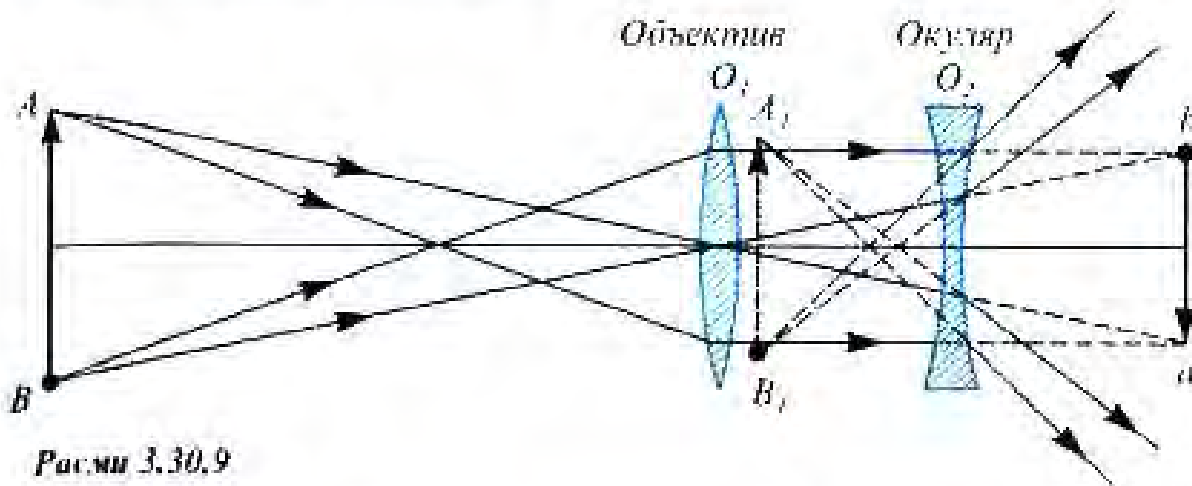


### 3.30.5. Дурбин

Дурбин асбоби оптикиест, ки барои мушоҳидаи объектҳои заминии дур истифода бурда мешавад. Дурбинро дар катори телескоп, дилдӯла низ меноманд. Дар расми 3.30.9 нақшаи ҳосилшавии тасвир дар лӯлаи Галилей номидашаванда нишон дода шудааст. Он аз линзаи ҷамъкунанда (объектив) ва линзаи ҷаркандакунанда (окуляр) иборат мебошад.



Расми 3.30.9

Аз предмети  $AB$  нурҳои рӯшноӣ ба объектив афтада, дар он ба ҳам наздик мешаванд. Ин нурҳо бояд тасвири хурду ҷаппан предмети  $AB$ -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 мавҷум ва ростан предмети  $A_1B_1$ -ро мебинем.

Дурбинҳои калонқунашон на он қадар зиёд, ки дурбинҳои театрий ном доранд, аз ду лӯлаи Галилей иборат мебошанд (расми 3.30.10).

Дурбинҳои калонқунашон зиёд, ки дурбинҳои сифарӣ ном доранд, аз ду лӯлаи Кеплер номидашаванда иборатанд (расми 3.30.11). Дар ин дурбинҳо системаи тасвирро ростакунанда аз ду призмае, ки дар онҳо инъикоси пурраи дохилии рӯшноӣ ба амал меояд, иборат аст.



Расми 3.30.10



Расми 3.30.11

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

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. Окуляри дурбин аз чӣ гуна линза иборат мебошад?
5. Дар дурбин тасвири предметро созад.
6. Дурбинҳо чанд хел мешаванд?
7. Дар бораи сохти дурбинҳои театри маълумот диҳед.

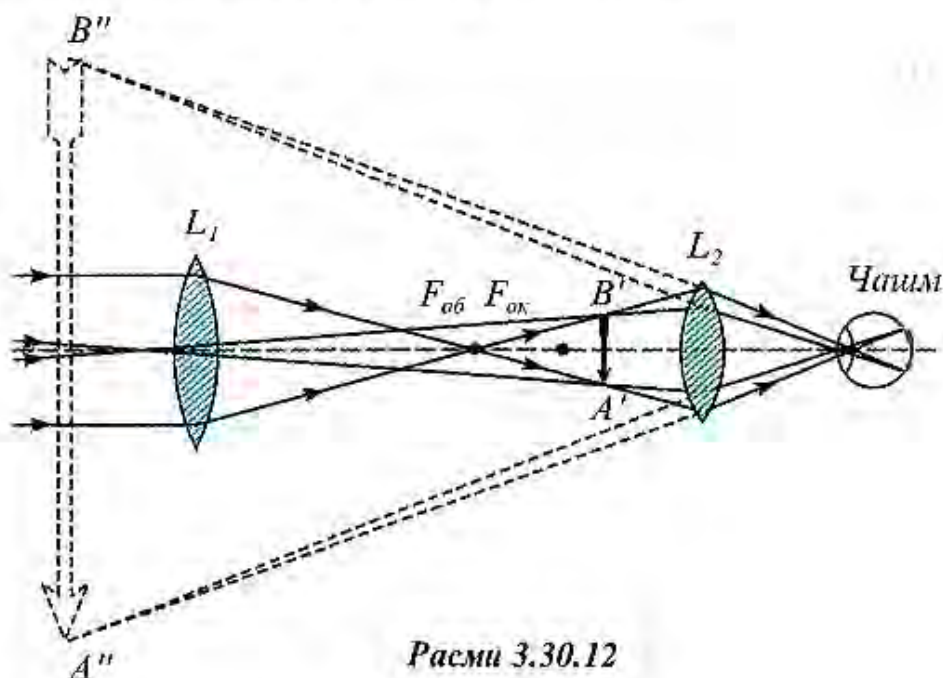
### 3.30.6. Телескоп

Дидлулаҳое, ки барои мушоҳидаи ҷирмҳои осмонӣ истифода бурда мешаванд, телескоп ном доранд. Телескоп аз объектив ( $L_1$ ) ва окуляр ( $L_2$ ) иборат аст. Объективи телескоп аз линзаи ҷамъкунандаи калонконуна ва окуляри он аз линзаи ҷамъкунандаи кӯтоҳконуна иборат мебошад. Объектив ва окуляр дар телескоп чунон ҷой гирифтаанд, ки конуни қафои объективи он бо конуни 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 лӯлаи 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 ғифаташ хеле баландро соли 1941 олими собиқ Иттиҳоди Шӯравӣ Ҷ.Д. Максутов ихтироъ кардааст, ки дар он камбудиҳои хеле зиёди рефлекторҳои Нютон ислоҳ шудаанд. Оинаи аз ҳама калон дар телескопи расадхонаи Архиз дар Кавкази Шимолӣ гузошта шудааст, ки диаметри он 6 м аст.

Аз телескопҳои ҳозиразамон дар расадхонаи пажӯҳишгоҳи астрофизикаи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон барои мушоҳидаи ҷирмҳои осмонӣ, алаҳхусус кометаҳо ва метеоритҳо истифода мебаранд.

Калонкунии телескоп ба нисбати масофаи қонунии объектив бар масофаи қонунии окуляри он баробар мебошад:

$$Г = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$$

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

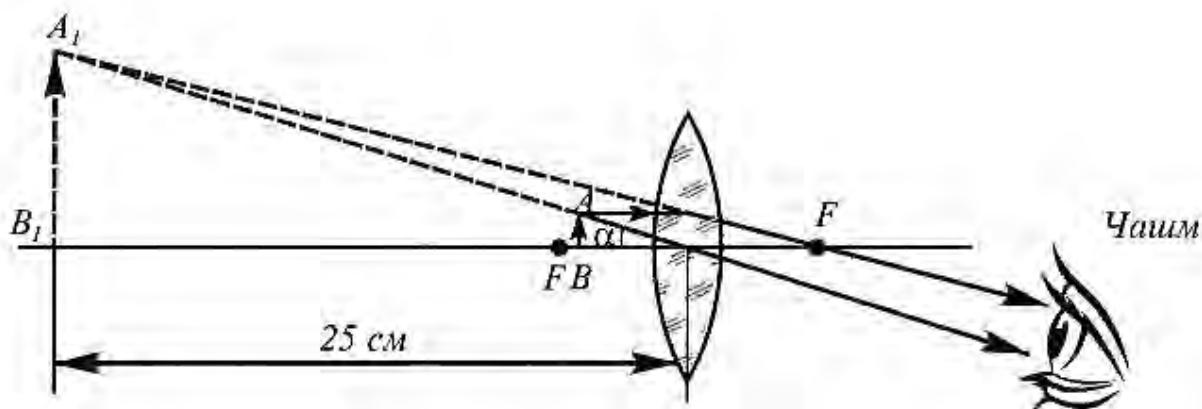
1. Телескоп ба кадом мақсад истифода бурда мешавад?
2. Телескоп аз кадом қисмҳо иборат аст?
3. Объектив ва окуляри телескоп аз чӣ гуна линзаҳо иборатанд?
4. Объектив ва окуляри телескоп нисбат ба якдигар чӣ тавр ҷойгир мебошанд?
5. Дар телескоп тасвири предметро созед.
6. Чӣ гуна телескопҳоро рефрактор ё лӯлаи 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?

### МАШҚ

1. Масофаи қонунии объективи телескоп 10 м ва окуляри он 5 см мебошад. Калонкунии телескопро муайян намоед. (Ҷавоб:  $Г = 200$  маротиба)
2. Агар масофаи асосии қонунии объектив 2 м ва калонкунии окуляр ба 5 баробар бошад, калонкунии телескопро ёбед. (Ҷавоб:  $Г = 400$  маротиба)

### 3.30.7. Пурбин

Пурбини оддӣ аз линзаи ҷамъкунандаи кӯтоҳконуна иборат аст. Пурбинҳои мураккаб аз якчанд линзаҳои ҷамъкунанда ташкил ёфтаанд. Ҳосилшавии тасвир дар пурбини оддӣ дар расми 3.30.13 нишон дода шудааст.



Расми 3.30.13

Предмети  $AB$  дар байни линза ва конуни он ҷойгир аст. Дар пурбин тасвири ростаи калонкардаи мавҳуми предмет  $A_1B_1$  бо чашм дида мешавад.

Пурбинро барои мушоҳидаи предметҳои хурд истифода мебаранд. Аз пурбин устоҳои соатсоз барои таъмири он истифода мекунанд. Мавқеи пурбинро чунон интихоб мекунанд, ки масофа аз он то тасвир ба масофаи бехтарини биниш баробар бошад. Барои чашми солим  $l_{\delta,\delta} = 25$  см аст.

Калонкуни пурбин ҳамчун нисбати масофаи бехтарини биниш бар масофаи конунии он муайян карда мешавад:

$$\Gamma = \frac{l_{\delta,\delta}}{F} .$$

Пурбини масофаи конуниаш 5 см андозаи предметро 5 маротиба калон мекунад. Пурбинҳо андозаи предметҳоро то 25 маротиба калон карда метавонанд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Аз пурбин бо кадом мақсад истифода мебаранд?
2. Пурбинҳо чанд намуд мешаванд?
3. Пурбинҳои оддӣ аз пурбинҳои мураккаб чӣ фарқ доранд?
4. Дар пурбин тасвири предметро созад.
5. Ҳангоми кор бо пурбин онро дар кадом мавқеъ нигоҳ медоранд?
6. Калонкунии пурбин аз рӯи кадом формула ҳисоб карда мешавад?
7. Пурбинҳо аз ҳама зиёдтар андозаи предметҳоро то чанд маротиба калон мекунанд?

#### МАШҚ

1. Пурбини масофаи конуниаш 2,5 см андозаи предметро чанд маротиба калон мекунад? (Ҷавоб:  $\Gamma = 10$  маротиба)
2. Дар пурбин предмет 8,33 маротиба калон карда мешавад. Масофаи конунии пурбинро муайян намоед. (Ҷавоб:  $F = 3$  см)

Мувофиқи тадқиқотҳои Максвелл рӯшноӣ мавҷи электромагнитӣ мебошад.

Рӯшноӣ барои ҳаёти инсон ва ҳайвонот ва наботот аҳамияти калон дорад. Рӯшноӣро ҷисмҳо меафкананд. Ҷисмҳое, ки ба фазои онро ихтотакунанда рӯшноӣ мебароранд, манбаъҳои рӯшноӣ номида мешаванд. Манбаъҳои табиӣ ва сунъӣи рӯшноӣро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Яке аз қисмҳои оптика, ки қонунҳои паҳншавии энергияи рӯшноӣро дар муҳитҳои шаффоф дар асоси тасаввурот доир ба нури рӯшноӣ меомӯзад, оптикаи геометрӣ номида мешавад.

Дар муҳити якҷинсаи шаффоф рӯшноӣ ростхатта паҳн мешавад. Пайдоиши соя, яъне соҳае, ки ба он ҷо энергияи рӯшноӣ намерасад, дар асоси ростхатта паҳншавии рӯшноӣ шарҳ дода мешавад.

Яке аз қисмҳои оптика, ки усулҳои ҷенкунии энергияи нурафканиро меомӯзад, фотометрия номида мешавад. Мафҳумҳои асосии фотометрия сели рӯшноӣ, қувваи рӯшноӣ ва равшанӣ ба шумор мераванд.

Миқдори энергияи рӯшноӣ, ки ягон манбаъ дар воҳиди вақт ба ҳама самтҳо мебарорад, сели пурраи рӯшноӣи манбаъ номида мешавад.

Қувваи рӯшноӣи манбаъ  $I$  бузургие мебошад, ки бо нисбати сели рӯшноӣ  $\Phi$  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 рӯшноӣ 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 рӯшноӣи манбаи нуқтагӣ,  $R$  – масофа аз манбаъ то сатҳи равшаншаванда,  $\alpha$  – кунҷи афтиши нур ба сатҳ мебошад.

Қувваи рӯшноӣ бо канделаҳо, сели рӯшноӣ бо люменҳо ва равшанӣ бо люксҳо ҷен карда мешаванд.

Қонуни ростхатта паҳншавии рӯшноӣ дар муҳити якҷинсаи шаффоф, қонуни инъикос ва қонуни шикасти рӯшноӣ қонунҳои асосии оптикаи геометрӣ ба шумор мераванд.

Мувофиқи қонуни инъикоси рӯшноӣ нури афтида, нури инъикосшуда ва перпендикуляри дар нуқтаи афтиши нур ба ҳамвории инъикоскунанда гузаронида шуда, дар як ҳамворӣ меҳобанд ва кунҷи инъикоси нур ба кунҷи афтиши он баробар мебошад. Қонуни инъикос

имкониат медиҳад, ки дар оинаи ҳамвор ҳосилшавии тасвир шарҳ дода шавад.

Қонуни шикасти рӯшноӣ ин тавр таъриф карда мешавад: нурҳои афтанда, шикаста бо нормале, ки дар сарҳади тақсимои 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 собит аст:

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

дар ин ҷо  $n$  – нишондиҳандаи нисбии шикасти рӯшноӣ ё нишондиҳандаи шикасти муҳити дуюм нисбат ба муҳити якум 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 шартӣ 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.

Дасти нурҳои ба тири оптикии асосии оинаи куравии фуруҳамида параллел афтанда аз оина инъикос гардида, дар нуқтае бурида мешаванд, ки қонуни оина номида мешавад. Оинаҳои фуруҳамидаро оинаҳои ҷамъкунанда меноманд.

Оинаҳои куравии барҷаста дастаҳои рӯшноии ба тири оптикии асосӣ параллел афтандаро пароканда менамоянд, бинобар он, оинаҳои куравии барҷастаро оинаҳои парокандакунанда меноманд. Қонуни оинаи куравии барҷаста мавҳум ва дар болои тири оптикии асосӣ, дар паси оина, дар масофаи  $F = \frac{R}{2}$  аз қутби он меҳобад.

Алоқамандии масофа аз предмет то қуллаи оина  $d$ , масофа аз қуллаи оина то тасвир  $f$  ва масофаи қонуни 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 ҷамъкунанда ва парокандакунанда мешаванд. Қонуни линзаҳои ҷамъкунанда ҳақиқӣ ва қонуни линзаҳои парокандакунанда мавҳум мебошанд. Формулаи линзаҳо ба мисли формулаи оинаи куравӣ мебошад.

Барои қонуни ва тасвири мавҳум  $f$  ва  $F$  қимати манфӣ доранд.

Линзаҳо узви асосии як қатор асбобҳои оптикӣ – айнак, суратгирак, микроскоп, дурбин, телескоп ва пурбин ба шумор мераванд ва кори онҳо ба қонунҳои 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 қимат хурд мебошад. Шикасти рӯшноӣ дар сарҳади ду муҳит натиҷаи тағйирёбии суръати он ҳангоми аз як муҳит ба муҳити дигар гузаштан мебошад. Нишондиҳандаи нисбии шикасти ду муҳит ба нисбати суръатҳои рӯшноӣ дар ин муҳитҳо баробар аст. Нишондиҳандаи шикасти рӯшноӣ ба ранги рӯшноӣ вобаста аст. Ранги рӯшноӣ бошад, бо басомади лапшиш (ё дарозии мавҷи рӯшноӣ) муайян карда мешавад. Вобастагии нишондиҳандаи шикасти рӯшноӣ ба басомади лапшиш дисперсияи рӯшноӣ номида мешавад. Дисперсия боиси дар призма ба спектр ҷудо шудани рӯшноии сафед мегардад.

Ҳангоми болои ҳам ҳобидани 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. Шарти максимумҳои дифраксионии спектрии бо ёрии панҷараи дифраксионӣ ҳосилшуда намуди зерин дорад:

$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

дар ин ҷо  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ , тартиби максимумҳо,  $d$  – даври панҷара,  $\varphi$  – кунҷе, ки дар таҳти он максимумҳо мушоҳида мешаванд,  $\lambda$  – дарозии мавҷ аст.

Ҳодисаҳои интерференсия ва дифраксияи рӯшноӣ хосияти мавҷӣ доштани рӯшноиро тасдиқ менамоянд.

## Боби 4

# МОДЕЛИ АТОМ ВА ЯДРОИ АТОМ

### 4.1. Ҳодисаи фотоэффeкт ва татбиқи он



**Макс Планк (1858–1947)** – физик, назариятчи бузурги олмонӣ. ӯ асосгузори назарияи квантӣ – назарияи муосири ҳаракат, таъсири мутақобила ва тағдилоти ҳамдигарии зарраҳои элементарӣ мебошад. Соли 1900 фарзияе пешниҳод кард, ки мувофиқи он энергияи осциллятор (системаи дар лапшии гармоникӣ буда) қиматҳои дискретӣ ба басомади лапшиш  $\nu$  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 сахми басазо дорад.

