

ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО СВІТОГЛЯДУ ЧЕРЕЗ ВИСЛІТЛЕННЯ ІДЕЙ ВИДАТНИХ ВЧЕНИХ У КУРСІ ФІЗИКИ

Микола Садовий

У статті наведений матеріал, який має пізнавальне і виховне значення, за рахунок ілюстрації ходу розвитку наукового прогресу та ролі в ньому видатних учених.

Material which has a cognitive and educate value is resulted in the article, due to illustration of process advance of science and role in him prominent scientists.

У загальноосвітній школі закладаються основи наукового світогляду; його формування являє собою тривалий і складний процес, який відбувається одночасно і в єдності з самим процесом навчання, який продовжується, розвиваючись й у вищому навчальному закладі. Науковий світогляд є інтегрованим усвідомленням світу, він є найвищим синтезом знань, досвіду, переконань, ідеалів та емоційних оцінок. Формування цілісного наукового світогляду означає всебічний гармонійний розвиток особистості в єдності глибоких наукових та філософських усвідомлених знань [4, с. 7].

У формуванні наукової картини світу важливе значення має розділ «Електродинаміка». Саме тут учні (студенти) стикаються з новою формою матерії – електромагнітним полем. При цьому наочно проявляється матеріальність електромагнітного поля, його існування незалежно від нашої свідомості та здатність впливати на органи відчуттів або безпосередньо, або за допомогою спеціально сконструйованих приладів. Тим самим обґрунтовується існування двох форм матерії – речовини і поля, їх нетотожність одна одній і їх здатність взаємодіяти, що є неоцінним внеском у формування світогляду.

Фундаментальним є зв'язок електродинаміки з астрономією. Адже всі відомості про Всесвіт ми отримуємо з аналізу випромінювання від небесних тіл – зірок, планет, комет, туманностей і якщо у XIX ст. реєстрували і аналізували інформацію лише у вузькій ділянці видимого випромінювання, то зараз астрономія стала всехвильовою. Перехід до всехвильової астрономії розширив обсяг відомостей про Всесвіт, дав змогу виявити нові об'єкти (кварзи, пульсари, чорні дірки). Було виявлене реліктове випромінювання, що зробило більш достовірною теорію походження Всесвіту в результаті великого вибуху (модель гарячого Всесвіту) [3, с. 6-7].

Важливо наголосити учням, що наука середини і другої половини XIX ст. збагатилась рядом визначних відкриттів, які прискорили розвиток природознавства. В 1819 році Ерстед виявив дію струму на магнітну стрілку, через рік А. Ампер установив закон взаємодії струмів, в 1821 р. М. Фарадей відкрив явище електромагнітного обертання, а в 1832 році – явище електромагнітної індукції. Зміст цих відкриттів вступив у суперечність з метафізичним методом мислення, який був домінуючим майже три століття. Ключовим питанням дослідників була проблема перервності та неперервності матерії.

Найбільш яскравим серед дослідників був М. Фарадей [11]. Як правило, при вивченні електродинаміки в школі дуже коротко зупиняються на ролі М. Фарадея у відкритті явища електромагнітної індукції і на труднощах, які йому прийшлося подолати. Ми пропонуємо більш детально ознайомити учнів і студентів з ідеями М. Фарадея. Створення джерела постійного струму – гальванічного елемента вплинуло на весь арсенал робіт М. Фарадея. Такі джерела струму дозволили дослідити теплові, магнітні, хімічні прояви електрики, а також умови її протікання.

Явище електромагнітної індукції є загальним для електричних процесів в провідниках, електролітах, газах, діелектриках. Це явище полягає в поляризації частинок в матеріальному середовищі. Спочатку поляризується точка, що дотикається до тіла, потім поляризацію зазнають інші точки – сусідні з першою і т.д. Індукція в діелектриках зберігається, а в провідниках вона порушується. Вказане порушення приводить до виникнення електричного струму. А чи буде спостерігатись індукція в пустоті, де відсутнє звичайне середовище і немає частинок, які б могли поляризуватись? Внаслідок великої кількості експериментів вчений прийшов до висновку про реальність силових ліній як у речовині, так і в пустому просторі. «Із результатів попередніх дослідів слідує, що пустота має свої особливі властивості притягання; і внаслідок цього пустота по відношенню до матеріальних тіл займає місце не на одному з країв ряду, а посередині, скажемо, між золотом і платиною, а другі тіла

