

конкретних навчально-виховних цілей і завдань, вибору рішень, визначення необхідних методів впливу. Вирішуючи типові контекстні проблеми, студент накопичує педагогічний досвід.

Реалізація акмеологічної технології підготовки майбутнього вчителя становить собою моделювання і структури, і процесу навчання фізики, включаючись в який, видозмінюються, вдосконалюються всі учасники цієї пошуково-творчої діяльності. Тому така змістовна й організаційна структура спецкурсу дозволила підсилити не тільки когнітивний компонент технологічної підготовки майбутнього вчителя фізики, але й створила можливість для порівняння, узагальнення як власного педагогічного досвіду студентів, набутого на заняттях з методики навчання фізики та в ході активної педагогічної практики на четвертому курсі, так й інноваційного досвіду роботи вчителів фізики.

У практичному плані студенти виконували завдання, які відповідали таким вимогам:

- мають фахову спрямованість, становлять інтерес для вчителів фізики, а отже, відзначаються ринковою вартістю;
- повинні сприяти становленню АСД конкретного студента як майбутнього вчителя фізики;
- посилені для студента, але відзначаються високим рівнем складності;
- сформульовані у загальному вигляді, тому вимагають від студентів активного застосування технологічних знань, роботи зі спеціальною психолого-педагогічною і методичною літературою;
- передбачають можливість колективної контекстної діяльності студентів, а також тимчасове введення їх у педагогічні колективи шкіл.

Основна ідея при розробці і реалізації акмеологічних технологій полягала у забезпеченні самостійного проходження студентом повного фахового циклу: від проектування і розробки конкретної технології навчання фізики з урахуванням відповідних умов її функціонування до її імітаційної реалізації.

Така побудова навчального процесу забезпечила реалізацію діяльнійшої спрямованості фахової підготовки

майбутнього вчителя фізики, пов'язала цикл теоретичного технологічного навчання студентів з їх особистісними ціннісними орієнтаціями, особистісними професійними інтересами. Крім того, цикл контекстного практичного навчання, інтегрований із навчальним проектуванням технологій навчання фізики, став завершальною інтегративною ланкою акмеологічної підготовки майбутнього вчителя фізики до впровадження інноваційних технологій навчання у середній школі, що суттєво позначилося на показниках їх професійної готовності.

Основні напрями продовження дослідження полягають у вивченні можливостей варіативного поєднання акмеологічних технологій підготовки майбутнього вчителя фізики на інтегративній основі на всіх її етапах з наступним створенням інтегративних програм та підручників; а також у створенні курсу перепідготовки вчителів, орієнтованого на акмеологічні технології.

#### Список використаних джерел

1. Богданов І.Т., Сергєєв О.В. Акмеологічні технології професійного навчання майбутнього вчителя-предметника // Вісник Чернігівського держ. Пед. ун-ту ім. Т.Г.Шевченка. Серія: Педагогічні науки. — Чернігів, 2000. — Вип. 3. — С.154-160.
2. Богданов І.Т., Сергєєв О.В. Акмеологічний принцип: його сутність і призначення // Зб. наук. праць. Педагогічні науки. — Херсон: ХДПУ, 2000. — Вип. 15. — Ч.І. — С.147-154.
3. Вербицкий А.А. Концепция знаково-контекстного обучения в вузе // Вопросы психологии. — 1987. — № 5. — С.31-39.
4. Деркач А.А., Кузьмина Н.В. Акмеология: пути достижения вершин профессионализма. — М.: Просвещение, 1993. — 188 с.
5. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі. Монографія. — Запоріжжя: Прем'єр, 2001. — 266 с.
6. Кузьмина Н.В. Предмет акмеологии. — СПб: Питер, 1995. — 158 с.
7. Цветкова А.Т. Технологии формирования мотивации и самоорганизации учебной деятельности у школьников и будущих учителей физики. — М.: Абрис, 1997. — 162 с.

Коновал О.А.

