тамоман хориҷ ғашта наметавонанд.

**Таҳмил (модулатсия).** Барои амалӣ гардондани алоқаи радиотелефонӣ ларзишҳои баландбасомадро истифода кардан мумкин аст. Ин гуна мавҷҳоро антени фиристанда бо шиддати зиёд афканд метавонад. Ларзишҳои мавзун (ҳармоникӣ)-и баландбасомади хомӯшнашаванда ба воситаи генератор (чунончи, ба воситаи генератори транзисторӣ) ҳосил карда мешаванд. Барои нақл кардани садо ин ларзишҳоро ба воситаи ларзишҳои электрикӣ пастбасомад (садобасомад) тағйир медиҳанд ё, чунон ки мегӯянд, *таҳмил* (модулатсия) мекунанд. Масалан, доманаи ларзишҳои баландбасомадро бо ёрии мавҷҳои садо тағйир додан мумкин аст. Ин усули тағйир додани домана (амплитуд)-и ларзишҳоро *доманатаҳмил* (доманамодулатсия) мегӯянд. Дар рас. 72 се нигора (график) тасвир ёфтааст: *а* – нигораи ларзишҳои баландбасомад, ки басомади *ҳомил* ном гирифтааст; *б* – нигораи ларзишҳои



садобасомад, яъне ларзишҳои таҳмилкунанда ва  $v$  – нигораи ларзишҳои, ки доманашон таҳмил шудааст (яъне ларзишҳои қаддан таҳмилшуда). Бе таҳмили ларзишҳо ҳатто дар мусоҳидаҳои маврид танҳо ҳамин кадр гуфтан мумкин аст, ки дастгоҳи радио кор мекунад ё не. Бе таҳмил на намоиши телевизионӣ буда метавонаду на нақли телефонӣ ва на ирсоли телеграфӣ.

Таҳмили ларзишҳо бисёр оҳиста чараён мегирад. Ин ҳамон гуна тағйиротест дар дастгоҳи офарандаи ларзишҳои баланбасомад, ки дар муддати рӯй додани он тағйирот олати офарандаи ларзишҳо то лаҳзаи ба дараҷаи намоён тағйир ёфтани доманаи ларзишҳо ба миқдори хеле зиёд ларзиш хӯрда метавонад.

*Детектирониш.* Дар дастгоҳи қабули мавҷҳои радио ларзишҳои пастбасомад аз ларзишҳои баланбасомади таҳмилшуда чудо карда мешаванд. Ин гуна амали табдил додани сигналро *детектирониш* мегӯянд.

Сигнали дар натиҷаи детектирониш ҳосилшуда мансуб ба ҳамон сигнали савтӣ аст, ки ба микрофони дастгоҳи фирис-тандаи мавҷ таъсир овардааст. Ларзишҳои пастбасомадро баъди таквият додан ба ларзишҳои савтӣ (яъне ба овоз) табдил додан мумкин аст.

\* \* \* \* \*

Қоидаҳои бунлодии радиоалоқа дар рас.73 (дар шакли блок-блок) тасвир ёфтааст.



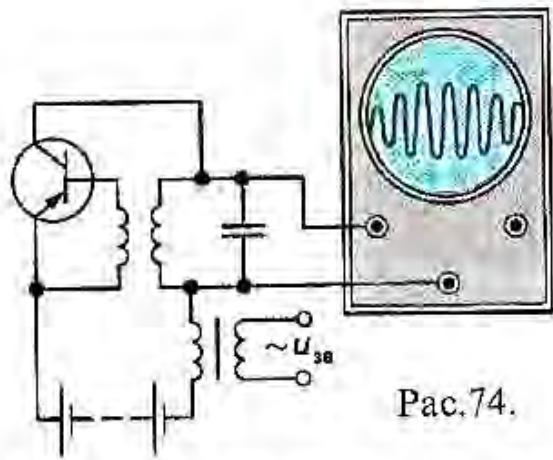
1. Таҳмил (модулатсия) кардани ларзишҳо чӣ зарурат дорад?
2. Детектирониши ларзишҳо чӣ маънӣ дорад?

### §34. Мавҷҳо чӣ тавр таҳмил карда ва детектиронида мешаванд

*Шумо акнун медонед, ки таҳмили мавҷҳо (модулатсия) ва детектирониши онҳо чистанд ва чӣ зарурат доранд. Ҳоло биед бинем, ки ин фарояндҳоро чӣ тавр амалӣ гардондан мумкин аст.*

*Доманатаҳмил (модулатсияи амплитудӣ)-и ларзишҳои*



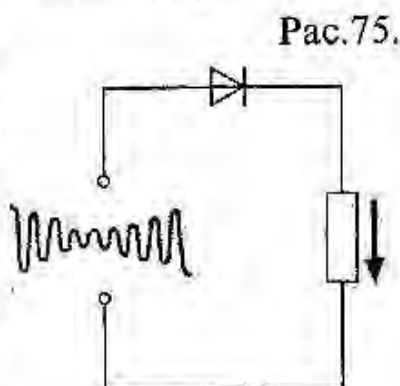


Рас.74.

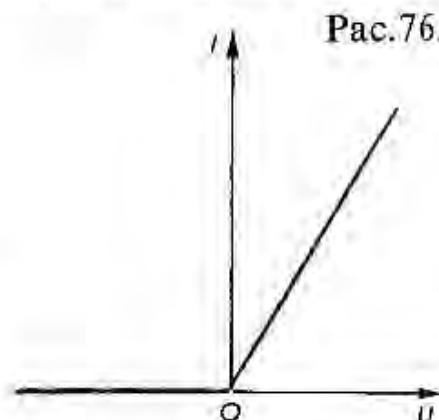
баландбасомад дар генератори ларзишҳои хомӯшнашаванда дар натиҷаи таъсири махсус воқеъӣ гардонда мешавад. Аз ҷумла, волтажи офаридаи манбаъро дар контури ларзиш тағйир дода (ниг. § 22), домана ё худ амплитуди ларзишҳоро таҳмил кардан имконпазир аст.

Ҳар қадре ки волтаж дар контури генератор зиёд бошад, дар муддати як давр аз манбаъ ба контур ҳамон қадр энергияи бештар ворид мегардад. Дар сурати паст шудани волтаж энергияи ба контур воридшаванда низ кам мешавад – ин боиси паст шудани доманаи ларзишҳои контурӣ мегардад. Агар волтажи нӯгҳои контурро бо басомаде тағйир диҳем, ки он назар ба басомади ларзишҳои зодаи генератор хеле кам бошад, он гоҳ тағйироти доманаи ин ларзишҳо ба тағйироти волтаж тақрибан мутаносиб меояд. Дар содатарин олати таҳмили доманай барои амалӣ гардондани доманатаҳмил паёлай бо манбаъи волтажи дойимӣ манбаъи иловагии волтажи тағйирёбандаи пастбасомаде мепайванданд. Ба сифати ин гуна манбаъ, масалан печаки дуҷуми трансформаторро истифода кардан мумкин аст, ба шарте ки аз печаки якуми он ҷараёни савтибасомад ҷорӣ бошад (рас.74). Дар натиҷа доманаи ларзишҳо дар контури ларзишҳои генераторӣ ҳамохангона бо тағйироти волтажи транзистор тағйир меёбад. Ин он гуна маънӣ дорад, ки ларзишҳои баландбасомадро бо сигнали пастбасомад доманатаҳмил кардан мумкин аст.

Густариши замони (густариши вақтона)-и ларзишҳои таҳмилшударо дар ойнаи осиллограф бевоҳида мушоҳида кардан мумкин аст, ба шарте ки ба он аз худ

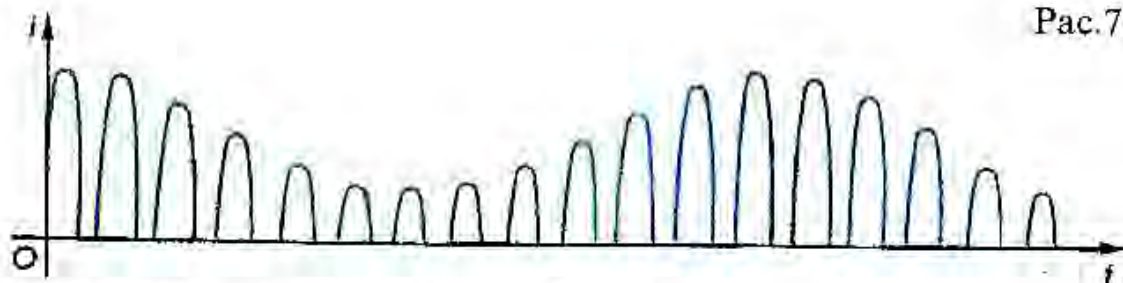


Рас.75.



