

6. Горбань М.М. «На уроці та після...»/М.М. Горбань/ Чернігів: «Десна», 1992 С. 7-30.
 7. Жук Ю.О. «Використання нових інформаційних технологій у навчально-дослідницькій діяльності» / Ю.О. Жук// Фізика та астрономія в школі. – 1997 – №1,3. – С. 4-7.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Калашнік Світлана Петрівна – заступник директора з навчально-виховної роботи, вчитель фізики вищої категорії, старший учитель, Перчунівська ЗШ I-III ступенів Добровеличківської районної державної адміністрації Кіровоградської області.

Коло наукових інтересів: нанотехнології, методика навчання фізики.

**ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ
 ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ РУХОМОЇ ЗАРЯДЖЕНОЇ
 ЧАСТИНКИ ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ САМОСТІЙНОСТІ
 МИСЛЕННЯ СТУДЕНТІВ**

Олександр КОНОВАЛ, Микола СЛЮСАРЕНКО, Тетяна ТУРКОТ

У статті обґрунтовано необхідність розвитку самостійності мислення студентів-фізиків у процесі здійснення теоретичного аналізу особливостей векторних полів. У зв'язку з тим, що електродинаміка та методика її навчання насичені достатньо великою кількістю суперечностей, доведено, що саме на матеріалі їх вивчення можна плідно формувати самостійність і критичний стиль мислення майбутніх учителів фізики. На конкретних прикладах теоретичного аналізу особливостей електричного поля рівномірно рухомої зарядженої частинки продемонстровано шляхи реалізації дидактичних можливостей «критичного навчання».

The necessity of the development of students-physicists` independent thinking in the process of implementation of theoretical analysis of vector fields peculiarities is substantiated in the article. Due to the fact that electrodynamics and methods of its teaching are full of rather large number of contradictions, it is proved that on the material of its study it is possible to form independency and critical thinking style of future teachers of physics. The ways of implementation of didactic functions of «critical learning» on the specific examples of the theoretical analysis of the peculiarities of the electric field of a uniformly moving charged particle are demonstrated.

Одним із стратегічних завдань, які постають перед сучасною вищою педагогічною школою, є розвиток творчих здібностей та творчого мислення студентів. Необхідною умовою вирішення цього актуального завдання визначається орієнтація навчального процесу на формування особистості майбутнього вчителя, здатного до різнобічного самостійного осмислення процесів оточуючої дійсності, педагога з креативним мисленням, характерною рисою якого є самостійність та критичність. На потребі нагального вирішення проблеми формування самостійності мислення студентів акцентують увагу дидакти вищої школи. Так, наприклад, О.В. Малихін у своєму монографічному дослідженні підкреслює, що для успішного здійснення самостійної пізнавальної діяльності необхідною є спроможність студентів вільно варіювати власною роботою мислення. Саме тому для результативності й ефективності самостійної навчальної діяльності до її змісту мають включатися завдання на розвиток усіх процесів мислення та мисленнєвих операцій (самостійне сприйняття матеріалу, його осмислення, що передбачає співставлення і розрізнення, аналіз і синтез, абстрагування, узагальнення й конкретизацію, перехід від конкретного, часткового до абстрактного і від абстрактного до наочного, часткового) [6, с. 72-74].

У розвиток цієї тези на думку В.А. Попкова та А.В. Коржуєва [7, с. 131], при залученні студентів до теоретичного аналізу навчального матеріалу з метою формування самостійності та критичного стилю мислення *необхідно:*

а) використовувати такі фрагменти навчальної інформації, які б стимулювали студентів до самостійного осмислення констатованих в науці результатів з точок зору різних незалежних один від одного підходів. При цьому міра співпадання наукових результатів та

результатів, отриманих студентами у процесі самостійного пошуку, буде свідчити про правомірність та обґрунтованість отриманих ними висновків;

б) використовувати такі підходи до організації самостійної роботи студентів, які б стимулювали їх не приймати «на віру», а критично оцінювати пропонувані викладачем чи підручником твердження. Тобто викладач, пропонуючи матеріали до самостійного опрацювання, постає не в якості фігури, що знає істину в останній інстанції, а презентує себе як дослідника, що залучає студента до сумісного пошуку істини, людини, яка має право висувати як правильні судження, так і хибні, які студенту необхідно самостійно проаналізувати і виправити;

в) використовувати в розумних межах історично-наукові знання, на яких формувалось те чи інше викладене у підручнику знання;

г) пропонувати студентам-фізикам проаналізувати чинники та умови, які можуть впливати на те чи інше фізичне явище, але які раніше не аналізувалися в повній мірі.

