

26.10.2023

Група 31

Фізика і астрономія

Урок 41-42

Тема: Елементарні частинки

Мета:

- Повторити теоретичний матеріал; узагальнити, систематизувати та поглибити знання учнів із теми; застосувати знання з фізики під час розв'язування прикладних задач; формувати уяву про процеси у природі;
- розвивати в учнів пізнавальний інтерес, уміння використовувати набуті знання, навички й уміння в нових ситуаціях; підвищити інтерес до вивчення фізики та астрономії; розвивати абстрактне та логічне мислення;
- виховувати у учнів повагу та зацікавленість до вивчення фізики та астрономії, старанність у навчанні; сприяти розширенню кругозору учнів.

Матеріали до уроку:

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

1 Які ще бувають елементарні частинки

На початку XX ст., пояснюючи будову атома, його ядра, процеси радіоактивного розпаду і ядерних реакцій, учені оперували в основному чотирма частинками: електрон, протон, нейтрон і фотон. Здавалося б, їх було цілком достатньо для пояснення всіх спостережуваних явищ. Але природа підносила вченим нові сюрпризи. Так, для пояснення експериментів з опромінення нейтронами протонів знадобилося припущення про існування *мезонів*. Ця частинка була «вигадана» японським фізиком *Хідекі Юкавою* (1907–1981). Дослідження β -розпаду змусили швейцарського фізика *Вольфганга Ернста Паулі* (1900–1958) у 1930 р. «винайти» частинку-фантом — *нейтрино*. А от експериментальне виявлення нейтрино відбулося понад двадцять років потому.

У 1928 р. англійський фізик *Поль Адрієн*

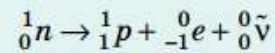
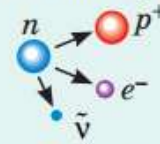
Позитрон

Позитрон є античастинкою електрона.

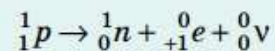
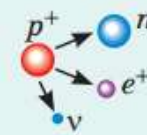
- Маса позитрона дорівнює масі електрона, заряд позитрона за модулем дорівнює заряду електрона, але є позитивним.
- Існування позитронів було передбачено в 1928 р. У 1932 р. позитрон був виявлений у складі космічного випромінювання.
- Електрон (β^- -частинка) і позитрон (β^+ -частинка) можуть утворюватися всередині ядра:

Дірак (1902–1984), розв'язуючи задачу про рух електрона зі швидкістю, близькою до швидкості світла, дійшов висновку про можливість існування в природі не тільки «звичайного» електрона, а і його антипода — античастинки електрона. Античастинка електрона дістала назву *позитрон*. Прикметною рисою позитрона є те, що в разі зіткнення його зі «звичайним» електроном відбувається *анігіляція* — частинки повністю перетворюються на енергію (зникають із випускненням фотонів). Оскільки вся маса електрон-позитронної пари перетворюється на фотони, енергія цих фотонів є дуже великою. Експериментальне спостереження позитрона відбулося тільки через кілька років після його передбачення: у 1932 р. американський фізик *Карл Девід Андерсон* (1905–1991) під час дослідження космічного випромінювання спостерігав слід позитрона в камері Вільсона.

✓ електрон утворюється внаслідок перетворення нейтрона — у результаті з'являються протон, електрон і антинейтрино:



✓ позитрон утворюється внаслідок перетворення протона — у результаті з'являються нейтрон, позитрон і нейтрино:



2 Як здійснити класифікацію елементарних частинок

Після створення в 50–60-х рр. ХХ ст. потужних прискорювачів відкриття нових елементарних частинок стало відбуватися дуже часто. З одного боку, це применшило роль кожного нового відкриття, а з іншого — виникла необхідність здійснити систематизацію. Було запропоновано найпростішу класифікацію — розташування частинок у порядку збільшення маси. «Повний перелік» елементарних 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 грец. *leptos* — легкий). Вам відомий представник цієї групи — електрон. Третя група частинок — найважчих — одержала назву *адрони* (від грец. *hadros* — великий, сильний). Цей термін, до речі, увів радянський фізик *Лев Борисович Окунь* (1929–2015). Представники групи адронів вам добре знайомі — нуклони.

? Наведіть приклади різних класифікацій, з якими ви ознайомилися під час вивчення природничих наук. Якими є принципи побудови кожної з них?

