

Н-34

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УРСР

КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

НАУКОВІ ЗАПИСКИ

ВИПУСК III

«РАДЯНСЬКА ШКОЛА»
КИЇВ — 1958

І. Н. ШВЕЦЬ,

ст. викладач

ЕЛЕМЕНТАРНІ ЧАСТИНКИ В КУРСІ ФІЗИКИ 10 КЛАСУ

Поняття зарядженої елементарної частинки вперше дається учням 10 класу при з'ясуванні питання електронної теорії. Але сама електронна теорія з'ясовується в більшості випадків неповно, поверхово. Учні не розуміють, що таке електрон, пізніше — що таке електричний струм, не можуть і відрізнити електрон від інших частинок, уже відомих їм з курсу фізики 9 класу.

Щоб цього уникнути, треба звернути особливу увагу на розкриття діалектичного процесу пізнання природи речовини, хід викладу матеріалу повинен виражати діалектичне мислення вчителя і цим самим активізувати мислення учнів.

Говорячи про те, що багато років назад була висловлена атомістична гіпотеза будови матерії, згідно з якою матерія складається з дискретних частинок атомів, які вважались цілком неподільними, простими, непроникними, можна і слід сказати про зміст поняття елементарної частинки.

Атом вважали за елементарну частинку аж до початку ХХ ст. В 1918—1920 рр. після дослідів Резерфорда, коли з'ясувалось, що атом — це складна частинка, що він не є простим і неподільним, а складається з ядра та електронів, поняття елементарності перенесли на ядра атомів та електрони. В дальшому, особливо після теоретичних досліджень радянського фізика Д. Д. Іваненка, коли прийшли до висновку, що ядро атома складається з протонів та нейтронів, поняття елементарних частинок переноситься вже на складові частинки ядра...

Що ж являє собою «елементарна частинка»?

Ми не зможемо зараз дати чітку відповідь на це запитання; термін «елементарна» скоріше відноситься до рівня наших знань.

Взагалі, можна сказати, що на кожному етапі розвитку науки ми називаємо елементарними ті частинки, будови яких ще не знаємо і розглядаємо як найпростіші, тобто такі, що не складаються з інших частинок. В такому ж розумінні ми називаємо і електрон елементарною частинкою.

Всі наведені вище міркування підтверджуються експериментом, життям, і ми тепер з почуттям глибокої вдячності наводимо думки В. І. Леніна, висловлені ним майже 50 років тому:

«Суть» речей або «субстанція» *теж* відносні, вони виражають тільки поглиблення людського пізнання об'єктів, і якщо вчора це поглиблення не йшло далі атома, сьогодні — далі електрона і ефіру, то діалектичний матеріалізм наполягає на тимчасовому, відносному, приблизному характері всіх цих *віх* пізнання природи прогресуючою наукою людини. Електрон є так само *невичерпний* як і атом, природа безконечна, але вона безконечно *існує...*¹

Більш детальне розуміння основних властивостей електрона як елементарної частинки та одиниці від'ємної електрики учні одержують, вивчаючи закони електролізу та пізніше — властивості катодних променів.

З'ясовуючи ці питання, вчитель повинен будувати уроки так, щоб вони були прямим, але більш глибоким і більш змістовним продовженням основних міркувань, приведених в електронній теорії. Коли учні зрозуміють, що різні іони можуть нести на собі лише дискретні, кратні найменшому порції заряду, треба з повною ясністю підкреслити висновок про те, що і електрика як позитивна, так і негативна поділена на певні елементарні кількості, які проявляють себе як атоми електрики.

Особливо важливу роль в пізнанні атомарної природи електрики відіграло вивчення проходження електрики в газах. Дослідження розряду в газах та вивчення властивостей створюваних при цьому катодних променів показали, що атоми від'ємної електрики можуть бути одержані у вільному (незв'язаному) вигляді.

За цими атомами від'ємної електрики історично затвердилася назва електронів, яка була запропонована Стонеем (1891) для позначення елементарних кількостей електрики.

Прямий доказ дискретності електричних зарядів та перше точне визначення величини заряду електрона способом знаходження зарядів окремих частинок були виконані Міллікеном в 1911 р. Цей спосіб полягає в безпосередньому вимірюванні заряду дуже малих краплинок масла, які рухаються в спеціальній камері під впливом електричного поля ($F_{eл}$) та поля тяжіння (F_r). Якщо дія полів взаємно зрівноважується, то крапля буде рухатися так, що $F_{eл} = F_r$, або $eE = mg$, де

m — маса краплі;	} Знаючи g , m , E , легко визначити e .
g — прискорення земного тяжіння;	
E — напруженість електричного поля;	
e — заряд	

Заряд електрона дорівнює $4,802 \cdot 10^{-10}$ CGSE.

