

дослідницьких завдань, але і бути засобом підвищення ефективності усіх напрямів діяльності кафедри. Спеціальності, за якими готує студентів кафедра, її структурні підрозділи, нові електронні навчальні посібники, зв'язки з промисловими підприємствами, з випускниками — все це може знайти відображення на титулі кафедрального Web-сайту. Істотно, що для університетських кафедр перевага надається науковому викладенню усіх матеріалів.

Основними принципами конструювання освітнього Web-сайту можна назвати його адресність, інтерактивність і продуктивність щодо майбутніх користувачів (відвідувачів), тобто учасників навчального процесу та інших навчальних і наукових заходів, що здійснює кафедра.

При створенні кафедрального Web-сайту необхідно враховувати його зовнішні і внутрішні аспекти. По-перше, кафедра організує свою діяльність у відкритому інформаційному просторі, а тому вона має бути цікавою для сторонніх відвідувачів, яких цікавлять не лише графічні, а також пізнавальні та інтерактивні переваги сайту. По-друге, кафедральний сайт може стати корисним інструментом для розв'язання традиційних внутрішніх проблем, наприклад, залучення абітурієнтів, розподіл випускників, залучення професорів з інших університетів тощо.

Поширюються Web-сторінки спеціалізованого призначення, тобто освітні Web-квести (від англійського question — запитання). Такі сторінки на різних освітніх сайтах, створені за конкретною темою, поєднуються гіперпосиланнями на сторінки інших сайтів в Інтернет. Наприклад, сторінка з курсу “Вища математика” має посилання на сервери реально існуючих наукових лабораторій, бібліотек науково-дослідних інститутів, як вітчизняних, так і зарубіжних. При цьому Web-сторінка оформлюється як освітня, з відповідними описами, цілями, завданнями, очікуваними результатами навчання студентів і контролюючими функціями.

Освітні Web-квести можуть бути автономними або входити до змісту навчальних курсів. На Web-сторінці з навчальної дисципліни розташовується текст викладача або розробника, що підготував цей курс. Як правило, сторінку присвячено деякому окремому питанню, кожна теза у тексті супроводжується посиланнями на статті, ілюстрації, інші матеріали, що стосуються даного питання і розташовані як на даному серверу, так і на віддалених. Кількість гіперпосилань на одній Web-сторінці досягає двох десятків, при цьому студент самостійно обирає, які матеріали йому переглядати, які взагалі не відкривати. Деякі сторінки можуть мати посилання на відео файли з інтерв'ю видатних спеціалістів з досліджуваної проблеми або інші навчальні матеріали.

Мережа Інтернет дозволяє конструювати освітні системи так званого розподіленого навчання. Студент при цьому одночасно навчається у різних освітніх установах, конструюючи індивідуалізовану траєкторію власної цілісної освіти.

Висновки. Заповнення Інтернет-простору освітніми інформаційними ресурсами постає однією з актуальніших проблем сьогодення, що вимагає працювання різноманітних способів подання інформації в Всесвітній мережі. Актуалізуються питання якості змісту, експертизи, пошуку і фільтрації цих ресурсів. Здешевлення інформації спричиняє падіння її якості, що пов'язано з інтенсивним розвитком Інтернет. Для деяких користувачів Інтернет стало звичкою не перерахувати власні листи і виправляти помилки, тобто погіршується стиль електронного листування. На першу позицію виходить проблема екології навчальної мережі, тобто захисту студентів і учнів від засмічення інформаційного середовища.

З урахуванням позначених перспектив має трансформуватися структура професійної підготовки майбутнього фахівця, випускника університету.

