ЖУРНАЛ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
т. 1, № 4 (1997) с. 477–489

JOURNAL OF PHYSICAL STUDIES
v. 1, No 4 (1997) p. 477–489

ФІЗИКА І ФІЛОСОФІЯ: ЧИ ПОТРІБНІ ВОНИ ОДНА ОДНІЙ?

Р. Ґайда
Інститут фізики конденсованих систем НАН України
Україна, UA–290011, Львів, вул. Свенціцького, 1
(Отримано 4 листопада 1996)

Статтю присвячено деяким філософічним питанням сучасної фізики. Показано, що, з одного боку, філософічні ідеї допомагали розв'язувати складні гносеологічні проблеми, які виникали під час переходу від класичної фізики до релятивістичної теорії і квантової механіки. З другого боку, аналіз таких проблем сприяв проґресові сучасної філософії. Наведено висловлювання видатних фізиків XX століття про важливе значення філософічних концепцій у розвитку новітньої фізики. Розглянуто питання класифікації фізичних теорій і структури теоретичної фізики, співвідношення між теорією та експериментом.

У контексті становлення теорії відносности і квантової механіки обговорено розвиток уявлень про співвідношення між суб'єктом і об'єктом пізнання, сформульовано принцип доповняльності Бора.

Зроблено висновок, що філософічна освіта повинна бути складовою частиною навчання фізиків в університетах, але програми відповідних курсів та методи викладання повинні враховувати специфіку фізики як науки та стилю мислення фізиків. У процесі підготовки філософів необхідним є посилення уваги до базових концепцій сучасного природознавства і особливо фізики, а також диференціяція у підготовці філософів–науковців з тим, щоб частина їх спеціялізувалася в галузі філософічних проблем природничих наук. До опрацювання курсів філософії та написання відповідних посібників доцільно залучати також природознавців, у тому числі фізиків.

Ключові слова: філософічні питання фізики, закони і структура фізики, експеримент і теорія, філософічна освіта.

PACS number(s): 01.65+g, 01.70+w

Філософія, методологія і основи науки подібні до кущів троянд: вони здатні давати насолоду, коли їх доглядати, і стають неприємними і колючими, коли ними не займаються...
Розвивати добру філософію набагато важче, ніж відмовлятися від філософії взагалі.
Маріо Бунґе. "Філософія фізики"

I. ВСТУП

Можна вважати знаменним той факт, що філософічний факультет у Львівському університеті відновлено за ініціативою фізика — професора І. О. Вакарчука. Адже серед різних галузей природознавства, які роблять внесок у побудову наукового світогляду, методологічних і філософічних основ наукового пізнання, фізика посідала і посідає особливе становище. Це зумовлено тим, що вона, виділяючи в матеріяльному світі деякі найпростіші об'єкти як предмети пізнання, будувалась у різних напрямах як "точна" наука. Під цим терміном ми розуміємо поєднання двох найважливіших особливостей фізики: з одного боку, вона ґрунтується на кількісному експерименті, який є першоджерелом інформації про фізичну реальність; з другого, вона є логічно стрункою теоретичною конструкцією, яка спирається на певну систему чітко окреслених понять, описує цю реальність кількісно відповідним математичним апаратом і служить завдяки цьому джерелом нового знання, критерієм адекватности якого знову є експеримент. Подібний підхід може бути (і часто був) взірцем для побудови будь-якої галузі науки.

Водночас становлення новітньої фізики у XX столітті поставило питання про необхідність філософічного осмислення надзвичайно складної пізнавальної ситуації, яка потребувала аналізу і глибокого перегляду основ людського мислення. "В наш час, — писав Альберт Айнштайн у статті "Зауваги про теорію пізнання Бертрана Рассела", — фізик змушений займатися філософічними проблемами набагато більшою мірою, ніж це доводилося робити фізикам минулих поколінь. До цього фізиків змушують труднощі їхньої власної науки" [1, с. 248].

Теорія відносности була першим етапом розвитку нових теоретико–пізнавальних концепцій у фізиці. А створення квантової механіки супроводжувалося ще драматичнішим і глибшим переглядом філософічних основ фізики. Ці питання детальніше висвітлимо нижче, але тут варто навести деякі висловлювання відомих фізиків з книги [2], присвяченої Нільсові

Бору. Говорячи про цю теорію, Поль Дірак зазначив: "Вона в корені змінила розуміння світу фізиками; мабуть, такого потрясіння наука не знала за всю свою історію". Роберт Оппенгаймер назвав квантову механіку "новим етапом в еволюції людського мислення", а Джон Уілер — "найбільш революційною концепцією століття". Свою теорію доповняльності, писав Р. Мур, викладав Бор на конґресі фізиків у 1927 р. частково мовою фізики, а частково мовою філософії.

Перехід від класичної фізики до теорії відносности і квантової механіки був здійснений зусиллями насамперед таких видатних фізиків–теоретиків, як Макс Планк, Альберт Айнштайн, Нільс Бор, Вернер Гайзенберґ, Ервін Шредінґер, Макс Борн, Вольфґанґ Паулі, Поль Дірак. Глибокі знавці філософії, вони у своїх фізичних працях спиралися на ці знання, але, критично сприймаючи різні філософічні напрями, доводили, що новітня революція у фізиці ставить перед філософією нові проблеми, розв'язування яких потребує виходу поза рамки як так званого здорового глузду, так і попередніх філософічних систем. Доповнімо цю тезу висловлюваннями А. Айнштайна з цитованої статті про Б. Рассела. Говорячи про своє захоплення цим філософом, Айнштайн зазначав: "Багато щасливих годин я провів за читанням праць Бертрана Рассела". У цій статті Айнштайн писав також про роль англійських філософів Берклі та Юма та німецького мислителя Канта у розвитку теорії пізнання. Він не поділяв їхніх філософічних систем, наголошуючи, що проґрес науки, зокрема фізики, показав неспроможність створених ними концептуальних підходів до проблеми співвідношення між мисленням, об'єктивним світом та його сприйманням людиною за допомогою органів чуття. Водночас він віддавав належне цим видатним філософам, оскільки зроблений ними критичний аналіз процесу пізнання і джерел наших знань (у кожного з них — інший) сприяв розвиткові наукового мислення, ставив перед фізиками проблеми, без усвідомлення яких вони не змогли б долати перешкод, що виникали особливо інтенсивно у процесі становлення новітньої фізики. Високо цінив Айнштайн Імануїла Канта як філософа, який довів, що мислення неможливе без таких понять як причинність, час і простір.

Вагомий внесок фізики та її найвидатніших представників у розвиток філософічної думки визнавали і професійні філософи. Наприклад, у 1949 р. в серії "Бібліотека живих філософів" ("The library of the living philosophers") вийшов збірник статей відомих філософів і фізиків, що називався "Альберт Айнштайн як філософ–учений". Отже, взаємний вплив і взаємне збагачення фізики і філософії не підлягають сумнівові. Мета пропонованої статті полягає в тому, щоб проілюструвати і обґрунтувати цю тезу на підставі низки прикладів такої взаємодії. Ми сподіваємося, що викладені нижче міркування, з одного боку, сприятимуть послабленню певного скептицизму щодо користі філософії у підготовці та професійній діяльності фізиків, а з другого, заохочуватимуть філософів до глибокого ознайомлення з тими досягненнями сучасної фізики, які можуть стати джерелом нових ідей і методів у філософічному осмисленні світу, у розвитку загальних концепцій про природу людського пізнання.

Проєктуючи ці думки на питання університетської підготовки нових кадрів у галузі фізики і філософії, хочемо висловити такі побажання. Викладання філософії студентам–фізикам повинно враховувати специфіку фізичної освіти і фізики як науки, яка формує певний стиль мислення; він може виявитися несумісним зі стилем, характерним для деяких філософічних напрямків. Якщо ж говорити про підготовку філософів, то видається, що у навчальному процесі надто мало уваги приділяють досягненням сучасної фізики, їхньому впливові на сучасну філософію. Цей висновок, як покажемо нижче, можна зробити, ґрунтуючись, зокрема, на ознайомленні з новими навчальними посібниками з курсу філософії, в яких виклад філософічних питань фізики викликає чимало суттєвих зауважень.

Перш ніж розглядати окремі конкретні проблеми на стику фізики і філософії, коротко схарактеризуємо ті аспекти філософії, які найбільше стосуються природничих наук.