Фотоэффeкт яке аз ҳодисаҳои мебошад, ки хосияти квантӣ доштани рӯшноиро тасдиқ менамояд.

Дар охири асри XIX ва аввали асри XX дар физика якчанд кашфиётҳои бузург пайдо шуданд, ки дар асоси қонунҳои физикаи классикӣ маънидод кардани онҳо имконнопазир буд. Ба ҷумлаи ин кашфиётҳо ҳодисаи фотоэффeкт, афканишоти нурҳои рентгенӣ, радиоактивият, кашф шудани зарраҳои элементарӣ ва ғайраҳо дохил мешаванд. Дар байни онҳо проблемаи 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 сиёхро пурра маънидод кард. Баъдтар квантҳои рӯшноиро фотонҳо номиданд.



Хамин тавр, Планк ба таҳкурсии иморати физикаи квантӣ хишти аввалинро гузошт ва физикаи микролабро тавлид намуд. Фотон ба монанди дигар зарраҳо энергия, масса ва импульс дорад.

Энергияи кванти рӯшноӣ (фотон)  $E$  ба басомади лапшиш  $\nu$  мутаносиб мебошад:

$$E = h\nu, \quad (4.1.1)$$

дар ин ҷо  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Ч} \cdot \text{с}$  – *собитти* Планк ном дорад.

Массан фотон аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}. \quad (4.1.2)$$

Азбаски фотон танҳо ҳангоми ҳаракат мавҷуд аст ва бо суръати рӯшноӣ ҳаракат мекунад, массан оромӣ надорад. Бо ин хосияташ фотон аз дигар зарраҳои муқаррарӣ фарқ мекунад.

Импулси фотон баробар мебошад:

$$P = mc = \frac{h\nu}{c}. \quad (4.1.3)$$

Дар асоси фарзияи Планк як қатор ҳодисаҳо, аз он ҷумла ҳодисаи фотоэффект пурра маънидор карда шуд. Ҳодисаи фотоэффект дар қатори дигар ҳодисаҳо тасдиқ намуд, ки рӯшноӣ ба хосияти корпускулӣ дорост ва аз сели зарраҳо иборат аст.

**Ҳодисаи бо таъсири рӯшноӣ аз моддаҳо ҷада шуда баромадани электронҳоро фотоэффект меноманд.**

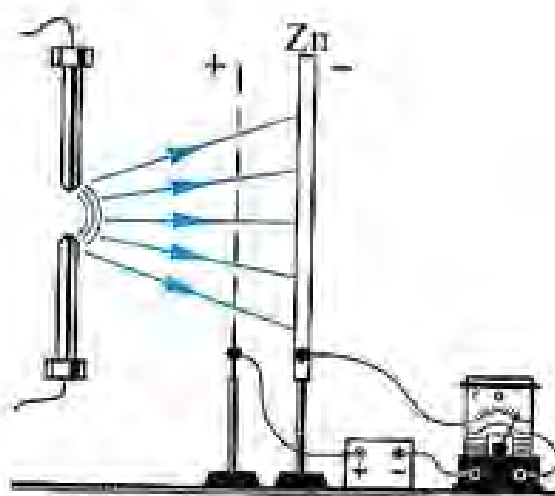
Ҳодисаи фотоэффектро соли 1887 Ҳ. Ҳертс кашф намуд. Соли 1888 олими рус А. Г. Столетов ба омӯзиши ҳодисаи фотоэффект оғоз намуд.

Дастгоҳи таҷрибавие, ки Столетов ҳодисаи фотоэффектро омӯхтааст, дар расми 4.1.1 нишон дода шудааст.

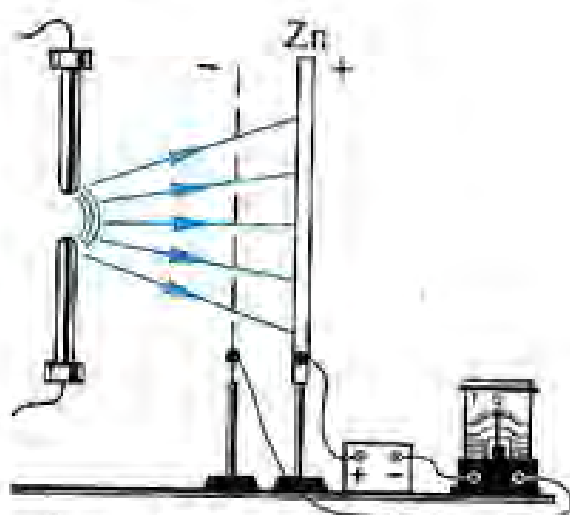
Дар пешии лавҳаи тозакардашудаи рухӣ (синкӣ)  $Zn$  тӯри металлӣ ҷой дода шудааст ва ба воситаи он лавҳаи рухӣ аз қамони электрикӣ равшан карда мешавад.

Ҳангоми ба қутби манфии манбаи ҷараён пайваस्त кардани лавҳаи рухӣ дар занҷир ҷараёни электрикӣ пайдо мешавад ва онро гальванометр нишон медиҳад.

Ҳангоми лавҳаи синкиро ба қутби мусбати манбаи ҷараён пайваस्त кардан дар занҷир ҷараёни электрикӣ ҳосил намешавад



Расми 4.1.1



Расми 4.1.2



**Алберт Эйнштейн (1879–1955)** – физики бузурги асри XX. ӯ таълимоти нав дар бораи вақту фазо – назарияи махсуси нисбиятро бунёд кардааст. Эйнштейн ин назарияро барои системаҳои сарҳисоби ғайриинерсиалӣ татбиқ карда, назарияи умумии нисбиятро бунёд кард, ки он асоси назарияи ҳозиразамони ҷозиба мебошад. ӯ аввалин шуда тасаввуротро доир ба зарраҳои рӯшноӣ – фотонҳо ҷорӣ кард. Тадқиқоти Эйнштейн доир ба назарияи ҳаракати броунӣ боиси ғалабаи қатъии назарияи молекулярӣ – 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 қутби манфии манбаи ҷараён пайваст бударо фотокатод меноманд. Дар таҷрибаҳои А.Г. Столетов 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 маънидод карда мешавад, агар қабул карда шавад, ки модда рӯшноиро на танҳо бо квантҳо меафканд (мувофиқи фарзияи Планк), балки бо ҳамон гуна квантҳо фуру мебарад.

Мувофиқи ақидаи Эйнштейн энергияи қабулкардаи фотоэлектрон ба энергияи квант  $h\nu$  баробар мебошад. Дар асоси ин тасаввуротҳо Эйнштейн барои фотоэффект муодилаи зеринро пешниҳод намуд:

$$h\nu = A + \frac{m_e v^2}{2}, \quad (4.1.4)$$

дар ин ҷо  $A$  – кори бароварди электрон аз металл,  $\frac{m_e v^2}{2}$  – энергияи кинетикии фотоэлектрон мебошад.

Мувофиқи муодилаи Эйнштейн (4.1.4) энергияи квант (фотон)-и рӯшноии ба сатҳи металл афтанда барои иҷрои кори 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 эҳтиётии мошинҳо тайёр мекунанд, андозаи маснуотҳо назорат карда мешаванд ва сари вақт чароғҳои кўчаро фурузон мекунанд.

Асбобҳои, ки принципи корашон ба ҳодисаи фотоэффект асос карда шудааст, фотоэлементҳо, афзункунандаҳои фотоэлектронӣ, табдилдиҳандаҳои электронӣ – оптикӣ мебошанд.

Фотоэлементҳои аз нимноқилҳо сохташуда энергияи рӯшноиро ба энергияи электрикӣ табдил медиҳанд ва аз онҳо «Батареяҳои офтобӣ» тайёр менамоянд.

Аз афзункунандаҳои фотоэлектронӣ барои ченкунии сели рӯшноӣҳои хурд дар астрономияю спектрометрия ва ғайра истифода мебаранд.

Табдилдиҳандаи электронӣ – оптикӣ тасвири оптикӣ ё рентгенро ба электронӣ ва тасвири электрониро ба рӯшноӣ (дидашаванда) табдил медиҳад, инчунин онҳо дар лӯлаҳои телевизионӣ истифода бурда мешаванд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАКРОР

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 кашида, онро маънидод намоед.
6. Чӣ гуна ҷараёно фотоҷараён 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:*

$$\varepsilon = 9,93 \cdot 10^{-19} \text{ Ҷ}$$

*Ҳал.* Энергияи фотон баробар аст:

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$\lambda = ?$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Қиматҳои ададиро гузошта, ҳисоб мекунем:

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{9,93 \cdot 10^{-19} \text{ Ҷ}} \approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 2 \text{ мкм.}$$

*Ҷавоб:*  $\lambda \approx 0,2 \text{ мкм.}$

2. Энергияи фотони афканишоти рентгении дарозии мавҷаш  $1 \text{ \AA}$  чанд маротиба аз энергияи фотони рӯшноии дидашавандаи дарозии мавҷаш  $0,4 \text{ мкм}$  зиёд аст?

*Дода шудааст:*

$$\lambda_1 = 1 \text{ \AA} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 0,4 \text{ мкм} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

*Ҳал.* Энергияи фотонҳои нурҳои рентгенӣ ва рӯшноии дидашаванда мувофиқан баробаранд:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = ?$$

$$\varepsilon_1 = h \frac{c}{\lambda_1}$$

$$\varepsilon_2 = h \frac{c}{\lambda_2}$$

Баробарии яғмуро ба дуҷум тақсим намуда, ҳосил мекунем:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$$

Қиматҳои адади ро гузошта, ҳисоб мекунем:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{1 \cdot 10^{-10} \text{ м}} = 4 \cdot 10^3 \text{ маротиба.}$$

Ҷавоб:  $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = 4 \cdot 10^3$  маротиба.

3. Агар қори бароварди электрон ба  $30,2 \cdot 10^{-20}$  Ҷ баробар бошад, ҳангоми бо рӯшноии зарди дарозии мавҷаш  $0,590$  мкм равшан кардани сатҳи сезий аз он электронҳо бо кадом суръат мебароянд?

*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 қори 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:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2\left(h\frac{c}{\lambda} - A\right)}{m}}.$$

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2\left(6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с} \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,59 \cdot 10^{-6} \text{ м}} - 30,2 \cdot 10^{-20} \text{ Ҷ}\right)}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \approx 2,8 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

Ҷавоб:  $\vartheta \approx 2,8 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$

### МАШҚ

1. Энергияи фотонҳои мавҷҳои дарозтарин ( $\lambda = 0,75$  мкм) ва кӯтоҳтарини ( $\lambda = 0,4$  мкм) қисми намоёни спектрро муайян намоед. (Ҷавоб:  $2,6 \cdot 10^{-19}$  Ҷ;  $5 \cdot 10^{-19}$  Ҷ)
2. Импулси фотонро ёбед, ки энергияш ба  $6 \cdot 10^{-19}$  Ҷ баробар аст. (Ҷавоб:  $2 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с)
3. Энергияи кинетикӣ максималии фотоэлектронҳои аз калий ҳангоми бо рӯшноии дарозии мавҷаш  $345$  нм равшан кардан барояндаро муайян намоед. Қори бароварди электронҳо аз калий ба  $3,616 \cdot 10^{-19}$  Ҷ баробар аст. (Ҷавоб:  $2,13 \cdot 10^{-19}$  Ҷ)

## 4.2. Фотоэлементҳо

Амали кори фотоэлементҳо ба ҳодисаи фотоэффект асос карда шудааст. Дар фотоэлементҳо энергияи рӯшноӣ ба энергияи электрикӣ табдил меёбад ва онҳо чараёни электрикиро идора мекунанд.

Се намуди фотоэлементҳоро аз ҳамдигар фарқ менамоянд:

- 1) фотоэлементҳо бо фотоэффекти беруна;
- 2) фотоэлементҳо бо фотоэффекти дохилӣ;
- 3) фотоэлементҳои вентилю.

Фотоэлементҳои замонавӣ бо фотоэффекти берунӣ аз баллони шишагӣ иборат мебошад, ки қисми сатҳи дарунии он гайр аз сатҳи хурдакаке, ки чун «равзана» барои дохил гардидани рӯшноӣ хизмат менамояд, бо қабати тунуки металии кори баровардаш хурд пӯшонида шудааст (расми 4.2.1) ва он вазифаи катодро иҷро менамояд. Ба сифати анод ҳалқаи металии дар маркази баллони шишагӣ ҷойдодашуда хизмат мекунад.

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.

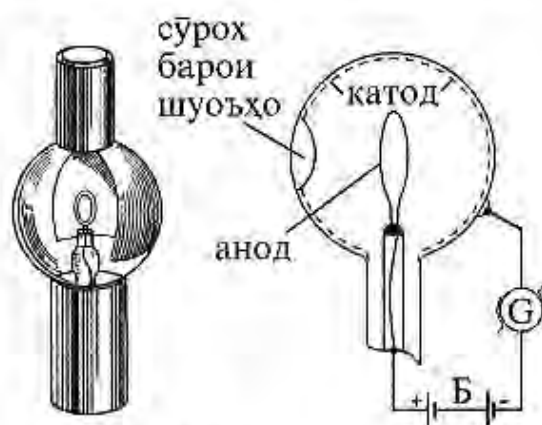
Фотоэлементҳои ҳозира рӯшноии намоён ва ҳатто нурҳои инфрасурхро ҳис менамоянд.

Аноди фотоэлементро ба қутби мусбати манбаи чараён васл мекунанд.

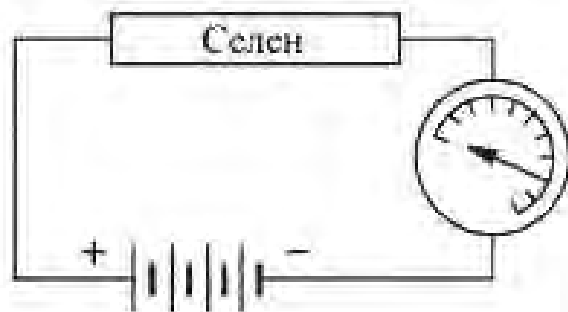
Ҳангоми ба катоди фотоэлемент афтидани рӯшноӣ дар занҷир реле ба кор мебарояд. Фотоэлементҳо дар якҷоягӣ бо релеҳо роли автоматҳои гуногуни «бинанда»-ро мебозанд. Аз ин гуна автоматҳо дар метроҳо барои бастану кушодани роҳи даромад истифода мебаранд.

Ин гуна автоматҳо барои пешгирии фалокатҳо дар фабрикаю заводҳо истифода бурда мешаванд. Агар дасти одам дар ҷои хатарноки дастгоҳ ҷойгир шавад, фотоэлемент фавран дастгоҳро аз ҳаракат нигоҳ медорад.

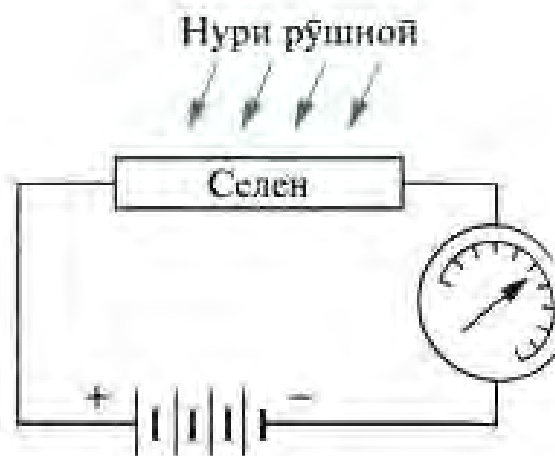
Бо ёрии фотоэлементҳо садои дар фотолавҳа сабтшударо аз нав мешунавонанд. Дар нимқилҳо фотоэффекти дохилӣ ба амал меояд ва онҳо татбиқи васеи амалӣ доранд. Ҳангоми фотоэффекти дохилӣ дар тахти таъсири рӯшноӣ электронҳо аз атоми модда ҷудо мешаванд ва онҳо дар дохили модда монда истода, электргузaronии онро зиёд мегардонад (муқовиматашон кам мешавад).



Расми 4.2.1



Расми 4.2.2



Расми 4.2.3

Агар аз лавҳаи селенӣ, манбаъ, миллиамперметр занҷире 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 нимноқияҳо рӯйдиханда истифода бурда мешаванд, фоторезисторҳо ё фотомуқовиматҳо меноманд. Аз фоторезисторҳо дар соҳаҳои гуногуни илму техника барои қайд кардани ҳатто селҳои сусти рӯшноӣ ва чен кардани ҳарорат истифода мебаранд.

Фотоэлементҳои нимноқилии кабаати русткунададор мавҷуданд, онҳоро фотоэлементҳои вентилий меноманд ва онҳо ҳамчун манбаъҳои ҷараён истифода бурда мешаванд. Аз фотоэлементҳои вентилий истифода бурда «Батареяҳои офтобӣ» месозанд.

Ҳамин тариқ, 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 чен кардани равшанӣ истифода мебаранд. Бо ёрии фотоэлементҳо сафедии матоҳо 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 принциби кори онҳо ба кадом ҳодиса асос карда шудааст?
2. Кадом намудҳои фотоэлементҳоро аз ҳамдигар фарқ мекунанд? 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, чиро меноманд ва онҳо чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?
6. Фотозлементҳо чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?

### 4.3. Сохти атом

Тасаввурот дар бораи сохти атомии моддаҳо аз давраҳои қадим дар байни олимони вучуд дошт. 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 тақсимнашаданда атомҳо таркиб ёфтааст.

Қайи кардан лозим аст, ки талабаи сохти атомии модда дар натиҷаи муборизаи дуру дароз ба амал омад.

Муқддати дуру дароз дар бораи сохти атомӣ доштани модда муборизаи байни ҷаҳонбинии материалистӣ ва идеалистӣ давом мекард. Дар аввалҳои асри XIX далелҳои таҷрибавӣ (ҳаракати броуний, таҷрибаи Перрен ва ҳодисаи диффузия) ба вучуд омаданд, ки сохти атомӣ доштани моддаҳоро тасдиқ карданд.

Атом хурдтарин ҳиссаи элементи кимиёӣ буда, ҳосиятҳои моддаҳо муайян менамояд, андоза ва массаи микроскопӣ дошта, микрозарра ба шумор меравад.