¹ В. І. Ленін, Твори, т. 14, стор. 239—240.

Методи для визначення маси електрона ґрунтуються на його русі в електричних та магнітних полях. Залежно від характеру та напрямку поля, яке діє на рухомий електрон, останній можна примусити рухатися по колу, по спіралі, можна збирати, тобто фокусувати електрони,— все це знаходить широке застосування в сучасній техніці, наприклад, в прискорювачах атомних частинок в електронних мікроскопах.

Тут також слід звернути увагу на матеріалістичний підхід до розвитку уявлень про електрон.

Матерія нескінченно різноманітна, знаходиться завжди в русі, зміні, розвитку, вона невичерпна. Дійсно, після відкриття електрона змогли визначити лише його заряд та масу, знали, що електрон повинен рухатися навколо ядра, бо лише це створює можливість стійкості атомної системи.

Пізніше упевнилися в тому, що маса електрона не є величина постійна, вона залежить від швидкості руху його і збільшується по закону $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, тому відрізняють «нерухому»

та «рухому» масу електрона і під останньою розуміють масу, яку набуває електрон при великих швидкостях. Електрон, крім руху навколо ядра (рух по орбіті), рухається ще й навколо власної осі (так званий спіновий рух). При такому русі електрон створює певний механічний та магнітний моменти. Електрон має властивість з'єднуватися з іншою частинкою позитивної електрики — позитроном і перетворюватися при цьому (разом з позитроном) в якісно відмінні «елементарні частинки» — фотони. Електрон може виникнути за рахунок перетворення фотона.

Чи все ми знаємо про електрон? Звичайно, ні. Матерія дійсно невичерпна і ми поступово все більше і більше дізнаємось про неї.

Закінчивши вивчення електрона, треба більш повно розказати учням і про *позитрон*. Досить довгий час вважали, що найменшою частинкою позитивної електрики є ядро атома водню — протон. Лише останнім часом, спочатку теоретично, а потім експериментально (1932), було відкрито нову елементарну частинку — додатний електрон, або позитрон. Ця частинка є найменшою порцією додатної електрики. Нерухома маса позитронів, спін така, як і в електрона, але заряд — протилежний. Магнітний момент позитрона такий самий як електрона, але з протилежним знаком.

Теорія позитрона розроблена Діраком. Відкриті дослідно позитрони були в 1932 р. Андерсоном, Блекетом та Оккіаліні в космічних променях. Незабаром було показано, що позитрони можна одержати штучно у вигляді пар протилежно заряджених частинок (позитрони і електрони) та спостерігати їх траєкторії в камері Вільсона, яка поміщена в магнітне поле

(метод академіка Д. В. Скобельцина). Позитрон та електрон, з'єднуючись, дають випромінювання з дуже короткою довжиною хвилі. Позитрон, на відміну від електрона, може існувати у вільному стані надзвичайно малі проміжки часу.

Дальшими елементарними частинками, які вивчають в курсі фізики 10 класу, є фотони. Про властивості фотонів учням розповідають в розділі «Дія світла» при поясненні питання фотоелектричного ефекту.

Розповідаючи про властивості фотонів, вчитель повинен підкреслити, що фотони це специфічні «частинки світла». Специфіка (або особливість) фотонів полягає в тому, що вони, маючи певну енергію (яка математично виражається $E = h\nu$), імпульс ($p = \frac{h\nu}{c}$), мають ще й масу $m = \frac{h\nu}{c^2}$. Отже, фотони проявляють як властивості хвилі (світлової), так і властивості частинки з певною масою. Така дwoяка специфічна властивість характерна взагалі всім елементарним частинкам, але фотон відрізняється в цьому від останніх тим, що він не має нерухомої маси, його нерухома маса дорівнює нулеві. Це означає, що фотони можуть бути лише рухомі, крім того, швидкість їх руху може дорівнювати лише швидкості світла. Маса фотона не змінюється з швидкістю, його електричний заряд також дорівнює нулю.

Фотони тісно зв'язані з електромагнітним полем і, як нам відомо, світло можна розглядати як електромагнітну хвилю. При випромінюванні світла збудженими атомами фотони виникають за рахунок електромагнітного поля, яке існує в самому атомі.

