

М. І. Садовий, О. М. Трифонова

Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

ПРИНЦИП НАУКОВОСТІ ТА СТАНДАРТ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

В даній статті запропоновані способи модельного зображення елементарних частинок, які сприяють підвищенню науковості викладання квантової фізики.

Ключові слова: моделювання, елементарні частинки, взаємоперетворення елементарних частинок, викладання квантової фізики.

Дослідження світових наукових центрів забезпечує постійне оновлення змісту фізичної науки новими фактами та теоріями. За рахунок цього зміст фізики взагалі і квантової, зокрема, кожного десятиліття зазнає значних, а в деяких питаннях докорінних змін. Дотримання ж вимог стандартів вищої фізичної освіти, принципу науковості при навчанні квантової фізики вимагає своєчасного оновлення змісту розділу.

Розв'язання вказаних проблем потребує збагачення змісту фізичної освіти і приведення його у відповідність до сучасного рівня розвитку науки, до потреб практики, суспільних вимог та сучасних вимог до підготовки вчителя фізики, що вимагає поглиблення фундаментальності курсу загальної фізики в поєднанні з професійною спрямованістю та удосконаленням методики навчання явищ загальної фізики в умовах кредитно-модульної системи навчання. Для того, щоб поглибити знання студентів з фізики елементарних частинок ми пропонуємо зробити деякі доповнення до навчального матеріалу з цієї теми. Крім цього ми пропонуємо зображати елементарні частинки схематично, що підвищить наочність викладу матеріалу і в свою чергу сприятиме більш міцному формуванню теоретичних знань.

Проблема класифікації елементарних частинок є актуальною з часу відкриття електрона. До теоретичного матеріалу, який слід подати студентам, ми пропонуємо віднести наступний матеріал.

Бозони – частинки, які підкоряються статистиці Бозе-Ейнштейна, а ферміони – частинки, які підкоряються статистиці Фермі.

Фотони – у фізиці, а відповідно й у методиці навчання фізики у вищій та середній школі розглядають як окрему частинку, яка не входить у жодне сімейство частинок. Це обумовлено насамперед тим, що його маса завжди рівна нулю, а загальна релятивістська формула, яка зв'язує енергію і масу $E^2 = m_0^2 c^4 + p^2 c^2 = m^2 c^4$ приймає простий вигляд $E = pc = mc^2$. Так як маса фотона рівна нулю, то його енергія кінетична, а відповідно швидкість фотона рівна швидкості світла у вакуумі і тому $p = mc$, а маса $m = \frac{hv}{c^2}$. Звідси

фотон ще називають квантом електромагнітного поля і є бозоном, підкоряється статистиці Бозе-Ейнштейна, електрично нейтральний, але є переносником кулонівських сил взаємодії електричних зарядів, є віртуальною частинкою для статичного електричного поля і реальною частинкою для поля випромінювання.

Фотон стабільний і не розпадається спонтанно на інші частинки, час життя нескінченний до того часу поки він не вступає у взаємодію з іншими частинками. До Землі надходять фотони із Всесвіту, час життя яких рівний віку Всесвіту з моменту «Великого вибуху».

Під час навчання на увагу заслуговує той факт, що більшу частину інформації про оточуючу нас природу ми одержуємо за допомогою фотонів: про енергетичні стани атомів і молекул – досліджуючи їх оптичний спектр випромінювання і поглинання; про спіни атомних ядер судимо по взаємодії ядер із зовнішніми електромагнітними полями; про збудження ядерних рівнів дізнаємось по гамма квантах, які випромінюються ядрами; про всю астрономічну інформацію про планети Сонячної системи, про зірки і галактики – засобами детектування чи радіолокації випромінювання.

Фотон взаємодіє з іншими елементарними частинками головним чином електромагнітною і гравітаційною взаємодією. Нині відомі адронні взаємодії фотона. Фотон співпадає зі своєю античастинкою.

Студентам слід наголосити, що **адрони** є найчисельнішою групою суб'ядерних частинок. До них не входять лише шість частинок (без античастинок): електрони, мюони, τ -частинки і всі три нейтрино (електронне, мюонне і таонне), які є лептонами. Лептони не виявили ніякої структури і тому їх можна назвати елементарними частинками.

Адрони складають дві групи частинок: мезони і баріони.