Дар охири асри XIX кашфиётҳои карда шуданд, ки сохти мураккаб доштани атомро тасдиқ намуданд. Махсусан ин баъди аз тарафи олими фаронсавӣ А. Беккерел соли 1896 бақайдгирини нурафкании намакҳои уран бараъло маълум гардид. Ин нурафкани баъдтар афканишоти радиоактивӣ ном гирифт. Қобилияти ионизатсиякунии нурафкани радиоактивиро омӯхта, соли 1899 олими англис Э. Резерфорд муқаррар намуд, ки ин нурафкани аз ду қисм иборат аст ва онҳоро  $\alpha$ - ва  $\beta$ -нурҳо номид. Ӯ исбот кард, ки  $\alpha$ -нурҳо аз сели зарраҳои мусбат заряднок иборатанд. Худи ҳамон сол А. Беккерел исбот намуд, ки  $\beta$ -нурҳо аз сели электронҳо иборат мебошад.

Тасдиқ гардидани сохти мураккаб доштани атом марҳилаи муҳимтарини ташаккулёбии физикаи муосир ба шумор меравад.

Дар асоси таҷрибаҳои аниқ муқаррар карда шуд, ки атом аз ядрои 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 атрофини ядрои атом даврзананда ба заряди ядрои 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

бо  $\alpha$ -зарраҳо муқаррар намуда буд. Азбаски электронҳо массаи хеле хурд доранд, массаи асосии атомро массаи ядроӣ он ташкил менамояд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

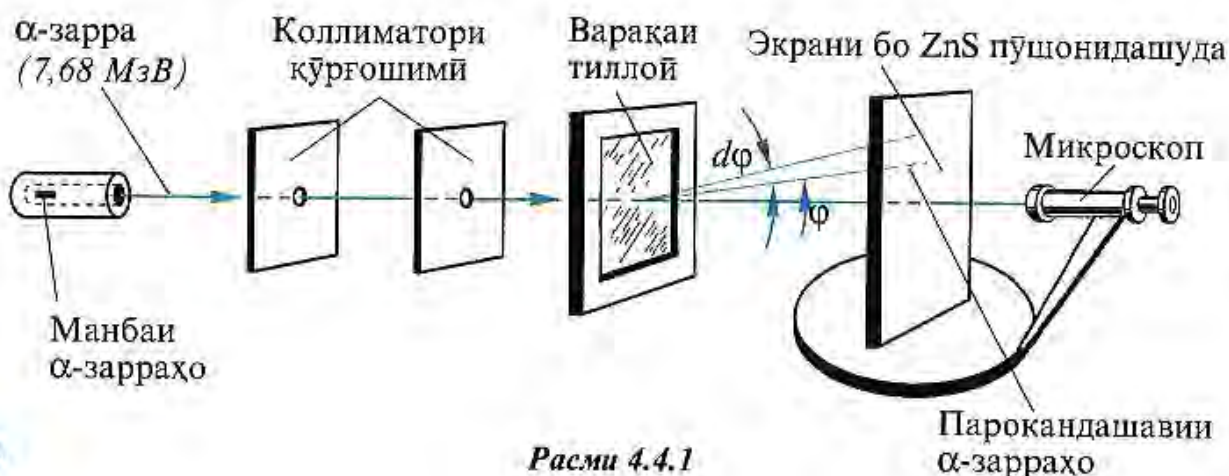
1. Тасаввурот дар бораи сохти атомӣ доштани моддаҳо дар замонҳои қадим кӣҳо пешниҳод карда буданд?
2. Кадом далелҳои таҷрибавӣ сохти атомӣ доштани моддаҳо тасдиқ намуданд?
3. То охири асри XIX дар бораи сохти атом чӣ гуна тасаввуротҳо мавҷуд буд?
4. Кадом ҳодиса сохти мураккаб доштани атомро тасдиқ намуд?
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 рои 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 рух 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 атрофии меҳвари аз маркази варақаи тиллоӣ гузаранда кӯчонида шавад, то ки зарраҳои



Расми 4.4.1



дар натиҷаи таъсири мутақобила бо атомҳои вараки металлӣ майлқунанда мушоҳида карда шаванд.

Таҷрибаҳои Резерфорд нишон доданд, ки қисми асосии  $\alpha$ -зарраҳо аз варакаи тиллоӣ бе таъсири мутақобила 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 баҳодихҳои 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.

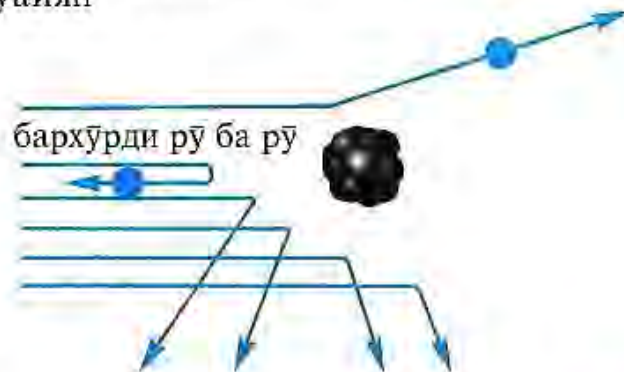
Барои атоми соддатарин (гидроген) заряди мусбати ядро аз рӯи модул ба заряди электрон баробар мебошад ва массаи он тақрибан 1836,1 маротиба аз массаи электрон зиёд аст.

Дар атрофи ядрои атоми гидроген як электрон давр мезанад ва радиуси мадори он андозаи атомро муайян менамояд (расми 4.4.3).

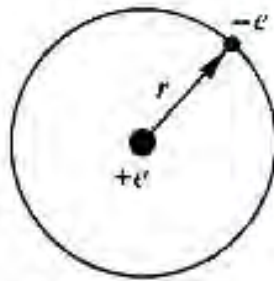
Мувофиқи модели сайёравӣ устувории атом шарҳ дода намешавад. Ҳаракати электрон аз рӯи мадор бо шитоб мебошад. Мувофиқи қонунҳои электродинамикаи Максвелл заряди бошитоб ҳаракатқунанда бояд бефосила нур афканад. Дар натиҷа электрон энергияашро талаф дода,



**Эрнест Резерфорд (1871–1937)** – физики бузурги англис, зодаи Зеландияи нав. Бо кашфиёти таҷрибавӣ Резерфорд ба таълимоти сохти атом ва радиоактивият асос гузошт. У аввалин шуда таркиби афканишоти моддаҳои радиоактивиро тадқиқ кард. Резерфорд мавҷудияти ядроҳоро кашф намуд ва нахустин бор ба таври сунъӣ табилии ядроҳои атомҳоро ба вуҷуд овард. Ҳама таҷрибаҳои ӯ характери фундаменталӣ доштанд, ниҳоят содда ва равшан буданд. Бисёр физикҳои боистеъдоди кишварҳои гуногун: Чемс Чэдвик (англис), Нилс Бор (даниягӣ), Пётр Капитса (рус) ва дигарон шогирдони ӯ буданд.



Расми 4.4.2



Расми 4.4.3

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 ангеҳта нашуданашон мавҷҳои электромагнитӣ наафканду дурудароз вучуд дошта 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 маънидодӣ ҳодисаҳо дар атом татбиқнашавандаанд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нақшаи таҷрибаи Резерфордро кашед, онро маънидод намоед.
2.  $\alpha$ -зарраҳо чӣ гуна зарраҳоянд?
3. Барои чӣ модели атоми пешниҳодкардаи Резерфордро модели сайёравии атом меноманд?
4. Модели сайёравии атом чӣ тавр ба қонунҳои электродинамикаи Максвелл мухолифат дорад?

### 4.5. Қабатҳои электронӣ

Чӣ тавре ки маълум гардид, мувофиқи модели сайёравӣ атоми 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 мадорҳоро қабатҳои электронӣ меноманд.

Муқаррар карда шудааст, ки шумораи аз ҳама зиёди электронҳоро дар қабатҳои электронӣ  $N$  аз ифодаи зерин муайян менамоянд:

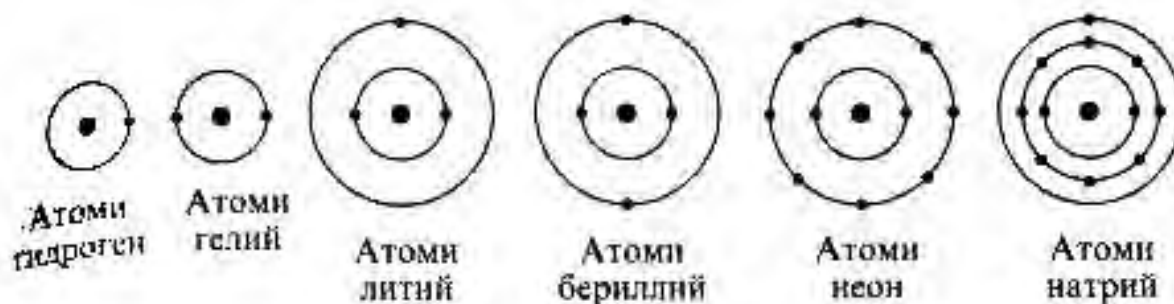
$$N = 2n^2, \quad (4.5.1)$$

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 ядроӣ он баробар мебошад.

Нақшаи соддаи 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 давра, 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 ҷойгир 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 мутақобилаи 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?
3. Дар қабати сеюми электронӣ аз ҳама зиёд чандто электрон мавҷуд буда метавонад?
4. Нақшаи ҷойгиршавии электронҳоро дар қабатҳои электронӣ барои атомҳои гелий, литий ва натрий кашаида 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 сайёравин атом нурафкани атомҳо шарҳ дода намешавад. Ин вазъияти беандоза душворро олими даниягӣ Нилс Бор бартараф намуда, барои маънидоли нурафкани ва нурфурӯбарии атомҳо соли 1913 ду постулат баён намуд.

**Постулати якуми Бор:** атомҳо ба он вигоҳ накарда, ки электронҳо дар онҳо бо шитоб ҳаракат мекунанд, дуру дароз дар ҳолатҳои мешаванд, ки нур намеафкананд. Ин ҳолатҳоро ҳолатҳои 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 дорони энергияи дилҳоқ шуда метавонад, зид мебошад. Ин постулат ба электродинамикаи Максвелл низ муҳолиф мебошад, чунки дар он ҳаракати бошитоби электрон бе афканиши мавҷҳои электромагнитӣ имконпазир доништа мешавад.



**Нилс Бор (1885–1962)** – физики бузурги даниягӣ. Нахустин назарияи квантии атомро барпо карда, ба бунёди восҳои механикаи квантӣ фаъолона иштирок кард. Бор дар офаридани назарияи атом ва реаксияҳои ядрои сахми бузург дорад. Ӯ инчунин назарияи таъзияи ядрои атомро, ки ҳангоми он энергияи ниҳоят зиёд хориҷ 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 атом нурафкани ё нурфурӯбарии 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 ангезиши атом меноманд.

Бо таъсири рӯшноӣ, нурҳои рентгенӣ, сели электронҳо ва ғайраҳо ба атом миқдори муайяни энергия дода, онро аз ҳолати асосӣ ба ҳолати бедоршуда гузаронидан мумкин аст.

Ҳангоми аз ҳолатҳои статсионарӣ энергияаш зиёд ба ҳолати статсионарӣ энергияаш кам гузаштани атом нурафкани ба амал меояд (расми 4.6.1. а).

Дар мавриди аз ҳолати статсионарӣ энергияаш хурд ба ҳолати статсионарӣ энергияаш калон гузаштани

атом нурфурубарӣ ба амал меояд (расми 4.6.1, а).

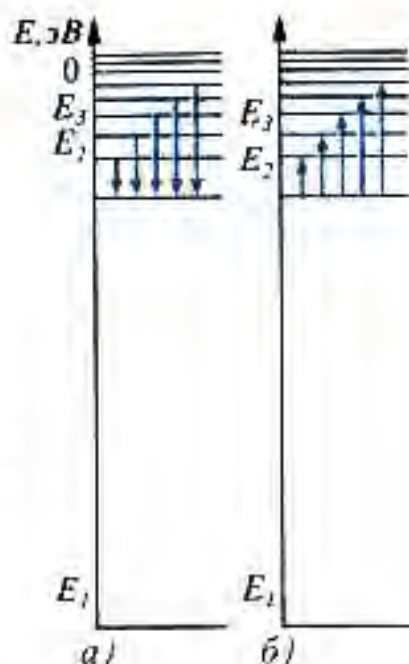
Энергияи фотони афканда ё фурубурда ба фарқи энергияҳои ду ҳолати статсионари атом баробар мебошад:

$$h\nu = E_m - E_n \quad (4.6.1)$$

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 фурубурдашударо муайян кардан мумкин аст:

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h} \quad (4.6.2)$$

Атом дар ҳолатҳои анgezонидашуда дуру дароз буда наметавонад ва аз ин ҳолат дар муддати ҳиссаҳои хурдтарини сония ба ҳолати статсионари асосӣ гузашта, нур меафканад.



Расми 4.6.1

#### САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар модели сайёравии атоми Резерфорд ҳангоми маънидоди ҳодисаи нурафканӣ кадом зиддиятҳо ба қайд гирифта ва онҳо чӣ тавр бартараф карда шуданд?
2. Постулатҳои Бор чӣ тавр таъриф дода мешаванд?
3. Ҳолати асосии атом гуфта, кадом ҳолати оғро меноманд?
4. Ҳолати анgezонидашудаи атом гуфта, кадом ҳолати оғро меноманд?
5. Кадом вақт нурафканиши атом ва кадом вақт нурфурубарии он ба амал меояд?
6. Энергияи фотони афкандашуда ва фурубурдашударо чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?

### 4.7. Спектрҳо

Дар охири асри XIX дар соҳаи омӯзиши спектрҳои хаттӣ ва маҳсули спектри гидроген муваффақиятҳои калон ба даст оварда шуд.

Ҳаҷҳои тунуқкардашуда 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 швейцарӣ И. Балмер спектри афканишоти гидрогенро омӯхта, барои ҳисоб намудани басомади силсилаи хатҳои спектри дар соҳаи дидашавандаи спектр формулаи зеринро пешниҳод намуд:

$$\nu = R \cdot c \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad (4.7.1)$$

дар ин ҷо  $c$  – суръати рӯшноӣ дар вакуум,  $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ 1/м}$  – собити Ридберг номида мешавад,  $n$  – адади бутун буда, қиматҳои 1, 2, 3, 4, 5, ..., ва  $m$  қимати  $n + 1$  қабул менамояд.

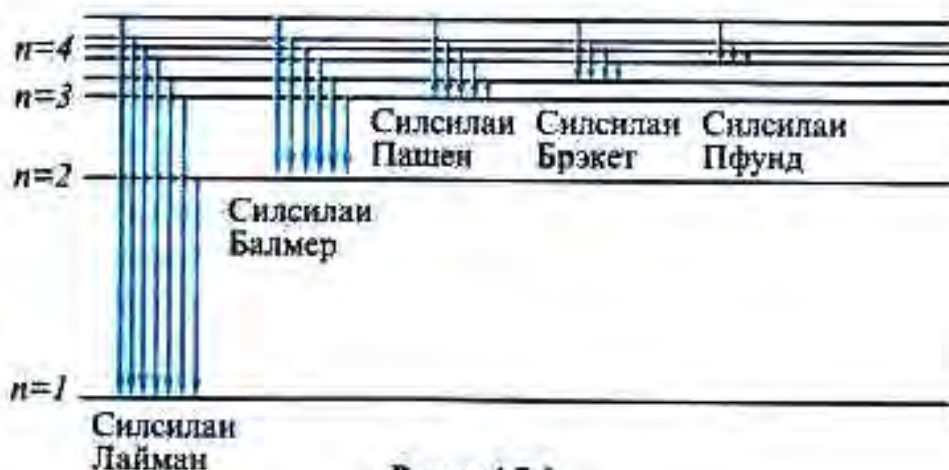
Баробарии (4.7.1) формулаи Балмер ном дорад. Модели сайёравии атоми Резерфорд ин қонунияти силсилаи хатҳои спектриро маънидод карда натавонист.

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 спектри ба қисми дидашавандаи спектри гидроген мувофиқ ояндаро силсилаи Балмер меноманд. Таҷқиқотҳои минбаъда нишон доданд, ки дар спектри гидроген боз яқчанд силсилаҳои хатҳои спектри мавҷуданд. Дар қисми ултрабунафши спектр силсилаи Лайман ва дар қисми инфрасурхи он силсилаҳои Пашен, Брэкет 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 –  $n = 1, \quad m = 2, 3, 4, \dots$
- Силсилаи Балмер –  $n = 2, \quad m = 3, 4, 5, \dots$
- Силсилаи Пашен –  $n = 3, \quad m = 4, 5, 6, \dots$
- Силсилаи Брэкет –  $n = 4, \quad m = 5, 6, 7, \dots$
- Силсилаи Пфунд –  $n = 5, \quad m = 6, 7, 8, \dots$



Дар расми 4.7.1 ба таври нақшавӣ ҳолатҳои статсионарӣ дар атоми гидроген ва гузариши байни онҳо, ки хатҳои спектри силсилаҳои гуногунро ба вуҷуд меоранд, оварда шудааст.

### САВОЛҶО 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 ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҶО

1. Ҳангоми коҳиши радиоактивӣ аз ядрои полоний  $\alpha$ -зарра бо суръати  $1,6 \cdot 10^7$  м/с мебарояд. Энергияи кинетикии  $\alpha$ -зарраро ёбед.

Дода шудааст:

Ҳал. Энергияи кинетикии  $\alpha$ -зарра баробар аст:

$$v = 1,6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

$$\epsilon = \frac{m_{\alpha} \cdot v^2}{2}$$

$$\epsilon = ?$$

$$m_{\alpha} = 6,664 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$\epsilon = \frac{6,644 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (1,6 \cdot 10^7 \text{ м/с})^2}{2} \approx 9,8 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ}$$

$$\text{Ҷавоб: } \epsilon \approx 9,8 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ}$$

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 спектро ёбед.

Дода шудааст:

Ҳал. Энергияи гумкардаи атом ба энергияи фотони афканда баробар аст:

$$\epsilon = 40,48 \cdot 10^{-20} \text{ Ҷ}$$

$$\epsilon = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = ?$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с}$$

Аз ин ҷо

$$\lambda = \frac{hc}{\epsilon}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Қиматҳои ададиро гузошта, ҳосил мекунем:

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{40,48 \cdot 10^{-20} \text{ Ҷ}} = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,49 \text{ мкм}$$

$$\text{Ҷавоб: } \lambda = 0,49 \text{ мкм}$$

### МАШҚ

1. Ҳангоми баровардани афканишоти намоён дар атоми гидроген электронҳо ба кадом мадорҳои статсионарӣ мегузаранд? Ҳангоми афканишоти ултрабунафш – чӣ? Инфрасурх – чӣ?

