

Використана література:

1. Концепция информатизации образования // Информатика и образование. – 1988. – № 6. – С. 3-31.
2. Авер'янова Н. Інформаційний простір в системі освіти / Н. Авер'янова // Рідна школа. – 2001. – № 2. – С. 33.
3. Пехота О. М. Освітні технології : навч.-метод. посіб. / О. М. Пехота, А. З. Кіктенко, О. М. Любарська та ін. / за заг. ред. О. М. Пехоти. – К. : А. С. К., 2002. – С. 164-165.
4. Фоменко А. Деякі підходи до розробки і створення навчальних комп'ютерних програм (комп'ютерних посібників) з історії / А. Фоменко // Історія в школах України. – 2003. – № 1. – С. 21-25.
5. Дивак В. В. Інформаційно-комунікаційні технології в професійній діяльності директора школи [Електронний ресурс] / В. В. Дивак // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2007. – № 2.
6. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України; головний ред. В. Г. Кремень. – К. : Хрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
7. Зінчук Н. А. Інформаційно-аналітична компетентність менеджера: значення у професійній управлінській діяльності та передумови формування у ВНЗ [Електронний ресурс] / Н. А. Зінчук // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2008. – № 3(7).

А н н о т а ц и я

В статтє исследовано влияние інформаційно-комунікаційних технологій на формування готовності будучих керівників навчальних закладів з допомогою рефлексивного управління.

Ключевые слова: професійна підготовка, інформаційно-комунікаційні технології, керівники навчальних закладів.

A n n o t a t i o n

The paper investigated the influence of ICT on the formation of readiness for future school leaders with the reflexive control.

Keywords: training, information and communication technology, leaders of educational institutions.

Лебедь О. О.
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,
Галатюк Ю. М.
Рівненський державний гуманітарний університет

РОЛЬ АНАЛОГІЙ В ОТРИМАННІ НОВОГО ЗНАННЯ НА ПРИКЛАДІ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРОСЛАБКОЇ ВЗАЄМОДІЇ

У статті здійснено історичний огляд виникнення, розвитку та формування квантової теорії електрослабкої взаємодії і показано визначальну роль методу аналогій на кожному важливому етапі творення цієї теорії.

Ключові слова: слабка взаємодія, електромагнітна взаємодія, метод аналогій.

Завданням вищої школи є підготовка висококваліфікованого фахівця з високим рівнем професійної компетентності, здатного творчо підходити до розв'язання теоретичних і практичних задач. Важливим елементом фахової підготовки є методологічна складова майбутньої пізнавальної і практичної діяльності студента. Вона формується як під час вивчення спеціальних дисциплін, так і фундаментальних.

Відомо, що активне навчальне пізнання ґрунтується на методах, спільних з науковим пізнанням. У навчально-пізнавальній діяльності використовуються ті самі методи і прийоми, що й у наукових дослідженнях. Мова йде про методи як емпіричного рівня (спостереження, експеримент), так і про методи теоретичного рівня пізнання

(моделювання, аналогії, абстрагування, ідеалізація, систематизація тощо), не кажучи вже про аналіз і синтез.

Слід також взяти до уваги універсальність і узагальненість названих вище методів, їхній евристичний потенціал, особливо це стосується творчої пізнавальної і практичної діяльності.

Ознайомлення з науковими методами пізнання у процесі навчання фізики можливе у двох контекстах. Перший – застосування їх у навчально-пізнавальній діяльності, другий – ознайомлення з методологією фізики у контексті вивчення історії розвитку самої науки. Нижче, виходячи з вищесказаного, ми хочемо зупинитися на можливостях застосування методу аналогії при вивченні деяких розділів квантової механіки.

Серед великого різноманіття засобів активізації творчої уяви і навчальної активності студентів слід відзначити такий надзвичайно потужний метод пізнання як метод аналогій. Застосовність його стає особливо актуальною при вивченні таких складних розділів фізики як квантова механіка і квантова теорія полів, коли повсякденний досвід і так званий “здоровий глузд” студентів уже не тільки не допомагають у вивченні нового матеріалу, а часто бувають шкідливими. Стосовно цього Ю. М. Широков і М. П. Юдін зазначають: ““Здоровий глузд” – річ суб’єктивна. Вона породжується підсвідомою екстраполяцією закономірностей звичного життєвого досвіду на область явищ, що знаходяться за межами застосування цих закономірностей” [1]. Слід зазначити, що застосування методу аналогій у навчанні дуже споріднене із застосуванням його вченими-фізиками при розробці нових теорій. Часто педагог йде слідом за вченим і при поясненні нового матеріалу застосовує ті ж самі аналогії, які застосовувалися у науці при створенні тих чи інших моделей квантових об’єктів. Саме для викладача фізики, як і для науковця, надзвичайно важливо виробити вміння виявляти аналогії – вміння побачити часткову тотожність ознак або функцій, або повну формальну чи структурну тотожність (ізоморфізм) у різних за іншими ознаками об’єктів.