Згаданий уже видатний англійський філософ і математик Бертран Рассел визначає філософію, як "щось проміжне між теологією і наукою. Подібно до теології, вона містить розважання щодо предметів, точне знання яких поки що не досягнуте й не піддається доведенню; проте, подібно до науки, вона апелює скоріше до людського розуму, ніж до авторитету — авторитету чи то традиції, чи то одкровення. Все *точне* знання — беруся твердити — належить до науки; всі *догмати* про те, що виходить за межі точного знання, належать до теології. Але між теологією і наукою є Нічия Земля, на яку проводяться наскоки з обох боків; оця Нічия Земля і є філософія" [3, с. 5].

У рамках філософії Рассел виділив два різні елементи: "з одного боку є питання наукові або логічні, які улягають методам, щодо яких є загальна згода. З другого боку, є питання пристрасного інтересу великих груп людей і нема переконливих доказів того чи того розв'язку" [3, с. 655]. У пропонованій статті йтиметься головно про питання першої групи. Вони стосуються процесів пізнання й опису світу засобами фізики, отже, у філософічному плані пов'язані з проблемою відношення свідомости до матерії, мислення до буття. За Расселом ці питання можна сформулювати так: "Чи поділяється світ на дух і матерію, а коли так, то що таке дух і матерія? Чи дух підпорядкований матерії, а чи він наділений якимись незалежними силами? Чи має всесвіт якусь єдність або якусь мету існування? Чи він розвивається до якоїсь визначеної форми? Чи закони природи справді існують, а чи ми віримо в них тільки з властивої нам любові до впорядкованості?" [3, с. 5]. Знайти відповіді на такі питання в лабораторії або "на кінчику пера" неможливо. Проте було б також помилкою іґнорувати в процесі такого пошуку результати природознавства, зокрема фізики. Її наскоки на “Нічию Землю” завжди давали добрий урожай нових філософічних ідей і методів, а збагачене філософічним мисленням повернення на твердий ґрунт науки прискорювало поступ у пізнанні світу.

Філософічним питанням фізики присвячена багата журнальна й монографічна література, з якої невелику частину наведено нижче. Оскільки у пропонованій статті торкатимемо різноманітні аспекти зв'язку фізики та філософії, їхній розгляд не може бути належно широким і повним. Тому виклад матиме дещо декларативний характер, у ньому стислість аналізу й арґументації частково компенсуватиметься цитуванням та посиланням на джерела.

Слід сказати, що в колишньому Радянському Союзі обговорюваній тут проблематиці приділяли значну увагу. Проте на такі публікації не могли не накласти відбиток вимоги підпорядкувати будь-яку діяльність у сферах, пов'язаних з ідеологією, потребам тоталітарного режиму. Тому навіть перекладні праці західних авторів про філософічні проблеми сучасної фізики супроводжувалися коментарями, які мали застерегти читачів від “крамольної” думки, що у творах “класиків” марксизму–ленінізму можуть бути погляди, незгідні з науковим аналізом дійсності. Крах комуністичних державних систем поклав край подібній практиці ідеологічного препарування наукових студій. Але разом з тим виник деякий вакуум у сфері філософічного трактування проблем природознавства, зокрема фізики. Наслідком такої ситуації є недостатня, на наш погляд, увага до методологічних та гносеологічних аспектів фізики як у науковій діяльності філософів, так і в навчальному процесі, в нових підручниках та посібниках, зорієнтованих головно на гуманітарну сферу. Тому посилення уваги до філософічних питань природознавства та співпраці представників природничих наук і філософів є актуальною проблемою. Щоб така співпраця була ефективною, треба подолати певну відчуженість між ними, відчутну у деяких працях філософів. Наприклад, на підставі слушної думки, що філософія в цілому суттєво відрізняється від будь-якої галузі науки, зокрема фізики, автори посібника [4] у “Передньому слові” заперечують обґрунтованість адресованих філософії закидів “щодо її “недостатньої” точності, конкретності і т.ін.” Вони вважають, що “претензії подібного роду спираються на ілюзорні, по суті, міфологічні уявлення повсякденної свідомості, яка абсолютизує (обожнює) роль і функції науки в суспільній свідомості сучасного людства”. Проте погодитися з таким протиставленням науки і філософії важко, оскільки філософія оперує певними категоріями, які мають загальнонауковий характер. Як приклад, можна навести поняття “закон”, яким, на наш погляд, зловживали прихильники діялектичного матеріялізму. Оскільки, як зазначав М. Бунґе, “одним із завдань філософії є дослідження природи наукових теорій” [5, с. 44], а фундамент наукової теорії створюють її закони, розглянемо в § 2 поняття “закон”, як його розуміють у фізиці, та пов'язане з ним питання про структуру теоретичної фізики. Проблема зв'язку теорії з експериментом теж має філософічні аспекти, які обговоримо в § 3. Тим самим отримаємо базу для стислого аналізу в наступних пунктах філософічних проблем, зумовлених виникненням спеціяльної теорії відносности та квантової механіки.

II. ЗАКОНОМІРНОСТІ, ЗАКОНИ І ПРИНЦИПИ У ФІЗИЦІ. СТРУКТУРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Фізичні теорії можна схематично розділити на три групи [6]. До першої зачислимо *фундаментальні* теорії, які, спираючись на основні фізичні поняття (час, простір, частинка, поле, маса, заряд, взаємодія, енергія тощо) формулюють математично загальні закони природи як базу опису широкої сфери фізичних явищ і процесів. Сюди належать класична (ньютонівська і релятивістична) механіка, квантова механіка, статистична фізика, класична і квантова теорія полів, загальна теорія відносности. Важливим критерієм фундаментальности фізичної теорії є можливість сформулювати її аксіоматично, тобто у вигляді замкнутої логічної системи понять, принципів і законів. Аксіоматичне формулювання дає змогу найглибше з'ясувати суть та внутрішню структуру теорії. Друга група охоплює *структурні* теорії, які пояснюють властивості складних систем і явищ (наприклад, будову молекул і кристалів, випромінювання та поглинання ними світла) на основі фундаментальних законів для складових елементів цих систем, взаємодій між ними та елементарних процесів. Третю групу утворюють *феноменологічні* теорії (наприклад, термодинаміка та феноменологічна електродинаміка матеріяльних середовищ), які описують спостережувані на досліді закономірності в певній вужчій чи ширшій сфері явищ, не апелюючи до знання загальних законів фізики, що лежать в їхній основі. Ця класифікація значною мірою умовна, схематична, але вона наближено відображає структурну характеристику теоретичної фізики. Її умовність пов'язана, зокрема, з тим, що важко провести чітку межу між фундаментальними і структурними теоріями, а, крім того, і “фундаментальність” теорії є поняттям умовним. Кожна з таких теорій є результатом фізичного і математичного моделювання реальних фізичних об'єктів, в ході якого абстрагуються від деяких менш суттєвих чинників, поступово переходячи до щораз точніших моделей. Скажімо, властивості найпростішої атомної системи — атома водню — його взаємодію зі світлом (яка на досліді проявляється у спектрі випромінювання чи поглинання) — можна в першому наближенні описати основним рівнянням нерелятивістичної квантової механіки — рівнянням Шредінґера для одного електрона у заданому зовнішньому полі (кулонівському полі ядра і полі електромагнетного випромінювання). Точніший підхід, що ґрунтується на рівнянні Дірака, яке враховує релятивістичні поправки і спін електрона, дає змогу пояснити тонку структуру спектра водню. Ще тонші ефекти (так звані надтонку структуру і зсув атомних рівнів) можна описати, використовуючи квантову електродинаміку, яка своїм математичним формалізмом відображає квантову природу електромагнетного випромінювання і містить уявлення про взаємодію заряджених частинок з вакуумом квантованих полів. Можна вважати, що на кожному з цих етапів теоретичного аналізу структури атома водню ми використовуємо певного роду фундаментальну теорію.

Розгляд структури складніших систем (багатоелектронних атомів, молекул, твердих тіл) потребує побудови певних спрощених моделей, сукупність яких і становить зміст відповідної структурної теорії. В таких теоріях фігурують як базові поняття електрони і ядра, електромагнетна взаємодія між ними, зовнішні електромагнетні поля (в тому числі світло) тощо. У них використовуються закони фундаментальних теорій для простих елементів, з яких ці об'єкти побудовані. Треба зауважити, що поділ об'єктів на "складні" і "прості" є також умовним, така класифікація змінювалася з еволюцією фізики. Якщо з відкриттям електронно–ядерної будови атомів останні втратили "статус" простих, то з часом стало відомо, що й атомне ядро є системою, яка складається з нуклонів (протонів і нейтронів), а тепер і нуклони розглядають як системи, побудовані з кварків. Незважаючи на таку умовність, поняття "фундаментальна теорія" зберігає сенс і стосовно таких об'єктів, як електрон у полі атомного ядра, оскільки у більшості випадків (поза межами ядерної і субядерної фізики) можна абстрагуватися не лише від кваркової структури нуклонів, а й від нуклонної будови ядер.

