

ЕСТЕТИЧНИЙ ЧИННИК «ДУГИ АЙНШТАЙНА»

Альберт Айнштайн запропонував трирівневу структуру теоретичної фізики: *нижній рівень* – пояснення експериментальних фактів, *проміжний* – твердження, які отримують із аксіом логічним (математичним) шляхом, *верхній* – основні аксіоми теорії. Він також стверджував, що ніякого логічного шляху, який веде від нижнього рівня до верхнього, не існує. Шлях від нижнього до верхнього рівня називається «*дугою Айнштайна*» [1]. Сам Айнштайн вважав, що процес побудови фундаментальної фізичної теорії значною мірою це – інтуїтивний стрибок.

Хоча на цей час в історії науки, зокрема історії фізики, домінують раціональні реконструкції історії науки (К. Поппер, І. Лакатос та ін.), деякі вчені у своїх роботах показують, що суттєву роль у розвитку теоретичної фізики відіграють *метафізичні* чинники, а саме теологічні чинники, філософсько-методологічні концепції та ін. [2]. Особливе місце серед факторів впливу посідають *естетичні принципи гармонії* (як, напр., існування єдиної картини Всесвіту) та *симетрії* (як засобу досягнення гармонії), які фактично визначають магістральний напрямок розвитку фізики.

Принципи гармонії і симетрії складають об'єктивний зміст краси фізичного знання [2]. Проте починаючи з античних часів і до сьогодення багато мислителів та вчених вважають, що краса фізичної теорії є одним із методологічних регуляторів наукового знання, тобто народженню нової ідеї, відкриття, наукової гіпотези передує виникнення безпосередньо у вченого розуміння, сенсу, пов'язаного із красою.

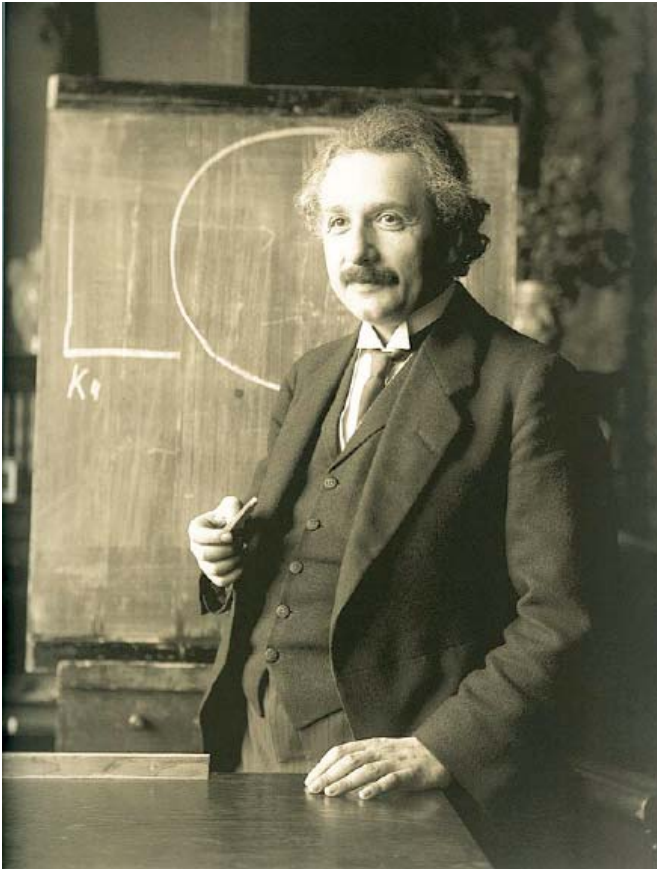
Одним із атрибутів краси фізичного закону є його простота. Так, наприклад, під час побудови квантово-механічної теорії **В. Гейзенберг** багато-разово відзначав, що він характеризує наукову гіпотезу і теоретичну систему як просту, якщо вона дає можливість комбінувати множину різноманітних явищ, які у якомусь аспекті виглядають тими ж самими і зв'язаними. Такі системи, на його погляд, більш інформативні, більш гармонійні і красиві, тому що рух у напрямку простоти пов'язаний із процесом зменшення кількості аксіом, визначень, обмежень, котрі вводяться, із збільшенням компактності і інформативності знання, яке формується. Він казав: «*Ми бачимо, як окремі частини цілого узгоджуються одна з одною, що вони дійсно складаються у цю цілісність, і без особливих роздумів усвідомлюємо*

