О. Я. Кузнєцова, Н. П. Муранова

ФІЗИКА

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Частина 2

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник

Київ
Видавництво
Національного авіаційного університету «НАУ-друк»
2009

УДК 53(075.8)
ББК В 3я7
К 891

Тиражувати
без офіційного дозволу НАУ забороняється

Рецензенти:

Ю. І. Джежеря, д-р фіз.-мат. наук, проф.
(Національний технічний університет України «КПІ»)

Б. С. Карпінос, д-р тех. наук, проф.
(Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренко НАН України)

І. П. Ільчишин, канд. фіз.-мат. наук, старш. наук. співроб.
(Інститут фізики НАН України)

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(Лист 1-4/18-Г-985 від 07.05.2008)

Кузнєцова О. Я.

К 891 Фізика : навч. посіб. Ч. 2 / О. Я. Кузнецова, Н. П. Муранова. — К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. — 292 с.

ISBN 978-966-598-524-2

ISBN 978-966-598-548-8 (Ч. 2)

Автори навчального посібника мали на меті допомогти учням систематизувати здобуті знання з фізики, підготувати їх до незалежного тестування та адаптувати до вимог навчання за кредитно-модульною системою.

Зміст посібника відповідає робочій навчальній програмі з фізики Інституту доуніверситетської підготовки Національного авіаційного університету та програмі загальноосвітнього навчального закладу.

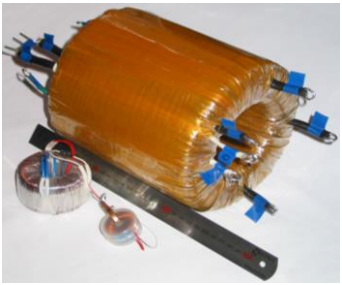
Для абітурієнтів, слухачів підготовчих курсів, студентів, учителів та учнів середніх загальноосвітніх шкіл.

УДК 53(075.8)
ББК В3я7

ISBN 978-966-598-524-2
ISBN 978-966-598-548-8 (Ч. 2)

© Кузнєцова О. Я., Муранова Н. П., 2009
© НАУ, 2009

Розділ 3



Електромагнетизм

Тема Е-1. Взаємодія нерухомих зарядів. Закон Кулона
Тема Е-2. Електричне поле
Тема Е-3. Робота електричного поля
Тема Е-4. Речовина в електричному полі
Тема Е-5. Закон постійного струму
Тема Е-6. Робота електричного струму. Теплова та хімічна дія електричного струму
Тема Е-7. Магнітне поле. Дія магнітного поля та провідника зі струмом та рухомий заряд
Тема Е-8. Явище електромагнітної індукції

ТЕМА

ВЗАЄМОДІЯ НЕРУХОМИХ ЗАРЯДІВ. ЗАКОН КУЛОНА

Е-1.1. Теоретичні відомості

Розділ фізики, який вивчає властивості взаємодії нерухомих заряджених тіл або частинок, називається ***електростатикою***. Для кількісної характеристики електричних властивостей тіл введено поняття електричного заряду. Властивості електричного заряду такі.

1. У природі існують тільки ***два різновиди*** електричного заряду: позитивний і негативний.

2. Заряд будь-якого знака завжди має свого «носія»: не існує електричного заряду без елементарної частинки, але існують елементарні частинки без заряду.

3. Носієм елементарної порції негативного електричного заряду виступає частинка електрон. Заряд електрона позначається e і дорівнює $-1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл. Маса електрона дорівнює $9{,}1\cdot10^{-31}$ кг.

4. Носієм елементарної порції позитивного електричного заряду виступає частинка протон. Заряд протона дорівнює заряду електрона $+1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл. Маса протона дорівнює $1{,}67\cdot10^{-27}$ кг.

5. Електричний заряд макроскопічного тіла дорівнює сумі електричних зарядів усіх частинок цього тіла, тобто $q = \pm Ne$.

6. Різнойменні заряджені тіла притягуються, однойменні — відштовхуються.

7. Взаємодія нерухомих заряджених тіл відбувається через електричне поле, створене кожним із них навколо себе у просторі.