Уточнимо значення термінів "закон" і "закономірність".

Наукове пізнання світу ґрунтується на наведенні у свідомості людей певного порядку в нескінченно багатому емпіричному матеріялі, отриманому за допомогою органів відчуттів, з використанням спостережень, експериментів та логічного аналізу їхніх результатів. Базою такого впорядкування є визначення певних реґулярностей, тобто повторюваности за певними правилами (*regula* — по-латинськи статут, правило) зв'язків між різними подіями, фактами, даними спостережень і вимірювань у позірному хаосі дослідних результатів. Такі реґулярності називають звичайно загальним терміном *закон*. Проте доцільно розрізняти різні типи реґулярностей, які називатимемо *закономірностями*, *законами* і *принципами*. Терміном *закономірність* окреслимо таку реґулярність, яка є безпосереднім узагальненням деякої множини емпіричних даних у порівняно вузькій сфері явищ і становить основу їхнього *феноменологічного* опису. Під *законами* розумітимемо реґулярності, які є базою одної з фундаментальних фізичних теорій і охоплюють властивості широкого класу найпростіших фізичних об'єктів і процесів. У такій термінології так звані "закони Кеплера" про рух планет навколо Сонця чи "закон Ома" стосовно сили електричного струму в провіднику слід віднести до закономірностей. Вони, з одного боку, були встановлені спочатку феноменологічно як узагальнення спостережень і вимірювань, а потім їх можна було розглядати як наслідки глибших законів природи: другого закону Ньютона і закону всесвітнього тяжіння (рух планет) та законів електродинаміки і статистичної фізики (струм у провіднику). Зрештою, в сучасній фізиці дуже важливу роль відіграють *принципи*, які є найзагальнішими твердженнями, слушними (на даному етапі розвитку науки) щодо різних (а деякі — щодо всіх) галузей фізики. До них належать насамперед *принципи симетрії*, які накладають певні обмеження на можливий вигляд законів природи, та пов'язані з ними закони збереження. Принципи симетрії формулюються математично як вимога інваріянтности рівнянь, які виражають закони природи, відносно певних перетворень змінних величин, що є в цих рівняннях. Геометричні принципи симетрії, які відображають фундаментальні властивості простору і часу, вимагають, щоб закони фізики виражалися рівняннями, інваріянтними відносно відповідних просторово–часових перетворень. Зокрема, з постулату про однорідність простору і часу (рівноправність усіх точок і всіх моментів часу) випливає, що закони фізики повинні виражатися рівняннями, інваріянтними відносно просторових та часових трансляцій (перенесень). Аналогічно, з ізотропности простору (рівноправности всіх напрямів) випливає вимога інваріянтности відносно просторових поворотів; фізична еквівалентність усіх інерційних систем відліку виражається вимогою інваріянтности законів фізики відносно перетворень, що пов'язують дві системи відліку, які рухаються рівномірно одна відносно другої (перетворень Ґалілея в ньютонівській механіці і перетворень Лоренца у релятивістичній фізиці).

Принципи симетрії можна розглядати, з одного боку, в історичному плані як результат емпіричних даних або як висновки про інваріянтність підтверджених дослідом законів фізики; наприклад, рівняння руху Ньютона виявились інваріянтними відносно перетворень Ґалілея, рівняння Максвела — відносно перетворень Лоренца. З другого боку, вони є евристичним засобом у процесі пошуку невідомих законів для нових галузей фізики, оскільки дають змогу апріорі відкидати такі гіпотетичні закони, які не задовольняють установлених принципів симетрії.

Важливо наголосити, що усі три типи реґулярностей (закономірності, закони, принципи) є базою теоретичного дослідження у фізиці завдяки тому, що в кожній конкретній ситуації з них випливають певні висновки про властивості відповідних фізичних систем, їхню часову еволюцію тощо. Наприклад, якщо розглядати нерелятивістичну систему частинок (тобто систему, елементи якої рухаються зі швидкостями, дуже малими порівняно зі швидкістю світла у вакуумі), то задаючи початкові (при $t = 0$) положення і швидкості частинок, а також функції, які описують взаємодію між частинками, можемо за допомогою рівнянь руху (другого закону Ньютона) визначити положення і швидкості частинок у довільний наступний момент часу. Подібно рівняння Максвела дають змогу визначити електромагнетні поля, створені заданим розподілом його джерел (зарядів і струмів) у будь–який момент часу і в довільній точці простору, якщо відомі ці величини в певний момент часу на деякій поверхні. На підставі хвильового рівняння квантової механіки можна обчислити, наприклад, відносні ймовірності переходів між різними парами стаціонарних станів атомних систем, а отже, і відносні інтенсивності спектральних ліній. З принципів симетрії і законів збереження також випливають цілком визначені висновки про властивості фізичних об'єктів і процесів.

Зауважимо, що поняття “закон” відіграє аналогічну роль у юриспруденції (звідки цей термін запозичило природознавство), хоч тут воно не має катеґоричної однозначности, характерної для фізики. Така різниця зумовлена, на наш погляд, двома причинами: по-перше, значною складністю і багатовимірністю тих умов, які визначають конкретну правову ситуацію, до якої треба застосувати закон; по-друге, суттєвим є і суб'єктивний фактор в інтерпретації юридичних законів. Але в ідеалі з кожного правового закону (наприклад, карного кодексу) випливає щодо конкретного злочину цілком визначений результат стосовно міри покарання. В обох цих сферах — фізиці (і загальніше — природознавстві) та юриспруденції — про існування закону можна говорити, якщо наведено його словесне чи математичне формулювання, у якому фігурують ясно означені поняття та величини, і з якого в конкретній ситуації випливають певні конкретні однозначні наслідки.

На підставі такого розуміння терміна “закон” не можна сприйняти туманні міркування навколо цього поняття, які властиві прихильникам матеріялістичної діялектики. Візьмімо, наприклад, так званий закон заперечення заперечення, який вважають одним з основних законів діялектики. Як пишуть автори навчального посібника [4, с. 249], зміст категорії заперечення заперечення насамперед виступає як єдність протилежностей: збереження і подолання. І далі: “Матеріалістична діалектика доводить розуміння заперечення до самозаперечення як закономірного результату розвитку внутрішньої суперечності, на відміну від суто зовнішнього заперечення як результату зіткнення внутрішньо не зв'язаних між собою явищ. Будучи зовнішнім, подібне заперечення ліквідує умови для розвитку явища, яке підлягає подібного роду запереченню... Внутрішнє заперечення як самозаперечення є в своїй суті запереченням заперечення... Діялектичне заперечення відносно конкретного явища являє собою його перехід у свою протилежність. Закон заперечення заперечення і виступає законом зв'язку таких етапів у розвитку явища, які постають як його переходи в протилежність”. Можна продовжити подібне цитування, але не вдасться знайти в ньому ні зрозумілого означення використаних понять, ні чіткого формулювання “закону заперечення заперечення”. Тому даремно було б намагатися отримати на основі такого “закону” висновок про те, як поводитиметься певний об'єкт (елемент природи чи суспільства) у заданій конкретній ситуації [16]. Можна лише поспівчувати студентам, змушеним вивчати (чи, скоріше, заучувати) подібну філософію. Не дивно, якщо після цього в них виникає ставлення до філософії, яке виражається відомим саркастичним означенням: “Філософія — це систематичне зловживання винайденою спеціяльно для цієї мети номенклатурою”.

