

зустрічаються при розробці новітніх засобів навчання, що передбачають графічне представлення перебігу певних фізичних процесів чи відображення будь-яких фізичних залежностей.

Висновки: У статті розглянуто особливості розробки засобів навчання на основі ІКТ технологій, що дозволяють реалізувати графічне відображення оптичних спектрів. Запропонована модель задання неперервних експериментальних функцій, на основі якої можуть бути побудовані інші приклади комп'ютерного моделювання об'єкта вивчення.

БІБЛЮГРАФІЯ

1. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / Величко С.П. – Кіровоград, 1998.-302с.
2. Velychko S., Kovalyov S, Some features of creating modern spectral equipments for educational and practical goals || Editorial-in-Chief Roman Davydov: The advanced science open access journal april 2011. Office 2868, P. O. Box 6945, London W1A 6US, United KinGdom, 2011. -91p.
3. Величко С.П. Графічний метод дослідження природних явищ у навчанні фізики / С. Величко, І. Сальник. - Кіровоград: РВЦ КДПУ, 2002.- 167 с.
4. Резников Л.И. Графический метод в преподавании физики / Резников Л.И.–М.: Учпедгиз, 1960 347 с.
5. Калашников Н. П. Кошкин В. И. Графические методы решение задач по физике: Учебное пособие.- М.:МГНУ, 2004 - 252с.
6. Величко С. П. Реалізація засобів ІКТ у створенні сучасного спектрального обладнання з фізики / Степан Величко, Сергій Ковальов || зб. наук. праць. Уманського ун-ту / Ред. колегія: Побірченко Н.С. та ін. Серія: педагогічна. – Умань, 2011. – част. 3, - С. 327.
7. Лисовский В. Т. Основы концепции и программы воспитания студентов вузов / В. Т. Лисовский – Санкт-Петербург, 1999. – 208 с.
8. Сайман Р. Microsoft Windows API. Справочник системного программиста / Ричард Саймон; [пер. с англ.]. – К.: ООО „ТИД” „ДС”, 2004.-1216 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ковальов Сергій Григорович – аспірант кафедри фізики та методики її викладання КДПУ ім. В. Винниченка, провідний фахівець кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва Кіровоградського національного технічного університету.

Коло наукових інтересів: вивчення оптичних випромінювань в курсі загальної фізики вищої школи.

Бузян Олеся Сергіївна – старший лаборант кафедри фізики та методики її викладання КДПУ ім. В. Винниченка.

Коло наукових інтересів: використання графічних методів при вивченні курсу загальної фізики вищої школи.

ОЗНАЙОМЛЕННЯ СТУДЕНТІВ З НАУКОВО-МЕТОДИЧНИМИ СУПЕРЕЧНОСТЯМИ ПРИ ВИВЧЕННІ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ, ЯК УМОВА ЕФЕКТИВНОСТІ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Олександр КОНОВАЛ, Анатолій КАСПЕРСЬКИЙ

У статті здійснено теоретичний аналіз традиційних підходів до вивчення електродинаміки, звернуто увагу на протиріччя, які виникають при застосуванні класичного закону Біо-Савара і вибору умови нейтральності провідника з постійним струмом.

The article deals with the theoretical analysis of the traditional approaches to electrodynamic teaching. The author has paid attention to the contradictions arising in the process of application of the classical Biot-Savart's law and the neutrality conditions of the conductor with a constant current.

Розвиток сучасної фізичної науки висуває низку нових вимог до фахової підготовки студентів-фізиків, що потребує оволодіння ними системою сучасних наукових знань, накопичених у процесі аудиторної та поза аудиторної самостійної роботи. Виконання цих вимог стає можливим за умови вдосконалення методики вивчення фізики на засадах принципу фундаменталізації (ПФ).

Однак у педагогіці немає єдиного розуміння сутності цього принципу, хоча дискусії з цієї проблеми ведуться досить давно, але і дотепер це поняття тлумачиться досить суперечливо. Так, одні вчені розуміють фундаменталізацію дуже широко, вважаючи, що будь-яка освіта повинна бути фундаментальною. Інші – досить вузько, вважаючи фундаменталізацію антиподом професійної чи прикладної спрямованості навчання [1; 3].

