

В.Д.Швець

Відкритий міжнародний університет
розвитку людини “Україна”

Теоретичні основи програмування навчальної діяльності студентів у процесі вивчення електродинаміки

Актуальність роботи. В останні роки в методичній літературі явно визначилась динаміка методичних форм застосування комп'ютерних технологій у навчальному процесі від простого використання комп'ютера на лабораторних [1], практичних [2], лекційних [3] заняттях з фізики до створення освітніх web-серверів та підручників [4-12] для дистанційного навчання. Разом з тим необхідно зазначити, що наявні на сьогодні інтернет-підручники з фізики є здебільшого простим повторенням тексту друкованої книжки, який у кращому випадку супроводжується комп'ютерними ілюстраціями [12]. Такий підхід до посібника не є задовільним з точки зору обмежень, що їх накладають санітарно-гігієнічні норми роботи з монітором. Користувач повинен отримати в лаконічній і ясній формі систему базових знань, необхідну для самостійного оволодіння навчальним матеріалом. Основою для створення такої системи є представлення знань у вигляді графів. Спроби представлення знань окремих тем в фізиці з використанням графів виконані в [13,14]. Послідовне і систематичне подання знань розділу „Механіка” виконане в [15]. Дана стаття є продовженням цієї роботи для розділу „Електродинаміка”.

Мета статті полягає у побудові реляційного графу, заснованого на використанні інтегрально-диференціальних співвідношень між фізичними величинами, що є представленням знань розділу „Електродинаміка” як основи для програмування навчальної діяльності студентів.

Розглянемо процес побудови графу, який пов'язує фізичні поняття, що характеризують електричне поле. Для створення графу введемо ряд позначень. Нехай, \hat{R} - оператор першої похідної, внизу справа будемо позначати величину, за якою ведеться

диференціювання, наприклад: $\hat{R}_x = \frac{d}{dx}$, $\hat{R}_q = \frac{d}{dq}$, $\hat{R}_s = \frac{d}{ds}$.

Оператор оберненої до диференціювання дії – інтегрування будемо позначати як \hat{R}^{-1} . В таких позначеннях напруженість електричного поля можливо характеризувати похідною, яка має вигляд:

$$\vec{E} = \frac{d\vec{F}}{dq} = \hat{R}_q \vec{F} \quad (1)$$

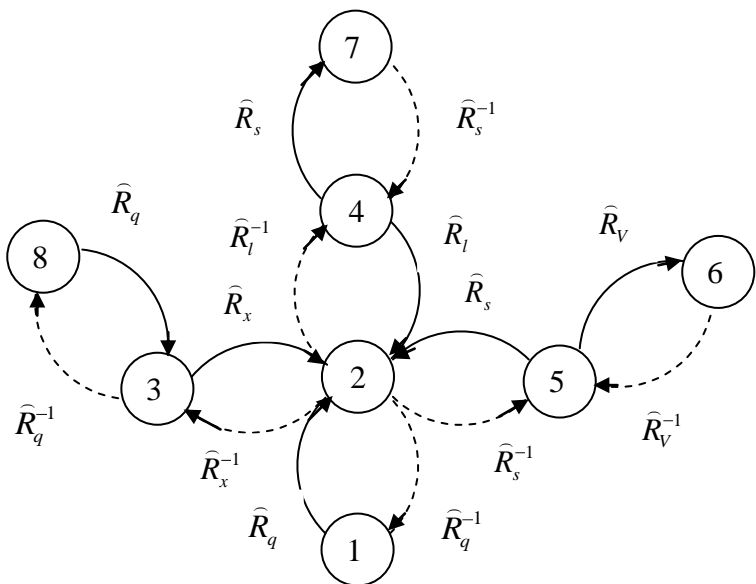


Рис.1 Граф, що відображає основні інтегральні та диференціальні співвідношення між характеристиками електричного поля.

Позначення на рис.1:

вершина 1 - F_K ; вершина 2 - E ; вершина 3 - U ;

вершина 4 - $\oint_L \vec{E} d\vec{l}$; вершина 5 - $\oint_S \vec{E} d\vec{s}$; вершина 6 - $div \vec{E}$;

вершина 7 - $rot \vec{E}$; вершина 8 - A .