Для зручності досліджень частинки ділять на ізомультиплети. Так називають групи частинок, які тотожні відносно сильної взаємодії, а відмінності між членами групи набуваються за рахунок електромагнітної взаємодії. Найхарактерніша ознака причетності частинок до одного ізомультиплету є приблизно рівна їх маса при різних значеннях електричного заряду. Адрони беруть участь у **електромагнітних, слабких та сильних взаємодіях**. Вони групуються у два сімейства: мезони зі спіном 1 і баріони зі спіном 1/2. Глюони гіпотетичні нейтральні частинки з нульовою масою спокою, з спіном рівним 1 є переносниками сильної взаємодії між кварками. У квантовій хромодинаміці передбачається існування восьми глюонів. Збуджені стани адронів називаються резонансами: баріонні (розкладаються на мезони і один стабільний бозон) з енергією від 1,2 ГеВ до 4 ГеВ і мезонні (розпадається на мезони) з енергією від 0,7 до 2 ГеВ. Зачаровані частинки і епсілон-частинка мають масу 9-10 ГеВ.

Гіперони нестабільні частинки відносяться до класу адронів і є баріонами. Мають особливе квантове число дивність S . Разом з K -мезонами та деякими резонансами створюють групу дивних частинок [2, с.12, 124, с.630-631].

Адрони класифікуються з утворенням підсімейств – супермультиплетів за ознакою спіну і парності частинок, що входять у підсистему. Така класифікація зв'язана з симетрією групи унітарних перетворень у комплексному трьохмірному просторі, яку позначають SU_3 . Студентам слід наголосити, що згідно цієї симетрії всі адрони складаються з трьох фундаментальних частинок – кварків. Цю побудову ми пропонуємо подати у вигляді змодельованого трикутника, *рис. 1*. Ці точки лежать у вершинах правильного рівностороннього трикутника, симетричного відносно повороту на 120° . Якщо повернути трикутник на 180° , то одержимо антикваркову модель, *рис. 2*. Всі квантові числа всіх відомих адронів пояснюються з вказаних трикутників. Для електричного заряду елементарної частинки відома

формула $q = e \left(I_z + \frac{Y}{2} \right)$, *рис. 1*. Якщо у формулу підставити

значення I_z та Y для кварків, то у них виникнуть дробові заряди. Більш легкими з адронів є мезони. Їх можна вважати квантами поля сильних ядерних сил. Мезони ми пропонуємо запропонувати студентам як комбінацію кварків і антикварків. Модель буде мати форму правильного шестикутника, у вершинах якого розміщено один кварк і один антикварк, *рис. 3* [2, с.422-423]. Кожна така пара «кварк – антикварк» є мезоном, символ якого розташовано у вершинах шестикутника: $K^+ (u\bar{s})$; $K^- (d\bar{s})$; $\bar{K}^0 (s\bar{u})$; $K^0 (s\bar{d})$. Центральні шість вершин шести трикутників комбінують у нестандартний мезон $\pi^0 (d\bar{d} + p\bar{p})$, який утворює ізотонічний триплет з мезонами $\pi^- (d\bar{u})$ і $\pi^+ (u\bar{d})$ і у дивний мезон $\eta^0 (d\bar{d} + u\bar{u} + s\bar{s})$. Усі вісім побудованих мезонів мають нульовий спін і від'ємну парність. Інколи говорять, що вони утворюють «октет O » основних станів. Приведені вісім мезонів складають основні стани всього спектру мезонних станів. Перші збуджені стани утворюють такий же симетричний октет. Мезони, які відповідають основним станам, розпадаються під дією слабких взаємодій на лептони, *рис. 3*.

