



**Курчатов Игор Васильевич (1903-60)** - физикдони рус. Курчатов аз с.1943 сарвари тадқиқоти атомӣ буд. Таҳти роҳбарии ӯ нахустин реактори атомии Аврупо (1946) ва нахустин бомбаи атомии шӯравӣ (1949) сохта шудааст. Курчатов пеш аз он ки бо сохтмони реактори атомӣ машғул гашт, хосиятҳои диэлектрикҳо (сегнетоэлектрикҳо), вокунишҳои бо таъсири нейтронҳо рӯйдиханда, радиоактивияти сунъӣ ва ғ.-ро тадқиқ мекард. Кашфи ҳолатҳои ангеҳтаи нисбатан дарозумри ҳастаҳо (ё, чи навъе ки мегӯянд, изомерияи ҳастай) низ бо номи Курчатов алоқаманд мебошад.

## §91. Ҳосил кардани изотопҳои радиоактив ва корбурди онҳо

*Изотопҳои радиоактив дар саноъат (индустрия)-и атомӣ ҳарчи бештар корбаст шуда истодаанд.*

*Унсурҳои кимиёе, ки дар табиъат вучуд надоранд.* Бо ёрии реакторҳои атомӣ изотопҳои радиоактиви ҳама унсурҳои кимиёиеро, ки дар табиъат дар шакли пайдор (устувор) мавҷуданд, ҳосил кардан имконпазир аст. Унсурҳои рақами атомиашон  $Z = 43, 61, 85$  ва  $87$  изотопи пайдор надоранд. Чунончи, дарозумртарин изотопи унсури  $43$ -ум (технесий) даври нимкоҳиши  $2,6 \cdot 10^6$  сол дорад ( $^{97}\text{Tc}$ ), ки ин назар ба синни геологии Замин ( $4,6 \cdot 10^9$  сол) қариб  $1800$  бор кӯтоҳтар мебошад – ҳамин аст, ки технесий дар моддаи Замин боқӣ намондааст ва дучор намеояд.

Дар натиҷаи вокунишҳои ҳастай унсурҳои трансураниӣ (унсурҳои баъдиураниӣ) низ ба вучуд оварда шудаанд. Мо дар бораи ду унсури аввали трансураниӣ – нептуний ва плутоний аллакай камубеш сухан кардем. Ғайр аз инҳо боз унсурҳои зайл ҳосил карда шудаанд:

америсий ( $Z=95$ ),	резерфордӣ (104),
кйурий (96),	дубний (105),
берклий (97),	сиборгий (106),
калифорний (98),	борий (107),
эйнштейний (99),	ҳассий (108),
фермий (100),	мейтнерий (109),
менделевий (101),	(110),
нобелий (102),	(111),
лоуренсий (103),	(112).

Се унсури охир ҳанӯз номи расмӣ нагирифтаанд. Унсурҳои 104 то 112 дар Пажӯҳишгоҳи муттаҳидаи тадқиқоти ҳастаии ш. Дубнаи вил. Маскав ё дар Олмон ҳосил карда шудаанд.

**Нишонаатомҳо.** Дар замони ҳозира чӣ дар илм ва чӣ дар истеҳсолот доираи истифодаи изотопҳои радиоактиви гуногун торафт васеъ шудан дорад. Аз ин ҷиҳат усули нишонаатомҳо ҷолиб аст. Ин усул бар он асос ёфтааст, ки хосиятҳои кимиёии изотопҳои радиоактив аз хосиятҳои изотопҳои норадиоактиви ҳамон унсурҳо фарқе надоранд.

Изотопҳои радиоактивро аз таҳқиқи партави онҳо – тобиш ё зарраҳои афкандашон ошкор сохтан осон аст. Радиоактиви-ят нишонаи махсусест, ки бо ёрии он рафтори унсури кимиёиро дар воқунишҳои гуногуни кимиёӣ ва табдилоти физикии моддаҳо таҳқиқ кардан мумкин аст. Усули нишонаатомҳо яке аз пурсамартарин тарзҳои ҳалли масъалаҳои гуногуни биологӣ, физиологӣ, тиббӣ ва ғ. ғардид.

**Изотопҳои радиоактив – манбаъи тобишҳо.** Изотопҳои радиоактив дар соҳаҳои гуногуни илм, тиб ва техника чун манбаъи гамма-квантҳо истифода мешаванд. Дар ин гуна мавридҳо асосан кобалти радиоактиви  $^{60}_{27}\text{Co}$  корбаст мешавад, ки он квантҳои дорои энергияҳои 1,17 МэВ ва 1,33 МэВ меафканад.

**Истеҳсоли изотопҳои радиоактив.** Ин гуна изотопҳоро дар реакторҳои атомӣ ва суръатфизоҳои зарраҳои барқаманд ба вуҷуд меоваранд. Дар замони ҳозира ба ин кор як соҳаи бузурги саноъат машғул аст.

**Изотопҳои радиоактив дар биология ва тиб.** Яке аз тарзҳои пажӯҳиши илмие, ки ба воситаи нишонаатомҳо анҷом дода мешавад, тадқиқи мубодилаи моддаҳо дар организм мебошад. Исбот шудааст, ки дар муддати нисбатан кӯтоҳ организм қариб комилан нав мешавад, яъне атомҳои таркиби он бо атомҳои нав иваз мешаванд.

Аз ин ҷоида, чунон ки санҷиши таркиби изотопии хун нишон дод, танҳо оҳан истисноист. Оҳан дар таркиби ҳемоглобин (гемоглобин)-и дончаҳои сурхи хун дохил аст. Санҷиши миқдори атомҳои ҳамроҳи хӯрок ба организм воридкардаи  $^{59}_{26}\text{Fe}$  нишон дод, ки атомҳои оҳан ба хун қариб намегузаранд. Танҳо дар сурати дар организм кам шудани миқдори оҳан организм ин атомҳоро ҳазм мекунад (мегирад).

Дар мавриди вуҷуд надоштани изотопҳои радиоактиви ба қадри



кофӣ дарозумр (чунончи, оксиген ва нитроген ин гуна изотоп надоранд) таркиби изотопии унсурҳои пойдорро тағйир медиҳанд. Масалан, ба оксиген изотопи  $^{18}\text{O}$  омехта, муқаррар карданд, ки оксигени озоди дар натиҷаи фотосинтез ҷудошаванда сараввал на дар таркиби гази карбонат, балки дар об дохил будааст.

Изотопҳои радиоактив дар тиб ҳам барои таҳлили беморӣ (муайян кардани беморӣ) ва ҳам барои табобат истифода мешаванд. Ба хун қадре натрийи радиоактив ворид карда, гардиши хунро санҷидан осон аст.

Йод дар гадуди сипаршақл (хусусан дар бемории Базедов) бисёр босуръат ҷамъ меояд. Мушоҳидаи ҷараёни дар ин гадуд ҷамъ омадани йоди радиоактив ба воситаи ҳисобгираки нурҳои афкандаи йод имкон медиҳад, ки беморӣ ба зудӣ маъайян карда шавад. Вояҳо (дозаҳо)-и зиёди йод бофтаҳои номӯътадиллин-кишофёбандаро қисман хароб мекунад. Аз ин рӯ йоди радиоактивро дар муъолиҷаи бемории Базедов низ метавон истифода кард.

**Изотопҳои радиоактив дар саноат.** Изотопҳо дар саноат низ ҷойи истифода бисёр доранд. Як мисол. Назорат кардани фарсиши маснуот: ҳалқаҳои сунба (поршен)-и муҳаррик (мотор)-и автомобилро нейтронборон мекунад; ҳалқаҳо дар натиҷаи вокунишҳои ҳастаӣ радиоактив мешаванд; ҳангоми кор кардани мотор зарраҳои аз ҳалқа ва деворҳои цилиндр кан-дашудаи филиз ба рағғани молидани мегузарад; баъд радиоактивияти ҳамин рағғани корхӯрдаро санҷида, дараҷаи фарсоиши ҳалқаро муайян мекунад.

Бо ёрии изотопҳои радиоактив дар бораи диффузи филизот, рӯйдодҳои даруни печҳои домна ва ғ. маълумоти дақиқ ба даст овардан осон аст. Дастаи ба қадри кофӣ шадиди гамма-тобиши манбаи радиоактив дар таҳқиқи сохти дарунии рехтаҳои филизӣ – барои ошкор сохтани нуқси онҳо истифода мешавад.

**Изотопҳои радиоактив дар кишоварзӣ.** Майдони истифодаи изотопҳо дар кишоварзӣ низ торафт фарохтар шудан дорад. Қадре гаммаборон кардани тухми рустаниҳо (пахта, қарам, шалғамча ва ғ.) ҳосили онҳоро фаровонтар мегардонад.

Вояҳо (дозаҳо)-и зиёди тобиши радиоактивӣ ҷаҳиши сифатӣ (мутатсия)-и рустаниҳоро микроорганизмҳоро боис гардида метавонад – ин дар баъзе мавридҳо пайдоиши рустаниҳои дорои ҳосиятҳои нави муҳимро боис мегардад. Бо ин усул навҳои кубӣ гандум, лӯбиё ва ғ. ба вуҷуд оварда шудааст, микроорганизмҳои пурмаҳсуле ҳосил карда шудааст, ки дар истеҳсоли антибиотикҳо

оа кор мераванд. Гамма-тобиши изотопҳо барои нобуд сохтани ҳашароти зиёновар ва барои нигахдошти маводи хӯрокаи низ истифода мешаванд.

Нишонаатомҳо дар қори зироат низ татбиқ ёфтаанд. Чунончи, барои дониستاني ин ки рустаниҳо кадом навъи порухои фосфориро беҳтар ба худ мегиранд, ба таркиби порухои гуногун фосфори радиоактивии  $^{32}_{15}\text{P}$  илова карда, баъд радиоактивияти рустаниҳоро санчида, миқдори фосфор ва, аз рӯи он, миқдори порухои аз таркибҳои гуногун гирифтаи рустаниҳоро муъайян кардан мумкин аст.

*Изотопҳои радиоактив дар бостоншиносӣ* (археология). Барои муъайян кардани синни ашёи органикии бостонӣ – чӯб, ангишти чӯб, матоъ, устухонҳои одаму ҳайвонот ва ғ. усули радиокарбонӣ татбиқи аҷиб ёфтааст. Дар таркиби рустаниҳо ҳамеша изотопи радиоактиви  $^{14}_6\text{C}$  (даври нимкоҳишаш  $T = 5700$  сол) мавҷуд аст, ки он ба миқдори на чандон зиёд дар ҳаво бо таъсири нейтронҳо аз нитроген ба вуҷуд меояд. Нейтронҳо бошанд, дар натиҷаи вокунишҳои ҳастаии дар атмосфера ҳосил кардаи зарраҳои сареъи кайҳонӣ ба вуҷуд меоянд. Ин карбон бо оксиген пайваस्त шуда, гази карбонат ( $^{14}\text{CO}_2$ ) ҳосил мекунад. Гази карбонат ба воситаи рустаниҳо (ғизо) ба ҳисми одамону ҳайвонот ворид мегардад. Ҳар гиром карбони таркиби намунаҳои дарахти навбурида сонияе қариб 15 бета-зарра меафканад.

Рустани пас аз бурида шудан ва вуҷуди зинда пас аз марг дигар карбони радиоактив «хӯрда» наметавонанд. Миқдори мавҷудаи ин изотоп дар ҳисми онҳо бо мурури замон мекоҳад. Миқдори карбони радиоактиви таркиби намунаҳоро чен карда, синни онҳоро ёфтаи осон аст. Ин усул барои муъайян кардани синни намунаҳои то 50-60-ҳазорсола натиҷаи хуб медиҳад. Усули радиокарбонӣ дар муъайян кардани синни мумиёҳои мисрӣ, боқимондаҳои гулханҳои замонҳои тотал-рихӣ истифода шудааст. Барои муъайян кардани синни минералҳоро дигар намунаҳои миллионсолаву миллиардсола изотопҳои дигари радиоактив -  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{87}\text{Rb}$  ва ғ. истифода мешаванд, зеро ки умри дароз доранд.

\* \* \* \* \*

Изотопҳои радиоактив дар зистшиносӣ, тиб, сановат, кишоварзӣ, бостоншиносӣ ва ғ. дойираи васеи татбиқ доранд.





1. Ионҳои радиоактив чистанд ва чӣ табиқҳо доранд?
2. (Иловаи тарҷумон). Нишонаатомҳоро бо чӣ мақсад ва чӣ тавр истифода мекунад?

## § 92. Асари биологӣи тобиши радиоактивӣ

Тобиши моддаҳои радиоактив ба мавҷудоти зинда асари бад дорад. Ҳатто ҳамон миқдор нуре, ки энергияаш дар сурати пурра фуру бурда шудан ҳарорати бадани одамро ҳамагӣ  $0,001^{\circ}\text{C}$  зиёд мекунад, фаъолияти ҳиссае аз ҳуҷайраҳои организмро қатъ гардонда метавонад.

Ҳуҷайраи зинда як чизи мураккабест, ки дар сурати ҳатто зарари андак дидани қитъаҳои алоҳидааш фаъолияти худро идома дода наметавонад. Зимнан, тобиши радиоактивӣ ҳатто дар сурати суст будан ба ҳуҷайраҳо зарари ҷиддӣ расонда, бемориҳои хавфнок падида оварда (чунинчи, боиси пайдоиши *шӯъбеморӣ* гардида метавонанд) ва агар воя (доза)-и тобиш зиёд бошад, организми зинда ҷони худро аз даст медиҳад. Тобиши радиоактивӣ боз аз он ҷиҳат хавфнок аст, ки вояи ҳатто марговари он ҳеҷ гуна ҳиссиёти дардмандӣ ба вучуд намеоварад.

Механизми таъсири ҳуҷайракушандагии тобиши радиоактивӣ ҳанӯз ҳаматарафа таҳқиқ нашудааст. Вале аён аст, ки ин таъсирот боиси ион-ион (ионизатсия) шудани атому молекулаҳои муҳит мегардад – дар натиҷа фаъолияти кимиёии он атому молекулаҳо тағйир меёбад. Таъсири тобиши радиоактивиро бештар аз ҳама мағзи ҳуҷайраҳо, хусусан мағзи ҳуҷайраҳои зудтақсимшаванда ҳис мекунанд. Ҳамин аст, ки ин тобиш пеш аз ҳама мағзи устухонро хароб мекунад – ин бошад, вайрон шудани ҷараёни пайдоиши хунро сабаб мешавад. Пас аз ин ҳуҷайраҳои узви ҳазми хӯрок ва узвҳои дигар хароб мешаванд.

Тобиши радиоактивӣ ба ирсият низ таъсири бад дорад. Дар бисёр мавридҳо ин асар номатлуб аст.

Нурборон кардани вучуди зинда фоида низ оварда метавонад. Ҳуҷайраҳои зудафзоишбанди варами хабис ё худ варами бадсифат (саратон) назар ба ҳуҷайраҳои солим асари тобиши радиоактивиро хубтар ҳис мекунанд. Ҳамин аст, ки варами хабисро бо таъсири гамма-тобиши манбаъҳои радиоактив фуру менишонанд (дар ин қор гамма-тобиш назар ба тобиши рентгенӣ, ки пеш аз ин

истифода мешуд, бо самартар аст).

**Воя (доза)-и тобиши радиоактивӣ.** Барои ташхис додани дараҷаи асари тобиш ба организмҳои зинда мафҳуми вояи тобиш истифода мешавад. Нисбати энергияи тобиши радиоактивӣ  $E$ -и фурубурдаи моддаи нурбороншаванда бар массаи он модда  $m$ -ро *вояи тобиши истифодашаванда* мегӯянд ва онро чунин ифода мекунанд:

$$D = \frac{E}{m} \quad (10.6)$$

Дар Манзумаи байналмиллалии воҳидҳо (SI) вояи тобишро бо *грэйҳо* (Гр) ифода мекунанд. 1 Гр он гуна воя (доза)-и тобиш аст, ки ба 1 кг массаи моддаи нурбороншаванда 1 Ҷ энергия ҳар гуна тобиши ионанда (тобиши ионзо) дода мешавад, яъне

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Ҷ/кг.}$$

Фони табиӣ – тобишҳои гуногун (тобиши кайҳонӣ, тобиши ашён атроф ва ҷисми одам) соле вояи баробар ба 0,002 Гр бар як одам дорад. Ҳайъати байнамиллалии ҷимоят аз тобишҳо барои ашхоси бо тобишҳои гуногун коркунанда ба сифати *вояи ҳаддан ҷоиз* вояе муқаррар кардааст баробари 0,05 Гр. Вояи баробар ба 3-10 Гр агар дар муддати кӯтоҳ «хӯрда» шуда бошад, одамро ҷаҳаннам мебарад.