Напевне, що надзвичайно широке застосування аналогій у навчанні і в природничих науках має глибокий зміст і пов’язане з основними властивостями різних форм матерії. Загально визнано, що фон для застосування методу аналогій визначається причинністю об’єктивної картини світу (наявністю взаємозв’язків між невідомими і відомими явищами). М. Бунге вказував: “Немає сумніву в тому, що аналогія може бути плідною на початкових дослідженнях у новій науковій області. Це наводить на думку, що нове і невідоме в деяких відношеннях подібне до старого і відомого” [2]. Якщо квантовий об’єкт у деяких аспектах поводить себе подібно до іншого фізичного об’єкта, то має сенс висунення гіпотези про те, що така подібність має місце і в інших відношеннях. Варто лише цій гіпотезі за аналогією пройти перевірку, і ми знатимемо, чи дійсно ці об’єкти подібні субстанціонально, чи лише формально. Якщо ж аналогія виявиться непридатною, ми зрозуміємо, що необхідно звернутися до якихось радикально нових ідей, оскільки ці об’єкти в деякому відношенні істотно різні. Проте, якщо аналогія не дуже обмежена або детальна, то можна сподіватися, що вона буде справедливою у першому наближенні, оскільки наш концептуальний арсенал обмежений, і не існує систем, тотожних одна одній в усіх відношеннях. Проблема полягає у вольовому рішенні – на що звернути увагу на даній стадії дослідження (чи навчальному поясненні), чому надавати більшого значення – подібності чи відмінності.

Найпростіший формальний вид аналогій між фізичними процесами, явищами тощо спостерігається у вигляді математичних відношень або моделей. Еквівалентність математичних моделей, які відображають сутнісні риси поведінки об’єктів різної природи, дозволяє за знайденими законами для одного класу явищ будувати їх і для іншого. У цьому полягає евристична суть методу аналогій. Таке метафоричне перенесення зв’язків дуже подібне до математичної теорії зображень, і пошук “образів”

найлегше здійснюється за допомогою математики, оскільки лише в ній найменший вибір альтернативних можливостей і найкраще розроблена техніка відображення зв'язків і отримання наслідків.

Доречно проілюструвати вищесказане на прикладі історичного розвитку квантової фізики, оскільки тут аналогія як метод пізнання відіграла надзвичайно важливу роль на початку зародження цієї теорії. Саме в цей момент були сформульовані проблеми, які психологічно витікали або з незадоволення станом існуючої теорії, або з потреби практики.

Твердження, що вектор стану мікросистеми є відображенням деякої реальної хвилі (первинна інтерпретація де Бройля-Шредінгера), ґрунтується на формальній аналогії між квантово-механічними рівняннями стану і класичними хвильовими рівняннями.

Рівняння Шредінгера, яке описує стан мікросистеми, є диференціальним рівнянням другого порядку відносно координат і першого порядку – відносно часу:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + U(r)\psi = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}. \quad (1)$$

Електромагнітні хвилі описуються залежними від часу електричними і магнітними полями, які, на відміну від хвильової функції, можна безпосередньо спостерігати і вимірювати. Напруженість електричного \vec{E} і магнітного \vec{H} полів задовольняють парі хвильових рівнянь, кожне з яких є диференціальними рівняннями другого порядку відносно координат і часу:

$$\nabla^2\vec{E} - \frac{\varepsilon\mu}{c^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0, \quad \nabla^2\vec{H} - \frac{\varepsilon\mu}{c^2}\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2} = 0. \quad (2)$$

Хоча диференціальні рівняння (1) і (2) відрізняються, у випадку постійної енергії E (частоти ω) рівняння можна звести до аналогічного виду:

$$\begin{aligned} \nabla^2\vec{E}(\vec{r}) + \frac{\varepsilon\mu}{c^2}\omega^2\vec{E}(\vec{r}) &= 0, \\ \nabla^2\vec{H}(\vec{r}) + \frac{\varepsilon\mu}{c^2}\omega^2\vec{H}(\vec{r}) &= 0, \\ \nabla^2\psi(\vec{r}) + \frac{2m}{\hbar^2}[E - U(\vec{r})]\psi(\vec{r}) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Подібність цих рівнянь за формою часто розглядають як ізоморфізм рівнянь Шредінгера і Гельмгольца [3]. Отже, математично-ідентичний вигляд рівнянь (3) вказує на аналогію формального типу.

