

Ҳамид Маҷидов, Отаҷон Нозимов

# ФИЗИКА

китоби дарсӣ  
барои синфи

# 9

Нашри дуюм бо иловаҳо



Лаппиш ва мавҷҳои механикӣ.  
Садо  
Лаппиш ва мавҷҳои  
электрмагнитӣ



Оптика. Ҳодисаҳои рӯшноӣ  
Модели атом ва ядроҳои атом



Тавсифи умумии ҷирмҳои  
Системаи офтобӣ  
Манзараи олам

КВД «Комбинати полиграфии  
шаҳри Душанбе»  
2013

ББК 22.3.Я72+74.265.1

М – 50

Мачидов Ҳ., Нозимов О.

ФИЗИКА. Китоби дарсӣ барои синфи 9-уми муассисаҳои таҳсилоти умумӣ – КВД «Комбинати полиграфии шаҳри Душанбе». – 2013. – 272 саҳифа.

Хонандаи азиз!

Китоб манбаи донишу маърифат аст, аз он баҳравар шавед ва эҳтиёт намоед. Кушиш намоед, ки соли хониши оянда ҳам ин китоб бо намуди аслиаш дастраси додору хоҳарҳоятон гардад ва ба онҳо низ хизмат кунад.

Истифодаи иҷравии китоб

№	Ному насаби хонанда	Синф	Соли хониш	Ҳолати китоб (баҳои китобдор)	
				Аввали сол	Охири сол

ISBN 978-99947-944-6-1

© КВД «Комбинати полиграфии шаҳри Душанбе» 2013

## Пешгуфтор

Ин китоб дар асоси барномаи таълимӣ аз фанни физика барои синфи 9-ум, ки онро Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон тасдиқ кардааст, навишта шудааст.

Аз ин китоб хонандагони синфҳои 9-уми мактабҳои асосӣ ва таҳсилоти умумӣ истифода мебаранд.

Китоб аз 6 боб ва навиштаҷоти қорҳои лабораторӣ иборат аст. Бобҳои I-IV ва навиштаҷоти қорҳои лабораториро профессор Ҳ.Маҷидов таълиф намудааст ва бобҳои V-VI бо иштироки О. Нозимов навишта шудаанд. Боби якуми он ба баёни мавзӯҳо доир ба «Лаппиш ва мавҷҳои механикӣ. Садо», боби дуюм ба омӯзиши «Лаппиш ва мавҷҳои электромагнитӣ», боби сеюм ба яке аз қисмҳои физика «Оптика. Ҳодисаҳои рушноӣ», боби чорум ба омӯзиши мавзӯҳои физикаи квантӣ «Моделҳои атом ва ядроҳои атом», боби панҷум ба омӯзиши «Тавсифи умумии ҷирмҳои Системаи офтобӣ» ва боби шашум ба баёни «Манзараи олам» бахшида шудааст.

Ҳангоми баёни мавзӯҳо кӯшиш намудем, ки хонандагон – хатмкунандагони мактабҳои асосӣ доир ба фаслҳои номбурда маълумоти зарурӣ пайдо намоянд.

Дар навиштани китоб кӯшиш ба ҳарч дода шудааст, ки мавзӯҳо ба хонандагон фаҳмо бошанд ва дар бисёр мавридҳо аз овардани исботи формулаҳо даст кашида, шакли содаи баёнкунӣ интихоб шудааст. Китоб инчунин мавзӯҳои нисбатан душворро дар бар мегирад ва онҳо бо чунин рамз \* ишорат шудаанд. Мавзӯҳои мазкур барои хониши иловагӣ хонандагони қобилиятнок тавсия мешаванд.

Дар охири ҳар як мавзӯ саволҳо барои санҷиш оварда шудааст. Онҳо мазмуни мавзӯро пурра инъикос менамоянд, ба хонандагон имконият медиҳанд, ки мавзӯро такрор намоянд ва доир ба истифодаи қонунҳои омӯхташуда дар мавридҳои гуногун малака пайдо намоянд.

Барои як қатор мавзӯҳо намунаи ҳалли масъалаҳо пешкаш карда шудааст, ки онҳо барои тафтиши дараҷаи азҳудкунии ҳодисаҳои омӯхташаванда ва мазмуни физикии онҳо ёрии қалон мерасонанд. Инчунин барои мустақилона ҳал кардани масъалаҳо ва инкишофи қобилияти фикркунии хонандагон барои як қатор мавзӯҳо машқҳо пешниҳод карда шудаанд.

Дар машқҳо масъалаҳо аз рӯи дараҷаи душвориашон ҷой дода шудаанд. Масъалаҳои аввали машқҳо бо гузориши киматҳои адабии бузургҳои додашуда дар формула ҳал кардан мумкин аст.

Масъалаҳои охири машқҳо истифодаи якчанд формулаю қонунро талаб менамоянд.

Дар охири ҳар боб ҳулосаҳои муҳими он оварда шудааст ва онҳоро хонандагон мутолиа намуда, нуктаҳои асосии мавзӯҳои боби мазкурро ба хотир мегиранд.

Хонандагон фаслҳои гуногуни китобро омӯхта, дониши худро дар бораи табиат ва ҳодисаҳои он ғайи мегардонанд. Инчунин хонандагон огоҳ мегарданд, ки дар омӯзиши табиат, ҳодисаю қонунҳои он олимони ҳамеша талош меварзанд ва роҳҳои ҳалли проблемаҳои нав ба нави онро меёбанд.

Ин китобро хонандагон мутолиа намуда, фаҳмида мегиранд, ки чӣ тавр инсоният аз омӯзиши макроолам ба омӯзиши микроолам (олами атом ва ядроҳои он, зарраҳои элементарӣ) ва мегаолам (Системаи офтобӣ, ситораҳо, галактика ва ҳамаи Коинот) мегузарад ва роҳу усулҳои омӯзиши онро ёфта, қонуниятҳои ҳодисаҳои дар онҳо гузарандаро муқаррар менамояд.

Ҳамин тарик, бо мутолиаи ин китоб хонандагон боварӣ ҳосил менамоянд, ки тадқиқи сохти материя ва ҳодисаю қонунҳои табиат бохир мебошад.

Ҳангоми таҳияи китоб аз маводи китобҳои дарсии физика ва астрономия барои мактабҳои таҳсилоти умумӣ ва донишқадаю донишгоҳҳо, адабиёти илмию оммавӣ, маҷаллаю рӯномаҳои дар соҳаи охир нашршуда истифода бурда шудааст.

**Ба хонандагон барои самарабахш истифода кардани китоб баъзе ғавсияҳо медиҳем.**

Ҳангоми омӯхтани мавзӯҳо кӯшиш намоед, ки мазмуни мавзӯро фаҳмида ва истифодаи онро дар амалия ёд гиред.

Мавзӯҳоро мутолиа карда, кӯшиш намоед, ки ба саволҳо барои тақрор ҷавоб гӯед.

Барои аз худ намудани дониш аз фанни физика танҳо хондани китоб кифоя нест.

Барои омӯхтани ҳар як мавзӯ бо қаламу дафтар кор кунед. Формулаҳои асосӣ ва таърифҳоро ба дафтаратон нависед, графикҳо ва нақшаҳоро кашида, таҳлил намоед. Ин ба шумо имконият медиҳад, ки маводи таълимиро чуқур аз худ намоед.

Барои боз ҳам амиқтару васеътар аз худ намудани мавзӯҳо ба шумо ҳалли масъалаҳо ёрӣ мерасонад. Ба масъалаҳо, ки ҳалли онҳо нишон дода шудааст, шинос шавед ва масъалаҳои дар машқҳо овардашударо ҳал кунед. Ҷавоби масъалаҳо дар охири ҳар як масъала дар қавс оварда шудааст. Ҳангоми дар ҳалли масъалаҳо

душворӣ кашиданатон мавзӯҳоро як бори дигар хонед ва агар ин ҳам ба шумо ёрӣ нарасонад, барои ҳалли масъала ба муаллим муроҷиат намоед.

Агар ҳамаи масъалаҳои машқоро ҳал карда тавонед, ин аз он шаҳодат медиҳад, ки шумо мавзӯро ба пуррагӣ ва чуқур аз худ намудед.

Дар аз худ намудани мавзӯҳо аз физика мушоҳида ва гузаронидани таҷриба мақоми махсус дорад. Кӯшиш намоед, ки ҳамаи мушоҳида ва таҷрибаю корҳои лаборатории дар китоб пешкаш-кардашударо иҷро намоед. Барои гузаронидани таҷрибаҳои нав доир ба мавзӯҳои гуногун кӯшиш намоед. Ин дониш ва малакаи кори шуморо афзун мегардонад.

Барои васеъ гардонидани дониши худ адабиёти иловагиро мутолиа намоед.

Барои дастрас кардани адабиёти иловагӣ ва муайян кардани ному насаби муаллифони онҳо ба муаллими физикаатон муроҷиат намоед.

Ҳамаи ин кӯшишҳо ба шумо имконият медиҳад, ки савияи дониши худро баланд бардошта, қобилияти худро инкишоф диҳед ва комёбиҳои наватарини илмо дар ҳаёт татбиқ намоед.

Барои дар сатҳи баланд омӯхтани фанни физика ва дар ҳаёт истифода бурдани комёбиҳои он ба шумо муваффақиятҳо хоҳонем.

**Муаллифон**

# Боби I

## ЛАППИШ ВА МАВҶҲОИ МЕХАНИКӢ. САДО

### 1.1. Ҳаракати лаппишноқ

Дар байни ҳаракатҳои механикӣ, ки мо дучор мегардем, аксар вақт ҳаракатҳои такроршаванда ба назар мерасанд.

Чархзании ҷисмҳои гуногун ҳаракати такроршаванда ба шумор меравад: гардиши Моҳ дар атрофи Замин, ҳаракати сайёраҳо, чархзании қисмҳои мошинҳо ва ғайра.

Ҳаракати айнан такроршавандаро ҳаракати даврӣ меноманд. Масалан, ҳаракати раққосак, ҳаракати бори дар пружин овезон буда, тори асбобҳои мусиқӣ, раққосаки соатҳо, заминларза низ ҳаракати даврӣ ба шумор мераванд.

Ҳаракатҳоеро, ки пас аз фосилаҳои муайяни вақт айнан, ё қариб айнан такрор мешаванд, лаппиш меноманд.

Системаеро, ки лаппиш хӯрда мегавонад, системаи лаппанда меноманд (ин гуна система лаппиш нахӯрда низ метавонад).

Масалан, ҷисми ба пружин овезон ё бори дар ресмон овезон дар якҷоягӣ бо Замин системаи лаппанда ба шумор мераванд.

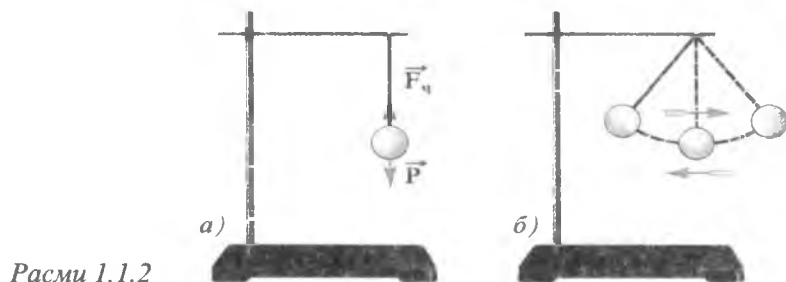
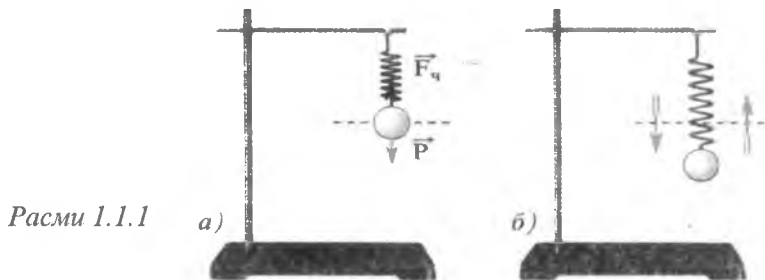
Лаппишҳо дар табиат хеле зиёд дучор меоянд. Ларзиши шохӣ дар рахтон хангоми вазиши бод, аргунчаки аз мавқеи мувозинатӣ майлдодашуда, таппиши дили одам ва ғайраҳо ҳаракатҳои такроршаванда буда, лаппиш ба шумор мераванд. Рӯшноӣ, ки ба мо имконияти диданро медиҳад, табиати лаппишӣ дорад. Атомҳо, ки моддаҳо аз он ташкил ёфтаанд, лаппиш менамоянд.

Лаппишҳо асоси акустика, оптика, электротехника ва радиотехникаро ташкил менамоянд.

Лаппишҳои озод ва маҷбурии системаҳои лаппанда аз ҳамдигар фарқ доранд. Қувваҳои дар байни ҷисмҳои системаи лаппанда таъсиркунандаро *қувваҳои дохилӣ* меноманд. Қувваҳои ба ҷисмҳои системаи лаппанда аз тарафи ҷисмҳои берунӣ таъсиркунандаро *қувваҳои берунӣ* меноманд.

**Лаппишҳо, ки дар системаи лаппанда бо таъсири қувваҳои дохилӣ баъди аз ҳолати мувозинатӣ баровардани он ба амал меоянд, лаппишҳои озод меноманд.**

Лаппиши бори дар пружин овезон (расми 1.1.1, а, б) ва бори дар ресмон овезон (расми 1.1.2, а, б) лаппишҳои озод ба шумор мераванд. Лаппишҳои озодро баъзан лаппишҳои хусусӣ низ мегӯянд.



Дар расми 1.1.1, а қувваи чандирии ҳангоми ёзиши пружин ба вучуд оянда  $\vec{F}_q$ , қувваи вазнинии ба саққо таъсиркунанда  $\vec{P}$ -ро мувозинат мекунад.

Ҳангоми аз мавқеи мувозинатӣ баровардани саққо, яъне онро андаке ба поён кашида сар додан (расми 1.1.1, б) вай болою поён ҳаракат карда, ба лаппиш мебарояд.

Дар расми 1.1.2, а қувваи чандирии ҳангоми тарангшавии ресмон ба вучуд оянда  $\vec{F}_q$ , қувваи вазнинии ба саққо таъсиркунанда  $\vec{P}$ -ро мувозинат мекунад. Ҳангоми саққоро аз мавқеи мувозинатиаш майл кунонида сар додан, вай ба чапу рост ҳаракат карда, лаппиши озод менамояд (расми 1.1.2, б).

Саққои дар нуғи ресмон овезонро дар сурати бо таъсири қувваи вазнинӣ лаппиданаш ҳамчун раққосаки одӣ дида баромадан мумкин аст. Ҷисми ба ресмон овезон ё ба меҳвар (тир) мустаҳкамшударо, ки бо таъсири қувваи вазнинӣ лаппида метавонад, раққосак меноманд. Болғаи дар меҳ овезон, шоҳини тарозуҳои фашангӣ, хаткашаки дар меҳ овезон ва амсоли онҳоро раққосак ҳисоб кардан мумкин аст.

Ҳамин тариқ, баъди аз ҳолати мувозинатӣ баровардан системаҳои лаппанда бе таъсири қувваҳои берунии даврӣ тағйирёбанда лаппиши озод менамоянд.

Ҷисмҳои лаппанда энергия доранд ва лаппиши онҳо дар муҳит ба амал меояд. Ҳангоми лаппиш байни ҷисм ва муҳит соиш ба амал меояд. Барои баргараф кардани қувваи соиш кор иҷро кардан лозим аст ва ин кор аз ҳисоби энергияи ҷисми лаппанда иҷро

мешавад. Бинобар ин, энергияи ҷисми лаппанда оҳиста-оҳиста кам шуда меравад ва дар охир лаппиши ҷисм хомӯш мегардад. Ҳамаи лаппишҳои воқеӣ хомӯшшаванда мебошанд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

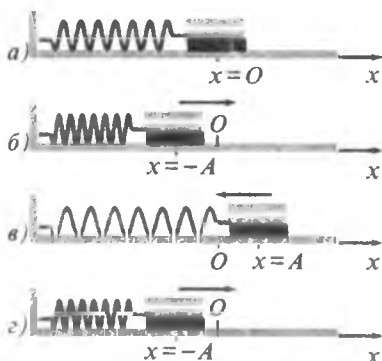
1. Лаппиш гуфта, чиро меноманд?
2. Системаи лаппанда гуфта, чиро меноманд?
3. Дар амалия лаппишхоро дар кучо истифода мебаранд?
4. Чӣ гуна лаппишхоро лаппишҳои озод меноманд?
5. Чаро лаппишҳои озод хомӯшшавандаанд?
6. Доир ба лаппишҳои озод мисолҳо биёред.

## 1.2. Амплитуда, давр ва басомади лаппиш

Бузургҳои асосие, ки лаппишро тавсиф менамоянд, амплитуда, давр ва басомад ба шумор мераванд.

Дар расми 1.2.1 лаппиши бори ба пружин пайвастркардашуда нишон дода шудааст. Қойивазкунии зидтарини ҷисми лаппандаро аз ҳолати мувозинатиаш *амплитудайи лаппиш* меноманд. Қимати амплитуда барои пружини фишурдашуда ба  $-A$  (расми 1.2.1, б) ва барои пружини дарозшуда ба  $A$  (расми 1.2.1, в) баробар мебошад.

Вобаста ба қимати майлкунии ҷисм аз мавқеи мувозинатиаш амплитуда қиматҳои гуногун гирифта метавонад. Фосилаи вақте, ки дар давоми он ҷисм як лаппиши пурра менамояд, *даври лаппиш* номида мешавад. Даври лаппиш бо сонияҳо чен ва бо  $T$  ишора карда мешавад.



Адади лаппишҳои дар воқиди вақт ба амал ояндаро *басомади лаппиш*  $\nu$  меноманд.

Басомади лаппиш бо даври он чунин вобастагӣ дорад:

$$\nu = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{\nu}.$$

Басомади лаппиш бо Ҳертс ( $X$ ) чен карда мешавад. Агар ҷисм дар як сония як лаппиши пурраро иҷро намояд, басомади он ба  $1 X$  баробар мешавад:

$$1X = \frac{1}{c}.$$

Инчунин аз воқидҳои басомад, килоҳертс ( $kX$ ), мегаҳертс ( $MX$ ) ва гигаҳертс ( $ГX$ ) истифода мебаранд:

$$1kX = 1000X, \quad 1MX = 1000kX = 10^6X, \quad 1ГX = 10^9X.$$



Ҳангоми аз болои кӯпруқҳо ҳамоҳангона қадамзанон гузаштани аскарон, дар натиҷаи ба амал омадани резонанс ҳангоми баробар гардидани басомади қадамгузори аскарон бо басомади хусусии лаппиши кӯпрук, мумкин аст, ки кӯпрук хароб гардад. Бинобар ин, барои пешгирӣ кардани оқибатҳои харобиовари ҳодисаи резонанс мошинҳо, воситаҳои нақлиёт, механизмҳо, дастгоҳҳо ва амсоли онҳоро тавре бунёд кардан лозим аст, ки ҳангоми истифодаи онҳо ҳодисаи резонанс ба амал наояд. Дар зиндагонии ҳарӯзаамон мо ҳодисаи резонансро мушоҳида менамоем.

Масалан, ҳангоми аз назди хонаи истиқоматӣ гузаштани мошини боркаши вазнин шишаҳои тирезаҳои хона ба лаппиш даромада, садо мебароранд, чунки дар ин маврид басомади хусусии лаппишҳои шишаҳои тиреза ба басомади лаппишҳои бино, ки дар натиҷаи ҳаракати мошин ба амал меояд, баробар гардида, резонанс ҳосил мешавад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна лаппишҳоро хомӯшшаванда меноманд?
2. Лаппишҳои маҷбурӣ чӣ тавр ба амал меоянд?
3. Резонанс чист? Амплитудайи лаппиш ҳангоми резонанс ба қувваи соиш чӣ гуна вобастагӣ дорад?
4. Дар бораи аҳамият ва зарари резонанс маълумот диҳед.

## 1.6. Мавҷи механикӣ

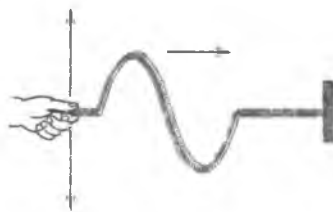
Агар лаппиши ҷисм дар муҳити чандир (об, ҳаво, пружин, аргамчин, ҷисмҳои саҳт ва ғайра) ба вучуд ояд, ё ҷисми лаппанда қисми ин муҳитро ташкил намояд, зарраҳои ба ҷисм ҳамсоия муҳит ба лаппиш медарояд ва лаппиш дар муҳит паҳн мешавад.

**Паҳншавии лаппишро дар муҳити чандир мавҷи механикӣ меноманд.**

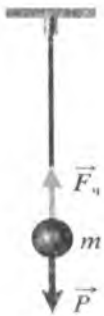
Масалан, ҳангоми сангро ба оби ором партофтан санг обро ба ларзиш медарорад ва лаппиш дар об паҳн гардида, мавҷро ба вучуд меорад. Ресмони дарози як нугаш басташударо алвонҷ диҳем, он гоҳ қад-қади он мавҷ паҳн мешавад (расми 1.6.1).

Ҳангоми ҳосилшавии мавҷ ҳеҷ гуна кӯчиши модда ба амал намеояд, зарраҳои муҳите, ки дар он мавҷ паҳн мегардад, танҳо дар мавқеи мувозинатиашон мелаппанд.

Масалан, ҳангоми вазидани шамол дар майдони надаравидаи алафзор дар натиҷаи лаппиши алафҳо-хаму рост шудани онҳо мавҷ дар алафзор паҳн мешавад, вале пояҳои алаф аз ҷойи худ бечӯ намешаванд.



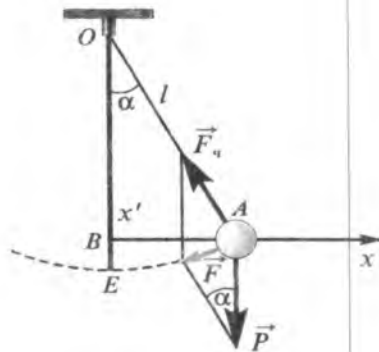
Расми 1.6.1



Расми 1.3.1



Расми 1.3.2



Расми 1.3.3

Бинобар ин, гуфтан мумкин аст, ки саккои раққосак аз рӯйи хордаи  $x'$  ҳаракат мекунад.

Барои ин маврид ба ҷойи баробарии (1.3.1) навиштан мумкин аст:

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_q \quad (1.3.2)$$

Қувваи натиҷавӣ  $\vec{F}$  ба ҳолати мувозинатии раққосак равона мебошад ва ба он шитоби марказрав мебахшад.  $\vec{F}$ -ро қувваи бозгардонанда меноманд. Ин гуна қувваҳои бозгардонандаи табиаги чандирӣ надоштаро қувваҳои *квazичандирӣ* (*чандирмонанд*) меноманд. Дар тахти таъсири ин қувва раққосак ба лаппиш медарояд:

$$\frac{F}{P} = \sin \alpha; \quad \sin \alpha = \frac{x'}{l}.$$

Аз ин ҷо ҳосил менамоем:

$$F = -\frac{mg}{l} x' = -kx', \quad (1.3.3)$$

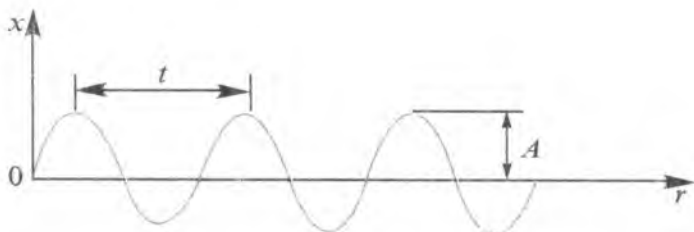
дар ин ҷо  $k$  - коэффициенти мутаносиби буда, *коэффициенти қувваи бозгардонанда* номида мешавад. Аломати «-» барои он гузошта шудааст, ки самтҳои қувваи  $F$  ва ҷойивазкунии раққосак  $x'$  муқобиланд. Давр ва басомади лаппиши раққосаки математикӣ аз формулаҳои зерин ҳисоб карда мешаванд:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1.3.4)$$

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad (1.3.5)$$

дар ин ҷо  $l$  - дарозии раққосаки математикӣ,  $g$  - шитоби афтиши озод аст.

Аз ин формулаҳо дида мешавад, ки давр ва басомади лаппиши раққосаки математикӣ аз массаи он ва амплитудаи лаппиш (барои

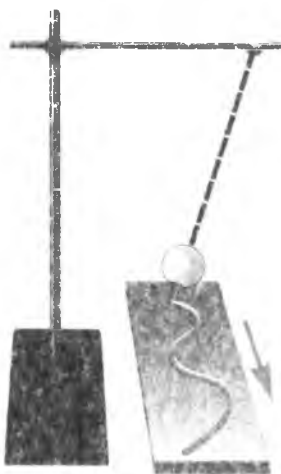


Расми 1.3.4

Барои ҷойҳои муайяни рӯи Замин шитоби афтиши озод  $g$  қимати собит дорад. Бинобар ин, даври лапиши раққосаки математикӣ танҳо ба дарозии он вобаста мебошад.

Раққосаки математикиро дар ҷустуҷӯҳои геологӣ истифода бурдан мумкин аст. Дар ҷойҳои маъданҳои металлӣ дошта зичии моддаи Замин зиёд аст ва қимати  $g$  аз қимати миёнааш хеле зиёд мешавад. Бо ёрии раққосаки математикӣ  $g$ -ро чен карда, ҷойи маъданҳоро дар Замин муайян кардан мумкин аст.

Дар расми 1.3.4 графикаи лапиши раққосаки математикӣ оварда шудааст.



Расми 1.3.5

Чунин графикро худӣ қисми лаппанда «сохта» метавонад. Барои ин ба қисми лаппанда олоти лапишсабтқунандаро пайваст намуда, дар пешаш навори коғазро ҷой медиҳем (расми 1.3.5). Раққосакро ба лапиш дароварда, навори коғазро амудан ба самти лапишҳо бо суръати собит мекашем. Дар рӯи коғаз графикаи лапиши раққосак ҳосил мешавад. Ин график вобастагии координатаи лапиши раққосакро аз вақт ифода намуда, синусоидаро ташкил менамояд ва он мавқеи қисми лаппандаро барои лаҳзаҳои гуногуни вақт нишон медиҳад.

Дар графикаи расми 1.3.4 давр ва амплитудайи лапиш нишон дода шудааст.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чиро раққосаки математикӣ менаманд?
2. Даври лапиши раққосаки математикӣ бо чӣ гуна формула ифода карда мешавад ва аз дарозии он чӣ гуна вобастагӣ дорад?
3. Дар амалия аз раққосаки математикӣ чӣ тавр истифода мебаранд?
4. Графикаи лапишро чӣ тавр ҳосил кардан мумкин аст?

НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҶО

1. Дар вақти баробар як раққосаки математикӣ 50 маротиба, дуюмаш 30 маротиба мелаппад. Яке аз дигаре 32 см ҷутоҳтар аст. Дарозии раққосакҳоро ёбед:

**Дода шудааст:**

$$\begin{aligned} n_1 &= 50 \\ n_2 &= 30 \\ l_2 &= l_1 + 32 \text{ см} \\ l_1 - ? \quad l_2? \end{aligned}$$

**Ҳал.** Даври лаппиши раққосакҳо баробар аст:

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

Ин формулаҳоро ба квадрат бардошта ҳосил мекунем:

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

Дар ин ҷо  $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ ,  $T_2 = \frac{t_2}{n_2}$  мебошад. Бинобар ин, барои  $\frac{l_1}{l_2}$

ҳосил менамоем:  $\frac{l_1}{l_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2}$ .

Аз шарти масъала қимати  $l_2$ -ро мегузорем:

$$\frac{l_1}{l_1 + 32} = \frac{n_2^2}{n_1^2}$$

Аз ин ифода  $l_1$ -ро муайян менамоем:

$$l_1 = \frac{32n_2^2}{n_1^2 - n_2^2}$$

Қиматҳои ададиро гузошта,  $l_1$ -ро ҳисоб мекунем:

$$l_1 = \frac{32 \cdot (30)^2 \text{ см}}{(50)^2 - (30)^2} = \frac{32 \cdot 900 \text{ см}}{2500 - 900} = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

Мувофиқи шарти масъала:

$$l_2 = l_1 + 32 \text{ см} = 18 \text{ см} + 32 \text{ см} = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

**Ҷавоб:**  $l_1 = 0,18 \text{ м}$ ;  $l_2 = 0,5 \text{ м}$ .

2. Раққосаки математикӣ дарозинаш 2,5 м бо амплитудаи 10 см мелаппад. Даври лаппиши раққосакро муайян намоед.

**Дода шудааст:**

$$\begin{aligned} l &= 2,5 \text{ м} \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\ T - ? \end{aligned}$$

**Ҳал.** Даври лаппиши раққосаки математикӣ аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

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

Қиматҳои ададиро гузошта, даври лаппиши раққосакро ҳисоб мекунем:

$$T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{2,5 \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2}} = 6,28 \cdot 0,5 \text{ с} = 3,14 \text{ с}$$

**Ҷавоб:**  $T = 3,14 \text{ с}$ .

нуктаҳои роҳи ҳаракати ҷисми лаппанда қувваи бозгардонанда ба мавқеи мувозинатӣ равона мебошад ва ба самти кӯчиши бор муқобил аст. Қувваи бозгардонанда ба бузургии кӯчиш (тамоюл) аз мавқеи мувозинат  $x$  мутаносиб мебошад:

$$\vec{F}_q^1 = -kx.$$

Даври лаппиши раққосаки пружинӣ ба решаи квадратии аз массаи бори овехташуда мутаносиби роста буда, ба саҳтии пружин мутаносиби чаппа мебошад:

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

Инчунин лаппиши раққосаки пружинӣ басомади ба худ ҳос дорад:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Маълум аст, ки энергияи пружини кашида ё фишурдашуда ба  $\frac{kx^2}{2}$  баробар мебошад. Ин ҷо  $k$  – саҳтии пружин ва  $x$  – ёзиш ё фишурдашавии он аст. Барои системаи лаппандаи мо тамоюли калонтарини бор аз мавқеи мувозинат  $x = A$  мебошад, бинобар он, энергияи потенциалии система ба  $\frac{kA^2}{2}$  баробар аст. Энергияи кинетикии система дар ин лаҳза ба сифр баробар аст, чунки дар ин мавқеъ суръати бор ба сифр баробар мебошад. Пас, дар ин лаҳза энергияи потенциалӣ  $\frac{kA^2}{2}$  энергияи пурраи системаро ифода менамояд.

Агар системаи лаппандаро сарбаст қабул намоем (дар мавриди ба сифр баробар будани қувваи соиш), он гоҳ ҳангоми ҳаракат энергияи пурраи система тағйир намеёбад. Вақте ки бор ба мавқеи болоӣ (расми 1.4.1, в) ( $x = -A$ ) мерасад, энергияи кинетикии он боз ба сифр баробар ва энергияи пурраи система боз баробари энергияи потенциалӣ  $\frac{kA^2}{2}$  мешавад. Дар мавқеи мувозинати энергияи потенциалӣ ба сифр баробар (чунки  $x=0$ ) ва энергияи пурраи бор ба энергияи кинетикии он  $\frac{m\vartheta_M^2}{2}$  баробар мешавад ( $m$  – массаи ҷисм,  $\vartheta_M$  – суръати максималии он дар нуктаи  $x=0$ ). Энергияи кинетикии бор дар нуктаи мувозинат бояд ба қимати  $\frac{kA^2}{2}$  баробар бошад.

Ҳамин тариқ, маълум мешавад, ки ҳангоми лаппиши бор дар энергияи потенциалӣ ва кинетикии он ба ҳамдигар тағйир меёбад.

Дар нуқтаҳои байни мавқеи мувозинат ва нуқтаҳои канорӣ низ ҷамъаи энергияи кинетикӣ ва потенсиалии он ба энергияи пурраи ҷисми лаппанда баробар аст:

$$W = \frac{kA^2}{2}.$$

Ин ифода нишон медиҳад, ки энергияи пурраи ҷисми лаппанда ба квадрати амплитудаи лаппишҳои он мутаносиб мебошад. Аз баробарии энергияи кинетикӣ ва энергияи потенсиалии бор ифодаро барои вобастагии амплитудаи лаппиш ва суръати максималии бор ҳосил менамоем:  $\frac{m\vartheta_M^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$ .

$$\frac{A^2}{\vartheta_M^2} = \frac{m}{k} \quad \text{ё} \quad \frac{A}{\vartheta_M} = \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

### САВОЉҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Бори дар пружин овезон чӣ гуна ҳаракат мекунад?
2. Табдилёбии энергияро ҳангоми лаппиши бори дар пружин овезон маънидод намоед.
3. Энергияи кинетикӣ ва потенсиалии бори дар пружин лаппанда бо кадом формулаҳо ифода карда мешаванд?
4. Энергияи потенсиалии бори дар пружин лаппанда аз амплитудаи лаппиш ва сахтии пружин чӣ гуна вобастагӣ дорад?

### НАМУНЛИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

1. Саққи ба пружин маҳкамшударо аз вазъияти мувозинатӣ ба 1 см кӯчонида, сар доданд. Агар басомади лаппиши саққо 5 Ҳ бошад, он дар 2 с чӣ қадар роҳ тай мекунад? Хомӯшшавии лаппишҳо ба эътибор грифта нашавад.

*Дода шудааст:*

$$A = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$$

$$\nu = 5 \text{ Ҳ}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

$$S = ?$$

*Ҳал.* Дар як лаппиши пурра саққо масофаи

$S_1 = 4A$ -ро тай мекунад. Масофаи дар давоми 2с тай кардаи саққо баробар аст:

$$S = nS_1. \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $n$  - шумораи лаппишҳои саққо аст.

Барои муайян кардани  $n$  аз ифодаи даври лаппиш истифода мебарем:

$$T = \frac{t}{n}; \quad \frac{1}{\nu} = \frac{t}{n}$$

$$\text{Аз ин ҷо } n = \nu t. \quad (2)$$

Аз баробариҳои (1) ва (2) ҳосил мекунем:

$$S = \nu t S_1 = 4\nu A t. \quad (3)$$

Қиматҳои ададиро гузошта, ҳисоб мекунем:

$$S = 4 \cdot 5 \text{ Ҳ} \cdot 0,01 \text{ м} \cdot 2 \text{ с} = 0,4 \text{ м}.$$

Ҷавоб:  $S = 0,4 \text{ м}.$

2. Массай бореро ёбед, ки дар пружини сахтиаш 250 Н/м овезон буда, дар 16 с 20 маротиба мелаппад.

*Дода шудааст:*

$k = 250 \text{ Н/м}$   
 $t = 16 \text{ с}$   
 $n = 20 \text{ лаппиш}$   
 $m = ?$

*Ҳал.* Даври лаппиши борро аз ифодаҳои зерин муайян кардан мумкин аст:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (1)$$

$$T = \frac{t}{n}. \quad (2)$$

Аз формулаҳои (1) ва (2) ҳосил мекунем:  $\left(\frac{t}{n}\right)^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}$ .

Аз ин ҷо барои ҳисоб намудани массаи бор ҳосил мекунем:

$$m = \frac{kt^2}{4\pi^2 n^2}; \quad m = \frac{250 \text{ Н/м} \cdot (16 \text{ с})^2}{4 \cdot (3,14)^2 \cdot (20)^2} = 4 \text{ кг}.$$

*Ҷавоб:*  $m = 4 \text{ кг}$ .

### МАШКИ 3

1. Бори массааш 400 г дар пружини сахтиаш 250 Н/м овезон кардашуда мелаппад. Амплитудаи лаппиш 15 см аст. Энергияи механикии пураи лаппиш ва суръати максималии ҳаракати борро ёбед. (Ҷавоб: 2,8 Ҷ; 3,9 м/с)
2. Бори массааш 100 г бо таъсири пружин бо басомади 2 Ҳ лаппиш меҳурад. Сахтии пружин ёфта шавад. (Ҷавоб: 15,8 Н/м)

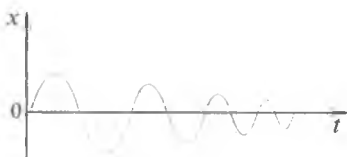
## 1.5. Лаппишҳои маҷбурӣ. Резонанс

Ҷӣ тавре ки дар параграфи 1.1 қайд гардид, лаппишҳои озод хомӯшшавандаанд. Дар ҳақиқат ҳам, дар шароити воқеии заминӣ ягон ҳаракат аз таъсири қувваи соиш эмин намебошад. Қувваи соиш ҳамеша муқобили ҳаракат таъсир дорад ва кори он манфӣ аст.

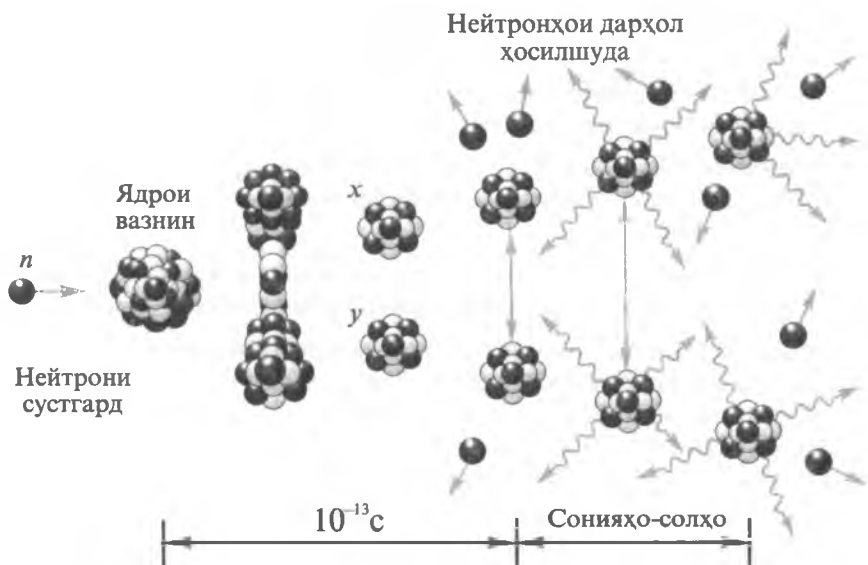
Ин кори манфӣ энергияи пураи ҷисми лаппандаро кам мекунад. Камшавии энергия камшавии амплитудаи лаппишро ба вуҷуд меорад ва оҳиста-оҳиста лаппиш хомӯш мешавад (расми 1.5.1).

Ҳамин тарик, лаппишҳои *хомӯшшаванда* лаппишҳоеанд, ки амплитудаашон бо гузашти вақт кам шуда меравад. Ҳар қадаре, ки қувваи соиш калон бошад, амплитудаи лаппишҳо зудтар кам мешаванд.

Дар сурати зиёд будани қувваи соиш лаппиш ба амал намеояд. Лаппишҳои озоди механикӣ, ки дар муҳитҳои бемуқовимат ба амал меоянд, *лаппишҳои хусусӣ* ва басомади



Расми 1.5.1



Расми 3.17.1

Бо тадқиқотҳои минбаъда муқаррар карда шудааст, ки дар натиҷаи нейтронборон кардани ядрои уран он қариб ба 80 навъи пораҳо тақсим мегардад.

Массаи ороми ядрои уран нисбат ба суммаи массаи оромии пораҳои ҳангоми тақсимшавӣ ҳосилгардида зиёд аст, бинобар ин, тақсимшавии ядрои уран бо хоричшавии энергия ба амал меояд.

Нейтронҳои дар реаксияи (4.17.2) чудошуда дар навбати худ ядроҳои ҳамсоҷро тақсим менамоянд.

Ядрои ҳамсоҷи тақсимшуда низ нейтронҳо меафканад ва ин нейтронҳо тақсимшавии ядроҳои дигарро ба вуҷуд меорад. Дар натиҷа шумораи ядроҳои тақсимшуда зиёд шуда рафтани мегирад ва реаксияи занҷирӣ ба амал меояд (расми 4.17.2).

**Реаксияе, ки зарраҳои онро ба вуҷудоранда (нейтронҳо) ҳамчун маҳсули ин реаксия ташкил меёбад, реаксияи ядроии занҷирӣ номида мешавад.**

Пораҳои дар натиҷаи тақсимшавӣ ҳосилшуда дар навбати худ радиоактиванд (чунки нейтронҳои зиёдатӣ доранд) ва дар натиҷаи  $\beta$ -афканишот ба изотопҳои устувор табдил меёбанд.

Реаксияи ядроии занҷирӣ порашудани уран моҳи декабри соли 1942 дар Иёлоти Муттаҳидаи Амрико таҳти роҳбарии Э. Ферми амалӣ гардидааст.

Қайд кардан зарур аст, ки на ҳамеша реаксияи занҷирӣ ба амал меояд. Чунки баъзе нейтронҳои ҳосилгардида аз пораи уран баромада мераванд, қисми дигарашон ба атомҳои ғашҳои дар таркиби уранбуда афтада, порашавии ядрои уранро ба вуҷуд намеоранд.



хусусии раққосак шудан, амплитудаи лаппишҳои маҷбурӣ аз ҳама калон мешавад. Ба афзоиши минбаъдаи басомади қувваи маҷбуркунанда амплитудаи лаппишҳои раққосак кам мешавад.

**Ҳодисаи якбора афзудани амплитудаи лаппишҳои маҷбуриро ҳангоми ба басомади лаппиши қувваи маҷбуркунанда  $\nu$  баробар гардидани басомади хусусии системаи лаппанда  $\nu_0$  резонанс меноманд. Аз лотинӣ резонанс маънои ҳамоханг, акси садоро дорад.**

Дар расми 1.5.4 вобастагии амплитудаи лаппишҳои маҷбурӣ аз басомади лаппишҳои қувваи маҷбуркунанда нишон дода шудааст.

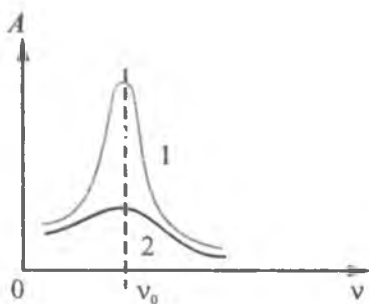
Аз расм дида мешавад, ки ҳангоми  $\nu = \nu_0$  шудан амплитудаи лаппиши маҷбурӣ ба қимати калонтарин соҳиб мегардад ва резонанс ба амал меояд. Бо афзоиши қувваи соиш қимати максимуми амплитудаи лаппиш хурд мешавад (расми 1.5.4, қачии 2). Дар ин расм қачии 2 ба мавриди зиёд будани қувваи соиш мувофиқ меояд.

Сабаби ба амал омадани резонанс дар он аст, ки ҳангоми мувофиқ омадани басомадҳо ҳам қувваи чандирӣ дар худ системаи лаппанда ва ҳам қувваи маҷбуркунанда ҳамохангона ба ҳамон як тараф таъсир мекунад, он гоҳ таъсири онҳо зам мегардад ва амплитудаи лаппиши маҷбурӣ афзоиш меёбад.

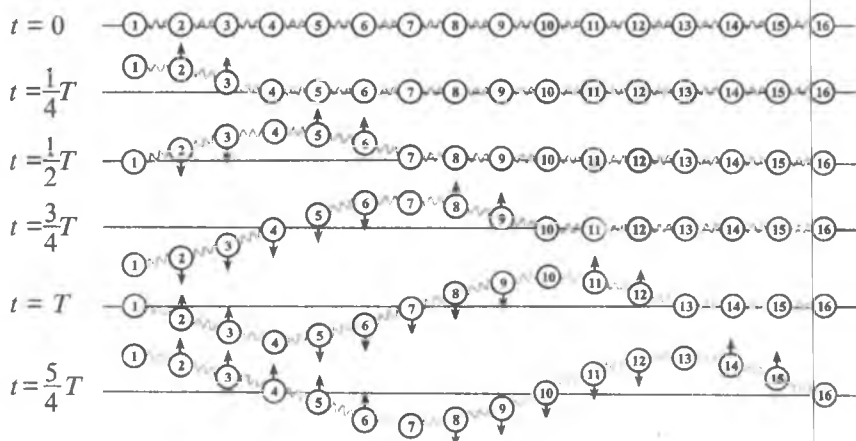
Агар қувваи маҷбуркунанда суст бошад ҳам, афзуншавии амплитударо ба амал меорад, чунки ин қувваи суст дар ҳар давр ба қувваи чандирии дар система амалкунанда зам мешавад.

Ҳодисаи резонанс ғоиданок буда метавонад, чунки дар мавриди зарурӣ (бо таъсири қувваи хурд ҳам) амплитудаи лаппишро зиёд кардан мумкин аст. Резонанс дар табиат, илм ва техника аҳамияти калон дорад. Масалан, сохти асбобҳои басомадсанҷ, вибраторҳои зичкунандаи бетон, қувватфизоҳои сигналҳои хурд, суръатфизоҳои резонансии зарраҳои элементарӣ (бунёдӣ) ва ғайраҳо ба ҳодисаи резонанс асос карда шудааст.

Инчунин, ҳодисаи резонанс зарарноку хавфнок шуданаш мумкин аст. Ҳангоми сохтани чархбол, ҳавопаймоҳо, киштиҳо, мошину механизмҳо ва сохтмони заводу фабрикаҳо, ки дар онҳо дастгоҳҳо ҷой дода мешаванд, ҳодисаи резонанс бояд ба эътибор гирифта шавад. Масалан, лаппишҳои танаи чархбол бояд бо басомаде ба амал ояд, ки аз басомади чархзании парраҳои чархбол фарқи калон дошта бошад, вагарна лаппишҳои танаю болҳо ба резонанс дучор гардида, боиси ба фалокат дучор гардидани чархбол мегардад.



Расми 1.5.4



Расми 1. 6. 2

Дар расми 1.6.2 ҳосилшавии мавҷ дар занҷири сакқочаҳое, ки байни худ бо пружинҳои якхела алоқаманданд, нишон дода шудааст.

Ҳар як сакқоча массаи  $m$  дорад ва дар байнашон қувваи чандирӣ таъсир мекунад. Агар сакқочаи 1-ро ба боло кашида сар диҳем, он гоҳ пружине, ки сакқочаи 1-ро ба сакқочаи 2 мепайвандад, кашида мешавад ва қувваи чандирӣ ба вучуд меояд. Дар таҳти таъсири ин қувва сакқочаи 2 ба лапшиш медарояд.

Дар натиҷа пружини дигар тазйик ёфта (деформатсия шуда), сакқочаи 3 ба лапшиш медарояд ва лапшиш ба сакқочаҳои дигари занҷир кучонида мешавад. Ҳамаи сакқочаҳо дар мавқеи мувозинати худ бо даврҳо ва амплитудаҳои якхела лапшиш меҳуранд, чунки онҳо массаи баробар ва ҳамаи пружинҳо саҳтии якхела доранд. Ҳамин тариқ, лапшиш дар фосилаи вақти муайян, аз сакқочаи 1-ум то ба сакқочаи 13-ум нақл карда мешавад ва мо дар занҷири сакқочаҳо ҳосилшавии мавҷро мушоҳида менамоем.

Чӣ тавре ки маълум аст, лапшиш энергияи муайян дорад ва он ба квадрати амплитудаи лапшиш мутаносиб мебошад. Ҳангоми нақли лапшиш энергияи он низ аз як ҷой ба ҷои дигари муҳит нақл карда мешавад. Ҳамин тариқ, мавҷ ноқили энергия низ ба шумор меравад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Мавҷ гуфта, чиро меноманд?
2. Ҳангоми паҳншавии мавҷ кучиши моддае, ки дар он мавҷ паҳн мегардад, оё ба амал меояд?
3. Ҳангоми паҳншавии мавҷ дар муҳит чӣ нақл карда мешавад?

## 1.7. Дарозии мавҷ. Суръати паҳншавии мавҷ

Мувофиқи расми 1.6.2 то дами аз мавҷеи мувозинат то мавҷеи болотарин расидани саққои 1 саққоҳои 2 ва 3 ба лаппидан сар мекунад. Ҳангоми ба мавҷеи мувозинат баргаштани саққои 1 саққоҳои 4–6 ва ғайраҳо ба лаппиш медароянд.

Саққои 1 як лаппиши пурраро баъди муддати вақти ба як даври лаппиш  $T$  баробар анҷом медиҳад. Саққои 2 лаппиши пурраи худро баъди саққои 1 ва саққои 3 лаппиши пурраи худро баъди саққои 2 ва ғайраҳо ба охир мерасонад.

Саққои 13 баъди як даври лаппиши саққои 1 ба лаппиш медарояд. Ҳамин тариқ, баъди муддати вақти ба як даври лаппиш  $T$  баробар лаппиш то саққои 13 рафта мерасад, яъне саққои 13 лаппиши якуми худро дар лаҳзае сар мекунад, ки саққои 1 ба лаппиши дуум оғоз мекунад.

**Масофаеро, ки мавҷ дар муддати як даври лаппиш тай мекунад, дарозии мавҷ меноманд. Дарозии мавҷ бо ҳарфи юнонӣ  $\lambda$  (лямбда) ишора карда мешавад.**

Саққоҳое, ки аз ҳамдигар дар масофаҳои  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$ ,  $4\lambda$  ва ғайра воқеанд, ҳаракаташон ба якдигар монанд мешавад: онҳо дар як вақт боло мераванд, дар як вақт аз мавҷеи мувозинат мегузаранд, дар як вақт поён мефароянд, дар як вақт лаппиши навбатии худро анҷом медиҳанд ва лаппиши ояндашонро оғоз мекунад.

Яъне дарозии мавҷ ба масофаи байни ду нуқтаи ба якдигар наздиктарине (дар занҷири саққоҳо), ки як ҳел ҳаракат мекунад ва аз мавҷеи мувозинат як ҳел дурӣ доранд, баробар аст. Ба ин намуд ҳосилшавӣ ва паҳншавии мавҷҳо дар ҷисмҳои воқеӣ низ мушоҳида карда мешаванд. Маълум гардид, ки мавҷ – ин густариши лаппишҳо дар фазо мебошад ва ин густариш суръати муайян дорад.

**Суръати густариши лаппишро дар муҳит суръати мавҷ меноманд.**

Азбаски дар фосилаи вақти ба як даври лаппиш  $T$  баробар мавҷ ба масофаи як дарозии мавҷ густариш меёбад, бинобар ин, суръати мавҷ  $v$  чунин муайян карда мешавад:

$$v = \frac{\lambda}{T}. \quad (1.7.1)$$

Аз ин ҷо барои дарозии мавҷ ҳосил мекунем:

$$\lambda = v \cdot T. \quad (1.7.2)$$

Маълум аст, ки даври лаппиш  $T$  бо басомади он чунин алоқамандӣ дорад:

$$T = \frac{1}{v} \quad (1.7.3)$$

Бинобар он, аз (1.7.2) навиштан мумкин аст:

$$\lambda = \frac{v}{v} \quad \text{ё} \quad v = \lambda v. \quad (1.7.4)$$

Яъне суръати мавҷ ба ҳосили зарби дарозии мавҷ ва басомади лаппиш баробар аст.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дарозии мавҷ гуфта, чиро меноманд?
2. Суръати мавҷ гуфта, чиро меноманд?
3. Формулаҳои ҳисоб кардани суръати мавҷро нависед.

### НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

1. Мавҷ дар сатҳи оби кӯл бо суръати 6 м/с паҳн мешавад. Агар дарозии мавҷ 3 м бошад, давр ва басомади лаппишҳоро муайян намоед.

**Дода шудааст:** **Ҳал.** Аз формулаи суръати мавҷ истифода мебарем:

$$v = 6 \text{ м/с}$$

$$\lambda = 3 \text{ м/с}$$

$$T = ?$$

$$v = ?$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{Аз ин ҷо } T = \frac{\lambda}{v} = \frac{3\text{м}}{6\text{м/с}} = 0,5\text{с.}$$

Басомади лаппишро муайян менамоем:

$$v = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5\text{с}} = 2\text{Х.}$$

$$\text{Ҷавоб: } T = 0,5 \text{ с; } \bar{v} = 2 \text{ Х.}$$

2. Моҳигир мушоҳида кард, ки дар мавҷ 20 лаппиши қаровулак дар 10 с ба вучуд меояд ва масофаи байни тегаҳои ҳамсоии мавҷ 1,2 м аст. Суръати мавҷро ёбед.

**Дода шудааст:** **Ҳал.** Суръати мавҷ баробар аст:

$$n = 20 \text{ лаппиш}$$

$$t = 10\text{с}$$

$$\lambda = 1,2 \text{ м}$$

$$v = ?$$

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

Қимати даври лаппиш  $T = \frac{t}{n}$  -ро ба формулаи (1) гузошта, ҳисоб мекунем:

$$v = \frac{\lambda n}{t}; \quad v = \frac{1,2 \text{ м} \cdot 20}{10\text{с}} = 2,4 \text{ м/с.}$$

$$\text{Ҷавоб: } v = 2,4 \text{ м/с.}$$

### МАШҚИ 4

1. Дар уқёнус дарозии мавҷи ҳосилгардида ба 270 м ва даври он ба 13,5 с баробар аст. Суръати паҳншавии мавҷро муайян кунед. (Ҷавоб: 20 м/с)
2. Заврақ дар мавҷи бо суръати 1,5 м/с паҳншуда лаппиш меҳурад. Масофаи наздиктарини байни ду тегаи мавҷ ба 6 м баробар аст. Даври лаппиши заврақ муайян карда шавад. (Ҷавоб: 4 с)
3. Одаме дар соҳили дарё муайян кард, ки масофаи байни тегаҳои паси ҳамдигар тақроршудаи мавҷ ба 12 м баробар будааст. Ғайр аз ин, вай ҳисоб кард, ки дар давоми 75 с аз наздаш 16 тегаи мавҷ гузаштааст. Суръати паҳншавии мавҷ муайян карда шавад. (Ҷавоб: 2,56 м/с)

## 1.8. Мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ

Аз расми 1.6.2 маълум гардид, ки дар занҷири сакқоҳо лаппишҳо (мавҷҳо) аз рӯи хати уфуқӣ густариш меёбанд ва сакқоҳо аз рӯи хати амудӣ мелаппанд.

**Мавҷҳое, ки дар онҳо зарраҳои муҳит нисбат ба самти густариши мавҷ амудӣ мелаппанд, мавҷҳои арзӣ номида мешаванд.**

Мавҷҳои арзӣ дар ҳисмҳое, ки ба деформатсияи лағжиш дучор мегарданд, ба амал меоянд, яъне танҳо дар ҳисмҳои саҳт ба назар мерасанд. Дар занҷири сакқоҳо мавҷро ба тарзи дигар низ ҳосил кардан мумкин аст.

Агар сакқои якумро ба сӯи чап ё рост кашида сар диҳем (расми 1.8.1), он ба лаппиш мебарояд ва ин лаппишҳо низ қад-қад занҷир давида, то нуғи дигари он мерасанд, яъне дар ин маврид ҳам мавҷ ҳосил мегардад. Аммо дар ин маврид лаппиши сакқоҳо аз рӯи хате, ки лаппишҳо қад-қад он густариш меёбанд, ба амал меояд.

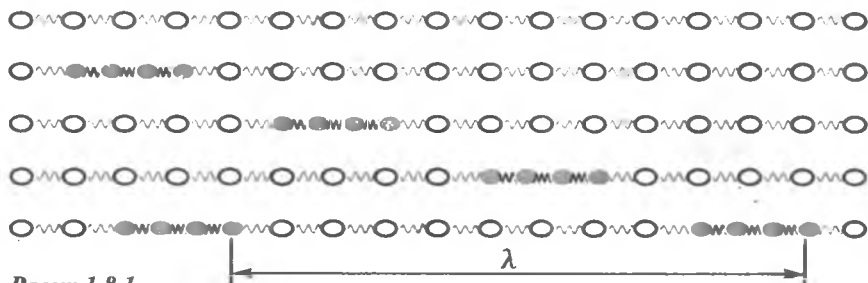
**Мавҷҳое, ки дар онҳо самти лаппишҳои зарраҳои муҳит ба самти густариши мавҷ мувофиқ меояд, мавҷҳои тӯлӣ номида мешаванд.**

Ҳосилшавии мавҷ дар пружини фишурда ё дарозкардашуда, мавҷҳои садогӣ дар ҳаво, дар лӯлаҳои асбобҳои нафасӣ мавҷҳои тӯлӣ ба шумор мераванд. Мавҷҳои тӯлӣ дар ҳисмҳои саҳт, моеъҳо ва газҳо ба вучуд омада метавонанд.

Ҳангоми ба вучуд омадани мавҷҳои арзӣ шакли зоҳирии занҷири сакқоҳо (расми 1.6.2) тағйир меёбанд ва дар он ҳамихову тегаҳо пайдо мешаванд. Масофаи байни ду тега ё ду ҳамии ҳамсоя ба дарозии мавҷ баробар мебошад. Ҳангоми ба вучуд омадани мавҷи тӯлӣ шакли занҷири сакқоҳо тағйир намеёбад, аммо дар он чафсу тунукшавиҳо ба амал меояд. Масофаи байни ду гафсшавиҳо ё ду тунукшавиҳои ҳамсоя низ ба дарозии мавҷ баробар аст.

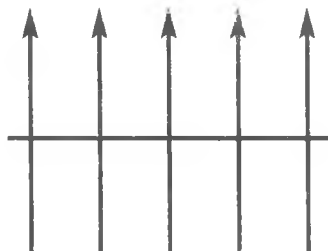
Ҳамин тариқ, ба самти мавҷҳои арзӣ тегаҳою ҳамиҳо ва ба самти мавҷҳои тӯлӣ чафсшавиҳою тунукшавиҳо густариш меёбанд.

Ҳангоме, ки мавҷ муҳитро пурра фаро мегирад, ҳамаи зарраҳои муҳит мелаппанд.



Расми 1.8.1

Агар мавҷ ба сарҳади ду муҳити хосиятҳои гуногун расад, вай ба ду даста ҷудо мешавад. Яке аз онҳо ба муҳити якум бармегардад ва ин ҳодисаро инъикоси мавҷ меноманд. Дуюмаш ба муҳити дуюм паҳн шуда, самти худро тағйир медиҳад ва ин ҳодисаро шикасти мавҷ меноманд.



Расми 1.9.2

Инъикос ва шикасти мавҷҳо ба қонунҳои муайян итоат мекунанд.

Дар роҳи мавҷи куравии дар зарфи паҳноии обдор паҳншаванда лавҳаи ҳамвори дарозинаш аз дарозии мавҷ хеле калонро мегузорем (расми 1.9.3). Дар паси лавҳа сатҳи об ором мемонад ва ба он соҳа мавҷ паҳн намегардад.

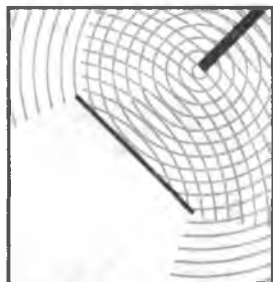
Мавҷҳои ба сатҳи пеши лавҳа афтанда аз он инъикос гардида, ба самти муқобил паҳн мегарданд. Мавҷҳои инъикосшуда шакли камонҳои марказонидашударо доранд ва дар якҷоягӣ бо мавҷҳои афтанда дар пеши сатҳи лавҳа манзараи турмонандро ҳосил мекунанд.

Дар расми 1.9.4 самти паҳншавии мавҷҳои афтида ва мавҷҳои инъикосшуда барои мавҷи ҳамвор бо хатҳои канда-канда нишон дода шудааст.

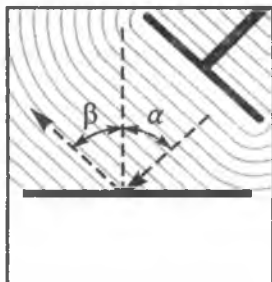
Кунҷи байни нури афтида ва перпендикуляри ба нуқтаи афтиши нур ба сатҳи лавҳа фурувардашуда  $\alpha$ , кунҷи афтиши нур ва кунҷи байни нури инъикосшуда ва ин перпендикуляр  $\beta$  кунҷи инъикоси нур номида мешавад.

Таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки барои ҳамаи ҳолатҳои лавҳаи инъикоскунанда кунҷи афтиши нур ба кунҷи инъикоси он баробар мебошад:  $\alpha = \beta$ .

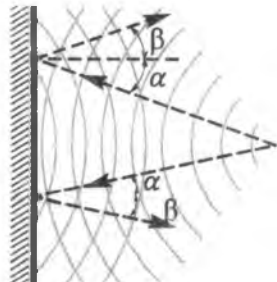
Мувофиқи расми 1.9.4 нури афтида, нури инъикосшуда ва перпендикуляре, ки дар нуқтаи афтиши нур фуруварда шудааст, дар як ҳамворӣ меҳобанд.



Расми 1.9.3



Расми 1.9.4



Расми 1.9.5



Расми 1.9.6

гуногуни ҳамвории инъикоскунанда гуногун буда ва барои ҳар як нуқта ба кунҷи афтиш баробар мебошад.

Мавҷҳои афтида ва инъикосгардида дар ҳамон як муҳит паҳн мегарданд ва суръатҳояшон баробаранду дар фосилаҳои баробари вақт масофаҳои баробарро тай мекунанд.

Қонуни инъикос барои мавҷҳои дилхоҳ аз он ҷумла, мавҷҳои садоӣ ва рӯшноӣ низ иҷро мешавад. Масалан, дар мавриди ба мамониат бархӯрдани мавҷҳои садо он инъикос меёбад ва акси он шунида мешавад. Дар кӯҳҳо акси садо баъди чанд муддат такроран шунида мешавад.

Ҳамаи мавҷҳо новобаста аз табиаташон дар сарҳади ду муҳит мешикананд. Қонунро, ки ба он шикасти мавҷҳо итоат мекунанд, қонуни шикасти мавҷҳо меноманд. Дар расми 1.9.6 шиканиши мавҷҳо дар сарҳади ду муҳит нишон дода шудааст.

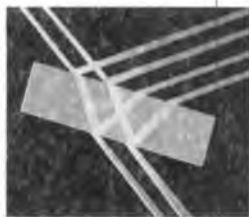
Аз расми 1.9.6 дида мешавад, ки нури мавҷи афтанда дар сарҳади ду муҳит шикаста, равишашро тағйир медиҳад.  $\gamma$  – кунҷи шикасти нур номида мешавад. Мувофиқи қонуни шикасти мавҷҳо:

- 1) нури афтида, нури шикаста ва перпендикуляр ба нуқтаи афтиши нур ба сарҳади ду муҳит фуруварда шуда, дар як ҳамворӣ меҳобанд;
- 2) нисбати синуси кунҷи афтиши нур ба синуси кунҷи шикасти он барои ду муҳити додашуда бузургии собит мебошад ва он нишондоди шикасти нисбии муҳитҳо ( $n_{21}$ ) номида мешавад:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}.$$

Дар ин ҷо ( $n_{21}$ )-ро нишондоди шикасти муҳити дуюм нисбат ба якум низ меноманд.

Нишондоди шикасти муҳит нисбат ба вакуум нишондоди шикасти мутлақ номида мешавад. Аз тарфи дигар, мувофиқи таъриф  $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ ,  $n_1$ ,  $n_2$



Расми 1.9.7

муҳитҳои якум ва дуҷум мебошад. Аз ин ҷо маълум мешавад, ки ҳар як муҳит нишондоди шикасти худро дорад.

Инъикос ва шиканиш барои мавҷҳои рӯшноӣ ба таври аёнӣ хеле хуб мушоҳида карда мешавад. Дастаи борики рӯшноиро ба лавҳаи шишагии гафс равона намуда, дар сарҳади ҳаво ва шиша дар як вақт инъикос ва шикасти рӯшноиро мушоҳида менамоем (расми 1.9.7).

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Инъикоси мавҷ гуфта, чиро меноманд?
2. Шикасти мавҷро маънидод намоед.
3. Нури афтида ва нури шикаста чӣ гуна нурҳоянд?
4. Қонуни инъикоси мавҷ чӣ тавр таъриф карда мешавад?
5. Кунҷи афтиш ва кунҷи шикаст чӣ гуна кунҷҳоянд?
6. Қонуни шикасти мавҷро таъриф диҳед.
7. Нишондоди шикасти нисбии муҳитҳое, ки дар онҳо мавҷ густариш меёбад, чӣ тавр муайян карда мешавад?
8. Нишондоди шуъбикани мутлақ чист?

### 1.10. Мавҷҳои садо

Мавҷҳои чандирие, ки дар гӯши одам эҳсосоти шунавоӣ ҳосил мекунанд, мавҷҳои садо номида мешаванд. Фасли физикаеро, ки ходисаҳои садогиро меомӯзад, акустика (*садошиносӣ*) меноманд. Садоҳо хеле зиёданд. Масалан, овозҳои одам, парандагон, раъду барқ, асбобҳои мусикӣ, ғурӯси нақлиётҳои гуногун садо ба шумор мераванд.

Гӯшҳои инсон садоҳои басомади лаппишашон аз 16Х (Хертс) то 20000 Х-ро мешунавад. Лаппиш ва мавҷҳои дар ин ҳудуди басомадҳо хобандаро мувофиқан лаппиш ва мавҷҳои садоӣ меноманд. Садоҳои басомадашон аз 16 Х камро *инфрасадо* (аз лотинӣ - поёнӣ), аз 20000 Х то  $10^8$  Х-ро *ультрасадо* (аз лотинӣ – *зиёда, бузург*) ва аз  $10^8$  Х то  $10^{10}$  Х-ро *гиперсадо* (аз юнонӣ – аз ҳад зиёд) меноманд. Асосан лаппиш ва мавҷҳои садоӣ дар ҳаво паҳн мешаванд. Ҷисмҳои лаппанда дар ҳаво мавҷро ҳосил мекунанд.

Ин мавҷ ба гӯши одам расида, пардаи онро ба лаппиш мебарорад. Агар басомади он дар ҳудуди мавҷҳои садоӣ хобад, гӯш онро ҳамчун садо мешунавад. Садо дар ҷойи беҳаво (вакуум) паҳн шуда наметавонад. Соли 1660 олими англис Роберт Бойл дар яке аз таҷрибаҳои худ инро исбот намуда буд. Агар ҳавои дохили зарф бо насос кашида шавад, садои зангулаи дохили он шунида намешавад (расми 1.10.1).

Садо дар моеъ ва ҷисмҳои сахт ҳам паҳн мешавад. Садоро ҷисмҳои чандир хеле хуб паҳн мекунанд. Ҷисмҳои чандир





Расми 1.10.1

намдошта (пахта, мохут ва ғайра) садоро қариб паҳн намекунанд, чунки дар натиҷаи мавҷуд будани соиш зарраҳои онҳо зуд аз лаппиш мемонанд.

Садо дар ҷисмҳои сахт ба намууди мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ ва дар моеъҳо ва газҳо ба намууди мавҷҳои тӯлӣ паҳн мегардад.

Манбаҳои мавҷҳои садо – камертон (расми 1.10.2), мембранаи телефон, баландгӯяки радио шаклу андозаҳои гуногун доранд.

Агар манбаи садо аз лавҳаи ҳамвори андозааш аз дарозии мавҷи садои он калон бошад, он гоҳ он ба равиши лаппиши худ мавҷҳои садои фронташ ҳамворро (мавҷи ҳамворро) паҳн менамояд.

Агар андозаи манбаи садо аз дарозии мавҷи садои он хурд бошад, аз он мавҷи садоӣ ба ҳама равиш, яъне куравӣ паҳн мешавад.

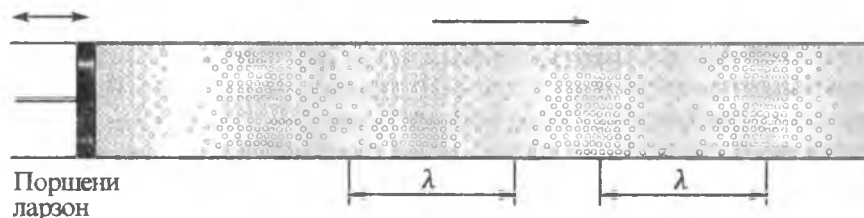
Ҳангоми паҳншавии мавҷҳои тӯлӣ дар газҳо соҳаҳои пайдарпайи зичшавиҳою тунукшавиҳою газӣ ба вучуд меоянд (расми 1.10.3).

Дар моддаҳои гуногун садо бо суръати паҳншавии садо ба зичӣ, хосиятҳои чандирӣ ва ҳарорат вобастагӣ дорад. Суръати садоро аввалин бор соли 1636 олимӣ фаронсавӣ Марен Мерсенн бо роҳи таҷрибавӣ муайян карда буд. Ӯ шабона ҳангоми тирпарронӣ фосилаи байни дидани равшани тир ва шумидани садои тирро чен карда, масофаро ба ин фосилаи вақт тақсим намуд ва суръати садоро дар ҳаво ҳисоб кард. Бо ҳамин усул суръати садоро дар об (дар кӯли Женева) соли 1826 Я. Колладон ва Ж. Штурм чен намуданд. Суръати садо дар моеъҳо ва ҷисмҳои сахт нисбат ба ҳаво хеле зиёд аст.

Дар ҳаво, дар ҳарорати 20°C суръати мавҷҳои садо (ҳамаи дарозииҳои мавҷ) ба 340 м/с баробар аст. Суръати садо барои муҳитҳои гуногун дар ҷадвали 1.10.1 оварда шудааст.



Расми 1.10.2



Муҳит (модда)	Суръати садо (м/с)
Оби баҳр	1530
Об (дар 20°C)	1483
Оҳан	5850
Резин	1800
Гидроген (газ)	1284

Суръати садо  $\vartheta$  бо дарозии мавҷ  $\lambda$  ва басомади лаппишҳо  $\nu$  чунин алоқамандӣ дорад:

$$\vartheta = \lambda \nu \quad (1.10.1)$$

Аз формулаи (1.10.1) дида мешавад, ки дарозии мавҷи ҳамон як садо дар муҳитҳои гуногун қимати ҷарҳела дорад, чунки суръати садо дар ин муҳитҳо гуногун мебошад.

1. Садо гуфта, чиро меноманд?
2. Кадом фасли физикаро акустика меноманд?
3. Лаппишҳои садогӣ чӣ гуна басомадҳо доранд?
4. Чӣ гуна садохоро инфрасадо меноманд?
5. Ультрасадо ва гиперсадо чӣ гуна садохоянд?
6. Гушн одам чӣ гуна садоро ҳис мекунад?
7. Дар чӣ гуна муҳитҳо садо густариш ёфта метавонад?
8. Манбаъҳои садоро номбар намоед.
9. Аз манбаъҳои садо кадом вақт мавҷҳои ҳамвор ва кадом вақт мавҷҳои куравӣ густариш меёбад?
10. Суръати садо ба дарозии мавҷ ва басомади лаппишҳо чӣ гуна алоқамандӣ дорад?
11. Барои чӣ дар муҳитҳои гуногун суръати садо қиматҳои гуногун дорад?

### НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

1. Ҳангоми раъду барқ шахсе овози раъдро баъди 15 с-и афрӯзиши барқ шунид. Разряди ба вучудода аз ин шахс дар кадом масофа буд? Суръати садо дар ҳаво ба 340 м/с баробар аст.

**Дода шудааст:**

$$t = 15$$

$$\vartheta = 340 \text{ м/с}$$

$$S = ?$$

**Ҳал.** Барои муайян кардани масофаи байни шахс ва разряди ба вучудода аз формулаи суръат истифода мебарем:

$$\vartheta = \frac{S}{t}$$

$$\text{Аз ин ҷо } S = \vartheta \cdot t.$$

Қиматҳои адади гузошта, ҳисоб мекунем:

$$S = 340 \text{ м/с} \cdot 15 \text{ с} = 5100 \text{ м.}$$

Ҷавоб:  $S = 5100 \text{ м.}$

2. Дарозии мавҷи садо дар ҳаво барои овози пасти тарини мардона ба 4,3 м ва барои овози баландтарини занона ба 25 см мерасад. Басомади лаппиши ин овозхоро ёбед. Суръати садо дар ҳаво ба 340 м/с баробар аст.

Дода шудааст:

$$\lambda_1 = 4,3 \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$v = 340 \text{ м/с}$$

$$v_1 = ?$$

$$v_2 = ?$$

Ҳал. Аз формулаи вобастагии байни суръати садо, дарозии мавҷи садо ва басомади лаппиш истифода бурда, басомади садоро меёбем:

$$v = \lambda \nu$$

Аз ин ҷо

$$\nu = \frac{v}{\lambda}$$

Қиматҳои адади гузошта, ҳисоб мекунем:

$$\nu_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{340 \text{ м/с}}{4,3 \text{ м}} = 79 \text{ Х}; \quad \nu_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{340 \text{ м/с}}{0,25 \text{ м}} = 1360 \text{ Х.}$$

Ҷавоб:  $\nu_1 = 79 \text{ Х}; \nu_2 = 1360 \text{ Х.}$

## МАШҚИ 5

1. Ҳангоми парвоз хомушак бештар пар мезанад ё мағас?
2. Масофа то монеае, ки садоро инъикос мекунад, 68 м аст. Одам акси садоро пас аз чанд вақт мешунавад? (Ҷавоб: 0,4 с)
3. Садои тӯп баъди 20 с-и дидани афрузиш шунида шуд. Масофаи байни мушоҳидачӣ ва тӯпро муайян намоед. Суръати садо дар ҳаво ба 340 м/с баробар аст. (Ҷавоб: 6800 м)

## 1.11. Тавсифҳои садо

Мо садоҳои мусиқӣ ва галогуларо аз ҳамдигар фарқ менамоем.

Садое, ки эҳсосоти форамро ба вучуд меорад, садои мусиқӣ номида мешавад.

Ба садои мусиқӣ садои асбобҳои мусиқӣ, камертон, овози сурудхон ва ғайра дохил мешаванд.

Садое, ки эҳсосоти нофорамро ба вучуд меорад, галогулар номида мешавад. Ба галогулар садои дарахтзор ҳангоми вазидани шамол, садои одамони бисёри дар як вақт гапзананда, овози ҳаракати вагонҳои поезду трамвай, садои мотори ҳавопаймою чархбол, садои дастгоҳҳои фабрикаю заводҳо дохил мешаванд.

Лаппиши ҳисмҳои дар фосилаҳои баробари вақт ба амал оянда (тори асбоби мусиқӣ, камертон) садои мусиқиро ва лаппиши ҳисмҳои дар фосилаҳои нобаробари вақт ба амал оянда (вагонҳои

поезд) галогуларо ҳосил мекунад. Галогула аз садоҳои басомадашон ҳархела иборат мебошад.

Муқаррар намудани фарқи садоҳои мусиқӣ ва галогула хеле душвор мебошад, чунки ҳамон як садо барои як одам садои мусиқӣ ва барои шахси дигар галогула ба шумор меравад.

Масалан, садои қӯдаки навзод барои волидайнӣ он чун мусиқӣ ва барои дигарон ҳамчун галогула ҳис карда шуданаш мумкин аст.

Тавсифҳои асосии садо интензивият ( $\epsilon$  қувваи садо), баландӣ ва тембр ба шумор мераванд. Интензивияти садо  $I$  бо миқдори энергия  $W$ , ки дар воҳиди вақти  $t$  аз воҳиди сатҳи  $S$  ба самти паҳншавии мавҷи садогӣ амудан ҷойгирбуда нақл меёбад, баробар аст:

$$I = \frac{W}{S \cdot t} \quad (1.11.1)$$

Воҳиди интензивият  $\text{Вт/м}^2$  мебошад. Садоҳо гуногунанд. Масалан, мо ба осонӣ садои ҳуштак, табл, овозҳои мардона ва занонаро фарқ карда метавонем. Ин садоҳо аз ҳамдигар бо басомади лаппишашон фарқ мекунанд. Садоҳои басомадашон пастро садоҳои пастоханг ва садоҳои басомадашон баландро садоҳои баландоханг меноманд.

Ҳамин тариқ, басомади лаппиши мавҷи садогӣ оҳанги садоро муайян менамояд. Камертонҳо мавҷҳои садогии басомади муайян дошта меафкананд. Садоҳои якбасомадаро оҳанги пок мегӯянд. Камертон асбоби пулодини  $U$  – монанд мебошад ва поя дорад (расми 1.10.2). Оҳанги садои афкандаи камертон ба андозаи он вобаста аст. Ҷи қадаре ки андозаи камертон калон бошад, садои дар натиҷаи зарба аз он афканда ҳамон қадар пастртар мешавад.

Садоҳо аз ҳамдигар бо баландиашон фарқ мекунанд. Баландии садо ба энергияи лаппишҳо вобаста аст. Энергияи лаппишҳо ба амплитудайи онҳо вобаста мебошад. Маълум мегардад, ки баландии садо низ ба амплитудайи лаппиш вобастагӣ дорад.

Баландии садо ба интензивияти мавҷи он вобаста аст, аммо ба тӯфайли ба басомадҳои гуногун ҳиссиёти якхела надоштани гӯшҳои инсон ин вобастагӣ хеле мураккаб мебошад. Дар ҳудуди аз 700 то 6000  $\text{Х}$  гӯши инсон ҳиссиёти калонтарин дорад ва дар ин ҳудуд узвҳои шунавоии одам садои интензивияташ  $10^{-11}$ – $10^{-12}$   $\text{Вт/м}^2$ -ро қабул карда метавонад. Интензивияти хурдтарине, ки узви шунавоӣ қабул карда метавонад, ҳудуди шунавоӣ номида мешавад. Интензивияти  $I_0 = 10^{-12}$   $\text{Вт/м}^2$  дар басомади  $10^3$   $\text{Х}$  ҳамчун ҳудуди стандартӣ қабул шудааст. Интензивияти калонтарине, ки гӯши инсон дардро ҳис накарда, ҳамчун садо қабул менамояд, ҳудуди дардҳискусунӣ номида мешавад. Ин ҳудуд барои басомадҳои гуногун фарқ менамояд. Ин ҳудуд дар басомади  $6 \cdot 10^3$   $\text{Х}$ , ба 0,1  $\text{Вт/м}^2$  ва барои басомадҳои пасту баланд то 10  $\text{Вт/м}^2$  баробар мешавад.

Ҳамин тариқ, ҳиссиёти узвҳои шунавоии инсон аз ҳудуди шунавоӣ то ҳудуди дардҳисқунӣ тағйир ёфта метавонад.

Лаппишҳои мураккаби садогиро ба лаппишҳои алоҳидаи даврии басомадашон муайян ҷудо кардан мумкин аст. Маҷмуи ин басомадҳои спектри садо ташкил менамоянд. Басомади хурдтарини ин спектрро *басомади асосӣ*  $\nu_0$  ё *тони асосӣ* (аз юнонӣ - *шиддат*) меноманд.

Маълум мешавад, ки тони садо ба басомади он вобаста аст. Ҷи қадаре ки басомади асосӣ калон бошад, дараҷаи тон ҳамон қадар баланд мешавад. Тонҳои ба тони асосӣ қаратиро ( $2\nu_0, 3\nu_0, 4\nu_0, \dots$ ) *обертонҳо* (аз латинӣ – *болӣ*) меноманд.

Тавсифи дигари садо тембр (аз фаронсагӣ – тобиши обу ранг) ё оҳанги он ба шумор меравад. Агар садоҳои мусиқӣ тони асосии якхела дошта, вале обертонҳои гуногун (спектрашон ҳархела) бошад, он гоҳ онҳо бо тембрашон фарқ мекунаанд.

Нисбати басомади ду садо дар мусиқӣ *ҳудуд* (интервал) номида мешавад. Агар ҳудуди ду садо ба ду баробар бошад, онҳо октаваро ба вучуд меоранд.

Садоҳои мусиқӣ ба 8 октава тақсим мешаванд. Ҳар як октава ба 7 тонҳои асосӣ тақсим мешавад: до, ре, ми, фа, сол, ля, си.

Садоҳои мусиқӣ алифбо доранд, ки онро *нота* меноманд. Бо ин алифбо ҳамаи садоҳои мусиқӣ навишта мешаванд.

Ин алифбо баландии садо ва давомнокии онро нишон медиҳад. Басомади ҳар як нотаи дилхоҳи ягон октава аз ҳамон ҳел нотаи октаваи ҳамсоя 2 маротиба фарқ доранд. Масалан, басомади нотаи «ля» октаваи дуум 160 Ҳ, басомади нотаи «ми» октаваи сеюм 320 Ҳ мебошад.

Умуман, тембри садо бо таркиб, амплитудаи обертонҳо, ҳосиятҳои системаи лаппанда, масалан, садопардаи одамон муайян карда мешавад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом намудҳои садо аз ҳамдигар фарқ менамоянд?
2. Ҷи гуна садоҳои садоҳои мусиқӣ меноманд?
3. Ғалогула чист?
4. Манбаъҳои садоҳои мусиқӣ ва ғалогуларо номбар намоед.
5. Садо бо кадом бузургҳои тавсиф дода мешавад?
6. Интенсивияти садо гуфта, чиро меноманд?
7. Интенсивияти садо ба шакли математикӣ ҷи тавр ифода ва бо кадом воҳид ҷен карда мешавад?
8. Садоҳои пастоҳанг ва баландоҳанг гуфта, ҷи гуна садоҳои садоҳои мусиқӣ меноманд? Оҳанги пок чист?
9. Баландии садо ба кадом бузургҳои вобаста мебошад?
10. Тембри садо гуфта, чиро меноманд?

## 1.13. Резонанси садоӣ

Ҳодисаи резонансро барои лаппишҳои садоӣ низ мушоҳида кардан мумкин аст. Резонанси лаппишҳои садоиро резонанси садоӣ меноманд. Ҳосилшавии резонанси садоиро дар камертон дида мебароем. Камертон худ ба худ садои бисёр суст мебарорад, чунки масоҳати бо ҳаво дар тамосбудаи шохаҳои он хурд аст, бинобар он, ларзиши шохаҳои он миқдори хеле ками зарраҳои ҳаворо ба лаппиш меорад. Одатан пояи камертон дар болои қуттичаи **чӯбин** маҳкам карда мешавад ва он ҳамчун асбоби ҳосилкунандаи резонанс (резонатор) хизмат мекунад. Қуттичаи **чӯбин**ро тавре интиҳоб менамоенд, ки басомади лаппишҳои хусусии он ба басомади мавҷҳои садои афкандаи камертон баробар бошад. Дар натиҷаи рӯй додани резонанс деворҳои қуттӣ низ бо басомади камертон ба лаппиш мебарояд ва дар натиҷа лаппишҳои амплитудааш калон (лаппишҳои резонансӣ) ба вуҷуд меоянд.

Азбаски масоҳати қуттӣ калон аст, садои ҳосилкардаи камертон хеле баланд мешавад. Бинобар ин, қуттии камертонро резонатор меноманд. Асбобҳои мусиқӣ ҳам резонатор доранд. Косаҳои асбобҳои мусиқӣ (тор, рубоб, гижжак ва ғ.) ба сифати резонатор хизмат мекунад. Бе ин косаҳо садои тори асбобҳои мусиқӣ хеле паст мешавад. Даҳони одам низ ҳамчун резонатор ба шумор меравад, садои дар садопардаҳо ҳосил гардидаро пурзӯр мекунад.

Резонанси садоиро дар таҷрибаи зерин мушоҳида кардан мумкин аст (расми 1.13.1).

Зарфи цилиндрии баландқадро (баландиаш қариб 50 см) гирифта, дар болои он камертонро ба лаппиш мебарорем. Ба зарф об рехта истода, дар баландии муайяни сатҳи об якбора баландшавии овози камертонро мешунавем, яъне резонанси садоӣ ба амал меояд ва дар ин вақт басомади лаппиши сутуни ҳавои болои об ҳангоми рехтани он ба басомади лаппиши хоси камертон баробар мешавад.



Расми 1.13.1

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Резонанси садоӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Дар камертон чӣ тавр лаппишҳои резонансиро ҳосил кардан мумкин аст?
3. Резонатор гуфта, чиро меноманд?
4. Дар таҷрибаи дар расми 1.13.1 нишон додашуда кадом вақт резонанси садоӣ ба амал меояд?

## 1.14. Ултрасадо ва инфрасадо

Мавҷҳои инфрасадо ва ултрасадо табиатан мавҷҳои муқаррарии садоиянд, аммо ғушҳои одам онҳоро чун садо ҳис намекунанд. Мувофиқи тадқиқотҳои олимон моҳиҳо инфрасадоро мешунаванд ва филҳои ғӯё тавассути инфрасадо робита доранд.

Ултрасадо дар техника, илм ва соҳаҳои дигар таъбиқи васеъ дорад. Ултрасадоро бо ёрии генераторҳои пезоэлектрикӣ ҳосил мекунанд. Қисми асосии ин гуна генераторҳоро лавҳаи кристаллии кварсӣ ташкил менамояд ва он хосияти аҷиб дорад.

Ҳангоми онро фишурдан, дар рӯяҳои муқобили он зарядҳои электрикӣ (дар як рӯи он заряди мусбат ва дар рӯи дигараш заряди манфӣ) ҳосил мешавад. Ҳангоми ба таъйиқи (деформатсияи) кашидашавӣ дучор қардани лавҳаи кварсӣ аломати заряддоршавӣ дар рӯяҳои он тағйир меёбад.

Инро *ҳодисаи пезоэлектрикӣ* меноманд. Ҳодисаи пезоэлектрикӣ баргарданда мебошад. Агар лавҳаи кварсиро дар майдони электрикӣ тағйирёбанда ҷой диҳем, он гоҳ бо навбат рӯяҳои он гоҳ мусбат ва гоҳ манфӣ заряднок мегардад ва лавҳа гоҳ ба таъйиқи фишурдашавӣ ва гоҳ ба таъйиқи кашидашавӣ дучор гардида, ба лаппиш медарояд. Дар ин вақт аз он дар муҳити ихотакардашуда лаппишҳои ултрасадоӣ паҳн мегардад.

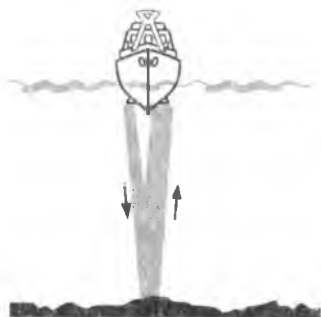
Дар замони ҳозира ултрасадоӣ басомадаш то миллиард Ҳертс ҳосил карда мешавад. Барои ҳосил кардани ултрасадо аз титанати барий истифода бурдан мувофиқ аст. Ултрасадо бо ёрии генераторҳои магнитостриксионӣ низ ҳосил карда мешавад. Баъзе металлҳо (ба монанди оҳан) ва пайвастагии онҳо ҳангоми магнитнокшавӣ андозаи худро тағйир медиҳанд ва ин хосияти онҳоро магнитостриксия меноманд.

Агар милаи оҳанро ба даруни ғалтаки сими изолятсия дошта (рӯйпӯш дошта) ҷой диҳем ва ғалтакро ба манбаи ҷараёни тағйирёбанда пайваस्त намоем, мила ба таври даврӣ магнитнок ва бемагнит мешавад ва ба лаппиш медарояд. Ҳангоми баланд қардани басомади ҷараёни тағйирёбанда мила ба муҳити атроф ултрасадо паҳн мекунад.

Аз генераторҳои магнитостриксионӣ баҳри ҳосил кардани ултрасадоҳои пастбасомад ва аз генераторҳои пезоэлектрикӣ барои ҳосил кардани ултрасадоҳои баландбасомад истифода мебаранд. Ултрасадо дар моеъҳо ва ҷисмҳои саҳт хомӯшшавии кам дорад ва дар ҳаво зуд хомӯш мегардад.

Бо ёрии ултрасадо ҷойи киштиҳои зеробӣ, сангҳои зеробӣ, чуқури баҳрҳо, тарҳи тағи баҳрҳо ва ғайраҳоро муайян менамоянд (расми 1.14.1).

Аз ултрасадо барои санҷидани хусусиятҳои акустикӣ сохтмонҳо (толорҳои консертӣ ва лексионӣ) истифода мебаранд. Дар тахти



Расми 1.14.1

таъсири ултрасадо микроорганизмҳо мемиранд.

Ин хусусияти ултрасадоро баҳри безарар кардани об, шир, маҳсулотҳои хӯрока ва ғайра истифода мебаранд.

Ба воситаи асбоби махсус эхолокатор (садолокатор), нуқсонҳои гуногуни узвҳои мошинҳо ва дигар маснуот – ковокиҳо, тарқишҳо ва ғашҳои номатлубро муайян менамоянд.

Аз ултрасадо барои дар тани беморон ошкор сохтани варамко, тағйироти шакли андозаи баъзе узвҳои бадан, муқаррар кардани хусусиятҳои беморӣ ва муолиҷаи бемориҳо истифода мебаранд.

Барои санҷидани нуқсони даруни металлҳо аз як тарафи он генератори ултрасадоӣ ва аз тарафи дигари он қабулкунандаи ултрасадоро ҷой медиҳанд. Агар металл нуқсон надошта бошад, ултрасадоро қабулкунак ба қайд мегирад. Агар металл нуқсон дошта бошад, ултрасадо аз он инъикос мегардад ва ба қабулкунак омада намерасад.

Делфинҳо ва кӯршапаракҳо локаторҳои ултрасадогии фавқуллодаи мукамал доранд. Делфин дар оби тира импульси ултрасадоӣ фиристодаи худро баъди аз предметҳо ё сайд инъикос ёфтани онҳо қабул карда, роҳи худро муайян мекунад. Кӯршапарак дар шаби тор гушҳои худро ба ҷойи чашм истифода карда, ба монеаҳо бар нахӯрда, озодона парвоз менамояд. Басомади лаппиши ултрасадоӣ афкандаи кӯршапарак 25000-50000 Ҳ мебошад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ултрасадоро чӣ тавр ҳосил менамоянд?
2. Ҳодисаи пезоэлектрикӣ гуфта, чиро меноманд?
3. Магнитостриксиа гуфта, чиро меноманд?
4. Аз генераторҳои магнитостриксионӣ ва генераторҳои пезоэлектрикӣ бо кадом мақсад истифода мебаранд?
5. Аз ултрасадо дар техника, саноат ва тиб чӣ тавр истифода мебаранд?

#### ХУЛОСАИ МУҲИМТАРИНИ БОБ

Ҳаракате, ки пас аз фосилаҳои муайяни вақт айнан ё қариб айнан тақрор мешавад, лаппиш ном дорад. Системае, ки лаппида метавонад, системаи лаппанда ном дорад. Лаппишҳо асоси акустика, оптика, электротехника ва радиотехникаро ташкил менамоянд.



Лаппишҳои озод ва маҷбурии системаи лаппандаро аз ҳамдигар фарқ мекунад.

Лаппишҳоеро, ки дар системаи лаппанда бо таъсири қувваҳои дохилӣ баъди аз ҳолати мувозинатӣ баровардани он ба амал меоянд, лаппишҳои озод меноманд.

Лаппишҳо, ки бо таъсири қувваҳои даврӣ тағйирёбандаи беруни ба амал меоянд, лаппишҳои маҷбури номида мешаванд.

Даври лаппиш  $T$  бо басомади лаппиш чунин алоқамандӣ доранд:

$$T = \frac{1}{\nu}; \quad \nu = \frac{1}{T}.$$

Давр ва басомади раққосаки пружинӣ бо формулаҳои зерин ифода карда мешаванд:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Даври лаппиши раққосаки математикӣ ва басомади он аз формулаҳои зерин муайян карда мешаванд:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Тахти таъсири қувваи соиш амплитудаи лаппиш оҳиста-оҳиста кам мешавад ва лаппишро дар ин маврид хомӯшшаванда меноманд.

Ҳангоми баробар гардидани басомади қувваи даврӣ тағйирёбандаи беруни ва басомади хусусии системаи лаппанда ҳодисаи резонанс ба амал меояд ва амплитудаи лаппиши маҷбури яқбора меафзояд.

Дар муҳитҳои чандир пахншавии лаппишро мавҷи механикӣ меноманд. Суръати густариши лаппишро дар муҳит суръати мавҷ меноманд. Суръати мавҷ  $\vartheta$  аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\vartheta = \frac{\lambda}{T}.$$

Мавҷҳои арзӣ ва тӯлиро аз ҳамдигар фарқ мекунад.

Мавҷҳо, ки дар онҳо зарраҳои муҳит нисбат ба самти густариши мавҷ амудӣ мелаппанд, мавҷҳои арзӣ номида мешаванд.

Мавҷҳоеро, ки дар онҳо самти лаппишҳои зарраҳои муҳит ба самти густариши мавҷ мувофиқ меояд, мавҷҳои тӯлӣ меноманд.

Ҷуши одам танҳо мавҷҳои басомади лаппишашон аз 16 Ҳ то 20000 Ҳ-ро чун мавҷҳои садоӣ ҳис мекунад. Мавҷҳои садоии басомадашон аз 20000 Ҳ зиёдро мавҷҳои ултрасадо ва мавҷҳои садоии басомадашон аз 16 Ҳ камро мавҷҳои инфрасадо меноманд.

Мавҷҳои ултрасадо дар техника, илм ва соҳаҳои дигар татбиқи васеъ доранд.

## Боби 2

### ЛАПШИШ ВА МАВЧҶОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ

Акнун баъди омӯзиши лапшиш ва мавҷҳои механикӣ бо лапшиш ва мавҷҳои электромагнитӣ шинос мегардем.

Дар байни ҳодисаҳои электромагнитӣ лапшишҳои электромагнитӣ мавқеи махсус доранд. Аз лапшишҳои электромагнитӣ барои нақли энергия дар телевизион, радио, радиолокатсия, телефон, телеграф, компютерҳо, интернет ва ғайраҳо ба таври васеъ истифода бурда мешавад.

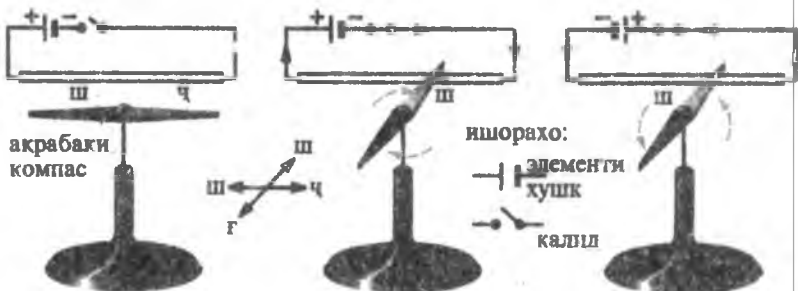
Барои организми инсон низ лапшишҳои электромагнитӣ роли калон мебозанд. Аз рӯи лапшишҳои электрикӣ ҳолати саломати кори дил ва майнаи одамро духтурон муайян менамоянд. Рӯшноӣ низ чун лапшишҳои аз лапшишҳои электромагнитӣ иборатбуда мавҷи электромагнитӣ ба шумор меравад.

Лапшиши ҷараёни электрикӣ ва шиддат дар контури лапшиш, ҷараёни тағйирёбанда, лапшиши шадидиятҳои майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ дар майдони электромагнитии тағйирёбанда лапшишҳои электромагнитӣ мебошанд.

Тағбиқи васеи амалӣ доштани лапшишҳои электромагнитӣ зарурати омӯзиши онҳоро ба миён меорад.

#### 2.1. Ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ

Олими даниягӣ Х. Эрстед соли 1820 дар таҷриба (расми 2.1.1) нишон дод, ки ҳангоми аз ноқил ҷорӣ гардидани ҷараёни электрикӣ



Расми 2.1.1

акрабаки магнитӣ аз мавқеи аввалаи худ ба як тараф майл мекунад.

Аз ин таҷриба маълум шуд, ки ҷараёни электрикӣ майдони магнитӣ ҳосил мекунад ва он тасдиқ намуд, ки ҳодисаҳои электрикӣ ба магнитӣ ба ҳамдигар алоқаи зич доранд.

Физиқи англис Майкл Фарадей аз таҷрибаи Эрстед огоҳ гардида, ба тадқиқи вобастагии ҳодисаҳои магнитӣ ва электрикӣ оғоз намуд. Ӯ дар назди худ савол гузошт: «Агар ҷараёни электрикӣ майдони магнитӣ ҳосил намояд, дар навбати худ майдони магнитӣ бояд ҷараёни электрикӣ ҳосил кунад». Чустуҷӯии Фарадей қариб 10 сол давом намуд ва соли 1831 ӯ бо ёрии майдони магнитӣ ҳосил намудани ҷараёни электрикӣ кашф намуд ва ин ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ ном дорад.

