

РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра методики викладання фізики і хімії

Електронний збірник науково-методичних праць
Рівненського державного гуманітарного університету

**ТЕОРІЯ ТА МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ
ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

**(ДО 20-ти РІЧЧЯ КАФЕДРИ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ ТА
ХІМІЇ РДГУ)**

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету.

Випуск 21

Рівне – 2017

УДК: 370:371:372:373:378

ББК 74.20

Т 59

Збірник науково-методичних праць “**Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін**”. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 21. – Рівне: Волинські обереги, 2017 р. – 175 с.

ISBN 978-966-416-187-6

Даний збірник науково-методичних праць містить статті з актуальних проблем теорії та методики навчання природничо-математичних дисциплін, методики і техніки навчального експерименту, зокрема, шкільного фізичного експерименту, з проблем організації і проведення дослідництва учнів. У ряді праць висвітлено процес становлення експериментального методу пізнання природничих наук, зокрема показано історію становлення і розвитку наукового фізичного експерименту. Опубліковані матеріали можуть бути корисними для науковців, використані учителями фізиками та інших природничих дисциплін, викладачами дидактики фізики, студентами природничо-математичних спеціальностей педагогічних університетів.

УДК: 370:371:372:373:378

ББК 74.20

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ (затверджена Вченою радою РДГУ 26.05.2016 р., протокол № 5):

Головний редактор: Тищук Віталій Іванович, кандидат педагогічних наук, професор, зав. кафедри Методики викладання фізики і хімії РДГУ.

Заступники головного редактора:

1. **Галатюк Юрій Михайлович**, кандидат педагогічних наук, професор кафедри Методики викладання фізики і хімії.
2. **Семешук Ігор Лаврентійович**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри Методики викладання фізики і хімії.

Члени редакційної колегії:

1. **Бомба Андрій Ярославович**, доктор технічних наук, професор кафедри інформатики та прикладної математики;
2. **Вербець Владислав Володимирович**, доктор педагогічних наук, професор кафедри соціології;
3. **Грицай Наталія Богданівна**, доктор педагогічних наук, професор кафедри біології;
4. **Карпенчук Світлана Григорівна**, доктор педагогічних наук, професор кафедри теорії і методики виховання;
5. **Колупасєв Борис Сергійович**, доктор хімічних наук, професор, зав. кафедри фізики;
6. **Лісова Світлана Валеріївна**, доктор педагогічних наук, професор, зав. кафедри теорії і методики професійної освіти;
7. **Лисиця Андрій Валерійович**, доктор біологічних наук, професор кафедри екології, географії і туризму;
8. **Литвиненко Світлана Анатоліївна**, доктор педагогічних наук, професор кафедри вікової і педагогічної психології;
9. **Малафійк Іван Васильович**, доктор педагогічних наук, професор, зав. кафедри загальної і соціальної педагогіки та управління освітою;
10. **Пелех Юрій Володимирович**, доктор педагогічних наук, професор; проректор з науково-педагогічної та навчально-методичної роботи;
11. **Петренко Оксана Борисівна**, доктор педагогічних наук, професор, зав. кафедри теорії і методики виховання;
12. **Руденко Володимир Миколайович**, доктор педагогічних наук, професор кафедри інформаційно-комунікаційних технологій та методики викладання інформатики;

Друкується за рішенням Вченої Ради Рівненського державного гуманітарного університету (протокол № 5 від 25 травня 2017 р.).

За достовірність фактів, дат, назв і т. п. відповідають автори статей. Думки авторів можуть не збігатись з позицією редколегії. Рукописи після рецензії не повертаються.

Адреса редакції: 33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31. Рівненський державний гуманітарний університет