**Рентген.** Дар амалия маъмулан *рентген* (Р) ном воҳиди вояи водоштӣ (дозаи экспозиционӣ)-и тобиш истеъмол мешавад. Ин воҳид меъёри қобилияти ионофарандагии гамма-тобиш ва тобиши рентгенист. 1Р он гуна вояи гамма-тобиш ё тобиши рентгенист, ки он дар ҳаҷми 1 см<sup>3</sup>-и ҳавои хушк дар ҳарорати 0°С ва фишори мӯътадил тақрибан  $2 \cdot 10^9$  ҷуфт ион ҳосил мекунад (ҳар ҷуфт ион аз як иони мусбат иборат асту як электрон). Ба иборати дигар, барқои умумии ҳар яке аз ин ду навъи ионҳо (мусбат ва манфӣ) дар алоҳидагӣ тақрибан  $3 \cdot 10^{10}$  Кл аст. Адади ионҳои ҳосилшаванда бо энергияе алоқаманд мебошад, ки онро модда фуру мебарад. Дар амалияи воясанҷӣ (дозиметрия) 1Р-ро муъодили вояи баробар ба 0,01 Гр гирифтани мумкин аст.

**Ҷимояти организм аз тобишҳои гуногун.** Дар истифодаи ҳар гуна манбаъи тобиш (изотопҳои радиоактив, реакторҳо ва ғ.) ҳамаи онҳоеро, ки аз рӯи зарурат ба доираи таъсири тобишҳо ворид мегарданд, ҷимоят кардан мебошад.

Содатарин тарзи ин гуна ҷимоят аз доираи хатарнок ба қадри кофӣ дур нигоҳ доштани одамон аст. Дар ин сурат ҳатто агар қобилияти тобишсусткунандагии ҳаворо ба эътибор нагирем ҳам,



дидати тобиш чаппа мутаносибан ба дараҷаи дуи масофаи то манбаъ кам мешавад. Бино бар ин ампулҳои дорои моддаҳои радиоактивро бо даст гирифтани ҳаргиз раво нест. Барои ин кор «дастҳои» махсуси механикӣ – манипула-торҳо истифода мешаванд.

Дар мавридҳои, ки дар қарибҳои манбаъи тобиш будани одамон (масалан, муҳаққиқон) зарур бошад, барои ҳимоят кардани онҳо дар роҳи рафти тобиш садҳои иборат аз моддаҳои тобишфурӯбаранда мегузоранд.

Мушкилтар аз ҳама ҳимоят аз гамма-тобиш ва сели нейтронхост, зеро онҳо қобилияти нуфузи зиёд доранд. Гамма-тобишро хубтар аз ҳама сурб фурӯ мебаранду нейтронҳои ҳароратиро – бор ва кадмий. Нейтронҳои сареъро бошад, пешакӣ ба воситаи графит суст кардан мумкин аст.

Фалокате, ки дар НАБ (нерӯгоҳи атомии барқ)-и Чернобил рӯй дод, ҳақиқатеро рӯшан сохт, ки тобиши радиоактивӣ чӣ дараҷа хавфбор аст. Бино бар ин ҳама мардумро мебояд, ки аз ин гуна хатар огаҳӣ дошта бошанд ва роҳҳои ҳимоятро ба хубӣ бидонанд.



1. Воя (доза)-и тобиш чист?

2. Фони табиъии тобиш чӣ миқдор аст?

*Натиҷаро бо рентгенҳо ифода кунед.*

3. Вояи ҳаддан ҷоизи солонаро барои онҳое, ки бо

*моддаҳои радиоактив кор мекунанд, бо рентгенҳо ифода кунед.*

## Машқи 10

1. Урани  ${}_{92}^{238}\text{U}$  дар натиҷаи чанд алфа- ва чанд бета-коҳиш ба сурби  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$  табдил меёбад?

2. Даври нимкоҳиши радий  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  1600 сол аст. Пас аз чанд вақт адади атомҳои ин изотоп 4 бор кам мешавад?

3. Адади атомҳои яке аз изотопҳои радон дар муддати 1,91 шр (шаборӯз) чанд бор кам мешавад? Даври нимкоҳиши ин изотопро 3,82 шр (шабонарӯз) гиред.

4. Аз рӯйи ҷадвали унсурҳои кимиёӣ (ҷадвали Д. Менделеев) адади протонҳои нейтронҳои ҳастаҳои баъзе изотопҳои фтор, аргон, бром, сезий ва тилло ёбед.

5. Энергияи бандиши ҳастаи ҳидрогени вазнин – дейтрон чӣ қадр аст? Массайи дейтронро 2,014102 гиреду массайи протонро (ҳамроҳи як электрон) 1,00728 ва массайи нейтронро 1,00866; массайи атоми карбон  $1,995 \cdot 10^{-26}$  кг аст.



6. Дар сурати протонборон кардани ҳастаҳои  $^{11}\text{B}$  ҳастаҳои  $^8\text{Be}$  ба вучуд меоянд. Дар ин маврид боз чӣ гуна ҳаста ҳосил мешавад?

7. Дар натиҷаи падидаи нейтронро фуру бурда пора шудани ҳастаи  $^{235}_{92}\text{U}$  ҳастаҳои  $^{142}_{56}\text{Ba}$  ва  $^{91}_{36}\text{Kr}$  ва инчунин 3 нейтрони озод ҳосил мешавад. Энергияи бандиши ҳосилбарӣро 8,38 МэВ/нуклон, ҳамини криптонро 8,55 МэВ/нуклон ва уранро 7,59 МэВ/нуклон гирифта, ёбед ки дар натиҷаи пора шудани як ҳастаи уран чӣ қадр энергия хориҷ мегардад.

### Мухимтарин хулосаҳои боби даҳум

1. Дар физикаи ҳаста сохти ҳастаҳо ва табдилоти онҳо мавриди омӯзиш қарор мегирад. Барои сабт (қайд) кардани зарраҳои бунёдӣ ҳастаҳои атомӣ ва инчунин барои омӯختани бархурдҳои табдилоти онҳо олатҳои махсус истифода мешавад. Ҳисобгираки Гейтер, камераи Вилсон, ҳубобкамера ва фотоэмулсияҳо ҳамин гуна олатанд.

2. Дар интиҳои а. XIX А. Беккирел падидаи радиоактивиятро кашф кард. Ҳастаҳои уран, торий ва баъзе дигар унсурҳои дигар худбахуд (бе таъсири берунӣ) алфа-зарра, бета-зарра ва гамма-квант меафкананд, ки онҳо ба се гуногунтабаатанд: гамма-квантҳо мавҷҳои электромагнитии кӯтоҳ ( $10^{-10} - 10^{-13}$  м), бета-зарраҳо сели электронҳо ва алфа-зарраҳо ҳастаҳои атомии ҳелий мебошанд.

3. Э. Резерфорд фаҳмида тавонист, ки қоҳиши ҳастаҳои радиоактив табдилоти худбахудӣ аст, ки дар он зарраҳои гуногун афканда мешавад. Мувофиқи қонуни қоҳиши радиоактивӣ барои ҳар як моддаи радиоактив фосилаи муайяни вақте вучуд дорад, ки дар тӯли он фаъолияти он модда ду бор кам мешавад. Ин фосилаи вақт *даври нимқоҳиш* ном гирифтааст. Даври нимқоҳиш барои моддаҳои радиоактиви гуногун ба се гуногун – аз ҳиссаҳои сония то миллиардҳо сол буда метавонад.

4. Резерфорд ҳастаҳои атомиро бо алфа-зарраҳои афкандаи моддаҳои радиоактив алфаборон карда, ҳастаҳоро ба таври сунъӣ табдил дод. Ҷамқори  $\bar{u}$  Ч. Чедвик дар ҳамин гуна таҷрибаҳо зарраи таркибии атом – *нейтрон*ро кашф кард. Барқа (заряди электрикӣ)-и нейтрон сифрӣ асту массааш назар ба массаи протон андак бешӣ дорад.

5. В. Ҳайзенберг ва Д. Иваненко модели протонӣ-нейтронии ҳастаҳои атомиро пеш ниҳоданд. Мувофиқи ин модел ҳастаи атом аз протонҳои нейтронҳо иборат мебошад. Адади массавии ҳаста  $A$  ба ҷамъи адади протонҳо  $Z$  ва адади нейтронҳо  $N$  баробар аст:

$$A = Z + N.$$

Ҳастаҳо, ки адади протонҳошон баробар, вале адади нейтронҳошон гуногун аст, *изотоп* ном гирифтаанд. Изотопҳо



хосиятҳои кимиёии якхела доранд.

6. Протонҳои нейтронҳои андаруни ҳаста ба василаи қувваҳои бағоят пурзӯри кӯтохтаъсир ниғаҳдорӣ мешаванд. Ин қувваҳо қувваҳои ҳастаӣ номида шудаанд.

7. Мафҳуми энергияи бандиш барои тамоми физикаи ҳаста бисе муҳим мешавад. Энергияи бандиш ададан баробари қорест, ки барои ба нуклонҳои алоҳида тақсим кардани ҳаста сарф мешавад. Энергияи бандиш назар ба энергияи иониши атомҳо (ионизатсияи атомҳо) миллионҳо бор зиёд аст.

8. Тағйироти ҳастаҳо дар сурати бо якдигар ё бо зарраҳои бунёдӣ, таъсири мутақобил карданашон *вокуниши ҳастаӣ* (реаксияи ҳастаӣ) меноманд. Дар вокунишҳои ҳастаӣ энергия ҳам фуру бурда шуда метавонаду ҳам хориҷ гашта. Аксари вокунишҳои ҳастаӣ дар натиҷаи ба ҳаста задани зарраҳои барқаманд ё ҳастаҳои сабуки баландэнергия рӯй медиҳанд.

9. Ҳастаҳои уран, торий ва баъзе дигар унсурҳои вазнин бо таъсири нейтронҳо пора шуда метавонанд. Дар натиҷаи пора шудани ҳар як ҳаста тақрибан 200 МэВ энергия хориҷ мегардад; илова бар ин ҳангоми пора шудани ҳар як ҳаста ду-се нейтронҳои озод ба вуҷуд меоянд. Ин имкон медиҳад, ки дар реактори атомӣ *вокуниши ҳастаи занҷирӣ* воқеъӣ гардонда шавад. Вокуниши идоранаъшаандаи порашудани ҳастаҳо дар бомбаҳои атомӣ амалӣ гардонда шудааст.

10. Дар сурати ба якдигар бархӯрдани ду ҳастаи сабук онҳо як шуда, энергияи зиёде хориҷ карда метавонанд. Ин гуна вокунишҳо танҳо дар ҳароратҳои баланд рӯй дода метавонанд – ҳамин аст, ки онҳо *вокунишҳои гармоҳастаӣ* (реаксияҳои термоҳастаӣ) ном гирифтаанд. Ҳамин вокунишҳои гармоҳастаӣ ва энергияҳои зиёде зодаи онҳост, ки Офтобу ситораҳо миллиардҳо сол тобон медорад. Идора кардани вокунишҳои гармоҳастаӣ ҳанӯз муяссар нагардидааст.

11. Нахустин нерӯгоҳи атомии барқ (НАБ) дар мамлақати мо бунёд шудааст. Дар мамлақатамон сохтмони НАБҳои пуртавон рӯ ба тараққи аст. Баъди дучори фалокат гардидани НАБи Чернобил (дар Украина) барои камтар кардани эҳтимоли рӯйдодҳои ин гуна фалокатҳои мудҳиш тадбирҳои иловагӣ андешида мешавад.

12. Изотопҳои радиоактив, ки бо ёрии реакторҳои атомӣ ва суръатфизоҳои зарраҳои барқаманд ҳосил карда мешаванд, дар соҳаҳои гуногуни илм, тиб, кишоварзӣ ва саноат татбиқҳои бисёр доранд.

13. Тобиши радиоактивӣ барои мавҷудодии зинда ҳаёти зиёд дорад. Бино бар ин гоҳи бо онҳо саруқор гирифтани тадбирҳои махсуси ҳимоятӣ андешидан мешавад.

## §93. Се марҳала

## дар инкишофи физикаи зарраҳои бунёди

*Марҳалаи якум. Аз электрон то позитрон: солҳои 1897–1932. Зарраҳои бунёди (зарраҳои элементарӣ) – инҳо ҳамон «атомҳои» Демокрит мебошанд дар дараҷаи чуқуртар.*

Шумо акнун бо электрон, протон, фотон ва нейтрон камобеш шиносӣ доред.

Хуб, зарраи бунёди чист?

Вақте ки файласуфи юнонӣ Демокрит зарраҳои содатарини «дигар тақсимнопазир»-ро *атом* номид (хотирнишон бод, ки атом «тақсимнопазир» гуфтагӣ аст), дар назари ӯ шояд ҳама чиз начандон мураккаб намуда бошад: «Ҳама ашӯ, ҳайвоноту наботот аз зарраҳои тақсимнопазир тағйирнопазир таркиб ёфтаанд. Ҳама табдилоти дар олам рӯйдиханда – ин тағйирҳои ҷойи атомҳо ҳасту бас. Ҳама чизи олам ҷорист, ҳама чиз тағйирпазир аст, ба ҷуз атомҳо, ки тағйирнопазиранд».

Аммо охири а. XIX ошкор гашт, ки сохти атом бисёр мураккаб аст ва электрон чун ҷузъи таркибии атомҳо дар холи ҷудодӣ «дида» шуд. Баъд (дар а. XX) зарраҳои таркибии ҳастаи атом - протон ва нейтрон кашф шуданд. Аввалҳо ин зарраҳоро ҳамаҷун асосии олами моддӣ, яъне мабдаъ (аввал, ибтидо)-и тақсимнопазир тағйирнопазир мепиндоштанд – он сон, ки атомҳо дар назари Демокрит менамуданд.

*Марҳалаи дуюм. Аз позитрон то кваркҳо: солҳои 1932-64. Ҳама зарраҳои бунёди ба якдигар табдил ёфта метавонанд.*

Аммо ваъдаи муайяни ва ҷолиб дер напойист, зеро олами зарраҳо начандон сода будаст, ки менамудааст: ин дафъа ҳам (вале акнун дар дараҷаи чуқуртар) рӯшан гашт, ки зарраи тағйирно-пазир умуман вучуд надорад. Худи калимаи «элементарӣ», ки мо чун сифати зарраҳо истеъмол кардаем, духӯра аст. Аз як тараф, элементарӣ – ин ба худии худ маълум, чизи содатарин аст аз тарафи дигар, «элементарӣ» гуфтагӣ як чизи асосӣ, бунёди ҳама



чизхоро мефаҳманд ва маҳз дар ҳамин маънӣ ҳозир зарраҳои зератомӣ (яъне зарраҳои назар ба атом хурдтар, ба маънии «зарраҳое, ки атом аз онҳо таркиб ёфта метавонад»)-ро зарраҳои «элементарӣ» меноманд<sup>1</sup>.

Зарраҳои бунёдии маълумро мисли атомҳои Демокрит тағйирнопазир донишман муҳолифи далеле мебуд, ки «Ҳеч зарра абадӣ нест». Аксари зарраҳое, ки ҳоло «зарраи бунёдӣ» номида мешаванд, ҳатто дар сурати вучуд надоштани таъсири беруниро на бештар аз миллионяки сония умр мебинанд. Чунончи, умри нейтрони озод (яъне нейтрони беруни ҳаста) тақрибан 16 дақ аст.

Танҳо чаҳор зарра – *фотон, электрон, протон ва нейтрино* – тағйирнопазирии худро нигоҳ дошта метавонанд, ба шарте ки ҳар яки онҳо дар дунёи томоқаву танҳо бошад (нейтрино аз барқ маҳрум аст, массаи оромишаш, шояд, бағоят ночиз ё ҳатто сифрӣ бошад).

Электрону протон «бародарони» бисёр хавфноке доранд, ки дар бархӯрд бо онҳо маҳв мешаванд (ва ба ҷойи онҳо зарраҳои нав ба вучуд меоянд).

Фотони афкандаи ҷароғи рӯи миз на бештар аз  $10^{-8}$  с мезияд – ин муддатест, ки барои то ба рӯи миз расидан ва фуру рафтани он фотон зарур аст.

Танҳо нейтриноҳо қариб беа-воланд, зеро таъсири мутақобили онҳо бо зарраҳои дигар бағоят суст аст. Аммо нейтриноҳо ҳам дар сурати бо зарраҳои дигар бархӯрдан маҳв мешаванд, бо вучуде ки ин гуна бархӯрдҳо бисе кам воқеъ мегарданд.

Ҳамин тариқ, пажӯҳандагони олами микроразраҳо дар кӯшиши ҷустуҷӯи дар олами тағйирпазир ёфтани бунёди тағйирнопазир худро на дар рӯи «хорои пойдор», балки дар рӯи «реги равон» диданд.

Ҳама зарраҳои бунёдӣ ба якдигар табдил меёбанд ва маҳз ҳамин табдилоти мутақобил тарзи асосии вучуд доштани онҳост.

Рӯшан гашт, ки тасаввуроти маъмулӣ дар бораи тағйирнопазир будани зарраҳои бунёдӣ пояи устувор надоштааст. Ҳамин буд, ки ин тасаввурот аз байн рафт. Вале гоҷи таҷзия-нопазирии зарраҳо барҷой монд.

Зарраҳои бунёдӣ то он ҷо «бунёдӣ» мебошанд, ки дигар тақсим намешаванд, аммо ҳосиятҳои онҳо бепоён аст. Ҳамин аст пояи ҷунин хулоса. Бигзор, дар сари мо хоҳиши таҳқиқи масъалаи аз

<sup>1</sup>Маҳз ҳамин буд, ки мо мафҳуми «зарраҳои бунёдӣ»-ро истифода кардаем, чаро ки духӯра нест, яъне назар ба «зарраҳои элементарӣ» сахтар мебошад. (С.Қ.)