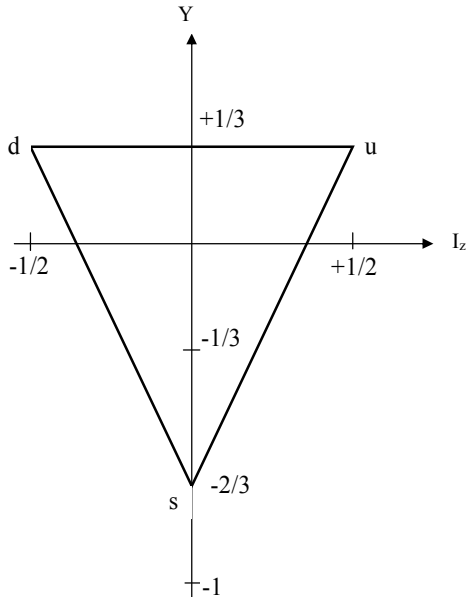


Рис. 1. Моделне представлення кварка

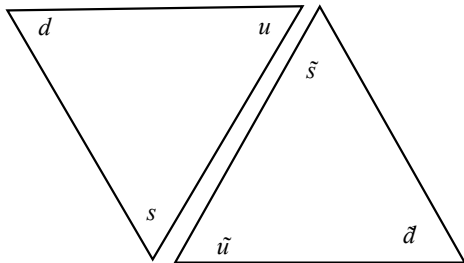


Рис. 2. Трикутник кварка та антикварка

Баріони є важкими непронизливими частинками. Вони мають спин рівний $1/2$ і підкоряються принципу заборони Паулі. Інакше – наша природа сколапсувала і стягнулась в одну точку. Під час вивчення баріонів, слід зазначити, що їх, як і мезони, можна будувати з кварків, але тут буде комбінація трьох кварків на відміну від мезонів, де має місце комбінації кварків та антикварків. Тому баріони можна укласти у діаграми симетрії SU_3 . Основні властивості сімейства баріонів подані на рис. 4. Нуклони n та p утворю-

ють ізотонічний дуплет, три частинки Σ – ізотопічний триплет, дві частинки Ξ – ізотопічний дуплет, одна частинка Λ – ізотопічний синглет. Баріони мають велике число збуджених енергетичних рівнів.

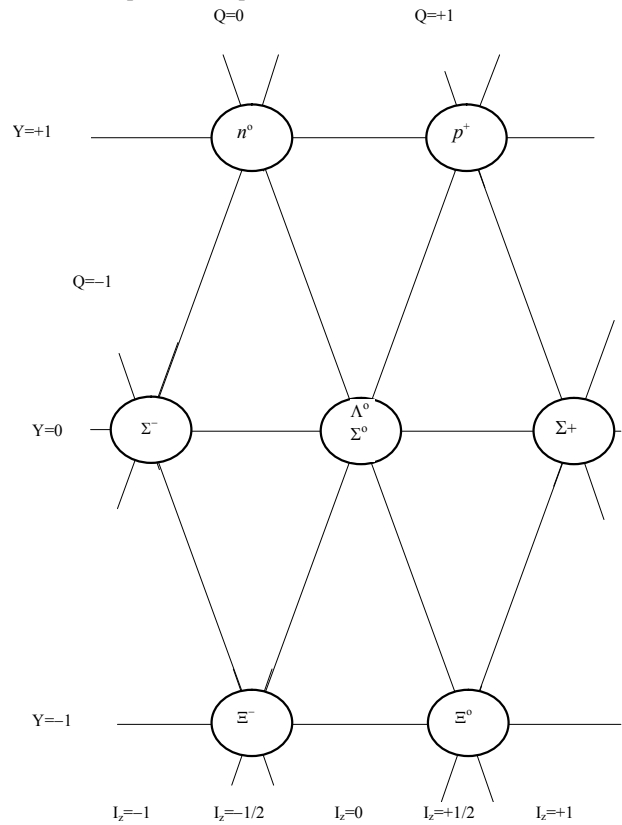


Рис. 4. Основні властивості сімейства баріонів

Протон і нейтрон – це кінцеві основні стани всіх баріонів, з яких побудовані всі ядра хімічних елементів. Ці частинки абсолютно стабільні в сильних взаємодіях, але можуть перетворюватись одна у другу в ядрі під дією слабкої взаємодії при β -розпадах. Вільний протон абсолютно стабільний за будь-яких обставин. Згідно теорії «зашнуровки» елементарні частинки існують тому, що існують всі останні частинки.

