

## Кіріспе

- *Микрофизика дамуының кезеңдері*
- *Бөлшектер арасындағы өзара әсерлесу түрлері*
- *Атомдық жүйелердің түрлері және олардың құрамы*
- *Атомдық физикадағы арақашықтық, энергия, және өмір сүру уақытының әдеттегі мәндері*
  - *Атомдық физика-кванттық құбылыстар физикасы: макроскопиялық заңдардан микроскопиялық заңдардың айырмашылығы; микробөлшектердің жалпы ерекше қасиеттері жайында*

1. Микроскопиялық құбылыстар физикасы - микродүние физикасының пайда болуы және дамуының маңызды кезеңдері:

- заттың атомдық-молекулалық құрылысының тағайындалуы (19ғ.)

- атомдар мен молекулалардың өздерінің және бұлардан құралған макроскопиялық денелер құрылысының айқындалуы және кванттық қасиеттердің зерттелуі (19ғ. аяғы және 20ғ. алғашқы онжылдықтары),

- атомдық ядролардың құрылысы мен қасиеттерінің зерттелуі және үлкен энергиялы әр алуан элементар процестерінде пайда болатын және жойылатын элементар бөлшектердің көптеген түрінің ашылуы және зерттелуі (20ғ. ортасы және қазіргі кезең).

2. Бөлшектердің өзара әсерлесуінің төрт іргелі түрі болатыны белгілі: электромагниттік, күшті (ядролық), әлсіз және гравитациялық. Біріншісі электрлік зарядталған бөлшектер арасында, соның ішінде, атомдық жүйелердің байланысқан электрондары арасында, осы жүйелердің электрондары мен ядролары арасында және ядролардағы протондар арасында іске асады.

Электромагниттік әсерлесу күші байланыс тұрақтысы

$$\alpha = e^2 / 4\pi\epsilon_0 \hbar c \approx 1/137,$$

Нәзік түзіліс тұрақтысымен сипатталады, мұндағы  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$  - Планк тұрақтысы,

$\epsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11} \text{ Ф/м}$  – электрлік тұрақты;

Электромагниттік күштер күш көзінен кез келген қашықтықта білінетін, алыстан әрекет етуші күштер болып табылады.

Ядролардың құрылымдық бөлшектері – протондар мен нейтрондар арасындағы байланысты қамтамасыз ететін ядролық күштер (күшті әсерлесу) жақыннан әрекет етеді. Әрекет ету радиусы  $\sim 10^{-15}$  м.

Ядролық күштердің байқалатын мәндерін түсіндіру үшін күшті әсерлесулер өлшемділіксіз  $g/\hbar c \approx 1$  байланыс тұрақтысымен сипатталады деп есептеу керек, мұндағы  $g$  – ядролық күштер өрісіне тән шама. Осыған ұқсас әлсіз әсерлесу күші өлшемділіксіз  $(Gm_p^2/\hbar^3)^2 \approx 10^{-10}$  тұрақтымен анықталады, мұндағы  $G$  – әлсіз әсерлесулер өрісіне тән тұрақты мағынасына ие,  $m_p$  - протон массасы. Соңғы екі қатынасты салыстыру әлсіз әсерлесу күшінің күшті әсерлесу күшінен көп қатарға кіші екендігі көрінеді. Әлсіз күштердің әрекет ету радиусы  $\sim 10^{-18}$  м.

Гравитациялық әсерлесу күші  $\gamma m_p^2/\hbar \approx 2 \cdot 10^{-39}$  өлшемділіксіз тұрақтымен анықталады, мұндағы  $\gamma$  - гравитациялық тұрақты. Бұдан көрініп тұрғандай, гравитациялық әсерлесу микродүниеде өте болмашы аз шама, сондықтан атомдық физикада оны әдетте елемейді.

**3.** Атомдық физика атомдық жүйелердің – атомдар, молекулалар және кристалдардың ішкі құрылысын зерттейді. Молекулалардағы атомдар арасында және кристалдардағы бөлшектер арасында табиғаты электромагниттік байланыс күштері әрекет етеді.

Атом – химиялық элементтің оның химиялық қасиеттеріне ие ең кіші бөлшегі. Молекула – екі немесе одан көп атомдардан құралған химиялық қосылыстың оның химиялық қасиеттері сақталатын ең кіші бөлшегі. Молекулалардағы атомдар арасында және кристалдардағы бөлшектер арасында әрекет етуші байланыс күштерінің табиғаты электромагниттік.