Якщо силу кулонівської взаємодії між зарядами позначати як вершину 1, а напруженість як вершину 2 графа, зображеного на рис.1, то ці вершини можуть бути з'єднані дугами \widehat{R}_q та \widehat{R}_q^{-1} . З поняттям напруженості пов'язані дві інтегральні характеристики електричного поля: $\int E dl$ та $\oint \vec{E} d\vec{s}$. Перша з них може використовуватись для описання як електростатичного поля, так і для вихрового електричного поля. При описанні електростатичного поля інтеграл $\int E dl$ береться між двома точками поля і дорівнює різниці потенціалів між ними:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E dx = \widehat{R}_x^{-1} E \quad (2)$$

При характеристиці вихрового електричного поля інтеграл $\int E dl$ береться вздовж замкнутого контуру і дорівнює циркуляції вектора напруженості електричного поля вздовж замкнутого контуру:

$$\oint_L E dl = \widehat{R}_l^{-1} E \quad (3)$$

Інтегральні співвідношення (2), (3) та оберненні до них диференціальні співвідношення $\widehat{R}_x U = E$ та $\widehat{R}_l (\oint_L E dl) = E$ зображені дугами, що поєднують вершини 2, 3 і 2, 4 відповідно на рис.1.

Інтегральний перехід від вершини 2 до вершини 5 пов'язує напруженість і потік вектора напруженості електричного поля:

$$N_{\vec{E}} = \oint_S \vec{E} d\vec{s} = \widehat{R}_s^{-1} E \quad (4)$$

З вершини 5 за допомогою диференціювання по об'єму легко перейти до вершини 6 графу, яка визначає дивергенцію вектора напруженості електростатичного поля:

$$\frac{d}{dV} (\oint_S \vec{E} d\vec{s}) = \widehat{R}_v (\oint_S \vec{E} d\vec{s}) = \text{div} \vec{E} \quad (5)$$

Аналогічно ротор вектора напруженості вихрового електричного поля може бути отриманий за допомогою диференціального оператора \widehat{R}_s , застосованого до циркуляції \vec{E} (перехід з вершини 4 до вершини 7):

$$\frac{d}{ds} (\oint_L \vec{E} d\vec{l}) = \widehat{R}_s (\oint_L \vec{E} d\vec{l}) = \text{rot} \vec{E} \quad (6)$$

З вершини 3 до вершини 8 можливо перейти завдяки інтегральному оператору \widehat{R}_q^{-1} :

$$\int_0^q U dq = \widehat{R}_q^{-1} (U) = A \quad (7)$$

Реляційний граф, представлений на рис.1, є деревом, але не бінарним. Він легко може бути трансформований в бінарне дерево і відповідний йому алгоритм за стандартними правилами теорії алгоритмів [16].

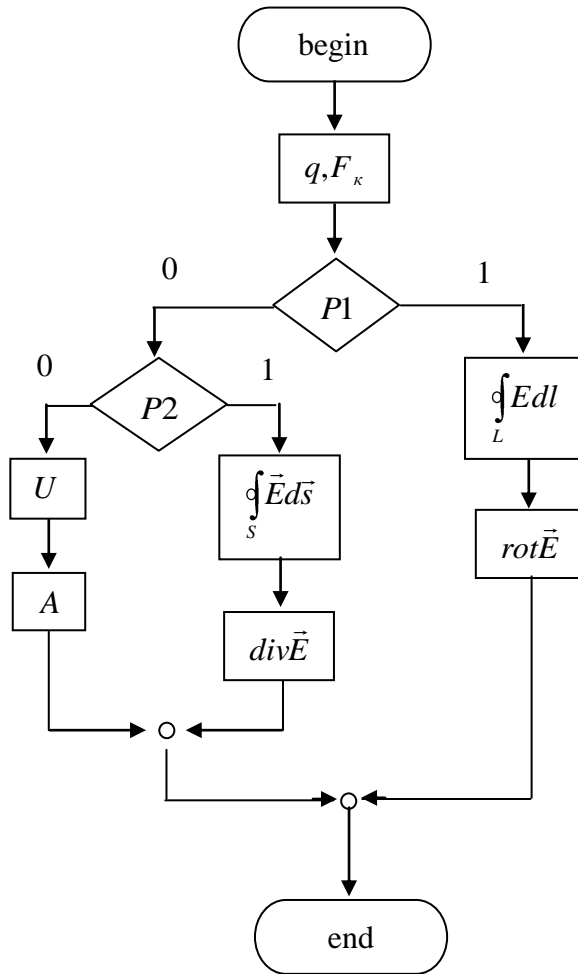


Рис.2 Структурований алгоритм, що відповідає графу, зображеному на рис.1.