В розділі «Будова атома» учні вивчають властивості таких елементарних частинок як протони та нейтрони. Відомостей, які подаються про ці частинки, цілком достатньо, але ні в якому разі не можна обмежитися лише таким переліком елементарних частинок.

Виходячи з тих великих досягнень, які має фізика за останній час в галузі будови речовини, враховуючи зростання зацікавленості учнів до цього питання та необхідність розширення їх матеріалістичного кругозору, ми вважаємо, що в 10 класі треба розповісти (хоч в загальних рисах) про властивості таких частинок як нейтрино, антипротони та мезони. При цьому потрібно особливу увагу звернути на питання взаємного перетворення елементарних частинок.

Явище радіоактивного розпаду, при якому виділяється β -частинка (електрон), не можна було пояснити без допущення існування дуже малої частинки, в якій відсутній заряд. Ця частинка повинна випромінюватися з ядра разом з електроном. Її назвали «нейтрино», що означає «маленький електрон». Маса нейтрино точно не відома, але є підстави вважати, що вона менша маси електрона. Нейтрино, також як і електрон, має спін, тобто обертається навколо своєї власної осі. Мала маса

і відсутність заряду дають можливість нейтринно дуже легко проходити через різні речовини. Безпосередньо спостерігати нейтринно, наприклад, при допомозі фотографування їх слідів в камері Вільсона, поки ще не можна, але існує метод дослідного підтвердження гіпотези про існування нейтринно.

Розказавши про властивості протона, вчитель повинен розповісти про частинку, прямо протилежну протоніві. В 1955 р. групою вчених Каліфорнійського університету відкрита нова ядерна частинка — від'ємно заряджений протон, або антипротон. Антипротон (або інакше «протилежність протона») є частинка з масою, що дорівнює масі протона — ядра атома водню, але з від'ємним електричним зарядом.

Існування протона давно передбачали фізики-теоретики. Було зроблено багато спроб знайти антипротон в космічних променях, які до недавнього часу були єдиним джерелом наших відомостей про процеси, які проходять при великих енергіях. Але ці спроби не дали бажаних наслідків. Причина цього полягає в тому, що інтенсивність космічного випромінювання дуже незначна для створення антипротона. Антипротон знайдений не в космічних променях, а штучно створений при допомозі надзвичайно потужного прискорювача — беватрона, який дає змогу прискорювати протони до енергії 6,3 млрд. електрон-вольтів.

Нова частинка появляється дуже рідко. Тривалість її життя $1/10000000$ секунди. В науці ще дуже мало знають про властивість антипротона, не можуть також нічого сказати про практичне застосування цього важливого відкриття.

Про властивості мезонів учням можна розповісти ось що. При дослідженні космічних променів (космічні промені — це потік частинок надзвичайно великої енергії, які попадають в атмосферу з світового простору і викликають численні ядерні перетворення) виявилось, що до їх складу, крім уже відомих частинок (фотонів, електронів, позитронів) входять нові, ще не відомі нам частинки з масою, що дорівнює приблизно 100—200 електронних мас, а заряд їх може бути як додатним, так і від'ємним.

Нові частинки одержали назву мезонів, або мезотронів.

Назва походить від грецького слова «мезос» — середній, тобто мезон має масу, середню між масою протона і електрона. Пізніше були знайдені мезони з масою 200, 260, 350, 500—600, 950 електронних мас. Відкриті в космічних променях також частинки з масою, більшою ніж маса протонів.

Мезони дуже швидко розпадаються, тривалість їх життя $\tau = (2,15 \pm 0,07)$ (мікросекунд).

В залежності від маси заряду та характеру розпаду мезони дістали назву π -мезони, Θ -мезони, τ -мезони, K -мезони. Мезони взагалі виникають при ядерних перетвореннях та, в свою чергу, викликають ядерні розщеплення.

І таким чином, для учнів 10 класу треба дати короткий огляд основних властивостей відомих нам елементарних частинок.

Після цього дуже корисно було б дати учням систематизацію всіх відомих нам елементарних частинок. Таку систематизацію можна подати в такому вигляді:

I. Частинки з нерухомою масою, що дорівнює нулеві ($m=0$) — фотони (γ), тривалість існування в секундах $= \infty$.

II. Легкі частинки (лептони).

До складу їх входять: нейтрино — ν (маса $< 5 \cdot 10^{-4}$ маси електрона, тривалість існування в секундах $= \infty$), електрон ($m_e = 1$), позитрон, μ -мезон ($m = 207 m_e$, $\tau = 2,2 \cdot 10^{-6}$ сек.).