розташовані по ту і другу сторони» [10, с. 590-591]. Такий висновок несумісний з класичною атомістикою і М. Фарадей проводить детальний її аналіз. Він визнавав атоми і простір між ними як дві абсолютні сутності та допустив, що простір є неперервним і прийшов до висновку, що він «повинен пронизувати всі маси матерії, у всіх напрямках подібно мережі, з тією різницею, що замість петель він створює осередки, ізолюючи кожен атом від його сусідів і тільки сам залишається неперервним» [11, с. 394]. Враховуючи наявність у природі ізоляторів, вчений робить висновок: простір – не є провідником. Одночасно, враховуючи, що простір є неперервним і що в природі є провідники електрики, виникає проблема провідності простору. З цього М. Фарадей робить висновок «Таким чином, приймаючи звичайну атомну теорію, потрібно вважати простір непровідником в тілах, які не проводять електрику і провідником у тілах, що проводять електрику, але такий кінцевий висновок є повним провалом теорії» [10, с. 395]. Тому зведення матерії до традиційного атома вступило у суперечність з експериментом. А це означало відмову від ототожнення матерії з атомами в класичному розумінні, відмову від абсолютизації дискретності в будові матерії, що є новим кроком у подоланні метафізичного розв’язання проблеми перервності і неперервності. Таким чином М. Фарадей:

1. Ототожнює властивості матерії з властивостями простору, чим відроджує картезіанське поняття матерії;

2. Розчиняє незмінний носій сил традиційний атом в самих силах. Тут має місце не дематеріалізація природи, а матеріалізація самих сил. Відповідно і пустота матеріальна.

У курсі фізики середньої школи майже нічого не сказано про дослідження М. Фарадея поля. Розвиваючи свою концепцію матеріальності сил, М. Фарадей прийшов до висновку, що поле є єдиним, основним фізичним видом матерії: «Те, що представляє розміри, можна вважати поширеним на будь-яку відстань, на яку поширюються силові лінії частинки. В цьому випадку необхідно передбачається, що частинка існує тільки через ці сили і знаходиться там, де знаходяться вони» [9, с. 619]. Так М. Фарадей розчинив речовину у полі і практично ототожнив поняття поля з матерією.

Важливо порівняти з учнями погляди різних вчених на одну і ту ж проблему. Еволюцію природничонаукових уявлень про розвиток поглядів на основні поняття природи подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Розвиток поглядів І.Ньютона та М.Фарадея на основні поняття природи

| І. Ньютон | М. Фарадей |
|---|--|
| Матерія існує у вигляді корпускул з основна фізична реальність | Матерія існує у вигляді неперервного поля – основна фізична реальність |
| Речовинна модель матерії (неперервна) | Польова концепція матерії (неперервна) |
| Субстрат – незмінні і тотожні атоми | Субстрат – протяжність |
| Основна властивість: дискретна матерія (абсолютні, тотожні атоми) | Основна властивість: континуальна матерія (неперервність, поле поглинуло речовину) |
| Неперервна матерія проявляється через загальні властивості атомів | Протяжність поділяється на частини (дискретність другорядна) |

| | |
|--|---|
| (другорядність) Неперервна зміна сили (тяжіння) | Сили матеріальні і є зовнішньою властивістю континуального поля |
| Швидкість поширення взаємодій довільна | Кінцевість швидкості поширення напруженостей, швидкість рівна константі |

За життя М. Фарадея і аж до дослідів Г. Герца з виявлення електромагнітних хвиль вчені були в захопленні від експериментів і відкриттів М. Фарадея, але не розуміли його ідей про матерію і нерідко брутально їх відкидали. Суперечність відносно неперервності та перервності сучасників М. Фарадея відображало суперечність у фізичній науці між діалектикою і метафізикою. Намагання штучно об'єднати ці суперечності Ф. Нейманом, В. Вебером, Б. Риманом, Р. Клаузісом протягом 1845-1877 років приводило лише до їх поглиблення.