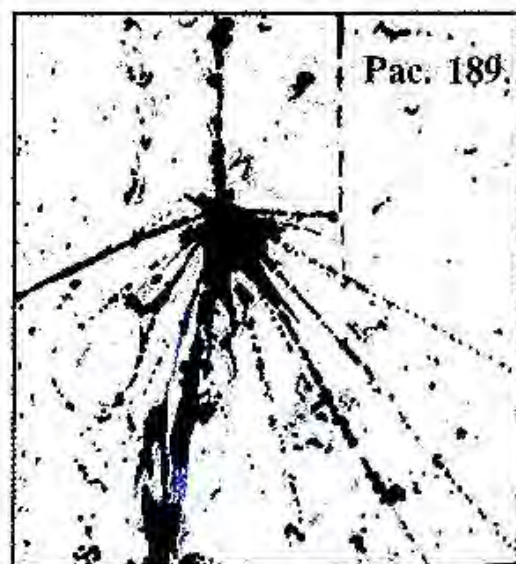
кадом зарраҳои суббунёди (яъне зарраҳое, ки зарраҳои бунёди аз онҳо таркиб ёфта метавонанд) иборат будани, масалан, электрон пайдо шавад. Чӣ бояд кард, ки электрон қисм-қисм шавад? Дар ин роҳ танҳо як тарз вучуд дорад. Ин маҳз ҳамон тарзест – зарбаи саҳт, ки онро кӯдак барои дониستاني чигунагии даруни бозича ба кор мебарад.

Рӯшан аст, ки электронро бо путк задан моро ба мурод намерасонад – онро бо электрони дигари баландсуръат ё бо ягон зарраи дигари баландсуръат задан мебояд (!). Мошинҳои суръатфизои ҳозира зарраҳои барқамандро суръатҳои ба суръати рӯшноӣ ба се наздик баҳшида метавонанд.

Хуб, дар бархӯрди зарраҳои баландэнергия чӣ падида рӯй медиҳад? Ин зарраҳо ҳаргиз он тавр майда-майда намешаванд, ки онҳоро чузъҳои таркибии он зарраҳо пиндоштан мумкин бошад. Не, онҳо зарраҳои наवे тавлид месозанд, ки дар рӯйхати зарраҳои бунёди мавҷуданд. Ҳар қадре ки энергияи зарраҳои бархӯранда зиёд бошад, адади зарраҳои зодаи онҳо ҳамон қадр бештар ва зимнан, массаи онҳо ҳамон қадр зиёдтар хоҳад буд, зеро дар сурати афзудани суръати зарра массаи он зиёд мешавад. Аслан ҳамагӣ аз як чуфт зарраи афзудамасса ҳама зарраҳои маълумро ҳосил кардан имконпазир аст.

Дар рас. 189 натиҷаи бо ҳастаи нукраи таркиби фотоэмулсия бархӯрдани ҳастаи карбони дорои энергияи 60 ГэВ (гигаэлектронвольт, яъне  $10^9$  эВ) тасвир ёфтааст. Чӣ навъе, ки аён аст, ҳастаи нукра пора-пора мешавад ва ин пораҳо ҳар сӯ пош мехӯранд. Дар айни ҳол чандин зарраи нав ҳосил мешавад – *пионҳо* ном зарраҳо (ё худ  $\pi$ -мезонҳо) ба вучуд меоянд. Ин гуна воқунишҳо дар бархӯрди ҳастҳои тавассути суръатфизо шитобгирифтаи релятивӣ бори аввал дар Лабораторияи энергияҳои баланди Пажӯҳишгоҳи муттаҳидаи тадқиқоти ҳастаи (ПМТХ)-и ш. Дубна таҳти роҳбарии А.М. Балдин ба вучуд оварда шудаанд. Дар ин таҷрибаҳо «ҷомаи электронӣ»-и ҳастаҳои карбон ба воситаи нури лазерӣ канда шуда буд.

Эҳтимол дорад, албатта, ки дар бархӯрди зарраҳои соҳиби энергияҳои ба се баланди ҳанӯз дастнорас ягон навъ зарраҳои нав мушоҳида шавад. Вале ин моҳияти масъаларо тағйир наме-диҳад.



Рас. 189.



Зарраҳои дар натиҷаи бархӯрд тавлидёфтаи навро ба ҳеч вачҳ қисми таркибии «модарони» онҳо доништан дуруст нест. Чаро? Чунки зарраҳои «фарзанд», агар шитоб дода ша-ванд, ниҳоди худро тағйир надода, балки танҳо массаашонро афзуда, дар навбати худ, дар натиҷаи бархӯрд якбора чанд зарраи айнан монанди «модари» худ ва боз чандин зарраи дигар тавлид карда метавонанд.

Ҳамин тариқ, аз рӯи тасаввуроти имрӯза зарраҳои бунёди зарраҳои аввалия, зарраҳои «дигар тақсимнопазире» мебошанд, ки тамоми олами модди аз онҳо таркиб меёбад. Аммо тақсимнопазирии зарраҳои бунёди ҳаргиз он гуна маънӣ надорад, ки онҳо гӯё сохтори дарунӣ (яъне дарун) надошта бошанд.

*Марҳалаи сеюм. Аз фарзияи кваркҳо (с.1964) то рӯзҳои мо. Аксари зарраҳои бунёди сохти мураккаб доранд.*

Аввали солҳои 60-ум бар ин ки ҳама зарраҳои ба истилоҳ «зарраҳои бунёди» дар ҳақиқат бунёдианд, шакку шубҳа пайдо шуд. Заминаи ин гумон бисе сода буд: адади ин зарраҳо хеле зиёд буд.

Кашфи зарраи бунёдии нав ҳамеша музаффарияти бузурги илм буд ва ҳаст. Вале дер боз ҳар як комёбии навбати ин ё он дараҷа ташвиш ба миён меоварад. Ва ин комёбиҳо, бемуболиға, яке дар пайи дигар ба даст меомаданд.

Охири солҳои чихилум гурӯҳи зарраҳое кашф шуд, ки зарраҳои «ачиб» ном гирифтанд. Ин гурӯҳ аз *каонҳо* (ё худ К-мезонҳо) ва *ҳиперонҳо* иборат мебошад. Ҳиперонҳо зарраҳо-еанд, ки массаи назар ба нуклонҳо (яъне зарраҳои ҳастай) бештар доранд. Номашон ҳам аз ҳамин ҷост. Солҳои ҳафтодум ба ин гурӯҳ гурӯҳи зарраҳое зам шуд, ки *зарраҳои «малех»* ном гирифтаанд. Ҳамон вақтҳо зарраҳои бағоят кӯтоҳумре низ кашф шудаанд, ки ҳамагӣ  $10^{-22}$  -  $10^{-23}$  с умр мебинанд. Ин зарраҳо, ки ададашон аз 200 беш аст, *резонансҳо* ном гирифтаанд.

Ана ҳамон вақт (с.1964) М.Гелл-Манн ва Ч.Свейг ин гуна ақида изҳор карданд: ҳама зарраҳои дар *таъсироти мутақобили зӯр* (ё худ таъсироти мутақобили ҳастай) иштироккунанда, ки *ҳадрон* ном гирифтаанд (аз калимаи юнонии *hadros* - қавӣ, бузург), аз зарраҳои бунёдитар, аз *кваркҳо* таркиб ёфтаанд.

Кваркҳо барқои касрӣ доранд:  $+\frac{2}{3}e$  ва  $-\frac{1}{3}e$ . Протон аз се кварк таркиб меёбад. Нейтрон ҳам.

Дар замони ҳозира ба воқеъӣ будани кваркҳо касе шак надорад, бо вучуде ки онҳоро дар ҳолати озод ошкор кардан муяссар нашудааст ва шояд ҳеҷ гоҳ муяссар нагардад. Мавҷудияти кваркҳоро таҷрибаҳои собит мекунанд, ки дар онҳо аз протонҳо ва нейтронҳо пареш хӯрдани электронҳои бағоят баландэнергия мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст. Адади кваркҳои гуногун шаштост.

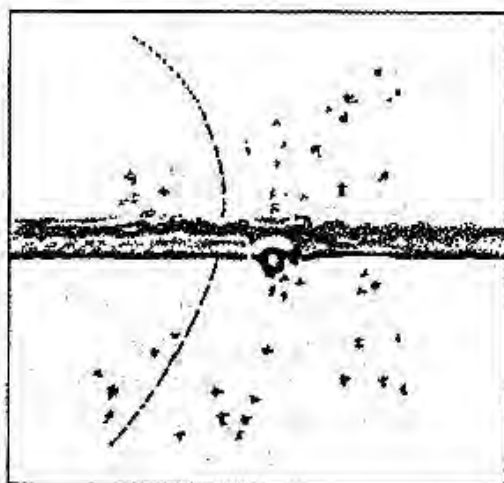
Кваркҳо, то ҳоҷе, ки ҳоло рӯшан аст, сохтори дарунӣ (ё содатар гӯем, дарун) надоранд ва дар ин маънӣ зарраҳои ҳақиқатан бунёди мебошанд.

Зарраҳои сабуке, ки дар *таъсири мутақобили зӯр* иштирок намекунанд, *лептон* ном доранд (аз калимаи юнонии *leptos* - сабук). Лептонҳо низ мисли кваркҳо шаштоанд (электрон, се навъ нейтрино ва боз ду зарраи дигар – мюон ё худ мю-мезон ва таулептон, ки назар ба электрон массаи зиёдтар доранд).

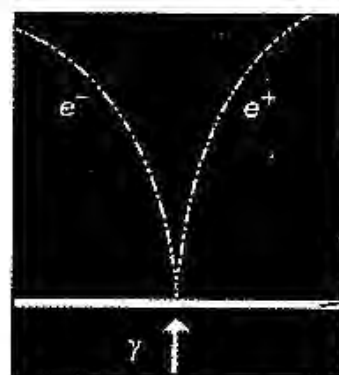
Кваркҳо ва лептонҳо зарраҳои ҳақиқатан бунёди мебошанд.

## §94. Кашфи позитрон. Антizarраҳо

Мавҷудияти *позитронро*, ки дугоники электрон мебошад, ҳанӯз с.1928 олими англис П. Дирак ба таври назарӣ пешгӯӣ кардааст. Дирак инчунин пешгӯӣ карда буд, ки дар мавриди бо якдигар бархӯрдани электрону позитрон ҳардуи онҳо бояд маҳв шаванд ва дар натиҷа ба ҳоҷи онҳо фотонҳои баландэнергия ба вучуд биёянд. Падидаи акс – тавлиди ҳуфти электрону позитрон, масалан, дар натиҷаи бо ҳастаи атом бархӯрдани фотони баландэнергия низ имконпазир аст (энергияи фотон ё худ массаи он бояд аз ҳамаи массаҳои зарраҳои пайдошаванда, яъне электрону позитрон зиёд



Рас.190



Рас.191

Варақан сурбӣ



бошад).

Позитрон с. 1932 ба василаи камераи дар майдони магнитӣ чо дода шудаи Вилсон ошкор карда шуд. Аломати барқаи позитронро аз рӯи самти хамиши «радди по» (пай)-и он ёфтаанд. Аз рӯи радиуси качӣ ва энергияи позитрон нисбати барқаи он бар массааш ёфта шудааст. Ин нисбат модулан ҳамчени ҳамин гуна бузургии ташхисдиҳандаи электрон будааст. Дар рас. 190 нахустин сурате тасвир ёфтааст, ки мавҷудияти позитронро собит мекунад. Позитрон аз поён сӯйи боло ҳаракат кардааст ва дар варақаи сурбии сари роҳаш қисми энергияашро гум кардааст. Ҳамин аст, ки качии роҳи рафти он афзудааст.

Падидаи дар варақаи сурбӣ бо таъсири гамма-квант пайдо шудани чуфти электрон-позитрон дар рас. 191 тасвир ёфтааст. Ин сурат ба воситаи камераи Вилсон гирифта шудааст.

Ин ки маҳви як навъи зарраҳо ва тавлиди зарраҳои дигар дар воқунишҳои байни зарраҳои бунёдӣ на пайдоиши таркибҳои нави чузъиёти зарраҳои кӯҳна, балки маҳз падидаи табдил мебошад, аёнитар аз ҳама дар чараёни бар хӯрдан ва маҳв гардидан (ё, чӣ навъе ки мегӯянд, дар сурати анниҳилатсия, яъне маҳв шудан, ҳеч шудан)-и чуфти электрон-позитрон зоҳир мегардад. Ҳардуи ин зарраҳо барқаи муъайян ва дар ҳолати оромӣ массаи муъайян доранд. Аммо фотонҳои дар ин маврид тавлидшаванда барқа надоранд; онҳо соҳиби массаи оромиш низ нестанд: онҳо дар ҳоли оромида вучуд дошта наметавонанд.

Дар вақташ кашф, тавлид ва маҳви чуфти электрон-позитрон дар байни муҳақиқон боиси сар задани ҳаяҷони илмии зиёде гардида буд. То он дам касе гумон намебурд, ки «пиртарин» зарра, муҳимтарин маводи сохтмони атомҳо – электрон нопойдор буда метавонад.

Баъдҳо дугоникҳо (ба маънои антизарраҳо)-и ҳама зарраҳо кашф шуданд. Антизарраҳо (ё, ба оҳанги тоҷикӣ гӯем, *подзарраҳо*) ба зарраҳошон аз он сабаб муқобил гузошта мешаванд, ки гоҳи дучор омадан ба зарраи худ онҳо якдигарро маҳв месозанд, харду зарра нест мешаванд ва ба квантҳо ё зарраҳои дигар табдил меёбанд.

Соли 1955 *антипротон* ва с. 1956 *антинейтрон* ошкор шуданд. Барқаи антипротон манфист. Ҳозир рӯшан аст, ки тавлиди чуфти *зарра-антизарра* ва гоҳи вохӯрд маҳв гардидани онҳо дар баробари электрону позитрон зарраҳои дигарро низ хос мебошад.

Атомҳои, ки ҳастаҳошон аз антинуклонҳо (яъне аз антипротонҳо ва антинейтронҳо) таркиб ёфтаанду қишр (чома)-ашон аз

позитронҳо иборат аст, *антимодда* (подмодда) ба вучуд меоваранд. Соли 1969 дар Иттиҳоди Шӯравии собиқ бори аввал дар дунё ҳастаи *антиҳелий* ҳосил карда шудааст.

Дар лаҳзаи ба ҳам бархӯрдани модда ва антимодда энергияи оромиши онҳо ба энергияи квантҳои тавлидшаванда мубаддал мегардад.

Энергияи оромиш дар Кайҳон бузургтарин ва марказиятёфтатарин маҳзани энергия мебошад. Ва танҳо дар натиҷаи падидаи *ҳеҷшуд* (анниҳилатсия) ин энергия пурра хориҷ гашта, ба навъҳои дигари энергия табдил мешавад. Аз ин рӯ антимодда мукамалтарин манбаи энергия, «серғизотарин» сӯзишворист. Ҳоло гуфтан муҳол аст, ки инсон тарзи истифодаи ин «сӯзишворӣ»-ро кай дармеёбад.

\*\*\*\*\*

Метавон умед баст, ки дар ояндаи начандон дур муъаммои асосии физикаи зарраҳои бунёди (ва умуман муъаммои асосии илми физика) шикӯфта мешавад: тайф (спектр)-и массаҳои зарраҳои бунёди ба даст оварда мешавад, масъалаи пайдоиши барқа ва дигар собитҳои таъсири мутақобили зарраҳо дарк мешавад.



1. Се марҳалаи инқишофи физикаи зарраҳои бунёди, ки дар ин банд овардем, чӣ тафовут доранд?
2. Электрон сабуктарин зарраи барқаманд мебошад. Кадом қонуни ба шумо маълуми бақо ба фотонҳо табдил ёфтани электронро манъ мекунад?
3. Ҳама зарраҳои бунёди устуворро номбар кунед.
4. Басомади гамма-квантҳои дар натиҷаи бархӯрд ва ҳеҷшуд (анниҳилатсия)-и электрону позитрон тавлидёфта чанд аст?
5. Оё дар ҳубобкамера радд (пай)-и зарраи барқаманди умраи  $10^{-23}$  с-ро мушоҳида кардан имконпазир ҳаст?
6. Кварк чист?
7. Ифодаи  $\frac{1}{2}mv^2 = eV$  чӣ галат дорад ва онро чӣ тавр ислоҳ кардан меболяд?



## Мухимтарин хулосаҳои боби ёздаҳум

1. Зарраҳои бунёди ҳамон зарраҳои аввалия, ҳамон зарраҳои содатарине ҳастанд, ки дар ҷараёни «шикастанҳо»-и оянда дигар намешикананд, дигар ба ҷузъҳои таркибӣ тақсим намешаванд. Ҳама буди олами моддӣ аз ҳамин зарраҳо таркиб ёфтааст.

2. Зарраҳои бунёди ҷизҳои қарору беҳаракат нестанд. Ҳама зарраҳои бунёди ба якдигар табдил ёфта метавонанд ва ин табдилоти мутақобил тарзи асосии вучуд доштани онҳост.

