

УДК 53 (07)+372.853

Яремчук О.М., Миколаївський державний гуманітарний університет ім. Петра Могили

Про роль елементарних частинок у структурі сучасної фізичної картини світу

У статті пояснюється структура сучасної фізичної картини світу: взаємодія і матерія; розглядаються засади і закономірності побудови фізичних теорій. Виходячи з класифікації елементарних частинок, у статті ведуться спроби уніфікувати теорію елементарних частинок та побудови об'єднуючих теорій.

The main principles and laws of construction of physical theories are considered here. Based on the classification of elementary particles, the article contains attempts to unify the theory of elementary particles and to construct uniting theories. The main "Elementary parties" reveals completely the structure of the contemporary physical of picture of the world, namely: interaction and substance.



Яремчук О.М. Старший викладач кафедри фізико-математичних наук, аспірантка Інституту педагогіки АПН України

Як показує досвід, вивчення квантової та ядерної фізики викликає у студентів труднощі, пов'язані із засвоєнням цілого ряду абстрактних понять сучасної фізики, незвичних для предметного мислення, і таких, які не піддаються наочному зображенню, до яких ми часто вдаємось у класичній фізиці. Студенти важко засвоюють такі поняття, як одночасний вияв корпускулярних і хвильових властивостей речовини і поля, дискретних характерних змін фізичних величин у мікросвіті. Тому вчені дійшли висновку, що цей матеріал необхідно викладати на рівні, близькому до емпіричного.

Основною провідною формою знань у фізичній науці є наукова теорія, яка дає послідовний опис явищ і фактів природи, що ґрунтується на сумі несуперечливих тверджень. Метою теорії є створення моделі певної частини фізичного світу, адекватність якої верифікується науковим експериментом. Якщо численні досліді підтверджують точність моделі, то і довір'я до теорії зростає: вона стає “завершеною” частиною наукового знання, залишаючись у цій якості до тих пір, поки їй на зміну не прийде точніша чи глибша теорія.

У літературі [1; 3; 4; 8; 9] досить інтенсивно обговорювались загальні засади і закономірності побудови фізичних теорій, їх структура, математичний і семантичний апарат і т.д. Цікавими і повчальними в цьому плані суть висловлювання Ейнштейна, Планка, Л. де Бройля, Борна, Фейнмана, Мандельштама, Холтона [2; 5; 7; 10], а модель, що визначає загальні співвідношення між фундаментальними теоріями – “куб фізичних теорій” – стала навіть невід'ємною частиною сучасного фізичного фольклору. Вона подається за допомогою трьох ортогональних осей – $1/c$, G , \hbar . Тут на $1/c$, G , \hbar початку координат знаходиться (без урахування гравітації) ньютонівська механіка, а над нею – ньютонівська (нерелятивістська) теорія гравітації (НГ). Перед нею спеціальна теорія відносності (СТВ), а праворуч – квантова механіка (КМ). Синтез СТВ і КМ дає квантову теорію поля (КТП), а синтез НГ і СТВ дає загальну теорію відносності. Синтез КМ та НГ дає нерелятивістську квантову теорію гравітації. Синтез всіх фундаментальних фізичних теорій в майбутньому, очевидно, приведе до всезагальної теорії всього сущого, оскільки загальна закономірність розвитку фізичної науки – тенденція до єдності.

Зазначимо, що основні досягнення фізики ХХ століття, які привели до радикальних змін у

науці, техніці та стилі мислення, лежать в площині $\hbar G$. І хоча за енергетичною віссю людство пододало шлях із 10^{-8} до 10^2 еВ, все ж до планківських масштабів ще 17 порядків, тобто досліджена зона є нескінченно малою в планківських масштабах.

Відомо, що кожна теорія будується на певних ідеях, постулатах та принципах і має власний математичний апарат та логічні висновки. Проте в усіх фундаментальних теоріях ідеї та інтерпретації пов'язані з моделями матерії та взаємодії: “...Метою науки є, з одного боку, якомога повніше пізнання зв'язку між чуттєвими сприйняттями в їх сукупності і, з другого боку, досягнення цієї мети шляхом застосування мінімуму первинних понять і співвідношень, добираючись, наскільки це можливо, логічної єдності картини світу...” [6, с. 203]. Проте треба мати на увазі, що загальні теорії не перекреслюють здобутків локальних, а всі вони включаються в структуру єдиної концепції, в рамках якої і набувають чітких меж, стабільності і строгої логічної завершеності. Саме в узагальнюючій силі, синтезуючій здатності й бачиться цінність наукової концепції. Зауважимо, що ступінь синтезу практично не обмежується і в ідеалі – це одна теорія, оскільки ще з тих часів, як існує вивчення природи, воно мало перед собою в ролі ідеалу кінцеву, найвищу задачу – об'єднати строка-те розмаїття фізичних явищ в єдину систему, а якщо можливо, то в одну єдину формулу... [10]. Саме таким ідеалом у фізичній науці є фізична картина світу (ФКС), що узагальнює на рівні концептуальних систем всі фізичні теорії, спираючись на загальну модель матерії і взаємодії. Незважаючи на те, що в нинішній ФКС досить рельєфно виділяється ряд концептуальних модулів, вони все ж таки систематизуються в ієрархічну структуру – “матерія і взаємодія”.