2. Ҳангоми аз мадори статсионари 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 саҳаҳии то ду раҳами қиматдор) ёбед, агар басомади калонтарини афканишот дар қисми намоёни спектри гидроген ба  $4,8 \cdot 10^{14}$  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 шваҳараш 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 ғайраро 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 фаронсаӣ А. Беккерел кашф намуда буд. Беккерел муқаррар кард, ки уран ва пайваस्ताгҳои он нурҳои номаълум меафкананд ва онҳо нурҳои урани номида шуданд.

Беккерел фотолавларо ба коғаз гафси сиёҳ печонда, ба рӯи он гурӯшаҳои намаки уранро гузошт.

Баъди зохиргардонии фотолавларо маълум гардид, ки чойҳои намакхобидаи он сиёҳ шудаанд. Маълум шуд, ки уран як навъ нурҳои меафканад, ки ба монанди нурҳои рентгенӣ аз ҷисмҳои ношаффоф гузашта, ба фотолавларо таъсир мекунад.

Ҳамин тарик, маълум гардид, ки намакҳои уран худ аз худ нур меафкананд. Беккерел ошкор намуд, ки афканишоти намакҳои уран ба монанди нурҳои рентгенӣ хаворо ионизатсия мекунад ва электроскопро безаряд мегардонанд.

Соли 1898 Мария Кюри ва ҳамсараш Пер Кюри афканишот



ти «Нурҳои уранӣ»-ро дар торӣ кашф карданд. Хангоми 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. Массая атоми нисбии радий ба 226 баробар буда, дар ҷадвали Менделеев дар ҷои 88-ум ҷойгир мебошад. То кашфи Кюриҳо ҷои радий дар ҷадвали Менделеев холӣ буд.

Баъдтар маълум гардид, ки ҳамаи элементҳои кимиёӣ рақами тартибашон аз 83 калон моддаҳои радиоактив ба шумор мераванд.

Хангоми афканишот моддаҳои радиоактив аз худ зарраҳои бунёдӣ 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.

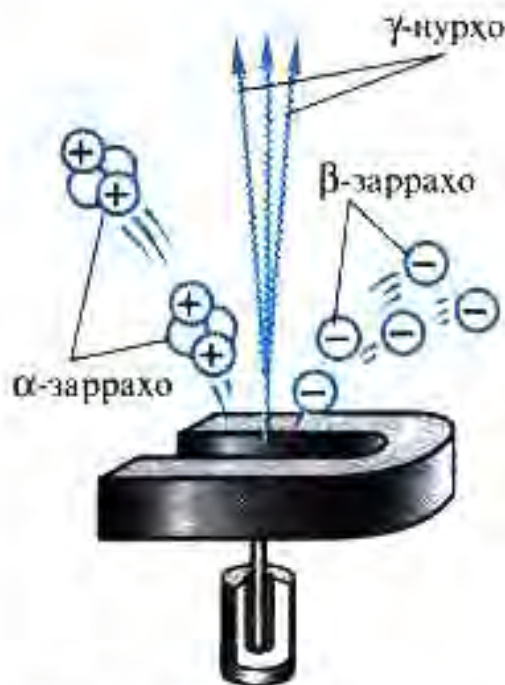
Радиоактивият табиӣ ва сунъӣ мешавад. Радиоактивияте, ки барои изотопҳои моддаи радиоактив дар шароити табиӣ мушоҳида мешавад, радиоактивияти табиӣ номида мешавад. Радиоактивияти изотопҳои, ки дар натиҷаи реаксияҳои ядрӣ ба амал меояд, радиоактивияти сунъӣ номида мешавад. Дар байни радиоактивияти табиӣ ва сунъӣ фарқи кулӣ мавҷуд нест. Ҷараёни табдилёбии радиоактивӣ дар ҳарду маврид ба як ҳел қонун итоат мекунад.

#### САВОЛҶО 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 ионизатсиякунонии афканишоти радиоактивиро омӯхта истода, соли 1899 Резерфорд муқаррар намуд, ки он гайриҷакчинса буда, аз ду қисм иборат аст ва онҳоро  $\alpha$ - ва  $\beta$ -нурҳо номид. Резерфорд исбот намуд, ки  $\alpha$ -нурҳо сели ядроҳои атоми гелий мебошанд. Худи ҳамон сол А. Беккерел аз сели электронҳо иборат будани  $\beta$ -нурҳоро исбот намуд.



Рисми 4.9.1

дастаи зарраҳои мусбат заряднок,  $\beta$ -зарраҳо чун дастаи зарраҳои манфӣ заряднок тамоил меҳуранду ба  $\gamma$ -афканишот майдони магнитӣ таъсир намекунад.

Соли 1903 Э. Резерфорд ва корманди ӯ Ф. Содди муқаррар намуданд, ки ҳодисаи радиоактивият бо 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 якчанд сол давом меёбад.

$\gamma$ -нурҳо нисбат ба нурҳои рентгенӣ қобилияти қалони аз модда гузарандагӣ доранд ва дар шкалаи мавҷҳои электромагнитӣ пас аз нурҳои рентгенӣ ҷойгиранд. Суръати паҳншавии  $\gamma$ -нурҳо чун дигар мавҷҳои электромагнитӣ қариб ба 300 000 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 афканда 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 андозан қалон доранд. Вобаста ба ин ядроҳои вазнин устувории хурд доранд, чунки қувваҳои ҷозибаи ядрои кӯтоҳтаъсиранд ва бо афзоиши андозан ядроҳо суст мегарданд. Дар натиҷаи ҷараёнҳои дар дохили ядроҳои вазнин гузаранда барои таҷзияи он шароити мусонд ба амал меояд ва он

Соли 1900 физики фаронсаӣ П. Виллард муқаррар намуд, ки ба таркиби нурҳои радиоактивӣ таъкиддиҳандаи 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 тарик, 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

Бо афканиши  $\alpha$ -зарра ( $\alpha$ -таҷзия) анҷом меёбад. Баъди афканиши  $\alpha$ -зарра устувори ядро калон мегардад.

$\alpha$ -зарраҳо қобилияти гузарандагӣ хурд доранд, онҳоро бо варакаи қоғаз низ нигоҳ доштан мумкин аст, чунки андозаи нисбати калон доранд.  $\alpha$ -зарраҳо ҳаворо ионизатсия мекунанд.

Ҳангоми  $\beta$ -афканишот ( $\beta$ -таҷзия) ядрои баъзе элементҳо электрон ва зарраи безаряди массаи хеле хурд дошта - антинейтрино меафкананд.

Ин ҳодиса таъҷубовар мебошад, чунки ҳангоми ҳодисаи радиоактивӣ ядро электрон меафканад, қадоме, 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 таъдирҳои нейтронҳо ба протону электрон дар ядроҳо ба амал меоянд, ки шумораи зиёди нейтронҳо доранд.

$\beta$ -зарраҳо нисбат ба  $\alpha$ -зарраҳо қобилияти гузаронандагӣ анҷом калон мебошад.

Исбот гардидааст, ки  $\gamma$ -нурҳо ба ҳуҷайраҳои зинда таъсири манфӣ мерасонанд. Ин имконият медуҳад, ки  $\gamma$ -нурҳои радиёро дар тиб барои табобати касалии саратон (рак) истифода баранд. Барои аз таъсири харобиовари  $\gamma$ -нурҳо ҳалос гардидан моддаи радиоактивро дар дохили кутихон деворғафси қӯрғошимӣ нигоҳ медоранд.

Миқдори зиёди афканишоти радиоактивӣ ба организм 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 меафтад.

Дар таҳти таъсири миқдори зиёди нурҳои радиоактивӣ барвақт пиршавии организм ба амал меояд, муқобилияти организм ба касалиҳои сирояткунанда паст мегардад ва мумкин аст, ки варамаҳои саратон ба вучуд ояд. Касалии нурӣ ба наслҳои шахсон ба он гирифтӣ гардида таъсири манфӣ мерасонад, онҳоро носолим мегардонад ва ҳатто ғайримуқаррарӣ таваллуд мешаванд.

Бинобар 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 гирифтӣ мумкин нест, барои гирифтани онҳо қалақҳои махсуси дастҳои дароз дошта истифода бурда мешаванд. Ҳеҷ гоҳ партовҳои радиоактивро дар қўйҳои канализатсияҳо шустану партофтӣ 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.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар ҳодисаи радиоактивият чанд намуди афканишотро аз ҳамдигар фарқ мекунанд?
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 хосиятҳо 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 хангоми 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 олимони олмон В. Хейзенберг ҳуди ҳамон соя модели протону нейтронии 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.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Мавҷудияти ядрои атомро кӣ кашф намуда буд?
2. Ядрои атом аз чӣ гуна зарраҳо иборат аст?
3. Модели протонӣ-нейтронии ядроро кӣҳо пешниҳод намуданд?
4. Радиуси ядроҳоро аз кадом формула ҳисоб намудан мумкин аст?

## 4.11. Протонҳо ва нейтронҳо

Протон ва нейтрон массан тақрибан баробар (массан протон 1836.)  $m_e$  асту массан нейтрон 1838.6  $m_e$ ,  $m_e$  – массан 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 давр зананда 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 ядроӣ»-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 бузургӣҳо 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?

### МАШҚ

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\*

Ядроҳое, ки шумораи яхелан протонҳо доранд, изотопҳо ном доранд.

Фаҳмиши 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 қадвали 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 литийи 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, изотопҳои намудҳои гуногуни як элементи кимиёӣ буда, дар ядроҳояшон шумораи яхелан протонҳо  $Z$  ва адади массавии  $A$  гуногун доранд. Изотопҳои қабатҳои электронии яхела доранд ва хосиятҳои кимиёӣашон ҳеле наздик аст, дар системаи даврии элементҳои Менделеев ҷои яхеларо ишғол менамоянд. Изотоп аз калимаҳои юнонӣ *isos* – яхела, *topos* – ҷой гирифта шудааст.

Ҳамин тариқ, изотопҳои намудҳои гуногуни элементи кимиёӣ буда, аз ҳамдигар бо массаи ядроҳояшон фарқ мекунанд.

Аксари ядроҳо ду ё зиёда изотопҳои доранд. Изотопҳои устувор ё ноустувор (радиоактив) буда метавонанд. Ҳоло 276 изотопҳои устувори элементҳои табиӣ ва зиёда аз 2000 изотопҳои радиоактивӣ 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-тогӣ изотопҳои устувор доранд.

Изотопҳои устувор ба элементҳои адади зарядиашон  $Z \leq 83$  тааллуқ доранд.

Изотопҳои радиоактив тадриҷан дар натиҷаи коҳиши радиоактивӣ ба изотопҳои устувор табдил меёбанд.

Аксари изотопҳои дар натиҷаи реаксияҳои ядрои ҳосил карда шудаанд. Изотопҳои радиоактив дар ҳоҷагии ҳалқ татбиқи васеи амалӣ доранд. Масалан, аз изотопҳои радиоактив дар тиб барои табobati касалиҳо ва муайян кардани табиати беморӣ, дар саноат барои омӯзиши диффузияи металлҳо ба таври васеъ истифода мебаранд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

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. Изотопҳои 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  ${}^1_1\text{H}$  (99,985%) ва  ${}^2_1\text{H}$  (0,015%) иборат аст. Изотопи  ${}^2_1\text{H}$ -ро дейтерий меноманд ва бо  ${}^2_1\text{D}$  ишора карда мешавад. Изотопи сеюми гидроген низ маълум аст, бо  ${}^3_1\text{H} = {}^3_1\text{T}$  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  ${}^1_1\text{H}$  дорад, оби сабук ва обе, ки дар таркибаш дейтерий мавҷуд аст, оби вазнин ном дорад.

Дар таркиби оби муқаррарии нӯшокӣ 0,02% оби вазнин мавҷуд аст, яъне аз 5000 ҳиссаи оби сабук 1 ҳиссааш ба оби вазнин мувофиқ меояд.

Оби вазнин бо хосиятҳои физикиаш аз оби муқаррарӣ фарқи кулӣ дорад. Дар фишори атмосферӣ оби вазнин дар ҳарорати  $101,2^\circ\text{C}$  меҷушад ва дар ҳарорати  $3,8^\circ\text{C}$  ях мекунад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

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 менамояд?
4. Дар таркиби оби муқаррарии нӯшокӣ чӣ қадар оби вазнин мавҷуд аст?

#### 4.14. Коҳиши радиоактивӣ\*

Коҳиши радиоактивӣ гуфта, худ аз худ ба якдигар табиلىбии ядроҳоро ҳангоми афканишотҳои гуногуни радиоактивӣ меноманд. Ядроҳо новобаста ба якдигар табиلى меёбанд. Муддати вақте, ки дар давоми он нисфи ядроҳои аввалаи моддан радиоактив коҳиш меёбад, даври нимкоҳиш номида мешавад ва бо  $T_{1/2}$  ишора карда мешавад.

Шумораи кохиши ядроҳои моддан радиоактивро ( $\Delta N$ ) дар воҳиди вақт ( $\Delta t$ ) фаъолияти моддан радиоактив ( $\Phi$ ) меноманд:

$$\Phi = \frac{\Delta N}{\Delta t} \quad (4.14.1)$$

Ба сифати воҳиди фаъолияти моддан радиоактив дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СИ) фаъолияти моддае қабул карда шудааст, ки дар 1 с дар он як кохиш ба амал меояд. Ин воҳидро Беккерел (1 Бк) меноманд:

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ кохиш/с.}$$

Воҳиди ғайри системавии фаъолияти моддаи радиоактив Кюри (Ки) мебошад:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ кохиш/с.}$$

Кохиши ядроҳои моддаҳои радиоактив вобаста ба вақт ба қонуни экспоненциалӣ 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 моддан радиоактив дар лаҳзаи аввали вақт ( $t = 0$ ),  $N$  - шумораи ядроҳои моддан радиоактив баъди фосилаи вақти  $t$ .

Аломати минус нишон медиҳад, ки бо гузашти вақт шумораи атомҳои кохиш наёфта, кам мешавад.

Қонуни кохиши радиоактивӣ (4.14.2) ба тарзи графикӣ дар расми 4.14.1 нишон дода шудааст.

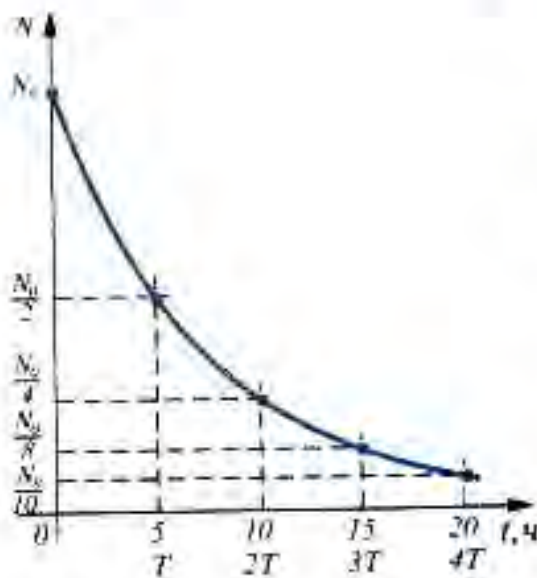
Аз график дида мешавад, ки фаъолияти моддан радиоактив ба қонуни экспоненциалӣ тағйир меёбад ва дар фосилаи даври ним-

кохиш (барои он маврид 5 соат аст) ду маротиба кам мешавад.

Даври нимкохиш барои моддаҳои радиоактив гуногун буда, дар ҳудуди аз  $3 \cdot 10^{-7}$  с то  $5 \cdot 10^8$  сол меҳобад.

Ҳангоми кохиши ядроҳои радиоактив ядрое ҳосил мешаванд, ки дар навбати худ онҳо ҳам радиоактив буда метавонанд ва онҳо низ ба кохишҳои дучор мегарданд.

Баъди кохишҳои пай дар пай ядроҳои ҳосилгардида элементи устувор пайдо мешавад.





1. Коҳиши радиоактивӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Даври нимкоҳишии 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 коҳиши радиоактивиро ба шакли математикӣ навишта ва ба таври графикӣ кашада, 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 вазнин 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 радиоқимиёчии 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 ядрое табдил меёбад, ки он ба сӯи 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 навишта мумкин аст:



Ҳамин тариқ,  $\beta$ -афканишот ҳодисае мебошад, ки дар натиҷаи худ аз худ афканидани электрон ядрои радиоактиви ибтидоӣ  ${}^A_Z\text{X}$  ба ядрои ҳамсоя мубаддал мешавад.

Мисоли  $\beta$ -афканишот мубаддалшавии торий  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  ба протактиний  ${}_{91}^{234}\text{Pa}$  ва карбон  ${}^6_{13}\text{C}$  ба нитроген  ${}^7_{13}\text{N}$  ба шумор меаванд.

$\beta$ -афканишот дар ядрохое ба амал меоянд, ки нейтронҳои зиёдатӣ доранд (ҳангоми  $n \rightarrow p$ ).

Мувофиқи ифодаи (4.15.2) ҳангоми  $\beta$ -афканишот адади заряди ядрои маҳсул ба як воҳид зиёд мешавад ва ядрои ҳосилшуда ба як ҳона сӯи охири системаи даврии Менделеев ҷой иваз менамояд.

Ҳангоми  $\gamma$ -афканишот заряди ядро тағйир намеёбад, массаи ядро ниҳоят кам тағйир меёбад.

$\gamma$ -нурҳо қобилнати калони гузаронандагӣ доранд, онҳо барои ба кайдгирии дефектҳо дар қисмҳои калони асбобу дастгоҳҳо, ки дар саноат ва сохтмон истифода шаванд, татбиқ карда мешаванд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Алфа афканишот гуфта, чиро меноманд?
2. Ҳангоми  $\alpha$ -афканишот ифодаи қоидаи кӯчишро ба шакли математикӣ навишта, маънидод намоед.
3. Қоидаи кӯчишро барои моддаҳои радиоактив кӣ муқаррар намудааст?
4. Иҷрошавии қонунҳои бақои заряд ва нуклонҳоро ҳангоми  $\alpha$ -афканишот фаҳмонед.
5. Қоидаи кӯчишро барои  $\beta$ -афканишот навишта, маънидод намоед.
6. Барои чӣ гуна ядроро  $\beta$ -афканишот ба амал меояд?
7. Доир ба тағйирҳои ҳангоми  $\alpha$ - ва  $\beta$ -афканишот мисолҳо биёред.

### НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

1. Алфа-зарра, ки аз ядрои радий бо суръати  $15 \cdot 10^6$  м/с ҳориҷ 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:

$$E_k = \frac{m_\alpha \cdot v_0^2}{2} \quad (1)$$

Ҳаракати  $\alpha$ -зарраро дар ҳаво собитшито-би сӯтшаванда ҳисоб карда, барои муайян кардани вақти тормозхӯрӣ ва шитоби он  $a$  формулаҳои зерин истифода мекунем:

$$v_0 = \sqrt{2aS} \quad (2)$$

$$v = v_0 - at \quad (3)$$

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 ададиро ба баробарихон (1), (4) ва (5) гузошта, ҳосил мекунем:

$$E_k = \frac{4,0026 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (15 \cdot 10^6 \text{ м/с})^2}{2} = 7,52 \cdot 10^{-13} \text{ Ҷ}.$$

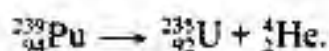
$$a = \frac{(15 \cdot 10^6 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = \frac{225 \cdot 10^{12} \text{ м}^2/\text{с}^2}{6,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2.$$

$$t = \frac{15 \cdot 10^6 \text{ м/с}}{3,4 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2} = 4,4 \cdot 10^{-9} \text{ с}.$$

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 хоҳиши радиоактивӣ плутоний  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$  ба урани  ${}^{235}_{92}\text{U}$  мубаддал мешавад?

Ҷал. Ядрои плутоний  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$   $\alpha$ -зарра афканда, ба ядрои уран  ${}^{235}_{92}\text{U}$  табдил меёбад:



Ҷавоб: Дар натиҷаи  $\alpha$ -коҳиш.

## МАШҚ

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 хоҳиши радиоактивӣ натрий  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  ба магний  ${}^{22}_{12}\text{Mg}$  мубаддал мешавад?
4. Реаксияи  $\alpha$ -коҳиши радий  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ -ро нависед. Энергияи кинетикии ядроҳои ҳосилшударо муқориса 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 ядрой

Таъсири мутақобилан ядрои атомро ба зарраҳои элементарӣ ё ядроҳои дигар, ки ба табиқабии ядро оварда мерасонад, реаксияи ядрой меноманд.

Реаксияҳои ядрой ҳангоми ба якдигар хеле наздик чафс шудани зарраҳо ва ба доираи қувваҳои ядрой дохил шудани онҳо ба амал меоянд. Зарраҳои ҳамном заряднок ҳангоми ба якдигар наздик шудан аз ҳамдигар тела меҳӯранд. Бинобар ин, барои ба ядро наздик гардидани зарраҳои мусбат заряднок танҳо ҳангоми ба онҳо додани энергияи кинетикии калон муяссар мегардад.

Ин гуна энергияро ба зарраҳои мусбат заряднок (протон,  $\alpha$ -зарраҳо) ба воситаи суръатфизоҳои зарраҳои элементарӣ додан мумкин аст.

Яке аз реаксияҳои бештар дучороҷида ин таъсири ҳамдигарии зарраи  $a$  бо ядрои  $X$  ба шумор меравад, ки дар натиҷа ядрои  $Y$  ва зарраи  $b$  тавлид меёбад:



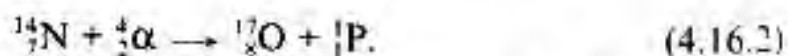
Зарраҳои  $a$  ва  $b$  метавонанд  $\alpha$ -зарра, протон, нейтрон,  $\gamma$ -квант ва ядрои вазнини гидроген  ${}^2_1\text{H}$  бошанд.

Реаксияҳои ядрой 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 ядрой бо фарқи массаи оромии (бо воҳидҳои энергия ифода кардашуда) ядроҳо ва зарраҳо то реаксия ва баъди реаксия муайян карда мешавад.

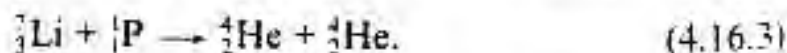
Агар суммаи массаи ядро ва зарраҳои ҳосилшуда аз суммаи массаи ядро ва зарра то реаксия калон бошад, реаксияи ядрой бо фурубарии энергия ва дар мавриди хурд будан бо ҷудошавии энергия мегузарад.

Реаксияи ядрои аввалинро Э. Резерфорд соли 1919 ҳосил намудааст:



Резерфорд  $\alpha$ -зарраҳои ҳангоми коҳиши радий  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  ҳосилшавандаро истифода бурда буд.

Реаксияи аввалини ядрой бо протони шитобгирифта намуди зерин дорад:

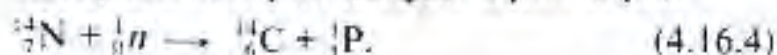


Яъне бо таъсири протон ядрои  ${}^7_3\text{Li}$  ба ду  $\alpha$ -зарра тақсим мешавад.

Реаксияҳои ядрои дар таҳти таъсири нейтронҳо ҳосилгардида мароқангезанд.

Дар ин реаксияҳо нейтрони безаряд бе афзоиши суръат, озодона ба ядро дохил мешавад.

Реаксияи ядрой бо иштироки нейтрон намуди зерин дорад:



Ин реаксия ҳамеша дар атмосфераи Замин тахти таъсири нейтронҳои нурҳои кайҳонӣ мегузарад. Карбони дар ин маврид ҳосилшуда  $\beta$ -радиоактивӣ мебошад, яъне дар тахти таъсири нейтронҳо изотопҳои радиоактивро ҳосил кардан мумкин аст.

Реаксияҳои ядрой бо нейтронҳо хангоми тақсимшавии ядроҳои вазнин бо ҷудошавии энергияи хеле калон мегузаранд.

Реаксияҳои ядроии тахти таъсири  $\gamma$ -квантҳо гузаранда чунин намуд дорад:



Барои ин реаксия энергияи  $\gamma$ -квантҳо бояд 3–10 МэВ буданаш доzim аст.

Реаксияҳои ядрой бо аниқ иҷрошавии қонунҳои бақо – заряд, энергия, импульс ва шумораи нуклонҳо мегузаранд. Масалан, дар реаксияи (4.16.2) адади массавӣ то реаксия ва баъди реаксия ба 18 ва адади зарядӣ 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 ҳосил карда буд? Онро нависед ва маънидод кунед.
5. Реаксияи ядроиро бо таъсири протони шитобгирифта барои  ${}^7_3\text{Li}$  нависед ва маънидод кунед.
6. Дар реаксияҳои ядрой кадом қонунҳои бақо ҷой дорад?

#### НАМУНАИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲО

1. Реаксияи ядроне нависед, ки дар натиҷаи бо  $\alpha$ -зарра бомбаборон кардани алюминий  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  ва хориҷ гаштани як протон ба вуҷуд меояд.

**Ҳал.** Хангоми бо  $\alpha$ -зарра бомбаборон кардани алюминий  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  ядрои силитсий  ${}^{30}_{14}\text{Si}$  ҳосил ва як протон хориҷ мегардад:

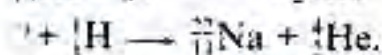
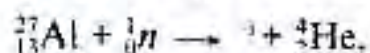


2. Элементи Менделеевӣ дар натиҷаи бо  $\alpha$ -зарра бомбаборон кардани Эйнштейний  ${}^{253}_{99}\text{Es}$  ва хориҷ шудани нейтрон ҳосил шудааст. Реаксияи онро нависед.

**Ҳал.** Реаксияашро ба намуди зерин менависем:



1. Реаксияи ядроиро нависед, ки ҳангоми ба  $\alpha$ -зарра бомбаборон кардани бор  ${}^{11}_5\text{B}$  ва хориҷ гаштани нейтрон ба вучуд меояд.
2. Дар натиҷаи бо нейтронҳо бомбаборон кардани ядрои изотопи бори  ${}^{11}_5\text{B}$  аз ядрои ҳосилшуда  $\alpha$ -зарра хориҷ мешавад. Ин реаксияро нависед.
3. Элементи Курчатовий ба воситаи бо ядроҳои неони  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$  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:

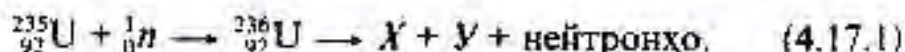


5. Ҳангоми реаксияҳои ядроии  ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0n$  чӣ қадар энергия хориҷ мешавад?

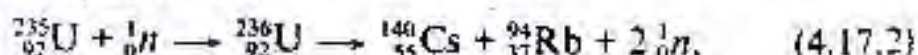
#### 4.17. Порашавии ядроҳои вазнин

Ядроҳои шумораи нуклонҳои зиёд ноустуворанд ва метавонанд тақсим гарданд. Соли 1938 физикони шӯравӣ Г. Н. Флеров ва К. А. Петржак худ аз худ тақсимшавии ядрои уранро ба кайд гирифтанд. Худи ҳамон сол олимони олмонӣ О. Хан ва Ф. Штрассман ҳангоми нейтронборон кардани ядроҳои уран тақсимшавии онҳоро ба элементҳои дар қисми миёнаи системаи даврии Менделеев – барий, лантан, криптон ва ғайраҳо ҷойгир буда, кашф намуданд.

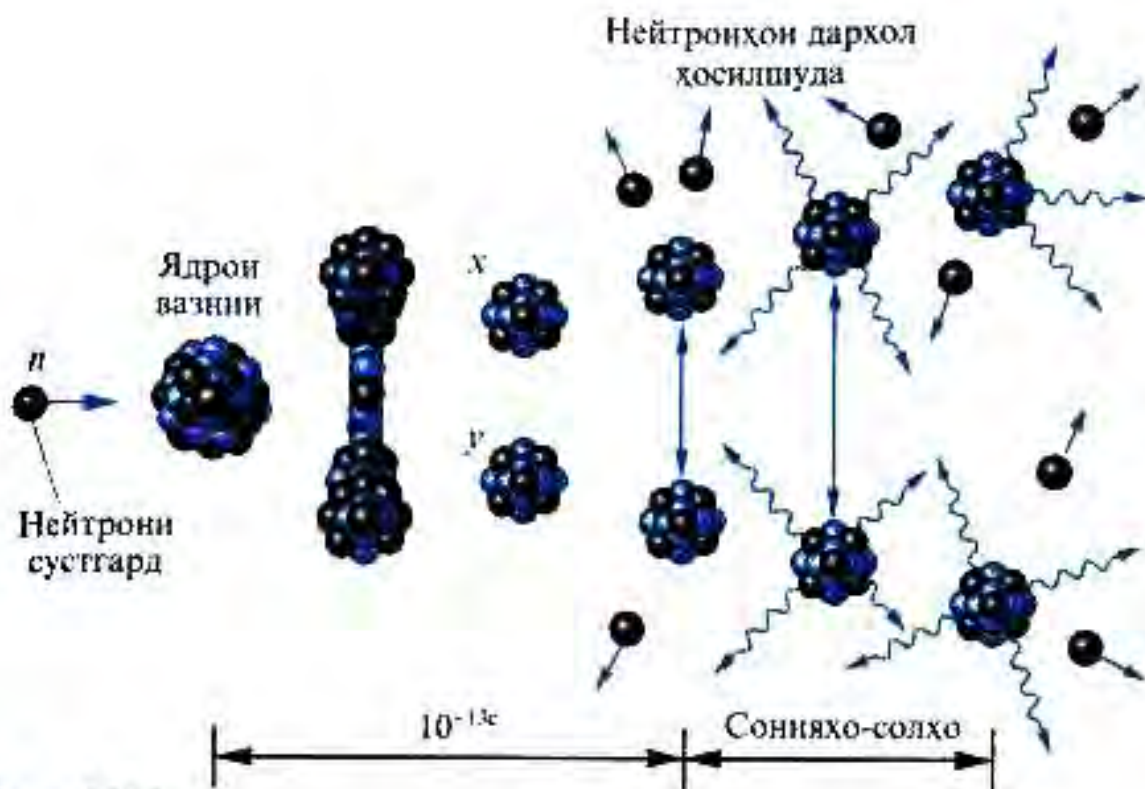
Ин ҳодисаро олими англис О. Фриш ва австриягӣ Л. Майтнер (соли 1939) маънидор намуданд. Онҳо пешниҳод намуданд, ки ядрои уран  ${}^{235}_{92}\text{U}$  нейтронро рабуда, ба ядрои изотопи урани радиоактив  ${}^{236}_{92}\text{U}$  табдил меёбад ва он ба ду қисми X ва Y тақсим мегардад. Дар натиҷаи ин 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 чунин навиштан мумкин аст:



170 дар ин ҷо  ${}^{140}_{55}\text{Cs}$  – сезий,  ${}^{94}_{37}\text{Rb}$  – рубидий мебошад.



Рисун 4.17.1

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 хориҷшавии энергия ба амал меояд.

Нейтронҳои дар реаксия (4.17.2) ҷудошуда дар навбати худ ядроҳои ҳамсояро тақсим менамоянд.

Ядрои ҳамсояи тақсимшуда низ нейтронҳо меафкананд ва ин нейтронҳо тақсимшавии ядроҳои дигарро ба вуҷуд меорад. Дар натиҷа шумораи ядроҳои тақсимшуда зиёд шуда рафта мегардад 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 занҷирӣи порашудани уран моҳи декабри соли 1942 дар Иёлооти Муттаҳидани 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 гашҳои дар таркиби уранбуда афтада, порашавии ядрои уранро ба вуҷуд намеорад.

Барои ба вуҷуд омадани реаксия занҷирӣ зарур аст: 1) пораи уран  $^{235}_{92}\text{U}$  бояд тоза бошад, атомҳои изотопҳои дигари уран ва гашҳои моддаҳои дигарро дар бар нагирад; 2) пораи уран  $^{235}_{92}\text{U}$  бояд ба қадри қифоя калон бошад.

Барои массаи андозаи муайян нейтронҳои дар натиҷаи порашавии ядроҳо ба вуҷуд омада, аз пораи уран баромада наметавонанд, ва ба ядроҳо меафтанд.

Массаи хурдтарини пораи уран, ки барои он реаксияи занҷирӣ имконпазир аст, массаи критикӣ (бӯҳронӣ) номида мешавад.

Ҳамин тариқ, барои ба вуҷуд омадани реаксияи занҷирӣ массаи пораи уран бояд ба массаи бӯҳронӣ баробар бошад.

Барои массаҳои аз массаи бӯҳронӣ хурд аксарияти нейтронҳои ба вуҷуд омада ба берун баромада порашавии ядроҳои уранро ба амал намеоранд, бинобар ин, реаксияи занҷирӣ ба амал намеояд.

Ҳангоми массаи уран аз массаи бӯҳронӣ калон будан шумораи нейтронҳои ба реаксия иштироккунанда тез меафзояд ва реаксия характери таркишӣ мегирад.

Ба ин принцип қори бомбаҳои атомӣ асос карда шудааст.

Реаксияи занҷирӣ бо ҷудошавии миқдори зиёди энергия меғузарад.

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

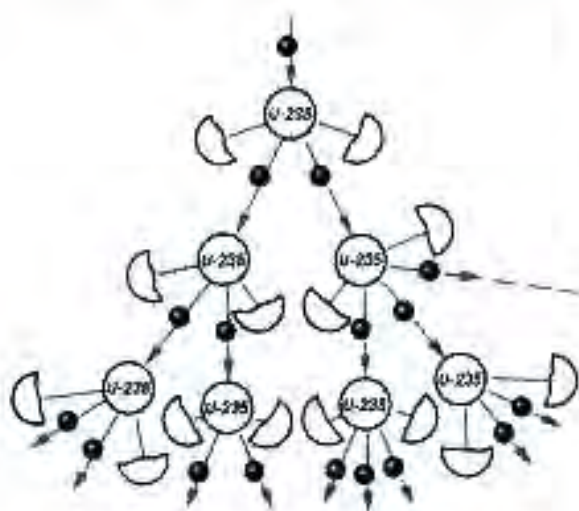
гидроген ва як атоми оксиген тахминан  $1,6 \cdot 10^{-16}$  Ҷ энергия ҷудо мегардад.

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 ангишӣ баробар аст.

Бинобар ин, порашавии ядроҳои вазнин манбаи калони энергия ба шумор мераванд.

Истифодаи энергия дар Замин бефосила меафзояд, бинобар ин, энергетикан ядроӣ ояндаи дурахшон дорад. Дар замони ҳозира нерӯгоҳҳои барқии атомӣ аз ҳисоби ин намуди энергия кор мекунанд.



Расми 4.17.2



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 бӯҳронии моддаи радиоактив гуфта, чиро меноманд?
6. Сохти бомбаҳои атомӣ ба кадом ҳодиса асос карда шудааст?
7. Энергияи ҳангоми порашавии ядроҳои вазнин ҷудошударо бо кадом мақсадҳо истифода мебаранд.

### 4.18. Реактори атомӣ

Барои ба 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.

Дэстгоҳе, 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.

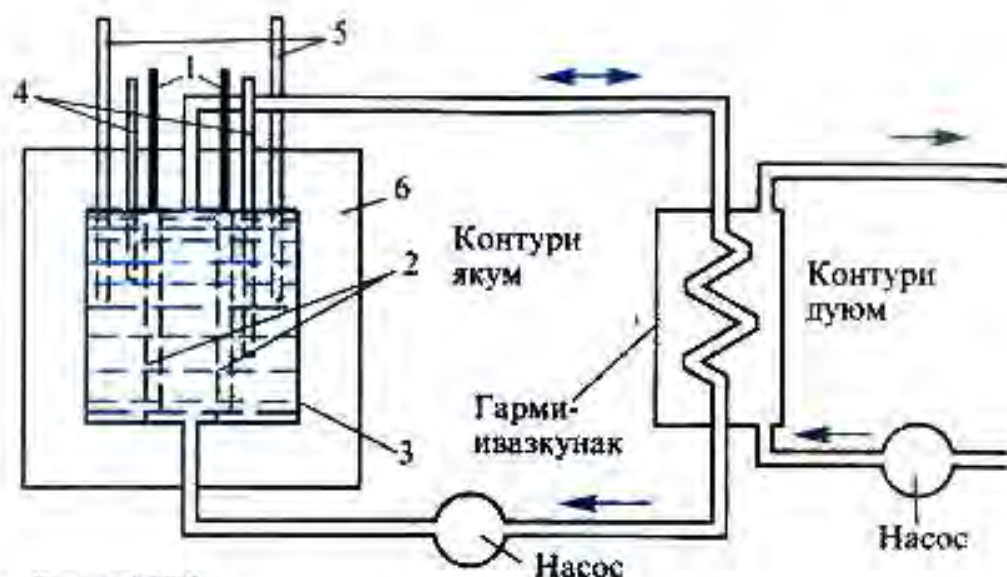
Дар реакторҳои ядрой бо нейтронҳои сустгард миллаҳои урании изотопӣ  ${}^{235}_{92}\text{U}$  истифода бурда мешаванд.