8. Система заряджених тіл називається електрично ізольованою, якщо вона не обмінюється з зовнішніми тілами електрично зарядженими частинками.

9. Для електрично ізольованої системи виконується ***закон збереження електричного заряду*****:** *алгебраїчна сума електричних зарядів тіл або частинок залишається сталою при будь-яких процесах, які відбуваються в цій системі.*

Зважаючи на властивості електричного заряду, можна дати визначення електричному заряду: ***електричний заряд*** — це скалярна величина, яка характеризує електричні властивості заряджених час-

тинок і макроскопічних тіл, електричну взаємодію між ними, а також взаємодію з зовнішнім електричним полем.

Тепер ми знаємо, що заряд завжди несе або частинка, або макроскопічне тіло. Проте для стислості висловлювання говоритимемо просто «заряд», розуміючи при цьому, що він неодмінно належить носію заряду.

Сила взаємодії між нерухомими зарядженими частинками і тілами визначається за експериментально встановленим ***законом Кулона*****:** *сила взаємодії двох нерухомих точкових зарядів q_1 і q_2 прямо пропорційна до абсолютної величини кожного із зарядів і обернено пропорційна до квадрата відстані між ними:*

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r^2},$$

де r — відстань між центрами зарядів; $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — діелектрична стала; ε — діелектрична проникність середовища, яка залежить від властивостей середовища і визначається за спеціальними таблицями.

Проаналізуємо закон Кулона.

1. У формулу закону Кулона підставляють ***модулі (абсолютні величини) зарядів***, не враховуючи знака заряду.
2. У формулюванні закону є термін «точковий електричний заряд» — це заряджене тіло, розмірами якого можна знехтувати в умовах даної задачі. Тут виявляється аналогія між визначенням точкового заряду і матеріальної точки, поняття про яку було введено в механіці.
3. Закон Кулона виконується як для точкових заряджених тіл, так і для макроскопічних , які мають форму кулі.
4. Якщо взаємодіють два заряджені круглі не точкові тіла, то відстань між ними має враховувати радіуси R цих тіл (рис. Е-1.1):

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon (r + 2R)^2}.$$

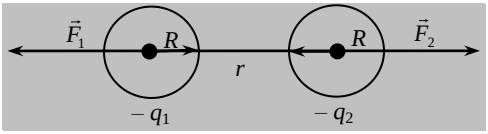


Рис. Е-1.1

5. Діелектрична проникність середовища — це величина, яка показує у скільки разів сила F_0 взаємодії у вакуумі на тій самій відстані між тими самими зарядами більша, ніж сила взаємодії F у даному середовищі:

$$\varepsilon = \frac{F_0}{F}.$$

Наприклад, у гасі сили притягання і відштовхування двох заряджених тіл у 2,1 раза, а у склі — у 6—8 раз менші, ніж у вакуумі. Діелектрична проникність визначається експериментально. Для вакууму $\varepsilon = 1$, для повітря $\varepsilon = 1{,}000585 \approx 1$.

6. Як напрямлена сила Кулона? Чи правомірно так ставити питання? Невже між двома зарядами діє одна сила? Безперечно, ні, бо йдеться про ***взаємодію двох зарядів!*** Потрібно розуміти, що сили Кулона — це сили ***дії і протидії***. Тому якщо заряди однойменні, вони відштовхуються один від одного (за третім законом Ньютона) із силами, модуль яких однаковий, а напрямлені сили у протилежні боки (рис. Е-1.2, *а*) уздовж прямої, що сполучає заряди.

І навпаки, якщо заряди різнойменні, вони притягують один одного (за третім законом Ньютона) силами, модуль яких однаковий, а напрямлені сили назустріч (рис. Е-1.2, *б*) вздовж прямої, що з'єднує заряди.