Блок-схема такого алгоритму зображена на рис.2. Предикати P1 і P2 цього алгоритму мають такі значення:

$$P1 = \begin{cases} 0, & \text{якщо поле електростатичне} \\ 1, & \text{якщо поле вихрове електричне} \end{cases}$$

$$P2 = \begin{cases} 0, & \text{якщо розраховується робота} \\ 1, & \text{якщо розраховується потужність джерела поля} \end{cases}$$

Аналогічні міркування приводять до створення графу, що пов'язує фізичні характеристики магнітного поля.

Джерелом магнітного поля є струм, а законом що встановлює силу взаємодії між елементами струму, є закон Ампера:

$$dF_A = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{(I_1 dl_1 \sin \theta_1)(I_2 dl_2 \sin \theta_2)}{r_{12}^2} \quad (8)$$

Силовою характеристикою магнітного поля є індукція. Елементарну індукцію dB , створювану елементом струму $I_1 dl_1$ в місці знаходження елемента струму $I_2 dl_2$ можна отримати за допомогою диференціального оператора \widehat{R}_{II} :

$$dB = \widehat{R}_{II}(dF_A) \quad (9)$$

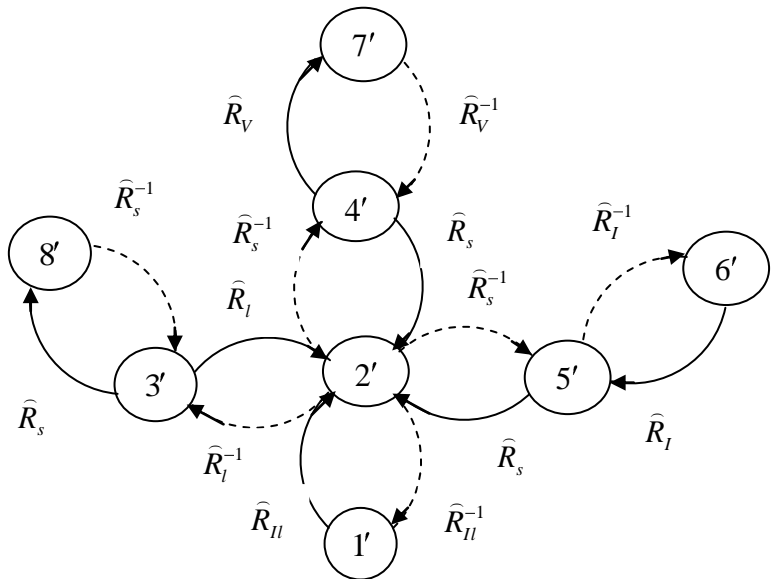


Рис.3 Граф, що відображає основні інтегральні та диференціальні співвідношення між характеристиками магнітного поля.

Позначення рис.3:

вершина 1 - dF_A ; вершина 2 - $dB = \frac{dF_A}{d(I)}$;

$$\text{вершина 3} - \oint_L \vec{B} d\vec{l}; \text{ вершина 4} - \oint_S \vec{B} d\vec{s};$$

$$\text{вершина 5} - \Phi = \int_0^I B ds; \text{ вершина 6} - W = \int_0^I \Phi dI;$$

$$\text{вершина 7} - \text{div} \vec{B} = \frac{d}{dv} \left(\oint_S \vec{B} d\vec{s} \right);$$

$$\text{вершина 8} - \text{rot} \vec{B} = \frac{d}{ds} \left(\oint_L \vec{B} d\vec{l} \right).$$

На графі, що зображений на рис.3, такому перетворенню відповідає перехід з вершини 1' до 2'. Інтегральний перехід від вершини 2' до вершини 3' дозволяє отримати циркуляцію вектора напруженості магнітного поля: $\oint_L \vec{B} d\vec{l}$.