Ураховуючи, що електродинаміка та методика її викладання насичена достатньою кількістю суперечностей, ми вважаємо, що саме на матеріалі її вивчення можна плідно формувати самостійність і критичний стиль мислення студентів-майбутніх фізиків. У зв'язку з цим **метою** статті ми окреслили виявлення дидактичних можливостей теоретичного аналізу особливостей електричного поля рухомої зарядженої частинки у розвитку самостійності мислення студентів-фізиків.

Звернемось до методики «критичного навчання», тобто критично-конструктивного аналізу особливостей електричного поля рухомої зарядженої частинки.

Існує фізичне векторне поле, властивості якого принципово відрізняються від традиційно відомих з курсу класичної електродинаміки. Мова йде про електричне поле рівномірно рухомої зарядженої частинки (ЕПРЗЧ).

Нагадаємо конспективно властивості ЕПРЗЧ.

Відомо, що ЕПРЗЧ визначається [3]:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \frac{q\vec{r}\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)}{4\pi\epsilon_0 \left[(x - Vt)^2 + (y^2 + z^2) \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) \right]^{3/2}} = f(\beta, \theta) \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}, \quad (1)$$

де x, y, z - координати точки поля у СВ K $\vec{r} = (x - Vt) \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$ - радіус-вектор, проведений від миттєвого положення ЗЧ до точки поля, r - це віддаль точки поля від миттєвого положення ЗЧ, а θ - кут між напрямом руху ЗЧ (вектором швидкості \vec{V} ЗЧ) та радіус-вектором, проведеним із миттєвого положення ЗЧ в дану точку простору (див. рис. 1),

$$f(\beta, \theta) = \frac{\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)}{\left(1 - \frac{V^2}{c^2} \cdot \sin^2 \theta\right)^{3/2}}.$$

У наявних навчально-методичних виданнях принципова відмінність між електричним полем рухомої ЗЧ і електричним полем нерухомої ЗЧ не аналізується, більш того на неї не звертається увага. Такий підхід може призводити принаймні до помилок в розрахунках і некоректних висновків.

1. Напруженість електричного поля рухомої ЗЧ залежить від напрямку знаходження точки поля (кута θ) та від швидкості руху ЗЧ.

Величина напруженості електричного поля ЗЧ, що рухається з довільною за величиною швидкістю \vec{V} зменшується в напрям руху й збільшується в площині, перпендикулярній до швидкості руху ЗЧ \vec{V} .

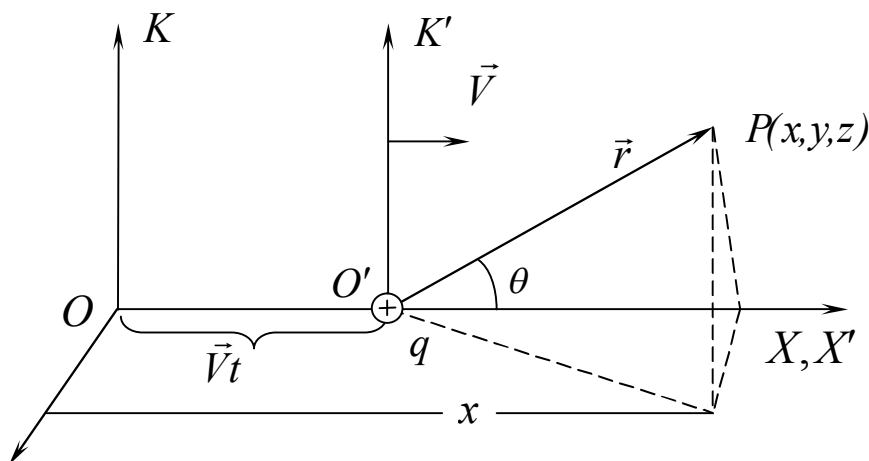


Рис. 1. До ілюстрації формули напруженості електричного поля РЗЧ

При релятивістських швидкостях напруженість поля рухомого заряду на заданій відстані від нього мала за лінією руху ЗЧ та велика в перпендикулярному напрямі, тобто поле начебто сконцентровується поблизу площини, проведеної через миттєве положення ЗЧ перпендикулярно його швидкості.