На початку розвитку квантової теорії ця інтерпретація сприймалась не метафорично, а буквально, тобто формальна аналогія сприймалась як вказівник аналогії субстанціональної. На основі формальної подібності двох теорій навіть робилися спроби їх трактування на спільній основі.

З іншого боку, відмінність між хвилями ймовірності і електромагнітними хвилями все ж була дуже великою і всі намагання їх об'єднати в рамках однієї теорії були неможливими. Остаточо це стало зрозумілим після того, як М. Борн довів, запропонувавши свою стохастичну інтерпретацію, що на підставі формальної аналогії не можна робити висновку про яку-небудь субстанціональну подібність і, що вектор стану характеризує не специфічну субстанцію, якимось чином розподілену в просторі, займаному системою, а стан системи [4]. Таким чином, було сформульовано перший найважливіший висновок у квантовій теорії, який ґрунтувався на розумінні того, що аналогія між об'єктами ще не означає їхню справжню тотожність. У цьому сенсі актуальним є застереження: “Не заходьте занадто далеко з аналогіями. Інакше ми можемо закінчити тим, що ... ототожнимо теплоту і електрику рідинам на тій підставі, що було

запропоновано і, навіть, розроблено декілька плідних аналогій між ними і рідинами” [5]. Очевидно, що визначити межу застосування методу аналогії в дослідженні не менш важливо, ніж встановити саму аналогію.

Подібна проблема виникла з відкриттям у 1911 році і поясненням Е. Фермі в 1934 році β - розпаду, а пізніше, з виникненням теорії слабкої взаємодії. Як відомо, слабка взаємодія характеризується малим радіусом дії, малою інтенсивністю і, як наслідок, відносно великим характерним часом. Особливістю слабких процесів є незбереження парності і участь у них нейтрино. На противагу електромагнітної взаємодії, розуміння природи слабкої взаємодії прийшло не відразу, а будувалось навколо теорії Фермі і остаточно викристалізувалось тільки в 70-х роках.

Фермі помітив аналогію у слабкій і електромагнітній взаємодії, які (дещо виправлені пізніше М. Гелл-Маном, Р. Фейнманом, Н. Кабіббо та ін.) можна сформулювати наступним чином:

1. Електромагнітна взаємодія здійснюється за допомогою фотонів γ , які є векторними частинками ($J^{\eta} = 1^{-}$); Слабка взаємодія здійснюється через обмін проміжними бозонами, що також відносяться до векторних частинок. (Теорію обмінної слабкої взаємодії запропонував у 1957 році Ю. Швінгер).

2. Електромагнітний струм є 4-вектором, який задовольняє рівнянню неперервності (зберігається). Хоча струм слабкої взаємодії має складовою псевдовектор, його векторна частина також зберігається. (Фермі вважав струм слабкої взаємодії також 4-вектором).

3. Інтенсивність електромагнітної взаємодії повністю визначається електричним зарядом, який кратний елементарному заряду e . Інтенсивність слабкої взаємодії визначається “слабким зарядом” f або константою Фермі G_F .

В теорії Ю. Швінгера постулюється існування аналога фотона, як носія електромагнітної взаємодії, нової частинки-носія слабкої взаємодії – проміжного бозона. Він здійснив першу спробу об’єднання електромагнітної і слабкої взаємодії, ввівши 3-вимірний зарядовий простір і в ньому розглядав фотон і проміжний бозон як компоненти єдиного вектора, що належить цьому простору.

Тут знову доречно історична аналогія, на яку вказувала ціла низка теоретиків. До робіт М. Фарадея і Дж. Максвелла вважалось, що існує два різних класи явищ – електричні і магнітні. Пізніше стало зрозуміло, що електрика і магнетизм споріднені і об’єднуються концепцією електромагнетизму.