Жалпы алғанда атомның құрылысы күрделі. Центрінде оң зарядталған ядро болады, оның айналасында оның электр өрісінде

теріс зарядталған бөлшектер – электрондар қозғалып жүреді. Атомдық ядро протондар мен нейтрондардан тұрады. Протонның заряды оң,  $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$  Кл, ал массасы  $m_p = 1836m_e$ , мұндағы  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг – электрон массасы.

Нейтрон электрлік бейтарап және оның массасы  $m_n = 1839m_e$ , яғни протон мен нейтрон массалары өзара біріне бірі өте жақын. Ядродағы протон саны  $Z$  тиісті элементтің атомдық нөмірі деп аталады. Ядродағы протон мен нейтронның қосынды саны  $A=Z+N$  массалық сан деп аталады. Протон мен нейтронның массалары электрон массасынан едәуір үлкен болғандықтан атом массасының басым бөлігі ядро массасына келеді

Атомдық ядроның  $Ze$  заряды атомның берілген химиялық элементіне жататынын анықтайды. Сонымен, ядро құрамы  $Z$  және  $A$  мәндерімен толығынан сипатталады. Бейтарап атомдағы электрон саны  $Z$ -ке тең. Атом  $k$ -электронынан айырылғанда оң зарядталған ион –  $k$ -мәрте иондалған атом пайда болады.

Электрондық қабықпен бейтараптандырылған берілген ядро нуклид деп аталады.  $Z$ -і бірдей бірақ  $A$ -сы әр түрлі нуклидтер **изотоптар** деп аталады. Элементтердің көпшілігі бірнеше изотоптан тұрады. Мысалы, табиғи сутегі екі изотоптан тұрады: сутегі ( $A=1$ ) және дейтерий ( $A=2$ ).

Атомдық жүйелердің ерекше типіне құрамына электронды немесе протонды «алмастырушы» бөлшек кіретін орнықсыз атомдар немесе молекулалар жатады. Осындай атомдық жүйелер өте аз ( $\sim 10^{-6}$  с және бұдан кіші) уақыт аралықтарында өмір сүруге қабілетті. Бұлардың мысалына мезоатомдық, адрондық атомдар, позитроний, мюоний, мюондық атом жатады. Ядро заряды  $Ze$ -ге тең, ал электрон  $\mu^{-1}$  теріс мюонмен алмастырғанда мюондық атомдарға, ал электроны теріс адронмен алмастырғанда адрондық атомдарға айналады. Позитроний  $e^{+}$  позитрон және  $e^{-}$  электроннан, мюоний оң мюон және электроннан тұрады.

4. Микроскопиялық құбылыстарды оқып-үйренгенде кездесетін ара қашықтықтарға тән шамалар атомдар және бұлардан құралған қарапайым молекулалардың

$$10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 10^{-1} \text{ нм} \quad (1)$$

сызықтық мөлшерінің реттік шамасымен және атомдық ядролардың

$$10^{-15} \text{ м} = 10^{-13} \text{ см} = 10^{-6} \text{ нм} \quad (2)$$

Сызықтық мөлшерінің реттік шамасымен анықталады.

Микробөлшектердің сызықтық мөлшерлерінің күнделікті тіршілікте кездесетін макроскопиялық денелермен салыстырғанда кішілігі атомдық физика және ядролық физика жайында физиканың микроскопиялық құбылыстар бөлімдері деп айтуға болады.

Микрофизикадағы қашықтықтардың төменгі табиғи шекарасы тағайындалмаған. Эксперимент техникасы жетілдірілген сайын өлшеуге келетін ең кіші қашықтықтар барған сайын кішірейе түсуде. Қазіргі уақытта олардың реттік шамасы  $10^{-17}$  м.

Енді микробөлшектердің энергиялары жайындағы мәселеге тоқталайық. Бұларды өлшеу үшін энергияның жүйеден тыс бірлігі – электрон–вольт (эВ) қолданылады :  $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

Атомдық–молекулалық құбылыстар үшін бұларға тән энергиялардың реттік шамасы ретінде

$$E_{am} \sim 10 \text{ эВ} \quad (3)$$

мәнін алуға болады. Бұл бейтарап атомдарды иондау энергияларының, яғни атомдардан ең әлсіз байланысқан электрондарды жұлып шығаруға жұмсалатын энергиялардың реттік шамасы, және диссоциация энергияларының, яғни қарапайым молекулалардағы химиялық байланысты үзуге жұмсалатын энергиялардың реттік шамасы. Мысалы, сутегі атомының иондану энергиясы 13,6 эВ, гелий атомы үшін – 24,6 эВ, цезий атомы үшін – 3,9 эВ, сутегі молекуласының диссоциация энергиясы 4,5 эВ, азот молекуласы үшін 9,8 эВ-қа тең.

