Міністерство освіти і науки України
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Кафедра Прикладної фізики та наноматеріалів

ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
З САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ УСІХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Одеса 2023

УДК 530.10

Укладач: Ірха В.І.

Електромагнетизм: методичні вказівки з самостійної роботи для студентів усіх спеціальностей. – Одеса: ДУІТЗ, 2023. – 24 с.

У методичному посібнику наводиться завдання для самостійної роботи щодо дослідження властивостей електричного та магнітного полів і постійного струму. Розраховано на студентів усіх спеціальностей.

Методичні вказівки розглянуто
і рекомендовано до друку
на засіданні на засіданні кафедри ПФН.
Протокол № 5 від 15.11.2022 р.

© Ірха В.І. 2023
© ДУІТЗ, 2023

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОГО ЗАВДАННЯ

1. Для виконання самостійного завдання студенти повинні вивчити за підручником зі списку літератури такі розділи: “Електрика” та “Електромагнетизм” курсу фізики та виконати лабораторні роботи з цих розділів.

2. Номери задач, які студент повинен включити до самостійної роботи, брати в таблицях варіантів завдань. Номер варіанта збігається з порядковим номером прізвища студента в журналі групи.

3. Самостійне завдання студентами виконуються в зошитах шкільного типу. Записи рекомендується вести на одному боці аркуша, залишаючи другий для зауважень та рекомендацій викладача. Умови задач переписуються повністю без скорочень. В кінці роботи необхідно вказувати навчальні посібники, якими студент користувався при виконанні самостійного завдання (автор, назва посібника, місце видання, видавництво, рік видання).

4. Якщо самостійне завдання не зараховано, студент повинен виправити помилки і подати роботу на повторну рецензію. Виправлення помилок слід виконувати в тому самому ж зошиті на вільному боці аркуша чи в кінці роботи.

5. Розв’язання задач повинно супроводжуватись поясненнями (слід вказувати основні закони та формули, на яких базується розв’язок, пояснювати значення символів в формулах). В тих випадках, коли це можливо, студент повинен виконати з допомогою креслярського приладдя рисунок до задачі.

6. Розв’язувати задачу необхідно, як правило, у загальному вигляді, тобто виражати шукану величину через задані в умові величини (у літерному вигляді).

7. Після здобуття кінцевого результату необхідно перевірити його розмірність.

8. Обчислення в кінцевій формулі необхідно виконувати з дотриманням правил обчислення. Як правило, відповідь слід записувати з трьома значущими числами.

РОБОЧА ПРОГРАМА

Електрика

1.1. Електричні заряди та їхня взаємодія. Електричне поле точкового заряду. Електричне поле системи зарядів (2 год.).

1.2. Теорема Остроградського-Гаусса та її використання для обчислення характеристик електричного поля (2 год.).

1.3. Різниця потенціалів та її визначення. Зв'язок по між потенціалом та напруженістю поля. Провідники в електричному полі (2 год.).

1.4. Електроємність. З'єднання конденсаторів. Діелектрики в електричному полі (2 год.).

1.5. Постійний електричний струм. Закони Ома та Джоуля – Ленца. З'єднання опорів (2 год.).

1.6. Електрорушійна сила. Правила Кірхгофа (2 год.).

Магнетизм

2.1. Магнітне поле та магнітна індукція. Напруженість магнітного поля. Лінії індукції магнітного поля. Магнітна напруженість (2 год.).

2.2. Магнітний момент струму. Контур зі струмом у магнітному полі. Магнітний потік (2 год.).

2.3. Рух заряджених частинок в електричному та магнітному полях (2 год.).

2.4. Електромагнітна індукція. Правило Ленца. Самоіндукція. Індуктивність (2 год.).

2.5. Ввімкнення й вимкнення *RC* та *RL* кіл (2 год.).

2.6. Магнетики (2 год.).

2.7. Взаємне перетворення електричних та магнітних полів. Струм зміщення. Рівняння Максвела (2 год.).