Изотопи уран  ${}^{235}_{92}\text{U}$  нейтронҳои сустҳаракатро хеле бо тезӣ забт мекунанд.

Дар расми 4.18.1 нақшаи реактори атомӣ бо нейтронҳои сустҳаракат нишон дода шудааст.

Миллаҳои (стерженҳои) урании 1 ба лӯлаҳои пӯлодини 2 дохил карда мешаванд. Массай миллаҳои ураний дар алоҳидагӣ аз массай бӯҳронӣ хурданд, бинобар ин, реаксияи занҷирӣ дар як милаи ураний ба амал омада наметавонад.

Ҳангоме, ки ҳамаи миллаҳои ураний ба реактор дохил карда мешаванд, массай уран аз массай бӯҳронӣ зиёд мешавад, аммо реаксияи занҷирӣ оғоз намегардад.



Расми 4.18.1

Сабаб дар он аст, ки нейтронҳои дар натиҷаи порашавии ядроҳо ба вучудодада, 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 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 кинетикашонро 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 занҷирӣ порашавии уран  $^{235}_{92}\text{U}$  ба амал меояд.

Агар шумораи нейтронҳои сустҳаракаткунанда дар соҳаи фаъоли реактор ба тартиб дароварда нашавад, таркиши ядрои ба амал омаданаш мумкин аст.

Идора намудани реаксияи занҷирӣ бо ёрии милаҳои нейтронҳоро хеле хуб фурубарандан 4 (аз кадмий ё пӯлоди борӣ сохташуда) амалӣ карда мешаванд.

Ин милаҳо 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 таъҷилӣ қатъ гардонда мешавад.

Барои аз соҳан фаъоли реактор набаромадани сели нейтронҳо ва  $\gamma$ -нурҳо онро бо зирехи аз моддаи нейтронхоро инъикоскунанда ва  $\gamma$ -нурхоро фурубаранда сохташудан 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 рӯи контури аз реактор, лулаҳо ва гармивазкунанда иборатбуда ба ҳаракат дароварда мешавад. Оби гармшуда дар гармивазкунанда оби дар контури дуҷум гардишкунандаро гарм мекунанд. Ҳамин тариқ, об ҳам нейтронҳои тезгардро суст мегардонанд ва ҳам гармиро нақл менамояд.

Дар контури дуҷум об аз ҳисоби гармии қабул кардашуда ба буги фишораш баланд табдил меёбад.

Энергияи дар реакторҳои ядрои чундошударо барои истехсоли энергияи электрикӣ истифода мекунанд.

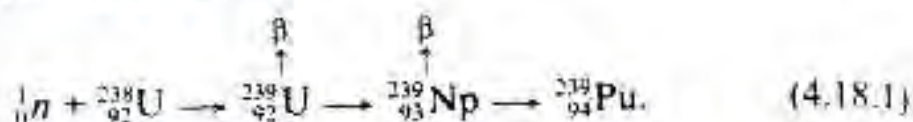
Нерӯгоҳҳои барқии атомӣ (НБА) аз рӯи принципи кори худ нерӯгоҳҳои ҳароратие мекунанд, ки дар онҳо генераторҳои электрикӣ бо ёрии турбинаҳои бугӣ ба ҳаракат дароварда мешаванд. Фарқиати он аз нерӯгоҳҳои барқии ҳароратии муқаррарӣ аз он иборат аст, ки дар он буги фишораш баланд аз ҳисоби энергияи дар реакторҳои ядрои чундошуда ҳосил карда мешавад.

Дар ҷаҳон якумин нерӯгоҳи барқии атомӣ соли 1954 таҳти роҳбарии олимони номаҷли шӯравӣ И.В. Курчатов сохта шуда буд ва тавоноии он 5 МВт-ро ташкил менамуд. Реакторҳои мавҷуданд, ки бо таъсири нейтронҳои тезҳаракаткоре мекунанд. Дар ин гуна реакторҳо ба сифати сӯзишвории ядрои изотопи уран  $^{238}_{92}\text{U}$  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 занҷирӣ порашавии ядроҳо имконнопазир аст.



**Игор Василевич Курчатов (1903–1960)** — физики барҷастаи шӯравӣ ва ташкилотчии илм, се карат Қаҳрамони Меҳнати Сотсиалистӣ. Аз соли 1943 Курчатов роҳбари проблемаи атомӣ буд. Таҳти роҳбарии ӯ нахустин реактори атомии Европа (1946) ва нахустин бомбаи атомии шӯравӣ (1949) сохта шуданд. Тадқиқотҳои аввалини Курчатов ба омӯзиши диэлектрикҳо (сегнетоэлектрикҳо), реаксияҳои ядрои бо нейтронҳо ҷоришаванда, радиоактивияти сунъӣ тааллуқ доштанд.

Реаксияи табдилёбии урани  $^{238}_{92}\text{U}$  ба изотопи плутоний  $^{239}_{94}\text{Pu}$  аз рӯи нақшаи зерин ба амал меояд:



Яъне ядрои изотопи уран  $^{238}_{92}\text{U}$  нейтрони тезхаракатро ғурӯ 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  $^{239}_{93}\text{Np}$  мубалал 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 якҷанб соли кори реактор миқдори сӯзишвории ядрои дучанд зиёд мегардад.

Якумин реактори афзоиширо бо нейтронҳои тезхаракат дар соҳбаи Иттиҳоди Шӯравӣ соли 1956 дар шаҳри Обнинск сохта буданд.

Соли 1962 чунин реакторро дар Иёлоти Муттаҳидан Амрико сохтанд.

Ҳоло дар Россия дар шаҳрҳои Шевченко ва Белоярск нерӯгоҳҳои барқии атомӣ бо реакторҳои афзоишӣ тавононашон мувофиқан 1000 МВт ва 600 МВт қор қарда 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 ҳел партовҳо (на радиоактивӣ ва на гайрирадиоактивӣ) партофта намешавад;

2) ҳангоми кори нерӯгоҳи барқии атомӣ ба миқдори ноҳиз сӯзишвории атомӣ истифода бурда мешавад.

Ҳангоми босаводона истифода бурдани НБА онҳо тамоман бехатаранд. Баъди садаман НБА Чернобил (соли 1986) дар сохтмони НБА барои ба вучуд наомадани садама ва баланд нагардидани дараҷаи радиоактивнокӣ дар минтақаи НБА-ро ихотақунанда талаботҳои махсус муқаррар қарда шуд. Сохтмони НБА дар минтақаҳои сейсмикӣ ва наздикии шаҳрҳои қалон манъ қарда шудааст.

Аз ҳамаи намудҳои гуногуни энергия, барои ба энергияи электрикӣ табдил додан, энергияи атомӣ аз ҷиҳати иқтисодӣ хеле бартарӣ дорад ва аз ҷиҳати экологӣ «тоза» мебошад.

Барои бехатарии НБА онҳо бояд муҳофизати мустақкам дошта бошанд ва онҳоро одамони тайёрии касбии баланддошта идора

1. Реактори атомӣ гуфта, чиро меноманд?
2. Чанд намуди реакторҳоро аз ҳамдигар фарқ мекунад?
3. Нақшаи реактори атомиро кашида, 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. Принципи кори нерӯгоҳҳои барқии атомиро фаҳмонед ва аввалин бор кай ва кӣ онро сохта буд?
7. Нерӯгоҳҳои барқии атомӣ нисбати дигар нерӯгоҳҳои барқӣ чӣ гуна афзалиятҳо доранд?

### 4.19. Якшудани ядроҳои сабук

Маълум шуд, ки реаксияи занҷирӣ манбаи энергия ба шумор меравад ва ҳангоми порашавии як ядрои изотопи уран  ${}_{92}^{235}\text{U}$ ,  $33,28 \cdot 10^{-12}$  Ҷ энергия ҷудо мешавад.

Ҷудошавии энергия ҳангоми якшудани ядроҳои сабук низ ба вуҷуд меояд.

Ҳангоми ҳосилшавии ядрои гелий дар реаксияи якшавии ядроҳои гидроген,  $4,16 \cdot 10^{-12}$  Ҷ энергия ҷудо мешавад.

Барои ин мавридҳо мувофиқан ба ҳар як нуклон энергияи зерин мувофиқ меояд:

$$E_1 = \frac{33,28 \cdot 10^{-12} \text{ Ҷ}}{235} = 0,14 \cdot 10^{-12} \text{ Ҷ};$$

$$E_2 = \frac{4,16 \cdot 10^{-12} \text{ Ҷ}}{4} \approx 1,035 \cdot 10^{-12} \text{ Ҷ}.$$

Ҳамин тариқ, реаксияи якшудани ядроҳо аз ҷиҳати энергетикӣ нисбат ба реаксияи порашавии ядроҳо фоидаовар мебошад.

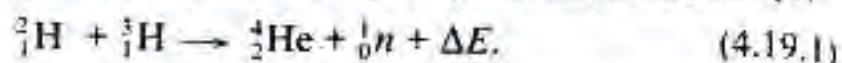
Реаксияҳои якшудани ядроҳои сабук танҳо дар ҳароратҳои баланд ба амал меоянд. Бинобар ин, онҳоро реаксияҳои термойдрои меноманд.

**Реаксияҳои якшудани ядроҳои сабукро дар ҳароратҳои баланд реаксияҳои термойдрои меноманд.**

Барои ба вуҷуд овардани реаксияи якшудани ядроҳои сабук зарур аст, ки ядроҳо қувваҳои пурқуввати таладихии кулониро ба ғайри наздикшавии ядроҳоро дар плазмаи гидрогенӣ ҳарораташ ба якҷанд миллион дараҷа баробарбуда ба амал овардан мумкин аст.

Реаксияи термойдрои аввалин дар бомбаи гидрогенӣ ба вуҷуд оварда шуда буд.

Дар он дар натиҷаи якшудани ядроҳои изотопҳои гидроген  ${}^2_1\text{H}$  (дейтерий) ва  ${}^3_1\text{H}$  (тритий) ядроҳои гелий  ${}^4_2\text{He}$  ҳосил карда шуда буд:



Дар бомбаҳои гидрогенӣ реаксияи термоядроии ба амаломеда идоранашаванда мебошад.

Барои амалӣ гардидани реаксияҳои термоядроӣ 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 идоранашавандагии реаксияҳои термоядроӣ дар замони ҳозира дастгоҳи намуди «Токамак» ба шумор меравад.

Дар дастгоҳи «Токамак» барои ҳосил кардани плазмаи баландҳарорат разряди электрикии пурқувват ва барои нигоҳ доштани он майдони магнитӣ истифода бурда мешавад.

Дар «Токамак» плазма дар камераи тороидии 1 (расми 4.19.1), ки бо дейтерий фишораш паст пур карда шудааст, ҳосил карда мешавад. Камераи тороидӣ печани дуҷуми трансформатори импульсӣ ба шумор меравад.

Печани дуҷуми трансформатор 2 ба батареяи конденсаторҳои гуҷоишаш калон пайваст карда мешавад.

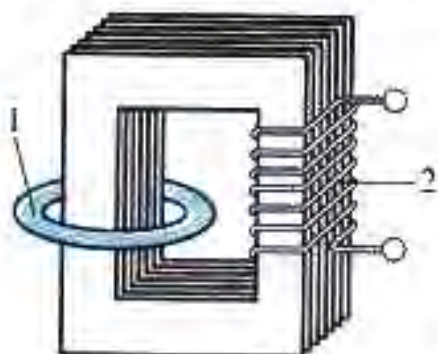
Ҳангоми разряди батареяи конденсаторҳо ба воситаи печани якуми трансформатор дар камераи тороидӣ майдони электрикии вихрӣ (гирдпеч) ба амал меояд, ки он гази мавҷударо ионизатсия намуда, импульси пурқуввати ҷараёни электрикиро ба вуҷуд меорад.

Дар натиҷа плазмаи ҳарораташ даҳҳо миллион дараҷа ҳосил мешавад. Майдони магнитии ҷараёни электрикии 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 термоядроии ҳосилшавани гелий дар камераи тороидалӣ ба вуҷуд оварда шуд.

Дар замони ҳозира олимони баҳри зиёд намудани вақти мавҷудияти реаксияҳои термоядроӣ кӯшишҳои зиёде карда истодаанд. Ҳоло барои ҳосил кардани реаксияҳои термоядроӣ аз дастгоҳҳои лазерӣ истифода бурда, тадқиқотҳо гузаронида истодаанд. Амалӣ гардидани реаксияҳои термоядроии идоранашаванда



Барои инсоният манбаи ҳамеша мавҷудбудаи энергияро ба вучуд меорад, чунки микдори дейтерий дар таркиби оби уқёнусҳо ниҳоят калон аст ва ҳосил кардани он хеле осон ва арзон мебошад.

Баргари дигари реаксияҳои термоядрои нисбат ба реаксияҳои тақсимшавӣ набудани партовҳои радиоактивӣ ба шумор меравад.

Реаксияҳои термоядрои дар протсессҳои дар кайҳон гузаранда роли калон мебозанд. Энергияи афканишоти офтобу ситораҳо натиҷаи реаксияи термоядрои 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 ҷуфти фотонҳо ба амал меояд ва аз бархӯрди фотонҳо ҷуфти электрони позитронҳо ва баъдтар нуклонҳо ба вучуд омадаанд. Аз нуклонҳои ба вучудомада ядроҳои сабуки гидроген, гелий ва элементҳои кимиёии бокимонда ҳосил гардидаанд.

Гидроген ва гелийи ҳосилшуда плазмаи гидрогенӣ – гелийгӣ ба амал меояд ва ба вучуд овардаанд, ки онро астрономҳо ба қайд гирифтаанд. Баъди ба вучуд омадани плазмаи тафсоии гидрогенӣ – гелийгӣ муҳити барои фотонҳо шаффоф гашт ва онҳо ба фазои олам нурифтаанд ва ба вучуд овардаанд.

Дар натиҷаи ин гуна реаксияҳои термоядрои энергия хориҷ мешавад, ки афканишоти ситораҳо дар давоми миллиардҳо сол таъмин мегардонад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом вақт якшудии ядроҳои сабук ба амал меояд?
2. Чӣ гуна реаксияҳо реаксияи термоядрои меноманд?
3. Аввалин реаксияи термоядрои дар кучо ба вучуд оварда шуда буд?
4. Реаксияи термоядрои 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 термоядрои карда мешаванд, маълумот диҳед.
7. Реаксияҳои термоядрои дар протсессҳои кайҳонӣ чӣ гуна нақш мебозанд?

#### 4.20. Зарраҳои элементарӣ\*

Дар физикаи муосир фаҳмиши «Зарраи элементарӣ» барои яфодани зарраҳои хурдтарини материя, гайр аз ядроҳои адади массашон  $A \geq 2$ , истифода бурда мешавад.

Ҳоло дар таҳти фаҳмиши «Зарраҳои элементарӣ» протонҳо, нейтронҳо, фотонҳо, нейтрино, позитрон, антипротон ва ғайраҳо фаҳмида мешаванд.

То охири асри XIX атомҳо 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 мутахидии оддии 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 300-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
Нейтрино	$\nu$	$< 10^{-4} m_e$	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



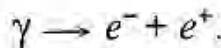
ё суръатфизоҳои зарраҳои энергияи баланддошта истифода бурда мешаванд.

Зарраҳои элементариро ба гурӯҳҳои 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 ( $\pi^-$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^0$ ) ва ( $k^+$ ,  $k^-$ ,  $k^0$ ) – мезонҳо тааллуқ доранд. Массай мезонҳо ба (300–1000)  $m_e$  баробар буда, вақти мавҷудияташон  $10^{-8}$  с аст;
- 4) барионҳо, ки ба онҳо протон, нейтрон ва лямбда гиперон ( $\lambda$ ), сигма гиперонҳо ( $\Sigma^+$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Sigma^-$ ), кси гиперонҳо ( $\xi^0$ ,  $\xi^+$ ) ва омега минус гиперон  $\Omega^-$  тааллуқ доранд. Массай гиперонҳо аз массай нуклонҳо калон мебошад. Масалан, массай омега минус гиперон  $\Omega^-$  аз массай 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.

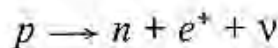
Антизарраи аввалин – позитронро (антиэлектрон) соли 1931 ба таври назариявӣ физики англис П. Дирак пешгӯӣ намуд ва соли 1932 физики амрикоӣ К. Д. Андерсон хангоми расмгирии треқҳои зарраҳои кайҳонӣ дар камераи Вилсон кашф намуд. Треки он ба треки электрон монанд буд, аммо ба тарафи муқобил қач гардида буд ва он аз аломати мусбат доштани заряди электрикӣ шаҳодат меод. Кашфи позитрон хеле мароқангез буд. Соли 1933 ҳодисаи ба вучудии позитрону электрон хангоми таъсири мутақобилаи  $\gamma$ -квантҳо бо модда кашф гирдид:



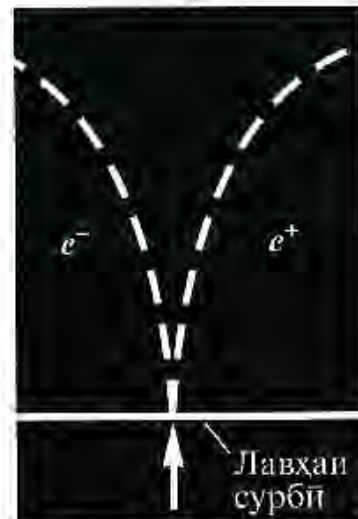
Дар расми 4.20.1 чараёни тавлиди чуфти электрону позитрон аз тарафи  $\gamma$ -квант дар лавҳаи сурбӣ (қӯрғошимӣ) тасвир ёфтааст. Чӣ тавре, ки аз ин расм дида мешавад, ин чуфти зарраҳо дар камераи Вилсон дар майдони магнитӣ изи ба худ ҳоси душоха мегузорад.

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 хангоми бо электрон вохӯрдани позитрон бояд ин зарраҳо ба ду фотон табдил ёбанд.



Расми 4.20.1

Ҳақиқатан ҳам баъди кашфи позитрон ин ҳодиса кашф гардид ва онро аннигилятсия (аз лотинӣ *annihilatio* – махв шудан) номиданд.

Ҳодисаи аннигилятсия сабаби дар Замин мавҷуд набудани электронҳо мебошад. Позитрон дар баробари пайдоиши худ бо электрон вохӯрда, 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 антимодала имконпазир аст.

Ядрои атоми антимодала 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 модалаю антимодала энергияи оромӣ ба энергияи кинетики зарраҳои ҳосилгардида ( $\gamma$ -квант) табдил меёбад. Энергияи оромӣ дар кайҳон манбаи бузургтарини энергия мебошад ва танҳо ҳангоми аннигилятсия ҷудо шуда, ба навҳои дигари энергия табдил меёбанд. Бинобар ин, антимодала манбаи мукамалтарини энергия ба шумор меравад. Мумкин аст, ки инсоният ба истифодаи он қодир гардад.

