

§ 59. ЕЛЕМЕНТАРНІ ЧАСТИНКИ



Ми вже згадували про «відкриття на кінчику пера». Прикладом такого відкриття для людей, що жили в XIX ст., було виявлення нової планети — Нептуна. Квантова механіка та теорія відносності дали фізикам у руки «чарівне перо», дозволивши масово передбачати існування нових об'єктів. Про те, які елементарні частинки було відкрито фізиками-теоретиками, й піде мова в цьому параграфі.



Які ще бувають елементарні частинки

Дотепер, пояснюючи будову атома, його ядра, процеси радіоактивного розпаду і ядерних реакцій, ми оперували в основному чотирма частинками: електрон, протон, нейтрон і фотон. Здавалося б, чотирьох частинок буде цілком достатньо для пояснення всіх спостережуваних явищ. Але природа почала підносити вченим нові сюрпризи. Так, для пояснення експериментів з опромінення нейтронами протонів знадобилося припущення про існування *мезонів*. Ця частинка спочатку була «вигадана» японським фізиком *Хідекі Юкавою* (1907–1981). Дослідження β -розпаду змусили В. Паулі в 1935 р. «винайти» частинку-фантом — *нейтрино*. А от експериментальне виявлення нейтрино відбулося лише двадцять років потому.

У 1928 р. англійський фізик *Поль Адрієн Дірак* (1902–1984), розв'язуючи задачу про рух електрона зі швидкістю, близькою до швидкості світла, дійшов висновку про можливість існування в природі не тільки «звичайної» частинки, а й її антипода — античастинки електрона. Античастинка дістала назву *позитрон*. Відмітною рисою античастинки є те, що в разі зіткнення її зі звичайною частинкою відбувається *анігіляція* — частинки зникають із випускненням двох фотонів. Причому, оскільки вся маса спокою електрон-позитронної пари перетворюється на фотони, енергія цих фотонів є дуже великою. Відзначимо, що, як і деякі інші частинки, позитрон було відкрито «на кінчику пера» — експериментальне спостереження позитрона відбулося тільки через кілька років після його передбачення.



Як здійснити класифікацію елементарних частинок

Після створення в 50–60-х рр. XX ст. потужних прискорювачів відкриття нових елементарних частинок стало відбуватися дуже часто. З одного боку, це применшило роль кожного нового відкриття, а з другого, виникла необхідність здійснити систематизацію. Справді, хіба це елементарні частинки, коли їхня кількість досягла багатьох сотень? Було запропоновано найпростішу схему систематизації — розташування частинок у порядку збільшення маси. За аналогією до Періодичної системи хімічних елементів «повний перелік» частинок було розбито на три групи.

У першій групі опинилась тільки одна частинка — фотон із нульовою масою. До другої групи увійшли відносно легкі частинки, які були названі *лептонами* (від грецьк. *leptos* — легкий). Вам відомий представник цієї групи — електрон. Третя група частинок —

найбільш важких — одержала назву *адрони* (від грец. *hadros* — великий, сильний). Представники цієї групи вам добре знайомі — нуклони.

Подальші дослідження показали, що частинки об'єднані в групи не тільки через розбіжності в їхніх масах, а й відповідно до їхньої здатності до фундаментальних взаємодій. В *електромагнітній взаємодії* беруть участь усі частинки, які несуть електричний заряд. Носіями електромагнітної взаємодії є фотони. У слабкій взаємодії беруть участь усі елементарні частинки, крім фотонів. До адронів відносять частинки, які, окрім того, здатні до сильної взаємодії.

Сучасна класифікація елементарних частинок доступна тільки вузькому колу фахівців у цій галузі й, безумовно, виходить за рамки нашого курсу. Немає сумнівів, що завдяки дослідженням на великому адронному колайдері будуть розроблені нові, більш досконалі теорії й системи класифікації елементарних частинок.

3 Що таке кварки

У дослідях із вивчення розсіювання дуже швидких електронів на протонах і нейтронах було виявлено, що більша частина електронів проходить крізь протони та нейтрони, не зазнаючи істотних відхилень, а невелика їх частина сильно розсіюється на якихось центрах. Цей результат схожий на результати дослідів Е. Резерфорда з дослідження розсіювання α -частинок під час проходження крізь атоми. Для пояснення таких властивостей адронів у 1964 р. було розроблено модель, яка дістала назву *теорія кварків*. Авторами теорії були американські вчені *Маррі Гелл-Манн* (народ. 1929 р.) і *Джордж Цвейг* (народ. 1937 р.).