**Ҷараёне, ки дар ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ ҳосил мешавад, ҷараёни индуксионӣ номида мешавад.**

Индуксия – аз калимаи латинӣ *inductio* гирифта шудааст ва маънояш бедор кардан, ангезиш мебошад. Барои фаҳмидани моҳияти ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ таҷрибаҳои Фарадейро дида мебароем.

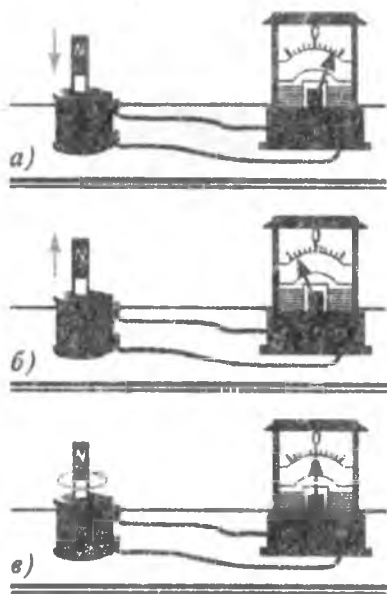


Майкл Фарадей (1791-1867) – физиқи бузурги англис, дар тараққиёти таълимот дар бораи ҳодисаҳои электромагнитӣ роли хеле калон бозидааст. Ӯ ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ ва қонунҳои электролизро кашф намудааст. Фарадей аввалин бор мафҳумҳои майдони электрикӣ ва магнитиро дохил кардааст. Фикрҳои аввалин дар бораи вобастагии ҳодисаҳои электрикӣ, магнитӣ ва рӯшноӣ ба ӯ тааллуқ доранд. Ӯ усули ба моеъ табдил додани газҳоро пешниҳод намудааст.

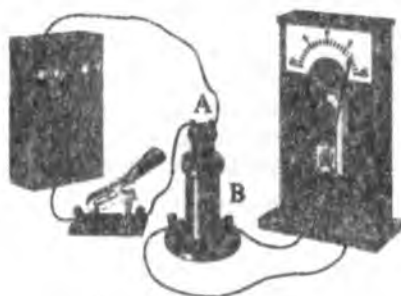
### САВОЛҲО БАҶОИ ТАҚРОР

1. Майдони магнитиро чӣ ҳосил мекунад?
2. Мавҷудияти майдони магнитиро дар атрофи нокили ҷараёндор кӣ кашф намуд?
3. Оё майдони магнитӣ ҷараёни электрикӣ ҳосил карда метавонад?
4. Ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ гуфта, чиро меноманд ва оиро кӣ кашф кард?
5. Чӣ гуна ҷараёнро ҷараёни индуксионӣ меноманд?
6. Кашфиётҳои Эрстед ва Фарадей байни ҳамдигар чӣ гуна алоқамандӣ доранд?

## 2.2. Таҷрибахон Фарадей



Расми 2.2.1



Расми 2.2.2

чараён, кам кардани он ва аз дохили ғалтаки калон баровардани ғалтаки хурд ба тарафи муқобил майл менамояд.

**Таҷрибаи сеюм.** Ғалтаки ноқили мулоими дахҳо печак доштаро дар назди магнит гузошта, онро ба галванометр пайваст мекунем (расми 2.2.3). Ҳангоми фишурдан ва дароз намудани ғалтак галванометр бузургии чараёни индуксионии самтхояш муқобилро нишон медиҳад. Аз ин таҷрибаҳо Фарадей ба хулосае омад, ки чараёни индуксионӣ ҳангоми печакҳои ғалтакро бурида гузаштани хатҳои магнитии шумораашон тағйирёбанда ба вучуд меояд.

**Таҷрибаи якум.** Нӯгҳои сими ғалтакро ба галванометр пайваст намуда, ба он магнити доимӣ бо суръати калон дохил карда мешавад (расми 2.2.1).

Ҳангоми ба ғалтак дохил кардан ва аз он баровардани магнит акрабаки галванометр майл намуда, бузургии чараёни индуксиониро нишон медиҳад.

Самти майлкунии акрабаки галванометр ҳангоми дохил кардан ва баровардани магнит ба ҳамдигар муқобиланд. Чӣ қадаре, ки суръати ҳаракати магнит калон бошад, майлкунии акрабаки галванометр ҳамон қадар зиёд мегардад.

**Таҷрибаи дуюм.** Ғалтаки хурдак ба даруни ғалтаки калон гузошта мешавад (расми 2.2.2). Ғалтаки калон ба галванометр ва ғалтаки хурд ба манбаи чараён ба воситаи реостат пайваст карда мешавад.

Ҳангоми пайваст кардан ва қатъ кардани чараён, зиёд ва кам кардани он бо ёрии реостат, нисбати ҳамдигар ҷойивазкунонида ни ғалтакҳо майлкунии акрабаки галванометр ба амал меояд.

Ҳангоми пайваст кардани чараён, афзудани он ва ба ғалтаки калон дохил намудани ғалтаки хурд акрабаки галванометр ба як тараф ва ҳангоми қатъ кардани

Хатҳои магнитие, ки ягон сатхро бурида мегузарад, сели магнитиро ҳосил мекунад.

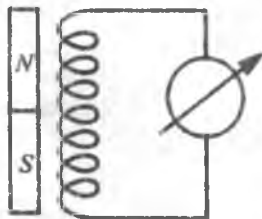
Дар таҷрибаҳои Фарадей ҷараёни индуксионӣ танҳо ҳангоми тағйирёбии сели магнитии печакҳои ғалтакро бурида гузаранда ба амал меояд.

Ҳангоми дар доҳили ғалтак ҷарх занондани магнит (расми 2.2.1, в) ҷараёни индуксионӣ ҳосил намешавад, чунки сели магнитие, ки печакҳои ғалтакро бурида мегузарад, тағйир намеёбад.

Ҳамин гарик, аз таҷрибаҳои Фарадей бармеояд, ки ҳамагуна тағйирёбии сели магнитии сатҳи ноқили сарбастро бурида гузаранда дар ноқил ҷараёни индуксиониро ба вуҷуд меорад, ки дар давоми вақти тағйирёбии сели индуксияи магнитӣ мавҷудияти худро нигоҳ медорад.

Кашфи ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ яке аз муваффақиятҳои хеле намоёни илмии нимаи аввали асри XIX ба шумор меравад. Он алоқамандии байни ҷараёни электрикӣ ва майдони магнитиро ба пуррагӣ муқаррар ва таракқиёти электротехникаю радиотехникаро таъмин намуд.

Тарзи кори генераторҳои энергияи электрикӣ, трансформаторҳо ба ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ асос ёфтааст.



Расми 2.2.3

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар боран таҷрибаҳои Фарадей маълумот диҳед ва нақшаи онҳоро кашед.
2. Чаро ҳангоми дар доҳили ғалтак ором будани магнит ҷараёни индуксионӣ ҳосил намешавад?
3. Сабаби дар ғалтакҳо ҳосилшавии ҷараёни индуксионӣ аз чӣ иборат аст?

### 2.3. Майдони электромагнитӣ

Чи тавре ки маълум аст, зарраҳои заряддори ором дар атрофи худ майдони электрикӣ ва ҷараёни электрикӣ (зарраҳои заряддори ба як самт ҳаракаткунанда) дар атрофи худ майдони магнитиро ҳосил мекунад.

Хатҳои магнитии майдони магнитии ноқилҳои ҷараёндорро фарогиранда сарбаста мебошанд. Майдони магнитиро майдони гирдпеч меноманд. Майдонҳои электрикӣю магнитӣ бефосилаанд ва ба ҳамдигар робитаи зич доранд.

Аз омӯзиши ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ маълум гардид, ки майдони магнитии тағйирёбанда майдони электрикӣю тағйирёбанда ба вуҷуд меорад.



Чеймс Клерк Максвелл (1831-1879) - олими гениалии англис.

У назарияи майдони електромагнитиро ба вучуд овард ва назарияи электромагнитии рушноиро кор карда баромадааст.

Хамин тарик, майдони электрикиро дар баробари зарядҳои электрикӣ, инчунин майдони магнитии тағйирёбанда низ ба вучуд меорад.

Олими англис Чеймс Максвелл хосиятҳои майдони электрикию магнитиро омӯхта, дар назди худ чунин савол гузошт: агар майдони магнитии тағйирёбанда майдони тағйирёбандаи электрикиро ба вучуд орад, майдони электрикии тағйирёбанда дар навбати худ майдони магнитии тағйирёбандаро ба вучуд меорад?

Дар асоси тадқиқотҳои худ Максвелл назариявӣ робитаи байни майдонҳои электрикию магнитии тағйирёбандаро муқаррар ва маълум намуд, ки ин майдонҳо бе якдигар вучуд дошта наметавонанд; ҳар гуна тағйирёбии майдони маг-

нитӣ боиси дар фазои ихотақунанда пайдошавии майдони тағйирёбандаи электрикӣ мегардад ва ҳар гуна тағйирёбии майдони электрикӣ боиси дар фазои ихотақунанда пайдошавии майдони тағйирёбандаи магнитӣ мегардад.

**Майдони тағйирёбандаи электрикӣ ва майдони тағйирёбандаи магнитиро дар якҷоягӣ майдони электромагнитӣ меноманд.**

Майдони электромагнитӣ шакли махсуси материя буда, ба виситаи он таъсири мутақобили электромагнитӣ ба амал меояд.

Яке аз хосиятҳои асосии майдони электромагнитӣ аз он иборат аст, ки дар фазо бо суръати рушноӣ паҳн мешавад.

**Паҳншавии лапшиҳои электромагнитиро дар фазо мавҷи электромагнитӣ меноманд.**

Мавҷҳои электромагнитӣ мавҷҳои арзӣ мебошанд.

Масофае, ки ба он мавҷи электромагнитӣ дар муддати вақти ба як даври лапшиш  $T$  баробар паҳн мешавад, дарозии мавҷи электромагнитӣ номида мешавад:

$$\lambda = c \cdot T \quad (2.3.1)$$

ё

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2.3.2)$$

Дар ин ҷо  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – суръати паҳншавии мавҷи электромагнитӣ,  $\nu$  – басомади лапшиш мебошад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Майдони электрикиро чӣ ҳосил мекунад?
2. Майдони магнитиро чӣ ҳосил мекунад?
3. Майдони гирдпеч гуфта, чӣ гуна майдонро меноманд?
4. Майдони электрикиро ғайр аз зарядҳои электрикӣ боз чӣ ҳосил карда метавонад?
5. Майдонҳои электрикию магнитии тағйирёбанда чӣ гуна робита доранд?
6. Майдони электромагнитӣ чист?
7. Мавҷи электромагнитӣ гуфта, чиро меноманд?
8. Дарозии мавҷи электромагнитиро маънидод намоед.
9. Мавҷи электромагнитӣ бо кадом суръат густариш меёбад?
10. Дар байни суръати густариши мавҷи электромагнитӣ, дарозии мавҷ ва даври лапиш чӣ гуна вобастагӣ мавҷуд аст?

### МАШҚИ 6

1. Дарозии мавҷи электромагнитиро барои басомади лапиши  $600 \text{ кҲ}$  муайян намоед. (Ҷавоб:  $500 \text{ м}$ )
2. Радиоприёмники «Соната» ду диапазони мавҷояш кӯтоҳи  $41\text{--}75 \text{ м}$  ва  $24,8\text{--}33,3 \text{ м}$  дорад. Ҳудудҳои басомадҳои мувофиқро ҳисоб кунед.

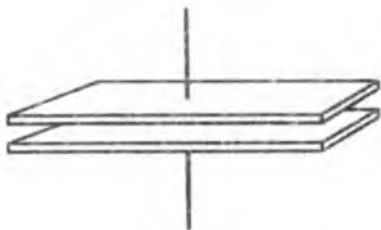
## 2.4. Контури лапиш

Дар асри XIX физикони фаронсавӣ Ф. Савар ва Федерсен ба қайд гирифтанд, ки безарядшавии банкаи лейденӣ (конденсатори аввалин) ба воситаи галтак табиати лапишноқ дорад. Савар нишон дод, ки ҳангоми ба воситаи ноқили спиралшакл (печдор) безаряд кардани банкаи лейденӣ сихҳои пӯлодини дилаки дар дохили он буда ба самтҳои ҳархела магнитноқ мешаванд.

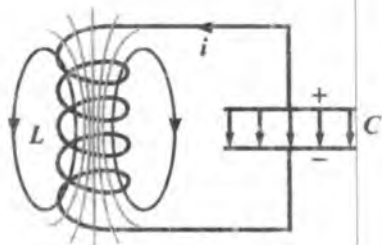
*Конденсатор гуфта, ду ноқилро меноманд, ки аз якдигар бо қабати диэлектрикии ба қадри кофӣ тунук ҷудо мебошанд. Ноқилҳои таркибдиҳандаи конденсаторро рӯяҳо ё пӯшаҳои конденсатор меноманд.*

Конденсатори ҳамвор аз ду лавҳаи якхелаи параллелие иборат аст, ки онҳо аз якдигар начандон дур ҷой дода шудаанд (расми 2.4.1). Заряди конденсатор гуфта, қимати мутлақи заряди яке аз рӯяҳои он фаҳмида мешавад. Аз конденсаторҳо барои дар ҳаҷми хурд захира кардани заряди калони электрикӣ дар занҷирҳои ғуногуни электрикӣ истифода мебаранд.

Федерсен дар занҷири банкаи лейденӣ сакҳои металлиро пайваст намуда, ҳангоми безарядшавии конденсатор шарораи байни



Расми 2.4.1



Расми 2.4.2

саққохоро мушоҳида намуда, муқаррар кард, ки шарора аз як қатор разрядҳои пайдарпайи равшаниаш камшаванда иборат мебошад.

Ҳамин тариқ, таҷрибаҳои Савар ва Федерсен ба вучудии лапшишҳои электрикиро тасдиқ намуданд.

**Занҷири электрикӣ аз конденсатори  $C$  ва ғалтаки  $L$  иборат бударо контури лапшиш меноманд (расми 2.4.2).**

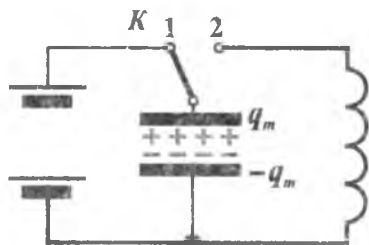
Аз контури лапшиш барои ҳосил кардани лапшишҳои электромагнитӣ истифода мебаранд.

Ҳосилшавии лапшишҳои электрикиро дар контур дида мебароем.

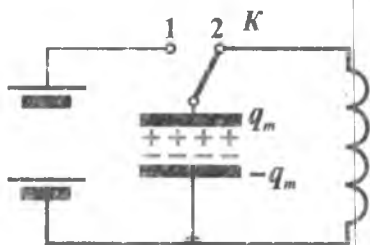
Конденсаторро бо ёрии калиди  $K$  ба батарея пайваस्त намуда, заряддор менамоем (расми 2.4.3).

Дар ин лаҳза конденсатор ба энергияи электрикӣ калонтарин соҳиб мешавад. Ин ҳолати контур ба ҳолати раққосаки аз мавқеи мувозинатӣ майлқунонидашуда (расми 2.4.5, а; раққосак энергияи потенциалии калонтарин дорад) монандӣ дорад. Калиди  $K$ -ро аз ҳолати 1 ба ҳолати 2 мегузаронем (расми 2.4.4). Дар ин лаҳза безарядшавии конденсатор оғоз меёбад ва дар занҷир ҷараёни электрикӣ ҷорӣ мешавад ва бузургии он тадричан меафзояд. Ин ҷараён дар ғалтак майдони магнитиро ба вучуд меорад.

Дар лаҳзае, ки конденсатор безаряд ва майдони электрикӣ нест мешавад, майдони магнитии ғалтак ба қимати калонтарин соҳиб мешавад ва ин ҳолати контур ба ҳолати раққосаки аз мавқеи мувозинатӣ гузаранда монанд аст (расми 2.4.5, б; раққосак энергияи кинетикии калонтарин дорад). Дар ин лаҳза дар контур энергияи майдони электрикӣ ба энергияи майдони магнитӣ табдил меёбад.



Расми 2.4.3



Расми 2.4.4



1. Ҳосилшавии лаппишҳои электрикиро киро ба қайд гирифта буданд? Таҷрибаҳои онҳоро маънидод намоед.
2. Контури лаппиш гуфта, чиро меноманд?
3. Ҳосилшавии лаппишҳои электрикиро дар контури лаппиш маънидод намоед.
4. Дар контури лаппиш чӣ гуна табилаҳои энергия ба амал меояд?
5. Лаппишҳои электрики дар контури лаппиш ба амалоянда бо лаппиши раққосаки математикӣ чӣ гуна монандӣ дорад?
6. Лаппиши электромагнитӣ гуфта, чиро меноманд?
7. Дар радиотехника чӣ гуна лаппишҳои электромагнитиро истифода мебаранд?

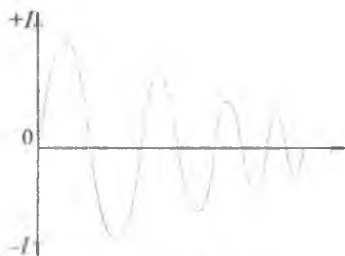
## 2.5. Лаппишҳои электромагнитии озод дар контур

Дар контури лаппиш майдони электрикӣ дар байни лавҳаҳои конденсатор ва майдони магнитӣ дар дохили ғалтак марказонида шудаанд. Дар ин маврид афканишоти энергияи электромагнитӣ хеле суст ба амал меояд.

**Контури лаппише, ки дар он афканишоти энергияи электромагнитӣ ба муҳити атроф хеле ночиз аст, контури лаппиши пушида номида мешавад.**

Дар контури лаппиш заряди конденсатор ва шиддати байни лавҳаҳои он, қувваи ҷараёни дар он ҷоришаванда ба таври даврӣ тағйир меёбанд ва инро низ лаппиши электрикӣ меноманд.

Чӣ қадаре ки ба контури лаппиш энергияи зиёд дода шавад, дар он амплитудаи лаппишҳо ҳамон қадар калонтар мешавад. Азбаски ғалтак ва симҳои пайвастанандаи контур муқовимати  $R$  доранд, бинобар ин, як қисми энергияи майдони электромагнитии он ба энергияи дохилии ноқилҳо табила ёфта, амплитудаи лаппиш бо гузашти вақт кам мешавад ва лаппишҳои электрикӣ хомӯш мегарданд. Азбаски муқовимати элементҳои контурро то ба сифр кам кардан имконнопазир аст, бинобар он, лаппишҳои хос дар контури лаппиш ҳамеша хомӯшшаванда мебошад. Лаппиши хомӯшшаванда ба намуди графикӣ дар расми 2.5.1 нишон дода шудааст. Лаппишҳои хомӯшшавандаи электрикиро лаппишҳои озоди электрикӣ меноманд.



Расми 1.5.1

Лаппишҳои озоди электрикӣ баъди ба конденсатор додани заряди системаро аз вазъияти мувозинатӣ бароранда ба амал меоянд.

Заряднокшавии конденсатор ба аз вазъияти мувозинат дур шудани раққосак монандӣ дорад. Лаппиши электрикии озод бо лаппишҳои озоди механикии система, ки дар он ба таври даврӣ табилёбии энергияи кинетикӣ ба потенциалӣ ва баръакс ба амал меояд, монандии зиёд дорад.

### САВОЉОҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Контури лаппиши пушида гуфта, чиро меноманд?
2. Дар контури лаппиши пушида афканишоти энергияи электромагнитӣ чӣ тавр ба амал меояд?
3. Чӣ гуна лаппишҳои электрикиро хомӯшшаванда меноманд?
4. Барои чӣ дар контури лаппиш лаппишҳои электромагнитӣ хомӯш мегарданд?
5. Лаппиши хомӯшшавандаи электромагнитиро ба таври графӣ тасвир кунед.
6. Лаппишҳои электрикии озод гуфта, чиро меноманд?

## 2.6. Давр ва басомади лаппиши электромагнитии озод

Муддати вақте, ки дар давоми он шиддат дар лавҳаҳои конденсатор ё ҷараён дар ғалтаки контури лаппиш як лаппиши пурра иҷро мекунад, даври лаппиши электромагнитӣ номида мешавад.

Даври лаппиш бо сонияҳо чен карда мешавад.

Шумораи лаппишҳои электромагнитиро дар як сония басомади лаппишҳои электромагнитӣ меноманд ва бо даври лаппиш чунин вобастагӣ дорад:

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (2.6.1)$$

Агар дар муддати вақти  $t$ ,  $N$  лаппиши пурра ба амал ояд, он гоҳ басомади лаппиш чунин муайян карда мешавад:

$$\nu = \frac{N}{t}. \quad (2.6.2)$$

Дар асоси формулаи (2.6.2) барои даври лаппиш аз ифодаи (2.6.1) ҳосил менамоем:

$$T = \frac{t}{N}. \quad (2.6.3)$$

Ба сифати воҳиди басомад  $1\text{X}$  (Ҳертс) қабул карда шудааст. Воҳиди басомад ( $X$ ) ба шарафи физики олмон Ҳертс номгузорӣ шудааст.

1. Даври лаппиши электромагнитӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Басомади лаппишҳои электромагнитӣ бо даври лаппиш чӣ гуна вобастагӣ дорад?
3. Даври лаппиш бо шумораи лаппишҳо чӣ гуна вобастагӣ дорад?

## 2.7. Лаппишҳои мачбурӣ

Лаппишҳои хомӯшнашаванда татбиқи амалии хеле кам доранд. Дар радиотехникаи замони ҳозира аз лаппишҳои хомӯшнашаванда ба таври васеъ истифода мебаранд. Барои дар контур ҳосил кардани лаппишҳои хомӯшнашаванда дар давоми як давр на камгар аз як бор энергияи талафёфтаро пурра кардан лозим аст.

Соли 1913 усули ҳосилкунии лаппишҳои хомӯшнашавандаи электромагнитӣ бо ёрии лампаҳои электронии сеэлектрода кашф карда шуд, ки он асоси радиотехникаи муосир мебошад.

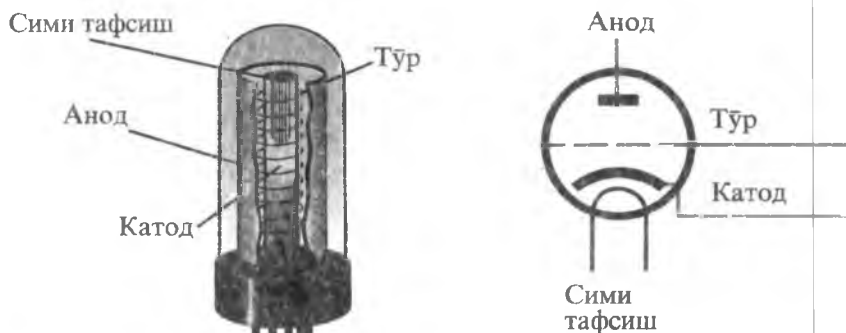
Сохт ва нақшаи лампаи электронии сеэлектрода дар расми 2.7.1 нишон дода шудааст.

Аз расми 2.7.1 дида мешавад, ки лампаи электронии сеэлектрода (триод) аз зарфи шишагӣ иборат аст, ки дар дохили он се электроди металлӣ ҷойгир карда шудааст: риштаи борик (катод), цилиндри деворхояш тунук (анод), спирал (тӯр).

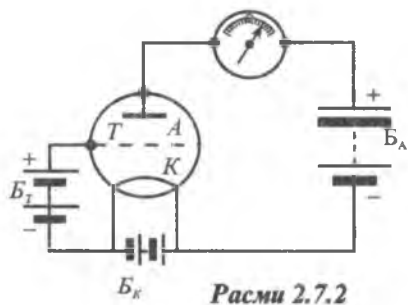
Ҳавои дохили зарфи шишагӣ кашида шудааст, яъне электродҳои лампа дар вакууми баланд ҷойгир мебошад.

Дар лампаи электронии сеэлектрода ҷараёни анодиро ҳангоми тағйир додани шиддати байни тӯр ва катод бо ёрии тӯр идора намудан мумкин аст. Ба занҷири электрикӣ пайваст намудани триод дар расми 2.7.2 нишон дода шудааст.

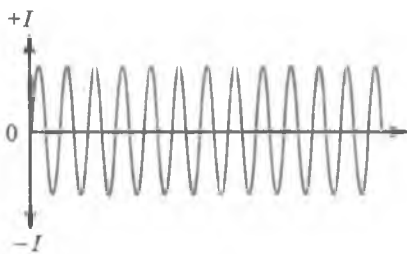
Дар байни тӯр ва катод бо ёрии батареяи ёридиҳандаи  $B_1$  ин ё он шиддатро ҳосил намуда, шиддати анодиро тағйир надода, ҷараёни анодиро тағйир додан мумкин аст.



Расми 2.7.1



Расми 2.7.2



Расми 2.7.3

Барои ҳосил намудани лаппишҳои хомӯшнашавандаи басомадаш баланд, ки барои алоқаи радио истифода бурда мешавад, лампаи сеэлектрода ба контури лаппиш пайваस्त карда мешавад.

Лампа дар муддати ҳар як давр манбаи ҷараёни контури лаппишро дар лаҳзаи зарури пайваस्त карда, онро бо энергияи иловагӣ таъмин менамояд ва дар контур лаппишҳои хомӯшнашаванда ҳосил мешавад.

Дар расми 2.7.3 графикои лаппишҳои хомӯшнашаванда нишон дода шудааст.

Ҷараёнҳое, ки дар лампа ба контури лаппиш пайваस्तшуда ҳангоми ҳосилшавии лаппишҳои хомӯшнашаванда ба амал меоянд, ба ҷараёнҳои дар соатҳои равшкосакдор бавучудоянда монандии наздик доранд.

Аз графикои расми 2.7.3 дида мешавад, ки амплитудани лаппиш бо гузаштани вақт собит мебошад.

**Лаппишҳои электромагнитии амплитудаашон собитро, ки аз ҳисоби энергияи беруна ба таври даврӣ додашаванда дар контури лаппиш ба амал меояд, лаппишҳои маҷбурӣ меноманд.**

Ҳамин тариқ, лаппишҳои хомӯшнашавандаи лаппишҳои маҷбурӣ ба шумор мераванд. Дар радиотехника лаппишҳои маҷбурӣ татбиқи васеи амалӣ доранд.

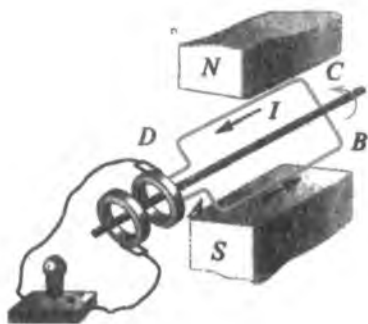
Барои ҳосил намудани лаппишҳои маҷбурӣ ба ҷои лампаи электрони сеэлектрода транзисторро низ истифода мебаранд.

#### САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Лаппишҳои хомӯшнашавандаи электромагнитиро бо ёрии чӣ гуна лампаҳо ҳосил мекунанд?
2. Лампаи электрони сеэлектрода чӣ гуна сохт дорад?
3. Бо ёрии лампаҳои электрони сеэлектрода ҳосил кардани лаппишҳои хомӯшнашавандаи электромагнитиро маънидод намоед.
4. Лаппиши маҷбурӣ гуфта, чӣ гуна лаппишҳоро меноманд?
5. Лаппишҳои маҷбурӣ чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?

## 2.8. Чараёни электрикии тағйирёбанда

Чараёни электрикие, ки бо гузашти вақт бузургӣ ва самти он тағйир меёбад, чараёни электрикии тағйирёбанда номида мешавад.



Расми 2.8.1

дорад, ки дар 1 сония чараён 50 маротиба равишашро гоҳ ба як сӯ, гоҳ ба сӯи муқобил равона менамояд.

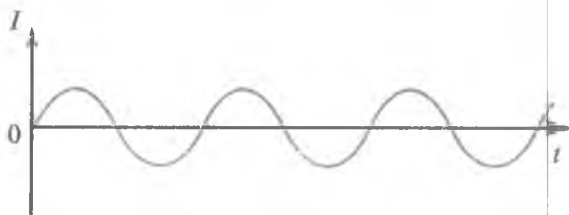
Барои ҳосил намудани чараёни электрикии тағйирёбанда ҷарҳзании контури  $ABCD$ -ро дар майдони магнитии доимӣ ва якҷинса дида мебароем (расми 2.8.1).

Бигзор контур бо суръати кунҷии доимӣ ( $\omega = const$ ) ба муқобили акрабаки соат ҷарҳ занад.

Дар ин маврид дар асоси ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ дар ноқилҳои  $AB$  ва  $CD$  чараёни индуксионӣ ҳосил мешавад, ки самти он аз рӯи қоидаи дасти рост муайян карда мешавад. Барои муайян кардани самти чараёни индуксионӣ дасти ростро тавре мегузорем, ки хатҳои магнитӣ рост ба қафи даст дохил гарданду нарангушти кушода ба самти ҳаракати ноқил равона шавад, он гоҳ чор ангушти рост самти чараёни индуксиониро нишон медиҳанд. Дар ноқили  $AB$  чараён аз  $A$  ба  $B$  ва дар ноқили  $CD$  аз  $C$  ба  $D$  равона аст. Ҳангоми ба  $180^\circ$  гардиш ҳурдани



Расми 2.8.2



Расми 2.8.3

контур самти чараён дар ноқилҳои  $AB$  ва  $CD$  ба самти муқобил тағйир меёбанд. Чараёни электрикии ҳосилгардида лампаро фурузон мекунад.

Чараёни тағйирёбанда лаппиши маҷбурӣ ба шумор меравад. Бинобар ин, ҳамаи тавсифҳои лаппишҳо барои чараёни электрикии тағйирёбанда низ истифода бурда мешаванд.

Лаппишҳои шиддатро ба воситаи осциллограф мушоҳида кардан мумкин аст (расми 2.8.2). Агар аз шабака ба лавҳаҳои нурро дар ҳамвории вертикалӣ тамоилдиҳанда шиддати тағйирёбанда диҳем, он гоҳ густараи вақтина дар экран синусоидаро нишон медиҳад. Графики чараёни тағйирёбанда дар расми 2.8.3. нишон дода шудааст.

Дар занҷири чараёни тағйирёбанда аз қимати миёнаи тавоноии чараён истифода мебаранд:

$$\bar{P} = \bar{I}^2 R, \quad (2.8.1)$$

дар ин ҷо  $\bar{I}^2$  қимати миёнаи квадрати қувваи чараён дар як давр мебошад:

$$\bar{I}^2 = \frac{I_m^2}{2}, \quad (2.8.2)$$

дар ин ҷо  $I_m$  – амплитудайи калонтарини қувваи чараён аст.

Аз ифодаҳои (2.8.1) ва (2.8.2) барои қимати миёнаи тавоноии чараёни тағйирёбанда ҳосил мекунем:

$$\bar{P} = \frac{I_m^2}{2} R. \quad (2.8.3)$$

Бузургии ба решаи квадратии қимати миёнаи квадрати қувваи чараён баробарбударо қимати самарабахши қувваи чараёни тағйирёбанда  $I$  меноманд:

$$I = \sqrt{\bar{I}^2} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (2.8.4)$$

Қимати самарабахши қувваи чараёни тағйирёбанда ба қувваи чараёни доимие баробар аст, ки дар ноқил ҳамон миқдор гармӣ ҷудо мекунад, ки онро чараёни тағйирёбанда дар ҳамон вақт ҷудо кардааст.

Қимати самарабахши шиддати тағйирёбанда аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$U = \sqrt{\bar{U}^2} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad (2.8.5)$$

дар ин ҷо  $U_m$  – амплитудайи калонтарини шиддат аст.

Дар занҷири чараёни тағйирёбанда амперметрҳо ва вольтметрҳо қиматҳои самарабахши қувваи чараён ва шиддатро нишон медиҳанд.

Қимати миёнаи тавоноии ҷараёни тағйирёбанда  $\bar{P}$  ё тавре ки қабул шудааст, тавоноии ҷараёни тағйирёбанда дар асоси қиматҳои самарабахши қувваи ҷараён ва шиддат муайян карда мешавад:

$$\bar{P} = I^2 R = UI. \quad (2.8.6)$$

Яъне тавоноии ҷараёни тағйирёбанда ба ҳосили зарби қиматҳои самарабахши қувваи ҷараён ва шиддат баробар мебошад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна ҷараёни электрикиро тағйирёбанда меноманд?
2. Дар ҷумҳурии мо ҷараёни электрикии тағйирёбандаи чӣ гуна басомад доштара истифода мебаранд?
3. Ҳосилшавии ҷараёни тағйирёбандаро дар контури дар майдони магнитӣ ҷархзананда маънидод намоед.
4. Қимати самарабахши қувваи ҷараёни тағйирёбанда гуфта, чиро меноманд?
5. Қимати самарабахши шиддати тағйирёбанда ба чӣ баробар аст.
6. Амперметр ва вольтметрҳо дар занҷирҳои ҷараёни тағйирёбанда чиро нишон медиҳанд?
7. Формулаи тавоноии ҷараёни тағйирёбандаро навишта, маънидод намоед.

## 2.9. Генератори ҷараёни тағйирёбанда

Ҷараёни электрикии тағйирёбандаро бо ёрии генератори ҷараёни тағйирёбанда ҳосил менамоянд.

**Дастгоҳе, ки ин ё он намуди энергияро ба энергияи электрикӣ табдил медиҳад, генератор номида мешавад.**

Дар амалия аз намудҳои гуногуни генераторҳо истифода мебаранд. Ба инҳо элементҳои галванӣ, мошинҳои электростатикӣ, термобатаряҳо, батареяҳои офтобӣ ва ғайраҳо дохил мешаванд. Соҳаи татбиқи ҳар як намуди генераторҳо гуногун мебошанд. Масалан, аз батареяҳои офтобӣ дар киштиҳои кайҳонӣ истифода мебаранд.

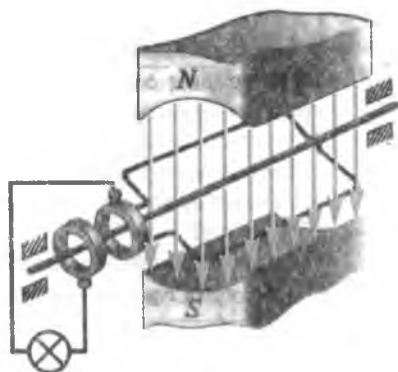
Барои ҳосил намудани ҷараёни электрикии тағйирёбанда дар замони ҳозира аз генераторҳои индуксионии электромеханикӣ истифода мебаранд ва дар онҳо энергияи механикӣ ба энергияи электрикӣ табдил меёбад.

Кори ин генераторҳо ба ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ асос ёфтааст.

Дар расми 2.9.1 сохти содатарин генератори индуксионии электромеханикии ҷараёни тағйирёбанда нишон дода шудааст. Ин намуд генераторҳо асосан аз электромагнит ё магнити доимӣ ва рамкаи ҷархзананда иборат аст.

Қисми беҳаракати генератор (магнити доимӣ) статор ва қисми ҳаракатноки он (рамкаи симини чархзананда) ротор номида мешавад. Ҳангоми дар гирди меҳвари майдони магнитии магнити доимӣ давр задани рамкаи симин дар он қувваи электроҳаракатдиханда (ҚЭХ)-и тағйирёбанда ҳосил мешавад.

Агар рамкаи симин бо қисми берунаи занҷир пайваस्त карда шавад, дар занҷир ҷараёни тағйирёбанда ҷорӣ мешавад (лампа фурузон мегардад, расми 2.9.1).



Расми 2.9.1

Ҷараёни электрикӣ тағйирёбанда ба воситаи ҳалқаҳои металлӣ ва ҷутқаҳо, ки дар байни онҳо тамоси лағжандаи доимӣ мавҷуд аст, ба занҷири беруна дода мешавад.

Дар вақти ҳар даври гардиши рамкаи симин қутбияти ҷутқаҳо ду бор тағйир меёбад.

Дар генераторҳои саноатӣ барои ҳосил кардани майдони магнитӣ аз электромагнитҳо истифода мебаранд ва онҳо чарх зада, вазифаи роғорро иҷро мекунанд (расми 2.9.2). Печакҳос, ки дар онҳо ҚЭХ ба вучуд меояд, дар ноҳаҳои статор ҷойгир шудаанд ва беҳаракатанд. Қувваи ҷараёни электромагнит истеъмолкунанда нисбат ба қувваи ҷараёне, ки генератор ба занҷири беруна медиҳад, хеле хурд мебошад.

Ҷараёни ба электромагнит додашавандаро генератори ҷараёни доимӣ, ки генератори ангеzonанда номида мешавад, ҳосил менамояд.



Расми 2.9.2



1. Чӣ гуна дастгоҳхоро генератор меноманд?
2. Чараёни электрикии тағйирёбандаро чӣ гуна генераторҳо ҳосил мекунанд?
3. Амали кори генераторҳои чараёни тағйирёбанда ба кадом ҳодиса асос қарда шудааст?
4. Генераторҳои индуксионии электромеханикӣ аз кадом қисмҳо иборат аст?
5. Дар генераторҳои саноатӣ вазифаи роторро чӣ мебозад?
6. Чӣ гуна генераторро генератори анғезонанда меноманд?

## 2.10. Трансформатор

Асбобҳои рӯзгор ва дастгоҳҳои техникии истеъмолкунандаи энергияи электрикӣ бо истифодаи шиддатҳои гуногун кор мекунанд.

Масалан, аксарияти асбобҳои рӯзгор бо шиддатҳои 127 ва 220 В, ҳаракатдиҳандаҳои электрикӣ бо шиддатҳои 220 В, 380 В, 600 В ва аз ин баланд кор мекунанд. Барои ба масофаҳои калон нақли энергияи электрикӣ ва кам кардани талафоти энергияи электрикӣ аз шиддаги садҳо киловольт истифода мебаранд.

Бинобар ин, дар амалия зарурати табдил додани як шиддат ба шиддати дигар ба миён меояд.

**Асбобе, ки шиддати чараёни тағйирёбандаро ба тағйири басомад ба шиддати дигари чараёни тағйирёбанда табдил медиҳад, трансформатор (аз калимаи латинӣ *transformare* – табдилдиҳанда) номида мешавад.**

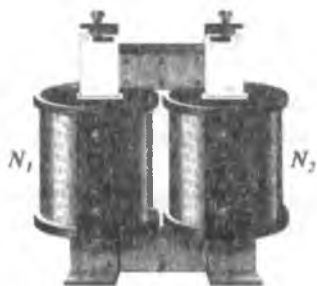
Трансформаторро соли 1878 олими рус П.Н. Яблочков ихтироъ қарда буд.

Соли 1882 И.Ф. Усагин фикри Яблочковро такмил дода, трансформаторҳои мукамал сохт. Он аз дилаки пӯлодини сарбаст иборат аст, ки ба он ду (баъзан аз ин зиёд) ғалтаки симпечи шумораи печакхояш  $N_1$  ва  $N_2$  пушонида шудааст (расми 2.10.1). Кори трансформатор ба ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ асос ёфтааст.

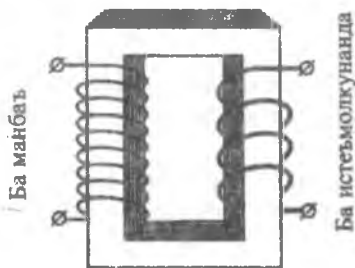
Яке аз ғалтақҳо, ки печаи яқум ном дорад, ба манбаи шиддаи тағйирёбандаи  $U_1$  пайваस्त қарда мешавад. Ғалтаки дуюм, ки печаи дуюм ном дорад, ба дастгоҳҳо ва асбобҳои энергияи электрикӣ истеъмолкунанда васл мегардад ва дар он шиддати табдил додашудаи  $U_2$  ҳосил мешавад.

Дар расми 2.10.2 ва 2.10.3 мувофиқан намуди трансформатори дупечадор ва ишораи шартии он нишон дода шудааст.

Барои кам кардани бузургии чараёни индуксионӣ, кам кардани гармшавӣ ва насӯхтани изолятсияи печаҳои трансформатор дилаки онро аз варақҳои тунуки ферромагнитии аз ҳамдигар бо қабати тунуки лак изолятсия қардашуда месозанд. Дар трансформаторҳои



Расми 2.10.1



Расми 2.10.2

пуриқтидор хунуккунии дилаку печаҳои он ба воситаи равғани трансформаторӣ амалӣ карда мешавад (расми 2.10.4). Барои ин дилак бо печаҳои трансформатор дар дохили зарфи равғандор ҷойгир карда мешавад.

Равған на танҳо гармии ҷудошударо ба воситаи конвексия нақл мекунад, балки инчунин диэлектрик (изолятор)-и хуб мебошад.

Ҷангоми ба манбаи ҷараёни тағйирёбандаи шиддати  $U_1$  пайваस्त намудани печаи якум аз он ҷараёни тағйирёбандаи  $I_1$  ҷорӣ мешавад ва он дар дилак сели магнитии тағйирёбандаро ба вуҷуд меорад, ки он дар печаҳои якуму дуҷум ҚЭҲ-ҳои  $\epsilon_1$  ва  $\epsilon_2$ -ро ҳосил мекунад.

Дар печаи дуҷуми трансформатор шиддати табдилдодашудаи  $U_2$  ба вуҷуд меояд ва аз он ҷараёни бузургиаш  $I_2$  ҷорӣ гардида, ба истеъмолкунанда дода мешавад.

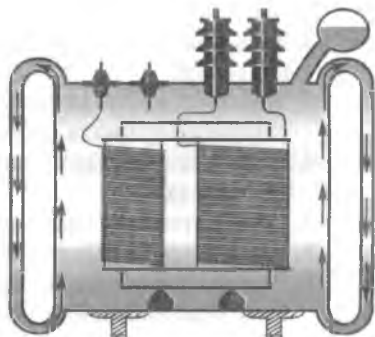
Барои трансформатор нисбати ҚЭҲ-ҳо ва нисбати шиддатҳо дар печаҳои он ба нисбати шумораи печакҳои ғалтакҳои он мутаносиб мебошад:

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = K. \quad (2.10.1)$$

Бузургии  $K$  – коэффитсенти трансформатсия ном дорад.



Расми 2.10.3



Расми 2.10.4

Агар  $K > 1$  бошад, трансформаторро пасткунандаи шиддат ва агар  $K < 1$  бошад, трансформаторро баландкунандаи шиддат меноманд.

Трансформатор асбоби электрикии сода, устувор ва сарфақор ба шумор меравад ва коэффитсиенти кори фоиданокаш ба 99% мерасад.

Агар талафшавии ночизи энергияро дар трансформатор барои гармшавии печаҳо ва дилаки он ба эътибор нагирем, он гоҳ мувофиқи қонуни бақои энергия ҳисоб кардан мумкин аст, ки энергияи аз манбаъ гирифтаи печай якум ба энергияи аз печай дуюм гирифтаи истеъмолкунанда баробар аст.

Дар ин маврид тавоноӣ дар занҷири якум ҳангоми ба истеъмолкунанда пайваст кардани трансформатор ба тавоноӣ дар занҷири дуюм тақрибан баробар мешавад:

$$P_1 \approx P_2.$$

Азбаски  $P_1 = I_1 U_1$  ва  $P_2 = I_2 U_2$  аст, ҳосил менамоем:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}.$$

Аз ин ҷо дида мешавад, ки дар катори тағйирдиҳии шиддат дар трансформатор, инчунин тағйирёбии қувваи ҷараён ба амал меояд. Яъне бо ёрии трансформатор шиддатро якҷанд маротиба зиёд карда, қувваи ҷараёнро ҳамон қадар кам мекунем ва баръакс.

Ҳамин тариқ, трансформаторҳои шиддатро пасткунанда қувваи ҷараёнро зиёд ва трансформаторҳои шиддатро баландкунанда қувваи ҷараёнро кам мекунанд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна асбобро трансформатор меноманд ва онро кӣ ихтироъ кардааст?
2. Трансформатор аз кадом қисмҳо иборат аст?
3. Амали кори трансформатор ба кадом ҳодиса асос карда шудааст?
4. Барои чӣ дилаки трансформаторро аз варақҳои ферромагнитӣ месозанд?
5. Барои чӣ дилак ва нечаҳои трансформатор дар дохили зарфи равшандор гузошта мешавад?
6. ҚЭҲ-и дар печаҳои трансформатор ҳосилгардида аз чӣ вобаста мебошад?
7. Коэффитсиенти трансформатсия гуфта, чиро меноманд?
8. Чӣ гуна трансформаторҳоро баландкунанда меноманд?
9. Дар трансформаторҳо тақдирёбии шиддат ба тақдирёбии ҷараён чӣ гуна вобастагӣ дорад?

1 Печаи якуми трансформатор аз 80 печак ва печаи дуомаш аз 1280 печак иборат аст. Шиддат дар охирҳои печаи якум ба 120 В ва қувваи ҷараён дар печаи дуом ба 0,25 А баробар аст. Тавоноии ғоиданоки трансформатор муайян карда шавад.

**Дода шудааст:**

$$\begin{aligned} N_1 &= 80 \text{ печак} \\ N_2 &= 1280 \text{ печак} \\ U_1 &= 120\text{В} \\ I_2 &= 0.25\text{А} \\ \hline P &=? \end{aligned}$$

**Ҳал.** Барои трансформатор нисбати шиддатҳо дар печаҳои он ба нисбати шумораи печакҳои ғалтакҳои он мутаносиб мебошад:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

Тавоноии ғоиданоки трансформатор аз ин баробарӣ муайян карда мешавад:

$$P = I_2 U_2.$$

Аз баробарии (1) қимати  $U_2$ -ро ба баробарии (2) гузошта, ҳосил менамоем:

$$P = \frac{I_2 U_1 N_2}{N_1}.$$

Қиматҳои ададиро гузошта, ҳисоб мекунам:

$$P = \frac{0,25 \text{ А} \cdot 120\text{В} \cdot 1280 \text{ печ.}}{80 \text{ печ}} = 480 \text{ Вт.}$$

Ҷавоб:  $P = 480 \text{ Вт.}$

2. Коэффитсиенти трансформатсияи трансформатори занги электрӣ муайян намоед, агар он ба манбаи шиддаташ 220 В пайваст карда шавад ва шиддати тағдилдодаш ба 2 В баробар бошад.

**Дода шудааст:**

$$\begin{aligned} U_1 &= 220\text{В} \\ U_2 &= 2\text{В} \\ \hline K &=? \end{aligned}$$

**Ҳал.** Коэффитсиенти трансформатсияи трансформатор аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220 \text{ В}}{2 \text{ В}} = 110.$$

Ҷавоб:  $K = 110.$

### МАШҚИ 7

1. Барои чӣ дилаки трансформаторро аз ҷуб ё мис тайёр накарда, аз ферромагнит тайёр мекунад?
2. Барои чӣ трансформатор дар ҷараёни доимӣ кор намекунад?
3. Камони электрӣ бояд дар тахти шиддати 40 В аланга занад. Барои ҳосил кардани ин шиддат, агар трансформатори печаи якумаш 385 печак дошгаро ба манбаи шиддаташ 220 В пайваст намоем, печаи дуоми он бояд чандто печак дошта бошад? (Ҷавоб:  $N_2=70$  печак)

4. Печай якуми трансформатори баландкунанда 80 печак ва печай дуомаш 2000 печак дорад. Агар печай якуми трансформаторро ба манбаи шиддаташ 110 В васл намоём, дар печай дуоми он чӣ гуна шиддат ҳосил мегардад? (Ҷавоб:  $U = 2750$  В)
  5. Трансформаторе, ки печай якумаш 840 печак дорад, шиддатро аз 220 В то 660 В баланд мекунад. Коэффитсиенти трансформатсия ва шумораи печакҳои печай дуоми трансформаторро муайян кунед. (Ҷавоб:  $K = 1/3$ ;  $N = 2520$  печак)
- 

## 2.11. Истеҳсол, нақл ва истифодаи энергияи электрикӣ

Энергияи электрикиро дар нерӯгоҳҳо истеҳсол мекунад. Вобаста ба намуди табдилдиҳии энергия, нерӯгоҳҳои электрикӣ асосан ба шамолий, ҳароратӣ, обӣ ва атомӣ тақсим мешаванд.

Дар нерӯгоҳҳои ҳароратӣ манбаи энергия сӯзишворихоӣ гуногун (газ, нафт, мазут, ангишт ва ғайраҳо) ба шумор меравад.

Нерӯгоҳҳои электрикии пуриқтидори ҳозиразамон аз якҷанд блоки энергия ҳосилкунанда иборатанд. Ҳар як блок аз турбина, генератор ва трансформатор иборат мебошад ва новобаста аз ҳамдигар кор мекунад.

Дар нерӯгоҳҳои электрикии ҳароратӣ (НЭҲ) роторҳои генераторҳоро турбинаҳои бугӣ ва газӣ ё ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯз ҷарх мезанонанд. Наварди турбина ба наварди генератор сахт пайваस्त аст.

Коэффитсиенти кори фойданоки НЭҲ то 40% мерасад, қисми зиёди энергияи истифоданашударо буги кор иҷро карда бо худ мебарад.

Дар НЭҲ-и махсусгардонондашуда (НЭҲМ) энергияи буги коркардари дар муассисаҳои саноатӣ ва биноҳои истиқоматӣ барои гармкунӣ ва бо оби гарм таъмин кардан истифода мебаранд.

Коэффитсиенти кори фойданоки НЭҲМ то 60–70% мерасад.

Дар Россия қариб 40%-и тамоми энергияи электрикиро НЭҲМ медиханд.

Дар Тоҷикистон асосан энергияи электрикӣ дар нерӯгоҳҳои электрикии обӣ (НЭО) ҳосил карда мешаванд. Дар (НЭО) энергияи потенциалии обро истифода карда, бо ёрии турбинаҳои гидравликии роторҳои электрикиро ҷарх мезанонанд.

Дар Тоҷикистон зиёда аз 90%-и энергияи электрикиро НЭО ҳосил мекунад.

Дар Русия НЭО-ҳои пуриқтидори Саяно–Шушенск (6400 МВт), Красноярск (6000 МВт), Братск (4500 МВт) ва ғайраҳо энергияи

Дар ҷумҳурии мо яке аз НЭО-и пуриқтидор НЭО-и Норақ (3 ГВт) ба шумор меравад ва қисми асосии энергияи электрикиро дар Тоҷикистон истеҳсол менамояд.

Барои истеҳсоли энергияи электрикӣ инчунин аз нерӯгоҳҳои электрики атомӣ (НЭА) истифода мебаранд. Дар Русия қариб 10% энергияи электрикиро НЭА истеҳсол мекунад.

Энергияи истеҳсолкардаи нерӯгоҳҳои электрикиро фавран ба истеъмолкунандаҳо нақл кардан лозим аст. Аксар вақт истеъмолкунандаҳо садҳо километр аз нерӯгоҳҳо дуртар ҷойгир мебошанд. Нақли энергияи электрикӣ бо талафёбии як қисми он ба амал меояд, чунки ҳангоми ҷоришавӣ ҷараёни электрикӣ симҳоро гарм мекунад.


Мувофиқи қонуни Ҷоул–Ленс энергияи барои гарм кардани симҳои электргузaronанда сарфшаванда аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

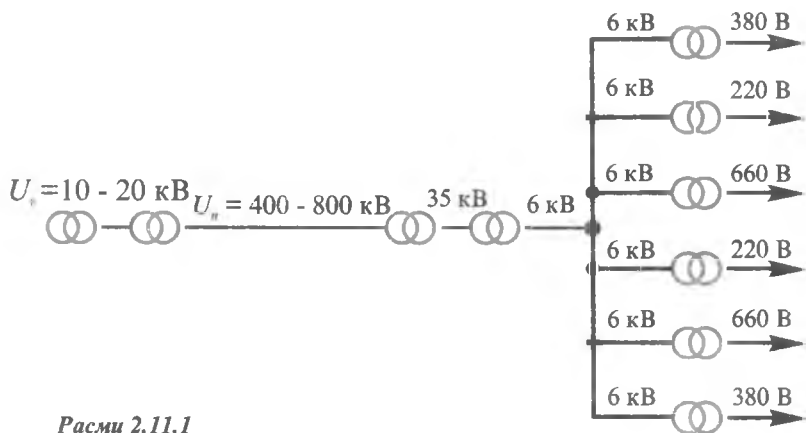
$$Q = I^2 R t,$$

дар ин ҷо  $R$  – муқовимати симҳо мебошад.

Мувофиқи ин формула барои кам кардани миқдори гармии ҷудошуда муқовимати симҳо ва қувваи ҷараёноро кам кардан лозим аст. Барои ҳамин масоҳати буриши қўндалангии симҳоро зиёд намудан лозим аст, ин бошад ба афзоиши массаи онҳо оварда мерасонад ва ин ба душвориҳои техникӣ нисбати кашидану овехтани онҳо меорад, инчунин аз ҷиҳати иқтисодӣ нархи симҳои электргузaron гарон меафтад.

Бинобар ин, дар амалия ҳангоми нақли энергияи электрикӣ қувваи ҷараёноро кам менамоянд. Барои собит нигоҳ доштани тавоноии ҷараён қувваи ҷараёноро кам намуда, шиддатро дар хати нақл зиёд мекунад.

Барои нақли энергияи электрикӣ ба масофаҳои хеле калон шиддатро садҳо киловольт зиёд менамоянд. Масалан, энергияи электрикии НЭО-и Норақ ба заводи алюминии шаҳри Турсунзода бо шиддати 600 кВ нақл карда мешавад. Генераторҳои ҷараёни тағйирёбандаи энергияи электрикиро бо шиддати 16–20 кВ ҳосил менамоянд. Бинобар он, дар назди нерӯгоҳҳои электрикӣ трансформаторҳои баландукунанда ва дар назди истеъмолкунандаҳо трансформаторҳои пасткунанда гузошта мешавад. Пасткунии шиддат дар якҷанд зина гузаронида мешавад. Дар назди истеъмолкунанда энергияи электрикӣ аз шиддати 400–800 кВ, аввал то 35 кВ ва баъд то 6 кВ паст карда мешавад. Баъди ин ба воситаи трансформаторҳои пасткунандаи дигар энергияи электрикӣ то шиддатҳои ба истеъмолкунандагон зарурӣ паст карда, дода мешавад. Дар расми 2.11.1 нақшаи нақл ва тақсими энергияи электрикӣ нишон дода шудааст. Дар расм трансформатор бо аломати  ва хатҳои электронақлкунанда бо хатҳои



Расми 2.11.1

рост ишора карда шудаанд. Одатан хатҳои электрнаккунанда аз се ё чор нокил иборатанд.

Истеъмолкунандагони асосии энергияи электрикӣ саноати ҷумҳурӣ, нақлиёт, аҳоли ба шумор меравад. 70%-и энергияи электрикӣ барои саноату нақлиёт (троллейбусҳо) истифода бурда мешаванд. Дар заводу фабрикаҳо қисми зиёди энергияи электрикӣ ба энергияи механикӣ табдил дода мешавад. Дар саноат ҳамаи дастгоҳҳо бо ёрии ҳаракатдиҳандаҳои электрикӣ ба қор дароварда мешаванд. Инчунин дар саноат як қисми энергияи электрикӣ барои қорҳои технологӣ (кафшеркунӣ, гармкунӣ ва гудохтани металлҳо, электролиз ва ғайраҳо) истифода мешаванд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергияи электрикиро дар қучо истеҳсол мекунанд?
2. Нерӯгоҳҳои электрикӣ чанд намуд мешаванд?
3. Нерӯгоҳҳои электрикӣ аз кадом қисмҳо иборатанд?
4. Дар нерӯгоҳҳои электрикии ҳароратӣ роторҳои генераторҳоро чӣ ба ҳаракат мебарорад?
5. Дар Тоҷикистон энергияи электрикӣ дар кадом нерӯгоҳи электрикӣ истеҳсол карда мешаванд ва нерӯгоҳи пуриқтидортарин кадом аст?
6. Дар нерӯгоҳҳои электрикии обӣ роторҳои генераторҳо аз ҳисоби кадом энергия ба ҳаракат дароварда мешаванд?
7. Чӣ тавр энергияи электрикиро аз нерӯгоҳҳои электрикӣ ба истеҳсолкунандаҳо нақл мекунанд?
8. Барои нақли энергияи электрикӣ дар қучо аз трансформаторҳои баландкунанда истифода мебаранд?
9. Энергияи электрикиро дар қучо истифода мебаранд?
10. Дар рӯзгордорӣ кадом асбобу дастгоҳҳо бо энергияи электрикӣ қор мекунанд, номбар кунед.

## 2.12. Таракқиёти истеҳсоли энергияи электрикӣ дар Тоҷикистон

Чи тавре қайд кардем, дар ҷумҳурии мо энергияи электрикӣ дар саноат, нақлиёти мусофиркашон (троллейбусҳо), рӯзгори мардум истифода мегардад ва дар замони ҳозира манбаи асосии энергия ба шумор меравад. Истеҳсоли энергияи электрикӣ дар шароити Тоҷикистон хеле мувофиқ мебошад ва нисбатан арзон аст.

Энергияи электрикӣ нисбат ба дигар намудҳои энергия чунин баргариҳо дорад:

- 1) онро бе талафёбии калон ба масофаҳои дур нақл кардан мумкин аст;
- 2) ба тарзи осон ва бо ККФ-и баланд аз як шиддат ба шиддати дигар табдил дода мешавад;
- 3) ба таври одӣ ба намудҳои дигари энергия табдил додан мумкин аст;
- 4) ба таври осон ба ҳиссаҳои дилхоҳ тақсим карда мешавад;
- 5) аз ҷиҳати экологӣ ба муҳити атроф зарар намеорад.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои истеҳсоли қараёни электрикӣ диққати ҷиддӣ дода шуда истодааст. Дар ҷумҳурии нерӯгоҳи пуриқтидори электрикии оби Норақ, нерӯгоҳҳои электрикии оби Сарбанд, Варзоб, Бойғозӣ, Помир, Сангтӯда энергияи электрикӣ истеҳсол мекунад.

Тоҷикистон дорои захираи бузурги об аст. Ба ҳисоби миёна ҳар сол захираҳои оби (яҳу пирияхҳо, кӯлҳо, обанборҳо) дарёҳо ва шаршараю обҳои зеризаминӣ)-и Ҷумҳурии Тоҷикистон  $86,5 \text{ км}^3$ -ро ташкил мекунад. Дарёҳои калонтарину сероби Тоҷикистон Амӯ, Сир, Вахш, Кофарниҳон, Панҷ, Зарафшон, Барганг, Сурхоб ва ғайраҳо мебошанд, ки аз баландиҳо ба пастҳо қорӣ шуда, шохобҳои зиёд доранд.

Дарёҳои тезқараёни Тоҷикистон манбаи бузурги офариниши нерӯгоҳҳои электрикии обӣ ва манбаи таракқибахши саноат ба шумор мераванд.

Нақши нерӯгоҳҳои электрикии обӣ дар пешрафти иқтисодиёт хеле назаррас мебошад.

Соли 1924 дар шаҳри Душанбе муҳарриқи электрикии дизелӣ бо тавоноии 78 кВт кор мекард. Дар ҷумҳурии нахустин нерӯгоҳи электрикӣ НЭО-и Варзоби боло ба шумор меравад, ки он соли 1931 дар соҳили чапи дарёи Варзоб сохта шудааст.

Баъдтар НЭО-и Қайроққум, Сарбанд, Шаршара, Норақ, Бойғозӣ, Помир, Сангтӯда сохта шуданд.

Асоси маҷмуи пуриқтидори гидроэнергетикии Тоҷикистонро НЭО-и Норақ ташкил мекунад, ки тавоноии он ба 3000 МВт



баробар буда, сарбанди дар ҷаҳон баландтарин ба ҳисоб меравад. Дар ҷумҳурӣ ҳоло НЭО-и Роғун, Сангтӯда-2 ва Кофарниҳони поён бунёд гардида истодаанд.

НЭО-и Роғун ва Сангтӯда баъди сохтани ба истифода додани НЭО-и Нораку Бойғозӣ сар шуда, то ҳоло давом дорад, тавоноии лоиҳавии НЭО-и Роғун 36 ГВт мебошад.

Сохтмони НЭО-и Сангтӯда соли 1987 оғоз гардида, ҳоло давом дорад ва аз 4 агрегат иборат аст ва тавоноии ҳар яки он ба 167,5 ҳазор кВт баробар аст.

Дар ҷумҳурӣ инчунин энергияи электрикиро дар нерӯгоҳҳои электрикии ҳароратӣ (аловӣ)-и шаҳрҳои Душанбе ва Ёвон буда истихсол мекунад.

Аммо истихсоли энергияи электрикӣ дар ин нерӯгоҳҳои электрикии гармӣ аз сабаби набудани нафту газ солҳои 1991-2001 аз 1,15 млн кВт-соат то 0,1 млн кВт-соат кам гардида.

Истихсоли энергияи электрикиро дар ҷумҳурии Тоҷикистон дар оянда аз ҳисоби сохтани НЭО ва нерӯгоҳҳои электрикии офтобӣ зиёд кардан имкониятҳои хеле калон мавҷуд мебошад.

Нерӯгоҳҳои электрикии офтобӣ дар Қрим ва Арманистон сохта шудаанд ва онҳо самарабахш қор қарда истодаанд.

Барои самарабахш истифода бурдани иқтисодии энергетикӣ ҷумҳурӣ гайр аз сохтмони НЭО-и Роғуну Сангтӯда, боз дар оянда сохтмони нерӯгоҳҳои электрикии обиро дар Шӯрободу Даштиҷум ва дигар нерӯгоҳҳои хурду бузург дар дарёҳои Панҷ, Хингоб, Сурхоб, Зарафшон, Ягноб, Фон зарур мебошад.

Ояндаи энергетикаи тоҷик хеле бузург аст, чунки иқтисодии энергетикӣ дарёҳои Панҷ, Вахш, Кофарниҳон, Хингоб, Ғунд, Бартанг, Фон ба 88,6 млрд кВт-соат мерасад ва ин сарвати бебаҳо боиси пурра қонеъ кардани эҳтиёҷот ва рушди иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон хоҳад гашт. Ҳоло дар ҷумҳурӣ талаботи якшабона-рӯзаи энергияи электрикӣ 14 млн кВт-соатро ташкил менамояд.

Аксарияти минтақаҳои кишварамон талабот ба сохтани нерӯгоҳҳои хурди электрикии обӣ доранд. Дарёҳои кӯҳӣ ва тезҷараёни ҷумҳурӣ имконият медиҳанд, ки даҳҳо нерӯгоҳҳои хурди электрикии обӣ бунёд намоем, ки то 10000 нафар аҳолиро бо энергияи электрикӣ таъмин созанд. Маҷрои ҷараёни дарёҳоро тағйир надода, бунёди нерӯгоҳҳои хурди обӣ аз нигоҳи иқтисодӣ хеле нафъ расонанду дар муддати кӯтоҳ сохтани онҳо зарари экологӣ низ намеоранд.

Дар ҷумҳурии мо барои афзун гардонидани истихсоли энергияи электрикӣ шумораи нерӯгоҳҳои электрикии ҳароратиро зиёд кардан ва сохтани нерӯгоҳҳои электрикии офтобӣ имкониятҳои хеле зиёд мавҷуд мебошанд.

1. Энергияи электрикӣ нисбат ба намудҳои дигари энергия чӣ гуна бартариҳо дорад?
2. Барои сохтани нерӯгоҳҳои электрикии обӣ аз кадом дарёҳо дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода бурдан мумкин аст?
3. Аввалин нерӯгоҳи электрикии Тоҷикистон кай сохта шудааст?
4. Дар ҷумҳурӣ дар кадом нерӯгоҳҳои ҳароратӣ энергияи электрикӣ истеҳсол карда мешавад?
5. Дар оянда дар ҷумҳурӣ аз ҳисоби кадом намуди нерӯгоҳҳои электрикӣ истеҳсоли энергияи электрикиро зиёд кардан мумкин аст?

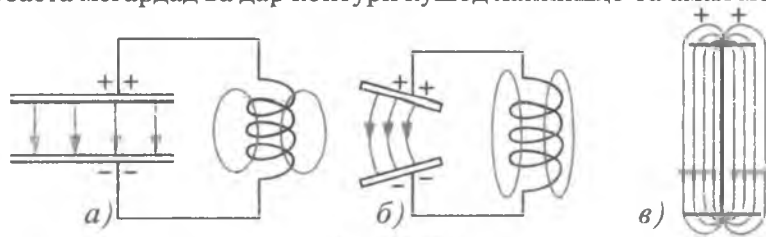
### 2.13. Тасаввурот дар бораи қабул ва нақли мавҷи электромагнитӣ

Дар контури лапшиш (расми 2.13.1, *а*) майдони магнитии тағйирёбанда асосан дар ғалтак марказонида шуда, майдони электрикӣ дар байни рӯяҳои конденсатор мавҷуд мебошад.

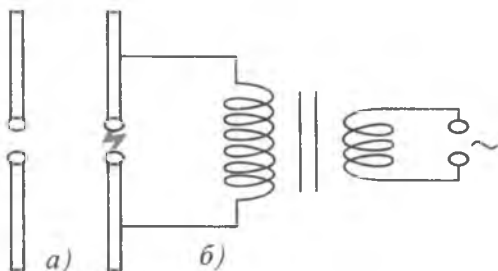
Ин гуна контурро контури пӯшида меноманд ва он қариб мавҷи электромагнитиро дар фазо паҳн намекунад.

Барои ҳосил кардани мавҷҳои электромагнитӣ Ҳертс дастгоҳи одиеро истифода намуд, ки он вибратори Ҳертс ном дорад.

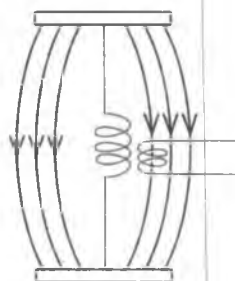
Вибратори Ҳертсро контури кушодаи лапшиш меноманд. Ҳангоми лавҳаҳои конденсаторро аз ҳамдигар дур ва печакҳои ғалтакро кам кардан аз контури пӯшида контури кушодаи лапшиш ҳосил мешавад (расми 2.13.1, *б*). Яъне контури кушодаи лапшиш аз сими рост иборат мешавад (расми 2.13.1, *в*). Дар вибратори Ҳертс басомади лапшишҳо хеле калон мебошад. Барои дар вибратори Ҳертс барангехтани лапшишҳо симро аз мобайнаш мебуранд ва дар он фосилаи хурди ҳавой ҳосил мешавад (расми 2.13.2, *а*). Ҳангоми ҳарду ноқилро бо манбаи шиддаташ баланд заряднок намудан (расми 2.13.2, *б*) аз ягон қимати муайяни шиддати байни онҳо сар карда дар байни нӯгҳои ноқилҳо шарора пайдо гардида, занҷир сарбаста мегардад ва дар контури кушод лапшишҳо ба амал меояд.



Расми 2.13.1



Расми 2.13.2



Расми 2.13.3

Ин лаппишҳо ба намуди мавҷи электромагнитӣ дар фазо паҳн мегарданд.

Хертс бо ёрии вибратори худ бо ҳамин усул мавҷҳои электромагнитӣ ҳосил намуд. Мавҷҳои электромагнитиро дар вибратори Хертс лаппиши адади нихоят калони электронҳои ботартиб ҳаракаткунанда ба вуҷуд меоранд.



**Хенрих Хертс (1857–1894)**-физики барҷастаи олмон. Ҷули 1886 аввалин шуда, дар таҷриба мавҷи электромагнитиро ҳосил кардааст. Мавҷҳои электромагнитиро тадқиқ карда, Хертс монанди ҳосиятҳои асосии мавҷҳои электромагнитӣ ва мавҷҳои рӯшноиро муқаррар кард. Корҳои Хертс исботи таҷрибавии дуруст будани назарияи майдони электромагнитӣ, аз он ҷумла, назарияи электромагнитии рӯшноӣ мебошад. Соли 1886 Хертс бори аввал ҳодисаи фотоэффектро мушоҳида кардааст.

Дар замони ҳозира барои дар контури кушод ҳосил кардани лаппишҳои хомуш-нашаванда онро ба ғалтаки контури лаппиши генераторҳои баландбасомад ба таври индуктивӣ алоқаманд менамоянд (расми 2.13.3). Ин имконият медиҳад, ки дар контури кушод лаппишҳои электромагнитӣ бефосила ба амал оянд.

Хертс инчунин бо ёрии вибраторҳои дигар, ки сохти онҳо ба вибратори афканандаи мавҷҳои электромагнитӣ монанд буд, қабули мавҷҳои электромагнитиро ба қайд гирифт. Вибратори афканандаи мавҷҳои электромагнитиро антенна меноманд. Мавҷҳои электромагнитӣ аз антенна ба ҳама тарафҳо паҳн мегарданд. Ин мавҷҳо ба вибратори қабулкунӣ расида, дар он лаппишҳои электрикӣ ҳосил мекунанд, ки басомадашон ба басомади мавҷи электромагнитӣ баробар аст. Вибратори қабулкунандаи мавҷҳои электромагнитиро антенна қабулкунӣ низ меноманд. Ҳодисаҳои афканишот ва қабули мавҷҳои электромагнитӣ асоси радиоалоқа, кино, алоқаҳои коинотӣ ва ғайра-хоро ташкил менамоянд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАКРОР

1. Барои ҳосил кардани мавҷҳои электромагнитӣ аз чӣ гуна контур истифода мебаранд?
2. Вибратори Хертс чӣ гуна дастгоҳ мебошад?
3. Чӣ гуна контурро контури кушод меноманд?
4. Дар вибратори Хертс чӣ тавр лаппишҳо ба вучуд меоянд?
5. Кадом вақт дар контури кушод афканишоти бефосилаи мавҷҳои электромагнитӣ ба амал меояд?
6. Антенна гуфта, чиро меноманд?
7. Қабули мавҷҳои электромагнитӣ чӣ тавр ба амал бароварда мешавад?
8. Афканиш ва қабули мавҷҳои электромагнитӣ чӣ гуна аҳамияти амалӣ дорад?

## 2.14. Радиоприёмники одитарин

Таҷрибаҳои Хертс доир ба қабул ва афканишоти мавҷҳои электромагнитӣ диққати физикони ҷаҳонро ба худ ҷалб намуд.

Дар Русия аввалин бор ба омӯзиши мавҷҳои электромагнитӣ Александр Степанович Попов машғул гардид. Ӯ усули хеле ҳассосу бозътимоди қайдкунии мавҷҳои электромагнитиро пешниҳод намуд ва онро барои радиоалоқа истифода бурд.

Апрели соли 1895 А. С. Попов аввалин бор дар ҷаҳон дастгоҳро барои радиоалоқа ба вучуд овард. 7 майи соли 1895 намоиши дастгоҳи А. С. Попов гузаронида шуд ва ин рӯз дар таърихи илм чун рӯзи бунёди радио дохил гардид.

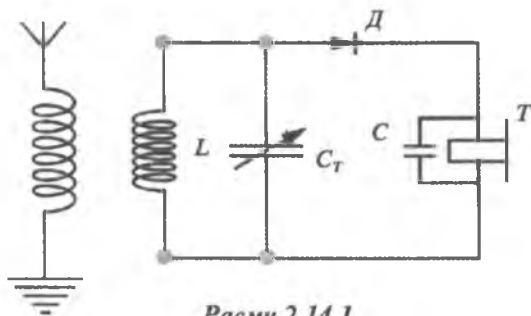
Барои навиштани хабарҳои додашуда соли 1896 А. С. Попов дар радиоприёмники худ аз дастгоҳи телеграфӣ истифода намуд. Ӯ барои қабули мавҷҳои электромагнитии дарозиашон муайян аз ҳодисаи резонанс истифода бурд.

Дар радиоприёмникҳо мавҷи электромагнитии аз стансияҳои радио афкандаро қабул намуда, аз он маълумоти додашуда роҷудо менамоянд.

Намудҳои гуногуни радиоприёмникҳо мавҷуданд ва тарзи кори ҳамаи онҳо якхела мебошад.



**Александр Степанович Попов (1859–1906)** – физики машҳури рус. Ӯ ихтироъкунандаи радио мебошад. Попов бо ёрии мавҷҳои электромагнитӣ бе сим алоқаро барқарор намуд ва дар ҷаҳон аввалин радиоприёмникро сохт. Бо ёрии дастгоҳи таҷрибавии Попов доир ба радиоалоқа аввалин бор аз киштиҳо инъикоспазир радиомавҷҳо ошкор карда шуда буд.



Расми 2.14.1

Соҳт ва кори радиоприёмники содатаринро дида мебароем (расми 2.14.1).

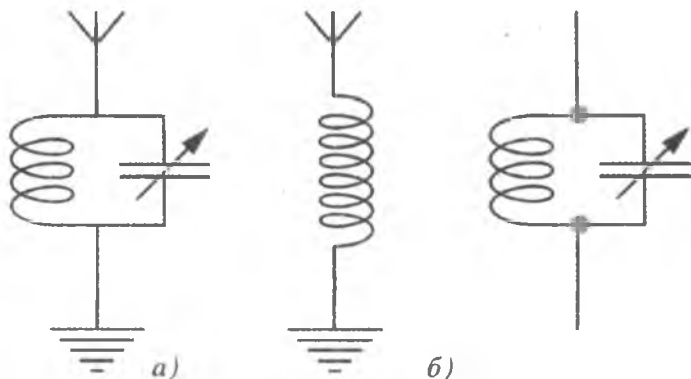
Радиоприёмники содатарин аз контури лаппиши бо антенна алоқаманд ва контури аз детектору телефон таркибёфта иборат аст. Радиоприёмникҳои содатаринро инчунин радиоприёмникҳои детекторӣ низ меноманд.

Аз радиоприёмникҳои детекторӣ асосан ҳангоми аз стансияҳои радиой афкандани мавҷҳои электромагнитии тавоноиааш калон ё наздик ҷойгир будани онҳо истифода мебаранд.

Дар радиоприёмникҳои детекторӣ антеннаро бо контури лаппиш ё бевосита (расми 2.14.2, а), ё ба таври индуктивӣ (расми 2.14.2, б) алоқаманд менамоянд.

Лаппишҳои басомадашон гуногуни дар антенна баамалоянда дар ғалтаки контур L лаппишҳои хеле зиёди басомадашон гуногунро бедор менамоянд.

Бо ёрии конденсатори ғунҷоишаш тағйирёбанда  $C_T$  контурро ба яке аз басомадҳои мавҷҳои дар антенна баамаломеда ҷур менамоянд. Дар натиҷаи резонанс амплитудай лаппиши ҳамин басомад хеле калон мешавад. Энергияи лаппиши ҷудокардашуда



Расми 2.14.2

дар контур – ин энергияи мавчи электромагнитии қабул кардашуда аст, ки хеле кам мебошад.

Барон алоқаи радиотелефонӣ лаппишҳои модулятсияшуда истифода бурда мешавад. Дар радиоалоқа лаппишҳои басомадашон баланд истифода мегарданд. Барои фиристодани садо ё мусиқӣ лаппишҳои басомадашон баландро бо ёрии лаппишҳои электрикӣ басомадашон паст (дар натиҷаи дар микрофон табилёбии лаппишҳои садоӣ ҳосил мешаванд) тағйир медиҳанд. Ин ҳодисаро модулятсия намулдани лаппишҳои басомадашон баланд меноманд.

Лаппиши модулятсияшудаи қабулгардидаи басомадаш баланд ба детектори  $D$  дода мешавад. Дар детектори  $D$  аз лаппишҳои басомадаш баланди модулятсияшуда лаппишҳои басомади паст (лаппишҳои садоӣ) ҷудо карда мешаванд ва ин гуна протсессро детектронӣ меноманд.

Детектор аз диоди нимноқилӣ иборат аст ва он хосияти яктаарафа гузаронандагӣ дорад. Ба воситаи ин диод ҷараёни пулсатсияшудаи басомадаш баланд мегузарад.

Конденсатори  $C$ , ки ба телефон пайваст карда шудааст, ҷараёни пулсатсиякардашударо суфтаю ҳамвортар менамояд ва ба воситаи телефон ҳамон намуд ҷараёне мегузарад, ки ба микрофон дар стансияи нақлқунанда дода шуда буд. Бинобар он, дар телефон садоӣ монанд шунида мешавад. Лаппиши мембранайи телефон аз ҳисоби энергияи мавчи электромагнитии қабулгардида ба амал меояд, бинобар он, баландии садоӣ ин гуна қабулкунакҳо хеле хурд аст ва онро танҳо як одам мешунавад.

Барои он ки сигнали қабулгардидаро якҷанд одам шунавад, қабулкунаки замонавии сохти мураккабдошта зарур аст. Нақшаи яке аз қабулкунакҳои бевосита пурқувватқунанда дар расми 2.14.3 нишон дода шудааст. Дар ин қабулкунак лаппиши басомади радиой, ки контури қабулкунада ҷудо менамояд, баъди пурқувватқунӣ дар пурқувватқунанда детекторонида мешавад.

Лаппишҳои басомадаш пастӣ дар қабулкунаки детекторӣ ҷудо кардашуда ба воситаи пурқувватқунандаи басомадҳои садоӣ пурқувват карда мешавад ва ба баландгӯяк дода мешавад. Аз баландгӯяк садоро одамони зиёд мешунаванд.



Расми 2.14.3

1. Аввалин бор бақайдгирии бозътимоди мавҷҳои электромагнитиро барои радиоалоқа кӣ пешниҳод намуд?
2. Барои чӣ 7-уми майро Рузи радио меноманд?
3. Попов қабули мавҷҳои электромагнитиро чӣ тавр амалӣ намуд?
4. Радиоприёмники одитарин чӣ гуна сохт дорад ва он чӣ тавром бурда мешавад? Нақшаи онро кашаида фаҳмонед.
5. Қабули мавҷҳои электромагнитӣ дар радиоприёмники одитарин чӣ тавр ба амал меояд?
6. Модулятсияи лапишҳои басомадашон баланд гуфта, чиро меноманд?
7. Детектиронӣ гуфта, чӣ гуна ҳодисаро меноманд?
8. Ба сифати детектор чиро истифода мебаранд?
9. Чараёни пулсатсияшуда гуфта, чӣ гуна чараёнро меноманд?
10. Шунидани лапишҳои садоӣ дар радиоприёмники одитарин чӣ тавр ба амал меояд?
11. Дар баландгӯяки радио баланд кардани лапишҳои басомади садоӣ чӣ тавр ба амал оварда мешавад?

### ХУЛОСАИ МУҲИМТАРИНИ БОБ

Дар байни ҳодисаҳои электромагнитӣ ҳодисаҳои индуксияи электромагнитӣ ва лапишҳои электромагнитӣ мавқеи махсус доранд.

М. Фарадей бо ёрии майдони магнитӣ ҳосил намудани чараёни электриро кашф намуд, ки онро ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ меноманд.

Чараёне, ки дар ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ ҳосил мешавад, чараёни индуксионӣ номида мешавад. Чараёни индуксионӣ ҳангоми тағйирёбии сели магнитии майдони магнитии печакҳои галтакро бурида гузаранда ҳосил мегардад.

Кашфи ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ яке аз муваффақиятҳои илмии хеле намоёни нимаи аввали асри XIX ба шумор меравад. Он алоқамандии байни чараёни электрикӣ ва майдони магнитиро ба пуррагӣ муқаррар ва тараққиёти электротехникаю радиотехникаро таъмин намуд.

Ба ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ тарзи кори генераторҳои энергияи электрикӣ ва трансформаторҳо асос карда шудаанд.

Дар ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ маълум гардид, ки майдони магнитии тағйирёбанда майдони электрии тағйирёбандаро ба вучуд меорад.

Майдонҳои тағйирёбандаи электрикӣ ва майдони тағйирёбандаи магнитии ба он бефосила вобаста бударо дар якҷоягӣ майдони электромагнитӣ меноманд.

Чараёни паҳншавии майдони электромагнитиро дар фазо мавҷи электромагнитӣ меноманд.

Мавҷи электромагнитӣ бо суръати рӯшноӣ паҳн мешавад.

Ҳангоми лаппишҳои электромагнитӣ даврӣ тағйир ёфтани зарядҳои электрикӣ, ҷараён ва шиддат ба амал меояд. Лаппишҳои электромагнитии озод ва маҷбуриро аз ҳамдигар фарқ мекунад.

Лаппишҳои электромагнитии озод дар контури лаппиш ҳосил карда мешаванд. Занҷири электрикӣ аз конденсатор ва галтак иборат бударо контури лаппиш меноманд.

Дар контури лаппиш ба таври даврӣ тақдирҳои энергияи майдони магнитӣ ба энергияи майдони электрикӣ ва баръакс ба вучуд меояд ва ин протсессро лаппиши электромагнитӣ меноманд.

Лаппишҳои маҷбурӣ, яъне ҷараёни тағйирёбандаи электрикӣ бо таъсири шиддати даврии берунӣ дар занҷир ба вучуд меояд.

Тавоноии ҷараёни тағйирёбанда  $\bar{P}$  дар асоси қиматҳои самарабахши қувваи ҷараён ва шиддат муайян карда мешавад:

$$\bar{P} = I^2 R = UI.$$

Ҷараёни электрикӣ тағйирёбандаро бо ёрии генераторҳои ҷараёни тағйирёбанда ҳосил менамоем. Дастгоҳе, ки ин ё он намуди энергияро ба энергияи электрикӣ табдил медиҳад, генератор номида мешавад.

Аксарияти асбобҳои рӯзгор ва дастгоҳҳои техникӣ бо ҷараёни тағйирёбандаи шиддатҳояш гуногун кор мекунад. Бинобар ин, дар амалия зарурати табдил додани як шиддат ба шиддати дигар ба миён меояд.

Асбобе, ки бо ёрии он ҷараёни тағйирёбандаи ин ё он шиддат ба ҷараёни тағйирёбандаи шиддати дигар ба тағйири басомад табдил дода мешавад, трансформатор номида мешавад.

Барои трансформатор нисбати ҚЭХ-ҳо ва нисбати шиддатҳо дар печакҳои он ба нисбати шумораи печакҳои галтакҳои он мутаносиб мебошад:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = K.$$

дар ин ҷо  $K$  – коэффициентсенти трансформатсия номида мешавад.

Агар  $K > 1$  бошад, трансформаторро пасткуандаи шиддат ва агар  $K < 1$  бошад, трансформаторро баландкуандаи шиддат меноманд.

Энергияи электрикиро дар нерӯгоҳҳои электрикӣ истехсол мекунад. Нерӯгоҳҳои электрикӣ шамолий, ҳароратӣ, обӣ ва атомӣ мавҷуданд.

Дар Тоҷикистон асосан энергияи электрикиро дар нерӯгоҳҳои электрикӣ обӣ (НЭО) истехсол мекунад ва калонтарини онҳо НЭО-и Норақ ба шумор меравад.

Мавҷҳои электромагнитиро ба воситаи вибратори Ҳертс (контури қушоди лаппиш) ҳосил менамоем. Вибратори афканандаи мавҷҳои электромагнитиро антенна меноманд. Мавҷҳои электромагнитӣ аз антенна ба ҳама тарафҳо паҳн мегардад. Вибратори қабулкуандаи мавҷҳои электромагнитиро антеннаи қабулкунӣ меноманд.

Ҳодисаи афканиширо ба қабули мавҷҳои электромагнитӣ асоси радиоалоқа, кино, алоқаҳои коинотӣ ва ғайраҳо ташкил менамоем.



## Боби 3

### ОПТИКА. ХОДИСАҲОИ РҶШНОӢ

Оптика яке аз қисмҳои физика буда, ҳодисаҳои пайдо шудани рӯшноӣ, дар муҳитҳои гуногун паҳн шудан ва бо моддаҳои гуногун таъсири мутақобил кардани онро меомӯзад. Аз калимаи юнонӣ *optos* – аён, намоён гирифта шудааст.

Дар асри XVIII дар бораи рӯшноӣ ва табиати он ду назария ба вуҷуд омада, инкишоф ёфтанд. Яке аз ин назарияҳо ба И. Нютон, дигараш ба Х. Гюйгенс тааллуқ доранд.

Назарияи Нютон назарияи корпускулии рӯшноӣ ва назарияи Гюйгенс назарияи мавҷии рӯшноӣ ном дорад.

Мувофиқи назарияи корпускулии рӯшноӣ сели зарраҳои мебошад, ки аз манбаъ ба ҳама тараф паҳн мешавад. Мувофиқи назарияи мавҷӣ рӯшноӣ ҳангоми паҳн гаштан чун мавҷ рафтор мекунад. Баъдтар ҳодисаҳои ба рӯшноӣ тааллуқдор тасдиқ намуданд, ки ҳам ба ҳосияти корпускулии ва ҳам ба ҳосияти мавҷӣ доро мебошад.

Мувофиқи тадқиқотҳои Максвелл рӯшноӣ мавҷи электромагнитӣ мебошад. Яке аз қисмҳои оптика, ки қонунҳои паҳншавии энергияи рӯшноиро дар муҳитҳои шаффоф, дар асоси тасаввурот доир ба нури рӯшноӣ меомӯзад, оптикаи геометрӣ номида мешавад.

#### 3.1. Манбаъҳои рӯшноӣ

Рӯшноӣ барои ҳаёти инсон ҳайвонот ва наботот аҳамияти ниҳоят калон дорад. Ҳамаи фаъолияти инсон бо рӯшноӣ алоқамандӣ дорад. Рӯшноиро асосан чашми инсон дарк менамояд, он яке аз воситаҳои асосии азхудкунӣ ва омӯхтани табиат ба шумор меравад. Мо ҳамаи ҷисмҳои тавассути афканиши рӯшноӣ аз тарафи онҳо мебинем ва доир ба ҳосиятҳои гуногуни онҳо маълумот мегирем. Масалан, рӯшноии аз ҷирмҳои осмонӣ омада имконият медиҳад, ки вазъ ва ҳаракати Оғтобу ситораҳо, сайёраҳо ва радиҳои онҳо муайян карда шаванд.

Соҳти ҳама гуна асбобҳои оптикӣ ба қонунҳои ҳосиятҳои рӯшноӣ асос карда шудаанд.

Ба воситаи микроскоп ва телескоп таркиб ва сохти ҷисмҳои заминию осмониро муайян менамоем. Илми астрономия дар асоси робитаи рӯшноию ҷашми инсон ба вучуд омада, инкишоф ёфта истодааст. Дар ҳама ҷо, аз он ҷумла, дар корхонаҳо, заводу фабрикаҳо, дар нақлиёт ва техникаи ҳарбӣ аз рӯшноӣ истифода мебаранд. Танҳо равшании муътадил дар ҷойи қор самарабахшии қорро таъмин менамояд.

Ҳамин тариқ, рӯшноӣ барои пешрафти фаъолияти инсон ниҳоят зарур мебошад. Рӯшноӣ аз ҷисмҳо афканда мешавад. Ҷисмҳои, ки ба фазаи онҳоро ихотақунанда рӯшноӣ мебароранд, манбаҳои рӯшноӣ номида мешаванд. Манбаҳои рӯшноӣ ба табиӣ ва сунъӣ ҷудо мешаванд. Ба манбаҳои табиӣ Офтоб, ситораҳо, фачрҳои қутбӣ, электрик, набототи ҳашаротҳои дурахшанда дохил мешаванд. Дар байни манбаҳои табиӣ рӯшноӣ Офтоб аҳамияти муҳим дорад, ҷунки рӯшноӣ аз тарафи он баровардашуда манбаи аввалини захираҳои энергетикӣ аст, ки инсоният ба онҳо молик аст. Рӯшноӣ Офтоб барои организмҳои зинда манбаи ҳаёт ба шумор меравад. Ба манбаҳои сунъӣ рӯшноӣ гулханҳо, гӯгирд, шамӯ ҷароғ, экранҳои фурузонӣ телевизор, лампаҳои электрикӣ ва ғайраҳо тааллуқ доранд. Манбаҳои сунъӣ рӯшноӣ дар ҳолати температураи баланд доштанишон рӯшноӣ меафкананд, бинобар он, онҳоро манбаҳои ҳароратӣ рӯшноӣ меноманд. Дар замони ҳозира инчунин аз манбаҳои дигари рӯшноӣ – манбаҳои «рӯшноӣ сард» номидашаванда истифода мебаранд. Дар ин манбаҳо рӯшноӣ газҳо бо таъсири ҷараёни электрикӣ аз ин газҳо гузаранда ба амал меояд ва температураи газ дар ин гуна манбаҳо қариб тағйир намеёбад.

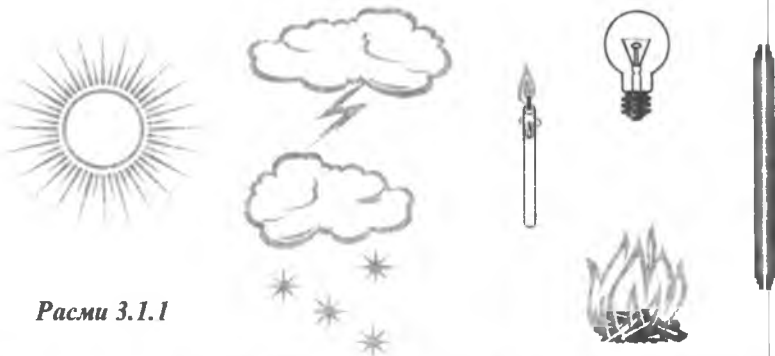
Лампаҳои, ки дар онҳо рӯшноӣ газҳо истифода бурда мешаванд, бо таркиби худ бо рӯшноӣ Офтоб яхела мебошанд. Бинобар ин, онҳоро лампаҳои «рӯшноӣ рӯз» меноманд, ки аз онҳо дар истеҳсолот ва рӯзгори одамон ба таври васеъ истифода мебаранд.

Ҳамаи ҷисмҳои, ки рӯшноӣ намеафкананд (дарахт, хона, моҳ, сайёраҳо ва ғайраҳо), танҳо дар мавриде мебинем, ки агар бо манбаҳои рӯшноӣ равшан карда шаванд. Рӯшноӣ аз манбаҳо афкандашуда ба сатҳи предметҳо афтада самти паҳншавии худро тағйир медиҳад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Рӯшноӣ дар ҳаёти инсон, дарки табиат ва инкишофи илм чӣ гуна аҳамият дорад?
2. Оптика чиро меомӯзад?
3. Чӣ гуна ҷисмҳо манбаи рӯшноӣ ба шумор мераванд?
4. Манбаҳои табиӣ ва сунъӣ рӯшноиро номбар намоед.

Кадоме аз манбаъҳои дар расми 3.1.1 нишон додашуда ба манбаъҳои табиӣ ва кадомаш ба манбаъҳои сунъии рӯшноӣ тааллуқдоранд. Чавобатонро асоснок кунед.



Расми 3.1.1

### 3.2. Растхатта паҳншавии рӯшноӣ. Пайдоиши соя ва нимсоя

Дар асоси тадқиқотҳо қонунҳои асосии ҳодисаҳои оптикӣ муқаррар карда шудаанд: 1) қонуни растхатта паҳншавии рӯшноӣ; 2) қонуни инъикоси рӯшноӣ; 3) қонуни шикасти рӯшноӣ.

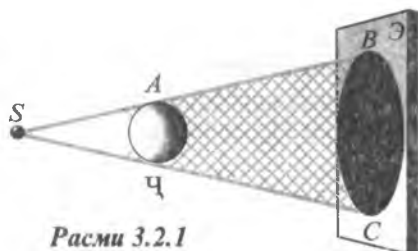
**Мувофиқи қонуни растхатта паҳншавии рӯшноӣ дар муҳити якҷинсаи шаффоф рӯшноӣ растхатта паҳн мешавад.**

Пайдоиши соя, яъне соҳае, ки ба он ҷо энергияи рӯшноӣ намерасад, дар асоси растхатта паҳншавии рӯшноӣ шарҳ дода мешавад. Агар байни лампаву ҷашм китобро гузорем, он гоҳ ба ҷашмамон рӯшноӣ намеафтад. Агар рӯшноӣ растхатта паҳн намешуд, он монандро гирд зада гузашта, ба ҷашмамон меафтад.

Барои паҳншавии рӯшноиро омӯختан аз мафҳуми нур ё шуои рӯшноӣ истифода мебаранд. Хатте, ки самти паҳншавии энергияи рӯшноиро нишон медиҳад, шуоъ номида мешавад. Аз мафҳуми шуоъ барои пайдоиши сояро фаҳмондан истифода мебарем. Дар байни лампочкаи фонуси кисагӣ  $S$  ва экрани дар масофаи муайян гузошташудаи Э кураи металли  $Ч$ -ро мегузорем. Дар экран доираи тираеро мебинем (расми 3.2.1). Дар ақиби кураи металли  $Ч$  соя ҳосил мешавад. Сояи ҳосилшуда фазое мебошад, ки ба он аз манбаи  $S$  рӯшноӣ намеафтад.

Хати рости  $SB$  нури рӯшноӣ мебошад, ки ба нуқтаи  $A$ -и кура расида мегузарад. Агар нур аз хати рост иборат намебуд, соя пайдо намешуд, ё шакли андозаи он дигар мегардид.

Қайд кардан лозим аст, ки на ҳамеша сояҳои сарҳадҳояшон аниқ ҳосил мегарданд. Сояҳои аниқ ҳамон вақт ҳосил мегарданд, ки агар андозаи манбаи рӯшноӣ нисбат ба масофа аз манбаъ то экран хеле хурд бошад. Ин гуна манбаъҳои рӯшноиро манбаъҳои нуқтагӣ меноманд.

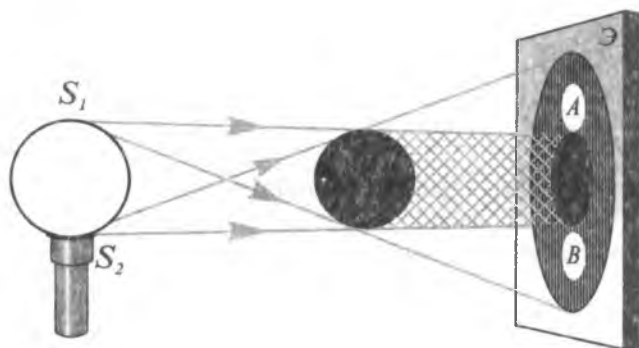


Расми 3.2.1

Ҳангоми ба сифати манбаи рӯшноӣ лампаҳои калонро истифода бурдан (андозаи муякаш бо масофа то экран қиёсшаванда) гирдогирди соя соҳаи нисбатан равшантаре ҳосил мегардад ва онро нимсоя меноманд (расми 3.2.2).

Сабаби ҳосил гардидани нимсоя аз он иборат аст, ки ба ин соҳа аз якҷанд нуқтаи манбаъ рӯшноӣ меафтад (соҳаи АВ).

Ба қисми марказии экран аз ягон нуқтаи лампа равшанӣ намеафтад, бинобар ин, сояи пурра ҳосил мегардад.



Расми 3.2.2

Аз соҳаи сояи ҳақиқӣ манбаи рӯшноӣ тамоман наменамояд, вале аз соҳаи нимсоя қисми манбаъ намудор мешавад.

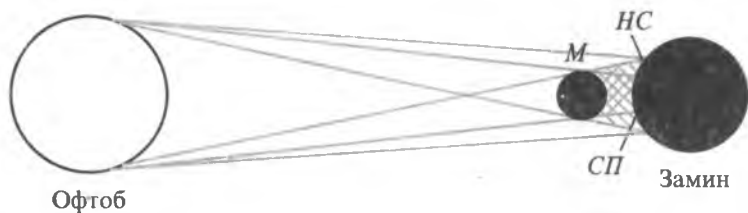
Дар баъзе мавридҳо соя ба вучуд намеояд. Масалан, рӯзҳои тира сояи ҷисмҳо намудор намегарданд. Ҳангоми ҷарроҳӣ ҷойи онро бо лампаҳои маҳсули бесоя равшан мекунанд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

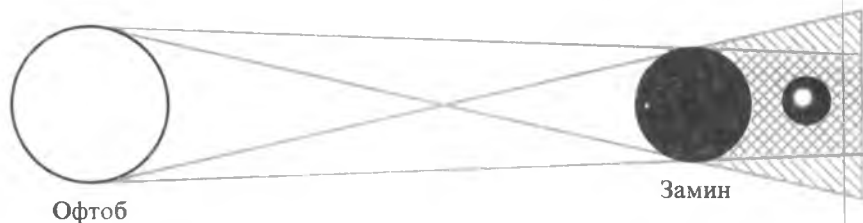
1. Қонуни ростхаттаи паҳншавии рӯшноиро шарҳ диҳед.
2. Нур ё шуои рӯшноӣ гуфта, чиро меноманд ва барои чӣ аз ин мафҳум истифода мебаранд?
3. Ҳосилшавии сояро дар паси предметҳо маънидод намоед.
4. Қадом вақт нимсоя ҳосил мегардад?