ISBN 978-966-416-187-6

© Рівненський державний гуманітарний університет, 2017

1. КАФЕДРА МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ ТА ХІМІЇ Рівненського державного гуманітарного університету – 20-ть років творчого зростання.....	3
2. ГАЛАТЮК Ю.М. Проблема детермінізму в організації творчої навчально-пізнавальної діяльності.....	9
3. ЗАССКИНА Т.М. Особливості розроблення підручників з фізики для основної та старшої школи..	13
4. ТИЩУК В.І., НЕЧИПОРУК Б.Д., СЕМЕЩУК І.Л. Методика проведення фундаментальних дослідів Франка і Герца у навчальному експерименті з фізики.....	19
5. ГОЛОВКО М.В. Проблема якості шкільного підручника як пріоритетний напрям сучасної дидактики фізики.....	30
6. ШИШКІН Г.О. Стан підготовки майбутніх учителів до технічної творчості.....	34
7. ТИЩУК В.І. Теорія й експеримент при вивченні кількісних характеристик розпаду радіонуклідів.	38
8. ВОЙТОВИЧ І.С., СЕРГІЄНКО В.П. Навчання фізики майбутніх фахівців з комп'ютерних наук...	48
9. ГОЛОВІНА Н.А., ГОЛОВІН М.Б., КОБЕЛЬ Г.П. До питання методики політехнічної освіти у курсі фізики.....	52
10. ОСТАПЧУК М.В. Методика теоретичного вивчення теми з фізики «дія магнітного поля на струм і заряди» в класах природничо-математичного профілю.....	56
11. ГАЛАТЮК Т.Ю., ГАЛАТЮК М.Ю., ГАЛАТЮК Ю.М. Застосування інформаційних технологій у процесі формування методологічної культури учнів у навчання фізики в старшій школі.....	63
12. ТКАЧЕНКО І.А. Застосування компетентнісного підходу у методичній підготовці майбутніх учителів астрономії.....	68
13. МИСЛІНЧУК В.О., БОЛБА М.Л. Методичні основи використання саморобного обладнання з астрономії.....	72
14. НЕПОРОЖНЯ Л.В. STEM–освіта як засіб розвитку природничо-наукової компетентності школярів.....	75
15. ГРИЦАЙ Н.Б. Технологія «майстерня» у методичній підготовці майбутніх учителів біології....	80
16. МЕЛЬНИК Ю.С. Особливості методики формування предметної компетентності засобами фізичних задач.....	86
17. КИРИЛЬЧУК О.С., МИСЛІНЧУК В.О. Предметна компетенція сучасного вчителя фізики основної школи.....	91
18. БІЛЕЦЬКИЙ В.В. Особливості методики національно-патріотичного виховання під час вивчення курсу фізики.....	93
19. ЗАССКИН Д.О. Принципи добору змісту курсу фізики для профільного рівня	97
20. ЛЕБЕДЬ О.О., МИСЛІНЧУК В.О. Кейс-метод як форма інтерактивного навчання фізики	101
21. ГАЛАТЮК Ю.М., ГАЛАТЮК М.Ю., ГАЛАТЮК Т.Ю. Формування узагальненого уміння розв'язувати фізичні задачі у процесі творчої пізнавальної діяльності.....	104
22. СЕМЕЩУК І.Л., ПРИХОДЧУК Ю.М., ТИЩУК В.І. Оптимізація окремих питань курсу фізики шляхом реалізації міжпредметних зв'язків.....	111
23. МАРТИНЮК О.С., ВОЙТОВИЧ Т.В. Особливості формування та оцінювання інформатичної компетентності майбутніх учителів фізики.....	115
24. СЕМЕРНЯ О.М. Дієвість як вияв професійної дії у вчителя фізики.....	120
25. ЯРОШКО І.А., ДЕРЕВЕНЧУК Р.М. Формування понять власної і домішкової провідності напівпровідників на основі зонної теорії.....	124
26. ЗИКОВА К.М. Антропний принцип при вивченні фундаментальних фізичних констант.....	128
27. ШЕВЧУК Т.М. Синергетика науки і освіти у формуванні фахової компетентності учителів фізики.....	132
28. КОСОГОВ І.Г. Фізико-технічне моделювання у навчальному процесі старшої школи.....	137
29. СПІЙ В.В. Вплив політехнічного складника предметної компетентності з фізики на професійне самовизначення школярів.....	141
30. АРЕНДАРЧУК О.Ю., ЧЕРТКОВ А.М., ТИЩУК В.І. Проектний метод у навчанні фізики.....	145
31. ПОЛІЩУК Т.П., НЕЧИПОРУК Б.Д., ТИЩУК В.І. Нова лабораторна робота з наноб'єктами для фізичного практикуму у випускному класі.....	147

32. МУЛЯР В.П., ПЕТРУК О.Ю., ПРИЙМАК Р.О. Комп'ютерні технології у проведенні демонстраційного фізичного експерименту в загальноосвітній школі.....	151
33. НАДАХОВСЬКИЙ М.М., МАЗУРЕЦЬ Я.С. Інноваційні підходи до методики вивчення квантової фізики.....	154
34. РАБОТЮК М.К., РАБОТЮК В.М. Особливості вивчення зміни агрегатних станів води.....	156
35. ФЛОРАК Н.Л., НАДАХОВСЬКИЙ М.М. Вивчення фундаментального досліду С.І. Вавілова про квантову природу світла.....	158
36. ШАРАБУРА А.О. Формування дослідницької компетентності учнів на уроках фізики.....	161
37. МАЗУРЕЦЬ Я.С., ФЛОРАК Н.Л. Вивчення фундаментальних фізичних дослідів у шкільному курсі.....	164
38. ДАНИЛЮК Р.Е. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроці хімії з використанням інформаційно-комунікаційних технологій.....	167

НАУКОВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ
*Теорія та методика вивчення
природничо-математичних і технічних дисциплін*

ЕЛЕКТРОННИЙ ЗБІРНИК НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПРАЦЬ
Рівненського державного гуманітарного університету
Випуск 21

Відповідальний за підготовку збірника до видання: Тищук В.І.

Комп'ютерна верстка: Власюк В.В.

Т 59 Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін: Збірник науково-методичних праць: Рівненський державний гуманітарний університет. Вип. 21. – Рівне: Волинські обереги, 2017. – 175 с.

ISBN 978-966-416-187-6

Даний збірник науково методичних праць містить статті з актуальних проблем теорії та методики навчання природничо-математичних дисциплін, методики і техніки навчального експерименту, зокрема, шкільного фізичного експерименту, з проблем організації і проведення дослідництва учнів. У ряді праць висвітлено процес становлення експериментального методу пізнання природничих наук, зокрема показано історію становлення і розвитку фізичного експерименту.

Опубліковані матеріали можуть бути корисними для науковців, використані учителями фізиками і інших природничих дисциплін, викладачами методики фізики, студентами фізичних спеціальностей педагогічних університетів та інститутів.

УДК: 370:371:372:373:378

ББК 74.20

Видавництво не несе відповідальність за зміст, ймовірні помилки і неточності видання

Адреса редакції: 33028, м. Рівне, вул. Остафова, 31
Рівненський державний гуманітарний університет,
кафедра методики викладання фізики та хімії (тел. 22-67-75)

Підписано до друку 26.05.2017 р. Формат 60x84 1/8. Папір офсет.
Гарнітура «Times». Друк офсет. Ум. друк. арк. 22,32. Наклад 100 пр. Зам. 57.

Надруковано в друкарні видавництва «Волинські обереги».
33028 м. Рівне, вул. 16 Липня, 38; тел./факс: (0362) 62-03-97;
e-mail: oberegi@mail15.com

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта
видавничої справи ДК № 270 від 07.12.2000 р.