Інший, недавно виданий підручник [7], який хоч і побудований у цілому на новій (не марксистсько–ленінській) основі, також містить положення, неприйнятні, на наш погляд, для представників точних наук. Якщо говорити про той же “закон заперечення заперечення”, то він, згідно з авторами цієї книжки, “характеризує напрям і форму розвитку, єдність поступовості і наступності, виникнення нового і відносне повторення певних моментів старого”. Наведені в підручнику приклади, які мали б підтвердити слушність цього “закону”, є, по суті, констатацією тривіальних істин, наприклад: “Історія тваринного і рослинного світу є вічною зміною форм, вічним поновленням, вічним запереченням старого і вічним виникненням нових видів”. Якщо ж робиться спроба сформулювати конкретні висновки із “закону” (наприклад: “будь-яка якість повинна “застаріти” і увійти в суперечність з новою”), то катеґоричність таких тверджень не може не викликати заперечень. Адже поряд з прикладами, що підтверджують такий висновок, можна навести і випадки, які йому суперечать. Скажімо, дивовижною є стабільність атомних систем, яка полягає в тому, що після будь-яких не надто сильних зовнішніх збурень вони повертаються в основний стаціонарний стан, завжди один і той самий. Про яке “старіння” можна тут говорити? На наш погляд, піднімати статус певних, можливо і корисних, але дуже невизначених теоретико–пізнавальних міркувань до ранґу закону цілком безпідставно і, сказати б, шкідливо, оскільки таким способом дискредитується саме поняття “закон” — одну з фундаментальних катеґорій наукового пізнання.

III. ЕКСПЕРИМЕНТ І ТЕОРІЯ У ФІЗИЦІ

Фізика як наука спирається на два основні методи пізнання матеріяльного світу: спостереження і експеримент, з одного боку, та теорія — з другого. Пізнавати закони природи можна лише за допомогою тісного поєднання цих двох чинників, їхньої постійної взаємодії. Жоден з них не має переваги над іншим, вони, неначе сіямські близнюки, можуть жити і розвиватися разом, а будь-яка спроба хірургічного розділення приречена на летальний кінець.

Від часів Ґалілея фізика і, загальніше — природознавство, ґрунтується на надійному емпіричному фундаменті. Однак часто цю слушну думку розуміють спрощено, наділяючи досліди й експерименти більшою питомою вагою у процесі пізнання порівняно з теорією. Такі погляди глибоко критикував Маріо Бунґе в останньому розділі цитованої вже праці "Філософія фізики" [5]. Основним змістом цієї критики є твердження про те, що пріоритетну роль у перевірці науково–природничої теорії відіграють неемпіричні (тобто теоретичні) фактори.

Які висновки можна зробити, якщо в процесі наукового дослідження виникла суперечність між результатами деякого експерименту і передбаченнями відповідної теорії? Погляд, згідно з яким емпіричні факти є найвищим суддею в такому конфлікті, а, отже, теорію, що їм суперечить, необхідно відразу відкинути як неправильну, — такий погляд є помилковим як у методологічному, так і в філософічному та історичному планах. З різних причин відповідність теорії фактові рідко виявляється достатньою для того, щоб прийняти наукову теорію. Подібно, не кожний висновок про те, що певний експеримент суперечить визнаній теорії, слід інтерпретувати як смертельний вирок цій теорії. Насправді будь-яка цілісна система наукових ідей оцінюється у світлі результатів ґрунтовної перевірки, яка містить, за Бунґе, чотири етапи: метатеоретичний, інтертеоретичний, філософічний та емпіричний. Перші три ступені становлять неемпіричну перевірку, і лише на підставі сукупності всіх чотирьох етапів можна зробити певні висновки про життєздатність або ступінь істинности чи непридатність теорії.

Метою *метатеоретичної* перевірки є, зокрема, з'ясування внутрішньої несуперечливости теорії, недвозначности висновків з неї та можливости емпіричної перевірки. *Інтертеоретична* перевірка виявляє сумісність даної теорії з іншими, раніше прийнятими. Одним з методів тут є *принцип відповідности*; він вимагає, щоб результати нової теорії, яка охоплює ширше коло описуваних явищ, збігалися практично з результатами попередньої теорії у сфері, де остання була підтверджена. Наприклад, результати релятивістичної механіки практично не відрізняються від результатів ньютонівської, якщо тіла рухаються зі швидкостями, дуже малими порівняно зі швидкістю світла у вакуумі. *Філософську* перевірку виконують зіставленням ключових понять і припущень теорії з основними концепціями тієї чи іншої філософії. Наприклад, прихильники позитивізму віддають перевагу феноменологічним теоріям, таким як термодинаміка та теорія S-матриці для процесів розсіяння мікрочастинок, нехтуючи підходами, які намагаються глибше пояснити структуру досліджуваної системи. (Зазначимо, що представниками двох таких протилежних методологічних позицій були, зокрема, В. К. Рентґен та І. Пулюй; перший не виходив за рамки констатацій спостережуваних закономірностей щодо виникнення та дії відкритих ним Х-променів і навіть упродовж близько десяти років після експериментального відкриття електронів не вірив в існування цих частинок; другий, досліджуючи катодні та Х-промені, намагався пояснити емпіричні факти мікроскопічними уявленнями про будову речовини, близькими до тих, які розвинулись у XX столітті). М. Бунґе зауважив, що філософічні арґументи, як свідчить історія, формулювалися завжди, хоч частіше їхня роль була неґативною. (Крайнім проявом шкідливості філософічних оцінок деяких наукових напрямів були заборони займатися ґенетикою і, на початковому етапі, кібернетикою в колишньому Радянському Союзі). Проте дослідники шукають контакту з панівною філософією і високо оцінюють узгодженість з нею. "У зв'язку з цим, — пише Бунґе, — щораз більше зростає потреба критичного аналізу і філософічних принципів. Але коректування природознавства і філософії повинно бути взаємним, а не однобічним, щоб уникнути їхнього взаємного закостеніння. Плідна взаємодія філософії і науки про природу необхідна. Загалом, хоча ще існують ненаукові філософічні системи, наукове дослідження в цілому пронизане філософічними ідеями" [5, с. 302].

Усі три неемпіричні перевірки містять дослідження як внутрішньої несуперечливости, так і зовнішньої — з іншими галузями наукового знання та з філософічними принципами. Якщо деяка теорія непридатна до контакту з іншими теоріями (як це часто буває з багатьма псевдонауковими концепціями — згадаймо, наприклад, різних "контактерів"), то її емпірична перевірка неможлива, оскільки вона є надзвичайно складним процесом з дуже суттєвими теоретичними моментами. М. Бунґе наводив щодо цього давню думку ґеніального Максвела про те, що перевірка "кандидатів" на затвердження їх законами потребує насамперед не лабораторії, а подальшої теоретичної праці: "Верифікація законів є результатом теоретичного дослідження умов, за яких можна точно виміряти певні величини, потім іде експериментальна реалізація цих умов і фактичне вимірювання величин" [5, с. 303]. При цьому використовують різні теоретичні моделі досліджуваних об'єктів і навіть результати звичайних спостережень визначаються спільно як відчуттями, так і мисленням.

Наведені міркування (детальний аналіз з багатьма прикладами див. у [5]) змушують "відмовитися від поширеної думки, що будь-яка теорія стає перед судом експерименту без усяких посередників" [5, с. 329]. Такими посередниками є і різна додаткова інформація, і певні моделі та гіпотези, які пов'язують безпосередньо спостережувані покази вимірювальних приладів (наприклад, положення стрілки на шкалі амперметра) з вимірюваними не спостережуваними величинами (наприклад, струмом). Крім того, сам експеримент ґрунтується на певних теоретичних уявленнях, бо, як висловився Айнштайн у дискусії з молодим Гайзенберґом, "лише теорія вирішує, що можна спостерігати" [8, с. 204].

Унаслідок того, що процес емпіричної перевірки теорії є складною і заплутаною процедурою, важко говорити однозначно про підтвердження або заперечення істинности теорії на підставі експерименту. Проте працездатність фізичної теорії є твердим ґрунтом для довіри до неї, поєднаної з певною часткою здорового скептицизму. Щодо різних шкіл і напрямів філософії, серед яких чимало виявилося невдалими, можна погодитися із завершальними словами обговорюваної книжки Бунґе: "Ми повинні почати знову, дотримуючись більше реальних наукових досліджень, ніж філософічних традицій".