У зв'язку з цим говорять, що електричне поле рухомої ЗЧ «сплющується» в напрямі руху.

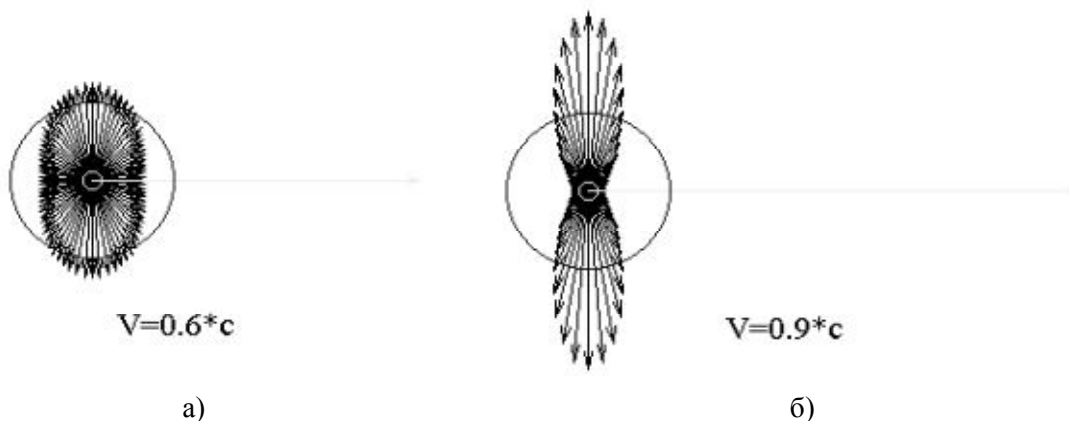
2. Комп'ютерне моделювання електричного поля РЗЧ сприяє наочному усвідомленню особливостей електричного поля РЗЧ [3].

Так, картина ЕП, яка отримана в [3] (рис. 2) не описана в існуючих посібниках з електродинаміки. З тексту вказаних посібників випливає, що нібито електричне поле РЗЧ сплющується в напрямку руху таким же чином, як і еквіпотенціальні поверхні Хевісайда (див. наприклад, [4, с. 125; 2, с. 184]).

Аналіз формули (1) та комп'ютерне моделювання ЕП РЗЧ показало, «сплющування» електричного і магнітного полів в напрямку руху суттєво залежить від кута θ . А саме, при $\theta = 0$ та $V > 0,95c$ $E_{\parallel} \rightarrow 0$.

Іншими словами, в будь-якій площині, в якій знаходиться вісь OX (вектор швидкості ЗЧ \vec{V}) величина вектора \vec{E} на полярній діаграмі утворює картину електричного поля, що нагадує «вісімку».

Окрім того в посібнику [2, с. 163–164] та деяких методичних статтях [5] картина поля, яка зображена з допомогою силових ліній не тільки невдало ілюструє властивості електричного поля РЗЧ та сплющення його в напрямку руху ЗЧ, а й є помилковою.