Рас.76.





контури ларзиш волтаж дода бошем.

Дар баробари доманатахмил дар баъзе мавридҳо таҳмили басомадӣ, яъне тағйири басомади ларзиш ҳамоҳангона бо тағйироти сигнали идоракунанда низ истифода мешавад. Бартари ин навъи таҳмили ларзишҳо ин аст, ки вай аз халалоти гуногун озод мебошад.

**Детектиронии.** Сигнали таҳмилшудаи баландбасомаде, ки дар дастгоҳи қабули радио ворид мегардад, ҳатто баъди қувват гирифтани наметавонад, ки парда (мембран)-и телефон ё баландгӯякро бо басомади савтӣ ларзиш диҳад. Ин сигнал танҳо ларзишҳои баландбасомаде ба вуҷуд меорад, ки онҳоро гӯши мо ҳис намекунад. Бино бар ин дар дастгоҳи қабул аввал аз ларзишҳои таҳмилшуда сигнали савтӣбасомадро ҷудо кардан зарур аст.

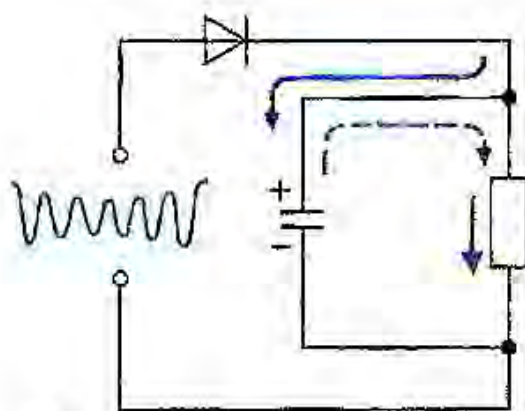
Сигнал ба воситаи дастгоҳи дорои *детектор* ном ҷузвe детектиронда мешавад, ки он ноқилияти яктарафа дорад. Ба сифати ин гуна ҷузв (элемент) лампаи электронӣ (диодҳои вакуумӣ) ё диоди нимноқилиро истифода кардан мумкин аст.

Биёед кори диоди нимноқилиро бинем. Бигзор ин асбоб дар занҷир ба манбаъи ларзишҳои таҳмилшуда (модулатсияшуда) ва бори занҷир<sup>1</sup> паёпай пайваст бошад (рас.75). Чараён дар ин занҷир асосан як сӯ (дар расм бо тирча ишорат шудааст) ҷорӣ мешавад, зеро муқовимати диод ба самти «роста» назар ба самти «чаппа» хеле кам аст. Мо метавонем, ки чараёни чаппаро умуман ба назар нагирем ва гӯем, ки диод ноқилияти яктарафа дорад. Ҳамаҷунан (мушаххаса)-и волт-амперии тақрибии диодро дар шакли хатти шикастае тасвир кардан мумкин аст, ки аз ду порчаи рост иборат мебошад (рас. 76).

Дар занҷир (рас.75) чараёне ҷорӣ мешавад, ки он зарбон

<sup>1</sup>«Бори детектор» ин ҷо бамаънои резисторе омадааст, ки ларзишҳои савтӣ ба он ворид мегарданд.





Рас.78.

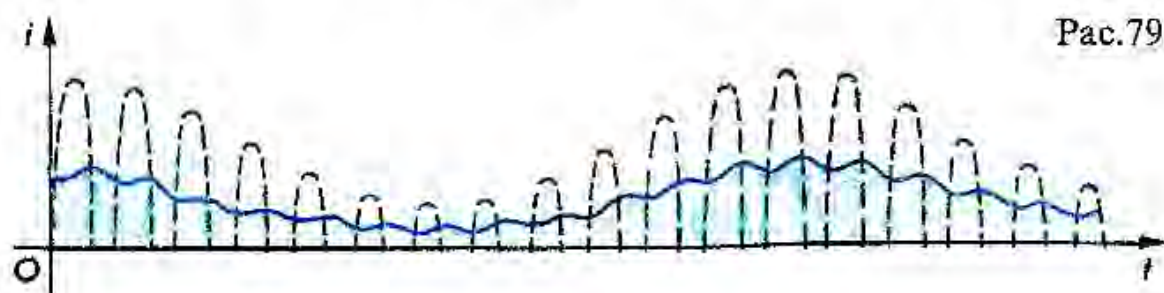
(набзон, тапиш) дорад. Заданҳои «набз»-и ин чараён дар рас.77 тасвир ёфтааст. Чараёни зарбондор бо ёрии софӣ (филтр) ҳамвор карда мешавад. Содатарин софӣ конденсаторест (рас.78), ки бо бори занҷир, яъне бо муқовимат ба таври мувозӣ (параллелан) пайваستا шудааст.

Софӣ ин тавр кор мекунад. Дар лаҳзаҳои чараёнгузаронии диод як қисми чараён аз резистор (муқовимат) мегузараду қисми дигараш сӯйи конденсатор ҷорӣ шуда, онро барқаманд (заряднок) мекунад (рас.78, тирчаҳои яклухт). Тақсим шудани чараён бузургии импульси аз резистор гузарандаро кам мекунад. Вале дар фосилаи байни импульсҳо, яъне гоҳи пӯшида (баста) будани диод конденсатор ба воситаи резистор қисман холӣ (пардахт) мешавад. Пас, дар ин фосилаҳо ҳам чараён дар резистор ба ҳамон самти пешина ҷорӣ мебошад (рас.78 тирчаҳои кандаканда). Ҳар як импульси нави чараён конденсаторро қадре барқаманд мекунад. Дар натиҷа аз резистор чараёни савтӣбасомаде ҷорӣ мешавад, ки шакли ларзишҳои он ба шакли сигнали пастбасомади дастгоҳи фиристандаи мавҷҳо хеле монанд аст (рас.79).

Софӣҳо (филтрҳо)-и мураккабтар ларзишҳои баландбасомади начандон қавиро низ ҳамвор карда метавонанд – дар натиҷа ларзишҳои дар рас.79 тасвирёфта ҳамвортар меоянд.

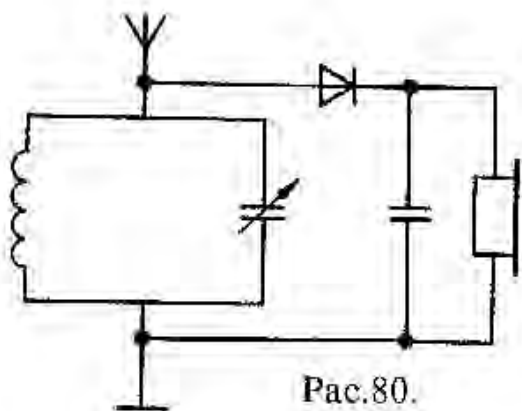
**Содатарин радио.** Содатарин радио аз контури ларзишзое иборат аст, ки бо антен алоқаманд мебошад ва бо контури иборат аз детектору (дар мисоли мо диоди нимноқилӣ) телефон пайваस्त шудааст (рас.80).

Радиёмавҷ дар контури ларзишзо ларзишҳои таҳмилшуда



Рас.79.





Рас.80.

меангезад. Ғалтаки телефон вазиџаи бори занҷирро адо мекунад. Аз тарики ин ғалтак ҷараёни савтӣбасомад ҷорӣ мешавад. Набзон (пулсатсия)-и нисбатан сусти баландбасомади ҷараён ба ларзиши ларзпарда (мембран) таъсири ночиз меоварад ва гӯши мо онро ҳис карда наметавонад.

\* \* \* \* \*

Ҳам домана (амплитуд)-и ларзишҳо ва ҳам басомади онҳоро таҳмил кардан мумкин аст. Аз инҳо воқеъӣ гардондани таҳмили доманай осонтар аст. Ҳангоми детектиронии ҷараёни тағйирёбанда рост мешавад, зарбони баландбасомади он ба воситаи софӣ (фильтр) ҳамвор мешавад.