З'ясувавши роль теорії у проведенні верифікаційних експериментів та інтерпретації їхніх результатів, зазначимо, що є ще й інший аспект взаємодії теорії з експериментом, а саме — експеримент як чинник становлення та розвитку фізичних теорій. Різні функції, які в цьому плані можуть виконувати експериментальні дослідження, розглянуто в статті [6]. Тут обмежимося однією з цих функцій, яка полягає у перевірці правомірности екстраполяції фундаментальних фізичних теорій на нововідкриті об'єкти і явища. При цьому варто наголосити на одному моменті, який має, на наш погляд, загальнофілософічне значення. Йдеться про дві групи експериментальних даних: до першої зачислимо ті, які узгоджуються з результатами наявної теорії, а до другої — факти, що їй суперечать. Взаємне узгодження свідчить, що зазначена екстраполяція правомірна. Цим висновком, власне, й вичерпується значення експериментів першої групи. Такі досліди, зрозуміло, не можуть вплинути на розвиток основ теорії. Вони, з одного боку, тільки стимулюють розробку формально–математичних методів застосування теорії до конкретних явищ природи, а, з другого — зміцнюють довір'я до неї, піднімають її авторитет, створюючи інколи навколо неї фальшивий ореол всемогутности та бездоганности. Для прикладу можна навести понад двохсотлітню історію успіхів механіки Ньютона, які, не змінивши нічого в її основах, призвели в другій половині XIX ст. до помилкового уявлення про універсальність цього вчення, про його необмежену застосовність до всіх явищ природи. Подібне можна сказати і про тріумф теорії Максвела, що виявився, зокрема, в експериментальному підтвердженні передбаченого нею існування електромагнетних хвиль. Він сприяв утвердженню класичної електродинаміки як науки, мав велике значення для побудови математичних методів, необхідних для її застосування до електромагнетних процесів, однак не вплинув на розвиток її основних законів.

Принципово іншу роль у становленні фізичних теорій відіграють експериментальні факти другої групи, тобто ті, які суперечать висновкам, що випливають з відкритих раніше законів природи. Вони вказують (після належної неемпіричної перевірки) на межі застосовности загальноприйнятих фундаментальних теорій, на необхідність перегляду фізичних понять і уявлень, що лежать в їхній основі і тим самим прокладають шлях до радикальних змін наукових концепцій, до пошуків нових фундаментальних законів для цілком нових явищ і процесів природи. Наприклад, завдяки тому, що неґативний результат досліду Майкельсона суперечив (у поєднанні з іншими даними про поширення світла) ньютонівським уявленням про час і простір та класичному законові додавання швидкостей, він став могутнім поштовхом до створення спеціяльної теорії відносности. Аналогічну роль у квантовій теорії відіграла проблема випромінювання абсолютно чорного тіла, яка не вкладалася в рамки класичної електродинаміки.

Враховуючи, що нові фізичні теорії є не голим запереченням старих, а їхнім уточненням, удосконаленням, узагальненням (принцип відповідности), можна сказати, що в інтересах власного розвитку кожна фундаментальна фізична теорія повинна спрямовувати зусилля експериментальних досліджень на пошуки тих явищ, в яких можна чекати фактів, що суперечать цій теорії. Такий висновок стосується, на наш погляд, і інших галузей науки, а отже, він має і філософічний сенс.

IV. ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТИ

Як відомо, спеціяльна теорія відносности (СТВ) виникла з потреби усунути суперечність між принципом відносности (рівноправністю усіх інерційних систем відліку) та емпіричним фактом, що світло поширюється у вакуумі завжди з однаковою швидкістю в усіх напрямах. Спробу розв'язати цю суперечність зробив Лоренц, припустивши, що перехід від "абсолютної" системи відліку до довільної слід супроводжувати запровадженням деякого позірного "часу" замість "істинного" і позірних розмірів тіл (так зване лоренцове скорочення). Ці позірні величини залежать, за Лоренцом, від швидкости вибраної системи відліку відносно абсолютної. Відповідні перетворення просторових координат і часу (перетворення Лоренца) залишали інваріянтним хвильове рівняння для поширення світла, що й забезпечувало узгодженість теорії з експериментом. Альберт Айнштайн запропонував відмовитися від уявлення про абсолютну систему відліку та єдиний "істинний" час, вважаючи, що "позірні" проміжки часу в перетвореннях Лоренца слід тлумачити як реальні у відповідних фізично рівноправних системах відліку. Це був вирішальний крок, який привів до зміни уявлення фізиків про природу і структуру простору та часу і до глибокого перегляду багатьох проблем фізики, її філософічних основ. Поняття "одночасність" різних подій, часові та просторові інтервали, "причинність" набули нового, неочікуваного сенсу. З'ясувалося, що одночасність двох подій має відносний характер: коли події одночасні для деякого спостерігача, то вони можуть бути неодночасними для іншого. Просторові віддалі між двома подіями та інтервали часу між ними також втратили абсолютний характер. Водночас поняття "минуле" і "майбутнє", а, отже, і причинно–наслідкові відношення подій не залежать від вибору системи відліку.

Важливим наслідком принципу відносности Пуанкаре–Айнштайна є інертність енергії, тобто зв'язок між масою та енергією, що виражається рівністю

$E = mc^2$. Цей висновок, підтверджений безліччю дослідних даних, революціонізував фізику, заклавши фундамент теорії атомного ядра й елементарних частинок. Він також стимулював дискусії навколо давніх філософічних проблем щодо незнищенності матерії чи субстанції; співвідношення Айнштайна між енергією та масою підняло цю проблематику на новий рівень. Це ще раз засвідчує, що поняття, до яких дійшли філософи на базі колишніх знань про природу, повинні трансформуватися разом з поступом природознавства.

Ще гостріші філософічні дискусії виникли після створення Айнштайном загальної теорії відносности (ЗТВ), яка пов'язує ґравітацію з кривиною чотиривимірного часу–простору. Таким чином з'явились фізичні арґументи за можливість (і потребу!) відмовитися від панівної до XIX століття думки про те, що єдиною можливою геометрією є геометрія Евкліда, яка ґрунтується на аксіомах, сформульованих цим античним математиком. ЗТВ по-новому освітила дуже старі філософічні питання про скінченність або нескінченність простору, про те чи був початок світу і чи буде його кінець. Уперше з'явилася принципова можливість перенести ці питання в площину емпіричного дослідження, пов'язавши їх з різними космологічними моделями, наслідки яких піддаються порівнянню з даними астрофізичних спостережень, а також з результатами експериментальних та теоретичних досліджень на протилежному масштабному полюсі світу — у фізиці елементарних частинок. Розміри цієї статті не дають змоги розглянути різні гіпотези і теорії щодо зазначених питань. Обмежимося загальним висновком, що ця проблематика засвідчила неминучість перегляду не лише фізичних уявлень про простір і час, сформульованих Ньютоном, а й відповідних філософічних концепцій, зокрема виконаного Кантом аналізу понять простору і часу, які він уважав апріорними, а отже, такими, що не мають емпіричного підґрунтя. Згідно з Кантом, уся евклідова геометрія є апріорною. Теорія відносности спростувала такі погляди. З цього приводу Айнштайн писав: "Фатальна помилка, що в основі евклідової геометрії і зв'язаного з нею поняття простору лежали потреби мислення, зумовлена тим, що було піддано забуттю емпіричну основу, на яку спирається аксіоматична побудова евклідової геометрії" [1, с. 206]. Отже, апріорні уявлення, які Кант приймав за беспірну істину, вже не містяться в науковій системі сучасної фізики.

Зумовлена теорією відносности ревізія понять, що вважались у класичній фізиці природними і самоочевидними, допомогла пізніше розв'язувати ще глибші й складніші гносеологічні проблеми, зумовлені розвитком квантової теорії.

V. КВАНТОВА МЕХАНІКА

Квантова гіпотеза Планка про дискретний характер обміну енергією між електромагнетним випромінюванням і атомами тіл (1900) започаткувала нову епоху не лише у фізиці, але й у науці в цілому — епоху квантової фізики. Ми дослідимо тут лише філософічні проблеми квантової механіки і не розглядатимемо квантової теорії поля та теорії елементарних частинок, які в наш час продовжують інтенсивно розвиватися.

Ньютонівська механіка і побудована за її зразком класична фізика ґрунтувалися на постулаті, що матеріяльний світ можна пізнавати й описувати, не говорячи про суб'єкт пізнання, тобто людину (спостерігача, експериментатора чи фізика–теоретика). Подібну теоретико–пізнавальну позицію можна схарактеризувати відомим висловом Ж.-П. Сартра: "Вчені хотіли б бачити світ таким ніби на нього ніхто не дивиться". Як уже зазначалося вище, такий підхід уперше похитнула теорія відносности, в якій неможливо абстрагуватися від поняття системи відліку та зв'язаного з нею спостерігача. Але квантова теорія набагато радикальніше змінила уявлення про можливості описувати світ.