Слушною у цьому контексті може бути точка зору С.У. Гончаренко щодо методики навчання фізики: «...надмірне дотримання історії відкриттів, відмова від належного теоретичного аналізу й відсутність загальної методології призвели до того, що сьогодні цей курс по суті розпався на сукупність окремих спецкурсів, мало пов'язаних один з одним. Йдеться не лише про необхідність збільшення обсягу курсу фізики. Потрібна його якісна перебудова, яка забезпечувала б відповідність фізики як навчальної дисципліни сьогоднішній логіці й структурі фізики як науки» [2, с. 7].

Нашій дослідницькій позиції в найбільшій мірі імпонує точка зору А. Ейнштейна, який вважав, що в пізнанні та у навчанні фізики повинно бути «прагнення звести всі поняття і співвідношення до можливо меншого числа логічно незалежних один від одного основних аксіом і понять».

«... це означає, що ми намагаємося знайти систему ідей, яка дозволила б нам по можливості просто пов'язати воедино факти, що спостерігалися. Але така простота зовсім не означає, що засвоєння саме цієї системи надасть студентові менше всього клопоту. Ми маємо на увазі лише те, що система містить найменше можливе число незалежних постулатів або аксіом» [15, с. 171].

Таким чином на нашу думку, реалізація ПФ першочергово передбачає розбудову методики навчання того чи іншого розділу фізики на таких законах, принципах, дослідних фактах, які не впливають як логічний наслідок з інших положень (фізичних принципів, експериментів) [4].

Однак звернення до сучасних посібників з теоретичної фізики та загального курсу фізики, шкільного курсу фізики засвідчує, що в інтерпретації окремих законів, питань в методиці навчання електродинаміки мають місце суперечності та питання дискусійного характеру, які заважають формуванню у студентів цілісної картини адекватних уявлень щодо системи основних законів електродинаміки. Наш багаторічний досвід засвідчує, що наявність цих суперечностей викликає особливі труднощі у студентів при самостійному опрацюванні навчального матеріалу.

У зв'язку з цим метою статті визначено: здійснення теоретичного аналізу сучасних методичних підходів при викладанні електродинаміки, виявлення суперечностей та проблемних питань в теорії та методиці навчання електродинаміки й окреслення перспектив їх спростування.

Передбачається, що ознайомлення студентів з виявленими суперечностями у процесі самостійної роботи за запропонованою нижче логікою, сприятиме формуванню системних знань з електродинаміки і дозволить майбутнім вчителям фізики використовувати їх при виборі варіантів методики її навчання.

Звернемося до аналізу традиційної (ортодоксальної) методики навчання електродинаміки і тезово констатуємо наступне [4]:

1. Навчання електродинаміки у педагогічних ВНЗ, в основному, носить електротехнічний характер і практично не базується на принципах спеціальної теорії відносності. Спостерігається деяка відчуженість змісту електродинаміки, як навчальної дисципліни, від релятивістської фізики.

2. При навчанні електродинаміки не знаходить адекватного відображення характерна тенденція розвитку сучасної фізики, згідно якої опертя на невелику кількість основних принципів дозволяє пояснити всю сукупність фізичних явищ та законів певного розділу фізики, тобто, при вивченні електродинаміки не реалізується принцип фундаменталізації.

3. Закон електромагнітної індукції (ЕМІ) потребує такого узагальнення, щоб його локальна форма $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ відображала дві фізичні причини, які пояснюють весь спектр проявів ЕМІ.

4. Закон Біо-Савара та формула Ампера-Грассмана також потребують теоретичного обґрунтування, оскільки безпосередньо експериментально доведеними вони не є.

5. Обґрунтування рівняння Максвелла $\text{rot}\vec{B} = \mu_0\vec{j}$ як в традиційній методиці вивчення електродинаміки, так і методиці, що має підґрунтям принцип найменшої дії (ПНД), на наш погляд, формальне і непереконливе.