САМОСТІЙНЕ ЗАВДАННЯ

До самостійного завдання включено задачі із розділів "Електрика" та Електромагнетизм". Студент повинен розв'язати шість задач: 1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 1.5; 1.6.

ОСНОВНІ ФОРМУЛИ
Електрика

Напруженість та потенціал електростатичного поля

$$\vec{E} = \vec{F} / Q_0; \qquad \varphi = W_n / Q_0,$$

де $\vec{F}$ – сила, що діє на додатний точковий заряд Q_0, який поміщено в дану точку поля; W_n – потенційна енергія заряду Q_0.

Напруженість та потенціал поля точкового заряду Q на відстані r від заряду

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}; \qquad \varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r},$$

де $\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м – електрична постійна; ε – діелектрична проникність середовища.

Напруженість поля рівномірно зарядженої сфери радіусом R на відстані r від центра сфери

а) $E = 0$ при $r < R$;

б) $E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}$ при $r \geq R$,

де Q – заряд сфери.

Лінійна та поверхнева густина заряду

$$\tau = \frac{dQ}{dl}; \qquad \sigma = \frac{dQ}{dS}.$$

Напруженість поля нескінченного рівномірно зарядженого циліндра радіусом R на відстані r від осі циліндра

а) $E = 0$ при $r < R$;

б) $E = \dfrac{\tau}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon r}$ при $r \geq R$.

Напруженість поля нескінченної рівномірно зарядженої площини

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}.$$

Зв'язок між напруженістю та потенціалом електростатичного поля

$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{d\vec{r}}.$$

Для однорідного поля

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d},$$

де d – відстань між еквіпотенційними поверхнями з потенціалами φ_1 та φ_2.

Робота сил поля щодо переміщення заряду Q_0 з точки поля з потенціалом φ_1 в точку з потенціалом φ_2

$$A_{12} = Q_0(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Електроємність конденсатора

$$C = \frac{Q}{U},$$

де Q – заряд конденсатора, U – різниця потенціалів пластин конденсатора.

Електроємність плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d},$$

де S – площа кожної пластини конденсатора; d – відстань між пластинами.

Електроємність циліндричного конденсатора

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon L}{\ln(R_2 / R_1)},$$

де L – довжина обкладинок конденсатора; R_1 та R_2 – радіуси коаксіальних циліндрів.

Електроємність сферичного конденсатора

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1},$$

де R_1 та R_2 – радіуси концентричних сфер.

Енергія зарядженого конденсатора

$$W = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C},$$

де Q – заряд конденсатора, C – його ємність; U – різниця потенціалів обкладинок конденсатора.

Закон Ома

а) для однорідної ділянки кола

$$I = \frac{U}{R},$$

де I – сила струму, що протікає по ділянці кола, U – напруга на ділянці; R – опір ділянки;

б) для неоднорідної ділянки кола

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R + r},$$

де $\varphi_1 - \varphi_2$ – різниця потенціалів на кінцях ділянки; ε – ЕРС джерела, що входить у ділянку; r – внутрішній опір джерела;

в) для замкненого кола

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

де R – зовнішній опір кола, r – внутрішній опір джерела.

Правила Кірхгофа

$$\sum I_i = 0; \qquad \sum I_i R_i = \sum \varepsilon_i,$$

де $\sum I_i$ – алгебрична сума струмів, що сходяться в вузлі;

$\sum I_i R_i$ – алгебрична сума падіння напруги в замкнутому контурі;

$\sum \varepsilon_i$ – алгебрична сума ЕРС джерел, що входять в цей контур.

Електромагнетизм

Зв'язок між магнітною індукцією $\vec{B}$ та напруженістю $\vec{H}$ магнітного поля

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H},$$

де $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнітна постійна; μ – магнітна проникність ізотропного середовища.

Закон Біо–Савара–Лапласа

$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot [d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3},$$

де $d\vec{H}$ – напруженість магнітного поля, що створюється елементом $d\vec{l}$ довжини провідника зі струмом I; $\vec{r}$ – радіус-вектор, проведений від $d\vec{l}$ до точки, в якій знаходиться напруженість.