### 3.3. Гирифти Офтоб ва Моҳ\*

Ҳосилшавии соя ва нимсояро ҳангоми гирифтани Офтоб ва Моҳ мушоҳида кардан мумкин аст. Дар расмҳои 3.3.1 ва 3.3.2. гирифти Офтоб ва Моҳ нишон дода шудааст.



Расми 3.3.1



Расми 3.3.2

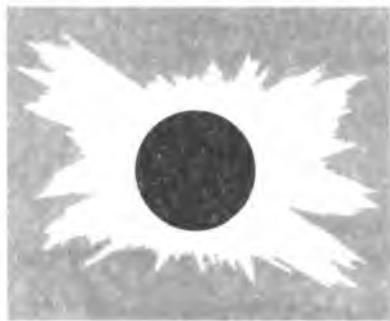
Ҳангоми гирифти Офтоб сояи пурраи СП, ки онро Моҳ ҳосил менамояд, ба сатҳи Замин меафтад (расми 3.3.1). Дар мавриди байни Офтобу Замин ҷойгиршавии Моҳ гирифти Офтоб мушоҳида мегардад.

Дар атрофи сояи пурраи СП нимсояи НС ҳосил мегардад. Вакте ки Моҳ ҳангоми ҳаракати худ ба сояи Замин дохил мешавад, гирифти Моҳ мушоҳида мегардад (расми 3.3.2).

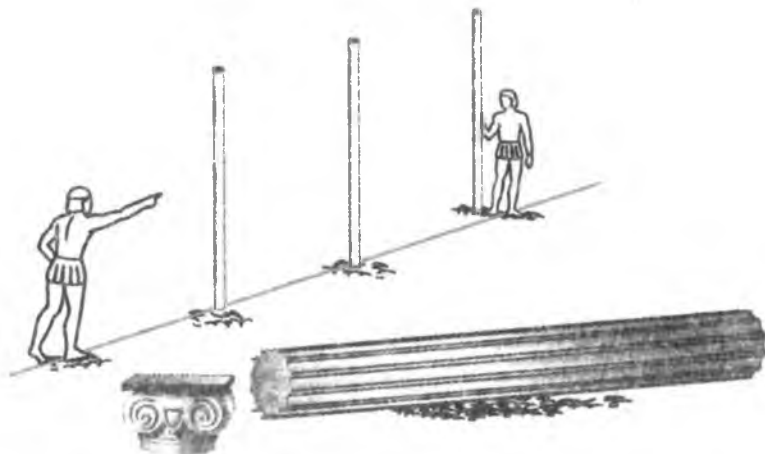
Гирифти Офтоб барои илм аҳамияти муҳим дорад. Он имконият медиҳад, ки нури ситорагонӣ аз лаби қурси Офтоб гузаранда омӯхта ва партавафшонии атмосфераи Офтоб мушоҳида карда шавад (расми 3.3.3).

Ҳангоми дурахшандагии пурзӯри Офтоб афканишоти ситораҳои дур намудор намешавад ва омӯзиши онҳо имконнопазир мегардад.

Инчунин аз рӯи партавафшонии атмосфераи Офтоб таркиби мода ва баъзе протсессҳои дар қаъри Офтоб ба амал омадаро тадқиқ менамоянд.



Расми 3.3.3



Расми 3.3.4

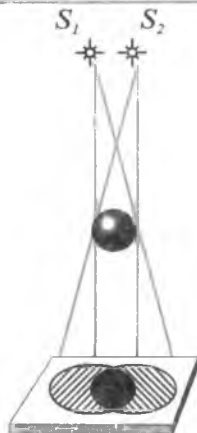
Дар Мисри қадим аз қонуни ростхатта паҳншавии рӯшноӣ, барои аз рӯйи хати рост гузоштани қатори сутунҳо ва появу деворҳо истифода мекарданд. Сутунҳо чунон шинонида мешуданд, ки сутуни аз ҳама наздиктарин сутунҳои дигарро аз назар пинҳон мекард (расми 3.3.4).

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

Қадам вақт гирифтани Офтоб ва гирифтани Моҳ ба амал меояд ва ин ҳодисаҳоро шарҳ диҳед.

### МАШҚИ 9

1. Дар расми 3.3.5 нақшаи таҷрибавии ба воситаи манбаъҳои  $S_1$  ва  $S_2$  ҳосил кардани соя нишон дода шудааст.  
 $S_1$  – лампочкаи хурди рангаш сурх ва  
 $S_2$  – лампочкаи хурди рангаш кабуд мебошад. Расмро ба дафтаратон кашед ва онро ранг кунед. Дар ин таҷриба ростхатта паҳншавии рӯшноиро исбот намоед.
2. Ҳангоми гирифтани Офтоб ба Замин аз Моҳ соя ва нимсоя меафтад (расми 3.3.1). Шахси дар соҳаи соя истода Офтобро дида метавонад? Дар соҳаи нимсоя бошад чӣ? Чавобро асоснок намоед.



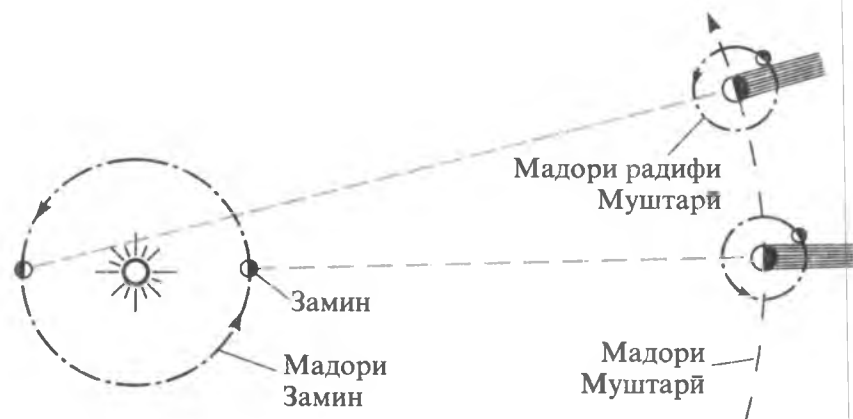
Расми 3.3.5

1. Дар порчаи картони сахт ба кутри 3-5 мм сӯроҳ кунед. Ин картоноро аз девори муқобили тиреза дар масофаи 10-15 см гузоред. Шумо дар девор тасвири хурди камнур ва чапшаи тирезаро мебинед. Аз чунин сӯроҳии хурд ҳосилшавии тасвири предметро дар асоси қонуни ростхатта паҳншавии рӯшноӣ шарҳ диҳед.
2. Дар мавзӯи «Гирифтани Офтоб ва Моҳ» маъруза тайёр намоед.

### 3.4. Чен қардани суръати рӯшноӣ\*

Рӯшноӣ бо суръати муайян дар муҳитҳо паҳн мешавад. Ҳангоме ки қалиди ҷароғи барқро паҳш мекунем, ҳона ғавран равшан мегардад. Дар аввалҳо чунин ақида пайдо гардид, ки барои паҳншавии рӯшноӣ ҳеч гуна вақт сарф намешавад. Баъдтар маълум гардид, ки суръати рӯшноӣ беохир қалон набуда, дар муҳитҳои гуногун қиматҳои муайян дорад. Яке аз усулҳои ҷенкунии суръати рӯшноӣ ро дида мебароем. Бори аввал соли 1676 суръати рӯшноӣ ро астрономи даниягӣ О. Рёмер ҷен қарда буд. Ӯ гирифтани радиҳои сайёраи қалонтарини системаи Офтоб, Муштариро омӯхт, ки он 13 радиф дорад.

Радифи наздиктарини Муштарӣ Ио ба шумор меравад ва Рёмер онро мавриди омӯзиш қарор дод. Барои ҷен қардани суръати рӯшноӣ Рёмер ба сояи Муштарӣ дохилшавӣ ва аз он баромадани Ио-ро истифода намуд. Маълум гардид, ки муддати байни ду афрӯзиши Ио 42 соату 28 дақиқаро ташкил менамояд. Ҳамин тариқ, Ио баъди фосилаҳои баробари вақт ба Замин нур мефиристонад. Ҷенкунии аввалро Рёмер вақте гузаронид, ки ҳангоми ҳаракати худ Замин дар атрофи Офтоб ба Муштарӣ дар масофаи наздиктарин ҷойгир буд (расми 3.4.1).



Расми 3.4.1

Маълум гардид, ки баъди Замин аз Муштарӣ хеле дур гардидан (дар расми 3.4.1 мавқеи дигари Замин) Ио аз соя 22 дақиқа дертар намоён гардид. Ин чунин маъно дорад, ки рӯшноӣ дар давоми 22 дақиқа аз мавқеи аввалаи Замин ба мавқеи дигараш мерасад.

Масофаи байни мавқеъҳои Заминро ба вақти дермонӣ тақсим намуда, суръати рӯшноӣ муайян карда шуд, ки он тақрибан ба 215 000 км/с баробар шуд.

Дар шароити лабораторӣ бори аввал суръати рӯшноиро соли 1849 физики фаронсавӣ И. Физо чен намуд ва он барои суръати рӯшноӣ қимати 313 000 км/с-ро ҳосил намуд. Яке аз усулҳои муқаммалӣ ченкунии суръати рӯшноиро соли 1856 физики амрикоӣ А. Майкелсон пешниҳод кард. Баъдтар суръати рӯшноӣ дар муҳитҳои шаффофи гуногун чен карда шуд. Маълум гардид, ки суръати рӯшноӣ дар об нисбат ба вакуум 1,33 маротиба хурд мебошад. Суръати рӯшноӣ дар шиша тақрибан ба (200 000 км/с) баробар аст.

Ҳамин тариқ, дар замони ҳозира суръати аниқӣ рӯшноӣ дар вакуум ба 299796 км/с баробар аст ва тақрибан 300 000 км/с қабул карда шудааст. Суръати рӯшноӣ дар вакуум суръати аз ҳама калонтарин ба шумор меравад. Рӯшноӣ дар 1,3 сония масофаи байни Замину Мохро тай мекунад ва аз Офтоб то Замин тахминан дар 8 дақиқа ва аз ситораи кутб дар 44 сол омада мерасад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Аввалин бор суръати рӯшноиро кӣ чен кард ва дар ченкунии худ ӯ кадом ходисаро истифода бурда буд?
2. Дар шароити лабораторӣ ченкунии суръати рӯшноиро кихо гузаронида буданд ва барои он чӣ гуна қиматҳо ҳосил карданд?
3. Қимати суръати рӯшноӣ дар вакуум ба чӣ баробар аст?

#### МАШҚИ 10

1. Дар асоси қимати суръати рӯшноӣ дар вакуум қимати суръати рӯшноиро дар об муайян намоед. (Ҷавоб:  $v = 225563,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ )
2. Рӯшноӣ дар чанд вақт аз Офтоб то Замин омада мерасад, агар масофа аз Офтоб то Замин 150 000 000 км бошад?  
(Ҷавоб:  $t = 500 \text{ с}$ )

### 3.5. Сели рӯшноӣ

Нурҳои рӯшноӣ аз манбаи рӯшноӣ ба фазои атроф энергияи рӯшноиро паҳн менамоянд. Ба таъсири рӯшноӣ аз рӯи энергияи он баҳо дода мешавад. Яке аз қисмҳои оптика, ки усулҳои ченкунии энергияи нурафканиро меомӯзад, фотометрия номида мешавад.



Микдори энергияи рӯшноии  $W$  аз манбаъ дар воҳиди вақти  $t$  барояндаро сели рӯшноӣ  $\Phi$  меноманд.

$$\Phi = \frac{W}{t}. \quad (3.5.1)$$

Аз формулаи (3.5.1) дида мешавад, ки сели рӯшноӣ тавоноии афканишотро тавсиф менамояд.

Микдори энергияи рӯшноие, ки ягон манбаъ дар воҳиди вақт ба ҳама самтҳо мебарорад, сели пурраи рӯшноии манбаъ номида мешавад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАКРОР

1. Фотометрия гуфта, кадом қисми оптикaro меноманд?
2. Сели рӯшноӣ гуфта, чиро меноманд ва он чиро тавсиф менамояд?
3. Сели пурраи манбаи рӯшноӣ гуфта, чиро меноманд?

### МАШҚИ 11

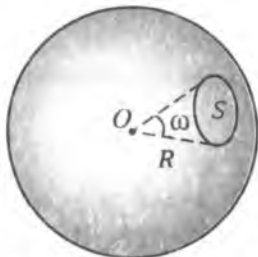
Лампочкаи электрикӣ дар як дақиқа 120 Ҷоул энергияи рӯшноӣ меафканад. Сели пурраи лампочкаи электрикиро бо воҳиди тавоноӣ муайян намоед. (Ҷавоб:  $\Phi=2$  Вт)

## 3.6. Қувваи рӯшноӣ\*

Барои тавсифи манбаъҳои рӯшноӣ аз бузургии дигари фотометрӣ – қувваи рӯшноӣ истифода бурда мешавад. Дар атрофи манбаи нуқтагии рӯшноӣ сатҳи куравии радиусаш  $R$ -ро мекашем. Дар дохили ин кура конусеро ҷудо менамоем, ки қуллаи он дар маркази кура ҷойгир бошад ва асоси он дар сатҳи кура масоҳати  $S$ -ро ишғол намояд (расми 3.6.1).

Фазои аз тарафи конус маҳдуд кардашударо кунҷи фазоӣ  $\omega$  меноманд ва бузургии он бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\omega = \frac{S}{R^2}. \quad (3.6.1)$$



Агар  $S = R^2$  бошад, он гоҳ  $\omega = 1$  мешавад ва онро стерadian (стер) меноманд. Масоҳати сатҳи кура ба  $4\pi R^2$  баробар мебошад, бинобар он, кунҷи фазоӣ дар атрофи манбаи нуқтагӣ ба  $4\pi$  стерadian баробар аст.

Қувваи рӯшноии манбаъ  $I$  бузургии мебошад, ки бо нисбати сели рӯшноӣ бар

бузургии кунчи фазой  $\omega$ , ки дар тахти он ин сел паҳн мегардад, муайян карда мешавад:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (3.6.2)$$

Ба сифати воҳиди қувваи рӯшноӣ яке аз воҳидҳои асосии системаи воҳидҳои байналхалқӣ (СИ) кандела (кд) қабул карда шудааст.

**Кандела (кд) – қувваи рӯшноии манбаест, ки басомади афканишоти монохроматикаш  $540 \cdot 10^{12}$  Х буда, қувваи рӯшноии энергетикаш ба самти додасуда ба  $1/683$  Вт/стерадиан баробар мебошад.**

Аз формулаи (3.6.2) барои сели рӯшноӣ ҳосил мекунем:

$$\Phi = I\omega. \quad (3.6.3)$$

Аз ин формула воҳиди сели рӯшноиро дар СИ муайян менамоем. Агар  $I = 1$  кд ва  $\omega = 1$  стер бошад, он гоҳ барои сели рӯшноӣ ҳосил мекунем:

$$\Phi = 1 \text{ кд} \cdot 1 \text{ стер} = 1 \text{ люмен (лм)}.$$

Яъне дар системаи СИ воҳиди сели рӯшноӣ 1 лм мебошад. 1 люмен сели рӯшноие мебошад, ки аз манбаи нуқтагии рӯшноии қувваи рӯшноиаш 1 кд дар дохили кунчи фазоии бузургияш 1 стер афканда мешавад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кунчи фазой чист?
2. Қувваи рӯшноии манбаъ гуфта, чиро меноманд ва бо кадом формула ифода карда мешавад?
3. Кандела чӣ гуна қувваи рӯшноӣ мебошад?
4. Люмен гуфта, чиро меноманд?

#### МАШҚИ 12

1. Сели пурраи манбаи нуқтавии қувваи рӯшноиаш 25 кд-ро муайян намоед. (Ҷавоб:  $\Phi = 314$  лм)
2. Сели пурраи рӯшноӣ ба 6280 лм баробар аст. Қувваи рӯшноии манбаъро муайян намоед. (Ҷавоб:  $I = 500$  кд)

### 3.7. Равшани\*

Рӯшноӣ ба сатҳи ҷисмҳо афтида, онҳоро равшан менамояд. Барои кори мӯътадили инсон рӯшноии мувофиқ лозим аст. Ҳам рӯшноии суст ва ҳам рӯшноии пурзӯр чашми инсонро монда мекунад. Барои ба таври объективӣ ба рӯшноӣ баҳо додан аз мафҳуми равшани истифода мебаранд.

Бузургиеро, ки бо нисбати сели рӯшноии ба ягон сатҳ афтада  $\Phi$  бар масоҳати ин сатҳ муайян карда мешавад, равшанӣ  $E$  меноманд:

$$E = \frac{\Phi}{S}. \quad (3.7.1)$$

Ҳангоми  $S = 1$  будан  $E = \Phi$  мешавад. Яъне равшанӣ ададан ба сели рӯшноие, ки ба воҳиди сатҳ меафтад, баробар аст. Дар асоси формулаи (3.7.1) воҳиди равшаниро дар системаи воҳидҳои ченкунии СИ муайян менамоем:

$$E = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ лк (люкс)}.$$

Яъне дар СИ ба сифати воҳиди равшанӣ 1 лк қабул карда шудааст. 1 люкс равшаниест, ки сели рӯшноии бузургиаш 1 лм ба сатҳи масоҳаташ  $1 \text{ м}^2$  мунтазам тақсим гардида ба вучуд меорад.

#### САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Равшанӣ гуфта, чиро меноманд ва бо кадом формула ифода карда мешавад?
2. Равшанӣ бо кадом воҳид чен карда мешавад?
3. Люкс чӣ гуна равшанӣ мебошад?

#### МАШҚИ 13

1. Сели рӯшноии 5 лм ба сатҳи масоҳаташ  $500 \text{ см}^2$  меафтад. Равшании сатҳро муайян намоед. (Ҷавоб:  $E = 100 \text{ лк}$ )
2. Аз манбаи сели рӯшноиаи 40 лм дар кадом масоҳат равшанӣ ба 50 лк баробар мешавад. (Ҷавоб:  $S = 0,8 \text{ м}^2$ )

### 3.8. Қонунҳои равшанӣ\*

Равшаниро барои манбаи нуқтавии рӯшноии дар дохили сатҳи куравии радиусаи  $R$  буда муайян менамоем. Барои сатҳи куравӣ  $S = 4\pi R^2$  аст ва аз формулаи (3.7.1) ҳосил мекунем:

$$E = \frac{\Phi}{4\pi R^2}. \quad (3.8.1)$$

Мувофиқи формулаи (3.6.3) сели пурраи рӯшноӣ барои сатҳи куравӣ баробар аст:

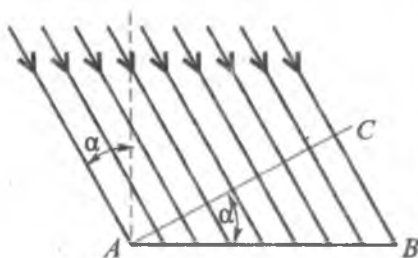
$$\Phi = 4\pi I. \quad (3.8.2)$$

Аз формулаҳои (3.8.1) ва (3.8.2) барои равшанӣ ифодаи зеринро ҳосил мекунем:

$$E = \frac{I}{R^2} \quad (3.8.3)$$

Қайд кардан лозим аст, ки дар мавриди дида баромадамон нурҳои рӯшноӣ ба элементҳои дилхоҳи сатҳ перпендикуляр меафтанд. Ҳамин тариқ, равшании сатҳе, ки ба он нурҳо перпендикуляр меафтанд, ба қувваи рӯшноии манбаъ мутаносиби роста буда, ба квадрати масофа то сатҳи равшаншаванда, мутаносиби чаппа мебошад.

Ин хулоса қонуни якуми равшаниро ифода мекунад. Агар рӯшноӣ ба сатҳ дар таҳти кунҷи  $\alpha$  афтад (расми 3.8.1), он гоҳ равшанӣ аз баробарии зерин муайян карда мешавад:



Расми 3.8.1

$$E = E_0 \cos \alpha, \quad (3.8.4)$$

дар ин ҷо  $E_0$  - равшании сатҳ ҳангоми перпендикуляр афтидани нурҳои рӯшноӣ аст;  $\alpha$  - кунҷи байни нури афтанда ва перпендикуляри дар нуктаи афтиши нур ба сатҳ фурувардашуда мебошад ва кунҷи афтиши нур номида мешавад.

**Формулаи (3.8.4) қонуни дуҷуми равшаниро ифода менамояд, яъне равшании сатҳ ба косинуси кунҷи афтиши нур мутаносиб мебошад.**

Дар баробарии (3.8.4)  $E_0 = \frac{I}{R^2}$  буданаширо ба эътибор гирифта, ҳосил менамоем:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha. \quad (3.8.5)$$

Баробарии (3.8.5) алоқамандии қонунҳои якум ва дуҷуми равшаниро муқаррар менамояд. Аз қонунҳои равшанӣ дар амалия барои ҳисобкунии равшанӣ дар биноҳои бо мақсадҳои гуногун истифодашаванда истифода мебаранд.

Барои мавридҳои гуногуни қорӣ бузургии равшании ҳар хела лозим аст. Масалан, барои хондан 50 лк ва барои қорҳои нозук (нақшакашӣ, қандақорӣ), инчунин дар сеҳҳое, ки асбобҳои хурди буранда истифода бурда мешаванд, 100 лк равшанӣ зарур мебошад. Равшаниро бо асбоби махсус - люксметр чен мекунанд.

1. Қонуни якуми равшанӣ бо кадом формула ифода ва чӣ гуна таъриф карда мешавад?
2. Қонуни дууми равшанӣ бо кадом формула ифода ва чӣ тавр таъриф карда мешавад?

МАШҚИ 14

1. Сели рӯшноии пурраи манбаи нуқтавии қувваи рӯшноиаш 100 кд-ро муайян намоед. (Ҷавоб:  $\Phi = 1256$  лм)
2. Лампаи қувваи рӯшноиаш 200 кд дар масофаи 2 м ҳангоми перпендикуляр афтидани нури рӯшноӣ чӣ гуна равшанӣ ҳосил менамояд? (Ҷавоб:  $E = 50$  лк)

### 3.9. Инъикоси рӯшноӣ

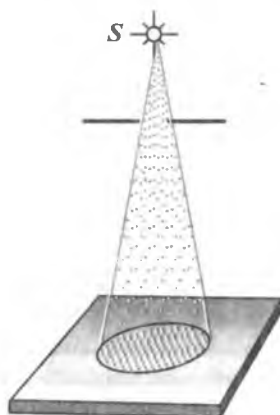
Мо чисмҳо ва манбаи рӯшноиро ҳамон вақт мебинем, ки агар аз онҳо рӯшноӣ ба чашмонамон афтад. Ҳангоми ба ягон сатҳ афтидани рӯшноӣ як қисми он ба сатҳи чисм аз нав бармегардад. Ин ҳодисаро инъикоси рӯшноӣ меноманд. Мо чисмҳоро дар натиҷаи рӯшноиро инъикос карданашон мебинем.

Агар дар байни манбаи рӯшноӣ ва экран (расми 3.9.1) коғаз ё кафи дастро гузорем, онҳо намудор мешаванд, чунки рӯшноии ба сатҳи вараку кафи даст расида инъикос меёбад. Агар дастаи рӯшноӣ аз ҳавои ҷангу губордори хона гузарад (расми 3.9.2), мо дастаи рӯшноиро хеле хуб мебинем, чунки ҷангу губорҳо рӯшноиро инъикос намуда, ба чашми мо равона мекунанд.

Дар ин маврид баъзе аз ҷангу губорҳои хона гоҳе гайб мезананду гоҳ намудор мешаванд. Сабаби ин дар он аст, ки ҷангу губорҳо



Расми 3.9.1



Расми 3.9.2

харакат карда, нури рӯшноиро ба самтҳои гуногун инъикос мекунанд. Ҳамин тариқ, инъикоси рӯшноӣ аз сатҳи ҷисмҳо дар асоси қонунҳои муайян ба амал меояд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Инъикоси рӯшноӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Кадом вақт ҷисмҳо дида мешаванд?
3. Барои чӣ ҳамсафарҳои сунъии Замин шӯълапошӣ мекунанд, гарчанде ки дар онҳо ягон ҳел манбаи рӯшноӣ ҷой дода нашудааст?

### 3.10. Қонунҳои инъикоси рӯшноӣ

Барои омӯхтани қонунҳои инъикоси рӯшноӣ аз асбоби махсус, ки курси оптикӣ ном дорад, истифода мебарем. Он аз доираи сафедеробрат аст, ки гирдаш тақсимотҳо дорад (расми 3.10.1).

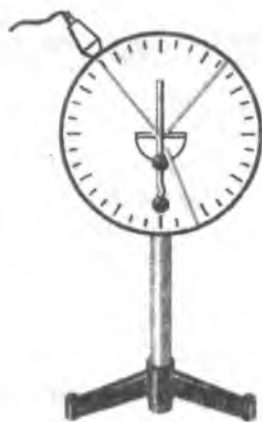
Дар қанори курс манбаи рӯшноӣ (лампочка) пайваст гардида ва он дар ғилофи рӯшноиногузар ҷой дода шудааст. Дар маркази курс лавҳаи шишагиро ҷой дода, ба он дастаи рӯшноиро раво мекунем.

Як қисми дастаи рӯшноӣ аз шиша инъикос мешаваду қисми дигараш аз он мегузарад (расми 3.10.1), инчунин шиша андаке гарм мешавад. Ҳамин тариқ, хангоми ба шиша афтидани дастаи рӯшноӣ як қисми он инъикос мешавад, як қисмаш аз шиша мегузарад ва қисми боқимондаашро шиша фӯрӯ мебарад, ки ин сабаби гармшавии шиша мегардад.

Дар курси оптикӣ лавҳаи шишагиро бо оина  $PP$  иваз мекунем. Оина қисми зиёди энергияи рӯшноии афтандаро ба муҳите, ки аз он рӯшноӣ меафтад, инъикос менамояд.

Дастаи рӯшноиро ба нуқтаи  $C$ -и сатҳи оина равона намуда, ҳосилшавии нури инъикосшудаи  $CS_1$ -ро мушоҳида менамоем. Маълум мешавад, ки ҳам нури афтандаи  $SC$  ва ҳам нури инъикосшудаи  $CS_1$  дар як ҳамворӣ меҳобанд (расми 3.10.2).

Манбаи рӯшноиро гирдогирди курс ғечонида, самти афтиши нууро тағйир дода, мушоҳида менамоем, ки самти нури



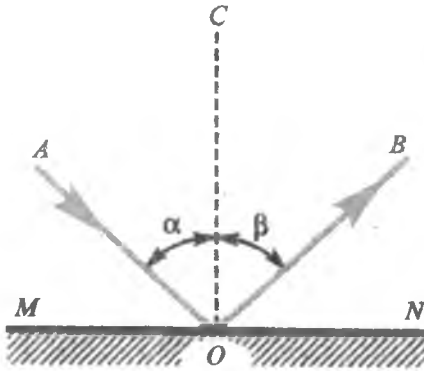
Расми 3.10.1



Расми 3.10.2

инъикосшуда низ тағйир меёбад. Ҳамеша нурҳои афтанда ва инъикосшуда дар ҳамон як ҳамвории курс мехобанд.

**Аз натиҷаҳои ин таҷриба чунин хулоса бармеояд: нурҳои афтанда, инъикосёфта ва перпендикуляре, ки дар нуктаи аштиши нур ба ҳамвории инъикоскунанда гузаронида шудааст, дар як ҳамворӣ мехобанд.**



Расми 3.10.3

Ин хулоса таърифи қонуни якуми инъикоси рӯшноиро ифода менамояд. Барои муқаррар кардани қонуни дуоими инъикоси рӯшноӣ дар асоси таҷриба бо курси оптикӣ дар сатҳи оинаи  $MN$ , нурҳои афтанда  $AO$ , инъикосёфта  $OB$  ва перпендикуляри  $OC$ -ро ба нуктаи аштиши нур мегузаронем (расми 3.10.3). Дар ин расм  $\angle AOC = \alpha$  - кунҷи аштиши нур ва  $\angle COB = \beta$  - кунҷи инъикоси нур номида мешавад. Манбаи рӯшноиро дар гирди

курс ғечонида, кунҷи аштиши нурро тағйир додан мегирем ва мебинем, ки ҳар дафъа кунҷи инъикоси нур низ тағйир меёбад.

Аз мушоҳида ва ченкуниҳо маълум гардид, ки барои ҳамаи қиматҳои кунҷи аштиши нур кунҷи инъикоси нур ба он баробар мебошад.

Аз ин ҷо қонуни дуоими инъикоси рӯшноӣ чунин таъриф дода мешавад:

**Кунҷи инъикоси нур ба кунҷи аштиши он баробар мебошад.**

Агар дар курси оптикӣ (расми 3.10.2) нури рӯшноӣ ба самти  $S_1C$  равона бошад, он баъди инъикос шудан ба самти  $CS$  равона мегардад, яъне нурҳои афтандаю инъикосёфта ҷойҳояшонро иваз мекунанд ва ин хосияти баргардандагӣ доштани нурҳои рӯшноиро ҳангоми инъикос тасдиқ менамояд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

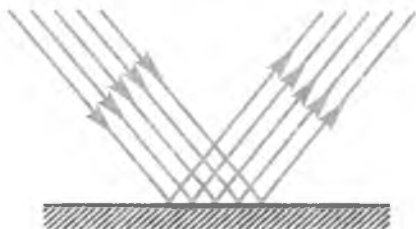
1. Қонуни якуми инъикоси рӯшноӣ чӣ тавр таъриф карда мешавад?
2. Кадом кунҷро кунҷи аштиши нур ва кадомашро кунҷи инъикоси нур меноманд?
3. Қонуни дуоими инъикоси рӯшноӣ чӣ тавр таъриф дода мешавад?
4. Кунҷи аштиши нур ба  $45^\circ$  баробар аст. Кунҷи инъикос ба чӣ баробар мешавад?

### 3.11. Инъикоси оинавӣ ва диффузӣ

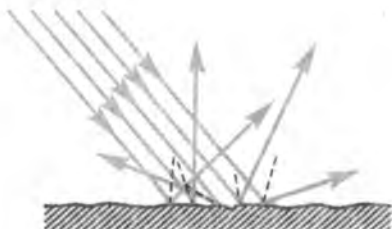
Чисмҳои равшанкардашуда рӯшноиро инъикос менамоянд ва инъикоскунӣ онҳо ба шакли сатҳи онҳо вобаста аст. Вобаста ба шакли сатҳи ҷисмҳои инъикоси оинавӣ ва диффузиро аз ҳамдигар фарқ мекунад. Сатҳҳои оинавӣ рӯшноии афтандаро ба самти муайян инъикос менамоянд. Агар ба оина дастаи нурҳои параллелии Офтоб афтанд, онҳо чун дастаи параллелии инъикос меёбанд (расми 3.11.1).

Ин гуна инъикоси ба як самт нигаронидашударо оинавӣ менаманд. Сатҳи катраи симоб, сатҳи шишаи суфта, сатҳи металлӣ сайқалдодашуда рӯшноиро оинавӣ инъикос менамоянд.

Сатҳҳои гайриоинавӣ дурушту носуфта рӯшноиро пароканда мекунад ва дастаи рӯшноии параллелии афтандаро ба ҳама тараф инъикос менамоянд (расми 3.11.2).



Расми 3.11.1



Расми 3.11.2

Бинобар ин, ин гуна ҷисмҳоро аз ҳама тарафҳои мебинем. Ин бо он фаҳмонида мешавад, ки сатҳҳои дурушту ноҳамвор аз микдори зиёди ҳамворичаҳои хурдаки суфтаи бетартиб ҷойгирбуда иборатанд. Ҳар яки ин ҳамворичаҳо дар асоси қонуни инъикоси рӯшноӣ нури ба сатҳашон афтандаро ба самтҳои муайян инъикос менамоянд. Дар натиҷа нурҳои аз онҳо инъикосёфта ба самтҳои гуногун мераванд ва дастаи рӯшноӣ дар атроф пароканда мешавад.

Чунин инъикосро инъикоси диффузӣ ё парокандагӣ менаманд. Ба тӯфайли инъикоси диффузии рӯшноӣ мо ҷисмҳои худашон рӯшноӣ наафканандаро мебинем. Масалан, вараки когаз рӯшноиро диффузӣ инъикос мекунад.

Қариб ҳамаи ҷисмҳои рӯшноиро диффузӣ инъикос мекунад. Оинаи муқаррарӣ низ рӯшноиро як қадар пароканда мекунад, вагарна мо сатҳи оинаро дида наметавонистем.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Инъикоси оинавӣ гуфта, чиро менаманд?
2. Инъикоси диффузӣ қадом вақт ба амал меояд?
3. Доир ба сатҳҳои оинавӣ ва гайриоинавӣ мисолҳо биёред.



### 3.12. Оинаи ҳамвор ва тасвир дар он

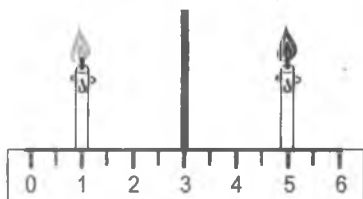
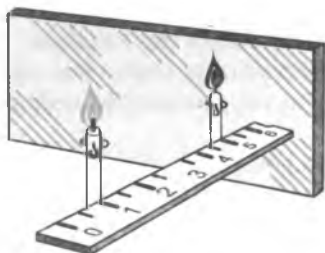
Оинаи сатҳаш ҳамворро оинаи ҳамвор меноманд. Оинаҳои дар хонаҳо истифодашаванда оинаҳои ҳамвор мебошанд. Агар дар пеши оинаи ҳамвор предмет гузошта шуда бошад, ба назар чунин менамояд, ки гуё дар паси оина айнан ҳамин гуна предмет ҷой дода шудааст. Инро тасвири предмет дар оина меноманд. Дар оина ҷӣ тавр пайдо гардидани тасвири нуктаи равшанро дида мебароем (расми 3.12.1).



Расми 3.12.1

Аз маҷмуи нурҳои, ки аз манбаи  $S$  ба оинаи  $MN$  меафтад, барои осон гардидани сохтани тасвир се нурҳои  $SO$ ,  $SO_1$  ва  $SO_2$ -ро интихоб менамоем. Ин нурҳо дар асоси қонуни инъикоси рушной аз оина таҳти кунҷҳои инъикос мешаванд, ки таҳти ин кунҷҳо ба оина афтидаанд. Нури  $SO$  таҳти кунҷи  $O^\circ$  меафтад ва инъикос меёбад, нури  $SO_1$  таҳти кунҷи  $\beta_1 = \alpha_1$ , нури  $SO_2$  таҳти кунҷи  $\beta_2 = \alpha_2$  инъикос меёбад. Ба ҷашм (дар расми 3.12.1 нишон додашуда) дастаи рушноии аз оина парокандашуда меафтад.

Нурҳои аз оина инъикосёфтаре ба самти муқобил давом медиҳем ва онҳо дар нуктаи  $S_1$  ҳамҷоя мешаванд. Ба ҷашм чунин менамояд, ки гуё нурҳо аз нуктаи  $S_1$  мебаромада бошанд ва ҷашм дар он ҷо тасвири нуктаи  $S$ -ро мебинад.



Расми 3.12.2

Нуктаи  $S_1$  тасвири мафҳуми манбаи  $S$  дар оинаи ҳамвор ба шумор меравад. Аслан дар нуктаи  $S_1$  нурҳо ҳамҷоя намешаванд, балки давоми фикрии онҳо ҳамҷоя мешаванд, бинобар ин, тасвири манбаъро тасвири мафҳум меноманд. Мо дар назди оинаи ҳамвор истода, тасвири мафҳуми худро дар он мебинем.

Аз аломати баробарии секунҷаҳо истифода намуда, аз рӯи расми 3.12.1 исбот кардан мумкин аст, ки  $S_1O = SO$  мебошад. Маълум мешавад, ки предмет аз оинаи ҳамвор дар қадом масофае ҷойгир бошад, тасвири он дар паси оина дар ҳамон масофа ҳосил мешавад.

Тачрибаи зерин низ баробарии порчаҳои  $S,O$  ва  $SO$ -ро тасдиқ мекунад. Порчаи шишаи ҳамворро амудӣ дар болои ҷадвал гузошта, дар пеши он шамъи фурузонро мегузorem (расми 3.12.2).

Ин шиша чун оинаи ҳамвор хизмат менамояд. Азбаски шиша шаффоф аст, дар паси он тарафи дигари ҷадвал намудор мешавад. Дар паси шиша тасвири ҳосилгардидаи шамъро мебинем, ки он дар масофае ҳосил мешавад, ки дар ҳамин гуна масофа шамъ аз шиша гузошта шудааст.

Инчунин баландии тасвири шамъ ба баландии худӣ шамъ баробар аст. Яъне дар оинаҳои ҳамвор андозаи тасвир ба андозаи худӣ предмет баробар мебошад. Тасвири ҳосилшудаи шамъ мавҳум аст.

Ҳамин тарик, дар асоси тачриба чунин хулоса бармеояд: дар оинаҳои ҳамвор тасвир мавҳум, роста ва андозааш ба андозаи предмет баробар буда, дар паси оина дар масофае ҳосил мешавад, ки худӣ предмет дар ин масофа дар пеши оина ҷойгир буд.



Расми 3.12.3

Боз як хусусияти тасвирро дар оинаи ҳамвор муайян менамоем. Агар тасвири дасти ростӣ худро дар оина мушоҳида кунед, панҷаҳо тавре намудор мешаванд, ки гӯё онҳо аз дасти чап бошанд (расми 3.12.3).

Аз ин ҷо хулоса баровардан мумкин аст, ки тасвир дар оинаи ҳамвор инчунин симметрӣ мебошад.

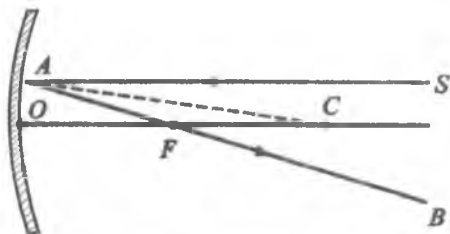
Дар оина худро дида, ҳамаи хусусиятҳои тасвирро мушоҳида карданамон мумкин аст. Қаду қомат чи қадаре, ки бошад, тасвир низ дар оина ҳамон қадар ҳосил мегардад. Агар аз оина дур ё ба он наздик шавем, тасвирамон низ ба ҳамон масофа ҷой иваз менамояд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

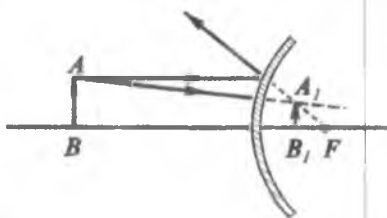
1. Оинаи ҳамвор гуфта, чиро меноманд?
2. Дар оинаи ҳамвор тасвири нуқтаи нурафкан дар кучо ва ҷи гуна ҳосил мешавад?
3. Барои ҷи дар расми 3.12.1,  $S$ -ро тасвири мавҳуми манбаи  $S$  меноманд?
4. Ҳосилшавии тасвири предметро дар оинаи ҳамвор фаҳмонида диҳед.
5. Оинаҳои ҳамвор дар кучо истифода бурда мешаванд?

### 3.13. Оинаи куравӣ

Оинаи куравӣ аз сатҳи сайкалдодашудаи сегменти куравӣ иборат мебошад. Оинаҳои куравӣ фуруҳамида ва барҷаста мешаванд. Барои оинаҳои куравии фуруҳамида (расми 3.13.1), сатҳи дохилии сегменти куравӣ ва барои оинаҳои куравии барҷаста (расми 3.13.2) сатҳи берунии сегменти куравӣ сайкал дода шудааст.



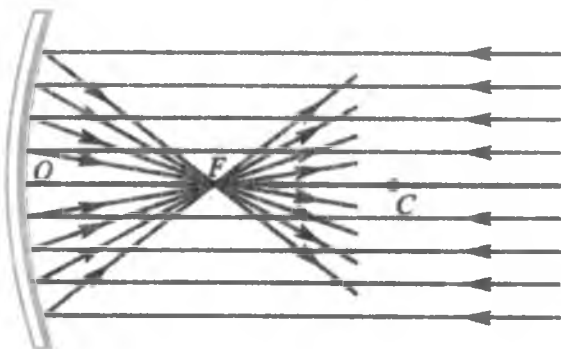
Расми 3.13.1



Расми 3.13.2

Маркази сатҳи куравӣ  $C$  – маркази оптикӣи ойна ва қуллаи сегменти куравӣ  $O$  – қутби ойна номида мешавад. Хати росте, ки аз маркази оптикӣи ойна  $C$  мегузарад, меҳвари оптикӣи ойна ном дорад. Хати росте, ки аз маркази оптикӣи ойна  $C$  ва қутби ойна  $O$  мегузарад, меҳвари оптикӣи асосӣ ( $CO$ ) номида мешавад.

Нурҳоеро, ки аз наздикии меҳвари оптикӣи асосӣ ва ба он параллел мегузаранд, нурҳои марказӣ ё назди меҳварӣ меноманд. Агар ба оинаи фуруҳамида дастаи нурҳои ба меҳвари оптикӣи асосӣ параллелро равона намоем, онҳо аз ойна инъикос гардида, дар нуқтаи тақрибан дар миёнаи радиуси ойна хобанда, якдигарро бурида мегузаранд (расми 3.13.3). Ин нуқтаро бо  $F$  ишора менамоем ва онро қонуни асосии ойна меноманд.



Расми 3.13.3

Яъне дастаҳои ба меҳвари оптикӣи асосии ойна параллелии рӯшноӣ дар қонуни асосии ойна чамъ мегарданд, бинобар он, оинаҳои фуруҳамидаро оинаҳои чамъкунанда меноманд. Масофаи

OF масофаи конунии оина номида мешавад ва бо  $F$  ишора карда мешавад.

Ҳамворие, ки ба меҳвари оптикии асосӣ перпендикуляр буда, аз конуни асосии оина мегузарад, ҳамвории конунӣ номида мешавад.

Масофаи қонунии оинаи куравӣ  $F$  ба нисфи радиуси он  $R$  баробар мебошад:

$$F = \frac{1}{2} R.$$

Конуни оинаи куравии барҷаста мавҳум аст (расми 3.13.2) ва дар болои меҳвари оптикии асосӣ, дар паси оина дар масофаи  $F = \frac{R}{2}$  аз қутби оина меҳобад. Оинаҳои куравии барҷаста дастаҳои рӯшноии ба меҳвари оптикии асосӣ параллел афтандаро пароканда менамоянд, бинобар ин, оинаҳои куравии барҷастаро оинаҳои парокандакунанда меноманд.

Аз оинаҳои фуруҳамида дар амалия ва сохтани асбобҳои оптикӣ ба таври васеъ истифода мебаранд. Дар он ҷойҳое, ки истифодаи дастаи параллелии рӯшноӣ лозим бошад, аз оинаҳои фуруҳамида истифода мебаранд. Масалан, дар паси лампаҳои ҷароғи нақлиётҳо, фонусҳои проексионӣ ва кисағӣ дар масофаи конуниашон оинаи фуруҳамида гузошта шудааст.

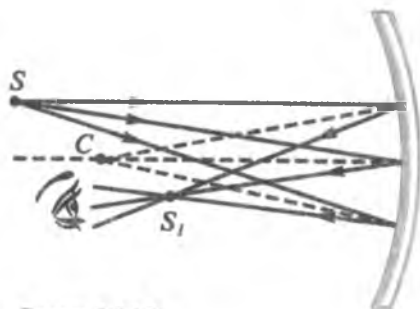
Сохти прожекторҳо ба оинаҳои фуруҳамида асос карда шудааст ва аз онҳо барои равшанкунии майдончаҳои сохтмонӣ, варзишгоҳҳо ва ғайраҳо истифода мебаранд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Оинаи куравӣ гуфта, чиро меноманд ва онҳо чанд намуд мешаванд?
2. Қутби оинаи куравӣ гуфта, чиро меноманд?
3. Чиро меҳвари оптикии оинаи куравӣ меноманд?
4. Чиро конуни оинаи куравӣ меноманд?
5. Барои чӣ оинаҳои куравӣ фуруҳамидаро оинаҳои ҷамъкунанда ва оинаҳои барҷастаро оинаҳои парокандакунанда меноманд?
6. Чиро ҳамвории конунии оинаи куравӣ меноманд?
7. Ҷаро конуни оинаҳои фуруҳамидаро ҳақиқӣ ва конуни оинаҳои барҷастаро мавҳум меноманд?
8. Оинаҳои фуруҳамида чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?

### 3.14. Сохтани тасвир дар оинаҳои куравӣ

Сохтани тасвири манбаи нуқтавии рӯшноиро дар оинаи куравии фуруҳамида дида мебароем. Нуқтаи рӯшноидиҳанда дар пеши оинаи куравии фуруҳамида гузошта шудааст (расми 3.14.1).



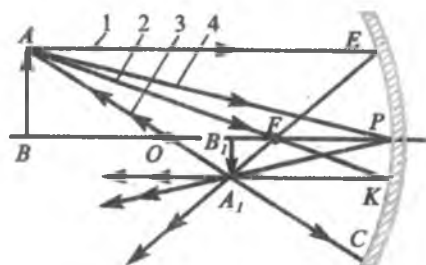
Расми 3.14.1

Барои сохтани тасвири нуқтаи рӯшноидиҳанда аз он ба оина се нур мегузаронем ва мувофиқи қонунҳои инъикосшавӣ нурҳои инъикосшударо месозем.

Нурҳои инъикосгардида дар нуқтаи  $S_1$  ҳамдигарро бурида мегузаранд.

Нурҳои дигари аз нуқтаи  $S$  бароянда низ дар нуқтаи  $S_1$  ҳамдигарро мебуранд. Бинобар ин, нуқтаи  $S_1$  тасвири нуқтаи рӯшноидиҳандаи  $S$  мебошад. Агар чашмро мисли дар расми 3.14.1 нишондодашуда гузорем, он гоҳ дар нуқтаи  $S_1$  нуқтаи рӯшноидиҳандаро мебинем.

Ҳамин тариқ, нурҳои назди меҳварие, ки аз нуқтаҳои гуногуни қисми нурафкан мебароянд, баъди аз оинаи фуруҳамида инъикосгардиданашон дар нуқтаҳои мувофиқ ҳамдигарро мебуранд ва маҷмӯи онҳо тасвири қисмро медиҳад.



Расми 3.14.2

Шамъи фурузонро дар пеши оина гузошта, мо тасвири баръакси хурди онро дар пеши оина мебинем. Агар дар ҷойи тасвири ҳосилгардида варақи қоғазӣ сафедро гузорем, дар рӯи он тасвири алангаи шамъ ҳосил мегардад. Барои сохтани тасвири нуқтаи рӯшноидиҳанда аз нурҳои зерини аз ин нуқта бароянда истифода бурдан кифоя мебошад (расми 3.14.2):

- 1) нури 1 ба меҳвари оптикӣ асосӣ параллел, ки баъди инъикосшавӣ аз қонун мегузарад;
- 2) нури 2 аз қонун гузаранда, ки баъди инъикосшавӣ ба меҳвари оптикӣ асосӣ параллел меравад;
- 3) нури 3 аз маркази қавқии оина гузаранда (аз рӯи меҳвари оптикӣ гайриасосӣ гузаранда), ки баъди инъикос аз рӯи ҳамон нур ба самти муқобил бармегардад;
- 4) нури 4 ба қутби оина афтанда, ки баъди инъикос симметрии аз меҳвари оптикӣ асосӣ бармегардад.

Ин чор нури аз нуқтаи  $A$  бароянда баъди аз оина инъикосгардидан дар нуқтаи  $A_1$  ҳамдигарро мебуранд ва он тасвири нуқтаи  $A$  мебошад (расми 3.14.2).

Дар асоси ду нур сохтани тасвири шамъ дар расми 3.14.3 ва ишораҳои масофаҳо нишон дода шудаанд:  $d$  – масофа аз предмет то қуллаи оина;  $f$  – масофа аз қуллаи оина то тасвир;  $F$  – масофаи конунӣ;  $R$  – радиуси қаври оина.

Алоқамандии масофа аз предмет то қуллаи оина, масофа аз қуллаи оина то тасвир ва масофаи конунии оина бо формулаи зерин ифода карда мешаванд:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} + \frac{1}{F} \quad (3.14.1)$$

Баробарии (3.14.1) формулаи оинаи куравии фуруҳамида номида мешавад. Формулаи оинаи куравии барҷаста низ намуди (3.14.1)-ро дорад, аммо масофаҳои  $f$  ва  $F$  дар он қимати манфӣ доранд (расми 3.14.4).

Аз формулаи (3.14.1) маълум мешавад, ки агар манбаи рӯшноӣ  $S$ -ро ба нуқтаи  $S_1$  гузаронем, он гоҳ тасвир дар нуқтаи  $S$  ҳосил мешавад (расми 3.14.1).

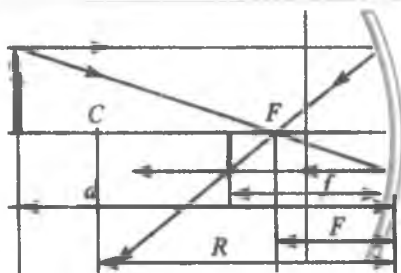
Вобаста ба масофа аз предмет то оина андоза ва мавқеи тасвири он низ тағйир меёбад (расми 3.14.5).

Аз расми 3.14.5 дида мешавад:

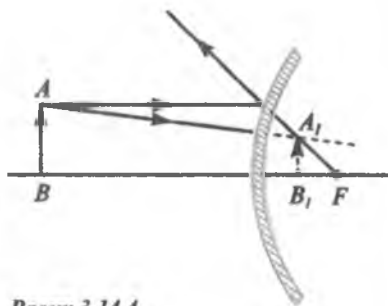
1) предмет дар масофаи  $d > 2F$  ҷойгир бошад, тасвир ҳақиқӣ, чаппа, нисбат ба предмет хурд ва дар байни маркази оптикӣ ва конуни оина ҳосил мешавад (расми 3.14.5);

2) предмет дар байни маркази оптикӣ ва конуни оина ҷойгир бошад, тасвир ҳақиқӣ, чаппа, калонкардашуда ва пас аз маркази оптикӣ ҳосил мешавад;

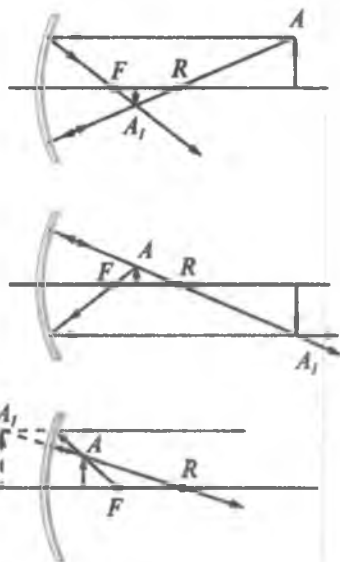
3) предмет дар байни оина ва масофаи конунӣ  $d < F$  ҷойгир бошад, тасвир мавҳум, роста, калон ва дар паси оина ҳосил мегардад ( $f < 0$ ).



Расми 3.14.3



Расми 3.14.4



Расми 3.14.5

Инчунин мувофиқи формулаи (3.14.1) мавридҳои хусусии зерин ҷойдоранд:

а) агар  $d=\infty$  бошад,  $f=F$  мешавад, яъне тасвир дар конуни оина ҳосил мегардад;

б) агар  $d=2F$  бошад,  $f=2F$  мешавад, яъне тасвир ҳақиқӣ ва чаппа ҳосил мегардад;

в) агар  $d=F$  бошад,  $f=\infty$  мешавад, яъне тасвир ҳосил намешавад ва ба беохирӣ мекӯчад.

Тасвири предмет дар оинаи куравии барҷаста (расми 3.14.4) мавҳум, роста ва нисбат ба предмет хурд мебошад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Барои сохтани тасвир дар оинаи куравии фуруҳамида аз чанд нур истифода мебаранд ва аз кадоми онҳо истифода бурдан беҳтар мебошад?
2. Формулаи оинаи куравии фуруҳамида чӣ хел намуд дорад?
3. Барои чӣ тасвири предметро дар оинаи куравии барҷаста мавҳум меноманд?
4. Вобаста ба масофа аз предмет то оина андоза ва мавқеи тасвир чӣ тағйир меёбад?
5. Кадом вақт тасвир дар оинаи фуруҳамида дар конуни он ҳосил мегардад?
6. Дар кадом ҳолат дар оинаи куравии фуруҳамида тасвир ҳосил намегардад?

### МАШҚИ 15

Агар масофаи конунии оинаи барҷаста 10 см ва предмет аз он дар масофаи 20 см ҷойгир бошад, тасвири предмет дар кучо ҳосил мешавад? Ҳосилшавии тасвириро дар қоғази дафтари катақдор сохта, онро шарҳ диҳед. (Ҷавоб:  $f=20$  см)

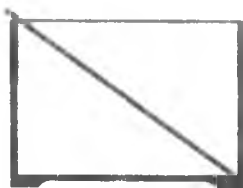
## 3.15. Шикасти рӯшноӣ

Ҳангоми ба сатҳи суфтаи муҳити шаффоф афтидани рӯшноӣ як қисми он ба муҳите, ки аз он рӯшноӣ равона аст, бармегардад ва қисми дигараш самташро тағйир дода, ба муҳити шаффоф паҳн мегардад. Нури рӯшноии ба муҳити шаффоф паҳн гардидаро нури шикаста ва ҳодисаи зоҳир гардидаро шикасти рӯшноӣ меноманд. Шикасти рӯшноӣ боиси тағйирёбии зоҳирии андоза, шакл ва мавқеи предметҳо мегардад.

Қаламро ба дохили стакани обдор моил мегузорем. Ҳангоми аз боло нигоҳ кардан қалам дар сатҳи об шикаста менамояд (расми 3.15.1). Ин ҳодиса бо шикасти рӯшноӣ дар сарҳади ду муҳит шарҳ дода мешавад.



Расми 3.15.1



а)



б)

Расми 3.15.2

Дар таҷриба мебинем, ки самти нур ҳангоми аз ҳаво ба об гузаштан чӣ тавр тағйир меёбад.

Ба зарфи шишагии шакли параллелолипи росткунҷа дошта, рӯшноӣ меафтад. То вақте, ки зарф бе об аст, рӯшноӣ ростхатта паҳн мешавад (расми 3.15.2, а).

Ба зарф то нисфи баландиаш об мерезем ва мебинем, ки нур дар ҳудуди ҳавою об шикаста, самташро тағйир медиҳад (расми 3.15.2, б).

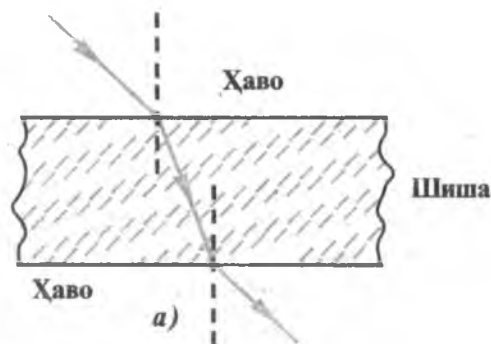
Чунин ҳодиса ҳангоми аз ҳаво ба шиша ва ё аз шиша ба ҳаво, яъне аз як муҳит ба муҳити дигар гузаштани рӯшноӣ ба амал меояд (расми 3.15.3).

Нишондоди нуршикании муҳитҳои гуногун ҳархела мебошад. Алмос нисбат ба обу шиша нурро зиёдтар мешиканад.

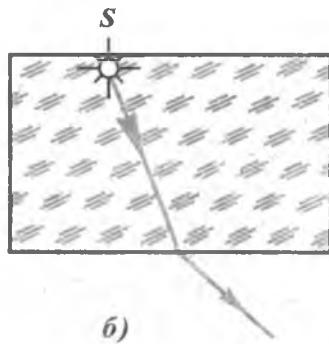
Ҳангоми дар таҳти кунҷи  $60^\circ$  ба сатҳи алмос афтидани нур кунҷи шикасти он ба  $21^\circ$  ва ҳангоми дар таҳти кунҷи  $60^\circ$  ба сатҳи шиша афтидани он кунҷи шикаст  $30^\circ$ -ро ташкил менамояд.

Аз сабаби шикасти нур чуқурии қулу дарёҳо ба назар аз будаи кам менамояд, бинобар ин, ҳангоми ба об ҷаҳидан инро ба эътибор гирифтани лозим аст. Азбаски нури рӯшноӣ аз Офтоб омада дар атмосфераи Замин мешиканад, ба назари мо Офтобу ситораҳо дар гунбази осмон аз мавқеи ҳақиқиашон баландтар намудор мегарданд.

Ҳамин тарик, рӯшноӣ ба ҳудуди расиши ду муҳит афтида, мешиканад ва самташро дар муҳити дуюм тағйир медиҳад.



а)



б)

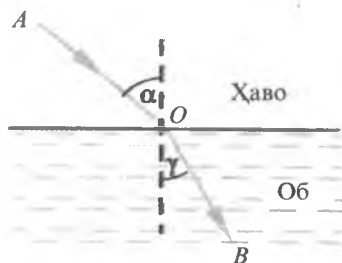
Расми 3.15.3



1. Шикасти рӯшноӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Барои чӣ чӯбчаи охираш ба об ғӯтонидашуда ғӯё шикастагӣ менамояд?
3. Вакте ки ба зарф об меандозанд, самти нури рӯшноӣ чӣ гуна тағйир меёбад?
4. Чаро чуқуриии қулу дарёҳо аз будаш кам менамоянд?

### 3.16. Қонуни шикасти рӯшноӣ

Нури аз муҳити якум ба сарҳади мухитҳо афтидаро нури афтида меноманд (нури  $AO$ , расми 3.16.1). Кунчи байни перпендикуляри ба нуқтаи афтиши нур гузаронидашуда ва нури афтидаро кунчи афтиши нур  $\alpha$  меноманд. Нури дар муҳити дуоум паҳншударо нури шикаста меноманд (нури  $OB$ , расми 3.16.1). Кунче, ки нури шикаста бо перпендикуляр ташкил менамояд, кунчи шикасти нур  $\gamma$  ном дорад.



Расми 3.16.1

Таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки ҳангоми аз ҳаво ба шиша ё ба об гузаштани рӯшноӣ кунчи шикасти нур аз кунчи афтиши нур хурд мешавад (расми 3.16.1,  $\gamma < \alpha$ ).

Дар мавриди аз шиша ва ё об ба ҳаво гузаштани рӯшноӣ кунчи шикасти нур аз кунчи афтиши нур калон мешавад (расми 3.15.3). Аз таҷрибаҳо, масалан, бо курси оптикӣ гузаронидашуда бармеояд, ки нури афтида, нури шикаста ва перпендикуляри ба сарҳади ду мухит дар нуқтаи афтиши нур гузаронида шуда, дар як ҳамворӣ меҳобанд. Баргардандагии нурҳои рӯшноӣ ҳангоми шикасти онҳо низ мушоҳида мегардад. Агар нур ба самти  $BO$  афтад (расми 3.16.1), аз об баромада, ба самти  $OA$  равона мешавад.

Мушоҳидаҳо нишон медиҳанд, ки бо афзоиши кунчи афтиши нур кунчи шикасти он низ зиёд мегардад, вале афзоиши кунчи шикаст ба афзоиши кунчи афтиш мутаносиби роста намебошад.

Шикасти рӯшноӣ ба қонуни муайян итоат мекунад. Қонуни шикасти рӯшноӣ бо роҳи таҷрибавӣ дар асри XVII муқаррар карда шудааст ва ин тавр таъриф карда мешавад:

**Нурҳои афтида, шикаста ва перпендикуляре, ки дар сарҳади ду мухит ба нуқтаи афтиш гузаронида шудааст, дар як ҳамворӣ меҳобанд; нисбати синуси кунчи афтиш  $\alpha$  бар синуси кунчи шикаст  $\gamma$  барои ҳамин ду мухит бузургии доимӣ аст:**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n. \quad (3.16.1)$$

Кунчи афтиш ва кунчи шикастро дар таҷриба чен намуда, нисбати синусҳои онҳоро ҳисоб карда, ба собит будани бузургии  $n$  ва ба ҳаққонияти қонуни шикасти рӯшноӣ боварӣ ҳосил менамоем.

Дар асоси қонуни шикасти рӯшноӣ, бе таҷрибагузаронӣ дар мавридҳои гуногуни афтиши рӯшноӣ, кунчи шикасти онро муайян кардан мумкин аст.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом нурро нури афтанда ва кадом нурро нури шикаст меноманд?
2. Кадом кунҷро кунҷи афтиш ва кадом кунҷро кунҷи шикасти нур меноманд?
3. Дар байни кунҷи афтиш ва кунҷи шикаст чӣ гуна вобастагӣ мавҷуд аст?
4. Дар бораи баргардандагии нури рӯшноӣ ҳангоми шикасти он маълумот диҳед.
5. Қонуни шикасти рӯшноиро таъриф диҳед ва он бо кадом формула ифода карда мешавад.

### 3.17. Нишондоди шикасти муҳит

Дар формулаи шикасти рӯшноӣ (3.126.1) бузургии собит  $n$  нишондоди шикасти нисбӣ ё нишондоди шикасти муҳити дуум нисбат ба муҳити якум номида мешавад ва баробар аст:

$$n = \frac{n_2}{n_1}. \quad (3.17.1)$$

Дар ин ҷо  $n_1$  – нишондоди шикасти мутлақи муҳити якум,  $n_2$  – нишондоди шикасти мутлақи муҳити дуум мебошад.

Нишондоди шикасти муҳитро нисбат ба вакуум нишондоди шикасти мутлақи ҳамин муҳит меноманд. Он ба нисбати синуси кунҷи афтиш бар синуси кунҷи шикаст ҳангоми аз вакуум ба муҳити додашуда гузаштани нури рӯшноӣ баробар аст.

Инчунин нишондоди шикасти мутлақ ҳамчун нисбати суръати рӯшноӣ дар вакуум  $c$  бар суръати рӯшноӣ дар муҳити додашуда  $v$  муайян карда мешавад:

$$n_1 = \frac{c}{v_1}, \quad n_2 = \frac{c}{v_2}.$$

Инро ба эътибор гирифта, аз формулаҳои (3.17.1) ва (3.16.1) ҳосил мекунем:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (3.17.2)$$

Яъне нишондоди шикастаи нисбӣ ба нисбати суръати рӯшноӣ дар муҳити якум бар суръати рӯшноӣ дар муҳити дуум баробар аст.

Агар муҳити якум вакуум бошад,  $\vartheta = c$  кабул намуда, ифодаро барои нишондоди шикасти мутлаки муҳит (модда) ё нишондоди шикасти муҳит ҳосил мекунем:

$$n = \frac{c}{\vartheta}. \quad (3.17.3)$$

Ҳамин тариқ, нишондоди шикасти мутлаки модда нишон медиҳад, ки чанд маротиба суръати рӯшноӣ дар вакуум нисбат ба суръати рушноӣ дар муҳити додашуда, калон аст.

Масалан, барои об дар ҳарорати  $20^\circ\text{C}$ ,  $n=1,33$  аст, яъне суръати рӯшноӣ дар вакуум нисбат ба суръати рӯшноӣ дар об 1,33 маротиба калон мебошад. Агар нишондоди шикасти мутлаки муҳит маълум бошад, қимати суръати рӯшноӣ дар вакуум  $c=3 \cdot 10^8$  м/с-ро истифода карда, суръати рӯшноиро барои муҳити дилхоҳ аз формулаи (3.17.3) муайян кардан мумкин аст.

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки нишондоди шикасти мутлақ аз нишондоди шикасти ҳамон модда нисбат ба ҳаво хеле кам фарк мекунад.

Дар ҷадвали 3.17.1 қиматҳои нишондоди шикасти баъзе моддаҳо нисбат ба ҳаво (барои рӯшноии зард) оварда шудааст.

Ҷадвали 3.17.1

Модда	Нишондоди шикаст нисбат ба ҳаво
Об (дар $20^\circ\text{C}$ )	1,33
Равгани чалғуза (дар $20^\circ\text{C}$ )	1,52
Ях	1,31
Кварс	1,54
Алмос	2,42
Шишаҳои гуногун	1,47–2,04

Нишондоди шикаст ба ҳарорати муҳит, зичии он, ранги рӯшноӣ ва баъзе хосиятҳои дигари муҳит вобаста мебошад. Масалан, он барои рӯшноии сурх нисбат ба сабз ва барои рӯшноии сабз нисбат ба бунафш хурдтар аст. Аз рӯйи қимати нишондоди шикасти мутлақ ба зичии оптикии муҳит баҳо дода мешавад. Агар нишондоди шикасти мутлақ калон бошад, муҳитро муҳити зичии оптикиаш калон меноманд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нишондоди шикасти мутлақ гуфта чиро меноманд?
2. Нишондоди шикасти нисбӣ чиро нишон медиҳад?
3. Барои кварс нишондоди шикасти нисбӣ  $n=1,54$  мебошад, ин чӣ маъно дорад?
4. Аз рӯйи қимати нишондоди шикасти мутлақ ба зичии оптикии муҳит чӣ тавр баҳо додан мумкин аст?

1. Нур аз ҳаво ба моддаи нишондоди шикасташ 1,63 равона карда шудааст. Кунчи инъикоси он ба  $45^\circ$  баробар аст. Кунчи шикасти нурро ёбед.

**Дода шудааст:**

$$\begin{array}{l} \beta = 45^\circ \\ n = 1,63 \\ \gamma = ? \end{array}$$

**Ҳал.** Мувофиқи қонуни шикасти рӯшноӣ

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n. \quad (1)$$

Аз ин ҷо

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n}. \quad (2)$$

Мувофиқи қонуни инъикоси рӯшноӣ кунчи афтиши нур ба кунчи инъикоси он баробар аст, бинобар он  $\alpha = \beta = 45^\circ$  мебошад.

Ба ифодаи (2) қиматҳои ададиро гузошта, барои кунчи шикасти нур ҳосил мекунем:

$$\sin \gamma = \frac{\sin 45^\circ}{n} = \frac{0,7071}{1,63} \approx 0,434.$$

Аз ҷадвали функсияҳои тригонометрӣ кунчи шикастро муайян менамоем:

$$\gamma \approx 26^\circ.$$

Ҷавоб:  $\gamma \approx 26^\circ$ .

2. Ба гаввоси зери об буда чунин менамояд, ки нури Офтоб ба сатҳи об таҳти кунчи  $60^\circ$  меафтад. Баландии кунчи Офтоб нисбат ба уфук чанд дараҷа аст?

**Дода шудааст:**

$$\begin{array}{l} n = 1,33 \\ i = 60^\circ \\ r = ? \end{array}$$

**Ҳал.** Гаввоси зери об буда нури шикастаро мебинад ва кунчи  $i$ -ро аз нур нисбат ба сатҳи об ҳис мекунад. Бинобар ин, мувофиқи нақша кунчи шикасти рӯшноӣ  $\gamma = 30^\circ$  мешавад.

Аз қонуни шикасти рӯшноӣ  $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$  кунчи афтиши рӯшноӣ  $\alpha$ -ро муайян менамоем:

$$\sin \alpha = n \cdot \sin \gamma = 1,33 \cdot \sin 30^\circ = 1,33 \cdot 0,5 = 0,665$$

Аз ин ҷо  $\alpha = 41^\circ$ .

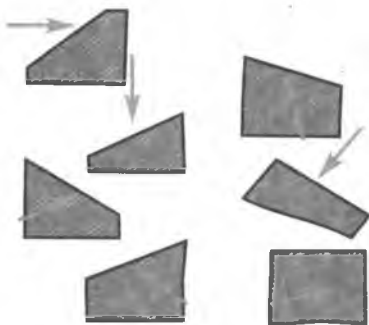
Баландии кунчи Офтоб нисбат ба уфук баробар аст:

$$r = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 41^\circ = 49^\circ$$

Ҷавоб:  $r = 49^\circ$

#### МАШҚИ 16

1. Кунчи афтиши нур аз ҳаво ба шиша  $0^\circ$  аст. Кунчи шикаст ба чӣ баробар аст?
2. Расми 3.17.1-ро ба дафтарагон кашед. Барои ҳар як маврид нури шикастро тасвир кунед. Ҳамаи ҷисмҳои дар расм нишондодашуда шишаганд.



Расми 3.17.1

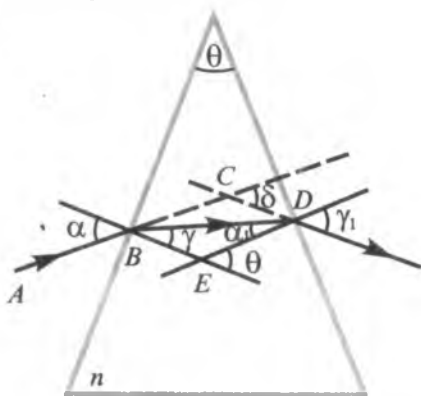
3. Зичии оптикӣи об ва рағғани чалғузари муқоиса намоед.
4. Барои сулфурӣи моеъ хангоми дар тахти кунҷи  $30^\circ$  афтидани рӯшноӣ кунҷи шикаст ба  $15^\circ$  баробар мешавад. Нишондоди шикасти онро муайян намоед. (Ҷавоб:  $n = 1,9$ )
5. Барои он ки кунҷи шиканиш ба  $35^\circ$  баробар шавад, нурро ба сатҳи шиша дар тахти кадом кунҷ равона кардан лозим аст? (Ҷавоб:  $\alpha \approx 64^\circ$ )

### 3.18. Рафти нурро дар призма

Шикасти рӯшноиро хангоми гузаштани он аз призма дида мебароем. Рафти нури рӯшноӣ дар призма дар расми 3.18.1 нишон дода шудааст.

Кунҷи байни рӯяҳои шиканиндаи призма  $\theta$  кунҷи шиканиши призма номида мешавад. Нури рӯшноӣи  $AB$  дар нуктаи  $B$  шикаста, бо самти  $BD$  паҳн мешавад ва боз дар нуктаи  $D$  шикаста, аз призма ба ҳаво мебарояд.

Ҳамин тариқ, баъди шиканиш дар рӯяҳои чап ва ростии призма нур аз самти аввалааш ба кунҷи  $\delta$  майл мекунад ва инро кунҷи майлқунӣ меноманд.



Расми 3.18.1

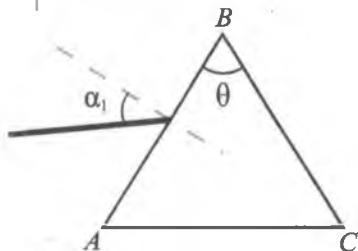
Кунҷи майлқунӣи рӯшноӣ  $\delta$  дар призма аз нишондоди шикасти моддаи призма  $n$  ва кунҷи шиканиши призма  $\theta$  вобастагӣ дорад ва ин вобастагӣ ба шакли математикӣ чунин ифода карда мешавад:

$$\delta = (n - 1)\theta. \quad (3.18.1)$$

Аз формулаи (3.18.1) дида мешавад, ки кунҷи майлқунӣи рӯшноӣ дар призма ба нишондоди шикасти моддаи призма ва кунҷи шиканиши он мутаносиби роста мебошад. Яъне бо афзои-

ши нишондоди шуоъшиканиши моддаи призма ва кунҷи шиканиши он кунҷи майлқунӣ калон мешавад.

1. Самти нури рӯшноиро (расми 3.18.2) дар призмаи секунҷа кашида нишон диҳед. Самти нури ба рӯи он афтаанда нишон дода шудааст. Дар расми 3.18.2 кадом кунҷро кунҷи шиканиши призма меноманд?



Расми 3.18.2

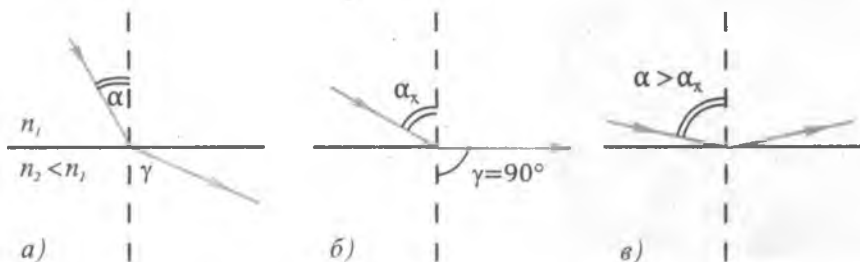
2. Дар призмаи секунҷаи дар расми 3.18.2 нишон додашуда рӯшноӣ чанд маротиба мешиканад?
3. Дар призмаи секунҷа кунҷи майлқунии нур кадом аст?
4. Кунҷи майлқунии рӯшноӣ дар призма ба кадом бузургиро вобаста аст ва аз рӯи кадом формула муайян карда мешавад?

### МАШҚИ 17

1. Нури рӯшноӣ ба рӯи хурди призмаи шишагӣ перпендикуляр меафтад. Бурриши кундалангии призма секунҷаи росткунҷаи баробарпахлуро ташкил менамояд. Самти нууро ба воситаи призма кашида нишон диҳед.
2. Нури рӯшноӣ ба рӯи калони призмаи шишагӣ перпендикуляр меафтад. Бурриши кундалангии призма секунҷаи росткунҷаи баробарпахлуро ташкил менамояд. Самти нууро дар призма кашида нишон диҳед.

## 3.19. Инъикоси пурраи рӯшноӣ

Ҳангоми аз муҳити зичии оптикиаш калон (нишондодии шикасташ  $n_1$ ) ба муҳити зичии оптикиаш хурд (нишондодии шикасташ  $n_2$ ) гузаштани рӯшноӣ (масалан, аз шиша ба об), мувофиқи формулаи (3.16.1) кунҷи шикасти рӯшноӣ аз кунҷи афтиши он калон мешавад (расми 3.19.1, а).



Агар кунчи афтиши нурро зиёд кардан гирем, кунчи шикасти он ҳам афзудан мегирад ва аз ягон қимати кунчи афтиш  $\alpha_x$  сар карда, кунчи шикаст  $\gamma = 90^\circ$  мешавад, яъне нури шикаста ба муҳити дуом набаромада, аз рӯи сарҳади муҳитҳо равона мегардад (расми 3.19.1, б). Кунҷ  $\alpha_x$ -ро кунчи афтиши худудӣ меноманд. Ҳангоми  $\alpha > \alpha_{\text{худудӣ}}$  рӯшноӣ пурра ба муҳити аввала инъикос мегардад ва ин ҳодиса инъикоси пурраи рӯшноӣ номида мешавад.

Барои мавриди инъикоси пурраи рӯшноӣ формулаи қонуни шикасти рӯшноӣ (3.16.1)-ро бо ба эътибор гирифтани ифодаи (3.17.2) навиштан мумкин аст:

$$\frac{\sin \alpha_x}{\sin 90^\circ} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \frac{1}{n}.$$

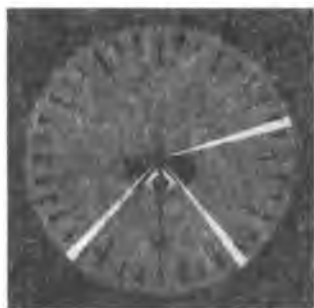
Аз ин ҷо 
$$\sin \alpha_x = \frac{1}{n}. \quad (3.19.1)$$

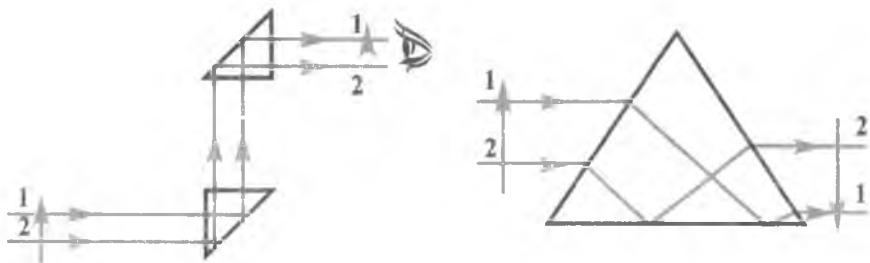
Аз ифодаи (3.19.1) нишондоди шикасти нисбии ду муҳитро (аз рӯи қимати  $\alpha_x$ ), инчунин нишондоди шикасти мутлақи яке аз муҳитҳоро ҳангоми муайян будани нишондоди шикасти мутлақи муҳити дигар муайян кардан мумкин аст. Асбоби оптикӣ, ки барои муайян кардани нишондоди шикасти мутлақи моддаҳо истифода бурда мешавад, рефрактометр ном дорад. Қори рефрактометр ба ҳодисаи инъикоси пурраи дохилии рӯшноӣ асос карда шудааст.

Кунчи худудӣ барои об ( $n_1 = 1,33$ ) ба  $48^\circ 35'$ , барои шиша ( $n = 1,5$ ) ба  $24^\circ 40'$  (дар мавриди муҳити дуом ҳаво будан) баробар аст. Инъикоси пурраи рӯшноиро дар дастгоҳи дар расми 3.19.2 нишон додашуда мушоҳида кардан мумкин аст.

Нимсилиндри шишагии сатҳи қафояш тира дар маркази курс мустаҳкам карда шудааст. Дастаи борики рӯшноиро ба сатҳи паҳлуии нимсилиндри перпендикуляр равона менамоем.

Аз сатҳи нимсилиндри нури рӯшноӣ нашикаста мегузарад ва дар сатҳи ҳамворӣ он қисман мешиканаду қисман инъикос меёбад. Кунчи афтиши рӯшноиро зиёд намуда, афзоиши дурахшонии нури инъикосшуда ва камшавии дурахшонии нури шикастаро мушоҳида менамоем. Ҳангоми кунчи афтиш ба  $\alpha_x$  баробар гардидан нури шикаста қад-қади сарҳади тақсимот равона мешавад ва рӯшноии инъикосёфта қариб 100%-и энергияи рӯшноии афтандаро ташкил менамояд. Кунчи афтиши рӯшноиро аз  $\alpha_x$





**Расми 3.19.3**

калон карда, мушоҳида менамоем, ки тамоми рӯшноӣ инъикос мешавад, яъне нури шикаста нест гардида, инъикоси пурраи рӯшноӣ ба амал меояд.

Агар истакони обдорро баланд бардошта ба сатҳи об аз поён нигоҳ кунем, он аз сабаби инъикоси пурраи рӯшноӣ нуқрагун менамояд. Инъикоси пурраи рӯшноӣ дар призмаҳои баргардон (чаппакунанда) ва гардишкунонанда мушоҳида карда мешавад (расми 3.19.3).

Инчунин инъикоси пурраи рӯшноӣ татбиқи васеи техникаю тиббӣ дорад. Сохти шуоълӯла ба инъикоси пурраи рӯшноӣ асос карда шудааст. Шуоълӯлаҳо аз нахҳои шишагии цилиндришакли ба шакли бандча гузошташуда иборатанд ва бо моддаи шаффофи нишондодии шикасташ аз нишондодии шикасти шиша хурдтар рӯпӯш карда шудаанд (расми 3.19.4).

Дар шуоълӯла рӯшноии афтанда дар натиҷаи инъикоси пурраи бисёрқарата бо роҳи дилхоҳ (рост, қачу қилеб) равона карда мешавад (расми 3.19.5).

Ба воситаи шуоълӯла на танҳо рӯшноиро, балки тасвири предметҳоро нақл мекунанд. Дар расми 3.19.6 тасвири калон кардашудаи ҳарфи А, ки тавассути шуоълӯла нақл карда шудааст, нишон дода шудааст.



**Расми 3.19.4**



**Расми 3.19.5**



**Расми 3.19.6**



Аз шуъълӯла истифода бурда, перископҳо (зондҳо)-и ҳалим месозанд ва бо ёрии онҳо чойҳоеро мушоҳида мекунанд, ки барои мушоҳидакунии бевосита имконнопазир аст. Масалан, бо ёрии ин гуна зондҳо сатҳи дохилии силиндри ҳаракатдиҳандаи автомобил, дохили меъдаи инсон ва ғайраҳо мушоҳида карда мешаванд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

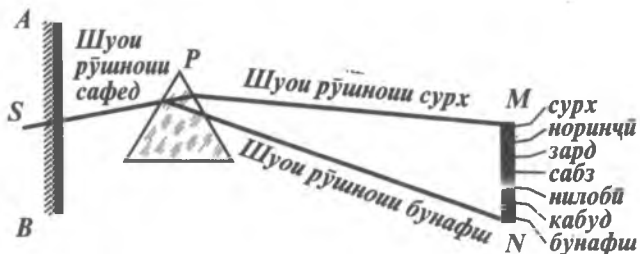
1. Кадом вақт инъикоси пурраи рӯшноӣ ба амал меояд?
2. Кунчи афтиши худудӣ гуфта, кадом кунҷро меноманд ва он бо кадом формула ҳисоб карда мешавад?
3. Рефрактометр чӣ гуна асбоб мебошад?
4. Агар нури рӯшноӣ аз муҳити зичии оптикиаш калон ба муҳити зичии оптикиаш хурд гузарад, кадом кунҷ калонтар мешавад?
5. Кунчи афтиш (дар муҳити яқум) аз кунчи шикаст (дар муҳити дуюм) зиёд бошад, суръати рӯшноӣ дар кадом муҳит зиёдтар аст?
6. Рафти нури рӯшноиро дар призма ҳангоми инъикоси пурраи рӯшноӣ кашида, нишон диҳед.
7. Сохти шуъълӯла ба кадом ҳодисаи рӯшноӣ асос карда шудааст? Шуъълӯлаҳо дар кучо истифода бурда мешаванд?

### МАШҚИ 18

1. Ҳангоми аз об ба шиша гузаштани рӯшноӣ ҳодисаи инъикоси пурраи рӯшноӣ ба амал меояд? Ҷавобро асоснок намоед.
2. Кунчи афтиши худудиро ҳангоми инъикоси пурраи рӯшноӣ дар сарҳади шиша-ҳаво муайян намоед, агар  $n=1,5$  бошад. (Ҷавоб:  $\alpha_x = 42^\circ$ ).
3. Кунчи афтиши худудиро ҳангоми инъикоси пурраи рӯшноӣ дар сарҳади алмос-об муайян намоед, агар нишондоди шикасти мутлақи алмос ба 2,417 ва нишондоди мутлақи шикасти об ба 1,333 баробар бошад. (Ҷавоб:  $\alpha_x = 33^\circ 28'$ )
4. Нури рӯшноӣ ба сарҳади об-ҳаво дар таҳти кунҷи  $60^\circ$  меафтад. Оё он ба ҳаво мегузарад? Фаҳмонида диҳед.

### 3.20. Спектр

Нютон ҳангоми бо телескоп мушоҳида намудан ба он диққат дод, ки канорҳои тасвири объектҳо рангоранганд. Ӯ ба тадқиқи рангорангии тасвир машғул гардида, таҷрибаҳо гузаронид. Ӯ дастаи борики рӯшноии Офтобро аз призмаи секунҷаи булӯрӣ гузаронида, дар экран ба рангҳо тақсимшавии рӯшноиро ҳосил намуд (расми 3.20.1).

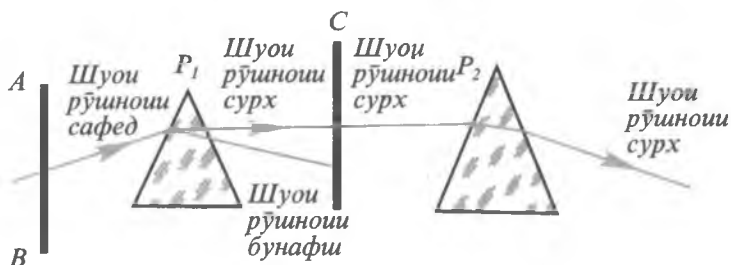


Расми 3.20.1

Ба монанди рангҳои тирӯ камон рӯшноӣ ба ҳафт ранг (сурх, норинҷӣ, зард, сабз, нилобӣ, кабуд, бунафш) ҷудо гардид. Тасмаи рангоранги дар экран ҳосил гардида ро Нютон спектр номид.

Роҳи рӯшноиро бо шишаи сурх С пушонид, Нютон дар экран танҳо ранги сурхро бо шишаи нилобӣ пушонид, ранги нилобӣ ва ғайраро ҳосил намуд (расми 3.20.2) ва бо ин маълум намуд, ки призма рӯшноиро рангоранг намекунад, танҳо ба қисмҳои таркибӣ ҷудо менамояд (ниг. расми рангаи 3.20.3). Нурҳои якрангаро нурҳои содда ё монохроматӣ менаманд.

Ҳамин тариқ, рӯшноии сафед таркиби мураккаб дорад ва аз он рангҳои гуногунро ҷудо кардан мумкин аст.



Расми 3.20.2

Дар ҳақиқат, агар спектрро бо ёрии призмаи дигаре, ки нисбат ба призмаи якум ба  $180^\circ$  гардонида шудааст, ҷамъ намоем, рӯшноии сафед ҳосил мешавад (ниг. расми рангаи 3.20.4).

Аз таҷрибаҳои Нютон хулосаи дигар низ бармеояд. Рӯшноӣҳои рангашон гуногун бо дараҷаи шикасташон фарқ мекунад.

Нури сурх аз ҳама камтар ва нури бунафш аз ҳама зиёдтар мешиканад, яъне моддаи призма барои рӯшноӣҳои рангашон ҳархела нишондоди шикасти гуногун дорад.

**Вобастагии нишондоди шикасти рӯшноӣ аз ранги он дисперсия номида мешавад (аз калимаи латинӣ *dispersus* – пароканда мекунам).**

Тавре ки дар параграфи 3.17 нишон дода шуда буд, нишондоди шуоъшиканӣ ба суръати рӯшноӣ дар муҳит вобаста аст ( $n = \frac{c}{v}$ ). Пас, рӯшноии сурх дар муҳит суръати калон ва рӯшноии бунафш суръати хурдтар дорад, бинобар он, дар призма рӯшноии сурх камтар ва рӯшноии бунафш зиёдтар мешиканад.

Рӯшноӣҳои рангашон гуногун басомади лаппиш ё дарозии мавҷи гуногун доранд (ҷадвали 3.20.1).

Ҷадвали 3.20.1

Ранги нуруҳо	Дарозии мавҷҳо, мкм
Сурх	0,76–0,64
Норинҷӣ ва зард	0,64–0,58
Сабз	0,58–0,495
Кабуд ва нилобӣ	0,495–0,44
Бунафш	0,44–0,40

Бинобар он, дисперсияи рӯшноиро ин тавр таъриф кардан мумкин аст:

**▮ вобастагии нишондоди шикасти рӯшноиро аз басомади лаппиш ё дарозии мавҷ дисперсия меноманд.**

Барои ҳосил кардан ва омӯختани спектрҳо аз асбобҳои махсуси оптикӣ, спектрометрҳо ва спектрографҳо истифода мебаранд. Қисми асосии ин асбобҳоро призмаҳо ташкил менамоянд. Ҷисмҳои нурафканандаи дилхоҳ спектр ҳосил мекунанд ва онро спектри афканишот меноманд. Спектрҳои афканишоти бефосила, рах-рах ва тасмашаклро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Ҷисмҳои сахт, моеъҳо ва газҳои фишурда спектри бефосила доранд, спектри бефосила аз тасмаҳои яқлукhti рангоранг иборат мебошад (ниг. расми рангаи 3.20.5 (1)).

Спектри тасмашакл аз тасмаҳои алоҳидаи рангоранги бо фосилаҳои торик ҷудошуда иборат аст. Спектрҳои тасмашаклро моддаҳои газмонанди таркибашон аз молекулаҳо иборат буда ҳосил мекунанд. Спектрҳои молекулавӣ ҳамеша тасмашакланд.

Спектрҳои рах-рахро ҳамаи моддаҳои газмонанд дар ҳолати атомӣ ҳосил мекунанд. Як порча асбесто ба намақоб тар карда, дар шӯълаи камранги газчароғ медорем. Ин шӯъларо ба воситаи спектрометр мушоҳида карда, дар фони (заминаи) ба зӯр фарқшавандаи спектри бефосилаи шӯъла раҳи зарди равшани дурахшон намудор мегардад (ниг. расми рангаи 3.20.5 (2)). Ин раҳи зардро бугҳои натрий медиҳанд, ки дар натиҷаи таҷзияи молекулаҳои намаки ошӣ ҳосил мешаванд.

Дар расми 3.20.5 (3,4) инчунин спектри гидроген ва гелий нишон дода шудааст. Онҳо аз қатори раҳҳои рангаи аз яқдигар бо тасмаҳои

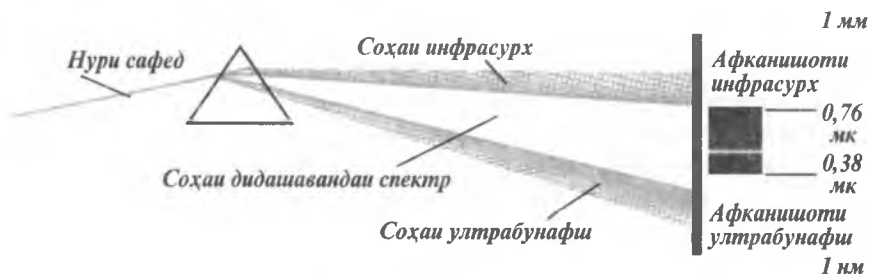
Муқаррар карда шудааст, ки атомҳои ҷудогонаи ҳар як элементи кимиёӣ спектри ба спектрҳои элементҳои дигар монандӣ надоштаро меҷаҳанд ва онҳо маҷмуи мавҷҳои дарозпашон муайянро меафкананд. Ба ин хосияти моддаҳо усули муайян кардани таркиби моддаҳо аз рӯи спектрашон – таҳлили спектри асос карда шудааст. Ба тӯфайли таҳлили спектри як қатор элементҳои нави кимиёӣ – рубидий, сезий, талий ва ғайраҳо кашф гардидаанд. Таркиби кимиёии Офтоб ва ситораҳо бо ёрии таҳлили спектри муайян карда шудаанд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Спектр гуфта, чиро меноманд?
2. Дар спектр чанд ранг мушоҳида карда мешавад ва бо кадом тартиб нурҳои рангин ҷойгир мешаванд?
3. Чӣ гуна нурҳоро монохроматӣ меноманд?
4. Рӯшноии сафед чӣ гуна рӯшноӣ мебошад?
5. Рангҳои рӯшноӣҳо аз ҳамдигар бо чӣ фарқ мекунанд?
6. Дисперсия гуфта, чиро меноманд?
7. Спектрометр ва спектрографҳо чӣ гуна асбобҳо мебошанд?
8. Чанд намуди спектрҳо аз ҳамдигар фарқ менамоянд?
9. Чӣ гуна ҷисмҳои спектри яқлӯхт меафкананд?
10. Чӣ гуна моддаҳо спектри раҳ-раҳ меафкананд?
11. Чӣ гуна моддаҳо спектри тасмашакл меафкананд?

## 13. Тасаввурот дар бораи нурҳои инфрасурх ва ултрабунафш

Ҳангоми бо ёрии объективи махсус расмирии спектри лампаи мӯяки тафсишдор дар лавҳаи суратгирӣ пеш аз рӯшноии сурх ва баъди рӯшноии бунафш соҳаҳои диданашавандаи спектр ба қайд гирифта шуданд (расми 3.21.1).



Расми 3.21.1

Нурафкание, ки пеш аз қисми сурхи спектр ошкор гардид, нурҳои инфрасурх ва нурафкании баъди қисми бунафши спектр ошкор гардидаро нурҳои ултрабунафш меноманд.

Омӯзиши ин соҳаҳои бо чашм دیدанашавандаи спектр нишон дод, ки дарозии мавҷҳои соҳаи ултрабунафш ба 1 - 380 нм ва дарозии мавҷҳои соҳаи инфрасурх ба 760 нм - 1 мм баробар мебошад.

Ҳамин тариқ, дарозии мавҷи нурҳои инфрасурх аз дарозии мавҷҳои рӯшноии сурх калонтар ва дарозии мавҷҳои нурҳои ултрабунафш аз дарозии мавҷҳои рӯшноии бунафш хурд мебошад.

Манбаи нурҳои инфрасурх дар аксар мавридҳо лампаҳои электрикии мӯяки тафсишдор ба шумор мераванд, ки онҳо то 90% нурҳои инфрасурх меафкананд. Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки таркиби спектрии нурафканӣ ба ҳарорати қисми нурафкананда вобаста мебошад. Нурафкании дидашаванда дар ҳарорати аз 500°C баланд намудор мегардад. Дар ҳароратҳои аз 500°C паст ҳамаи нурафканӣ ба соҳаи нурҳои инфрасурх мувофиқ меояд.

Яке аз хосиятҳои асосии нурҳои инфрасурх - таъсири гармии онҳо ба шумор меравад. Онҳо таъсири кимиёӣ низ доранд. Масалан, бо ёрии лавҳаҳои махсуси суратгирии ба нурҳои инфрасурх ҳассос шабона суратгирӣ имконпазир гардид.

Аз афканишоти инфрасурх дар саноат ва кишоварзӣ барои хуш намудани рангу бори маснуот, сабзавоту меваҳо, тахтаю чӯб, пӯст ва ғайраҳо, инчунин дар рӯзгор барои гарм кардани хонаҳо истифода мебаранд.

Нурафкании ултрабунафш дар ҳароратҳои нисбатан баланд (3000°C) ба амал меоянд. Нурҳои ултрабунафш фаъолияти баланди кимиёӣ биологӣ доранд. Фотоэмулсия ба нурҳои ултрабунафш ҳиссиёти баланд дорад.

Қабатҳои болоии атмосфера нурҳои ултрабунафши Офтобро пурра фуру намебаранд. Бинобар ин, дар қуллаҳои кӯҳҳои баланд таъсири нурҳои ултрабунафш хеле калон аст.

Барои ҳамин ҳам дар қуллаи кӯҳҳои баланд муддати зиёд бе айнаки сиёҳи шишагӣ ва бараҳна истодан мумкин нест. Шишаи сиёҳ нурҳои ултрабунафширо хеле хуб фуру мебарад. Аз таъсири зиёди нурҳои ултрабунафш пӯст месӯзад ва организм бемор мегардад.

Миқдори ками нурҳои ултрабунафш барои организми одам фоидаовар мебошад. Махсусан, дар ҷавонӣ аз тобиши офтоб баҳраманд гардидан хеле фоидаовар аст ва шуоъҳои ултрабунафш барои сабзишу обутоб ёфтани организм ёри мерасонад, ба системаи асаб таъсир намуда, фаъолияти онро баланд мекунад.

Аз таъсири нурҳои ултрабунафш бактерияҳои касалиовар нобуд мешавад, бинобар ин, онро дар илми тиб барои муолиҷаи бемориҳо

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нурҳои инфрасурх дар кадом қисми спектр мавҷуданд ва онҳо чӣ гуна хосиятҳо доранд?
2. Нурҳои ултрабунафш дар кадом қисми спектр мавҷуданд ва онҳо чӣ гуна хосиятҳо доранд?
3. Ҳангоми чӣ гуна ҳарорат доштани қисмҳои афканишоти инфрасурх ба амал меояд?
4. Манбаҳои нурҳои инфрасурхро номбар намоед.
5. Нурҳои ултрабунафш дар кучо зиёдтар ба назар мерасанд?
6. Аз нурҳои инфрасурх ва ултрабунафш дар кучо истифода мебаранд?

### 3.22. Ранги қисмҳо

Дар асоси таркиби мураккаб доштани рӯшноии сафед гуногунии рангҳои табиатро шарҳ додан мумкин аст. Дар табиат баъзе қисмҳои танҳо ранги яхела – сурх, сабз, зард ва ғайра доранд. Ин чунин маънидод карда мешавад: қисмҳои ҳангоми рӯшноиро инъикос кардан намудор мешаванд. Агар қисми бо рӯшноии сафед равшан кардашуда сурх намояд, ин чунин маъно дорад, ки ин қисм ранги сурхи дар таркиби рӯшноии сафед бударо инъикос намуда, рӯшноии рангҳои дигарро фуру мебарад.