У методиці фізики мало розкрито питання наступності досліджень М. Фарадея і Д. Максвелла. Тому важливо зазначити, що для розвитку польової концепції Д. Максвелл [6], узагальнивши багатий експериментальний та теоретичний матеріал М. Фарадея та його наступників, дав кількісну характеристику електромагнітного поля. Така оцінка була зроблена на основі висновків:

1. Матеріальне неперервне електромагнітне поле є фізичною реальністю і об'єктом дослідження в електродинаміці.

2. Частинки є носіями електричних зарядів і представляються граничними кінцевими точками силових ліній поля.

3. Зміни напруженостей поля відбуваються в часі і описуються диференціальними рівняннями у часткових похідних. Передача дій проходить неперервно з кінцевою швидкістю від точки до точки.

4. Простір є єдиним носієм поля, фізичні властивості простору співпадають з фізичними властивостями поля.

5. Світло є електромагнітними хвилями.

Вказані висновки в розгорнутій формі носять ідеї Фарадея. Але щоб ці ідеї стали загально визнаними природодослідникам необхідно переконатись в обмеженості механічної картини світу, неможливості описати явища електромагнетизму поняттями класичної механіки.

Ідеї Фарадея і математизація їх Максвеллом несумісні з теорією далекодії. Вирішальним доведенням цього було введення часового параметра затримки передачі електромагнітного збудження та струму зміщення в колах, які містять елементи (конденсатори), що розмикають електричне коло. Об'єктивна реальність струмів зміщення є основним у формулюванні законів електромагнітного поля у вигляді рівнянь Максвелла. Струм зміщення нерозривно зв'язаний з середовищем як і струми провідності та зміщення електрики в кожній точці простору. Поняття пустоти втрачає таку можливість. За пропозицією Г. Гельмгольца спочатку М.М. Шиллер, а потім Роланд поставили серію дослідів з виявлення струмів у незамкнених електричних колах. Проте виявити струми зміщення у діелектриках вони не змогли. Знову ж таки за пропозицією Г. Гельмгольца Г. Герц у 1887 р. експериментально виявив індукційні струми зміщення у діелектриках. Наступного року він одержав електромагнітні хвилі і тим самим остаточно підтвердив теорію електромагнітного поля [1; 2].

Поступово поняття поля зайняло панівне становище у фізиці і збереглося як одне з ґрунтовних фізичних понять. Д. Максвелл та Г. Герц довели, що змінне електромагнітне поле поширюється у пустоті зі швидкістю світла. Опираючись на ідеї М. Фарадея про сутність світла й однаковість швидкості світла, Д. Максвелл зробив

висновок про те, що світло – електромагнітні хвилі. Він передбачив, що світло чинить тиск. Установлення факту єдиної природи світлових, магнітних, електричних явищ привела дослідника до висновку про тотожність світлоносного, магнітного та електричного ефірів. Єдиний ефір з одного боку підкоряється максвеллівським рівнянням поля, а з другого – стає константою за рахунок механічних уявлень. Виникла суперечність між немеханічним змістом законів поля і понятійними принципами ньютонівської картини світу [5, с. 71-72]. Пояснити фізичну форму руху матерії на основі механічних уявлень дослідники ще могли, але з'ясувати якісні властивості електродинамічних процесів в такий спосіб було безперспективним. Різні варіанти механічних конструкцій ефіру нічого не дали. Тоді розпочали реалізовуватися спроби поняттями електродинаміки пояснити механічні процеси. Таку спробу зробив і Д. Максвелл в статті «Ефір».

Розвиваючи послідовно Фарадееві ідеї поля, Д. Максвелл не зумів вникнути в найбільш революційну ідею М. Фарадея: звільнитись від механічної концепції ефіру та механічного тлумачення законів електродинаміки, не розглядаючи елементи діалектики в роботах М. Фарадея і у власній електромагнітній теорії. У цьому виявилася основна обмеженість світогляду геніального вченого. З цього приводу учням цікавим будуть наведені в таблиці 2 порівняльні відомості про хід думок Д. Максвелла та М. Фарадея.