6. У структурі викладання класичної електродинаміки за ортодоксальною методикою відсутнє фізичне пояснення явища виникнення магнітного поля (МП) постійних та квазістаціонарних струмів. У посібниках з електродинаміки як для вищої школи так і в підручниках з фізики, навіть нового покоління, для середніх навчальних закладів, практично не обговорюється питання про механізм виникнення МП постійних струмів. Фізичне пояснення зводиться до словосполучень типу «електричний струм супроводжується магнітним полем», «з

рухом заряджених частинок зв'язане магнітне поле», «навколо рухомих зарядів (струмів) існує магнітне поле».

7. У межах ортодоксальної методики навчання електродинаміки залишається проблемним (суперечливим і не до кінця з'ясованим) пояснення природи стаціонарного електричного поля провідника з постійним струмом (СЕРПС).

8. Суперечливою і не до кінця з'ясованою в науково-методичній літературі постає умова нейтральності металевого провідника з постійним струмом (ППС).

9. Виявляється, що закон Біо-Савара $d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^3} \cdot [d\vec{l}, \vec{r}]$ та закон Кулона $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$, несумісні

між собою для одночасного використання їх при аналізі електромагнітних явищ, оскільки приводить до принципово хибних висновків і суперечностей [5, с. 68-70].

Ураховуючи обмеженість обсягу наукової статті, зупинимося більш детально на аналізі низки суперечностей, які пов'язані з умовою нейтральності металевого провідника з постійним струмом та з законом Біо-Савара, залишивши перспективою подальших наукових розвідок більш ґрунтовне дослідження причин інших суперечностей та дискусійних питань, що мають місце в теорії та методиці навчання електродинаміки.

Історично так склалося, що обговорення питання про об'ємний заряд ППС (або іншими словами - умова нейтральності ППС) в навчально-методичній літературі було започатковане в посібнику Р.Фейнмана [6].

Аналізується задача про взаємодію ППС та зарядженої частинки, яка рухається вздовж ППС (рис. 1).

Циліндричний лінійний металевий ППС розташований нерухомо вздовж осі OX системи відліку K (рис. 1).

Тоді очевидно, що густина струму дорівнює: $j_x = \rho_- \cdot v$, де $\rho_- = \frac{\rho_-^0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ - густина заряду

електронів провідності в системі відліку (СВ) K , $\beta = \frac{v}{c}$, c - швидкість світла у вакуумі, ρ_-^0 ,

ρ_+^0 - густини зарядів електронів провідності і позитивних іонів, відповідно, у власних системах відліку, v - дрейфова швидкість електронів провідності.

Загальноприйнятою умовою нейтральності (ППС) є [6; 7; 8]:

$$\rho_+^0 = -\frac{\rho_-^0}{\sqrt{1-\beta^2}} = -\rho_- \quad (1)$$

Для простоти, будемо вважати, що швидкість СВ K' чисельно рівна швидкості електронів провідності $V = v$.

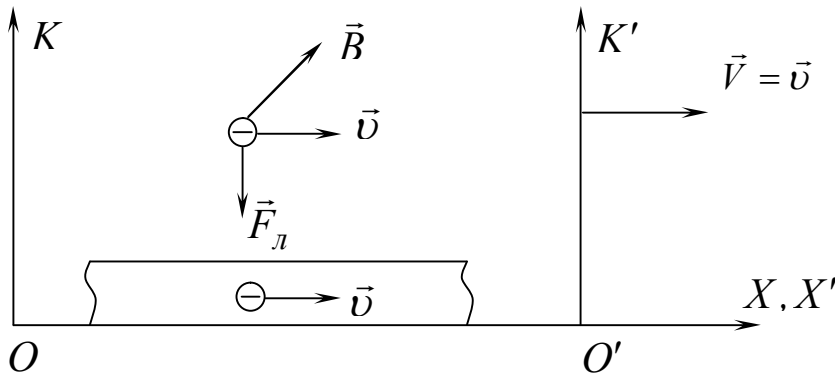


Рис. 1. Взаємодія електрона і ППС в СВ K і СВ K'

Тоді с точки зору СВ K' ППС буде характеризуватися об'ємною густиною заряду:

$$(2)$$

де $\rho'_- = \rho_-^0 = \rho_- \sqrt{1-\beta^2}$.