У передмові до книжки "Фізика і філософія" [9] В. Гайзенберґ писав: "Висновки сучасної фізики ... багато змінили в уявленнях про світ, успадкованих від минулого століття. Вони викликають переворот у мисленні і тому стосуються широкого кола людей". Він зазначав, що цей переворот стосується лише теоретико–пізнавальних аспектів фізики, бо новітні технічні засоби і методи експериментальних досліджень, а також використання у теоретичній фізиці математичного апарату є продовженням і розвитком відповідних методів, що розвивались у фізиці з часів Ґалілея і Ньютона.

Обговорюючи гносеологічну ситуацію, що склалася в 1926–1927 рр. у зв'язку з виникненням квантової механіки, Гайзенберґ наводив паралель з подвигом Колумба: він досягнув нової землі завдяки тому, що взятих на корабель запасів харчів було замало, щоб повернутися на стару землю. Подібно і в фізиці, коли доводиться ступити на справді нову землю, то треба мати мужність відмовитися від повернення на стару: "Недостатньо сприйняти зміст нових ідей — треба ще і змінити саму структуру мислення, щоб зрозуміти нове. До цього багато хто не схильний і не готовий" [8, с. 198]. Як це не парадоксально, але такої готовности не виявилося ні в Айнштайна, ні в Шредінґера. Перший був біля самих джерел новітньої революції у фізиці; він, по-перше, відкинув уявлення про абсолютний час, і, по-друге, висунув ідею про фотони, яка після гіпотези Планка була важливим кроком до встановлення хвильово–корпускулярного дуалізму усіх мікрооб'єктів. Хоч абсолютна більшість фізиків погоджується з так званою копенгаґенською інтерпретацією квантової механіки, в основі якої лежить принцип доповняльности Бора і співвідношення невизначеностей Гайзенберґа, Айнштайн до кінця життя не визнав її, вважаючи квантово–механічний опис неповним. Широко відомі дискусії Айнштайна з Бором на Сольвеєвському конґресі фізиків 1927 р., під час яких перший придумував дотепні мисленні експерименти, що мали довести неповноту квантової механіки, а другий на базі тонкого і глибокого аналізу знаходив помилку в міркуваннях Айнштайна і тим самим щораз більше впевнювався у слушності своїх поглядів. Наскільки драматичними були зіткнення протилежних поглядів на цю проблему, можна судити також з дискусії Бора зі Шредінґером, автором знаменитого хвильового рівняння — базового рівняння квантової механіки, яке описує хвилі, пов'язані з мікрочастинками (наприклад, електронами). Шредінґер виходив з того, що структуру атомів можна описати, користуючись тільки хвильовими уявленнями. "Немає, — говорив він, — ніяких електронів–частинок, а є електронні хвилі матерії". Коли ж у результаті дискусії з Бором, який доводив, що електрони–корпускули, як складові частинки атома, такі ж реальні, як і пов'язані з ними хвилі, і що реальними є також квантові переходи електронів між стаціонарними станами атомів, Шредінґер у розпачі вигукнув: "Якщо неможливо позбутися тих проклятих квантових стрибків, то я шкодую, що взагалі зв'язався з квантовою теорією". На це Бор відповів: "А ось ми, зі свого боку, дуже вдячні Вам за те, що Ви зробили, оскільки Ваша хвильова механіка з її математичною ясністю і простотою становить величезний проґрес щодо попередніх форм квантової механіки" [8, с. 203]. Емоційну насиченість "геройського" (як його іноді називають) періоду фізики XX століття, в якому виникла квантова механіка, можна відчути, наприклад, з таких слів Гайзенберґа: "Я згадую багато дискусій з Бором, які продовжувалися до ночі і приводили майже до відчаю. І коли я після таких обговорень ішов на прогулянку в сусідній парк, переді мною знову і знову виникало питання, чи справді природа може бути такою абсурдною, якою вона постає перед нами в цих атомних експериментах" [9, с. 23].

Труднощі інтерпретації квантової теорії зумовлені хвильово-корпускулярним дуалізмом, властивим усім мікрооб'єктам. Незвичайна — з погляду класичних уявлень — поведінка фотона, електрона чи будь-якої іншої мікрочастинки описана в підручниках та проілюстрована різними мисленими та реальними експериментами, наприклад, проходженням частинки крізь пластинку з двома отворами. Появу дифракційної картини (якщо дослід повторити багато разів) можна пояснити на основі хвильових уявлень, згідно з якими хвиля, пов'язана з мікрооб'єктом, проходить через два отвори, дифрагує, після чого дві утворені хвилі інтерферують між собою. Але частинка (наприклад, електрон) залишається неподільною, отже, вона може пройти лише через один з отворів. Ця суперечність привела до висновку, що не можна одночасно спостерігати інтерференційну картину і положення частинки в момент її проходження крізь пластинку з отворами. Якщо в цьому експерименті фіксувати кожного разу положення частинки безпосередньо за пластинкою (спостерігаючи, наприклад, викликану нею сцинтиляцію флюоресцентного екрана), то дифракційна картина зникне. Таку ситуацію описує співвідношення невизначеностей Гайзенберґа та загальніший принцип доповняльности Бора: не можна одночасно виміряти з як завгодно великою точністю і положення й імпульс (та пов'язану з ним рівністю де Бройля довжину хвилі $\lambda = h/p$) частинки, оскільки добуток їхніх невизначеностей не може бути менший від сталої Планка; подібні два вимірювання є, за Бором, взаємно доповняльними. Бор уважав, що доповняльність характерна не лише для мікросвіту, а й для багатьох інших явищ. Його *принципи доповняльности* (комплементарности) можна сформулювати так: одну і ту ж подію можна охопити за допомогою двох різних способів розгляду. Обидва ці способи взаємно виключають один одного, але вони також і доповнюються взаємно, і лише сукупність двох взаємно суперечливих способів розгляду повністю вичерпує сутність явища. (Див., наприклад, [8, с. 205]). У зв'язку зі співвідношенням невизначености для положення і швидкости частинки втрачає сенс поняття траєкторії мікрочастинки в атомі. Зрозуміло, що такі твердження несумісні з основними уявленнями класичної механіки.

Хоч, як уже сказано вище, копенгаґенська інтерпретація квантової механіки (в опрацюванні якої брали участь також М. Борн, В. Паулі, П. Дірак та інші) стала широко визнаною, були і вчені, що її заперечували: А. Айнштайн, Д. Бом, частково Л. де Бройль. Досить категорично і навіть різко критикував її з філософічних позицій М. Бунґе у цитованій уже книжці [5], уважаючи її даниною позитивізмові, що іґнорує об'єктивний зміст квантово–механічних результатів. Називаючи квантову механіку "тріюмфом розуму", він пише, що вона, водночас, є теорією з найслабкішою філософією і, на його думку, "філософічний туман" навколо неї можна розсіяти "лише за допомогою засобів, яких немає у звичайному інструментарії фізиків, а саме за допомогою логіки, семантики, епістемології і методології" [5, с. 121]. "Об'єктивістичну" позицію займає, подібно як Бунґе, В. А. Фок (див., наприклад, [10]), але разом з тим він визнає слушними принцип доповняльности і копенгаґенську інтерпретацію, що на ньому ґрунтується. Вже з цих прикладів видно, що копенгаґенська інтерпретація не є чимось однозначним, в її рамках можуть існувати формулювання, які істотно відрізняються за філософічним змістом. Детальний аналіз цього питання потребував би спеціяльного дослідження та великого обсягу публікації. Тут обмежимося короткими зауваженнями щодо найсуттєвіших гносеологічних моментів, які відрізняють квантову механіку від класичної фізики, залишаючи відкритими тонкі дискусійні питання.

Вузловою проблемою щодо інтерпретації квантової механіки є роль вимірювального приладу як посередника між суб'єктом пізнання (свідомістю людини) та об'єктом (мікрочастинкою). На противагу класичній фізиці, в процесі спостереження мікрооб'єкта і вимірювання його характеристик неможливо абстрагуватися від впливу цього процесу на стан мікрочастинки. Тому тут необхідно враховувати "умови пізнання"; наприклад, у дифракційному досліді залежно від того, що експериментатор хоче вимірювати — положення частинки чи довжину зв'язаної з нею хвилі — в розглянутому вище дифракційному досліді результат вимірювання буде інший. Тому запроваджується поняття "відносности до засобів спостереження", яке відображає той факт, що властивості мікрооб'єкта пізнаються на підставі його взаємодії з макроскопічним приладом, а результат такої взаємодії залежить від типу приладу. З цим згідні всі, але існують розбіжності щодо того, чи можна в такій ситуації говорити про об'єктивний сенс отриманих на досліді фізичних характеристик мікрооб'єкта. Отже, давня теоретико–пізнавальна проблема про співвідношення суб'єкта з об'єктом пізнання набуває у квантовій механіці нового, набагато складнішого філософічного звучання.