На світогляд Д. Максвелла вплинули ідеї античності, картезіанської та ньютонівської шкіл, а також ідей Фарадея. Відсутність діалектичного методу при виконанні досліджень теоретичної та прикладної фізики не дали змоги вченому обрати діалектичний шлях узагальнень насамперед перервних та неперервних процесів. Обмежене розуміння поняття матерії було причиною частини помилкових висновків. Дослідник вважав, що «світло не речовина, а процес, що проходить у речовині» [7, с. 195], тому намагається невдало довести це на прикладі інтерференції світла при одержанні темних смуг: «Неможна покласти, що два тіла, що знаходяться рядом могли б знищити один другого...» [7, с. 195].

Таблиця 2

Розвиток поглядів Д. Максвелла та М. Фарадея на основні поняття природи

| Д. Максвелл | М. Фарадей |
|---|--|
| Ефір займає центральне місце в пізнанні природи і є носієм поля Матерія ототожнюється з полем: основна першоречовина, що має властивості руху, густини; спосіб руху першоматерії | Матерія займає центральне місце у пізнанні природи Матерія існує у вигляді неперервного поля – основна фізична реальність |
| Ефірна концепція матерії: поле не вид матерії, а процес, стан ефіру, властивість середовища Сутність матерії: у здатності бути субстратом руху першоматерії, бути носієм кількості руху і механічної енергії | Польова концепція матерії (неперервна). Поле – матеріальне утворення Субстрат – протяжність |
| Матерія ототожнюється з поняттям неперервного ефіру і вагомими перервними тілами | Основна властивість: континуальна матерія (неперервність, поле поглинуло речовину) |
| Матерія існує в абсолютному просторі (без часу і руху) | Матерія є формою руху, існує в просторі і часі |

| | |
|---|--|
| Середовище: фундаментальне неперервне. Перервні є утворення матерії: атоми, заряди, тіла (вторинні до ефіру) Сили є властивістю ефіру | Протяжність поділяється на частини (дискретність другорядна) |
| Швидкість поширення електромагнітного поля рівна швидкості світла | Сили матеріальні і є зовнішньою властивістю континуального поля Кінцевість швидкості поширення напруженостей, швидкість рівна константі |

Оскільки швидкість поширення світла в світоносному середовищі та швидкість поширення електромагнітного збурення в ефірному середовищі однакові, то ці два ефіри ототожнюються, простір та ефір Д. Максвеллом прирівнюються.

Твердість, пружність та густина – основні властивості ефіру. При переході від неперервного аспекту до перервного ці властивості не змінюються, а відповідно тут немає якісного стрибка. Але континуальна сторона у Д. Максвелла виступає як визначальне, фундаментальне відношення, дискретна – зведена до ролі другорядної. Рівняння описують виключно неперервні процеси. У загальній формі уявлення Д. Максвелла співпадають з ідеями М. Фарадея. Різниця в тому, що думку М. Фарадея про поле як матеріальне утворення Д. Максвелл відповідно до механічної картини світу трансформував в уявлення про поле як стан ефіру. Континуальність поля підміняється континуальністю носія цього поля – ефіру. В основі такого розходження – різне розуміння ними поняття матерії.

Матерія доступна для нашого сприйняття через її рух, тобто за Д. Максвеллом матерія є спосіб руху першоречовини. Поняття матерії в нього не виходить за рамки механічних уявлень. Д. Максвелл повністю погоджується з гіпотезою Томсона, що атоми є кільцеподібними утвореннями середовища, неперервної праматерії, яка рівномірно заповнює весь простір і має властивість постійної густини і досконалої рухливості. Праматерія в стані спокою недоступна для сприймання. Рух же перетворює її окремі ділянки у вихороподібні кільця – атоми. «Теорія вихорів не має в собі нічого довільного, не оперує ніякими центральними силами або скритими властивостями якогось другого роду. Тут ми маємо справу тільки з матерією і рухом, і раз вихор утворився, то всі його властивості визначаються первинним імпульсом і ніякі другі допущення уже більше неможливі» [7, с. 13]. Ідея атома, як частинки середовища, одержаного ззовні руху, свідчить про значне відставання природничонаукової думки від досягнень філософії в трактуванні проблеми перервності та неперервності матерії. Дискретні утворення (вихори-атоми) відрізняються від неперервності лише геометричними властивостями, бо внутрішня структура рухомої частини праматерії змін не зазнала. Дискретність привнесена в праматерію ззовні.