Мабуть вперше на суперечливість умови нейтральності (1) звернуто увагу в роботі Г.В.Ніколаєва [9]: оскільки СВ K і СВ K' рівноправні, то при $\vec{V} = \vec{v}$ завдяки симетричним умовам, якими

визначається рух електронів і протонів відповідно у СВ K і у СВ K' , фізичні ситуації у цих СВ повинні бути однаковими.

У науково-методичній літературі запропоновано три способи розв'язування указаної суперечності:

Спосіб 1. «...фізичні властивості негативного і позитивного зарядів виявляються різними» [9]. Але, якщо електрон і протон в електромагнітних взаємодіях проявляють себе симетрично, то «ми вимушені визнати існування фізичної нееквівалентності нерухомої на поверхні масивного, що створює гравітаційне поле, тіла Землі лабораторної СВ по відношенню до будь-якої іншої СВ, яка рухається відносно неї» [9, с. 6].

Спосіб 2. Провідник зі струмом нейтральний в тій СВ, яка рухається зі швидкістю дрейфу електронів провідності [10, с. 92], тобто в СВ K' :

$$\rho' = \rho'_+ + \rho'_- = 0, \quad (3)$$

$$\text{де } \rho'_+ = \frac{\rho_+^0}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad \rho'_- = \rho_-^0 = \rho_- \sqrt{1-\beta^2}.$$

Аргументація авторів статті [10] наступна. Припустимо появу об'ємного заряду провідника зі струмом в СВ K' (2) і розглянемо взаємодію електронів провідності ППС з полем цього об'ємного заряду. В СВ K їх рух зумовлює густину струму $\rho_- \vec{v}$. Через те що у СВ K' на електрони провідності «магнітне поле не діє і не існує другої сили, яка змогла б зрівноважити дію електричного поля об'ємного заряду» [10, с. 91], необхідно зажадати виконання (3).

Спосіб 3. Умова нейтральності провідника, що запропонована нами [11]:

$$\rho_+^0 = -\rho_-^0. \quad (4)$$

Тоді у СВ K нерухомий провідник зі струмом характеризується об'ємною густиною заряду [11]:

$$\rho = \rho_+^0 - \frac{\rho_-^0}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\rho_+^0}{\sqrt{1-\beta^2}} (\sqrt{1-\beta^2} - 1). \quad (5)$$

Таким чином, як бачимо, мають місце суперечності щодо вибору умови нейтральності ППС.

Звернувшись наразі до аналізу інтерпретації закону Біо-Савара, звернемо, по-перше, увагу на розмаїття підходів до трактування статусу цього закону [4]:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot [d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}. \quad (6)$$

Незважаючи на розуміння того, що закон (6) принципово недоступний дослідній перевірці, закон Біо-Савара у переважній більшості сучасних навчально-методичних посібників тлумачиться як експериментальний закон.

Але аналіз суті цього закону та історичних джерел свідчить про некоректність такого підходу при вивченні та інтерпретації співвідношення (6) [4; 5].

По-друге, наші дослідження показали, що в деяких випадках застосування закону (6) приводить до результатів, що суперечать основним положенням релятивістської електродинаміки [4].

Якщо припустити (і це досить правдоподібно), що всі електрони в металевому провіднику, які реалізують елемент струму $i d\vec{l} = -q \vec{v} N$, рухаються з однаковою швидкістю \vec{v} , то із (6) та принципу суперпозиції одержуємо вираз для індукції магнітного поля (МП), яке створюється однією рухомою зарядженою частинкою (ЗЧ) [12]:

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} \cdot [\vec{v}, \vec{r}] = \mu_0 \epsilon_0 \left[\vec{v}, \frac{q \vec{r}}{4\pi \epsilon_0 r^3} \right] = \mu_0 \epsilon_0 [\vec{v}, \vec{E}], \quad (7)$$

де $\vec{E} = \frac{q \vec{r}}{4\pi \epsilon_0 r^3}$ - напруженість електричного поля, що створюється (в нерелятивістському наближенні) рухомою ЗЧ у відповідній точці поля.