Рӯшноии сафедро аз шишаи сабз гузаронида, танҳо рӯшноии сабзро мебинем. Ин чунин маъно дорад, ки ин шиша танҳо рӯшноии сабзро гузаронида, рангҳои дигарро фуру мебарад. Қисми ҳамаи рӯшноии рангашон гуногунро инъикоскунанда сафед менамояд.

Қисми ҳамаи рӯшноии рангашон гуногунро фурубаранда сиёҳ менамояд (шишаи сиёҳ кардашуда, дуд). Дар табиат қисмҳои мутлақ сафед (100% рӯшноиро инъикоскунанда) ва мутлақ сиёҳ (100% рӯшноиро фурубаранда) мавҷуд нест.

Ҳангоми бо рӯшноии монохроматӣ (якранг) равшан кардани қисм танҳо қисми ба монанди рӯшноӣ ранг дошта рангин менамояд.

Агар дар ягон матоъ ду тасвири рангҳои сурху сабздошта кашида шуда бошанд, ҳангоми бо рӯшноии сурх равшан кардан тасвири ранги сурхдошта – сурх ва тасвири ранги сабздошта – сиёҳ менамояд. Дар мавриди бо рӯшноии сабз равшан кардани матоъ тасвири ранги сурхдошта – сиёҳ ва тасвири ранги сабздошта – сабз намудор мешавад. Сабзаву барги дарахтон аз ҳамаи нурҳои афтидаи Офтоб ранги сабзро инъикос намуда, нурҳои рангҳои дигарро фуру мебаранд, бинобар ин, онҳо сабз менамоянд. Алафзори ба воситаи шишаи сурх мушоҳидашаванда қариб сиёҳ менамояд.

1. Дар асоси таркиби мураккаб доштани рӯшноии сафед ранги чисмхоро чӣ тавр шарҳ додан мумкин аст?
2. Чӣ гуна чисмро сафед меноманд?
3. Чӣ гуна чисмро сиёҳ меноманд?
4. Барои чӣ мо когази сафедро бо рӯшноии кабуд равшан намуда, онро кабуд мебинем?
5. Барои чӣ мо когази кабудро бо рӯшноии сафед равшан намуда, онро кабуд мебинем?
6. Чӣ гуна чисмхоро мутлақ сафед ва мутлақ сиёҳ меноманд ва онҳоро дар табиат дучор шудан мумкин аст?
7. Сабзаву барги дарахтон чаро сабз менамоёнд?

### Табиати мавҷии рӯшноӣ\*

Дар асри XVII дар бораи табиати рӯшноӣ ду назария ба вучуд омад. Инҳо назарияҳои мавҷӣ ва корпускулии рӯшноӣ мебошанд. Асосгузори назарияи мавҷӣ Х. Гюйгенс ва асосгузори назарияи корпускулӣ (аз латинӣ *маънои корпускула* – зарра) Нютон мебошанд.

Мувофиқи назарияи корпускулӣ рӯшноӣ аз сели зарраҳо иборат аст, ки аз манбаъ ба ҳама самт паҳн мегарданд. Мувофиқи назарияи мавҷӣ рӯшноӣ аз манбаъҳо паҳн гардида, чун мавҷ рафтор мекунад. Ин назарияҳо муддати дароз дар якҷоягӣ вучуд доштанд. Қонунҳои дар он замон маълуми рӯшноӣ каму беш аз тарафи ҳар ду назария шарҳ дода мешуданд.

Баъди дар аввали асри XIX кашф шудани ходисаҳои дифраксия ва интерференсияи рӯшноӣ назарияи мавҷии рӯшноӣ эътибори пура пайдо намуд.

Дар нимаи дуоми асри XIX Максвелл нишон дод, ки рӯшноӣ мавҷи электромагнитӣ мебошад ва назарияи электромагнитии рӯшноиро ба вучуд овард.

Ҳерте исботи таҷрибавии дуруст будани назарияи электромагнитӣ, аз он ҷумла, назарияи электромагнитии рӯшноиро нишон дод.

Дар аввалҳои асри XX маълум гардид, ки ҳангоми афканиш ва фурубарӣ рӯшноӣ чун сели зарраҳо рафтор мекунад ва ин ба ҳақиқат наздик будани назарияи корпускулии рӯшноиро тасдиқ намуд.

Ҳамин тариқ, аён гардид, ки рӯшноӣ табиати дуалистӣ дорад ва он дар баъзе ҳолатҳо чун мавҷ ва дар баъзе ҳолатҳои дигар чун сели зарраҳо рафтор менамоёнд, яъне ҳам табиати мавҷӣ ва ҳам табиати

1. Дар бораи рӯшноӣ кадом назарияҳоро медонед?
2. Асосгузори назарияи мавҷӣ кӣ ба шумор меравад?
3. Асосгузори назарияи корпускулии рӯшноӣ кист?
4. Мувофиқи назарияи корпускулии рӯшноӣ чӣ тавр рафтор мекунад?
5. Мувофиқи назарияи мавҷӣ рӯшноӣ чӣ тавр рафтор мекунад?
6. Кадом ҳодисаҳо ҳосияти мавҷии рӯшноиро тасдиқ менамоянд?
7. Назарияи электромагнитии рӯшноиро кӣ ба вуҷуд овард ва мувофиқи ин назария рӯшноӣ чӣ тавр рафтор менамояд?
8. Мавҷи электромагнитиро дар таҷриба кӣ ошкор намуд?
9. Ҳангоми афканиш ва фурӯбарӣ рӯшноӣ чӣ тавр рафтор мекунад?

## 10. Интерференсияи рӯшноӣ\*

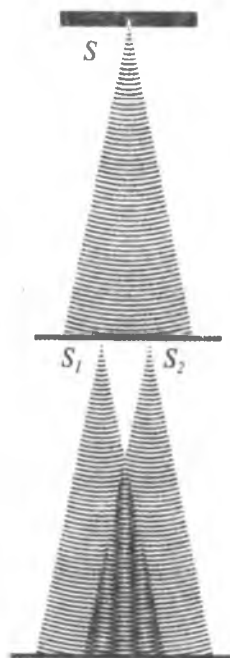
Интерференсияи рӯшноӣ яке аз ҳодисаҳои мебошад, ки ҳосияти мавҷӣ доштани рӯшноиро тасдиқ менамояд. Ҳодисаи интерференсия барои ҳама гуна мавҷҳо – мавҷҳои механикӣ, садоӣ ва электромагнитӣ ҳос мебошад.

Интерференсияи рӯшноиро ҳангоми болои ҳам ҳобидани ду дастаи когерентии рӯшноӣ мушоҳида кардан мумкин аст. Ду манбаи новобастаи рӯшноӣ, масалан, ду лампочка манбаъҳои когерентӣ ба шумор намераванд ва ҳангоми болои ҳам ҳобидани рӯшноӣҳои онҳо ҳодисаи интерференсия ба амал намеояд. Болои ҳамдигар афтидани рӯшноӣи ин лампаҳо равшании сатҳро зиёд мегардонад. Дастаҳои рӯшноӣро, ки дарозии мавҷи якхела доранд ва фарқи фазаашон собит аст, мавҷҳои когерентии рӯшноӣ меноманд.

Манбаъҳои когерентии рӯшноӣро бо роҳи ба таври сунӣ ба ду қисм тақсим кардани дастаи рӯшноӣ аз ягон манбаъ оянда ҳосил мекунам (расми 3.24.1). Ин гуна таҷрибаро соли 1802 физики англис Т. Юнг гузаронида буд.

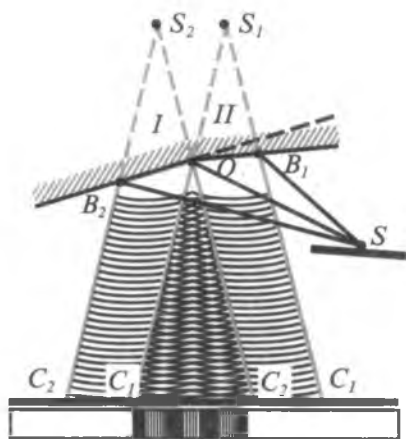
Мавҷҳое, ки манбаъҳои  $S_1$  ва  $S_2$  меафкананд, дарозии мавҷашон баробар буда, фарқи фазаашон ҳамеша собит мебошад ва манбаъҳои когерентии рӯшноӣ ба шумор мераванд.

Тарзи дигари ҳосил кардани манбаъҳои когерентии рӯшноӣ ба инъикоси рӯшноӣ аз ду оинаҳои ҳамвори нисбат ба якдигар дар



Расми 3.24.1





Расми 3.24.2

тахти кунчи ба  $180^\circ$  наздик гузошташуда, ки оинаҳои О. Ж. Френел ном доранд, асос карда шудааст (расми 3.24.2).

Хангоми болои ҳам хобидани ду мавҷи когерентии рӯшноӣ дар нуқтаҳои гуногуни экран тасмаҳои равшану торики пай дар пай ҳосил мегардад. Ин манзараи ҳосилшударо манзараи интерференсионӣ меноманд. Тасмаҳои равшанро максимумҳои интерференсионӣ ва тасмаҳои торикро минимумҳои интерференсионӣ меноманд.

Дар расми 3.24.2  $OC_1 = d_1$  – роҳи тайкардаи мавҷи 1 аз оинаи якум,  $OC_2 = d_2$  – роҳи тайкардаи мавҷи 2 аз оинаи дуюм ва  $\delta = d_1 - d_2$  – фарқи гашти роҳҳои тайкардаи мавҷҳо мебошад.

Максимумҳои интерференсионӣ дар ҷойҳое ҳосил мегарданд, ки барои онҳо фарқи гашти роҳҳо  $\delta$  ба шумораи чуфти ним дарозии мавҷ баробар шавад:

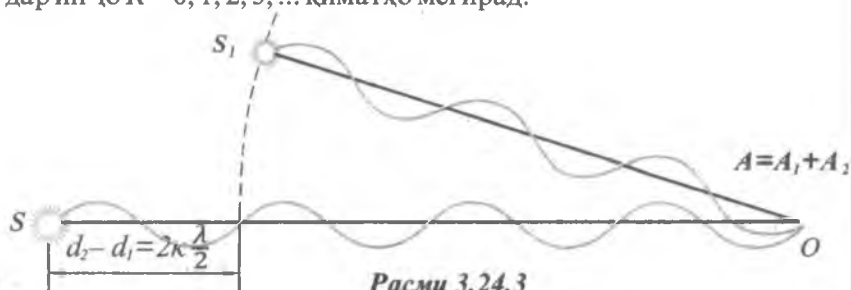
$$\delta = 2K \frac{\lambda}{2}, \quad (3.24.1)$$

дар ин ҷо  $K = 0, 1, 2, 3, \dots$  киматҳо мегирад. Барои ҳамаи ин мавридҳо мавҷҳои 1 ва 2 ба нуқтаи О бо фазаҳои якхела расида, якдигарро пуркуват менамоянд ва амплитудайи мавҷи натиҷавӣ ба суммаи амплитудайи мавҷҳои 1 ва 2 баробар мешавад ( $A = A_1 + A_2$ ) (расми 3.24.3).

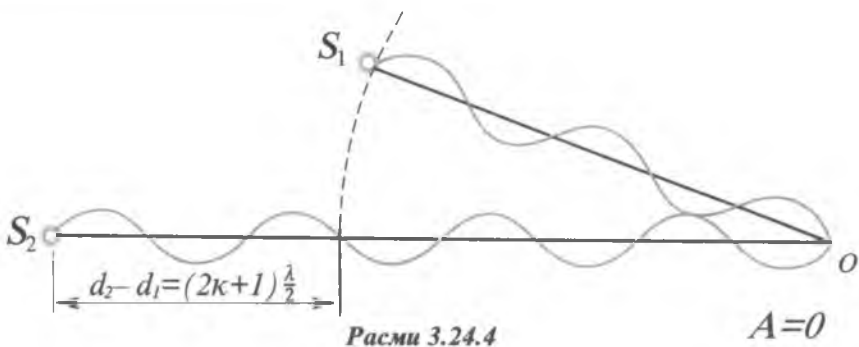
Минимумҳои интерференсионӣ дар ҷойҳое ҳосил мешавад, ки барои онҳо фарқи гашти роҳҳо  $\delta$  ба шумораи токи ним дарозии мавҷ баробар шавад:

$$\delta = (2K + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (3.24.2)$$

дар ин ҷо  $K = 0, 1, 2, 3, \dots$  киматҳо мегирад.



Расми 3.24.3



Барои ҳамаи ин мавридҳо мавҷҳои 1 ва 2 ба нуқтаи 0 бо фазаҳои муқобил расида, яқдигарро хомӯш мекунанд ва амплитудаи мавҷи натиҷавӣ ба сифр баробар мешавад ( $A=0$ ) (расми 3.24.4).

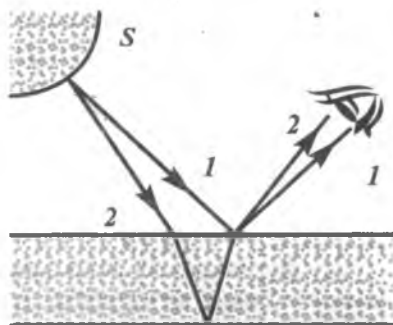
Ҳангоми интерференсияи рӯшноӣ тақсими энергия ба амал меояд: дар баъзе ҷойҳо афзоиши энергия ва дар ҷойҳои дигар камшавии энергия ба назар мерасад. Агар мавҷҳои когерентӣ рӯшноӣ сафед бошанд, манзараи интерференсионӣ рангоранг менамояд, чунки шартҳои максимум (3.24.1) барои рӯшноӣ дарозии мавҷашон гуногун дар нуқтаҳои гуногун иҷро мешавад.

Дар амалия манзараи интерференсионӣ дар болои пардаҳои тунуки равшан, карасин, нафт дар рӯйи об, дар хубобчаҳои аз кафки собун ҳосилгардида мушоҳида карда мешавад. «Хубобчаи собун дар ҳаво парвоз карда, бо ҳама тобишҳои рангаи ҷисмҳои атроф медурахшад. Хубобчаи собун, эҳтимол мӯъҷизаи нозуктарини табиат бошад» (Марк Твен).

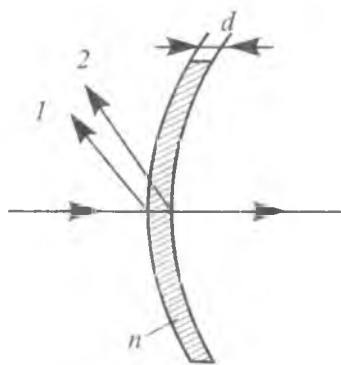
Дар пардаҳои тунук мавҷи 1 аз сатҳи берунӣ ва мавҷи 2 аз сатҳи дохилӣ инъикос ёфта, болои ҳамдигар ҳобида, манзараи интерференсиониро ҳосил мекунанд (расми 3.24.5). Ҳодисаи интерференсия татбиқи васеъ дорад.

Ҳодисаи интерференсия на танҳо ҳосияти мавҷ доштани рӯшноиро тасдиқ мекунанд, балки имконияти медиҳад, ки яке аз бузургиҳои рӯшноиро тавсифдиҳанда дарозии мавҷи рӯшноӣ муайян карда шавад.

Ба ҳодисаи интерференсия асос карда, асбобҳои махсус интерферометрҳо сохта шудаанд. Бо ёрии интерферометрҳо дарозии мавҷи рӯшноӣ, нишондодҳои шуоъшиканини газҳо ва моддаҳои дигар хеле дақиқ чен карда мешаванд ва ба суфтагии сатҳи маснуотҳо то аниқии 0,001 мкм баҳо додан мумкин аст.



Расми 3.24.1



Расми 3.24.6

Татбиқи дигари интерференсияи рӯшноӣ бо номи мунаввар гардонидани оптика машҳур мебошад.

Ҳангоми ба объективи асбобҳои оптикӣ, ки аз системаи линзаҳо иборатанд, афтидани рӯшноӣ қисми он инъикос мешавад ва дар натиҷа тасвири предметҳо хира менамояд. Дар қорҳои ҳарбӣ бошад, нурҳои аз объективи асбобҳои мушоҳидакунанда (дурбин) инъикос гардида, ба душман мавқеи мушоҳидачиро маълум менамояд. Дар объективи дастгоҳи суратгирӣ 25% ва дар дурбинҳо ва микроскопҳо то 50%-и энергияи

рӯшноии афтанда суғуст мегардад.

Барои кам кардани рӯшноии инъикосшуда олими рус И. В. Гребешников бо ҳамкоронаш технологияи бо пардаи тунук пушонидани сатҳи линзаҳои қор қарда баромад. Сатҳи пеши линзаҳо бо кабаҳои шаффофи махсус пушониданд (расми 3.24.6).

Нишондодҳои шуоъшиканӣ  $n$  ва ғафсии кабаҳои пушонидашуда  $d$  чунон интиҳоб қарда шудааст, ки рӯшноӣ аз кабаҳои берунӣ ва дохилӣ инъикосгардида бо фазаҳои муқобил болон ҳамдигар ҳобида (интерференсия шуда), яқдигарро хомӯш мекунад, энергияи рӯшноӣ ба асбоб дохил гардида зиёд мешавад ва тасвири предмет равшан менамояд.

Нишондодҳои шуоъшикании моддаи пушонидашуда дар байни 1 ва  $n_{\text{линза}}$  меҳобад. Барои яқдигарро пурра хомӯш кардани нурҳои инъикосшуда бояд фарқи роҳи оптикӣ  $2dn$  ба ним дарозии мавҷи рӯшноӣ  $\frac{\lambda_0}{2}$  баробар бошад:

$$2 dn = \frac{\lambda_0}{2} \quad (3.24.3)$$

Аз ин ҷо барои ғафсии кабаҳои пушонидашуда ҳосил мекунем:

$$d = \frac{\lambda_0}{4n} = \frac{\lambda}{4} \quad (3.24.4)$$

$\lambda = \lambda_0/n$  – дарозии мавҷи рӯшноӣ дар моддаи пушонидашуда аст. Ҳисобкунӣҳо нишон доданд, ки хомӯшкунӣ пурра ҳангоми иҷрошавии шартҳои зерин ба вуҷуд меояд:

$$n = \sqrt{n_{\text{л}}} \quad (3.24.5)$$

Аз формулаи (3.24.2) дида мешавад, ки яқбора хомӯшшавӣ ҳамаи дарозииҳои мавҷҳои рӯшноиро ба вуҷуд овардан имконнопазир аст. Бинобар он, ғафсии пардари тавре интиҳоб менамоянд, ки дарозии мавҷи рӯшноии чашми инсон аз ҳама зиёдтар ҳискунанда ( $\lambda=0,550$  мкм – қисми сабз-зарди спектр) пурра хомӯш гардад.

1. Интерференсияи рушноӣ чӣ гуна ҳодиса мебошад?
2. Кадом вақт ҳодисаи интерференсияи рушноӣро мушоҳида кардан мумкин аст?
3. Чӣ гуна мавҷҳоро когерентӣ меноманд ва онҳоро чӣ тавр ҳосил мекунанд?
4. Интерференсияи мавҷҳои рушноӣро ба воситаи оинаҳои Френел чӣ тавр ҳосил менамоянд?
5. Манзараи интерференсионӣ гуфта, чиро меноманд?
6. Манзараи интерференсионие, ки дар рушноии сафед бо ёрии оинаҳои Френел ҳосил карда мешавад, чӣ тавр менамояд?
7. Манзараи интерференсионие, ки бо ёрии оинаҳои Френел ҳосил карда мешаванд, чӣ тавр тағйир меёбад, агар аввал рушноии сурх, баъд рушноии кабуд истифода бурда шавад?
8. Дар қучои манзараи интерференсионӣ максимумҳои интерференсионӣ ҳосил мешаванд ва шартҳои максимумҳои интерференсионӣ дар шакли математикӣ бо кадом формула ифода карда мешавад?
9. Дар қучои манзараи интерференсионӣ минимумҳои интерференсионӣ ҳосил мешаванд ва шартҳои минимумҳои интерференсионӣ дар шакли математикӣ бо кадом формула ифода карда мешавад?
10. Ҳосилшавии тасмаҳои рангорангро дар қабати тунуки карасини болои об маънидод намоед.
11. Ҳодисаи интерференсия чӣ гуна татбиқи амалӣ дорад?

### МАШҚИ 19

1. Маҳлули собунро тайёр кунед ва бо ёрии найчаи шишагӣ ҳубобчаи собунро пуф карда, бозии рангҳои дар сатҳи он бавучудояндаро мушоҳида намоед.
2. Аз симча росткунҷа соzed ва онро ба маҳлули собун ғутонида, дар он пардаи собун ҳосил кунед. Тобиши рангҳои дар сатҳи он бавучудояндаро мушоҳида кунед. Ба воситаи шишаи рангин ё порчаи селлофани ранг кардашуда (бехтараш рангаш сурх бошад), ки роли филтрро мебозад, манзараи интерференсиониро дар ҳубобчаи собун мушоҳида намоед. Ҳодисаи мушоҳида кардаатонро фаҳмонед.
3. Сатҳи ҳубобчаҳо ва пардаҳои собун дар натиҷаи чоришавии моеъ оҳиста-оҳиста тунук мешавад. То кафидани онҳо ба тағйиротҳои ранги пардаҳо диққат диҳед ва онро маънидод намоед.

### 3.25. Дифраксияи рӯшноӣ\*

Дифраксияи рӯшноӣ дар қатори интерференсияи рӯшноӣ ҳодисаест, ки ҳосияти мавҷи доштани рӯшноиро тасдиқ менамояд. Ҳодисаи дифраксия барои ҳамагуна мавҷҳо - механикӣ, садогӣ ва электромагнитӣ хос мебошад.

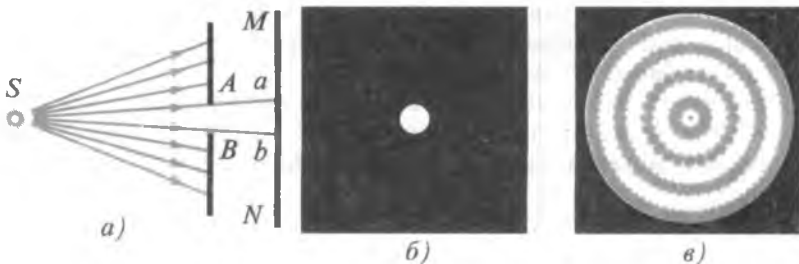
Ҳодисаи дифраксияро барои рӯшноӣ дида мебароем. Аз манбаи  $S$  ба сӯроҳии  $AB$  (расми 3.25.1, *a*) дастаи нурҳои рӯшноиро раван менамоем. Дар экрани  $MN$  доғи сафед ҳосил мешавад (расми 3.25.1, *b*). Қутри доғ васеъгии дастаи рӯшноӣ ба экрани  $MN$  афтандаро ифода менамояд. Агар сӯроҳии  $AB$ -ро хурд кардан гирем, доғ низ хурд мешавад, яъне дастаи нурҳои рӯшноӣ борик мегардад. Аз ягон андозаи суроҳӣ (тақрибан 0,01 мм) сар карда бо хурдшавии андозаи суроҳӣ калоншавии доғ ба амал меояд (расми 3.25.1, *в*) ва номунтазам равшан мегардад. Дар рӯи он ҳалқаҳои равшану торики пайҳам оянда ҳосил мешаванд ва онҳо соҳаи сояи геометрӣро ишғол менамоянд.

Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки рӯшноӣ аз ростхатта паҳншавӣ майл карда, ба соҳаи соя дохил мешавад. Ҳодисаи аз қонуни ростхатта паҳншавӣ майлқунии рӯшноиро дифраксияи рӯшноӣ меноманд (аз латинӣ *diffractus* - шикасташуда).

Ҳангоми дифраксияи рӯшноӣ манзараи дар экран ҳосилшударо манзараи дифраксионӣ меноманд. Агар ба ҷойи рӯшноӣ якранга (монохроматӣ) рӯшноӣ сафед истифода шавад, манзараи дифраксионӣ рангоранг мегардад. Ҳодисаи дифраксияи рӯшноиро дар монеаҳои ношаффоф низ мушоҳида кардан мумкин аст.

Дар расми 3.25.2 манзараи дифраксионӣ ҳангоми дар роҳи рӯшноӣ гузоштани сӯзан ё тори мӯй нишон дода шудааст, ки он аз тасмаҳои торику равшан иборат мебошад ва дар маркази сояи геометрӣ тасмаи равшан ҳосил гардидааст. Баъд аз тасмаи марказӣ равшани тасмаҳои дигар суст шуда меравад.

Дарозии мавҷҳои рӯшноӣ хеле хурд буда, барои нурҳои дидашаванда дар ҳудуди 0,4–0,8 мкм меҳобад. Аксарияти ҷисмҳо нисбат ба дарозии мавҷҳои рӯшноӣ андозаи калон доранд.



Расми 3.25.1

Мавҷҳои рӯшноӣ ин гуна қисмҳои печонида наметавонанд ва рӯшноӣ ростхатта паҳн мешавад.

Дар мавридҳои андозаи монетаҳои роҳи рӯшноӣ ба дарозии мавҷи рӯшноӣ тартиби якхела доштан рӯшноӣ ба дифраксия дучор мегардад. Ҳодисаи дифраксияи рӯшноӣ дар мавридҳои хеле зиёд мушоҳида кардан мумкин аст. Масалан, агар ба воситаи миҷаи чашмҳо ба манбаи борики рӯшноӣ (муҷаки лампочкаи электрикӣ, алангаи борики чароғи спиртӣ) нигоҳ кунем, дар тарафҳои чаппу рости онҳо тасмаҳои рангини тирӯ камонмонандро мебинем.

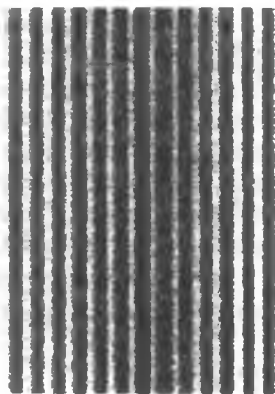
Ҳангоми аз байни дандонаҳои зичи шона ба манбаи рӯшноӣ нигоҳ кардан низ манзараи дифраксиониро мушоҳида менамоем. Ба воситаи рӯймолчаи кисагӣ ё ягон матои дигар ба манбаи рӯшноӣ нигариста, дифраксияи рӯшноӣ мушоҳида кардан мумкин аст. Аксаран дар наздикии Офтоб ва Моҳ тоҷи тирӯ камонӣ мушоҳида карда мешавад. Ин дар мавридҳои дар ҳаво пайдошавии гардҳои яхӣ ё туман ба назар мерасад. Рӯшноии аз Офтоб ба Моҳ омада аз ин муҳит гузашта, ба дифраксия дучор мегардад.

Манзараи дифраксионие, ки ҳангоми аз сӯроҳӣ ва дигар монетаҳо гузаштани рӯшноӣ ҳосил мешаванд, аниқу равшан нестанд.

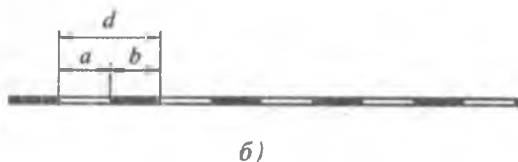
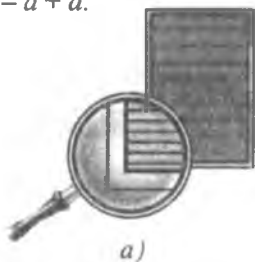
Барои аниқу равшан ҳосил кардани манзараи дифраксионӣ аз панҷараҳои дифраксионӣ истифода мебаранд. Панҷараҳои дифраксионӣ одӣ аз лавҳаи шишагии суфтакардашудаи дар болаш хатҳои борики параллелии зиёд кашидашуда иборат аст (расми 3.25.3, а).

Рӯшноӣ аз байни хатҳои борики мегузарад, яъне масофаи байни хатҳо барои рӯшноӣ нақши тарқишро мебозад. Аз хатҳои кашидашуда рӯшноӣ намегузарад.

Суммаи бари як тарқиш  $a$  ва бари як хати барои рӯшноӣ ношафтоф  $b$  даври панҷара  $d$  номида мешавад (расми 3.25.3, б):  $d = a + b$ .



Расми 3.25.2



Расми 3.25.3

Дар замони ҳозира аз панчараҳои дифраксионие истифода мебаранд, ки дар ҳар як миллиметри рӯйшон 300, 1200, 1800 ва ҳатто 6000 хат кашида шудаанд. Агар ба воситаи панҷараи дифраксионӣ ба муяки лампаи электрикӣ нигоҳ кунем, он гоҳ аз муяк дар тарафҳои чапӣ рӯст якҷанд тасмаҳои рангаи тирӯ камонро мебинем, ки дар он аз муяк бо тартиби зерин рангҳо ҷойгир мешаванд: бунафш, кабуд, нилобӣ, сабз, зард, норинҷӣ ва сурх (ниг. варақи ранга, расми рангаи 3.20.5(1)).

Максимумҳои панҷараи дифраксионӣ дар таҳти кунҷи  $\varphi$  мушоҳида мешаванд ва онҳо аз шартӣ зерин муайян карда мешаванд:

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad (3.25.1)$$

дар ин ҷо  $k=0, 1, 2, 3, \dots$  тартиби максимумҳо аст.

Аз шартӣ (3.25.1) дида мешавад, ки тартиби максимумҳо ба дарозии мавҷи рӯшноӣ вобаста мебошад.

Дарозии мавҷ  $\lambda$  ҳар чӣ қадар калон бошад, максимуми он аз максимуми марказӣ ҳамон қадар дуртар ҷойгир мешавад. Ба ҳар як қимати  $k$  спектри алоҳида мувофиқ меояд. Дар байни максимумҳо минимумҳо ҷойгир мебошанд. Чӣ қадаре, ки шумораи тарқишҳо дар панҷараи дифраксионӣ зиёд бошад, максимумҳо бештар баръало ва бо минимумҳои васеътар ҷудо мешаванд. Агар даври панҷараи дифраксионӣ маълум бошад, кунҷи максимуми мувофиқ  $\varphi$ -ро чен карда, аз шартӣ (3.25.1) дарозии мавҷи рӯшноиро бо саҳеҳии калон муайян кардан мумкин аст.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дифраксияи рӯшноӣ гуфта, кадом ҳодисаро меноманд?
2. Ҳодисаи дифраксияро барои чӣ гуна мавҷҳо мушоҳида кардан мумкин аст?
3. Кадом вақт ҳодисаи дифраксияи рӯшноӣ мушоҳида карда мешавад?
4. Манзараи дифраксионӣ гуфта, чиро меноманд?
5. Манзараи дифраксионӣ аз рӯшноии сафед рангоранг менамояд. Онро маънидод намоед.
6. Барои ҳосил кардани манзараи дифраксионии аниқу равшан аз кадом асбоб истифода мебаранд?
7. Панҷараи дифраксионӣ чӣ гуна сохт дорад?
8. Даври панҷараи дифраксионӣ гуфта, чиро меноманд?
9. Дар спектрҳои манзараи дифраксионии бо панҷараи дифраксионӣ ҳосил кардашуда рангҳо чӣ тавр ҷойгиранд?
10. Шартӣ максимумҳои дифраксионӣ бо кадом формула ифода карда мешавад?
11. Бо ёрии панҷараи дифраксионӣ чӣ тавр дарозии мавҷи рӯшноӣ муайян карда мешавад?

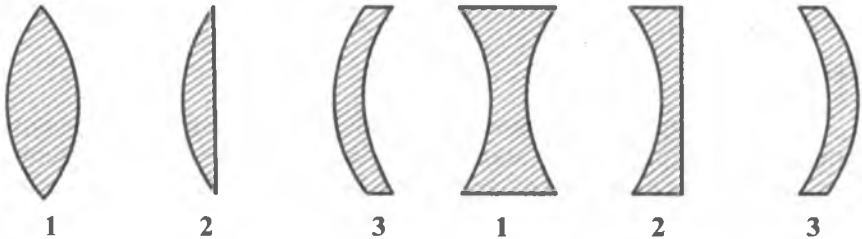
### 3.26. Линзаҳо

Линзаҳо узви асосии асбобҳои оптикиро ташкил менамоянд. Дар амалия асосан аз линзаҳои куравӣ истифода мебаранд.

**Чисми шаффофи бо ду сатҳи куравӣ маҳдудро линза меноманд.**

Линзаҳоро асосан аз шишаҳои оптикӣ ё органикӣ месозанд. Линзаҳо барҷаста ва фуруҳамида мешаванд.

Линзаҳое, ки миёнаи онҳо нисбат ба канорҳояшон ғафстар мебошад, линзаҳои барҷаста мебошанд (расми 3.26.1). Линзаҳое, ки канорҳояшон нисбат ба миёначояшон ғафстар аст, линзаҳои фуруҳамида номида мешаванд (расми 3.26.2).



**Расми 3.26.1**

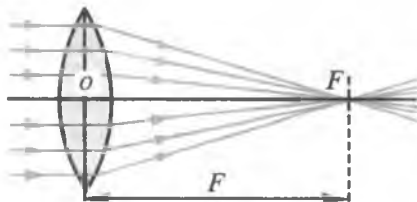
- 1- линзаи дуруя барҷаста;
- 2- линзаи барҷастаи ҳамвор;
- 3- линзаи барҷастаи фуруҳамида.

**Расми 3.26.2**

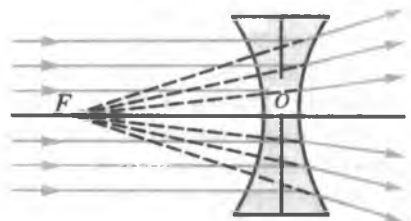
- 1- линзаи дуруя фуруҳамида;
- 2- линзаи фуруҳамидаи ҳамвор;
- 3- линзаи фуруҳамидаи барҷаста.

Линзаи дуруя барҷастаро ба мизи оптикӣ чойгир намуда, дар паси он экранро мегузорем. Ба ин линза дастаи параллелии рӯшноиро равона карда, чойи экранро нисбат ба линза иваз намуда, дар рӯйи он доғи равшанро ҳосил менамоем. Яъне линзаҳои барҷаста нурҳои параллели ба он афтандаро шикаста, онҳоро ҷамъ мекунад (расми 3.26.3), бинобар он, линзаҳои барҷастаро линзаҳои ҷамъкунанда меноманд.

Линзаҳои фуруҳамида дастаи рӯшноии параллели ба онҳо афтандаро пароканда менамоянд ва онҳоро линзаҳои парокандакунанда меноманд (расми 3.26.4).



**Расми 3.26.3**

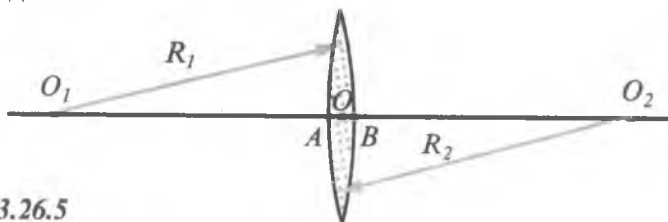


**Расми 3.26.4**



Линзаҳое, ки гафсиашон  $l = AB$  (расми 3.26.5) нисбат ба радиусҳои сатҳҳои куравиашон  $R_1$  ва  $R_2$  хеле хурд аст, линзаҳои тунук номида мешаванд.

Нуқтаҳои  $A$  ва  $B$  – қуллаҳои сегментҳои куравӣ дар линзаи тунук ба якдигар ниҳоят наздик ҷойгиранд ва онҳоро чун як нуқтаи  $O$  қабул кардан мумкин аст. Нуқтаи  $O$  маркази оптикӣ линза номида мешавад.



Расми 3.26.5

Нури рӯшноии аз маркази оптикӣ линза гузаранда намешиканад. Хати ростии аз марказҳои сатҳҳои курави линзаро маҳдудкунанда ва маркази оптикӣ он гузарандаро меҳвари асосии оптикӣ меноманд (хати  $O_1, O_2$ ). Ҳаргуна хати ростии дигари аз маркази оптикӣ гузарандаро меҳвари ғайриасосии оптикӣ линза меноманд. Нурҳои аз рӯи ягон тирҳои оптикӣ равшанаванда самташонро тағйир надода, аз линзаи тунук мегузаранд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Линза гуфта, чиро меноманд?
2. Намудҳои линзаҳоро номбар намоед.
3. Чӣ гуна линзаҳоро ҷамъкунанда ва кадоми онҳоро парокандакунанда меноманд?
4. Чиро меҳвари асосӣ ва чиро меҳвари ғайриасосии линзаҳо меноманд?
5. Самти нурҳои ба меҳвари асосии линзаҳои барҷаста ва фуруҳамида параллел афтандаро дар нақша тасвир кунед.

### 3.27. Масофаи қонунии линза

Нуқтаеро, ки дар он нурҳои ба меҳвари асосии оптикӣ линзаи ҷамъкунанда параллел афтанда пас аз шикаст бурида мешаванд, қонун (фокус)-и асосии линза меноманд ва бо ҳарфи  $F$  ишора мекунанд (расми 3.26.3). Масофа аз маркази оптикӣ линза то қонуни онро масофаи қонунии линза меноманд ва онро низ бо ҳарфи  $F$  ишора мекунанд.

Агар нурҳои ба меҳвари асосии оптикӣ линза параллелро аз тарафи муқобил равана намоем, онҳо дар линза шикаста, дар қонуни дигари линза ҷамъ мешаванд. Ҳамин тариқ, ҳаргуна линза,

дар ҳар тарафаш яктой конун дорад ва онҳо аз линза дар масофаҳои якхела ҷойгиранд.

Дар линзаҳои фуруҳамида давоми нурҳои дар он парокандашуда дар нуқтаи  $F$  ҳамдигарро мебуранд ва ин нуқта конуни мавҳуми линзаи парокандакунанда мебошад (расми 3.26.4). Ин нуқтаро аз он сабаб мавҳум меноманд, ки дар он на ҳуди нурҳои аз линза гузашта, балки давоми хатҳои онҳо ҳамдигарро мебуранд. Ҳамвориеро, ки ба меҳвари асосии оптикӣ линза перпендикуляр буда, аз конуни он мегузарад, ҳамвори конуни меноманд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

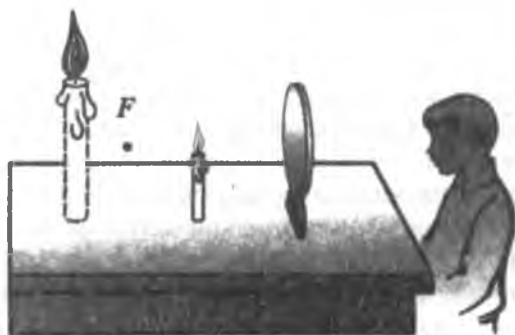
1. Конуни асосии линза гуфта, чиро меноманд?
2. Масофаи конуни линза чӣ гуна масофа мебошад?
3. Линзаҳо чандтоғӣ конун доранд ва онҳоро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
4. Чаро конуни линзаи фуруҳамидаро мавҳум меноманд?
5. Ҳамвори конуни линза гуфта, чиро меноманд?

### 3.28. Сохтани тасвир дар линзаҳо

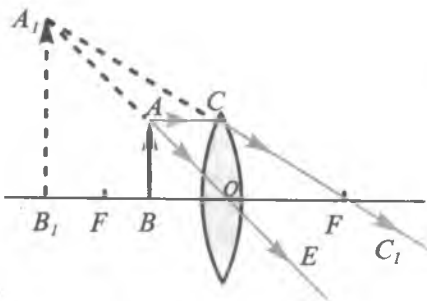
Бо ёрии линзаҳо на танҳо рӯшноӣ чамъ ё пароканда, балки тасвирҳои гуногуни предметҳо ҳосил карда мешаванд. Маҳз аз ҳамин хусусияти линзаҳо дар амалия ва сохти асбобҳои оптикӣ истифода мебаранд.

Масалан, барои хубтар равшан кардани ҷисму ашёҳои дур воқеъбуда манбаи рӯшноиро дар конуни линзаи ду тарафаш барҷаста ҷойгир намуда, дастаи парокандаи рӯшноиро ба дастаи параллелӣ табдил медиҳанд ва ин тарзи равшанкунӣ асоси кори прожекторҳо ташкил менамояд.

Ҳосилшавии тасвирро дар линзаҳои чамъкунанда дида мебароем. Линзаро амудӣ гузошта, шамъро дар байни линза ва конуни он ҷой медиҳем ва аз линза шамъро нигоҳ мекунем. Мо дар ақибтари шамъ тасвири калонкардаи рости онро мебинем (расми 3.28.1).



Расми 3.28.1



Расми 3.28.2

Шамъро аз линза дур кардан мегирем. Вақте ки шамъ дар тарафи дигари конуни линза ҷойгир мегардад, тасвири он аз назар ғойиб мегардад.

Аммо дар дигар тарафи линза дар экрани гузошташуда тасвири калон ва чаппаи шамъ ҳосил мешавад. Ҳангоми шамъро дар масофаи дучандаи конунии линза ҷойгир намудан

тасвир дар паси линза чаппа, вале хеле хурд дар наздикии конуни он ҳосил мегардад.

Ҳамин тариқ, вобаста ба мавқеи шамъ нисбат ба линза шакли андоза ва вазъияти тасвир тағйир меёбад. Акнун тарзи сохтани тасвириро дар линза дида мебароем. Маълум аст, ки аз ҳар гуна нуқтаи ҷисм нурҳои пароканда афканда мешавад. Барои сохтани тасвири ҷисм дар линза ду нури аз нуқтаи ҷисм афкандаи гашташ маълумро интихоб менамоем.

Нури якум ба меҳвари асосии оптикии он параллел ва нури дуюм аз маркази оптикии он мегузарад. Нури якум баъд аз линза шикаста, аз конуни он ва нури дуюм самташро тағйир надода аз линза мегузарад. Гашти ин ду нурро доништа, ҳосилшавии тасвириро дар мавридҳои гуногун муоина мекунем.

Дар расми 3.28.2 ҳосилшавии тасвир ҳангоми ҷисми  $AB$  дар байни линза ва конуни он ҷойгир будан, нишон дода шудааст.

Аз расми 3.28.2 дида мешавад, ки тасвири нуқтаи  $A$ -и ҷисм дар бурриши давоми нурҳои  $AE$  ва  $CC_1$ , яъне дар нуқтаи  $A_1$  меҳобад.  $A_1$ -тасвири мавҳуми нуқтаи  $A$ -и ҷисм номида мешавад. Бо ҳамин усул тасвири нуқтаҳои байни  $A$  ва  $B$ -и ҷисмро сохтан мумкин аст, ки онҳо дар байни нуқтаҳои  $A_1$  ва  $B_1$  меҳобанд. Яъне  $A_1B_1$  тасвири мавҳум, роста ва калонкардаи ҷисми  $AB$  мебошад.

Ҳамин тариқ, агар ҷисм байни линза ва конуни он ҷойгир бошад, тасвири он мавҳум, роста, калон ва аз линза нисбат ба ҷойи предмет дуртар ҳосил мешавад. Чунин тасвирҳоро ҳангоми сохтани кардани соатҳо, хондани матни ҳарфҳои хурд ва ғайраҳо бо ёрии рубин дидан мумкин аст.

Дар расми 3.28.3 ҳосилшавии тасвир барои мавриди ҷисм дар байни конуни линза ва масофаи дучандаи конуни он ҷойгир будан нишон дода шудааст.

Нурҳои аз нуқтаи  $A$  бароянда баъди линза дар нуқтаи  $A_1$

$A$ -и ҷисм мебошад.  $A, B, B_1$  тасвири ҳақиқӣ, чаппа ва калоншудаи ҷисми  $AB$  мебошад.

Агар дар ҷойи тасвири ҳосилгардида экранро ҷой диҳем, тасвир хеле хуб дида мешавад.

Агар тасвир мавҳум мебуд, онро дида наметавонистем.

Ҳамин тариқ, агар ҷисм дар байни конуни линза ва масофаи дучандаи конуни он ҷойгир бошад, тасвири он ҳақиқӣ, чаппа, калоншуда ва дар тарафи дигари линза дуртар аз масофаи дучандаи конуни он ҳосил мешавад.

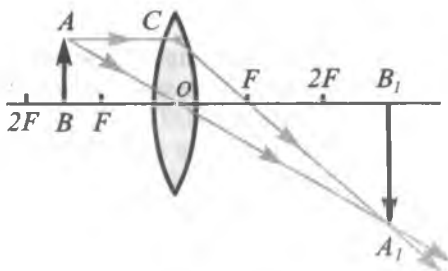
Ин гуна тасвирҳо дар дастгоҳҳои проексионӣ ва кино ҳосил мешаванд. Барои дар экран ҳосил намудани тасвири роста диапозитив ё кинонаворро чаппа мегузоранд.

Ҳангоми ҷисмҳоро дар масофаи аз масофаи дучандаи конунӣ зиёд ҷойгир кардан тасвир хурд, чаппа, ҳақиқӣ ва дар он сӯи линза дар байни конун ва масофаи дучандаи конунӣ ҳосил мегардад (расми 3.28.4). Ин гуна тасвир дар дастгоҳи суратгирӣ ҳосил мешавад.

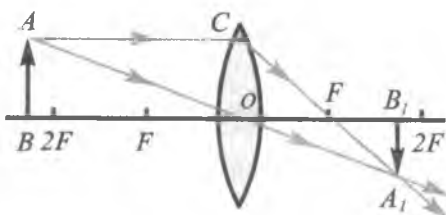
Ҳамин тариқ, намуди тасвир ва мавқеи он аз ҷойгиршавии ҷисм нисбат ба линза вобаста мебошад. Чӣ тавре, ки дидем, тасвири ҳақиқию калонтарини ҷисм дар мавриди байни конун ва масофаи дучандаи конуни линза ҷойгир шудани ҷисм ҳосил мешавад.

Дар расми 3.28.5. ҳосилшавии тасвир дар линзаи парокандакунанда нишон дода шудааст.

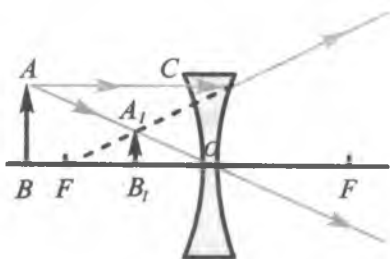
Аз расми 3.28.5 дида мешавад, ки линзаи парокандакунанда барои ҳамагуна мавқеҳои ҷисм тасвири хурд, мавҳум, рости онро медиҳад ва тасвир дар ҳамон сӯи линза ҳосил мешавад, ки худӣ ҷисм ҷойгир аст.



Расми 3.28.3



Расми 3.28.4



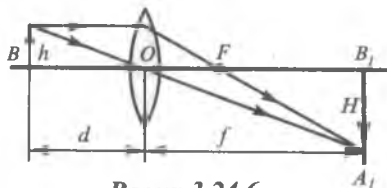
Расми 3.28.5

1. Линзаҳоро дар кучо истифода мебаранд?
2. Вобаста ба мавқеи ҷисм нисбат ба линза мавқеи тасвир чӣ тавр тағйир меёбад?
3. Равиши нури аз конуни асосии линзаи барҷаста гузарандаро дар нақша нишон диҳед.
4. Равиши нури аз маркази линза гузарандаро дар нақша нишон диҳед.
5. Равиши нури ба меҳвари асосии оптикӣ параллел афтандаро дар нақша нишон диҳед.
6. Барои сохтани тасвир дар линза равиши чанд нууро дар он доништан лозим аст?
7. Ҷисме, ки баъди масофаи дучандаи конунии линзаи ҷамъкунанда ҷойгир аст, тасвираш дар кучо ва чӣ гуна ҳосил мешавад?
8. Ҷисме, ки дар байни масофаи конунӣ ва масофаи дучандаи конунии линзаи ҷамъкунанда ҷойгир аст, тасвираш дар кучо ва чӣ гуна ҳосил мешавад?
9. Тасвири ҷисмеро, ки дар байни линзаи ҷамъкунанда ва конуни он ҷойгир аст, созад ва тавсифи онро диҳед.
10. Тасвири ҳақиқию калонтарини линзаи ҷамъкунанда дар кадом маврид ҳосил мешавад?
11. Тасвири ҷисмеро, ки дар байни масофаи конунӣ ва масофаи дучандаи конунии линзаи парокандакунанда ҷойгир аст, созад ва тавсифҳои онро диҳед.

### 3.29. Формулаи линзаи тунук

Масофаи байни линза ва ҷисмро бо ҳарфи  $d$ , масофаи байни линза ва тасвирро бо ҳарфи  $f$  ишора менамоем (расми 3.29.1).

Барои линзаи тунук вобастагии байни  $d$ ,  $f$  ва  $F$  бо формулаи зерин ифода карда мешавад:



Расми 3.24.6

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}. \quad (3.29.1)$$

Ифодаи (3.29.1) формулаи линзаи тунук номида мешавад.

Бузургии ба масофаи конунии линза чаппаро қувваи оптикӣ  $D$  линза меноманд:

$$D = \frac{1}{F}. \quad (3.29.2)$$

Яъне чӣ қадаре, ки масофаи конунии линза хурд бошад, линза шуоъоро ҳамон қадар зидтар шикаста ё пароканда менамояд ва

қимати мутлақи қувваи оптикии линза ҳамон қадар зиёдтар мешавад. Қувваи оптикии линза бо диоптрия (дптр) чен карда мешавад. Қувваи оптикии линзаи масофаи қонуниаш ба 1 м баробар буда, 1 дптр мебошад:

$$1 \text{ дптр} = \frac{1}{1 \text{ м}}.$$

Қувваи оптикии линзаи масофаи қонуниаш 0,5 м баробар аст:

$$D = \frac{1}{0,5 \text{ м}} = 2 \text{ дптр}.$$

Барои линзаи масофаи қонуниаш 2,5 м қувваи оптикӣ баробар мешавад:

$$D = \frac{1}{2,5 \text{ м}} = 0,4 \text{ дптр}.$$

Қувваи оптикии линзаро дар таҷриба ба осонӣ муайян кардан мумкин аст. Дастаи шуоъҳои параллелии ба линза афтанда дар қонуни он чамъ мегарданд. Масофаи қонуни онро чен карда, аз формулаи (3.29.2) қувваи оптикии линза ҳисоб карда мешавад.

Ифодаи (3.29.2)-ро ба эътибор гирифта, барои формулаи линзаи тунук ҳосил мекунем:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D. \quad (3.29.3)$$

Дар формулаи (3.29.1) бузургҳои  $d$ ,  $f$ ,  $F$  ҳам мусбату ва ҳам манфӣ буда метавонанд. Барои линзаи чамъкунанда қонуни он ҳақиқӣ аст ва дар пеши аъзои  $\frac{1}{|F|}$  аломати мусбат гузошта мешавад.

Барои линзаи парокандакунанда қонуни он мавҳум аст ва дар пеши аъзои  $\frac{1}{|F|}$  аломати манфӣ гузошта мешавад. Барои тасвири ҳақиқӣ дар пеши аъзои аломати мусбат ва барои тасвири мавҳум аломати манфӣ мегузоранд. Дар мавриди ҳақиқӣ будани тасвири нуқтаи фурузон дар пеши аъзои  $\frac{1}{|F|}$  аломати мусбат ва дар мавриди мавҳум буданаш аломати манфӣ гузошта мешавад.

Дар линза андозаи тасвири ҳосилгардида аз андозаи ҷисм фарқ мекунад. Фарқи андозаҳои тасвиру ҷисм бо мафҳуми калонкунӣ тавсиф карда мешавад.

Нисбати андозаи ҳаттии тасвиrho ( $H$ ) бар андозаи ҳаттии ҷисм ( $h$ ) калонкунии ҳаттии линза  $\Gamma$  меноманд:

$$\Gamma = \frac{H}{h}. \quad (3.29.4)$$

Аз монандии секунҷаҳои  $ABO$  ва  $A_1B_1O$  (расми 3.29.1) ҳосил менамоем:

$$\frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|}$$

Ин нисбатро ба эътибор гирифта, барои калонкунии линза ҳосил мекунем:

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|}$$

Яъне калонкунии линза ҳамчун нисбати масофа аз тасвир то линза бар масофа аз линза то ҷисм муайян карда мешавад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом формуларо формулаи линзаи тунук меноманд?
2. Чиро қувваи оптикии линза меноманд ва он бо кадом воҳид чен карда мешавад?
3. Қувваи оптикии линза ба 4 диоптрия баробар аст. Ин чӣ маъно дорад?
4. Калонкунии линза гуфта, чиро меноманд ва он чиро тавсиф медиҳад?

#### НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҶО

1. Аз линзаи ҷамъкунандаи қувваи оптикиаш  $D=10$  дптр дар масофаи 15 см ҷисми андозааш 4 см ба меҳвари асосии он перпендикуляр ҷойгир аст. Масофа аз линза то тасвир ва андозаи тасвириро муайян намоед.

*Дода шудааст:*

$$D = 10 \text{ дптр}$$

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

$$h = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$$

$$f = ?$$

$$H = ?$$

*Ҳал.* Масофаи қонунии линзаро меёбем:

$$F = \frac{1}{D} = \frac{1}{10 \text{ дптр}} = 0,1 \text{ м.}$$

Аз формулаи линзаи тунук

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

истифода бурда, масофа аз линза то тасвириро муайян мекунем:

$$f = \frac{dF}{d - F} = \frac{0,15 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м}}{0,15 \text{ м} - 0,1 \text{ м}} = \frac{0,015 \text{ м}^2}{0,05 \text{ м}} = 0,3 \text{ м} = 30 \text{ см.}$$

Нисбати андозаи тасвир бар андозаи ҷисмро ҳамчун нисбат  $\frac{f}{d}$  муайян кардан мумкин аст:

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

Аз ин ҷо андозаи тасвир  $H$ -ро муайян мекунем:

$$H = h \frac{f}{d} = 0,04 \text{ м} \cdot \frac{0,3 \text{ м}}{0,15 \text{ м}} = 0,08 \text{ м} = 8 \text{ см.}$$

*Ҷавоб:*  $f=0,3$  м;  $H=0,08$  м.

2. Тасвири ҳосилшудаи ҷисм роста ва нисбат ба ҷисм ду маротиба калон буда, аз линзаи тунук дар масофаи  $f=10$  см воқеъ аст. Масофаи конунии линза ёфта шавад.

*Дода шудааст:*

$$\Gamma=2$$

$$f=10\text{см}=0,1\text{ м}$$

$$F=?$$

*Ҳал.* Калонкунии линза ҳамчун нисбати масофа аз линза то тасвир  $f$  бар масофа аз линза то ҷисм  $d$  муайян карда мешавад:

$$\Gamma = \frac{f}{d}$$

Аз ин ҷо масофа аз линза то тасвиرو муайян менамоем:

$$d = \frac{f}{\Gamma} = \frac{0,1\text{ м}}{2} = 0,05\text{ м.}$$

Аз формулаи линзаи тунук

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

масофаи конунии онро ҳисоб мекунем:

$$F = \frac{df}{f+d} = \frac{0,05\text{ м} \cdot 0,1\text{ м}}{0,05\text{ м} + 0,1\text{ м}} = \frac{0,005\text{ м}^2}{0,15\text{ м}} = 0,033\text{ м} = 3,3\text{ см.}$$

*Ҷавоб:*  $F=0,033\text{ м.}$

### МАШҚИ 20

1. Масофа аз ҷисм то линза  $d=10\text{ м}$  ва аз линза то тасвир  $f=2,5\text{ м}$  аст. Қувваи оптикӣ линзаро ёбед. (*Ҷавоб:*  $D=0,5$  дптр)
2. Ҷисми андозааш  $h=0,33\text{ м}$  аз линзаи ҷамъкунандаи масофаи конуниаш  $F=0,3\text{ м}$  дар масофаи  $d=0,15\text{ м}$  ҷойгир аст. Тасвир дар қадом масофа аз линза ҳосил мешавад. Андозаи тасвиرو ёбед. (*Ҷавоб:*  $f=-0,3\text{ м}$ ,  $H=0,66\text{ м}$ )

## 3.30. Асбобҳои оптикӣ

Соҳти асбобҳои оптикӣ гуногун ба қонунҳои оптикаи геометрӣ асос карда шудаанд. Ба асбобҳои оптикӣ чашм, айнак, суратгирак, микроскоп, дурбин, телескоп ва дурбин дохил мешаванд.

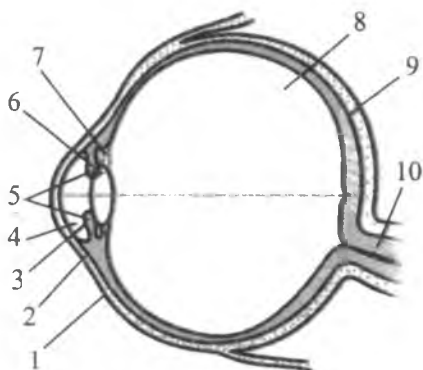
### 3.30.1. Чашм

Чашми одам ва аксарияти ҳайвонҳо тақрибан шакли куравӣ доранд (расми 3.30.1).

Диаметри он тақрибан ба 2,5 см баробар аст. Рӯи чашм бо пардаи сафеди ҷимоякунанда (1) пушида шудааст ва онро салабия меноманд. Дар қисми пеши шаффофи он қарния (2) ҷойгир аст.

Аз қарния андаке дуртар пардаи ранги хос дошта (3) мавҷуд аст ва он инабия ном дорад. Байни пардаи қарния ва пардаи инабия моеи шаффоф - зулолия (4) ҷойгир мебошад. Дар пардаи инабия





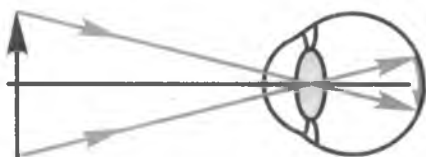
Расми 3.30.1

сурохи хаст, ки онро гавҳарак меноманд.

Ҳангоми афтидани рӯшноӣ вобаста ба равшании он диаметри гавҳарак аз 2 то 8 мм тағйир меёбад. Ин ба тағйирёбии андозаи диафрагмаи дастгоҳи суратгирӣ монандӣ дорад. Дар паси гавҳарак узви шаффофи линзамонанд зучочия (6) ҷойгир мебошад. Шакли зучочияро мушаки махсус (7) каму беш тағйир дода метавонад, вақти ба

чисмҳои наздик нигоҳ кардан барҷастагии онро зиёд мекунад. Дар паси зучочия узви шаффофи шишамонанди ниммоё (8) тамоми қисми боқимондаи чашмо ишғол мекунад.

Қаъри чашм бо пардаи хеле мураккаби турмонанд (9) шабакияи пушониида шудааст. Дар шабакияи нӯғҳои торҳои асаби химчашакли ба рӯшноӣ ҳассос (10) мавҷуданд.



Расми 3.30.2

Рӯшноии ба чашм афтанда дар сатҳи қарния, гавҳарак ва узви шишамонанд, ки системаи оптикӣи чашмо ташкил мекунад, паёпай шикаста, дар шабакия тасвири ҳақиқӣ, хурд ва чаппаи қисми таҳти назарро ҳосил мекунад (расми 3.30.2).

Шабакия дар чашм ба сифати «экран» хизмат мекунад. Рӯшноӣ ба нӯғҳои асаби дар шабакияи буда афтида, онҳоро меангезонад ва ин ангезиш бо ёрии торҳои асаб ба майна дода мешавад ва одам рӯшноиро эҳсос мекунад ва қисмо мебинад.

Агар қисм хеле дур бошад, тасвир дар шабакияи чашми солим бе ҳеч гуна тарангшавии мушакҳои зучочия ҳосил мешавад. Ҳангоме ки қисм ба чашм наздик шудан мегирад, зучочияи фишурда мегардад ва масофаи қонунии чашм хурд мешавад ва ҳамвории тасвир аз нав бо шабакияи ҳамҷоя мешавад. Ин ҳодиса дар натиҷаи беихтиёр (рефлексӣ) таранг шудани мушакҳо ба вучуд омада, қачии зучочияро тағйир медиҳад.

Ин гуна қобилияти ба тағйирёбии масофаи қисм мувофиқ шудани чашмо мутобиқат (аккомодатсия)-и чашм меноманд (аз лотинӣ *accomodatio* - мутобиқшавӣ). Аккомодатсия ҳангоми қисм аз чашм дар масофаи 12 см ҷойгир будан оғоз мегардад. Масофае, ки дар он чашм ҷузъиёти қисмо бе шиддати бинӯй фарқ карда

Барои чашми солим масофаи беҳтарини биниш ба 25 см баробар мебошад. Ҳангоми хондану навиштан ва чизе духтан ҳамин фосилаи бинишро бояд риоя намоем. Нуктаи дуртарини мутобиқати чашми солим дар беохирӣ мебошад ва он ба ҳолати аз ҳамагуна шиддат озод будани чашм мувофиқ меояд. Чи қадаре ки чисм ба чашм наздик бошад, шиддати мушакҳои чашмҳои чаппу рост ҳамон қадар зиёдтар фарқ мекунад. Тасвири чисмҳои наздик дар шабакиҳои чашмҳои чаппу рост аз ҳамдигар андаке фарқ мекунад. Ин гуна хусусият ба одам имконият медиҳад, ки дар бораи дурии чӯзҳои он ва ҳаҷми он тасаввурот пайдо намояд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Аз расми 3.30.1 истифода бурда, сохти чашм ва вазифаи ҳар як чӯзӣ онро баён кунед.
2. Ба туфайли чӣ дар шабакии чашм тасвири предмет ҳосил мешавад?
3. Масофаи хубтарини биниш гуфта, чиро меиноманд ва он барои чашми солим чӣ қадар аст?
4. Биниш бо ду чашм чӣ гуна афзалият дорад?

### 3.30.2. Айнак

Барои чашми солим ба туфайли аккомодатсия тасвири чисм дар шабакии ҳосил мегардад. Чашм ҳамон вақт солим ҳисобида мешавад, ки агар бе шиддати мушакҳо нурҳои параллелиро дар як нуктаи шабакии чамъ намояд (расми 3.30.3, а).

Чашми баъзе одамон бе душворӣ тасвири чисми дурро на дар шабакии, балки пештар аз он ҳосил мекунад (расми 3.30.3, б).

Чунин одамон чисмҳои дурро бараъло дида наметавонанд ва ин гуна нуқсони чашмро наздикбинӣ меноманд. Сабаби наздикбинӣ дар дур будани шабакии аз зучоҷия (дар муқоиса бо чашми солим) мебошад.

Одами наздикбин чисмро танҳо аз масофаи муайян сар карда хуб мебинанд. Чунин одамон чисмҳои дурро бараъло дида наметавонанд. Масофаи биниши беҳтарини чашми наздикбин аз 25 см хурд мебошад. Нуқсони дигари чашм дурбинӣ ном дорад.



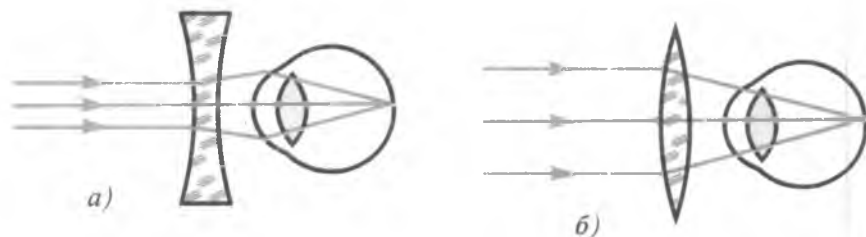
Расми 3.30.3

Барои ин гуна одамон тасвири чисмҳои дур дар паси шабакия ҳосил мешавад (расми 3.30.3, *в*). Одами дурбин чашмашро ҳангоми дидани чисмҳои наздик таранг мекунад. Чунин одамон чисмҳои наздикро бараъло дида наметавонанд. Масофаи биниши беҳтарини чашми дурбин аз 25 см зиёд мебошад.

Барои чашмҳои дурбин шабакия ба зучоция наздиктар (дар муқоиса бо чашми солим) мебошад. Барои ислоҳ намудани наздикбинӣ ва дурбинӣ аз айнакҳои истифода мебаранд. Айнакҳои аз линзаҳои барҷаста (чамъкунанда) ва фуруҳамида (парокандакунанда) иборат мебошанд.

Барои он ки дар чашми наздикбин тасвир ба шабакия қучонида шавад, қувваи оптикӣ системаи нуршиканандаи чашмро кам кардан лозим аст. Бо ин мақсад барои ислоҳи наздикбинӣ аз айнаки линзаи парокандакунандадошта истифода мебаранд (расми 3.30.4, *а*).

Барои дар шабакия ҳосил кардани тасвир дар чашми дурбин қувваи оптикӣ системаи нуршиканандаи чашмро пурқувват кардан лозим аст. Бо ин мақсад барои ислоҳи дурбинӣ аз айнаки линзаи чамъкунанда дошта истифода мебаранд (расми 3.30.4, *б*).



Расми 3.30.4

Барои ислоҳи наздикбинӣ аз айнакҳои қувваи оптикӣ линзаҳои фуруҳамидаашон  $-0,5$  дптр,  $-2$  дптр,  $-3,5$  дптр ва барои ислоҳи дурбинӣ аз айнакҳои қувваи оптикӣ линзаҳои барҷастаашон  $+0,5$  дптр,  $+3$  дптр,  $+4,25$  дптр ва ғайра истифода мебаранд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нуқсонҳои асосии чашмро номбар намоед.
2. Кадом чашм наздикбин номида мешавад?
3. Барои чашми наздикбин тасвири чисм, дар кадом сӯйи шабакия воқеъ мегардад?
4. Кадом чашм дурбин номида мешавад?
5. Наздикбинӣ ва дурбиниро чӣ тавр ислоҳ мекунад?
6. Аз айнакҳои линзаҳои фуруҳамида кадом вақт истифода мебаранд?

1. Айнакҳое, ки қувваҳои оптикии линзаҳояшон  $+2$  дптр,  $-0,25$  дптр,  $-4$  дптр,  $+1,5$  дптр аст, кадом нуқсонҳои чашмро ислоҳ мекунад. Линзаи кадоме аз ин айнакҳо масофаи конунии калонтар (аз рӯи қимати мутлақ) дорад?
2. Писарча бо ёрии айнак дар девори хона тасвири ҳосил кард. Вай аз чӣ гуна айнак истифода бурд?
3. Масофаи конунии линзаи айнакхоеро, ки дар хонаатон мавҷуданд, муайян намоед.

### 3.30.3. Суратгирак

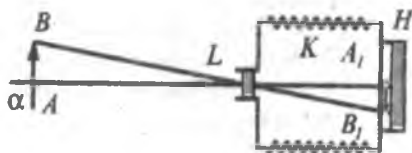
Расмгирӣ дар солҳои сиқоми асри XIX ихтироъ карда шудааст. Расмгирӣ дар тамоми соҳаҳои ҳаёт татбиқи васеи амалӣ дорад ва он имконият медиҳад, ки объекҳои гуногун, афканишоти ноаён ва ғайраҳо ба қайд гирифта шаванд. Аввалин бор соли 1840 сурати Моҳ ва соли 1842 сурати Офтоб гирифта шуда буд. Сол аз сол дастгоҳҳо ва усулҳои суратгирӣ такмил ёфта истодаанд, ҳоло аз суратгирии ранга ба таври васеъ бештар истифода мебаранд ва сурати ҷисмҳои баҳру уқёнусҳо, сайёраву ситораҳо гирифта мешаванд.

4 октябри соли 1959 бо ёрии дастгоҳи автоматики байнисайёравии сардодашуда расми тарафи нонамоёни Моҳ гирифта шуд. Сурати Замиро дастгоҳи автоматики «Зонд-5», ки дар Иттиҳоди Шӯравӣ соли 1968 сар дода шуда буд, аз қайҳон гирифт. Аз суратгирӣ дар қорҳои илмӣ-тадқиқотӣ ба таври васеъ истифода мебаранд.

Дар дастгоҳи расмгирӣ барои сабти тасвир аз таъсири кимиёии рӯшноӣ истифода бурда мешавад.

Нақшаи дастгоҳи суратгирӣ дар расми 3.30.5 нишон дода шудааст.

Он аз камераи ношаффоф  $K$  ва системаи линзаҳо ё линзаи  $L$ , ки объектив ном дорад, иборат аст. Объектив дар қисми пеши камераи рӯшноиногузар ва дар девори қафои он, дар ҷойе, ки тасвир пайдо мешавад, лавҳаи расмгирӣ ё навори рӯшноихассос  $H$  гузошта шудааст. Объектив дар навори рӯшноихассос тасвири ҳақиқии чаппаи ҷисмро ба вуҷуд меорад. Ҷисми  $A B$  дар аксари мавридҳо аз масофаи дучандаи конунии линза дуртар ҷойгир мешавад ва дар ин ҳолат тасвири хурду чаппаи он  $A_1 B_1$  ҳосил мешавад. Бо мақсади дар навор ҳосил кардани тасвири возеҳи ҷисм объективро қад-қади меҳвари оптикӣ пешу ақиб бурда, аз навор дуру наздик қардан мумкин аст.



Расми 3.30.5



Расми 3.30.6

Дастгоҳи суратгирӣ дар расми 3.30.6 нишон дода шудааст. Ҳангоми суратгирӣ доирачаи объектив бо ёрии затвори махсус кушода мешавад ва тасвир ба навори рӯшноихассос меафтад.

Дар таҳти таъсири рӯшноии афтада таркиби андудай навор тағйир меёбад ва тасвир дар он нақш мебандад. Барои намоён кардани тасвир наворро ба маҳлули падидадору меғунанд.

Бо таъсири падидадору ҷойҳои рӯшноирасидаи навор тира мегардад. Тасвири дар навор ҳосилгардида негатив (аз латинӣ *negativus* – манфӣ) номида мешавад.

Дар негатив ҷойҳои сафеди ҷисм сиёҳ ва ҷойҳои сиёҳаш сафед (шаффоф) мебароянд. Барои аз таъсири рӯшноӣ дигар тағйир наёфтани негатив онро ба маҳлули махсуси дигар – фиксаж меғунанд ва дар он қабати рӯшноихассос дар ҷойҳои рӯшноӣ нарасидаи навор ҳал гардида, шуста мешавад. Баъд негативро шуста, хушк мекунанд.

Аз негатив позитив (аз латинӣ *positivus* – мусбат) ҳосил мегардад. Дар позитив сиёҳиву сафедихо ба монанди ҷисми ба суратафтада мебошад. Барои ҳосил кардани сурати ҷисм негативро ба коғази рӯяш бо қабати рӯшноихассос андудашуда (коғази расмгирӣ) наздик гузошта, равшан мекунанд. Баъд коғази расмгириро аввал ба падидадору, сипас ба фиксаж меғунанд, сонӣ шуста хушк менамоянд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар линзаи чамъкунанда чӣ гуна тасвирҳо ҳосил мешаванд? Кадоме аз онҳо дар суратгирак ҳосил мегардад?
2. Суратгирак чӣ гуна сохт дорад ва объективи он аз чӣ иборат аст?
3. Ҳангоми суратгирӣ кадом амалиёт иҷро карда мешавад?
4. Дар суратгирак тасвири ҷисм дар кучо ҳосил мешавад?
5. Барои дар суратгирак ҳосил кардани тасвири возеҳи ҷисм кадом амалиётро иҷро кардан лозим аст?
6. Барои дар лавҳаи расмгирӣ ё навори рӯшноихассос намоён намудани тасвир кадом амалиётро иҷро кардан лозим аст?
7. Негатив гуфта, чиро меноманд?
8. Позитив чист ва онро чӣ тавр ҳосил мекунанд?
9. Барои ҳосил кардани сурати ҷисмҳо кадом амалиёт иҷро карда мешавад?
10. Доир ба истифодаи суратгирӣ мисолҳо биёред.

1. Масофаи конунии объективи суратгирак 5,8 см мебошад. Қуваи оптикии он чӣ қадар аст?
2. Масофаи конунии объективи суратгирак 12 см аст. Агар дарозии расми бинои дарозиаш 80 м ба 6 см баробар бошад, расми бино аз кадом масофа гирифта шудааст?

### 3.30.4. Микроскоп

Барои ҳосил кардани тасвири калони ҷисмҳои андозаашон хурде, ки дар ҷаҳми номусаллаҳ наонамоёнанд (зарраҳо), аз микроскоп истифода мебаранд. Намуди яке аз микроскопҳо дар расми 3.30.7 нишон дода шудааст. Нақшаи сохти микроскопи одӣ ва ҳосилшавии тасвир дар он дар расми 3.30.8 оварда шудааст.

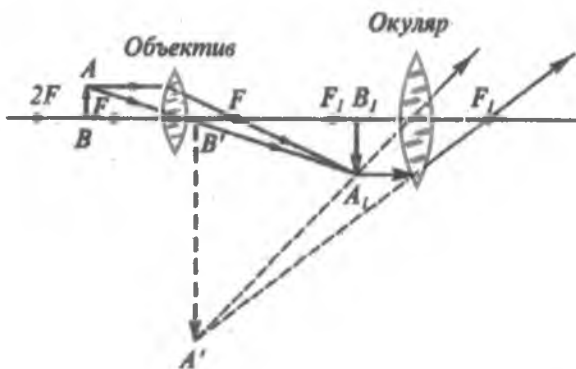
Микроскопи одӣ аз ду линзаи ҷамъкунанда иборат аст. Линзаи қутоҳкунуна объектив ва линзаи дарозкунуна окуляр ба шумор мераванд.

Дар объектив тасвири ҳақиқӣ, ҷаппа ва калон кардашудаи ҷисм ҳосил мегардад. Ин тасвир дар окуляр ҷандин маротиба калонтар ҳосил мешавад ва он нисбат ба тасвири дар объектив ҳосилшуда роста ва мавҳум мебошад.

Дар окуляр тасвир бояд дар масофаи биниши беҳтарин (25 см) ҳосил гардад. Окулярро ҷой иваз кунонида, тасвири возеҳи ҷисмо ҳосил мекунанд. Дар микроскопҳо зарраҳои андозаашон то 0,3 микрон (мкм) мушоҳида мешаванд. Зарраҳои андозаашон аз 0,3 мкм хурд дар микроскоп фарқ карда намешаванд, чунки дар ин зарраҳо рӯшноӣ ба дифраксия дучор мегардад. Аммо дар мавриди ба ҷойи рӯшноӣ истифода кардани дастаи электронҳо зарраҳои аз якдигар дар масофаи  $10^{-5}$  мкм воқеъгардидаро низ фарқ кардан имконпазир аст. Чунин микроскопҳоро электронӣ меноманд.



Расми 3.30.7



Расми 3.30.8

Микроскопҳои муосир объектив ва окулярҳои мураккаб доранд ва дар онҳо андозаи чисмҳои хурд то 3000 маротиба калон карда мешавад. Калонкунии микроскоп бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\Gamma = \frac{\delta l_{\delta} \delta}{F_{об} \cdot F_{ок}} \quad (3.30.1)$$

Дар ин ҷо  $\delta$  – масофаи байни конунҳои объектив ва окуляр,  $l_{\delta}$  – масофаи биниши беҳтарин  $F_{об}$  – масофаи конунии объектив,  $F_{ок}$  – масофаи конунии окуляр мебошад.

Агар барои микроскоп  $F_{об} = 1$  мм,  $F_{ок} = 10$  мм,  $\delta = 100$  мм ва  $l_{\delta} = 25$  см бошад, калонкунии он баробар мешавад:

$$\Gamma = \frac{100 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 25 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 2500 \text{ маротиба.}$$

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

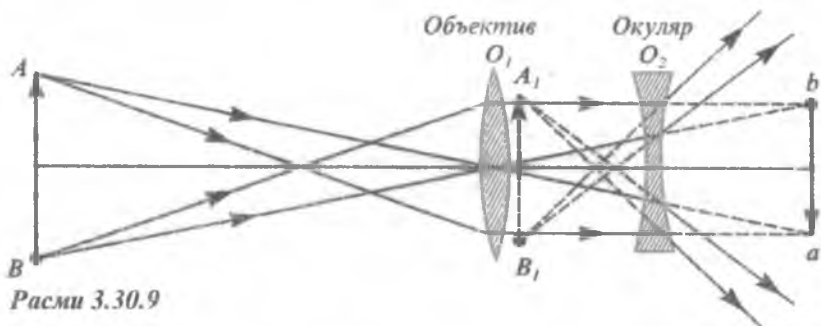
1. Микроскопро бо кадом мақсад истифода мебаранд?
2. Микроскоп аз кадом қисмҳо иборат аст?
3. Объективи микроскоп аз чӣ гуна линза иборат аст?
4. Окуляр микроскоп аз чӣ гуна линза иборат аст?
5. Дар микроскоп тасвири чисмро созед ва онро тавсиф диҳед.
6. Дар микроскоп зарраҳои чӣ гуна андозадоштаро мушоҳида кардан мумкин аст?
7. Чаро дар микроскоп зарраҳои аз 0,3 мкм хурдро мушоҳида кардан мумкин нест?
8. Чӣ гуна микроскопҳои электронӣ меноманд?
9. Микроскопҳои муосир то чанд маротиба калон мекунад?
10. Калонкунии микроскоп бо кадом формула муайян карда мешавад?

#### МАШҚИ 23

1. Микроскоп аз объективи масофаи конуниаш  $F_{об} = 2$  мм ва окуляри масофаи конуниаш  $F_{ок} = 40$  мм иборат аст. Масофаи байни конунҳои объектив ва окуляри микроскоп  $\delta = 18$  см мебошад. Калонкунии микроскопро муайян намоед. (Ҷавоб:  $\Gamma = 562,5$  маротиба)
2. Масофаи конунии объективи микроскоп 4 мм ва аз окуляр 25 мм аст. Агар чисм аз конуни объектив дар масофаи 0,2 мм мавҷуд бошад, калонкунии микроскоп тақрибан чӣ қадар мешавад? (Ҷавоб:  $\Gamma = 200$  маротиба)

### 3.30.5. Дурбин

Дурбин асбоби оптикиест, ки барои мушоҳидаи объектҳои заминии дур истифода бурда мешавад. Дурбинро дар қатори телескоп, дидлула низ меноманд. Дар расми 3.30.9 нақшаи ҳосилшавии тасвир дар лулаи Галилей номидашаванда нишон дода шудааст. Он аз линзаи ҷамъкунанда (объектив) ва линзаи парокандакунанда (окуляр) иборат мебошад.



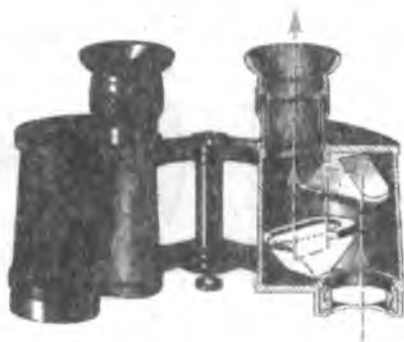
Расми 3.30.9

Аз ҷисми  $AB$  нурҳои рӯшноӣ ба объектив афтада, дар он ба ҳам наздик мешаванд. Ин нурҳо бояд тасвири хурду чаппаи ҷисми  $AB$ -ро ҳосил мекарданд, аммо онҳо то ҳосилшавии тасвир ба окуляр афтада, аз нав аз ҳамдигар дур мешаванд. Ҳангоми ба ҷашм афтидани ин нурҳо мо тасвири мавҳум ва ростайи ҷисм  $A, B$ -ро мебинем.

Дурбинҳои калонкуниашон на он қадар зиёд, ки дурбинҳои театри ном доранд, аз ду лулаи Галилей иборат мебошанд (расми 3.30.10). Дурбинҳои калонкуниашон зиёд, ки дурбинҳои сафари ном доранд, аз ду лулаи Кеплер иборатанд (расми 3.30.11). Дар ин дурбинҳо системаи тасвири ростакунанда аз ду призмае, ки дар онҳо инъикоси пурраи дохилии рӯшноӣ ба амал меояд, иборат аст.



Расми 3.30.10



Расми 3.30.11



1. Дурбин ба кадом мақсад истифода бурда мешавад?
2. Дурбин аз кадом қисмҳо иборат аст?
3. Объективи дурбин аз чӣ гуна линза иборат аст?
4. Окуляр дурбин аз чӣ гуна линза иборат мебошад?
5. Дар дурбин тасвири чисмро созад.
6. Дурбинҳо чанд хел мешаванд?
7. Дар бораи сохти дурбинҳои театри маълумот диҳед.

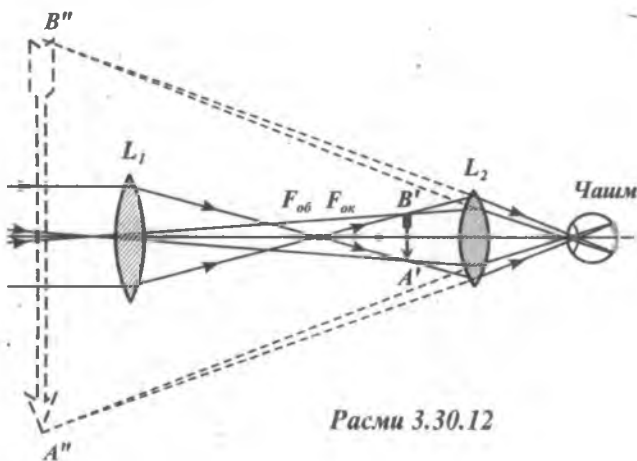
### 3.30.6. Телескоп

Дидлулаҳое, ки барои мушоҳидаи ҷисмҳои осмонӣ истифода бурда мешаванд, телескоп ном доранд. Телескоп аз объектив ( $L_1$ ) ва окуляр ( $L_2$ ) иборат аст. Объективи телескоп аз линзаи ҷамъкунандаи калонкунуна ва окуляри он аз линзаи ҷамъкунандаи кӯтоҳкунуна иборат мебошад. Объектив ва окуляр дар телескоп чунон ҷой гирифтаанд, ки қонуни қафои объективи он бо қонуни пеши окуляри он мувофиқ меояд.

Барои ҳосил кардани тасвири аниқу равшан масофаи байни объективу окуляр каме тағйир ёфта метавонад. Нақшаи сохти телескоп ва ҳосилшавии тасвир дар он дар расми 3.30.12 нишон дода шудааст.

Телескопҳои, ки объективи онҳо аз линзаҳо иборат аст, рефракторҳо номида мешаванд ва онҳоро лулаи Кеплер низ меноманд. Қутри калонтарини объективи рефракторҳо то 2 м мешавад ва тайёр кардани чунин линзаҳо хеле душвор мебошад.

Барои ҳамин ҳам дар амалия аз телескопҳои истифода мебаранд, ки объективи онҳо аз оинаҳои фуруҳамидаи параболамонанд иборатанд ва онҳоро рефлекторҳо меноманд.



Расми 3.30.12

Аввалин бор рефлекторро Нютон сохта буд. Рефлектори сифаташ хеле баландро соли 1941 олими собиқ Иттиҳоди Шӯравӣ Д. Д. Максутов ихтироъ кардааст, ки дар он камбудихоӣ хеле зиёди рефлекторҳои Нютон ислоҳ шудаанд. Оинаи аз ҳама калон дар телескопи расадхонаи Архиз дар Кафқози Шимолӣ гузошта шудааст, ки диаметри он 6 м аст.

Аз телескопҳои ҳозиразамон дар расадхонаи Пажӯҳишгоҳи астрофизикаи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон барои мушоҳидаи ҷирмҳои осмонӣ, алалҳусус кометаҳо ва метеоритҳо истифода мебаранд.

Калонкунии телескоп ба нисбати масофаи конунии объектив бар масофаи конунии окуляри он баробар мебошад:

$$Г = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$$

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

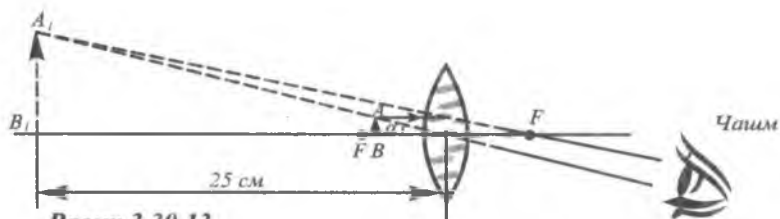
1. Телескоп ба кадом мақсад истифода бурда мешавад?
2. Телескоп аз кадом қисмҳо иборат аст?
3. Объектив ва окуляри телескоп аз чӣ гуна линзаҳо иборатанд?
4. Объектив ва окуляри телескоп нисбат ба якдигар чӣ тавр ҷойгир мебошанд?
5. Дар телескоп тасвири ҷисмро созад.
6. Чӣ гуна телескопҳоро рефрактор ё лулаи Кеплер меноманд?
7. Чӣ гуна телескопҳоро рефлектор меноманд?
8. Оё аз телескопҳои замонавӣ дар Тоҷикистон истифода мебаранд?
9. Барои муайян кардани калонкунии телескоп аз кадом формула истифода мебаранд?

#### МАШҚИ 24

1. Масофаи конунии объективи телескоп 10 м ва окуляри он 5 см мебошад. Калонкунии телескопро муайян намоед.  
(Ҷавоб:  $Г = 200$  маротиба)
2. Агар масофаи асосии конунии объектив 2 м ва калонкунии окуляр ба 5 баробар бошад, калонкунии телескопро ёбед.  
(Ҷавоб:  $Г = 400$  маротиба)

### 3.30.7. Пурбин

Пурбини одӣ аз линзаи ҷамъкунандаи кӯтоҳконуна иборат аст. Пурбинҳои мураккаб аз якчанд линзаи ҷамъкунандаи ташкил ёфтаанд. Ҳосилшавии тасвир дар пурбини одӣ дар расми 3.30.13 нишон дода шудааст.



Расми 3.30.13

Қисми  $AB$  дар байни линза ва қонуни он ҷойгир аст. Дар пурбин тасвири ростаи қалонкардаи мавҷуми ҷисм  $A_1B_1$ , бо чашм дида мешавад.

Пурбинро барои мушоҳидаи ҷисмҳои хурд истифода мебаранд. Аз пурбин устоҳои соатсоз барои таъмири он истифода мекунанд. Мавқеи пурбинро чунон интиҳоб мекунанд, ки масофа аз он то тасвир ба масофаи беҳтарини биниш баробар бошад. Барои чашми солим  $l_{с.с} = 25$  см аст.

Қалонкуни пурбин ҳамчун нисбати масофаи беҳтарини биниш бар масофаи қонунии он муайян карда мешавад:

$$\Gamma = \frac{l_{с.с}}{F_{ок}}$$

Пурбини масофаи қонуниаш 5 см андозаи ҷисро 5 маротиба қалон мекунад. Пурбинҳо андозаи ҷисро то 25 маротиба қалон карда метавонанд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Аз пурбин бо кадом мақсад истифода мебаранд?
2. Пурбинҳо чанд намуд мешаванд?
3. Пурбинҳои одӣ аз пурбинҳои мураккаб чӣ фарқ доранд?
4. Дар пурбин тасвири ҷисро созад.
5. Ҳангоми кор бо пурбин онро дар кадом мавқеъ нигоҳ медоранд?
6. Қалонкунии пурбин аз рӯи кадом формула ҳисоб карда мешавад?
7. Пурбинҳо андозаи ҷисмҳоро то чанд маротиба қалон мекунанд?

#### МАШҚИ 25

1. Пурбини масофаи қонуниаш 2,5 см андозаи ҷисро чанд маротиба қалон мекунад? (Ҷавоб:  $\Gamma = 10$  маротиба)
2. Дар пурбин ҷисм 8,33 маротиба қалон карда мешавад. Масофаи қонунии пурбинро муайян намоед. (Ҷавоб:  $F = 3$  см)

Мувофиқи тадқиқотҳои Максвелл рушної мавҷи электромагнитӣ мебошад.

Рушної барои ҳаёти инсон ҳайвонот ва наботот аҳамияти калон дорад. Рушноиро ҷисмҳои меафкананд. Ҷисмҳои, ки ба фазои онро ихотақунанда рушної мебароранд, манбаҳои рушної номида мешаванд. Манбаҳои табиӣ ва сунъии рушноиро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Яке аз қисмҳои оптика, ки қонунҳои паҳншавии энергияи рушноиро дар муҳитҳои шаффоф дар асоси тасаввурот доир ба нури рушної меомӯзад, оптикаи геометрӣ номида мешавад.

Дар муҳити якҷинсаи шаффоф рушної ростхатта паҳн мешавад. Пайдоиши соя, яъне соҳае, ки ба он ҷо энергияи рушної намерасад, дар асоси қонунҳои ростхатта паҳншавии рушної шарҳ дода мешавад.

Яке аз қисмҳои оптика, ки усулҳои ҷенкунии энергияи нурафканиро меомӯзад, фотометрия номида мешавад. Мафҳумҳои асосии фотометрия сели рушної, қувваи рушної ва равшанӣ ба шумор мераванд.

**Миқдори энергияи рушної, ки ягон манбаъ дар воҳиди вақт ба ҳама самтҳо мебарорад, сели пурраи рушноии манбаъ номида мешавад.**

Қувваи рушноии манбаъ  $I$  бузургие мебошад, ки бо нисбати сели рушної  $\Phi$  бар бузургии кунҷи фазой  $\omega$  ки дар таҳти он ин сел паҳн мегардад, муайян карда мешавад:

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

Бузургие, ки бо нисбати сели рушноии ба ягон сатҳ афтада  $\Phi$  бар бузургии масоҳати ин сатҳ  $S$  муайян карда мешавад, равшанӣ  $E$  номида мешавад:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Равшанӣ инчунин бо формулаи зерин ҳам муайян карда мешавад:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha$$

Дар ин ҷо  $I$  – қувваи рушноии манбаи нуқтагӣ,  $R$  – масофа аз манбаъ то сатҳи равшаншаванда,  $\alpha$  – кунҷи афтиши нур ба сатҳ мебошад.

Қувваи рушної бо қанделаҳо, сели рушної бо люменҳо ва равшанӣ бо люксҳо ҷен карда мешаванд.

Қонунҳои ростхатта паҳншавии рушної дар муҳити якҷинсаи шаффоф, қонунҳои инъикос ва қонунҳои шикасти рушної қонунҳои асосии оптикаи геометрӣ ба шумор мераванд.

Мувофиқи қонунҳои инъикоси рушної нури афтида, нури инъикосшуда ва перпендикулярӣ дар нуқтаи афтиши нур ба ҳамвории инъикоскунанда гузаронида шуда, дар як ҳамворӣ мехобанд ва кунҷи инъикоси нур ба кунҷи афтиши он баробар мебошад. Қонунҳои инъикос

ИМКОНИЯТ МЕДИХАД, КИ ДАР ОИНАИ ҲАМВОР ҲОСИЛШАВИИ ТАСВИР ШАРҲ ДОДА ШАВАД.

**Қонуни шикасти рӯшноӣ ин тавр таъриф карда мешавад: нурҳои афганда, шикаста бо перпендикуляре, ки дар сарҳади тақсимоти ду муҳит дар нуқтаи афтиши нур гузаронида шудааст, дар як ҳамворӣ меҳобанд ва нисбати синуси кунҷи афтиши нур бар синуси кунҷи шикасти нур барои ҳамин ду муҳит бузургии доимӣ аст:**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n,$$

дар ин ҷо  $n$  – нишондоди шикасти нисбии рӯшноӣ ё нишондоди шикасти муҳити дуҷум нисбат ба муҳити яқум номида мешавад.

Ҳангоми аз муҳити зичии оптикиаш калон ба муҳити зичии оптикиаш хурд гузаштани рӯшноӣ ҳодисаи инъикоси пурраи он мушоҳида мешавад. Ҳодисаи инъикоси пурраи рӯшноӣ ҳангоми аз кунҷи ҳудудӣ  $\alpha_x$  калон будани кунҷи афтиши нур  $\alpha$  ба амал меояд. Кунҷи ҳудудӣ  $\alpha_x$  аз шарти зерин муайян карда мешавад:

$$\sin \alpha_x = \frac{1}{n}.$$

Оинаҳои куравӣ аз сатҳи сайқалдодашудаи сегменти куравӣ иборат мебошанд. Оинаҳои куравӣ фуруҳамида ва барҷаста мешаванд.

Дастаи нурҳои ба тири оптикии асосии оинаи куравии фуруҳамида параллел афганда аз оина инъикос гардида, дар нуқтае бурида мешаванд, ки қонуни оина номида мешавад. Оинаҳои фуруҳамидаро оинаҳои чамъкунанда меноманд.

Оинаҳои куравии барҷаста дастаҳои рӯшноии ба тири оптикии асосӣ параллел афгандаро пароканда менамоянд, бинобар он, оинаҳои куравии барҷастаро оинаҳои парокандакунанда меноманд. Қонуни оинаи куравии барҷаста мавҷум ва дар болои тири оптикии асосӣ, дар паси оина, дар масофаи  $F = \frac{R}{2}$  аз кутби он меҳобад.

Алоқамандии масофа аз ҷисм то қуллаи оина  $d$ , масофа аз қуллаи оина то тасвир  $f$  ва масофаи қонунии оина  $F$  бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

Ин формула барои оинаи сферикии барҷаста низ истифода бурда мешавад, аммо масофаҳои  $f$  ва  $F$  барои он қимати манфӣ доранд.

Линзаҳо – ҷисмҳои шаффофи бо сатҳҳои куравӣ маҳдуд татбиқи васеъ доранд.

Линзаҳо чамъкунанда ва парокандакунанда мешаванд. Қонуни линзаҳои чамъкунанда ҳақиқӣ ва қонуни линзаҳои парокандакунанда мавҷум мебошанд. Формулаи линзаҳо ба мисли формулаи

Барои конун ва тасвири мавҳум  $f$  ва  $F$  кимати манфӣ доранд.

Линзаҳо узви асосии як қатор асбобҳои оптикӣ – айнак, суратгирак, микроскоп, дурбин, телескоп ва пурбин ба шумор мераванд ва кори онҳо ба конунҳои оптикаи геометрӣ асос карда шудааст.

Суръати рӯшноӣ дар вакуум тақрибан ба 300 000 км/с баробар аст ва дар ҳамаи муҳитҳои дигар суръати рӯшноӣ аз ин кимат хурд мебошад. Шикасти рӯшноӣ дар сарҳади ду муҳит натиҷаи тағйирёбии суръати он ҳангоми аз як муҳит ба муҳити дигар гузаштан мебошад. Нишондоди шикасти нисбии ду муҳит ба нисбати суръатҳои рӯшноӣ дар ин муҳитҳо баробар аст. Нишондоди шикасти рӯшноӣ ба ранги рӯшноӣ вобаста аст. Ранги рӯшноӣ бошад, бо басомади лаппиш (ё дарозии мавҷи рӯшноӣ) муайян карда мешавад. Вобастагии нишондоди шикасти рӯшноӣ ба басомади лаппиш дисперсияи рӯшноӣ номида мешавад. Дисперсия боиси дар призма ба спектр ҷудо шудани рӯшноии сафед мегардад.

Ҳангоми болои ҳам хобидани мавҷҳои когерентии рӯшноӣ интерференсияи рӯшноӣ ба амал меояд. Мавҷҳои рӯшноӣ монеаҳои андозаашон ба дарозии мавҷ муқоисашавандаро давр зада мегузаранд. Ин ҳодиса дифраксияи рӯшноӣ номида мешавад.

Барои мушоҳидаи дифраксияи рӯшноӣ аз панҷараи дифраксионӣ истифода мебаранд. Шартҳои максимумҳои дифраксионӣ спектрии бо ёрии панҷараи дифраксионӣ ҳосилшуда намуди зерин дорад:

$$d \sin \varphi = \kappa \lambda,$$

дар ин ҷо  $\kappa=0, 1, 2, 3, \dots$ , тартиби максимумҳо,  $d$  – даври панҷара,  $\varphi$  – кунҷе, ки дар тахти он максимумҳо мушоҳида мешаванд,  $\lambda$  – дарозии мавҷ аст.

Ҳодисаҳои интерференсия ва дифраксияи рӯшноӣ ҳосияти мавҷӣ доштани рӯшноиро тасдиқ менамоянд.