Солҳои 60-ум шумораи зарраҳои элементарии кашфгардида хеле афзуданд ва доир ба элементарӣ будани онҳо шубҳа пайдо гардид.

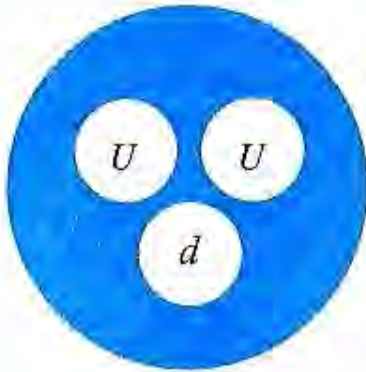
Соли 1964 физикон М. Гелл-Манн ва Ч. Свейг модели пешниҳод намуданд, ки мувофиқи он ҳамаи зарраҳои дар таъсири ҳамдигарии пурзӯр иштироккунанда аз се зарраҳои асоситар (ибтидоӣ) – кваркҳо бунёд ёфтаанд. Ҳоло шаш кваркҳо маълуманд ва ҳар яки онҳо антикварк доранд. Инҳо *u*, *c*, *t*, *d*, *s*, *b*-кваркҳо мебошанд. Кваркҳо заряди электрикии ҳиссагӣ 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.

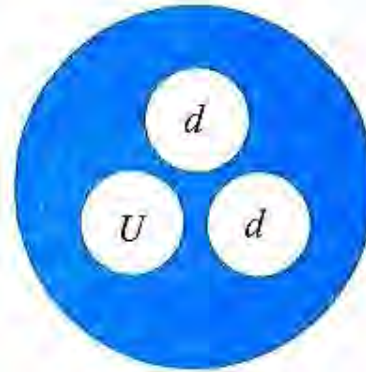
Модели кваркии ядроҳо дар таҷрибаҳо оид ба пароканиши электронҳо дар протонҳою нейтронҳо тасдиқ гардид.

Антизарраҳо аз антикваркҳо иборат мебошанд.

Ҷустуҷӯҳои бисёрқаратаи кваркҳои озод дар суръатфизоҳои энергияшон қалон ва нурҳои кайҳонӣ бе натиҷа монданд. Ҳоло



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 суръатфизоҳои ҳозира барои ба кваркҳои алоҳида чудо кардани нуклонҳо басанда нестанд.

Ҳисобкуниҳо 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 мутақобилаи 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 хилофи фотонҳо байни ҳамдигар таъсири мутақобила менамоянд.

Ҳамин тариқ, маълум гардид, ки дар солҳои охир физикаи зарраҳои элементарӣ ба комёбиҳои калон 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. Антитарраҳо 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 кадом мақсадҳо истифода бурдан мумкин аст?
9. Кваркҳо чӣ гуна зарраҳоянд ва аз онҳо кадом 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 статсионарии энергияаш хурд алоқаманд аст.

Яке аз хосиятҳои асосии зарраҳои элементарӣ ба ҳамдигар табдилёбии онҳо ба шумор меравад.

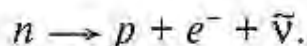
Ҳангоми  $\beta$ -афканишот аз ядро электрон афканда мешавад. Аммо дар ядро электрон вучуд надорад. Ин электрон дар натиҷаи дар дохили ядро  $\beta$ -радиоактив ба протону электрон табдил ёфтани яке аз нейтронҳо ба вучуд меояд. Ҳангоми ин табдилёбӣ протон дар ядро мемонаду электрон ба берун парίδα мебарояд. Ҳангоми ин табдилёбӣ аз ядро электронҳои энергияшон гуногун хориҷ мешаванд, вале ядроҳои нави бавучудомада мутлақо якхелаанд.

Гӯё дар ин ҳодиса қонуни асоситарини физика – қонуни бақои энергия риоя намешавад. Ҳисобкунӣҳо нишон доданд, ки энергияи ядрои ибтидоӣ ба суммаи энергияи ядрои 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 заряди 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 гардиданаш нейтрино бо суръати рӯшноӣ ҳаракат мекунад.

Кураи Замин барои нейтрино назар ба шишаи хубтарин барои рӯшноӣ шаффофттар аст.

Дар қатори нейтрино  $\nu$  антинейтрино  $\bar{\nu}$  мавҷуд аст, ки ҳангоми коҳиши нейтрон ба протону электрон маҳз антинейтрино афканда мешавад:



Энергияи нейтрон аз энергияи протону электрон зиёд аст. Энергияи зиёдатино антинейтрино мебарад.

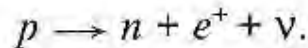
Ҳангоми ба протон афтидани антинейтрино позитрон ва нейтрон ба вучуд меояд:



Эҳтимолияти ин чараён 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 кори реакторҳои атомӣ тавлид меёбад, чунки ҳангоми порашудани ядроҳои уран ядропораҳои зиёди  $\beta$ -радиоактиви кӯтоҳумр ташкил меёбад.

Соли 1965 дар Иёлоти Муттаҳидаи Амрико дар таҷриба авҷудияти антинейтрино ба қайд гирифта шуд.

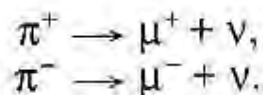
Протон зарраи устувор мебошад, аммо аз ҳисоби энергияи охили ядро як позитрон ва як нейтрино бароварда, ба нейтрон абдил меёбад:



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 зарраҳо 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 коҳиш  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ -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 мутақобилаи 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 сӯи Замин аз қаъри галактика ва қисми дигараш аз Офтоб меоянд.

Ҳангоми таъсири мутақобилаи зарраҳои нурҳои кайҳонии аввала бо атоми ҳаво қариб ҳамаи зарраҳои элементарӣ тавлид меёбанд. Дар байни онҳо роли асосиро  $\pi$ -мезонҳо мебозанд. Нуклонҳо ва  $\pi^+$ - ва  $\pi^-$ -мезонҳои тавлидёфта ба монанди зарраҳои нурҳои кайҳонии аввала бо ядроҳои атомҳои ҳаво таъсири мутақобила намуда, сели зарраҳои навро ба вучуд меоранд. Ин чараён то лаҳзаи ба  $1,6 \cdot 10^{-18}$  Ҷ баробар гардидани энергияи зарраҳо давом меёбад.

Омӯзиши нурҳои кайҳонӣ бо ёрии камераи ионизатсионӣ гузаронида мешавад.

Соли 1923 физики амрикоӣ Р. Э. Милликен дар майдони магнитӣ майлқунии нурҳои кайҳониро омӯхта, исбот намуд, ки онҳо аз сели зарраҳои заряднок 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 қимати минималӣ соҳиб мегардад.

Дар сатҳи Замин ба ҳисоби миёна нурҳои кайҳонӣ дар 1 сония дар 1 см<sup>3</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 доштаре дар суръатфизоҳои зарраҳои элементарӣ ҳосил накардаанд.

Ҳамин тариқ, нурҳои кайҳонӣ манбаи зарраҳои энергияшон ниҳоят баланд ба шумор мераванд. Ҳангоми таъсири мутақобилаи ин гуна зарраҳои баландэнергия бо модда реаксияҳои ядроии нав ба вучуд меоянд ва омӯзиши 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 галактикаро мунтазам пур мекунанд.

## САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

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 интензивияти нурҳои кайҳониро маънидод намоед.

### 4.23. Истифодаи энергияи ядрой

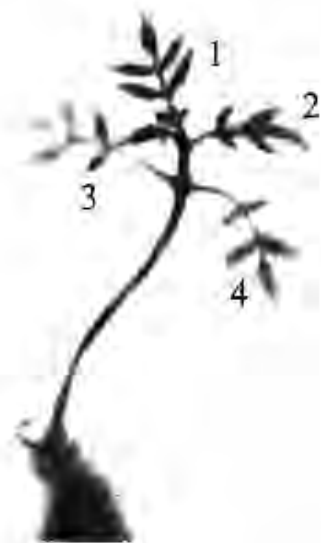
Дар бораи истифодаи энергияи ядрой барои ҳосил кардани энергияи электрикӣ дар нерӯгоҳҳои барқии атомӣ дар параграфи 4.18 маълумот дода шудааст.

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 тартибдарории ғафсии варақаҳои пластмассагӣ, металлӣ, резинӣ ва дигар тасмаю пардаҳо), барои безараргардони маводҳои доруворӣ (дар саноати дорусозӣ) ва маҳсулоти хӯрока (дар истеҳсолоти консервабарорӣ), барои таботати баъзе касалиҳои пӯст ва касалиҳои дарунӣ (масалан,  $\gamma$ -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 хунуки 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 рещаи растанӣ, ба ҷараёни об ё ҳаво, ба бофтаҳои организми зинда, ба рағани молидании ҳаракатдиҳанда ва ғайраҳо дохил менамоянд. Баъд бо ёрии ҳисобкунакҳо ё бақайдгирандагони афканишоти радиоактивӣ ҷойивазкунии изотопи 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  $^{32}_{15}\text{P}$  дохил менамоянд. Баъд ба таври даврӣ бо ёрии ҳисобкунаки афканишоти радиоактивӣ таҳлил мегузаронанд. Аз рӯи интенсивияти афканишот дар қисмҳои гуногуни растани кадом вақт ба системаи решаи растани дохил шудан, бо кадом суръат он дар дохили растани ҳаракат менамояд, чӣ тавр дар он тақсим мегардад, чӣ тавр дар мубодилаи моддаҳои растани иштирок кардани изотопи фосфор ва ғайраҳо маълумот гирифта мешаванд. Ин тадқиқотро одатан 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 растани (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 чараёни аз нуриҳои фосфордор ғизогирии растаниҳо маълумоти пурра ба даст орем.

Дар расми 4.23.1 радиоавтографи помидори духафтаина баъди 36 соати истеъмоли нуриҳои фосфордори радиоактивӣ бо изотопи  $^{32}_{15}\text{P}$  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 хоҷагии қишлоқ, ба монанди фотосинтез, ба таври самарабахш истифодабарии нуриҳои минералӣ, элементҳои гуногунро ҳазм кардани растаниҳо, ғизогирии ҳайвонҳо, ҳаракати об ва буғи он дар хок, кӯчидани ҳашаротҳо, хӯрдашавии қисмҳои ҳаракатдиҳандаи трактору мошинаҳо ва ғайраҳо бомуваффақият омӯхта мешаванд.

Барои назорати ҳалқаҳои поршени ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзи ҳароратӣ ҳалқаҳои поршенро нейтронборон намуда, дар он реаксияҳои ядрӣ ба вуҷуд меоранд ва дар натиҷа он радиоактив мегардад. Ҳангоми кори ҳаракатдиҳанда зарраҳои ҳалқа ба равшани молидани мегузаранд. Дар натиҷа радиоактивияти равшанро баъди муддати муайяни кори ҳаракатдиҳанда санчида, фарсудашавии ҳалқаро муайян менамоянд.

Изотопҳои радиоактив имконият медиҳад, ки доир ба диффузияи металлҳо ва чараёнҳои дар печҳои домнагӣ гузаранда маълумот ба



даст оварда шавад. Барои ошкор кардани нуқсонҳои рехтаи металлҳо  $\gamma$ -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  $^{14}_6\text{C}$ , даври нимкоҳишаш  $T = 5700$  сол мавҷуд мебошад. Онро нейтронҳои дар таркиби нурҳои кайҳонӣ буда ба нитрогени таркиби атмосфера таъсир намуда, ҳосил мекунанд. Ин карбон бо оксиген пайваст гардида, гази карбонат ҳосил менамояд, онро растаниҳо ва ба воситаи онҳо ҳайвонҳо истифода мекунанд. 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  $^{14}_6\text{C}$  кам шуда меравад. Миқдори карбони радиоактивро дар боқимондаи моддаи органикӣ муайян карда, синни онҳоро (то 100 000 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 тозаи  $^{235}_{92}\text{U}$  ё плутонии  $^{239}_{94}\text{Pu}$  истифода бурда мешавад. Дар бомбаҳои атомӣ ҳосил кардани андозаи бӯҳронии моддаи радиоактив дар натиҷаи якҷоякунии ду қисми моддаи радиоактивӣ андозаҳояшон назар ба андозаи бӯҳронӣ 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 дуюми ҷаҳонӣ соли 1945 ИМА дар шаҳрҳои Хиросима ва Нагасакии Япония бомбаҳои атомӣ партофт, ки то ҳоло таъсири он мавҷуд мебошад.

Дар бомбаҳои гидрогени (термоядрӣ) барои ҳосил кардани ҳароратҳои 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 мекунанд.

Ҳамин тарик, истифодаи энергияи ядрӣ дар соҳаҳои гуногуни хоҷагии халқ роли калон мебозад ва доираи истифодаи он сол аз сол васеътар мегардад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергияи ядрой дар кучо ва бо кадом мақсад истифода бурда мешавад?
2. Дар бораи истифодаи энергияи ядроие, 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, фарсуда-шавии ҳалқаҳои поршени ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзи ҳароратиро 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.

### ХУЛОСАҲОИ 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 рӯшноӣ  $E$  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 рӯшноӣ аз моддаи канда шудани электронҳоро фотоэффект меноманд.

Барои маънидоди ҳодисаи фотоэффект Эйнштейн нишон дод, ки рӯшноӣ инчунин бо квантҳои алоҳида фуру бурда мешавад. Мувофиқи тасаввуроти Эйнштейн энергияи фурубурдаи кванти рӯшноӣ  $h\nu$  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 фотоэффект хосияти корпускулӣ доштани рӯшноиро тасдиқ менамояд.

Дар ҷараёни паҳншавӣ рӯшноӣ хосияти мавҷӣ зоҳир менамояд (ҳодисаи интерференсия ва дифраксия). Ҳамин тариқ, рӯшноӣ ҳам хосияти мавҷӣ ва ҳам хосияти корпускулӣ дорад. Ҳодисаи фотоэффект дар техника васеъ истифода бурда мешавад. Дар фотоэлементҳо энергияи рӯшноӣ ба энергияи ҷараёни электрикӣ табдил меёбад. Фотоэлементҳо дар автоматҳои гуногуни «бинанда» истифода мешаванд. Сохти батареяҳои офтобӣ ба ҳодисаи фотоэффект асос ёфтааст.

Дар охири асри XIX сохти мураккаб доштани атом муқаррар 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 заряднок, 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 рӯшноӣ 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 мекунад, дуру дароз дар ҳолатҳои мешаванд, ки нур намеафкананд.  
**Мувофиқи постулати дуюми Бор:** ҳангоми аз як ҳолати статсионарӣ ба ҳолати дигари статсионарӣ гузаштани атом нурафканӣ ё нурфурӯбарии он ба амал меояд.

Балмер спектри афканишоти гидрогенро омӯхта, барои ҳисоб намудани басомади силсилаи хатҳои спектри дар соҳаи дидашавандаи спектр формулаи зеринро пешниҳод намуд:

$$\nu = R \cdot c \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

дар ин ҷо  $c$  – суръати рӯшноӣ 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 муқаррар 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 дарозашон хурд ( $10^{-10}$ – $10^{-13}$  м),  $\beta$ -нурҳо сели электронҳо,  $\alpha$ -нурҳо сели ядроҳои атомҳои гелий мебошанд.

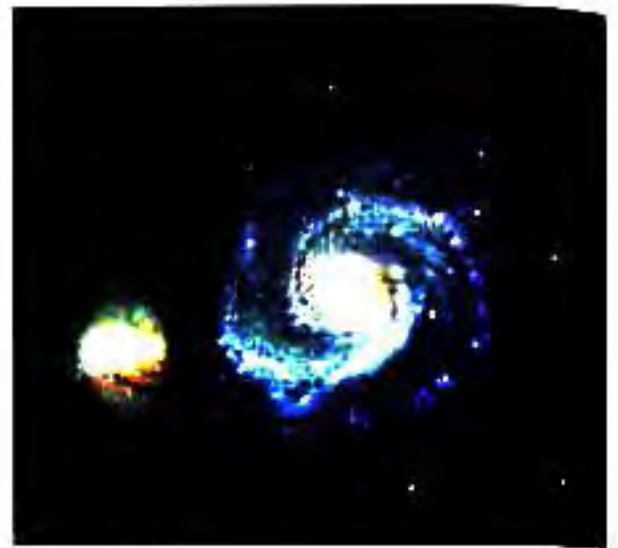
Пас аз кашфи нейтрон аз тарафи олими англис Ч. Чэдвик соли 1932 физики шӯравӣ Д. Иваненко ва олими олмонӣ В. Хейзенберг модели протону нейтрони ядроҳои атомро пешниҳод намуданд. Мувофиқи ин модел ядроҳои атом аз протонҳо ва нейтронҳо иборат аст. Суммаи протонҳо  $Z$  ва нейтронҳо  $N$ -ро адади массавӣ  $A$  меноманд:

$$A = Z + N.$$

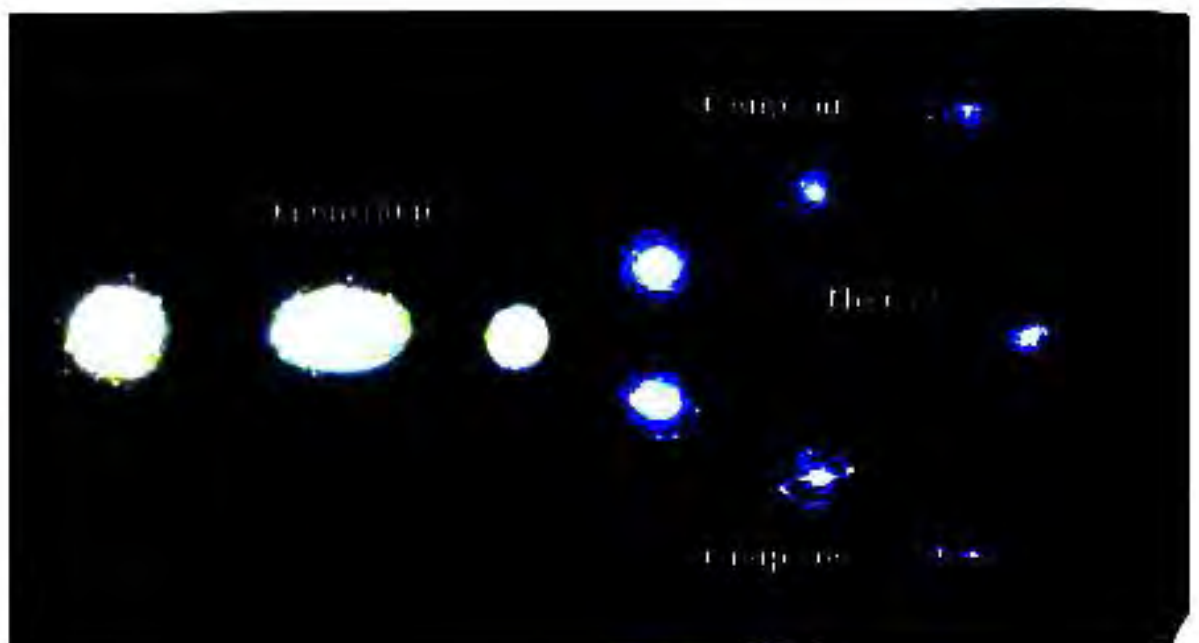
Ядрохое, ки шумораи якхелаи протонҳо доранд, изотопҳо номида мешаванд.