завершеність і простоту цієї системи аксіом як децю прекрасне» [3, с. 345]. Аналізуючи діяльність фізика-теоретика, який за його словами, вибудовує математичні образи, за якими він намагається впорядкувати природу, Гейзенберг зауважував: «*З'ясовується, що ці математичні образи є істинними ідеями, що складають основу природних подій, не тільки тому, що вони правильно описують досвід, але також, і, насамперед, з причини своєї простоти і краси*» [3, с. 351].

Відомий фізик-теоретик **П. Дірак** так писав про гіпотезу корпускулярно-хвильового дуалізму, яка була запропонована іншим видатним фізиком **Л. де Бройлем**: «*Це була дуже струнка теорія і вона відразу зачарувала мене своєю красою. Частинки і хвилі були пов'язані по-релятивістськи, причому так, що коли маси спокою стрімко зменшувалися до нуля, то виходило співвідношення між квантами світла і електромагнітними хвилями*» [4, с.15]. Аналізуючи роботи **Е. Шредінгера** – творця хвильової механіки – Дірак зазначав: «*З'ясувалося, що із Шредінгером я погоджуюсь значно легше, ніж з будь-ким іншим. Справа, очевидно, полягає в тому, що ми обидва є поціновувачами математичної краси і втілення цієї краси у нашій роботі. Для нас символом віри була математична краса усіх рівнянь, які описують фундаментальні закони Природи. Це було для нас майже релігією, причому релігією дуже корисною, бо її можна вважати основою багатьох наших успіхів*» [4, с. 34].

Про витоки хвильової механіки Дірак писав: «*Вихідна точка зору Шредінгера була математична: він намагався відшукати красиву математичну теорію для опису атомних явищ. У цих пошуках йому допомагали ідеї де Бройля про хвилі, які певним чином пов'язані із частинками. Шредінгер зміг узагальнити ідеї де Бройля і отримати досить вишукане рівняння, відоме як «рівняння Шредінгера», яке описує атомні процеси. Шредінгер вивів його шляхом «чистого мислення», у пошуках деякого вишуканого втілення ідеї де Бройля, не притримуючись значною мірою експериментальної інформації, як поступив Гейзенберг» [4, с. 34].*

Яскравою ілюстрацією світогляду П. Дірака є твердження: «*Справа в тому, що, як виявилось, перше хвильове рівняння Шредінгера, незважаючи на красу, не узгоджувалося із експериментом, що викликало у нього величезне розчарування, і він декілька місяців утримувався від продовження своїх досліджень*».



**Альберт Айнштайн під час лекції.
Відень, 1921 р. Фото Ф. Шмутцера**

Пізніше, коли фізики навчилися правильно враховувати спин електрона, суть розбіжностей між рішенням Шредінгера та експериментом була повністю з'ясована. «Ця історія, – робить висновок Дірак, – я думаю, має свою мораль, а саме: краса рівнянь більш важлива, ніж узгодження теорії з експериментом. Мабуть, якщо глибоко зануритись у суть проблеми, і працювати, керуючись критерієм краси рівнянь, тоді можна бути впевненим, що знаходишся на правильному шляху. Якщо немає повного узгодження результатів теорії із експериментом, то не треба дуже розчаровуватися, бо це розходження може бути викликано другорядними фактами, правильне врахування яких буде зрозуміле лише за подальшого розвитку теорії» [4, с. 58].

