

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

Р. В. Вовк, А. В. Попов

ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

2-ге видання

Харків – 2016

УДК 53 (076.5)
ББК 22.33
В61

Рецензенти:

В. Г. Карась – доктор фізико-математичних наук, професор Харківського фізико-технічного інституту;

М. О. Оболенський – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізики низьких температур Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів інженерно-технічних
спеціальностей вищих навчальних закладів
(Лист № 1/11-7271 від 04.08.2011 р.)*

Вовк Р. В.

В61

Електрика і магнетизм : навчальний посібник / Р. В. Вовк, А. В. Попов – 2-ге вид. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 148 с.
ISBN 978-966-285-226-4

У навчальному посібнику викладено розділи загального курсу фізики: «Фізичні основи механіки», «Коливання і хвилі», «Молекулярна фізика і термодинаміка» відповідно до навчальних програм для нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів. Особлива увага приділена формулюванню основних законів і теорем класичної механіки і термодинаміки та виявленню фізичного змісту величин.

Для студентів нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів і технічних університетів.

Іл. 148, бібл. 26

УДК 53 (076.5)
ББК 22.33

ISBN 978-966-2033-39-7 (1-ше вид.)
ISBN 978-966-285-226-4 (2-ге вид.)

© Українська державна академія залізничного транспорту, 2011
© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2016
© Вовк Р. В. Попов А. В., 2016
© Дончик І. М., макет обкладинки, 2016

ЗМІСТ

Передмова	7
-----------------	---

Розділ 1. Електростатика

Електричне поле у вакуумі

§ 1.1. Квантування заряду. Закон збереження заряду.....	9
§ 1.2. Закон Кулона	9
§ 1.3. Напруженість електричного поля. Графічне зображення полів	11
§ 1.4. Принцип суперпозиції полів. Напруженість поля диполя ...	12
§ 1.5. Потік вектора напруженості електричного поля. Теорема Остроградського–Гаусса	14
§ 1.6. Застосування теореми Остроградського–Гаусса до розрахунку поля заряджених кулі, циліндра і площини	15
§ 1.7. Потенціал електростатичного поля. Циркуляція вектора напруженості поля	19
§ 1.8. Зв'язок потенціалу електростатичного поля з напруженістю. Еквіпотенціальні поверхні	22
§ 1.9. Обчислення потенціалу по напруженості	23
§ 1.10. Провідники в електростатичному полі	26
§ 1.11. Електростатичне екранування. Заземлення	29
§ 1.12. Електростатичний генератор Ван-де-Граафа	30
§ 1.13. Ємність провідників і конденсаторів	31
§ 1.14. З'єднання конденсаторів	34
§ 1.15. Енергія системи нерухомих зарядів	35
§ 1.16. Енергія зарядженого провідника й конденсатора	37
§ 1.17. Енергія електричного поля. Густина енергії	37
Питання для самоперевірки.....	39

Електричне поле в діелектриках

§ 1.18. Види діелектриків. Поляризація діелектриків	40
§ 1.19. Вектор поляризації	42

§ 1.20.	Теорема Остроградського–Гаусса для діелектриків	44
§ 1.21.	Поляризованість і діелектрична проникність діелектриків	45
§ 1.22.	Напруженість поля в діелектрика	46
§ 1.23.	Залежність ємності конденсатора від діелектричної проникності ізолятора	48
§ 1.24.	Пондеромоторні сили	49
§ 1.25.	Сегнетоелектрики	52
	Питання для самоперевірки.....	55

Розділ 2. Постійний електричний струм

Закони постійного струму

§ 2.1.	Сила струму. ЕРС джерела струму	56
§ 2.2.	Закон Ома. Електричний опір провідника	57
§ 2.3.	З'єднання провідників	59
§ 2.4.	Робота й потужність струму. Закон Джоуля–Ленца	60

Електропровідність металів

§ 2.5.	Природа носіїв струму в металах	61
§ 2.6.	Густина струму. Закони Ома і Джоуля–Ленца у диференціальній формі	62
§ 2.7.	Класична теорія електропровідності металів	64
§ 2.8.	Зв'язок між електропровідністю і теплопровідністю металів. Закон Відемана–Франца	67
§ 2.9.	Труднощі класичної теорії електропровідності металів	69
	Питання для самоперевірки.....	70

Розділ 3. Електромагнетизм

Магнітне поле у вакуумі

§ 3.1.	Сили, що діють у магнітному полі на рухомі заряди і струми. Вектор магнітної індукції	72
§ 3.2.	Магнітне поле струму. Закон Біо–Савара–Лапласа	74
§ 3.3.	Магнітне поле прямого струму	75
§ 3.4.	Магнітне поле кругового струму	76

§ 3.5.	Теорема про циркуляцію вектора магнітної індукції у вакуумі	77
§ 3.6.	Магнітне поле довгого соленоїда і тороїда	79
§ 3.7.	Потік вектора магнітної індукції. Теорема Остроградського–Гаусса для магнітного поля	81
§ 3.8.	Сила взаємодії двох паралельних провідників. Одиниця сили струму – ампер	83
§ 3.9.	Замкнутий контур зі струмом у магнітному полі	84
§ 3.10.	Робота при переміщенні провідника і контура зі струмом у магнітному полі	86
§ 3.11.	Рух заряджених частинок у магнітному полі. Принцип роботи циклотрона	87
§ 3.12.	Ефект Холла	89
§ 3.13.	Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея	91
§ 3.14.	Правило Ленца	93
§ 3.15.	Явище самоіндукції	94
§ 3.16.	Вихрові струми або струми Фуко. Скін-ефект	97
§ 3.17.	Електричний струм при замиканні і розмиканні ланцюга, що містить індуктивність	99
§ 3.18.	Енергія магнітного поля струму. Об’ємна густина енергії.....	102
	Питання для самоперевірки.....	103

Магнітне поле в речовині

§ 3.19.	Намагнічення тіл. Дослід Ейнштейна–де Гааза	104
§ 3.20.	Вектор намагніченості. Напруженість магнітного поля струму	107
§ 3.21.	Теорема про циркуляцію вектора напруженості магнітного поля в речовині	109
§ 3.22.	Типи магнетиків: діа-, пара- і феромагнетики. Природа діамагнетизму	110
§ 3.23.	Теорія парамагнетизму Ланжевена	114
§ 3.24.	Властивості феромагнетиків. Гістерезис	117
§ 3.25.	Природа феромагнетизму	121
	Питання для самоперевірки.....	122

Електромагнітне поле

§ 3.26.	Коливальний LC-контур	123
§ 3.27.	Струм зміщення	125
§ 3.28.	Рівняння Максвелла. Електромагнітне поле	127
§ 3.29.	Дивергенція вектора поля. Теорема Остроградського-Гаусса про перетворення поверхневого інтеграла в об'ємний	129
§ 3.30.	Ротор вектора поля. Теорема Стокса	131
§ 3.31.	Рівняння Максвелла в диференціальній формі	133
§ 3.32.	Плоска електромагнітна хвиля	135
§ 3.33.	Енергія електромагнітної хвилі. Вектор Пойнтінга	138
§ 3.34.	Випромінювання електромагнітних хвиль. Досліди Герца	139
§ 3.35.	Тиск електромагнітної хвилі. Досліди Лебедева з вимірювання тиску світла	140
§ 3.36.	Винахід радіотелеграфу О. С. Поповим	142
	Питання для самоперевірки.....	143
	Список рекомендованої літератури.....	144
	Предметний покажчик	146