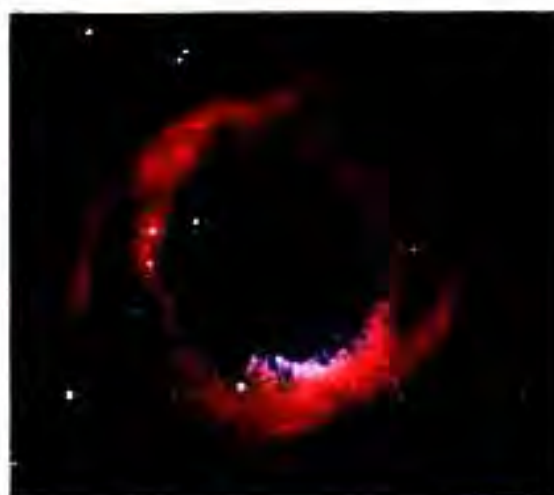
Рисун 6.3.1



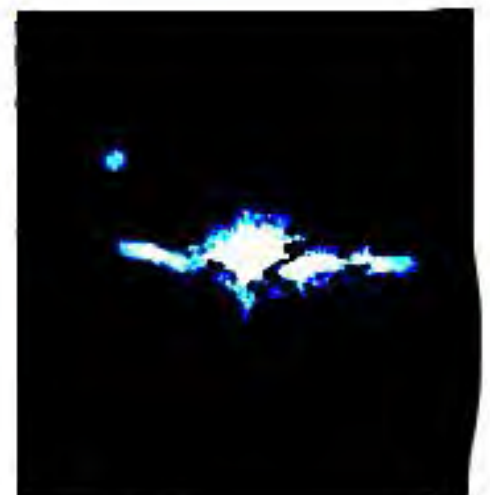
Рисун 6.3.3



Рисун 6.3.2



Рисун 6.3.4



Рисун 6.3.5

## Боби 5

# ТАВСИФИ УМУМИИ ҚИРМҲОИ ОСМОНӢ

## Системаи офтобӣ

### Мавзӯи астрономия

Ҳаракат, сохт, пайдоиш ва инкишофи қирмҳои 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 вуҷуд омада, инкишофи ёфтааст. Дар замонҳои қадим он дар Бобулистон, Миср, Хитой ва ғайраҳо ҳеле инкишоф ёфта буд. Одамон аз маълумотҳои астрономӣ барои муайян кардани вақт, ёфтани самти ҳаракат ва дигар мақсадҳои ҳаёти ҳаррӯза истифода мебуданд.

Нучумшиносӣ баъди таназзул ёфтани маданияти эллиний (юнонӣ) ва кӯчидани он ба Хоразми аеримёнӣ ба қудратҳои баланди инкишофи худ расида буд. Хоразм он замонҳо дар ҷаҳон баъди Юнон маркази дувуми маданӣ – илмӣ ҳисобида мешуд. Олимони ин марказ Муҳаммад Хоразмӣ, Ибни Сино, Абурайҳони Берунӣ, Умарӣ Хайём ва дигарон ба нучумшиносӣ, ғиёб, ҷуғрофия, геология ва дигар ҷабҳаҳои илм фаъолият варзид ва илми замонҳои худро бо кашфиётҳои бузурганон ривҷу равнақ мебуданд. Абурайҳони Берунӣ бо ҷаҳоншиносӣ астрономии худ ба таъри аниқ қуни монили эклиптикаро ба экватор муайян карда тағйироти асрии онро пешгӯӣ намудааст. Ҷангоми ғирифтӣ Моҳ тағйирёбии рӯшноии сатҳи онро маънидод намуда, инчунин бо усулҳои математикӣ радиуси Заминро муайян кардааст.

Мирзо Улугбек феҳрасти аниқ ситораҳо ва ҷадвали ҳаракати сайёраҳо тартиб додааст.

Барои муайянқунии вақти аниқ, координатаҳои заминӣ ва осмонӣ, ки онҳо барои корҳои қайҳоннавардӣ, навигатсионӣ, геодезӣ ва харитасозӣ истифода мешаванд, астрономия нақши муҳимро мебозад.

Астрономия дар тадқиқи қайҳон, инкишофи қайҳоннавардӣ ва аз ҷаҳон дуру наздики қайҳон омӯхтани сайёраи мо мавқеи муҳимро ишғол мекунад. Вай бо фанҳои физика, математика, геология, химия, қайҳоннавардӣ ва дигар фанҳои табиатшиносӣ алоқаи зич дошта, барои пешрафт ва инкишофи худ аз қомебҳои онҳо самарабахш истифода мебарад.

Астрономия лаҳзаҳои гирифтани Офтобу Моҳ, зухур ёфтани кометаҳоро пешгӯӣ карда, пайдоиш ва таҳаввулоти Замина 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 назариявӣ ҳисоб намуда буданд, инчунин онро бо ёрии термозлементҳо ва усулҳои радиометри аз Замин истода чен карданд. Баъдтар ин маълумотҳо бо ёрии асбобҳои стансияҳои автоматие, ки ба Моҳ фиристода шуда буданд, тасдиқ намуданд.

Астрономия таъсири мутақобилаи чирмҳои гуногуни кайҳониро бо Замин, ба Замин наздикшавии чирмҳои хурди осмонӣ, аз ҷумла кометаҳо ва сабабҳои инкишофи думи онҳо, ходисаҳои ба парвози метеорҳо хосбуда, омӯзиши сатҳи сайёраҳо, физикаи Офтоб ва хусусиятҳои олами ситораҳоро мавриди омӯзиши худ қарор медихад.

Солҳои охир олимони соҳаи астрономия бо ёрии киштиҳои кайҳонӣ, стансияҳои байнисайёравӣ, ки бо асбобҳои навтарини электронӣ, радиотелескопҳо, компютерҳо ва дигар техникаи ҳозиразамон 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 метеорҳо) ва омӯзиши соҳаҳои дигари Коинот пажӯҳишгоҳи астрофизикии Тоҷикистон саҳми арзандае дорад. Қармандони он солҳои охир тавассути таҷҳизоти навини муосир мушоҳидаҳо ва тадқиқотҳои астрономӣ гузаронида дар арсаи байналмиллӣ ба қомебиҳои баланди илмӣ муваффақ шудаанд. Гуфтаи ҷои аст, ки саҳми олимони – нучумшиносони Тоҷикистон академик Бобочонов 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 Маҳсумов М.Н., профессор Ибодинов Х.И. (директори имрӯзаи пажӯҳишгоҳ) ва дигарон фаъолият намуда ба кашфиётҳои илмӣ ноил гаштаанд.

Боиси хушнудӣ ва шарафмандӣ аст, ки 6 сайёраҳои хурди аз ҷониби амрикоӣён кашф гардида ба номи астрофизикони Тоҷикистон номгузорӣ шудаанд, аз ҷумла дутои онҳо «Бобочонов» 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 шахомати олимони – нучумшиносони асримиёнагӣ ва имрӯзаи миллиатамон сарбаланду ифтихормандем.

Фанни астрономия бо ҷунин қорҳои тадқиқотӣ ва дастовардҳои илмӣ дониши моро дар бораи манзараи физикии Олам ва материя бой мегардонад.

## 5.1. Бурҷҳо

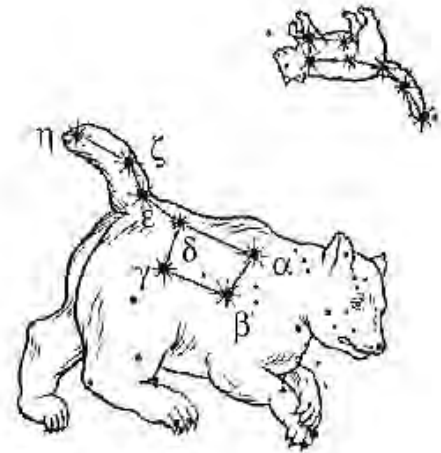
Мо дар ҳолати беабру бегубор будани осмон ва набудани Моҳ дар он ситораҳои хеле зиёдро мушоҳида карда метавонем. Баҳисобгирии онҳо бо чашми оддӣ мушкил аст, вале ин мушкилӣ садди роҳ шуда наметавонад, агар мо аз роҳи усулҳои беҳтарини мушоҳидавие, ки дар тӯли садсолаҳо ба даст дароварда шудаанд, дуруст истифода барем.

Дар замонҳои қадим вақте, ки болоравии истеҳсолот ба миён омада, доду гирифт ва тичорати байниҷаҳонии одамон дар минтақаҳои баҳрӣ, уқёнусӣ ва роҳҳои хушкгарди аз ҳам дур сар мешавад, барои ченкунии вақт, муайянкунии мавқеи ҷой ва самти ҳаракати баҳрнавардону савдогарон зарурияти донишҷӯи 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 ҳикоятӣ қиссаҳо омада расидаанд.

Чанде аз ситораҳои минтақаи қалони ситоразор дар натиҷаи гурӯҳбандӣ ва фикран бо хатҳои рост пайваст кардан шакли қаблезро мегиранд. Дар Русияи Қадим онро «Ковш» ё «Кострюл» меномиданд (юнониён онро «Хирси Қалон» номида буданд).

Мувофиқи ривоятҳои Юнони Қадим зани бадрашки шоҳ Зевс, ки Херо ном дошт, зани парирӯ Каллиторро бо ёрии писараш Аркад (точикон онро Авво номидаанд) ба қадом восита ба хирс табдил медиҳад. Вале Зевс бошад, бо меҳри ошиқонаи худ Каллиторро чун хирси қалон ба осмони болои сар мегузорад. Дар наздикии он  $\alpha$ -Аркад (Авво)-ро бо сағҳои тозиаш ҷой додааст.



Расми 5.1.1



Расми 5.1.2



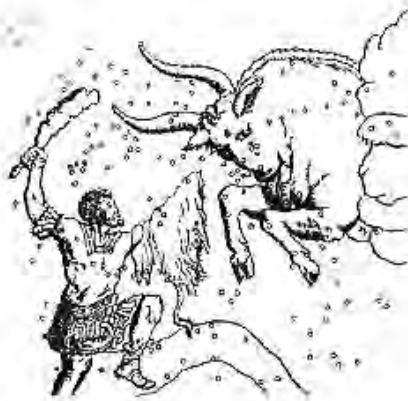
Расми 5.1.3



Расми 5.1.4



Расми 5.1.5



Расми 5.1.6

Хамин 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 кадом хирсаке монандӣ 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 Қутбӣ мегузарад, нигоҳ кардан, бурчи Зотулкурсиро, ки он ба ҳарфи латинии *W* монанд аст, دیدан 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 мекунад (расми 5.1.5).

Зимистон дар қисми ҷанубии шабонаи осмон гурӯҳи дигари ситораҳоро دیدан мумкин аст, ки онҳо ба ҳарфи латинии *R* монандӣ мекунад. Юнониёни қадим ба он номи яке аз қаҳрамонони ривояти дигари халқӣ, шикорчии девҷусса – Орион (точикон онро бурчи Ҷаббор меғӯянд) гузоштаанд (расми 5.1.6).

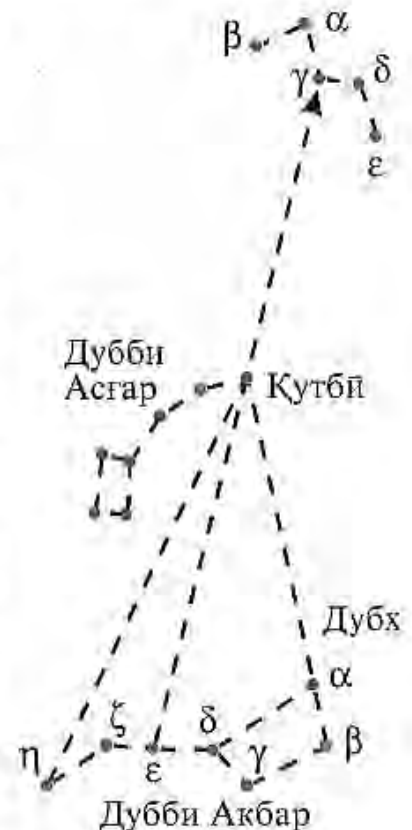
Камарбанди қаҳрамонро ситораҳои мобайнии ҳарфи *R* ташкил медиҳанд. Дар дасти чапаш сипарпӯст дошта, бо дасти силоҳдори росташ ба сӯи барзагове, ки ба тарафи ӯ шох медавонад, ҳучум мекунад.

Хамин тариқ, 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, бурҷҳо номида мешаванд.

Осмони ситоразор аз 88 бурҷ иборат аст. Онҳоро аз рӯи мавқеи ҷойгиршавии гурӯҳи ситораҳояшон ёфтаи осон аст.



Расми 5.1.7



Гайр аз бурҷҳои Дубби Акбар ва Дубби Асгар бурҷҳои ҳастанд, ки ба онҳо номи ҳайвонҳо, масалан, Асад, Саратон, Акраб ва гайраҳо гузошта шудаанд. Номҳои юнонии қадим – Кассиопея, Андромеда, Персей ва гайра низ мувофиқи ривоятҳои афсонавӣ номгузори шудаанд ва то ба замони мо омада расидаанд.

Ситораҳоро вобаста ба дурахшониашон ва бо мақсади онҳоро аз якдигар фарқ карда тавоништан бо ҳарфҳои юнонии  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  ва гайра 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 гайра ишора шудаанд.

Ба ситораҳои равшани бурҷи Дубби Акбар, Мехрак ( $\beta$ ), Фикда (Фекда) ( $\gamma$ ), Мегретс ( $\delta$ ), Дубхе ( $\alpha$ ), Алиот ( $\epsilon$ ), Митсар ( $\zeta$ ) ва Банотуннаш (Бенетнаш) ( $\eta$ ) ном гузошта шудааст (расми 5.1.7).

Бо чашми оддӣ дар нимкураи шимолии Осмон зиёда аз 3000 ситораҳоро шуморидан 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 сония омада мерасад.

Масофа аз Офтоб то Замин ба 150 000 000 км баробар аст. Ин масофа ҳамчун воҳиди астрономӣ (в.а.) қабул шудааст.

#### САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Бурҷи осмони ситоразор гуфта, чиро меноманд? Кадом бурҷҳоро медонед?
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?

#### МАШҚ

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 тақрибан дар кадом воҳиди масофа ҷойгир 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. Харитаи ситораҳо (хатҳо ва нуқтаҳои кураи осмон)

Барои омӯختани координатаҳои ситораҳо ва сохтани харитаи онҳо ба гунбази 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. Гунбази фалак номиди мешаванд (ниг. расмҳои рангаи 5.2.1 ва 5.2.2).

Дар он нуқтаи ба болои саромон мувофиқ омадари бо  $Z$  (зенит) ва нуқтае, ки ба муқобили он хобидааст, бо  $Z'$  (надир) ишора мекунем. Хатро, ки нуқтаҳои  $S$  (ҷануб) ва  $N$  (шимоли)-ро бо ҳам мепайвандад, хати нимарӯзи меноманд. Ҳамворие, ки онро даврҳои  $NESWN$  дар бар мегирад, ҳамвории уфуқи математикӣ номиди мешавад.  $E$  - тарафи шарқ ва  $W$  - ғарбро ифода мекунанд.

Ҳангоми Замин дар атрофи меҳвараш ҷарҳ задан ба мо манзараи осмон тавре менамояд, ки гӯё ситораҳо дар атрофи Замин ҳаракат мекарда бошанд (ниг. расми рангаи 5.2.3).

Ситораҳо, гайр аз Ситораи Кутбӣ ( $\alpha$ , Дубби Асгар), ки аз наздики он тирӣ ҷарҳзанин Замин мегузарад, дар давоми як шабонарӯз меридиани кураи осмонро дар нуқтаҳои  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  ва гайра доимӣ 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 Кутбӣ ҷойгир аст ва ба поёни уфуқ намехамад, вале чирми  $M_1$  бинобар сабаби ҳарду қиёмаш дар поёни уфуқ будан мушоҳида намешавад. Ҳаге, ки аз маркази Замин мегузарад ва нуқтаҳои кутбӣ  $P$  ва  $P'$ -ро ба ҳам пайваст мекунанд, меҳвари дунё (олам) номиди мешавад.

Ҳамворие, ки ба меҳвари дунё  $PP'$  перпендикуляр аст ва онро ба ду қисми баробар ҷудо мекунанд, ҳамвории экватори дунё номиди мешавад (ниг. расми рангаи 5.2.5). Ситораҳо дар як шабонарӯз дар болои уфуқ гирдогирди  $PP'$  доираҳои мекашанд, ки ба ҳамвории экватор параллеланд (ниг. расми рангаи 5.2.6, б).

Мо дар экватор истода (дар набудани Октоб) тамоми чирмҳои мунирро дар як шабонарӯз мушоҳида карда мегардонем (расми 5.2.6, в).

Мушоҳидачӣ, ки дар кутби шимоли ё ҷануби Замин ҷойгир аст, ҳаракати зоҳирӣ чирмҳои осмониро доимо мушоҳида мекунанд (ниг. расми рангаи 5.2.6, а).

$Q$  - нуқтаи болои ва  $Q'$  - нуқтаи поёни экваторӣ дар меридиани осмонӣ мебошанд.

Баландии чирми  $M$ -ро дар қиём болои бо  $h$  ва майли онро аз экватор бо  $\delta$  ишора карда, арзи маҳал  $\varphi$ -ро меёбем (ниг. расми рангаи 5.2.7).

Баландии кутби дунё  $h_p$  ҳама вақт ба арзи ҷуғрофӣ баробар аст, яъне  $h_p = \varphi$  ва аз ин рӯ қунҷи байни хати нимарӯзи  $NS$