

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛОГІЇ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НА ЗНАХОДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ТА МАГНІТНОГО ПОЛІВ

У статті подано методичні рекомендації щодо використання методу аналогії під час вивчення розділу загальної фізики «Електромагнетизм» у технічному закладі вищої освіти. Показано, що даний метод ефективний не лише при розгляді теоретичного матеріалу, а і у практичних прийомах розв'язування задач. На детальних прикладах продемонстровано застосування методу аналогії при розв'язуванні задач на знаходження напруженості електростатичного поля та індукції магнітного поля. При цьому типи джерел поля класифіковано за ускладненням їх геометричної форми (від точкового до лінійного). У випадку точкового джерела наголошується на його базовій ролі: на його основі, за принципом суперпозиції, вибудовуються більш складні випадки. У випадку лінійного джерела обґрунтовується доцільність використання методу диференціювання та інтегрування (методу ДІ), для якого встановлено покрокову аналогію обчислень на прикладі прямого тонкого провідника. Методичні рекомендації узагальнені у вигляді порівняльних таблиць між електростатикою та магнетизмом. Аналогії встановлені на основі суттєвих ознак об'єктів, при цьому під час порівняння приділено увагу виділенню як критеріїв схожості, так і відмінності між електростатичним та магнітним полями щоб окреслити межі застосування аналогії.

Досвід авторів засвідчує, що запропонований підхід розвиває навички розв'язування фізичних задач, поглиблює розуміння застосування методів вищої математики у фізиці та спонукає студентів переходити від пасивного засвоєння знань до активної пізнавальної діяльності, що вимагає аналізу, синтезу, зіставлення, оцінювання та класифікації, а також формування внутрішніх зв'язків між темами. Завдяки універсальності методу аналогії зростає рівень аналітичного мислення студентів, активізуються міжпредметні зв'язки та підвищується навчальна мотивація.

Ключові слова: метод аналогії, фізика, електростатичне поле, магнітне поле, порівняння, метод диференціювання та інтегрування, метод ДІ-розв'язування задач.

Вивчення основних положень розділу «Електромагнетизм» з курсу загальної фізики зазвичай викликає ряд труднощів у студентів закладів вищої освіти. Це пов'язано з низкою нових фізичних понять, для розуміння яких необхідно володіти вищою математикою (операції з векторами, диференціювання, інтегрування тощо), застосовувати абстрактність, розуміти теорію поля, мати розвинену просторову уяву тощо.

Застосування методу аналогії під час пояснення матеріальної природи поля, його зовнішніх проявів, кількісних характеристик, граничних умов тощо, є поширеним методичним прийомом при викладанні даного розділу фізики, що формує цілісне уявлення про електромагнітне поле та сприяє розвитку творчого мислення [6; 9; 10]. Аналогія між електростатичним полем і постійним магнітним полем дає змогу студентам зіставляти основні поняття, правила та теореми для двох типів полів. Більш того, в процесі вивчення фізики складність теми «магнітне поле» можна значно зменшити, використовуючи аналогії з раніше засвоєною темою «електростатичне поле» [6; 9]. В цілому, в роботах зарубіжних [6; 8-10] та українських [1-4] дослідників, метод аналогії у викладанні фізики визначається як потужний педагогічний інструмент: перенесення знань та обчислювальних прийомів з відомих областей на невідомі стимулює структуроване сприйняття навчального матеріалу, спрощує опанування нових понять й сприяє активізації системного мислення.

Додаткової уваги потребує застосування методу аналогії не лише під час вивчення теоретичного матеріалу, а й у практичних прийомах розв'язування задач з електрики та магнетизму.

Мета статті – на конкретних прикладах показати використання методу аналогії при розрахунку характеристик електростатичних і магнітних полів із поступовим ускладненням: від точкового до лінійного джерела.

Як відомо, метод аналогії ґрунтується на припущенні, що подібні об'єкти за одними ознаками можуть мати схожість і за іншими. Для підвищення достовірності результатів необхідно:

- враховувати лише суттєві ознаки об'єктів, уникаючи випадкових чи другорядних;
- під час порівняння встановлювати як подібності, так і відмінності, окреслюючи межі застосування аналогії;
- робити висновки обережно, адже цей метод не гарантує повної відповідності.

У даній роботі джерела електричних і магнітних полів класифіковано за ускладненням їх геометричної форми:

- 1) точкове джерело;
- 2) лінійне джерело.