1. Доманаи автоларзишҳо дар генератори транзисторӣ ба чӣ вобастагӣ дорад?
2. Радиои детектории содатарин чӣ гуна сохт дорад?

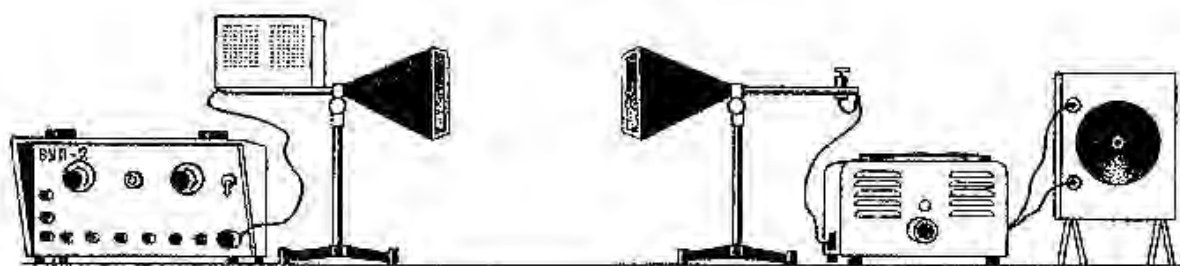
### §35. Хосиятҳои мавҷи электромагнитӣ

*Мавҷҳои электромагнитӣ низ мисли ҳама мавҷҳои дигар фуру бурда мешаванд, инъикос меёбанд, мешикананд. Ва ин рӯйдодҳоро мушоҳида кардан душвор нест.*

Таҷҳизоти радиотехникии замони ҳозира имкон медиҳад, ки хосиятҳои гуногуни мавҷҳои электромагнитӣ дар таҷрибаҳои гуногун ба таври аёнӣ намоиш дода шавад. Барои ин, зимнан, мавҷҳои сантиметрӣ истифода кардан хубтар аст. Ин гуна мавҷҳоро генератори махсуси басомадҳои абарбаланд (БАБ) ҳосил мекунад. Ларзишҳои генераториро бо басомадҳои савтӣ таҳмил мекунанд, то ки сигнали қабулшударо баъди детектирондан ба баландгӯяк додан мумкин шавад.

Мавҷҳои электромагнитиро дар таҷрибае, ки ҳоло мо онро муойина карданӣем, антени карнайшакл ба самти меҳвари худ





Рас.81.

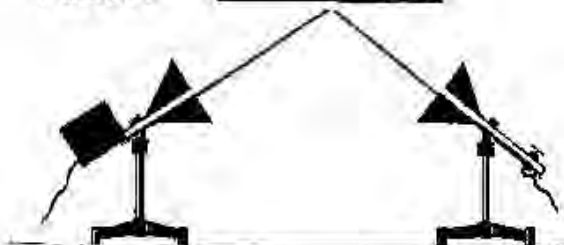
самти меҳвари худ паҳншавандаро гирифта метавонад. Шакли умумии дастгоҳи таҷриба дар рас.81 омадааст.

**Фурӯбурди мавҷҳои электромагнитӣ.** Барои ошкор сохтани мавридҳои фурӯрафт ва пароканиши мавҷҳои карнайҳои номбурдаро рӯбарӯӣ якдигар тавре ҷой медиҳанд, ки садои баландгӯяк баланди баланд бошад. Баъд дар байни карнайҳои ҷисмҳои диэлектрикии гуногун ҷой дода, қобилияти садои ноғдорандагӣ (садопасткунандагӣ)-и онҳоро месанҷанд.

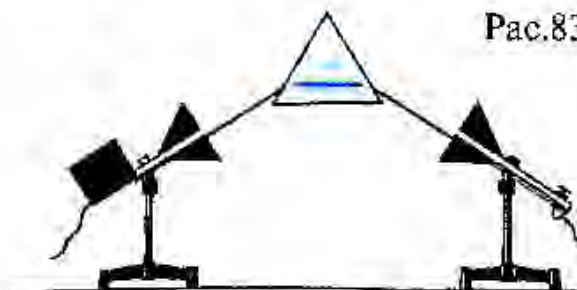
**Инъикоси мавҷҳои электромагнитӣ.** Вале агар ба ҷойи моддаи диэлектрикӣ ягон варақаи филизӣ (металлӣ) гузорем, мавҷҳо аз он инъикос мегарданд ва ба карнай қабул намерасанд; садо шумида намешавад. Инъикос тахти кунҷи баробар ба кунҷи афтиш рӯй медиҳад (он сон, ки дар мавриди омӯзиши хосиятҳои мавҷҳои механикӣ ва рӯшноӣ мушоҳида мешавад). Барои ба ин бовар ҳосил кардан карнайҳоро нисбат ба варақаи паҳни филизӣ тахти кунҷҳои якхела ҷой медиҳанд (рас.82). Агар варақаро ягон сӯ гардонанд ё онро баргиранд, садо нест мешавад.

**Шикасти мавҷҳои электромагнитӣ.** Мавҷҳои электромагнитӣ дар сарҳадди диэлектрик самти худро тағйир медиҳанд (мешикананд). Инро бо ёрии призма (маншур)-и парафинии секунҷа ошкор сохтан осон аст. Дар ин маврид карнайҳоро нисбат ба якдигар (мисли мавриди намоиши падидаи инъикоси мавҷҳои тахти кунҷе ҷой медиҳанд ва варақаи

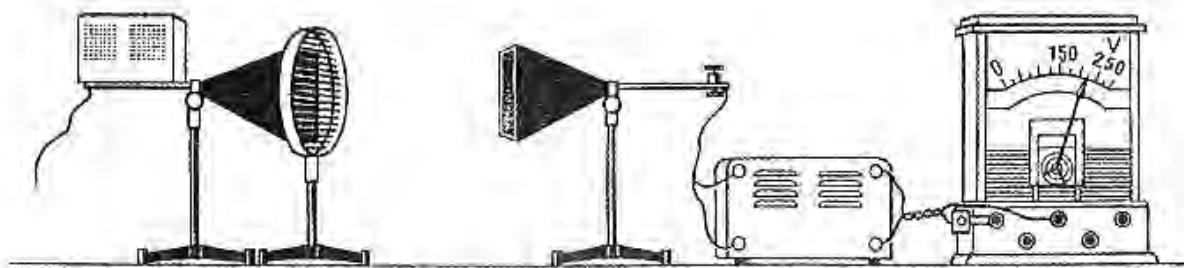
Рас.82.



Рас.83.







Рас.84.

филизиро бо призма иваз мекунад (рас.83). Агар призма кадре ин ё он сӯ гардонда шавад ё аз ҷояш гирифта шавад, садо нест мешавад.

**Арзияти мавҷҳои электромагнитӣ.** Мавҷҳои электромагнитӣ мавҷҳои арзӣ (дурусташ: ʔарзӣ) ҳастанд. Ин он гуна маънӣ дорад, ки векторҳои  $E$  ба  $B$ -и майдони электромагнитии мавҷ ҳарду нисбат ба самти густариши он мавҷ ба таври амудӣ (перпендикуларан) равиш доранд. Вектори шиддати майдони электрикии мавҷи аз карнай хориҷшаванда дар ин ё он ҳамворӣ ларзиш меҳӯраду вектори индуксияи магнитӣ (яъне илқои магнитӣ) – дар ҳамвори нисбат ба он амудӣ. Мавҷҳоеро, ки векторҳои таъхисдиҳандаи он дар самти муъайян ларзиш меҳӯранд, *мавҷҳои қутбӣ* (қутбишуда, поляризацияшуда) меноманд. Дар рас.65 маҳз ҳамин гуна мавҷ тасвир ёфта буд. Карнаии мавҷгири детектордор танҳо мавҷи ба самти муъайян қутбишударо мепазирад (қабул мекунад). Инро ошкор сохтан мушқил нест. Барои ба ин бовар пайдо кардан яке аз карнайҳоро ба кадри  $90^\circ$  ин ё он сӯ гардондан кофист – дар ин сурат садо нест мешавад.