Напруженість магнітного поля

а) нескінченно довгого прямого провідника зі струмом I на відстані r_0 від осі

$$H = \frac{I}{2\pi r_0};$$

б) відрізка провідника зі струмом I на відстані r_0 від осі

$$H = \frac{I}{4\pi r_0}(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2),$$

де α_1 і α_2 – кути, що створює провідник з радіусами-векторами, проведеними від кінців провідника до точки, що розглядається;

в) в центрі кругового контура радіуса R зі струмом I

$$H = \frac{I}{2R};$$

г) на осі кругового контура

$$H = \frac{IR^2}{2\left(R^2 + a^2\right)^{3/2}},$$

де a – відстань від центра контуру до точки, де знаходиться напруженість;

д) нескінченно довгого соленоїда

$$H = I \cdot n_0 = \frac{IN}{l},$$

де N – кількість обвитків в обмотці соленоїда; l – довжина соленоїда; n_0 – кількість обвитків на одиницю довжини соленоїда.

Сила Лоренца

$$\vec{F} = Q[\vec{\upsilon} \times \vec{B}],$$

де Q – заряд частинки, що рухається зі швидкістю v в полі з магнітною індукцією $\vec{B}$.

Потік вектора магнітної індукції $\vec{B}$ через плоский контур в однорідному магнітному полі

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha,$$

де S – площа контура; φ – кут між вектором $\vec{B}$ та нормаллю $\vec{n}$ до площини контура.

Повний магнітний потік (потокозчеплення)

$$\phi = N\Phi,$$

де N – кількість обвитків, що пронизуються потоком Φ.

ЕРС індукції

$$\varepsilon_i = -\frac{d\phi}{dt}.$$

Заряд, що протікає по замкнутому контурі при зміні магнітного потоку

$$Q = -\frac{\Delta\phi}{R},$$

де R – опір контура.

Енергія магнітного поля, що пов'язана з контуром індуктивністю L, по якому проходить струм I,

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

ЗАДАЧІ

Задача 1.1. *Розв'язати у відповідності зі своїм варіантом одну з наведених нижче задач. Номер задачі і всі необхідні дані подано в табл. 1.1. Якщо в номері задачі є літерний індекс, то слід відповідати тільки на запитання, котре відповідає цьому індексові.*

1. Електростатичне поле створюється двома нескінченними паралельними площинами, які заряджені рівномірно з поверхневими густинами σ_1 та σ_2. Знайти силу, що діє в цьому полі на точковий заряд Q_1 , якщо заряд перебуває: а) між площинами; б) за межами площин.

2. Точковий заряд Q_1 перебуває в центрі рівномірно зарядженої сфери радіусом R. Знайти напруженість електростатичного поля в двох точках, що лежать від центра на відстані r_1 та r_2, якщо: а) заряд сфери дорівнює Q_2 ; б) поверхнева густина заряду сфери дорівнює σ_2.

3. Довга нитка, рівномірно заряджена з лінійною густиною τ_1, розташована на осі довгого циліндра, радіус якого R. Циліндр рівномірно заряджено з лінійною густиною τ_2. Знайти напруженість електростатичного поля в двох точках: 1) на відстані r_1 від нитки; 2) на відстані l від поверхні циліндра.

4. Дві довгі паралельні нитки рівномірно заряджено з лінійними густинами τ_1 та τ_2. Відстань між нитками дорівнює l. Знайти напруженість електростатичного поля в точці, що перебуває на відстані r_1 від першої нитки та r_2 від другої нитки.

5. Електростатичне поле створюється рівномірно зарядженими нескінченною площиною та сферою. Поверхнева густина заряду площини σ_1. Радіус сфери R, поверхнева густина заряду σ_2. Центр сфери міститься на відстані l від площини. Знайти напруженість поля в точці, котра розміщена між сферою і площиною на відстані r_1 від площини.