Підводячи підсумок вивчення теплових машин, слід зупинитися на порівнянні ккд різних теплових машин: поршневої парової машини (16 %), парової турбіни (до 24 %), двигуна внутрішнього згоряння карбюраторного типу (до 25 %), дизеля (до 40 %), реактивного двигуна (20-25 %).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Райхенбах Т.М. Енергетичний потенціал нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії. // Університетські наукові записки, 2010. - №2 (34). – С. 332-339.
2. Головіна Н.А. Дослідження коефіцієнта корисної дії реальних циклів. / Н.А. Головіна, Н.В. Налєпа, В.О. Савош. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Моделювання у навчальному процесі» (23-27 лютого 2015 р.). - Луцьк, 2015. – С. 90-94.

УДК 373.5016:53(07)

ОСТАПЧУК М.В.

Рівненський державний гуманітарний університет

МЕТОДИКА ТЕОРЕТИЧНОГО ВИВЧЕННЯ ТЕМИ З ФІЗИКИ «ДІЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА СТРУМ І ЗАРЯДИ» В КЛАСАХ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ПРОФІЛЮ

У статті розглядається методика вивчення дії магнітного поля на струм і заряди в класах природничо-математичного профілю. Характерною особливістю даної методики є збільшення числа задач-запитань якісно-теоретичного, світоглядно-пізнавального й культурологічного змісту, які використовуються як в процесі пояснення так і закріплення вивченого матеріалу.

Ключові слова: методика, теоретичне мислення, дія магнітного поля на струм і заряди, природничо-математичний профіль.

Ostapchuk N.V. Methods theoretical study of topics in physics "Effects of magnetic field on current and charges" in the classes of natural mathematical structure

In the article the method of study of the magnetic field on the current and charges in classrooms natural mathematical structure. A characteristic feature of this method is to increase the number of quality problems, issues and theoretical, ideological and cultural and educational content used in the process of explanation and consolidate the learned material.

Key words: methodology, theoretical thinking, the effect of magnetic field on current and charges, natural and mathematical profile.

Сучасний світ складний. Учні не вміють дати лише знання, ще важливіше навчити користуватися ними. Знання та вміння взаємопов'язані з ціннісними орієнтаціями учня, формують його життєві компетентності, потрібні для успішної самореалізації у житті, навчання та праці. У проекті нового базового Закону України «Про освіту» визначено ключові компетентності нової української школи. До основних компетентностей у природничих науках і технологіях належать: наукове розуміння природи і сучасних технологій, а також здатність застосовувати його в практичній діяльності. Уміння застосовувати науковий метод: спостерігати, аналізувати, формулювати гіпотези, збирати дані, проводити експерименти, аналізувати результат тощо [6]. Буде розроблено новий стандарт профільної освіти, зокрема й природничої, у якому залишиться змістова складова фізики. Тому необхідні методичні розробки для вивчення фізики в профільній школі на академічному і професійному рівнях.

Науково-теоретичне мислення, характерне для сучасника XXI ст., не може обмежуватися лише емпіричним рівнем пізнання фізики (С.У. Гончаренко, О.І. Ляшенко, В.Г. Розумовський, А.І. Павленко) [2, с. 11]. Фізична наука, не сповільнюючи темпів розвитку прикладних застосувань, усе більше теоретизується. Теоретичний рівень пізнання фізики не обмежується законами, хоча й надає їм важливого значення. Внаслідок послідовного вивчення шкільного курсу фізики учень повинен дістати таку систему фізичного знання, яка б відповідала (хоча б в якісному викладі) рівню цілісної фізичної теорії, природничо-наукової картини світу [3; 4; 5].

Теоретичний результат у фізиці - це той, що здобутий шляхом логічних операцій або математичних розрахунків. Повсякчасна праця фізика осягається світлом теорії, збагачується теоретичним мисленням. Теоретичне мислення – це вирішення проблем на основі наявних знань у

вигляді понять, суджень і логічних висновків. Усе це відбувається з допомогою внутрішнього мовлення, подумки [1, с. 142-143].

Мета статті – розкрити методикау теоретичного вивчення теми «Дія магнітного поля на струм і заряди» в класах природничо-математичного профілю.

1. Закон Ампера. Згідно з законом Ампера на елемент струму $d\vec{l}$ діє в магнітному полі сила

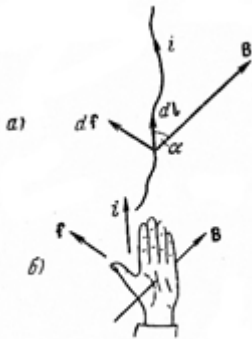
$$dF = kI[d\vec{l}\vec{B}], \quad (1)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, I – сила струму, \vec{B} – магнітна індукція в тому місці, де розміщений елемент $d\vec{l}$. Величина сили (1) визначається формулою

$$dF = kIBdlsin\alpha, \quad (2)$$

(α – кут між векторами $d\vec{l}$ і \vec{B} , рис. 1а). Напрявлена сила перпендикулярно до площини, в якій лежать вектори $d\vec{l}$ і \vec{B} .

Напряму сили, що діє на струм, визначається з допомогою правила лівої руки. Якщо розташувати



Мал. 1

ліву руку так, щоб вектор \vec{B} проходив через долоню, а чотири складені разом пальці були напрямлені вздовж струму, то відставлений в бік великий палець покаже напрям сили (рис. 1б).

Застосуємо закон Ампера для обчислення сили взаємодії двох паралельних нескінченно довгих прямих струмів, що перебувають у вакуумі. Якщо відстань між струмами b (рис. 2), то кожний елемент струму I_2 перебуватиме в магнітному полі, індукція якого $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi b}$. Кут α між елементами струму I_2 і вектором \vec{B}_1 прямиий. Отже, згідно з (2) на одиницю довжини струму I_2

$$F_{21} = kl_2 B_1 = k \frac{\mu_0 2I_1 I_2}{4\pi b}. \quad (3)$$

діє сила

Для сили F_{12} , що діє на одиницю довжини струму I_1 виходить аналогічний вираз. З допомогою правила лівої руки легко встановити, що при однаковому напрямі струмів вони притягуються один до одного, а при протилежному – відштовхуються.

