

## СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ФІЗИКИ

**1. Фізика і принцип редукціонізму.** Фізика завжди вважалася еталоном наукового знання в темі змісті, що вона відкриває істини, справедливі для усього Всесвіту. Як атоми і кварки — «цеглинки» світобудови, так закони фізики — «цеглинки» пізнання. «Цеглинками» пізнання закони фізики є не тільки тому, що в них використовуються деякі основні й універсальні перемінні і постійні, діючі у всьому Всесвіті, але також і тому, що в науці діє принцип редукціонізму, який говорить, що більш складні закони розвитку більш складних рівнів реальності можливо буде звести до законів більш простих рівнів. Саме пояснення як таке завжди передбачає зведення пояснюваного на більш низький понятійний рівень. У цьому змісті наука просто підтверджує свою раціональність.

Можна заперечувати закони філософії, релігії, містичні чудеса, і це визнається нормальним. Але з підозрою дивляться на людину, що заперечує закони науки, скажімо, закон всесвітнього тяжіння. У цьому змісті можна сказати, що закони фізики лежать у підґрунті наукового осягнення дійсності. Фізики затверджують, що жодне тіло у Всесвіті не може не підкорятися закону всесвітнього тяжіння, а якщо його поведіння суперечить даному закону, значить втручаються інші закономірності. Зокрема зовсім недавно був підданий ревізії закон всесвітнього тяжіння, що зараз намагаються пояснити не дією сил гравітації, а яких-небудь інших сил.

**2. Теорія відносності.** Ще в класичній механіці був відомий принцип відносності Галілея: «Якщо закони механіки справедливі в одній системі координат, то вони справедливі й у будь-якій іншій системі, що рухається прямолінійно і рівномірно щодо першої». Такі системи називаються інерціальними, оскільки рух у них підкоряється закону інерції, що говорить: «Усяке тіло зберігає стан спокою чи рівномірного прямолінійного руху, якщо тільки воно не змушено змінити його під впливом рушійних сил».

На початку **XX** століття з'ясувалося, що принцип відносності справедливий також в оптиці і електродинаміці, тобто в інших розділах фізики. Принцип відносності розширив своє значення і тепер звучав так: *будь-який процес протікає однаково в ізольованій матеріальній системі, і в такій же системі, що знаходиться в стані рівномірного прямолінійного руху*. Чи: закони фізики мають однакову форму у всіх інерціальних системах відліку.

Перехід від однієї інерціальної системи до іншої здійснювався відповідно до перетворень Лоренца. Однак експериментальні дані про сталість швидкості світла привели до парадоксу, для розрішення якого знадобилося введення принципово нових уявлень. Так, відомо, що швидкість світла виступає як універсальна постійна природи. Ейнштейн запропонував відмовитися від уявлення про абсолютність і незмінність властивостей простору і часу, тим самим започаткувавши теорію відносності.

**3. Простір і час, речовина й енергія в теорії відносності.** Простір і час традиційно розглядалися у філософії і науці як основні форми існування матерії, відповідальні за розташування окремих елементів матерії один відносно іншого і за закономірну координацію змінюваних явищ. Характеристиками простору вважалися **однорідність** — однаковість властивостей у всіх напрямках, і **ізотропність** — незалежність властивостей від напрямку. Час також вважався однорідним, тобто будь-який процес у принципі повторний через деякий проміжок часу. З цими властивостями зв'язана симетрія світу, що має велике значення для його пізнання. Простір розглядався як тримірний, а час як одномірний що йде в одному напрямку — від минулого до майбутнього. Час незворотний, бо у всіх фізичних законах від зміни знака часу на протилежний нічого не міняється і отже фізично майбутнє не відрізняється від минулого. В історії науки відомі дві концепції простору: простір незмінний як умістище матерії (погляд Ньютона) і простір, властивості якого зв'язані з властивостями тіл, що знаходяться в ньому (погляд Лейбніца). Відповідно до теорії відносності будь-яке тіло визначає геометрію простору.

Зі спеціальної теорії відносності випливає, що довжина тіла (узагалі відстань між двома матеріальними точками) і тривалість (а також ритм) процесів, що відбуваються в ньому, є не абсолютними, а відносними величинами. При наближенні до швидкості світла всі процеси в системі сповільнюються, подовжні (уздовж руху) розміри тіла скорочуються і події,

одночасні для одного спостерігача, виявляються різночасними для іншого, що рухається щодо нього. Отже, простір і час — загальні форми координації матеріальних явищ, а не самостійно існуючі незалежно від матерії початки буття. Поняття відносності стало одним з основних у сучасному природознавстві.