Д. Максвелл в теорії робить висновок про наявність для ефіру механічних характеристик: пружності, твердості та густини. Робить припущення про можливість визначення швидкості руху ефіру відносно Землі та Сонячної системи, тобто допускається розгляд ефіру як матеріального тіла, яке взаємодіє з другими тілами в рамках законів класичної фізики.

Таким чином, Декартова ідея тотожності протяжності та матерії через заперечення в ньютонівській механіці знову відродилась у більш розвиненій – електромагнітній картині світу.

У межах класичної фізики здійснювалось загальне пояснення природи. Це розпочалось з уяви про силове поле як деяке матеріальне середовище немеханічної

природи. До М. Фарадея [10] поширенню силового поля не надавали фізичного значення, але воно було множиною евентуальних впливів на пробний заряд або пробну масу, визначених для кожної точки і для кожного моменту часу диференціальними рівняннями – законами тяжіння, електрики і магнетизму. У М. Фарадея поле набуло самостійної реальності. Воно існує незалежно від пробних мас і зарядів. Д. Максвелл [8] теоретично виявив незалежні від зарядів процеси – електромагнітні коливання. Це поняття має фізичний зміст. Поширення електромагнітного поля – не геометричне поняття. Тут відомі не лише рух, але й що рухається. Відомий коливний об'єкт. У даному випадку макроскопічне уявлення про поле доповнене локальним уявленням про електромагнітні хвилі. Механічне уявлення про ефір в електромагнітній теорії є по суті умовною аналогією. А. Ейнштейн позбавив електромагнітне поле основного механічного предиката – середовища, за яким зберігалась назва ефіру, й уяви про швидкість тіл відносно цього середовища. Сталась відмова як від назви, так і від даного уявлення. Концепція класичної механіки стала зазнавати перебудови, бо виявилось, що роль фундаменту – основи необхідно приписати силовим полям.

Вчені продовжували дослідження і виявили нову наукову особливість: електромагнітне поле взаємодіє з речовиною. На той час М. Фарадей відкрив закони атомної теорії речовини: закони електролізу, введення поняття іону, атомну структуру електричного заряду, магнітооптика та інші.

Починаючи з 1878 р. на основі праць М. Фарадея, Д. Максвелла, В. Вебера, Клаузіса та понять абсолютного часу і незалежності просторових і часових змінних, Г. Лоренц розпочав досліджувати електронну теорію речовини, про що практично йдеться в початковому стані розгляду електронної теорії в методиці фізики.

У Г. Лоренца не виникає проблеми стійкості електрона як системи, яка складається з окремих однаково заряджених об'ємних елементів. Він вважав, що густину заряду, його швидкість, напруженість поля можна однозначно визначити в будь-якій точці досліджуваного простору і застосувати до них ті ж закони, які відомі для макроскопічних тіл. За Г. Лоренцом існує лише один вид векторів, які характеризують поле: напруженість електричного та магнітного полів в пустоті e і h , і лише один вид електричного струму – рух зарядів. Виходячи з таких початкових умов та користуючись рівняннями Дж. Максвелла, Г. Лоренц створив систему рівнянь електродинаміки. У пустоті рівняння Г. Лоренца співпадають з рівняннями Дж. Максвелла ($\rho = 0$, $e = E$, $h = H$). Поняття ефіру Г. Лоренц, як і Дж. Максвелл, вживає за встановленою традицією. Всі висновки вчені зробили без будь-яких введень гіпотез про властивості ефіру.

Теорія Г. Лоренца має і суперечності. Вихідною гіпотезою в ній було твердження про існування дискретного електричного заряду, хоч його рівняння справедливі для будь-яких залежностей ρ від координат простору. Для розв'язання системи рівнянь необхідно наперед знати розподіл заряду ρ в просторі.