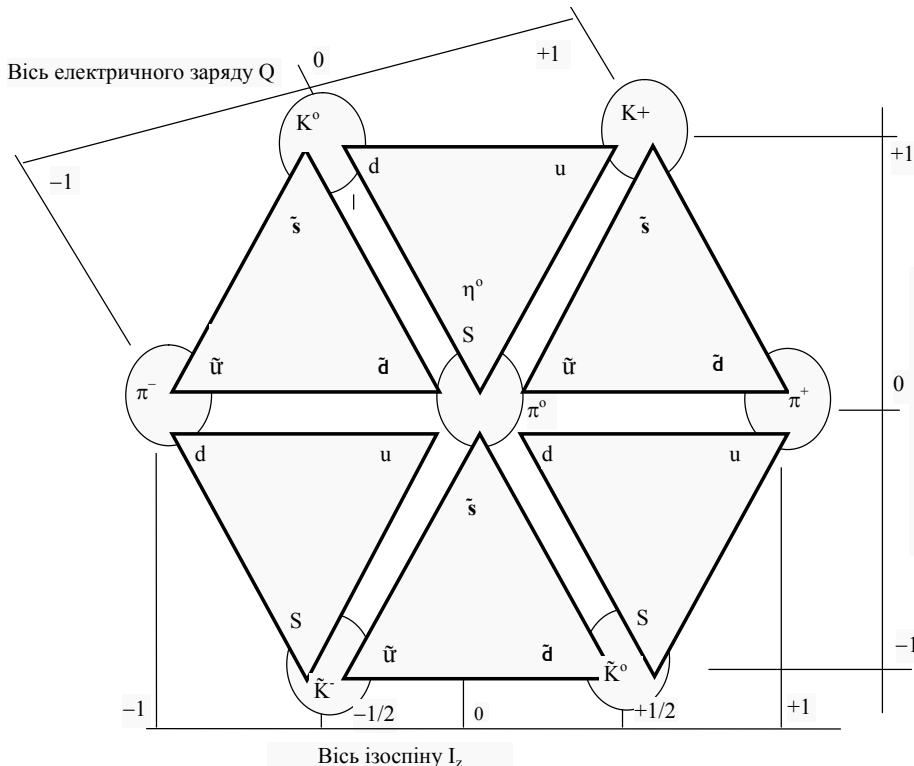


Рис. 3. Модель мезонів

Більш сучасна модель зображає баріон як точкову частинку, яка оточена хмаркою з піонів – переносниками сил ядерної і електромагнітної взаємодії. Інші моделі зображають баріони як частинку, що складається із декількох частинок менших розмірів, зв'язаних одна з другою неймовірно сильними взаємодіями. Можливо це кварки чи кваркоподібні.

Лептони відносяться до елементарних частинок слабкої взаємодії. Вони мають ряд особливостей. Зокрема їх особливістю є те, що у всіх процесах різниця між числом лептонів та їх античастинок є постійною величиною, зв'язаною з нейтрино (мюонним, електронним, таонним) [2, с.346].

Швидкість процесів, які викликаються слабкою взаємодією є третьою після сильної і електромагнітної взаємодії. За енергії в один ГеВ процес за сильної взаємодії проходить 10^{-24} с, електромагнітної взаємодії – 10^{-21} с, а слабкої – 10^{-10} с.

Під час вивчення класифікації елементарних частинок слід акцентувати увагу студентів на тому, що довжина вільного пробігу є теж характеристикою частинок. Адрони затримуються залізною плитою товщиною порядку декількох десятків сантиметрів, а нейтрино проходить вільно таку плиту у декілька мільярдів сантиметрів.

Інтенсивність слабкої взаємодії швидко зростає із збільшенням енергії. На відстанях менших за 10^{-16} см, що складає комптонівську довжину дебройлівської довжини хвилі проміжних бозонів, слабка та електромагнітна взаємодії мають одну й ту ж інтенсивність [2, с. 693].

Процес парного народження Λ^0 -гіперона і K^0 -мезона на протоні у рідинно-водневій пузирьковій камері під дією π^- -мезона: $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$ ми пропонуємо подати студентам у вигляді схеми, рис. 5. На схемі також видно розпади $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$, $K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ під дією слабкої взаємодії. У кожному процесі дивність змінюється на одиницю. Пунктирними лініями показані шляхи нейтральних частинок, які не залишають слід у камері [2, с.124].

На рис. 6 зображена схема народження та розпаду антигіперона у пузирьковій камері з рідким дейтерієм у магнітному полі. Антигіперон $\bar{\Omega}$ народжується у точці 1 у реакції $K^+ + d \rightarrow \bar{\Omega} + \Lambda^0 + \Lambda^0 + p + \pi^+ + \pi^-$.

Згідно закону збереження баріонного заряду B у сильній взаємодії з дивністю S , народження антибаріона $\bar{\Omega}$ ($B=-1$) на дейтроні ($B=+2$) супроводжується народженням трьох баріонів: Λ^0 , Λ^0 , p (у початковому стані $S=1$). Розпади частинок, що утворились проходять результати слабкої взаємодії із зміною S на одиницю. Один Λ^0 розпадається у точці 2 на p і π^- , а другий Λ^0 виходить із камери, не встигнувши розпастись (на рис. не показано, але підтверджуються законом збереження енергії та імпульсу). Античастинка $\bar{\Omega}$ розпадається у точці 3 на антілямбда-гіперон $\bar{\Lambda}^0$ і K^+ , а $\bar{\Lambda}^0$ розпадається у точці 4 на \bar{p} і π^+ . Антипротон \bar{p} у точці 5 анігілює з протоном і утворює декілька π -мезонів [2, с. 124].