Звернемо увагу на низку суперечностей, які виникають при застосуванні закону Біо-Савара. Так, застосування виразу для індукції магнітного поля рухомої ЗЧ $\vec{B} = \epsilon_0 \mu_0 [\vec{v}, \vec{E}]$ (який може розглядатися як наслідок закону (6)) та виразу $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$ для аналізу однієї і тієї ж

електродинамічної задачі приводить до висновків, що суперечать принципу відносності.

Дійсно, розглянемо уявний експеримент, схема якого зображена на рис. 2.

Згідно з традиційною інтерпретацією явища ЕМІ, в контурі, внаслідок зміни за часом індукції магнітного поля в кожній точці плоскої поверхні, обмеженої контуром L (а, отже, і зміни магнітного потоку в часі), виникне ЕРС індукції.

Але такий висновок суперечить принципу відносності: при переході в систему відліку, яка зв'язана з ЗЧ, контур буде рухатися в центральносиметричному кулонівському полі. Таке поле потенціальне, тому відсутні фізичні причини, які могли б породжувати ЕРС в контурі L .

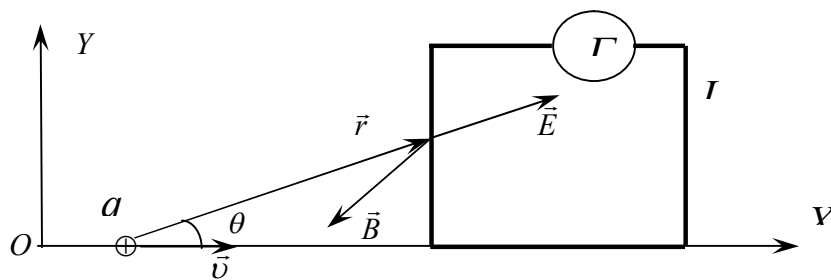


Рис. 2. Схема уявного експерименту по визначенню ЕРС індукції в контурі L . ЗЧ рухається з постійною швидкістю \vec{v} в площині контуру L .

Аналогічно, в прикладах, які зображені на рис. 3 і рис. 4, використання класичного закону Біо-Савара (6) приводить до результату, що суперечить принципу відносності.

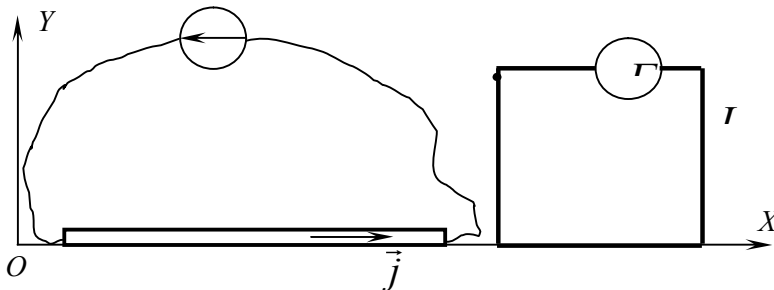


Рис. 3. У дротяному в контурі L_1 , який знаходиться поряд з нескінченно довгим провідником з постійним струмом, ЕРС відсутня

Згідно з законом Біо-Савара (6) та традиційною інтерпретацією явища ЕМІ, в контурі L_1 (див. приклади, які показані на рис. 3 та рис. 4) слід чекати появу певної ЕРС індукції. Такий висновок впливає із наступних міркувань.

Кожний із електронів провідності, який рухається з дрейфовою швидкістю в провідниках електричного кола, створює в кожній точці плоскої поверхні, обмеженої контуром L_1 , змінне магнітне поле. Це змінне магнітне поле в свою чергу в кожній точці поверхні породжує вихрове електричне поле ($rot\vec{E} \neq 0$). Інтегральний ефект повинен проявитися у виникненні індукційного струму в контурі L_1 . Але досліди показують, що ЕРС в контурі L_1 не виникає.