Бо мақсади мушоҳидаи падидаи қутбӣ шудани мавҷҳои электромагнитӣ дар байни генератор ва карнаии қабул панҷарае иборат аз милаҳои филизии нисбат ба якдигар мувозӣ (параллелӣ) мегузоранд (рас.84). Панҷараро тавре ҷой медиҳанд, ки милаҳои он мавҷҳои амудӣ ё уфуқӣ дошта бошанд. Дар яке аз ин ҳолатҳо, вақте ки вектори электрикӣ ба милаҳо мувозӣ бошад, дар ҳар як мила ҷараён ангехта мешавад – дар натиҷа панҷара мавҷҳоро мисли варақаи яклухти филизӣ инъикос мекунад.

Вале дар сурате, ки вектори  $E$  нисбат ба милаҳо амудан равона бошад, дар милаҳо ҷараён ангехта намешавад – дар натиҷа мавҷи электромагнитӣ аз панҷара мегузарад.



Мо ҳанӯз на бо ҳама хосияти мавҷҳои электромагнитӣ шинос шудаем. Таҳқиқи муқамалтари ин мавҷҳоро то давраи омӯзиши фасли оптика мавқуф мегузорем.



1. Хосиятҳои асосии мавҷҳои электромагнитиро ном баред.
2. Мавҷи қутбида (қутбишуда, поляризацияшуда) чӣ гуна мавҷ аст?

### §36. Густариши радиомавҷҳо

*Дар сурати барои радиоалоқа истифода кардани мавҷҳои электромагнитӣ ҳам манбаъ ва ҳам дастгоҳи қабули мавҷҳоро аксаран дар наздикиҳои сатҳи Замин ҷой медиҳанд. Шакл ва хосиятҳои физикии Замин ва инчунин ҳолати атмосфера ҷараёни паҳн шудани радиомавҷҳоро сахт ҳалалдор карда метавонад.*

Хусусан қабатҳои ион-ион шудаи гази соҳаҳои болоии атмосфера, ки аз сатҳи Замин дар баландии 100-300 км воқеъанд, ба густариши радиомавҷҳо асари зиёд дошта метавонанд. Ин қабатҳоро *ионосфера* мегӯянд. Сабабгори ион-ион (ионизатсия) шудани ҳавои қабатҳои болоии тамосфера тобиши электромагнитии Офтоб ва сели зарраҳои барқаманди хуршедӣ мебошанд.

Ионосфера, ки нокили ҷараёни электрикест, радиомавҷҳои дарозиашон  $\lambda > 10$  м-ро чун варақаи филизӣ (металлӣ) инъикос мекунад. Вале ин хосияти ионосфера – инъикос кардан ва фуру бурдани радиомавҷҳо вобаста ба соҳати шабонарӯз ва фасли сол тағйир мепазирад. (Ҳамин аст, ки радиоалоқа хусусан барои мавҷҳои миёнадарозии  $\lambda = 100-1000$  м шабона ва ҳангоми зимистон бозътимодтар мебошад).

Радиоалоқаи байни маҳалҳои дури аз якдигар ноҷамоеӣ рӯи Замин ба он сабаб имконпазир аст, ки мавҷҳо аз ионосфера инъикос мешаванд ва маҳз дар натиҷаи дар ионосфера шикастанҳо сатҳи барҷастаи Заминро давр зада метавонанд. Ва ҳар қадре ки дарозии ин радиомавҷҳо зиёдтар бошад, инъикоси онҳо ҳамон қадр рӯшантар зоҳир мегардад.





Рас.85.

Бино бар ин радиоалокаи байни маҳалҳои дур аз ҳисоби падидаи кураи Заминро давр задани мавҷҳо танҳо дар сурате қобили имкон аст, ки онҳо назар ба 100 м хеле дароз бошанд (*мавҷҳои миёна ва дароз*).

*Мавҷҳои кӯтоҳ*, яъне мавҷҳои фосилаи  $\lambda = 10-100\text{ м}$  ба масофаҳои дур танҳо дар натиҷаи аз ионосфера ва сатҳи Замин чандин бор инъикос гардиданҳо паҳн мешаванд (рас.85). Радиоалокаи маҳалҳои масофаи байнашон дилхоҳи рӯйи Заминро маҳз ба воситаи мавҷҳои кӯтоҳ амалӣ гардондан имконпазир аст.

Радиомавҷҳои дароз барои ин чандон муносиб нестанд, зеро ионосфера ва қабатҳои рӯйинаи сатҳи Замин онҳоро осон фурӯ мебаранд. Бо вуҷуди ин дар сурати пуртавон будани радиодастгоҳи фиристанда радиоалокаи пойдор дар масофаҳои начандон зиёд маҳз ба воситаи мавҷҳои дароз ба даст меояд.

*Радиомавҷҳои ултракӯтоҳ* ( $\lambda < 10\text{ м}$ ) аз тариқи ионосфера гузашта метавонанд. Онҳо кураи Заминро «давр зада» наметавонанд. Ҳамин аст, ки ин мавҷҳо дар алокаи байни маҳалҳои барои якдигар намоён ва инчунин дар радиоалоқа бо киштиҳои кайҳонӣ истифода мешаванд.

\* \* \* \* \*

Густариши радиомавҷҳо ба дарозии онҳо вобастагии сахт дорад. Мавҷҳои кӯтоҳ ( $\lambda \approx 10-100\text{ м}$ ) аз ионосфера ва сатҳи Замин чандин бор инъикос мешаванд. Мавҷҳои дароз ( $\lambda > 100\text{ м}$ ) рӯрӯйи сатҳи Замин «мелағзанд». Радиомавҷҳои ултракӯтоҳ ( $\lambda < 10\text{ м}$ ) аз тариқи ионосфера гузашта (ё чунон ки мегӯянд, ионосфераро убур карда) метавонанд.

### §37. Радиопармосиш

*Падидаи аз монеаҳои гуногун инъикос гардидани радиомавҷҳо дар техникаи муосир майдони фароҳи татбиқ дорад. Асбобҳои*



басе ҳассос сигнали инъикосгардидаро қабул карда, онро қувват медиҳанд ва аз таҳлили он дар бораи ҷойи воқеъ гаштани монеъа маълумот «ба даст» меоваранд.

Бо ёрии радиомавҷҳо ошкор сохтан ва ба хубӣ муъайян кардани ҷойи воқеъ гаштани ин ё он монеъа (ё ашё)-ро радиопармосиш (радиолокатор) мегӯянд. Дастгоҳи радиопармосиш – радиолокатор ё худ радар аз қисмҳои фиристанда ва қабулкунанда иборат аст. Дар радиопармосиш ларзишҳои электрики абарбаландбасомад ( $10^8-10^{11}$  Ҳз) истифода мешаванд. Генератори тавоноии ларзишҳои абарбаландбасомад (БАБ) бо антене пайваст аст, ки он мавҷи яксамт меафканад. Дар радарҳое, ки мавҷҳои дарозиашон 10 см ва мавҷҳои кӯтоҳтар аз инро истифода мекунанд, ин гуна мавҷро антенҳои ҳамшакли ойинаҳои параболӣ ба вуҷуд меоваранд. Антенҳои афканандаи мавҷҳои метридарозӣ ба шакли маҷмӯъи иборат аз чандин вибратор сохта мешаванд. Дар ин сурат яксамт хориҷ гаштани мавҷҳо дар натиҷаи замшудани онҳо ба даст меояд. Антен тавре сохта шудааст, ки мавҷҳои афканандаи ҳар як вибратор бо мавҷҳои афканандаи вибраторҳои дигар зам мешаванд ва онҳо якдигарро танҳо дар як самт қувват медиҳанд. Дар самтҳои дигар мавҷҳо якдигарро пурра ё қисман хомӯш мекунанд.

Мавҷи инъикосшуда ба воситаи ҳуди ҳамон антени фиристанда ё антени дигаре, ки он ҳам яксамт аст, қабул карда мешавад. Ба дараҷаи хуб яксамт будани тобиши антени радар (радиолокатор) имкон медиҳад, ки шуоъи радар шакли дастаи борик дошта бошад. Ва самти ҳамин даста дар лаҳзаи қабули сигнали инъикосшуда самти қисми шуоъинъикоскардаро нишон медиҳад.