Вираз (3) співпадає з формулою (2) (попередній розділ), якщо покласти $k=1$. Отож, закон Ампера має вигляд

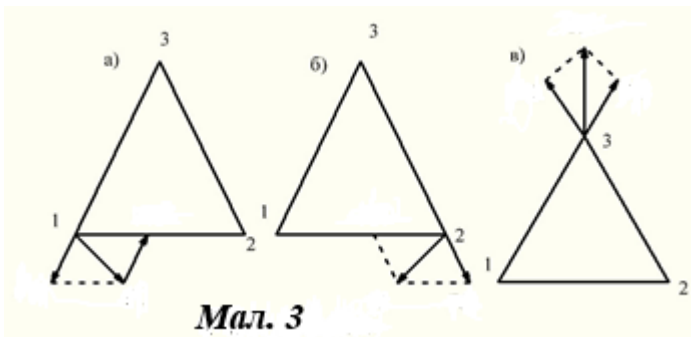
$$d\vec{F} = I[d\vec{l}\vec{B}]. \quad (4)$$

Відповідно

$$dF = IBdlsin\alpha. \quad (5)$$

Задача 1. Вздовж трьох паралельних прямих провідників, що знаходяться на однакових відстанях $d = 10$ см один від одного, течуть однакові струми по 100 А. В двох провідниках напрями струмів співпадають. Обчислити силу, що діє на одиницю довжини кожного провідника.

Розв'язання. На рис. 3 зображені вектори сил попарно взаємодіючих струмів (вони рівні за модулями) і їхні результуючі попарні дії двох струмів у провідниках на третій (на $l = 1$ м довжини кожного). Оскільки $dF = IBdlsin\alpha$, де $sin\alpha = 1$, а $\int_0^1 dl = 1$, то $F = IB$ (рис. 3а,б). Підставивши сюди



Мал. 3

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$, отримаємо $F_1 = F_2 = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} = 20$ мН. Водночас, розглядаючи рис. 3в, отримаємо $F_3 = 2I \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I^2}{2\pi d} = 34,6$ мН. F_1, F_2, F_3 можна обчислити, використовуючи теорему косинусів.

Задача 2. Вздовж двох тонких провідників, зігнутих у вигляді кільця радіусом $R = 10$ см, течуть однакові струми по 10 А у кожному. Знайти силу взаємодії цих кілець, якщо площини, в яких лежать

кілця, паралельні, а відстань між центрами кілець $d = 1$ мм.

Відповідь. $F = \frac{\mu_0 I^2 R}{d} = 12,56 \text{ мН}$.

2. Сила Лоренца. Провідник зі струмом відрізняється від провідника без струму лише тим, що в ньому відбувається упорядкований рух носіїв заряду. Звідси напрашується висновок, що сила, яка діє на провідник зі струмом у магнітному полі, зумовлена дією сил на окремі рухомі заряди, а тоді від цих зарядів передається провіднику, вздовж якого вони переміщуються. Цей висновок підтверджується дослідними фактами, зокрема, тим, що пучок заряджених частинок, які вільно пролітають, наприклад електронний пучок, відхиляється магнітним полем.

Згідно з (4) на елемент струму $d\vec{l}$ діє в магнітному полі сила

$$d\vec{F} = I[d\vec{l} \times \vec{B}] \quad (5)$$

Позаяк $I d\vec{l} = S \vec{j} dl$, то

$$d\vec{F} = S dl [\vec{j} \times \vec{B}] = [\vec{j} \times \vec{B}] dV, \quad (6)$$

де dV – об'єм провідника, до якого прикладена сила $d\vec{F}$. Розділивши $d\vec{F}$ на dV , отримаємо силу, що діє на одиницю об'єму провідника:

$$f_{од.об.} = [\vec{j} \times \vec{B}]. \quad (7)$$

Оскільки $\vec{j} = q_0 n \vec{u}$, то $\vec{F}_{од.об.} = n q_0 [\vec{u} \times \vec{B}]$, де q_0 – елементарний заряд, n – число носіїв заряду в одиниці об'єму, \vec{u} – середня швидкість їхнього упорядкованого руху. Ця сила дорівнює сумі сил, прикладених до носіїв у одиниці об'єму. На один з носіїв діє сила, що дорівнює $\frac{\vec{F}_{од.об.}}{n} = q_0 [\vec{u} \times \vec{B}]$. Так можна стверджувати, що на заряд q_0 , що рухається з швидкістю \vec{v} в магнітному полі \vec{B} , діє сила

$$\vec{F} = q_0 [\vec{v} \times \vec{B}]. \quad (8)$$

Силу (8) називають силою Лоренца. Її модуль дорівнює

$$F = q_0 v B \sin \alpha, \quad (9) \text{ де } \alpha \text{ – кут між векторами } \vec{v} \text{ і } \vec{B}.$$

Напрявлена сила Лоренца перпендикулярно до площини, в якій лежать вектори \vec{v} і \vec{B} . Якщо заряд q_0 додатний, напрям сили збігається з напрямом вектора $[\vec{v} \times \vec{B}]$. В разі від'ємного q_0 напрями векторів \vec{F} і $[\vec{v} \times \vec{B}]$ протилежні. Оскільки сила Лоренца завжди направлена перпендикулярно до швидкості зарядженої частинки, вона роботи над частинкою не виконує. Відтак, діючи на заряджену частинку сталим магнітним полем, змінити її енергію не можна.