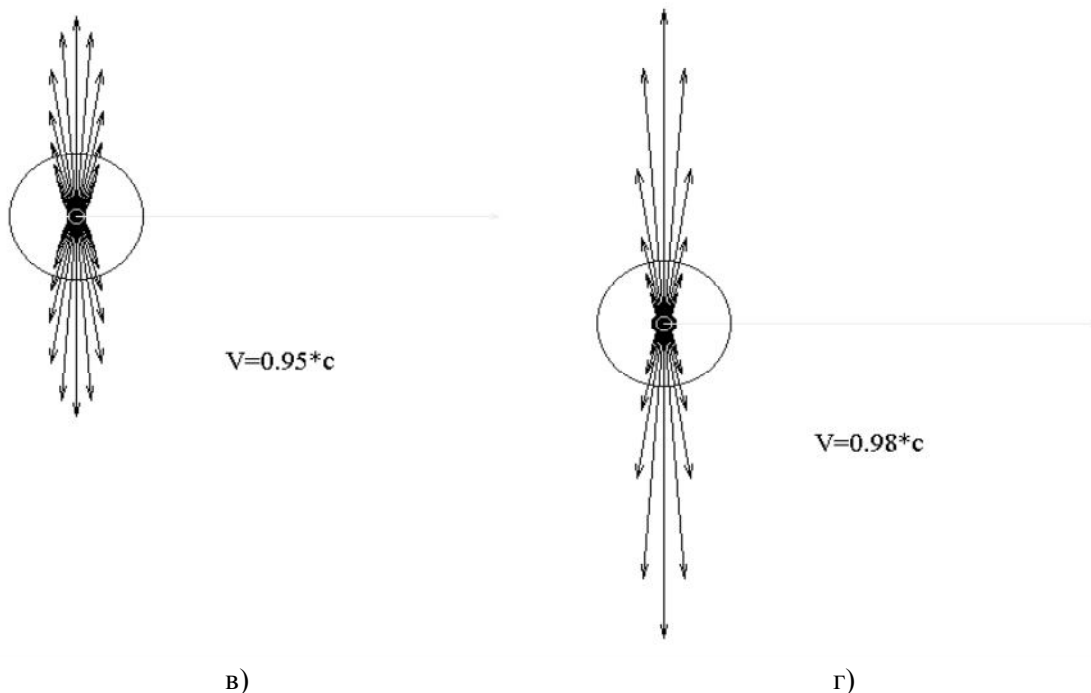


Рис. 2. Полярні діаграми напруженості електричного поля РЗЧ в площині XOY при різних значеннях швидкості руху ЗЧ

Картина електричного поля (1) в тривимірній моделі має вигляд, зображений на рис. 3, 4, 5. В центрі знаходиться заряджена частинка, а віддалі від центру до точок на моделі дорівнює, в певному масштабі, величині напруженості ЕП в точках простору рівновіддалених від миттєвого положення ЗЧ.

Так, при $V = 0$ ми одержуємо модель, що відображає електричне поле нерухомої, або повільно рухомої ($V \ll c$), ЗЧ (рис. 3).

З рисунку 3 видно, що вектори напруженості електричного поля на однаковій відстані від заряду однакові за величиною. Але цей висновок справедливий тільки при малих швидкостях руху ЗЧ або коли ЗЧ нерухома.

При збільшенні швидкості поле зарядженої частинки начебто сплющується в напрямі його руху. Так, наприклад, при $V = 0,6c$ зліва на рис. 4 зображена картина ЕП в площині XOY , справа – просторова картинка.