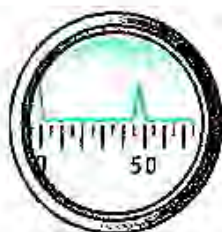
Барои муъайян кардани мавҷеъи қисм (монеъа)-и шуоъинъикоскунанда, яъне барои ёфтани масофаи то монеъа режими импульсии фиристодани сигналҳоро истифода мекунанд. Дар ин сурат дастгоҳи фиристандаи сигнал мавҷро дар шакли импульсҳои кӯтоҳмуддате мефиристад, ки тӯли ҳар яки онҳо ҳамагӣ чанд миллионяки сония ва фосилаи байнашон тақрибан 1000 бор зиёдтар аст. Мавҷҳои инъикосшуда дар фосилаи байни импульсҳо қабул карда мешаванд.



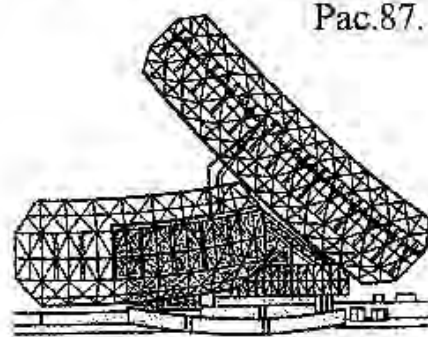
Барои ёфтани масофаи то монеъа  $R$  муддати умумии то он монеъа расидан ва бозгаштани радиомавҷҳо  $t$ -ро чен мекунанд. Азбаски суръати радиомавҷҳо дар атмосфера амалан дойимист ( $c=3 \cdot 10^8$  м/с), пас,

$$R = \frac{ct}{2}$$

Рас.86.



Рас.87.



Ба сабаби он ки радиомавҷҳо дар атмосфера пароканда

мешаванд, бино бар ин то ба ҷойи қабули мавҷҳо қисми хеле ками энергияи хориҷкардаи дастгоҳи фиристанда бозмегардад. Ҳамин аст, ки мавҷгираки радар сигнали қабулшударо бояд миллионҳо миллион ( $10^{12}$ ) бор зӯртар бикунад. Рӯшан аст, ки ин гуна мавҷгираки ҳассос дар фосилаи фиристодани импульс бояд «кушта» бошад.

Барои муъайян кардани лаҳзаҳои рафту омади сигнал лӯлаи электронишуоъро истифода мекунанд. Дар лаҳзаи фиристодани сигнал нуқтаи рӯшане, ки дар экрани лӯлаи электронишуоъ (масалан, дар ойинаи осциллограф) муназзамона ҳаракат мекунад, майл меҳӯрад. Дар экран дар наздики ишорати сифри шкала (микёс)-и асбоб нуқтаи рӯшан як хез мезанад (ё чи хеле ки меғӯянд, як қад мепарад) (рас.86). Баъд ин нуқта қадқадди шкала муназзамона ҳаракат кардан мегирад ва дар лаҳзаи қабули сигнали инъикосшуда (ки нисбатан суст мебошад) бори дигар хез мезанад. Масофаи байни «хез»-ҳо (дар экран) ба муддати рафтуомади сигнал  $t$  ва аз ин рӯ, ба дурии монеъа  $R$  мутаносиб аст. Ин имкон медиҳад, ки шкалаи асбоб бо километрҳо дараҷабандӣ карда шавад.

Дастгоҳи радар киштихову ҳавопаймоҳоро аз дурии садҳо километр ошкор месозад. Шароити обу ҳаво ва соҳатҳои шабонарӯз ба кори онҳо асари кам дорад. Дар фурудгоҳҳои бузург локаторҳо рафтуомади ҳавопаймоҳои хезанда ва фурудояндаро назорат мекунанд. Шӯъбаи хидмати рӯизаминии фурудгоҳ пилотҳо (лочинҳо)-ро бо радио дастури матлуб медиҳад ва ба ин васила парвозро беҳатар медорад.



Шакли умумии радар (локатор)-и фурудгоҳ дар рас.87 тасвир ёфтааст. Киштихову ҳавопаймоҳо низ локаторе доранд, ки барои киштиронӣ истифода мешавад. Ин локаторҳо дар экрани худ манзараи ҷойгир шудани ҳама ҷисмҳои инъикоскунандаи радиомавҷоро нишон медиҳад, шароити ҳаракатро дар пеши назари ноҳудо ё пилот бо тамоми ҷузъиёташ менамояд.

Дар замони мо майдони татбиқи локаторҳо торафт васеътар гашта истодааст. Локаторҳо барои мушоҳидаи ҳаракати метеорҳо (шиҳобҳо), ҳаракати абрҳо, дар тадқиқоти кайҳонӣ ва ғ. истифода мешаванд. Ҳар як киштии кайҳонӣ ҳатман чанд локатор дорад. Соли 1946 дар ИМА ва Маҷористон (Венгрия) таҷрибае анҷом доданд, ки дар он сигнали аз сатҳи Моҳ инъикосшуда қабул карда шуд. Соли 1961 олимони шӯравӣ бо ҳамин усул сайёраи Зӯҳраро «пармосида», муддати гирди меҳвари худ як гардиш хӯрдани онро муъайян карданд. Дар солҳои минбаъда ҳамин гуна «пармосиш»-и сайёраҳои дигари Манзумаи Офтоб низ анҷом дода шудааст.

\* \* \* \* \*

Радиолокаторҳо (радарҳо) барои ошкор сохтани киштихову ҳавопаймоҳо, барои мушоҳида кардани абрҳо, барои «пармосиши» сайёраҳо ва ғ. истифода мешаванд.



1. Кори радиолокатор (радар) чӣ гуна заминаи физикӣ дорад?
2. Бо ёрии радиолокатор сатҳи ин ё он сайёраро «пармосидан» чӣ мазмун дорад?

### §38. Тасаввуроти умумӣ дар бораи телевизионӣ

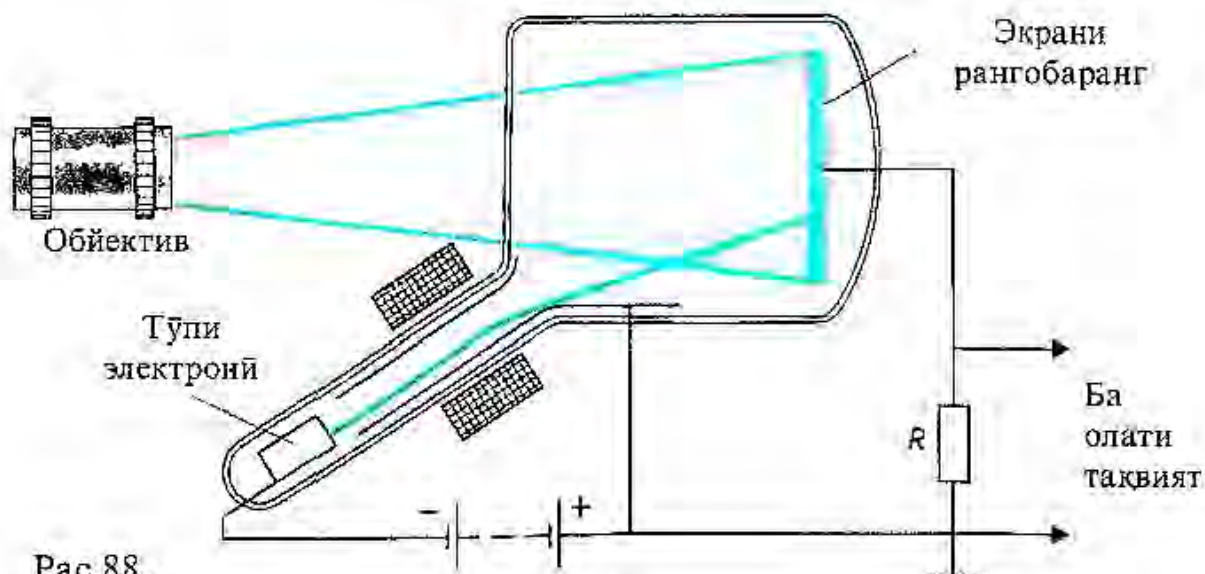
*Радиомавҷҳо на танҳо барои нақл кардани садо, балки инчунин барои интиқол (нақл)-и тасвирҳо (чунинчи, тасвирҳои телевизионӣ) низ истифода мешаванд.*

Аз ҷойе ба ҷойи дигар интиқол додани тасвир аслан чунин аст. Дар маркази фиристандаи мавҷ тасвири нақлшавандаро ба маҷмӯи сигналҳои электрикии пайдархам табдил медиҳанд. Сипас ба воситаи ин сигналҳо дарзишҳои ҳосилкардаи генератори баландбасомадро таҳмил (модулатсия) мекунанд.