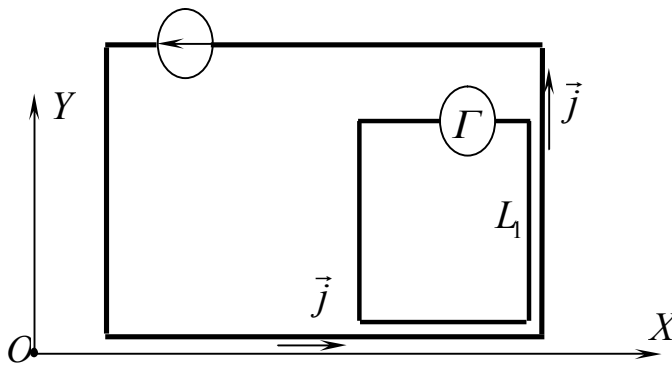


Рис. 4. У дротяному в контурі L_1 , який знаходиться поряд з колом постійного струму, ЕРС відсутня

Отже, застосування закону (6) та його еквіваленту – виразу для індукції МП, яке породжується окремою рухомою ЗЧ - $\vec{B}_1 = \epsilon_0 \mu_0 [\vec{v}, \vec{E}] = \frac{\mu_0 q \cdot [\vec{v}, \vec{r}]}{4\pi r^3}$ в подібних задачах дає результат, що суперечить фізичній реальності.

Таким чином, закон Біо-Савара і формула $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$ (закон Кулона), несумісні між собою для одночасного використання при аналізі однієї і тієї ж електродинамічної задачі, оскільки призводять до принципово помилкових висновків і протиріч [4].

Отже, традиційна методика вивчення електродинаміки, заснована, зокрема, і на класичному законі Біо-Савара не може пояснити відсутність ЕРС в контурах на рисунках 2, 3, 4. Однак, у стандартних посібниках і в науково-методичних публікаціях ці дві формули використовуються разом, що є, з нашої точки зору, фізичною помилкою.

У той же час закон Біо-Савара може розглядатися як наслідок рівняння Максвелла $rot\vec{B} = \mu_0\vec{j}$.

Дійсно, вектор-потенціал $\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} \frac{\vec{j}(\vec{r}') dV'}{R}$ є розв'язком рівняння Пуассона для векторного потенціалу:

$$\nabla^2 \vec{A} = -\mu_0 \vec{j},$$

де $\vec{j}(\vec{r}')$ - густина струмів провідності в просторовій області V' (рис. 5).

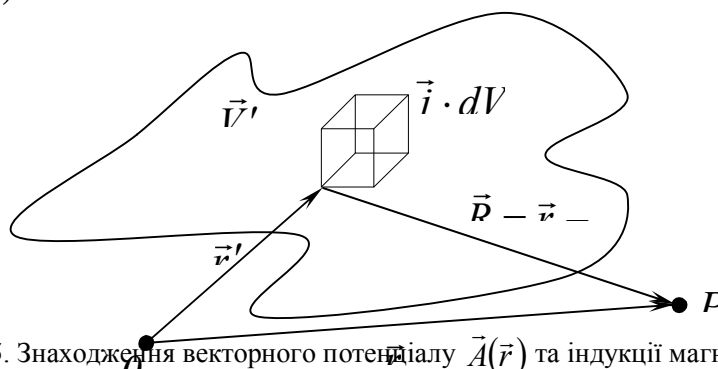


Рис. 5. Знаходження векторного потенціалу $\vec{A}(\vec{r})$ та індукції магнітного поля в т. Р, що створюються постійними струмами, розподіленими в об'ємі V'

$$\text{Тоді } \vec{B}(\vec{r}) = rot\vec{A}(\vec{r}) = rot \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} \frac{\vec{j}(\vec{r}') dV'}{R} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} rot \frac{\vec{j}(\vec{r}') dV'}{R}. \quad (8)$$