Література

1. Глинський Я.М., Рязька В.А. Інтернет. Сервіси HTML і Web-дизайн. — Львів: Деол, 2002. — 168 с.
2. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учебное пособие для студентов педвузов / Под ред. Е.С.Полат. — М.: Изд. центр «Академия», 1999.
3. Козлакова Г.О., Лисиця Н.В., Милов О.В. Информатика для студентів, які вивчають англійську мову: Навчальний посібник / За ред. В.Ю.Бикова. — К.: ІСДО, ВІПОЛ, 1994. — 168 с.
4. Козлакова Г.О., Кагадій Л.П., Чуднов К.У. Математика: Навчальний посібник для вступників до вузів / За ред. А.В.Павленка. — К.: ІСДО, ВІПОЛ, 1994. — 144 с.
5. Козлакова Г.О. Інформаційно-програмне забезпечення: місце і роль у підтримці педагогічної дистанційної освіти. — Газета «Освіта», 28.05 — 4.06.2003. — С. 6–7.
6. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы, перспективы использования. — М.: Школа-Пресс, 1994.
7. Хуторской А.В. Интернет в школе. Практикум по дистанционному обучению. — М.: ИОСО РАО, 2000.
8. Хуторской А.В. Практикум по дидактике и современным методам обучения: Учебное пособие. — СПб.: Питер, 2004. — 541 с.
9. Довідник для вступників до вищих навчальних закладів України на 2004 рік./ Упоряд. Болюбаш Я.Я. та інші — К.: Вид-во «Абрис», 2004. — 512 с.

Властивості і комп'ютерне моделювання електромагнітного поля рухомої зарядженої частинки

Знаходження електромагнітного поля (ЕМП) зарядженої частинки (ЗЧ), яка рухається рівномірно і прямолінійно з довільною по величині швидкістю, являється однією з академічних задач, що має точний розв'язок. На цій фізичній моделі відпрацьовувалися математичні методи класичної та релятивістської електродинаміки. Являється актуальним і дидактичне значення моделі та розв'язків для електричного та магнітного полів ЗЧ, яка рухається з релятивістською швидкістю. Аналіз та застосування розв'язків для ЕМП рухомої ЗЧ дозволяє проілюструвати принцип доповнюваності, принцип відносності та одержати ряд важливих науково-методичних результатів [10, 11, 12].

Нагадаємо найбільш вживані в навчально-методичній літературі методи знаходження електромагнітного поля зарядженої частинки, яка рухається з $\vec{V} = \text{const}$.

Як відомо, характеристики ЕМП РЗЧ можуть бути отримані різними способами:

- а) шляхом розв'язання рівняння Даламбера для векторного і скалярного потенціалів [1, 7];
- б) використовуючи потенціали Ліенара-Віхерта [1, 7, 8];
- в) на основі формул перетворення компонент електромагнітного поля [4];
- г) використовуючи формул перетворення компонент 4-потенціалу [4, 8];

На наш погляд, найбільш прийнятними та прозорими при вивченні електродинаміки в вищому педагогічному НЗ являються способи в) та г). Але, якщо орієнтуватися на вивчення, в необхідному обсязі, ЕМП довільно рухомої ЗЧ, то альтернативі способу б) немає. Очевидно, що при вивченні цього питання в курсі загальної фізики слід скористатися способом в).

Але коротко нагадаємо спосіб г). Сумістимо початок декартової системи відліку (СВ) K з точковою ЗЧ, величина заряду якої q . СВ K' рухається з швидкістю \vec{V} відносно лабораторної СВ K . Тоді компоненти 4-потенціалу в СВ K' дорівнюють:

$$\Phi'_1 = \Phi'_2 = \Phi'_3 = 0, \Phi'_4 = \frac{i}{c} \varphi',$$

де $\varphi' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r'}$ — скалярний потенціал в точці поля, що знаходиться на віддалі r' від ЗЧ, c —

швидкість світла в вакуумі, i — уявна одиниця. Використовуючи формули перетворення для компонент 4-потенціалу та перетворення Лоренца для координат події знаходимо електромагнітні потенціали ЕМП РЗЧ в СВ K :

$$\vec{A}(x, y, z, t) = \frac{\vec{V}}{c^2} \varphi(x, y, z, t), \quad (1)$$

$$\text{де} \quad \varphi(x, y, z, t) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{(x - Vt)^2 + \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)(y^2 + z^2)}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 s} \quad (2)$$