## Боби 4

# МОДЕЛИ АТОМ ВА ЯДРОИ АТОМ

## 4.1. Ҳодисаи фотоэффект ва татбиқи он



**Макс Планк (1858–1947)** – физик, назариячи бузурги олмонӣ. Ӯ асосгузори назарияи квантӣ – назарияи муосири ҳаракат, таъсири мутақобил ва табилооти ҳамдигарии зарраҳои элементарӣ мебошад. Соли 1900 фарзияе пешниҳод кард, ки мувофиқи он энергияи осциллятор (системаи дар лаппиши гармоникӣ буда) қиматҳои дискретии ба басомади лаппиш  $\nu$  мутаносиб мегирад. Коэффитсиенти мутаносибӣ  $h$  байни энергия ва басомад собити Планк ном гирифт. Осциллятор энергияи электромагнитиро ба қадри порсияҳои алоҳида  $h\nu$  меафканад. Планк дар инкишофи термодинамика саҳми басазо дорад.

Фотоэффект яке аз ҳодисаҳои мебошад, ки хосияти квантӣ доштани рӯшноиро тасдиқ менамояд.

Дар охири асри XIX ва аввали асри XX дар физика якчанд кашфиёти бузург пайдо шуданд, ки дар асоси қонунҳои физикаи классикӣ маънидод кардани онҳо имконнопазир буд. Ба ҷумлаи ин кашфиётҳо ҳодисаи фотоэффект, афканишоти нурҳои рентгенӣ, радиоактивият, кашф шудани зарраҳои элементарӣ ва ғайраҳо дохил мешаванд. Дар байни онҳо проблемани маънидод кардани афканишоти ҳароратии ҷисми мутлақ сиёҳ мавқеи махсусро ташкил мекунад.

Пас аз он ки тадқиқотҳои назариявии дар асоси қонунҳои нурбарории классикӣ гузаронидашуда бо далелҳои таҷрибавии ба даст овардашуда мутобиқат накарданд, соли 1900 физики олмонӣ Макс Планк ба назарияи нурафканӣ фарзияи наvero пешниҳод менамояд. Мувофиқи он марказҳои энергия афкананда, яъне атомҳои ҷисми нурафкананда, энергияро бефосила не, балки бо фосила бо ҳиссаҳо хориҷ мекунанд. Ӯ ин ҳиссаи энергияро кванти энергия (аз лотинӣ *quantum* - порсия) номид ва дар асоси ин фарзия афканишоти ҳароратии ҷисми мутлақ сиёҳро пурра маънидод кард. Баъдтар квантҳои рӯшноиро фотонҳо номиданд.

Баробарии якумро ба дуюм тақсим намуда, ҳосил мекунем:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Қиматҳои адади ро гузошта, ҳисоб мекунем:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{1 \cdot 10^{-10} \text{ м}} = 4 \cdot 10^3$$

Ҷавоб:  $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = 4 \cdot 10^3$  маротиба.

3. Агар кори бароварди электрон аз сезий ба  $30,2 \cdot 10^{-20}$  Ҷ баробар бошад, хангоми бо рӯшноии зарди дарозии мавҷаш  $0,590$  мкм равшан кардани сатҳи сезий аз он электронҳо бо кадом суръат мebarоянд?

*Дода шудааст:*

$$\lambda = 0,590 \text{ мкм} = 0,59 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$A = 30,2 \cdot 10^{-20} \text{ Ҷ}$$

$\vartheta = ?$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

*Ҳал.* Мувофиқи формулаи Эйнштейн энергияи фотон ба кори бароварди электрон аз сатҳи сезий ва ба он додани энергияи кинетикӣ сарф мешавад:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{m\vartheta^2}{2}$$

Аз ин формула суръати электронро муайян мекунем:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2 \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}{m}}$$

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2 \left( 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,59 \cdot 10^{-6} \text{ м}} - 30,2 \cdot 10^{-20} \text{ Ҷ} \right)}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \approx 2,8 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$

Ҷавоб:  $\vartheta \approx 2,8 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ .

### МАШҚИ 26

1. Энергияи фотонҳои мавҷҳои дарозтарин ( $\lambda = 0,75$  мкм) ва кӯтоҳтарини ( $\lambda = 0,4$  мкм) қисми намоёни спектро муайян намоед. (Ҷавоб:  $2,6 \cdot 10^{19}$  Ҷ;  $5 \cdot 10^{19}$  Ҷ)
2. Импулси фотонро ёбед, ки энергияаш ба  $6 \cdot 10^{19}$  Ҷ баробар аст. (Ҷавоб:  $2 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с)
3. Энергияи кинетикаи максималии фотоэлектронҳои аз калий хангоми бо рӯшноии дарозии мавҷаш  $345$  нм равшан кардан барояндаро муайян намоед. Кори бароварди электронҳо аз калий ба  $3,616 \cdot 10^{19}$  Ҷ баробар аст. (Ҷавоб:  $2,13 \cdot 10^{19}$  Ҷ)





**Алберт Эйнштейн**  
(1879-1955) - физики  
бузурги асри XX.

Ў таълимоти нав дар бо-  
раи вақту фазо – назари-  
яи махсуси нисбиятро  
бунёд карда аст.  
Эйнштейн ин назарияро  
барои системаҳои  
сарҳисоби гайриинер-  
сиали татбиқ карда, наз-  
арияи умумии нисбиятро  
бунёд кард, ки он асоси  
назарияи ҳозиразамони  
ҷозоба мебошад. Ў авва-  
лин шуда тасаввуротро  
доир ба зарраҳои руш-  
ной – фотонҳо ҷорӣ кард.  
Тадқиқоти Эйнштейн до-  
ир ба назарияи ҳаракати  
броунӣ боиси ғалабаи  
қ а т ғ и и н а з а р и я и  
молекуляр – кинетикии  
сохти модда гардидаанд.

(расми 4.1.2). Маълум гардид, ки хангоми  
ҳодисаи фотоэффект электронҳо аз катод  
канда мешаванд.

Чараёни дар занҷир ҳосилшударо  
фотоҷараён ва лавҳаи ба кутби манфии  
манбаи ҷараён пайваст бударо фотокатод  
меноманд. Дар таҷрибаҳои А. Г. Сто-  
летов маълум гардид, ки фотоҷараён дар  
як вақт бо равшанкунии фотокатод ба  
вучуд меояд.

Соли 1905 А. Эйнштейн нишон дод, ки  
ҳодисаи фотоэффект ба таври осон маъни-  
дод карда мешавад, агар қабул карда ша-  
вад, ки модда рӯшноиро на танҳо бо квант-  
ҳо меафканд (мувофиқи фарзияи Планк),  
балки бо ҳамон гуна квантҳо фуру мебарад.

Мувофиқи ақидаи Эйнштейн энерги-  
яи қабулкардаи фотоэлектрон ба энерги-  
яи квант  $h\nu$  баробар мебошад. Дар асоси  
ин тасаввуротҳо Эйнштейн барои фото-  
эффект муодилаи зеринро пешниҳод намуд:

$$h\nu = A + \frac{m_e v^2}{2}, \quad (4.1.4)$$

дар ин ҷо  $A$  - қори бароварди электрон аз  
металл,  $\frac{m_e v^2}{2}$  – энергияи кинетикии фото-  
электрон мебошад.

Мувофиқи муодилаи Эйнштейн (4.1.4)  
энергияи квант (фотон)-и рӯшноии ба  
сатҳи металл афтанда барои иҷрои қори  
бароварди электрон аз металл ва ба он  
додани энергияи кинетикӣ сарф мешавад.

Ғайр аз он, ки кашфи фотоэффект ҳосияти корпускулии  
(квантии) рӯшноиро тасдиқ намуд, инчунин татбиқи васеи амалӣ  
дорад. Бо ёрии фотоэффект киноҳои садодор ба вучуд омаданд ва  
нақли тасвири ҳаракатноки телевизионӣ имконпазир гардид. Бо  
ёрии асбобҳои фотоэлектронӣ дастгоҳҳо бе даҳолати одам дар  
асоси нақшаҳои муайян қисмҳои эҳтиётӣ мошинҳо тайёр меку-  
нанд, андозаи маснуот назорат карда мешаванд ва сари вақт ча-  
роғҳои кучаро фурузон мекунанд.

Асбобҳои, ки принципи корашон ба ҳодисаи фотоэффект асос  
карда шудааст, фотоэлементҳо, афзункунандаҳои фотоэлектронӣ,

Фотоэлементҳои аз нимноқилҳо сохташуда энергияи рушноиро ба энергияи электрикӣ табдил медиҳанд ва аз онҳо «Батарейҳои офтобӣ» тайёр менамоянд.

Аз афзункунандаҳои фотоэлектронӣ барои ченкунии сели рушноии хурд дар астрономия спектрометрия ва ғайра истифода мебаранд.

Табдилдиҳандаи электронӣ – оптикӣ тасвири оптикӣ ё рентгениро ба электронӣ ва тасвири электрониро ба рушноӣ (дидашаванда) табдил медиҳад, инчунин онҳо дар лулаҳои телевизионӣ истифода бурда мешаванд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Фарзияи Планкро маънидод намоед.
2. Фотон чӣ гуна зарра мебошад ва бо чӣ гуна бузургиҳо тавсиф карда мешавад?
3. Фотон аз дигар зарраҳо бо кадом хосияташ фарқ мекунад?
4. Чӣ гуна ҳодисаро фотоэффект меноманд?
5. Дастгоҳи таҷрибавии Столетовро кашада, онро маънидод намоед.
6. Чӣ гуна ҷараёниро фоточараён меноманд?
7. Формулаи Эйнштейнро маънидод намоед.
8. Ҳодисаи фотоэффект чӣ гуна татбиқи амалӣ дорад?

### НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

1. Дарозии мавҷи электромагнитиро, ки энергияи фотонаш ба  $9,93 \cdot 10^{19}$  Ҷ баробар аст, муайян намоед.

*Дода шудааст:*

$$\varepsilon = 9,93 \cdot 10^{19} \text{ Ҷ}$$

$\lambda = ?$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

*Ҳал.* Энергияи фотон баробар аст:

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Қиматҳои адади гузошта, ҳисоб мекунем:

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{9,93 \cdot 10^{19} \text{ Ҷ}} \approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 0,2 \text{ мкм.}$$

*Ҷавоб:*  $\lambda \approx 0,2 \text{ мкм.}$

2. Энергияи фотони афканишоти рентгени дарозии мавҷаш 1 Å чанд маротиба аз энергияи фотони рушноии дидашавандаи дарозии мавҷаш 0,4 мкм зиёд аст?

*Дода шудааст:*

*Ҳал.* Энергияи фотон баробар аст:

$$\lambda_1 = 1 \text{ Å} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 0,4 \text{ мкм} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = ?$$

$$\varepsilon_1 = h \frac{c}{\lambda_1}$$

$$\varepsilon_2 = h \frac{c}{\lambda_2}$$

## 4.2 Фотоэлементҳо

Амали кори фотоэлементҳо ба ходисаи фотоэффект асос карда шудааст. Дар фотоэлементҳо энергияи рӯшноӣ ба энергияи электрикӣ табдил меёбад ва онҳо чараёни электрикиро идора мекунанд.

Се намууди фотоэлементҳоро аз ҳамдигар фарқ менамоем:

- 1) фотоэлементҳо бо фотоэффекти беруна;
- 2) фотоэлементҳо бо фотоэффекти дохилӣ;
- 3) фотоэлементҳои вентилю.

Фотоэлементҳои замонавӣ бо фотоэффекти беруна аз баллони шишагӣ иборат мебошад, ки қисми сатҳи дарунии он ғайр аз сатҳи хурдакаке, ки чун «равзана» барои дохил гардидани рӯшноӣ хизмат менамояд, бо қабати тунуки металии кори баровардаш хурд пушонид шудааст (расми 4.2.1) ва он вазифаи катодро иҷро менамояд. Ба сифати анод ҳалқаи металии дар маркази баллони шишагӣ ҷойдодашуда хизмат мекунанд.

Одатан дар дохили баллон вакуум ҳосил мекунанд ва баъзан бо гази инертии аргон ё неон пур менамоянд.

Дар фотоэлементҳои газ пур кардашуда дар натиҷаи ионизатсияи зарбагии атомҳои гази инертӣ электронҳои иловагӣ ҳосил мешавад ва онҳо афзоиши фотоҷараёнро таъмин мекунанд.

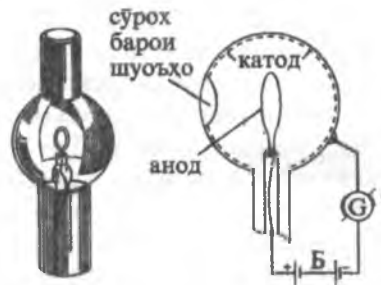
Фотоэлементҳои ҳозира рӯшноии намоён ва ҳатто нуруҳои инфрасурхро ҳис менамоянд.

Аноди фотоэлементро ба қутби мусбати манбаи ҷараён васл мекунанд.

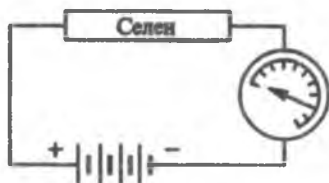
Ҳангоми ба катоди фотоэлемент афтидани рӯшноӣ дар занҷир реле ба кор мебарояд. Фотоэлементҳо дар якҷоягӣ бо релеҳо роли автоматҳои гуногуни «бинанда»-ро мебозанд. Аз ин гуна автоматҳо дар метрҳо барои бастану кушодани роҳи даромад истифода мебаранд.

Ин гуна автоматҳо барои пешгирии фалокатҳо дар фабрикаю заводҳо истифода бурда мешаванд. Агар дасти одам дар ҷойи ҳатарноки дастгоҳ ҷойгир шавад, фотоэлемент фавран дастгоҳро аз ҳаракат нигоҳ медорад.

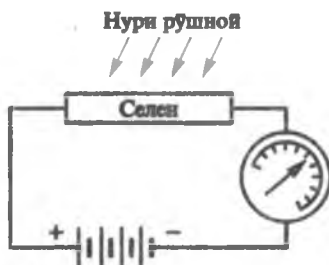
Бо ёрии фотоэлементҳо садои дар фотолаваҳа сабтшударо аз нав мешунавонанд. Дар нимноқилҳо фотоэффекти дохилӣ ба амал меояд ва онҳо татбиқи васеи амалӣ доранд. Ҳангоми фотоэффекти дохилӣ дар таҳти таъсири рӯшноӣ электронҳо аз атоми модда канда мешаванд ва онҳо дар до: или модда монда истода, электргузаронии онро зиёд мегардонад (муқовиматашон кам мешавад).



Расми 4.2.1



Расми 4.2.2



Расми 4.2.3

Агар аз лавҳаи селенӣ, манбаъ, миллиамперметр занчире тартиб диҳем (расми 4.2.2), асбоби ченкунанда ҷараёноро нишон намедихад.

Ҳангоми лавҳаи селениро бо рӯшноӣ равшан кардан дар занҷир ҷараёни электрикӣ ҳосил мегардад (расми 4.2.3).

Асбобҳоеро, ки дар онҳо ҳодисаи фотоэффекти дар нимноқилҳо рӯйдиханда истифода бурда мешаванд, фоторезисторҳо ё фотомуқовиматҳо меноманд. Аз фоторезисторҳо дар соҳаҳои гуногуни илму техника ҳатто барои қайд кардани селҳои сусти рӯшноӣ ва ҷен кардани ҳарорат истифода мебаранд.

Фотоэлементҳои нимноқилие сохта шудаанд, ки энергияи рӯшноиро бевосита ба энергияи ҷараёни электрикӣ табдил медиҳанд ва онҳо чун манбаи ҷараён хизмат карда метавонанд. Хусусияти асосии кори батареяҳои офтобӣ, ки дар ҳамаи киштиҳои кайҳонӣ ҷойгир карда мешаванд, ба истифодаи фотоэлементҳои нимноқилӣ асос карда шудааст.

Ҳамин тарик, соҳаи татбиқи фотоэлементҳо хеле гуногун мебошад. Фотоэлементҳо дар техника – киноҳои овоздор, интиқоли тасвир бо ноқилҳо (фототелеграф), телевизор, автоматика, телемеханика ва ғайраҳо истифода мешаванд. Аз онҳо дар фотометрия барои ҷен кардани равшанӣ истифода мебаранд. Бо ёрии фотоэлементҳо сафедии матоъҳо ва қоғазҳо, тозагии коркарди сатҳҳо, дараҷаи шаффофии газҳо ё моеъҳо, ҳарорат дар печҳои металлургӣ назорат карда мешаванд, инчунин дар конвейерҳои ҳаракаткунанда шумораи маҳсулотҳоро ҳисоб карда, онҳоро аз рӯи рангашон ба навҳо ҷудо менамоянд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Фотоэлементҳо чӣ гуна асбоб мебошанд ва амали кори онҳо ба кадом ҳодиса асос карда шудааст?
2. Кадом намудҳои фотоэлементҳоро аз ҳамдигар фарқ мекунад? Фотоэлементҳои замонавӣ чӣ гуна сохта доранд?
3. Фотоэффекти дохилӣ гуфта, чиро меноманд ва ба он тарзи кори чӣ гуна фотоэлементҳо асос карда шудааст?
4. Фоторезисторҳо гуфта, чиро меноманд?

5. Фотозлементҳои вентилии гуфта, чи ро меноманд ва онҳо чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?

6. Фотозлементҳо чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?

### 4.3. Сохти атом

Асосгузори таълимоти атомӣ файласуфони Ҳинди қадим, Юнони қадим, Руми қадим Левкипп, Демокрит, Эпикур, Лукретский ба шумор мераванд. Ба ақидаи онҳо модда аз зарраҳои хурдтарини тағйирнаёбанда ва тақсимнашаванда – атомҳо таркиб ёфтааст.

Қайд кардан лозим аст, ки ғалабаи сохти атомии модда дар натиҷаи муборизаи дуру дароз ба амал омад.

Муддати дуру дароз дар бораи сохти атомӣ доштани модда муборизаи байни ҷаҳонбинии материалистӣ ва идеалистӣ давом мекард. Дар аввалҳои асри XIX далелҳои таҷрибавӣ (харакати броунӣ, таҷрибаи Перрен ва ҳодисаи диффузия) ба вучуд омаданд, ки сохти атомӣ доштани моддаҳо тасдиқ карданд.

Атом зарраи хурдтаринест, ки ҳосиятҳои физикии моддаи додашударо муайян менамояд, андоза ва массаи микроскопӣ дорад.

Дар охири асри XIX кашфиёти карда шуданд, ки сохти мураккаб доштани атомро тасдиқ намуданд. Махсусан ин баъди аз тарафи олими фаронсавӣ А. Беккерел соли 1896 бақайдгирии нурафкании намакҳои уран бараъло маълум гардид. Ин нурафкани баъдтар афканишоти радиоактивӣ ном гирифт. Қобилияти ионизатсиякунии нурафкании радиоактивиро омӯхта, соли 1899 олими англис Э. Резерфорд муқаррар намуд, ки ин нурафкани аз ду қисм иборат аст ва онҳо  $\alpha$ - ва  $\beta$ -нурҳо номид.  $\bar{U}$  исбот кард, ки  $\alpha$ -нурҳо аз сели зарраҳои мусбат заряддор иборатанд. Худи ҳамон сол А. Беккерел исбот намуд, ки  $\beta$ -нурҳо аз сели электронҳо иборат мебошад.

Тасдиқ гардидани сохти мураккаб доштани атом марҳилаи муҳимтарини ташаккули физикаи муосир ба шумор меравад.

Дар асоси таҷрибаҳои аниқ муқаррар карда шуд, ки атом аз ядро мусбат заряднок ва электронҳои аз рӯи мадорҳои гуногун дар атрофи ядро даврзананда иборат мебошад. Электрон заряди манфӣ дорад. Массаи электрон ба  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг ва зарядаш ба  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл баробар аст. Суммаи заряди электронҳои дар атрофи ядро атом даврзананда ба заряди ядро атом баробар аст.

Бинобар ин, атом аз ҷиҳати электрикӣ хунсо (нейтрал) мебошад.

Ин гуна сохт доштани атом модели сайёравии атомро ташкил менамояд, ки онро Э. Резерфорд соли 1911 дар асоси таҷрибаҳои худ 147

бо  $\alpha$ -зарраҳо муқаррар намуда буд. Азбаски электронҳо массаи хеле хурд доранд, массаи асосии атомро массаи ядроӣ он ташкил менамояд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Тасаввурот дар бораи сохти атомӣ доштани моддаҳо дар замонҳои қадим кӣҳо пешниҳод карда буданд?
2. Қадом далелҳои таҷрибавӣ сохти атомӣ доштани моддаҳо тасдиқ намуданд?
3. То охири асри XIX дар бораи сохти атом чӣ гуна тасаввуротҳо мавҷуд буд?
4. Қадом ҳодиса сохти мураккаб доштани атомро тасдиқ намуд?
5. Модели сайёравии атомро кӣ пешниҳод намуд ва мувофиқи он атом чӣ гуна сохт дорад?
6. Барои чӣ атомро аз ҷиҳати электрикӣ хунсо (нейтрал) меноманд?

## 4.4. Таҷрибаи Резерфорд

Барои муқаррар намудани сохти атом таҷрибаи физики бузурги англис Э. Резерфорд нақши ҳалқунанда бозид. Нақшаи дастгоҳи таҷрибавии Э. Резерфорд дар расми 4.4.1 нишон дода шудааст.

Моддаи радиоактивӣ дар дохили қуттии кӯрғошимӣ ҷойгир аст ва аз сӯроҳии хурди он  $\alpha$ -зарраҳо мебароянд. Аз варақаи тиллоӣ  $\alpha$ -зарраҳо гузашта, ба экрани бо сулфиди рӯх пӯшонидашуда меафтанд. Ҳангоми зарбаи ҳар як  $\alpha$ -зарра ба экран тобиш (синтиллятсия) ба амал меояд, ки он бо микроскоп мушоҳида карда мешавад.

Ҳаракати  $\alpha$ -зарраҳо дар дохили камерае ба амал меоянд, ки барои озод ҳаракат намудани  $\alpha$ -зарраҳо ҳавояш кашида гирифта шудааст. Инчунин дастгоҳ имконият медиҳад, ки экран якҷоя бо микроскоп то ба кунҷи  $150^\circ$  ба ҳар ду тараф дар атрофи меҳвари аз маркази варақаи тиллоӣ гузаранда кӯчонида шавад, то ки зарраҳои



Расми 4.4.1

дар натиҷаи таъсири мутақобил ба атомҳои варакаи металлӣ майлқунанда мушоҳида карда шаванд.

Таҷрибаҳои Резерфорд нишон доданд, ки қисми асосии  $\alpha$ -зарраҳо аз варакаи тиллоӣ бе таъсири мутақобил мегузаранд. Ногаҳон маълум гардид, ки ба кунҷи аз  $90^\circ$  калон тахминан як зарра аз 2000 майл менамояд (расми 4.4.2).

Дар асоси таҷрибаҳои худ Резерфорд ба хулосае омад, ки  $\alpha$ -зарра танҳо дар мавриди дар соҳаи ниҳоят хурд чамъшудани заряди мусбати атом ва массаи он ба ақиб партофта шуданаш мумкин мебошад. Инро ба асос гирифта, Резерфорд дар асоси таҷрибаҳои худ модели сайёравии атомро пешниҳод намуд.

Мувофиқи ин модел ядрои атом андозаи хеле хурд дошта, дар он қариб массаи атом ва тамоми заряди мусбати он марказонида шудааст ва мувофиқи баҳодиҳиҳои ҳозиразамон дар гирди он аз рӯи мадорҳои гуногун электронҳо чун сайёраҳо дар атрофи Офтоб давр мезананд. Андозаи атом ба  $10^{10}$  м ва андозаи ядрои он ба  $10^{14}$ – $10^{15}$  м баробар мебошад.

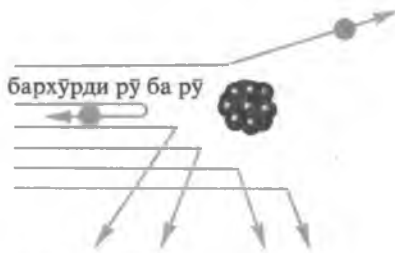
Барои атоми содатарин (гидроген) заряди мусбати ядро аз рӯи модул ба заряди электрон баробар мебошад ва массаи он тақрибан 1836,1 маротиба аз массаи электрон зиёд аст.

Дар атрофи ядрои атоми гидроген як электрон давр мезанад ва радиуси мадори он андозаи атомро муайян менамояд (расми 4.4.3).

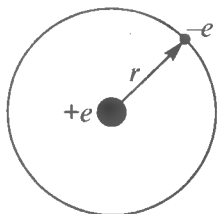
Мувофиқи модели сайёравӣ устувории атом шарҳ дода намешавад. Ҳаракати электрон аз рӯи мадор бо шитоб мебошад. Мувофиқи қонунҳои электродинамикаи Максвелл заряди бошитоб ҳаракатқунанда бояд бефосила нур афканад. Дар натиҷа электрон энергияашро талаф дода,



**Эрнест Резерфорд (1871-1937)** - физики бузурги англис, зодаи Зеландияи нав. Бо кашфиёти таҷрибавӣ Резерфорд ба таълимоти сохти атом ва радиоактивият асос гузошт. Ӯ аввалин шуда таркиби афканишоти моддаҳои радиоактивиро тадқиқ кард. Резерфорд мавҷудияти ядроҳоро кашф намуд ва нахустин бор ба таври сунъӣ табдили ядроҳои атомҳоро ба вуҷуд овард. Ӯ ҳамчун таҷрибаҳои ӯ характери фундаменталӣ доштанд, ниҳоят сода ва равшан буданд. Бисёр физикҳои боистеъдоди кишварҳои гуногун: Чарлс Чэдвик (англис), Нилс Бор (даниягӣ), Пётр Капитса (рус) ва дигарон шогирдони ӯ буданд.



Расми 4.4.2



бояд ба ядро наздик шавад ва дар давоми вақти хеле хурд (тақрибан  $10^{-8}$  с) ба ядро афтад. Атом мавҷудияти худро бояд барҳам диҳад. Аммо дар амал атомҳо устуворанд ва дар ҳолати ангефта нашуданашон мавҷҳои электромагнитӣ наафканда дурудароз вучуддошта метавонанд.

Ҳамин тариқ, устувории дуру дарози атом бо модели сайёравии атоми Резерфорд мувофиқат намекунад. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки электродинамикаи классикӣ ва механикаи Нютон, ки дар асоси онҳо модели сайёравии атом тавлид ёфтааст, барои маънидоди ҳодисаҳо дар атом татбиқнашавандаанд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нақшаи таҷрибаи Резерфродро кашида, онро маънидод намоед.
2.  $\alpha$ -зарраҳо чӣ гуна зарраҳоянд?
3. Барои чӣ модели атомӣ пешниҳодкардаи Резерфродро модели сайёравии атом меноманд?
4. Модели сайёравии атом чӣ тавр ба қонунҳои электродинамикаи Максвелл муҳолифат дорад?

## 4. 5. Қабатҳои электронӣ

Чӣ тавре ки маълум гардид, мувофиқи модели сайёравӣ атомӣ элементҳои кимиёии дилхоҳ аз ядро ва электронҳои дар атрофи он даврзананда иборат мебошад.

Электронҳо дар атрофи ядрои атом аз рӯи мадорҳои гуногун давр мезананд ва ин мадорҳо қабатҳои электронӣ меноманд.

Муқаррар карда шудааст, ки шумораи аз ҳама зиёди электронҳо дар қабатҳои электронӣ  $N$  аз ифодаи зерин муайян менамоянд:

$$N = 2n^2, \quad (4.5.1)$$

дар ин ҷо  $n$  – рақами тартибии қабатҳои электронӣ мебошад, яъне  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$  қиматҳо қабул менамояд.

Ҳамин тариқ, дар қабати якуми электронӣ ( $n=1$ ) аз ҳама зиёд 2 электрон, дар қабати дуюми электронӣ ( $n = 2$ ) – 8 электрон, дар қабати сеюми электронӣ ( $n=3$ )–18 электрон, дар қабати чоруми электронӣ ( $n = 4$ ) – 32 электрон ва ғайра мавҷуд буда метавонанд.

Заряди умумии электронҳо дар атом ба заряди ядрои он баробар мебошад.

Нақшаи содаи ҷойгиршавии электронҳо дар қабатҳои электронии атомҳо дар расми 4.5.1 нишон дода шудааст. Электронҳо бо нуқтаҳо ишора шудаанд.





*Расми 4.5.1*

Аз расми 4.5.1 маълум мешавад, ки шумораи умумии электронҳо дар атоми элементи кимиёӣ ба рақами тартибии элемент дар системаи даврии элементҳои Менделеев, шумораи қабатҳои электронӣ ба рақами давре, ки элемент тааллуқ дорад ва шумораи электронҳо дар қабати электрони берунӣ ба рақами гурӯҳе, ки элемент дар система тааллуқ дорад, баробар аст.

Элементҳои дар қабати электрони берунашон шумораи якхелаи электронҳо дошта хосиятҳои кимиёии ба якдигар наздик доранд (масалан, H, Li, Na, K, Rb, Cs) ва онҳо дар системаи даврии элементҳо ба як гурӯҳ тааллуқ доранд.

Электронҳои дар қабати электрони беруна чойгир бударо электронҳои валентӣ меноманд.

Электронҳои валентӣ хосиятҳои кимиёию оптикии элементҳои кимиёиро муайян мекунанд ва дар реаксияҳои кимиёӣ фаъолияти элементҳои кимиёӣ аз онҳо вобастагии калон дорад. Сабаб дар он аст, ки электронҳои валентӣ аз ядро дуртар воқеанд ва бо он робитаи суст доранд.

Дар реаксияҳои кимиёӣ атомҳо ба якдигар бо қабатҳои электрони берунашон наздик мешаванд, бинобар он, таъсири мутақобили кимиёӣ бо электронҳои валентӣ алоқаманд мебошад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қабати электронӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Шумораи аз ҳама зиёди электронҳоро дар қабатҳои электронӣ чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
2. Дар қабати сеюми электронӣ аз ҳама зиёд чандто электрон мавҷуд буда метавонад?
4. Нақшаи чойгиршавии электронҳоро дар қабатҳои электронӣ барои атомҳои гелий, литий ва натрий кашида нишон диҳед.
5. Шумораи умумии электронҳо дар атомҳои элементҳои кимиёӣ бо рақами тартибии элемент дар системаи даврии элементҳои Менделеев чӣ гуна вобастагӣ дорад?
6. Электронҳои валентӣ гуфта чӣ гуна электронҳоро меноманд ва аз онҳо кадом хосиятҳои элементҳои кимиёӣ вобастагӣ доранд?

## 4. 6. Нурафкани атомҳо

Дар асоси модели сайёравии атом нурафкани атомҳо шарҳ дода намешавад. Ин вазъияти беандоза душворро олими даниягӣ Нилс Бор бартараф намуда, барои маънидоди нурафканӣ ва нурфурубарии атомҳо соли 1913 ду постулат баён намуд.

**Постулати якуми Бор:** Атомҳо ба он нигоҳ накарда, ки электронҳо дар онҳо бо шитоб ҳаракат мекунанд, дуру дароз дар ҳолатҳои мешаванд, ки нур намеафкананд. Ин ҳолатҳоро ҳолати статсионарӣ меноманд. Дар ҳар як ҳолати статсионарӣ атом танҳо ба энергияҳои муайяни  $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$  доро мешавад.

Индексҳои 1, 2, 3, ... рақами тартибии ҳолатҳои статсионарӣ мебошанд.

Постулати якуми Бор ба механикаи классикӣ, ки мувофиқи он электрони ҳаракаткунанда дорои энергияи дилхоҳ шуда метавонад, зид мебошад. Ин постулат ба электродинамикаи Максвелл низ муҳолиф мебошад, чунки дар он ҳаракати бошитоби электрон бе афканиши мавҷҳои электромагнитӣ имконпазир дониста мешавад.



**Нилс Бор (1885–1962)** – физики бузурги даниягӣ. Нахустин назарияи квантии атомро барпо карда, ба бунёди асосҳои механикаи квантӣ ҷаёлона иштирок кард. Бор дар офаридани назарияи атом ва реаксияҳои ядрои сахми бузург дорад. Ӯ инчунин назарияи таҷзияи ядрои атомро, ки ҳангоми он энергияи ниҳоят зиёд ҳориҷ мешавад, инкишоф дод. Дар Копенгаген Бор мактаби калони байналхалқии физиконро барпо намуд ва барои инкишофи ҳамкориҳои физикони тамоми дунё хизмати калон кард.

**Постулати дуюми Бор:** Ҳангоми аз як ҳолати статсионарӣ ба ҳолати дигари статсионарӣ гузаштани электрон дар атом нурафканӣ ё нурфурубарии он ба амал меояд.

Ҳолати атом, ки ба он энергияи хурдтарини  $E_1$  мувофиқ меояд, ҳолати асосӣ номида мешавад ва дар ин ҳолат атом дуру дароз буда метавонад. Ҳолатҳои, ки энергияҳои хеле зиёдтар  $E_2, E_3, \dots$  мувофиқ меоянд, ҳолатҳои ангишти атом меноманд.

Бо таъсири рӯшноӣ, нурҳои рентгенӣ, сели электронҳо ва ғайраҳо ба атом микдори муайяни энергия дода, онро аз ҳолати асосӣ ба ҳолати бедоршуда гузаронидан мумкин аст.

Ҳангоми аз ҳолатҳои статсионарии энергияш зиёд ба ҳолати статсионарии энергияш кам гузаштани электрон дар атом нурафканӣ ба амал меояд (расми 4.6.1, а).

Дар мавриди аз ҳолати статсионарии энергияш хурд ба ҳолати статсионарии энергияш калон гузаштани

электрон дар атом нурфурубарӣ ба амал меояд (расми 4.6.1, б).

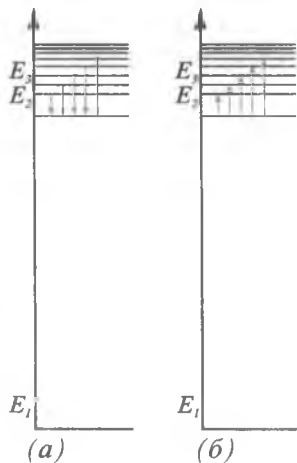
Энергияи фотони афканда ё фурубурда ба фарқи энергияҳои ду ҳолати статсионари электрон баробар мебошад:

$$h\nu = E_m - E_n, \quad (4.6.1)$$

дар ин ҷо  $m$  ва  $n$  рақами ҳолатҳои статсионарианд. Дар мавриди  $E_m > E_n$  будан афканиши фотон ва дар мавриди  $E_m < E_n$  будан фурубарии он ба амал меояд. Аз формулаи (4.6.1) басомади нури афкандашуда ё нури фурубардашударо муайян кардан мумкин аст:

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h}. \quad (4.6.2)$$

Электрон дар атом дар ҳолатҳои анги-зонидашуда дуру дароз буда наметавонад ва аз ин ҳолат дар муддати ҳиссаҳои хурдтарини сония ба ҳолати статсионари асосӣ гузашта, нур меафканад.



#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар модели сайёравии атоми Резерфорд ҳангоми маънидоди ҳодисаи нурафканӣ кадом зиддиятҳо ба қайд гирифта ва онҳо чӣ тавр баргараф карда шуданд?
2. Постулатҳои Бор чӣ тавр таъриф дода мешаванд?
3. Ҳолати асосии атом гуфта, кадом ҳолати онро меноманд?
4. Ҳолати анги-зонидашудаи атом гуфта, кадом ҳолати онро меноманд?
5. Кадом вақт нурафканиши атом ва кадом вақт нурфурубарии он ба амал меояд?
6. Энергияи фотони афкандашуда ва фурубардашударо чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?

## 7. 7. Спектрҳо

Дар охири асри XIX дар соҳаи омӯзиши спектрҳои хаттӣ ва махсусан спектри гидроген муваффақиятҳои калон ба даст оварда шуд.

Газҳои тунуккардашуда ва бугҳои металлҳои спектре меафкананд, ки аз хатҳои спектри алоҳида иборатанд (расми 3.25.5 (2), (3), (4)) ва онҳоро спектри хаттӣ меноманд. Хатҳои спектри бе тартиб ҷойгир нашуда, балки дар гурӯҳҳои муайян муттаҳид шудаанд, ки силсилаи хатҳои спектри номида мешаванд.

Соли 1885 физики шветсарӣ И. Балмер спектри афканишоти гидрогенро омӯхта, барои ҳисоб намудани басомади силсилаи хатҳои спектри дар соҳаи дидашавандаи спектр формулаи зеринро пешниҳод намуд:

$$v = R \cdot c \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad (4.7.1)$$

дар ин ҷо  $c$  - суръати рӯшной дар вакуум,  $R = 1,097 \cdot 10^7$  1/м - собити Ридберг номида мешавад,  $n$  - адади бутун буда, қиматҳои 1, 2, 3, 4, 5..., ва  $m$  қимати  $n+1$  қабул менамояд.

Баробарии (4.7.1) формулаи Балмер ном дорад. Модели сайёравии атоми Резерфорд ин қонунияти силсилаи хатҳои спектриро маънидод карда натавонист.

Силсилаи хатҳои спектри гуфта, чунин гурӯҳи хатҳои спектриро меноманд, ки ҳангоми гузариши электронҳо дар атом ба қабати  $n$  аз қабатҳои болоии  $n+1$ ,  $n+2$  ва ғайраҳо ҳосил мешаванд.

Силсилаи хатҳои спектрии ба қисми дидашавандаи спектри гидроген мувофиқ ояндаро силсилаи Балмер меноманд. Тадқиқотҳои минбаъда нишон доданд, ки дар спектри гидроген боз якчанд силсилаҳои хатҳои спектри мавҷуданд. Дар қисми ултрабунафши спектр силсилаи Лайман ва дар қисми инфрасурхи он силсилаҳои Пашен, Брэккет ва Пфунд ҷойгиранд.

Хатҳои спектрии ин ё он силсила ба гузариши атом аз ҳолатҳои стационарии бедоршуда ба ин ё он ҳолати стационарии энергияи камдошта мувофиқ меоянд. Басомади хатҳои спектрии ҳамаи силсилаҳо аз формулаи Балмер ҳисоб карда мешаванд ва барои силсилаҳои гуногун  $n$  ва  $m$  қиматҳои гуногун доранд:

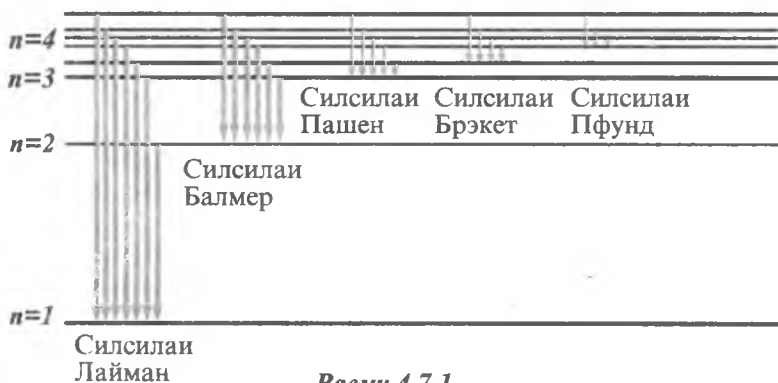
Силсилаи Лайман –  $n = 1, m = 2, 3, 4, \dots$

Силсилаи Балмер –  $n = 2, m = 3, 4, 5, \dots$

Силсилаи Пашен –  $n = 3, m = 4, 5, 6, \dots$

Силсилаи Брэккет –  $n = 4, m = 5, 6, 7, \dots$

Силсилаи Пфунд –  $n = 5, m = 6, 7, 8, \dots$



Расми 4.7.1

Дар расми 4.7.1 ба таври нақшавӣ ҳолатҳои статсионарӣ дар атоми гидроген ва гузариши байни онҳо, ки хатҳои спектрии силсилаҳои гуногунро ба вуҷуд меоранд, оварда шудааст.

**САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

1. Спектри хаттӣ гуфта, чӣ гуна спектрро меноманд?
2. Силсилаи хатҳои спектри гуфта, чиро меноманд?
3. Формулаи Балмерро нависед ва онро маънидод намоед.
4. Силсилаҳои хатҳои спектриро дар спектри гидроген номбар кунед.

**НАМУНАИ ҲАЛИ MASЪАЛАҲО**

1. Ҳангоми коҳиши радиоактивӣ аз ядроии полоний  $\alpha$ -зарра бо суръати  $1,6 \cdot 10^7$  м/с мебарояд. Энергияи кинетикии  $\alpha$ -зарраро ёбед.

**Дода шудааст:**

$$v = 1,6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

$\epsilon = ?$

$$m_\alpha = 6,664 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

**Ҳал.** Энергияи кинетикии  $\alpha$ -зарра баробар аст:

$$\epsilon = \frac{m_\alpha \cdot v^2}{2}$$

$$\epsilon = \frac{6,664 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (1,6 \cdot 10^7 \text{ м/с})^2}{2} \approx 9,8 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ}$$

**Ҷавоб:**  $\approx 9,8 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ}$

2. Дар атоми гидроген электрон аз мадори статсионарии 4-ум ба 2-юм гузашта, фотоне меафканад, ки дар спектри гидроген хати сабзро ҳосил мекунад. Ҳангоми афканиши фотон атом энергияи  $40,48 \cdot 10^{-20}$  Ҷ-ро гум мекунад. Дарозии мавҷи ин хати спектрро ёбед.

**Дода шудааст:**

$$\epsilon = 40,48 \cdot 10^{-20} \text{ Ҷ}$$

$\lambda = ?$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

**Ҳал.** Энергияи гумкардаи атом ба энергияи фотони афканда баробар аст:

$$\epsilon = h \frac{c}{\lambda}$$

Аз ин ҷо

$$\lambda = \frac{hc}{\epsilon}$$

Қиматҳои адади гузошта, ҳосил мекунем:

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot c \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{40,48 \cdot 10^{-20} \text{ Ҷ}} = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,49 \text{ мкм}$$

**Ҷавоб:**  $\lambda = 0,49 \text{ мкм}$

**МАШҚИ 27**

1. Ҳангоми баровардани афканишоти намоён дар атоми гидроген электронҳо ба кадом мадорҳои статсионарӣ мегузаранд? Ҳангоми афканишоти ултрабунафш чӣ? Инфрасурх чӣ?

2. Ҳангоми аз мадори статсионарии якум ба сеюм гузаштани электрон энергияи атоми оксиген чанд маротиба тағйир меёбад? Ҳангоми аз мадори чорум ба дуюм гузаштани он чӣ? (Ҷавоб: 9 маротиба зиёд мешавад; 4 маротиба кам мешавад)
3. Аз формулаи Балмер қимати собити Ридбергро (то саҳеҳии то ду рақами қиматдор) ёбед, агар басомади калонтарини афканишот дар қисми намоёни спектри гидроген ба  $4,6 \cdot 10^{14}$  Ҷ баробар бошад. (Ҷавоб:  $R = 3,10 \cdot 10^7$  1/м)

## 4.8. Кашфи ҳодисаи радиоактивияти баъзе моддаҳо



**Мария Склодовская-Кюри (1867-1934)** - физик ва кимиёдони барҷаста, дар барпо намудани таълимот доир ба радиоактивият саҳми арзанда гузошт. Ӯ дар Полша дар оилаи омӯзгор таваллуд ёфта, дар Фаронса кор кардааст. Ӯ аввалин профессорзани Донишгоҳи Париж буд. Мария Склодовская-Кюри ҳамроҳи шавҳараш П. Кюри элементҳои нави радиоактивӣ полоний ва радийро кашф карда, хосиятҳои онҳоро омӯхтааст. Усули аввалин коркард ва таҳлили конҳои ураниро барпо карда, дар давоми чанд сол хосиятҳои афканишоти радиоактивӣ, таъсири онҳо ба организмҳои зинда, изотопҳои радиоактив ва гайраро тадқиқ кардааст. Мария Склодовская-Кюри ду маротиба ба гирифтани мукофоти Нобелӣ (аз физикаю кимиё) сазовор гардидааст.

Радиоактивият ҳодисаест, ки таркиби мураккаб доштани ядрои атомро тасдиқ менамояд.

Ҳодисаи радиоактивиятро соли 1896 олими фаронсавӣ А. Беккерел кашф намуда буд. Беккерел муқаррар кард, ки уран ва пайваस्ताгиҳои он нурҳои номаълум меафкананд ва онҳо нурҳои уранӣ номида шуданд.

Беккерел фотолавҳаро ба когази гафси сиёҳ печонда, ба рӯи он гурушаҳои намаки уранро гузошт.

Баъди зоҳиргардонии фотолавҳа маълум гардид, ки ҷойҳои намакхобидаи он сиёҳ шудаанд. Маълум шуд, ки уран як навъ нурҳои меафканад, ки ба монанди нурҳои рентгенӣ аз ҷисмҳои ношаффоф гузашта, ба фотолавҳа таъсир мекунад.

Ҳамин тариқ, маълум гардид, ки намакҳои уран худ аз худ нур меафкананд. Беккерел ошкор намуд, ки афканишоти намакҳои уран ба монанди нурҳои рентгенӣ хаворо ионизатсия мекунанд ва электроскопро безаряд мегардонанд.

Соли 1898 Мария Кюри ва ҳамсараш Пер Кюри афканишо-

ти «Нурҳои уранӣ»-ро дар торий кашф карданд. Ҳангоми тадқиқотҳои худ ба онҳо муяссар гардид, ки элементҳои нави кимиёӣ – полонийро кашф намоянд. Баъдтар афканишоти хеле пурзӯр дар элементҳои кимиёӣ нави дигар, ки радий ном гирифт, мушоҳида карда шуд. Ҳамсарон Кюриҳо ин афканишоти элементҳои кимиёиро радиоактивият номиданд. Массаи атоми нисбии радий ба 226 баробар буда, дар чадвали Менделеев дар ҷойи 88-ум ҷойгир мебошад. То кашфи Кюриҳо ҷойи радий дар чадвали Менделеев холӣ буд.

Баъдтар маълум гардид, ки ҳамаи элементҳои кимиёӣ рақами тартибиашон аз 83 калон моддаҳои радиоактив ба шумор мераванд.

Ҳангоми афканишот моддаҳои радиоактив аз худ зарраҳои элементарӣ ё ядро меафкананд, дар натиҷа элементҳои кимиёӣ радиоактив ба элементҳои дигар табдил меёбад.

**Бинобар ин, радиоактивият гуфта, ҳодисаи худ аз худ табдилёбии изотопи ноустувори як элементҳои кимиёиро ба изотопи элементҳои кимиёӣ дигар меноманд.**

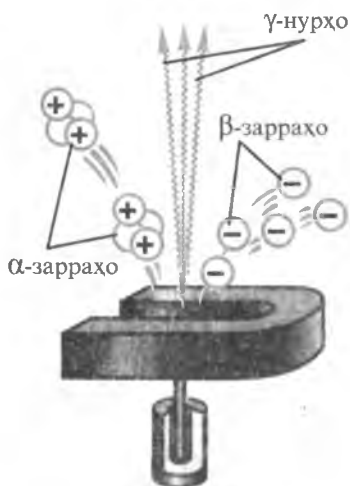
Радиоактивият табиӣ ва сунъӣ мешавад. Радиоактивияте, ки барои изотопҳои моддаи радиоактив дар шароити табиӣ мушоҳида мешавад, радиоактивияти табиӣ номида мешавад. Радиоактивияти изотопҳои, ки дар натиҷаи реаксияҳои ядрои ба амал меояд, радиоактивияти сунъӣ номида мешавад. Дар байни радиоактивияти табиӣ ва сунъӣ фарқи кулӣ мавҷуд нест. Ҷараёни табдилёбии радиоактивӣ дар ҳарду маврид ба як хел қонун итоат мекунад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Радиоактивият чӣ гуна ҳодиса мебошад?
2. Ҳодисаи радиоактивиятро кӣ ва кай кашф намуд, он дар чӣ гуна моддаҳо ба амал меояд ва онро киҳо тадқиқ намудаанд?
3. Қадом намудҳои радиоактивиятро аз ҳамдигар фарқ менамоянд?
4. Чӣ гуна радиоактивиятро табиӣ меноманд?
5. Чӣ гуна радиоактивиятро сунъӣ меноманд?

### 4.9. Алфа-, бета-зарраҳо, гамма нур\*

Дар параграфи 4.3 қайд гардида буд, ки қобилияти ионизатсиякунони афканишоти радиоактивиро омӯхта истода, соли 1899 Резерфорд муқаррар намуд, ки он ғайриякҷинса буда, аз ду қисм иборат аст ва онҳоро  $\alpha$ - ва  $\beta$ -нурҳо номид. Резерфорд исбот намуд, ки  $\alpha$ -нурҳо сели ядроҳои атоми гелий мебошанд. Ҳуди ҳамон сол А. Беккерел аз сели электронҳои иборат будани  $\beta$ -нурҳоро исбот намуд.



Расми 4.9.1

Соли 1900 физики фаронсаӣ П. Вилард муқаррар намуд, ки ба таркиби нурҳои радиоактивӣ ташкилдихандаи сеюм дохил мешавад ва онро  $\gamma$ -нурҳо номид.

Омузиши  $\gamma$ -нурҳо нишон дод, ки онҳо мавҷи электромагнитӣанд ва дарози мавҷашон аз дарозии мавҷи нурҳои рентгенӣ хурд мебошад.

Ҳамин тариқ, муқаррар карда шудааст, ки афканишоти радиоактивӣ аз  $\alpha$ -зарраҳо,  $\beta$ -зарраҳо ва  $\gamma$ -нурҳо иборат мебошанд.

Дар расми 4.9.1 рафтори онҳо дар майдони магнитӣ нишон дода шудааст.

Аз расми 4.9.1 дида мешавад, ки  $\alpha$ -зарраҳо дар майдони магнитӣ чун дастаи зарраҳои мусбат заряддор,  $\beta$ -зарраҳо

чун дастаи зарраҳои манфӣ заряддор тамоил меҳӯранду ба  $\gamma$ -афканишот майдони магнитӣ таъсир намекунад.

Соли 1903 Э. Резерфорд ва корманди  $\bar{y}$  Ф. Содди муқаррар намуданд, ки ҳодисаи радиоактивӣ ба тақдирҳои як элементи кимиёӣ ба элементи дигар ба амал меояд (масалан, радий ба радон) ва бо ҷудошавии энергия мегузарад.

Маълум гардид, ки 1 грамм радий дар як соат 600 Ч энергия ҷудо менамояд ва онро  $\alpha$ -,  $\beta$ - ва  $\gamma$ -афканишот мебаранд. Ин ҷудошавии энергия якҷанд сол давом меёбад.

$\gamma$ -нурҳо нисбат ба нурҳои рентгенӣ қобилияти калони аз модда гузарандагӣ доранд ва дар шкалаи мавҷҳои электромагнитӣ пас аз нурҳои рентгенӣ ҷойгиранд. Суръати паҳншавии  $\gamma$ -нурҳо чун дигар мавҷҳои электромагнитӣ қариб ба 300000 км/с баробар аст.

Ядроҳо ҳам чун атом дар ҳолатҳои энергияи камдошта ва ҳам дар ҳолати бедоршуда буда метавонанд. Ба ҳолати бедоршуда гузаронидани ядро бо таъсири зарраҳо ё фотонҳо ба амал меояд. Аз ҳолати бедоршуда ба ҳолати асосии худ гузашта, ядро  $\gamma$ -нур меафканад.  $\gamma$ -нурҳо ҳамеша дар якҷоягӣ бо афканишоти  $\alpha$ -зарраҳо ва  $\beta$ -зарраҳо афканд мешаванд.  $\alpha$ -зарраҳоро танҳо ядроҳои вазнин меафкананд. Маълум аст, ки зичии моддаи ядрои барои ҳамаи элементҳои кимиёӣ қариб якхела мебошад, аммо ядроҳои вазнин нисбат ба ядроҳои сабук андозаи калон доранд. Вобаста ба ин ядроҳои вазнин устувории хурд доранд, чунки қувваҳои ҷозибаи ядрои кӯтохтаъсиранд ва бо афзоиши андозаи ядроҳо суст мегарданд. Дар натиҷаи ҷараёнҳои дар дохили ядроҳои вазнин гузаранда барои таҷзияи он шароити мусоид ба амал меояд ва он



бо афканиши  $\alpha$ -зарра ( $\alpha$ -таҷзия) анҷом меёбад. Баъди афканиши  $\alpha$ -зарра устувории ядро калон мегардад.

$\alpha$ -зарраҳо қобилияти гузарандагии хурд доранд, онҳоро бо варақи коғаз низ нигоҳ доштан мумкин аст, чунки андозаи нисбатан калон доранд.  $\alpha$ -зарраҳо ҳаворо ионизатсия мекунанд.

Ҳангоми  $\beta$ -афканишот ( $\beta$ -таҷзия) ядро баъзе элементҳои электрон ва зарраи безаряди массаи хеле хурд дошта – антинейтрини меафкананд.

Ин ҳодиса тааҷҷубовар мебошад, чунки ҳангоми ҳодисаи радиоактивӣ ядро электрон меафканад, кадоме, ки ядро доро нест.

Ин чунин маънидод карда мешавад: дар шароити муайян дар ядро таҷзияи нейтрон ба протону электрон ба амал меояд ва электрони ҳосилгардида аз ядро баромада меравад. Ҷараёни табдилёбии нейтронҳо ба протону электрон дар ядроҳои ба амал меоянд, ки шумораи зиёди нейтронҳо доранд.

$\beta$ -зарраҳо нисбат ба  $\alpha$ -зарраҳо қобилияти гузаронандагӣ калон мебошад.

Исбот гардидааст, ки  $\gamma$ -нурҳо ба ҳуҷайраҳои зинда таъсири манфӣ мерасонанд. Ин имконият медиҳад, ки  $\gamma$ -нурҳои радиӣ дар тиб барои табобати касалии саратон (рак) истифода баранд. Барои аз таъсири харобиовари  $\gamma$ -нурҳо ҳалос гардидан моддаи радиоактивро дар дохили кутихои деворгафси кӯрғошимӣ нигоҳ медоранд.

Миқдори зиёди афканишоти радиоактивӣ ба организми зинда таъсири харобиовар мерасонанд.

Нурҳои радиоактив ҳуҷайраҳои организмро вайрон намуда, инсонро ба касалии нурӣ дучор менамояд ва дар мавриди қабули зиёди нурҳои радиоактив организм зинда мефавад.

Дар таҳти таъсири миқдори зиёди нурҳои радиоактивӣ барвақт пиршавии организм ба амал меояд, муқобилияти организм ба касалиҳои сирояткунанда паст мегардад ва мумкин аст, ки варамҳои саратон ба вуҷуд ояд. Касалии нурӣ ба наслҳои шахсони ба он гирифта гардида таъсири манфӣ мерасонад, онҳоро носолим мегардонад ва ҳатто ғайримуқаррарӣ таваллуд мешаванд.

Биобар ин, ҳангоми кор бо моддаҳои радиоактив эҳтиёткорона рафтор намуда, қоидаҳои техникаи бехатарии муқаррар кардашударо риоя кардан зарур мебошад. Дар хотир нигоҳ доштан зарур аст, ки ҳеҷ гоҳ моддаи радиоактивро бо даст гирифтани мумкин нест, барои гирифтани онҳо қапақҳои махсуси дастҳои дароз дошта истифода бурда мешаванд. Ҳеҷ гоҳ партовҳои радиоактивро дар ҷӯйҳои канализатсияҳо шустану партофтан мумкин нест.

Дар хотир нигоҳ доштан лозим аст, ки аз беэҳтиётӣ ҳангоми кор бо моддаҳои радиоактив ҳамкорон ва одамони дар атроф зиндагӣ кунанда зарар мебинанд.

### САВОЛҶО БАРОИ ТАКРОП

1. Дар ҳодисаи радиоактивият чанд намуди афканишотро аз ҳамдигар фарқ мекунад?
2.  $\alpha$ - ва  $\beta$ -зарраҳо чӣ гуна зарраҳоянд ва  $\gamma$ -нурҳо чӣ гуна нурҳоянд?
3. Чӣ гуна ядроҳо  $\alpha$ -зарра меафкананд?
4. Дар ядрои атом ба вучудоии электронро маънидод кунед ва он дар чӣ гуна ядроҳо ба амал меояд?
5.  $\gamma$ -нурҳо чӣ гуна ҳосиятҳо доранд?
6. Афканишоти радиоактивӣ ба организмҳои зинда чӣ гуна таъсир мерасонад?

## 4.10. Таркиби ядрои атом

Ядрои атом қисми марказии атомро ташкил менамояд ва массаи атом асосан дар он марказонида шудааст. Ядрои атом заряди мусбат дорад ва бузургии он ба суммаи зарядҳои электронҳои атом баробар аст.

Ядрои атом аз тарафи физики англис Э. Резерфорд соли 1911 дар таҷрибаҳо доир ба пароканиши  $\alpha$ -зарраҳо ҳангоми гузаштани онҳо аз қабати модда (металл) кашф карда шудааст. Резерфорд пешниҳод намуд, ки заряди мусбати атом дар ядрои андозаи хурд доштаи он марказонида шудааст.

Пас аз кашфи нейтрон аз тарафи физики англис Ч. Чэдвик (с. 1932), физики Иттиҳоди Шӯравӣ Д. Иваненко ва олими Олмон В. Хейзенберг ҳуди ҳамон сол модели протону нейтрони ядроро пешниҳод намуданд. Мувофиқи ин модел ядрои атом аз протонҳо ва нейтронҳо иборат аст.

Радиуси ядроҳоро аз формулаи зерин муайян кардан мумкин аст:

$$r = 1,3 \cdot 10^{-15} A^{1/3}, \text{ м.} \quad (4.10.1)$$

Дар ин ҷо  $A$  – шумораи протонҳою нейтронҳо дар ядро мебошад. Аз ифодаи (4.10.1) бармеояд, ки ҳаҷми ядроҳо ба шумораи протон ва нейтронҳои он мутаносиб мебошад.

### САВОЛҶО БАРОИ ТАКРОП

1. Мавҷудияти ядрои атомро кӣ кашф намуда буд?
2. Ядрои атом аз чӣ гуна зарраҳо иборат аст?
3. Модели протонӣ-нейтрони ядроро кӣ пешниҳод намуданд?
4. Радиуси ядроҳоро аз кадом формула ҳисоб намудан мумкин аст?

## 4. 11. Протонҳо ва нейтронҳо

Протон ва нейтрон массаи тақрибан баробар (массаи протон 1836,1  $m_e$ , асту массаи нейтрон 1838,6  $m_e$ ,  $m_e$  – массаи электрон) доранд.

Протон заряди электрикӣ дорад ва нейтрон заряди электрикӣ надорад, яъне аз ҷиҳати электрикӣ хунсо (нейтрал) мебошад.

Заряди протон ба заряди электрон баробар буда, аломати мусбат дорад.

Азбаски атом аз ҷиҳати электрикӣ хунсо (нейтрал) аст, пас заряди протонҳо дар ядро он ба модули зарядҳои электронҳои дар атрофи он даврзананда баробар мебошад, яъне шумораи протонҳо дар ядро атом ба шумораи электронҳои қабатҳои электрони атом баробар аст.

Шумораи протонҳо дар ядро  $Z$  заряди ядроро муайян менамояд ва адади зарядӣ номида мешавад. Ин адад инчунин рақами тартибии элементро дар системаи даврии Менделеев нишон медиҳад. Шумораи нейтронҳо бо  $N$  ишора карда мешавад. Протон ва нейтронҳо дар якҷоягӣ нуклонҳо низ меноманд. Нуклон маънои «Зарраи ядрой»-ро дорад. Шумораи нуклонҳо дар ядро  $A=Z+N$  аст ва  $A$  адади массавӣ номида мешавад. Ядро атом бо  ${}^A_ZX$  ишора карда мешавад. Масалан, ядро гелий  ${}^4_2\text{He}$  ду протон (заряди электрикӣ  $Z = +2e$ ) ва 2 нейтрон ( $N = A - Z = 2$ ) дорад.

Ядро литий  ${}^7_3\text{Li}$  аз 3 протону 4 нейтрон, ядро бериллий  ${}^9_4\text{Be}$  аз 4 протону 5 нейтрон таркиб ёфтаанд.

Дар ядроҳои сабук миқдори протону нейтронҳо баробаранд ё тақрибан баробаранд. Дар ядроҳои вазнин бошад, шумораи нейтронҳо нисбат ба шумораи протонҳо зиёдтар мебошад. Масалан, ядро нукра  ${}^{107}_{47}\text{Ag}$ , 47 протону 60 нейтрон, ядро полоний  ${}^{209}_{84}\text{Po}$ , 84 протону 125 нейтрон ва ядро уран  ${}^{238}_{92}\text{U}$ , 92 протону 146 нейтрон доранд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Протону нейтрон бо чӣ гуна бузургҳои тавсиф карда мешаванд?
2. Нуклонҳо гуфта, чиро меноманд?
3. Ядро атом ба шакли умумӣ чӣ тавр ишора карда мешавад?
4. Ядро уран  ${}^{238}_{92}\text{U}$  чандто протон ва чандто нейтрон дорад?

### МАШҚИ 28

Таркиби ядроҳои натрий  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ , фтор  ${}^{19}_9\text{F}$ , торий  ${}^{232}_{90}\text{Th}$ , Менделеевий  ${}^{257}_{101}\text{Md}$ -ро муайян кунед.

## 4.12. Изотопҳо\*

**Ядрохое, ки шумораи яххелаи протонҳо доранд, изотопҳо ном доранд.**

**Фахмиши изотопро соли 1907 Ф. Содди чорӣ намудааст.**

Маълум аст, ки атомҳои ҳамон як элементи кимиёӣ массаҳои гуногун доранд. Масалан, дар байни атомҳои хлор атомҳои массаашон ба 35 ва 37 наздик мавҷуданд. Дар байни атомҳои уран атомҳои массаашон 234, 235, 238 ва 239 мавҷуд мебошад. Атомҳои дигар моддаҳо низ бо массаашон фарқ мекунанд.

Ададҳои  $Z$ ,  $N$  ва  $A$  бутун мебошанд. Дар чадвали Менделеев барои ҳар як элементи кимиёӣ дар қатори рақами тартибӣ массаи атомӣ нишон дода шудааст ва қимати массаи атомӣ адади бутун намебошад. Ин бо он маънидод карда мешавад, ки дар таркиби ҳар як элементи кимиёӣ дар Замин изотопҳои гуногун дохил мешаванд. Масалан, барои литий массаи атомӣ ба 6, 939 баробар аст.

Дар таркиби литий табиӣ 93%  ${}^7_3\text{Li}$  ва 7%  ${}^6_3\text{Li}$  дохил мешавад.

Оксиген се изотоп  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{17}_8\text{O}$ , ва  ${}^{18}_8\text{O}$  дорад. Ҳамин тариқ, изотопҳо намудҳои гуногуни як элементи кимиёӣ буда, дар ядрохояшон шумораи яххелаи протонҳо  $Z$  ва адади массавии  $A$  гуногун доранд. Изотопҳо қабатҳои электронии яххела доранд ва хосиятҳои кимиёӣ-иашон хеле наздик аст, дар системаи даврии элементҳои Менделеев ҷойи яххеларо ишғол менамоянд. Изотоп аз калимаҳои юнонӣ *isos* – яххела, *topos* – ҷой гирифта шудааст.

Ҳамин тариқ, изотопҳо намудҳои гуногуни элементи кимиёӣ буда, аз ҳамдигар бо массаи ядрохояшон фарқ мекунанд.

Аксари ядроҳо ду ё зиёда изотопҳо доранд. Изотопҳо устувор ва ноустувор (радиоактив) буда метавонанд. Ҳоло 276 изотопҳои устувори элементҳои табиӣ ва зиёда аз 2000 изотопҳои радиоактиви ба 107 элементҳои табиӣ ва сунъии синтез кардашуда тааллуқдор маълуманд. Ксенон  ${}_{54}\text{Xe}$  9-то, кадмий  ${}_{48}\text{Cd}$  ва теллур  ${}_{52}\text{Te}$  8-тоғӣ изотопҳои устувор доранд.

Изотопҳои устувор ба элементҳои адади зарядиашон  $Z \leq 83$  тааллуқдоранд.

Изотопҳои радиоактив тадричан дар натиҷаи коҳиши радиоактивӣ ба изотопҳои устувор табдил меёбанд.

Аксарияти изотопҳо дар натиҷаи реаксияҳои ядрой ҳосил карда шудаанд. Изотопҳои радиоактив дар хоҷагии халқ татбиқи васеи амалӣ доранд. Масалан, аз изотопҳои радиоактив дар тиб барои табобати касалиҳо ва муайян кардани табиати беморӣ, дар саноат барои омӯзиши диффузияи металлҳо ба таври васеъ истифода

### САВОЛҶО БАРОИ ТАКРОР

1. Изотопҳо гуфта, чиро меноманд?
2. Фаҳмиши изотопро дар илм кӣ дохил карда буд?
3. Оксиген чанд изотоп дорад ва онҳо аз ҳамдигар бо чӣ фарқ доранд?
4. Изотонҳои устувор ва ноустувор аз ҳамдигар чӣ фарқ доранд?
5. Аз изотопҳои радиоактив дар амалия чӣ гуна истифода мебаранд?

### 4.13. Изотопҳои атоми гидроген\*

Гидрогени табиӣ аз изотопҳои  ${}^1\text{H}$  (99,985%) ва  ${}^2\text{H}$  (0,015%) иборат аст. Изотопи  ${}^2\text{H}$ -ро дейтерий меноманд ва бо  ${}^2\text{D}$  ишора карда мешавад. Изотопи сеюми гидроген низ маълум аст, бо  ${}^3\text{H} = {}^3\text{T}$  ишора карда мешавад ва тритий ном дорад. Тритий изотопи ноустувор аст ва даври нимтабдили он ба 12,3 сол баробар аст.

Обе, ки дар таркибаш изотопи  ${}^1\text{H}$  дорад, оби сабук ва обе, ки дар таркибаш дейтерий мавҷуд аст, оби вазнин ном дорад.

Дар таркиби оби муқаррарии нӯшокии 0,02% оби вазнин мавҷуд аст, яъне аз 5000 ҳиссаи оби сабук 1 ҳиссаи ба оби вазнин мувофиқ меояд.

Оби вазнин бо хосиятҳои физикиаш аз оби муқаррарӣ фарқи кулӣ дорад. Дар фишори атмосферӣ оби вазнин дар ҳарорати  $101,2^\circ\text{C}$  меҷӯшад ва дар ҳарорати  $3,8^\circ\text{C}$  ях мекунад.

### САВОЛҶО БАРОИ ТАКРОР

1. Гидроген чанд изотоп дорад ва онҳо аз ҳамдигар бо чӣ фарқ мекунанд?
2. Изотопҳои гидроген чӣ тавр ишора карда мешаванд?
3. Оби муқаррарӣ аз оби вазнин бо кадом хосиятҳои фарқ мекунад?
4. Дар таркиби оби муқаррарии нӯшокии чӣ қадар оби вазнин мавҷуд аст?

### 4.14. Табдилоти радиоактивӣ\*

Табдилоти радиоактивӣ гуфта, худ аз худ ба якдигар табдилёбии ядроҳои ҳангоми афканишотҳои гуногуни радиоактивӣ меноманд. Ядроҳои новобаста ба якдигар табдил меёбанд. Муддати вақте, ки дар давоми он нисфи ядроҳои аввалаи моддаи радиоактив табдил меёбад, даври нимтабдилёбии ном дорад ва бо  $T_{1/2}$  ишора карда мешавад.

Шумораи табдилёбии ядроҳои моддаи радиоактивро ( $\Delta N$ ) дар воҳиди вақт ( $\Delta t$ ) фаъолияти моддаи радиоактив ( $\Phi$ ) меноманд:

$$\Phi = \frac{\Delta N}{\Delta t} \quad (4.14.1)$$

Ба сифати воҳиди фаъолияти моддаи радиоактив дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СИ) фаъолияти моддае қабул карда шудааст, ки дар 1 с дар он 1 табдилёбӣ ба амал меояд. Ин воҳидро Беккерел (1 Бк) меноманд:

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ табдил/с.}$$

Воҳиди ғайри системавии фаъолияти моддаи радиоактив Кюри (Ку) мебошад:

$$1 \text{ Ку} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ табдил/с.}$$

Қоҳиши ядроҳои моддаҳои радиоактив вобаста ба вақт ба қонуни экспоненсиалӣ итоат менамояд ва он ба шакли математикӣ чунин ифода карда мешавад:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}, \quad (4.14.2)$$

дар ин ҷо  $N_0$  – шумораи аввали ядроҳои моддаи радиоактив дар лаҳзаи аввали вақт ( $t=0$ ),  $N$  – шумораи ядроҳои моддаи радиоактив баъди фосилаи вақти  $t$ .

Аломати минус нишон медиҳад, ки бо гузашти вақт шумораи атомҳои табдилнаёфта кам мешавад.

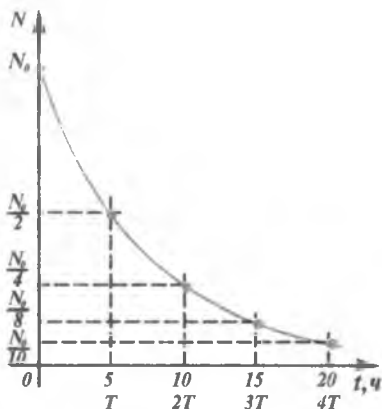
Қонуни табдилоти радиоактивӣ (4.14.2) ба тарзи графикӣ дар расми 4.14.1 нишон дода шудааст.

Аз график дида мешавад, ки фаъолияти моддаи радиоактив бо қонуни экспоненсиалӣ тағйир меёбад ва дар фосилаи даври нимтабдил (барои ин маврид 5 соат аст) ду маротиба кам мешавад.

Даври нимтабдилёбӣ барои моддаҳои радиоактив гуногун буда, дар ҳудуди аз  $3 \cdot 10^{-7}$  с то  $5 \cdot 10^{15}$  сол меҳабад.

Ҳангоми табдилёбии ядроҳои радиоактив ядроҳои ҳосил мешаванд, ки дар навбати худ онҳо ҳам радиоактив буда метавонанд ва онҳо низ ба табдилёбӣ дучор мегарданд.

Баъди табдилёбиҳои пай дар пай ядроҳои ҳосилгардида элементи устувор пайдо мешавад.



1. Табдилоти радиоактивӣ гуфта чиро меноманд?
2. Даври нимтабдилёбии моддаи радиоактив гуфта, чиро меноманд?
3. Фаъолияти моддаи радиоактив гуфта, чиро меноманд ва ба шакли математикӣ чӣ тавр ифода карда мешавад?
4. Воҳидҳои фаъолияти моддаи радиоактивро номбар ва маънидод кунед.
5. Қонуни табдилоти радиоактивиро ба шакли математикӣ навишта ва ба таври графикӣ кашида, маънидод намоед.

### 4.15. Қоидаҳои кӯчиш\*

Алфа-афканишот одатан дар ядроҳои вазнини адади зарядиашон  $Z \geq 82$  ба амал меояд ва ҳоло бештар аз 200 ядроҳои  $\alpha$ -радиоактив маълуманд.

**Алфа-афканишот ҳодисаи худ аз худ  $\alpha$ -зарра баровардани ядрои вазнини мебошад ва аз сели зарраҳои мусбат - ядрои атоми гелий  ${}^4_2\text{He}$  иборат аст.**

Ҳангоми аз ядрои  ${}^A_Z\text{X}$  баромадани  $\alpha$ -зарра ядрои  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$  ҳосил мешавад:



Дар ин ҷо  ${}^A_Z\text{X}$  ядрои ибтидоӣ ё модарӣ ва  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$  ядрои маҳсул ё духтарӣ номида мешавад.

Ифодаи (4.15.1) қоидаи кӯчиш номида мешавад ва онро бори аввал радиокимиёвчии англис Содди муқаррар кардааст.

Мувофиқи қоидаи кӯчиши (4.15.1) дар натиҷаи  $\alpha$ -афканишот ядрои ибтидоӣ адади заряди худро 2 воҳид ва адади массавиашро 4 воҳид кам карда, ба ядрои табдил меёбад, ки он ба сӯйи аввали ҷадвали даврии элементҳои Менделеев ба ду хона ҷой иваз мекунад.

Ифодаи (4.15.1) натиҷаи қонуни бақои заряд  $Z$  ва шумораи нуклонҳо  $A$  ба шумор меравад. Инчунин ҳангоми  $\alpha$ -афканишот ҳамаи қонунҳои бақо – масса, энергия, импульс ва ғайраҳо риоя мешаванд.

Қоидаи кӯчишро барои  $\beta$ -афканишот навиштан мумкин аст:



Ҳамин тариқ,  $\beta$ -афканишот ҳодисае мебошад, ки дар натиҷаи худ аз худ афкандани электрон ядрои радиоактиви ибтидоӣ  ${}^A_Z\text{X}$  ба ядрои ҳамсоя мубаддал мешавад.

Мисоли  $\beta$ -афканишот мубаддалшавии торий  $^{234}\text{Th}$  ба протактиний  $^{234}\text{Pa}$  ва карбон  $^{13}\text{C}$  ба нитроген  $^{13}\text{N}$  ба шумор мераванд.

$\beta$ -афканишот дар ядроҳое ба амал меояд, ки нейтронҳои зиёдатӣ доранд (ҳангоми  $n \rightarrow p$ ).

Мувофиқи ифодаи (4.15.2) ҳангоми  $\beta$ -афканишот адади заряди ядроӣ маҳсул ба як воҳид зиёд мешавад ва ядроӣ ҳосилшуда ба як ҳона сӯйи охири системаи даврии Менделеев ҷой иваз менамояд.

Ҳангоми  $\gamma$ -афканишот заряди ядро тағйир намеёбад, массаи ядро ниҳоят кам тағйир меёбад.

$\gamma$ -нурҳо қобилияти калони гузаронандагӣ доранд, онҳо барои ба қайдгирии нуқсонӣ камбудии дар қисмҳои калони асбобу дастгоҳҳои дар саноат ва сохтмон истифодашаванда, татбиқ карда мешаванд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Алфа афканишот гуфта, чиро меноманд?
2. Ҳангоми  $\alpha$ -афканишот ифодаи қондаи кӯчишро ба шакли математикӣ навишта, маънидод намоед.
3. Қондаи кӯчишро барои моддаҳои радиоактив кӣ муқаррар намудааст?
4. Иҷрошавии қонунҳои бақои заряд ва нуклонҳоро ҳангоми  $\alpha$ -афканишот фаҳмонед.
5. Қондаи кӯчишро барои  $\beta$ -афканишот навишта, маънидод намоед.
6. Барои чӣ гуна ядроҳо  $\beta$ -афканишот ба амал меояд?
7. Доир ба тағйирҳои ҳангоми  $\alpha$ - ва  $\beta$ -афканишот мисолҳо биёред.

### НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

1. Алфа-зарра, ки аз ядроӣ радий бо суръати  $15 \cdot 10^6$  м/с хорич мешавад, дар ҳаво масофаи 3,3 см-ро гузашта истод. Энергияи кинетикии зарра, вақти тормозхӯрӣ ва шитоби онро ёбед.

*Дода шудааст:*

$$v_0 = 15 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

$$s = 3,3 \text{ см} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$E_k - ?$$

$$t - ?$$

$$a - ?$$

$$m_\alpha = 4,0026 \text{ в.а.м.}$$

$$1 \text{ в.а.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

*Ҳал.* Энергияи кинетикии  $\alpha$ -зарра баробар аст:

$$E_k = \frac{m_\alpha \cdot v_0^2}{2} \quad (1)$$

Харакати  $\alpha$ -зарраро дар ҳаво собитшитоби суштшаванда ҳисоб карда, барои муайян кардани вақти тормозхӯрӣ ва шитоби он аз формулаҳои зерин истифода мебарем:

$$v_0 = \sqrt{2a} \quad (2)$$

$$v = v_0 - at. \quad (3)$$



Аз формулаи (2) барои шитоби  $\alpha$ -зарра ҳосил мекунем:

$$a = \frac{v_0^2}{2S} \quad (4)$$

Дар формулаи (3) ҳангоми тормозхӯрии  $\alpha$ -зарра  $v = 0$  буданаширо ба эътибор гирифта, ҳосил менамоем:

$$v_0 - at = 0.$$

Аз ин ҷо

$$t = \frac{v_0}{a}. \quad (5)$$

Қиматҳои адади ро ба баробариҳои (1), (4) ва (5) гузошта, ҳосил мекунем:

$$E_k = \frac{4,0026 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (15 \cdot 10^6 \text{ м/с})^2}{2} = 7,52 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ}.$$

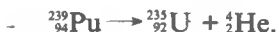
$$a = \frac{(15 \cdot 10^6 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = \frac{225 \cdot 10^{12} \text{ м}^2/\text{с}^2}{6,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2.$$

$$t = \frac{15 \cdot 10^6 \text{ м/с}}{3,4 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2} = 4,4 \cdot 10^{-9} \text{ с}.$$

$$\text{Ҷавоб: } E_k = 7,52 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ}; a = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2; t = 4,4 \cdot 10^{-9} \text{ с}.$$

2. Дар кадом табдилоти радиоактивӣ плутоний  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  ба урани  ${}^{235}_{92}\text{U}$  мубаддал мешавад?

**Ҳал.** Ядрои плутоний  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$   $\alpha$ -зарра афканда, ба ядрои уран  ${}^{235}_{92}\text{U}$  табдил меёбад:



**Ҷавоб:** Дар натиҷаи  $\alpha$ -коҳиш.

## МАШҚИ 29

1. Оё ҳангоми  $\gamma$ -квант афкандани ядро адади массавӣ, масса ва рақами тартибии элемент тағйир меёбад?
2. Дарозии давиши  $\alpha$ -зарраҳо дар кучо зиёд аст: дар сатҳи Замин ё дар қабати болоии атмосфера?
3. Дар натиҷаи кадом табдилоти радиоактивӣ натрий  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  ба магний  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  мубаддал мешавад?
4. Реаксияи  $\alpha$ -афканишоти радий  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  -ро нависед. Энергияи кинетикии ядроҳои ҳосилшударо муқоиса кунед. То табдилёбӣ ядрои радийро ором ҳисоб намоед. (**Ҷавоб:** энергияи  ${}^4_2\text{He}$  назар ба энергияи  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  55,5 маротиба зиёд аст)

## 4.16. Реаксияи ядрои

**Таъсири мутақобили ядро атомро ба зарраҳои элементарӣ ё ядроҳои дигар, ки ба табилёбии ядро оварда мерасонад, реаксияи ядрои меноманд.**

Реаксияҳои ядрои ҳангоми ба якдигар хеле наздик чафс шудани зарраҳо ва ба доираи қувваҳои ядрои дохил шудани онҳо ба амал меоянд. Зарраҳои ҳамном заряддор ҳангоми ба якдигар наздик шудан аз ҳамдигар тела меҳӯранд. Бинобар ин, барои ба ядро наздик гардидани зарраҳои мусбат заряддор танҳо ҳангоми ба онҳо додани энергияи кинетикии калон муяссар мегардад.

Ин гуна энергияро ба зарраҳои мусбат заряддор (протон,  $\alpha$ -зарраҳо) ба воситаи суръатфизоҳои зарраҳои элементарӣ додан мумкин аст.

Яке аз реаксияҳои бештар дучороянда ин таъсири ҳамдигарии зарраи  $a$  бо ядрои  $X$  ба шумор меравад, ки дар натиҷа ядрои  $Y$  ва зарраи  $b$  тавлид меёбад:



Зарраҳои  $a$  ва  $b$  метавонанд  $\alpha$ -зарра, протон, нейтрон,  $\gamma$ -квант ва ядрои вазнини гидроген  ${}^2_1\text{H}$  бошанд.

Реаксияҳои ядрои бо ҷудошавӣ ё фурубарии энергия мегузаранд, ки аз энергияи фурубарӣ ва ҷудошавӣ дар натиҷаи реаксияҳои кимиёӣ ба вучудоянда  $10^6$  маротиба калон мебошад.

Энергияи фурубурда ё ҷудошуда дар реаксияҳои ядрои бо фарқи массаи оромии (бо воҳидҳои энергия ифода кардашуда) ядроҳо ва зарраҳо то реаксия ва баъди реаксия муайян карда мешавад.

Агар суммаи массаи ядро ва зарраҳои ҳосилшуда аз суммаи массаи ядро ва зарра то реаксия калон бошад, реаксияи ядрои бо фурубарии энергия ва дар мавриди хурд будан бо ҷудошавии энергия мегузарад.

Реаксияи ядроии аввалинро Э. Резерфорд соли 1919 ҳосил намудааст:



Резерфорд  $\alpha$ -зарраҳои ҳангоми табилёбии радий  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  ҳосилшавандаро истифода бурда буд.

Реаксияи аввалини ядрои бо протони шитобгирифта намуди зерин дорад:



Яъне бо таъсири протон ядрои  ${}^7_3\text{Li}$  ба ду  $\alpha$ -зарра тақсим мешавад.

Реаксияҳои ядроии дар таҳти таъсири нейтронҳо ҳосилгардида марокангезанд.

Дар ин реаксияҳо нейтрони безаряд бе афзоиши суръат, озодона ба ядро дохил мешавад.

Реаксия ядрой бо иштироки нейтрон намуди зерин дорад:



Ин реаксия хамеша дар атмосфераи Замин таҳти таъсири нейтронҳои нуруҳои кайҳонӣ мегузарад. Карбони дар ин маврид хосилшуда β-радиоактив мебошад, яъне дар таҳти таъсири нейтронҳои изотопҳои радиоактивро ҳосил кардан мумкин аст.

Реаксияҳои ядрой бо нейтронҳои хангоми тақсимшавии ядроҳои вазнин бо ҷудошавии энергияи хеле калон мегузарад.

Реаксияҳои ядроии таҳти таъсири γ-квантҳои гузаранда чунин намуд доранд:



Барои ин реаксия энергияи γ-квантҳои бояд 3 – 10 МэВ буданаш лозим аст.

Реаксияҳои ядрой бо аниқ иҷрошавии қонунҳои бақо – заряд, энергия, импульс ва шумораи нуклонҳои мегузарад. Масалан, дар реаксияи (4.16.2) адади массавӣ то реаксия ва баъди реаксия ба 18 ва адади заряди то ва баъди реаксия ба 9е баробар аст.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Реаксияи ядрой гуфта, чӣ гуна реаксияро меноманд?
2. Реаксияи ядроиро ба шакли умумӣ нависед ва онро маънидод намоед.
3. Реаксияи ядрой кадом вақт бо ҷудошавӣ ва кадом вақт бо фурубарии энергия мегузарад?
4. Реаксияи ядроии аввалинро кӣ ва кай хосил карда буд? Онро нависед ва маънидод кунед.
5. Реаксияи ядроиро бо таъсири протони шитобгирифта барои  ${}^{11}_3\text{Li}$  нависед ва маънидод кунед.
6. Дар реаксияҳои ядрой кадом қонунҳои бақо чой доранд?

#### НАМУНАИ ХАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

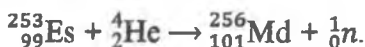
1. Реаксияи ядроие нависед, ки дар натиҷаи бо α-зарра бомбаборон кардани алюминий  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  ва хориҷ гаштани як протон ба вучуд меояд.

*Ҳал.* Хангоми бо α-зарра бомбаборон кардани алюминий  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  ядрои силитсий  ${}^{30}_{14}\text{Si}$  ҳосил ва як протон хориҷ мегардад:

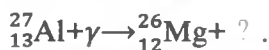
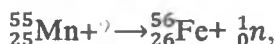
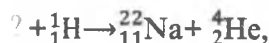
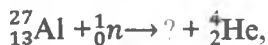


2. Элементи Менделеевий дар натиҷаи бо α-зарра бомбаборон кардани Эйнштейний  ${}^{253}_{99}\text{Es}$  ва хориҷ шудани нейтрон ҳосил шудааст. Реаксияи онро нависед.

*Ҳал.* Реаксияашро ба намуди зерин менависем:



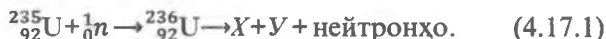
1. Реаксия ядроiero нависед, ки ҳангоми бо  $\alpha$ -зарра бомбаборон кардани бор  $^{10}_{5}\text{B}$  ва хориҷ гаштани нейтрон ба вучуд меояд.
2. Дар натиҷаи бо нейтронҳо бомбаборон кардани ядрои изотопи бори  $^{10}_{5}\text{B}$  аз ядрои ҳосилшуда  $\alpha$ -зарра хориҷ мешавад. Ин реаксияро нависд.
3. Элементи Резерфордӣ ба воситаи бо ядроҳои неон  $^{22}_{10}\text{Ne}$  бомбаборон кардани плутоний  $^{242}_{94}\text{Pu}$  ҳосил шудааст. Маълум шуд, ки дар натиҷа боз чор нейтрон хориҷ мешавад. Ин реаксияро нависед.
4. Дар реаксияҳои ядроии зерин ифодаҳои намерасидагиашро нависед:



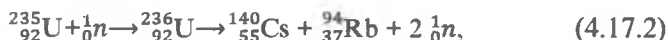
#### 4.17. Порашавии ядроҳои вазнин

Ядроҳои шумораи нуклонҳояшон зиёд ноустуворанд ва метавонанд тақсим гарданд. Соли 1938 физикони шӯравӣ Г.Н. Флеров ва К. А. Петржак худ аз худ тақсимшавии ядрои уранро ба қайд гирифтанд. Худи ҳамон сол олимони олмонӣ О. Хан ва Ф. Штрасман ҳангоми нейтронборон кардани ядроҳои уран тақсимшавии онҳоро ба элементҳои дар қисми миёнаи системаи даврии Менделеев - барий, лантан, криптон ва ғайраҳо ҷойгир буда, кашф намуданд.

Ин ҳодисаро олими англис О. Фриш ва австриягӣ Л. Майтнер (соли 1939) маънидод намуданд. Онҳо пешниҳод намуданд, ки ядрои уран  $^{235}_{92}\text{U}$  нейтронро рабуда, ба ядрои изотопи урани радиоактив  $^{236}_{92}\text{U}$  табдил меёбад ва он ба ду қисми  $X$  ва  $Y$  тақсим мегардад. Дар натиҷаи ин тақсимшавӣ якчанд нейтронҳои дигар ҷудо мегардад. Реаксияи тақсимшавӣ аз рӯи нақшаи зерин ба амал меояд (расми 4.17.1):



Яке аз реаксияҳои имконпазири тақсимшавии ядроҳои уранро ҷунин навиштан мумкин аст:



**Барои ба вучуд омадани реаксияи занҷирӣ зарур аст: 1) пораи уран  $^{235}_{92}\text{U}$  бояд тоза бошад, атомҳо изотопҳои дигари уран ва ғашҳои моддаҳои дигарро дар бар нагирад; 2) пораи уран  $^{235}_{92}\text{U}$  бояд ба қадри кифоя калон бошад.**

Барои массаи андозаи муайян нейтронҳои дар натиҷаи порашавии ядроҳо ба вучуд омада, аз пораи уран баромада наметавонанд ва ба ядроҳо меафтанд.

**Массаи хурдтарини пораи уран, ки барои он реаксияи занҷирӣ имконпазир аст, массаи критикӣ (бухронӣ) номида мешавад.**

Ҳамин тариқ, барои ба вучуд омадани реаксияи занҷирӣ массаи пораи уран бояд ба массаи бухронӣ баробар бошад.

Барои массаҳои аз массаи бухронӣ хурд аксарияти нейтронҳои ба вучуд омада ба берун баромада порашавии ядроҳои уранро ба амал намеоранд, бинобар ин, реаксияи занҷирӣ ба амал намеояд.

Ҳангоми массаи уран аз массаи бухронӣ калон будан шумораи нейтронҳои ба реаксия иштироккунанда тез меафзояд ва реаксия характери тарқишӣ мегирад.

Ба ин принцип кори бомбаҳои атомӣ асос карда шудааст. Реаксияи занҷирӣ бо ҷудошавии миқдори зиёди энергия мегузарад.

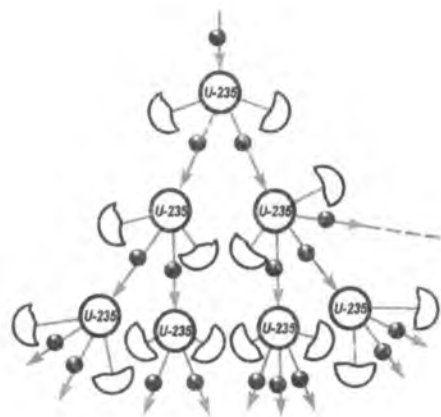
Дар ҳисобкунии реаксияи (4.17.2) маълум гардид, ки ҳангоми тақсимшавии як ядрои уран  $33,28 \cdot 10^{12}$  Ҷ энергия ҷудо мешавад. Қайд кардан лозим аст, ки ҳангоми пайваستшавии ду атоми

гидроген ва як атоми оксиген тахминан  $1,6 \cdot 10^{18}$  Ҷ энергия ҷудо мегардад.

Яъне ҳангоми тақсимшавии як ядрои уран тахминан 20 миллион маротиба зиёдтар энергия ҷудо мешавад.

Ҳангоми тақсимшавии ядроҳои 1 г урани  $^{235}_{92}\text{U}$ ,  $2,3 \cdot 10^4$  кВт-соат энергия ҷудо мегардад, ки ин ба энергияи ҷудошуда ҳангоми сӯختани 3 тонна ангишт баробар аст.

Бинобар ин, порашавии ядроҳои вазнин манбаи калони энергия ба шумор мераванд.



**Расми 4.17.2**

Истифодаи энергия дар Замин бефосила меафзояд, бинобар ин, энергетикаи ядроӣ ояндаи дурахшон дорад. Дар замони ҳозира нуругоҳҳои барқии атомӣ аз ҳисоби ин намуди энергия кор

Бо нейтронборонкунӣ гайр аз ядрои уран, инчунин ядроҳои торий ( $_{90}\text{Th}$ ), протактиний ( $_{91}\text{Pa}$ ) ва плутоний ( $_{94}\text{Pu}$ ) ба тақсимшавӣ дучор мешаванд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна ядроҳоро ноустувор меноманд?
2. Ҳангоми тақсимшавии ядроҳои уран чӣ гуна ядроҳо ва зарраҳо ҳосил мешаванд?
3. Реаксияи тақсимшавии ядрои уранро ҳангоми нейтронборон кардани он навишта, маънидод намоед.
4. Чӣ гуна реаксияро реаксияи занҷирӣ меноманд?
5. Массай бӯхронии моддаи радиоактив гуфта, чиро меноманд?
6. Сохти бомбаҳои атомӣ ба кадом ҳодиса асос карда шудааст?
7. Энергияи ҳангоми порашавии ядроҳои вазнин чунин қудро ба кадом мақсадҳо истифода мебаранд.

### 4.18. Реактори атомӣ

Барои бо мақсади баланд бардоштани савияи зиндагӣ истифода бурдани энергияи ҳангоми тақсимшавии ядроҳои уран ҷудогардида реаксияи занҷирӣ бояд идорашаванда бошад. Реаксияи занҷирӣ бояд бо суръати ниҳоят тез нагузашта, балки муддати дуру дароз бо суръати собит ба амал ояд ва он идора карда шавад.

**Дастгоҳе, ки дар он реаксияи занҷирии порашавии ядроҳои вазнин идора карда мешавад, реактори атомӣ (ё ядрой) номида мешавад.**

Ду намуди реакторҳои атомӣ мавҷуданд: реакторҳо бо нейтронҳои сустҳаракат ва реакторҳо бо нейтронҳои тезҳаракат.

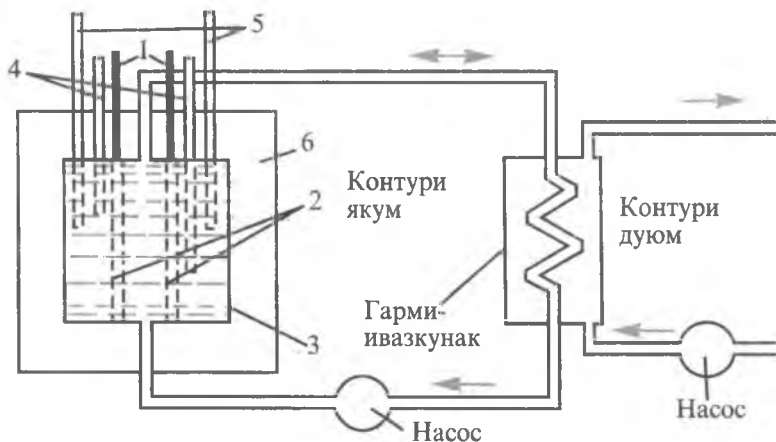
Дар реакторҳои ядрой бо нейтронҳои сустгард милаҳои урании изотопӣ  $^{235}_{92}\text{U}$  истифода бурда мешаванд.

Изотопи уран  $^{235}_{92}\text{U}$  нейтронҳои сустҳаракатро хеле бо тезӣ забт мекунад.

Дар расми 4.18.1 нақшаи реактори атомӣ бо нейтронҳои сустҳаракат нишон дода шудааст.

Милаҳои (стерженҳои) урании 1 ба лӯлаҳои пӯлодини 2 дохил карда мешаванд. Массай милаҳои уранӣ дар алоҳидагӣ аз массай бӯхронӣ хурданд, бинобар ин, реаксияи занҷирӣ дар як милаи уранӣ ба амал омада наметавонад.

Ҳангоме, ки ҳамаи милаҳои уранӣ ба реактор дохил карда мешаванд, массай уран аз массай бӯхронӣ зиёд мешавад, аммо реаксияи занҷирӣ оғоз намегардад.



Расми 4.18.1

Сабаб дар он аст, ки нейтронҳои дар натиҷаи порашавии ядроҳо ба вучудомада, суръати калон доранд ва онҳоро ядроҳои уран  $^{235}_{92}\text{U}$  забт карда наметавонанд.

Нейтронҳои тезҳаракат аз соҳаи фаъоли реактор, яъне аз милаҳо баромада мераванд ва барои ба амал омадани реаксияи занҷирӣ шумораи нейтронҳо кифоягӣ намекунанд. Бинобар ин, барои оғоз гардидани реаксияи занҷирӣ суръати нейтронҳоро суст намуда, баромадани онҳоро аз соҳаи фаъоли реактор маҳдуд кардан зарур мебошад.

Барои суст кардани суръати нейтронҳо об истифода бурда мешавад. Нейтронҳо аз милаҳо баромада ба об афтида, бо ядроҳои атомҳои гидрогену оксиген бархӯрда, ба онҳо қисми энергияи кинетикиашонро дода, суръаташонро суст менамоянд. Дар натиҷа об гарм мешавад. Барои аз соҳаи фаъоли реактор набаромадани нейтронҳо он бо экрани нейтронҳоро хеле хуб инъикоскунандаи 3 печонида мешавад. Баъди ин дар реактор реаксияи занҷирии порашавии уран  $^{235}_{92}\text{U}$  ба амал меояд.

Агар шумораи нейтронҳои сустҳаракаткунанда дар соҳаи фаъоли реактор ба тартиб дароварда нашавад, таркиши ядрой ба амал омаданаш мумкин аст.

Идора намудани реаксияи занҷирӣ бо ёрии милаҳои нейтронҳоро хеле хуб фурубарандаи 4 (аз кадмий ё пулоди борӣ сохташуда) амалӣ карда мешаванд.

Ин милаҳоро қисман ё пурра ба соҳаи фаъоли реактор дохил намуда, шумораи нейтронҳо ва мувофиқан суръати порашавии ядроҳои изотопи  $^{235}_{92}\text{U}$  ба тартиб дароварда мешавад. Дар мавриди якбора афзудани суръати реаксия милаи садамавии 5-ро ба соҳаи фаъоли реактор дохил намуда, реаксияи занҷирӣ таъҷили қатъ

Барои аз соҳаи фаъоли реактор набаромадани сели нейтронҳо ва  $\gamma$ -нурҳо онро бо зирехи аз моддаи нейтронхоро инъикоскунанда ва  $\gamma$ -нурхоро фурубаранда сохташудаи б мепечонанд.

Дар натиҷаи порашавии ядроҳои уран  $^{235}_{92}\text{U}$  гайр аз нейтронҳо шумораи хеле зиёди ядропораҳо чундо мешаванд ва онҳо ба воситаи об гузашта, онро то ҳарорати баланд гарм мекунанд.

Оби гармшуда ба воситаи насос аз рӯйи контури аз реактор, лӯлаҳо ва гармиивазкунанда иборатбуда ба ҳаракат дароварда мешавад. Оби гармшуда дар гармиивазкунанда оби дар контури дуюм гардишкунандаро гарм мекунад. Ҳамин тариқ, об ҳам нейтронҳои тезгардро суст мегардонад ва ҳам гармиро нақл менамояд.