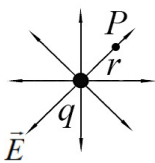
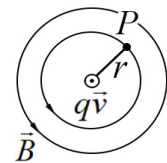
Розглянемо відповідність між системами понять «електростатичне поле» та «магнітне поле».

1. Поле точкового джерела. Взаємозв'язок електричних і магнітних полів проявляється вже на рівні точкового заряду: він є джерелом електростатичного поля, а у випадку руху – і магнітного. Їх математичний опис узагальнює експериментальні спостереження і має формули, які зручно порівнювати методом аналогії (див. таблицю 1).

Хоча розрахунок поля точкового джерела є найпростішим, важливо підкреслити, що саме він є базовим. На його основі, за принципом суперпозиції, формуються складніші випадки.

Таблиця 1

Точкове джерело. Порівняльна таблиця

Умова	Розрахувати напруженість електричного поля в точці P на відстані r від додатнього точкового заряду q	Розрахувати індукцію магнітного поля в точці P на відстані r від додатнього точкового заряду q , що рухається з постійною швидкістю v
Параметр порівняння	Електростатичне поле	Магнітне поле
Загальна формула	Напруженість $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$	Індукція $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$
Модуль вектора	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$	$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \sin \alpha}{r^2}$, де α – кут між векторами $\vec{v}, \vec{r}$.
Спільне	Величина поля прямопропорційна величині електричного заряду q , який є джерелом цього поля, і обернено пропорційна квадрату відстані r від нього до точки спостереження	
Відмінне	Створюється будь-якими електричними зарядами q	Створюється лише зарядами які рухаються, що у формулі відображається через добуток величини заряду на його швидкість $q\vec{v}$ («одночасно q і v »)
Відмінне	Напрямок вектора вздовж радіус-вектора $\vec{r}$, який з'єднує джерело (точковий заряд) з точкою спостереження P	Напрямок вектора перпендикулярно до радіус-вектора $\vec{r}$, який з'єднує джерело (точковий заряд) з точкою спостереження P
Картина силових ліній поля		
Відмінне	Картина силових ліній електростатичного поля має вигляд радіальних ліній, які виходять із заряду	Картина силових ліній магнітного поля має вигляд концентричних кіл, які ніколи не доторкаються до заряду і лежать у площині, перпендикулярній напрямку його руху

2. Поле лінійного джерела. Для розрахунку характеристик поля, створеного лінійним об'єктом, доцільно використати метод диференціювання та інтегрування (метод ДІ), детально описаний у роботах [5; 7], оскільки лінійний об'єкт дуже зручно умовно розбити на диференціально малі точкові елементи зарядом dq , для яких вираз поля вже відомий (попередній пункт 1):

$$d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}, \quad (1)$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}. \quad (2)$$

Проінтегрувавши (1) та (2), одержуємо аналітичний вираз для величини поля, створеного цілим об'єктом.

Розглянемо ділянку тонкого прямого провідника та деяку точку P , розташовану на відстані a від нього (див. таблицю 2). Провідник вважається тонким, якщо його поперечні розміри малі в порівнянні з відстанню a до точки спостереження, і в такому випадку його можна розглядати як лінійний об'єкт.

– При наданні провіднику електричного заряду він буде джерелом електричного поля. Для лінійного об'єкту ми розглядаємо заряд, рівномірно розподілений по довжині l з лінійною густиною λ , і визначаємо **лінійний елемент заряду** $dq = \lambda dl$;

– При умові напрямленого руху густини вільних зарядів крізь переріз провідника (тобто, протікання по ньому електричного струму I), він буде джерелом магнітного поля. Для лінійного об'єкту ми переходимо від **об'ємного елемента струму** до **лінійного елемента струму** $dq\vec{v} = \rho dV\vec{v} = \vec{j}dV = \vec{j}Sdl = Id\vec{l}$, де ρ – об'ємна густина заряду, V – об'єм провідника, S – площа його поперечного перерізу, $\vec{j}$ – густина електричного струму, і одержуємо загальновідомий запис закону Біо-Савара-Лапласа для елементарної індукції магнітного поля, створеного елементом постійного струму

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}. \quad (3)$$

Слід наголосити, що закон (3) справедливий лише для лінійних струмів, які ми і розглядаємо в даному випадку.

У рамках застосування методу аналогії, студентам пропонується пригадати засвоєний раніше алгоритм розв'язування задач на знаходження напруженості електричного поля методом ДІ для тіл лінійної геометричної форми, а далі, за аналогією, визначити індукцію магнітного поля, створену струмами в провідниках такої самої форми.