При отриманні виразу (8) для сили Лоренца із формули (6) ми вважали, що носії заряду в провіднику рухаються з швидкістю упорядкованого руху \vec{u} . Проте навіть при відсутності струму носії заряду перебувають у хаотичному тепловому русі. Середнє (за носіями) значення вектора швидкості цього руху \vec{v}_0 рівне $v_0 = \frac{1}{n} \sum \vec{v}_0 = 0$. Тому й результуюча сил (8), що діє на носії в замкнутому елементі провідника dl , при відсутності струму також дорівнює нулю:

$$d\vec{F} = \sum q_0 [\vec{v}_0 \times \vec{B}] = q_0 [\sum \vec{v}_0 \times \vec{B}] = 0. \quad (10)$$

При вмиканні струму швидкість носія стає рівною $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{u}$. В цьому разі

$d\vec{F} = \sum q_0 [(\vec{v}_0 + \vec{u}) \times \vec{B}] = \sum q_0 [\vec{v}_0 \times \vec{B}] + \sum q_0 [\vec{u} \times \vec{B}]$. Перша сума в цьому виразі у відповідності з (10) дорівнює нулю. Друга сума по суті збігається з (7). Отже, діючи на струм сила Ампера складається із лоренцових сил, зумовлених упорядкованим рухом носіїв заряду.

Сила, що діє на струм у магнітному полі, має значення (1) незалежно від того, чи у спокої провідник зі струмом або переміщується відносно магнітного поля. В цьому легко переконатися, скориставшись виразом (8) для сили Лоренца. Нехай провід, вздовж якого тече струм, рухається зі швидкістю \vec{u} . Тоді електрон рухається відносно поля зі швидкістю $\vec{v} + \vec{u}$ й на нього діятиме сила $\vec{F} = -q[(\vec{v} + \vec{u}) \times \vec{B}] = -q[\vec{v} \times \vec{B}] - q[\vec{u} \times \vec{B}]$, а на ділянку проводу – сила $d\vec{F} = -q[\vec{v} \times \vec{B}] dN - q[\vec{u} \times \vec{B}] dN$, де dN – число електронів у елементі струму dl , а \vec{u} – середня швидкість їхнього руху відносно проводу.

Провідник у цілому нейтральний – він утворений нерухожими (що коливаються у вузлах решітки) додатними іонами й електронами, що вільно рухаються. Додатні іони рухаються разом з проводом зі швидкістю \vec{v} , так що на кожний з них діє сила $\vec{F}_+ = q[\vec{v} \times \vec{B}]$. Число іонів у елементі струму dl таке саме, як число електронів. Отже, на іони, що містяться в елементі dl , діє сила $\vec{F}_+ = q[\vec{v} \times \vec{B}] dN$.

Елемент проводу довжиною dl зазнає дії сили, що дорівнює сумі сил $d\vec{F} = d\vec{F}_- + d\vec{F}_+ = -q[\vec{u}\vec{B}]dN$. Добутий вираз еквівалентний формулі (6). У нього не входить швидкість провідника \vec{v} . Таким чином, закон Ампера має однаковий вид і для нерухомого і для рухомого провідника.

Задача 3. Електрон, пройшовши прискорювальну різницю потенціалів $U = 400 \text{ В}$, попав у однорідне магнітне поле з індукцією $B = 1,5 \text{ мТл}$. Визначити радіус кривизни траєкторії R і частоту ν обертання електрона в магнітному полі.

Розв'язання. На рухомий у магнітному полі електрон діє сила Лоренца \vec{F} . Вона перпендикулярна до вектора швидкості \vec{v} , отже, являється в даному разі рівною

$$qvB\sin\alpha = \frac{mv^2}{R}, \quad (11)$$

де q – заряд електрона, v – швидкість електрона, m – маса електрона, α – кут між напрямом вектора \vec{v} і вектора індукції \vec{B} . У нашому випадку $\vec{v} \perp \vec{B}$ і кут $\alpha=90^\circ$, $\sin\alpha = 1$.

Із формули (11) знайдемо $R = \frac{mv}{qB}$. (12)

Імпульс mv , що фігурує у формулі (12) можна виразити через кінетичну енергію W електрона:

$$mv = \sqrt{2mW}. \quad (13)$$

Кінетична енергія електрона, що пройшов прискорювальну різницю потенціалів U , визначається рівністю $W = qU$. Підставивши це значення W у формулу (13), отримаємо $mv = \sqrt{2mqU}$. Тоді вираз (12) для радіуса кривизни набуває виду $R = \frac{\sqrt{2mqU}}{qB}$. Підставивши сюди числові значення і провівши обчислення, маємо $R = 4,41 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

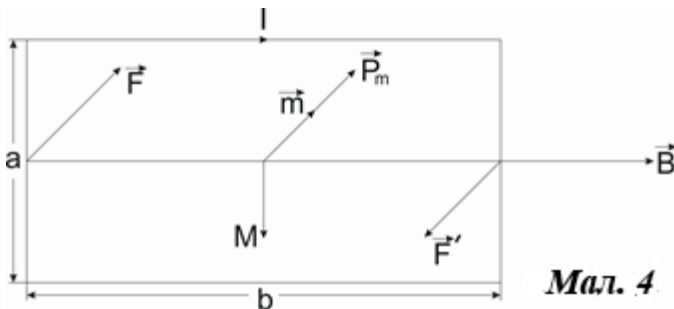
Для визначення частоти обертання використаємо формулу, що пов'язує частоту з швидкістю і радіусом $\nu = \frac{v}{2\pi R}$. Підставивши в праву частину вираз (12) для радіуса кривизни, отримаємо $\nu = \frac{1}{2\pi} \frac{q}{m} B = 4,21 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{с}}$.

Задача 4. Електрон, що володіє швидкістю $v = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, влітає в однорідне магнітне поле індукцією $B = 30 \text{ мТл}$ під кутом $\alpha = 30^\circ$ до напрямку ліній поля. Визначити радіус R і крок h гвинтової лінії, вздовж якої рухається електрон.