Задача 1.2. *Розв'язати одну з нижчеподаних задач. Номер задачі і всі необхідні дані наведено в табл. 1.2.*

1. Сферичний повітряний конденсатор складається з двох концентричних сфер з радіусами R_1 та R_2. Конденсатор заряджено до певної різниці потенціалів. В табл. 1.2 задано по варіантах R_1 , R_2 й одну з таких величин:

Q – заряд на обкладинках конденсатора;

U – різниця потенціалів між обкладинками;

υ – швидкість, яку сприймає електрон, проходячи під дією сил поля від однієї обкладинки до іншої.

Знайти: 1) величину, зазначену в останній колонці таблиці; 2) напруженість поля в конденсаторі на відстані r від центра сфери; 3) енергію конденсатора.

2. Циліндричний повітряний конденсатор складається з двох коаксіальних циліндрів радіусами R_1 і R_2. Довжина конденсатора L. Конденсатор заряджено до певної різниці потенціалів. В табл. 1.2 задано по варіантах розміри конденсатора і одну з таких величин:

Q – заряд на обкладинках конденсатора;

U – різниця потенціалів між обкладинками;

υ – швидкість, яку має протон, проходячи під дією сил поля від однієї обкладинки до іншої.

Знайти: 1) величину, зазначену в останній колонці таблиці; 2) напруженість поля в конденсаторі на відстані r від осі циліндра; 3) енергію конденсатора.

3. Плоский повітряний конденсатор з площею пластин S і відстанню між пластинами d заряджено і вимкнуто із джерела. В табл. 1.2 задано по варіантах розміри конденсатора та одну з таких величин:

Q – заряд на обкладинках конденсатора;

U – різниця потенціалів між обкладинками;

E – напруженість поля в конденсаторі;

υ – швидкість, якої набуде електрон, переміщуючись під дією сил поля від однієї обкладинки до іншої.

Знайти: 1) величину, зазначену в останній колонці таблиці; 2) наскільки зміниться енергія конденсатора, якщо відстань між його пластинами збільшити в два рази.

4. Плоский повітряний конденсатор з площею пластин S і відстанню між пластинами d підімкнено до джерела електричної енергії. В табл. 1.2 задано по варіантах розміри конденсатора та одну з таких величин:

Q – заряд на обкладинках конденсатора;

U – різниця потенціалів між обкладинками;

E – напруженість поля в конденсаторі;

υ – швидкість, яку матиме протон, переміщуючись під дією сил поля від однієї обкладинки до іншої.

Знайти: 1) величину, зазначену в останній колонці таблиці; 2) наскільки зміниться енергія конденсатора, якщо, не вимикаючи конденсатор із джерела, простір між його пластинами заповнити діелектриком з діелектричною проникністю ε.

Задача 1.3. *Складіть схему з трьох сполучених ділянок, що відображені на рис.1. Номера ділянок, ЕРС джерел ε_i, внутрішній опір джерел r_i, опір ділянок R_i (або сила струму I_i, що протікає по одній із ділянок в напрямку від т. А до В) задано по варіантах в табл. 1.3.*

Знайти: 1) величини, зазначені в останній колонці таблиці;

2) різницю потенціалів між точками А і В.

Приклад схеми, що відповідає 25-му варіанту, показаний на рис.1,а.

Задача 1.4. *Розв'язати одну з нижчеподаних задач (номер задачі вказано в табл. 1.4).*

1. Знайти індукцію магнітного поля, що створюється двома нескінченно довгими провідниками зі струмом. Номер рисунка, на якому показано розташування провідників, значення сили струмів I_1 та I_2, точка, в якій потрібно знайти магнітну індукцію, й необхідні відстані задано в табл. 1.4.

2. Знайти напруженість магнітного поля, що створюється нескінченним прямолінійним провідником і круговим контуром радіуса R. Номер рисунка, на якому показано розташування провідника і контура, значення сили струму в провіднику I_1 та контурі I_2 , точка, в якій треба знайти напруженість, та необхідні відстані задано в табл. 1.4.

3. По нескінченно довгому зігнутому дротові протікає струм I_1. Номер рисунка, на якому відображено форму дрота, значення сили струму й необхідні відстані задано в табл. 1.4. Знайти індукцію магнітного поля в точці O.