Аксари зарраҳои бунёди нопойдоранд ва бо мурури замон худбахуд ба зарраҳои дигар мубаддал мешаванд. Аз ин «қоида» фотон, электрон, протон нейтрино истисно ҳастанд.

3. Ҳама зарраҳо дугоник – антизарра доранд. Чунончи, *позитрон* антизарра (подзарра)-и электрон мебошад. Зарра ва антизарра массаҳои баробар доранд; барқҳои онҳо низ баробар, вале аломатшон гуногун аст. Дар сурати ба ҳам бархӯрдани зарраву антизарра онҳо якдигарро маҳв мекунанд, ҳеч (анниҳилатсия) мешаванд, ба зарраҳои дигар табдил меёбанд. Дар натиҷаи ҳеч шудани электрону позитрон ду ( $e^-e^+$ ) гамма-квант ба вучуд меояд.

4. Аввали солҳои 60 асри гузашта адади зарраҳое, ки «зарраҳои бунёди» номида мешуданд, ҳамроҳи резонансҳо ном зарраҳои бағоят кӯтоҳумр (умрашон  $10^{-23}$  с) ба 300-400 расид. Бино бар ин фарзие ба миён омад, ки ҳама зарраҳои зӯртаъсир (ба иборати дигар – ҳадронҳо) аз зарраҳои бунёдитар – аз кваркҳо таркиб меёбанд. Нишони мавҷудияти кваркҳо андаруни протонҳо ва нейтронҳо дар таҷрибаҳое ба даст омад, ки дар онҳо пароканиши электронҳоро нейтриноҳои баландэнергия ва нуклон таҳқиқ шудааст. Валекин кваркҳоро дар ҳоли озод ошкор кардан муяссар нагардидааст. Аз афташ нуклонҳо ва дигар зарраҳои кваркдорро ҷузъ-ҷузъ, яъне кварк-кварк кардан илоҷ надорад, зеро қувваи таъсироти мутақобили кваркҳо ба қадри дур шудани онҳо аз якдигар кам не, балки, баръакс, зиёд мешавад.



### **§95. Манзараи физикии ягонаи олам**

Ҳамин тарик, шумо, хонандаи азиз, омӯзиши физикаи мактабиро ба поён овардед. Ҳар яки шумо камубеш бо дурдонаҳои илмӣ маҳсули омӯзиши шаклҳои гуногуни ҳаракати ҳайуло (материя) сохт ва хусусиятҳои ҷисмҳои гуногун шиносӣ пайдо кардед. Ин дурдонаҳоро дар тӯли асрҳо олимони тамоми дунё андӯхтаанд.

Илми физика моро бо умумитарин қонунҳои ошно мегардонад, ки онҳо ҷараёни ҳодисоти дар олами атрофи мо ва умуман дар Коинот воқеъӣ шавандаро идора мекунанд.

Мақсади физика дарки қонунҳои умумии табиъат ва дар заминаи онҳо шарҳ додани рӯйдодҳои табиӣ мебошад. Ба андозаи ба ин қулла ҳар чӣ наздиктар шудан дар пеши назари пажӯҳандагон оҳиста-оҳиста манзараи бошукӯҳ ва мураккаби ягонагии табиъат ҳувайдо гашт. Олам на маҷмӯи рӯйдодҳои ҷудогонаи бе назму низом, балки зухуроти гуногунрангу сершумори ҳамон ягонагии ҷудонопазир мебошад.

*Манзараи механикии олам.* Манзараи бошукӯҳ ва ягонаи дар заминаи механикаи Нютон бунёдшудаи олам бисёр наслҳои олимонро ба гирдоби ҳайрат андохтааст ва ҳоло ҳам ҳайрон медорад. Ба ақидаи Нютон тамоми олам «аз зарраҳои сахт, зарраҳои дорои вазн, нуфузнопазир ва ҳаракатманд» иборат мебошад. Ин «зарраҳои аввалия мутлақо сахтанд: онҳо назар ба ҷисмҳои аз ҳамин зарраҳо таркибёфта беандоза сахтанд, ки ҳаргиз фарсуда намешаванд ва намешикананд». Онҳо аз якдигар асосан бо сифати худ, бо массаи худ (яъне аз ҷиҳати миқдорӣ) фарқ мекунанд. Ҳама шукӯҳ ҳама рангорангии олам – ин натиҷаи гуногунии ҳаракати зарраҳо мебошад ва моҳияти дохилии зарраҳо дар дараҷаи дуҷуми аҳамият қарор мегирад.



Заминаи ин гуна манзараи ягонаи олам хусусияти ҳамафа-рогирандагии қонунҳои нйутонии ҳаракати ҷисмҳо мебошад. Чӣ қирмҳои азими кайҳонӣ ва чӣ хурдтарин гарддонаҳои бодсавор дар оромишу ҳаракати худ тобеи ҳамин қонунҳо мебошанд. Ва ҳатто шамол, яъне ҳаракати дар чашм нонамоёни зарраҳои ҳаво низ тобеи ҳамин қонунҳо мебошанд. Дар тӯли асрҳо муҳаққиқон бовар доштанд, ки қонунҳои асосӣ ва ягонаи табиъат қонунҳои Нйутонанд. Чунончи, олими фаронсавӣ Лагранж мегуфт, ки «*касе дар олам хушбахттар аз Нйутон нест, зеро танҳо як бор, танҳо як одамро муяссар мегардад, ки манзараи оламро бунёд бигзорад*».

Вале инкишофи минбаъдаи илм нишон дод, ки манзараи одии механикии олам номукамал будааст. Таҳқиқи рӯйдодҳои электромагнитӣ нишон дод, ки онҳо тобеи механикаи Нйутон нестанд. Максвелл навъи нави қонунҳои бунёӣ, қонунҳои асосиеро кашф кард – қонунҳои ифодакунандаи рафтори майдони электромагнитӣ, ки аз қонунҳои механикаи Нйутон ба кулӣ фарқ доранд.

**Манзараи электромагнитии олам.** Дар чаҳорчӯбаи механикаи Нйутон чунин тасаввур мешуд, ки ҷисмҳо аз тариқи ҷойи ҳолӣ, аз тариқи ҳало (вакуум) ба якдигар бевосита таъсир мекунанд ва ин таъсирот (таъсироти мутақобил) мувофиқан ба нуктаҳои назарияи таъсири дур дар як они воҳид сураг мегирад. Баъди бунёд шудани электродинамика тасаввуроти пажӯҳандагон дар бораи қувваҳо моҳиятан тағйир ёфт. Ҳар яке аз ҷисмҳои мутақобилан таъсиркунанда майдони электромагнитие ба вучуд меоварад, ки он дар фазо бо суръати ниҳой густариш меёбад. Таъсироти мутақобил ба воситаи ана ҳамин майдон сураг мегирад (ва ин талаби назарияи таъсири наздик аст).

Қувваҳои электромагнитӣ дар табиъат бaсе зиёд дучор меоянд. Онҳо дар ҳастаи атомӣ, дар ҳуди атом, дар молекула, дар байни молекулаҳои ҷудогонаи ҷисмҳои макроскопӣ амал мекунанд. Сабаб он аст, ки дар таркиби ҳама атомҳо зарраҳои дорой барқа, зарраҳои барқаманд вучуд доранд. Асари қувваҳои электромагнитӣ ҳам дар масофаҳои бағоят кӯтоҳ (чунончи: дар ҳастаи атом) ва ҳам дар масофаҳои кайҳонӣ (тобиши электромагнитии ситораҳо) зоҳир мегардад.



Инкишофи электродинамика боиси ба миён омадани кӯшишҳои бунёдгузори *манзараи электромагнитии ягонаи олам* гардид ва, аз ин рӯ, ҳама рӯйдодҳои олам тобеи қонунҳои *таъсири мутақобили электромагнитӣ* пиндошта мешаванд.

Манзараи электромагнитии олам пас аз бунёди назарияи махсуси нисбият ба авҷи худ расид. Маънии аслии ниҳой будани суръати густариши таъсири мутақобили электромагнитӣ дарк шуд, дар бораи вақт ва фазо таълимоти нав ба вучуд омад, муъодилаҳои релативие эҷод шуд, ки муъодилаҳои нյутонии ҳаракатро барои суръатҳои баланд иваз мекунанд.

Дар замони равнақи манзараи механикии олам мекӯшиданд, ки рӯйдодҳои электромагнитиро дар чаҳорчӯбаи механикии дар муҳити махсус – эфири ҳақонӣ рӯйдиханда (ё худ ҳодисшаванда) шарҳ диҳанд. Дар манзараи нав, баръакс, кӯшиданд, ки қонунҳои ҳаракатро бо назарияи электромагнитӣ алоқаманд гардонанд, кӯшиданд, ки зарраҳои моддаро чун «лаҳтаҳои» майдони электромагнитӣ муойина кунанд.

Аммо дар заминаи манзараи электромагнитӣ шарҳ додани на ҳама рӯйдодҳои электромагнитӣ муяссар гардид. Муъодилаҳои ҳаракати зарраҳо ва қонуни *таъсири мутақобили ҷозибавиро* дар чаҳорчӯбаи назарияи майдони электромагнитӣ ҳосил кардан имкон надорад. Ғайр аз ин зарраҳои нави хунсо ва навҳои нави таъсири мутақобил ошкор гардиданд. Табиъат назар ба он ки дар ибтидо тасаввур мерафт, хеле мураккаб будааст: на қонуни ягонаи ҳаракат ва на қувваи ягона қодир нестанд, ки ҳама гуногунии рӯйдохҳои оламо фаро бигиранд.

***Ягонагии сохти ҳайуло*** (материя). Олам бағоят рангоранг аст. Бо вучуди ин моддаи ситораҳову моддаи Замин якранганд, монандӣ доранд. Атомҳои таркибдиҳандаи ҳама ҷирмҳои Кайҳон мутлақо якхеланд. Чӣ мавҷудоти зинда ва чӣ чизҳои бечон аз ҳамон як атомҳо таркиб ёфтаанд.

Ҳама атомҳо сохтори якхела доранд ва аз як навъ зарраҳо иборатанд. Ҳастаи атом аз протонҳову нейтронҳо таркиб ёфтаасту чома (қишр)-и он – аз электронҳо. Таъсири мутақобили ҳаставу электронҳо ба воситаи майдони электромагнитӣ (ки пайкҳои он фотонҳоанд) сурат мегирад.

Андаруни ҳаста протонҳову нейтронҳо ба воситаи *пионҳо*



(ё худ пӣ-мезонҳо) таъсири мутақобил мекунад. (Ба иборати дигар, пионҳо чун пайкҳои майдони ҳастай муойина мешаванд). Хангоми коҳидани нейтрон нейтрино<sup>1</sup> ба вучуд меояд.

Ғайр аз ин, бисёр зарраҳои дигари бунёдӣ ва таркибӣ кашф шудаанд. Вале нақши камобеш муҳим доштани онҳо танҳо дар соҳаи энергияҳои баланд зоҳир мегардад.

Дар нимаи аввали а.ХХ муҳаққиқони олами микрзарраҳо ин гуна хулосаи бағоят муҳим гирифтанд: *ҳама зарраҳои бунёдӣ қобили ба якдигар табдил ёфтани мебошанд.*

Солҳои ҳафтодум дарк шуд, ки *ҳадронҳо* (яъне зарраҳои зӯртаъсир) аз кваркҳо ном зарраҳои зербунёдӣ таркиб меёбанд. *Кваркҳо* мисли *лептонҳо* (зарраҳои сабук) зарраҳои ҳақиқатан бунёдӣ мебошанд.

Пас аз кашфи зарраҳои бунёдӣ ва табдилоти онҳо дар манзараи ягонаи олам пеш аз ҳама масъалаи ягонагии сохти ҳайуло дар мадди назар меояд. Заминаи ин ягонагӣ ҳайулоӣ (материалӣ) будани ҳамаи зарраҳои бунёдӣ аст. Зарраҳои бунёдии гуногун шаклҳои муъайян ва гуногуни мавҷудияти ҳайуло ҳастанд.

**Манзараи физикии муосири олам.** Ягонагии олам танҳо бо ягонагии сохти ҳайуло (материя) маҳдуд нест, балки ҳам дар қонунҳои ҳаракати зарраҳову ҳам дар қонунҳои таъсири мутақобили онҳо зоҳир мегардад.

Бо вучуди гуногунии ҳайратангези таъсири мутақобили ҳисмҳо аз рӯи маълумоти ҳозираи илмӣ дар табиъат танҳо чаҳор навъ қувва ҳаст: *қувваҳои ҷозиба, қувваҳои электромагнитӣ, қувваҳои ҳастай ва қувваҳои суст* (ё *таъсири мутақобили суст*). Таъсири мутақобили суст асосан дар мавридҳои ба якдигар табдил ёфтани зарраҳои бунёдӣ зоҳир мегардад. Ин чаҳор навъ қувва дар фазои беканори Кайҳон, дар ҳар гуна ҳисми заминӣ (аз ҷумла дар мавҷудоти зинда), дар атому ҳастаи он ва дар ҳама табдилоти зарраҳои бунёдӣ зоҳир гардида метавонанд.

Тағйироти инқилобии тасаввуроти классикӣ дар бораи

---

<sup>1</sup>Ин *чо нейтрино* гуфтаи чандон саҳеҳ нест, зеро хангоми коҳидани нейтрон ( $n$ ) як протон ( $p$ ), як электрон ( $e^-$ ) ва як антинейтрино ( $\bar{\nu}$ ) ба вучуд меояд:

$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ . (С. Қ.).

манзараи физикии олам пас аз кашфи хосиятҳои квантии микроразраҳо ва дарки табиати онҳо рӯй дод. Ҳамқадамона бо пайдоиши физикаи квантӣ, ки ҳаракати микроразраҳо тавсиф медиҳад, ҷузъиёти нави манзараи физикии олам пайёлай ба майдон омадаанд.

Ба модда (ки сохти канда-канда ё худ мунфасила дорад) ва майдони бефосила (муттасила) тақсим кардани ҳайуло маънии мутлақи худро гум кард. Ҳар як майдон пайкҳо (квантҳо)-и ба худ хос дорад: майдони электромагнитӣ ба воситаи *фотонҳо* мавҷудият пайдо мекунаду майдони ҳастай – ба воситаи пионҳо (пй-мезонҳо) ва дар дараҷаи чуқуртар – ба воситаи *глюонҳо* ном зарраҳое, ки кваркҳо бо якдигар алоқаманд мегардонанд.

Дар навбати худ, ҳама зарраҳо хосиятҳои мавҷӣ зоҳир мекунаанд. Дугунагӣ (дуализм)-и «зарра-мавҷ» ҳама шаклҳои ҳайулоро хос мебошад. Зоҳиран, дар ҷаҳорҷӯбаи як назария тавсиф додани хосиятҳои якдигарро гӯё истиснокунадаи заррагӣ ва мавҷӣ аз он ҷиҳат имконпазир мебошад, ки қонунҳои ҳаракати ҳама микроразраҳо рафтори оморӣ (ё худ рафтори эҳтимолотӣ, рафтори статистикӣ) доранд. Ин далел ба таври «мутлақ» *пешгӯӣ* кардани рафтори ин ё он микроразраро имконнопазир мегардонад.

Қонуниятҳои назарияи квантӣ комилан умумианд: онҳо барои тавсифи ҳаракату таъсири мутақобил ва табдилоти мутақобили ҳама зарраҳо қобили истифода мебошанд.

Ҳамин тариқ, физикаи муосир хусусиятҳои ягонагии табиатро дар пеши назари мо бисёр рӯшан ҷилвагар месозад. Бо вучуди ин, мо бисёр ҷиҳатҳо ё, шояд, ҳатто худ моҳияти физикии ягонагии олавро ҳанӯз ҳам то умқи дарк накарда бошем. Маълум нест, ки ҷаро адади зарраҳои бунёдӣ хеле зиёд аст, ҷаро онҳо маҳз ҳамон гуна масса ву барқа ва дигар мушаххасот доранд, ки доранд. То ҳол ҳамаи ин бузургҳо ба таври таҷрибавӣ ёфта мешаванд.

Хушбахтона, вақтҳои охир дар байни навҳои гуногуни таъсири мутақобил алоқамандии муъайяне ба назар расидан дорад. Аллақай таъсири мутақобили электромагнитӣ ва сусти як карда шудааст ва назарияи ин ягонагӣ назарияи *таъсири*



мутақобили электросуст ном гирифтааст. Сохтори аксари зарраҳои бунёдӣ, метавон гуфт, умуман дарк шудааст.

*«Ин ҷо он қадр сирру асрор, он қадр фикрҳои олии ниҳон аст, ки сарфи назар аз кӯшиши садҳо мутафаккирони зарифтарини ҳазорсолаҳои охир ҳанӯз ҳам шикофта нашудаанд ва ҳисси фараҳангези кашфиёту ҷустуҷӯҳои амиқ ҳанӯз ҳам барҷой мебошад».* Ин гуфтаи Галилей бо вучуди умри севунимасра доштан ҳанӯз ҳам қимати худро гум накардааст.