Але разом з тим, між електромагнітною і слабкою взаємодіями є дуже суттєві відмінності, які вказують на обмеженість застосованої аналогії Фермі:

1. Електромагнітні сили є далекодіючими і маса спокою носія взаємодії – фотона дорівнює нулю; сили слабкої взаємодії мають обмежений радіус дії і маса проміжного бозона – носія цієї взаємодії не дорівнює нулю.

2. Квантова електродинаміка, як теорія електромагнітної взаємодії, – теорія, що може перенормуватись. Через наявність маси у проміжних бозонів теорія слабкої взаємодії не перенормується.

3. В електромагнітних процесах зберігаються всі квантові числа, крім ізоспіна; У слабких процесах цілий ряд квантових чисел не зберігається, не зберігається навіть просторова парність.

Здавалося б, подібність слабкої та електромагнітної взаємодій вказує на можливість їхнього трактування на деякій спільній основі. З іншого боку, відмінності між ними вказували на обмеженість застосування такої аналогії.

Як відомо, основи єдиної теорії електрослабкої взаємодії заклали в 1967 році незалежно С. Вайнберг і А. Салам. В основі цієї і багатьох інших моделей сучасної теорії поля лежать три концепції:

- 1) локальна калібровочна інваріантність;
- 2) спонтанне порушення симетрії;
- 3) перенормованість.

Підсумовуючи вищесказане можна зробити наступні висновки:

1. Роль методу аналогії особливо зростає в революційні періоди розвитку науки. Але аналогія, як метод наукового пізнання, не вичерпує всього механізму відкриття, не виключає, а навпаки, передбачає і вимагає доказовості висновків, отриманих на її основі.

2. Аналогія, як і індукція та деякі інші прийоми наукового пізнання, насамперед є джерелом гіпотез, і тому висновки, зроблені на їхній основі, потребують теоретичного і емпіричного підтвердження.

3. Аналогія або образне представлення об'єкта (те, що Мах називав *Phantasievorstellung*) підсилює міркування, насамперед, психологічно, але не логічно. Як показує практика, аналогії в квантовій теорії поля часто перешкоджають узагальненню і сприйняттю властивостей і відношень, які не піддаються візуалізації.

4. Дидактична функція аналогії є надзвичайно важливою. Асоціації і аналогії у навчанні є ефективним психологічним механізмом свідомого засвоєння теоретичних знань. Як правило, вдала аналогія створює в свідомості суб'єкта навчання яскравий образ, який надовго зберігається в його пам'яті. Для активізації розумової діяльності студентів необхідно створити такі дидактичні умови, щоб новий матеріал, який вивчається, мав емоційне забарвлення, збуджував пізнавальну мотивацію. Як показують результати нашого дослідження, застосування з цією метою методу аналогії має важливе значення.

5. Застосування методу аналогії у навчанні є важливим засобом розвитку навчально-пізнавальної компетентності і методологічної культури студентів, що є необхідною складовою їхнього професійного становлення.

Використана література :

1. Широков Ю. М. Ядерная физика: учебное пособие [текст] / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. – М. : Главная редакция физико-математической литературы издательства “Наука”, 1972. – 672 с.
2. Бунге М. Философия физики [текст] / М. Бунге. – М. : Прогресс, 1975. – 349 с.
3. Гапоненко С. В. Оптические аналогии квантовых явлений : учеб.-метод. пособие [текст] / С. В. Гапоненко, С. В. Жуковский, В. Н. Хильманович. – Минск : РИВШ, 2009. – 88 с.
4. Наумов А. И. Физика атомного ядра и элементарных частиц [текст] / А. И. Наумов. – М. : Просвещение, 1984. – 384 с.
5. Бунге М. Интуиция и наука [текст] / М. Бунге. – М. : Прогресс, 1967. – 188 с.

А н н о т а ц и я

В статье осуществлен исторический обзор возникновения, развития и формирования квантовой теории электрослабого взаимодействия, и показано определяющую роль метода аналогий на каждом важном этапе создания этой теории.

Ключевые слова: слабое взаимодействие, электромагнитное взаимодействие, метод аналогий.

A n n o t a t i o n

The article presents the historical review of origin, development and forming of quantum theory of electroweak co-operation, and carried out the determining role of method of analogies on every important stage of creation of this theory.

Keywords: weak co-operation, electromagnetic co-operation, method of analogies.