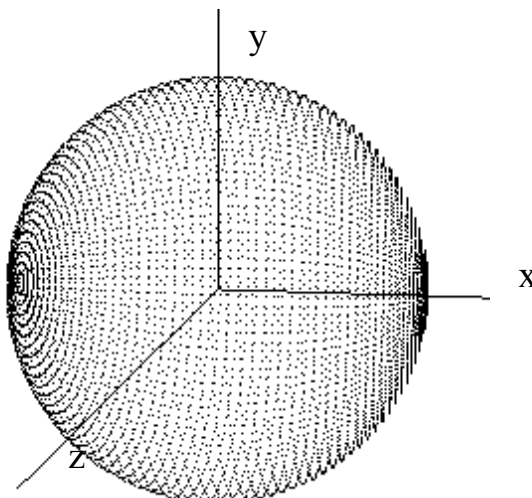


Рис. 3

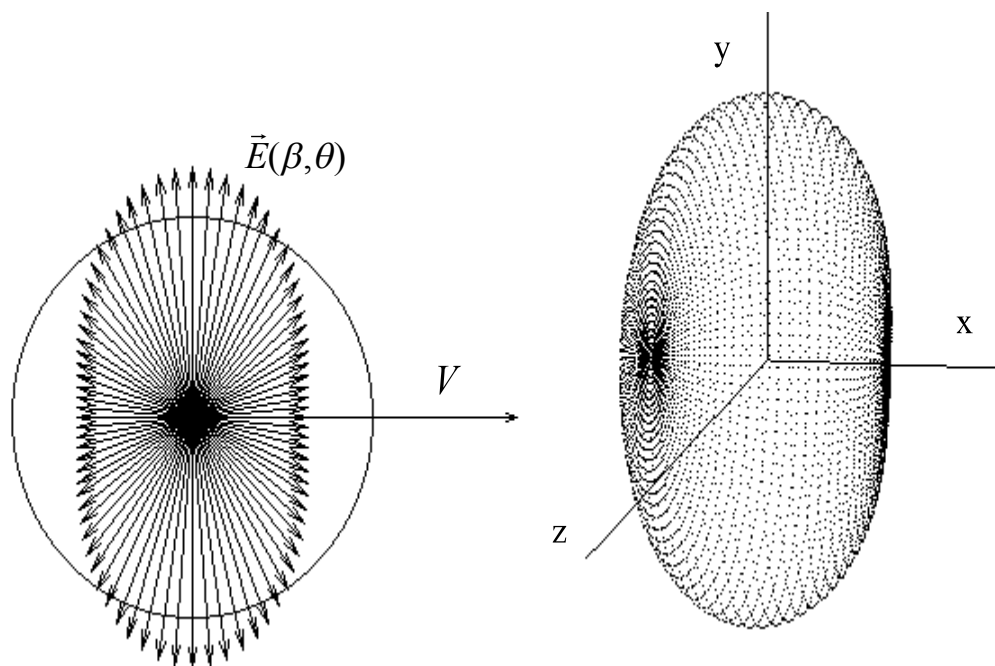


Рис. 4

При швидкості руху ЗЧ ($V=0.9c$) картина поля суттєво змінюється (рис. 5).