Дар контури дуюм об аз ҳисоби гармии қабул кардашуда ба бӯғи фишораш баланд табдил меёбад.

Энергияи дар реакторҳои ядрой чундошударо барои истехсоли энергияи электрикӣ истифода мекунанд.

Нерӯгоҳҳои барқи атомӣ (НБА) аз рӯйи амали кори худ нерӯгоҳҳои ҳароратие мебошанд, ки дар онҳо генераторҳои электрикӣ бо ёрии турбинаҳои бӯғӣ ба ҳаракат дароварда мешаванд.

Фарқи он аз нерӯгоҳҳои барқии ҳароратии муқаррарӣ аз он иборат аст, ки дар он бӯғи фишораш баланд аз ҳисоби энергияи дар реакторҳои ядрой чундошуда ҳосил карда мешавад.

Дар ҳақон якумин нерӯгоҳи барқии атомӣ соли 1954 таҳти роҳбарии олими намоёни шӯравӣ И. В. Курчатов сохта шуда буд, ки тавоноии он 5 МВт-ро ташкил менамуд. Реакторҳои мавҷуданд, ки бо таъсири нейтронҳои тезҳаракат кор мекунанд. Дар ин гуна реакторҳо ба сифати сӯзишвории ядрой йзотопи уран  $^{235}_{92}\text{U}$  истифода бурда мешавад. Дар ин изотопи уран ба вучуд омадани реаксияи занҷирӣ имконнопазир аст. Аммо ин изотопро ба изотопи плутоний  $^{239}_{94}\text{Pu}$  табдил додан мумкин аст, ки дар он реаксияи занҷирии порашавии ядроҳо имконпазир аст.

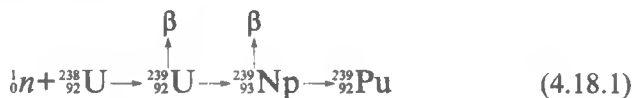


**Игор Василевич Курчатов (1903–1960)** – физики барҷастаи шӯравӣ ва ташкилотчии илм, се қарат Кахрамони меҳнати сотсиалистӣ.

Аз соли 1943 Курчатов роҳбари проблемаи атомӣ буд. Таҳти роҳбарии ӯ нахустин реактори атомии Аврупо (1946) ва нахустин бомбаи атомии шӯравӣ (1949) сохта шуд. Тадқиқотҳои аввалини Курчатов ба омӯзиши диэлектрикҳо (сегнетоэлектрикҳо), реаксияҳои ядроии бо нейтронҳо ҷоришаванда, радиоактивияти сунъӣ тааллуқ доштанд.



Реаксияи табдилёбии урани  $^{238}_{92}\text{U}$  ба изотопи плутоний  $^{238}_{92}\text{Pu}$  аз рӯйи нақшаи зерин ба амал меояд:



Яъне ядрои изотопи уран  $^{238}_{92}\text{U}$  нейтрони тезҳаракатро фуру бурда, ба изотопи  $^{239}_{92}\text{U}$  табдил меёбад. Баъд аз 23 дақиқа ядрои изотопи  $^{239}_{92}\text{U}$   $\beta$ -зарра афканда, ба изотопи нептуний  $^{239}_{93}\text{Np}$  мубаддал мегардад. Пас аз 2–3 шабонарӯз як қисми ядроҳои изотопи  $^{239}_{93}\text{Np}$   $\beta$ -зарра афканда, изотопи плутоний  $^{239}_{94}\text{Pu}$  ҳосил менамоянд.

Реаксияи табдилёбии изотопи уран ба изотопи плутоний  $^{239}_{94}\text{Pu}$  дар реакторҳои махсус, ки реакторҳои афзоишӣ ном доранд, ба амал оварда мешавад.

Ҳамин тариқ, дар давоми кори реакторҳои афзоишӣ изотопи уран  $^{238}_{92}\text{U}$  ба сӯзишвории ядроии нав – изотопи плутоний  $^{239}_{94}\text{Pu}$  табдил меёбад. Баъди якчанд соли кори реактор миқдори сӯзишвории ядрой дучанд зиёд мегардад.

Якумин реактори афзоиширо бо нейтронҳои тезҳаракат дар собик Иттиҳоди Шӯравӣ соли 1956 дар шаҳри Обнинск сохта буданд.

Соли 1962 чунин реакторро дар Иёлоти Муттаҳидаи Амрико сохтанд.

Ҳоло дар шаҳрҳои Шевченко ва Белоярски Русия нерӯгоҳҳои барқии атомӣ бо реакторҳои афзоишии тавононашон мувофиқан 1000 МВт ва 600 МВт кор карда истодаанд.

Нерӯгоҳҳои барқии атомӣ нисбат ба дигар намудҳои нерӯгоҳҳои барқӣ афзалиятҳои зерин доранд:

1) онҳо аз ҷиҳати экологӣ хеле "тоза" мебошанд. Ҳангоми дуруст истифодабарии онҳо ба атмосфера ва об ягон хел партовҳо (на радиоактивӣ ва на гайрирадиоактивӣ) партофта намешавад;

2) ҳангоми кори нерӯгоҳи барқии атомӣ ба миқдори ночиз сӯзишвории атомӣ истифода бурда мешавад.

Ҳангоми босаводона истифода бурдани НБА онҳо тамоман беҳатаранд. Баъди садамаи НБА Чернобил (соли 1986) дар сохтмони НБА барои ба вучуд наомадани садама ва баланд нагардидани дараҷаи радиоактивнокӣ дар минтақаи НБА-ро ихотакунанда талаботҳои махсус муқаррар карда шуд. Сохтмони НБА дар минтақаҳои сейсмикӣ ва наздикии шаҳрҳои калон манъ карда шудааст.

Аз ҳамаи намудҳои гуногуни энергия, барои ба энергияи барқӣ табдил додан, энергияи атомӣ аз ҷиҳати иқтисодӣ хеле бартарӣ дорад ва аз ҷиҳати экологӣ "тоза" мебошад.

Барои беҳатарии НБА онҳо бояд муҳофизати мустаҳкам дошта бошанд ва онҳоро одамони тайёрии касбии баланддошта идора намоянд.

1. Реактори атомӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Чанд намуди реакторхоро аз ҳамдигар фарқ мекунад?
3. Нақшаи реактори атомиро кашада, тарзи кори онро маънидод намоед.
4. Дар реактори ядрои реаксияи занҷирӣ чӣ тавр идора карда мешавад?
5. Энергияи дар реактори ядрои ҷудошударо бо кадом мақсад истифода мебаранд?
6. Принсипи кори нерӯгоҳҳои электрикии атомиро фаҳмонед ва аввалин бор кай ва кӣ онро сохта буд?
7. Нерӯгоҳҳои электрикии атомӣ нисбати дигар нерӯгоҳҳои электрикӣ чӣ гуна афзалиятҳо доранд?

#### 4.19. Як шудани ядроҳои сабук

Маълум шуд, ки реаксияи занҷирӣ манбаи энергия ба шумор меравад ва ҳангоми порашавии як ядрои изотопи уран  ${}_{92}^{235}\text{U}$ ,  $33,28 \cdot 10^{-12}\text{Ч}$  энергия ҷудо мешавад.

Ҷудошавии энергия ҳангоми як шудани ядроҳои сабук низ ба вучуд меояд.

Ҳангоми ҳосилшавии ядрои гелий дар реаксияи якшавии ядроҳои гидроген,  $4,16 \cdot 10^{-12}\text{Ч}$  энергия ҷудо мешавад.

Барои ин мавридҳо мувофиқан ба ҳар як нуклон энергияи зерин мувофиқ меояд:

$$E_1 = \frac{33,28 \cdot 10^{-12}\text{Ч}}{235} = 0,14 \cdot 10^{-12}\text{Ч};$$

$$E_2 = \frac{4,16 \cdot 10^{-12}\text{Ч}}{4} \approx 1,035 \cdot 10^{-12}\text{Ч};$$

Ҳамин тариқ, реаксияи як шудани ядроҳо аз ҷиҳати энергетикӣ нисбат ба реаксияи порашавии ядроҳо фоидаовар мебошад.

Реаксияҳои якшудани ядроҳои сабук танҳо дар ҳароратҳои баланд ба амал меоянд. Бинобар ин, онҳоро реаксияҳои термойдрои меноманд.

**Реаксияҳои як шудани ядроҳои сабукро дар ҳароратҳои баланд реаксияҳои термойдрои меноманд.**

Барои ба вучуд овардани реаксияи як шудани ядроҳои сабук зарур аст, ки ядроҳо қувваҳои пуққуввати таладиҳии қулонино бафтагаф намуда, то масофаи  $10^{-15}\text{м}$  ба якдигар наздик шаванд. Ин гуна наздикшавии ядроҳоро дар плазмаи гидрогении ҳарораташ ба якчанд миллион дараҷа ба робарбабада ба амал овардан мумкин аст.

Реаксияи термойдрои аввалин дар бомбаи гидрогени ба вучуд оварда шуда буд.

Дар он ҳангоми якшудани ядроҳои изотопҳои гидроген  ${}^2_1\text{H}$  (дейтерий) ва  ${}^3_1\text{H}$  (тритий) ядрои гелий  ${}^4_2\text{He}$  ҳосил карда шуда буд:



Дар бомбаҳои гидрогенӣ реаксияи термойдрои ба амаломеда идорашаванда мебошад.

Барои амалӣ гардидани реаксияҳои термойдрой ҳосил кардани ҳарорати  $10^8 \text{ K}$  ва нигоҳ доштани он зарур мебошад. Инчунин дар ин ҳарорат плазмаи газиро дар ҳаҷми додашуда нигоҳ доштан зарур аст. Барои нигоҳ доштани плазмаи баландҳарорат ҳеҷ гуна девори моддӣ қор намеояд, чунки дар чунин ҳарорат он бухор мешавад. Нигоҳдории плазма ба воситаи майдони магнитӣ ба амал бароварда мешавад. Яке аз дастгоҳҳои беҳтарин барои тадқиқи идорашавандагии реаксияҳои термойдрой дар замони ҳозира дастгоҳи намуди "Токамак" ба шумор меравад.

Дар дастгоҳи "Токамак" барои ҳосил кардани плазмаи баландҳарорат разряди электрикӣ пурқувват ва барои нигоҳ доштани он майдони магнитӣ истифода бурда мешавад.

Дар "Токамак" плазма дар камераи тороидии 1 (расми 4.19.1), ки бо дейтерийи фишораш паст пур карда шудааст, ҳосил карда мешавад. Камераи тороидӣ печаи дуҷуми трансформатори импульсӣ ба шумор меравад.

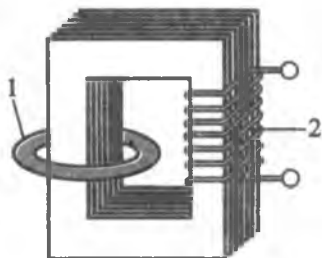
Печаи дуҷуми трансформатор 2 ба батареяи конденсаторҳои ғунҷоишаш қалон пайваस्त карда мешавад.

Ҳангоми разряди батареяи конденсаторҳо ба воситаи печаи якуми трансформатор дар камераи тороидӣ майдони электрикӣ вихрӣ (гирдпеч) ба амал меояд, ки он гази мавҷударо ионизатсия намуда, импульси пурқуввати ҷараёни электрикӣ ба вучуд меорад.

Дар натиҷа плазмаи ҳарораташ даҳҳо миллион дараҷа ҳосил мешавад. Майдони магнитӣ ҷараёни электрикӣ ҳосилшуда электронҳо ва ионҳоро дар сутуни плазмагӣ нигоҳ медорад ва тамоси онҳоро ба деворҳои камера барҳам мезанад.

Қайд кардан лозим аст, ки дар дастгоҳи намуди "Токамак-10" плазмаи баландҳарорат то фосилаи 0,06 с нигоҳ дошта шуд ва дар муддати вақти аз ин камтар реаксияи термойдрои ҳосилшавии гелий дар камераи тороидалӣ ба вучуд оварда шуд.

Дар замони ҳозира олимони баҳри зиёд намудани вақти мавҷудияти реаксияҳои термойдрой кушишҳои зиёде карда истодаанд. Ҳоло барои ҳосил кардани реаксияҳои термойдрой аз дастгоҳҳои лазерӣ истифода бурда, тадқиқотҳо гузаронида истодаанд. Амалӣ гардидани реаксияҳои термойдрои идорашаванда



барои инсоният манбаи хамеша мавҷудбудаи энергияро ба вучуд меорад, чунки миқдори дейтерий дар таркиби оби уқёнусҳо ниҳоят калон аст ва ҳосил кардани он хеле осон ва арзон мебошад.

Бартариҳои дигари реаксияҳои термойдрои нисбат ба реаксияҳои тақсимшавӣ набудани партовҳои радиоактивӣ ба шумор меравад.

Реаксияҳои термойдрои дар протсессҳои дар қайҳон гузаранда роли калон мебозанд. Энергияи афканишоти офтобу ситораҳо натиҷаи реаксияи термойдрои мебошад.

Мувофиқи тасаввуротҳои ҳозира баъд аз «Таркиши бузург» ҳарорати олам то 6 миллиард дараҷа паст мешавад, омехтаи электронҳо ва зарраҳои дигар ба вучуд меояд.

Дар натиҷаи бархӯрди зарраҳо чуфти фотонҳо ба амал меояд ва аз бархӯрди фотонҳо чуфти электрони позитронҳо ва баъдтар нуклонҳо ба вучуд омадаанд. Аз нуклонҳои ба вучудомада ядроҳои сабуки гидроген, гелий ва элементҳои кимиёии боқимонда ҳосил гардидаанд.

Гидроген ва гелийи ҳосилшуда плазмаи гидрогенӣ – гелийгии баландҳароратро ба вучуд овардаанд, ки онро астрономҳо ба қайд гирифтаанд. Баъди ба вучуд омадани плазмаи тафсонаи гидрогенӣ – гелийгӣ муҳити барои фотонҳо шаффоф гашт ва онҳо ба фазои олам нурафканиро ба вучуд оварданд.

Дар натиҷаи ин гуна реаксияҳои термойдрои энергия хориҷ мешавад, ки афканишоти ситораҳоро дар давоми миллиардҳо сол таъмин мегардонад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом вақт якшудӣ ядроҳои сабук ба амал меояд?
2. Чӣ гуна реаксияҳои реаксияи термойдрои меноманд?
3. Аввалин реаксияи термойдрои дар кучо ба вучуд оварда шуда буд?
4. Реаксияи термойдрои дар бомбаҳои гидрогенӣ ба вучуд овардашударо навишта, маънидод намоед.
5. Дастгоҳи намуди «Токамак» чӣ гуна дастгоҳ аст ва аз он бо кадом мақсад истифода мебаранд?
6. Дар бораи кӯшишҳои, ки баҳри идорашавандагии реаксияҳои термойдрои карда мешаванд, маълумот диҳед.
7. Реаксияҳои термойдрои дар протсессҳои қайҳонӣ чӣ гуна нақш мебозанд?

### 4.20. Зарраҳои элементарӣ\*

Дар физикаи муосир фаҳмиши «Зарраи элементарӣ» барои ифодаи зарраҳои хурдтарини материя, гайр аз ядроҳои адади массавиашон  $A \geq 2$ , истифода бурда мешавад.

Истилоҳи "Зарраҳои элементарӣ" ба сифати номи гуруҳи хурдтарин зарраҳо истифода машавад.

Ба ин гуруҳи зарраҳои асосӣ - фотон, протон, нейтрон, электронҳо ( $e^-$ ,  $e^+$ ), мю-мезонҳо ( $\mu^+$ ,  $\mu^-$ ), пӣ - мезонҳо ( $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ ), се навъ нейтрино (электронӣ  $\nu_e$ , мюонӣ  $\nu_\mu$ ) ва нейтринои бо лептони вазнин ном зарра алоқаманд ( $\nu_\tau$ ) зарраҳои аҷиб ( $K$  - мезонҳо ва геперонҳо), резонансҳо,  $\psi$  - зарраҳо, ипсилон - зарраҳо ( $\Upsilon$ ) ва лептонҳои вазнин ( $\tau^+$ ,  $\tau^-$ ) дохил мешаванд.

То охири асри XIX атомҳоро зарраҳои тақсимнашавандаи элементарӣ ҳисоб мекарданд. Боз яке аз зарраҳои элементарӣ электрон ҳисоб карда мешуд, ки он соли 1897 кашф гардида буд.

Соли 1911 ядроӣ атом, соли 1919 протон кашф карда шуд ва муқаррар гардид, ки протонҳо дар таркиби ядроӣ атом мавҷуданд. Соли 1932 нейтрон кашф карда шуд ва массаи он андаке аз массаи протон зиёдтар мебошад.

Муқаррар гардид, ки дар ҳолати озод нейтрон ноустувор буда, мавҷудияти он 15 дақиқа мебошад.

Соли 1932 маълум карда шуд, ки ядроӣ атом аз протону нейтронҳо иборат аст ва шумораи электронҳои дар атрофи ядро даврзананда ба шумораи протонҳо дар ядро баробар мебошад.

Ҳамин тариқ, атом ва ядроро мутаҳидии одии се зарраи элементарӣ ҳисоб кардан мумкин аст. Ғайр аз ин, боз се зарраи дигар маълум аст. Яке аз онҳо фотонҳо мебошанд, ки дар ҷараёни гузаришҳои энергетикӣ электрон атомҳо меафкананд. Дутои дигарашон нейтрино ва позитрон мебошанд, ки дар ҷараёни  $\beta$ -афканишот ядро мебарорад. Дар бораи ин се зарра гуфтан мумкин нест, ки онҳо ба таркиби атом ё ядроӣ он тааллуқ доранд, чунки онҳо танҳо дар лаҳзаи афканишоти ядро ё атом ба вуҷуд меоянд.

Дар замони ҳозира шумораи зарраҳои элементарӣ хеле зиёданд (зиёда аз 350-то). Дар ҷадвали 4.20.1 тавсифҳои баъзе зарраҳои элементарӣ оварда шудааст.

Ҷадвали 4.20.1

Зарра	Аломат	Массаи оромӣ	Заряд
Электрон	$e$	$m_e$	-1
Протон	$p$	$1836,1 m_e$	+1
Нейтрон	$n$	$1838,6 m_e$	0
Нейтрин	$\nu$	$< 10^{-4} m_e$	0
Фотон	$\gamma$	0	0

Зарраҳои элементарӣ массаи хеле хурд доранд. Массаи аксарияти онҳо аз массаи нейтрон ва андозаашон аз  $10^{-15}$  м хурд мебошад.

Солҳои 70-ум зарраҳои кӯтоҳумр, ки  $10^{-22}$ – $10^{-23}$  с умр доранд – резонансҳо кашф карда шуданд ва шумораи онҳо аз 200-то зиёд мебошад.

Физикаи зарраҳои элементариро физикаи энергияи баланд меноманд, чунки барои ҳосил намудани ин зарраҳо нурҳои кайҳонӣ

ё суръатфизоҳои зарраҳои энергияи баланддошта истифода бурда мешаванд.

Зарраҳои элементариро ба гуруҳҳои зерин тақсим кардан мумкин аст:

1) фотонҳо,  $\gamma$ -квантҳои майдони электромагнитӣ;

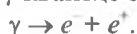
2) лептонҳо, ки ба онҳо электронҳо ( $e^-$ ,  $e^+$ ), мюонҳо ( $\mu^-$ ,  $\mu^+$ ) ва нейтрино тааллуқ доранд;

3) мезонҳо, ки ба онҳо ( $\pi^+$ ,  $\pi^0$ ,  $\pi^-$ ) ва ( $k^+$ ,  $k$ ,  $k^0$ ) – мезонҳо тааллуқ доранд. Массаи мезонҳо ба (300–1000)m, баробар буда, вақтимавҷудиягашон  $10^{-8}$  с аст;

4) барионҳо, ки ба онҳо протон, нейтрон ва лямбда гиперон ( $\lambda$ ) сигма гиперонҳо ( $\Sigma^+$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Sigma^-$ ), кси гиперонҳо ( $\Xi^+$ ,  $\Xi^0$ ) ва омега минус гиперон  $\Omega^-$  тааллуқ доранд. Массаи гиперонҳо аз массаи нуклонҳо калон мебошад. Масалан, массаи омега минус гиперон  $\Omega^-$  аз массаи электрон 3273 маротиба зиёд аст. Ғайр аз протон дигар ҳамаи барионҳо ноустуворанд.

Қайд кардан лозим аст, ки дар микроолам ба ҳар як зарра антизарра мувофиқ меояд.

Антизарраи аввалин – позитронро (антиэлектрон) соли 1931 ба таври назариявӣ физики англис П. Дирак пешгӯӣ намуд ва соли 1932 физики амрикоӣ К.Д. Андерсон ҳангоми расмирии треки зарраҳои кайҳонӣ дар камераи Вилсон кашф намуд. Треки он ба треки электрон монанд буд, аммо ба тарафи муқобил қач гардида буд ва он аз аломати мусбат доштани заряди электрикӣ шаҳодат меод. Кашфи позитрон хеле мароқангез буд. Соли 1933 ҳодисаи ба вучудоии позитронро электрон ҳангоми таъсири мутақобили  $\gamma$ -квантҳо бо модда кашф гирдид:

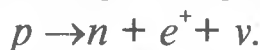


Дар расми 4.20.1 чараёни тавлиди чуфти электрону позитрон аз тарафи  $\gamma$ -квант дар лавҳаи сурбӣ (кӯргошимӣ) тасвир ёфтааст. Чӣ тавре, ки аз ин расм дида мешавад, ин чуфти зарраҳо дар камераи Вилсон дар майдони магнитӣ изи ба худ хоси душоха мегузорад.

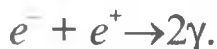
Қачи яқхела доштани изи зарраҳо аз массаи баробар ва ба тарафҳои муқобил майл кардани онҳо аз зарядҳои электрикии аломаташон муқобил доштани онҳо шаҳодат медиҳад.

Соли 1934 аз тарафи баъзе ядроҳои радиоактив афкандани позитрон ба қайд гирифта шуд.

Баъдтар муқаррар карда шуд, ки аз тарафи ядроҳои радиоактив афканиши позитрон бо коҳиши протони ядро ба нейтрон вобаста аст:



Дирак ба таври назариявӣ пешгӯӣ намуд, ки ҳангоми бо электрон вохӯрдани позитрон бояд ин зарраҳо ба ду фотон тақдир ёбанд:



Протсеси таъсисёбии чуфти электронӣ – позитронӣ ба пуррагӣ солҳои 1934–1935 аз ҷониби физики фаронсаӣ Ф. Жолио омӯхта шудааст ва мувофиқи он  $\gamma$ -фотони энергияи  $h\nu \geq 1,02$  МэВ аз назди ядро атом парвоз намуда, таҳти таъсири майдони



ядро ба ҷуфти зарраҳои элементарӣ - электрон ва позитрон табдил ёфта, мавҷудияти худро қатъ мегардонад.

Ҳақиқатан ҳам, баъди ихтирои позитрон ин ҳодиса кашф гардид ва онро аннигилятсия (аз лотинӣ *annihilatio* – маъх шудан) номиданд.

Ҳодисаи аннигилятсия сабаби дар Замин мавҷуд набудани позитрон мебошад. Позитрон дар баробари пайдоиши худ бо электрон вохӯра, ба ду фотон табдил меёбад.

Мувофиқи назарияи П. Дирак бояд протон дугоники худро бо заряди манфӣ дошта бошад ва ба он антипротон ном гузошт. Соли 1955 физикони амрикоӣ Э. Сегре ва О. Чемберлен антипротонҳоро кашф намуданд. Баъди як соли кашфи антипротон антинейтрон кашф карда шуд.

Азбаски позитрон ва антипротон зарраҳои устуворанд, бинобар ин, мавҷудияти антимодда имконпазир аст.

Ядрои атоми антимодда аз антипротонҳо ва антинейтронҳо, чилди он аз позитронҳо иборат аст. Антиядрои аввалин – антидейтерий соли 1965, ядрои антигелий соли 1969, антитритий соли 1974 ҳосил карда шуданд. Ядрои антитритий аз як антипротон ва ду антинейтрон иборат мебошад.

Ҳангоми аннигилятсияи зарраҳо ва антизарраҳои вазнин  $\gamma$ -квантҳо не, балки зиёдтар зарраҳои сабук ҳосил мешаванд.

Ҳангоми аннигилятсияи моддаю антимодда энергияи оромӣ ба энергияи кинетикии зарраҳои ҳосилгардида ( $\gamma$ -квант) табдил меёбад. Энергияи оромӣ дар кайҳон манбаи бузургтарини энергия мебошад ва танҳо ҳангоми аннигилятсия ҷудо шуда, ба навъҳои дигари энергия табдил меёбад. Бинобар ин, антимодда манбаи мукаммалтарини энергия ба шумор меравад. Мумкин аст, ки инсоният ба истифодаи он кодир гардад.

Солҳои 60-ум шумораи зарраҳои элементарии кашфгардида хеле афзуданд ва доир ба элементарӣ будани онҳо шубҳа пайдо гардид.

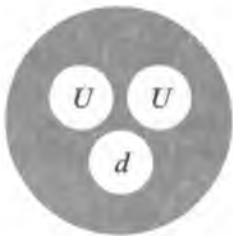
Соли 1964 физикон М. Гелл-Манн ва Ч. Свейг модели пешниҳод намуданд, ки мувофиқи он ҳамаи зарраҳои дар таъсири ҳамдигарии пурзӯр иштироккунанда аз се зарраҳои асоситар (ибтидоӣ) – кваркҳо бунёд ёфтаанд. Ҳоло шаш кваркҳо маълуманд ва ҳар яки онҳо антикварк доранд. Инҳо  $u$ ,  $c$ ,  $t$ ,  $d$ ,  $s$ ,  $b$ -кваркҳо мебошанд. Кваркҳо заряди электрикии хиссагӣ доранд.

$u$ ,  $c$ ,  $t$ -кваркҳо заряди  $+2/3e$  ва  $d$ ,  $s$ ,  $b$ -кваркҳо зарядҳои якхелаи ба  $-1/3e$  ( $e$  – модули заряди электрон) баробар доранд. Протон аз ду  $u$ -кварк ва якто  $d$ -кварк (расми 4.20.2), нейтрон аз якто  $u$ -кварк ва дуто  $d$ -кварк (расми 4.20.3) ташкил ёфтааст.

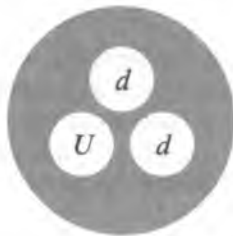
Модели кваркии ядроҳо дар таҷрибаҳо оид ба пароканиши электронҳо дар протонҳою нейтронҳо тасдиқ гардид.

Антизарраҳо аз антикваркҳо иборат мебошанд.

Ҷустуҷӯҳои бисёрқаратаи кваркҳои озод дар суръатфизоҳои



Расми 4.20.2



Расми 4.20.3

аксарияти мутахассисон ҳисоб мекунанд, ки кваркҳо дар ҳолати озод вучуд надоранд.

Мумкин аст, ки массаи кваркҳо хеле бузург буда, дар нуклонҳо ниҳоят мустаҳкам ҷойгиранд ва иқтидори суръатфизоҳи ҳозира барои ба кваркҳои алоҳида ҷудо кардани нуклонҳо басанда нестанд.

Ҳисобкунӣҳо нишон медиҳанд, ки барои ба масофаи 3 см аз протон дур кардани якто кварк энергияи  $1,6 \cdot 10^6$  Ҷ зарур аст. Андозаи кваркҳо аз  $10^{-18}$  м зиёд нест, яъне андозаи кваркҳо аз андозаи протон 1000 маротиба хурд аст.

Таъсири мутақобили кваркҳо ба воситаи зарраҳои махсус – глюонҳо ба вучуд меоянд. Глюон аз калимаи англисӣ glue гирифта шудааст ва маънои ширеш, елимро дорад. Чун фотонҳо глюонҳо заряди электрикӣ ва массаи оромӣ надоранд.

Глюонҳо чун кваркҳо дар ҳолати озод вучуд дошта наметавонанд ва бар ҳилофи фотонҳо байни ҳамдигар таъсири мутақобил менамоянд.

Ҳамин тариқ, маълум гардид, ки дар солҳои охир физикаи зарраҳои элементарӣ ба қомебиҳои қалон соҳиб гардидааст.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна зарраҳоро зарраҳои элементарӣ меноманд?
2. Атом аз чӣ гуна зарраҳои элементарӣ иборат аст?
3. Дар бораи тавсифҳои зарраҳои элементарӣ – электрон, протон, нейтрон, нейтрино, фотон маълумот диҳед.
4. Резонансҳо чӣ гуна зарраҳои элементарӣанд?
5. Антизарраҳо чӣ гуна зарраҳоянд ва доир ба тавсифҳои онҳо маълумот диҳед.
6. Аннигилятсия гуфта, чӣ гуна ҳодисаро меноманд?
7. Антимодда гуфта, чиро меноманд ва он чӣ гуна сохт дорад?
8. Аз антимоддаҳо дар оянда бо қадом мақсадҳо истифода бурдан мумкин аст?
9. Кваркҳо чӣ гуна зарраҳоянд ва аз онҳо қадом зарраҳои элементарӣ бунёд ёфтаанд?
10. Глюонҳо чӣ гуна зарраҳоянд?



## 4.21. Табдилоти зарраҳои элементарӣ\*

Зарраҳои элементарӣ робитаи хуби байниҳамдигарӣ доранд. Масалан, пайдоиши фотон ба гузариши атом аз ҳолати бедоршуда ба ҳолати статсионари энергияш хурд алоқаманд аст.

Яке аз хосиятҳои асосии зарраҳои элементарӣ ба ҳамдигар табдилёбии онҳо ба шумор меравад.

Ҳангоми  $\beta$ -афканишот аз ядро электрон афканда мешавад. Аммо дар ядро электрон вучуд надорад. Ин электрон дар натиҷаи дар дохили ядро  $\beta$ -радиоактив ба протону электрон табдил ёфтани яке аз нейтронҳо ба вучуд меояд. Ҳангоми ин табдилёбӣ протон дар ядро мемонаду электрон ба берун парида мебарояд. Ҳангоми ин табдилёбӣ аз ядро электронҳои энергияшон гуногун хориҷ мешаванд, вале ядроҳои нави бавучудода маҷмӯаи якхелаанд.

Гӯё дар ин ҳодиса қонуни асоситарини физика – қонуни бақои энергия ҷой намешавад. Ҳисобкуниҳо нишон доданд, ки энергияи ядро ибтидоӣ ба суммаи энергияи ядро наву зарраи тавлидёфта баробар намешавад. Барои бартараф намудани ин душворӣ физики швейтсарӣ В. Паули фарзияе пешниҳод намуд, ки мувофиқи он ҳангоми табдили нейтрон ҳамроҳи протону электрон зарраи "ноаён"-е тавлид меёбад, ки энергияи норасоро бо худ мебарад. Ин зарраро асбобҳо ба қайд намегиранд, чунки он зарраи электрикӣ надорад. Ин зарраро Ферми нейтрино номида буд, ки маънои "нейтронча"-ро дорад.

Массаи оромии нейтрино, чуноне ки Паули пешгӯӣ карда буд, ба сифр баробар аст, яъне нейтрино ором вучуд надорад. Баробари пайдо гардидани нейтрино бо суръати рушнӣ ҳаракат мекунад.

Кураи Замин барои нейтрино назар ба шишаи хубтарин барои рушнӣ шаффофттар аст.

Дар қатори нейтрино  $\nu$  антинейтрино  $\bar{\nu}$  мавҷуд аст, ки ҳангоми қоҳиши нейтрон ба протону электрон маҳз антинейтрино афканда мешавад:



Энергияи нейтрон аз энергияи протону электрон зиёд аст. Энергияи зиёдатири антинейтрино мебарад.

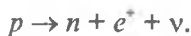
Ҳангоми ба протон бархӯрдани антинейтрино позитрон ва нейтрон ҳосил мегардад:



Эҳтимолияти ин қараён аз сабаби қобилияти гузаронандагии бениҳоят бузург доштани антинейтрино хурд аст. Дар мавриди хеле зиёд будани антинейтрино ба ошкор гардидани он умед доштан мумкин аст. Миқдори хеле зиёди антинейтрино ҳангоми қори реакторҳои атомӣ тавлид меёбад, чунки ҳангоми пора шудани ядроҳои уран ядропораҳои зиёди  $\beta$ -радиоактиви кӯтоҳумр ташкил меёбад.

Соли 1965 дар Иёлотҳои Муттаҳидаи Амрико зимни таҷриба мавҷудияти антинейтрино ба қайд гирифта шуд.

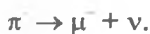
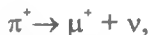
Протон зарраи устувор мебошад, аммо аз ҳисоби энергияи дохили ядро як позитрон ва як нейтрино бароварда, ба нейтрон табдил меёбад:



Ин гуна табдилёбӣ дар беруни ядро имконнопазир аст, чунки массаи протон нисбат ба массаи зарраҳои тавлидшаванда хурд аст.

Ба табдилёбӣ ҳамаи зарраҳои элементарӣ дучор мегарданд.

Ҳангоми коҳиши  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ -мезонҳо мюонҳо ва нейтрино ҳосил мешавад:



Ҳангоми коҳиши  $\pi^0$ -мезон ду  $\gamma$ -квант ба вуҷуд меояд:



Қайд кардан лозим аст, ки табдили нейтрон ва зарраҳои дигар ба қисмҳои таркибӣ тақсим шудани системаи мураккаб набуда, табдилёбӣ дар олами зарраҳои элементарӣ мебошад. Табдили зарраҳои аломати элементарӣ набудани онҳо ба шумор намеравад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ҳангоми табдилёбии нейтрон кадом зарраҳо ҳосил мешаванд? Ҳангоми табдилёбии протон чӣ?
2. Нейтрино чӣ гуна зарра мебошад ва он кай тавлид меёбад?
3. Антинейтрино чӣ гуна зарра аст ва кай тавлид меёбад?
4. Ҳангоми коҳиши  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ -мезонҳо кадом зарраҳо тавлид меёбанд?

## 4.22. Нурҳои кайҳонӣ

Нурҳои кайҳониро соли 1912 физики австриягӣ В. Гесс кашф карда буд.

Нурҳои кайҳонӣ аз сели ядроҳои атомие (асосан аз протонҳою  $\alpha$ -зарраҳо), ки аз фазои кайҳон ба атмосфераи Замин бо суръатҳои калон меоянд, иборат аст ва онро нурҳои кайҳонии аввала меноманд.

Таъсири мутақобили ин ядроҳо бо ядроҳои атомҳои дар таркиби ҳаво буда ядроҳои нав ва зарраҳои элементарии гуногун ба вуҷуд меоранд ва сели онҳоро нурҳои кайҳонии баъдина меноманд. Нурҳои кайҳонии авваларо атмосфераи Замин қариб ба пуррагӣ фуру мебарад ва ба сатҳи Замин асосан нурҳои кайҳонии баъдина омада мерасанд. Дар таркиби нурҳои кайҳонӣ қариб ҳамаи зарраҳои элементарӣ мавҷуданд.

Бавучудоии нурҳои кайҳонӣ то ҳол аниқ нагардидааст. Як қатор фарзияҳо мавҷуданд ва дар байни онҳо беҳтаринаш фарзияи В.Л. Гинзбург ва И. С. Шкловский ба шумор меравад, ки мувофиқи он нурҳои кайҳонӣ ҳангоми таркиши ситораҳои навтарин ба вучуд меоянд.

Қисми зиёди нурҳои кайҳонӣ ба сӯйи Замин аз қаъри галактика ва қисми дигараш аз Офтоб меоянд.

Ҳангоми таъсири мутақобили зарраҳои нурҳои кайҳонии аввала бо атоми ҳаво қариб ҳамаи зарраҳои элементарӣ тавлид меёбанд. Дар байни онҳо нақши асосиро  $\pi$ -мезонҳо мебозанд. Нуклонҳо ва  $\pi^+$ - ва  $\pi^-$ -мезонҳои тавлидефта ба монанди зарраҳои нурҳои кайҳонии аввала бо ядроҳои атомҳои ҳаво таъсири мутақобил намуда, сели зарраҳои навро ба вучуд меоранд. Ин чараён то лаҳзаи ба  $1,6 \cdot 10^{-18}$  Ҷ баробар гардидани энергияи зарраҳо давом меёбад.

Омузиши нурҳои кайҳонӣ бо ёрии камераи ионизатсионӣ гузаронида мешавад.

Соли 1923 физики амрикоӣ Р.Э. Милликен дар майдони магнитӣ майлқунии нурҳои кайҳониро омухта, исбот намуд, ки онҳо аз сели зарраҳои заряддор иборатанд.

Дар баландии 20 км аз сатҳи баҳр интенсивияти нурҳои кайҳонӣ аз ҳама зиёд мебошад ва он ба ҳосилшавии нурҳои кайҳонии баъдина алоқаманд мебошад. Бо камшавии баландӣ интенсивияти нурҳои кайҳонӣ суст шуда меравад (бо сабаби аз тарафи атмосфераи Замин фуру бурда шудани онҳо) ва дар сатҳи Замин ба кимати минималӣ соҳиб мегардад.

Дар сатҳи Замин ба ҳисоби миёна нурҳои кайҳонӣ дар 1 сония дар 1 см<sup>2</sup>-и ҳаво 1,8 чуфт ионҳо ҳосил менамоянд.

Дар қабатҳои болоии атмосфера энергияи зарраҳои нурҳои кайҳонии аввала қариб ба  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Ҷ ва энергияи зарраҳои алоҳидаи он то  $1,6 \cdot 10^{-3}$  Ҷ мерасад, ки то ҳол зарраҳои чунин энергия доштаро дар суръатфизоҳои зарраҳои элементарӣ ҳосил накардаанд.

Ҳамин тариқ, нурҳои кайҳонӣ манбаи зарраҳои энергияшон ниҳоят баланд ба шумор мераванд. Ҳангоми таъсири мутақобили ин гуна зарраҳои баландэнергия бо модда реаксияҳои ядроии нав ба вучуд меоянд ва омузиши онҳо донишҳои моро дар бораи хосиятҳои ядроҳо ва зарраҳои элементарӣ бой мегардонанд. Махсусан аҳамияти илмии нурҳои кайҳонӣ дар ҳамин зоҳир мегардад. Қайд кардан зарур аст, ки аксарияти зарраҳои элементарӣ аввал дар таркиби нурҳои кайҳонӣ ба қайд гирифта шудаанд.

Нурҳои кайҳонии аввала асосан аз 90% протонҳо, 7%  $\alpha$ -зарраҳо ва 1% ядроҳои элементҳои хеле вазнин иборат мебошанд.

Тадқиқотҳои бо усулҳои радиоастрономӣ гузаронидашуда тасдиқ намуданд, ки нурҳои кайҳонӣ ба таври зиёд ё кам тамоми галак-

1. Нурҳои кайҳониро кӣ ва кай кашф кардааст?
2. Нурҳои кайҳонӣ аз чӣ иборатанд ва дар кучо тавлид меёбанд?
3. Нурҳои кайҳонии аввала чӣ гуна нурҳоянд?
4. Нурҳои кайҳонии баъдина гуфта, чиро меноманд?
5. Ба сатҳи Замин асосан кадом намуди нурҳои кайҳонӣ омада мерасанд?
6. Омӯзиши нурҳои кайҳонӣ бо кадом усулҳо гузаронида мешаванд?
7. Бо камшавии баландӣ камшавии интенсивияти нурҳои кайҳониро маънидод намоед.

### 4.23. Истифодаи энергияи ядрои

Дар бораи истифодаи энергияи ядрои барои ҳосил кардани энергияи электрикӣ дар нерӯгоҳҳои барқии атомӣ дар параграфи 4.18 маълумот дода шудааст.

Соҳаҳои татбиқи энергияи ядрое, ки изотопҳои моддаҳои радиоактив мефкананд, хеле васеъ мебошад.

Афканишоти радиоактивӣ барои назорати автоматӣ ва идоракунии як қатор ҷараёнҳои технологӣ (масалан, барои ченкунии ва ба тартибдорории ғафсии варақаҳои пластмассагӣ, металлӣ, резинӣ ва дигар тасмау пардаҳо), барои безараргардонии маводи доруворӣ (дар санаоти дорусозӣ) ва маҳсулоти хӯрока (дар истеҳсолоти консервабарорӣ), барои табобати баъзе касалиҳои нӯст ва касалиҳои дарунӣ (масалан, γ-нурборонкунии терапевтии варамҳои саратонӣ) ва ғайраҳо истифода бурда мешавад.

Ба воситаи изотопҳои радиоактив тухми растаниҳоро бо мақсади беҳтар намудани сабзишу ҳосилнокӣ, тезпазӣ, ба касалиҳо ва хунукӣ тобовар гардидани онҳо нурборон мекунанд.

Яке аз усулҳои истифодабарии изотопҳои радиоактив усули атомҳои нишондор ном дорад ва аз он ба таври васеъ дар тадқиқотҳои илмӣ ва фаъолияти амалӣ истифода мебаранд. Мувофиқи ин усул миқдори микроскопии изотопи радиоактивро (одатан бо хурдтарин даври нимкоҳиш) ба ягон қисми системаи тадқиқшаванда, масалан, ба хоки назди решаи растанӣ, ба ҷараёни об ё ҳаво, ба бофтаҳои организми зинда, ба рағғани молидани ҳаракатдиҳанда ва ғайраҳо дохил менамоянд. Баъд бо ёрии ҳисобкунакҳо ё бақайдгирандагони афканишоти радиоактивӣ ҷойивазкунии изотопӣ ба система дохил карда шударо мушоҳида менамоянд. Натиҷаҳои ин мушоҳидаро таҳлил намуда, доир ба ҷараёнҳои дар ин системаи тадқиқотӣ гузаранда (бо дигар усулҳои замонавӣ имконнопазир аст), маълумотҳои пурқимат гирифтани мумкин аст.



*Расми 4.23.1*

Бо ҳамин усули атомҳои нишондор ба хоки решаи растаниҳо нурии фосфордорро бо омехтаи изотопи фосфор  $^{32}\text{P}$  дохил менамоянд. Баъд ба таври даврӣ бо ёрии ҳисобкунаки афканишоти радиоактивӣ таҳлил мегузаронанд. Аз рӯи интенсивияти афканишот дар қисмҳои гуногуни растанӣ кадом вақт ба системаи решаи растанӣ дохил шудан, бо кадом суръат он дар дохили растанӣ ҳаракат менамояд, чӣ тавр дар он тақсим мегардад, чӣ тавр дар мубодилаи моддаҳои растанӣ иштирок кардани изотопи фосфор ва ғайраҳо маълумот гирифта мешаванд. Ин тадқиқотро одаган бо усули автографӣ пурра мегардонанд.

Барои ин растаниро бурида, хушк намуда, дар болои лавҳаи суратгирӣ ба муддати 20-30 соат мегузоранд. Дар натиҷаи афканишоти радиоактивии атомҳои нишондор дар лавҳаи суратгирӣ баъди мустаҳкамкунии он нақши растанӣ (радиоавтограф) ҳосил мешавад.

Ин гуна радиоавтографро барои растаниҳои гуногуни дар вақтҳои гуногун буридашуда ҳосил менамоянд.

Таҳлили қатори радиоавтографҳо ва қиматҳои интенсивияти афканишоти радиоактивии бо ёрии ҳисобкунак чен кардашуда имконият медиҳанд, ки доир ба ҳаёти аз нуриҳои фосфордор гизогирии растаниҳо маълумоти пурра ба даст орем.

Дар расми 4.23.1 радиоавтографи помидори духафтаина баъди 36 соати истеъмоли нуриҳои фосфордори радиоактивӣ бо изотопи  $^{32}\text{P}$  нишон дода шудааст. Аз ин радиоавтограф дида мешавад, ки баргҳои навтавлиди 1 ва 2 нисбат ба баргҳои барвақтии 3 ва 4 фосфорро хеле хуб фурӯ мебаранд.

Бо ёрии усули атомҳои нишондор масъалаҳо ва проблемаҳои ҳоҷагии қишлоқ, ба монанди фотосинтез, ба таври самарабахш истифодабарии нуриҳои минералӣ, элементҳои гуногунро ҳазм кардани растаниҳо, гизогирии ҳайвонҳо, ҳаракати об ва буги он дар хок, кучидани ҳашаротҳо, хӯрдашавии қисмҳои ҳаракатдиҳандаи трактору мошинҳо ва ғайраҳо бомуваффақият омӯхта мешаванд.

Барои назорати ҳалқаҳои поршени ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзи ҳароратӣ ҳалқаҳои поршенро нейтронборон намуда, дар он реакцияҳои ядрӣ ба вучуд меоранд ва дар натиҷа он радиоактив мегардад. Ҳангоми кори ҳаракатдиҳанда зарраҳои ҳалқа ба равғани молидани мегузаранд. Дар натиҷа радиоактивияти равғанро баъди муддати муайяни кори ҳаракатдиҳанда санҷида, фарсудашавии ҳалқаро муайян менамоянд.

Изотопҳои радиоактив имконият медиҳад, ки доир ба диффузияи металлҳо ва ҳаётиҳои дар печҳои домнагӣ гузаранда маълумот ба

даст оварда шавад. Барои ошкор кардани нуқсонҳои рехтаи металлҳои  $\gamma$ -афканишоти пуриктидор истифода бурда мешавад.

Изотопҳои радиоактив дар археология барои муайян кардани синни ашёҳои қадими органикӣ (чӯб, ангишти чӯб, матоъҳо ва ғайраҳо) истифода бурда мешаванд. Дар таркиби растаниҳо ҳамеша изотопи  $\beta$ -радиоактиви карбон  $^{14}\text{C}$ , даври нимкоҳишаш  $T = 5700$  сол мавҷуд мебошад. Онро нейтронҳои дар таркиби нурҳои кайҳонӣ буда ба нитрогени таркиби атмосфера таъсир намуда, ҳосил мекунад. Ин карбон бо оксиген пайваст гардида, гази карбонат ҳосил менамояд, онро растаниҳо ва ба воситаи онҳо ҳайвонҳо истифода мебаранд. Як грами карбони таркиби намунаҳои дарахти навбурида дар ҳар сония қариб 15-то  $\beta$ -зарра меафканад.

Баъди фавти организм он дигар карбони радиоактив қабул намекунад. Бо гузашти вақт дар натиҷаи коҳиши радиоактивӣ миқдори изотопи  $^{14}\text{C}$  кам шуда меравад. Миқдори карбони радиоактивро дар боқимондаи моддаи органикӣ муайян карда, синни онҳоро (то 100000 сол) муқаррар кардан мумкин аст.

Реаксияи занҷирии идоранашаванда дар бомбаҳои атомӣ ба вучуд меоянд. Дар бомбаҳои атомӣ дар натиҷаи реаксияи занҷирии идоранашаванда ба таври фаврӣ энергияи калон ҷудо гардида, таркиш ба амал меояд. Ба сифати моддаҳои радиоактив дар бомбаҳои атомӣ урани тоза  $^{235}\text{U}$  ё плутонии  $^{239}\text{Pu}$  истифода бурда мешавад. Дар бомбаҳои атомӣ ҳосил кардани андозаи бӯҳронии моддаи радиоактив дар натиҷаи якҷоякунии ду қисми моддаи радиоактивӣ андозаҳаёшон назар ба андозаи бӯронӣ хурдбуда ба амал бароварда мешавад.

Ҳангоми таркиши бомбаи атомӣ ҳарорат ба даҳҳо миллион дараҷа мерасад ва фишор якбора баланд гардида, мавҷи зарбаовари пуриктидор бо афканишоти тавоно ба вучуд меояд.

Ҳангоми таркиши бомбаи атомӣ маҳсулоти реаксияи занҷирӣ радиоактивӣ мебошад ва барои организмҳои зинда хавфи калон доранд.

Дар охири Ҷанги дуҷуми ҷаҳонӣ соли 1945 ИМА дар шаҳрҳои Хиросима ва Нагасакии Ҷопон бомбаҳои атомӣ партофт, ки то ҳоло таъсири он мавҷуд мебошад.

Дар бомбаҳои гидрогени (термоядрӣ) барои ҳосил кардани ҳарорат баланд (бахри гузаштани реаксияҳои термоядрӣ) таркиши бомбаҳои атомии дар дохили онҳо ҷойгирбуда истифода бурда мешаванд.

Дар собиқ Иттиҳоди Шӯравӣ киштии яхшикани атомӣ сохта шуда буд, ки аз ҳисоби энергияи ядрӣ кор мекунад.

Ҳамин тариқ, истифодаи энергияи ядрӣ дар соҳаҳои гуногуни хоҷагии халқ нақши калон мебозад ва доираи истифодаи он сол аз сол васеътар мегардад.

1. Энергия ядрой дар кучо ва бо кадом мақсад истифода бурда мешавад?
2. Дар бораи истифодаи энергияи ядрое, ки изотопҳои моддаҳои радиоактив меафкананд, маълумот диҳед.
3. Усули атомҳои нишондор чӣ гуна усул аст ва дар бораи татбиқи амалии он маълумот диҳед.
4. Усули автографӣ гуфта, чӣ гуна усулро меноманд ва доир ба татбиқи амалии он маълумот диҳед.
5. Аз усули атомҳои нишондор истифода бурда, фарсудаҳои халқаҳои поршени ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзи хароратиро чӣ тавр муайян мекунанд?
6. Аз изотопҳои радиоактив дар археология бо кадом мақсад истифода мебаранд?
7. Доир ба истифодаи энергияи ядрой дар сохти бомбаҳои атомӣ ва гидрогенӣ маълумот диҳед.

### ХУЛОСАИ МУҲИМТАРИНИ БОБ

Барои маънидоди афканишоти ҳароратӣ М. Планк фарзияро пешниҳод намуд, ки мувофиқи он атомҳои ҷисми нурафкананда энергияро бефосила не, балки фосиланок, бо ҳиссаҳои алоҳида-квантҳо (фотонҳо) меафкананд.

Энергияи кванти рушноӣ  $E$  ба басомади лаппиш  $\nu$  мутаносиб мебошад:

$$E = h\nu,$$

дар ин ҷо  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Ҷ  $\cdot$  с – собити Планк ном дорад.

Ҳодисаи бо таъсири рушноӣ аз модда канда шудани электрон-хоро фотозэффект меноманд.

Барои маънидоди ҳодисаи фотозэффект Эйнштейн нишон дод, ки рушноӣ инчунин бо квантҳои алоҳида фуру бурда мешавад. Мувофиқи тасаввуроти Эйнштейн энергияи фурубурдаи кванти рушноӣ  $h\nu$  барои иҷрои кори бароварди электрон аз металл  $A$  ва ба он додани энергияи кинетикӣ  $\frac{m\vartheta^2}{2}$  сарф мешавад.

$$h\nu = A + \frac{m\vartheta^2}{2}.$$

Импулси фотон  $P = m \cdot c = h\nu/c = h/\lambda$  мебошад.

Ҳодисаи фотозэффект хосияти корпускулӣ доштани рушноиро тасдиқ менамояд.

Дар ҷараёни паҳншавӣ рушноӣ хосияти мавҷӣ зоҳир менамояд (ҳодисаи интерференсия ва дифраксия). Ҳамин тариқ, рушноӣ ҳам хосияти мавҷӣ ва ҳам хосияти корпускулӣ дорад. Ҳодисаи фотозэффект дар техника васеъ истифода бурда мешавад. Дар фотозэлементҳои энергияи рушноӣ ба энергияи ҷараёни электрикӣ табдил меёбад. Фотозэлементҳо дар автоматҳои гуногуни «бинанда» истифода мешаванд. Сохти батареяҳои офтобӣ ба ҳодисаи фотозэффект асос ёфтааст.

Дар охири асри XIX сохти мураккаб доштани атом мукаррар карда шуд. Афканишоти радиоактивӣ инро тасдиқ намуд.

Резерфорд дар асоси таҷрибаҳои худ бо  $\alpha$ -зарраҳо модели сайёравии атомро пешниҳод намуд. Мувофиқи ин модел электронҳо дар атрофи ядро мусбат заряддор, чун сайёраҳо дар атрофи Офтоб, аз рӯи мадорҳои гуногун давр мезананд.

Мувофиқи қонунҳои физикаи классикӣ модели сайёравӣ устувории атомро шарҳ дода наметавонад.

Электронҳои бо шитоб ҳаракаткунанда бояд рушной афканда, энергияшонро гум карда, ба ядро афтанд. Дар амал бошад, ҳамаи атомҳо устувории худро нигоҳ медоранд.

Барои баромадан аз ин душворӣ Бор ду постулати ба механикаи классикии Нютон ва электродинамикаи Максвелл тамоман мухолифро пешниҳод кард.

**Мувофиқи постулати якуми Бор:** атомҳо ба он нигоҳ накарда, ки электронҳо дар онҳо бо шитоб ҳаракат мекунанд, дуру дароз дар ҳолатҳои мешаванд, ки нур намеафкананд.

**Мувофиқи постулати дуюми Бор:** ҳангоми аз як ҳолати статсионарӣ ба ҳолати дигари статсионарӣ гузаштани электрон дар атом нурафканиш ё иурфурубарии он ба амал меояд.

Балмер спектри афканишоти гидрогенро омӯхта, барои ҳисоб намудани басомади силсилаи хатҳои спектри дар соҳаи дидашавандаи спектр формулаи зеринро пешниҳод намуд:

$$v = R \cdot c \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

дар ин ҷо  $c$  – суръати рушной дар вакуум,  $R = 1,097 \cdot 10^7$  1/м – собити Ридберг,  $n$  – адади бутун буда, қиматҳои 1, 2, 3, ..., қабул мекунад,  $m$  адади бутун буда, қимати  $n + 1$  қабул менамояд.

Бо тадқиқотҳои минбаъда мукаррар карда шуд, ки дар спектри гидроген боз якчанд силсилаҳои хатҳои спектри мавҷуданд. Дар қисми ултрабунафши спектр силсилаи Лайман ва дар қисми инфрасурхи спектр силсилаҳои Пашен, Брэккет ва Пфунд ҷойгиранд.

Дар охири асри гузашта А. Беккерел ҳодисаи радиоактивиятро кашф намуд.

Элементҳои кимиёӣ, ба монанди уран, торий, радий ва ғайраҳо худ аз худ  $\alpha$ -,  $\beta$ - ва  $\gamma$ -нурҳо меафкананд.  $\gamma$ -нурҳо мавҷҳои электромагнитии дарозиашон хурд ( $10^{-10}$ – $10^{-13}$  м),  $\beta$ -нурҳо сели электронҳо,  $\alpha$ -нурҳо сели ядроӣ атомҳои гелий мебошанд.

Пас аз кашфи нейтрон аз тарафи олими англис Ч. Чэдвик соли 1932 физики шӯравӣ Д. Иваненко ва олими олмонӣ В. Ҳейзенберг модели протону нейтрони ядроӣ атомро пешниҳод намуданд. Мувофиқи ин модел ядроӣ атом аз протонҳо ва нейтронҳо иборат аст. Суммаи протонҳо  $Z$  ва нейтронҳо  $N$ -ро адади массавӣ  $A$  меноманд:

$$A = Z + N.$$

Ядроҳои, ки шумораи яхелаи протонҳо доранд, изотопҳои номида мешаванд.



**Таъсири мутақобили ядрои атомро бо зарраҳои элементарӣ ё ядроҳои дигар, ки ба табиқилёбии ядро оварда мерасонад, реаксияи ядроӣ меноманд.**

Реаксияҳои ядроӣ бо ҷудошавӣ ё фурубарии энергия ба амал меояд.

Ҳангоми порашавии ядроҳои вазнин реаксияи занҷирӣ ба амал меояд. Реаксияи занҷирии идорашаванда дар реакторҳои атомӣ ва реаксияҳои занҷирии идоранашаванда дар бомбаҳои атомӣ истифода бурда мешаванд.

Энергияи дар реакторҳои атомӣ ҷудошударо барои истеҳсоли энергияи электрикӣ истифода мебаранд.

Ҷудошавии энергия ҳангоми як шудани ядроҳои сабук низ ба амал меояд. Реаксияҳои якшавии ядроҳои сабук дар ҳароратҳои баланд мегузаранд, бинобар ин, онҳоро реаксияҳои термойдроӣ меноманд.

Сохти бомбаҳои гидрогенӣ ба реаксияҳои термойдроии идоранашаванда асос карда шудаанд.

То ҳол ҳосил кардани реаксияҳои термойдроии идорашаванда муяссар нагардидааст. Энергияи ядроӣ, ки изотопҳои моддаҳои радиоактив меафкананд, дар илм, тиб, кишоварзӣ ва саноат ба таври васеъ истифода бурда мешаванд.

Аз охири асри XIX сар карда, физикон барои чуқуртар омӯхтани сохти моддаҳо аз сатҳи атом ба сатҳи зарраҳои элементарӣ гузаштанд.

Аввалин зарраи элементарии кашфгардида (соли 1897) электрон ба шумор меравад.

Дар аввалҳои асри XX зарраҳои элементарии дигар – фотон, протон, позитрон ва нейтрон кашф гардиданд. Дар замони ҳозира шумораи зарраҳои элементарӣ аз 350-то зиёданд.

Дар замони ҳозира мафҳуми элементарӣ фаҳмиши шартӣ ба шумор меравад. Ин гуна фаҳмиш баъди пешниҳоди гипотеза дар бораи мавҷудияти кваркҳо, ки аз онҳо қариб ҳамаи зарраҳои элементарии маълум таркиб ёфтаанд, пурқувваттар гардид.

Ҳар як зарра, гайр аз фотон ва ду намуди мезон, мувофиқан антизарра бо заряди муқобил доранд. Ҳангоми бархӯрди зарраю антизарра аннигилятсия ба амал меояд. Дар натиҷаи бархӯрдани электрону позитрон ду фотон тавлид меёбад.

Соли 1955 антипротон ва баъди як сол антинейтрон кашф карда шуд. Кашфи ин антизарраҳо мавҷудияти антимоддаро ба миён овард. Ядрои атомӣ антимодда аз антипротонҳо ва антинейтронҳо ва ҷилди он аз позитронҳо иборат аст.

Антиядроӣ аввалин – антитейтерий соли 1965, ядроӣ антигелий соли 1969 ҳосил карда шуданд.

Ҳангоми аннигилятсияи моддаю антимодда энергияи оромӣ ба энергияи кинетикии зарраҳои ҳосилгардида ( $\gamma$ -квант) табиқил меёбад. Бинобар ин, антимодда манбаи мукамалтарини энергия ба шумор меравад. Мумкин аст, ки инсоният ба истифодаи он қодир гардад.

Қариб ҳамаи зарраҳои элементарӣ дар таркиби нурҳои кайҳонӣ ба қайд гирифта шудаанд.

## Боби 5

# ТАВСИФИ УМУМИИ ЧИРМҲОИ ОСМОНӢ

### Мавзӯи астрономия

Ҳаракат, сохт, пайдоиш ва инкишофи чирмҳои осмонӣ ва системаи онҳоро фанни астрономия (аз юнонӣ *astron* – ситора ва *nomos* – қонун) меомӯзад.

Астрономия яке аз илмҳои қадимтарин ба шумор меравад ва вобаста ба эҳтиёҷоти амалии инсон ба вучуд омада, инкишоф ёфтааст. Дар замонҳои қадим он дар Бобулистон, Миср, Хитой ва ғайраҳо хеле инкишоф ёфта буд. Одамон аз маълумотҳои астрономӣ барои муайян кардани вақт, ёфтани самти ҳаракат ва дигар мақсадҳои ҳаёти ҳаррӯза истифода мебарданд.

Нучумшиносӣ баъди таназзул ёфтани маданияти эллинӣ (юнонӣ) ва кӯчидани он ба Хоразми асримиёнагӣ ба қуллаҳои баланди инкишофи худ расида буд. Хоразм он замонҳо дар ҷаҳон баъди Юнон маркази дуҷуми маданӣ - илмӣ ҳисобида мешуд. Олимони ин марказ Муҳаммад Хоразмӣ, Ибни Сино, Абӯрайҳони Берунӣ, Умари Хайём ва дигарон ба нучумшиносӣ, тиб, ҷуғрофия, геология ва дигар ҷабҳаҳои илм фаъолият варзида, илми замони худро бо кашфиётҳои бузургашон ривочу раванқ меоданд. Абӯрайҳони Берунӣ бо ҷенкуниҳои астрономии худ ба таври аниқ қонунҳои моилии эклиптикаро ба экватор муайян карда тағйироти асриро онро пешгӯӣ намудааст. Ӯ ҳангоми гирифтани Моҳ тағйирёбии рӯшноии сатҳи онро маънидод намуда, инчунин бо усулҳои математикӣ радиуси Заминро муайян кардааст.

Мирзо Улугбек феҳрасти аниқи ситораҳо ва ҷадвали ҳаракати сайёраҳо тартиб додааст.

Барои муайянкунии вақти аниқ, координатаҳои заминӣ ва осмонӣ, ки онҳо барои қорҳои қайҳоннавардӣ, навигатсионӣ, геодезӣ ва харитасозӣ истифода мешаванд, астрономия нақши муҳимро мебозад.

Астрономия дар тадқиқи қайҳон, инкишофи қайҳоннавардӣ ва аз ҷаҳати дуру наздики қайҳон омӯхтани сайёраи мо маъни муҳимро ишғол мекунад. Вай бо фанҳои физика, математика, геология, кимиё, қайҳоннавардӣ ва дигар фанҳои табиатшиносӣ алоқаи зич дошта, барои пешрафт ва инкишофи худ аз қомебиҳои онҳо самарабахш истифода мебарад.

Астрономия лаҳзаҳои гирифтӣ Офтобу Моҳ, зуҳур ёфтани кометаҳоро пешгӯӣ карда, пайдоиш ва таҳаввулоти Замину чирмҳои кайҳониро аз нуқтаи назари илмҳои табиӣ маънидод менамояд. Чирмҳои нави кайҳониро кашф карда, дар асоси таҳлили спектри таркиби кимиёӣ, сохт, атмосфера ва ҳарорати онҳоро муайян мекунад. Солҳои охир қариб ҳамаи пешгӯиҳои астрономӣ тасдиқи худро ёфта истодаанд. Астрономҳо ҳарорати сатҳи Моҳро аввал ба таври назариявӣ ҳисоб намуда баъд онро бо ёрии термозэлементҳо ва усулҳои радиометри аз Замин истода чен карданд. Баъдтар ин маълумотҳоро бо ёрии асбобҳои стансияҳои автоматие, ки ба Моҳ фиристода шуда буданд, тасдиқ намуданд.

Астрономия таъсири мутақобили чирмҳои гуногуни кайҳониро бо Замин, ба Замин наздикшавии чирмҳои хурди осмонӣ, аз ҷумла кометаҳо ва сабабҳои инкишофи думи онҳо, ҳодисаҳои ба парвози метеороҳо хосбуда, омӯзиши сатҳи сайёраҳо, физикаи Офтоб ва хусусиятҳои олами ситораҳоро мавриди омӯзиши худ қарор медиҳад.

Солҳои охир олимони соҳаи астрономия бо ёрии киштиҳои кайҳонӣ, стансияҳои байнисайёравӣ, ки бо асбобҳои навтарини электронӣ, радиотелескопҳо, компютерҳо ва дигар техникаи ҳозиразон таҷҳизонида шудаанд, дар кайҳон қорҳои тадқиқотӣ гузаронида, на танҳо чирмҳои Системаи офтобӣ, балки объектҳои дур, ситораҳо ва галактикаҳои гуногунро меомӯзанд.

Дар таҳқиқи чирмҳои хурди Системаи офтобӣ (астероидҳо, кометаҳо ва метеороҳо) ва омӯзиши соҳаҳои дигари Коинот Пажӯҳишгоҳи астрофизикаи Тоҷикистон саҳми арзандае дорад. Кормандони он солҳои охир тавассути таҷҳизоти навини муосир мушоҳидаҳо ва тадқиқотҳои астрономӣ гузаронида дар арсаи байналмилалӣ ба комёбиҳои баланди илмӣ муваффақ шудаанд. Гуфтан ҷои аст, ки саҳми олимони – нучумшиносони Тоҷикистон академик Бобоҷонов П. Б. ва шодравон академик Добровольский О. В. бо дастовардҳо ва кашфиётҳои илмиашон дар ҷаҳон маъруфу машҳуранд. Дар пажӯҳишгоҳ инчунин узви вобастаи Академияи улуми Тоҷикистон Ибодов С. И. ва Махсумов М. Н., узви вобастаи Академияи улуми Тоҷикистон, профессор Ибодинов Х. И. (директори имрузаи пажӯҳишгоҳ) ва дигарон фаъолият намуда ба кашфиётҳои илмӣ ноил гаштаанд.

Боиси хушнудӣ ва шарафмандӣ аст, ки сайёраҳои хурди аз ҷониби амриконён кашф гардида ба номи астрофизикони Тоҷикистон номгузорӣ шудаанд, аз ҷумла дутои онҳо «Бобоҷонов» ва «Ибодинов» номида шудаанд. Ба ду сайёраи хурди баъдтар кашф гардида номи «Тоҷикистон» ва «ГиссАО» (расадхонаи астрономии Ҳисор) гузошта шудааст. Мо бо ин ҳама шукӯҳу шаҳомати олимони – нучумшиносони асримиёнагӣ ва имрузаи миллиатамон сарбаланду ифтихормандем.

Фанни астрономия бо ҷунин қорҳои тадқиқотӣ ва дастовардҳои илмӣ дониши моро дар боран манзараи физикии Олам ва материяи

## 5.1. Бурчхо

Мо дар ҳолати беабру беғубор будани осмон ва набудани Моҳ дар он ситораҳои хеле зиёдро мушоҳида карда метавонем. Баҳисобгирии онҳо бо чашми одӣ мушқил аст, вале ин мушқилӣ садди роҳ шуда наметавонад, агар мо аз роҳи усулҳои бехтарини мушоҳидавие, ки дар ғули садсолаҳо ба даст дароварда шудаанд, дуруст истифода барем.

Дар замонҳои қадим, вақте ки болоравии истехсолот ба миён омада, доду гирифт ва тичорати байниҷаҳонӣ одамон дар минтақаҳои баҳр, уқёнус ва роҳҳои хушкгарди аз ҳам дур сар мешавад, барои ченкунии вақт, муайянкунии мавқеи ҷой ва самти ҳаракати баҳрнавардону савдогарон зарурати донишҷаҳонӣ ҷойгиршавии байниҷаҳонӣ ва ҳаракати ситораҳо дар осмон пайдо мешавад.

Одамон дар осмони ситоразор ситораҳои дурахшонро дар майдонҳои муайяни мушоҳидашавӣ интихоб намуда, онҳоро фикран гурӯҳбандӣ карда ва вобаста ба шаклашон номгузорӣ мекарданд. Ин номгузориҳо оид ба худоҳо, қаҳрамонҳои воқеаҳои афсонавӣ, ҳайвонҳои гуногун ва олотҳои меҳнатӣ то замони мо дар шакли ривоятҳои хикмату қиссаҳо омада расидаанд.

Чанде аз ситораҳои минтақаи қалони ситоразор дар натиҷаи гурӯҳбандӣ ва фикран бо хатҳои рост пайваस्त кардан шакли кафлезро мегиранд. Дар Русияи қадим онро «Кофш-кафлез» ё «Кострюл» меномиданд. Аз ҷониби *Ursa major* – Хирси қалон.

Мувофиқи ривоятҳои Юнони қадим зани бадрашқи шох Зевс, ки Ҳеро ном дошт, зани парирӯ Каллисторо бо ёрии писараш Аркад (тоҷикон онро Авво номиданд) ба қадом воситае ба хирс табдил медиҳад. Вале Зевс бошад, бо меҳри ошиқонаи худ Каллисторо чун хирси қалон ба осмони болои сар мегузорад. Дар наздикии он α – Аркад (Авво)-ро бо сағҳои тозиаш ҷой додааст.



Расми 5.1.1



Расми 5.1.2



Расми 5.1.3



Расми 5.1.4



Расми 5.1.5



Расми 5.1.6

Ҳамин тавр, номҳои бурчи «Хирси калон» (точикон онро «Дубби Акбар» номидаанд) (расми 5.1.1), бурчи Авво ва «Сағҳои шикорӣ» пайдо шуданд (расми 5.1.2).

Як гурӯҳ ситораҳои хурди бо ҳам наздик ҷойгиршуда ба қадом хирсаке монанд мекунад. Аз ин сабаб юнониён ин гурӯҳи ситораҳоро «Хирси хурд» (Дубби Асгар) номидаанд (расмҳои 5.1.1 аз боло ва расми 5.1.3).

Дар лаҳзаи ба осмон, ба самти хате, ки аз мобайни думи «Хирси Калон» ва Ситораи кутбӣ мегузарад, нигоҳ кардан, бурчи Зотулқурсиро, ки он ба ҳарфи латинии *W* монанд аст, дидан мумкин аст (расми 5.1.7). Юнониёни қадим ба шакли умумии он аҳамият дода, онро дар шакли шоҳзодаи дар курсӣ нишаста – Кассиопея тасаввур мекарданд (расми 5.1.4).

Мардуми белорус онро дар шакли алафдаравҳо тасаввур мекунанд (расми 5.1.5).

Зимистон дар қисми ҷанубии шабонаи осмон гурӯҳи дигари ситораҳоро дидан мумкин аст, ки онҳо ба ҳарфи латинии *R* монандӣ мекунанд. Юнониёни қадим ба он номи яке аз қаҳрамони ривояти дигари халқӣ, шикорчии девҷусса – Орион (точикон онро бурчи Ҷаббор мегӯянд) гузоштаанд (расми 5.1.6).

Камарбанди қаҳрамонро ситораҳои мобайнии ҳарфи *R* ташкил медиҳанд. Дар дасти чапаш сипарпӯст дошта, бо дасти силоҳдори рӯсташ ба сӯи барзагове, ки ба тарафи *у* шох медавонад, ҳучум мекунанд.

Ҳамин тарик, вобаста ба ин ривоятҳо номҳои бурҷҳо Орион (Ҷаббор) ва Савр (Гӯсола) пайдо шудаанд.

Баъдан ситораҳои хеле хурд ҳам дар алоҳидагӣ ё якҷоя дар майдони осмон бо ситораҳои калон гурӯҳбандӣ шуданд.

Майдонҳои муайяни осмонро, ки дар онҳо гурӯҳи ситораҳои дурахшон номгузорӣ шудаанд, бурҷҳои номида мешаванд.

Осмони ситоразор аз 88 бурҷ иборат аст.

Онҳоро аз рӯи мавқеи ҷойгиршавии

196 гурӯҳи ситораҳояшон ёфтан осон аст.



Расми 5.1.7

Гайр аз бурҷҳои Дубби Акбар ва Дубби Асгар бурҷҳои ҳастанд, ки ба онҳо номи ҳайвонҳо, масалан, Асад, Саратон, Ақраб ва ғайраҳо гузошта шудаанд. Номҳои юнонии қадим – Кассиопея, Андромеда, Персей ва ғайра низ мувофиқи ривоятҳои афсонавӣ номгузорӣ шудаанд ва то ба замони мо омада расидаанд.

Ситораҳоро вобаста ба дурахшишиашон ва бо мақсади онҳоро аз якдигар фарқ карда тавоништан бо ҳарфҳои юнонии  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  ва ғайра ишора менамоянд.

Масалан, бо  $\alpha$  – Ситораи Қутбӣ дар бурҷи Дубби Асгар (расми 5.1.3), бо  $\alpha$  – Дабарон дар бурҷи Савр, бо  $\beta$  – Поллукс дар бурҷи Ҷавзо ва ғайра ишора шудаанд.

Ба ситораҳои равшани бурҷи Дубби Акбар, Мехрак ( $\beta$ ), Фикда (Фекда) ( $\gamma$ ), Мегретс ( $\delta$ ), Дубхе ( $\alpha$ ), Алиот ( $\epsilon$ ), Митсар ( $\zeta$ ) ва Банотуннаъш (Бенетнаш) ( $\eta$ ) ном гузошта шудааст (расми 5.1.7).

Бо чашми одӣ дар нимкураи шимолии осмон зиёда аз 3000 ситораҳоро шуморидаан мумкин аст. Миқдори умумии ситораҳои нимкураҳои шимолию ҷанубии кураи (сфераи) осмон тақрибан ба 6000 мерасад. Онҳо ба монанди Офтоб чун кураҳои тафсон (ҳарораташон 15–30 миллион дараҷа) аз худ нур мебароранд ва аз мо дар масофаҳои хеле дур воқеанд. Нури Офтоб то ба Замин дар давоми 8 дақиқа, аз ситораи наздиктарин  $\alpha$  – Кентавр дар муддати 4 сол ва аз Моҳ дар як соғия омада мерасад.

Масофа аз Офтоб то Замин ба 150 000 000 км баробар аст. Ин масофа ҳамчун воҳиди астрономӣ (в.а.) қабул шудааст.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Бурҷи осмони ситоразор гуфта, чиро менаманд? Кадом бурҷҳо мебуданд?
2. Осмони ситоразор аз чанд бурҷ иборат мебошад?
3. Бо кадом мақсад ситораҳои бурҷҳо бо ҳарфҳои юнонӣ ишора шудаанд?
4. Агар масофа аз Офтоб то ситораи наздиктарин ( $\alpha$ –Кентавр) 270 000 воҳиди астрономӣ (в.а.) бошад, нури рӯшноӣ дар чӣ қадар вақт ба ин ситора рафта мерасад?

### МАШҚИ 31

1. Дар расми 5.1.7 масофаи байни ситораҳои  $\beta$  ва  $\alpha$ -и Дубби Акбарро як воҳиди масофа ҳисобида, маълум кунед, ки ситораи қутбии Дубби Асгар аз  $\alpha$ -и Дубби Акбар тақибан дар кадом воҳиди масофа қойгир мешавад?
2. Аз рӯи Ситораи сеюми ( $\epsilon$ ) думи ба кафлез монанди Дубби Акбар ва Ситораи Қутбӣ (расми 5.1.7) хати росте гузаронида шудааст. Ҳангоми ин хатро давом додан он аз болои ситораи дурахшоне мегузарад. Ин ситора ба кадом бурҷ дахл дорад?

## 5.2. Хатҳо ва нуқтаҳои кураи осмон.

### Харитаи ситораҳо

Барои омӯхтани координатаҳои ситораҳо ва сохтани харитаи онҳо ба гумбази фалак (кураи осмон) шиносӣ пайдо кардан лозим аст.

Кураи фикран тасвиршудаи радиусаш дилхоҳро, ки дар маркази он Замин ҷой дода шуда, аз он дар сатҳи ҳамин кура чирмҳои осмонӣ мушоҳида карда мешаванд, гумбази фалак номида мешавад (ниг. расмҳои рангаи 5.2.1 ва 5.2.2).

Дар он нуқтаи ба болои сарамон мувофиқ омадари  $Z$  (зенит) ва нуқтае, ки ба муқобили он хобидааст, бо  $Z'$  (надир) ишора мекунем. Хатеро, ки нуқтаҳои  $S$  (ҷануб) ва  $N$  (шимоли)-ро бо ҳам мепайвандад, хати нимарӯзӣ меноманд. Ҳамворие, ки онро давраи  $NESWN$  дар бар мегирад, ҳамвории уфуқи математикӣ номида мешавад,  $E$  – тарафи шарқ ва  $W$  – ғарбро ифода мекунад.

Ҳангоми Замин дар атрофи меҳвараш ҷарх задан ба мо манзараи осмони ситоразор тавре менамояд, ки гуё дар атрофи Замин ҳаракат мекарда бошад (ниг. расми рангаи 5.2.3).

Ситораҳо, ғайр аз Ситораи Қутбӣ ( $\alpha$ , Дубби Асгар), ки аз назди он тири ҷархзании Замин мегузарад, дар давоми як шабонарӯз меридиани кураи осмонро дар нуқтаҳои  $M_1, M_2, M_3$  ва ғайра ду маротиба мебуранд (ниг. расми рангаи 5.2.4).

Ҳодисаи ба меридиани кураи осмон расидани чирми мунирро қиём (кулминатсия) меноманд. Чирми мунир  $M$  (ба расми 5.2.4 нигаред) дар наздикиҳои Ситораи Қутбӣ ҷойгир аст ва ба поёни уфуқ намеамад, вале чирми  $M_4$ , бинобар сабаби ҷарду қиёмаш дар поёни уфуқ будан мушоҳида намеамад. Хат, ки аз маркази Замин мегузарад ва нуқтаҳои қутби  $P$  ва  $P'$ -ро ба ҳам пайваस्त мекунад, меҳвари дунё (олам) номида мешавад.

Ҳамворие, ки ба меҳвари дунё  $PP'$  перпендикуляр аст ва онро ба ду қисми баробар ҷудо мекунад, ҳамвории экватори дунё номида мешавад (ниг. расми рангаи 5.2.5). Ситораҳо дар як шабонарӯз дар болои уфуқ гирдогирди  $PP'$  доираҳое мекашанд, ки ба ҳамвории экватор параллеланд (ниг. расми рангаи 5.2.6, б).

Мо дар экватор истода (дар набудани Офтоб) тамоми чирмҳои мунирро дар як шабонарӯз мушоҳида карда метавонем (расми 5.2.6, в).

Мушоҳидачӣ, ки дар қутби шимолӣ ё ҷанубии Замин ҷойгир аст, ҳаракати зоҳирии чирмҳои осмониро доимо мушоҳида мекунад (ниг. расми рангаи 5.2.6, а).

$Q$  – нуқтаи болоӣ ва  $Q'$  – нуқтаи поёнии экваторӣ дар меридиани осмонӣ мебошанд.

Баландии чирми  $M$ -ро дар қиёми болоӣ бо  $h$  ва майли онро аз экватор бо  $\delta$  ишора карда, арзи маҳал  $\varphi$ -ро меёбем (ниг. расми рангаи 5.2.7).

Баландии қутби дунё  $h_p$  ҳама вақт ба арзи ҷуғрофӣ баробар аст,

ва меҳвари дунё  $PP'$  ба арзи маҳал  $\varphi$  баробар аст. Аз расми 5.2.7  $PZ = QS = 90 - \varphi$  ва аз тарафи дигар майли чирм аз экватор  $QM = \delta$  аст, яъне чирми осмонӣ дар қиёми болоӣ ба баландии  $h = 90^\circ - \varphi + 5$  соҳиб мешавад.

**Эклиптика.** Ба ҳаракати Офтоб назар карда, ба хулоса омадан мумкин аст, ки гуё он дар атрофи Замин ҳаракат мекарда бошад. Ин хулоса ба ҳақиқат рост намеояд. Ин ҳаракати зохирии Офтоб инъикоси ҳаракати шабонарузии Замин дар атрофи меҳвараш мебошад. Вале Замин инчунин дар атрофи Офтоб ҳам давр мезанад. Агар гардиши Заминро дар атрофи Офтоб ба назар гирифта, дар ибтидо қиёми болоии Офтобро ба қиёмҳои ситораҳо қиёс кунем, он гоҳ мебинем, ки фосилаи қиёмҳои ситораҳо назар ба фосилаи қиёмҳои Офтоб дар ҳар шабонаруз ба 4 дақиқа ( $\approx 1^\circ$ ) зиёд аст. Ин чунин маъно дорад, ки Офтоб дар ҳар гардиши шабонарузии Замин ба тарафи шарқ, ба муқобили гардиши кураи осмон (гумбази фалак) ҷой иваз мекунад.

Ҳамин тавр, дар давоми як соли ҳақиқӣ Офтоб гуё дар осмони ситоразор ҳаракат карда, нисбат ба мушоҳидачӣ як давраи пурра мекашад, ки онро **эклиптика** меноманд ва он ба  $360^\circ$  баробар аст.

Офтоб аз рӯи эклиптика ҳаракат карда, 21-уми март дар нуктаи  $\Upsilon$  ва 23-юми сентябр дар нуктаи  $\cap$  (ниг. расми рангаи 5.2.8) ҳамвории экваториро мебурад. Ин нуктаҳо нуктаҳои баробаршавии (этидолии) шабонарузи баҳорӣ ва шабонарузи тирамоҳӣ номида мешаванд.

Нисфи рӯз (22-юми июн) Офтоб дар нимкураи шимолии осмон, дар болои уфук мавқеи баландтарин  $S$ -ро ишғол карда, минбаъд аз рӯи эклиптика ҳаракат намуда, экватори дунёро дар таҳти кунҷи  $23^\circ 27'$  мебурад ва дар қисми поёнии осмон 22-юми декабр ба нуктаи  $E$  мерасад, ки он ба кӯтоҳтарин рӯз мувофиқ меояд.

Офтоб аз рӯи эклиптика дар осмони ситоразор аз бурҷҳои Хут, Ҳамал, Савр, Ҷавзо, Саратон, Асад, Сунбула, Мизон, Ақраб, Қавс Ҷадӣ, ва Далъ мегузарад.

Қариб ҳамаи ин бурҷҳо номи ҳайвонотро доранд, аз ин рӯ, онҳо чамъоҷамъ бурҷҳои зодиақӣ (зоо-ҳайвон) номида мешаванд.

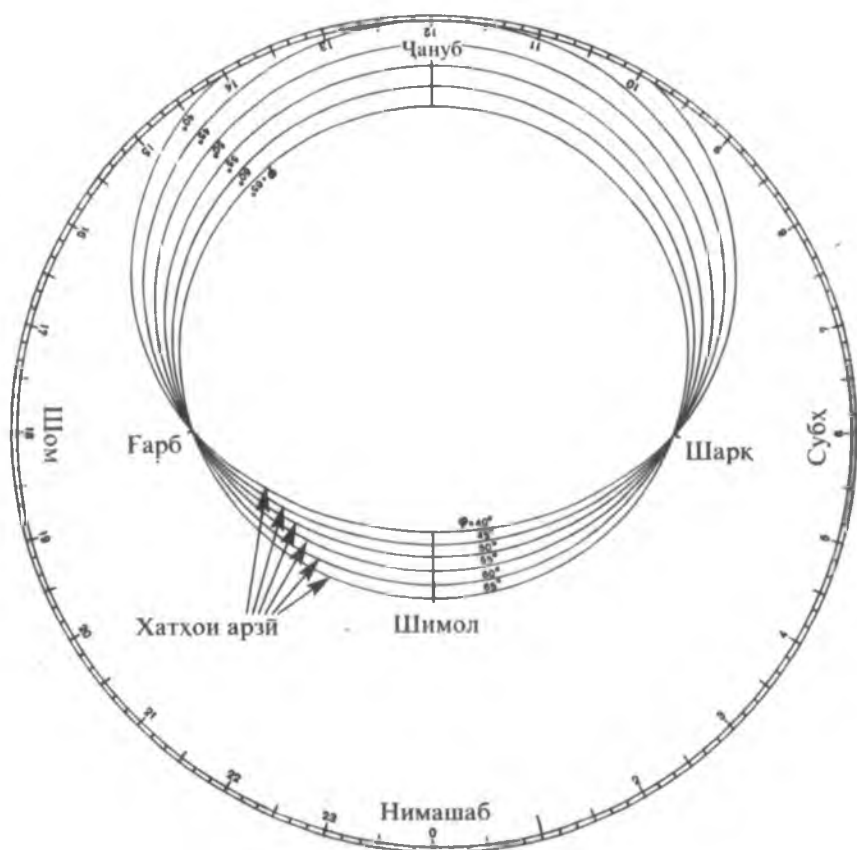
Бо мақсади омӯхтани мавқеи дидашавандагии ситораҳо ва бурҷҳо харитаи осмони ситоразор зарур аст. Барои ин пеш аз ҳама, муайян кардани мавқеи ҷойгиршавии ситораҳо дар кураи осмон мувофиқи мақсад аст. Барои амалӣ шудани он системаи координатаҳоеро бояд интихоб намуд, ки якҷоя бо осмони ситоразор ҷарҳ занад. Ба сифати ин гуна системаи координатаҳо системаи координатаҳои экваторӣ интихоб карда, дар маркази он мушоҳидачӣ ҷой дода мешавад. Дар ин ҳолат мушоҳидачӣ аз марказ бо ёрии системаи экватории координатаҳои кураи осмон мавқеи ситораҳо муайян карда метавонад (ниг. расми рангаи 5.2.5).



Дар ин система яке аз координатаҳо масофаи кунҷии чирми мунирро аз экватори дунё муайян мекунад, ки он майл ( $\delta$ ) номида мешавад. Қимати тағйирёбиаш аз экватор поён ба  $-90^\circ$  ва аз экватор боло ба  $+90^\circ$  баробар аст ва он ба арзи ҷуғрофӣ монанд аст.

Координатаи дуум ба тӯли ҷуғрофӣ монанд буда, тӯли рости чирм ( $\alpha$ ) номида мешавад. Он аз нуқтаи баробаршавии шабона-рӯзии баҳорӣ ( $\Upsilon$ ) ибтидо гирифта, қад-қадӣ экватор то нуқтае, ки дар натиҷаи буриши хати экватор бо нимдавраи майл ҳосил шудааст, ҳисоб карда мешавад. Ҳудуди тағйирёбии  $\alpha$  аз  $0$  то  $360^\circ$  аст. Шарҳи мо танҳо бо гардиши Замин алоқаманд аст, ки он дар давоми 24 соат як маротиба дар атрофи меҳвараш ҷарх мезанад.

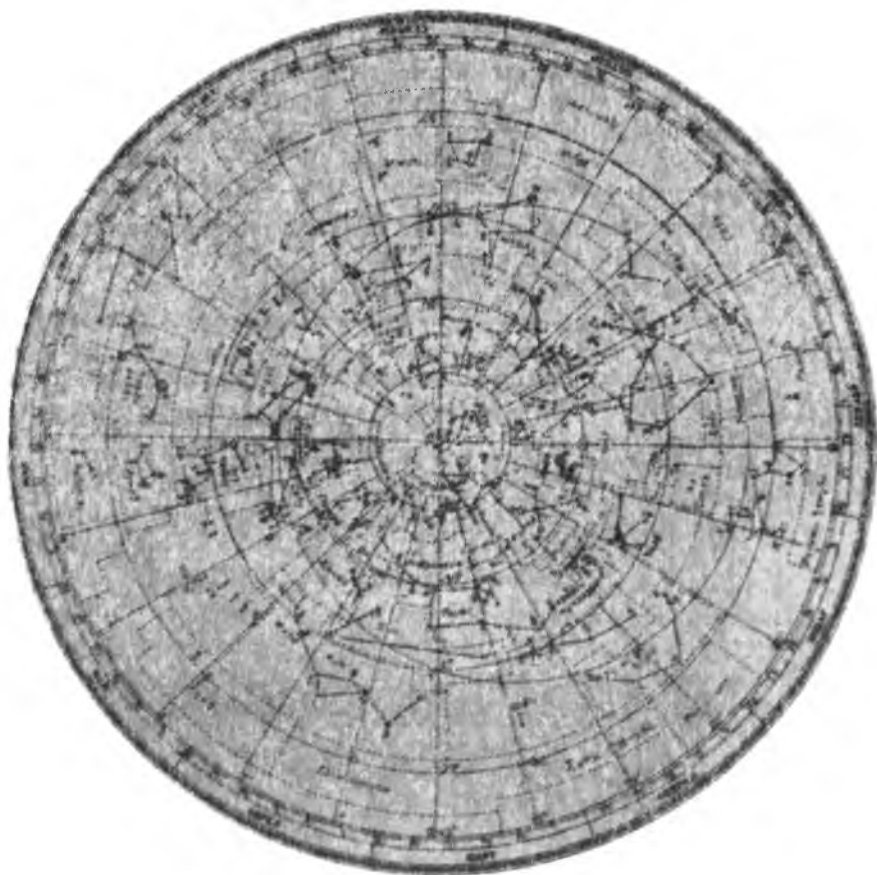
### ДОИРАИ РҶҲАТИ ХАРИТАИ ОСМОНИ СИТОРАЗОР



Аз ин чо ҳудуди тағйирёбии  $\alpha$ -ро бо воҳиди вақт ифода кардан мумкин. Агар  $360^\circ$  ба 24 соат мувофиқ ояд, он гоҳ  $15^\circ$ –1 соат,  $1^\circ$  – 4 дақиқа,  $15'$  – 1 дақиқа ва  $15''$  – 1 сонияро ташкил медиҳанд.

### ХАРИТАИ ҲАРДАНДАИ ОСМОНИ СИТОРЗОР

- Ситора
- Қўшаситора
- Ду ситораи ба ҳам наздик
- Ситораи тағйирёбанда
- ⋯ Тароқуми ситораи (галаситора)
- ⊙ Апекси Офтоб
- ☁ Туманот
- ☾ Нуқтаи эътидоли баҳорӣ
- ☽ Нуқтаи эътидоли гирамоҳӣ
- ☼ Ҳудуди бурҷҳо ва номи онҳо



Расми 5.2.9, б

Баъди саҳеҳ муайян кардани координатаҳои  $\alpha$  ва  $\delta$ -и ситораҳо харитаи гардандаи осмони ситоразор, ки ба шакли паҳнкардашудаи харитаи ҷуғрофӣ монанд аст, сохта мешавад (нигаред ба доираҳои харитагӣ). Дар гирдогирди харитаи ситораҳо моҳҳо, рӯзҳо ва соатҳое, ки чамъоҷамъ як шабонарӯзро (24 соат) ташкил медиҳанд, қайд гардидааст (расми 5.2.9, б). Дар сатҳи канории курси (диски) беҳаракат ададҳои шабонарузӣ (24 соат) такроран қайд мешавад (расми 5.2.9, а). Каме дуртар аз маркази чархзании ин курс, ки аз он тири дунё мегузарад, ҳалқаи кушодаи эллипсмонанди ба арзи ҷуғрофии маҳал мувофиқ кардашударо мебинед, ки дар атрофи он ададҳои дараҷагии арзи маҳалро дарбаргиранда навишта шудаанд.

Барои ёфтани ин  $\epsilon$  он бурҷ ё ситора, мувофиқ ба вақти маҳал (1 соат, 2 соат, ... 24 соат) курсро бо ангуштон ба ҳаракат дароварда, вақти маҳалро (масалан, соати 20-ро) ба болои соати 20-и ҳамон рӯзи мушоҳида (масалан, 22 сентябр), ки дар сатҳи беҳаракати харита навишта шудааст, мегузорем.

Дар ин ҳолат дар дохили ҳалқаи эллипсмонанд ситораҳо ва бурҷҳои ҳамин рӯзро (22 сентябр, соати 20) дидан мумкин аст.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАКРОП

1. Барои муайян кардани мавқеи ситораҳо дар осмон кадом координатаҳо донистан лозим аст?
2. Системаи координатӣ гуфта, чиро меноманд?
3. Дар маркази гунбази фалак Замин ба кадом мақсад чой дода мешавад?
4. Чархзании гунбази фалак бо кадом сабаб ба амал меояд?
5. Барои сохтани харитаи осмони ситоразор кадом координатаҳо лозим аст?
6. Ҳудудҳои тағйирёбии координатаҳои  $\alpha$ - ва  $\delta$ -ро аз рӯи харитаи осмон нишон диҳед.
7. Тарзи истифодабарии харитаи гардандаи осмони ситоразорро вобаста ба арзи маҳал маънидод намоед.
8. Бо воҳиди дараҷаи кунҷӣ ва бо воҳиди вақт ифода намудани координатаҳои  $\alpha$ - ва  $\delta$ -ро шарҳ диҳед.

#### МАШҚИ 32

1. Дар кадом нуқтаи осмон майл ба  $-90^\circ$  баробар мешавад.
2. Ситорае  $15^\circ$  дуртар аз кутб ҷойгир шудааст. Майли он ба чӣ баробар аст. (Ҷавоб:  $75^\circ$ )
3.  $\alpha$ - ва  $\delta$ -и нуқтаи баробарии шабонарузӣ баҳорӣ ба чӣ баробар аст? (Ҷавоб: 0; 0)
4. Ситораҳо дар канори харита тунук ва дар наздикиҳои марказ наздиктар ҷойгир шудаанд. Чаро?
5. 6 соат; 15 дақиқа ва 8 сонияро ба дараҷаҳо гардонед.

### 5.3. Тавсифи умумии сайёраҳо

Дар атрофи Офтоб сайёраҳо: Уторид, Зӯҳра, Замин, Миррих, Муштарӣ, Зуҳал, Уран, Нептун ва чирми Системаи Офтобӣ Плутон аз рӯи мадорҳои муайян давр мезананд (ниг. расми рангаи 5.3.1). Панҷтои онҳо ҳанӯз дар замонҳои қадим маълум буданд ва халқҳои ҷудогона ба онҳо номҳои интиҳобкардаи худро мегузоштанд. Дар адабиётҳои номҳои гузашташудаи римиҳои Меркурий (Уторид), Венера (Зӯҳра), Марс (Миррих), Юпитер (Муштарӣ) ва Сатурн (Зуҳал) то ба ҳол истифода мешаванд.

Уранро ҳангоми мушоҳида В. Гершел (астрономи англис) соли 1781, Нептунро соли 1846 И. Галле (олими олмон) ва Плутонро соли 1930 К. Томбо (олими амрикоӣ) кашф кардаанд. Масофаи ҷойгиршавии сайёраҳо аз рӯи мадорҳои онҳо нисбат ба Офтоб тақрибан бо ёрии формулаи Титсиус ва Боде (олимони олмонии асри XVIII) муайян карда мешавад:  $l = (0,4 + 0,3 \cdot 2^n)$  в.а. Дар ин ҷо  $n$  нишондиҳандаест, ки аз рӯи қиматҳои он ( $n = -\infty, 0, 1, 2, \dots$ ) масофа аз сайёраҳо то Офтоб ҳисоб карда мешавад. Барои Уторид  $n = -\infty$ ; барои Зӯҳра  $n = 0$ ; барои Замин  $n = 1$ ; барои Миррих  $n = 2$ ; барои қабати астероидҳо  $n = 3$ ; барои Муштарӣ  $n = 4$  ва ғайра.

Сайёраҳо калонтарин чирмҳои курашакли Системаи офтобӣ мебошанд. Мадорҳои ҳаракати аксари онҳо дар ҳамвории умумӣ меҳобанд. Танҳо мадорҳои Уторид ва Плутон нисбат ба ҳамвории умумии сайёраҳо мувофиқан кунҷҳои  $7^\circ$  ва  $17^\circ$ -ро ташкил медиҳанд.

Сайёраҳо – Уторид, Зӯҳра, Замин ва Миррих аз ҷиҳати табиат ва тавсифи физикиашон аз Муштарӣ, Уран, Зуҳал ва Нептун фарқи кулӣ доранд. Бинобар ин, онҳо ба ду гурӯҳ ҷудо карда мешаванд:

1) гурӯҳи сайёраҳои типии Замин, ки ба онҳо Уторид, Зӯҳра, Замин ва Миррих дохил мешаванд. Дар ин гурӯҳ Замин як ҳамсафар (Мох) ва Миррих ду ҳамсафар (Фобос ва Деймос) доранд (расми 5.3.2);

2) гурӯҳи сайёраҳои азим, ки ба онҳо Муштарӣ, Зуҳал, Уран ва Нептун дохил мешаванд.

Плутон, ки масса ва андозаи хурд дорад, аз Офтоб дар масофаи  $6 \cdot 10^9$  км ҷойгир аст, аз ҷиҳати сохти атмосфера, ҳарорат, мадори дуродур, даври гардиш ва дигар хусусиятҳои хамчун объекти (чирми) Системаи офтобӣ шинохта шудааст. Ҳамаи сайёраҳои азим дар гирди меҳвар бо суръатҳои калон чарх мезананд ва сатҳи онҳо бо атмосфераи ғафс пӯшида шудааст.

Аз сайёраҳои азим (ниг. расми рангаи 5.3.1, ишораи 4) Муштарӣ калонтарин буда, массааш аз Замин 318, ҳаҷмаш 1300 ва қутраш 11 маротиба калон мебошад. Соли он дар атрофи Офтоб ба 12 соли заминӣ баробар аст. Даври чархзании шабонарӯзӣ дар экватори сайёра ба 9 соату 50 дақиқа баробар буда, он ба тарафҳои кутбҳои кам шуда меравад. Чунин тарзи ба Муштарӣ хоси чархзанӣ аз моддаи газӣ таркиб ёфтани қабатҳои болоии он гувоҳӣ медиҳад.