Криворізький державний педагогічний університет

### ОБГРУНТУВАННЯ РІВНЯНЬ МАКСВЕЛЛА НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ ВІДНОСНОСТІ

Пропонується методика обґрунтування рівнянь Максвелла, яка оснований на законі Кулона та принципі відносності.

The methods of grounding Maxwell's equations are considered. These methods are based on Coulomb's law and the principle of relativity.

Закони електродинаміки лежать в основі роботи безлічі електротехнічних і електронних пристроїв, сучасні технології базуються на фундаментальних фізичних теоріях, а електродинаміка і спеціальна теорія відносності (СТВ) являються фундаментальними фізичними теоріями, які визначають не тільки рівень відповідної фізичної освіти, але й світогляд та стиль мислення фахівця.

Стало вже традицією вивчати електродинаміку як науку, що ґрунтується на начебто "фундаментальних" дослідних фактах (закон Біо-Савара, закон Ампера-Грассмана, закон електромагнітної індукції); в цьому і сила і слабкість цієї методики. Сила в наочності, в опорі на начебто очевидний емпіричний факт, який важко заперечити і який, в той же час, веде до деякої безапеляційності, до уявлення про односторонність фізичного пізнання з прихованим акцентом на емпіризм. Такий шлях, очевидно, не сприяє розвитку критичного мислення, зменшує роль теоретичного пізнання, гальмує

психічний розвиток і формування фізичного стилю мислення учня і студента. Фактично ж, подібні експерименти ніколи не можуть бути (і не могли бути) проведені з необхідною точністю і чистотою, як через похибки, так і через необхідність користуватися деякою теорією при проведенні та інтерпретації експерименту.

В сучасній дидактиці наголошується на необхідності органічного, тісного зв'язку методики вивчення дисципліни з методологією базисної науки [2, с. 10-12; 3]. Але при вивченні електродинаміки, при мовчазній згоді методистів, подібні експериментальні факти вважаються зовсім між собою не зв'язаними; вони інтерпретуються і розглядаються як різні факти; а між тим вся електродинаміка являється релятивістською теорією. А вивчення її не базується на принципах теорії відносності. В зв'язку з цим, на наш погляд, структура вивчення електродинаміки не відповідає суті і методології цього розділу фізики як наукової галузі. "Предрассудок, котрий сохранился и до сих

пор, заключається в уявленні, будто факти самі по собі, без свobodного теоретического построения, могут и должны привести к научному познанию" [4, с. 276]. Так, незважаючи на польову природу електромагнітних явищ і процесів, вивчення і формулювання, в процесі навчання, більшості законів електродинаміки засновано на уявленнях дальності. Тут, перш за все, мова йдеться про закон Біо-Савара, теорему про циркуляцію вектора магнітної індукції.

Однією із складових світогляду А.Ейнштейна було переконання, що найбільш адекватним для фізики є гіпотетико-дедуктивний шлях пізнання і навчання. Суть його полягає в тому, що спочатку формулюються теоретичні принципи, як узагальнення дослідних фактів, а потім із цих принципів методом дедукції одержують наслідки, що відповідають сукупності емпіричних даних [1, с. 62].

Тобто при вивченні електродинаміки не знаходить повного і адекватного відображення характерна тенденція розвитку сучасної фізики: спираючись на невелике число основних принципів сформулювати та пояснити всю сукупність фізичних явищ та законів відповідного розділу фізики.

Електродинаміка за своєю суттю є релятивістсько-коваріантною теорією, а вивчення її у ВНЗ зовсім не базується на принципах СТВ. Достатньо переглянути чинні навчальні програми з фізики, щоб впевнитися в тому, що при вивченні електродинаміки в СНЗ не передбачено використання результатів і методів СТВ, незважаючи на те, що ці розділи фізики органічно пов'язані між собою. А між тим дослідження Пінського А.А., Малініна О.М., Матвеева О.М. [5; 6; 7; 8; 9; 18] показали, що релятивістські ідеї необхідно вводити якомога раніше в курси фізики як СНЗ так і ВНЗ. Слід зазначити, що і раніше були спроби викладати електродинаміку на основі СТВ [16; 17; 18; 21], але вони були не до кінця послідовними.