У теорії Ейнштейна матерія впливає на властивості простору і часу. При переході до космічних масштабів геометрія простору перестає бути евклідовою і змінюється від однієї області до іншої в залежності від щільності мас у цих областях і їхнього руху. У масштабах метagalактики геометрія простору змінюється згодом унаслідок розширення метagalактики. При швидкостях, що наближаються до швидкості світла, при сильному полі простір приходить у сингулярний стан, тобто стискується в точку. Через цей стиск мегасвіт приходить у взаємодію з мікросвітом і багато в чому виявляється аналогічним йому. Теорія відносності показала єдність простору і часу, що виражається в спільній зміні їхніх характеристик у залежності від концентрації мас і їхнього руху. Час і простір перестали розглядатися незалежно і виникло уявлення про просторово-часовий чотиримірний континуум.

Теорія відносності зв'язала також масу й енергію співвідношенням  $E=mc^2$ , де  $C$  — швидкість світла. Теорія відносності ґрунтується на постулатах сталості швидкості світла й однаковості законів природи у всіх фізичних системах, а основні результати, до яких вона приходить такі: *відносність властивостей простору-часу; відносність маси й енергії; еквівалентність важкої й інертної мас (наслідок відзначеного ще Галілеєм, що всі тіла, незалежно від їхнього складу і маси падають у полі тяжіння з тим самим прискоренням).*

**4. Квантова механіка.** Квантова механіка — це фізична теорія, що встановлює спосіб опису і закони руху на мікрорівні. Її започаткування пов'язане з ім'ям М. Планка, що у 1900 році припустив, що світло випускається неподільними порціями енергії — квантами, і математично представив це у виді формули  $E=h\nu$ , де  $\nu$  — частота світла, а  $h$  — універсальна постійна, що характеризує міру дискретної порції енергії, якою обмінюються речовина і випромінювання. В атомну теорію ввійшли в такий спосіб переривчасті фізичні величини, що можуть змінюватися тільки стрибками.

Наступне вивчення явищ мікросвіту привело до результатів, що різко розходилися з загальноприйнятими уявленнями в класичній фізиці і навіть теорії відносності. Класична фізика бачила свою мету в описі об'єктів, що існують у просторі й у формулюванні законів, керуючих їх змінами в часі. Але для таких явищ, як радіоактивний розпад, дифракція, випускнення спектральних ліній можна затверджувати лише, що маєтся деяка імовірність того, що індивідуальний об'єкт такий і що він має певну властивість. Для класичної механіки характерний опис часток шляхом завдання їхнього положення і швидкостей і залежності цих величин від часу. У квантовій механіці однакові частки в однакових умовах можуть поводитися по-різному. Тому, закони квантової механіки — закони статистичного характеру. Таким чином у мікросвіті панують закони, що керують змінами в часі. Статистичні закони можна застосувати тільки до великих сукупностей, але не до окремих індивідуумів. По влучному зауваженню В.Гейзенберга атоми чи елементарні частки утворюють скоріше світ тенденцій і можливостей, ніж світ речей і фактів.

Важлива особливість явищ мікросвіту полягає в тому, що електрон поводить себе подібно частці, коли рухається в зовнішньому електричному чи магнітному полі, і подібно хвилі, коли дифрагує, проходячи крізь кристал. Поводження потоку часток — електронів, атомів, молекул — при зустрічі з перешкодами чи отворами атомних розмірів підкоряється хвильовим законам: спостерігаються явища дифракції, інтерференції, відбивання, переломлення і т.п. Луї де Бройль припустив, що електрон — це хвиля певної довжини. Таким чином, деякі ефекти пояснюються хвильовою теорією, деякі інші — квантовою.

Наприклад, дифракція підтверджує хвильову гіпотезу; відсутність збільшення енергії часток, що вибиваються світлом, - квантову. Це й одержало назву *корпускулярно-хвильового дуалізму*, на основі якого сформульований *принцип додатковості*. З принципом додатковості зв'язане і так зване «співвідношення невизначеності» сформульоване в 1927 році Вернером Гейзенбергом, відповідно до якого в квантовій механіці не існує станів, у яких і місце розташування, і кількість руху (добуток маси на швидкість) мали б цілком певне значення.

Частка зі строго визначеним імпульсом зовсім не локалізована. Чим більш визначеним стає імпульс частки, тим менш визначене її положення. **Співвідношення невизначеностей** говорить, що для абсолютно точної локалізації мікрочастинки необхідні нескінченно великі імпульси, що фізично не може бути здійснено. Ще одна причина виникнення невизначеностей у квантовій механіці зв'язана з точністю вимірювальних приладів.