Фобос



Деймос

Расми 5.3.2

Таркиби атмосфераи Муштарӣ асосан аз молекулаҳои  $H_2$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$  ва  $H_2O$  иборат аст.

Абрҳои гуногун атрофи Муштариро ихота кардаанд. Танҳо қисми хурди маркази онро ядроӣ сангин ташкил медиҳад. Шакли ба гирдбод монанди абри мушоҳидашавандаи ин сайёра 300 сол инҷониб тағйир наёфтааст. Вай аз сатҳи поёни чархзанон ба боло баромада, шояд дигар гирдбодхоро фуру бурда меистад.

Ҳарорат дар сайёраҳои азим хеле паст –  $140^\circ K$  (дар Муштарӣ) ва –  $180^\circ K$  (дар Зуҳал) мебошад. Дар спектри сайёраҳои дур хатҳои спектриалии  $NH_3$  дида намешаванд.

Мумкин аст, ки дар чунин ҳарорати паст онҳо дар ҳолати яхин бошанд. Сабаби дуру дароз дар ҳолати устувор будани шакли абрҳои сайёра ба ҳамин ҳолати яхбастагии онҳо вобаста аст.

Тадқиқоти сайёраҳои азим нишон медиҳад, ки ҳангоми фикран ба маркази онҳо наздик шудан гидроген аввал дар ҳолати газӣ, баъд дар ҳолати газу моеъгӣ ва дар охир дар ҳолати моеъгӣ мавҷуд аст.

Муштарӣ майдони магнитӣ дорад. Қабатҳои радиатсиягии он аз қабатҳои радиатсиягии Замин хеле пурқувватанд. Дар атмосфераи он раъду барқи доимӣ ба амал меояд. Он ҳамчун манбаи мавҷҳои радиогӣ ҳисобида мешавад. Ин сайёра 16 ҳамсафар дорад. Ио, Европа, Каллисто ва Ганимед ҳамсафарони калонтарини ин сайёра мебошанд. Қутри Ганимед, аз қутри Моҳ 1,5 маротиба зиёд аст. Онро кураи яхин меноманд. Дар сатҳи Ио доимо вулканҳои амалкунанда мушоҳида карда мешаванд, ки дар натиҷаи онҳо олтингугирд ба боло пош хурда меистад. Аз ин сабаб ранги он сурх менамояд.

Зуҳал аз ҷиҳати андоза баъди Муштарӣ меистад. Қисмҳои гуногуни он монанди Муштарӣ суръатҳои кунҷии гуногун доранд. Қутри он 120 660 км мебошад, ки он аз қутри Замин 9 маротиба

Дар байни ҳамаи сайёраҳои системаи Офтобӣ Зухал бо ҳалқаи худ диққатҷалбкунанда аст (расми 5.3.1, ишораи 6). Ғафсии ҳалқаи он 14-15 км буда, васеънаш (бараш) чунон калон аст, ки дар болои он чандин кутри Замиро чой додан мумкин аст.

Ин ҳалқа асосан аз се қисм – ҳалқаи дохилӣ, ҳалқаи мобайнӣ ва ҳалқаи берунӣ иборат мебошад. Андозаи зарраҳои ҳалқаҳои дохилӣ ва беруниро ташкилкунанда хеле хурд буда, андозаҳои зарраҳои қисми мобайнӣ то 10-ҳо см мерасанд.

Ҳалқаи сайёра нисбат ба сатҳаш дар масофаи  $10^5$  км ҷойгир аст. Ин аз ҷумлаи ҳамон ҳалқаҳоест, ки мебоист онҳо дар замони пайдоиши сайёраҳои азим дар атрофи сайёраҳо аз тумани абруи чанги зич пайдо шуда, минбаъд ҳамсафаронро ба вучуд меоварданд. Дар ҷунин масофаи наздик ( $10^5$  км) ҳамсафарон агарчи пайдо мешуданд ҳам, онҳо дар натиҷаи қувваи ҷозибавӣ байниқадигарии зарраҷаҳои ҳалқаи ҳамвор ва сайёра боз ба ҳолати порашавӣ дучор мешуданд. Ин аст, ки ҳалқаи сайёра то ба ин давр ҳолати устувори худро тағйир надидааст.

Аз 30 ҳамсафарони Зухал ҳамсафари шашумаш – Титан, ки кутраш 4850 км аст, бо атмосфераи пушида шудааст ва таркиби он аз  $C_2H_4$  иборат аст. Ҳамсафар – Феба дар атрофи Зухал баръакс ҳаракат мекунад\*.

Ҳамсафари Муштарӣ Ганимед ва ҳамсафари Зухал Титан андаке аз Моҳ калонтаранд.

Уран дар телескоп андозаи кунҷии 4"-ро дорад, ки он 49600 км-ро дарбар мегирад. Меҳвари Уран монанди Зухра нисбат ба ҳамвори мадораш пурра ба паҳлу хобида, дар атрофи он сайёра тавре ҷарх мезанад, ки он ба самти ҳаракаташ аз рӯи мадор дар атрофи Офтоб муқобил аст. Дар атрофи он 15 ҳамсафар давр мезананд. Калонтарини онҳо Оберон мебошад, ки кутраш ба 1000 км баробар аст.

Сайёраи дигар Нептун ба андозаи кунҷии 2,4" (25050 км) соҳиб аст. Вай 8 ҳамсафар дорад. Ҳамсафари он Тритон, ки кутраш 2705 км мебошад, ба катори ҳамсафарони калони сайёраҳои системаи Офтобӣ дохил мешавад ва самти даврзании он ба самти ҷархзании Нептун муқобил аст.

Дар масофаи дуртарин аз Офтоб, тақрибан 40 в.а. ҷирми сайёра монанд – Плутон (кутраш тақрибан 2300 км) воқеъ аст. Он дар давоми 250 сол дар атрофи Офтоб як маротиба давр мезанад. Плутон бо назардошти хусусиятҳои зикр гардида дар анҷумани байналмилалӣ астрономҳо, ки соли 2006 дар Прага баргузор гардид, ба гурӯҳи ҷирмҳои мадорашон баъди мадори Нептун мавқеъдоранд, дохил карда шуд. Мавриди зикр аст, ки солҳои қаблӣ Плутон ҳамчун сайёраи Системаи офтобӣ дониста шуда буд. Соли 1978 ҳамсафари ин сайёра кашф карда шуд ва он Харон номида шудааст.

Тасаввуроти мо доир ба сайёраҳои азим он қадар зиёд нест. Гарчанде пайдоиш ва инкишофи ҳамаи сайёраҳои Системаи офтобӣ бо ҳам алоқаманд бошанд ҳам, ҳулосаҳои илмӣ доир ба сайёраҳои азим, ки ба табиат ва шароити физикии сайёраҳои гурӯҳи Зами

\* Солҳои охир шумораи зиёди ҳамсафарони сайёраҳои азим ба қайд гирифта шудаанд.

мукоиса шудаанд, олимони соҳаи астрономияро қаноатманд карда наметавонанд.

Бузургии масса асосан қувваи ҷозибаро дар ин ё он сайёра ба вучуд меорад. Агар сайёраҳо хурд бошанд, молекулаҳои атмосфераи онҳо бинобар сабаби кам будани қувваи вазнинӣ (ҷозоба) дар зери таъсири гармии Офтоб суръати параболий гирифта, сатҳи сайёраро тамоман тарк мекунанд. Ин аст ки Уторид ва баъзе радифони сайёраҳои Системаи офтобӣ, аз ҷумла, Моҳ атмосфера надорад. Миррих, ки массааш аз массаи Замин 9 маротиба хурд аст, бо атмосферае ихота шудааст, ки зичии он аз зичии атмосфераи Замин хеле хурд аст.

Баландшавӣ ва камшавии ҳарорати сатҳи сайёраҳо аз мавҷудияти атмосфера ва масофаи ҷойгиршавӣ аз Офтоб вобастагии калон дорад. Гармие, ки сайёраҳо аз Офтоб мегиранд ё бо миқдори кам аз дохили худи онҳо бармеояд, дар натиҷаи чархзании шабона-рӯзӣ дар қабатҳои наздиктарини атмосфераи атрофи сайёраҳо ба ҳолати эътидолӣ оварда мешавад.

Вале агар сайёра бо як тарафаш дар атрофи Офтоб давр занад, он гоҳ фарқи калони ҳароратҳои рӯзона ва шабона, иқлим, табиат ва умуман шароити физикии ин сайёраҳо ба дараҷаи ниҳой тағйир медиҳад. Хусусан як тарафи он хеле тафсон шуда, тарафи дигараш ниҳоят хунук мешавад.

Омузиши табиати сатҳи сайёраҳо ва радифони онҳо бо ёрии телескопҳо ва таҷҳизоти махсуси мушоҳидавӣ гузаронида мешавад. Натиҷаи таҳқиқотҳои, ки бо ёрии дастгоҳҳои кайҳонӣ дастрас гардидаанд, нишон медиҳад, ки Моҳ ва сайёраҳои гурӯҳи Заминӣ аз ҷиҳати тавсифоти физикиашон начандон тафовути калон доранд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар атрофи Офтоб чандто сайёра давр мезананд? Онҳоро аз рӯи тартиби ҷойгиршавиашон нисбат ба Офтоб номбар кунед.
2. Қадом гурӯҳи сайёраҳо аз ҳамдигар фарқ менамоянд? Онҳоро номбар кунед. Тафовути асосии онҳоро шарҳ диҳед.
3. Бузургии қувваи ҷозоба дар сайёраҳо ба чӣ вобастагӣ дорад? Моҳ чаро атмосфера надорад?
4. Агар сайёра бо як тарафаш (агар атмосфера дошта бошад) дар атрофи Офтоб давр занад, чӣ ҳодиса рӯй медиҳад?

### 5.4. Шакл, андоза ва массаи Замин

**Шакли Замин.** Ҳангоми мушоҳидаи киштии баҳрӣ дар лаҳзаи аввал нӯгҳои болоии сутунҳои бодбараки киштиро дидан мумкин аст ва бо гузашти вақт қисмҳои мобайнӣ ва баъдан худи он пурра

Ҳангоми афтидани сояи Замин ба болои Моҳ (яъне гирифти Моҳ) ба чашми мушоҳидон Моҳ камоншакл менамояд. Ин далели дигарест, ки курашакл будани Заминро тасдиқ мекунад.

Гояи курашакл будани Заминро ҳанӯз дар замонҳои қадим олимони юнонӣ (Пифагор ва Аристотел, асрҳои V–IV то милод) пешниҳод кардаанд.

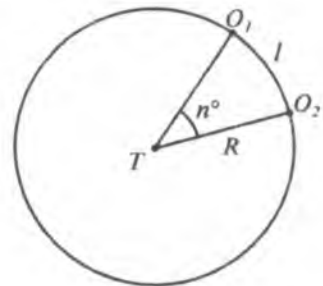
Мувофиқи назарияи қозибайи умумиҷаҳонӣ қисмҳои вазнини андозаашон хеле зиёд, ки дар гирди меҳвари хусусӣ ҷарх мезананд ва ба суръати начандон калон доро ҳастанд, бояд шаклашон ба кура монанд бошад. Дар ҳақиқат, ҷирмҳои мушоҳидашавандаи ҳаҷму массаашон калон, аз ҷумла Офтоб, Моҳ ва сайёраҳо аз кураи ҳақиқӣ на он қадар фарқ мекунанд. Суратҳое, ки бо ёрии киштиҳои кайҳонӣ гирифта шудаанд, курашакл будани шакли Заминро тасдиқ менамоянд (ниг. расми рангаи 5.4.1).

**Андозаи Замин.** Курашакл будани Замин имконият медиҳад, ки андозаи он бо ёрии усулҳои пешниҳодкардаи олимони соҳаи астрономия ва ҷуғрофия Эратосфен (Юнони қадим, солҳои 276–194 то милод) ва Абӯрайҳони Берунӣ (Хоразм, 973–1048) муайян карда шавад. Аввал усули Эратосфенро дида мебароем (расми 5.4.2). Масофаи байни нуқтаҳои  $O_1$  ва  $O_2$ , ки дар ҳамон як меридиани ҷуғрофӣ ҳобидаанд бо  $l$  (километрҳо) ва қимати кунҷии онро бо  $n^\circ$  (дараҷаҳо) ифода карда, дарозии камони  $l_0$ , ки  $1^\circ$ -ро ташкил медиҳад, муайян мекунем:

$$l_0 = \frac{l}{n^\circ}.$$

Он гоҳ дарозии давраи пурра ба  $L = 360^\circ l_0 = \frac{360^\circ l}{n^\circ} = 2\pi R$  баробар мешавад ва радиуси кураи Заминро аз ин ҷо муайян кардан мумкин аст:

$$R = \frac{180^\circ l}{\pi n^\circ}.$$



Расми 5.4.2

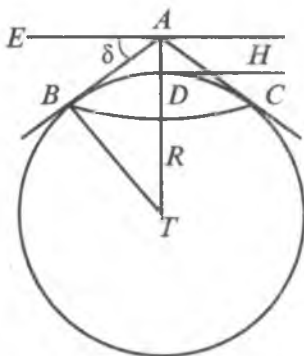
Дар ин ҷо қимати кунҷи  $n^\circ$  ба фарқи арзҳои ҷуғрофии нуқтаҳои  $O_1$  ва  $O_2$  баробар аст, яъне  $n^\circ = \varphi_1 - \varphi_2$ .

Муайянкунии дарозии камон  $l$  бинобар сабаби мавҷуд будани қӯҳҳо ва умуман пасту баландиҳои Замин мушкил аст. Дар замони мо он бо роҳи ҷенкуниҳои секунҷагӣ (триангулятсия), ки дар геодезия истифода мешавад, муайян карда шудааст.

Абӯрайҳони Берунӣ дар замони худ барои ҳисоб намудани радиуси Замин –  $R$  формулаи зеринро ҳосил намуда буд:

$$R = \frac{2H}{\text{tg}^2 \delta}$$





Расми 5.4.3

Бо максуди ҳисобкунии радиуси Замин Абурайҳони Берунӣ ба қуллаи кӯҳе, ки баландиаш  $H=100$  м буд баромада, кунҷи ҳамии уфуқ  $\delta$ -ро муайян кард (расми 5.4.3). Дар натиҷаи ҳисобкуниҳои математикӣ Абурайҳони Берунӣ радиуси Заминро муайян намуд, ки он аз натиҷаҳои ҳисобкуниҳои ҳозиразамон ба 3-4% фарқ мекунад.

Аз ҳамаи ченкуниҳо барои мо муҳимаш ченкуниҳои кунҷӣ-дараҷагӣ мебошад. Мувофиқи он дар сатҳи Замин нуқтаеро, ки арзи ҷуғрофиаш  $\varphi = 35^\circ$  аст, интиҳоб намуда, аз он дарозии камони кунҷи  $1^\circ$ -ро аввал ба тарафи ҷануби Замин ва баъд ба самти шимоли он чен мекунанд. Дарозии камонҳои ин кунҷ ба тарафи ҷануб ба 110,5 км ва ба самти шимол ба 111,5 км мувофиқ меояд. Ин маънои зиёдшавии масофа ё ростшавии ҳамии сатҳи Заминро (ба самтҳои кутбӣ) мефаҳмонад.

Бо ёрии усули ченкунии кунҷӣ-дараҷагӣ дарозии камони дорони  $1^\circ$  дар қутбҳо ва дар экватор чен карда шуд, ки мувофиқан ба 111,7 ва 110,6 км баробар аст. Ҳисобкуниҳои ҳозиразамон нишон медиҳанд, ки радиуси экватории Замин аз радиуси қутбиаш 21,4 км зиёд мебошад. Яъне ҳангоми чархзанӣ дар атрофи меҳвараш, қутбҳои Замин ба тарафи маркази он фишурда шуда, шакли эллипсоиди чархзанандаро гирифтааст.

Дар ҳисобкуниҳои байналхалқӣ барои элементҳои эллипсоиди Замин қиматҳои зерин қабул шудааст: радиуси экваторӣ  $a = 6378,16$  км. радиуси қутбӣ  $b = 6356,78$  км.

Аз ин ҷо бо ёрии формулаи  $\epsilon = \frac{a-b}{a}$  қимати фишурдашавии эллипсоидро ёфтанд осон аст, ки он ба 1 : 298,25 баробар аст.

Ҳамин тавр, маълум шуд, ки қурамонандии Замин аз сфероид (эллипсоиди чархзананда) фарқ мекунад ва агар сухан дар бораи шакли Замин равад, шакли ғайрифизикии сатҳи онро (уқёнусҳо, пасту баландиҳои зериобӣ ва ғайра) дар назар надошта, балки сатҳи геоидро ба назар гирифтани лозим аст, ки он аз рӯи сатҳи оби ороми бахру уқёнусҳои Замин мегузарад.

**Массаи Замин.** Қонуни ҷозибии умумичаҳонӣ имконият медиҳад, ки массаи Заминро ҳисоб кунем.

Дар ҳақиқат, мувофиқи ин қонун барои ҳисоб намудани массаи Замин ( $M_3$ ) ифодаи зеринро ҳосил кардан мумкин аст:

$$mg = G \frac{M_3 m}{R^2}. \quad (5.5.1)$$

Аз ин ҷо массаи Замин:

$$M_3 = \frac{gR^2}{G}, \quad (5.5.2)$$

дар ин чо  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  шитоби афтиши озод,  $R = 6370 \text{ км}$  – радиуси миёнаи Замин,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$  – собити қозима мебошанд.

Қиматҳои ададиро ба формулаи (5.5.2) гузошта, массаи Заминро ҳисоб кардан мумкин аст:

$$M_3 = \frac{9,8 \text{ м/с} (6370 \cdot 10^3 \text{ м})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна шакл доштани Заминро бо мисолҳо фаҳмонед.
2. Усулҳои муайянкунии андозаи Заминро шарҳ диҳед.
3. Чаро радиуси экватории Замин аз радиуси қутбнаш 21,4 км зиёд аст?
4. Массаи Заминро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?

#### МАШҚИ 33

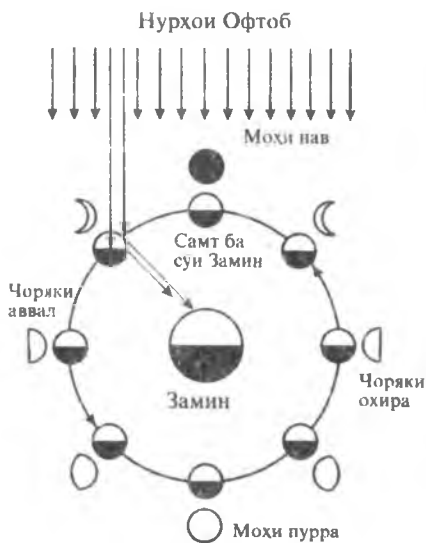
1. Дарозии хати уфукиро аз қуллаи кӯҳи баландтарин – Эверест, ки баландиаш ба 8848 м баробар аст, муайян кунед. (Ҷавоб: 357 км)
2. Дарозии хати уфукии стратостатеро ёбед, ки он дар баландии 22 км воқеъ аст. (Ҷавоб: 564 км)
3. Радиуси Замин маълум карда шавад, агар дар қуллаи кӯҳи баландиаш 1 км ҳамии уфук кунчи  $1^{\circ}01'$ -ро ташкил диҳад.

### 5.5. Моҳ – радифи табиии Замин

**Тавсифи физикии Моҳ.** Моҳ барои мушоҳида аз ҳама наздиктарин ҷирми осмонӣ ба шумор меравад ва аз Замин дар масофаи 384000 км воқеъ гаштааст. Вай бо ҳамон як тарафаш дар атрофи Замин дар давоми 27,3 шабонарӯзи ситорагӣ як маротиба давр мезанад. Ин даври гардишро моҳи сидерӣ ё ситорагӣ меноманд (агар ин гардиши Моҳ аз ситора мушоҳида шавад). Аз ин мебарояд, ки даври гардиши Моҳ дар атрофи Замин ба даври чархзании он дар атрофи меҳвараш баробар аст.

Кутри он ба 3474 км баробар буда, аз кутри Замин 4 маротиба, массааш аз массаи Замин 81 маротиба ва ҳаҷмаш нисбат ба ҳаҷми Замин 49 маротиба хурд аст.

Офтоб сатҳи ҷирмҳои осмонӣ, аз он ҷумла сайёраҳо ва ҳамсафарони онҳоро гарм ва равшан мекунад. Равшании Моҳ ин рушноии инъикосгардидаи Офтоб аст.



Расми 5.5.1

Хангоми мушоҳида чор фазаҳои аз якдигар фарқкунанда (моҳи нав, чоряки аввал, моҳи пурра ва чоряки охир) ва пай дар пай ивазшавандаи Моҳро дидан мумкин аст (расми 5.5.1).

Дар ҳолати моҳи нав Моҳ мавқеи мобайнии Замину Офтобро гирифта, ба Офтоб нигарон мешавад. Дар ин маврид тарафи торикӣ Моҳ ба сӯи Замин нигаронида шуда, барои мушоҳид наонамоён аст. Баъди ду рӯз Моҳи нави камоншакли борик дар қисми ғарбии осмони шомгоҳ пайдо мешавад.

Дар давоми 7 рӯз тарафи барҷастаи ба Офтоб нигаронидашудаи Моҳ васеъ шуда, шакли нимдоираро мегирад. Фазаи нав ҳосил мешавад, ки онро чоряки

якум меноманд. Дар ин вақт Моҳ дар квадратураи шарқӣ, яъне ба тарафи шарқ, аз Офтоб дар таҳти кунҷи  $90^\circ$  меҳобад. Дар ин ҳолат нисфи сатҳи Моҳ равшан буда, нисфи дигараш торик аст. Дар ҳолати ин фаза Моҳ дар нимаи аввали шаб намоён аст ва бо гузаштани вақт ба паси уфуқ меҳамад.

Рӯз аз рӯз ба чашми мушоҳид равшани сатҳи нимкураи Моҳ меафзояд ва баъди 7 рӯз ин сатҳ пурра равшан мешавад.

Моҳ дар вақти пурра равшан буданаш нисбат ба Офтоб мавқеи муқобилистиро мегирад ва аз ин рӯ, моҳи пурра дар осмон тамоми шаб намоён аст. Дар ин давра бегоҳӣ Моҳ баъд аз гуруби Офтоб аз паси уфуқ намоён мешавад ва саҳарӣ дар лаҳзаи намоёншавии Офтоб ба поёни уфуқ меҳамад.

Минбаъд тарафи ғарбии Моҳ торик шуда, тахминан баъди 7 рӯз пас аз пуррашавӣ Моҳ боз шакли нимдоираи равшанро мегирад. Яъне лаҳзаи чоряки охирин мерасад.

Моҳ дар квадратураи ғарбӣ ҷой гирифта, ба Замин боз нимдоираҳои торикӣ равшани он нигаронида мешаванд. Вале дар ин ҳолат Моҳ ба тарафи ғарб аз Офтоб дар таҳти кунҷи  $90^\circ$  меҳобад ва дар нимаи дуҷуми шаб то баромади Офтоб намоён шуда меистад. Рӯшноии сатҳи Моҳ минбаъд торафт кам шуда, боз шакли камони борикро мегирад ва дар тарафи шарқ дар муҳити нурҳои офтобии субҳӣ саҳарӣ ва то баромади Офтоб намудор мешавад. Баъди 2–3 рӯз Моҳи камоншакл аз назар ғойб мегардад ва Моҳи нав баъди 7

210 рӯзи гумшавиаш боз аз нав пайдо мешавад.

Хангоми аз руйи як хати рост дар байни Офтобу Моҳ ҷойгир шудани Замин сояи он ба Моҳ афтада, сатҳи онро торик мекунад. Ин ҳодисаро гирифтӣ Моҳ меноманд.

**Сатҳи Моҳ.** Бо ёрии стансияҳои «Луна-3», «Луна-9» ва «Луна-10» (собик Иттиҳоди Шӯравӣ) ва киштиҳои амрикоии байнисайёравӣ «Рейнчер»-ҳо сатҳи ба чашм намоён ва нонамоёни Моҳ омӯхта шуда, харитаи он тартиб дода шудааст.

Қариб 60%-и сатҳи намоёни Моҳро қитъаҳо (пасту баландихо) ва қисми боқимондаашро сатҳҳои хушки баҳру уқёнусҳо ташкил медиҳанд (расми 5.5.2). Калонтарини онҳо Баҳри Ором, Баҳри Брон ва Уқёнуси Туфон мебошанд. Сатҳи Моҳ инчунин аз кӯҳу қаторкӯҳҳои баландиашон 7-8 км, чуқуриҳои табақмонанди кутрашон то 300 км ва танӯраҳои сиркмонанд (толори сиркӣ) ташкил ёфтааст. Эҳтимол, онҳо дар натиҷаи афтиши метеоритҳо ва таркиши вулқонҳо ба вучуд омадаанд (расми 5.5.3).

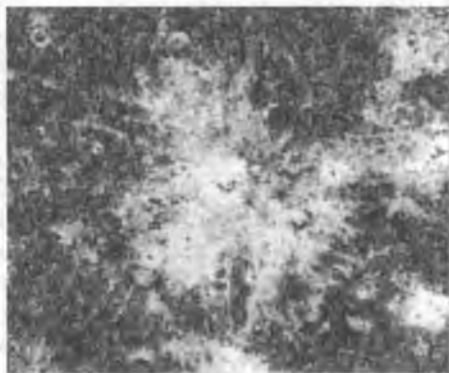
Танӯраҳои калон (Б. Тихо, И. Кеплер ва Н. Коперник) ба чашм тавре менамоянд, ки гӯё аз марказашон аз худ ба атроф нури рӯшноӣ мепошида бошанд. Онҳоро бо чашми одӣ دیدан мумкин аст (расми 5.5.3). Дарозии баъзе аз онҳо то 2000 км тӯл мекашад. Ин манзараҳо ҳам мумкин дар ҷараёни таркиши вулқонҳо ё афтиши метеоритҳои ниҳоят калон пайдо шудаанд. Мувофиқи ақидаҳои олимон, хангоми руҳ додани ин гуна ҳодисаҳо, пораҳои калон ба атроф бо суръатҳои хеле зиёд парвоз карда, қад-қад роҳи парвози худ танӯрачаҳои хурди иловагиро, ки онҳо шакли пошхӯрдаи рӯшноиро доранд, ҳосил кардаанд.

Ҳарорати сатҳи маркази Моҳи пурра 100–120°C гарм ва маркази қафои он 140–170°C хунук мешавад.

Агар сатҳи Моҳ об медошт, он бинобар ҳарорати баланд, камии қувваи ҷозиба, шитоби афтиши озод ва суръати аз сатҳ кандашавии хурд доштани ба бухоршавӣ дучор шуда, кайҳо хушк мешуд. Ин аст, ки Моҳ абр ва атмосфера надорад.



Расми 5.5.2



Расми 5.5.3

1. Андозаҳо, масса ва даври гардиши Мохро дар атрофи Замин шарҳ диҳед.
2. Пай дар пай ивазшавии фазаҳои Мохро фаҳмонед.
3. Кадом бахру укёнуҷҳои хуҷки Мохро меҷонед?
4. Ҳолати нури пошхӯрдаеро, ки аз танӯраҳо ибтидо меѓиранд, ҷӣ тавр фаҳмонидан мумкин аст?
5. Агар кайҳоннавард обро ба сатҳи Моҳ резад, бо гузаштани вақт бухоршавӣ ҷи ҳел ҷараён меѓирад? Ҷаро Моҳ абр ва атмосфера надорад?

МАШҶИ 34

1. Ситора дар қисми ҳамидашудаи шохмонанди Моҳ ба ҷашм намоён мешавад ё не?
2. Шабонарузи ситораѓӣ, давомнокии шаб ва рӯз дар Моҳ ба ҷӣ баробар аст?
3. Моҳ дар давоми сол нисбат ба Офтоб дар ғирди худ ҷанд маротиба ҷарх меҷанад? (Ҷавоб: тахминан  $12\frac{1}{2}$  ғардиш мекунад).

### 5.6. Сайёраҳои ғуруҳи Замин

Сайёраҳои ин ғуруҳ Уторид, Зӯҳра. Замин ва Миррихро сайёраҳои ғуруҳи Замин (заминмонанд) меноманд.

Мувофиқи тавсифоти физикӣ онҳо аз ҷиҳати хурди андоза, масса, даври ғардиш дар атрофи Офтоб, шумораи ками радифон ва зичии зиёдашон аз дигар сайёраҳои Системаи офтобӣ фарқ мекунаанд. Онҳо аз моддаҳои сахтӣ сангин ва фулӯзин таркиб ёфтаанд. Ба таври васеъ омӯхтани сайёраҳои ин ғуруҳро на танҳо астрономҳо, балки олимони соҳаи геология, геодезия, геофизика ва ғайра мавзӯи муҳими таҳқиқотии худ мешуморанд. Астрономҳо барои дастрас кардани маълумотҳои илмӣ доир ба сайёраҳои ғуруҳи номбаршуда ва дигар ҷирмҳои осмонӣ табиати физикии Замин ва Моҳро омӯхта истода, усулҳои нави илмӣ-тадқиқотиро ҷустуҷӯ мекунаанд.

Уторид сайёраест, ки аз рӯи мадораш нисбат ба дигар сайёраҳо ба Офтоб наздик ҷойгир шудааст. Даври ҷарҳзани дар атрофи меҳвар 58,65 ва даври ғардишаш дар атрофи Офтоб 88 шабонарузи заминро ташкил медиҳад. Қутри (диаметри) он 4874 км буда, массааш аз массаи Замин 20 маротиба хурд аст.

Меҳвари ҷарҳзаниаш нисбат ба ҳамвории мадор перпендикуляр ҷойгир шудааст. Уторид қариб, ки атмосфера надорад ва нуруҳои Офтоб бе ягон мамониати молекулаҳо (зарраҳои атмосферӣ) ба сайёра бархӯрда, сатҳи онро то 300-400°C ғарм мекунад.

Баъди фуру нишастани Офтоб сатҳи ин сайёра то  $-183^{\circ}\text{C}$  хунук мешавад.

Дар таърихи мавҷудияти худ ин сайёра (бо баъзе ақидаҳо) бо кадом чирмҳои калони осмонӣ ду маротиба зарба хурда, ба фалокат дучор шудааст. Дар зарбаи аввал сайёра гудохта шуда, ҳамаи элементҳои вазнин ба марказ ғарқ мешаванд, ки дар натиҷаи он ядроии металлӣ ба вучуд меояд. Дар зарбаи дуюм сайёра қисми зиёди пустилохи худро гум карда, асосан ба сайёраи металлӣ табдил меёбад. Қариб 70% массаи сайёраро ядроии он ташкил медиҳад (ниг. расми рангаи 5.6.1).

Дар натиҷаи афтидани метеоритҳо ва рух додани ҳодисаҳои вулкони дар ин ҷо танӯраҳои хеле зиёди гуногуншакл пайдо шудаанд.

Агар мо сурагҳои бо ёрии киштиҳои кайҳонӣ гирифташудаи сатҳи Уторид ва Мохро муқоиса кунем, мебинем, ки сохти сатҳи онҳо начандон аз якдигар фарқ мекунанд.

Зӯҳра дар осмон бо равшании хеле зиёди худ аз ситораҳо фарқ мекунад. Аз ин рӯ, онро «ситораи сахарӣ» ҳам меноманд.

Массаи Зӯҳра тақрибан 0,8 ҳиссаи массаи Замин ва ҳаҷмаш 0,9 ҳиссаи ҳаҷми Замин буда, қутраш ба 12100 км баробар аст.

Даври ғардишаш дар атрофи Офтоб ба 224,7 ва даври чархзаниш дар гирди меҳвараш ба 243 шабонарӯзи заминӣ рост меояд.

Дар асоси маълумотҳои гункардашудаи стансияҳои байнисайёравии Иттиҳоди Шуравӣ «Венера-4», «Венера-5» ва амрикоӣ «Меринер-2» ва «Меринер-5» маълум гардид, ки ин сайёра майдони магнитӣ надорад ва ин боиси воридшавии нурҳои радиатсионии (шамоли офтобӣ) Офтоб ба қабатҳои дохилии атмосфераи ғафси Зӯҳра мегардад. Шамоли Офтоб дар минтақаи поёнии сайёра қабати тунуки сфераи ионхоро ба вучуд меорад. Фишори атмосфера то 80-90 атм. ва ҳарорати сатҳаш ба  $467^{\circ}\text{C}$  мерасад.

Мувофиқи тадқиқотҳои ин стансияҳо атмосфераи сайёра 97%  $\text{CO}_2$ , 2%  $\text{N}_2$ , аз 0,1 то 1% буғҳои об ва дигар элементҳои атомҳои сабук дорад.

Бо ёрии таҷҳизоти илмӣ «Меринер-10» тумани абрҳои ноустувор дар Зӯҳра муайян карда шудааст (расми 5.6.2). Ин сайёра ҳамсафар надорад.



Расми 5.6.2

**Замин.** Замин ягона сайёраест, ки дар он ҳаёти зинда вучуд до-  
рад. Атмосферааш аз 78% нитроген, 20,7% оксиген ва дигар газҳо  
иборат аст. Он аз бисёр ҷиҳатҳо, аз ҷумла, қабатҳои атмосферинаш,  
табиати физикии сатҳаш ва ба таври назариявӣ қисмҳои дохилиаш  
омӯхта шудааст.

Дар расми 5.6.3 сурати аз кайҳон гирифташудаи Замин ва қисми  
буридашудаи дохилии он нишон дода шудааст. Қабати берунаи,  
Замин, ки пӯстлох номида мешавад, аз маҷмӯи  
тахтасангҳо ва қабатҳои чинҳои сахтшуда  
таркиб ёфта, баъзан ҳангоми руҳ додани ҳоди-  
саҳои вулкони дар болои мантияи ниммоёъ  
чунбида меистад. Мантия то 2890 км чуқурӣ  
дошта, 67% массаи сайёраро ташкил медиҳад.  
Дар натиҷаи чунбиш қабатҳои тахтасангшуда  
қисмҳои кӯҳӣ кафида ё худ шикаста шуда,  
якдигарро тела дода меистанд, ки ин боиси  
пайдоиши кӯҳҳо ва дигар ҳодисаҳои кишри  
Замин мешавад.

**Миррих.** Кутри Миррих аз кутри Замин ду-  
чанд хурд аст. Массааш ба  $6,4 \cdot 10^{23}$  кг баробар  
мебошад.

Дар ҳолати муқобилистӣ ё дар перигелий  
(наздиктарин масофа аз Офтоб) ин сайёра ба  
мисли Зӯҳра равшан, вале сурхчатоб мушоҳида  
кардан мумкин аст.

Даври гардиши Миррих дар атрофи Офтоб  
ба 687 шабонарузи заминӣ ё худ тақрибан ба ду  
соли заминӣ баробар аст. Сайёра дар атрофи  
меҳвараш дар давоми 24 соат як маротиба чарх  
мезанад. Тамоили тири чархзании Миррих ба  
ҳамвории мадораш  $65^\circ$  аст, ки он ба тамоили  
тири Замин мувофиқат мекунад ва аз ҳамин  
сабаб дар Миррих фаслҳои сол ва тағйирёбии  
мавсимӣ дар сатҳи он ба миён меояд.

Бо ёрии телескоп дар наздикии қутбҳои  
Миррих «кулоҳи қутбӣ»-ро мушоҳида кардан  
мумкин аст, ки масоҳати сатҳи он бо мурури  
ивазшавии фаслҳои сол кам ё зиёд мешавад  
(ниг. расми рангаи 5.6.4). Яъне дар тобистон ин  
масоҳат кам шуда, дар охир гум мешавад. Зи-  
мистон он меафзояд.

Дар сатҳи Миррих майдонҳои хеле равшан-  
ро دیدан мумкин аст, ки онҳоро қитъаҳо мена-  
манд. Ранги онҳо сурху ҷигарӣ аст.

Мавзёҳои тирашакл, ки онҳоро «бахр»-ҳо  
меноманд, дар заминаи майдонҳои равшан тӯл



кашидаанд. Қисмҳои хурди сарҳаддори тирашакро кӯлҳо меноманд. Дар сатҳи он (расми 5.6.5) хатҳои рост ва шикастаи барашон 3-9 км ва дарозияшон то 250 км ба сурат гирифта шудаанд. Асосан онҳо ба каналҳои монандӣ мекунанд. Табиати онҳо ҳоло маълум нашудааст.

Сатҳи Миррих дар тобистон то 0°C ва зимистон то 100°C хунук мешавад. Баъзе минтақаҳои он бо қирави яхбастаи (гафсиаш 1 мм) барфмонанд пушида шудаанд. Манзараҳои сатҳи сайёра аз танӯраҳои холӣ нест. Сабабҳои пайдоиши онҳо ба сабабҳои пайдоиши танӯраҳои Моҳу Уторид ва Зӯҳра шабоҳат дорад. Яке аз вулкониҳо, ки боиси пайдоиши танӯра шудааст, баландии 2,7 км-ро дорад. Танӯраҳои ин ҷо дар натиҷаи шамолҳои шиддатноки давомдор каме ҳамвор шудаанд.

Миррих ду ҳамсафар дорад, яке Фобос (қутраш 15 км) дигаре Деймос (8 км) (расми 5.3.2). Тадқиқотҳои илмӣ ва натиҷагирӣ доир ба мавҷудияти ҳаёти органикӣ дар ин сайёра ҳоло давом дорад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАКРОР

1. Тавсифоти физикӣ сайёраҳои ин гурӯхро шарҳ диҳед.
2. Аз чӣ сабаб ҳарорати сатҳи Уторид баланд шудааст?
3. Сабаб ва пайдоиши ивазшавии фаслҳои сол ва тағйирёбии «кулоҳи кутбӣ»-ро дар сайёраи Миррих фаҳмонед.
4. Сабабҳои пайдоиши танӯраҳо дар чист?
5. Релефи Зӯҳра ва Миррихро асосан чӣҳо ташкил медиҳанд?
6. Аз кадом ҷиҳат сайёраҳои гурӯҳи Замин тавсифоти умумӣ доранд?

#### МАШҚИ 35

1. Аз Зӯҳра истода, мо Замиро равшантар мебинем. Чаро?
2. Агар диаметри кунҷии Зӯҳра 1' ва диаметри хаттии он ба 12200 км баробар бошад, он аз мушоҳидачӣ дар кадом масофа ҷойгир мешавад?
3. Аз чӣ сабаб сатҳи дидашавандаи Миррих дар мавсимҳои он тағйир меёбад?

### 5.7. Офтоб ситораи наздиктарин

Офтоб барои Системаи офтобӣ чирми марказӣ ҳисобида мешавад ва массаи асосии ин системаро ташкил медиҳад.

Аз ҷиҳати бузургӣ, гармии нурафканӣ ва дигар тавсифҳои ба ситораҳои миёна дохил мешавад. Массаи гази чархзанандаи он  $2 \cdot 10^{27}$  тонна буда, 99,87%-и массаи Системаи офтобиро ташкил медиҳад.



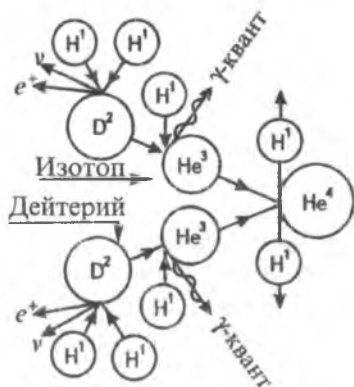
Кутраш аз кутри Замин 109 маротиба калон буда, ба 1392000 км баробар аст. Ҳаҷми Офтоб бо ёрии формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi R_0^3 (R_0 - \text{радиуси Офтоб} = 696000 \text{ км});$$

$$V_0 = \frac{4}{3} 3,14 \cdot (1392 \cdot 10^3)^3 = 1,4 \cdot 10^{18} \text{ км}^3.$$

Ҳарорати қисмҳои болоии атмосфераи Офтоб то 6000°C мерасад. Ҳисобкунҳои дақиқ нишон медиҳанд, ки зичии газ дар маркази Офтоб  $1,5 \cdot 10^5 \text{ кг/м}^3$ , фишор тақрибан ба  $2 \cdot 10^{18} \text{ Па}$  ва ҳарорат ба

15 млн дараҷа баробар аст. Ҳарорат ва фишори баланд дар маркази Офтоб шароитҳои мувофиқро барои табилолоти моддаҳо ба миён меорад. Дар натиҷаи он ядроҳои атомҳои гидроген бо суръати зиёд ба реаксия дороманда, гелиро ҳосил мекунанд (расми 5.7.1). Дар ҳаёти чунин табилолоти миқдори зиёди энергия аз маркази Офтоб ба қабатҳои берун кӯчида, дар шакли афканишот (квантҳо) ба фазои атрофи Офтоб хориҷ карда мешавад.



Расми 5.7.1

Вобаста ба зичӣ, ҳарорат ва кӯчиши энергия, Офтобро ба минтақаҳои пай дар пайи болоиҳамхобида ҷудо кардан мумкин аст (ниг. расми рангаи 5.7.2).

### 1. Минтақаи ядрогӣ. Кураи ядрогӣ,

ки дар он бо зиёдшавии фишору ҳарорати баланд шароити «мусоид» барои табилолоти моддаҳо ба амал меояд.

2. Минтақаи шуӯ. Энергияи ин минтақа дар натиҷаи афканишоти квантҳои энергияи электромагнитӣ аз қабати дарунӣ ба қабати ҳамсоя мекӯҷад.

3. Минтақаи конвективӣ. Ин минтақа дар байни минтақаи шуӯӣ ва минтақаи сарҳади зоҳирии Офтоб мавқеъ гирифтааст. Ҳарорати он бо афзудани масофа то сарҳади зоҳирӣ кам мешавад. Дар ин ҷо моддаҳои гази минтақа гармиро аз қисмҳои поёнӣ ба қисмҳои болоӣ интиқол дода, хунук мешаванд ва боз ба поён мекӯҷанд. Чунин ҳаёти кӯчиши энергияро конвексия меноманд. Ин ҳолати кӯчиши ҳарорат ва энергия ҷӯшиши шуӯлаи биринҷии деғро ба хотир меорад. Ғурушаҳои гуногунҷинсаи газӣ пайваستا ба ҳам дар ин ҷо ғӯё дар ҳолати ҷӯшиш мебошанд.

Офтоб аз ҳисоби нурафканӣ ҳар дақиқа 240 миллион тонна массаи худро ба фазои атроф мепартояд. Ин чунин маъно дорад, ки ҳар сол массаи Офтоб ба миқдори  $132 \cdot 10^{12}$  тонна кам мешавад.

Ҳар дақиқа 180 миллион киловатт энергияи нурафкани Офтоб ба Замин омада мерасад. Қариб нисфи ин миқдор энергия аввал дар атмосфераи Замин пароканда ва фуру бурда шуда ва баъд аз молекулаҳои буги абрҳо инъикос гардида, то мо мерасад.

Дуртарин минтақаро аз маркази Офтоб **атмосфера** меноманд. Қабати ба Офтоб наздики он, ки то 300–500 км тӯл кашидааст, **фотосфера** (аз юнонӣ фотос – рӯшноӣ) номида мешавад. Он қабати тунуки газӣ буда, зичиаш  $10^{-7}$  г/с<sup>3</sup> ва ҳарораташ 5-6 ҳазор дараҷа гармаст.

Дар чунин ҳолат дар қисми болоии фотосфера (кураи рӯшноӣ) гидроген мебоист дар ҳолати нейтралӣ бошад ва фақат миқдори ками (0,01%) атомҳое, ки ба фулузҳо Na, K, Ca мансубанд, ба табилоти ионӣ дучор мешаванд.

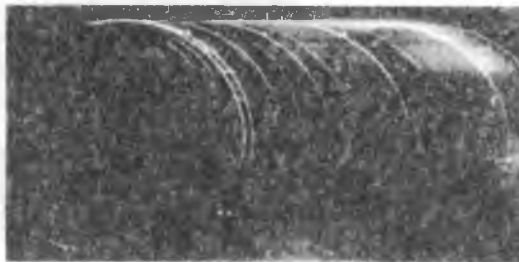
Ҳамаи он энергияе, ки ба мо омала мерасад, асосан аз фотосфера хориҷ мешавад. Ҳангоми бо нурполо мушоҳида кардани Офтоб дар (кураи рӯшноӣ) канори он ҳалқаи фотосфераро мебинем, ки тирагии он дар аввал андаке ва минбаъд ба тарафи канори он зиёд шуда меравад.

Минтақаеро, ки дар он бо афзудани ҳарорат табилоти ионии пайиҳами гидроген ва дигар элементҳо ба вучуд меоянд, **хромосфера** меноманд. Ҳарорати қисми поёнии қабати он даҳҳо ҳазор ва қисми болоиаш садҳо ҳазор дараҷаро ташкил медиҳад.

Хромосфераро хангоми гирифтӣ Офтоб дидан мумкин аст. Дар ин вақт ҳам нурполо истифода мешавад. Дар лаҳзаи бо Моҳ пурра паноҳ шудани Офтоб дар нуқтаҳои сарҳадии фотосфера рӯх додани алангаҳои пайиҳами дурахшони камоншакли бориқро мушоҳида кардан мумкин аст (расми 5.7.3). Васеъгии ин камонҳо то 12-15 ҳазор км мешаванд.

Болотар аз хромосфера қабатест, ки ҳарорат дар он то 2 миллион дараҷа мерасад ва минбаъд дар масофаҳои чандин радиуси Офтоб ин ҳарорат дигар тағйир намеёбад. Ин қабати тунуки тафсонро **тоҷи офтобӣ** меноманд (расми 5.7.4):

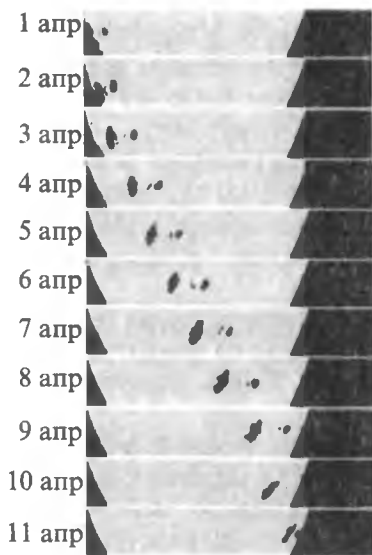
Моддаҳои газмонанди тоҷи офтобӣ дар муҳити байнисайёравӣ сели тунуки тафсонро



Расми 5.7.3



Расми 5.7.4



*Расми 5.7.5*

мавҷуданд. Онҳо ноустувор буда, чуфт-чуфт ва гуруҳ-гуруҳ пайдо мешаванд ва бо гузашти вақт миқдор ва шаклашон тағйир меёбад.

Пайдоиш ва зиёдшавии андозаи доғҳо аз як рӯз то якчанд моҳ давом карда, дар охир худ ба худ гум мешавад (расми 5.7.5).

Доғҳое, ки кунҷи дидашавиашон  $2^1(90\ 000\ \text{км})$  аст, аз қутри Замин 7 маротиба калонанд. Калотарини онҳо, ки андозааш 214 600 км аст соли 1947 мушоҳида шудааст (расми 5.7.6).

Доғҳои Офтоб асосан аз тарафи шарқ ба ҷӯйи ғарб ҳаракат мекунанд. Ин маънои дар атрофи тири хусусӣ ҳаракат кардани Офтобро дорад. Вале дар ин ҷо суръати ҳаракати доғҳои ба қутбҳо наздик ҷойгиршуда аз суръати доғҳои экваторӣ кам аст (расми 5.7.7).

Аз ин хулоса меояд, ки суръати чархзании массаҳои минтақаҳои экваторӣ назар ба суръати минтақаҳои кутбӣ зиёд аст. Яъне Офтоб мувофиқи далелҳои дар боло овардашуда ба ҷисми сахт монанд набуда, балки он танҳо кураи гази тасфон аст. Суръати чархзании нуқтаи экватории Офтоб ба 25,4 шабонарӯзи ситорагӣ баробар мебошад.

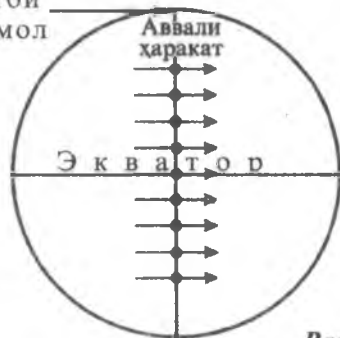
ба вучуд меоранд, ки он ҳамеша аз Офтоб самт мегирад ва онро боди офтобӣ (шамоли офтобӣ) меноманд. Мушоҳидаи он ҳам бо ёрии нурполо амалӣ мегардад.

Дар мавриди мушоҳидаи тоҷи офтобӣ манзараҳои пармонанду қанотшаклро дидан мумкин аст (расми 5.7.4). Ташкилаҳои алангадори ниҳоят калон ва тафсони нурбарорандаро, ки аз Офтоб ба боло ба масофаи 1,7 миллион км партофта шудааст, протуберантсҳо (расми рангаи 5.7.2) номида мешаванд. Суръати ҷаҳиши онҳо то садҳо километр дар як сония аст. Таҳлили спектри нишон медиҳад, ки моддаҳои ин аланга асосан аз Н ва С ташкил ёфтаанд. Дар спектри онҳо хатҳои равшани гелийро ҳам дидан мумкин аст. Дар сатҳи Офтоб инчунин доғҳо



*Расми 5.7.6*

Кутби  
шимол



Расми 5.7.7

Дар ҳолати аз рӯи меридиани Офтоб бо миқдори зиёд ҷойгир шудани доғҳо (ё умуман мавҷудияти миқдори хеле зиёди доғҳо) (расми 5.7.8) дар атрофи Замин тӯфонҳои магнитӣ пайдо мешаванд, ки он боиси тағйир ёфтани боду ҳавои Замин мегардад.

Дар Замин раъду барқи давомнок, баландшавии ҳарорат ва дигар ҳодисаҳои табиӣ рӯх медиҳад. Ҳатто дар баъзе ҳолатҳо дар алоқаи телефонӣ мушкilotро ба миён меорад.

Инчунин доғҳо тақрибан дар давоми 11 сол як бор пайдо мешаванд, ки онро даври хуруҷи доғҳои офтобӣ меноманд.



Расми 5.7.8

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Тавсифоти физикии Офтобро шарҳ диҳед.
2. Сабаби зиёдшавии ҳарорат дар маркази Офтоб дар чист?
3. Қабатҳои дохили Офтоб ва тарзи кучиши энергияро аз он шарҳ диҳед.
4. Кучиши энергия ва нурафкани дар сфераи конвективӣ чӣ тавр ҷараён мегирад?
5. Камшавии энергияи Офтобро фаҳмонед.
6. Атмосфераи Офтоб аз кадом қисмҳо иборат аст ва онҳоро чӣ тавр мушоҳида мекунанд?
7. Ҷарҳзании Офтобро дар асоси ҳаракати доғҳо фаҳмонед.
8. Даври хуруҷи офтобӣ гуфта, чиро меноманд?

1. Самти чархзании Офтобро дар гирди меҳвараш дониста истода, ҳаракати доғҳоро нисбат ба қутбҳо ва экватори он шарҳ диҳед. Доғҳоро ба таври нақшавӣ тасвир намоед.
2. Барои кадом кутри кунҷии доғҳои Офтоб кутри хаттии он ба кутри Замин баробар мешавад. (Ҷавоб: 17,6")
3. Агар суръати чархзании Офтоб дар атрофи меҳвараш зиёд шавад, қиматҳои экватории он ба тағйироти физикӣ дучор мегардад, ё не?

### 5.8. Тавсифия умумии ҷирмҳои хурди Системи офтобӣ

**Астероидҳо (Сайёраҳои хурд).** Астероидҳо (аз калимаи юнонӣ – *маънояш ситорамонанд*) асосан ба ситораҳо монанданд. Мадорҳои он дар байни мадорҳои Миррих ва Муштарӣ ҷойгир шудаанд (расми 5.8.1). Масофаи умумии онҳо аз Офтоб бо ёрии формулаи Титсиус–Боде муайян карда мешавад (нигаред ба §5.3).

Танҳо баъзеи онҳо ҳангоми аз рӯи мадорашон ҳаракат кардан дар перигелий ба мадори сайёраҳо наздик мешаванд. Масалан, Гермес дар перигелий (наздиктарин масофа аз рӯи мадор нисбат ба Офтоб) ба мадори Зуҳра наздик мешавад. Сайёраи хурди дигар Икар бошад, ҳатто мадори Уторидро бурида, дохили он мегардад.

Яке аз сайёраҳо Гидалго аз рӯи мадори ғулониҳои худ ба мадори Зуҳал то 5,7 воҳиди астрономӣ наздик мешавад.

Қариб 97% сайёраҳои хурд аз Офтоб дар ҳудуди 2,2 ва 3,6 воҳиди астрономӣ меҳобанд.

Аввалин шуда 1-уми январи соли 1801 астрономи итолиёвӣ Пиатси дар байни ситораҳо фавқулудда ҷирми ситорамонандро дарёфт кард, ки нисбати ситораҳои ҳамсоя ҳаракати фарқкунанда дошт. Дар натиҷаи пурра омӯхта шудани ҳаракати он маълум гардид, ки вай аз рӯи мадори эллипсӣ дар атрофи Офтоб ҳаракат мекунад. Ба он Тсерера ном гузошанд. Кутри он калонтарин буда, ба 950 км баробар аст. Даре нагузашта боз се сайёраи хурд – Паллада, Веста ва Юнона ёфт шуданд. Ҳоли ҳозир қариб 3000 сайёраҳои хурд ба мо маълуманд.

Кутри хурдтарини астероидҳои мушоҳидашуда ба 1 км баробар аст. Он ба андозаи ҷирмҳои мувофиқат мекунад, ки ҳангоми ба Замин афтиданишон танӯраи метеоритиро ҳосил кардаанд.

Миқдори зиёди астероидҳои ҷирмҳои шаклашон гуногун мебошанд. Эҳтимол меравад, ки онҳо дар натиҷаи бо ҳам бархӯрда, пора шудани ҷисмҳои калон пайдо шудаанд. Лахтапораҳои, ки андозаашон аз 1 км хурд аст минтақаи метеории чангу ғуборро дар Системаи офтобӣ ҳосил кардаанд. Ин минтақа дар натиҷаи аз он инъикосшавӣ ва

парокандашавии нурҳои Офтоб ба мо равшан менамояд. Рушноии онро рушноии зодиакӣ меноманд. Рушноии зодиакиро фаслҳои баҳору тирамоҳ дар арзҳои чанубии Замин баъди гуруб (фуруд) ва пеш аз тулуи (баромади) Офтоб мушоҳида кардан мумкин аст.

Массаи умумии астероидҳо аз ҳазор як ҳиссаи массаи Заминро ташкил медиҳад. Дар қабати мадории астероидҳо сайёраҳои хеле хурд низ ҳастанд.

Вазъи ҷойгиршавии гуруҳи сайёраҳо тааҷҷубовар аст. Гардиши онҳо дар атрофи Офтоб ба масофае мувофиқ меояд, ки он ба масофаи байни Офтобу Муштарӣ баробар аст ва дар айни ҳол масофаи онҳо аз Муштарӣ ва аз Офтоб якхелаанд. Яъне як гуруҳи сайёраҳо – астероидҳо дар як қуллаи секунҷа ва гуруҳи дигарашон дар қуллаи дигари секунҷа ҷойгир шуда, секунҷаҳои баробартарафро ҳосил мекунанд, ки тарафи умумиашон масофаи байни Офтобу Муштариро дарбар мегирад (расми 5.8.2).

То имрӯз зиёда аз 15-то ҳамин гуна сайёраҳо ёфта шудаанд ва ба онҳо номҳои қаҳрамонони ҷанги Троян дар Юнон (Ахиллес, Патрокл, Гектор, Нестор, Одиссей ва ғайра)-ро гузоштаанд. Аз ин сабаб ин сайёраҳоро ҳоло дар астрономия «Троянҳо» меноманд (расми 5.8.2).

Аз «Троянҳо» 9-то пеш аз Муштарӣ ва боқимонда аз қафои он дар атрофи Офтоб ҳаракат мекунанд.

**Кометаҳо.** Комета аз калимаи юнонӣ *cometes* гирифта шуда, маънояш мӯйдор аст.

Манзараи диққатҷалбкунандаи чирмҳои думдоре, ки дар ҳаракати онҳо ҷойивазкунии назаррасро нисбат ба ситораҳо мушоҳида кардан мумкин аст,



Расми 5.8.1



Расми 5.8.2

кометаҳо номида мешаванд. Кометаҳои калони думдор то садҳо миллион км андоза доранд.

Рӯҳониёни қадим рӯй додани баъзе ҳодисаҳои табиӣ – обхезӣ, тӯфон, заминчунбӣ, хушксолӣ, марги подшоҳон ва ғайраро ба пайдоиши кометаҳо нисбат дода буданд.

Масалан, нависандаи Рим Плиний (79 солшумории мо) навишта буд: «...кометаҳо даҳшатноканд, ...мо медонем, ки дар ҷанги байни Сезару Помпей чӣ қадар хунрезӣ шуд., ин ситораи ҳатарнок аст, вай бо мӯйҳои равшанаш дар Замин ҳама ҷизро нобуд месозад». Таърихшиноси Рим Светоний гуфтааст, ки ҳангоми пайдошавии ҷирми думдор шоҳ Нерон ба ғазаб омада, хунрезӣ кардааст. Пайдоиши кометаҳо гӯё ба марги императори Рим Константин (с. 336), шоҳи Фаронса Людовик (с. 837), шоҳи Полша Болеслав (с. 1024), шоҳи англис Ричард I (с. 1189) ва ғайра сабаб шуда бошад.

Бо пайдошавии кометаҳо одамон ба воҳима афтида, думи кометаҳоро тавре медиданд, ки гӯё дар он шамшери оташин, ханчари шӯълавар, суми асп, аждаҳо, сарҳои бурида ва ғайра намоён бошад. Одамон дар давраи тӯлонӣ кометаи думдори калонро дида, ба фикру ҳаёл мерафтанд, ҳолатҳои даҳшатнокро тасвир карда, бо тарсу ҳарос аз бемориҳои дил ва фишори баланди хун ногаҳон мефавтиданд.

Вале одамон ҳам буданд, ки онҳо ба комета ҳамчун як ҷирми муқаррарии осмон назар мекарданд. Доир ба ин ҳодиса шоҳи Фаронса Людовиқи XIV соли 1680 бо мақсади фаҳмидани ҳақиқати ҳол ба олимони мурочиат карда буд.

Шумораи зиёди кометаҳо дар перигелий ба Офтоб ҳеле наздик шуда, дар афелий (дуртарин масофа аз Офтоб) то миллионҳо км дур мешаванд. Ядрои кометаҳо (қисми марказӣ) начандон калон буда, аз садҳо м то якчанд км-ро дар бар мегирад. Вай аз газҳои гуногуни зудбухори яхшуда иборат аст, ки дар шароити муқаррарӣ хатман ба ҳолати газӣ табдил меёбанд.

Ядрои комета ҳангоми аз рӯйи мадораш ба Офтоб наздик шудан гарм мешавад. Дар лаҳзаҳои наздикшавӣ ҳодисаи бухоршавии моддаҳои газмонанди ноустувори ядро сар мешавад. Дар натиҷа дар тарафи ба Офтоб нигарони ядро абрҷаи гази туманмонанд – кома ҳосил мешавад. Ядро ва кома дар якҷоягӣ сари кометаро ташкил медиҳанд (расми 5.8.3).

Модоме, ки кома аз молекулаҳои газмонанди ноустувор пайдо шудааст, пас, мебоист ядро аввал аз моддаҳои алокаи молекулавияшон зиёдтар ва баъд аз бӯғҳои об  $H_2O$ , метан  $CH_4$ , аммиак  $NH_3$ , дуоксиди карбон  $CO$ , ва ғайраҳо ташкил ёфта бошад. Онҳо ҳамчун моддаҳои таркибӣ, дар ҳарорати паст ҷисми сахти яхинро ҳосил мекунанд ва ба ядрои комета, ки аз моддаҳои метеорӣ – оҳан, калсий, магний, марганетс, кремний, никел, алюминий ва ғайра ташкил ёфтаанд, гӯё ҷаспонида шудаанд.

Ба комета ҳангоми ба Офтоб наздик шуданаш гармии нури рушноӣ, «шамоли офтобӣ», фишори сели рушноӣ ва қувваи ҷозибаи Офтоб таъсир мерасонанд. Дар аввал зарраҷаҳо дар натиҷаи таъсири нури тафсон аз тарафи ба Офтоб нигарони комета канда шуда, дар таҳти таъсири қувваи ҷозиба ба сӯи Офтоб ҳаракат мекунанд, вале дар оянда «шамоли офтобӣ» ба ҳаракати зарраҷаҳо таъсир карда, онҳоро ба самти муқобил мебартояд, ки дар натиҷаи он думи комета ҳосил мешавад. Масоҳати дидашавандаи думи комета ҳангоми наздикшавӣ ба Офтоб меафзояд (расми 5.8.4).

Зичии ҷангу ғубори думи кометаҳо дар ҳолатест, ки ҳатто ситораи дар қафои дум ҷойгиршуда ба ҷашм намоён мешавад (расми 5.8.5).

Се намуди думҳоро фарқ кардан мумкин аст (расми 5.8.3). Думи намуди (типи) I дар хати рости паҳншавии «шамоли офтобӣ» ҳобида, муқобили Офтоб нигаронида шудааст. Фишори радиатсияи «шамоли офтобӣ» дар ин ҳолат назар ба қувваи ҷозиба даҳҳо маротиба зиёд аст. Думи намуди II рост буда, аз хати паҳншавии рушноӣ дар таҳти кунҷ каме хамида шудааст. Қувваи фишори «шамоли офтобӣ» аз қувваи ҷозиба андаке зиёд аст. Думи намуди III шакли хеле хамидашударо дошта, ба он «шамоли офтобӣ» назар ба қувваи ҷозиба қамтар таъсир мекунад. Намуди I аз атомҳои ионшудаи  $N_2$ ,  $CO$ , ва  $CH$ , намуди II аз молекулаҳои нейтралӣ моддаҳое, ки дар намуди I ҳастанд ва намуди III аз ҷангҷаҳои андозаашон гуногун ташкил ёфтаанд.

Думи кометаҳо ҳангоми аз Офтоб дур шудан хурд шуда, рафта-рафта нест мешавад (расми 5.8.4).

Дар давоми ҳаракат аз рӯи мадор моддаҳои ядрогии комета, ки аз ҳисоби бухоршавиашон думро ҳосил мекунанд, дар фазои байни сайёраҳои чун ҷангу



Расми 5.8.3



Расми 5.8.4





Расми 5.8.5

ғубор абадӣ мемонанд. Ҳангоми ба Замин бархӯрдани комета ҳодисаҳои харобиовар рух медиҳанд. Вале бояд қайд кард, ки массаи он аз массаи Замин миллионҳо маротиба хурд аст.

Соли 1908 дар назди дарёи Подкаменная Тунгуска (Россия) ҷирми осмонӣ ба сӯи Замин парвозкунон омада ва ба он нарасида, ба тарқиш дучор шудааст. Дар қутри 60 км тамоми дарахтони ҷангалзор ба Замин яқсон шудаанд (расми 5.8.6). Ин ҷирми осмонино метеорити Тунгуска номиданд. Моддаҳои метеоритро ташкилкунанда то ба имрӯз ошкор нагардидааст. Гумон аст, ки вай аз лӯндаи яҳин иборат буда, дар натиҷаи ба соиш ва муқовимати ҳаво дучор шудан ниҳоят тафсон мешавад ва дар рафти парвозаш ба Замин нарасида, метаркад.

Кометаҳои, ки дар онҳо даври гардиш аз рӯи мадор дар атрофи Офтоб такрор меёбад, **кометаҳои даврӣ** номида мешаванд. Кометаи Галлей бори охир соли 1986 мушоҳида шудааст. Даври гардиши он ба 76 сол мувофиқ меояд. Пеш аз ин кометаи Галлейро соли 1910 низ мушоҳида карда буданд. Ҳаракати даврии он аз рӯи мадор дар расми 5.8.7 тасвир ёфтааст.



Расми 5.8.6



Расми 5.8.7

Кометаҳое, ки даври гардишашон аз 3 то 200 сол баробар аст, кометаҳои кӯтоҳдавр номида мешаванд. Хурдтарин даври гардиш ба кометаи Энке (3 сол) мувофиқ меояд.

Шумораи зиёди кометаҳо бинобар сабаби мадорҳои эллипси дуродур кашолёфташон ҳамагӣ як бор мушоҳида шудаанд. Даври калони гардиши онҳо миллионҳо солро ташкил медиҳад.

Кометаҳо бо соли кашфшавиашон ё бо номи кашфкунанда номгузори мешаванд, масалан, Биэла 1851 III, кометаи 1811-I, Кометаи 1811 II, Холмс 1892 III, Швасман-Вахман 1927 II, Веста 1976 IV ва ғайра.

**Метеор ва метеоритҳо.** Метеор гуфта, ҳодисаи парвози кӯтоҳмуддати (3-4 сония) кураи дурахшонро дар атмосфераи Замин меноманд. Боқимондаи қисми метеории ба Замин афтодари метеорит меноманд. Қисми метеорӣ ба қабатҳои зичи атмосфераи Замин бо суръати даҳҳо км/с дохил шуда, ба соиш ва муқовимати калони атмосфера дучор гардида метафсад ва дар натиҷа гудозишу бухоршавии он ба амал меояд. Ин ҳодиса дар баландии 100-120 км аз сатҳи Замин сар шуда, дар баландии 80 км анҷом меёбад. Ҷараёни шадиди ҳаво аз сатҳи метеорит пораҳо ва зарраҳои хурду калони гази моддаҳои ба қафо мепартоянд. Дар баъзе лаҳзаҳо чирми метеорӣ ба атмосфераи Замин ворид шуда, ҳодисаи диққатҷалбкунандаро ба амал меорад, ки дар натиҷаи он садоҳои ғалогула, гулдурӯс ва хуштак ба гуш мерасад. Ҳолати парвози кураи оташини думдорро, ки он ба парвози метеор хос аст, болид меноманд. Болид чун кураи дурахшон дар лаҳзаи парвоз дар қафои худ пайи сӯхтаи думмонандро ҳосил мекунад. Онҳо аксаран андозаи назаррасе доранд ва аз ин рӯ, баъзеи онҳо рӯзона ҳам мушоҳида мешаванд.

Дар рафти парвоз баъзеи онҳо энергияи худро талаф дода, ба муқовимати ҳаво дучор мешаванд ва суръати кайҳонии худро гум карда, ба Замин меафтанд.

Дар натиҷаи парашавии ядроии кометаҳо ва ҳатто астероидҳои ба фалокат дучоршуда қабатҳои метеорӣ пайдо шудаанд. Солҳои охир як қатор селҳои метеорӣ ба қайд гирифта шуданд, ки онҳо дар ҳақиқат ба кометаҳо вобастагӣ доранд.

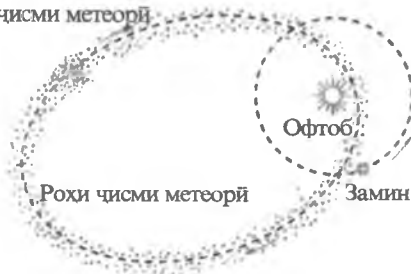
Чирмҳои метеории ин қабатҳо ва Замин дар атрофи Офтоб даври гардиши доимӣ доранд.

Аз ҳамин сабаб Замин дар рӯзҳои муайяни сол аз рӯйи мадори худ ҳаракат карда, ба қабати метеорӣ дохил мешавад (расми 5.8.8).

Дар зери таъсири қувваи ҷозиба, қисмҳои метеорӣ ба сӯйи Замин парвоз карда, сели метеорӣ ё худ борони ситорагиро ба вучуд меоранд. Тарзи парашавии онҳо дар расми 5.8.9 нишон дода шудааст.

Ҳаракати ҳар кадоми онҳо ба сӯйи Замин нисбат ба якдигарашон параллел мушоҳида карда мешавад. Вале дар ҳақиқат ин тавр нест. 215

Массаи асосии  
чисми метеорӣ



Расми 5.8.8

Хатҳое, ки ба муқобили парвози ҳар як метеор гузаронида мешаванд, якдигарро дар кадом як нуқтае мебуранд, ки онро **радианти метеор** меноманд (расми 5.8.10).

Сели метеорӣ ба номи бурҷе гузошта мешавад, ки агар радианти он аз ҳамон бурҷ баромада бошад.

Дар охири апрел сели амалкунандаи метеорӣ дар бурҷи

Лира (Лиридҳо) ва дар моҳи август дар бурҷи Персей (Персеидҳо) мушоҳида карда мешавад.

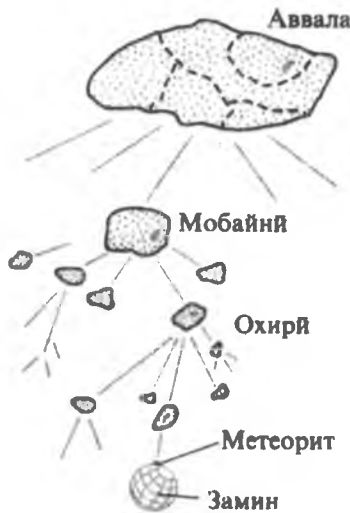
Ҳар шабонарӯз қариб 2000 метеоритҳо (вазни миёнашон 100 кг) ба Замин меафтанд, вале аз онҳо дар як сол ҳамагӣ якчандто ёфт мешаванду халос.

Аз метеоритҳои ёфташуда калонтаринаш Гоба (чанубу ғарбии Африқо) мебошад, ки вазнаш 500 тонна аст.

Метеоритҳо аз ҷиҳати сохт ва таркиби кимиёнашон оҳанин (4% аз метеоритҳои ёфташуда), сангин (92%) ва оҳанину сангин (4%) мешаванд.

Таркиби метеоритҳои оҳанин аз 85% оҳан, 12% никел ва 3% кобалт, олтингӯгирд, фосфор ва дигар элементҳо иборат аст.

Ҳангоми таҳқиқи метеорити Сихоте-Алинск, ки вазни пораҳои ҷамъшудааш 23 тонна буд, бори аввал тилло ва платина ёфтанд.



Расми 5.8.9



Расми 5.8.10



табиӣ аст. Суръати кохиши он маълум аст ва тағйирдиҳии он имконнопазир мебошад. Вай худ аз худ ва новобаста аз шароити беруна ба амал меояд. Агар уран дар ҷисми таҳқиқшаванда ҳар қадар кам монда ва қўргошим дар он зиёдтар ғун шуда бошад, умри он ҷисм ҳамон қадар зиёд аст. Бо ҳамин роҳ умри қадимтарин ҷисмҳои пўстлохи Замин маълум карда шудааст, ки он ба чандин миллиард сол мувофиқ меояд. Аз микдори начандон зиёди моддаҳои радиоактивӣ ва маҳсули кохиши онҳо дар пўстлохи Замин ва муайян будани умри қадимтарин ҷинсҳои Замин ба ҳулоса омадан мумкин аст, ки пўстлохи Замин умри 3–4 миллиард солро дорад. Аз ин мебарояд, ки пўстлохи Замин назар ба қисмҳои поёниаш пештар пайдо шудааст.

Аз тарафи дигар олимони собиқ Иттиҳоди Шуравӣ барои муайян кардани умри қадимтарин ҷинси пўстлохи Замин, худ аз худ вайроншавии стронсий ва аргонро истифода бурданд, ки дар натиҷаи он изотопҳои рубидий – 87 ва калий – 40 ҳосил мешаванд. Даври нимкохиши онҳо тақрибан 3–4 миллион солро дар бар мегирад. Усули урану қўргошим (ҳосилшавии изотопи Pb – 206) бошад, тақрибан 4,5 миллиард солро ташкил медиҳад.

Омузиши ҷисмҳои сангшудаи ҳайвонот ва наботот нишон медиҳад, ки афканишоти Офтоб садҳо миллион соли охир тағйир наёфтааст. Мувофиқи тадқиқотҳои ҳозиразамон Офтоб аз Замин пештар пайдо шуда, тақрибан 5 миллиард сол умр дорад.

Таваҷҷӯҳи одамон ҳанӯз пеш аз омузиши қонунҳои табиат (дар асоси мушоҳидаҳо) ба пайдоиши Замин ва сайёраҳо нигаронида шуда буд. Файласуфи олмонӣ Кант фарзие пешниҳод кард, ки дар асоси он Системаи офтобӣ аз абри таркибаш аз ҷангу губорҳои иборатбуда пайдо шудааст.

Олими фаронсавӣ Лаплас соли 1796 фарзие пешниҳод кард, ки мувофиқи он Системаи офтобӣ аз тумани гази ҷарҳзананда ташкил шудааст. Дар он минтақаҳои кутбӣ дар таҳти таъсири қувваи ҷозиба ба тарафи марказ ҷарҳзанон фишурда мешаванд. Дар натиҷаи ҷарҳзании минбаъда дар ҳамвории ҷарҳзанӣ, аз рӯйи қонунҳои муайян, дар масофаҳои гуногун аз марказ (ҷойе, ки дар он Офтоб ҷойгир шудааст) сайёраҳо бунёд шудаанд. Мувофиқи ақидаи Лаплас қувваи марказгурези ҷисми ҷарҳзананда ҳангоми фишурдашавӣ назар ба қувваи ҷозибавӣ пештар «қувват» мегирад ва дар ҳолати мувозии ин қувваҳо вазъи бармаҳали ноустувор рӯх медиҳад, ки дар натиҷаи он туман шакли паҷақшудаи наскмонандро мегирад ва аз экватор моддаҳои ҷисми худро ба атроф мепартояд, ки он ҳамон манзараи ҳалқаи Зухалро ба хотир меорад. Гази атрофи лундаи тумани марказӣ дар оянда конденсатсия шуда, сайёраҳои ба вучуд меорад.

Фарзияҳои классикии аз абру чангу губор ва аз тумани газӣ пайдо шудани сайёраҳо дар замони худ ба инкишофи ақидаҳои илмии минбаъда замина гузоштанд.

Кант ва Лаплас хусусиятҳои физикии ҳодисаҳоро бо роҳи усулҳои мулоҳизавӣ ва аз нуктаи назари механикӣ шарҳ дода буданд. Онҳо дар фарзияҳои худ чараёни конденсатсияшавии моддаҳои ба атроф партофташуда, ки дар оянда сайёраҳоро ба вучуд меоварданд, ҳархела будани моменти импульс ва суръатҳои кунҷии минтақаҳои алоҳидаи тумани газиро ба эътибор нагирифта буданд. Дар ҳақиқат, мувофиқи механизми Лаплас дар нахусттуман, пеш аз фишурдашавиаш, ҳамаи қисмҳои (элементҳои) он баробарҳуқуқ буда, суръати кунҷии якхела ва дар айни ҳол моменти импульси якхеларо доранд.

Мувофиқи нишондодҳои илми ҳозира моменти импульси ҳамаи сайёраҳо 98%-ро ташкил дода, танҳо 2% ба қисми марказӣ (Офтоб) рост меояд. Ин ҳолатро Кант ва Лаплас ба назар нагирифта буданд.

Олими ингилис Чинс дар фарзияи худ ба Офтоб наздикшавии кадом як сигораро дар назар дорад. Мувофиқи он як қисми Офтоб дар зери таъсири қувваи ҷозибаи ситора канда шуда ва баъд пора-пора гашта, ба чангу губор табдил меёбад. Минбаъд онҳо конденсатсия шуда, дар атрофи Офтоб аз нав сайёраҳоро пайдо мекунанд.

Ин фарзия ҳам тақсимои лаҳзаи импульс ва ҳам бавучудоии сарҳади сайёраҳои Системаи офтобиро фаҳмонида натавонист. Аввалан, моменти ҷархиши ҳоси кунҷии массаи аз Офтоб кандашуда аз моменти ҷархиши ситорае, ки аз назди Офтоб мегузарад, набояд калон бошад. Дар акси ҳол қисми кандашударо ситора бо худ мебарад. Дуюм, ҳангоми наздикшавии Офтобу ситора ҳодисаи бархӯрӣ аз эҳтимол берун нест. Барои фалокат рӯй надода Системаи офтобиро бунёд кардан, мебоист онҳо ба якдигар бо суръати 5000 км/с наздик шаванд. Вале калонтарин суръат 300 км/с ба ҳаракати баъзе ситораҳои Галактикаи мо (Роҳи Қаҳқашон) мувофиқ меояд. Пас, ин гуна суръати калон (5000 км/с) ба ҳаракати нисбии Офтобу ситора рост намеояд.

Сеюм, дар Офтоб литий ва дейтерий хеле кам аст. Асосан онҳо дар чараёни реаксияи ядрои дар Офтоб месӯзанд ва агар миқдори онҳо дар сайёраҳо зиёд бошад, ин маънои онро дорад, ки қисмҳои моддаҳои сайёраҳоро ташкилкунанда ҳанӯз пеш аз саршавии реаксияҳои ядрои аз Офтоб чудо шудаанд.

Ва дар Офтоб масъалаи конденсатсияи алангаҳои газии аз қабатҳои Офтоб кандашуда омӯхта шуд. Ҳарорат дар энҳо садҳо ҳазор дараҷа мебошад. Фишори гази дохили Офтоб фишори қабатҳои болоиро ба ҳолати мувозӣ меорад. Гази бо ҳамон ҳарорат ба берун (ба атрофи Офтоб) партофташуда ҳамон замон пароканда мешавад, агар он хунук нашавад. Ҳисоб карда шудааст, ки

барои парвози гази партофташуда якчанд соат ва ба хунукшавии он чандин моҳ лозим аст.

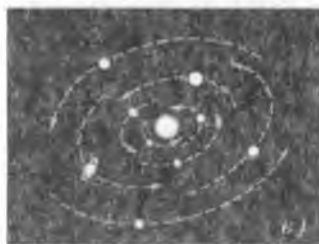
Олими собиқ Иттиҳоди Шуравӣ О.Ю. Шмидт соли 1943 фарзия нави космогониро пешниҳод кард, ки дар он сайёраҳо аз абрҳои чангу гази нисбатан хуноки конденсатсияшуда пайдо шудаанд ва он боиси дастгирии таҳқиқотчиён гардид. Мувофиқи ин фарзия як қисми энергияи задухурди заррачаҳо дар абрҳои чангу газӣ ба гармӣ табдил ёфта, пароканда мешавад. Дар натиҷа суръати чангчаҳо кам шуда, қимати миёнаро мегирад ва вобаста ба он ҳамаи чангчаҳо дар атрофи Офтоб ҳалқаро ҳосил мекунанд. Зичии чанг ба тарафи давраи маркази ҳалқаро ташкилкунанда зиёд шуда меравад (расми 5.9.1, а). Дар ин ҳолат қисмҳои калони ҳалқа бинобар сабаби ба онҳо ҷазб шудани чангу губорҳои атроф, ба андозаи калон ва зичии зиёд соҳиб мешаванд.

Дар охир заррачаҳои калон заррачаҳои хурдтарро ба худ ҷазб карда, ба лундаҳои калон табдил меёфтанд ва мувофиқи қоидаи Титсиус-Бодде аз руи мадорҳои калон дар атрофи Офтоб ҳаракат мекардагӣ шуданд. Самти ҳаракати ин лундаҳо ба самти ҳаракати абр мувофиқ меомад.

Бо гузашти вақт андозаи лундаҳо садҳо км шуда, баъдан ба ҳам бархӯрда пора-пора мешаванд ва боз ҷамъ шуда, шакли навро мегиранд. Лундаҳо дар роҳи ҳаракати худ моддаҳои муҳити атрофро ҳангоми даккаҳурӣ ва ҷазбкунӣ аз худ карда, боз ҳам калонтар мешаванд (расми 5.9.1, б).

Лундаҳои ба фалокати бархӯрӣ дучорнашуда чангу губорҳоро ба худ кашида, зичии муҳити ишғолшудаи онҳоро хеле кам мекунанд ва роҳи ҳаракати худро «покиза» намуда, ба сайёраҳо табдил меёбанд (расми 5.9.1, в).

Мувофиқи ҳисобҳои назариявӣ Замин дар муддати миллионҳо сол ба массаи ҳозирааш расидааст. Сатҳи Замин хунук буда, қисмҳои дохилиаш аз ҳисоби энергияи ҷудошуда ҳангоми коҳиши моддаҳои радиоактивӣ гарм шуда, боиси гудохта шудани қисмҳои марказии он гардидааст. Элементҳои вазнин ба қаъри он - ядроӣ Замин рафта ва элементҳои сабук боло баромада, кишр - пустиҳои онро ҳосил кардаанд.



Дар асоси фарзияи аз абри газу чанг пайдо шудани Системаи офтобӣ фарқи сайёраҳои гурӯҳи Заминӣ ва сайёраҳои азимро маънидод кардан мумкин аст.

Дар наздикии Офтоб гарм шудани абрҳо боиси аз марказ буг шуда рафтани гидроген ва гелий мегардад, бинобар ин, дар таркиби сайёраҳои гурӯҳи Замин гидрогену гелий қариб мавҷуд нест.

Гармии нури Офтоб ҳангоми аз байни чангу ғуборҳои қабатҳои поёни гузаштан хеле кам мешавад. Аз ин сабаб қабатҳои болоӣ хунук шуда, дар он газҳои конденсатсияшуда як карда, ба чангчаҳо табдил меёфтанд. Ҳамин тавр, дар мадорҳои аз Офтоб дур сайёраҳои азим, ки асосан аз элементҳои сабук (гидроген ва гелий) таркиб ёфтаанд, пайдо шудаанд.

Заррачаҳои калони чангу гази боқимонда дар масофаҳои гуногун аз сайёраҳо чангчаҳои гуногунро ба худ ҷазб карда, радифони сайёраҳо ба вучуд меоранд.

Баъди пайдоиши сайёраҳо ва радифони онҳо ҷазбшавии чангчаҳо ё афтиши чирмҳои хурди атроф ба сатҳи сайёраҳо ва радифони онҳо давом меёфт. Мавҷудияти миқдори зиёди танӯраҳо дар сайёраҳо ва радифони онҳо аз ин гувоҳӣ медахад.

Б. А. Воронсов-Веляминов ақида дорад, ки сайёраҳои хурд ва кометаҳо пайдоиши умумӣ дошта, дар натиҷаи таркиш ва порра шудани кадом як сайёраи калони дигар пайдо шудаанд.

Баъди таркиш газу буғ ва чангчаҳои хурдтарин лӯндаи ядроии кометаҳо ва қисми боқимонда сайёраҳои хурди шаклашон гуногуну сатҳашон дағалро ба вучуд оварданд.

Аз рӯи ақидаи Шмидт абри чангу газиро Офтоб дар зери таъсири қувваи ҷозиба ҳангоми аз байни тумани калон гузашатанаш аз худ кардааст. Аз худ кардани туман дар ҳамон вақт рӯй медахад, ки агар суръати онҳо нисбат ба якдигар хеле хурд бошад. Аз ин сабаб олимони тахмин мекунанд, ки абр ё бо Офтоб якҷоя пайдо шудааст ё онро Офтоб аз муҳити абри чангу гази ситорагони ҳамсоя дар зери таъсири ҷозиба аз худ кардааст.

Ҳамин тавр, дар натиҷаи муқоисаи фарзияҳои бунёдшуда ва таҳқиқотҳои илмӣ ҳозира доир ба пайдоиши сайёраҳо ва умуман Системаи офтобӣ, ки ба даст дароварда шудаанд, ба чунин хулосаҳо омадан мумкин аст:

- а) массаи асосии Системаи офтобӣ ба маркази он (Офтоб) рост меояд;
- б) тақрибан ҳамаи сайёраҳо ҳам дар атрофи Офтоб ва ҳам дар атрофи меҳварашон ба як самт давр мезананд;
- в) масофаҳои байни сайёраҳо аз рӯи қонуни муайян меафзояд;
- г) сайёраҳо пайдоиши умумӣ доранд, ки он ба фишор, ҳарорат ва табдилоти элементҳои сабуку вазнин вобастагӣ дорад.



1. Кадом усулҳои муайянкунии умри Замиро медонед ва он чӣ қадар аст?
2. Сабаби пайдо шудани Офтоб ва Системаи офтобиро фаҳмонед.
3. Нуктаи назари фарзияи Лапласро фаҳмонед,
4. Нуктаи назари фарзияи Шмидтро маънидод кунед.
5. Чихатҳои мусбат ва камбудҳои ин фарзияхоро фаҳмонед.
6. Дар ин фарзияҳо тақсироти моменти импульси сайёраҳо дар ҳамвории мадор чӣ тавр шарҳ дода мешавад?
7. Оё бо суръати 5000 км/с ҳаракат кардани ситораҳо дуруст аст?
8. Конденсатсияи газхоро, ки боиси пайдоиши сайёраҳо мешавад, фаҳмонед.
9. Ақидаи Воронсов-Веляминовро доир ба пайдоиши ҷисмҳои хурди Системаи офтобӣ фаҳмонед.

### 5.10. Телескопҳо ва таъбиқи онҳо

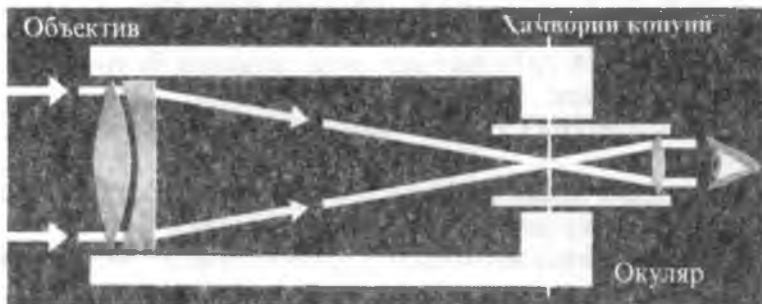
Телескоп асбоби астрономист, ки барои мушоҳида ва таҳқиқоти Мох, ситораҳо, Офтоб, сайёраҳо ва дигар ҷирмҳои осмонӣ истифода бурда мешавад.

Тарзи ҳосилшавии тасвир дар телескоп дар параграфи 3.19-и китоб нишон дода шудааст.

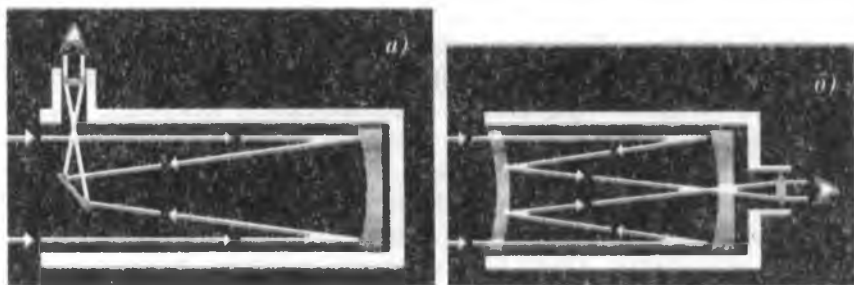
Соли 1607 Г. Галилей аввалин шуда бо телескопи худ (ниг. расми рангаи 5.10.1) мушоҳидаҳои астрономӣ гузаронидааст. Дар замони мо низ аз телескопҳои гуногун барои мушоҳидаҳои астрономӣ ба таври васеъ истифода мебаранд.

Ҳоло усулҳои гуногуни (телескопӣ, фотографӣ, рентгенӣ ва ғайра) мушоҳида ва таҳқиқоти ҷирмҳои осмонӣ ҷорӣ карда шудааст.

Мушоҳидаҳои бо ҷаҳми оддӣ гузаронидашуда мушоҳидаҳои назарӣ (визуалӣ) номида мешаванд.



Расми 5.10.2



Расми 5.10.3

Телескоп асосан барои ғун кардани рӯшноии чирми мушоҳидашаванда ва зиёд кардани кунчи бо чашм дидашавандаи ҳамон чирм истифода мешавад. Қисми асосии телескопро объективи он ташкил медиҳад ва он рӯшноиро чамъ намуда, тасвиrho дар ҳамвори конунӣ (фокусӣ) ҳосил мекунад. Ду намуди телескоп ба таври васеъ истифода мешаванд. Агар объективи телескоп аз линза ё системаи линзаҳо иборат бошад, онро **рефрактор** (расми 5.10.2) ва агар он аз оинаи фуруҳамида иборат бошад, **рефлектор** (расми 5.10.3) меноманд.

Нурҳои аз наздикии маркази оптикии линзаи объектив гузаранда нисбат ба нурҳои аз канори он гузаранда баъди шикаст тири оптикиро дар нуқтаҳои гуногун бурида мегузаранд, бинобар ин, тасвири чисм дарозрӯй ҳосил мешавад. Ин норасоии линзаҳо ро абератсияи сферӣ (куравӣ) меноманд.

Нурҳои рӯшноӣ аз линзаҳои объективи рефракторҳо гузашта, баъди шикаст ба рангҳои назаррасе чудо мешаванд.

Дар ин ҳолат конуни нурҳои сурх назар ба конуни нурҳои кабуд аз объектив дуртар меҳабад. Ин ҳодисаро абератсияи хроматикӣ меноманд.

Бо мақсади баргараф кардани ин нуқсонҳо дар объективи рефракторҳо ду ё якчанд линзаҳои аз шишаҳои оптикии кронглас ва флинтглас сохташуда мегузоранд. Ҳамин тариқ, ҳангоми соختани рефракторҳо нишондихандаи шикасти линзаҳо ва радиуси қачии сатҳи онҳо тавре интиҳоб карда мешаванд, ки нуқсонҳои сферӣ ва хроматикӣ кам гардад.

Рефлекторҳо бо назардошти инъикоси рӯшноӣ сохта мешаванд. Дар онҳо оинаи фуруҳамида қисми асосиест, ки нурҳо аз сатҳи он инъикос шуда, дар ҳамвори конунӣ тасвири ин ё он чирмро ҳосил мекунад. Аввалин рефлекторро соли 1671 И. Нютон сохтааст, ки қутри оинааш ба 3 см ва дарозияш ба 15 см баробар буд (ниг. расми рангаи 5.10.4).

Дар расмҳои 5.10.2 ва 5.10.3 нақшаи рафти нурҳо дар рефрактор ва рефлекторҳо нишон дода шудааст.

Абератсияи хроматикӣ дар рефлекторҳо ба амал намеоянд. Барои бартараф кардани абератсияи сферӣ дар рефлекторҳо сатҳи оинаи фуруҳамидаи онҳоро ба шакли параболаи чархзананда оварда, баъд онро хеле нозукона нукрадавон ё алюминдавон мекунад. Сатҳи оинаи параболии ҳосилшуда 90% рушноии ба он афтидаро инъикос мекунад. Тасвири чирми осмониро, ки объективи телескоп ҳосил мекунад, бо ёрии қисми оптикӣ дигари он-окуляр мушоҳида карда мешавад. Окуляр низ аз линза иборат аст.

Дар телескопҳо ҳангоми мушоҳида тасвири чирмҳо чаппа менамоянд. Ин барои мушоҳидаи манзараҳои дури кайҳон аҳамияте надорад. Барои бартараф кардани ин камбудӣ ба окуляри телескоп линзаи дуҷумро мегузоранд, ки он тасвиirro роста мекунад.

Кутри объективи рефрактори аз ҳама калонтарин қариб 1 м аст. Дар ҳаҷон кутри оинаи фуруҳамидаи телескоп-рефлекторҳо аз 6 м то 12 м баробар аст. Телескопи кутраш 6 м дар Қафқоз ҷой дода шудааст. Бо ёрии ин телескоп ситораҳои камнурро, ки рушноияшон аз ситораҳои намоеъ даҳҳо миллион маротиба кам аст, мушоҳида карда мешавад.

Телескопи бузурги кутраш 8,2 м дар Чили сохта шудааст ва барои мушоҳидаи чирмҳои дури коинот истифода мешавад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна мушоҳидаро мушоҳидаи назарӣ (визуалӣ) меноманд?
2. Телескопҳо асосан бо кадом мақсадҳо истифода мешаванд?
3. Кадом намуди телескопҳо мебуданд?
4. Нуксонҳои рефракторҳо чӣ тавр барҳам додан мумкин аст?

## 5.11. Тақвим

Системаи ҳисоби фосолаи калони вақтро тақвим меноманд. Дар таърихи инсоният системаҳои тақвимҳои гуногун тартиб дода шудаанд. Ҳамаи онҳо ба се намуд ҷудо мешаванд: офтобӣ, моҳтобӣ ва моҳтобӣ – офтобӣ.

**Тақвими офтобӣ** ба давомнокии соли тропикӣ ё ҳаракати Офтоб аз рӯи эклиптика, **тақвими моҳтобӣ** ба ҳаракати Моҳ (фосолаи вақти байни ду фазаҳои якхелаи Моҳ, ки онро моҳи синодӣ меноманд) ва тақвими моҳтобӣ – **офтобӣ** ба ҳаракати Моҳу Офтоб асоснок карда, тартиб дода шудаанд.

Тақвими моҳтобӣ – тақвими камарии ҳиҷрӣ, ки он 354 ё 355 рӯзро дар бар мегирад, тақвими мусулмонӣ номида мешавад.

Тақвими моҳтобӣ – офтобӣ тақвими яҳудиён аст. Соли онҳо аз 12 моҳ (354 рӯз) ё аз 13 моҳ (384 рӯз) иборат аст. Ба сифати воҳиди асосии ченаки вақти тақвими офтобӣ соли тропикӣ гирифта шудааст, ки он ба 365,2422 шабонарӯзи миёнаи офтобӣ баробар аст.

воҳиди ҳачми Галактика қабул карда шудааст. Ба сифати воҳиди ҳачм  $1 \text{ пс}^3$  қабул гардидааст. Мувофиқи ҳисобкунӣ дар ҳудуди ба Офтоб наздик дар  $1 \text{ пс}^3$  то  $0,12$  ситора ҷойгир шудааст ва масофаи байни онҳо ба  $2 \text{ пс} = 2 \cdot 31 \cdot 10^{12} = 62 \cdot 10^{12} \text{ км}$  баробар аст.

Ҳаракати Офтоб ва ситораҳо дар Галактика ба ҳаракати сайёраҳои системаи Офтобӣ монанд мебошад, вале дар ин ҷо ҳамвории ҳаракат ба меҳвари чархзании Галактика перпендикуляр аст.

Суръати чархзании онҳо аз марказ ба тарафи канор аввал зиёд шуда, дар мавзие Системаи офтобӣ то  $240 \text{ км/с}$  мерасад ва минбаъд он кам шуда меравад.

Офтоб ва ситораҳо, ки минтақаи канориро ташкил медиҳанд, тақрибан дар  $200$  млн сол  $1$  маротиба дар атрофи Галактика давр мезананд, ки онро соли галактикӣ меноманд.

Дар Коинот гайр аз Галактикаи мо галактикаҳои дигар низ вучуд доранд.

Миқдори зиёди галактикаҳо дар ҷамъоҷамъӣ галаи галактикаҳо хоро ташкил медиҳанд. Галаи галактикаҳои наздиктарин аз мо тақрибан дар масофаи  $20$  млн пс воқеанд.

Ситораҳои галактикаҳои дидашаванда ва галаи галактикаҳо дар яқҷоягӣ Метагалактика номида мешаванд ва онҳо қисми Коиноти беоҳирро ташкил медиҳанд.

Дар Метагалактика мувофиқи қонуни Ҳаббл (астрономи амрикоӣ), галаи ситораҳо аз мо ба ҳама тараф дур шуда рафта истодаанд. Ин гуна ҷараёни аз ҷам дуршавии галактикаҳо ва ситораҳои онҳо тамоми Коинотро фаро гирифтааст ва чунин васеъшавиро васеъшавии Коинот меноманд.

Нахустмоддаҳои галактикаҳо ро тавлидкунанда ҳанӯз миллиардҳо сол пеш аз пайдошавии галактикаҳо дар ҳолати авҷу хурӯҷи реаксияҳои термоядрӣ буданд. Афканишоти он ба дараҷаи ниҳойи баланд буд. Энергияи ин афканишот ба намуди фотонҳо ба фазои атроф хориҷ мешуд. Баъди чунин афканишоти калон нахустмоддаи васеъ мешавад. Дар ҷараёни васеъшавӣ элементҳои кимиёӣ ва баъдтар галактикаҳо, ситораҳо ва сайёраҳо пайдо шудаанд.