Основна властивість елементарних частинок – здатність до найрізноманітніших перетворень, всі процеси яких керуються чотирма фундаментальними взаємодіями, які розрізняються (напівфеноменологічний рівень) інтенсивністю, радіусами дій, їх константами, характерним часом, а також відповідними законами збереження. На цьому рівні всі частинки поділяються на дві групи: ті, що не беруть участі у сильній взаємодії, і ті, що беруть участь у сильній взаємодії (рисунок).

Фотон і лептони – точкові безструктурні об'єкти. Андрони – “розмазані” по об'єму частин-

ки, які мають внутрішню електромагнітну структуру.

На динамічному рівні всі частинки поділяються на “носіїв” та “учасників” взаємодії. До останніх належать лептони (вважаються істинно елементарними) та андрони, які “збудовані” з кварків, яких зараз відомо шість сортів. Лептони утворюють три дуплети, в кожній з яких входять електрично заряджена частинка і нейтрино.

Спільним для всіх фундаментальних взаємодій є їх обмінний характер: взаємодія між двома частинками проходить у результаті обміну третьою частинкою, що якраз і є носієм взаємодії, квантами зумовленого нею поля. Носії взаємодії вважаються істинно елементарними. Тут доречно зауважити таке:

а) у сильній взаємодії безпосередню участь беруть лише кварки. Носіями взаємодії є вісім електрично нейтральних безмасових глюонів, що несуть свій колір і антиколір, обмінюючись якими кварки змінюють свій колір, але не аромат. Глюони також самі беруть участь у сильній взаємодії (поряд з гравітаційною). Саме через взаємодію глюонів і виникає асимптотична свобода – ефективний сильний заряд спадає при зменшенні віддалі, що і приводить до конфайнменту – неможливості спостерігати у вільному стані кварки і глюони. Теорією сильної взаємодії є квантова хромодинаміка, яка досі ще не завершена як технічно, так і принципово;

б) носіями електромагнітної взаємодії є електрично нейтральні і позбавлені маси спокою фотони, які беруть участь і в гравітаційній взаємодії. Теорією електромагнітної взаємодії є квантова електродинаміка;

в) масивні заряджені і нейтральні проміжні бозони (W^+ , W^- , Z^0) є носіями слабкої взаємодії. Вони беруть участь у слабкій, електромагнітній і гравітаційній взаємодіях, але не підвладні сильній. Теорія цієї взаємодії створена недавно;

г) носієм гравітаційної взаємодії вважається безмасовий електрично нейтральний гравітон, який досі експериментально не виявлено. Ця взаємодія універсальна: їй підвладні всі частинки. Теорія гравітації (квантова) нині лише започатковується.

Обмінний характер фундаментальних взаємодій та уніфікація теорії елементарних частинок дозволяють плекати надію щодо можливості побудови об'єднуючих теорій. І в цьому плані практично завершеним є об'єднання електромагнітної і слабкої взаємодій в єдину електронно

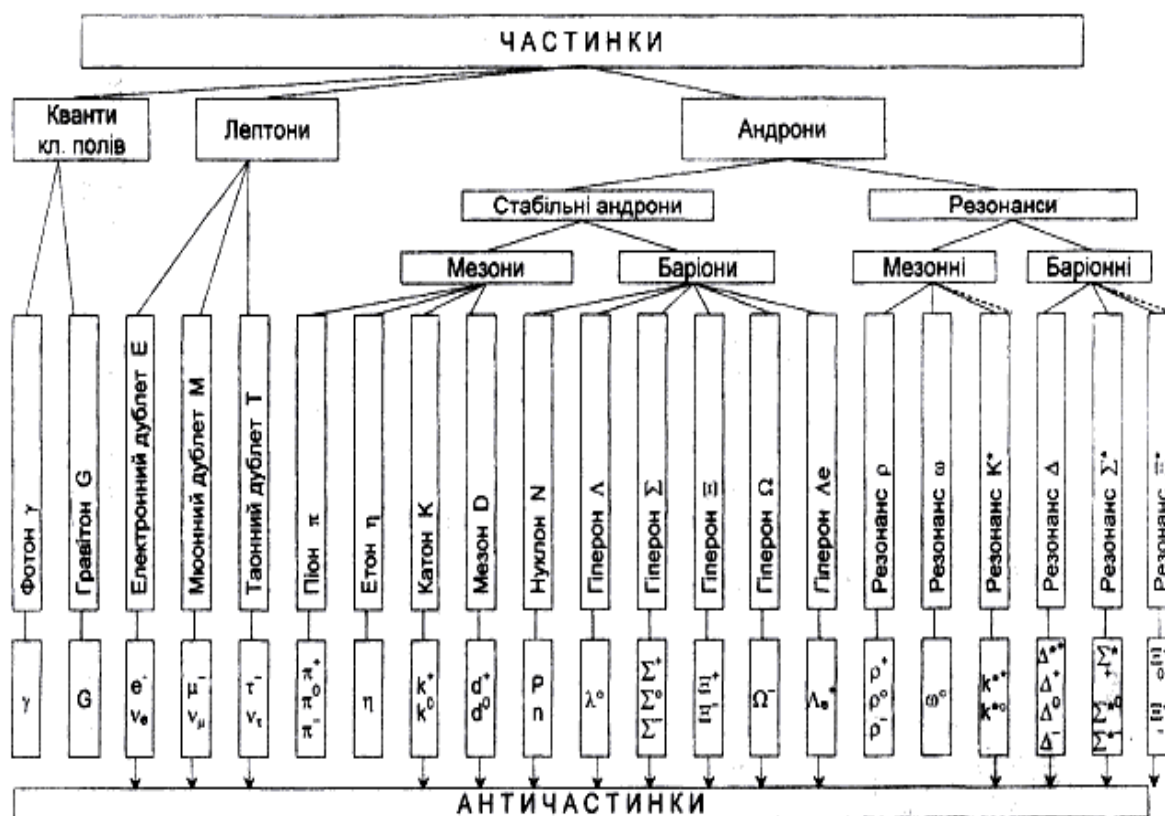
слабку взаємодію (ЕСВ), носіями якої є проміжні векторні бозони (W^+ , W^- , Z^0) і фотони. Окрім того, тут фігурує гіпотетичне скалярне поле Хіггса, якому приписують “незвичну” властивість – перебувати “...в основному (найнижчому) енергетичному стані, який відповідає фізичному вакууму, в якому середнє значення поля Хіггса є відмінним від нуля...” [9, с. 837].