**Чаҳонбинии илмӣ.** Қонунҳои бунёние, ки дар ҷабҳаи табиъатшиносӣ ва хусусан илми физика дарк шудаанд, аз ҷиҳати печидагӣ ва умумияти худ назар ба далелҳои, ки тадқиқи ҳар гуна рӯйдодҳои табиӣ аз онҳо сар мешавад, мураккабтару умумитар мебошанд. Бо вучуди ин қонунҳои физикӣ ба дараҷаи рӯйдодҳои содаи бевосита мушоҳидашавандаи табиӣ боварибахш ва воқеъианд. Ин қонунҳо дар ягон маврид, ба ҳеч ваҷҳ вайрон намешаванд.

Шумораи ҳарчи бештари одамон дарк мекунанд, ки қонунҳои физикӣ, қонунҳои идоракунондаи табиъат барои мӯъҷиза ҷой наместонанд. Дарки ин қонунҳо инсониятро имкон медиҳад, ки зинда бимонад<sup>1</sup>.

## **§96. Физика ва инқилоби илмӣ-техникӣ**

Дар замони ҳозира бузургтарин инқилоби илмӣ-техникӣ рӯй дода истодааст. Беш аз ним аср аст, ки ин инқилоб оғоз шуда ва аллакай бисёр соҳаҳои илму техникаро ба қуллӣ тағйир додааст. Яке аз қадимтарин илмҳо – нучум (астрономия) ҳоло инқилобери аз сар мегузаронад, ки он бо воқеъаи ба фазои Кайҳон баромадани одам алоқаманд аст. Тавлиди кибернетика ва ҳисобмошинҳои электронӣ (компйутерҳо) симои илми риёзиётро ба қуллӣ тағйир дод, сӯйи соҳаи нави фаъолияти инсонӣ, сӯйи информатика роҳ кушод. Пайдоиши биологияи

<sup>1</sup>Ба андешаи мо як имконе, ки бузургоне чун А.Эйнштейн, В.Хайзенберг ва дигарон онро ҳеч гоҳ дур аз назар намедоштанд, аз дойиран муойинаи муаллифҳо (ки, мутаассифона, аз олам гузаштаанд) берун мондааст – ин ки он абармардони ҷодаи илм дар паси таносуби номуъайяниҳои «импульс-координат» (ё худ «энергия-вақт») номуъайяние алоқаманд бо Худованди Бузург эҳсос кардаанд. (С.Қ.).

молекули ва генетика дар илми зистшиносӣ (биология) инкилоб ангехт. Тавлиди соҳаи ба истилоҳ **Кимиёи Бузург** бошад, маҳсули инкилобест, ки дар илми кимиё чараён гирифтааст. Ҳамин гуна пешрафт дар заминшиносӣ (геология), ҳавошиносӣ (метеорология), укёнушшиносӣ (океанология) ва бисёр соҳаҳои илми дигари муосир низ рӯй додан дорад.

Дар замони мо ҳама соҳаҳои асосии техника низ тағйироти чуқури сифатӣ дидан дорад. Инкилоби энергетика, аз ҷумла, бо он алоқаманд аст, ки ба ҷойи нерӯгоҳҳои ҳароратии барқ (ки бо сӯзишвории органикӣ кор мекунанд) нерӯгоҳҳои атомии барқ бунёд карда мешавад. Дар соҳаи маводшиносӣ ин инкилоб аз бунёд сохтани саноеъ (индустрия)-и маводи сунъии дорои хосиятҳои ғайриодӣ, вале барои амалия бағоят муҳим иборат аст.

Ҳамаҷониба автоматӣ ва механикӣ гардондани саноеат ва кишоварзӣ ин соҳаҳоро дар маҷрои инкилоб меандозад. Нақлиёт, бинокорӣ, алоқа ба соҳаҳои усулан нави пуриктидортар ва мукамалтари техникаи муосир табдил хоҳанд ёфт. Аз ҷамъбасти ҳамаи ин гуфтаҳо хулосаи муҳиме сар мезанад: инкилоби илмӣ-техникӣ (ИИТ) дар ҷабҳаи қувваҳои истеҳсолкунанда инкилобе ба вучуд овардан дорад, ки барои минбаъд раванқ додани он шумораи ҳарчи бештари мутахассисони баландихтисостар зарур меояд.

ИИТ мақоми илмро дар ҳаёти ҷомиъа ба қулли тағйир дод. *Илм қувваи бевоситаи истеҳсолкунанда гардид.* Бадеҳӣ аст, ки дар оянда низ истеҳсоли воситаҳои зиндагонӣ танҳо вобаста ба дараҷаи корбаст шудани комёбиҳои илмӣ афзуда метавонад.

ИИТ инсониятро ноғузир сӯйи бозсозиҳои азим ва такмили ҳама ҷабҳаҳои истеҳсолот мебарад. Дар айни ҳол ИИТ масъалаи ҳифзи муҳити зистро ба як масъалаи бағоят муҳими замон табдил медиҳад.

**Физика ва нучум.** Дар табиъатшиносии муосир физика илми пешоҳанг аст ва ба соҳаҳои гуногуни дигари илмӣ, ба техника ва истеҳсолот таъсири бузурги инкилобӣ мерасонад.

Дар тӯли ҳазорҳо сол донандагони илми нучум (муначҷимон, астрономҳо) дар бораи рӯйдодҳои кайҳонӣ танҳо ба маълумоте қаноъат мекарданд, ки ба воситаи рӯшноӣ ба даст меомад. Метавон гуфт, ки онҳо барои омӯзиши ин рӯйдодҳо танҳо як



«роғи танги» тайф (спектр)-и нурҳои электромагнитиро истифода мекарданд. Чаҳор даҳсола пеш дар рафти инкишофи радиофизика илми радиоастрономия ба вучуд омад, ки он тасаввуроти мавҷударо дар бораи Коинот хеле васеъ гардонд. Вай имкон дод, ки мавҷудияти бисёр ҷирмҳои то ин дам номаълуми кайҳонӣ ошкор карда шавад. Қитъаи нави дар фосилаи мавҷҳои десиметрӣ ва сантиметрӣ хобидаи мавҷҳои электромагнитӣ манбаъи иловагии донишҳои нучумӣ гардид.

Ахбори зиёди илмие, ки аз Коинот ба воситаи навҳои дигари тобиши электромагнитӣ меояд, ба Замин норасида, дар атмосфераи он гум мешавад. Пас аз он ки одам ба фазои Коинот баромад, шохаҳои нави илмӣ – астрономияи тобиши ултрабунафш (фаробунафш) ва инфрасурх (фурӯсурх), астрономияи рентгенӣ, гамма-астрономия ба вучуд омаданд, ки имконоти онро афзуданд, доираи таҳқиқи тобишҳои кайҳонии аввалиеро, ки то ба сарҳади атмосфераи Замин мерасид, бағоят васеъ гардонданд: пажӯҳандагон акнун имкон пайдо карданд, ки ҳама навҳои тобишҳоро зарраҳои кайҳониро таҳқиқ кунанд. Ҳамин буд, ки дар даҳсолаҳои охир назар ба тамоми таърихи нучум бештар ахбори илмӣ ба даст омад. Бояд гуфт, ки нучумдонон дар ин гуна таҳқиқот усулҳо ва асбобҳои физикиро истифода мекунанд. Нучуми қадимӣ ба илми ҷавони зудинкишофёбанда – ба астрофизика табдил ёфт.

Ҳоло *астрономияи нейтриноӣ* ном шохаи илмие бунёд ёфта истодааст, ки дар заминаи комёбиҳои физикаи ҳаста ва физикаи зарраҳои бунёдӣ ба майдони вучуд омадааст, имкон медиҳад, ки дар бораи падидаҳои дар қарри ҷирмҳои кайҳонӣ, аз ҷумла падидаҳои дар қарри Офтоб рӯйдиханда маълумоти пурқимат ба даст оварда шавад.

**Физика ва биология** (зистшиносӣ). Инқилоби илмӣ-техникиро дар ҷабҳаи биология одатан бо пайдоиши биологияи молекулярӣ ва генетика, ки ҳаётро дар дараҷаи хурдтарин зарраҳои вучуди зинда – молекулаҳо меомӯзанд, алоқаманд месозанд. Воситаҳоро усулҳое, ки биологияи молекулярӣ истифода мекунад – микроскопҳои электронӣ ва протонӣ, таҳлили рентгении сохтори модда, электронография, таҳлили фаъолсозона (таҳлили активатсионӣ)-и нейтронӣ, усули нишонаатомҳо ва ғ. Ҳама

воситаҳову усулҳои физикианд. Ва мутахассисҳои соҳаи зистшиносӣ бе истифодаи ин воситаҳову усулҳои соф физикӣ ба дараҷаи сифатан нави таҳқиқи падидаҳои биологӣ даст ёфта наметавонанд.

Мақоми физикаи муосир дар қори бозсозии инқилобии илмҳои кимиё, заминшиносӣ, уқёнусшиносӣ ва як қатор илмҳои дигари табиъатшиносӣ на камтар муҳим аст.

**Физика ва техника.** Физика инчунин дар сари сарчашмаи навсозии инқилобии ҳама риштаҳои техника қарор дорад. Дар заминаи қомебиҳои техникӣ энергетика, алоқа, нақлиёт, сохтмон, истехсолоти саноъатӣ ва кишоварзӣ амалияи худро раванқ медиҳанд.

**Энергетика.** Инқилоби энергетика бо пайдоиши энергетикаи атомӣ алоқаманд мебошад. Захираи энергияи сӯзишвории атомӣ аз захираи энергияи сӯзишвории муқаррарии ҳанӯз носӯхта чандин бор зиёд аст. Ангишт, нафт ва гази табиъӣ ҳоло барои кимиёи бузург ашёи гаронбаҳое гардидаанд. Онҳоро ба миқдори зиёд сӯзондан ба ин соҳаи муҳими истехсолот зарари ислохнопазир мерасонад. Бино бар ин истифодаи сӯзишвории атомӣ (уран, плутоний ва ғ.) ба мақсад мувофиқтар мебуд. Нерӯгоҳҳои ҳароратии барқ ба миқдори зиёд гази карбонат ба вуҷуд меоваранд, ки он муҳити зистро ғажд мегардонад, ҳол он ки нерӯгоҳҳои атомии барқ (НАБ) дар сурати назорати хуб доштан аз ин нуқтаи назар беҳавф буда метавонанд.

Нерӯгоҳҳои гармоҳастаи оянда қомеъаро аз ташвиши рӯзафзунӣ қустӣ манбаъҳои энергия озод хоҳад гардонд. Бунёди илмии энергетикаи атомӣ ва гармоҳастаӣ, чунон ки маълум аст, битамом бар қомебиҳои физикаи ҳаста таъя мекунад.

**Тавлид гардондани маводи матлуб.** Техникаи оянда на маводи тайёри табиъӣ (ки аллақай талаботи пайдорӣ ва бақодориро қонез гардонда наметавонанд), балки маводи таркибӣ (маводи синтезӣ)-ро бо ҳосиятҳои муъайян истифода мекунад. Дар тавлиди ин гуна мавод дар баробари кимиёи бузург истифодаи таъсироти гуногуни физикӣ (дастаҳои электронӣ, ионӣ валазерӣ, майдонҳои магнитии басте шадид, фишору ҳароратҳои абарбаланд, ултрасадо (фаросадо) мақоми ҳарчи бештар пайдо карда истодаанд. Ин усулҳо имкони ҳосил кардани маводи



вежахосият ва эҷоди тарзҳои усулан нави коркарди моддаро дарбар мегиранд. Истифодаи ин усулҳо технологияи истеҳсолотро ба кулӣ тағйир дода метавонад.

**Худкор** (автоматӣ) *гардондани истеҳсолот*. Дар оянда дар ҷабҳаи эҷоди истеҳсолоти ҳамачониба худкоре, ки хатҳои автоматии табдилпазир, роботҳои саноъатии ба воситаи микрокомпйутерҳо идорашаванда ва инчунин дастгоҳҳои электронии санҷишу назоратро дарбар мегирад, кӯшиши бисёре ба харҷ додан мебояд. Бунёди илмии ин гуна истеҳсолот бар комёбиҳои радиоэлектроника, физикаи ҷисмҳои сахт, физикаи ҳастаи атом ва чанд шоҳаи дигари физикаи муосир таъя мекунад, бо ин соҳаҳо робитаи ботинӣ дорад.

**Физика ва информатика**. Физика дар бунёди техникаи ҳисоббарории ҳозира саҳми муҳим дорад. Ҳама наслҳои ҳисобмошинҳои электроние (бо лампаҳои вакуумӣ, нимноқилҳо ва речаҳо (моделҳо)-и интегралӣ, ки то ҳол бунёд шудаанд, дар лабораторияҳои физикӣ ба вучуд омаданд.

Физикаи муосир дар роҳи боз ҳам хурдтар гардондани ҳисобмошинҳои электронӣ ва афзудани дараҷаи зудкориву эътимоди онҳо ояндаи хуб дорад. Татбиқи лазерҳо ва бо ёрии онҳо инкишоф додани ҳолография (голография) дар тақмили воситаҳои ҳисоббарорӣ имконоти зиёде дорад.

**Интернет**. Солҳои 60-и а.ХХ дар ИМА компйутерҳои бисёреро ба василаи сими телефон бо якдигар алоқаманд гардонданд – дар натиҷа чандин шабакаи компйутерӣ ба вучуд омад.

Солҳои 70 «Интернет» (Internet) ном шабакаи ҷаҳоние пайдо шуд, ки ҳама навъи компйутерҳоро (новобаста ба сарҳадҳои давлатӣ) муттаҳид мекард. Солҳои 80 ин шабака бисёр рушд кард, садҳо, баъдтар ҳазорҳо донишгоҳ, муассиса ва ниҳодҳо компйутерҳои худро ба ин шабака пайвастанд. Интернет беш аз 40 000 шабакаи хурду бузургро муттаҳид кард. Ҳама имкон пайдо кард, ки ба василаи компйутери худ ба ин шабака ворид шавад.

\*\*\*\*\*

Мо ин ҷо дар бораи ҳама ҷиҳатҳои робитаи ботинии илми физикаву техника ва дигар риштаҳои илмии замонавӣ сухан рондем. Аммо ҳамин мисолҳо кофианд, то бидонем, ки физика дар равиш додани инқилоби илмӣ-техникӣ чӣ мақом дорад.

## 1. Омӯиши падизаи индуксионӣ электромилитӣ (балқои электромилитӣ)

*Лавозимот:* Миллиамперметр, манбаъи барқ, ғалтакҳои дорои мағза (дилак), магнити камоншакл, тугмакалиди электрикӣ, симҳои пайваस्तкунанда, қутбнамо (ё ақрабаки магнитӣ), реостат.

### *Омода кардани асбобҳо*

1. Ба яке аз ғалтакҳои мағзایی оҳанин ворид созед ва онро бо ягон винт маҳкам кунед. Ин ғалтакро ба василаи миллиамперметр, реостат ва калид ба манбаъи чараён пайвандед. Калидро пайваста, ба воситаи қутбнамо қутбҳои магнитии ғалтаки чараёндорро муъайян кунед. Бинед, ки ақрабаки миллиамперметр кадом сӯ майл меҳӯрад. Минбаъд дар бораи мавқеъи қутбҳои магнитии ғалтак аз рӯи майли ақрабаки ин асбоб хулоса гирифта метавонед.

2. Реостат ва калидро аз занҷир ҷудо кунед. Миллиамперметрро бо ғалтак ба ҳамон тартиби пешинии пайвастании шохаҳои занҷир пайвандед.

### *Тартиби кор*

1. Мағзایی оҳанинро ба яке аз қутбҳои магнити камоншакл наздик баред ва онро дар ғалтак дароред ва дар айни замон рафтори ақрабаки миллиамперметрро мушоҳида кунед.

2. Мушоҳидаро барои мавриди аз ғалтак берун кашидани мағза ва мавриди иваз кардани қутби магнит такрор кунед.

3. Дар дафтари лабораторӣ тарҳи таҷрибаро тасвир созед ва шартҳои риъоя шудани қоидаи Ленсро барои ҳарду маврид бисанҷед.

4. Ғалтаки дуюмро дар назди ғалтаки якум тавре бигзоред,



ки онҳо ҳаммехвар оянд.

5. Мағзаҳои оҳаниро дар даруни ғалтакҳо чой диҳед ва ғалтаки дуумро ба воситаи калид ба манбаъи барқ пайвандед.

6. Калидро пайваставу кушода, майлхӯрди акрабаки миллиамперметрро мушоҳида кунед.

7. Аз речаи таҷриба шартӣ рӯоя шудани қоидаи Ленсро бисанҷед.

## 2. Муъайян кардани қобилияти шуоъшикании шиша

*Лавозимот, санҷишҳои зарурӣ, воситаҳои санҷиш*

Қобилияти шуоъшикании лавҳаи шишагинеро муъайян кардан мебояд, ки шакли трапесия (зузанақа) дорад.