В останні роки актуальною є методична концепція, яка зв'язана з посиленням ролі фізичних теорій і теоретичних узагальнень при вивченні фізики (Будний Б.Є., Бушок Г.Ф., Пінський А.А., Разумовський В.Г., Мултановський В.В., Ляшенко О.І. та інші). Ця концепція не тільки не втратила свого значення і зараз а, більше того, проблема її реалізації, зокрема, при вивченні електродинаміки стоїть ще більш гостро, ніж раніше.

В той же час відомо, що немає прямого і логічного шляху від експериментальних фактів до теоретичного принципу. І особливо цей важливий момент методології наукового пізнання стосується зв'язку між "фундаментальними експериментальними законами електродинаміки" та рівняннями Максвелла (РМ). "Уравнения Максвелла представляют собой пример фундаментального закона, являющегося результатом, а не «выведенного» в ригористическом смысле этого слова, из экспериментальных данных". [10, с. 319]. Рівняння Максвелла встановлюють зв'язок між розподілом і рухом заряджених частинок та величинами, що характеризують електромагнітне поле, і становлять суть теорії електромагнітного поля. Тому обґрунтування та розкриття фізичного змісту їх завжди являється актуальною методичною проблемою при вивченні електродинаміки.

Огляд навчально-методичної літератури показує, що, в основному, використовуються такі методи обґрунтування РМ:

А) Традиційний, оснований на узагальненні експериментальних законів: Кулона, Біо-Савара, електромагнітної індукції, збереження заряду [11, 12, 17, 19, 20].

Б) РМ формулюються як постулати, справедливості яких підтверджується наслідками, що одержуються при їх застосуванні до реальних фізичних ситуацій [13].

В) Конструювання (постулювання) функції дії  $S$  для зарядженої частинки в електромагнітному полі і з її допомогою одержують потім і рівняння руху зарядженої частинки і рівняння електромагнітного поля (РМ) [14; 15; 16].

Очевидно, що, з методичної точки зору, метод постулювання РМ при вивченні електродинаміки не є кращим. Традиційний метод обґрунтування РМ є найбільш прийнятний при вивченні електродинаміки з огляду і на принцип наступності в навчанні і на безпосередній зв'язок з експериментальними даними. Він також дозволяє, до деякої міри, ознайомити студентів з методами та методологією одержання наукових результатів. З іншого боку і сам процес наукового відкриття (саме як виходячи з експериментальних фактів одержують чи формулюють фундаментальний фізичний закон) є повчальним та цікавим. Такий шлях обґрунтування може підвищити також і інтерес учнів до фізики.

Наше завдання полягало в тому, щоб найкоротшим шляхом, на основі найменшого числа фундаментальних принципів у процесі вивчення електродинаміки обґрунтувати основні положення електромагнетизму у контексті теорії відносності та пояснити їх фізичну суть, визнаючи з самого початку систему рівнянь Максвелла як істину, що підтверджується експериментально [23].

Методика обґрунтування рівняння Максвелла

$$\operatorname{rot} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1)$$

основана на аналізі електромагнітного поля зарядженої частинки з точки зору двох систем відліку (СВ) СВ К', яка рухається з швидкістю  $\vec{V}$  вздовж вісі  $\mathbf{OX}$  і є власною СВ зарядженої частинки, та СВ К, що зв'язана з контурами  $L$  (Рис. 1) [22, 24]. В будь-якому з контурів  $L$  з точки зору СВ К' е.р.с. дорівнює нулю, оскільки вони рухаються в потенціальному полі заряду  $q$ . Але в СВ К електричне поле заряду  $q$  вже не потенціальне, і вибираючи різну форму контуру, студенти в результаті власної навчально-дослідницької діяльності з використанням стандартних методів векторного аналізу впевнюються в тому, що е.р.с. в контурі не дорівнює нулю. Виконання принципу відносності (ПВ) потребує появи в СВ К в будь-якому контурі додаткової е.р.с. такої ж величини, але протилежного знаку