4. Нескінченно довгий провідник, зігнутий під кутом α, і круговий контур радіусом R лежать в одній площині. Номер рисунка, на якому показано розташування провідника і контура, значення сили струму в провіднику I_1 та контурі I_2, кут α й необхідні відстані задано в табл. 1.4. Знайти напруженість магнітного поля в центрі кругового контура.

Задача 1.5. *Розв'язати одну з нижчеподаних задач (номер задачі указано в табл. 1.5).*

Примітка: 1 а.о.м. = $1.66 \cdot 10^{-27}$ кг (атомна одиниця маси); e = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл (елементарний заряд).

1 Заряджена частинка з масою m та зарядом Q влетіла в однорідне магнітне поле зі швидкістю v, що направлена під кутом α до ліній індукції, й рухається по гвинтовій лінії. Крок гвинтової лінії дорівнює h, радіус дорівнює R. Індукція магнітного поля B. За заданими в табл. 1.5 значеннями величин знайти величину, що зазначена в останній колонці таблиці.

2 Заряджена частинка з масою m і зарядом Q пройшла прискорювальну різницю потенціалів U і, втрапивши в однорідне магнітне поле (магнітна індукція B), рухається по колу радіусом R. За заданими в табл. 1.5 значеннями величин знайти величину, що зазначена в останній колонці таблиці.

3 Заряджена частинка з масою m і зарядом Q, влітаючи в однорідне магнітне поле (магнітна індукція B), рухається по колу, здійснюючи один оберт за час T. За заданими в табл. 1.5 значеннями величин знайти величину, що зазначена в останній колонці таблиці.

Задача 1.6. *Розв'язати одну із нижчеподаних задач (номер задачі вказано в табл. 1.6).*

1. Рамка площею S, що має N обвитків дроту опором R, перебуває в однорідному магнітному полі з індукцією B. Площина рамки складає кут α з лініями магнітної індукції. При зміні напрямку магнітного поля на протилежний по рамці проходить заряд Q. За значеннями величин, заданими в табл. 1.6, знайти величину, що зазначена в останній колонці таблиці.

2. На соленоїд із залізним осердям довжиною l і площею поперечного перерізу S надіто дротяне кільце. Обмотка соленоїда має N обвитків. При замиканні кола в обмотці соленоїда за час Δt встановлюється струм I. При цьому в дротяному кільці наводиться середня ЕРС $\varepsilon_{сер}$. Магнітна проникність заліза в цих умовах μ. За значенням величин, заданими в табл. 1.6., знайти величину, що зазначена в останній колонці таблиці.

3. В однорідному магнітному полі з індукцією B обертається коротка котушка, що має N обвитків діаметром D. Вісь обертання лежить в площині обвитків котушки і є перпендикулярна до ліній індукції магнітного поля. Кутова швидкість обертання ω (частота обертання ν, період T). Максимальне значення ЕРС індукції, що виникає в котушці, ε_{max}. За значеннями величин, які задано в табл. 1.6, знайти величину, зазначену в останній колонці таблиці.