Оскільки напруженість електричного поля та індукція магнітного поля є векторними фізичними величинами, слід звернути увагу студентів, що при їх розрахунку необхідно:

- 1) визначити модуль вектора за формулами

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2}, \quad (4)$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \sin \alpha; \quad (5)$$

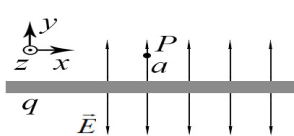
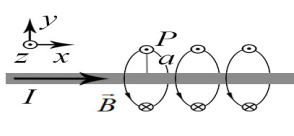
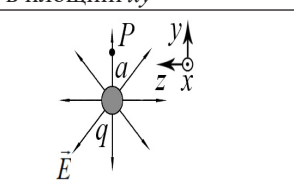
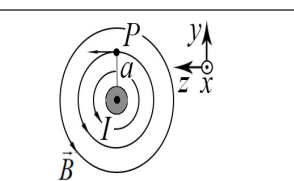
- 2) визначити напрямок вектора, що виражається через його проекції на осі координат.

У таблиці 2 наведено порівняльний аналіз покрокового застосування методу ДІ та математичних перетворень формул (4) і (5). У багатьох навчальних посібниках у прикладах обчислення індукції магнітного поля за законом Біо-Савара-Лапласа вираз (5) інтегрують в залежності від кута α . Але якщо у формулі (5) кут α виразити через доповнюючий його кут φ , $\alpha = \pi/2 - \varphi$, то математичний опис розрахунків магнітного поля стає набагато подібнішим до опису розрахунків для електростатичного поля. Такий підхід допомагає використовувати метод аналогії найбільш зрозумілим способом.

Таблиця 2

Лінійне джерело. Порівняльна таблиця

Умова	Ділянка тонкого прямого провідника, заряджена рівномірно з лінійною густиною λ . Точка P , розташована на відстані a від провідника. Визначити напруженість електричного поля у точці P .	Ділянка тонкого прямого провідника, по якій протікає постійний струм I . Точка P , розташована на відстані a від провідника. Визначити індукцію магнітного поля у точці P .
Параметр порівняння	Електростатичне поле	Магнітне поле
Загальна формула для елементарних величин	Напруженість електричного поля $d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$	Індукція магнітного поля $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$
Рисунок		
Нескінченно малий елемент	Нескінченно малий елемент довжиною dl із зарядом dq : $dq = \lambda dl$	Нескінченно малий елемент довжиною dl зі струмом I : Idl
Модуль вектора для елементарних величин	$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2}$	$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \sin \alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \cos \varphi$
Вибір змінної інтегрування	Кут φ	
Представлення всіх змінних як функцій від змінної інтегрування	$r = \frac{a}{\cos \varphi}, \quad l = a \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad dl = \frac{a}{\cos^2 \varphi} \cdot d\varphi$	
Перетворення розрахункової формули	$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \lambda \frac{\cos^2 \varphi}{a^2} \cdot \frac{a}{\cos^2 \varphi} \cdot d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} d\varphi$	$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\cos^2 \varphi}{a^2} \cdot \frac{a}{\cos^2 \varphi} \cdot d\varphi \cos \varphi = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cos \varphi d\varphi$

Визначення напрямку вектора	Вектор $d\vec{E}$ лежить у площині xy (у площині малюнка)	Вектор $d\vec{B}$ направлений по осі z (перпендикулярно площині малюнка, на нас)
Проекції вектора елементарних величин на осі координат	$dE_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} \sin \varphi d\varphi$; $dE_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} \cos \varphi d\varphi$	$dB_z = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a} \cos \varphi d\varphi$
Визначення меж інтегрування	від $-\varphi_1$ до $+\varphi_2$	
Результат інтегрування	$E_x = \int_{-\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} \sin \varphi d\varphi =$ $= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} \cos \varphi \Big _{-\varphi_1}^{\varphi_2} =$ $= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2);$ $E_y = \int_{-\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} \cos \varphi d\varphi =$ $= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} \sin \varphi \Big _{-\varphi_1}^{\varphi_2} =$ $= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{a} (\sin \varphi_2 + \sin \varphi_1)$	$B_z = \int_{-\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a} \cos \varphi d\varphi =$ $= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a} \sin \varphi \Big _{-\varphi_1}^{\varphi_2} =$ $= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a} (\sin \varphi_2 + \sin \varphi_1)$
Величина результуючого поля	$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$	$B = B_z$
	Окремий випадок: нескінченно довгий прямий тонкий провідник, $\varphi_1 = \varphi_2 = \pi/2$	
Величина результуючого поля	$E = E_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda}{a}$	$B = B_z = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{a}$
Картина силових ліній результуючого поля	 в площині xy	 в площині xy
	 в площині yz	 в площині yz

В таблиці 2 представлений приклад лише найпростішого прямого тонкого провідника, але метод ДІ можна використовувати також і для тонких провідників різної конфігурації: зігнутих, дугових, та їх комбінацій (прямих та дугових ділянок).