Мойилан ба яке аз рӯяҳои лавҳа дастаи борики рӯшноӣ равона мекунад. Ин даста дар сурати аз лавҳа гузаштан ду бор мешиканад. Ба сифати манбаъи рӯшноӣ чароғи электрикӣ истифода мешавад, ки ба василаи калид ба ягон манбаъи чараён пайваст аст. Дастаи борики рӯшноӣ аз нури чароғ ба воситаи варақаи ношаффофе чудо карда мешавад, ки он ягон сӯроҳ (ё чағ) дорад. Гафсии дастаи рӯшноиро аз ҳисоби каму зиёд кардани масофаи байни чароғ ва лавҳаи сӯроҳдор тағйир додан мумкин аст.

Қобилияти шуоъшикании шиша  $n$  нисбат ба ҳаво чунин ёфта мешавад:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta},$$

ин ҷо  $\alpha$  кунҷест, ки рӯшноӣ таҳти он аз ҳаво ба шиша мезанад;  $\beta$  кунҷи шикасти рӯшноӣ (дар шиша) аст.

Нисбати синусҳоро ин хел меёбанд. Пеш аз он ки дастаи рӯшноӣ ба лавҳаи шишагин равона карда шавад, лавҳаро дар рӯйи варақаи қоғаз миллиметрӣ тақсимот ё варақи хона-хона тавре мегузаранд, ки яке аз рӯяҳои мувозӣ (параллелӣ)-и он бо хатти пешакӣ нишонашудаи рӯйи қоғаз ҳамҷо ояд. Ин хат сарҳадди ҷудоии ҳарду муҳит (ҳаво – шиша)-ро ифода мекунад. Баъд бо қалами тез баробари рӯйи дуҷуми мувозӣ хат мекашанд – ин хат сарҳадди ҷудоии шиша – ҳаворо ифода мекунад.

Баъд шишаро дар ҳамин ҳолат нигоҳ дошта (яъне онро



начунбонда), ба рӯи аввали он дастаи борики рӯшноиро тахти ин ё он кунҷ равона месозанд. Дар роҳи рафти дастаи ба шиша занандаи рӯшноӣ ва шуоъи аз он бароянда бо қалами тез чанд нуқта мегузоранд (нуқтаҳои 1, 2, 3, 4 дар рас.192). Чароғро хамӯш карда, шишаро аз рӯи коғаз мегиранд ва бо ёрии хаткашак шуоъҳои ба шиша зананда, аз он бароянда ва шикастаро дар рӯи коғаз тасвир месозанд (рас.193). Аз тариқи нуқтаи *B*-и сарҳадди ҳаво – шиша хатти амудӣ мекашанд ва кунҷҳои афтишу шикаст ( $\alpha$  ва  $\beta$ )-ро сабт мекунанд. Баъд ба воситаи паргор дар гирди нуқтаи *B* (марказ) давра мекашанд ва ду секунҷаҳои росткунҷа месозанд – *ABE* ва *CBD*.

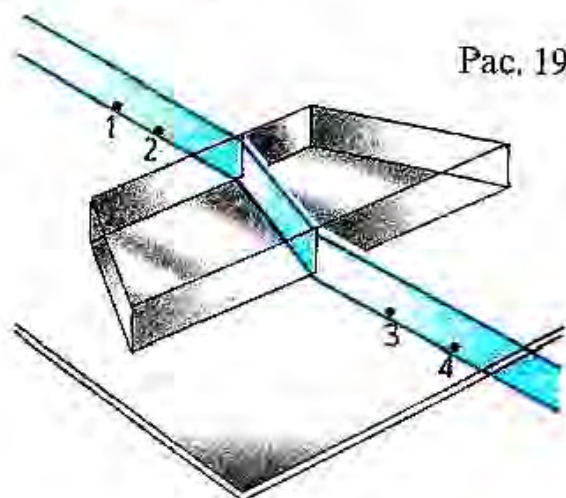
Азбаски  $\sin \alpha = \frac{AE}{AB}$ ,  $\sin \beta = \frac{CD}{BC}$  ва  $AB=BC$  ҳастанд, пас, формулаи муъайян кардани *n*-и шиша шакли зайл мегирад:

$$n = \frac{AE}{DC} \quad (1)$$

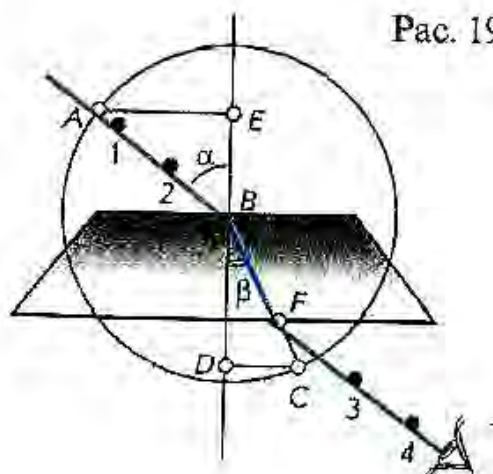
Дарозии порчаҳои *AE* ва *DC*-ро ё аз рӯи коғаз миллиметрӣ меёбанд ё онҳоро бо хаткашак чен мекунанд (дар ин маврид хатҳои асбоби таҷрибаро 1 мм мегиранд). Хатҳои ҳисоби мавқеи хаткашакро нисбат ба канори дастаи рӯшноӣ низ баробари 1 мм гирифтани зарур аст.

Зиёдтарин қимати хатҳои нисбии санҷиши қобилияти шуоъшиканиро ба ин тарз ҳисоб кардан меояд:

$$\varepsilon = \frac{\Delta AE}{AE} + \frac{\Delta DC}{DC}$$



Рас. 192



Рас. 193



Мисли ҳамин, зиёдтарин қимати хатои мутлақ ин тавр ёфта мешавад:

$$\Delta n = n_{\text{такр}} \varepsilon$$

(Ин ҷо  $n_{\text{такр}}$  қимати тақрибии аз рӯи формулаи 1 ёфташудаи қобилияти шуоъшиканӣ мебошад).

Ҳамин тариқ, натиҷаи чен кардани қобилияти шуоъшиканӣ бояд ин тавр сабт карда шавад:

$$n = n_{\text{такр}} \pm \Delta n$$

### Омода сохтани лавозимот

1. Барои сабти натиҷаҳои санҷиш ва ҳисобукитоби онҳо варақе тайёр кунед бо ин гуна ҷадвал:

Натиҷаи санҷиш		Натиҷаи ҳисобукитоб				
AE, мм	DC, мм	$n_{\text{такр}}$	$\Delta AE$ , мм	$\Delta DC$ , мм	$\varepsilon$ , %	$\Delta n$

2. Чароғи электрикиро ба воситаи калид ба манбаъи ҷараён пайвандед. Баъд ба воситаи варақа (ё лавҳа)-и ношаффофи сӯрохдор дастаи борики рӯшноӣ ҳосил (чудо) кунед.

### Натиҷагирӣ ва ҳисобукитоби натиҷаҳо

1. Қимати қобилияти шуоъшиканиши шишаро нисбат ба ҳаво барои ягон кунҷи афтиш чен кунед. Натиҷаи санҷишро бо хатоҳои ёфтаатон дар дафтари лабораторӣ сабт кунед.

2. Таҷрибаро барои қимати дигари кунҷи афтиш такрор кунед.

3. Натиҷаҳои аз рӯи формулаҳои

$$n_{1\text{такр}} - \Delta n_1 < n_1 < \Delta n_1 + n_{1\text{такр}}$$

$$n_{2\text{такр}} - \Delta n_2 < n_2 < \Delta n_2 + n_{2\text{такр}}$$

ҳосилшударо муқоиса кунед.

4. Дар бораи ба кунҷи афтиш вобаста будан ё набудани қобилияти шуоъшиканиши шиша хулоса бароред. (Усули муқоисаи натиҷаҳои санҷишҳои гуногун дар муқаддимаи фасли «Қорҳои лабораторӣ»-и «Физика, 10» баён шудааст).



Барои муъайян кардани қобилияти шуоъшикании шиша ба воситаи зовиясанҷ (транспортир) кунҷҳои  $\alpha$  ва  $\beta$  -ро (ниг. рас.193) чен кардан ва нисбати синусҳои онҳоро ёфтани кофист (ниг. формулаи 1). Кадомин усул беҳтар аст: ҳамин усул ё усули дар боло баёншуда?

### 3. Чен кардани дарозии мавҷи рӯшноӣ

*Лавозимот, санҷишҳои зарурӣ, воситаҳои санҷиш*

Барои муъайян кардани дарозии мавҷи рӯшноӣ панҷараи дифраксионии давраш 1/100 мм ё 1/50 мм истифода мешавад (даври панҷара дар рӯи он сабт аст). Панҷараи дифраксионӣ чузъи асосии дастгоҳи дар рас. 194 тасвирёфта мебошад. Панҷараи 1 дар пояи 2 ва ин поя, дар навбати худ, дар нӯги ҷадвали 3 маҳкаманд. Лавҳаи сиёҳи роғдор низ дар рӯи ҳамин ҷадвал ҷой дода мешавад. Дар рас.194 лавҳаи мазкур бо рақами 4 ишорат шудаасту роғи он бо рақами 5. Лавҳаи сиёҳро ба қадди ҷадвал пасу пеш ҳаракат додан мумкин аст – ин имкон медиҳад, ки масофаи байни лавҳа то панҷара тағйир дода шавад. Ҷадвал ва лавҳаи сиёҳ шкала (микрос)-и миллиметрӣ тақсимот доранд. Ин дастгоҳ дар пояи 6 «овезон» аст.

Агар аз тариқи панҷара ва роғ ба манбаи рӯшноӣ (чароғи электрикӣ ё шамъ) нигарем, дар замини сиёҳи лавҳаи роғдор (ки дар маврид чун экран хидмат мекунад) мебинем, ки дар ҳарду тарафи роғ тайфҳо (спектрҳо)-и тартиби якум, дуюм ва ғ. ба вучуд меоянд.

Дарозии мавҷи  $\lambda$  ин тавр ёфта мешавад:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k},$$

ки ин ҷо  $d$  даври панҷара аст  $k$ -тартиби тайф (спектр) ва  $\varphi$  – кунҷе, ки таҳти он максимуми рӯшноии дорои ин ё он ранг менамояд.

Азбаски кунҷҳои биниши максимумҳои тартиби 1 ва 2 на беш-тар аз  $5^\circ$  ҳастанд, пас, ба ҷойи синуси ин кунҷҳо тангенсҳои онҳоро истифода кардан ҷоииз аст. Аз рӯи рас.195



$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a}$$

аст. Масофаи  $a$ -ро, ки фосилаи байни панҷараву экран аст, аз рӯи ҷадвал ба ҳисоб мегиранду масофаи байни роғ ва максимуми интиҳобшуда ( $b$ )-ро – аз рӯи ҷадвали дутарафаи экран.

Бино бар ин, формулаи ниҳоии муъайян кардани дарозии мавҷ шакли зайл мегирад:

$$\lambda = \frac{db}{ak}$$

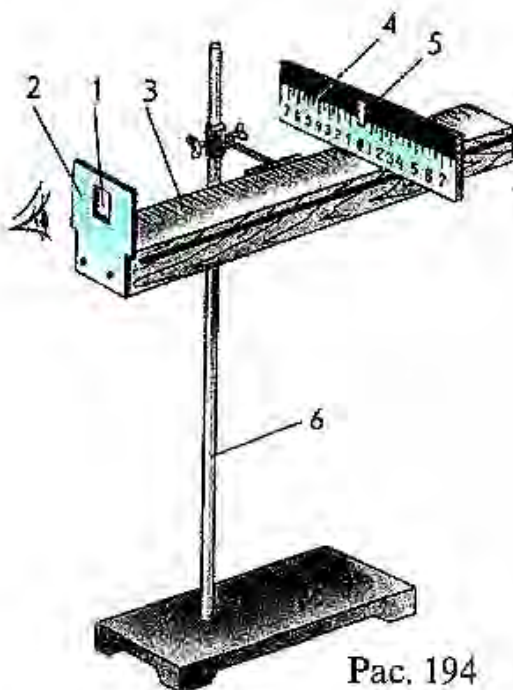
Дар ин кори лабораторӣ ба сабаби то дараҷае номуъайян будани интиҳоби миёнаҷойи ҷузъи тайф (спектр)- ин ё он ранг ҳисобукитоби хатой санҷиши дарозии мавҷ ҳатмӣ нест.

### Омода сохтани лавозимот

1. Барои сабти натиҷаҳои санҷиш ва ҳисобукитоб онҳо вараке омода созед.

2. Дастгоҳи таҷрибаро омода созед; пардаи намоиш (экран)-ро тақрибан 50 см дур аз панҷара қарор диҳед.

3. Аз тариқи панҷара ва роғи лавҳаи сиёҳ сӯйи манбаи рӯшноӣ нигариста, панҷараро дар ҷойи худ тавре лағзонед, ки тайфҳо (спектрҳо)-и дифраксионӣ мувозан (паралелан) ба шкалаи пардаи намоиш воқеъ шаванд.



Рас. 194



Рас. 195

1. Дарозии мавҷи нури сурхро дар тайфи тартиби якум барои ҳарду тарафи роғи экран ҳисоб кунед. Қимати миёнаи натиҷаҳои санҷишро муъайян кунед.

2. Ҳамин амалро барои нури бунафш такрор кунед.

3. Натиҷаҳои ҳосилшударо бо дарозии мавҷи нурҳои сурх ва бунафше, ки дар варақи рангаи V, I оварда шудааст, муқоиса кунед.

#### **4. Мушоҳидаи тайфҳо (спектрҳо)-и бифосила ва раҳрах**

*Таҷҳизот:* Дастгоҳи аксандоз (олати проексионӣ), найчаҳои тайфии пурҳидроген (пурнеон, пурҳелий), индуктори баландволтаж, манбаъи барқ, поя, ноқилҳои пайваस्तкунанда (ин лавозимот барои ҳама хонандагони гурӯҳи лабораторӣ умумианд), лавҳачаи шишагини лаббурида (ба ҳар кас дода мешавад).

#### *Натиҷагирӣ (таҷриба)*

1. Лавҳачаро дар ростои чашми худ мавҷеъи уфукӣ диҳед. Аз тариқи рӯяхое, ки байни худ кунҷи  $45^\circ$  ташкил медиҳанд, дар пардаи намоиш раҳи рӯшани амудиеро мушоҳида кунед, ки тасвири роғи дастгоҳи аксандоз бошад.

2. Рангҳои асосии тайфи ҳосилшударо дар дафтари лабораторӣ бо ҳамон тартибе, ки мушоҳида мешаванд, сабт кунед.

3. Таҷрибаро барои мавриди истифода шудани рӯяхое такрор кунед, ки кунҷи байнашон  $60^\circ$  аст. Тайфи ҳосилшударо бо тайфи пешина муқоиса кунед.

4. Найчаи пурҳидрогенро даргиронда, нури онро аз тариқи рӯяхои лавҳачаи шишагин мушоҳида карда, рӯшантарин раҳҳои тайфи ҳосилшударо дар дафтар сабт гардонед.

5. Ин амалро барои найчаҳои ҳелийдор ва неондор такрор кунед.

#### **5. Омӯзиши «радди по»-и зарраҳои барқаманд**

Дар ин кори лабораторӣ барои «шинохтан»-и зарраи номаълум «радди по» (ё худ изи пой)-и онро бо радди зарраи



маълум (дар ин кори лабораторӣ бо радди протон) муқоиса кардан мебоҷад.

*Лавозимот, санҷишҳои зарурӣ, воситаҳои санҷиш*

Барои иҷро кардани кори лабораторӣ сурати фотографияи тайёре (рас.196) истифода мешавад, ки дар он радди протон (хати I) ва радди зарраи номаълум (хати II) тасвир ёфтааст. Ин сурат бо камераи дар майдони магнитӣ ҷододаи Вилсон гирифта шудааст. Хатҳои индуксияи майдони магнитӣ амудан ба ҳамвори сурат равонаанд. Суръатҳои ибтидоии ҳарду зарра якхелаанд ва онҳо амудан ба канори сурат равона мебошанд.

Барои шиноختани зарраи номаълум барқои хоси он  $q/m$ -ро бо барқои хоси протон муқоиса кардан мебоҷад. Ин дар мавриде осон аст, ки радиуси раддҳои ҳарду зарраро барои қитъаҳои аввали раддҳо чен ва муқоиса кунем.

**Заминани назарӣ.** Барои зарраи барқаманде, ки амудан ба вектори индуксияи майдони магнитӣ дарҳаракат аст, чунин навиштан мумкин аст (ниг. «Физика, 10», формулаи 9.6):

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \quad \text{ё} \quad \frac{q}{m} = \frac{v}{BR}$$

Фаҳмост, ки нисбати барқҳои хоси зарраҳо ба нисбати чаппаи радиусҳои масирҳо (траекторияҳо)-и онҳо баробар мебошад.

Радиуси қачии радди зарраро ба ин тарз муъайян кардан мумкин аст. Дар рӯи сурати рас.196 қоғази шаффоф ё нимшаффофе гузошта, тасвири раддҳоро ба он мегузаронанд (эҳтиёт кунед, ки фотосурат осеб набинад). Баъд, чунон ки дар рас.197 омадааст, аввал ду ватар (хорда) ва баъд аз мобайни ҳар яки онҳо хатти амудӣ (перпендикуляр) мекашанд. Нуқтаи бӯриши ин хатҳо маркази давраро ифода мекунад. Радиуси давраро бо хаткашак чен мекунад.