Потік вектора індукції магнітного поля через замкнену поверхню $\oint_S \vec{B} d\vec{s}$ або через незамкнену поверхню ($\Phi = \int_0^S B ds$)

може бути отриманий за допомогою інтегрального оператора \widehat{R}_S^{-1} (переходи між вершинами 2' і 4' та 2' і 5' відповідно). Інтегральний перехід за допомогою оператора \widehat{R}_I^{-1} від Φ дозволяє отримати енергію магнітного поля (перехід від вершини 5' до 6'). Диференціюванням потоку вектора індукції магнітного поля через замкнену поверхню по об'єму, обмеженому поверхнею, отримуємо дивергенцію вектора індукції (перехід вершини 4' до 7', а диференціюванням циркуляції вектора індукції магнітного поля по поверхні, що обмежена замкненим контуром, отримуємо ротор вектора індукції (перехід від вершини 3' до вершини 8').

Граф зображений на рис.3, є деревом, причому також, як і у випадку електростатичного поля, не бінарним. За стандартними правилами теорії алгоритмів [16] він може бути перетвореним на бінарне дерево і відповідний йому структурований алгоритм, блок-схема якого зображена на рис.4.

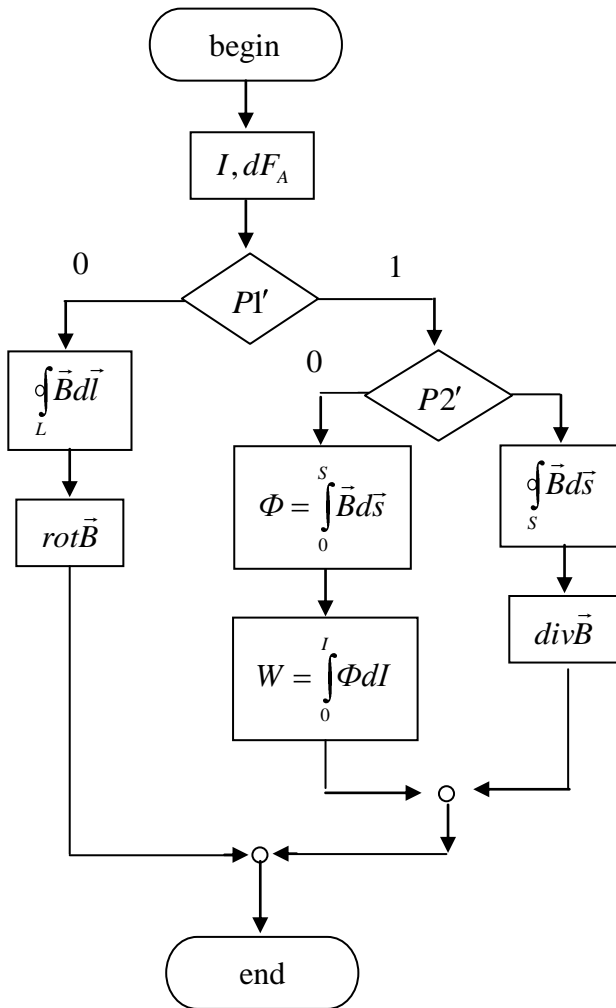


Рис.4 Блок-схема структурного алгоритму, що відповідає графу на рис.3

Зв'язок між графами, зображеними на рис.1 і рис.3, реалізується за допомогою диференціального співвідношення між зарядом та силою струму:

$$I = \frac{dq}{dt} = \hat{R}_t q \quad (10)$$

тоді загальний граф, що представляє основні поняття електродинаміки, має вигляд, зображений на рис.5.

Таким чином, основні поняття електричного та магнітного полів та основні закони електродинаміки можуть бути представлені у вигляді реляційного графу. Запропонований граф містить в собі

як частину графі зв'язку [17]. Основою для побудови графу в електродинаміці є інтегрально-диференціальні співвідношення між фізичними величинами.