Агарчи манбаи ин афканишот кайҳо ҳомуш шуда бошад ҳам, афканишоти он то имрӯз ба мо омада истодааст. Ин гуна афканишотро афканишоти реликтивӣ меноманд.

Таҳлили афканишоти реликтивӣ нишон медиҳад, ки зичии моддаҳои онвақта нисбат ба зичии моддаҳои имрӯза миллионҳо маротиба зиёд будааст.

Омузиши васеъшавии Коинот ва масъалаи «Оё Коинот минбаъд фишурда мешавад ё не?» мавзӯи муҳими космология ба шумор меравад ва нисбати он имрӯзҳо олимони корҳои илмӣ-тадқиқотӣ бурда истодаанд.

Қарнҳои мегузаранд, дараҷаи илму техника ба сатҳи баланди тараққиёти худ мерасад ва эҳтимол олимони дар ин давра мавҷудияти ҳаётро дар дигар минтақаҳои Олам бо кашфиётҳои нави илмӣ тасдиқ намоянд.

ва баробарии шабу рӯзи баҳорӣ (шабонарӯзи баҳорӣ) дар соли оянда боз ба 21-уми март мувофиқ омад.

Дар мавриди дуҷум соли тақвими дар давоми 400 сол ба 365,2425 шабонарӯзи миёнаи офтобӣ баробар шуда, ҳамагӣ 0,0003 шабонарӯзро ташкил медиҳад. Дуршавӣ мувофиқи ин тақвим дар давоми 3300 сол ҳамагӣ ба 1 шабонарӯз баробар мешавад, ки он барои солшумориҳои наҷандон тулонӣ аҳамият надорад.

Ноғуфта намонад, ки Умари Хайём дар замони худ ба ҳаракати зоҳирии Офтоб назар карда, тақвими тартиб дода буд, ки он 33 солро дар бар мегирифт. Дар он солҳои қабиса 7 маротиба (баъди се соли одӣ) ҳар чорум сол такрор ёфта, маротибаи 8-ум, ки мебоист ба соли 32 мувофиқ меомад ба соли 33-юм гузаронида шуда буд. Дуршавии он аз нуқтаи баробаршавии шабонарӯзии баҳорӣ (рӯзи авали иди Наврӯз 21-уми март) дар давоми 4500 сол ҳамагӣ 1 шабонарӯзро ташкил медиҳад.

Тақвими, ки ҳоло мо онро истифода мебарем, тақвими григорианӣ номида мешавад.

Дар Иттиҳоди Шӯравӣ ин тақвим соли 1918 чорӣ карда шуда буд.

Собик Давлати Шӯравӣ соли 1918 усули нави тақвими мувофиқи мақсад пазируфта бо қарори худ дар тақвими нав (тақвими григорианӣ) ба ҷойи 1-уми феврал 14-уми февралро қабул донист. Чунин тафовут (13 шабонарӯз) то 15-уми феврالی соли 2100 муталлиқ ба усули қаблӣ ва то 28-уми феврالی соли 2100 мувофиқ ба усули нав бетағйир боқӣ мемонад.

Саршавии (ибтидои) солро ҳамчун Соли Нав то қарни XV, 1-уми март, то соли 1700, 1-уми сентябр ва аз соли 1700 то ба имрӯз 1-уми январ қабул карданд.

Ибтидои санаи солшуморӣ ва минбаъдаи онро милод (эра) меноманд. Он ҳам ба монанди саршавии тақвим шартан қабул карда мешавад.

Тақвими ҳозира аз рӯзи таваллуди Исо пайгамбар, яъне аз соли 32 сар шуда, то замони мо давом ёфта истодааст.

Пеш аз милод солшуморӣ аз рӯзи «Бунёди Дунё» ибтидо гирифта буд. Дар он сол 5508-ро ибтидо ҳисобида, минбаъд онро бо тартиби камшавиаш, яъне 5507, 5506, 5505 ва ғайра солшуморӣ мекарданд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАКРОР

1. Тақвим гуфта, чиро меноманд?
2. Қадом намуди тақвими мавҷуд аст?
3. Воҳиди асосии ченаки вақти тақвими офтобӣ гуфта, чиро мегуянд ва он ба чӣ баробар аст?
4. Шартҳои тартиб додани тақвими фаҳмонед.
5. Тақвими кӯҳнашудаи Юлианӣ ва норасоии онро фаҳмонед.
6. Сабабҳои пайдоиши тақвими григорианӣ (тақвими нав) шарҳ диҳед.
7. Барои тартиб додан ва оқилона сохтани тақвими григорианӣ қадом шартҳои риоя карда шудааст?

1. 15-ум, 25-уми феврал ва 5-уми март соли 1900-ро, ки ба тақвими кӯҳна тааллуқ доранд, бо тақвими нав ифода намоед. (Ҷавоб: 27-уми март; 9-уми март; 18-уми март)
2. Нютон 25-уми декабри соли 1642 таваллуд шудааст, онро бо тақвими нав ифода намоед.
3. Хатогии тақвими григорианӣ аз соли 1582 (соли қабули тақвим) баъди 800, 1600 ва 2000 сол ба чӣ баробар мешавад. (Ҷавоб: 0,0006 шабонарӯз; 0,0012; 0,0015)

### ХУЛОСАҲОИ МУҲИМТАРИНИ БОБ

Ҳаракат, сохт, пайдоиш ва инкишофи ҷирмҳои осмониро астрономия меомӯзад.

Астрономия бо фанҳои физика, математика, кимия, кайҳоншиносӣ ва дигар фанҳои табиатшиносӣ алоқаманд буда, бо ёрии онҳо таҳқиқотҳои илмӣ мегузаронад ва бо дастовардҳои илмӣ худ дониши моро дар бораи манзараи физикии олами ҷирмҳои осмонӣ бой мегардонад. Фанни астрономия омӯзиши ҷирмҳои осмониро асосан аз ситораҳо ва бурҷҳо сар мекунад.

Майдонҳои муайяни осмонро, ки дар онҳо гурӯҳҳои ситораҳои дурахшон шакли маҷмӯи муайянеро гирифта, номгузорӣ шудаанд, бурҷҳо номида мешаванд.

Барои муайян кардани мавқеи бурҷҳо, ҷирмҳои мунир ва ҳаракати онҳо нисбат ба мушоҳидачӣ гумбази фалак (сфераи осмон)-ро истифода бурдан лозим аст. Сфераи (кураи) фикран тасвиршудаи радиусаш дилхоҳро, ки дар маркази он Замин ҷой дода шуда ва дар сатҳи ҳамин сфера ҷирмҳо омӯхта мешаванд, гумбази фалак меноманд. Гумбази фалак координатаҳои уфуқӣ, экваторӣ ва галактикиро дар бар мегирад. Барои сохтани харитаи осмон системаи координатаҳои экваторӣ истифода бурда шуда, дар гумбази фалак тулӯи рост ( $\alpha$ ) ва майл ( $\delta$ )-и ситораҳо муайян карда мешаванд.

Дар мавриди ҷустуҷӯ ва кашф намудани ҷирмҳои осмонӣ, аз ҷумла ҷирмҳои Системаи офтобӣ, ин координатаҳо татбиқи худро меёбанд. Маркази массаи асосии Системаи офтобиро Офтоб ташкил медиҳад. Вай барои омӯзиш яке аз ситораҳои наздиктарин ба шумор рафта, массааш аз Замин 33000 ва қутрааш 109 маротиба калон аст. Дар сатҳи он доғҳо мавҷуданд. Онҳоро бо телескопҳои нурпалодор мушоҳида менамоянд. Доғҳо бо гузашти вақт ҷойи худро тағйир медиҳанд. Доғҳои минтақаҳои экваторӣ назар ба қутбҳо тезтар ҳаракат мекунанд. Дар асоси ҳаракати доғҳо даври чархзании Офтоб дар атрофи меҳвараш муайян карда шудааст, ки он ба 25,4 шабонарӯзи ситорагӣ баробар аст.

Ин гуна ҳаракати ба Офтоб ҳоси доғҳо исботи он аст, ки Офтоб ҷисми сахтро ташкил намедиҳад. Он танҳо кураи газии тафсон аст. Ҳарорати назди атмосфераи Офтоб то  $6000^{\circ}\text{C}$  мерасад.

Доғҳои Офтоб дар давоми 11 сол як бор бо миқдори зиёд пайдо мешаванд. Ин даври зиёдшавии доғҳоро даври хуручи Офтобӣ меноманд.

Системаи Офтобӣ сайёраҳо ва ҳамсафарони онҳо, кометаҳо, метеорҳо ва маркази он – Офтобро дар бар мегирад.

Дар атрофи Офтоб 8 сайёра – Уторид, Зухра, Замин, Миррих, Муштарӣ, Зуҳал, Уран, Нептун давр мезананд.

Онҳо ба сайёраҳои типии Заминӣ ва сайёраҳои азим ҷудо мешаванд, ки аз ҷиҳати андоза ва тавсифи физикаишон аз якдигар фарқ мекунанд.

Бо усулҳои мушоҳидавӣ ва суратгириҳо, бо ёрии киштиҳои кайҳонӣ шакли Замин омӯхта ва курашаклии он тасдиқ карда шудааст.

Дар атрофи Замин ҳамсафари он – Моҳ бо як тарафаш дар давоми 27,3 шабонарӯзи сидерӣ (ситорагӣ) як маротиба гардиш мекунанд. Дар даври гардиш чор фазаҳои он Моҳи Нав, чоряки аввал, Моҳи пурра ва чоряки охиirro дидан мумкин аст.

Сатҳи Моҳ бо ёрии киштиҳои кайҳонии амрикоӣ ва собиқ Иттиҳоди Шӯравӣ ба сурат гирифта, хеле саҳеҳ омӯхта шудааст. Сатҳи онро танӯраҳои хеле зиёд фаро гирифтаанд. Танӯраҳои Тихо ва Коперник калонтарини онҳо ба шумор мераванд. Баландии кӯҳҳои Моҳ аз баландиҳои кӯҳҳои Замин начандон калон аст.

Ҳарорати сатҳи Моҳ бинобар набудани атмосфера рӯзона зиёда аз  $+100^{\circ}\text{C}$  ва шабона то  $-170^{\circ}\text{C}$  мешавад.

Мушоҳидаҳои астрономӣ асосан бо ёрии телескопҳо гузаронида мешаванд. Телескопҳо ду хел мешаванд. Телескопҳои оптикаишон аз линзаҳо иборатанд, телескоп-рефракторҳо номида мешаванд. Телескопҳои оптикаишонро оинаҳои фуруҳамида ташкил медиҳанд, телескоп-рефлекторҳо меноманд. Телескопҳо тасвириро аз объектҳои дур ба ҷашми наздик мекунанд.

Телескопҳо дар кашф намудани астероидҳо – сайёраҳои хурд нақши муҳимро мебозанд.

Ҷирмҳои хурди осмонӣ – кометаҳоро, агар онҳо хеле хурд бошанд бо телескопҳо ва агар калон бошанд, бо ҷашми одӣ мушоҳида кардан мумкин аст.

Кометаҳо ҷирмҳои думдоре мебошанд, ки андозаи думашон хангоми ба Офтоб аз рӯйи мадорашон наздик шудан дар натиҷаи таъсири «шамоли офтобӣ» ниҳоят калон шуда меравад.

Моддаи умумии кометаҳоро ядрои онҳо ташкил медиҳад. Масаи асосии кометаҳо дар ядро ҷойгир шудааст. Он аз моддаҳои сахти яхбастаи тезбухоршаванда ва газҳо, аз қабилҳои  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ва  $\text{NH}_3$  иборат аст. Газҳои тезбухоршаванда бо гармии Офтоб тафсида, аз ядрои комета канда шуда, дар зери таъсири «шамоли Офтобӣ» ба қафои ядро партофта шуда, думи кометаҳоро ҳосил мекунанд. Дар баъзе ҳолатҳо ядрои кометаҳо хангоми аз рӯйи мадор ба Офтоб наздик шуданашон ба таркиш дучор шуда, дар атрофи Офтоб қабатҳои

Ходисаи парвози кураи оташинро дар атмосфераи Замин ҳодисаи метеорӣ ё худ метеор меноманд. Метеорҳо ҳангоми парвози худ дар атмосфераи Замин ба соиш ва муқовимати сахт дучор шуда, ба дараҷи ниҳой тафсида, яқбора таркиданашон мумкин аст. Дар ин вақт дар осмон пайдоиши борони метеор ба чашм мерасад. Баъзе аз онҳо дар ҳақиқи парвози худ пурра насӯхта, ба Замин омада мерасанд. Чисми метеориро, ки ба Замин афтадааст, метеорит меноманд. Метеоритҳо аз ҷиҳати таркибашон оҳанин, сангин ва оҳанину сангин мешаванд.

Баъзе аз метеоритҳо ҳазорҳо сол пеш ба Замин афтадаанд. Аз таърихи ҳодисаҳо ва аз осори харобиовари онҳо то ба ҳол ҳамакӣ нест.

Барои пайдоиши умумӣ доштани сайёраҳои Системаи офтобӣ ва ҷирмҳои хурди онҳоро шарҳ додан, олимони ба омӯзиши таркиби кимиёӣ, умри моддаҳои зеризаминӣ ва ҷирмҳои кайҳонӣ машғуланд.

Қурғошим дар ҷисми уран дар ҷараёни коҳишбӣ чӣ қадаре, ки зиёд боқӣ монда бошад, умри он чинс ҳамон қадар зиёд аст. Бо ин усул умри қадимтарини чинсҳои кишри Замин муайян карда шудааст, ки он ба чандин миллиард сол рост меояд. Аз мавҷудияти миқдори начандон зиёди моддаҳои радиоактивӣ ва муайян шудани умри қадимтарини ҷисмҳои заминӣ ба ҳулоса омадан мумкин аст, ки пӯстлохи Замин 3–4 миллиард сол умр дорад.

Таҳқиқотҳо оид ба ҷисмҳои сангшудаи ҳайвонот ва наботот нишон медиҳанд, ки афканишоти Офтоб дар онҳо садҳо миллион сол тағйир наёфтааст. Аз ин ҷо мебарояд, ки Офтоб назар ба сайёраҳо пештар пайдо шуда, 5–6 миллиард сол умр дорад.

И. Кант ва П. С. Лаплас ба қонунҳои табиат така карда, пайдоиши умумӣ доштани Системаи офтобиро ба таври механикӣ шарҳ медиҳанд, ки гуё он аз ҷангу ғубор ва тумани абрмонанд пайдо шудааст.

Баъдтар, соли 1947 О. Ю. Шмидт дар фарзияи худ аз абрҳои ҷангу газӣ пайдо шудани сайёраҳоро дар асоси қонунҳои физикӣ фаҳмонидани шудааст. Вале то ба ҳол масъалаи пайдоиши ҳуди ҷангу газ ҳал нашудааст. Эҳтимол аст, ки он дар як маврид бо Офтоб якҷоя пайдо шудааст. Аз афташ ибтидои пайдоиш ба Офтоб ва ба масъалаи умумии пайдоиши ситораҳо вобастагӣ дорад.

Системаи ҳисоби дуру дарози вақтро тақвим меноманд. Тақвимиҳои моҳтобӣ, офтобӣ ва офтобию моҳтобӣ аз ҳамдигар фарқ мекунанд.

Дар аввалҳо тақвими Юлианӣ дар аксарияти давлатҳо ҷорӣ буд. Вай ба ҳаракати зоҳирии Офтоб асоснок карда, сохта шудааст. Давомнокии он 3 сол ба 365 ва соли 4-ум ба 366 рӯз баробар аст. Вале дар давоми 400 сол давомнокии ин тақвим нисбат ба соли тропикӣ фарқи калон пайдо намуда, се сол пештар сар мешавад.

Соли 1582 тақвими нав тартиб дода шуд, ки он дар замони мо тақвими григорианӣ номида шуд, ҳоло онро дар аксари давлатҳо истифода мебаранд.

Тақвими Умари Хайём ҳам дар замони худ хеле дақиқ сохта шудааст. Он дар давоми 4500 сол аз вақти ҳақиқӣ ҳамагӣ 1 шабона рӯз фарқ мекунад.



## Боби 6

# МАНЗАРАИ КОИНОТ

### 6.1. Манзараи илмӣи олами ситораҳо

Ситораҳо элементҳои басо муҳими Коинот ба шумор мераванд. Аз рӯи ҳисоби назариявии ситорашиносони собиқ Иттиҳоди Шуравӣ 97% массаи моддаҳои кайҳониро ситораҳо ташкил медиҳанд. Вале мувофиқи таҳқиқотҳои солҳои охир олимони ба ҳулоса омаданд, ки ин миқдор тақрибан ба 95% рост омада, танҳо 5% массаи боқимондаи он дар муҳити байнисайёравӣ пароканда шудааст. Ситораҳо элементҳои басо муҳими Коинот мебошанд. Хосиятҳои асосии онҳо дар асоси масса, андоза ва равшаниашон муайян карда мешаванд. Бо роҳи мушоҳида муайянкунии ин бузургиҳо барои тавсифи хусусиятҳои ситораҳои алоҳида ва гурӯҳҳои онҳо масъалаи аввалиндараҷа ба шумор меравад.

Аз байни ситораҳое, ки аз ҷиҳати андоза, бузургии (Кадри) ситорагӣ ва ҳарорат фарқ мекунанд, гурӯҳи ситораҳоеро ҷудо карда, омӯختан мумкин аст, ки онҳо ҷиҳатҳои умумӣ доранд, Масалан, дар як гурӯҳи ситораҳо равшаниашон тағйир ёфта меистад, дар гурӯҳи дигар бошад, таркиши рух медиҳанд ва ғайра. Мавҷудияти чунин хусусиятҳо барои ҳулосаҳои муҳими илмӣ баровардан, доир ба табиати физикии ситораҳои алоҳида, гурӯҳҳои ситораҳо ва дигар ҳодисаҳои умумии дар Коинот ба вуқӯоянда, имконият медиҳанд.

Ситораҳое ҳастанд, ки хусусиятҳои дар боло номбаршуда ба онҳо мансубият надоранд. Чунин ситораҳоро ситораҳои муқаррарӣ меноманд. Шиносони мо доир ба ҳодисаҳои физикӣ, таркиб, табиат, ҷойгиршавӣ нисбат ба якдигар ва ғайра аз ҳамин гуна ситораҳо сар мешавад.

Олами ситораҳоро асосан ситораҳои муқаррарӣ, қӯшаситораҳо, ситораҳои нав ва наварин, зарраситораҳои сафед ва ситораҳои нейтронӣ ташкил медиҳанд, ки онҳо аз якдигар тафовути физикӣ доранд.

**Спектри ситораҳо.** Бо мақсади муайянкунии элементҳои таркибӣ, ҳарорат, ранг ва дигар хосиятҳои ситораҳо таҷҳизотҳои спектроскопӣ истифода мешаванд.

Дар натиҷаи таҳлил ва омӯзиши спектри ситораҳо (ниг. расми рангаи 6.1.1), онҳо ба синфҳои (классҳои) O, B, A, F, G, K, M, C, S ва зерсинфҳои 0, 1, 2, ..., 10 ҷудо карда шудаанд. Ситораҳои ин классҳо тобишҳои намоёни рангӣ доранд. Масалан, ситораҳои синфи M ситораҳои сурх номида мешаванд. Дар ин ситораҳо ҳарорат то 3000°

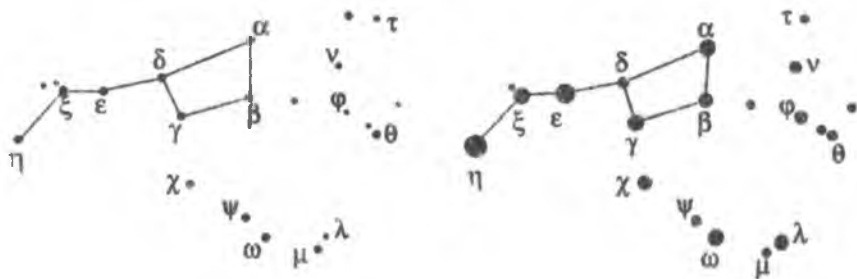
мерасад. Ин гуна ситораҳоро, ки дар онҳо ҳарорат «Т» нисбат ба дигар ситораҳо хеле паст аст, ситораҳои хунук меноманд. Дар спектри онҳо хатҳои фурубурди молекулаҳои дуатомаи оксиди титан ва дигар металлҳо мавҷуд аст. Ситораҳои  $\alpha$ -Ядулҷавзо дар бурҷи Ҷаббор,  $\alpha$ -Арктур дар бурҷи Авво, ситораи  $\alpha$  дар бурҷи Ҷосӣ ва  $\alpha$ -Дабарон дар бурҷи Савр ранги сурхчатобро доранд.

Ба спектри синфи G ранги зард мувофиқ меояд. Дар ин ҷо хатҳои гафси Н ва К намоёнанд. Хатҳои Fe бошанд, хеле гафсанд. Офтоб ва  $\alpha$ -Капелла дар (бурҷи Мумсикулинон) ба ин гурӯҳи ситораҳо дохиланд. Ҳарорати онҳо то  $6000^\circ$  мерасад. Спектри синфи А аз хатҳои хеле гафси Н ва хатҳои борики ионшудаи металлҳои К ва Са иборат аст. Ранги онҳо сафед буда, ҳарораташон то  $10000^\circ$  мерасад. Ситораҳои ба ин гурӯҳ хос  $\alpha$  дар бурҷи Тоҷи Шимолӣ ва  $\alpha$ -Насри Воқеъ дар бурҷи Лира мебошанд.

Ситораҳои синфи О бошанд, ба ҳарорати хеле баланд  $50000^\circ$  соҳибанд ва рангашон сафед мебошад. Дар ин ҷо хатҳои тақроршудаи элементҳои сабуки Са II, Н, Не, Са, N ва оксиген мавҷуд аст. Ба ин гурӯҳ ситораҳои  $\lambda$  (бурҷи Ҷаббор) ва  $\lambda$  (бурҷи Тсефей) дохил мешаванд. Классиҳои ситорагӣ, ранг, бузургӣ ва ҳарорати синфиҳои ситорагӣ дар нақшаи пайдарпайии ситорагӣ нишон дода шудаанд (ниг. расми рангаи б.1.2).

**Масофаҳои астрономӣ.** Барои муайянкунии масофа то ситораҳо воҳиди астрономӣ – масофаи байни Замину Офтоб ( $1 \text{ в.а.} = 150 \cdot 10^6$  км), соли рӯшноӣ ( $1 \text{ с.р.} = 9,46 \cdot 10^{12}$  км) ва парсек ( $1 \text{ пс} = 3,26 \text{ с.р.} = 206265 \text{ в.а.}$ ) истифода бурда мешаванд. 1 пс чунин масофаест, ки аз он нимтири калони мадори Замин дар атрофи Офтоб дар таҳти кунҷи  $1''$  намоён мешавад. Ситораҳо аз мо дар масофаҳои гуногун ҷойгиранд ва дурахшонии якеаш зиёд ва дигараш камтар аст. Аз ин лиҳоз, дар астрономия истилоҳи бузургӣ (қадр)-и ситорагии  $m$  қабул карда шудааст, ки он андозаи ситора ро не, балки сели рӯшноии аз он меомадагиро (равшанӣ –  $L$ )-ро ифода мекунад.

Агар фикран яке аз ду ситораҳои равшаниашон яхшеларо ба масофаи стандартии 10 пс кӯчонем, он гоҳ равшани он назар ба



Расми 6.1.3

равшани ситораи дигар афзунтар мешавад (расми 6.1.3). Бузургии ситорагӣ, ки дар чунин масофа муайян мегардад, бузургии мутлақи ситорагӣ  $M$  номида мешавад. Ситораҳо вобаста ба бузургии ситорагӣнашон (дар ҷадвали ситораҳои пайдарпайии асосӣ (расми рангаи 6.1.2) дар аввал бо аломати  $(-)$  – ситораҳои равшаниашон зиёд ва дар охириҳо бо аломати  $(+)$  – ситораҳои равшаниашон кам ишора карда мешаванд (расми рангаи 6.1.2).

**Кӯшаситораҳо.** Ситораҳои, ки чуфтӣташон бо мушоҳидаҳои телескопӣ маълум карда мешаванд, кӯшаситораҳои назарӣ (визуалӣ) номида мешаванд. Ҳангоми даврзанӣ яке аз ситораҳои кӯшаситора ҳамчун радиф «рафикашро» бо худ паноҳ мекунад ва дар ин лаҳза кӯшаситорагӣ гум мешавад (ниг. расми рангаи 6.1.4).

Ҳамин гуна ситораро ( $\eta$ , Банотуннаъш) дар думи ба кафлез монанди бурчи Дубби Акбар мушоҳида кардан мумкин аст.

Равшани кӯшаситораҳо ҳангоми панаҳкунии байниқадигарӣ ба таври даврӣ тағйир ёфта меистад.

**Тсефеидҳо.** Баъзе ситораҳо тобиши қатъиян даврӣ ва баъзеи дигарашон тобиши ғайридаврӣ доранд, яъне дар лаҳзаҳои якхелаи вақт тағйироти гуногуни равшани онҳо мушоҳида мешавад. Асосан тағйирёбии андоза ва ҳарорати ин гуна ситораро ба ҳодисаҳои вобастагӣ доранд, ки онҳо аз дохили ҳуди ситораҳо бармеоянд. Ин гуна ситораҳоро ситораҳои ба таври физикӣ тағйирёбанда меноманд. Бо баробари тағйирёбии равшани дар спектри онҳо ҳатман тағйироте ба амал меояд. Ба ин гуна ситораҳо тсефеидҳо дохил мешаванд. Ранги онҳо зардҷатоб ва сафед мебошад. Аввалин бор ин гуна ситора дар бурчи Тсефей мушоҳида карда шудааст. Аз ин рӯ ситораҳои тағйирёбиашон ба ин ситора монандро тсефейидҳо меноманд. Дар онҳо дар натиҷаи фишори қабатҳои болоӣ гелий қисман ба табилоти ионӣ дучор шуда, гидроген ва дигар элементҳо бошанд, пурра ба ионҳо табил меёбанд.

Қисми гелий ба ионҳо табилнаёфта бошад, барои нурҳои ултрабунафши афкандаи ситораҳо шаффоф намебошад, бинобар ин, он дар дохили газ нигоҳ дошта шуда, ҳарорати онро ниҳоят баланд мекунад. Ин ҳарорат ба васеъшавии кураи газии ситора ва пурқувватшавии чараёни табилоти ионии гелий боқимонда боис мегардад, ки дар натиҷаи он қабатҳои газӣ шаффоф гардида, энергияи афканишоти ба қисмҳои берунӣ барояндаро зиёд мегардонад. Дар ин ҳолат ҳарорат паст шуда, фишурдашавии ситора ба амал меояд ва гелий аз нав барқарор мегардад. Ин чараён аз нав дар дохили ситора такрор меёбад. Бинобар ин, андозаи дидашавандаи онҳо ба таври даврӣ тағйир ёфта меистад.

Тсефейидҳо асосан кӯтоҳдавр ва даврашон калон (классикӣ) мешаванд. Даври тағйирёбӣ (васеъшавӣ ва фишурдашавӣ)-и тсефейидҳои кӯтоҳдавр тақрибан як шабонаруз ва тсефейидҳои классикӣ аз 2 шабонаруз зиёдтар аст. Тсефейидҳои кӯтоҳдавр тафсон ва

**Ситораҳои нав.** Ситораҳои нав маънои нав пайдо шудани онҳоро надоранд. Онҳо вучуд доранд. Вале дар баъзе лаҳзаҳо равшаниҳои онҳо ногаҳон зиёд шуда, бузургии ситорагиашон то  $7^m$ - $8^m$  афзоиш меёбад ( $m$  - нишондиҳандаи бузургӣ - қадри ситорагӣ). Ҳодисаи зиёдшавии тобиши онҳо асосан дар натиҷаи тарқиши ситора ба миён меояд. Ин ҳодиса дар ҳамон як ситора такрор шуданаш мумкин аст, вале ин дафъа равшаниҳои тобиши он хеле кам мегардад. Ситораҳои ба чунин хусусият дорро бударо низ ситораҳои тағйирёбанда меноманд.

**Ситораи навтарин.** Ситорае, ки пеш намудор набуд, ногаҳон тарқида ба атроф микдори зиёди моддаи худро пош медиҳад, дар ҷараёни афканишот оҳиста-оҳиста ба мисли ситораҳои нав хомӯш мешавад (ниг. расми рангаи б. 1.5 тумани тарқиш).

Дар ҳолати афканишоти максималӣ равшаниҳои он назар ба равшаниҳои Офтоб даҳҳо миллион маротиба зиёд аст.

Гумон аст, ки ин гуна афканишот ва зиёдшавии ниҳони тобиш дар натиҷаи тарқиши ядрогӣ ба амал меояд. Бо руҳ додани чунин тарқиш энергияи ҷудошуда ба атрофи ситора бо суръати калон партофта мешавад. Чунин ситораҳоро ситораҳои навтарин меноманд.

Дар ин ҷо ситора баъди тарқиш дар таҳти таъсири ҷозобаи фишурдашавии марказрав аз нав барқарор мешавад ва барои табдилоти протону электронҳо ба нейтронҳо шароити мусоид фароҳам меояд. Ситораҳое, ки ба чунин ҳолати табдилот дучор шудаанд, ситораҳои нейтронӣ номида мешаванд. Аз қабилҳои реаксияҳои термоядрогие, ки дар дохили ситораҳо дар ҳарорат ва фишори баланд мегузарад, муҳимтаринаш ҷараёни табдилоти протон-протонӣ мебошад. Дар ҷараёни он чор атоми гидроген бо ҳам бархӯрда, микдори зиёди энергия хориҷ шуда, ядрои гелий ( $\alpha$ -заррачаҳо) ҳосил мешавад, ки он аз ду протон ва ду нейтрон иборат аст.

Массаи ситораҳо ҳар қадар калон бошанд, ҳарорати ядрои онҳо ҳамон қадар афзуда, гидроген дар онҳо бо суръати калон ба реаксия дохил мешавад. Руҳ додани чунин ҳодиса дар ситораҳои азим ва азимтарин, ки атмосфераашон хеле ғафс ва равшаниашон басо зиёд аст, аз эҳтимол берун нест.

Ба гелий табдил ёфтани гидрогени ситораҳои нилобиранг, ки ба пайдарпайии асосии ситорагӣ мансубанд, аз як то даҳҳо миллион сол давом мекунад. Барои ситораҳои азим, ки массаашон аз массаи Офтоб даҳҳо ва равшаниашон миллионҳо маротиба зиёд аст, бинобар сабаби афзудани ҳарорати ядро захираи гидроген аз ҳисоби фишори марказрави қабатҳои болоӣ дар давоми даҳҳо миллион сол сӯхта тамоми мешавад. Ситора ҳангоми нестшавии гидрогени қабатҳои дохили каме хунук шуда, ба ситораи сурхи азим табдил меёбад. Бо камшавии гидроген минтақаҳои тавлиди энергия ба қисми болоӣ мекӯчанд. Дар натиҷа қабати тулуки манбаи энергия пайдо мешавад ва дар он танҳо табдилоти гидрогенӣ ба амал омаданаш мумкин аст. Ин қабат дар байни қабатҳои дохилӣ ва берунӣ меҳобад. Дар қабати дохилии аз гидроген маҳрумбуда ҳеҷ гуна табдилот намегузарад. Дар қабати болоӣ, агарчи гидроген

бошад ҳам, фишор ва ҳарорат барои гузаштани табдилот кифоягӣ намекунад. Фишори марказрави қабатҳои болоӣ ба қабати (манбаи энергия) тавлидкунандаи энергия нисбат ба фишори марказгурези ядроӣ зиёдтар аст. Аз ҳамин сабаб вай ба тарафи ядро ба марказ фишурда шуда, энергияи ҷазбшавӣ (гравитатсионӣ)-и худро ба берун хорич мекунад. Ин фишурдашавӣ то ба ҳолати ғайрифаъол («шахшудан» ё «бе амал шудан») дучор шудани гази ядро, давом мекунад. Дар гази ба ин ҳолат дучоршуда фишор аз ҳарорат вобастагӣ надорад. Барои чунин фишурдашавиро нигоҳ доштан дар марказ фишори зиёдро ҳосил кардан мумкин аст. Чунин ҳолат дар ситораҳои масса ва зичиашон калон ба амал омаданааш мумкин аст.

Дар ядроии ситораҳое, ки массаашон аз массаи Офтоб 1,3 маротиба калонанд,  $^1\text{H}$  пурра ба  $^4\text{He}$  табдил ёфтааст. Барои чунин масса зичӣ ва ҳарорати ядро ба он дараҷае зиёд нест, ки дар он  $^1\text{H}$  ба реаксия даромада, карбон (C) ҳосил шаваду боз афканишоти нав ба миён ояд. Аз ҳамин сабаб ядроии аз гелий иборатбуда манбаи афканишоти надорад ва ба ҳолати изотермӣ соҳиб мешавад. Ин гуна ядро аз чор як хиссаи массаи ситораро ташкил дода, ба зичии  $350 \text{ кг/см}^3$  соҳиб аст. Атрофи он бо ҳамон қабате иҳота аст, ки аз он энергия хорич мешавад. Баъди ин қабат қабате сар мешавад (ғафсиаш 0,1 радиуси ситора), ки он қабати афканишоти номида мешавад. Қариб 70% массаи қабатҳои болоии ситора, ки ба 0,9 радиуси ситора мувофиқ меояд, минтақаи ситораи сурхи азимро ташкил медиҳанд.

Афканишот дар ситораҳои сурхи азим аз ядроии онҳо бар намеояд. Ин афканишот дар натиҷаи ниҳоят зиёд будани зичӣ, ки он аз андозаи калони массаи ситораҳо вобастагӣ дорад, ба амал меояд.

**Зарраситораҳои сафед.** Андозаи баъзе ситораҳо хеле хурд ( $1/100-1/1000 R_0$  - радиуси Офтоб) мебошад ва аз ҳамин сабаб, агарчи ҳарорати онҳо хеле баланд бошад ҳам, равшаниашон ба мо кам омада мерасад. Аз афташ, онҳо манбаи гидрогени энергияи термомядрогии худро кайҳо гум кардаанд. Чунин ситораҳоро зарраситораҳои сафед (резаситора) меноманд. Онҳо оҳиста-оҳиста хунук шуда, ба ситораҳои зичии газашон дар ҳолати ғайрифаъолӣ (сӯхташуда, бе амал) табдил ёфтаанд. Бо афзудани  $m$  – массаи зарраситораҳои сафед, фишори газ дар дохили онҳо ба ҳамон қувваи ҷазбшавие, ки он назар ба фишори гази бефаъолият тезтар меафзояд, муқобилият нишон медиҳад. Аз ҳамин сабаб, зарраситораҳои сафеди массаашон калон ниҳоят фишурдашуда мебошанд. Аммо барои баъзе қиматҳои масса, фишори гази дар ҳолати ғайрифаъолбуда, қувваи ҷазбшавӣ (гравитатсияӣ)-ро мувозинат нигоҳ дошта наметавонад. Ситора дар ин лаҳза беист фишурда мешавад. Ин вазъи фишурдашавӣ барои қимати (2–3)  $M_0$  ( $M_0$  – массаи Офтоб) хатмӣ аст.

Он дар мавриди  $m > 1,2M_0$  ҳам рух доданааш мумкин аст. Дар ин 244 гуна ситора фишори гази дар ҳолати ғайрифаъолбудаи нейтронӣ ба

кувваи қозибавӣ муқобил истода, имкониятеро ба вуҷуд меорад, ки дар натиҷа дар ситора таркиши ядрогӣ ба амал омада, ситора ба ситораи нейтронӣ табдил меёбад. Сели рӯшноии ситора дар давоми як дақиқа даҳҳо маротиба афзуда, баъди ним соат боз ба ҳолати аввалааш меояд. Дар натиҷаи чунин таркиш ҳамаи энергияи мавҷуда хориҷ шуда, ҷисми ситора ба ҳолати нейтронӣ табдил меёбад.

Дар ҳолати  $m > (2-3)M_0$  будан бошад, фишори нейтронҳои дар ҳолати гайрифайёлбуда қувваи ҷазбшавиро ҳеҷ гоҳ нигоҳ дошта наметавонад ва дар натиҷаи фишурдашавӣ радиуси ситора хурд шуда зачиаш дар  $1 \text{ см}^3$  то садҳо тонна меафзояд.

Дар ин ҳолат зарраситораҳои сафед ба берун чизе ва ҳатто рӯшноӣ хориҷ намекунад. Чунин объектҳоро, бинобар сабаби аз афканишот маҳрум буданашон, ҳеҷ гоҳ дида наметавонем. Фақат дар баъзе ҳолатҳо моддаҳои атрофи онҳоро мушоҳида кардан мумкин аст. Ҳамин нуқтаи назари пешқадами космологияро дар астрономия вартаи сиёҳ (фурубурди сиёҳ) меноманд. Тарзи ҷойгиршавии ситораҳои дар боло номбаршуда дар варакаи пайдарпайии асосии ситорагӣ нишон дода шудааст (ниг. расми рангаи б. 1.2).

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ситораҳо аз ҳамдигар бо чӣ фарқ мекунад?
2. Спектри синфҳои ситораҳо маънидод намоед. Аз рӯйи спектри ситораҳо таркиби онҳо чӣ тавр муайян карда мешавад?
3. Масофаҳои астрономӣ ва воҳидҳои онро шарҳ диҳед.
4. Масофаи стандартиро маънидод намоед.
5. Бузургии ситорагӣ ва бузургии мутлақи ситорагиро шарҳ диҳед. Дар бораи қушаситораҳо маълумот диҳед.
6. Барои чӣ ситораҳо тағйирёбанда меноманд?
7. Чӣ гуна ситораҳо ситораҳои нав меноманд?
8. Ситораҳои навтарин гуфта, чӣ гуна ситораҳо меноманд?
9. Зарраситораҳои сафед гуфта, чӣ гуна ситораҳо меноманд? Фурубурди сиёҳ гуфта, чиро меноманд?

#### МАШҚИ 35

1. Барои ба наздиктарин ситора  $\alpha$  Кентавр (параллаксаш  $0,76''$ ) рафта расидани ҷисми парвозкунандае, ки бо суръати  $100 \text{ км/с}$  ҳаракат мекунад, чӣ қадар вақт лозим аст? (Ҷавоб: 49 млн сол)
2. Параллакси ситораи 61-Ку ба  $0,37''$  баробар аст. Масофа то ин ситораро (бо воҳиди соли рӯшноӣ) ҳисоб кунед. (Ҷавоб: 88 соли рӯшноӣ)
3. Параллакси ситораи Насри Воқеъ ба  $0,12''$  баробар аст. Масофа то ин ситораро бо парсекҳо, солҳои рӯшноӣ ва воҳиди астрономӣ ифода намоед. (Ҷавоб: 5 парсек;  $16,3$  соли рӯшноӣ;  $1,03 \cdot 10^6 \text{ в.а.} = 15,45 \cdot 10^{13} \text{ км}$ )

## 6.2. Галактикаи мо

Ҳамаи сайёраҳои хурду калон, астероидҳо, кометаҳо, метеороҳо ва чангу губори байни сайёравӣ Системаи офтобиро ташкил медиҳанд. Дар навбати худ Замин, ки барандаи ҳаёти зиндаи инкишофёфта мебошад, яқоя бо Системаи офтобӣ ба системаи ситорагӣ дохил мешавад, ки онро Галактика ё Галактикаи мо меноманд. Вайро дар шакли линзаи дутарафа барҷастаи канораҳояш тунукшуда, тасаввур кардан мумкин аст (ниг. расми рангаи 6.2.1).

Ҳангоми набудани Моҳ ва софу бегубор будани осмон, дар он манзараи тасмамонанди равшанро, ки шумораи ниҳоят зиёди ситораҳо дар бар дорад, دیدан мумкин аст. Ҳамин манзараи равшани васеъгии нобаробар доштара, ки аз як қисми осмони ситоразор то қисми дигари он тӯл кашидааст, Роҳи Қаҳқашон меноманд.

Галактика аз калимаи юнонӣ галаксиас гирифта шуда. маънояш ширмонанд мебошад. Марбут ба яке аз ривоятҳои юнонӣ гуё худои ҳамаҳозир (Ҳурмузд) Ҳермес фарзанди Зевсро, ки модараш дар дами марг буд, ба синаи завҷааш Ҳеро мегузорад, вале зан бо рашқи дар дил доштаи худ тифлро тела медиҳад. Бо амри худо шир ба осмон пош хурда, дар он равшанроҳи ширмонандеро ба вучуд меорад, ки онро мо ҳоло Роҳи Қаҳқашон номидаем.

Баъзе ҳолатҳо дар шарҳи системаи ситорагии олами ситораҳо фаҳмиш ё тасаввурот оид ба Галактика ва Роҳи Қаҳқашон ҳаммаъно истифода мешаванд. Вале дар ҳақиқати ҳол Галактикаи мо маҷмуи ниҳоят калони ситорагӣ мебошад. Роҳи Қаҳқашон бошад, танҳо тасмаи равшаниест, ки он дар гунбази фалак аз дохили Галактика ба чашм менамояд.

Галактика ситораҳои гуногун, тарокуми ситорагӣ ё худ гала-ситораҳо, абрҳои ситорагӣ, туманотҳои абру газӣ, абрҳои байниситорагӣ, чангҳои пароканда ва атомҳои гуногунро дар бар мегирад. Маҷмуи нурбарории ҳамаи онҳо ва нурпарокандакунии муҳити онҳо равшании ҳамон Роҳи Қаҳқашонро ташкил медиҳанд. Даврае, ки хати марказии Роҳи Қаҳқашонро ифода мекунад, экватори Галактикӣ номида мешавад. Он нисбат ба экватори гунбази фалак (кураи осмон), кунҷи  $62^\circ$ -ро ташкил медиҳад (расми 6.2.2).

Ин хат дар қисми шимолии осмони ситоразор аз бурҷҳои ситораҳояшон дурахшон Чаббор, Чавзо, Савр, Мумсикулъинон, Зотулқурсӣ (Кассиопея), Уқоб ва дар ҷануби он аз бурҷҳои Сипар, Морафсой, Қавс ва Ақраб мегузарад.

Ситораҳое, ки дар дохили Галактика ба системаи Офтобӣ наздиканд, хеле равшану дурахшон менамоянд.

Дар Галактика бо чашми одӣ ва бо ёрии дурбину телескопҳо гурӯҳҳои ситораҳоеро دیدан мумкин аст, ки онҳо бо ҳам хеле наздик ва ё зич ҷойгир шудаанд. Ин гуна ҳолати маҷмуи намоёншавии ситораҳоро галаситораҳо (ё тарокуми ситорагӣ) меноманд.

246 Галаситораҳо парокандашакл ва курашакл мешаванд.

Онҳо аз ҷиҳати нурбарории умумӣ, миқдори ситораҳо, мавҷудияти объектҳои алоҳида, масса, андоза ва таркибашон фарқ мекунад. Галаситораҳои парокандашакл аз даҳҳо ва садҳо ситораҳо ташкил шуда, дар наздикиҳои ҳамвории Галактика мавҷеъ доранд (ниг. расми рангаи 6.2.3).

Шумораи онҳо то ба 800 мерасад, ки аз Офтоб дар масофаи чандин килопарсек (кпс) воқеанд. Аз онҳое, ки барои мо (дар бурҷи Савр) маълуму равшантаранд, Парвин (Плеяда) ва Ҳиада ном доранд ва аз мо мувофиқан дар масофаи 40–130 парсек ҷойгиранд. Дар галаситораҳои курашакл зичии ҷойгиршавии ситораҳо ба сӯи маркази Галактика зиёд мешавад (ниг. расми рангаи 6.2.4, галаситора дар бурҷи Ҷосӣ). Кутри миёнаи онҳо қариб 40 парсек аст ва бинобар сабаби дурахшон буданашон онҳоро, ки шумораашон зиёда аз 100-то мебошад, дар Галактикаамон мушоҳида кардан мумкин аст.

Мо дар дохили Галактика зиндагӣ карда истода, шакли зоҳирии онро дуруст тасаввур карда наметавонем. Маҳз ба ҳамин мақсад шакл, сохт ва ҳаракати дигар галактикаҳои ба мо ҳамсояро омӯхта истода, ҳаёлан аз дурӣ ҷӣ тавр шакл доштани Галактикаамонро тасвир карда метавонем ва нисбати он маълумотҳои илмӣ ҳам гирифтагон осон мешавад.

Дар расми рангаи 6.2.5 галактикаи хеле хуб омӯхташудаи туманоти Андромеда тасвир ёфтааст, ки аз бисёр ҷиҳат системаи ситорагии Галактикаи моро ба хотир меорад.

Бо мақсади ҷойгиршавии байниҷаҳонии ситораҳоро омӯختан ба ҳолати дидашавандагии онҳо назар карда, масофаи байни мушоҳидачӣ ва ҳамон ситораҳоро муайян кардан зарур аст.

Масофа бо усули параллакси солонаи ситораҳо ё худ кунҷе, ки дар таҳти он аз ситора масофаи Замину Офтоб менамояд, муайян карда мешавад. Дар ҳақиқат, агар параллакси ситора худуди кунҷи  $p = 0,002'' \pm 0,01''$ -ро дар бар гирад, он гоҳ масофа то ситора мувофиқи формулаи  $r = \frac{1}{p}$  пс (парсек), то ба 100 пс баробар мешавад. Масофа то ситораи дурахшони ба мо наздиктарин ( $\alpha$ -Кентавр) бо ҳамин усул муайян карда шудааст, ки он ба 1,33 пс баробар аст.

Тақсимшавии ситораҳо дар Галактика. Бо мақсади муайянкунии миқдори ситораҳо дар қисмҳои гуногуни Галактика мафҳуми зичии ситорагӣ, яъне миқдори ситораҳо дар воҳиди ҳаҷми



Расми 6.2.2



Галактика қабул карда шудааст. Ба сифати воҳиди ҳаҷм  $1 \text{ пс}^3$  қабул шудааст. Ҳисобкуниҳо нишон медиҳанд, ки дар ҳудуди Офтоб дар  $1 \text{ пс}^3$  то  $0,12$  ситораҳо ҷойгир шудаанд ва масофаи байни онҳо ба  $2 \text{ пс}$  ( $2 \text{ пс} = 2 \cdot 31 \cdot 10^{12} \text{ км} = 62 \cdot 10^{12} \text{ км}$ ) баробар аст.

Ҳангоми бо чашм ба  $1^0$ -и квадрати Галактика назар кардан зичии ситораҳо дар бурчи Персей чунон кам аст, ки ҳатто бо чашми одӣ онҳоро муқоиса карда шинохтан мушкил аст. Дар мавриди пайи ҳам ба бурҷҳои Зотулқурсӣ (Кассиопея) ва баъд ба бурчи Ҷавзо наздик шудан, равшании Роҳи Қаҳқашон торафт меафзояд.

Он аз бурчи Уқоб ибтидо гирифта, ба ду шоха чудо шуда, аз бурҷҳои Уқоб, Сипар, Морафсой, Қавс ва Ақраб мегузарад. Вале ба душоха чудо шудан ин ҳақиқати ҳол нест. Аз дохили шохаҳои Галактика бо андозаҳои ниҳой туманнокиҳои чангу губори тира мегузарад. Онҳо нури ситораҳоро фуру мебаранд ва бинобар сабаби хирагии муҳит чудо карда омӯхтани андоза ва сохти ситораҳои ҳамон муҳит мушкил мегардад. Ин гуна тирашаклиро инчунин дар дигар мавзӯҳои Роҳи Қаҳқашон дидан мумкин аст.

Ҳангоми ба тарафи маркази Галактика наздик шудан зичии миқдори ситораҳо зиёд шуда меравад. Вале тумани чангу губори қабатҳои поёнии Галактика барои чудо карда омӯхтани ин ситораҳо садди роҳи мушоҳида мешаванд.

Дар лаҳзаи аз мавқеи Офтоб ба тарафи муқобил ё ба канори Галактика гузаштан зичии ҷойгиршавӣ ва миқдори ситораҳо хеле кам мешавад.

**Ҳаракати Системаи офтобӣ, ситораҳо ва чархзании Галактика.** Ҳаракати Офтоб ва ситораҳо дар Галактика ба ҳаракати сайёраҳои Системаи офтобӣ монанд мебошанд, вале дар ин ҷо ҳамвориҳои ҳаракат ба меҳвари чархзании Галактика перпендикуляр аст.

Суръати ҳаракати чархзании онҳо аз марказ ба тарафи канор аввал зиёд шуда, дар мавқеи Системаи офтобӣ то ба  $240 \text{ км/с}$  мерасад ва минбаъд он кам шуда меравад.

Офтоб ва ситораҳо, ки минтақаи канориро ташкил медиҳанд, тақрибан дар  $200$  млн сол  $1$  маротиба дар атрофи Галактика давр мезананд, ки онро соли галактикӣ меноманд.

Системаи Офтобӣ дар дохили Галактика тақрибан дар масофаи  $2/3$  радиуси он ҷойгир шуда, ба тарафи бурчи Ҷосӣ (Геркулес) ба нуктае, ки апекс номида шуда, координатаҳои галактикааш  $\alpha = 270^\circ$  ва  $\beta = 30^\circ$  мебошад, бо суръати  $20 \text{ км/с}$  ҳаракат мекунад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Галактика гуфта, чиро меноманд ва он чӣ гуна шакл дорад?
2. Роҳи Қаҳқашон гуфта, чиро меноманд?
3. Тафовути фаҳмиши Галактика ва Роҳи Қаҳқашонро шарҳ диҳед.
4. Роҳи Қаҳқашон аз қадом бурҷҳо мегузарад?
5. Галаситораҳо (тарокуми ситорагӣ) гуфта, чиро меноманд?

6. Сохти дохилии Галактикаро шарҳ диҳед.
7. Таксимшавии ситораҳоро дар Галактика маънидод намоед.
8. Сабаби дар канорҳои Галактика мавҷуд будани душоҳоро фаҳмонед.
9. Ҳаракати Офтоб ва ситораҳоро дар Галактика маънидод намоед. Соли Галактика гуфта, чиро меноманд?
10. Ҳаракати Офтоб ва аспекти онро шарҳ диҳед.

### 6.3. Манзараи материалии Коинот

Дар фазои Олам ғайр аз Галактикаи мо инчунин галактикаҳои гуногуни дигар мавҷуданд ва ба монанди ситораҳо куша ва каратӣ (ниг. расми рангаи 6.3.1) мешаванд. Онҳо дар шакли гуруҳҳо ва галагуруҳҳо дида мешаванд. Миқдори зиёди галактикаҳо дар маҷмӯъ галаи галактикаҳоро ташкил медиҳанд.

Аз рӯи шакли худ галактикаҳо ба намудҳои зерин тақсим мешаванд: эллиптикӣ, спиралмонанд ва нодуруст (ниг. расми рангаи 6.3.2).

Дар галактикаҳои шаклашон спиралӣ ҳаракати гирдбодҳои газҳои майл ба чархзанӣ дошта мушоҳида карда мешавад, ки дар оянда ба ҳосилшавии шоҳаҳои спиралӣ боис мешаванд (ниг. расми рангаи 6.3.3). Дар замони ҳозира астрономҳо мавҷудияти қариб 10 миллиард галактикаҳоро тасдиқ менамоянд. Аксарияти онҳо шакли эллиптикӣ ва спиралмонандро доранд. Галактикае, ки дар дохили он Системаи офтобӣ ҷойгир аст, спиралшакл буда, аз 120 миллиард ситора ташкил ёфтааст, қутри (диаметри) он ба сад ҳазор соли рӯшноӣ баробар аст ( $1 \text{ соли рӯшноӣ} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км}$ ).

Галаи галактикаҳои наздиктарин аз мо тақрибан дар масофаи 20 млн пс, дар бурҷи Сунбула воқеанд. Ҳангоми ҷудо карда омӯختани галактикаҳо баъзеи онҳо чун туман ба шакли «камера»-и бо ҳаво пуркардашудаи чархи мошина монандӣ мекунад (ниг. расми рангаи 6.3.4). Яъне онҳо шакли ҳалқаро доранд. Фафсии «девори ҳалқа»-ро ташкилдиҳанда 30–40 мпс ва дохили он ба 100 мпс баробар аст.

Материя дар Коинот (Олам) ҳамчун ҷисмҳои космикӣ конденсатсияшуда ва материяи диффузӣ дида баромада мешавад. Материяи диффузӣ ба намуди атомҳо ва молекулаҳои пароканда, ба монанди ташкилаҳои зичиашон зиёдтар – абрҳои бузурги ҷангию газӣ ва туманнокии газӣ-ҷангӣ мавҷуд мебошад. Ҳиссаи зиёдтари материя дар Коинот дар шакли ташкилаҳои диффузӣ ва ба намуди афканишотӣ (нурафканӣ) дучор мешаванд.

Калонтарини онҳо дар бурҷи Далв воқеъ аст. Онҳоро асосан туманоти сайёрагӣ меноманд.

Системаи галактикаҳои дидашаванда ва галаи галактикаҳо дар якҷоягӣ Метагалактика номида мешавад. Вай қисми Коинотро ташкил медиҳад.

Дар Метагалактика мувофиқи қонуни Ҳаббл (олими амрикоӣ), хатҳои спектрии спектрҳои галактикаҳои дур ба тарафи мавҷҳои дарозии мавҷашон ранги сурхро ифодакунанда кӯчиш ёфтааст. Аз мушоҳидаҳо маълум мешавад, ки суръати дуршавии галактикаҳо  $v$ , аз мо, ки кӯчиши сурхаш ба  $\Delta\lambda$  мувофиқ меояд, бо зиёдшавии масофа  $r$  меафзояд. Яъне ҳар қадаре, ки онҳо аз мо дур бошанд, ҳамон қадар суръати дуршавиашон зиёд мешавад, ки он бо формулаи  $v = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = H r$  муайян карда мешавад. Дар ин ҷо  $c$  – суръати рӯшноӣ ва  $H$  – собити Ҳаббл ( $54 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ ) мебошад. Вале ин маъно аз мо гурехтани онҳоро надорад. Аниқтараш, ҳамаи галактикаҳо ва ситораҳои онҳо аз якдигар дур шуда истодаанд. Ин ҳодиса ба ҳамон пуфаки бо ҳаво пуркардашудае монанд аст, ки гуё дар натиҷаи ҳаёлан худ ба худ васеъшавиаш масофаи байни якдигарии молекулаҳои дохилии он зиёд шуда меравад. Ин гуна ҷараёни аз ҳам дуршавии галактикаҳо ва ситораҳои онҳо тамоми Коинотро фаро гирифтааст. Чунин васеъшавиро васеъшавии Коинот меноманд.

10-15 млрд сол қабл галактикаҳо бо ҳам ниҳоят наздик буда, дар ҳолати фишурдашавӣ буданд. Зичиашон чунон қалон буд, ки он боиси хеле баландшавии ҳарорат (миллиардҳо дараҷа) мегардид.

Дар натиҷаи ниҳоят афзудани фишори дохилии митерияи нахустмодда мувозинатии фишори қабатҳои болоӣ, ки ба марказ нигаронида шуда буд, вайрон шуда, таркиши Бузург ба амал меояд. Ба шарҳи назариявии ҳодисаи зикршуда таркиши галактикаи М-82 тақвият мебахшад (ниг. расми рангаи 6.3.5).

Нахустмоддаҳои галактикаҳоро тавлидкунанда ҳанӯз миллиардҳо сол пеш аз пайдошавии галактикаҳо дар ҳолати авҷу хуруҷи реаксияҳои термоядрӣ буданд. Афканишоти он ба дараҷаи ниҳонӣ баланд буд. Энергияи ин афканишот ( $E = h\nu$ ) дар шакли фотонҳо ба фазои атроф хориҷ мешуд. Баъди чунин афканишоти қалон нахустмодда васеъ мешавад. Дар ҷараёни минбаъдаи васеъшавӣ элементҳои кимиёӣ ва баъдтар галактикаҳо, ситораҳо ва сайёраҳо пайдо мешаванд. Вале афканишот дар ин давра торафт кам шуда, дар охир хомӯш мешавад. Афканишот, агарчи он кайҳо хомӯш шуда бошад ҳам, то имрӯз ба мо омада истодааст. Ин гуна афканишотро афканишоти реликтивӣ меноманд. Қабул ва таҳлили афканишоти реликтивӣ нишон медиҳад, ки зичии моддаҳои онвақта нисбат ба зичии моддаҳои имрӯза миллионҳо маротиба зиёд будааст.

Омузиши васеъшавии Коинот ва масъалаи "Оё Коиноти баъди таркиш пайдошуда минбаъд фишурда мешавад ё не?" мавзӯи басо муҳими космология мебошад, ки нисбати он имрӯзҳо олимони қорҳои илмӣ-таҳқиқотӣ мебаранд.

Ҷамин тарик, мо ба давраи аз ҳолати фишурдашавӣ боз ба ҳолати васеъшавӣ баргаштани галактикаҳо назар карда, гуфта метавонем, ки материяи Олам дар гардиш аст, вале он дар сарҳади гардиши худ ҳеҷ ба шакли пешинааш тақрор намеёбад.

Замин, ситораҳо, Офтоб ва Галактика, ки дар ҳудуди калони вақт – миллиардҳо сол инкишоф ёфта истодаанд, рӯзе аз рӯзҳо ба поёни умри худ мерасанд ва материяи онҳоро ташкилдиханда шакли навро гирифта, боз аз нав инкишоф меёбад. Оламҳои нав ба ҷойи оламҳои коинотие, ки умрашон ба поён расидааст, пайдо мешаванд.

Метавон гуфт, ки дар зинаҳои «парвози» вақт боз ҳаёти нав пайдо шуда, ақлу хирад аз нав ба дараҷаи тараққиёти худ расад.

Мо дар Замин истода, ҳаёт ба сар мебарем, вале наметавонем, ки дар дигар сайёраҳо инкишофи ҳаёт (агар он вучуд дошта бошад) ва дараҷаи тараққиёти илму техника дар чӣ ҳолат аст.

Қарнҳои мегузаранд, дараҷаи илму техника боз ҳам рушду нумӯш меёбад ва эҳтимол дар ин давра олимони мавҷудияти ҳаётро дар дигар минтақаҳои коинот бо комёбиҳо ва кашфиётҳои нави илмӣ тасдиқ намоянд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Галактикаҳо гуфта, чиро меноманд?
2. Ҳалқашакли галактикаҳоро фаҳмонед ва онҳо чӣ гуна андозадоранд?
3. Метагалактика гуфта, чиро меноманд?
4. Васеъшавии Коинотро шарҳ диҳед.
5. Афканишоти реликтивӣ гуфта, чиро меноманд?
6. Дар бораи аҳамияти афканишоти реликтивӣ маълумот диҳед.
7. Таъриқиҳои илмӣ олам дар шароитҳои имрӯза чӣ зарурат доранд?

#### МАШҚИ 36

1. Дар спектри Галактика хати сурхи серияи Балмер бо дарозии мавҷи  $\lambda_0 = 656,3$  нм ҳамчун рушноии дарозии мавҷаш  $678,6$  нм шинохта мешавад. Галактика бо кадом суръат аз мо дур шуда истодааст? *Ҷавоб:*  $v = 10^7 \frac{M}{C}$ .
2. Доимии Ҳабблро  $H = 54 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$  қабул карда, масофа то дигар галактикаҳоро муайян кунед. Галактика аз мо бо суръати  $v = 10^3 \text{ км/с}$  дур мешавад. *Ҷавоб:*  $18,52 \text{ Мпс}$
3. Ба чашми мушоҳидачӣ Галактика чӣ тавр намоён мешавад, агар он дар ягон нуқтаи ҳамвории галактикӣ, ки аз маркази он дур аст, ҷойгир бошад.

Зиёда аз 95%-и массаи тамоми моддаҳои кайҳониро ситораҳо ташкил медиҳанд ва онҳо элементҳои басо муҳими Коинот ба шумор мераванд.

Дар натиҷаи омӯзиш ва таҳлили спектрашон ситораҳо ба классҳои *O, B, A, F, G, K, M* чудо карда шудаанд.

Ситораҳои классии *M*-ро ситораҳои сурх меноманд ва ҳарорати онҳо ба 3000°C мерасад. Азбаски ҳарорати ин гуна ситораҳо нисбат ба ҳарорати дигар ситораҳо паст аст, онҳоро ситораҳои хунук низ меноманд.

Ситораҳои классии *G* ранги зард доранд ва ҳарорати онҳо то 6000°C мерасад.

Ранги ситораҳои классии *A* сафед буда, ҳарораташон ба 10000°C баробар аст. Ситораҳои классии *O* бошад, ба ҳарорати хеле баланд, 50000°C сохибанд.

Ситораҳо аз мо дар масофаҳои хеле дур воқеанд. Баъзеи онҳо аз Офтоб ниҳоят калон бошанд ҳам, дар ин гуна масофа хеле хурд менамоёнд.

Ситораҳое, ки чуфтияшон бо мушоҳидаҳои телескопӣ муайян карда мешаванд, қушаситораҳои назарӣ (визуалӣ) номида мешаванд.

Ситораҳое ҳастанд, ки баъзан тобишашон ногаҳон меафзояд ва бузургии ситорагиашон то 7<sup>m</sup>–8<sup>m</sup> зиёд мешавад. Ин гуна ситораҳоро ситораҳои нав меноманд.

Ситораҳои нонамоёне ҳастанд, ки ногаҳон таркида, дар ҷараёни афканишот оҳиста-оҳиста ба мисли ситораҳои нав хомӯш мешаванд. Ҳангоми афканишоти максималӣ равиҷани онҳо назар ба равшании Офтоб дахҳо маротиба зиёд мешавад. Эҳтимол афканишоти ногаҳонии онҳо дар натиҷаи таркиши ядрогӣ ба амал омада бошад. Чунин ситораҳоро ситораҳои навтарин меноманд.

Ҳамаи сайёраҳои хурду калон, астероидҳо, кометаҳо, метеороидҳо ва ҷангу ғубори байни сайёравӣ Системаи офтобиро ташкил медиҳанд.

Замин дар яқҷоягӣ бо Системаи офтобӣ ба системаи ситорагӣ дохил мешавад, ки онро Галактикаи мо меноманд.

Ҳангоми набудани Моҳ ва софу беғубор будани ҳаво дар осмон манзараи тасмамонанди равшанро, ки шумораи ниҳоят зиёди ситораҳо ро дарбар дорад, дидан мумкин аст.

Ҳамин манзараи равшани васеъгии нобаробар доштара, ки аз як қисми осмони ситоразор то қисми дигари он тӯл кашдааст Роҳи Каҳкашон меноманд.

Даврае, ки хати марказии роҳи Каҳкашонро ифода мекунад, экватори Галактикӣ номида мешавад. Он нисбат ба экватори гумбази фалак кунҷи 62°-ро ташкил медиҳад.

Дар Галактика ситораҳоеро дидан мумкин аст, ки бо ҳам хеле наздик ва зич ҷойгир шудаанд. Ин гуна ҳолати ҷамъоҷамъи намоёншавии ситораҳоро галласитораҳо (ё тарокуми ситорагӣ) меноманд.

Бо мақсади муайянкунии миқдори ситораҳо дар қисмҳои гуногуни 252 Галактика мафҳуми зичии ситорагӣ, яъне миқдори ситораҳо дар

# КОРҲОИ ЛАБОРАТОРИЌ

## Кори лаборатории № 1

### Омузиши лаппиши раққосаки пружинӣ

**Максади кор:** муайян кардани давр, басомад, амплитудаи лаппиш, сахтии пружин ва санчидани формулаи даври лаппиши раққосаки пружинӣ.

**Асбоб ва лавозимот:** маҷмуи борҳо, динамометр, пружин, штатив, сониясанҷ ё соат, ҷадвали андозадор.

#### МУҚАДДИМА

Раққосаки пружинӣ (пружини бордор) ҳангоми ҳаракат лаппиш менамояд. Майлқунии калонтарини ҷисми лаппандаро аз мавқеи мувозинатӣ амплитудаи лаппиш  $A$  меноманд. Фосилаи вақте, ки дар давоми он раққосак як лаппиши пурра иҷро мекунад, даври лаппиши раққосак  $T$  номида мешавад. Даври лаппиши раққосаки пружинӣ ба решаи квадратӣ аз массаи бори овезон кардашуда  $m$  мутаносиби роста буда, ба сахтии пружин  $k$  мутаносиби чаппа мебошад:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

Даври лаппиши раққосакро дар таҷриба аз ифодаи зерин муайян менамоянд:

$$T = \frac{t}{n}, \quad (2)$$

дар ин ҷо  $t$ —муддати вақте, ки дар давоми он раққосак мелаппад,  $n$ —шумораи лаппишҳои он мебошанд.

Даври лаппиши раққосак бо басомади лаппиши он  $\nu$  чунин вобастагӣ дорад:

$$T = \frac{1}{\nu}. \quad (3)$$

#### ТАРТИБИ ИҶРОИ КОР

1. Дар қапаки штатив ҷадвали андозадорро маҳкам намоед.
2. Ба нуғи болои штатив ба воситаи қапаки дигар пружинро оведед.
3. Ба пружин бор овехта, аз рӯйи дарозшавии он  $x$  ва вазни бор  $P$  сахтии пружинро аз формулаи  $k = P/x$  муайян намоед.
4. Борро аз ҳолати мувозинатӣ бароварда, шумораи лаппишҳо ва вақти баамалоии ин лаппишҳоро ба ҳисоб гирифта, аз формулаҳои (1) ва (2) давр ва басомади лаппишро ҳисоб кунед. Таҷрибаро якчанд маротиба такрор намуда, қиматҳои миёнаи давр ва басомади лаппишро ёбед.
5. Аз формулаи  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  массаи бор ва сахтии пружинро доништа даври лаппиши раққосаки пружинро ҳисоб кунед. Аз рӯйи қимати даври лаппиш басомади лаппиши раққосаки пружини  $\nu_{\text{хис}}$ -ро муайян намоед.

6. Натиҷаи ҳар ду ҳисобкуниҳоро муқоиса намуда, ҳатоҳои мутлақ  $\Delta T$  ва нисби  $E = \frac{\Delta T}{T} \cdot 100\%$ -ро муайян намоед.

7. Натиҷаҳои ченкунию ҳисобкуниҳоро дар ҷадвали зерин нависед.

Рақами тартибии озмоиш	Вазни бор, Н	Дарозшавии пружин, м	Саҳтии пружин, Н/м	Даври лапшиш, с аз формулаи (1)	Даври лапшиш, с аз формулаи (2)	Басомад, 1/с	Ҳатои мутлақ, с	Ҳатои нисбӣ, %

8. Аз рӯйи натиҷаҳои бадастоварда хулосаҳои худро дар дафтарадон қайд намоед.

### САВОЛҲОИ САНՇИШӢ

1. Раққосаки пружинӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Даври лапшиши раққосаки пружинӣ гуфта, чиро меноманд?
3. Даври лапшиши раққосаки пружиниро тавассути кадом формулаҳо муайян кардан мумкин аст?
4. Даври лапшиш бо басомади лапшиш чӣ гуна вобастагӣ дорад?
5. Ҳатоҳои мутлақ ва нисбии ченкунӣ гуфта, чиро меноманд?

## Кори лаборатории № 2

### Чен кардани суръати мавҷҳои сатҳӣ

**Мақсади кор:** омӯختани усули ченкунии суръати мавҷҳои сатҳӣ.

**Асбоб ва лавозимот:** зарфи чоркунҷашакли деворҳои наст, саққои хурд, соати ақрабаки сониясанҷдор ё сониясанҷ, ҷадвал ё тасмаи ченакдор.

### МУҚАДДИМА

Густариши лапшишхоро дар муҳит мавҷ меноманд. Мавҷҳои арзӣ ва тӯлиро аз ҳамдигар фарқ намеоянд. Ҳангоми густариши мавҷҳои арзӣ зарраҳои муҳит нисбат ба самти густариши мавҷ перпендикуляр мелаппанд. Дар мавҷҳои тӯлӣ зарраҳои муҳит нисбат ба самти густариши мавҷ параллел мелаппанд.

Густариши мавҷ ба хусусияти эластикӣ муҳит вобаста мебошад. Мавҷҳои арзӣ дар муҳитҳои ҳосил мешаванд, ки дар онҳо деформатсияи пешравӣ ба амал меояд. Деформатсияи пешравӣ танҳо дар ҷисмҳои сахт ба амал омада метавонад. Бинобар ин, мавҷҳои арзӣ дар моеъ ва газҳо ҳосил нагардида, танҳо дар ҷисмҳои сахт ба вуҷуд меоянд.

Мавҷҳои тӯлӣ дар ҳисмҳое, ки дар онҳо деформатсияи кашидашавӣ ва фишурдашавӣ ба вуҷуд меояд, ҳосил мешаванд. Ин гуна деформатсия дар ҳисмҳои сахт, моеъҳо ва газҳо ба амал меоянд, бинобар ин, мавҷҳои тӯлӣ дар ин муҳитҳо ҳосил мешаванд.

Дар моеъҳо навъи махсуси мавҷ – мавҷи сатҳӣ ҳосил мешавад ва суръати паҳншавии он тавассути қувваи кашиши сатҳӣ муайян карда мешавад. Суръати паҳншавии мавҷҳои сатҳӣ чандон калон нест ва он ба осонӣ чен карда мешавад.

Суръати густариши мавҷ  $\vartheta$  бо дарозӣ  $\lambda$  ва даври он  $T$  чунин алоқамандӣ дорад:

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

### ТАРТИБИ ИҶРОИ ҚОР

1. Дар зарфи чоркунҷашакли деворҳояш паст об резед.
2. Дар миёнаҷойи зарф сакҳои хурдро ба об партофта, мавҷ ҳосил намоед.
3. Вақти паҳншавии мавҷ  $t$ -ро то девори зарф чен кунед.
4. Таҷрибаро якчанд маротиба такрор карда, қимати миёнаи вақти паҳншавии мавҷро ҳисоб кунед.
5. Масофа аз нуктаи пайдоиши мавҷ то девори зарф  $L$ -ро чен кунед.
6. Суръати паҳншавии мавҷро аз формулаи  $\vartheta = \frac{L}{t}$  ҳисоб намоед.
7. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобкуниро дар ҷадвали зерин нависед:

Рақами тартибии озмоиш	$t, c$	$t_n, c$	$L, m$	$\vartheta, m/c$
1				
2				
3				

8. Хатоҳои мутлақ ва нисбиро ҳисоб кунед.

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Мавҷ гуфта, чиро меноманд?
2. Чӣ гуна мавҷҳоро аз ҳамдигар фарқ меномоянд?
3. Мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ дар чӣ гуна муҳитҳо ҳосил мешаванд?
4. Чӣ гуна мавҷҳоро мавҷҳои сатҳӣ меноманд?
5. Суръати мавҷ бо дарозӣ ва даври он чӣ гуна вобастагӣ дорад?

## Кори лаборатории № 3

Омухтани ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ

**Мақсади қор:** дар таҷриба омухтани ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ.

**Асбоб ва лавозимот:** миллиамперметр, манбаи ҷараён, галтакҳои дилакдор, магнитҳои рост ва камоншакл, калиди электрикӣ, симҳои пайваस्तкунанда.



Ҳодисаи индуксияи электромагнито соли 1831 физики англис М. Фарадей кашф намуд. М. Фарадей дар таҷрибаҳои худ аниқ намуд, ки ҳангоми тағйирёбии сели магнитии майдони магнитии печакҳои галтакро бурида гузаранда ҷараёни электрикӣ (ҷараёни индуксионӣ) ҳосил мешавад. Бо тағйирёбии самти майдони магнитӣ самти ҷараёни индуксионӣ низ тағйир меёбад.

### ТАРТИБИ ИҶРОИ ҚОР

1. Миллиамперметрро ба галтак васл намоед.
2. Магнито бо суръати калон ба галтак дохил намуда, майлқунии ақрабаки миллиамперметрро қайд намоед.
3. Магнито аз галтак бо суръати калон бароварда, майлқунии ақрабаки миллиамперметрро қайд намоед.
4. Пунктҳои 2 ва 3-ро барои қутби дигари магнит иҷро намоед.
5. Галтаки дуҷумро дар назди галтаки яқум тавре гузоред, ки онҳо ҳам-мехвар бошанд.
6. Ба ҳардуи галтак дилакҳои оҳаниро дохил намоед ва галтаки дуҷумро ба воситаи калид ба манбаи ҷараён васл кунед.
7. Калидро кушодаву баста, майли ақрабаки миллиамперметрро мушохида кунед.
8. Аз таҷрибаҳои гузаронидаатон хулосаҳои баровардаатонро ба дафтратон нависед.

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Индуксияи электромагнитӣ чист?
2. Кадом вақт ҷараёни индуксионӣ ҳосил мегардад?
3. Самти ҷараёни индуксионӣ ба чӣ вобаста аст?

## Кори лаборатории № 4

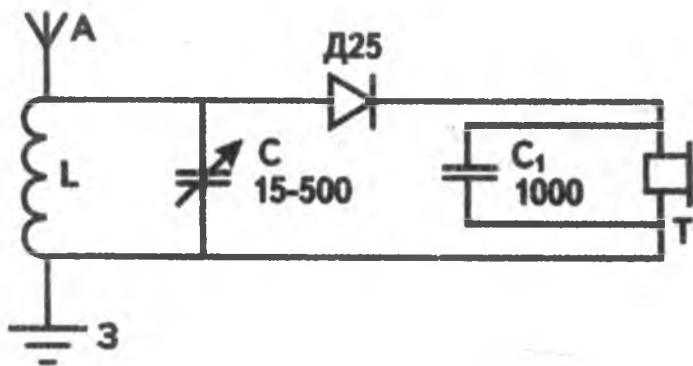
### Васл кардани қабулкунаки одитарини мавҷҳои радио

**Мақсади қор:** васл кардани радиоприёмники одитарин, қабул кардан ва шунавонидани мавҷҳои радио.

**Асбоб ва лавозимот:** конденсатори гунҷоишаш тағйирёбанда (15–50 нФ), ду галтакҳои контурӣ барои мавҷҳои миёна ва дарози радио, диоди нимноқили Д 25, телефон ва конденсатори гунҷоишаш 1000 нФ.

### МУҚАДДИМА

Радиоприёмники одитаринро радиоприёмникҳои детекторӣ низ меноманд (расми кл. 1). Радиоприёмники одитарин аз галтаки контурӣ, конденсатори гунҷоишаш тағйирёбанда, диоди нимноқилӣ, конденсатори гунҷоишаш доимӣ ва телефон иборат аст.



Расми кл. 1

### ГАРҶИБИ ИҶРОИ ҚОР

1. Аз рӯи нақшаи расми кл. 1 радиоприёмники одитаринро васл намоед.
2. Ба нақша антенна пайваст карда, онро бо Замин васл намоед.
3. Радиоприёмникро барои қабули мавҷҳои дароз омода созед, барои ин дастаки конденсатори ғунҷоишаш тағйирёбандаро оҳиста-оҳиста тоб диҳед ва телефонро ба ғушатон монда, садои ҳамаи ҳудуди мавҷҳои дарозро шунавед.
4. Дар нақша ба контури лапшиш ғалтакро барои қабули мавҷҳои миёна васл карда, садои ин мавҷҳоро шунавед.

### САВОЛҶОИ САНҶИШӢ

1. Чӣ гуна мавҷҳоро мавҷҳои садогӣ меноманд?
2. Радиоприёмники содатарин аз кадом қисмҳо иборат аст?
3. Диоди нимноқилӣ дар радиоприёмники одитарин чӣ гуна нақшо мебозад?

## Кори лаборатории № 5 Ченкунии масофаи конунии линзаи чамъкунанда

**Мақсади қор:** муайян кардани масофаи конунии линзаи чамъкунанда.

**Асбоб ва лавозимот:** мизи оптикӣ, лампаи электрикӣ, предмет, экран, линзаи барҷаста (чамъкунанда).

### МУҚАДДИМА

Масофаи конунии линзаи чамъкунанда  $F$  аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Дар ин ҷо  $d$  – масофа аз линза то ҷисм,  $f$  – масофа аз линза то тасвир  
258 ри ҷисм мебошад.

1. Асбоб ва лавозимотро аз рӯи тартиби  $l$  – лампа,  $ч$  – чисм,  $л$  – линза,  $э$  – экран дар болои мизи оптикӣ ҷойгир кунед. Экранро дар охири мизи оптикӣ гузоред.
2. Лампаро фурузон кунед ва ҷойи линзаро тағйир дода, тасвири хурдшуда ва аниқӣ чисмро дар экран ҳосил кунед. Масофаҳои  $d$  ва  $f$ -ро чен кунед. Масофаи конунии линзаро аз формулаи (1) ҳисоб кунед.
3. Пункти 2-ро барои як чанд мавҷеҳои экран иҷро намоед.
4. Пунктҳои 2 ва 3-ро барои тасвири калонкардашудаи чисм низ иҷро кунед.
5. Натиҷаҳоро дар ҷадвали зерин нависед:

	Рақами тартибии озмоиш	$d$ , м	$f$ , м	$F$ , м
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

САВОЛҲОИ САНҶИШӢ

1. Самти нурҳоро дар линзаи ҷамъкунанда тасвир кунед.
2. Қадом вақт дар линзаи барҷаста тасвири мафҳум ҳосил мешавад?
3. Ҷӣ тавр линзаи калонкунуро аз намуди беруниаш фарқ мекунад?

## Кори лаборатории № 6 Мушоҳидаи интерференсия ва дифраксияи рӯшноӣ

**Мақсади кор:** мушоҳидаи интерференсия ва дифраксияи рӯшноӣ.

**Асбоб ва лавозимот:** лавҳаҳои шишагӣ – 2 дона, лампаи мӯяки тафсишаш рост, штангенциркул, асбоби мактабӣ, панҷараи дифраксионӣ, пораи капрон ё батист (марои сунъии капронмонанд).

**МУҚАДДИМА**

Интерференсия ва дифраксияи рӯшноӣ ходисаҳоеанд, ки ҳосияти мавҷӣ доштани рӯшноиро тасдиқ мекунад. Интерференсияи рӯшноӣ ҳангоми болои ҳам хобидани ду мавҷи рӯшноии когерентӣ мушоҳида карда мешавад. Манзараеро, ки ҳангоми интерференсияи рӯшноӣ ба амал меояд, манзараи интерференсионӣ меноманд. Манзараи интерференсионӣ аз максимуму минимумҳои интерференсионии пайдарпай ҷойгиршуда иборат аст.

Ҳангоми аз монеаҳо сӯрохиҳои андозаашон ба дарозии мавҷи рӯшноӣ тартиби якхеладошта ё аз он хурдбуда гузаштани рӯшноӣ ҳодисаи дифраксия ба амал меояд. Манзараеро, ки ҳангоми дифраксияи рӯшноӣ мушоҳида карда мешавад, манзараи дифраксионӣ меноманд.

Манзараи дифраксионӣ низ ба монанди манзараи интерференсионӣ аз максимуму минимумҳои пайдарпай ҷойгиршудаи рӯшноӣ иборат аст. Аз рӯшноии сафед манзараҳои интерференсионӣ дифраксионӣ рангоранг ҳосил мешавад.

### *ТАРТИБИ ИҶРОИ ҚОР БАРОИ МУШОҲИДАИ ИНТЕРФЕРЕНСИЯИ РҶШНОӢ*

---

1. Лавҳаҳои шишагиро нағз тоза карда, рӯи ҳам гузored ва бо панҷаҳоятон фишор диҳед.
2. Лавҳаҳоро дар рӯшноии инъикосёфта дар фони торик мушоҳида кунед (лавҳаҳоро тавре ҷойгир кунед, ки дар сатҳи онҳо аз тирезаҳо ё деворҳои сафед партави дурахшон ҳосил нашавад).
3. Бинед, ки бо тағйир додани фишор шакл ва мавқеи тасмаҳои интерференсионӣ ҳосилшуда чӣ тавр тағйир меёбанд.
4. Манзараи интерференсиониро дар рӯшноии гузаранда мушоҳида намоед.
5. Аз мушоҳидаҳо хулосаи баровардаатонро дар дафтартон нависед.

### *ТАРТИБИ ИҶРОИ ҚОР БАРОИ МУШОҲИДАИ ДИФРАКСИЯИ РҶШНОӢ*

---

1. Дар байни лабаҳои штангенциркул тарқиши бараш 0,5 мм ҳосил кунед.
2. Тарқишро ба чашм ҷафстар бо тарзи амудӣ ҷойгир намоед.
3. Ба воситаи тарқиш ба муяки фурузони амудӣ ҷойгиршудаи лампа нигариста, аз ҳар ду тарафи муяк тасмаҳои спектри дифраксиониро мушоҳида кунед.
4. Бари тарқишро аз 0,5 то 0,8 мм тағйир дода бинед, ки ин ба спектрҳои дифраксионӣ чӣ гуна таъсир мерасонад.
5. Ба ҷойи тарқиши штангенциркул порчаҳои капрону батистро гузошта, ҳосилшавии манзараи дифраксиониро мушоҳида намоед.
6. Лампаи фурузонро дар масофаи 3–4 м аз асбоби мактабӣ гузored ва шкалаи сӯрохидори асбобро дар масофаи 50 см аз панҷараи дифраксионӣ ҷой диҳед.
7. Ба воситаи панҷараи дифраксионӣ ва сӯроҳӣ ба лампа нигоҳ кунед ва ҳосилшавии манзараи дифраксиониро мушоҳида намоед.
8. Хулосаҳои мушоҳидаҳо ба дафтартон нависед.

### *САВОЛҲОИ САНЧИШӢ*

---

1. Чӣ гуна ҳодисаро интерференсияи рӯшноӣ меноманд?
2. Чӣ гуна ҳодисаро дифраксияи рӯшноӣ меноманд?
3. Барои ҳосилшавии интерференсия чӣ гуна шартҳо зарур аст ва ин шартҳоро ҳангоми иҷрои қор чӣ тавр ҳосил мекунанд?
4. Барои ҳосилшавии дифраксия чӣ гуна шартҳо зарур аст?
5. Манзараҳои дифраксионӣ мушоҳидашуда кадом вақт равшантар зоҳир мегардад?

Боби 3. Оптика. Ҳодисаҳои рӯшноӣ.....	70
3.1. Манбаъҳои рӯшноӣ.....	70
3.2. Ростхатта пахншавии рӯшноӣ. Пайдоиши соя ва нимсоя.....	72
3.3. Гирифтҳои Офтоб ва Моҳ.....	74
3.4. Чен кардани суръати рӯшноӣ.....	76
3.5. Сели рӯшноӣ.....	77
3.6. Қувваи рӯшноӣ.....	78
3.7. Равшанӣ.....	79
3.8. Қонунҳои равшанӣ.....	80
3.9. Инъикоси рӯшноӣ.....	82
3.10. Қонунҳои инъикоси рӯшноӣ.....	83
3.11. Инъикоси оинавӣ ва диффузӣ.....	85
3.12. Оинаи ҳамвор ва тасвир дар он .....	86
3.13. Оинаи куравӣ.....	88
3.14. Сохтани тасвир дар оинаҳои куравӣ.....	89
3.15. Шикасти рӯшноӣ.....	92
3.16. Қонуни шикасти рӯшноӣ.....	94
3.17. Нишондоди шикасти муҳит.....	95
3.18. Рафти нуруҳо дар призма .....	98
3.19. Инъикоси пурраи рӯшноӣ.....	99
3.20. Спектр.....	102
3.21. Тасаввурот дар бораи нуруҳои инфрасурх ва ултрабунафш .....	105
3.22. Ранги ҷисмҳо.....	107
3.23. Табиати мавҷии рӯшноӣ.....	108
3.24. Интерференсияи рӯшноӣ.....	109
3.25. Дифраксияи рӯшноӣ.....	114
3.26. Линзаҳо.....	117
3.27. Масофаи қонунии линза .....	118
3.28. Сохтани тасвир дар линзаҳо.....	119
3.29. Формулаи линзаи тунук.....	122
3.30. Асбобҳои оптикӣ.....	125
3.30.1. Чашм.....	125
3.30.2. Айнак .....	127
3.30.3. Суратгирак.....	129
3.30.4. Микроскоп.....	131
3.30.5. Дурбин .....	133
3.30.6. Телескоп.....	134
3.30.7. Пурбин.....	135
262 Ҳулосаҳои муҳимтарини боб.....	137

<b>Боби 4. Модели атом ва ядроӣ атом.....</b>	<b>140</b>
4.1. Ҳодисаи фотоэффект ва татбиқи он.....	140
4.2. Фотоэлементҳо.....	145
4.3. Сохти атом.....	147
4.4. Таҷрибаи Резерфорд.....	148
4.5. Қабатҳои электронӣ .....	150
4.6. Нурафканиӣ атомҳо .....	152
4.7. Спектрҳо.....	153
4.8. Кашфи ҳодисаи радиоактивияти баъзе моддаҳо.....	156
4.9. Алфа, бета-зарраҳо, гамма нур.....	157
4.10. Таъриқи ядроӣ атом.....	160
4.11. Протонҳо ва нейтронҳо.....	161
4.12. Изотопҳо.....	162
4.13. Изотопҳои атоми гидроген .....	163
4.14. Коҳиши радиоактивӣ.....	163
4.15. Қоидаҳои кӯчиш.....	165
4.16. Реаксияи ядрӣ.....	168
4.17. Порашавии ядроҳои вазнин.....	170
4.18. Реактори атомӣ.....	173
4.19. Якшудани ядроҳои сабук .....	177
4.20. Зарраҳои элементарӣ .....	179
4.21. Табдилоти зарраҳои элементарӣ .....	184
4.22. Нурҳои кайҳонӣ .....	185
4.23. Истифодаи энергияи ядрӣ .....	187
<i>Ҳулосаҳои муҳимтарини боб .....</i>	<i>190</i>

## **Боби 5. Тавсифи умумии ҷирмҳои осмонӣ.**

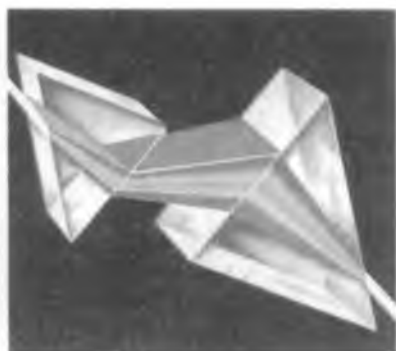
<b>Мавзӯи астрономия .....</b>	<b>193</b>
5.1. Бурҷҳо .....	195
5.2. Харитаи ситораҳо (хатҳо ва нуқтаҳои кураи осмон).....	198
5.3. Тавсифи умумии сайёраҳо .....	203
5.4. Шакл, андоза ва массаи Замин.....	206
5.5. Моҳ - радиои табиӣ Замин .....	209
5.6. Сайёраҳои гуруҳи Замин .....	212
5.7. Офтоб ситораи наздиктарин.....	215
5.8. Тавсифи умумии ҷирмҳои хурди Системаи Офтобӣ.....	220
5.9. Системаи офтобӣ маҷмӯи ҷисмҳои осмонӣ, ки пайдоиши умумӣ доранд.....	227
5.10. Телескопҳо ва татбиқи онҳо.....	232
5.11. Таквим.....	234
<i>Ҳулосаҳои муҳимтарини боб .....</i>	<i>237</i>

## **Боби 6. Манзараи Олам.....**

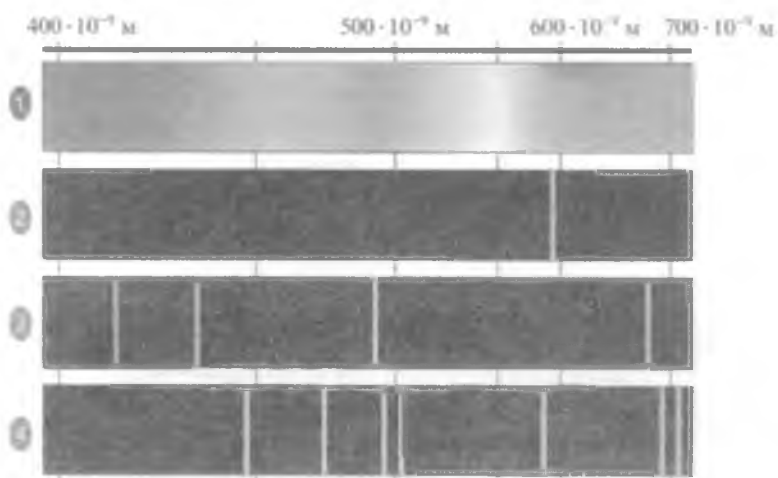
6.1. Олами ситораҳо.....	240
6.2. Галактикаи мо.....	246
6.3. Манзараи Олам (Коинот).....	249
<i>Ҳулосаҳои муҳимтарини боб .....</i>	<i>252</i>



Рисунг 3.20.3



Рисунг 3.20.4



Рисунг 3.20.5



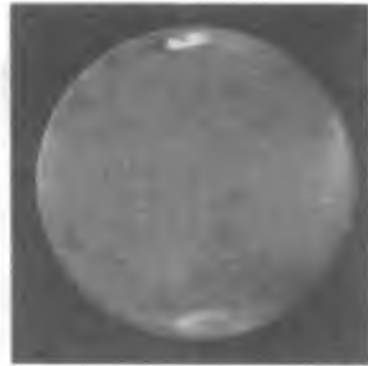
Рисунг 5.2.3







Расми 5.6.1



Расми 5.6.4



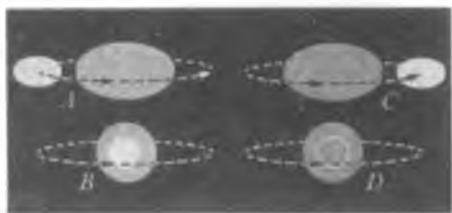
Расми 5.7.2

Расми 5.10.1



Расми 5.10.4





*Рисми 6.1.4*



*Рисми 6.2.1*



*Рисми 6.1.5*



*Рисми 6.2.3*



*Рисми 6.2.4*



*Рисми 6.2.5*

Ҷамид Маҷидов  
Отаҷон Нозимов

## **ФИЗИКА**

китоби дарсӣ барои синфи 9

Рохбари гуруҳи нашрӣ: М. Ҷафизов  
Муҳаррири масъул: профессор Ҷамид Маҷидов  
Мусахҳех: Фаридуни Умарбек  
Муҳаррири техникӣ: И. Бобоев  
Тарроҳ: М. Каримов

Ба чоп 25.07.2013 имзо шуд.  
Андозаи қоғаз 60x90 1/16. Қоғази офсет.  
Гарнитурани Times New Roman Tj. Чопи офсет.  
Ҷачм: 17 ҷузъи чопии асли (16,5 ҷузъи чопӣ - матн;  
0,5 ҷузъи чопӣ - суратҳои ранга). Адади нашр 35000.  
Фармоиши № 39.

**КВД «Комбинати полиграфии шаҳри Душанбе»  
734063, Душанбе, кӯчаи Айни, 126**



Рис. 6.3.1



Рис. 6.3.3



Рис. 6.3.2



Рис. 6.3.4

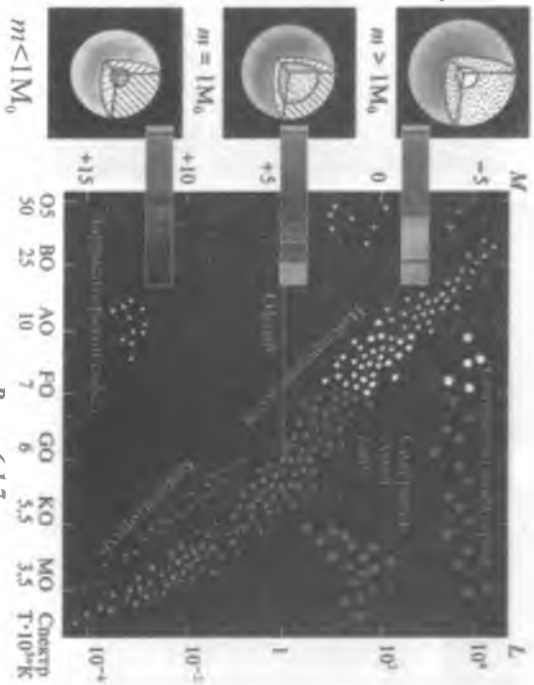


Рис. 6.3.5

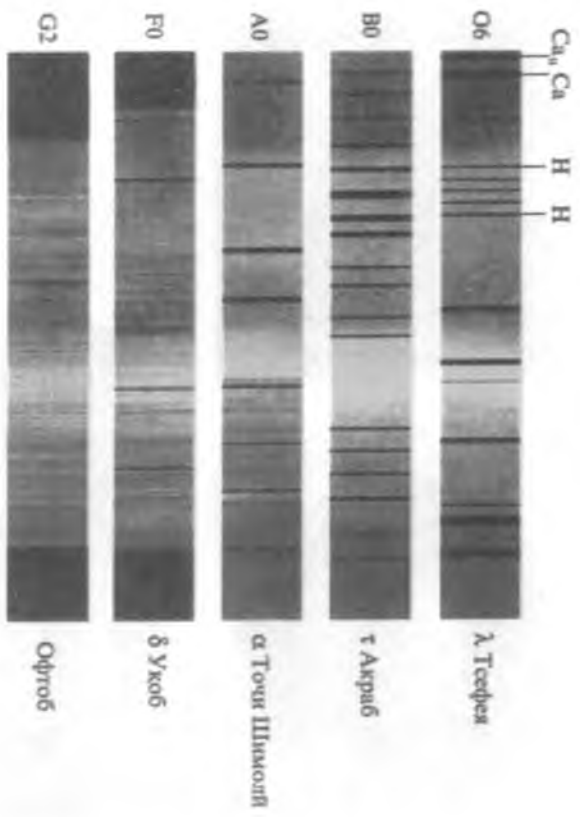
# СИТОРАҲОИ ПАЙДАРПАИИ АСОСИ

(аз ҷағ - сохти дохилии ситораҳои пайдарпаии асосӣ)

Минтакаи конвективӣ  
 Кучиши энергия бо афканиш  
 М – бузургии мутлақи ситорагӣ  
 Т – ҳарорат  
 $M_0$  – массаи Офтоб  
 L – равшанӣ



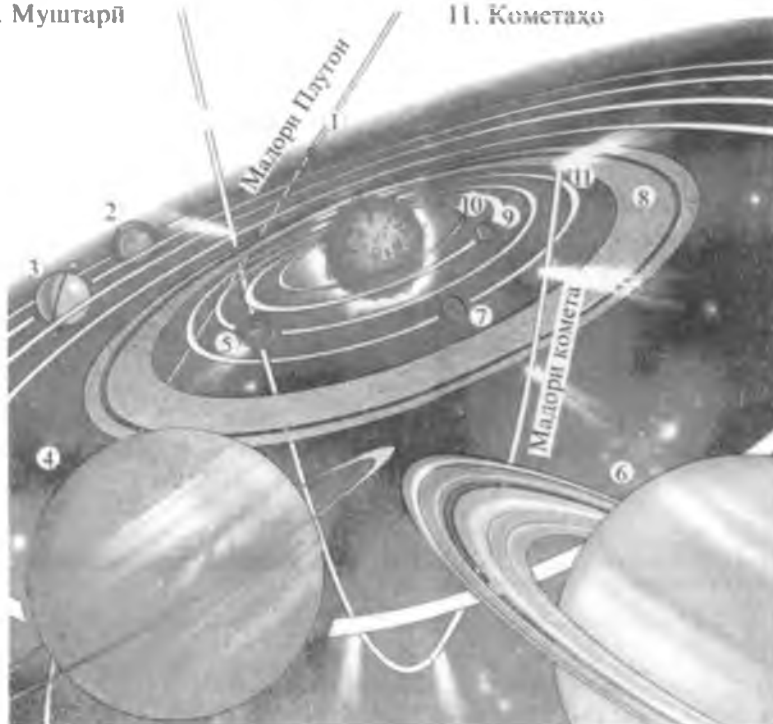
Расми 6.1.7



Рисун 6.1.1

## СОХТИ СИСТЕМАИ ОҒТОБӢ

- |            |           |                      |
|------------|-----------|----------------------|
| 1. Плутон  | 5. Замин  | 8. Кабати астероидҳо |
| 2. Нептун  | 6. Зухал  | 9. Зӯҳра             |
| 3. Уран    | 7. Миррих | 10. Уторид           |
| 4. Муштарӣ |           | 11. Қометаҳо         |



Расми 5.3.1



Расми 5.4.1



Расми 5.6.3