Як показали результати педагогічного експерименту рівень засвоєння знань з квантової фізики студентами педагогічних вищих навчальних закладів значно зріс з використанням наведених вище наочних схем.

Список використаних джерел:

1. Акоста В. Основы современной физики / В. Акоста, К. Кован, Б. Грэм ; [пер. с англ. В.В. Толмачова, В.Ф. Три-

фонова] ; под ред. А.Н. Матвеева. – М. : Просвещение, 1981. – 495 с.

2. Физический энциклопедический словарь / [гл. ред. А.М. Прохоров ; ред. кол. Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Боровик-Романов и др.]. – М. : Советская энциклопедия, 1983. – 928 с.

The methods of model image of elementary particles which are instrumental in the increase of scientific character of teaching of quantum physics are offered in this article.

Key words: design, elementary particles, interconversions of elementary particles, teaching of quantum physics.

Отримано: 12.07.2009

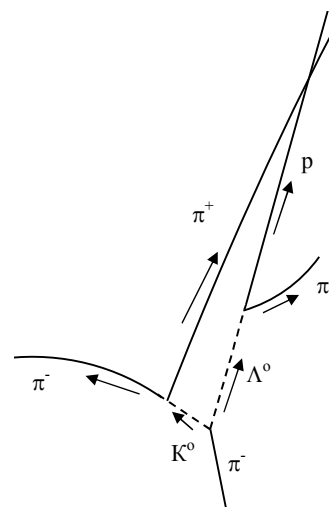


Рис. 5. Схематичне зображення парного народження Λ^0 -гіперона та K^0 -мезона

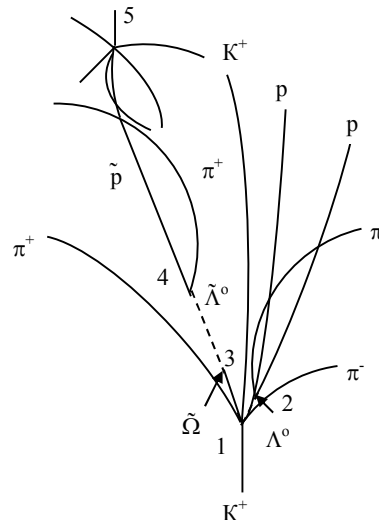


Рис. 6. Схематичне зображення народження і розпаду антигіперона

УДК 537.86

Б. А. Сусь¹, Б. Б. Сусь²

¹Національний технічний університет України «КПІ»
²Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

МЕТОДИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТРАКТУВАННЯ ЗАКОНУ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ ПРИ ПОШИРЕННІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ

В роботі показано, що у фотоні, який являє собою частинку, що коливається, відбуваються коливання з перетворенням маси в енергію поля і навпаки у відповідності з формулою $W = mc^2$. Однак, оскільки зміна маси призводить до зміни механічного імпульсу (кількості руху), виконання закону збереження імпульсу за таких умов забезпечується завдяки тому, що механічний імпульс фотона $m\vec{c}$ при зміні маси перетворюється в електромагнітний імпульс (і навпаки).

Ключові слова: фотон, імпульс, електромагнітний імпульс, закон збереження.

Постановка проблеми. Світло має двоїсту природу – хвильову і квантову [1–4]. Незаперечним підтвердженням хвильових властивостей є явища інтерференції та дифракції. За сучасними уявленнями [1–4] світло є електромагнітною хвилею і являє собою коливання векторів напруженостей електричного \vec{E} і магнітного \vec{H} полів (рис. 1).

Зауважимо, що коливання векторів \vec{E} і \vec{H} , згідно з теорією електромагнітних хвиль Максвелла, відбуваються з однаковою фазою:

$$E = E_m \cos(\omega t - kx + \psi),$$

$$H = H_m \cos(\omega t - kx + \psi).$$

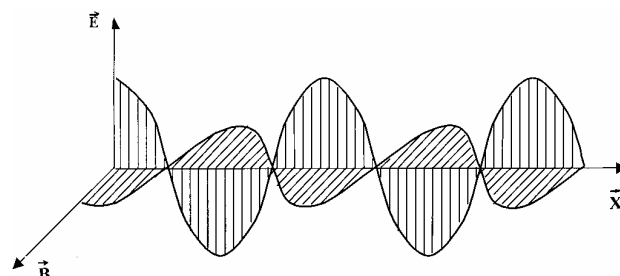


Рис. 1.