ТАБЛИЦІ ВАРІАНТІВ ЗАВДАНЬ

Таблиця 1.1

Варіант	Номери задачі	Q_1, нКл	Q_2, нКл	τ_1, нКл/м	τ_2, нКл/м	σ_1, нКл/м^2	σ_2, нКл/м^2	R, см	l, см	r_1, см	r_2, см
1	1а	+0.2	–	–	–	+2	+4	–	–	–	–
2	2а	–3	+6	–	–	–	–	6	–	3	10
3	4	–	–	–6	–9	–	–	–	6	6	6
4	5	–	–	–	–	+10	+40	4	10	2	–
5	3	–	–	–2	+3	–	–	5	5	4	–
6	1б	+0.2	–	–	–	–2	–3	–	–	–	–
7	2б	+0.2	–	–	–	–	+3	10	–	1	20
8	4	–	–	+3	+4	–	–	–	5	3	4
9	5	–	–	–	–	–4	–9	6	12	3	–
10	1а	+0.1	–	–	–	+2	–3	–	–	–	–
11	2б	+0.1	–	–	–	–	–10	5	–	3	10
12	3	–	–	+1	+2	–	–	4	5	1	–
13	1б	+0.4	–	–	–	–5	+3	–	–	–	–
14	2а	+1	+5	–	–	–	–	8	–	5	10
15	4	–	–	+10	–5	–	–	–	10	10	10
16	5	–	–	–	–	–6	+8	2	5	1	–
17	4	–	–	–40	–30	–	–	–	5	4	3
18	1а	+0.3	–	–	–	–4	–1	–	–	–	–
19	2а	–2	–4	–	–	–	–	5	–	2	6
20	4	–	–	+8	+4	–	–	–	8	8	8
21	5	–	–	–	–	+4	–6	5	10	4	–
22	3	–	–	–3	–4	–	–	6	3	3	–
23	1б	+0.1	–	–	–	+3	+1	–	–	–	–
24	2б	–0.4	–	–	–	–	–8	8	–	5	10
25	4	–	–	–8	+6	–	–	–	5	4	3
26	1а	–0.4	–	–	–	–2	+4	–	–	–	–
27	3	–	–	+2	–4	–	–	7	5	4	
28	2б	–0.5	–	–	–	–	+9	10	–	5	15
29	5	–	–	–	–	–3	–8	4	18	6	–
30	4	–	–	+4	+6	–	–	–	10	4	6

Таблиця 1.2

Варіант	№задачі	R_1, см	R_2, см	L, см	S, см^2	d, мм	r, см	ε	Q, нКл	U, В	E, кВ/м	υ, м/с	Знайти
1	1	4	6	–	–	–	5	–	–	–	–	$6\cdot10^6$	Q
2	3	–	–	–	100	5	–	–	2	–	–	–	υ
3	4	–	–	–	160	6	–	2,3	9	–	–	–	υ
4	2	1	2	25	–	–	1,5	–	4	–	–	–	υ
5	3	–	–	–	200	5	–	–	–	–	20	–	υ
6	1	1	3	–	–	–	2	–	0,8	–	–	–	υ
7	4	–	–	–	100	8	–	2,7	7	–	–	–	υ
8	3	–	–	–	200	10	–	–	–	200	–	–	υ
9	2	2	4	40	–	–	3	–	–	–	–	$2\cdot10^5$	u
10	1	4	5	–	–	–	4,5	–	–	300	–	–	υ
11	3	–	–	–	120	8	–	–	–	–	–	$8\cdot10^6$	Q
12	4	–	–	–	200	7	–	4	–	–	50	–	υ
13	1	2	3	–	–	–	2,5	–	–	–	–	10^7	u
14	2	1,5	2,5	30	–	–	2	–	–	100	–	–	υ
15	3	–	–	–	150	4	–	–	4	–	–	–	υ
16	2	2,5	3,5	45	–	–	3	–	–	–	–	10^5	Q
17	4	–	–	–	140	10	–	5	–	300	–	–	υ
18	1	2,5	3,5	–	–	–	3	–	2	–	–	–	υ
19	3	–	–	–	100	10	–	–	–	–	–	$9\cdot10^6$	u
20	2	1,5	3	35	–	–	2	–	5	–	–	–	υ
21	4	–	–	–	100	4	–	4,5	–	–	–	$2\cdot10^5$	Q
22	1	3	4	–	–	–	3,5	–	–	200	–	–	υ
23	2	2	3	30	–	–	2,5	–	–	200	–	–	υ
24	3	–	–	–	150	6	–	–	–	300	–	–	υ
25	4	–	–	–	120	5	–	3,5	–	–	–	$3\cdot10^5$	u
26	3	–	–	–	260	3	–	–	–	–	–	$2\cdot10^5$	u
27	2	1	3	10	–	–	2	–	–	400	–	–	Q
28	3	–	–	–	280	2	–	–	–	–	–	$3\cdot10^5$	Q
29	4	–	–	–	290	4	–	6	–	–	–	$2\cdot10^5$	u
30	1	5	9	–	–	–	7	–	–	250	–	–	Q