а *б*

Рис. Е-1.2

ТЕМА О-2

ПОБУДОВА ЗОБРАЖЕННЯ В ЛІНЗІ

О-2.1. Теоретичні відомості

Лінзою називають прозоре тіло, обидві поверхні якого утворено сферами. Лінію, що проходить через центри сферичних поверхонь, називають ***головною оптичною віссю***. Якщо товщина лінзи набагато менша за радіуси сферичних поверхонь, лінза називається **тонкою**. Для тонкої лінзи точку перетину сферичних поверхонь з головною оптичною віссю називають ***оптичним центром тонкої лінзи***. Зображення в лінзах будуються за законами заломлення. Промені, що падають на лінзу паралельно головній оптичній осі, після заломлення збираються в точці, яку називають ***головним фокусом лінзи***. Відстань від оптичного центра до головного фокуса називають ***фокусною відстанню*** *F*.

Лінзи бувають опуклі (збиральні) (рис. О-2.1, *а*) і вгнуті (розсіювальні) (рис. О-2.1, *б*). Фокус збиральної лінзи називається **дійсним**, розсіювальної — **уявним**. Для побудови зображення можна використати хід будь-яких двох променів із трьох зображених: перший проходить через центр тонкої лінзи без заломлення; другий рухається паралельно головній оптичній осі і після заломлення проходить через фокус; третій проходить через фокус і після заломлення лінзою продовжує свій шлях паралельно головній осі. Зображення будь-якої точки предмета знайдемо як точку перетину двох із зазначених променів (або їхніх продовжень), що вийшли з цієї точки і пройшли через лінзу.

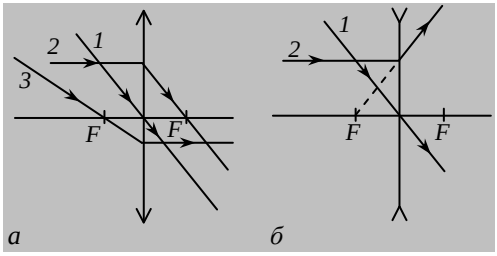


Рис. О-2.1

Домовилися предмет розміщувати завжди ліворуч від лінзи. А от зображення залежно від виду лінзи і положення предмета відносно неї може міститися як праворуч, так і ліворуч від лінзи. Якщо зображення лежить праворуч від лінзи, то воно утворюється променями, що після заломлення в лінзі сходяться. Таке зображення називають ***дійсним***.

Якщо зображення лежить ліворуч від лінзи, тобто з того самого боку, що й предмет, воно утворюється продовженими променями, які після заломлення в лінзі розходяться (рис. О-2.1, *б*, промінь *2*). Таке зображення називають ***уявним***. Розсіювальна лінза утворює завжди уявне зображення.

У формулу ***тонкої лінзи*** входять фокусна відстань F, відстань від предмета до лінзи d і відстань від зображення предмета до лінзи f:

$$\pm\frac{1}{F}=\frac{1}{d}\pm\frac{1}{f}.$$

Знак «мінус» показує, що фокус лінзи і зображення предмета уявні. Оптична сила лінзи визначається за формулою

$$D=\frac{1}{F}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right),$$

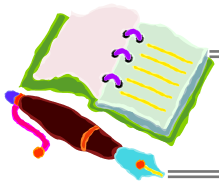
де n_1 і n_2 — показник заломлення відповідно середовища та матеріалу лінзи; R_1, R_2 — радіуси сферичних поверхонь лінзи.

Тоді збиральна лінза може стати розсіювальною, якщо її помістити в середовище з показником заломлення більшим, ніж показник заломлення матеріалу лінзи.

Лінійне збільшення лінзи:

$$K=\frac{h}{H}=\frac{f}{d},$$

де H і h — висота відповідно предмета і зображення.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Кузнєцова О. Я.* Фізика: навч. посібник / *О. Я. Кузнєцова, Н. П. Муранова.* — К. : Книжкове вид-во НАУ, 2007. — 316 с.

2. *Элементарный* учебник физики: уч. пособие в 3-х т. / под ред. Г. С. Ландсберга. Т. I. Механика. Теплота. Молекулярная физика. — М. : 1972. — 656 с.

