

Розділ перший

СУТЬ

У цьому розділі ми запитуватимемо, навіщо групі талановитих і відданих своїй справі людей присвячувати життя гонитві за такими крихітними об'єктами, що їх годі побачити.

Фізика елементарних частинок — чудернацьке заняття. Тисячі людей витрачають мільярди доларів на будівництво гігантських машин завдовжки десятки кілометрів, розганяють у них субатомні частинки майже до швидкості світла, відтак зіштовхують їх між собою. І все це лише для того, щоб виявити й вивчити інші субатомні частинки, що в повсякденному житті цікавлять, по суті, лише фізиків-елементарників.

Проте все залежить від того, з якого боку дивитися на це. Можна поставитися до того інакше: фізика елементарних частинок — це найщиріший прояв людської цікавості й бажання довідатися про світ, що ми в ньому живемо. Люди завжди ставили схожі запитання, і починаючи з античних часів, понад дві тисячі років тому, прагнення пізнати засади світобудови переросло в систематичну діяльність усього людства. Якраз наше нестримне бажання збагнути світ і породило фізику елементарних частинок; не самі частинки як такі, а властиве людям прагнення з'ясувати те, чого ми ще не розуміємо.

Поворотним моментом став початок ХХІ століття. Останній посправжньому дивовижний експериментальний результат завдяки пришвидшувачу частинок був одержаний у 1970-х роках, себто понад 35 років тому. (Точна дата залежить від того, що ви вважаєте «дивовижним».) Перерва виникла не тому, що експериментатори байдикували весь той час, зовсім не тому. Експериментальну техніку вдосконалювали не щоднини, а щогодини, й вона досягла такої досконалості, яка ще недавно видавалася

недосяжною. Проблема полягала в тому, що завдяки цим машинам не виявили нічого такого, чого б не передбачили теоретики. А науковців, що завжди сподіваються знайти щось новеньке, такий стан справ дуже дратує.

Інакше кажучи, проблема не в тому, що експерименти були невідповідні, а в тому, що теорія була надто гарна. За умов спеціалізації сучасної науки ролі «експериментаторів» і «теоретиків» стали відчутно різнитися, особливо у фізиці елементарних частинок. Минули ті часи, що тривали ще до першої половини ХХ століття, коли такі генії, як італієць Енріко Фермі, могли запропонувати нову теорію слабких взаємодій, а потім вжитися й керувати процесом першої самопідтримуваної штучної ланцюгової ядерної реакції. Нині теоретики елементарних частинок шкрябають свої рівняння на дошках і зрештою доводять їх до конкретних моделей, а експериментатори для перевірки правильності цих моделей збирають дані за допомогою надскладного й надточного обладнання. Найкращі теоретики ретельно стежать за результатами експериментів, а експериментатори зазвичай обізнані з останніми теоретичними розробками, проте практично ніхто з них не працює над тим і тим.

1970-ті роки ознаменувалися завершенням створення найліпшої теорії фізики елементарних частинок, що одержала неймовірно нудну назву «Стандартна модель». Саме Стандартна модель описує ті кварки, глюони, нейтрино і всі інші елементарні частинки, про які вам, мабуть, довелося чути. Ми часто возвеличуємо наукові теорії й легко скидаємо їх із п'єдесталу, достоту як голлівудських знаменитостей чи харизматичних політиків. Ви не станете відомим фізиком, якщо доведете правильність чужої теорії, однак можете зажити слави, показавши недоліки чужої теорії або запропонувавши ліпшу теорію.

Проте Стандартна модель впертюща. Уже яке десятиліття кожен мислимий на Землі експеримент незмінно підтверджує її прогнози. Ціле покоління фізиків-елементарників пройшло науковий шлях від студентів до професорів, так і не відкривши чи не пояснивши жодного нового феномену. Чекання ставало дедалі нестерпнішим.

А втім, тепер усе змінюється. Поява Великого гадронного колайдера знаменує нову еру у фізиці, коли стає можливим зіштовхувати частинки при енергіях, раніше недоступних людству. І це не просто «високі енергії». Це такі енергії, про які науковці мріяли роками й завдяки яким ми сподіваємося знайти нові теоретично передбачені частинки. А як пощастить, то на нас чекають сюрпризи, адже в цьому діапазоні енергій ховають свої секрети сили з назвою «слабкі взаємодії».

Ставки високі. Коли вперше зазираєш у незвідане, будь-що може трапитися. Є купа конкурентних теоретичних моделей, які намагаються спрогнозувати те, що ж знайде ВГК. Утім, ніколи не знаєш, що побачиш, доки не подивишся. У центрі всіх сподівань лежить Гігґсів бозон — скромна частинка, що бачиться останнім елементом Стандартної моделі та, можливо, дозволить нам уперше глянути на світ за її межами.