III. Мезони. Частинки середньої ваги.

До складу їх входять: π^0 -мезони ($m = 264 m_e$, $\tau \cong 10^{-14}$ сек.), π^+ -мезони, π^- -мезони ($m = 273 m_e$, $\tau = 2,6 \cdot 10^{-8}$ сек.), Θ^0 -мезони ($m = 965 m_e$, $\tau \cong 2 \cdot 10^{-10}$ сек.), Θ^+ -мезони, Θ^- -мезони ($m \cong 960 m_e$, $\tau \cong 10^{-9}$ сек.), τ^+ , τ^- -мезони ($m = 967 m_e$, $\tau \cong 10^{-8}$ сек.), K^+ , K^- -мезони ($m \cong 960 m_e$, $\tau \cong 10^{-8}$ сек.),

IV. Важкі частинки (баріони).

До складу їх входять нуклони (протони, антипротони, нейтрони) та гіперони, тобто частинки, більш важкі ніж нейтрони.

Гіперони, в свою чергу, поділяються на λ частинки ($m = 2182 m_e$, $\tau = 3,7 \cdot 10^{-10}$ сек.), Σ -гіперони ($m = 2339 m_e$, $\tau = 3 \cdot 10^{-10}$ сек.) та каскадні гіперони — Ξ ($m \cong 2600 m_e$, $\tau \cong 10^{-10}$ сек.).

Тепер, коли в учнів уже склалося певне уявлення про основні властивості відомих нам елементарних частинок, слід зауважити, що ми ні в якому разі не стверджуємо, що знаємо уже все про згадані вище елементарні частинки. Вчені вивчили лише частково їх властивості, і цілком можливо, що властивостей ще не вивчених більше, ніж уже відомих. Підтвердженням цього є останні дослідження будови ядер атомів: уже тепер є підстави висловити думку про те, що протон також складна частинка і має планетарну будову...

Закінчуючи вивчення елементарних частинок, треба особливу увагу учнів звернути на властивість взаємного перетворення частинок, бо це питання майже не розглядається в 10 класі. Цього ж допускати не можна, бо найновіші дослідження показали, що взаємне перетворення елементарних частинок є загальним, а не лише частковим (лише для окремих частинок) і, очевидно, виражає собою загальний закон найпростіших форм матерії.

З'ясування взаємоперетворення елементарних частинок можна побудувати приблизно так.

Вивчення властивостей позитронів показало, що існує процес перетворення пари електрон — позитрон у фотони і навпаки, процес утворення пари електрон — позитрон з фотона. Якщо потік позитронів, що випромінюються, наприклад, радіоактивним ізотопом азоту ${}^7\text{N}^{13}$, направити на металеву пластинку, то бу-

дуть виділятися короткі γ -промені. Ці γ -промені виникають за рахунок того, що при з'єднанні позитронів з вільними електронами металу як позитрони, так і електрони перестають існувати — вони перетворюються в фотони великої енергії.

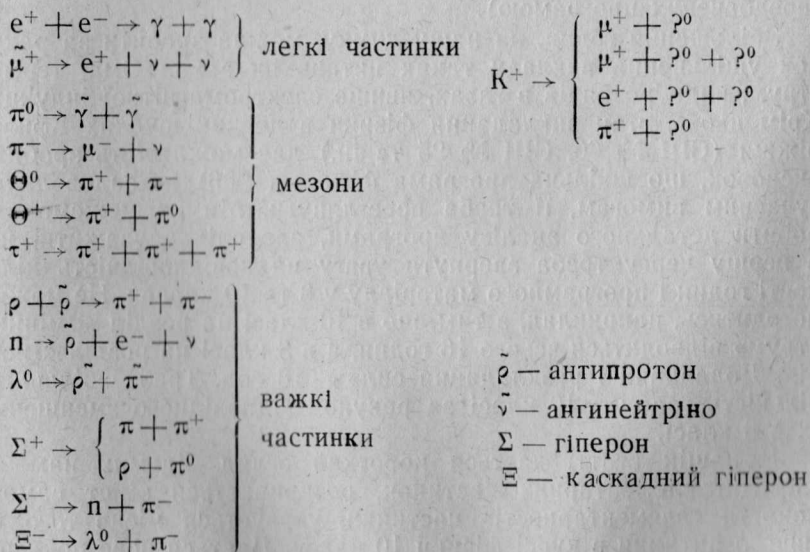
Відомо, що ядра всіх елементів складаються з протонів та нейтронів. Інших елементарних частинок в ядрі немає. Як же пояснити β^+ - або β^- -розпад ядра, при яких з ядра вилітає відповідно позитрон або електрон?