Таблиця 3

Основні поняття класичної фізики, спеціальної та загальної теорій відносності

| Класична фізика | СТВ | ЗТВ |
|--|------------------------------|------------------------------|
| Матеріальна точка (перевне) | Постійність швидкості світла | Постійність швидкості світла |
| Сили взаємодії між матеріальними точками | | |
| Інерціальна система | Інерціальна система відліку | Поле зміщення |

| | | |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Електромагнітне поле | Польова теорія матерії | Єдина теорія поля |
| Швидкість відносна величина | Швидкість абсолютна величина | Швидкість абсолютна величина |
| Час абсолютний | Час відносний | |
| Простір абсолютний | Простір відносний | Чотиримірний простір і тяжіння |

Створена Г. Лоренцом електродинаміка рухомих середовищ, перетворення координат і часу зіграли роль дороговказу до створення спеціальної теорії відносності (СТВ). Новий підхід до аналізу перервного та неперервного в природі вимагав інших понять їх опису. У таблиці 3 наведені поняття, якими оперують класична фізика, СТВ та ЗТВ.

Наступність і зв'язок науково-дослідних програм, що змінюють одна одну, безпосередньо впливає з єдності природи. Зміни та розвиток старої дослідницької програми приводить до виникнення нової. Таке добре простежується при переході від механічної програми до електромагнітно-польової. Поняття поля з'явилося ще в рамках механічної програми (гравітаційне поле) як допоміжне, яке характеризує специфіку закону дії сил у диференціальній формі або специфіку руху великого числа частинок (поле швидкостей в ейлеровській гідродинаміці). У роботах М. Фарадея і Д. Максвелла [7; 10; 11] поле поступово усвідомлюється як самостійна субстанція, яка не зводиться до механічних процесів в ефірі. На цій основі можна говорити про електромагнітну дослідницьку програму, хоч чіткої базисної теорії ще не було з'ясовано, оскільки виникла теорія відносності і відповідно релятивістська дослідницька програма. Перехід до релятивістської дослідницької програми розпочався із створенням нової фундаментальної теорії – електродинаміки рухомих тіл А. Ейнштейна. На цьому рівні не здійснився перехід релятивістських координат із області старої дослідницької програми у тверде ядро нової релятивістської програми. Якщо не враховувати наявності таких зв'язаних механізмів, то дійсно може виникнути ілюзія існування різких розривів у розвитку фізики, наприклад, між ньютонівською і релятивістською. Отже, при викладанні фізики особливий наголос треба зробити на такі взаємопов'язані механізми.

Як свідчить досвід і практика, весь цей матеріал має велике пізнавальне і виховне значення, коли він базується на за рахунок ілюстрації ходу розвитку наукового прогресу та ролі в ньому видатних учених.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Гельмгольц Г. О сохранении силы. – М.: ГИЗ, 1922. – С. 6.
2. Гельмгольц Г. Популярныя речи. Т. 1. Изд. 2. – М.: СПб., 1898. – 124 с.
3. Глазунов А.Т. и др. Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика: Пособие для учителя / А.Т. Глазунов, И.И. Нурминский, А.А. Пинский; Под ред. А.А. Пинского. – М.: Просвещение, 1989. – 272 с.
4. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
5. Готт В.С., Недзельский Ф.В. Диалектика прерывности и непрерывности в физической науке. – М.: Мысль, 1975. – 208 с.
6. Максвелл Д. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: ГТТИ, 1954. – С. 3-361.
7. Максвелл Д. Статьи и речи. – М.: ГТТИ, 1956. – С. 195.
8. Максвелл Д. Трактат об электричестве и магнетизме: В 2-х томах; Пер. с англ. – М.: Наука, 1989. – Т. 1. – 416 с.; Т. 2. – 436 с.
9. Ньютон И. Оптика. – М-Л.: Техиздат, 1927. – 340 с.

10. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. III. –М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 300- 600.
11. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. II. –М.: Изд-во АН СССР, 1951. – С. 300- 500.
12. Hertz G. Gesammelte Werke, Bd/ 1-3/ Leipzig, 1895-1914. – р. 12-98.
13. 50 лет волн Герца. –М-Л.: изд. АН СССР, 1938. – 156 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Садовий Микола Ілліч – доктор педагогічних наук, професор Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: проблеми дидактики фізики.