Наслідок взаємодії мікрочастинки з вимірювальним приладом або з іншим мікрооб'єктом виражається поняттям *розподілу ймовірностей* отримати різні результати. Наприклад, дифракційна картина на фотографії дає змогу визначити за інтенсивністю почорніння ймовірність того, що фотон (чи електрон або інша частинка) попаде на вибрану ділянку фотопластинки. Треба підкреслити, що такий імовірнісний опис стосується *окремої* частинки, хоч емпірично його перевіряють на основі статистичних даних щодо ансамблю частинок чи відповідного набору окремих актів спостереження. Ця ситуація принципово відрізняється від класично–статистичного опису, в якому розподіл імовірности певних характеристик частинок (наприклад, їхніх положень у просторі) зумовлений невизначеністю початкових даних (положень та швидкостей), а не законами руху однієї частинки. Статистичний характер квантової механіки відображає хвильово–корпускулярну природу не лише системи частинок, а й однієї частинки; він визначається квантовими законами руху, тобто рівнянням Шредінґера для хвильової функції ψ. Ця функція є неспостережуваною величиною, але квадрат її модуля визначає згаданий вище розподіл імовірностей результатів взаємодії мікрооб'єкта з приладами різних типів, у тому числі несумісних між собою. Незвичність (з погляду класичної фізики) подібної ситуації зумовлює запровадження нового поняття, а саме — *потенційної можливости* отримати той чи інший результат вимірювання. Отже, хвильова функція мікрооб'єкта є характеристикою таких потенційних можливостей. За окремими винятками, абсолютна більшість фізиків дотримується думки про те, що такий опис є повним, тобто він вичерпно характеризує мікрооб'єкт.

Філософічне значення принципу відносности до засобів спостереження полягає в тому, що його можна застосувати в інших галузях науки. Те саме можна сказати і про принцип доповняльности Бора. Прикладом розширеного трактування цього принципу може бути недавня стаття А. Цофнаса "Комплементарність світогляду і світорозуміння" [11]. Квантова механіка збагачує також філософічну думку в площині співвідношення між теорією та експериментом, тобто між мисленням і емпіричним досвідом. Її математичний апарат використовує такі абстрактні поняття, як комплексна хвильова функція та ермітові оператори, для яких не існує *безпосереднього* зв'язку з експериментальними даними. У квантовій фізиці особливо яскраво виявляється те, що теорія має справу не лише з явищами як такими, а з абстрактними поняттями, що перебувать поза чисто емпіричною сферою. А проте фізична теорія описує реальність, бо вона перевіряється людським досвідом шляхом зіставлення деяких логічних висновків з неї з експериментальними фактами, що є поза теорією. Інтерпретація квантової механіки потребує також ускладнення співвідношення між суб'єктом і об'єктом пізнання, оскільки виявляється необхідним виділити окрему категорію посередників між ними, тобто засоби спостереження та вимірювання.

VI. КВАНТОВА ФІЗИКА І БІОЛОГІЯ

Блискучі і швидкі успіхи квантової теорії в поясненні властивостей багатьох об'єктів і явищ, незрозумілих до її виникнення (атоми, молекули, властивості і структура твердих тіл, зокрема напівпровідників, магнетиків, їхня взаємодія з електромагнетним випромінюванням, природа хемічного зв'язку та закономірності хемічних реакцій тощо), відродили на якісно новому рівні давні філософічні і природничо–наукові дискусії про співвідношення між неживою і живою матерією. Ці питання обговорювалися, зокрема, у середовищі творців квантової механіки, особливо Н. Бором. Коли стало ясно, що квантова механіка описує не лише об'єкти і процеси, які традиційно були у сфері фізичних досліджень, а й містить у собі також хемію, постало питання про те, чи досить квантово–механічних законів для теоретичного пояснення властивостей живих організмів на базі мікроскопічних уявлень.

Це питання має багато аспектів, і ми торкнемося тільки деяких.

Подібно до атомних систем, живі істоти характеризуються дивовижною стабільністю, яка, однак, має іншу природу: атомам властива стабільність стану, статичної структури, тоді як у біології ми маємо справу зі стабільністю процесів, або, іншими словами, зі стабільністю динамічної структури. Адже структурні елементи, з яких побудований живий об'єкт, постійно змінюються, через його організм невпинно проходять речовинні та енергетичні потоки; цим він нагадує, як говорили ще давньогрецькі філософи, полум'я вогню. Тому ставити питання про можливість "звести" біологію до квантової фізики треба з великою обережністю.

Здатність живих організмів відновлювати свій попередній стан після його пошкодження зовнішніми чинниками (наприклад, заживання ран та тілесних травм) Н. Бор назвав "формотвірною силою" [8, с. 227] і поставив питання: чи можна описати цю силу, не змінюючи принципів квантової механіки, а тільки доповнюючи її певними положеннями про властивості цілісности живих істот. (Подібно до того, як статистичне пояснення теплоти в класичній фізиці потребувало не зміни основ класичної механіки, а лише додаткового врахування великої кількости частинок, розгляду середніх значень тощо.) Можливим є також, за Бором, інше припущення: домогтися розуміння процесів у живих організмах удасться лише після створення теорії, загальнішої від квантової механіки, а остання виявиться правильною в деякій граничній області явищ, аналогічно до того, як для макроскопічних тіл результати класичної механіки збігаються з результатами квантово–механічного опису. Доти, доки біологічні дослідження не покажуть, що квантова механіка незастосовна до пояснення феноменів життя, розумніше дотримуватися першого погляду, оскільки історія науки свідчить: розширювати та узагальнювати теоретичну базу опису природи треба лише під тиском експериментальних даних, які не піддаються поясненню в рамках досягнутих теоретичних концепцій. Зазначимо, що дослідних фактів, які вказували б на незастосовність квантових законів у живих організмах, до цього часу не виявлено.

У 30-і роки, коли активно обговорювали такі питання зв'язку фізики з біологією, виникла проблема двох різних підходів до процесів розвитку живих організмів, зокрема, зазначеної здатности до реґенерації пошкоджень. Це проблема співвідношення між причинним та фіналістичним (або телеологічним) поясненням таких явищ — їй і раніше присвячували чимало уваги у різних галузях і в філософічній літературі. Нільс Бор був схильний уважати, що, в принципі, подібні процеси відновлення початкового стану живого організму мають причинно–наслідкову природу і зумовлені його мікроскопічною структурою. Але водночас для нього було загадкою, як можлива така строга спрямованість процесу до цілком певної кінцевої мети. Він намагався розглядати це явище в дусі принципу доповняльности, вважаючи зазначені два підходи взаємно доповняльними. Проте таке пояснення Бора не можна вважати задовільним, оскільки, як тепер відомо з молекулярної біології, розвиток живих істот відбувається за програмою, закодованою у структурі особливих молекул ДНК, що зберігають ґенетичну інформацію. Тому фіналістичне пояснення не є несумісне з причинним (як передбачає принцип доповняльности), а є його наслідком. Обговорений тут феномен може бути ілюстрацією до думки, що розвиток природознавства поступово розв'язує проблеми, які філософія ставить, але власними засобами розв'язати не може.