І для індукції магнітного поля, що створюється РЗЧ одержуємо:

$$\vec{B} = \text{rot} \vec{A} = \frac{1}{c^2} [\vec{V} \vec{E}], \quad (3)$$

$$\text{де} \quad \vec{E} = -\nabla \varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = -\nabla \varphi + \frac{\vec{V}}{c^2} (\vec{V} \cdot \nabla \varphi)$$

Враховуючи (2) для напруженості електричного поля \vec{E} маємо:

$$\begin{aligned} \vec{E}(r, \theta) &= -\nabla \varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = -\nabla \varphi + \frac{\vec{V}}{c^2} (\vec{V} \cdot \nabla \varphi) = \\ &= \frac{q \cdot \vec{r} \cdot \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \left[(x - Vt)^2 + (y^2 + z^2) \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) \right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{q \cdot \vec{r} \cdot \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^3 \cdot \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \cdot \sin^2 \theta\right)^{\frac{3}{2}}} \end{aligned} \quad (4)$$

де $\vec{r} = (x - Vt) \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$ — радіус-вектор, проведений із миттєвого положення ЗЧ в дану точку поля, θ — кут між векторами \vec{V} та \vec{r} (див рис. 1.)

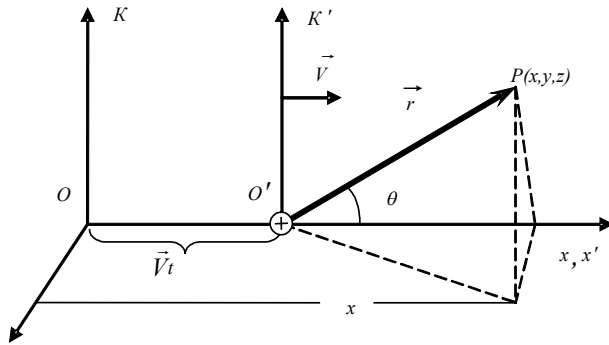


Рис. 1. Просторове положенні ЗЧ та радіус-вектора \vec{r} при визначенні ЕМП рухомої зарядженої частинки

Відмітимо основні властивості ЕМП РЗЧ.

1. Вектор \vec{B} перпендикулярний напруженості електричного поля та швидкості руху ЗЧ;

2. Електричне поле не являється сферично-симетричним, хоча і характеризується значними симетріями, зокрема поле вектора \vec{E} дзеркально симетричне відносно координатних площин XOZ (взагалі кажучи, відносно будь-якої площини, що проходить через вісь OX), YOZ;

3. Напрямок вектора \vec{E} співпадає з радіус-вектором, проведеним із миттєвого положення ЗЧ в дану точку поля;

4. Електричне поле рухомої ЗЧ являється, взагалі кажучи, не потенціальним полем [12]:

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt},$$

хоча можна вказати на безліч контурів в цьому полі, циркуляція вектора \vec{E} вздовж яких дорівнює нулю. Так, наприклад, $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$:

а) вздовж будь-якого контура, що лежить в площині YOZ;

б) вздовж контура, що симетрично розташований відносно площини YOZ;

в) вздовж контура, що симетрично розташований відносно площини XOZ.

Тобто, з одного боку, в будь-якій точці поля поза межами ЗЧ електричне поле являється вихровим полем $\text{rot} \vec{E} \neq 0$, з іншого – являється потенціальним (якщо за критерій потенціальності поля брати $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$).

Завдяки певній симетрії ЕП РЗЧ можна знайти форми замкнутих контурів, циркуляція $\oint_L \vec{E} d\vec{l}$ вздовж яких

дорівнює нулю. Але по суті своїй поле вектора \vec{E} являється вихровим, оскільки і \vec{E} породжується $\frac{d\vec{B}}{dt}$ і \vec{H}

породжується $\frac{d\vec{D}}{dt}$. Тоді як може бути потенціальним електричне поле, яке утворене суперпозицією електричних полів сукупності рухомих ЗЧ (наприклад, електричне поле провідника з постійним струмом)?!