Кварками вчені назвали три «справжні» елементарні частинки, з яких будуються всі адрони. Вони були позначені буквами *u*, *d* і *s* (від англ. *up* — угору, *down* — униз, *strange* — дивний). Однак згодом трьох кварків виявилось недостатньо для пояснення властивостей усіх адронів. Необхідним стало припустити існування ще декількох кварків. Після цього в теорії з'явилися *антикварки*. Потім знадобилося пояснити причини об'єднання кварків в адрони. Відповідно до сучасних уявлень, це відбувається за допомогою ще одного типу частинок — *глюонів* (від англ. *glue* — клей). Урешті кількість «справжніх» елементарних частинок знову зросла. Не перераховуючи всіх деталей цієї класифікації, звернемо увагу лише на одну особливість кварків. Передбачається, що заряд цих частинок не цілий (в одиницях заряду електрона), а дробовий і дорівнює $\frac{2}{3}$ або $\frac{1}{3}$ елементарного електричного заряду!

4 Що таке космічне випромінювання

Перш ніж завершити цей параграф і розділ «Атомна і ядерна фізика», звернемо увагу ще на один інструмент, яким широко користувалися фізики, досліджуючи будову атомів і ядер. У попередніх

параграфіях під час вивчення природної радіоактивності ми розглядали поняття *природний радіаційний фон*. Одним зі способів вимірювання цього фону є дані, отримані за допомогою йонізаційної камери. Було природним припустити, що ці дані зменшуватимуться в міру віддалення від природних джерел випромінювання. Учені підняли камеру на висоту кількох кілометрів, віддаливши її таким чином від радіоактивних земних порід. І одержали... значне збільшення інтенсивності випромінювання. Пояснення цього феномену криється в тому, що джерелом радіації є не тільки поверхня Землі, але й далекий космос. Саме звідти приходить до нас додаткове випромінювання, яке дістало назву *космічного випромінювання*, або *космічних променів*.

Дослідження показали, що первинні космічні промені складаються в основному з потоку протонів і α -частинок із невеликою «домішкою» (~1 %) ядер атомів більш важких елементів. Потоки частинок рухаються зі швидкостями, близькими до швидкості світла. Хоча їхня кількість є невеликою, енергія, яку має кожна частинка, — величезна. Потрапляючи в земну атмосферу, частинка з первинного космічного випромінювання зіштовхується з ядром одного з атомів повітря, й, залежно від енергії, відбувається та чи інша ядерна реакція. Продуктами реакції є багато нових елементарних частинок. Таким чином, космічне випромінювання дозволило вченим «зазирнути» до внутрішньої структури матерії задовго до появи надпотужних прискорювачів.



Підбиваємо підсумки

Теоретичні розробки в галузі квантової механіки дозволили передбачити існування багатьох елементарних частинок (позитрона, нейтрино), які потім були відкриті в результаті експериментальних досліджень.

Запропонований спосіб розміщення елементарних частинок за принципом збільшення маси підказав дослідникам ідею «природної» класифікації частинок — за видами фундаментальних взаємодій.

Елементарні частинки поділяють на такі групи: фотон; лептони; адрони. До адронів відносять частинки, здатні до сильної взаємодії, до лептонів — частинки, не здатні до сильної взаємодії.

Для пояснення експериментів із розсіювання високоенергетичних електронів на нуклонах було висунуто гіпотезу про існування нового типу елементарних частинок — кварків. Відмітна риса кварків — дробовий заряд.

Космічні промені високих і надвисоких енергій були й залишаються надійним інструментом дослідників для одержання даних про будову мікросвіту.



Контрольні запитання

1. Що називають елементарною частинкою?
2. Яку частинку називають позитроном? Чим вона відрізняється від електрона?
3. Які частинки називають лептонами?
4. Які частинки називають адронами?
5. Які заряди мають кварки?
6. Що таке космічні промені?