Звідки ж вона може виникнути? Поглянемо на уявну експериментальну ситуацію, рис. 1. Крім не потенціального електричного поля напруженістю  $\vec{E}$  в СВ К існує ще і магнітне поле  $\vec{B}$ . І більше немає інших фізичних полів, які могли б, в принципі, привести до появи е.р.с. Залишається єдина альтернатива: додаткова е.р.с., що компенсує циркуляцію не потенціального електричного поля, повинна бути обумовлена магнітним полем  $\vec{B}$ . Виходячи з характеристик електромагнітного поля рухомої зарядженої частинки неважко знайти чому ж повинен дорівнювати ротор додаткового електричного поля, щоб сумарна е.р.с. в контурі  $L$  в

СВ К була рівна нулю [22]:  $\operatorname{rot} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ , або в інтегральній формі:

$$\int_S \operatorname{rot} \vec{E} \cdot d\vec{S} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

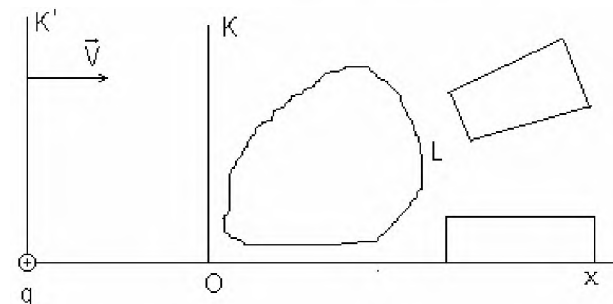


Рис. 1. Не потенціальність електричного поля рухомої зарядженої частинки і виникнення е.р.с. індукції в контурі  $L$ .

Таким чином, зміна вектора магнітної індукції в часі,  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ , породжує вихрове електричне поле, ротор якого чисельно дорівнює, але протилежно направлений ротору не потенціального поля. Узагальнюючи, можна сказати, що будь-яка зміна  $\vec{B}$ , при будь-яких ситуаціях приводить до виникнення вихрового електричного поля. Знак “-“ в рівняннях (1), (2) відповідає правилу Ленца.

Іншими словами, фундаментальний закон (1), фізично є наслідком вимог теорії відносності. Таким чином, в основі явища електромагнітної індукції лежать два принципи: принцип відносності і принцип суперпозиції; явище електромагнітної індукції “з’являється” для того, щоб компенсувати появу в СВ К циркуляції не потенціального електричного поля рухомої зарядженої частинки по довільному замкненому контурі. Виникнення е.р.с. індукції необхідно для задоволення принципу відносності.

Ми змушені обов’язково врахувати релятивістські ефекти (навіть якщо вони і нескінченно малі), щоб при теоретичному (адекватному) описі не зникло саме фізичне явище. Впевнюємося в принциповій необхідності використання релятивістських ідей і точних релятивістських співвідношень при аналізі електромагнітних явищ.

Аналогічно обґрунтовується і рівняння

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (3)$$

#### Деякі висновки

1. Таким чином, на основі принципу відносності, закону Кулона, закону збереження заряду, принципу суперпозиції вдається обґрунтувати всі закони і формули класичної електродинаміки, а відтак – і рівняння Максвелла.

2. Закони Біо-Савара, Ампера, електромагнітної індукції в даній методиці вивчення електродинаміки втрачають статус фундаментальних і розглядаються при цьому як наслідки зазначених вище положень.

3. Методика вивчення електродинаміки, яка ґрунтується на ПВ дозволяє реалізувати і особистісторієорієнтоване навчання, сприяє активному і свідомому вивченню електродинаміки, вчить критично мислити, проникати в суть фізичного явища, відрізнити суттєві і несуттєві ознаки його, допомагає систематизувати знання з електродинаміки і сформулювати теоретичне мислення і науковий світогляд.