Ці відмінності, що спостерігаються у властивостях електромагнітної і слабкої взаємодій, виникають через відмінності в масах носіїв поля: фотон – безмасовий, а проміжні бозони – досить масивні. В результаті слабка взаємодія значно менша за інтенсивністю, оскільки лептони і кварки рідко зближуються на віддалі, на яких власне і можливий обмін проміжними бозонами. При енергіях $E > 10^2 \text{ GeV}$ відмінності між полями зникають.

Теорія ЕСВ дістала підтвердження – експериментально виявлено проміжні бозони, встановлено зв'язок між сталою слабкої взаємодії і зарядом електрона, але теорію ЕСВ можна буде вважати повністю завершеною лише тоді, коли саме поля Хіггса будуть експериментально виявлені.

Досить успішними виявились і спроби побудови моделі великого об'єднання, що подає сильну взаємодію і електронно слабку взаємодію (ЕСВ) як різні прояви однієї фундаментальної взаємодії, яка характеризується безрозмірною константою і сильною симетрією. Сповна це проявляється на віддальх порядку 10^{-31} м , де кварки і лептони не різняться між собою. Всі моделі цієї концепції базуються на таких обмінах, які змінюють і аромат, і колір взаємодіючих частинок, що навіть передбачає нестабільність протона, але це чекає на експериментальне підтвердження.

Всі спроби побудови моделей системи великого об'єднання (СВО), які базуються на ідеї суперсили і приводять до розширеної супергравітації, перебувають поки що на початкових стадіях. Причому, якщо електрослабке і велике об'єднання – моделі, що побудовані на основі “звичних” методів квантової теорії поля (КТП), то завдання СВО вже з перших спроб вимагають зведення до парадоксальних ідей, зокрема, до ідеї простору-часу з числом вимірів, більших від 4. Скажімо, в сучасних варіантах моделей СВО припускається, що наш простір-час має десять вимірів, шість з яких компактифіковані. В теорію вводиться єдине багатокomпонентне поле,



до складу якого симетрично входять ферміонні і бозонні поля. І якщо в КТП поля є функціями точки в чотиривимірному просторі-часі, то для реалізації ідеї СВО доводиться розглядати поля, що залежать від лінійно-протяжних об'єктів – струн з довжиною порядку планківської довжини.

Література

1. Баженов Л.Б. Строение и функции естественно-научной теории. – М.: Наука, 1978. – 231 с.
2. Борн М. Физика в жизни моего поколения. – М.: Ин. лит-ра, 1963. – 535 с.
3. Луи де Бройль. По тропам науки. – М.: Ин. лит-ра, 1962. – 408 с.
4. Волков Д.В. Пространство-время, физические поля и квантовая статистика // Проблемы современной теоретической физики. – К.: Наукова думка, 1982 – С. 92-102.
5. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике: статьи и выступления. – М.: Наука, 1992. – 528 с.
6. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. – Т. 3. – М.: Наука, 1966. – 632 с.; Т. 4. – М.: Наука, 1967. – 600 с.
7. Эйнштейн А., Инфрельд Л. Эволюция физики. Развитие идей от первоначальных понятий до теории относительности и квантов. – М.: Наука, 1965. – 327 с.
8. Квантовая гравитация и топология. – М.: Мир, 1973. – 215 с.
9. Манделштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука, 1972. – 438 с.
10. Планк М. Единство физической картины мира. – М.: Наука, 1966. – 287 с.

Надійшла до редколегії 00.00.2002 р.