Розв'язання. На рухому заряджену частинку в магнітному полі діє сила Лоренца, перпендикулярна вектору магнітної індукції і вектору швидкості частинки

$$F = evB\sin\alpha, \quad (13) \text{ де } e - \text{заряд частинки.}$$

Позаяк сила Лоренца завжди перпендикулярна до швидкості, то величина швидкості не змінюється під дією цієї сили. У тім при постійній швидкості, як це впливає із останньої формули, залишатиметься сталою й величина сили Лоренца. Відомо, що стала сила, перпендикулярна до швидкості, викликає рух по колу. Отже, електрон, що влетів у магнітне поле, рухатиметься вздовж кола в площині, перпендикулярній до поля, з

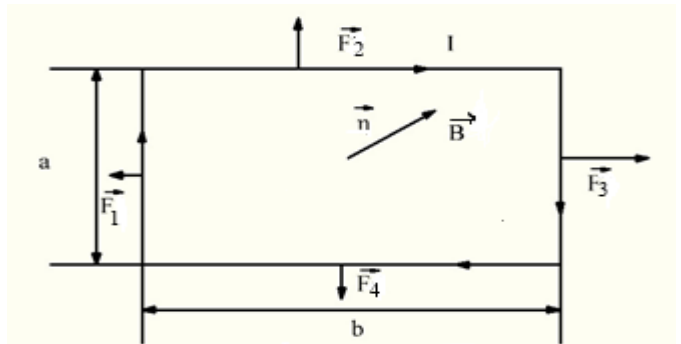


швидкістю, що дорівнює поперечній складовій швидкості v_z , водночас він рухається і вздовж поля з швидкістю v_x : $v_z = v\sin\alpha$, $v_x = v\cos\alpha$. В результаті одночасного руху вздовж кола й прямої електрон рухатиметься вздовж гвинтової лінії.

Сила Лоренца F викликає рух вздовж кола, отже, вона являється доцентровою силою $F_{\text{доц}}$, тому $F = F_{\text{доц}}$, або $F_{\text{доц}} = \frac{mv_z^2}{R} = \frac{mv^2\sin^2\alpha}{R}$.

Враховавши (13), отримаємо $R = \frac{mv\sin\alpha}{eB} = 1,9 \text{ см}$.

Крок гвинтової лінії дорівнює шляху,



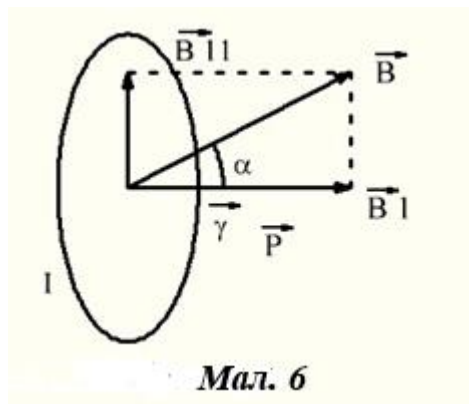
пройдену електронем вздовж поля з швидкістю v_x за час, який буде потрібно електрону для того, щоб здійснити один оберт $h = v_x T$, де T – період обертання електрона: $T = \frac{2\pi R}{v}$. Отож, $h = \frac{2\pi R v_x}{v}$, або $h = \frac{2\pi R v \cos\alpha}{v \sin\alpha} = 2\pi R \tan\alpha = 20,6$ см.

Запитання 1. Чи виконує сила Лоренца, діючи на заряджену частинку, роботу.

Відповідь. Ні.

3. Контур зі струмом у магнітному полі. Нехай прямокутний плоский контур зі струмом розміщений в однорідному магнітному полі. Якщо контур розташований так, що вектор \vec{B} паралельний до площини (рис. 4), то сторони завдовжки b , не будуть зазнавати дії сил, бо для них у формулі (5) $\sin\alpha = 0$. На ліву ділянку згідно з законом діятиме сила $\vec{F} = Iba$, напрямлена за рисунок, на праву ділянку – така ж сама за величиною, але протилежно напрямлена сила \vec{F}' . Ці сили утворюють пару, момент якої $M = FB = IBab$. Враховуючи, що ab дорівнює площі контуру S , а IS дає величину магнітного моменту p_m , можна записати $M = p_m B$. (14)

Момент \vec{M} прагне повернути контур так, щоб його магнітний момент \vec{p}_m зорієнтувався в напрямі поля \vec{B} . Така орієнтація показана на мал. 5. У цьому випадку $\vec{F}_1 = \vec{F}_3 = Iba$, $\vec{F}_2 = \vec{F}_4 = Ibb$. Напрями всіх сил лежать у площині контуру. Легко бачити, що обертальний момент у цьому разі не виникає. Оскільки поле однорідне, рівнодійна сил дорівнює нулю, сили лише розтягують контур, але змістити його не можуть. Помітим, що якщо повернути контур на 180° (якщо змінити напрям поля на зворотній), то напрями усіх сил зміняться на протилежні, і вони будуть не розтягувати, а стискати контур. При довільній орієнтації контуру (мал. 6) магнітну індукцію \vec{B} можна розкласти на складові:



Мал. 6

\vec{B}_\perp – перпендикулярну й \vec{B}_\parallel – паралельну площині контуру, і розглядати дію кожної складової окремо. Складова \vec{B}_\perp зумовлюватиме сили, що розтягують або стискають контур. Складова \vec{B}_\parallel , величина якої дорівнює $B \sin\alpha$ (α – кут між \vec{p}_m і \vec{B}) приведе до виникнення обертального моменту, який можна обчислити по формулі (14):

$$M = p_m B_\parallel = p_m B \sin\alpha. \quad (15)$$

Взявши до уваги взаємну орієнтацію векторів \vec{M} , \vec{p}_m і \vec{B}_\perp , формулу (15) можна записати у вигляді