Слід зазначити, що всі частинки, які несуть електричний заряд, беруть участь в *електромагнітній взаємодії*. Носіями електромагнітної взаємодії є фотони. У *слабкій взаємодії* беруть участь усі елементарні частинки, окрім фотонів. До адронів відносять частинки, які, окрім того, здатні до *сильної взаємодії*.

Пропонують також дещо інші класифікації елементарних частинок (див., наприклад, [рис. 43.1](#)). Немає сумнівів, що завдяки Великому адронному колайдеру будуть розроблені нові, більш досконалі теорії класифікації елементарних частинок.



Рис. 43.1. Одна із сучасних класифікацій елементарних частинок

3 Що таке кварки

У досліджах із вивчення розсіювання дуже швидких електронів на адронах (а саме на протонах і нейтронах) було виявлено, що більша частина електронів проходить крізь протони та нейтрони, не зазнаючи істотних відхилень, а невелика їх частина розсіюється на якихось центрах. Цей результат був схожий на результати дослідів Е. Резерфорда з дослідження розсіювання α -частинок під час їх 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* (рис. 43.1) і *Джордж Цвейг* (народ. 1937 р.).

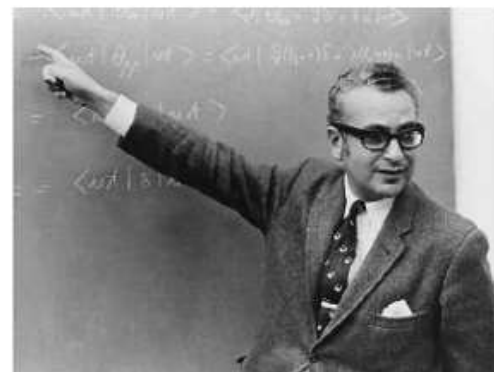


Рис. 43.1. Маррі Гелл-Манн (1929–2019), американський фізик, лауреат Нобелівської премії з фізики за відкриття системи класифікації елементарних частинок. Один із авторів теорії кварків

Кварками вчені назвали три «справжні» елементарні частинки, з яких будуються всі адрони. Ці частинки було позначено буквами u , d і s (від англ. *up* — угору, *down* — униз, *strange* — дивний). Однак згодом трьох кварків виявилось недостатньо для пояснення властивостей адронів. Необхідним стало припустити існування ще кількох 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 зазначаючи всіх деталей, звернемо увагу лише на одну особливість кварків: заряд цих частинок не цілий (в елементарних зарядах), а дробовий і дорівнює $+\frac{2}{3}e$ або $-\frac{1}{3}e$, де e — елементарний заряд. Наприклад, заряд d -кварка дорівнює $-1/3e$, u -кварка — $+2/3e$, s -кварка — $-1/3e$. Кожний нуклон складається із трьох кварків: протон — із двох u -кварків і одного d -кварка ($p = uud$), нейтрон — із двох d -кварків і одного u -кварка ($n = udd$).

4 Що далі

Незважаючи на великий обсяг накопичених знань, сучасна фізика ще дуже далека від досконалості. Заповітною мрією більшості видатних фізиків було і залишається створення єдиної теорії — так званої «теорії всього», за допомогою якої можна було б пояснити всі явища у Всесвіті. Так, останнє десятиріччя свого життя цим займався Альберт Ейнштейн. Певних успіхів у цьому напрямі вже досягнуто в останні роки: у фізиці елементарних частинок створено Стандартну модель — теорію, що об'єднує сильну, слабку й електромагнітну взаємодії елементарних частинок. На сьогодні Стандартна модель узгоджується з експериментами, і недавнє відкриття бозона Гіггса є яскравим підтвердженням цього. Проте дотепер фізики не можуть пояснити природу темної матерії, походження високоенергетичних космічних частинок і багато іншого. Тому вчені намагаються вийти за межі Стандартної моделі. Тож чекаємо на нові відкриття!

Домашнє завдання: дати відповіді на запитання (у зошиті):

- 1) Дізнайтесь та опишіть, що Вам подобається у одній із професій майбутнього, такій як «фахівець із нанотехнологій».
- 2) Які фізичні запитання цікавлять Вас на даний час та які з них можна було би винести до «Теорії Всього»?

Зворотній зв'язок:

E-mail t.anastasia.igorivna@gmail.com