Представлені графі і відповідні алгоритми можуть бути застосовані для програмування навчальної діяльності студентів у процесі розв'язування задач з електродинаміки. Наочне графічне представлення навчального матеріалу дозволяє легко відпрацювати і засвоювати основні співвідношення між фізичними величинами. За допомогою поданих графів можливо відобразити не тільки взаємозв'язки між фізичними величинами в електродинаміці, але й основні рівняння електродинаміки.

Література

1. В. Грищенко Вивчення законів ідеального газу методами комп'ютерного експерименту. // „Фізика та астрономія в школі”, №4, 2000р., с. 37-39.
2. А.П. Коваль Использование компьютера при решении физических задач. // „Физическое образование в вузах”, т.6, №4, 2000г., с. 86-89.
3. Ф.А. Сидоренко, Р.П. Кренцис, Г.Б. Гладунов Компьютерное сопровождение лекций и школьного урока физики: электромагнитная индукция. // „Физическое образование в вузах”, т.6, №3, 2000г., с. 79-86.
4. В. Стародубцев, А. Федоров, И. Чернов Инновационный программно - методический комплекс. // „Высшее образование в России”, №1, 2003г., с. 146-151.
5. А.А. Зинчик, Ю.А. Колесников, В.Я. Михновец, С.К. Стафеев, А.В. Смирнов, Д.Н. Федотов Создание программных и аппаратных средств автоматизации лабораторного практикума удаленного доступа. // „Физическое образование в вузах”, т.6, №1, 2000г., с. 97-102.
6. Швец В.Д., Юрдан Є.О., Осмальчук С.В. Використання HTML та MACROMEDIA FLASH для дистанційної освіти студентів з особливими потребами. // Тези доповідей IV міжнародної науково - практичної конференції „Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами”. – К.: Україна, 2002р., с. 100-101.
7. В.М. Домненко, Д.Г. Николаев, А.Е. Гусев, М.В. Бурсов, В.В. Кондратьев, Д.А. Гаврилин Принципы построения и перспективы развития системы дистанционного обучения в СПбГИМО(ТУ). // „Физическое образование в вузах”, т.6, №1, 2000г., с. 115-123.
8. Д.А. Савенко Физический эксперимент и интернет – технологии. // „Физическое образование в вузах”, т.6, №3, 2000г., с. 66-69.
9. Б.С. Шиханов, А.С. Мисютин, С.И. Павлов Компьютерные базы данных в учебном процессе. // „Физическое образование в вузах”, т.6, №3, 2000г., с. 66-69.

10. А.М. Афонин, К.В. Глаголев, А.Н. Морозов Основы системы дистанционного обучения физике. // „Физическое образование в вузах”, т.7, №2, 2001г., с. 100-113.
11. А.М. Афонин, К.В. Глаголев, Е.В. Каменин, В.С. Кудрявцев, А.Н. Морозов Компьютерный учебник по термодинамике. // „Физическое образование в вузах”, т.7, №2, 2001г., с. 112-117.
12. В. Сумський, Р.Воловий, С. Мисловська, Н. Мислицька, П. Чернійчук До питання про електронні підручники майбутнього. Ж. „Фізика та астрономія в школі”, №5, 2003р., с.39-46
13. В.С. Савченко, Х.С. Мушегян Застосування елементів теорії графів при викладанні фізики. Збірник „Викладання фізики в школі” за редакцією Є.В. Коршака. – К.: Рад. школа, 1981, с.18-23.
14. В.С. Савченко, Х.С. Мушегян, Р.В. Саргісян Розв’язування задач із застосуванням елементів теорії графів під час вивчення явища електролізу. Збірник „Розв’язування задач з фізики” за редакцією Є.В. Коршака. – К.: Рад. школа, 1969, с. 95-98.
15. В.Д. Швець Програмування навчальної діяльності студентів з особливими потребами при вивченні розділу „Механіка”. // Збірник наукових праць „Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами”, №3 – К.: Україна, 2003р., с. 258-268.
16. Д. Кнутт Искусство программирования.-М.-С.-Пб., изд. дом “Вильямс”, 2001 г.
17. www.bondGraphs.com