Висновки. У роботі подано методичні рекомендації щодо використання методу аналогії при розв'язуванні задач на знаходження напруженості електростатичного поля та індукції магнітного поля із застосуванням диференціювання й інтегрування та поступовим ускладненням геометрії джерел (від точкового до лінійного). Запропонований підхід розвиває навички розв'язування фізичних задач, поглиблює розуміння застосування методів вищої математики у фізиці й стимулює активне навчання.

Досвід авторів засвідчує, що такий підхід спонукає студентів переходити від пасивного засвоєння знань до активної пізнавальної діяльності, що вимагає аналізу, синтезу, зіставлення, оцінювання та класифікації, а також формування внутрішніх зв'язків між темами. Матеріал узагальнюється у вигляді порівняльної

таблиці між електростатикою та магнетизмом. Завдяки універсальності методу аналогії зростає рівень аналітичного мислення студентів, активізуються міжпредметні зв'язки та підвищується навчальна мотивація.

У подальших дослідженнях запропонований підхід може бути поширений на задачі зі складнішими геометричними формами джерел поля.

Використана література:

1. Гарєєва Ф. М., Чурсанова М. В., Матвєєва Т. В. Аналогія обчислення моменту інерції та напруженості електричного поля для точкового та лінійних об'єктів. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки : реальність та перспективи*. 2025. Вип. 103. С. 28–34.
2. Іщенко Р. Роль методу аналогії при вивченні фізичних основ механіки в технічних університетах. *Проблеми підготовки сучасного вчителя*. 2017. Вип. 15. С. 66–73.
3. Кметь Г. М., Сільвейстр А. М., Толмачов Д. М. Формування наукового світогляду учнів з використанням методу аналогій на уроках фізики. *Актуальні проблеми математики, фізики і технологічної освіти* : зб. наук. пр. Вінниця, 2011. Вип. 8. С. 328–332.
4. Рудюк Л., Моклюк М. Використання аналогій в курсі фізики середньої школи. *Актуальні проблеми математики, фізики і технологій* : зб. наук. пр. / ред. кол. : С. В. Подоляничук (голова) [та ін.]; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. Вінниця : ТОВ «Меркьюрі-Поділля», 2020. Вип. 17. С. 223–226.
5. Чурсанова М. В., Гарєєва Ф. М., Матвєєва Т. В., Дрозденко О. В. Використання міжпредметних зв'язків під час формування поняття «Напруженість електричного поля». *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки : реальність та перспективи*. 2023. Вип. 91. С. 248–253.
6. Chen B. Research on the Application of Analogy Method in Electromagnetism Teaching. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)* : Proceedings of the 2018 4th International Conference on Social Science and Higher Education (ICSSHE 2018). Atlantis Press, September 2018. Vol. 181. P. 453–456. DOI : 10.2991/icsshe-18.2018.112
7. Matvieieva T. V., Chursanova M. V., Gareeva F. M. Solving problems in electrostatics : textbook for foreign students of higher educational institutions. Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2022. 153 p.
8. Podolefsky N. S., Finkelstein N. D. Use of analogy in learning physics: The role of representations. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 2006. Vol. 2. № 2. P. 020101. DOI : 10.1103/PhysRevSTPER.2.020101
9. Wang L., Zhang J., Jiang B., Zhao H. Application of analogy method in the electromagnetism teaching in college physics. *Advances in Intelligent Systems Research* : Proceedings of the 2016 6th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization (MCEI 2016). Atlantis Press, December 2016. Vol. 130. P. 1052–1055. DOI : 10.2991/mcei-16.2016.221
10. Wang X. M. Application of analogy method in teaching electromagnetic field and electromagnetic wave theory. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1437. № 1. P. 012035. DOI : 10.1088/1742-6596/1437/1/012035

References:

1. Gareeva F. M., Chursanova M. V., Matvieieva T. V. (2025). Analohiya obchyslennya momentu inertsii ta napruzhenosti elektrychnoho polya dlya tochkovoho ta liniynykh ob'ektiv [Analogy of calculation of moment of inertia and electric field value for point and linear objects]. *Scientific journal of the M. P. Dragomanov National Polytechnic University. Series 5. Pedagogical sciences : realities and prospects*. Vyp. 103. P. 28–34 [in Ukrainian].
2. Ishchenko R. (2017). Rol metodu analohiyi pry vyvchenni fizychnykh osnov mekhaniky v tekhnichnykh universytetakh [The role of the analogy method in the study of the physical foundations of mechanics in technical universities]. *Problems of Training a Modern Teacher*. Vyp. 15. P. 66–73 [in Ukrainian].
3. Kmet G. M., Sylveystr A. M., Tolmachov D. M. (2011). Formuvannya naukovooho svitohlyadu uchniv z vykorystannyam metodu analohiy na urokakh fizyky [Formation of the scientific worldview of students using the method of analogies in physics lessons]. *Current problems of mathematics, physics and technological education* : collection of scientific works. Vinnytsia. Vyp. 8. P. 328–332 [in Ukrainian].
4. Rudyuk L., Moklyuk M. (2020). Vykorystannya analohiy v kursy fizyky seredn'oyi shkoly [Using analogies in the course of physics in high school]. *Current problems of mathematics, physics and technologies* : collection of scientific works / eds. S. V. Podolyanchuk et al. ; Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University. – Vinnytsia : LLC “Mercury-Podillia”. Vyp. 17. P. 223–226 [in Ukrainian].
5. Chursanova M. V., Gareeva F. M., Matveeva T. V., Drozdenko O. V. (2023). Vykorystannya mizhpredmetnykh zv'yazkiv pid chas formuvannya ponyattya «napruzhenist' elektrychnoho polya» [The use of interdisciplinary relations during the formation of the “Electric field vector” concept]. *Scientific journal of the M. P. Dragomanov National Polytechnic University. Series 5. Pedagogical sciences : realities and prospects*. Vyp. 91. P. 248–253 [in Ukrainian].
6. Chen B. (2018). Research on the Application of Analogy Method in Electromagnetism Teaching. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)* : Proceedings of the 2018 4th International Conference on Social Science and Higher Education (ICSSHE 2018). Atlantis Press. Vol. 181. P. 453–456.
7. Matvieieva T. V., Chursanova M. V., Gareeva F. M. (2022). Solving problems in electrostatics : textbook for foreign students of higher educational institutions. Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. 153 p.
8. Podolefsky N. S., Finkelstein N. D. (2006). Use of analogy in learning physics: The role of representations. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. Vol. 2. № 2. P. 020101.
9. Wang L., Zhang J., Jiang B., Zhao H. (2016). Application of analogy method in the electromagnetism teaching in college physics. *Advances in Intelligent Systems Research* : Proceedings of the 2016 6th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization (MCEI 2016). Atlantis Press. Vol. 130. P. 1052–1055.
10. Wang X.M. (2020). Application of analogy method in teaching electromagnetic field and electromagnetic wave theory. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1437. № 1. P. 012035.

M. Chursanova, F. Gareeva, I. Linchevskyi. Application of the analogy method for solving problems in determining the characteristics of electrostatic and magnetic fields.

The article provides methodological recommendations on the application of the analogy method in teaching the Electromagnetism section of general physics at technical universities. It demonstrates that this method is effective not only for presenting theoretical material but also for developing practical problem-solving techniques. Through detailed examples, the use of analogy is illustrated in problems involving the determination of electric and magnetic fields. Field sources are classified according to the complexity of their geometric configuration, ranging from point-like to linear. The point source is emphasized as fundamental, since more complex cases can be constructed from it by applying the principle of superposition. For the linear sources, the advisability of utilizing the differentiation and integration method (the DI method) is justified, and a step-by-step analogy of calculations is demonstrated using the example of a straight thin conductor. The methodological guidelines are summarized in comparative tables linking electrostatics and magnetism. Analogies are drawn on the basis of essential properties of the studied objects, with attention paid both to the criteria of similarity and to the distinctions between electrostatic and magnetic fields, thereby outlining the boundaries of analogy application.

The authors' teaching experience indicates that the proposed approach enhances students' problem-solving skills in physics, strengthens their understanding of advanced mathematical methods applied in physics, and promotes the transition from passive learning to active cognitive engagement involving analysis, synthesis, comparison, evaluation, and classification, as well as the formation of internal connections between topics. Due to the universality of the analogy method, students' analytical thinking is fostered, interdisciplinary relations are reinforced, and learning motivation is increased.

Key words: *analogy method, physics education, electrostatic field, magnetic field, comparison, differentiation and integration method, DI method, problem solving.*

Дата першого надходження рукопису до видання: 18.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 31.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025