До таких проблем треба віднести і питання про можливість "зведення" властивостей складніших систем та процесів до простіших об'єктів і явищ. Основна теза діялектичного матеріялізму щодо цього питання полягає в запереченні можливости зводити вищі форми руху матерії до нижчих. Але з погляду сучасної фізики видається доцільнішим говорити не про "зведення" одних форм руху до інших, а про теоретичне пояснення та опис матеріяльних об'єктів з внутрішньою структурою на основі законів для їхніх складових елементів. Такі завдання становлять зміст більшости досліджень у галузі теоретичної фізики, і побудова різних структурних та модельних теорій дає змогу успішно їх розв'язувати, використовуючи фундаментальні закони квантової механіки для мікрочастинок та взаємодій між ними. Подібний опис складних фізичних об'єктів можна умовно схарактеризувати терміном "зведення" вищих рівнів організації матерії та вищих форм руху до нижчих, якщо його розглядати у зазначеному розумінні. Зокрема, розвиток квантової хемії засвідчив, що не існує якоїсь особливої "хемічної форми матерії і руху", бо отримані в рамках хемії закономірності (їх можна вважати феноменологічними) пояснюються (принаймні в принципі) фундаментальними законами квантової механіки. Отже, в цьому сенсі можна сказати, що вся хемія як наука "зводиться" до фізики, точніше, до квантово–механічної теорії систем заряджених частинок з електромагнетною взаємодією. Далі, успіхи молекулярної біології створюють підстави для твердження, що феномени живої природи вдасться пояснити уявленнями про їхню хемічну основу, а, отже, що біологію можна буде, в принципі, "звести" до фундаментальних законів фізики. Тому з позицій сучасної фізики так званий антиредукціоністський принцип класифікації форм руху (див., наприклад, [7, с. 200]) треба визнати необґрунтованим. Є, звичайно, нерозв'язані проблеми щодо ролі квантово–механічних уявлень у поясненні феноменів живої природи, свідомости, психіки. Але аналіз цих питань повинен ґрунтуватися не на апріорних принципах "матеріялістичної діялектики" типу "антиредукціоністського принципу", а на природничо–науковому підході у поєднанні з відповідним філософічним осмисленням. Останнім часом цим напрямам наукових досліджень приділяють значну увагу. Як приклади, назвемо у цьому зв'язку два видання. Монографія І. З. Цехмістро [12] присвячена пошукам фізичних основ свідомости, що ґрунтуються на квантових уявленнях. Зокрема, критично аналізуючи квантово–механічну концепцію Е. Г. Уокера, І. З. Цехмістро висловив думку, що свідомість не можна ототожнити з "фізичною реальністю", що її не можна звести до "фізично причинних зв'язків у мозку". Інший погляд відображено в серії статей на загальну тему "Психіка і мозок", опублікованій у журналі "Scientific American" у вересні 1992 р. і в російському перекладі в [13]. Зазначаючи, що 100 млрд. нейронів мозку, сполучених у локальні і такі, що охоплюють увесь мозок, мережі, утворюють субстрат інтелекту, творчих здібностей, емоцій, свідомости та пам'яти, й наголошуючи на мікроскопічно–фізичній основі усіх процесів взаємодії нейронів, автори оптимістично оцінюють подальші перспективи досліджень у цьому напрямі, в якому поки що зроблено лише перші кроки. Цікаво, що наш видатний земляк Іван Пулюй вже понад століття тому був переконаний, що явища духовного життя вдасться в майбутньому пояснити законами руху мікроскопічних структурних елементів матерії. У науково–популярній праці "Нові і перемінні звізди" він писав: "Те, що ми відчуваємо чуттєм, слухом або очима, все те є вкінці не що іншого, як рух матерії, який, переходячи через наші змисли, достається нашим нервам і будить в них відповідне ворушаннє... [14, с. 14]. І далі: "Сегодні ми не сумнимось, що усі прояви природи, од найбільших переворотів вселенної до самого ніжного чуття дивуючогося постерегателя, навіть його думки, дадуться пояснити движеннєм найменших часточок матерії" [14, с. 11].

Останнім часом давня проблема науки про те, як явища на макрорівні складних систем визначаються їхньою мікроскопічною структурою, знайшла нове висвітлення у зв'язку з виникненням нової галузі науки, названої синерґетикою. Синерґетика — це наука про макроскопічні колективні явища в просторі і часі, що відбуваються в багатокомпонентній системі з "кооперативною" взаємодією між її елементами (наприклад, молекулами рідини). Виявляється, що на макрорівні існують близькі аналогії між структурами в системах різної природи, які складаються з різних елементів та взаємодій між ними [15, с. 15]. Внаслідок таких специфічних "кооперативних" взаємодій можуть виникати явища самоорганізації, описувані нелінійними диференційними рівняннями, коли порядок виникає з хаосу без зовнішнього впливу. Застосовність синерґетики не обмежується природничими науками: вона пропонує, зокрема, кількісні моделі соціяльним та економічним наукам. Отже, синерґетика є ще одним прикладом застосування ідей і методів, що виникли на матеріялі фізики, а пізніше знайшли застосування у набагато ширшій сфері явищ. Цей новий напрям наукових досліджень також потребує належного філософічного аналізу.

VII. ВИСНОВКИ

Історія фізики та філософії двадцятого століття свідчить про те, що ці галузі науки, хоч і суттєво відрізняються щодо об'єктів пізнання, методів дослідження та засобів аналізу, взаємно впливають одна на одну, сприяючи тим самим проґресові кожної з них. Усвідомлення цієї обставини слід уважати однією з цілей університетських курсів філософії. Для її досягнення треба частково диференціювати зміст і стиль викладання філософії на природничих та гуманітарних факультетах. Це стосується особливо студентів–фізиків, для яких характерним є особливий стиль мислення, панівний у точних науках.

Для опрацювання деяких розділів програм, посібників і підручників з філософії була б корисною співпраця філософів з фізиками. У процесі підготовки науковців–філософів доцільно виокремити природничо–науковий профіль, залучаючи до аспірантури при кафедрі філософії окремих випускників відповідних факультетів, зокрема фізичного.

---

[1] А. Эйнштейн, *Собр. науч. тр. т. 4. Пер. с англ.* (Наука, Москва, 1967).

[2] Р. Мур, *Нильс Бор — человек и ученый. Пер. с англ.* (Прогресс, Москва, 1975).

[3] Б. Рассел. *Історія західної філософії. Пер. з англ.* (Основи, Київ, 1995).

[4] І. В. Бичко та ін., *Філософія. Курс лекцій* (Либідь, Київ, 1991).

[5] М. Бунге, *Философия физики. Пер. с англ.* (Прогресс, Москва, 1975).

[6] Р. П. Гайда, Філос. думка **3**, 68 (1970).

[7] Г. А. Заїченко та ін., *Філософія. Підручник* (Вища школа, Київ, 1995).

[8] В. Гейзенберг, *Часть и целое. Пер. с нем.* (Наука, Москва, 1989).

[9] В. Гейзенберг, *Физика и философия. Пер. с нем.* (ИИЛ, Москва, 1963).

[10] В. А. Фок, *Физическая наука и философия* (Наука, Москва, 1973), с. 55.

[11] А. Цофнас, Філос. соціол. думка **1–2**, 5 (1995).

[12] И. З. Цехмистро, *Поиски квантовой концепции физических оснований сознания* (Вища школа, Харків, 1981).

[13] В мире науки **11–12** (1992).

[14] І. Пулюй, *Нові і перемінні зьвізди* (Вид. редакції "Сьвіта", 1881).

[15] В. Вайдліх, Філос. соціол. думка **11–12** (1994).

[16] Зауважимо, що у "Філософії", виданій в 1993 р. зміненим колективом авторів за редакцією того ж І. В. Бичка, питання "Основні закони діялектики" не висвітлюються.

PHYSICS AND PHILOSOPHY: DO THEY NEED EACH OTHER?

R. Gaida

Institute for Condensed Matter Physics of the Ukrainian Acad. Sci.
1 Svientsitskii Str., Lviv, UA–290011, Ukraine

The article is devoted to the consideration of some philosophic problems of modern physics. It is emphasized that on the one hand the philosophic ideas helped to solve difficult gnosiological problems which had arisen during the passage from classical physics to the relativistic theory and quantum mechanics. On the other hand the analysis of such problems favoured the progress of modern philosophy. Quotations of prominent physicists of the 20th century (A. Einstein, N. Bohr, W. Heisenberg and others) about great importance of philosophic concepts for development of modern physics are examined. Problems of the structure of theoretical physics and the relationship between theory and experiment are discussed. Three types of physical theories exist: phenomenological, fundamental and structural.

The development of ideas about the correlation between the subject and object of cognition is analysed within the context of the formation of the relativistic theory and quantum mechanics. Examples of the application of Bohr's complementary principle to the problems beyond physics are given. The causal and teleological explanation of physical phenomena is discussed.

The conclusion is that philosophic education should be a constituent of the university courses of physics. Peculiar features of physics and physicist's way of thinking should be taken into account. It is necessary that the students of philosophic faculties should study the basic concepts of modern physics and their philosophic aspects. The opinion is expressed that the above problems are insufficiently covered in textbooks on philosophy. Therefore, scientists, and physicists among them, should be involved in preparing lecture courses and manuals on philosophy. It also seems to be expedient to diversify the training of philosophers in order that some of them could specialize in natural philosophy.