5. Різниця між електричним полем рухомого заряду і полем нерухомого заряду зводиться до сильної залежності напруженості поля рухомого заряду від напрямку знаходження точки поля (кута θ) та від швидкості ЗЧ. Напруженість електричного поля ЗЧ зменшується в напрямку руху (коли $\theta = 0, \theta = \pi$,

$E_{\parallel} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} (1 - \beta^2)$. При $V \rightarrow c$ $E_{\parallel} \rightarrow 0$) і збільшується в площині перпендикулярній до \vec{V} (коли $\theta = \pm \pi/2$,

$E_{\perp} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$. При $V \rightarrow c$ $E_{\perp} \rightarrow \infty$), рис. 3.

6. Знайдемо силу з якою ЗЧ діє на іншу ЗЧ, що рухається разом з першою.

Ця сила згідно [1, 10, 13] дорівнює:

$$\vec{F} = q_2 (\vec{E} + [\vec{V} \vec{B}]) \quad (5)$$

Після підстановки значень \vec{E} та \vec{B} (3) в (5) для так званої «конвекційної сили» одержуємо вираз:

$$\vec{F} = -q_2 \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) \cdot \nabla \varphi = -q_2 \nabla \varphi_H, \quad (6)$$

де φ_H - конвекційний потенціал Хевісайда:

$$\varphi_H(x, y, z, t) = \frac{q_1 \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right)}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{(x - Vt)^2 + \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) (y^2 + z^2)}} \quad (7)$$

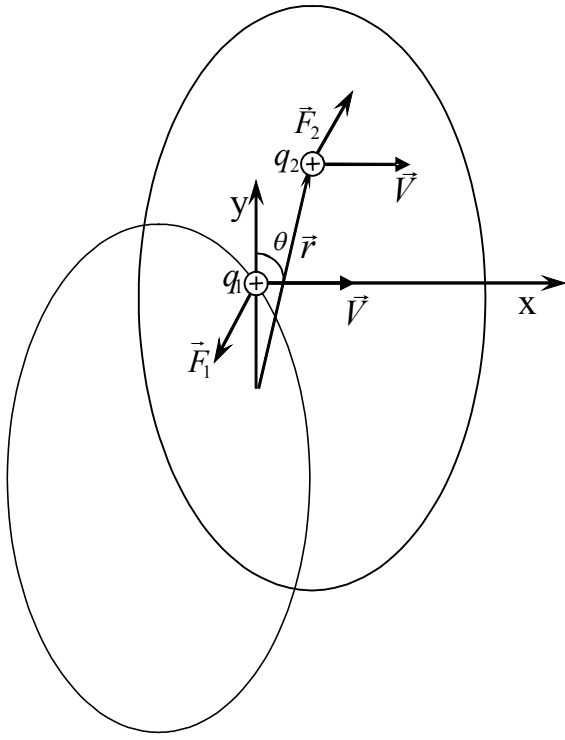


Рис. 2. Сили взаємодії між двома ЗЧ, які знаходяться з допомогою конвекційного потенціалу Хевісайда

Потенціал Хевісайда має постійне значення, $\varphi_H = const$, на поверхні сплющеного еліпсоїду обертання:

$$(x - Vt)^2 + (y^2 + z^2) \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) = const \quad (8)$$

Ці хевісайдовські еліпсоїди можна уявити, якщо сімейство концентричних сфер стиснути в напрямку руху (тобто, в напрямку осі ОХ) у відношенні $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$.

Із результатів (6), (8) випливають такі наслідки. Оскільки градієнт будь-якого скалярного поля перпендикулярний до еквіпотенціалів цього поля, то сила, що діє на рухому ЗЧ з боку іншої ЗЧ, згідно (6), завжди перпендикулярна до поверхні еліпсоїду Хевісайда першої ЗЧ в точці знаходження другої ЗЧ. Для наочності аналізу розглянемо випадок, коли в момент $t = 0$ початки координат СВ К і СВ К' співпадають (тобто, коли ЗЧ q_1 знаходиться в точці О). Таким чином, якщо тільки лінія, яка з'єднує дві ЗЧ не паралельна, або не перпендикулярна вектору швидкості руху \vec{V} то сили взаємодії двох ЗЧ не направлені по радіус-вектору, (див. рис. 2.).