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \vec{B}]. \quad (16)$$

Для того щоб кут α між векторами \vec{p}_m і \vec{B} збільшити на $d\alpha$, треба виконати проти сил, що діють на контур у полі,

$$\text{роботу} \quad dA = M d\alpha = p_m B \sin\alpha d\alpha. \quad (17)$$

Повернувшись у перш початкове положення контур може повернути витрачену на його поворот роботу, виконавши її над якимись тілами. Отже, робота (17) іде на збільшення енергії W , якою володіє контур зі струмом у магнітному полі

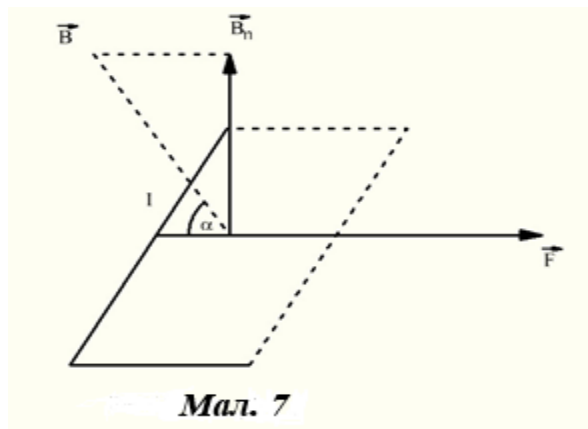
$$dW = -p_m B \cos\alpha = -\vec{p}_m \vec{B}. \quad (18)$$

Складнішою є задача, коли плоский контур знаходиться в неоднорідному магнітному полі, яку ми не розглядаємо.

4. Робота переміщення провідника зі струмом у магнітному полі. Потік магнітної індукції. Розглянемо провідник зі струмом I , що перебуває в середовищі з магнітною індукцією \vec{B} . На провідник діє сила $F = Ibl \sin\alpha$.

Якщо провідник під дією цієї сталої за величиною сили переміщається на відстань b , то величина виконуваної роботи дорівнює

$$A = Fb = Iblb \sin\alpha = IB_n S, \quad (19)$$



Мал. 7

де $S = bl$ – площа, перекрита провідником при його переміщенні в магнітному полі, B_n – проекція вектора магнітної індукції на нормаль до площі S (рис. 7).

Добуток нормальної складової магнітної індукції B_n на площу S , яку пронизують лінії індукції, називається магнітним потоком і позначається через Φ . Одиницею магнітного потоку являється вебер. Вебер дорівнює Тесла на квадратний метр. Потік індукції Φ можна розглядати як повне число ліній індукції, що проходить через площу S . У загальному випадку $\Phi = \int_S B_n dS$, і формулу (19) можна переписати так $A = I\Phi$.

Задача 5. Плоский квадратний контур зі стороною $a = 10$ см, по якому тече струм $I = 100$ А, вільно установився в однорідному магнітному полі індукцією $B = 1$ Тл. Визначити роботу, виконувану зовнішніми силами при повороті контура відносно осі, що проходить через середину його протилежних сторін, на кут: 1) $\varphi_1 = 90^\circ$; 2) $\varphi_2 = 3^\circ$. При повороті контура сила струму в ньому підтримується незмінною.

Розв'язання. Як відомо, на контур зі струмом у магнітному полі діє обертальний момент

$M = p_m B \sin\alpha$, (20) де p_m – магнітний момент контура, B – індукція магнітного поля, α – кут між вектором \vec{p}_m , напрямленим вздовж нормалі до контура, і вектором \vec{B} .

Згідно з умовою задачі в початковому положенні контур вільно установився в магнітному полі. При цьому момент сил $\vec{M} = 0$, а значить $\alpha = 0^\circ$, тобто вектор \vec{p}_m і \vec{B} збігаються за напрямком. Якщо зовнішні сили виведуть контур із положення рівноваги, то момент сил, що визначається формулою (20), буде прагнути повернути контур у вихідне положення.

Проти цього моменту й виконуватиметься робота зовнішніми силами. Позаяк момент сил змінний (залежить від кута повороту α), то для підрахунку роботи застосуємо формулу роботи в диференціальній формі: $dA = M d\alpha$. Підставивши сюди вираз M згідно з формулою (20) і врахувавши, що $p_m = IS = Ia^2$, де I – сила струму в контурі, $S = a^2$ – площа контура, отримаємо $dA = IBa^2 \sin\alpha d\alpha$.

Взявши інтеграл від цього виразу, знайдемо роботу при повороті на скінченний кут

$$A = IBa^2 \int_0^\alpha \sin\alpha d\alpha. \quad (21)$$

1. Робота при повороті на кут 90° :

$$A = IBa^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\alpha_1 d\alpha_1 = IBa^2 (-\cos \int_0^{\frac{\pi}{2}}) = IBa^2 = 1 \text{ Дж.}$$

2. Робота при повороті на кут $\alpha = 3^\circ$. В цьому випадку, врахувавши, що кут α малий, замінімо у виразі (21) $\sin\alpha \approx \alpha$: $A = IBa^2 \int_0^\alpha \alpha d\alpha = \frac{1}{2} IBa^2 \alpha^2$, де $\alpha = 3,175 \cdot 10^{-2}$ радіан, отримаємо $A_2 = 1,37$ мДж.

Задача 6. На дротяний виток радіусом $r = 10$ см, розташований між полюсами магніту, діє максимальний механічний момент $M = 6,5$ мкНм. Сила струму у витку $I = 2$ А. Визначити магнітну індукцію B поля між полюсами магніту. Дією магнітного поля Землі знехтувати.