Використовуючи формули векторного аналізу:

$$\text{rot}(u\vec{a}) = u \cdot \text{rot}\vec{a} + [\text{gradu}, \vec{a}],$$

де $u(\vec{r})$ - скалярна функція, підінтегральний вираз (8) набуває вигляду:

$$\text{rot} \frac{\vec{j}(\vec{r}')}{R} = \frac{1}{R} \text{rot} \vec{j}(\vec{r}') + \left[\text{grad} \frac{1}{R}, \vec{j}(\vec{r}') \right] = \left[\text{grad} \frac{1}{R}, \vec{j}(\vec{r}') \right] = \frac{[\vec{j}(\vec{r}'), \vec{R}]}{R^3},$$

$$\text{оскільки } \text{grad} \frac{1}{R} = -\frac{\vec{R}}{R^3}.$$

Тобто, отримуємо [13, с.81; 14, с. 184]:

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V' \frac{[\vec{j}(\vec{r}'), \vec{R}]}{R^3} dV'. \quad (9)$$

Із закону $\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V' \frac{[\vec{j}(\vec{r}'), \vec{R}]}{R^3} dV'$ одержується, у випадку лінійних струмів, закон Біо-Савара в диференціальній формі:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^3} \cdot [d\vec{l}, \vec{r}]$$

і який суперечить в деяких задачах, як ми впевнилися вище, принципу відносності.

Але як з позицій логіки фізичної науки на засадах ПФ узгодити взаємопротилежні точки зору:

а) рівняння Максвелла релятивістськи коваріантні (тобто рівняння Максвелла не суперечать принципу відносності А. Ейнштейна), й з них випливає як наслідок закон Біо-Савара;

б) закон Біо-Савара $d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^3} \cdot [d\vec{l}, \vec{r}]$ та закон Кулона $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$, які в навчально-

методичній літературі часто застосовуються разом, несумісні між собою та суперечать принципу відносності. Використання їх одночасно при аналізі електромагнітних явищ приводить до принципово хибних висновків і суперечностей.

У посібнику [13] стверджується, що подібні викладки, і зокрема, таким чином одержаний закон Біо-Савара є наближеними. Наближеними в тому сенсі, що в рівнянні Максвелла $\text{rot}\vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ начебто нехтується струмами зміщення [13, с. 79]. Але яке відношення мають струми зміщення до рівняння Максвелла для постійних струмів $\text{rot}\vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ в традиційному розумінні цього рівняння?!

Наша педагогічна практика засвідчує, що ознайомлення студентів-фізиків з сутністю викладених вище протиріч, сприяє розвитку їх критичного мислення та більш глибокому осмисленню науково-методичних проблем у процесі самостійного вивчення СТВ і електродинаміки.

Підсумовуючи, зауважимо, що викладену вище аргументацію не слід вважати безсумнівною. А скоріше слід розглядати як підґрунтя для різнобічної науково-методичної дискусії, результат якої сприяв би спростуванню проблемних питань методики навчання електродинаміки та позитивно вплинув би на якість розуміння студентами значення і ролі теоретичного й емпіричного в фізиці та методиці її навчання.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Тестов В.А. Фундаментальность образования: современные подходы / В.А. Тестов // Педагогика : научно-теоретический журнал. – 2006. – №4. – С. 3-9.
2. Гончаренко С. У. Принцип фундаменталізації освіти / С. У. Гончаренко // Наукові записки. Серія «Педагогічні науки». – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2004. – Вип. 55. – С. 3-8.
3. Семеріков С.О. Теоретико-методичні основи фундаменталізації навчання інформатичних дисциплін у вищих навчальних закладах : дис. д-ра пед. наук : 13.00.02 / С.О.Семеріков ; НПУ ім. М.П. Драгоманова. – К. : 2009. – 522 с.
4. Коновал О.А. Теоретичні та методичні основи вивчення електродинаміки на засадах теорії відносності : монографія / О.А.Коновал ; Міністерство освіти і науки України ; Криворізький державний педагогічний університет. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – 346 с.
5. Коновал О. А. Теоретичні і методичні засади вивчення електродинаміки як релятивістської теорії у вищих педагогічних навчальних закладах : дис. д-ра пед. наук : 13.00.02 / О.А. Коновал ; НПУ ім. М.П. Драгоманова. – К. :

2010. – 488 с.

6. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике: в 9 т. / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – Т. 5 : Электричество и магнетизм. – М. : Мир, 1966. – 290 с.