По-друге, якщо такі дві ЗЧ з'єднані твердим стержнем, то на систему "ЗЧ-стержень" буде діяти момент сил, який при однойменних зарядах на кінцях стержня, намагається повернути стержень в напрямку руху:

$$\vec{M} = [\vec{r}\vec{F}] = -q_1 q_2 [\vec{r} \cdot \nabla \varphi_H] \quad (9)$$

$$M_z = - \frac{q_1 q_2 \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) \cdot xy \frac{V^2}{c^2}}{4\pi\epsilon_0 \left\{ x^2 + (y^2 + z^2) \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) \right\}^{\frac{3}{2}}} = - \frac{q_1 q_2 \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) \cdot \frac{V^2}{2c^2} \sin 2\theta}{4\pi\epsilon_0 r \cdot \left\{ 1 - \frac{V^2}{c^2} \sin^2 \theta \right\}^{\frac{3}{2}}} \quad (10)$$

Цей обертовий момент намагалися в свій час знайти Траутон і Нобл, спостерігаючи за поведінкою підвішеного на пружній нитці зарядженого конденсатора. Якби експеримент показав наявність обертового моменту – це було б підтвердженням існування переважної системи відліку.

7. Дещо несподіваними виявилися результати моделювання ЕМП рухомої ЗЧ. Картина ЕМП, яку ми отримали (див. рис. 3) не описана в існуючих підручниках 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, [2, с.125; 9, с. 184]).

Комп'ютерне моделювання ЕП та дослідження функції

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

показало, що полярна діаграма напруженості ЕП РЗЧ при великих швидкостях руху її не має вигляду сплющеного еліпсоїду. При $V \rightarrow c$ в області значення кутів $\theta \approx 0$ спостерігається ніби "перетяжка" на полярній діаграмі напруженості електричного поля, і в площині ХОУ полярна діаграма має вигляд "вісімки" (рис. 3б, 3в, 3г):

при різних значеннях швидкості руху ЗЧ

В основу комп'ютерної програми, що ілюструє особливості електромагнітного поля рівномірно рухомої зарядженої частинки були покладені формули для напруженості електричного (4) та індукції магнітного полів (3).

Була використана мова програмування «TURBO PASCAL»[6]. В програмі було створене меню з шести пунктів: «Електричне поле», «Магнітне поле», «Електромагнітне поле», «Графік: $(1 - \beta^2)$ », «Графік:

$\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}\right)$ », а також «Вихід». Все це було пророблено, щоб підтримувати двосторонній зв'язок з користувачем та для переключення від одного до іншого необхідного пункту меню. Простота управління не створює труднощів в процесі використання програми і не вимагає витрат часу на вивчення правил користування.

Використовуючи комп'ютерну модель як засіб пізнання вдається проілюструвати залежність напруженостей електричного та магнітного полів від швидкості зарядженої частинки. Спостерігати як змінюється вигляд ЕМП в цілому, порівняти величини полів при різних швидкостях руху та в різних напрямках. Все це для наочності, для кращого розуміння властивостей ЕМП РЗЧ.

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 раз, повертаючись до різних аспектів механізму, часового перебігу явища. Наші імітаційні моделі виконують пояснювальну функцію, сприяють поглибленому вивченню особливостей ЕМП РЗЧ.