4. Показана визначальна роль релятивістських ефектів при поясненні та обґрунтуванні законів і формул електродинаміки.

#### Список використаних джерел

1. *Айнштейн А.* О методе теоретической физики // А.Эйнштейн. Физика и реальность. – М.: Наука, 1965. – 359 с.
2. *Бушок Г.Ф., Венгер Е.Ф.* Методика преподавания общей физики в высшей школе. – К., 2000. – 415 с.
3. *Хуторской А.В.* Современная дидактика: Учебник для вузов. – СПб: Питер, 2001. – 544 с.
4. *Айнштейн А.* Собрание научных трудов. – Т. IV. – М.: Наука, 1967. – 600 с.
5. *Пинский А.А.* Релятивистские идеи в преподавании физики: Автореф. дисс... докт. пед. наук. – М., 1974. – 27 с.
6. *Яворский Б.М., Пинский А.А.* Основы физики: В двух томах: Т. 1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1981. – 480 с. (374-380 с.), Т. 2. – 448 с.
7. *Глазунов А.Т., Нурминский И.И., Пинский А.А.* Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика: Пособие для учителя. – М.: Просвещение, 1989. – 272 с.
8. *Малинин А.Н.* Методические основы изучения теории относительности в курсах физики средних общеобразовательных учреждений и педвузов: Автореф. дисс... докт. пед. наук. – М.: РИЦ ЛГПУ, 2000. – 65 с.
9. *Малинин А.Н.* Теория относительности в задачах и упражнениях. – М.: Просвещение, 1983. – 176 с.
10. *Шапиро И.С.* К истории открытия уравнений Максвелла // Успехи физических наук. – 1972. – Т. 108. – Вып. 2. – С. 319-333.
11. *Левич В.Г.* Курс теоретической физики. – Т. 1. – М.: Наука, 1969. – 912 с.
12. *Пеннер Д.И., Угаров В.А.* Электродинамика и теория относительности. – М.: Просвещение, 1980. – 271 с.
13. *Мултановский В.В., Василевский А.С.* Курс теоретической физики. – М.: Просвещение, 1990. – 272 с.
14. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. – М.: Наука, 1967. – 460 с.
15. *Медведев Б.В.* Начала теоретической физики. – М.: Наука, 1977. – 496 с.
16. *Бредов М.М., Румянцев В.В., Топтыгин И.Н.* Классическая электродинамика. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
17. *Матвеев А.Н.* Электродинамика и теория относительности. – М. Высшая школа, 1967.
18. *Матвеев А.Н.* Электричество и магнетизм. – М.: ВШ, 1983. – 463 с.
19. *Иродов И.Е.* Основные законы электромагнетизма: Учебное пособие для студ. вузов. – 2-е стереотип. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
20. *Терлецкий Я.П., Рыбаков Ю.П.* Электродинамика: Учеб. пособие для студ. физ. спец. университетов. – М.: Высшая шк., 1990. – 352 с.
21. *Парселл Э.* Электричество и магнетизм: Учебное руководство: Пер. с англ. / Под ред. А.И.Шальникова и А.О.Вайсенберга. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1983. – (Берклиевский курс физики). – 416 с.
22. *Коновал О.А.* Непотенциальность электричного поля рухомої зарядженої частинки і закон електромагнітної індукції // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. Серія: педагогічні науки: Збірник. У 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2002. – Вып. 13. – Т. 2. – С. 192-195.
23. *Коновал О.А., Сергеев О.В.* Технологія вивчення електродинаміки на основі теорії відносності // Збірник наукових праць: Педагогічні науки. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2002. – Вып. 32. – Частина 2. – С. 72-76.
24. *Коновал О.А.* Дидактичне та евристичне значення деяких моделей при вивченні електродинаміки // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2002. – Вып. 46. – С.71-76.