Мавҷи электромагнитии таҳмилшуда ахборро ба масофаҳои дур нақл карда метавонад. Дар дастгоҳи қабули мавҷи мавҷи омадаро табдили чаппа медиханд: ларзишҳои баландбасомади таҳмилшударо детектиронда, сигнали ҳосилшавандаро ба тасвири намоён бадал мекунанд. Барои нақли ҳаракат тасвирҳои аз якдигар камфарқкунандаи объекти ҳаракаткунанда (кадрҳо)-ро, чунон ки дар санъати кино истифода мешавад, сонияе чанддаҳтогӣ (дар телевизиони мо 50-борӣ) мефиристанд.

Табдили тасвири кадр ба силсилаи сигналҳои электрикӣ бо ёрии лӯла (найча)-и электронии вакуумии сигналфиристанда – *иконоскоп* (аз юнонии *eikon* – тасвир ва *scope* – назора мекунам), ки речааш дар рас.88 тасвир ёфтааст, анҷом дода мешавад. (Ғайр аз иконоскоп олатҳои дигари интиқоли тасвир низ истифода мешаванд). Дар даруни иконоскоп экрани рангобаранге шинонда шудааст, ки тасвири объект сӯйи он бо ёрии системаи оптикӣ равона карда мешавад. Ҳар як чашмаки экран ҳангоми кори иконоскоп барқаманд (электроннок) мешавад ва бузургии барқии чашмак ба шиддати нури ба он зананда вобаста мебошад. Ин барқа ҳангоми ба чашмаки экран задани дастаи электронӣ, ки онро тӯпи электронӣ ҳосил мекунанд, тағйир меёбад. Дастаи электронӣ паёпай ба ҳама чашмакҳои як сатри экран, баъд ба чашмакҳои сатри дигари он ва ғ. мезанад. (Экран 625 сатр дорад). Бузургии импульси қувваи ҷараёни аз резистори  $R$  ҷоришаванда ба он вобаста аст, ки барқии чашмак чӣ кадр





тағйир меёбад. Бино бар ин волтажи нӯгҳои резистори R мутаносибан ба тағйироти равшанӣ дар тӯли сатри кадр тағйир мепазирад.

Дар дастгоҳи қабули телевизионӣ низ баъди детектирондан ҳамин гуна сигнал ҳосил мешавад. Ин *видеосигнал* аст ва дар экрани лӯлаи электронии вакуумии сигналгир, ки *кинескоп* ном дорад, ба тасвири намоён табдил меёбад. Тӯли электронии ингуна лӯла электроде дорад, ки он адади электронҳоро дар дастаи электронӣ ва бад-ин васила нурафшонии экранро дар ҷойи задани дастаи нур идора мекунад. Маҷмӯи ғалтакҳои майли амудӣ ва уфуқӣ дастаи электрониро маҷбур месозад, ки тамоми чашмакҳои экранро паймояд (айнан ҳамон тавре, ки дастаи электронӣ экрани рангобарангро дар лӯлаи фиристандаи сигналҳо мепаимояд). Барои дар лӯлаҳои фиристанда ва қабулқунанда ҳамоҳанг омадани ҳаракати дастаҳои электронӣ онҳоро бо ёрии сигналҳои махсус ҳамоҳанг (*синхронизатсия*) мекунанд.

Радиосигналҳои телевизиониро танҳо дар фосилаи мавҷҳои метридарозӣ (мавҷҳои ултрақӯтоҳ)<sup>1</sup> нақл кардан мумкин аст. Ин гуна мавҷҳо маъмулан дар ҳудуди диди ростакҳои антен паҳн мегарданд. Аз ин рӯ барои он ки намоиши телевизионӣ масоҳати ҳарчи фарохтарро фаро бигирад, зарур аст, ки адади марказҳои ирсоли ахбори телевизионӣ ҳарчи бештар ва антенҳои онҳо ҳарчи баландтар бошанд. Манори телевизионии Останкино (ш. Москва), ки 540 м баландӣ дорад, имкон медиҳад, ки намоиши телевизионӣ аз дурии то 120 км боэътимодона гирифта шавад. Ҳозир адади марказҳои паҳши ахбори телевизионӣ дар мамлақати мо чанд ҳазор аст. Дойираи қабули боэътимоди намоишҳои телевизионӣ торафт фарохтар гардида истодааст. Дар ин кор хусусан радиҳои кайҳонӣ воситаи хубанд.

Дойираи истифодаи телевизиони ранга низ майли фарох шудан дорад. Барои ба вуҷуд овардани тасвири ранга се навъ

<sup>1</sup>Видеосигнал назар ба сигнали савтӣ (сигнали садо) ахбори бештаре дар худ дорад ва ҳамин аст, ки фосилаи басомадии фарохтареро ишғол мекунад. Дар сурати истифода кардани мавҷҳои нағбасомад ин соҳаҳо якдигарро мепошонанд, яъне дар ин маврид мавҷҳои афқандаи марказҳои алоҳидаи паҳши ахбор якдигарро халақдор месозанд.



видеосигнале нақл карда мешавад, ки онҳо ҳомили се ранги асосии таркибдихандаи тасвир – сурх, сабз ва кабуд ҳастанд.

### §39. Рушди воситаҳои алоқа

*Дар мамлакати мо Системаи ягонаи автоматишудаи алоқа бунёд шуда истодааст. Бо ин мақсад воситаҳои нави алоқа тараққӣ ва такмил дода мешаванд, майдони истифодаи онҳо торафт васеъ мегардад.*

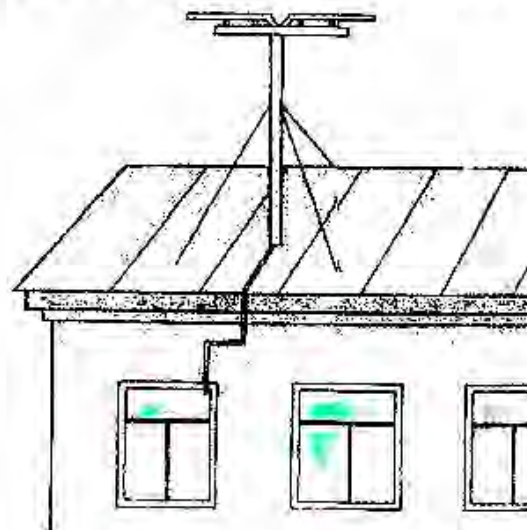
Чанде қабл алоқаи телефони байнишаҳрӣ танҳо бо роҳҳои ҳавоии алоқа анҷом дода мешуд. Вале ин воситаи алоқа аз яхбандихову раъду барқ эмин набуд. Ҳозирҳо дараҷаи автоматӣ шудани ин нави алоқа боло рафта истодааст, хатҳои кабелӣ ва радиорелейӣ торафт бештар шуда истодаанд.

Дар хатҳои радиорелейии алоқа мавҷҳои ултрақӯтоҳ (десиметрӣ ва сантиметрӣ) истифода мешаванд. Ин мавҷҳо дар ҳудуди диди ростакӣ паҳн мешаванд. Бино бар ин хатти нақли онҳо аз силсилаи радиодастгоҳҳои камтавоне иборат аст, ки ҳар яки онҳо сигналро ба ҳамсои ояндаи худ гӯё «аз даст ба даст» медиҳад. (Манори ин гуна радиодастгоҳ 60-80 м баландӣ дорад ва масофаи байни онҳо 40-60 км аст).

Комёбиҳои соҳаи радиоалоқаи кайҳонӣ бунёди системаи нави алоқа – системаи «Орбита»-ро имконпазир гардонд. Дар ин система радиҳои радиорелейӣ (ретранслаторӣ)-и алоқа «Молния» (ки мадори бисе дарозрӯ доранд ва даври



Рас.89.



Рас.90.



гардишашон қариб 12 соъат аст) истифода мешавад (рас.89).

Ҳоло системаҳои пуртавон ва боэътимоде бунёд шудаанд, ки намоишҳои телевизиониро барои сокинони Сибири Шарқи Дур имконпазир гардондаанд. Алоқаи телефониву телеграфӣ бо ноҳияҳои дурдасти мамлакат маҳз ба василаи ҳамин системаҳо барқарор аст.