3. *Элементарный* учебник физики : уч. пособие в 3-х т. / под ред. Г. С. Ландсберга. Т. II. Электричество и магнетизм. — 10-е изд., перераб. — М. : Наука, 1985. — 480 с.

4. *Элементарный* учебник физики: уч. пособие в 3-х т. / под ред. Г. С. Ландсберга. Т. III. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. — 10-е изд., перераб. — М. : Наука., 1986. — 656 с.

5. *Кабардин О. Ф.* Физика: справочные материалы / *О. Ф. Кабардин.* — М. : Просвещение, 1990. — 165 с.

6. *Савченко Н. Е.* Ошибки на вступительных экзаменах по физике: справ. пособие / *Н. Е. Савченко.* — Минск : Вышэйш. шк., 1992. — 368 с.

7. *Третьяков І. Г.* Практичні заняття: навч. посібник / *І. Г. Третьяков, Н. П. Муранова.* — К. : Книжкове вид-во НАУ, 2006. — 310 с.

ЗМІСТ

Розділ 3. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ 3

Тема Е-1. Взаємодія нерухомих зарядів. Закон Кулона 4
Е-1.1. Теоретичні відомості 4
Е-1.2. Завдання для поточного тестування 6
Е-1.3. Висновки з теми 8
Е-1.4. Приклади розв'язання задач. 9
Е-1.5. Задачі для аудиторного розв'язання 16
Е-1.6. Задачі для самостійного розв'язання 17

Тема Е-2. Електричне поле 19
Е-2.1. Теоретичні відомості 19
Е-2.2. Завдання для поточного тестування 23
Е-2.3. Висновки з теми 25
Е-2.4. Приклади розв'язання задач. 26
Е-2.5. Задачі для аудиторного розв'язання 30
Е-2.6. Задачі для самостійного розв'язання 30

Тема Е-3. Робота електричного поля. Різниця потенціалів . . 32
Е-3.1. Теоретичні відомості 32
Е-3.2. Завдання для поточного тестування 35
Е-3.3. Висновки з теми 37
Е-3.4. Приклади розв'язання задач. 37
Е-3.5. Задачі для аудиторного розв'язання 40
Е-3.6. Задачі для самостійного розв'язання 41

Тема Е-4. Речовина в електричному полі. Ємність. Конденсатори 44
Е-4.1. Теоретичні відомості 44
Е-4.2. Завдання для поточного тестування 50
Е-4.3. Висновки з теми 53
Е-4.4. Приклади розв'язання задач. 53
Е-4.5. Задачі для аудиторного розв'язання 60
Е-4.6. Задачі для самостійного розв'язання 61

Тема Е-5. Закони постійного струму 63
Е-5.1. Теоретичні відомості 63
Е-5.2. Завдання для поточного тестування 70
Е-5.3. Висновки з теми 75
Е-5.4. Приклади розв'язання задач 75
Е-5.5. Задачі для аудиторного розв'язання 81
Е-5.6. Задачі для самостійного розв'язання 83

Тема Е-6. Робота електричного струму. Теплова та хімічна дії електричного струму 85
Е-6.1. Теоретичні відомості 85
Е-6.2. Завдання для поточного тестування 87
Е-6.3. Висновки з теми 89
Е-6.4. Приклади розв'язання задач 89
Е-6.5. Задачі для аудиторного розв'язання 99
Е-6.6. Задачі для самостійного розв'язання 100

Тема Е-7. Магнітне поле. Дія магнітного поля на провідник із струмом та рухомий заряд 102
Е-7.1. Теоретичні відомості 102
Е-7.2. Завдання для поточного тестування 109
Е-7.3. Висновки з теми 113
Е-7.4. Приклади розв'язання задач 113
Е-7.5. Задачі для аудиторного розв'язання 122
Е-7.6. Задачі для самостійного розв'язання 123

Тема Е-8. Явище електромагнітної індукції 126
Е-7.1. Теоретичні відомості 126
Е-7.2. Завдання для поточного тестування 128
Е-7.3. Висновки з теми 131
Е-7.4. Приклади розв'язання задач 131
Е-7.5. Задачі для аудиторного розв'язання 141
Е-7.6. Задачі для самостійного розв'язання 142