Таблиця 1.3

Варіант	Номери ділянок	ε_i, *В*	r_i, *Ом*	R_i, *Ом*	I_i, *А*	Знайти
1	1,2,3	$\varepsilon_1=11$, $\varepsilon_2=4$, $\varepsilon_3=6$	$r_1=r_2=r_3=0$	$R_1=25$, $R_2=50$, $R_3=10$	–	I_1, I_2, I_3
2	4,5,6	$\varepsilon_4=9$, $\varepsilon_5=10$	$r_4=1$, $r_5=2$	$R_4=19$, $R_5=38$	$I_6=0,1$	I_4, I_5, R_6
3	1,2,4	$\varepsilon_1=16$, $\varepsilon_2=5$, $\varepsilon_4=7$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_2=30$, $R_4=50$	$I_1=0,4$	I_2, I_4, R_1
4	5,4,1	$\varepsilon_1=9$, $\varepsilon_4=6$, $\varepsilon_5=2$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_4=50$, $R_5=10$	$I_1=0,2$	I_4, I_5, R_1
5	1,2,6	$\varepsilon_1=10$, $\varepsilon_2=8$	$r_1=2$, $r_2=1$	$R_1=8$, $R_2=19$, $R_6=60$	–	I_1, I_2, I_6
6	3,2,1	$\varepsilon_2=4$, $\varepsilon_3=5$	$r_1=r_2=r_5=0$	$R_1=30$, $R_2=40$, $R_3=20$	$I_1=0,1$	I_2, I_3, ε_1
7	1,4,6	$\varepsilon_1=8$, $\varepsilon_4=2$	$r_1=2$, $r_4=1$	$R_1=18$, $R_4=39$, $R_6=80$	–	I_1, I_4, I_6
8	1,4,2	$\varepsilon_2=11$, $\varepsilon_4=7$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_1=50$, $R_2=20$, $R_4=30$	$I_1=0,1$	I_2, I_4, ε_1
9	2,1,3	$\varepsilon_1=9$, $\varepsilon_2=8$, $\varepsilon_3=1$	$r_1=r_2=r_5=0$	$R_1=50$, $R_2=20$, $R_3=10$	–	I_1, I_2, I_3
10	4,1,5	$\varepsilon_4=4$, $\varepsilon_5=2$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_1=25$, $R_4=50$, $R_5=10$	$I_1=0,4$	I_4, I_5, ε_1
11	1,3,2	$\varepsilon_2=16$, $\varepsilon_3=3$	$r_1=r_2=r_5=0$	$R_1=70$, $R_2=20$, $R_3=10$	$I_1=0,1$	I_2, I_3, ε_1
12	6,4,1	$\varepsilon_1=3$, $\varepsilon_4=7$	$r_1=2$, $r_4=1$	$R_1=78$, $R_4=39$	$I_6=0,1$	I_1, I_4, R_6
13	5,4,1	$\varepsilon_4=4$, $\varepsilon_5=14$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_1=90$, $R_4=20$, $R_5=40$	$I_1=0,1$	I_4, I_5, ε_1
14	4,6,5	$\varepsilon_4=10$, $\varepsilon_5=5$	$r_4=2$, $r_5=1$	$R_4=33$, $R_5=19$	$I_6=0,3$	I_4, I_5, R_6
15	1,6,4	$\varepsilon_1=4$, $\varepsilon_4=3$	$r_1=2$, $r_4=1$	$R_1=18$, $R_4=9$, $R_6=60$	–	I_1, I_4, I_6
16	4,1,6	$\varepsilon_1=2$, $\varepsilon_4=12$	$r_1=3$, $r_4=2$	$R_1=97$, $R_4=18$	$I_6=0,1$	I_2, I_4, R_6