### *Омода сохтани лавозимот*

1. Барои сабти натиҷаҳои мушоҳида ва ҳисобукитоби онҳо варақе омода кунед бо «Ҷадвали натиҷаҳо» (он сон, ки барои сабти натиҷаҳои кори лаборатории №2 карда будед).

2. Радди зарраҳоро аз сурати фотография ба коғази шаффоф (ё нимшаффоф) гузаронед.

*Таҷриба (натиҷагирӣ) ва ҳисобукитоби натиҷаҳои он*

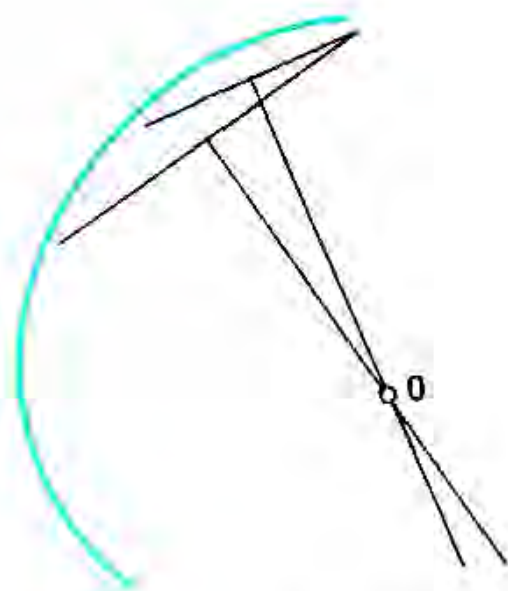
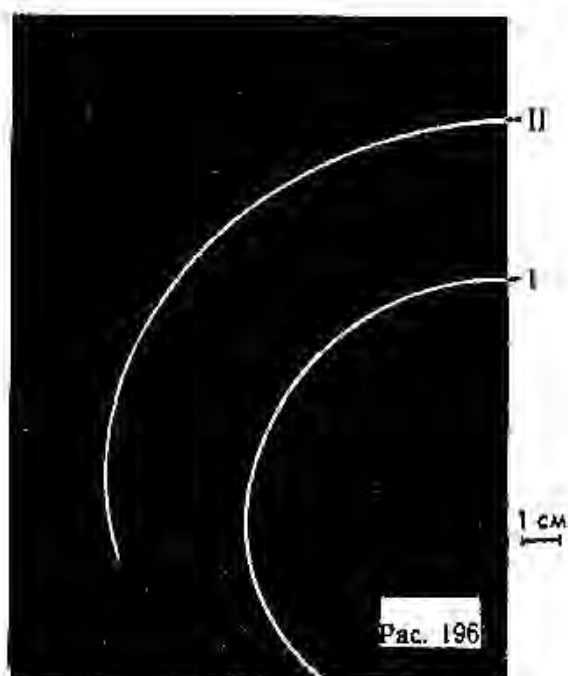
1. Радиус (шуоъ)-и қатъаҳои аввали радди зарраҳоро аз рӯи коғази шаффоф чен кунед.

2. Барқаҳои хоси зарраи номаълум ва протонро муқоиса кунед. Зарраи номаълумро «бишносед».

### *Пурсиш*

1. Вектори индуксияи магнитӣ (илқои магнитӣ) нисбат ба ҳамвори сурати фотография чӣ гуна самт дорад?

2. Сабаб чист, ки радиуси қатъи радди зарра дар ҳар қатъаи ҳамон як радд қимати гуногун дорад?



Рас. 197



**Машқи 1.6.** Дар ғалтаки дуҷум пас аз муддате чараёни дойимӣ муқаррар мешавад. **8.** 0,2 А. **9.** 0,15В. **10.** 1,2 Ч.

**Машқи 2.1.** 0,005 Ч. **2.**  $\approx 1,26 \cdot 10^{-6}$  с;  $\approx 2,52 \cdot 10^{-6}$  с. **3.** Аз 16 то 10 мХн (миллихенри), **4.**  $\approx 0,63$ В. **5.**  $\approx 0,63$ В. **6.**  $\approx 0,28$ А.

**Машқи 3.** **1.** Қабатҳои байни лавҳаҳо бояд амудан ба меҳвари навард воқеъ шаванд. **2.** Қувваи муҳаррикаки электрикӣ (ҚУМЭ) дар сурате зиёди зиёд хоҳад буд, ки ҳамвории қоб (рамка) нисбат ба хатҳои индуксия (хатҳои илқо)-и магнитӣ мавқеи мувозӣ (паралелӣ) дошта бошад. **4.** Як имкон ин аст, масалан, ки дар рӯи яке аз печакҳои трансформатор печакҳои иловагии иборат аз чанд печ сим (адади муъайян) печонанд ва ба печакҳои дигар волтажи муъайян дода, волтажи дар нӯгҳои печакҳои иловагӣ ҳосилшударо чен кунанд. **5.** Трансформатор метавонад бисӯзад, зеро муқовимати печак ба чараёни дойимӣ (дар муқоиса бо чараёни тағйирёбанда) хеле кам аст. **6.** Муқовимати як печак бағоят кам аст. Бино бар ин дар он печак чараёни индуксионӣ (чараёни илқо)-и зиёде ба вуҷуд меояд ва гармои зиёде хориҷ мегардад – ин боиси хароб шудани трансформатор гардида метавонад. **7.** 1/10; 22/7; 35/6; 300/11.

**Машқи 4.** **1.** Аз  $\lambda_1 \approx 92$  м то  $\lambda_2 \approx 565$  м. **2.** Азбаски антен мавқеи уфуқӣ дорад, пас, маълум мешавад, ки вектори шиддати майдони электрикӣ низ уфуқан равона аст. Ин он гуна маънӣ дорад, ки вектори индуксияи магнитӣ (илқои магнитӣ) амудан равона аст. **3.** Моҳ иносфера (ионинкура) надорад.

**Машқи 5.** **1.** Дастаи рӯшноӣ дида намешавад. **2.** Ин падида натиҷаи аз сӯроҳи хурди бодгона ростхатта паҳн шудани рӯшноист. **3.** Андозаҳои нимсоя ба масофаи байни садди ношаффоф ва пардаи намойиш (экран) вобаста мебошад. Барои масофаҳои кӯтоҳ (пойҳо) нимсоя хурд асту барои масофаҳои зиёд (сар) – бузург. Агар фокус манбаи нуқтагӣ мебуд, сояи пову сар як хел возеҳ меомад. **4.**  $\approx k \cdot 528$  гш/с ( $k=1, 2, 3, \dots$ ). **6.**  $x = 2l \sin \alpha = 10$  см. **8.** Н/2. Канори поёни ойина аз замин бояд дар баландии баробар ба нисфи масофаи байни замин то чашм воқеъ бошад; канори болои ойина бояд дар баландие воқеъ бошад, ки он назар ба қадди одам ба қадри нисфи масофаи байни чашм то фарқи сар кам аст. **9.** 0,05; 1,24. **10.** 1,4 см. **11.** Сӯйи қуллан кунчи шуоъшиканандаи призма (маншур). **12.** Не, намебарояд. **13.**  $n=2$ .

**Машқи 6.** **1.** Доғи рӯшан. **4.**  $5,2 \cdot 10^{-7}$  м.

**Машқи 7.** **1.** Аз нуқтаи назари мушоҳиди заминӣ барқ дар нуқтаи В (яъне дар پاسи пойиз) пештар рӯй додааст. **2.** Суръати электрон назар ба суръати рӯшноӣ тақрибан 10 см/с кам аст. **3.** Ба қадри тақрибан  $2,3 \cdot 10^{-12}$  кг.

**Машқи 8.2.**  $\approx 1,5 = 3,4 \cdot 10^{-19}$  Ч. **4.**  $\approx 2,5 \cdot 10^{-7}$  м. **5.**  $\approx 5 \cdot 10^{14}$  Хз (хертз). **6.**  $\approx 3,8 \cdot 10^{-19}$  Ч. **7.**  $\approx 1,325 \cdot 10^{-27}$  кг·м/с.

**Машқи 9.1.**  $v \approx 2 \cdot 10^6$  м/с;  $a = 10^{23}$  м/с<sup>2</sup>. **2.**  $\approx 6,9 \cdot 10^{14}$  м.  $\approx 4,9 \cdot 10^{-7} = m$ . **4.**  $E_i = 13,55$  эВ.

**Машқи 10.1.** Ҳашт алфа-табдилот ва шаш бета-табдилот. **2.**  $\approx 3200$  сол. **3.** Тақрибан 1,41 бор. **5.**  $\approx 2,2$  МэВ. **7.**  $\approx 200$  МэВ.



## ФЕҲРИСТИ АШХОС ВА МАФХУМҲОИ АСОСИ

- автоларзиш 76  
адади массавӣ 313  
алокаи радиотелефонӣ 120  
- шуоълӯлагӣ 159  
алфа-тобиш 298  
алфа-зарраҳо 299  
амплитуд – ниг. *Домана*  
андозаи атом 274  
- ҳастаи атом 273  
антизарра 351  
антимодда (подмодда) 352  
антинейтрино 326, 352  
антинейтрон 352  
антипротон 352  
арзияти мавҷҳои рӯшноӣ 193  
- - электромагнитӣ 128  
Арсимович Л. А. 322  
асбобҳои тайфсанҷӣ 227  
атом 288, 346  
Балдин А. М. 349  
Балмер И. 278  
банкаи лейденӣ 37  
Басов Н. Г. 273  
басомади дойиравии ларзиш 51,  
85  
- ларзиш 48, 51  
- хусусии ларзиш 51  
- ҳомил 121  
- ҷараёни тағйирёбанда 57  
Беккирел А. 294, 295, 343  
бета-зарраҳо 299  
Бор Н. 219, 274, 276, 279, 281  
«бори занҷир» 90  
Вавилов С. И. 226, 227  
вебер (воҳиди сели магнитӣ) 9  
вибратори Ҳертз 110, 115, 116  
видеосигнал 135  
вокунишҳои гармоҳастай 331,  
345  
- ҳастай 317, 325, 344  
- ҳастаии занҷирӣ 325, 344  
волтаж 38, 57  
воя (доза)-и тобиш 340  
-и ҳаддан ҷоиқи тобиш 341  
гамма-тобиш 297, 301  
Гелл-Ман М. 350  
генератор 86  
-и батранзистор 75, 79  
- индуксионӣ (илқойӣ) 87, 99  
- ҷараёни тағйирёбанда 87  
Глейзер Д. 292  
глуонҳо 359  
грэй (воҳид) 341  
Гюйгенс – ниг. *Ҳйуйгенс*  
гечиши фазҳо 55  
даври ларзиш 48, 51, 85  
- нимқоҳиш 304, 343  
- панҷараи дифраксионӣ 191  
дарозии мавҷ 104  
- мавҷи рӯшноӣ 179  
дейтерий 308, 331  
Демокрит 301, 346  
детектиронииш 122, 124  
детектор 124  
динамикаи релятивӣ 216  
диодии нимқоқилӣ 124  
Дирак П. 330, 351  
Дисперсияи рӯшноӣ 165, 168  
дифраксия (парош)-и мавҷҳо  
184  
- рӯшноӣ 183  
- тобиши рентгенӣ 240  
доманаи ларзиш (амплитудии  
ларзиш)



- 48, 84
- доманатаҳмил ( доманамоду-латсия) 121
- дугунагӣ ( дуализм)-и «зарра-мавч» 256, 359
- Жолио-Кйурй И. 310
- Жолио-Кйурй Ф. 310
- замшуди мавчҳо 169
- зариби афзоиши нейтронҳо 324
- афзоиши нейтронҳо дар реактори атомӣ 325
  - табдил (дар трансформатор) 92
  - худ-индуксия (худ-илқо) 25
- зарраҳои «ачиб» 350
- бунёдӣ (зарраҳои элементарӣ) 288, 346, 349, 354
  - «малех» 351
  - зератомӣ 347
- зичии сели тобиш 114, 138
- тайфӣ 228
- Иваненко Д. Д. 312, 344
- изотопҳо 307, 323, 335, 344
- иконоскоп 134
- илқоғалтак 67, 70
- илқои электромагнитӣ 4, 6, 87
- индуксияи электромагнитӣ (илқои электромагнитӣ) 4, 6, 87
- индуктивият (зариби худ-илқо) 25, 36
- интерференси мавчҳо 141, 169, 178
- мавчҳои рӯшноӣ 180
  - - электромагнитӣ 180
- интерферометр 180
- инъикоси пурраи рӯшноӣ 156, 157
- ионосфера (ионинкура) 129
- Йунг Т. 176, 177, 185
- камераи Вилсон 290, 311
- камомати масса 315
- каонҳо 350
- Капитса П. Л. 291
- квант 248, 267
- кваркҳо 348, 349, 350, 354, 358
- кимиёлуминессенс 226
- кинескоп 136
- контური кушодаи ларзишзо 110
- бастаи ларзишзо 110
  - ларзишзо 40
- кори баровард 253
- хоси майдони тӯфонӣ 68
- коҳиши нейтрон 312
- радиоактивӣ 305
- кунҷи афтиш 149, 151
- инъикос 149
  - ҳудудии инъикоси пурра 158
  - шикаст 151
- Кйурй П. 301
- Курчатов И. В. 329, 331
- ҳимати самарбахши қувваи ҷараён 60, 62
- - волтаж 60, 62
- қобилияти шуоъшиканӣ (шуоъшиканандагӣ) 153
- шуоъшиканандагии мутлақ 153
  - - нисбӣ 153
- қоидаи аслии мутобиқат 219
- - нисбият 204, 208, 222
  - (бунлодии) Хйуйгенс 150
  - - Хйуйгенс-Френел 186
  - квантониш 276
  - Ленс 9, 11, 32
  - кӯчиш 303
- қонуни индуксияи электромагнитӣ (илқои электромагнитӣ) 13
- инъикоси рӯшноӣ 148
  - коҳиши радиоактивӣ 304
  - релятивии чамъбандии суръатҳо 214

- шикати рӯшноӣ 153
- фотопадаида (фотоэффект) 249
- кувваи лоренсӣ 19
- чараён, домана (амплитуд) 47, 51
- -, қимаи лаҳзагӣ (онӣ) 47
- -, қимати самарбахш 48
- муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ) 13
- - - худ-индуксия (кори хоси майдони тӯфонӣ) 23
- кувваҳои ҳастаӣ 313, 322, 344
- ҚуМЭ 13, 259
- қутбиши рӯшноӣ 193
- лазер 279
- и ёкутӣ 283
- нимноқилӣ 284
- Лагранж Ж. 356
- ларзиш 36
- и мавзун (ҳармоникӣ) 48, 54, 85
- маҷбурӣ 39
- озод 37, 38
- хомӯшношав 76
- хомӯшшав 52
- электромагнитӣ 36, 38
- -и озод 37
- - маҷбурӣ 37
- Лауэ М. 241
- Лебедев П. А. 261, 262
- Ленс Э. Х. 11
- Леонтович М.А. 332
- лептонҳо 351, 358
- линзаи дукуҷ 166
- Лоренс Х. 205
- луминессенс 226
- и кимиёӣ 226
- лӯлаи дид 231
- лӯлаи рентгенӣ (найчаи рентгенӣ) 242
- луминессенс 226
- и катодӣ 227
- кимиёӣ 227
- мавҷ 36, 101
- мавҷҳои арзӣ 102, 108
- инфрасурх 237
- чӯрфаз (когерентӣ) 136, 173
- рӯшноӣ 139, 145
- тӯлӣ 102
- электромагнитӣ 101, 107, 126
- қутбида (қутбишуда, поларизатсияшуда) 128
- ҳамвор 148
- ҳамфаз 104
- ҳароратӣ 237
- якбасомад 104
- майдони электрикии тӯфонӣ 15, 16
- электромагнитӣ 28, 30, 31
- Майкелсон А. 147, 207
- Максвел Ч. 15, 29, 106, 141, 197, 204, 247, 260
- манбаи нуқтагии тобиш 115
- манбаҳои чӯрфаз 173
- манзараи дифраксионӣ 186
- механикии олам 355
- физики муосири олам 358
- - ягонаи олам 355, 356
- электромагнитии олам 356
- интерференси мавҷҳо 173
- Марконӣ Г. 119
- массаи бӯҳронӣ 327
- Мейтнер Л. 321
- механикаи квантӣ 257, 278
- микрофони электродинамикӣ 22
- Мисовский Л.В. 293
- моделҳои атоми Томсон 259
- Бор 274
- протонӣ-нейтронии ҳастаи атом 312, 344
- сайёравии атом 272