Отже, принципово новими моментами в дослідженні мікросвіту стали: 1) кожна елементарна частка володіє як корпускулярними, так і хвильовими властивостями; 2) речовина може переходити у випромінювання (аннігіляція частки й античастки дає фотон, тобто квант світла); 3) можна передбачити місце й імпульс елементарної частки тільки з певною імовірністю; 4) прилад, що досліджує реальність, впливає на неї; 5) точний вимір можливий тільки при потоці часток, але не однієї частки.

Власне кажучи, відносність взяла верх й у квантовій механіці, тому що учені визнали, що не можна 1) знайти об'єктивну істину безвідносно від вимірювального приладу; 2) знати одночасно і положення і швидкість часток; 3) установити, чи маємо ми в мікросвіті справу з частками чи хвилями. Це і є панування відносності у фізиці ХХ століття.

**5. Нескінченність мікросвіту.** Поняття атома, запозичене в Демокріта (із грецьк. «неподільний»), яким була названа дрібна одиниця матерії, що входить до складу хімічного елемента, з'явилося у фізиці давно. Хімічний елемент складається з однакових атомів. Потім з'ясувалося, що сам атом складається з елементарних часток. У першій моделі атома, запропонованій Е. Резерфордом, електрони рухаються навколо ядра, як планети навколо Сонця (планетарна модель атома). Установлено, що поперечник атома складає  $10^{-8}$  см., а ядра —  $10^{-12}$  см.. Маса протона більше маси електрона в 2000 разів. Щільність ядра  $10^{14}$  г/см<sup>3</sup>. Перетворення хімічних речовин одна в іншу, про що мріяли алхіміки, можлива, але для цього потрібно змінити атомне ядро, а це вимагає енергій у мільйони разів переважаючих ті, котрі мають місце при хімічних процесах. У ХХ столітті відкрита величезна кількість елементарних часток, які можна розділити на кілька груп: **адрони** (з них складаються ядра), **лептони** (електрони, нейтрино), **фотони** (кванти світла). Фотони і нейтрино рухаються зі швидкістю світла.

Німецький фізик П. Дирак прогнозував у 1936 році існування античастинок з тією же масою, що і частки, але зарядом протилежного знака. В наш час на прискорювачах високих енергій отримані позитрони (античастинки електронів) і антипротони. При зіткненні частки й античастки аннігілюють з виділенням фотонів — безмасових часток світла (речовина переходить у випромінювання). У результаті взаємодії фотонів можуть народжуватися пари «частка — античастка».

Відкриття усе більшої кількості елементарних часток підтвердило взаємоперетворення речовини й енергії. Вже в наш час для визначення подальших умовно неподільних часток був прийнятий термін «кварк». Теоретично передвіщені кварки востаннє були експериментально знайдені в 1994 році американськими вченими.

**6. Основні фізичні взаємодії.** Відомі чотири основних фізичних взаємодії, що визначають структуру нашого світу: сильні, слабкі, електромагнітні і гравітаційні.

**I. Сильні взаємодії** мають місце між адронами (від гречок. «адрос» — сильний), до яких відносяться баріони (грецьк. «барис» — важкий) — це нуклони (протони і нейтрони), гіперони і мезони. Сильні взаємодії можливі тільки на великих відстанях (радіус приблизно  $10^{-13}$  см.). Один із проявів сильних взаємодій — ядерні сили. Сильні взаємодії складаються у випускненні проміжної частки — переносника ядерних сил. Це пі-мезон, виявлені у 1947 році, з масою в 6 разів менше маси нуклона, і знайдені пізніше інші мезони.

**II. Електромагнітна взаємодія** в 100-1000 разів слабкіше сильної взаємодії. При ньому відбувається випускнення і поглинання «часток світла» — фотонів.

**III. Слабкі взаємодії** слабкіше електромагнітні, але сильніше гравітаційної. Радіус дії на два порядки менше радіуса сильної взаємодії. За рахунок слабкої взаємодії світить Сонце (протон перетворюється в нейтрон, позитрон і нейтрино). Випромінюване нейтрино володіє величезною проникливою здатністю — воно проходить через залізну плиту товщиною мільярд км. При слабких взаємодіях міняється заряд часток. Слабка взаємодія являє собою

не контактну взаємодію, а здійснюється шляхом обміну проміжними важкими частками — бозонами, аналогічними фотону. Бозон віртуальний і нестабільний.

**IV. Гравітаційна взаємодія** в багато разів слабкіше електромагнітної. 100 років після того, як Ньютон відкрив закон тяжіння, Кулон знайшов таку ж залежність електричної сили від відстані. Але закон Ньютона і закон Кулона істотно розрізняються тим, що гравітаційне притягання існує завжди, у той час як електричні сили існують тільки в тому випадку, якщо тіла мають електричні заряди. Одна з головних задач сучасної фізики — створити загальну теорію поля і фізичних відношень.