Розв'язання. Індукцію B магнітного поля можна визначити із виразу механічного моменту M (20), що діє на виток зі струмом у магнітному полі, де p_m – магнітний момент витка зі струмом, B – індукція магнітного поля, α – кут між напрямом індукції магнітного поля і нормалі до площини витка.

Якщо врахувати, що максимальне значення моменту набуває при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ($\sin\alpha = 1$), а також, що магнітний момент витка з струмом має вираз $p_m = IS$, то формула (20) прийме вид $M = IB S$. Звідси, враховуючи, що $S = \pi r^2$, знаходимо $B = \frac{M}{\pi r^2} = 104$ мкТл.

Задача 7. Визначити магнітний потік у соленоїді без осердя завдовжки $1,6$ м вздовж витків якого тече струм $6,3$ А. Соленоїд має 1400 витків і радіус $4,8$ см.

Розв'язання. Потік $\Phi = BS$, де $B = \mu_0 n I$

($n = \frac{1400}{1,6 \text{ м}} = 875 \frac{1}{\text{м}}$ – число витків на одиницю довжини соленоїда, I – сила струму, $S = \pi R^2$ – площа витка). Маємо $\Phi = \mu_0 n I \cdot \pi R^2$. Підставивши числові значення величин, отримаємо $\Phi = 5 \cdot 10^{-5}$ вб.

Задачі і завдання для самостійного розв'язування

1. Вздовж двох паралельних провідників завдовжки $l = 1$ м кожний течуть струми однакої сили. Відстань між проводами $b = 1$ см. Сила взаємодії струмів $F = 1$ мН. Яка сила струму в провідниках?

2. Вздовж двох однакових квадратних плоских контурів зі стороною $a = 20$ см течуть струми по $I = 10$ А. Визначити силу взаємодії контурів, якщо відстань між відповідними сторонами контура $b = 2$ мм.

3. Заряджена частинка зі швидкістю $v = 2 \cdot 10^6$ м/с влітає в однорідне магнітне поле з індукцією $B = 0,52$ Тл. Знайти відношення заряду частинки до її маси, якщо частинка в полі описала дугу коло радіусом $R = 4$ см.

4. Електрон рухався по колу в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,1$ Тл. Знайти величину еквівалентного колового струму, створюваного рухом електрона.

5. Плоский контур, площа якого 25 см² перебуває в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,04$ Тл. Визначити магнітний потік, що пронизує контур, якщо площина складає кут 30° з лініями поля.

Відповіді. 1. 7 А. 2. $F = \frac{2\mu_0 I^2 a}{\pi b} = 8$ мН. 3. $\frac{e}{m} = \frac{v}{RB} = 96,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$. 4. $I = \frac{Be^2}{2\pi m} = 448 \cdot 10^{-12}$ А. Врахувати, що $I = ev$, де e – заряд електрона, $\nu = \frac{v}{2\pi R}$ – частота обертання в магнітному полі. 5. $\Phi = BS \sin \alpha = 50$ мкВб.

Висновки. У статті наведений приклад методики теоретичного вивчення теми з фізики «Дія магнітного поля на струм і заряди» в класах природничо-математичного профілю.

Сучасний зміст фізики загальноосвітніх шкіл є порівняно стабільний. Тому зараз проблема не стільки в нових підручниках, скільки в методах викладання і засвоєння навчального матеріалу. Теоретичні знання на відміну конкретно-практичних не можуть подаватися інформаційним способом, у готовому вигляді. Тут конче потрібно шукати власні розробки у викладанні фізики на ґрунті принципів проблемності та методів засвоєння нових знань. Тому важливе значення має формування в учнів теоретичного мислення шляхом певної організації пізнавальної діяльності, розширенню можливостей оволодіння універсальними науковими поняттями, які відображають загальні властивості і відношення об'єктивної дійсності та пізнання, побудованими теоретичним чином. Виникає потреба розширення методів наукового пізнання сходженням від абстрактного до конкретного. Тут розширюються не самі знання, а методи їх теоретичного пізнання.

Характерною особливістю даної методики є збільшення числа задач-запитань якісно-теоретичного, світоглядно-пізнавального й культурологічного змісту. Перед учнями ставляться узагальнені питання-проблеми, відповідь на які вимагає не переоповідання готових міркувань і висновків підручника або оголошених учителем, а творчих пошуків і зусиль, глибокого розуміння суті явищ і вміння застосовувати знання на практиці. Попрацювавши із задачами й питаннями самостійно, учень має можливість порівняти свої результати й висновки із відповідями наведеними в кінці теми. Задачі-запитання даються також безпосередньо під час пояснення вчителем основних положень, законів відповідної теми фізики.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дубровська Д.М. Основи психології: навч. посіб. / Д.М. Дубровська.–Львів: Світ, 2001. - 280 с.
2. Розв'язування навчальних задач з фізики: питання теорії і методики / С.У. Гончаренко, Є.В. Коршак, А.І. Павленко і ін.; за заг. ред. Є.В. Коршака. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2004. - 185 с.
3. Коршак Є.В. Фізика: підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл.: рів. стандарту / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. – К.: Генеза, 2011. – 256 с.
4. Новак О.Ф. Ідеї теоретичного пошуку в курсі фізики середньої школи / О.Ф. Новак, М.В. Остапчук // Фізика. - 2000. - № 25(73). С. 2-3.
5. Остапчук М.В. Методика теоретичного вивчення електростатики в класах природничо-математичного профілю / М.В. Остапчук, В.М. Остапчук / Вісник Чернігівського національного університету ім. Т.Г. Шевченка [Текст]. Вип. 138 / ЧНПУ ім. Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2016. – С. 122-129.
6. Веб-сайт «Нова українська школа.» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mon.gov.ua/activity/education/zagalna-serednya/ua-sch-2016/> - (МОН України).