«Радуга» ном радиохои нави алоқа, ки дар баландии 36 000 км гирди Замин мегарданд, даври гардиши 24 ст (соъат) доранд ва ба ҳамин сабаб ҳамеша дар рӯйи ҳамон як нуқтаи сатҳи Замин муаллақ мебошанд.

Телеграф ва фототелеграф ворӣ воситаҳои нисбатан кӯҳнаи алоқа низ такмил дида, соҳаҳои нави истеъмол ёфта истодаанд. Вусъати истеъмоли фототелеграф дар мавриди накли тасвирҳои беҳаракат аз рақамҳои зайл аён мешавад: соле ба воситаи фототелеграф акси даҳҳо ҳазор газитсафҳа интиқол дода мешавад, ки аз рӯйи онҳо садҳо миллион нусха газит (рӯзнома) чоп мекунанд. Телевизион қариб ҳама маҳалҳои мамлакатро фаро гирифтааст. Замоне дур нест, ки телевизион воситаи ҷаҳонии алоқа бибошад.

#### Машқи 4

1. Дар речаи дар рас. 80 тасвиршудаи радиои содатарин  $L=0,0004$  Ҳн (хенрӣ) асту гунҷойиши конденсатори тағйирёбанда  $C$  аз 12 то 450 пФ тағйир меёбад. Ин радио барои қабул кардани чӣ гуна мавҷҳо тағйир шудааст?

2. Дар рас.90 аятени телевизор тасвир ёфтааст. Шумо дар бораи самтгирии ларзишҳои вектори индуксияи магнитӣ (яъне илқои магнитӣ) мавҷи аз маркази телевизионӣ оянда чӣ гуфта метавонед?

3. Оё шароити дар фазои Моҳ ва Замин паҳн гардидани радиомавҷҳо ягон тафовути кулӣ дорад?

#### Мухиматарин хулосаҳои боби ҷаҳорум<sup>1</sup>

1. Дар мавҷи электромагнитӣ векторҳои шиддати майдони электрикӣ  $E$  ва индуксияи майдони магнитӣ (илқои магнитӣ)  $B$  ларзиш меҳӯранд. Векторҳои  $E$  ва  $B$  ҳам нисбат ба якдигар

<sup>1</sup>Ин ҷо низ ҳамон тавсияҳоеро, ки мо дар хотимаи боби якум оварда будем, ба ёд биёред ва аз ин боб ҳам 5-6 хулоса бароред.



ва ҳам нисбат ба самти рафти мавҷ равиши амудӣ доранд. Мавҷҳои электромагнитӣ мавҷҳои арзианд.

2. Мавҷҳои электромагнитӣ дар натиҷаи ларзишҳои зуд-зуди зарраҳои барқаманд (зарраҳои электрон)-и шитобдор афканда мешаванд. Барои тавсифи энергияи тобиши электромагнитӣ мафҳуми зичии сели тобиш истеъмоли мешавад.

3. Зичии сели тобиши электромагнитӣ ( $I$ ) гуфта нисбати энергияи электромагнитии дар муддати  $\Delta t$  аз тариқи сатҳи  $S$  ба рафти нурҳо амудан воқеъшударо бар ҳосили зарби масоҳати  $S$  ва муддати  $\Delta t$  мефаҳманд, яъне

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

Зичии сели тобиши электромагнитӣ ба дараҷаи ҷаҳоруми басомади ларзиш мутаносиби роста асту ба дараҷаи дуҷуми масофаи то манбаъ – мутаносиби чаппа:

$$I \sim \frac{\omega^4}{R^2}$$

4. Мавҷҳои электромагнитиро бори аввал Х. Ҳертз ҳосил кардааст. А.С.Попов дар заминаи истифодаи таҷрибаҳои Ҳертз радиоро ихтироъ кард.

5. Алокаи радиотелеграфӣ чунин сурат мегирад: ларзишҳои баландбасомади зодаи генератор ба василаи ларзишҳои пастбасомади савтӣ таҳмил(модулатсия) карда мешаванд; антени маркази фиристандаи мавҷҳо мавҷи электромагнитии таҳмилшуда меафканад; дар дастгоҳи қабули мавҷҳои радио ларзишҳои баландбасомади таҳмилшуда ба ларзишҳои пастбасомад табдил дода мешаванд – ин амал детектирониш ном гирифтааст.

6. Мавҷҳои электромагнитӣ воситаи воқеъӣ гардондани радиоалоқа, радиошунавоӣ, алокаи кайҳонӣ ва заруриёти дигари м.ин. шудаанд.



## ОПТИКА

Боби 5. Мавҷҳои рӯшноӣ

Боби 7. Ҷузъиёти назарии инсбият

Боби 8. Тобишҳо ва тайфҳо (спектрҳо)

*Дар ин фасл мо омӯзиши мавҷҳои электромагнитиро идома медиҳем. Аммо акнун сухан дар бораи мавҷҳои кӯтоҳе меравад, ки мавҷҳои рӯшноӣ ном гирифтаанд.*

### Тақомули ақидаҳо дар бораи табиъати рӯшноӣ

Тасаввуроти ибтидоии олимони даврони қадим дар бораи табиъати рӯшноӣ бас содалавҳона буд. Ба ақидаи онҳо чашм аз худ тораҳои борики махсусе меандозад, ки онҳо то ба ашё расида, баъд дар чашми бинанда эҳсосоти бинӣ ба вучуд меоваранд.

Вале ҳоло ин тасаввуротро ба таври муфассал муойина кардан ҳоҷате надорад. Биёед тақомули тасаввуроти илмиро дар бораи ҷӣ будани рӯшноӣ мухтасаран муойина кунем.

*Ду тарзи нақли таъсир.* Рӯшноӣ аз манбаъ (чунончи: аз ҷароғ) ба ҳама тараф паҳн мешавад ва ба ашё расида, онҳоро (аз ҷумла) гарм мекунад. Рӯшноӣ ба чашми мо зада, эҳсосоти бинӣ ба вучуд меоварад ва мо чизҳоро мебинем. Метавон гуфт, ки ҳангоми паҳн гаштани рӯшноӣ таъсири як ҷисм (манбаъ) ба ҷисми дигар (чашми мо, ашёи атроф ва ғ.) нақл мешавад.

Аммо умуман таъсири як ҷисм ба ҷисми дигар бо ду тарз рӯй дода метавонад: ё ба воситаи *нақли модда* аз манбаъ то ҷойи қабул (масалан, то чашми мушоҳид) ё ба сабаби *тағйир ёфтани муҳити* байни ҷисмҳо (бе нақли модда).

Чунончи, мазангӯлаи аз худ дурро бо сақое зада, онро водор карда метавонем, ки садо барорад (рас.91,а). Дар ин маврид модда (сақо) нақл мешавад, интиқол меёбад. Вале садои зангӯларо бо роҳи дигар низ баровардан осон аст: ба забончаи зангӯла ресмоне баста, онро мавҷ медиҳем, то ки гоҳи ларзиш



хӯрдан зангӯларо маҷбур созад, ки садо бароварад (рас.91,б). Дар ин сурат модда нақл намешавад, балки дар натиҷаи амали ба воситаи ресмон то ба зангӯла расидани мавҷи фиристодаи мо ҳолат (шакл)-и ресмон тағйир меёбад.

Ҳамин тариқ, таъсири як ҷисм ба ҷисми дигар ба воситаи мавҷҳо нақл шуда метавонад.