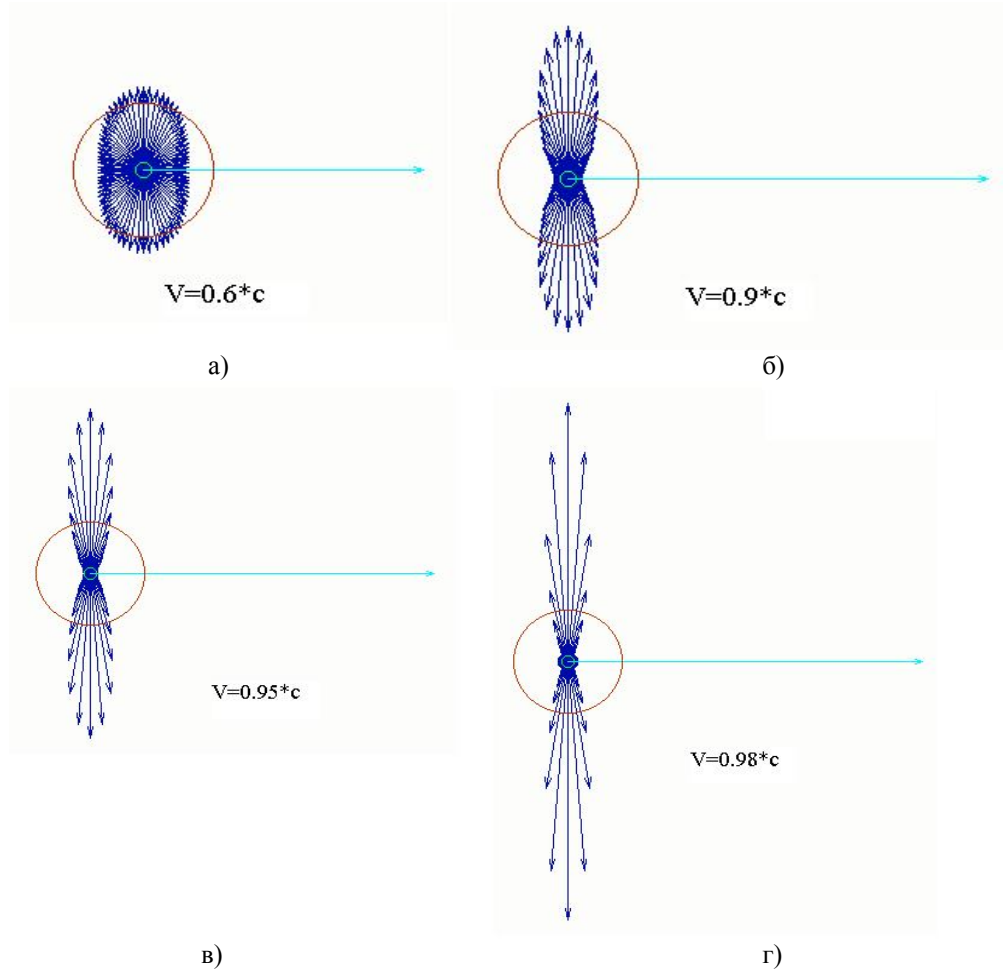


Рис. 3. Полярні діаграми напруженості електричного поля РЗЧ в площині XOY

Література

1. Беккер Р. Электронная теория. – Л.: ОНТИ, 1936. – 416с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Наука, 1973. – 504с.
3. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. – М.: ВШ, 2001. – 352с.
4. Угаров В.А. Специальная теория относительности. – М.: Наука, 1977. – 384с.
5. Сугаков В.И. Теоретическая физика. Электродинамика. – М.: ВШ, 1974. – 272с.
6. Немнюгин С.А. Turbo Pascal. – СПб: Издательство «Питер», 2001. – 496 с.: ил.
7. Пановский В., Филипс М. Классическая электродинамика. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 432с.
8. Савельев И.В. Основы теоретической физики. Том.1.: Механика и электродинамика. – М.: Наука, 1975. – 416с.
9. 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). — 416с.
10. Коновал О.А. Особливості методики формування поняття “магнітне поле”//Фізика та астрономія в

школі. – 2002. — № 3. – С. 24-26.

11. Коновал О.А. Дидактичне та евристичне значення деяких моделей при вивченні електродинаміки // Наукові записки. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2002. – Вип.46. – С.71-76.