7. Угаров В. А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – М. : Наука, 1977. – 384 с.

8. Беккер Р. Электронная теория / Р. Беккер. – Л. : ОНТИ, 1936. – 416 с.

9. Николаев Г. В. Парадокс Фейнмана и асимметрия лабораторной и движущейся систем отсчета / Г. В. Николаев. – М., 1975. – 20 с. – Статья деп. в ВИНТИ, рег. №1937-75.

10. Мартинсон М. Л. О плотности заряда внутри проводника с током / М. Л. Мартинсон, А. В. Недоспасов // Успехи физических наук. – 1993. – Т. 163. – № 1. – С. 91–92.

11. Коновал А. А. Заряжен ли проводник, по которому протекает ток? / А. А. Коновал, В. П. Панов. – М., 1980. – 12 с. – Статья деп. в ВИНТИ, № 4318-80.

Коновал О. А. Електричне поле провідника зі струмом / О. А. Коновал // Дидактика дисциплін фізико-математичної та технологічної освітніх галузей : Збірник наук. пр. Кам'янець-Подільського держ. пед. ун-ту. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : К-ПДПУ, інф.-вид. від., 2002. – Вип. 8. – С. 265–275.

12. Коновал О. А. Основы электродинамики : навч. посіб для студ. вищ. пед. навч. закл. / О. А. Коновал ; Міністерство освіти і науки України ; Криворізький державний педагогічний університет. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2008. – 347 с.

13. Левич В. Г. Курс теоретической физики : в 2 т. / В. Г. Левич. – Т. 1. – М. : Наука, 1969. – 912 с.

14. Савельев И. В. Основы теоретической физики : в 2 т. / И. В. Савельев. – Т. 1 : Механика и электродинамика. – М. : Наука, 1975. – 416 с.

15. Эйнштейн А. Собрание научных трудов : в 4 т. / Альберт Эйнштейн. – Т. 4. – М. : Наука, 1967. – 600 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Коновал Олександр Андрійович – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її навчання Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Коло наукових інтересів: дидактика фізики вищої та середньої школи.

Касперський Анастасій Володимирович – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри технічної фізики і математики НПУ ім. М.П. Драгоманова.

Коло наукових інтересів: дидактика фізики вищої та середньої школи.

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗВИТКУ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ НА УРОКАХ ФІЗИКИ

Ольга КОСТИНІЧ

У статті розглянуті основи, етапи, особливості технології розвитку критичного мислення. Проаналізовано особливості навчального процесу побудованого на засадах критичного мислення. Розроблена технологія розвитку критичного мислення учнів на уроках фізики.

The article describes the basics, stages and the features of the technology development of critical thinking. The features of the learning process built on the principles of critical thinking are analyzed. The technology development of critical thinking pupils in physics is developed.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Для успіху у майбутньому професійному житті сучасному школяру необхідно вчасно отримувати навчальну інформацію, критично оцінювати, опановувати та застосовувати її, а також робити аргументовані висновки. Це пов'язане з розвитком критичного мислення.

Вчити так, щоб в учнів розвивалося критичне мислення, важче, ніж просто повідомляти їм окремі факти і закономірності. У процесі навчання фізики вони мають оволодіти основними фізичними закономірностями і теоріями, навчитись виділяти головне, аргументувати власну точку зору в процесі навчання. Такий учень ефективно взаємодіє з інформаційним простором, відчуває впевненість при роботі з різними видами інформації. Саме тому розвиток критичного мислення учнів на уроках фізики набуває великого значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У закордонній педагогіці і психології проблемою розвитку критичного мислення займається велика кількість науковців: С. Заїр-Бек[1], А. Ліпкіна[2] М. Махмутов[4], Д. Халперн[7] та інші. В Україні проблемою розвитку критичного мислення займаються такі вчені О. Марченко[3], О. Пометун[5], О. Тягло[6] та інші. Однак питання застосування методів і прийомів технологій розвитку критичного мислення на уроках фізики до тепер не було предметом спеціального дослідження.

Мета статті - теоретично обґрунтувати та розробити технологію розвитку критичного мислення учнів при навчанні фізики в старшій школі.