Атомдық физиканы сызықтық мөлшерлер мен энергиялардың реттік шамалары (1) және (3) болатын атомдық–молекулалық дәрежеде микроскопиялық құбылыстар физикасы ретінде баяндағанда атомдық ядролардың қасиеттері атомдар мен молекулалардың құрамдық бөліктері ретінде ғана қарастырылады; осы жағдайда ядролар оң зарядының,

массасының, мөлшері мен моменттерінің (механикалық, магниттік және электрлік) нақты мәндерімен сипатталады.

Атомдық физикада (1) және (3) мәндеріне қатысты сәйкес сызықтық мөлшерлер мен энергиялар жеткілікті кең ауқымда өзгереді. Сызықтық мөлшерлер үшін ұзындықтар шамамен  $10^7$  -  $10^5$  см-ден (өте үлкен молекулалар мөлшері)  $10^{-10}$  см-ге дейін (ауыр атомдардың ішкі электрондық қабаттарының мөлшері) өзгереді. Энергиялар үшін тиісті ауқым бұдан да кең және жуық шектері эВ-тың миллиондық бөлігінен (атомдар мен молекулалардағы электрондардың ядролар моменттерімен «аса нәзік» әсерлесу энергиялары) он мыңдаған эВ-қа дейін (ауыр атомдардың ішкі қабаттарындағы электрондардың байланыс энергиялары) болады. Бірақта осы жағдайда ең кіші ұзындықтар ядролардың мөлшерлерінен көп үлкен, ал ең үлкен энергиялар ядролық энергиялардың мәндерінен көп кіші болады да, атомдық молекулалық құбылыстар аймағы ядролық құбылыстар аймағынан едәуір алшақ жатады.

Микрофизикадағы көптеген процестердің ұзақтығы уақыттың макроскопиялық масштабы тұрғысынан болмашы аз уақыт аралығын құрайды. Мысалы, атомдық жүйенің бір күйден басқа күйге ауысуы көп жағдайда шамасы  $10^{-8}$  с уақыт аралығында өтеді.

Атомдық-молекулалық құбылыстар (иондану, диссоциация) үшін энергияның реттік шамасы  $\sim 10$  эВ деп алуға болады ( $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж). Микрофизикада көптеген құбылыстардың ұзақтығы  $\sim 10^{-8}$  с.

5. Жеткілікті кіші қашықтықтарда және массалары жеткілікті кіші бөлшектер үшін классикалық физикада белгісіз және кванттық механикада бейнеленетін кванттық деп аталатын ерекше құбылыстар орын алады.

Кванттық механика заңдарының маңызды ерекшелігі бұлардың макроскопиялық заңдармен салыстырғанда әмбебаптығы болып табылады. Классикалық заңдарға қарағанда микрокопиялық заңдар әртүрлі процестердің жасырын механизмдерін, соның ішінде элементтердің байқалатын магниттік қасиеттеріне, әр түрлі заттардың химиялық белсенділігіне немесе инерттілігіне себепші болатын механизмдерді ашуға мүмкіндік

береді. Кванттық механикада физикалық оқиғалардың болу ықтималдықтары бағаланады.

6. Микробөлшектерге макробөлшектерде жоқ екі іргелі қасиет тән: микробөлшектер корпускулалық толқындық екі жақтылы табиғатқа ие; микробөлшектерге ерекше дискреттілік қасиеттер тән.

### **Сұрақтар**

1. Заттың атомдық құрылымы жайындағы гипотезаның дамуының негізгі тарихи кезеңдері қандай?

2. Атомның құрылысы қандай? Атом ядросының құрылысы қандай?

3. Қандай әсерлесулер іргелі (фундаменталь) әсерлесуге жатады?

4. Іргелі әсерлесулер қандай бөлшектер арасында байқалады?

5. Жеке іргелі әсерлесулер үшін қандай ерекшеліктер тән?

6. Микробөлшектердің тәртібін бейнелеу үшін классикалық механиканы неге қолдануға болмайды?

7. Қандай физикалық процестерде электромагниттік әсерлесу өзін байқатады?

8. Қандай физикалық процестерде күшті әсерлесу өзін байқатады?

9. Қандай физикалық процестерде әлсіз әсерлесу өзін байқатады?