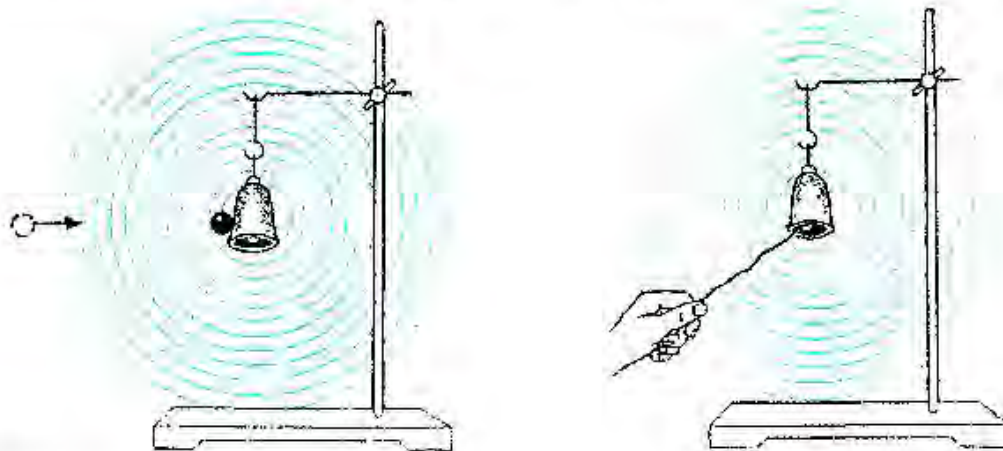
**Назарияи корпускулӣ ва мавҷи рӯшноӣ.** Мутобиқан ба ду тарзи имконпазири аз манбаъ то ба ашё нақл шудани рӯшноӣ ва табиъати он ду назарияи ба куллӣ гуногун пайдо шуда, инкишоф ёфт. Зимнан, ҳарду назарияи қариб дар як вақт -- дар а.ХVII ба миён омаданд.

Якеи ин назарияҳо бо номи Нйутон алоқаманд асту назарияи дигар -- бо номи Хйуйгенс.

Нйутон мойили назарияи корпускулии рӯшноӣ буд (аз калимаи латинии *corpusculum* -- зарра). Мувофиқи ин назария рӯшноӣ сели зарраҳое мебошад, ки аз манбаъ ҳар сӯ паҳн мегарданд (нақли модда).

Аммо дар тасаввури Хйуйгенс рӯшноӣ сели мавҷҳое буд, ки *эфир* ном муҳити махсуси фарзӣ (муҳити тамоми фазоро фарогиранда ва ба даруни ҳама ҷисмҳо дохилшаванда) паҳн мешавад.

Ҳарду назарияи дар баробари якдигар муддати тӯлоние вучуд доштанд ва ҳеҷ яки онҳоро голибият насиб намешуд. Лекин обрӯву эътибори Нйутон аксари олимонро водор месохт, ки назария корпускулиро бартар бидонанд. Қонунҳои то он замон маълуми густариши рӯшноиро, ки маҳсули таҷрибаҳои сершумор буданд, ҳарду назария каму беш



Рас.91.

а

б



бомуваффакият шарх медод.

Дар заминаи назарияи корпускулӣ фаҳмидан душвор буд, ки чаро дастаҳои дар фазо якдигарро бурандаи рӯшноӣ ба ҳамдигар асаре надоранд. Охир, зарраҳои рӯшноӣ дар ин маврид бояд ба якдигар бархӯрда, пароканда шаванд. Аммо назарияи мавҷӣ инро бо осонӣ шарҳ медод. Мавҷҳо, масалан, дар сатҳи об ба ҳамдигар таъсире нарасонда, аз дохили якдигар озодона гузашта метавонанд.

Аммо падидаи густариши ростхаттаи рӯшноиро, ки боиси дар паси ашё пайдо шудани соя мегардад, дар чаҳорҷӯбаи назарияи мавҷӣ шарҳ додан мушкил аст, ҳол он ки назарияи корпускулӣ густариши ростхаттаи рӯшноиро чун натиҷаи шарҳноталаби қонуни инерсия (қонуни шастӣ ҳаракат) медонад.

Ин гуна ҳолати номуъайяни дар масъалаи дарки табиъати рӯшноӣ то аввалҳои а.ХІХ идома дошт, то даврае идома дошт, ки падидаи монетаҳоро давр зада тавонистан (яъне дифраксия шудан)-и рӯшноӣ ва падидаи зӯр ё сусти шудани равшанӣ дар сурати рӯйиҳам афтидан (яъне интерференс шудан)-и дастаҳои рӯшноӣ кашф шуданд.

Ин ду падида танҳо ҳаракати мавҷиро хос ҳастанд<sup>1</sup>. Онҳоро дар заминаи назарияи корпускулӣ шарҳ додан илҷ надорад. Бино бар ин чунин ба назар меомад, ки гуёе назарияи мавҷӣ комилан ғолиб омада бошад. Ва ин гуна боварӣ хусусан баъди он ки дар нимаи дуюми а.ХІХ Ҷ.Максвел ҳолати хусусии мавҷҳои электромагнитӣ будани рӯшноиро собит кард, пойдор гашт. Таҳқиқоти Максвел заминаи *назарияи электромагнитии рӯшноӣ* гардид. Баъди он ки Ҳ.Ҳертз мавҷҳои электромагнитиро ошкор сохт, шубҳае намонд, ки рӯшноӣ ҳангоми густариш ёфтаи чун мавҷ рафтор мекунад. Имрӯз ҳам ба ин шакл нест.

Вале аввали а.ХІХ тасаввуроти мавҷуда дар бораи табиъати рӯшноӣ ба кулӣ тағйир ёфт. Ногаҳон рӯшан гашт, ки назарияи радшудаи корпускулӣ то дараҷае ба воқеъият наздикӣ дорад. Рӯшан гашт, ки *рафтори рӯшноӣ ҳангоми хориҷ гардидан*

<sup>1</sup>Дар бораи падидаҳои дифраксия ва интерференси рӯшноӣ баъдтар суҳба хоҳем ронд.



ва фурӯ рафтани он ба рафтори сели зарраҳо монандӣ дорад.

Баъдтар хосиятҳои номутассили, ё чунон ки мегӯянд, хосиятҳои квантии рӯшноӣ дарк шуданд.

Ва як ҳолати гайриодӣ рӯх дод: падидаҳои дифраксияву интерференсро мисли пештара дар чаҳорҷӯбаи назарияи мавҷӣ ва падидаҳои афканишу фурӯбурдро дар заминаи назарияи корпускулии рӯшноӣ шарҳ додан мумкин буд.

Баъди ин замони «дудилагӣ» рӯшан гашт, ки ин гуна хосият – хосияти дугунагӣ ҳама зарраҳои дигари моддиро низ хос мебошад.

Мо ин ҷо аввал бо хосиятҳои мавҷии рӯшноӣ шинос мешавем. Дар хусуси дугунагии табиъати рӯшноӣ дертар сухан меронем. Ҳоло биёед ба ёд биёрем, ки шумо аз китоби дарсии «Физика, 8» дар бораи рӯшноӣ чӣ маълумот андӯхта будед.

**Оптикаи геометрӣ ва мавҷӣ.** Дар шиносии аввал бо рӯйдодҳои оптикӣ мафҳуми *шуоъи рӯшноӣ* истифода шуда буд. Шуоъи рӯшноӣ самти густариши рӯшноиро нишон медиҳад. Барои муъайян кардани ин самт аввал аз сели рӯшноӣ дастаи борике чудо кардан мебояд. (Фаҳмост, ки қутри даста назар ба дарозии мавҷӣ рӯшноӣ хеле зиёд аст). Баъд ин гуна дастаҳоро бо хатҳое иваз кардан мебояд, ки онҳо меҳварҳои дастаҳои рӯшноианд. Ана ҳамин хатҳо шуоъҳои рӯшноиро ифода мекунанд.

Нафъи истеъмоли мафҳуми шуоъҳои рӯшноӣ ин аст, ки рафтори ин шуоъҳоро дар фазо дар дойираи қонунҳои бисе сода – дар дойираи *қонунҳои оптикаи геометрӣ* таҷҳис додан осон мебошад.

*Оптикаи геометрӣ* ҳамон фасли оптика аст, ки қонунҳои дар муҳитҳои шаффоф паҳн гаштани энергияи рӯшноиро дар заминаи истифодаи мафҳуми шуоъҳои рӯшноӣ меомӯзад.

Ин қонуниятҳо ба таври таҷрибавӣ ҳанӯз пеш аз дарк шудани табиъати рӯшноӣ кашф шуда буданд. Зимнан, ин қонунҳо аз назарияи мавҷии рӯшноӣ дар он замина ба даст омадаанд, ки монеъа аз чойи мушоҳида начандон дур воқеъ гашта бошад ва дарозии мавҷ назар ба андозаҳои монеъа хеле кӯтоҳ бошад.

Дар синфи ҳаштум барои шумо ду қонуни оптикаи геометрӣ