Розділ 4. КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ 147

Тема К-Х-1. Вільні механічні коливання 148
К-Х-1.1. Теоретичні відомості 148
К-Х-1.2. Завдання для поточного тестування 152
К-Х-1.3. Висновки з теми 156
К-Х-1.4. Приклади розв'язання задач 156
К-Х-1.5. Задачі для аудиторного розв'язання 164
К-Х-1.6. Задачі для самостійного розв'язання 165

Тема К-Х-2. Електромагнітні коливання 169
К-Х-2.1. Теоретичні відомості 169
К-Х-2.2. Завдання для поточного тестування. 175
К-Х-2.3. Висновки з теми 179
К-Х-2.4. Приклади розв'язання задач 180
К-Х-2.5. Задачі для аудиторного розв'язання. 187
К-Х-2.6. Задачі для самостійного розв'язання 189

Тема К-Х-3. Механічні та електромагнітні хвилі 193
К-Х-3.1. Теоретичні відомості 193
К-Х-3.2. Завдання для поточного тестування. 196
К-Х-3.3. Висновки з теми 198
К-Х-3.4. Приклади розв'язання задач 199
К-Х-3.5. Задачі для аудиторного розв'язання. 206
К-Х-3.6. Задачі для самостійного розв'язання 208

Розділ 5. ОПТИКА. 211

Тема О-1. Відбиття і заломлення світла 212
О-1.1. Теоретичні відомості. 212
О-1.2. Завдання для поточного тестування 215
О-1.3. Висновки з теми 217
О-1.4. Приклади розв'язання задач 218
О-1.5. Задачі для аудиторного розв'язання 223
О-1.6. Задачі для самостійного розв'язання. 224

Тема О-2. Побудова зображення в лінзі 226
О-2.1. Теоретичні відомості. 226
О-2.2. Завдання для поточного тестування 227
О-2.3. Висновки з теми 230
О-2.4. Приклади розв'язання задач 230
О-2.5. Задачі для аудиторного розв'язання 236
О-2.6. Задачі для самостійного розв'язання. 237

Розділ 6. ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ. КВАНТОВА, АТОМНА, ЯДЕРНА ФІЗИКА 239

Тема Я-1. Елементи теорії 240
Я-1.1. Теоретичні відомості. 240
Я-1.2. Завдання для поточного тестування 241
Я-1.3. Висновки з теми. 242

Я-1.4. Приклади розв'язання задач 243
Я-1.5. Задачі для аудиторного розв'язання 246
Я-1.6. Задачі для самостійного розв'язання 247

Тема Я-2. Квантова фізика 249
Я-2.1. Теоретичні відомості 249
Я-2.2. Завдання для поточного тестування 250
Я-2.3. Висновки з теми 252
Я-2.4. Приклади розв'язання задач 253
Я-2.5. Задачі для аудиторного розв'язання 257
Я-2.6. Задачі для самостійного розв'язання 258

Тема Я-3. Елементи атомної і ядерної фізики 260
Я-3.1. Теоретичні відомості 260
Я-3.2. Завдання для поточного тестування 263
Я-3.3. Висновки з теми 264
Я-3.4. Приклади розв'язання задач 265
Я-3.5. Задачі для аудиторного розв'язання 271
Я-3.6. Задачі для самостійного розв'язання 272

ДОДАТКИ 274

Список літератури 287

Навчальне видання

КУЗНЄЦОВА Олена Яківна
МУРАНОВА Наталія Петрівна

Ф І З И К А

Навчальний посібник

Частина 2

Редактор *Л. Бондаренко*
Коректор *Л. Романова*
Художник обкладинки *Т. Зябліцева*
Верстка *А. Гедзюк*

Підп. до друку 16.06.09. Формат 60×84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 16,97. Обл.-вид. арк. 18,25.
Тираж 500 пр. Замовлення № 153-1.

Видавництво Національного авіаційного університету «НАУ-друк»
03680, Київ-58, просп. Космонавта Комарова, 1

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002