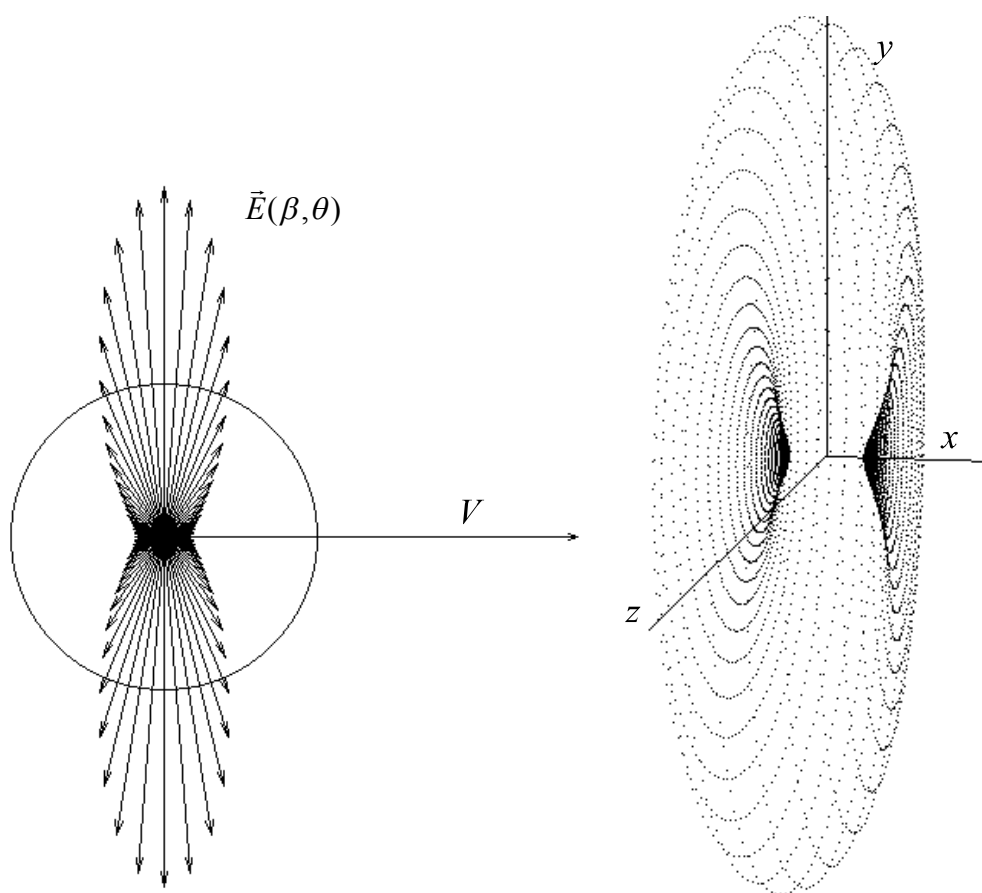


Рис. 5. Картина електричного поля РЗЧ при швидкості руху $V=0.9c$

3. Електричне поле РЗЧ не є сферично-симетричним, хоча і характеризується значними симетріями, зокрема, поле вектора \vec{E} дзеркально симетричне відносно будь-якої площини, яка проходить через вісь OX й симетричне відносно площини YOZ , що проходить через миттєве положення ЗЧ (див. рис. 2.).

4. Електричне поле рухомої ЗЧ є, взагалі кажучи, непотенціальним полем [3]:

$$\text{rot} \vec{E} \neq 0, \tag{2}$$

5. У той же час можна вказати на безліч контурів в цьому полі, циркуляція вектора \vec{E} вздовж яких дорівнює нулю.

Дійсно, розглянемо картину поля в деякий момент часу. Тоді $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$:

а) вздовж будь-якого контуру, що лежить в площині YOZ і яка проходить через миттєве положення ЗЧ;

б) вздовж симетричного контуру, який, в свою чергу, симетрично розташований відносно площини YOZ , яка проходить через миттєве положення ЗЧ;

в) вздовж симетричного контуру, який симетрично й перпендикулярно розташований відносно будь-якої площини, яка проходить через вісь OX (наприклад, вздовж симетричного контуру, що симетрично розташований відносно площини YOX).

Таким чином, завдяки певній симетрії ЕПРЗЧ (рис. 2) можна знайти форми замкнутих контурів, циркуляція $\oint_L \vec{E} d\vec{l}$ вздовж яких дорівнює нулю. Тобто, з одного боку, в будь-якій

точці поля поза межами ЗЧ електричне поле є вихровим полем $\text{rot} \vec{E} \neq 0$, а з іншого – є потенціальним (якщо за критерій потенціальності поля брати $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$).

На цю особливість ЕПРЗЧ ми власне і пропонуємо звернути увагу студентів при самостійному опрацюванні матеріалу. Для поглиблення вивчення теми та систематизації отриманої самостійно інформації пропонуємо студентам індивідуальні завдання такого, наприклад, типу. **Завдання 1.** Знайти $\oint_L \vec{E} d\vec{l}$ вздовж будь-якого контуру, що лежить в площині YOZ і яка проходить через миттєве положення ЗЧ.

Відомо, що динамічні моделі більш повно передають інформацію про властивості об'єкту, і з психологічної точки зору краще запам'ятовуються, оскільки дію моделі можна розглядати і вивчати необхідну кількість разів, повертаючись до різних аспектів механізму, часового перебігу явища та ін.

Як показав досвід використання програми моделювання [3], вона є легкою для сприйняття як студентами так і учнями, тому може інтенсивно використовуватися в самостійній навчальній діяльності для формування самостійності та критичного стилю мислення суб'єктів навчання.

Досвід використання наших імітаційних моделей в навчальному процесі показав, що вони виконують не лише пояснювальну функцію, а й сприяють кращому розумінню властивостей ЕМП РЗЧ та поглибленому вивченню особливостей ЕМП РЗЧ, реалізуючи таким чином принцип наочності й науковості в навчанні.