Великий Всесвіт складається з крихітних частинок

На березі Тихого океану в Південній Каліфорнії, приблизно за півтори години їзди автомобілем на південь від моєї домівки в Лос-Анджелесі, є чарівне місце, де здійснюються мрії, — Леголенд¹. На острові Динозаврів, містечку Розваг та інших атракціонах цього краю діти захоплюються казковим світом, вибудованим з елементів конструктора леґо — крихітних пластикових блоків, що можна з'єднувати між собою безліччю різних способів.

Леголенд багато в чому схожий на реальний світ. Довкілля тут завжди складається з усіх звичних видів матерії: дерева, пластику, тканини, скла, металу, повітря, води, живих організмів. Ці всі види дуже різні, з різними властивостями. Але придивившись уважніше, ми виявимо, що насправді вони не дуже й відрізняються один від одного. Вони є просто численними комбінаціями невеличкої кількості фундаментальних будівельних блоків. Ці будівельні блоки — це елементарні частинки. Столи, автомобілі, дерева й люди, як і будівлі в Леголенді, — це дивовижне розмаїття, що його можна досягти, беручи незначну кількість простих елементів і з'єднуючи їх між собою незліченними способами. Хоч атом приблизно в одну трильйонну разу менший за блок леґо, принципи тут схожі.

Ми вважаємо за буденну й безумовну ідею, що всяка матерія складається з атомів. Це те, чого нас навчають у школі, а в хімічних аудиторіях, де ми проводимо експерименти, на стінах висить періодична таблиця елементів. Так легко випустити з уваги дивовижність цього факту. Адже є речовини тверді й м'які, легкі й важкі, прозорі й каламутні, живі й неживі, рідини й гази. Однак усі вони насправді складаються з однакової «начинки». У періодичній таблиці приблизно сто атомів, і все навколо нас лише різні комбінації цих атомів.

Ідея про те, що можна пояснити світ за допомогою кількох основних термінів, зовсім не нова. У стародавні часи мислителі різних цивілізацій — вавилонської, грецької, індуїстської й інших — вигадали неймовірно несуперечливі набори з п'яти «елементів», з яких створено все

¹ Леголенд — розважальний тематичний парк. (Прим. пер.)

інше. Найвідоміші нам — це земля, повітря, вогонь і вода, але був також і небесний п'ятий елемент ефір, або квінтесенція. (Так-так, саме він дав назву фільму з Брюсом Віллісом і Мілою Йовович «П'ятий елемент»). Як і багато інших ідей, Арістотель розвинув цю ідею в ретельно продуману систему. Він припустив, що кожен елемент прагне до власного особливого природного стану, наприклад земля прагне до падіння, а повітря — до підйому. Змішуванням елементів у різних комбінаціях можна пояснити існування різних речовин у доквіллі.

Грецький філософ Демокріт, попередник Арістотеля, припустив: все, що ми знаємо, складається з певних крихітних неподільних частинок, себто «атомів». На жаль, так сталося історично, що цей термін на початку 1800-х років використав хімік Джон Дальтон на позначення хімічних елементів. Як наслідок, те, що ми тепер вважаємо атомом, зовсім не неподільна частинка: атом складається з ядра, яке так само складається з протонів і нейтронів, а навколо орбіти ядра обертається набір електронів. Ба більше, навіть протони й нейтрони не неподільні: вони складаються з крихітніших частинок із назвою «кварки».

Кварки й електрони — ось це справжні атоми в термінах Демокріта, тобто неподільні будівельні блоки матерії. Сьогодні ми називаємо їх елементарними частинками. З двох видів кварків, жартівливо названих «верхніми» й «нижніми», в атомному ядрі утворюються протони й нейтрони. Отже, в підсумку нам потрібні лише три види елементарних частинок, щоби скласти кожен шматок речовини, з якої створено все, що навколо нас, — електрони, верхні кварки й нижні кварки. Це ліпше, ніж стародавні п'ять елементів, і значно ліпше за понад сотню елементів періодичної таблиці.

Однак зведення всіх структурних елементів світу до лише трьох частинок — це, певна річ, трішки перебільшення. Хоча електронів, верхніх і нижніх кварків досить, щоби пояснити існування автомобілів, річок і котиків, це не єдині відкриті нами частинки. Насправді є дванадцять різних видів частинок матерії: шість укритих усередині складніших утворень (як-от протони й нейтрони), кварків, які сильно взаємодіють між собою, та шість «лептонів», що можуть вільно переміщатися в просторі незалежно один від одного. А ще є частинки-переносники взаємодій, завдяки яким «частинки матерії» втримуються вкупі в тих різноманітних комбінаціях, які ми бачимо навколо. Без частинок-переносників взаємодій світ був би по-справжньому нудним місцем: різні частинки просто літали б у просторі по прямих лініях, не взаємодіючи. Це доволі невеликий на-