- модулатсия 122
- и доманай (доманатаҳмил) 123
- Морли Э. 208
- муъодилаи Эйнштейн 255
- муковимати гунҷоишӣ 66
- индуктивӣ (илқой) 70
  - электрикии фаъол 60
- назарияи мавҷи рӯшноӣ 140
- квантӣ 242, 248, 266, 278, 359
  - нисбият 209, 223
  - корпускулии рӯшноӣ 140
  - фотопадада (фотоэффект) 112, 250
  - электромагнитии рӯшноӣ 141, 199
- найҷаи рентгенӣ (лулаи рентгенӣ) 243
- наскӣ (линза) 146
- нейтрино 312, 347, 357
- нейтрон 309, 344
- нимноқили навъи  $n$  ( $n$ -нимноқил) 77
- -  $p$  ( $p$ -нимноқил) 77
- нисбияти масофаҳо 213
- фосилаҳои вақт 214
  - ҳамзамонӣ 210
- нишонаатомҳо 336
- Нютон И. 140, 165, 356...
- ноқилконтур 7, 23
- нуклон 312
- нурполо (нурбез, полароид) 175
- оби вазнин 308, 327
- оптика 139
- и геометрӣ ва мавҷӣ 142, 189
  - физикӣ 140
  - шуоълӯлагӣ 159
- панҷараи дифраксионӣ 191
- парош (дифраксия) 169, 184
- Петржак. К. А. 324
- пионҳо 349, 358
- Планк М. 247, 249, 253, 268
- плутоний 326
- подзарра (антизарра) 352
- подмодда (антимодда) 352
- позитрон 346, 351
- поларизатсияи рӯшноӣ – ниг. *Қутбшиши рӯшноӣ*
- Попов А. С. 117, 119, 138
- постулатҳои Бор 274, 286
- назарияи нисбият 208
- протон 273, 309, 347
- Прохоров А. М. 280
- радар (радиолокатор) 131
- «радди по»-и зарраи барқаманд 288, 351
- радиан 54
- радиоактивият 295
- радиоалока 73, 120
- радиолокатор 131
- радиомавҷҳо 101, 129
- радиопармосиш 130
- рангкӯрӣ (далтонизм) 179
- реактори атомӣ 327
- бозтавлидӣ 329
  - сарънейтрон 329
- реаксияҳои гармохастай (*вокунишҳои гармохастай*) 331
- Резерфорд Э. 269, 273, 301, 304, 311...
- резонанс 71
- резонансҳо 352
- Рёмер О. 144
- Рентген В. 239
- рентген (воҳиди воҷи тобиш) 241
- $p$ -нимноқилҳо 77
- робитаи акс 78, 85
- масса ва энергия 220
- ротор 89

- рӯшноӣ (табиъати рӯшноӣ) 139  
 рӯшноии кутбида (кутбишуда)  
     196  
 - монохроматӣ 227  
 - табиъӣ 196  
 - ҳамворкутбида (ҳамворкутби-  
 шуда) 196  
 - якбасомад (якранг, монохро-  
 матӣ) 227  
 сарҳадди сурхи фотопадида 254  
 сатҳи мавҷӣ 114, 148  
 Сахаров А. 335  
 Свейг Ч. 352  
 сели индуксияи магнитӣ (сели  
 илқои магнитӣ) 8, 13  
 силсила (тайфӣ)-и Балмер 277  
 силоҳи атомӣ 334  
 системаи ларзишзо 40, 110  
 - худларз 76  
 Склодовская-Кйурӣ М. 295, 296  
 Скобелсин Д. В. 291  
 собити Планк 248  
 Соддӣ Ф. 301, 303, 307  
 софӣ (филтр)-и чараён 125  
 спектр (тайф) 167  
 спектрограф (тайфнигор) 230  
 спектроскоп (тайфнамо) 230  
 Столетов А. Г. 249  
 суратгирӣ (фотография) 264  
 суръати мавҷ 103, 109  
 - мавҷҳои электромагнитӣ 113  
 - нур (рӯшноӣ) 144  
 тайф (спектр) 227  
 -и бефосила 231  
 - наворӣ 233, 245  
 - рахрах 232  
 - фурӯбурд 233  
 танвири асбобҳои оптикӣ 181  
 таъсири мутақобили зӯр 313,  
     350  
 - - сӯст 358  
 - - ҷозибавӣ 357  
 - - электромагнитӣ 314, 357  
 - - электросӯст 360  
 таҳлили тайфӣ (таҳлили  
 спектрӣ) 234  
 таҳмил (модулятсия)-и ларзиш  
     121  
 таҷрибаи Майкелсон ва Морли  
     164  
 - Йунг (Юнг) 185  
 - Резерфорд 269  
 - Физо 146  
 телевизион 133  
 Тимирязев К. А. 263  
 тобиши илқошуда = тобиши  
 маҷбурӣ 281, 284  
 - инфрасурх (фурӯсурх) 236, 24  
 - катодӣ 239  
 - маҷбурӣ 280  
 - рентгенӣ 239  
 - ультрабунафш (фаробунафш)  
     236  
 - хароратӣ 224  
 - электромагнитӣ 244  
 Томсон Ч. Ч. 269, 307  
 транзистор 75, 85  
 трансформатор 90, 100  
 -и бабор 92  
 - бебор 90  
 тритий 308, 331  
 умри миёнаи моддаи радиоак-  
     тив 305  
 - эмулсияҳои ғафскабат 293  
 Фабрикант В. А. 280  
 фази ибтидоии ларзиш 53  
 - ларзиш 53, 56  
 Фарадей М. 4, 12  
 фарзияи Максвелл 15, 29  
 - Планк 247



- фаъолияти моддаи партавзо (радиоактив) 305  
 Фермӣ Э. 320, 329, **330**  
 ферритҳо 18  
 Физо И. 146  
 фишори рӯшноӣ 241  
 Флеров Г. Н. 323  
 формулаи Томсон 51  
 - Эйнштейн 220  
 фотография – ниг. *Сурагирӣ*  
 фотолуминесценс 226  
 фотон 255, 267, 347, 359  
 фотоолат (фотоэлемент) 258, 268  
 фотопадада (фотоэффект) 112, 249  
 фотосинтез 264, 268, 337  
 фотоэмулсия 293  
 Френел О. 186, **187**  
 Фриш О. 321  
 худ-индуксия (худ-илко) 40, 41, 68  
 хадронҳо хадронҳо 351  
 Ҳайзенберг Б. 313, 361  
 хайуло 357  
 халқаҳои Ньютон 176  
 Ҳанн О. 321  
 ҳастаи атом 269, 288, 313  
 ҳенрӣ (воҳиди индуктивият) 26, 33  
 Ҳертз Ҳ. **113**, 138, 141, 206, 249  
 гертз (воҳиди басомад) 51  
 ҳечшуд (анниҳилатсия)-и зарра-антизарра 352  
 ҳисобгираки Гейгер 288  
 Ҳйуйгенс К. 140, 148, **150**, 169, 186  
 ҳосили энергияи вокуниши ҳастаӣ 318  
 хубобкамера 292  
 чакра-моделӣ ҳастаи атом 322  
 Чедвик Ч. 310, 344  
 Черенков П. А. 226  
 ҷараёни индуксионӣ 6, 9, 17  
 - сер 251  
 ҷараёнҳои Фуко 17  
 шабакаи парош (панҷараи дифраксионӣ) 191  
 - умумии барқ (энергосистема) 99  
 шасти ҳаракат (инертиа) 24, 141, 194  
 шиддати мавҷҳо 114  
 шикасти рӯшноӣ 151  
 шкалаи тобиши эл-магнитӣ 243  
 Штрассман Ф. 321  
 шуоъбеморӣ 340  
 шуоъи рӯшноӣ 142  
 шуоълокатор 284  
 шуоълӯла 159  
 Эйнштейн А. **207**, 208, 221, 253, 280, 359  
 электролуминесценс 225  
 электрон 347  
 электронвольт 276  
 энергияи атомӣ 333  
 - бандиш 314  
 - -и ҳос (вежа) 316  
 - мавҷ 103  
 - майдони магнитии ҷараён 27  
 - оромиш (энергияи сокин) 221  
 эфир 140, 193, 198, 206  
 Яблочков П. Н. 90

## МУНДARIЧА

Андарз .....	3
--------------	---

### ИЛЮМИНИ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

#### Боби 1. Индуксияи электромагнитӣ

§1. Кашфи индуксияи электромагнитӣ .....	4
§2. Сели магнитӣ .....	8
§3. Самти чараёни индуксионӣ. Қоидаи Ленс .....	9
§4. Қонуни индуксияи электромагнитӣ.....	12
§5. Майдони электрикии тӯфонӣ.....	15
§6. Қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и индуксия дар нокили ҳаракатманд .....	19
§7. Микрофони электродинамикӣ.....	22
§8. Худ-индуксия (худ-илқо). Индуктивият қ.....	23
§9. Энергияи майдони магнитии чараён.....	27
§10. Майдони электромагнитӣ.....	28
Намунаи ҳалли ду масъала .....	32
Машқи 1.....	33
Муҳимтарин хулосаҳои боби якум.....	34

#### Боби 2. Ларзишҳои электромагнитӣ.

§11. Ларзишҳои электромагнитии озод ва маҷбурӣ.....	37
§12. Контури ларзишзо. Табдили энергия дар ларзишҳои электромагнитӣ.....	40
§13. Шабоҳати байни ларзишҳои механикӣ ва электромагнитӣ .....	43
§14. Муъодилаи ташхиси рӯйдодҳои контури ларзишзо.....	45
§15. Ларзишҳои мавзун. Домана (амплитуд)-и ларзиш. Давр ва басомади ларзиш.....	48
§16. Фази ларзиш .....	53
§17. Чараёни электрикии тағйирёбанда.....	57
§18. Муқовимати фаъол. Қиматҳои самарбахши	



кувваи ҷараён ва волтаж .....	60
§19. Конденсатор дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда.....	64
§20. Ғалтаки индуктивият (илқоғалтак) дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда.....	67
§21. Резонанс дар занҷири электрикӣ.....	71
§22. Генератори батранзистор. Ларзишҳои худбахудӣ (автоларзишҳо).....	75
Намунаи ҳалли масъалаҳо.....	81
Машқи 2.....	83
Муҳимтарин хулосаҳои боби дуюм.....	84

### Боби 3. Истеҳсол, интиқол ва истифодаи энергияи электрикӣ

§23. Тағлиди энергияи электрикӣ.....	86
§24. Трансформатор.....	90
§25. Истеҳсол ва истифодаи энергияи электрикӣ.....	93
§26. Интиқоли энергияи электрикӣ.....	97
Машқи 3.....	99
Муҳимтарин хулосаҳои боби сеюм.....	99

### Боби 4. Мавҷҳои электромагнитӣ

§28. Рӯйдодҳои мавҷӣ.....	101
§29. Мавҷҳои электромагнитӣ.....	105
§30. Кашфи таҷрибавии мавҷҳои электромагнитӣ.....	109
§31. Зичии сели тобиши электромагнитӣ.....	113
§32. Ихтироҳои радио.....	117
§33. Қоидаҳои бунлодӣ (принсипҳо)-и радиоалоқа.....	120
§34. Мавҷҳо чӣ тавр таҳмил карда ва детектиронида мешаванд.....	122
§35. Хосиятҳои мавҷи электромагнитӣ.....	126
§36. Густариши радиомавҷҳо.....	129
§37. Радиопармосиш .....	130
§38. Тасаввуроти умумӣ дар бораи телевизион.....	133
§39. Рушди воситаҳои алоқа .....	136
Машқи 4.....	137
Муҳимтарин хулосаҳои боби чаҳорум.....	137

## ОПТИКА

Такомули ақидаҳо дар бораи табиъати рӯшноӣ.....139

### Боби 5. Мавҷҳои рӯшноӣ.

§40. Суръати нур (суръати рӯшноӣ).....	144
§41. Қоидаи (бунлодии) Хйуйгенс. Қонуни инъикоси рӯшноӣ .....	148
§42. Қонуни шикасти рӯшноӣ (нур).....	150
§43. Инъикоси пурра .....	156
Намунаи ҳалли масъалаҳо.....	160
Машқи 5.....	164
§44. Дисперсияи рӯшноӣ.....	166
§45. Интерференс (тадохул)-и мавҷҳои механикӣ.....	169
§46. Интерференс (тадохул)-и рӯшноӣ.....	174
§47. Баъзе татбиқҳои интерференси рӯшноӣ.....	180
§48. Дифраксияи мавҷҳои механикӣ.....	183
§49. Дифраксияи рӯшноӣ (пароши рӯшноӣ) .....	186
§50. Панҷараи дифраксионӣ (шабакаи параш).....	191
§51. Арзияти мавҷҳои рӯшноӣ. Қутбиш (поляризация)-и рӯшноӣ.....	193
§52. Арзияти мавҷҳои рӯшноӣ ва назарияи электромагнитии рӯшноӣ.....	197
Намунаи ҳалли масъалаҳо.....	199
Машқи 6.....	201
Муҳимтарин хулосаҳои боби панҷум.....	201

### Боби 6. Ҷузъиёти назарияи нисбият.

§53. Қонунҳои электродинамика ва қоидаи аслии нисбият (принсипи нисбият) .....	204
§54. Постулатҳои назарияи нисбият.....	208
§55. Нисбияти ҳамзамонӣ .....	210
§56. Натиҷаҳои асосие, ки аз постулатҳои назарияи нисбият бармеоянд.....	213
§57. Вобастагии масса (ҷирм) ба суръат. Динамикаи релятивӣ.....	216
§58. Робитаи байни масса ва энергия.....	220



Машки 7.....	222
Муҳимтарин хулосаҳои боби шашум.....	222

## **Боби 7. Тобишҳо тайфи онҳо**

§59. Навъҳои тобиш. Манбаъҳои рӯшноӣ.....	224
§60. Тайфҳо (спектрҳо) ва асбобҳои тайфсанҷӣ.....	227
§61. Навъҳои тайфҳо (спектрҳо).....	231
§62. Таҳлили тайфи (спектри).....	234
§63. Тобиши инфрасурх (фурӯсурх) ва ултрабунафш (фаробунафш).....	236
§64. Тобиши рентгенӣ.....	238
§65. Шкалаи тобиши электромагнитӣ.....	243
Муҳимтарин хулосаҳои боби ҳафтум.....	244

## **ФИЗИКАИ КВАНТӢ**

Пайдоиши назарияи квантӣ.....	247
-------------------------------	-----

## **Боби 8. Квантҳои рӯшноӣ.**

§66. Падидаи фотоэлектрикӣ ( фотоэффeкт). .....	249
§67. Пояи назарии фотопадида .....	253
§68. Фотонҳо.....	255
§69. Истифодаи падидаи фотоэлектрикӣ.....	258
§70. Фишори рӯшноӣ.....	260
§71. Таъсири кимиёии рӯшноӣ. Суратгирӣ (аккосӣ).....	263
Машки 8.....	266
Муҳимтарин хулосаҳои боби ҳаштум.....	266

## **Боби 9. Физикаи атом**

§72. Сохти атом. Таҷрибаҳои Резерфорд.....	269
§73. Постулатҳои квантии Бор. Модели бории атом.....	274
§74. Мушкилоти назарияи Бор. Механикаи квантӣ.....	278
§75. Лазерҳо.....	279
Машки 9.....	285
Муҳимтарин хулосаҳои боби нухум.....	285

## Боби 10. Физикаи ҳастаи атом

§76. Усулҳои мушоҳида ва сабти зарраҳои бунёди.....	288
§77. Кашфи радиоактивият.....	294
§78. Алфа-, бета- ва гамма-тобиш.....	296
§79. Табдилоти радиоактивӣ.....	300
§80. Қонуни коҳиши радиоактивӣ. Даври нимкоҳиш.....	304
§81. Изотопҳо.....	307
§82. Кашфи нейтрон.....	309
§83. Сохти ҳастаи атом. Қувваҳои ҳастаӣ.....	312
§84. Энергия бандиши ҳастаҳои атомӣ.....	314
§85. Вокунишҳои ҳастаӣ.....	317
§86. Пора шудани ҳастаҳои уран.....	320
§87. Вокунишҳои ҳастаии занҷирӣ.....	323
§88. Реактори атомӣ.....	327
§89. Вокунишҳои гармоҳастаӣ (термоҳастаӣ).....	330
§90. Татбиқи энергияи атомӣ.....	333
§91. Ҳосил кардани изотопҳои радиоактив ва корбурди онҳо.	
§92. Асари биологии тобиши радиоактивӣ.....	340
Машқи 10.....	342
Муҳимтарин хулосаҳои боби даҳум.....	343

## Боби 11. Зарраҳои бунёди

§93. Се марҳала дар инкишофи физикаи зарраҳои бунёди.....	346
§94. Кашфи позитрон. Анти-зарраҳо.....	351
Муҳимтарин хулосаҳои боби ёздаҳум.....	353

## АҲАМИЯТИ ФИЗИКА ДАР ШАРҲИ БУНЁДИ ФИЗИКИИ ОЛАМ ВА ПЕШБУРДИ ИСТЕҲСОЛОТ

§95. Манзараи ягонаи физикии олам.....	355
§96. Физика ва инқилоби илмӣ-техникӣ.....	360



## Корхон - лабораторӣ

1. Омӯзиши падидаи индуксияи электромагнитӣ (илқои электромагнитӣ).....365
2. Муъайян кардани қобилияти шуоъшикании шиша.....366
3. Чен кардани дарозии мавҷи рӯшноӣ.....368
4. Мушоҳидаи тайфҳо (спектрҳо)-и бeфосила ва рахрах.....370
6. Омӯзиши «радди по»-и зарраҳои барқаманд.....371  
Чавоби машқҳо.....373  
Феҳристи ашхос ва мафҳумҳои асосӣ .....374