Резюмуючи вищевикладене, звернемо увагу на ті дидактичні труднощі, які має передбачити викладач, орієнтований на формування самостійності мислення та його критичного стилю у майбутніх учителів фізики. По-перше, слід бути готовим до того, що в процесі самостійного осмислення «проблемного» матеріалу студенти, які використовують метод критичного пізнання, часто отримують результати, які не співпадають з тими, які очікував викладач. У такому випадку, педагог за допомогою запитань, додаткових завдань має допомогти студенту «добудувати» його первинний освітній результат до більш

аргументованого у науковому сенсі вигляду, виступаючи при цьому консультантом, експертом і навіть співавтором «відкриття», зробленого підопічним. По-друге, важливим є розуміння факту, що умовою досягнення цілей і завдань формування самостійності і критичності мислення є збереження індивідуальних особливостей студентів, унікальності їх особистості, її різноманітності та різнорівневості.

Наша практика засвідчує, що шляхами вирішення цієї проблеми можуть бути:

а) індивідуальні завдання студентам для самостійної роботи на лабораторно-практичних заняттях;

б) організація групової роботи щодо самостійного розв'язання складної фізичної проблеми за методом «мозкового штурму»;

в) формування завдань для самостійної роботи «відкритого типу», які передбачають їх виконання студентами у відповідності з індивідуальними інтересами;

г) максимальне залучення найбільш зацікавлених студентів до науково-дослідного пошуку.

Безперечно, діяльність викладача в умовах «критичного навчання» передбачає збільшення часу та інтелектуальних зусиль на підготовку індивідуальних завдань й організацію самостійної навчальної діяльності студентів. Між тим, перспектива отримати високоякісний продукт науково-педагогічної діяльності — майбутнього вчителя фізики зі сформованою самостійністю та критичним стилем мислення, безсумнівно, виправдовує ці затрати та визначає напрям наших майбутніх наукових розвідок.

А результати вдосконалення методики критичного аналізу особливостей векторних полів передбачається викласти у наших подальших науково-методичних публікаціях.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Подопригора Н. В. Математичні методи фізики : [навч. посібник для студентів вищ. навч. закладів] / Н. В. Подопригора, О. М. Трифонова, М. І. Садовий. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 300 с.
2. Парселл Э. Электричество и магнетизм : учебное руководство : пер. с англ. / Э. Парселл ; под ред. А. И. Шальникова и А. О. Вайсенберга. – 3-е изд., испр. – М. : Наука, 1983. – 416 с. – (Берклиевский курс физики).
3. 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. : іл.
4. Ландау Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1973. – 504 с.
5. Дідович М. М. Систематизація знань учнів при формуванні поняття електромагнітного поля / М.М. Дідович, С.М. Мощенко // Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні : [матеріали наук.-практ. конф.]. – Чернівці : ЧДПУ ім. Т. Г. Шевченка, 1998. – С. 53–57.
6. Малихін О.В. Організація самостійної навчальної діяльності студентів педагогічних вищих навчальних закладів: теоретико-методологічний аспект: монографія / Олександр Володимирович Малихін. - Кривий Ріг: Видавничий Дім, 2009. - С. 67-78.
7. Попков В.А., Коржуев А.В. Дидактика высшей школы: Учеб. пособие для студ. высших учеб. заведений / Владимир Андреевич Попков, Андрей Вячеславович Коржуев. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Издательский центр «Академия», 2004. - 192 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Коновал Олександр Андрійович – доктор пед. наук, професор, зав. каф фізики та методики її навчання Криворізького педінституту ДВНЗ «КНУ».

Коло наукових інтересів: педагогіка і психологія вищої школи, дидактика фізики вищої та середньої школи.

Слюсаренко Микола Анатолійович – канд. пед. наук, доцент кафедри фізики та методики її навчання, Криворізький педінститут ДВНЗ «КНУ».

Коло наукових інтересів: дидактика фізики вищої та середньої школи, теорія розв'язування задач.

Туркот Тетяна Іванівна - канд. пед. наук, доцент каф. теорії та методики викладання природничо-математичних та технологічних дисциплін, КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти».

Коло наукових інтересів: педагогіка і психологія вищої школи, дидактика фізики вищої та середньої школи.