Це явище можна пояснити, якщо допустити, що протони і нейтрони здатні до взаємних перетворень із звільненням позитронів або електронів за схемою: $p \rightarrow n + e^+ + \nu$;
 $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$.

Який можна зробити висновок з цих прикладів?

Властивість елементарних частинок взаємно перетворюватися виражає одну з фундаментальних властивостей матерії взагалі, її здатність перетворюватися з однієї форми в іншу, якісно відмінну. На протязі останніх двох десятиріч ця властивість взаємоперетворення елементарних частинок підтверджувалась кожний раз відкриттям нових частинок — нейтронів, мезонів різних типів та недавно відкритих антипротонів. Після відкриття антипротона, коли виникла принципова можливість пояснити перетворення протона — антипротонних пар в мезони та в легкі частинки, можна сказати, що взаємне перетворення елементарних частинок є загальним законом найпростіших форм матерії.

Приведемо основні реакції розкладу нестабільних частинок, а для стабільних укажемо реакцію їх парного перетворення в частинки другої групи:



Матерія в своїх найпростіших формах може перетворюватися з однієї форми у відповідну другу, якісно відмінну.

Можливість перетворення окремих найпростіших форм обмежується законами збереження якісно відмінних зарядів, законами збереження імпульсу, енергії та моменту кількості руху, а також загальної нерухомої маси системи, яка зберігається в довільній ізольованій системі внаслідок збереження імпульсу та енергії.

Досягнення фізики в цьому питанні підтверджують правоту діалектичного матеріалізму, який, на відміну від метафізичного матеріалізму, відкидає існування незмінних елементів, що лежать в основі всіх явищ природи, відкидає існування «незмінної суті речей». Об'єктивний світ нескінченний як в цілому, так і в усіх своїх проявах. Ні атомна, ні електронна, ні квантова теорії не вичерпують матерії, бо матерія не зводиться ні до атома, ні до електрона, ні до якої іншої «елементарної» частинки.

Питання елементарних частинок в курсі фізики 10 класу треба з'ясовувати у відповідних розділах, як це зазначено раніше. Так, властивості електронів і позитронів можна подати при вивченні електронної теорії, законів Фарадея для електролізу та катодних променів.

Вивчення фотонів може проходити при з'ясуванні явища фотоелектричного ефекту. Вивчення властивостей протонів, нейтронів, антипротонів та мезонів можливе лише при викладі розділу «Будова атома». Для цього в розділ «Будова атома» доцільно ввести нове питання «Властивості елементарних частинок» та збільшити кількість годин на розділ до 11 (замість 8, передбачених програмою).

Збільшення годин, на нашу думку, можна зробити за рахунок ущільнення викладу таких питань як закон Ома, термострум, види розрядів в газах, явище електромагнітної індукції. Крім цього, стан викладання фізики в деяких школах Криворіжжя (СШ № 66, СШ № 25 та ін.) дає можливість зробити висновок, що шкільна програма фізики (1956) не задовольняє сучасним вимогам, її треба переглянути. Ми не можемо тут робити детальний аналіз програми, але слід зауважити, що в першу чергу треба звернути увагу на невідповідність кількості годин і програмного матеріалу у 8 та 10 класах. Не можна погодитись, наприклад, з тим, що в 10 класі на розділ «Змінний струм» відводиться всього 16 годин, а в 8 класі на розділ «Інерція. Додавання і розкладання сил» — 18 год. Треба збільшити кількість годин в 10 класі за рахунок відповідного зменшення їх в 8 класі.

В нашій статті дається короткий огляд відомих нам на сьогодні елементарних частинок, розкривається зміст самого поняття «елементарності» частинки, указується місце того чи іншого питання в курсі фізики 10 класу. Дається нове поки що

трактування питання взаємного перетворення елементарних частинок.

Автор статті не ставить собі за мету зробити якість доповнення до стабільного підручника фізики 10 класу або замінити окремі його розділи. Стаття дає можливість систематизувати в більш зібраній формі питання про елементарні частинки, розкрити діалектичний характер пізнання їх і може бути, на нашу думку, посібником для вчителя фізики середньої школи.