12. Коновал О.А. Непотенціальність електричного 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. – Вип.13. — Т.2. — С.192-195.

13. Шут М.І., Сташкевич О.М., Касперський А.В., Січкарь Т.Г. Електрика і магнетизм. Навчально-методичний посібник для самостійної роботи. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2002. – 236с.

УДК 373.5.025: 537.852

Кузьменко Г.М., Руденко О.П.

Полтавський військовий інститут зв'язку,
Полтавський державний педагогічний університет
ім. В.Г. Короленка, м. Полтава

Формування умінь і пізнавального мотиву на практичних заняттях з теми: «Електромагнітна індукція»

Протягом останнього десятиріччя рівень знань з фізики випускників середніх навчальних закладів знизився. У багатьох вищих технічних закладах освіти не проводиться вступний іспит з фізики. Одночасно відбулося значне зменшення аудиторних годин, відведених на вивчення фізики [1]. Певні труднощі вивчення фізики зумовлені ще й тим, що викладання фізики у вищих технічних закладах освіти випереджає в часі викладання вищої математики. Всі ці факти негативно впливають на якість підготовки студентів з фізики.


Такий стан з вивченням фізики не може не турбувати педагогічну спільноту. Вихід з цього становища ми бачимо в активізації мотивації учіння фізики з метою формування пізнавального мотиву. Саме формування інтересу до здобування нових знань і умінь — один із основних шляхів покращення якості підготовки з фізики. Великі можливості формування пізнавального мотиву ми бачимо у професійній орієнтації занять з фізики, яка збільшує інтерес до фізики і прагнення поглибити свої знання.

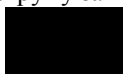
Під уміньми ми будемо розуміти здатність на належному рівні розв'язувати практичні задачі, здобувати самостійно нові знання, доцільно використовуючи свій попередній досвід і знання. Пізнавальний мотив — це інтерес до знань, потреба в розумовій діяльності, у пізнанні, у розширенні знань, прагнення здобувати нові знання і вміння, застосовувати, вдосконалювати свої пізнавальні можливості, інтелектуальні здібності.

Тема «Електромагнітна індукція» має велике значення не тільки у вивченні шкільного і вузівського курсів фізики, а й у вивченні електро- і радіотехніки та засобів зв'язку. Досвід багатьох викладачів вищих закладів освіти і вчителів фізики свідчить, що студенти і учні часто не вміють застосовувати закони електромагнітної індукції і самоіндукції. Цей факт зумовив тему цієї статті, метою якої є прагнення поділитись досвідом і запропонувати простий, доступний і наглядний спосіб формування умінь, необхідних для розв'язування практичних задач з електромагнітної індукції. Покажемо це на прикладі проведення практичних занять з електромагнітної індукції і самоіндукції.

Під час визначення електрорушійної сили (ЕРС) електромагнітної індукції і самоіндукції значна частина студентів і курсантів, як свідчить наш досвід, не мають навіть первинних умінь застосування необхідних формул. Вони не можуть визначитись, в яких випадках необхідно визначати ЕРС через середнє значення швидкості зміни магнітного потоку або середнє значення швидкості зміни сили струму, а в яких випадках необхідно знаходити похідні від відповідних величин за часом. Знаходячи ЕРС у коливальному контурі при заданій силі струму і частоті, деякі студенти і курсанти намагаються користуватися формулою:



При цьому вони визначають період коливань через частоту і використовують його як Δt . Тільки незначна частина студентів записує спочатку закон зміни струму в контурі , а потім визначають похідну від сили струму за часом і за формулою



— знаходять електрорушійну силу самоіндукції.

З метою прискорення процесу формування умінь у Полтавському військовому інституті зв'язку розроблені навчально-методичні карти (НМК). Подібні логічні схеми використовуються і в інших середніх і вищих закладах освіти, але психолого-педагогічне підґрунтя їх застосування вимагає подальшого вивчення. Розглянемо методику формування умінь розв'язування задач з електромагнітної індукції за допомогою НМК, розробленої нами (рис. 1).