Без сумніву Дірак не тільки усвідомлював красу математичних формулювань, але й розумів евристичну, регулятивну роль краси як методологічного принципу побудови наукового знання. Це підтверджується його словами: «Я відчуваю, що теорія, якщо вона правильна, повинна бути красивою, тому що ми керуємося принципом краси, коли встановлюємо фундаментальні закони. Так, у дослідженнях, які спираються на математику, ми часто керуємося вимогою математичної краси. Якщо рівняння фізики некрасиві з математичної точки зору, то це означає, що вони недосконалі, а також, що теорія неповноцінна і

потребує покращення. Бувають випадки, коли математичній красі повинна бути надана перевага (принаймні тимчасово) перед узгодженням із експериментом. Справа виглядає так, ніби Бог створив Всесвіт на основі прекрасної математики і ми визнали розумним припущення, що основні ідеї повинні формулюватися в термінах прекрасної математики» [4, с. 68].

Подібної точки зору притримувався й Айнштайн – творець спеціальної і загальної теорій відносності. Як відомо, розвиток електродинаміки актуалізував питання про обмеженість перетворень Галілея. Правильні перетворення були отримані Г. Лоренцем і одночасно А. Пуанкаре. Айнштайн першим зрозумів фундаментальний зміст цих перетворень, а саме відтворення в них чотиривимірної симетрії простору–часу. У 1905 р. Лоренц розробив модель електрона, яка узгоджувалася з його перетвореннями, а тому узгоджувалася також із чотиривимірною симетрією спеціальної теорії відносності.

У 1906 р. В. Кауфман, який на той час вважався найкращим експериментатором, виконав декілька експериментів, за результатами яких зробив висновок, що модель Лоренца не є вірною. Ці результати ніяким чином не вплинули на позицію Айнштайна. Він вважав, що «чотиривимірна симетрія настільки красива з точки зору математики, що вона без сумніву повинна бути правильною, а ЯКЩО експеримент цього не підтверджує, то треба лише зачекати, коли будуть знайдені будь-які несправності в експериментах» [4, с. 48]. Через декілька років експерименти були виконані заново, і їхні результати підтвердили модель Лоренца–Айнштайна. «Для нього (Айнштайна – автори) таке відношення було досить характерним. – писав П. Дірак – Воно пов'язане із більшою довірою до фундаментальних ідей, коли вони спираються на досконало красивий математичний апарат, ніж до експериментальних результатів».

Звичайно, ні Айнштайн, ні Дірак, ні інші вчені зокрема А. Койре, В. Гейзенберг, М. Планк, які поділяють їхні погляди, не намагалися принизити гносеологічну роль експерименту у пізнанні довколишнього світу. Очевидно, вони були впевнені у тому, що становленню фізичної теорії вельми часто передують розвиток математичного формалізму, краса рівнянь якого може бути певним гарантом для використання в описі фізичних процесів об'єктивної реальності.

Можна зробити висновок, що наукова творчість завжди більшою чи меншою мірою пов'язана із естетичними відчуттями вченого. Естетичний чинник є суттєвою складовою процесу побудови нового фізичного знання. ■

Світлана Гапаченко,

канд. фіз.-мат. наук, заст. зав. кафедри фізики,

Ірина Синельник,

канд. пед. наук, заст. зав. кафедри фізики,

Національний університет України

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Література:

1. Айнштейн А. Письма к Морису Соловину. Собр. научных трудов. Москва: Наука, 1967. С. 447–475;
2. Гапаченко С.Д., Мамалуй А.А. Постигание гармонии мира – гуманистическое содержание физики. Новый коллегіум. 2004. № 3. С. 53–61.
3. Гейзенберг В. Шаги за горизонт. Москва: Прогресс, 1987. 368.
4. Дирак П.-А. Воспоминания о необычайной эпохе: сборник научных статей. Москва: Наука, 1990. 208 с.