17	4,1,5	$\varepsilon_1=22$, $\varepsilon_4=8$, $\varepsilon_5=4$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_1=25$, $R_4=50$, $R_5=10$	–	I_1, I_4, I_5
18	2,1,6	$\varepsilon_1=20$, $\varepsilon_2=6$	$r_2=1$	$R_1=82$, $R_2=29$, $R_6=10$	$I_1=0,2$	I_2, I_6, r_1
19	2,3,1	$\varepsilon_1=19$, $\varepsilon_2=4$, $\varepsilon_3=5$	$r_1=r_2=r_3=0$	$R_2=20$, $R_3=10$	$I_1=0,2$	I_2, I_3, R_1
20	4,1,6	$\varepsilon_1=13$, $\varepsilon_4=1$	$r_4=1$	$R_1=27$, $R_4=24$, $R_6=40$	$I_1=0,3$	I_4, I_6, r_1
21	2,1,4	$\varepsilon_1=12$, $\varepsilon_2=9$, $\varepsilon_4=5$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_1=30$, $R_2=60$, $R_4=20$	–	I_1, I_2, I_4
22	2,1,6	$\varepsilon_1=8$, $\varepsilon_2=6$	$r_1=3$	$R_1=27$, $R_2=9$, $R_6=25$	$I_2=0,1$	I_1, I_6, r_2
23	5,1,4	$\varepsilon_1=19$, $\varepsilon_4=6$, $\varepsilon_5=2$	$r_1=r_4=r_5=0$	$R_4=50$, $R_5=10$	$I_1=0,2$	I_4, I_5, R_1
24	1,6,2	$\varepsilon_1=18$, $\varepsilon_2=15$	$r_1=2$, $r_2=1$	$R_1=58$, $R_2=9$, $R_6=30$	–	I_1, I_2, I_6
25	4,1,2	$\varepsilon_2=4$, $\varepsilon_4=2$	$r_1=r_2=r_4=0$	$R_1=50$, $R_2=20$, $R_4=80$	$I_1=0,2$	I_2, I_4, ε_1
26	1,6,5	$\varepsilon_1=8$, $\varepsilon_5=6$	$r_1=2$, $r_5=3$	$R_1=8$, $R_5=12$, $R_6=10$	-	I_1, I_5, I_6
27	2,4,5	$\varepsilon_2=8$	$R_2=2$, $r_4=1$, $r_5=5$	$R_2=18$, $R_4=14$, $R_5=25$	$I_4=0,2$, $I_5=0,3$	I_2, ε_4, ε_5
28	3,6,4	$\varepsilon_3=36$, $\varepsilon_4=9$	$r_3=2$, $r_4=1$	$R_3=16$, $R_4=8$	$I_6=0,5$	I_4, I_3, R_6
29	3,1,5	$\varepsilon_3=40$, $\varepsilon_5=30$	$r_1=r_5=2$, $r_3=5$	$R_3=35$, $R_1=28$, $R_5=28$	$I_1=0,7$	I_5, I_3, ε_1
30	2,3,4	$\varepsilon_2=20$, $\varepsilon_4=40$, $\varepsilon_3=10$	$r_2=10$, $r_4=15$, $r_3=5$	$R_2=110$, $R_4=105$	$I_3=0,2$	I_4, I_2, R_3

Таблиця 1.4

Варіант	Номер задач	Номер рисунка	Точка	I_1, А	I_2, А	R, см	a, см	b, см	c, см
1	1	2	A	3	4	–	1	–	–
2	3	7	O	10	–	4	–	–	–
3	1	3	A	4	4	–	10	–	–
4	3	10	O	9	–	3	–	–	–
5	2	5	O	10	2	2	5	–	–
6	1	2	B	12	8	–	1	2	–
7	4	11	O	8	5	2	–	–	–
8	1	4	B	8	6	–	5	3	4
9	2	6	B	2	10	5	6	–	–
10	3	8	O	10	–	3	–	–	–
11	1	4	A	5	3	–	8	–	–
12	4	12	O	3	2	4	–	–	–
13	2	6	A	6	5	6	8	–	–
14	3	9	O	8	–	2	–	–	–
15	4	13	O	10	5	5	3	–	–
16	1	2	C	16	12	–	2	4	–
17	3	7	O	5	–	3	–	–	–
18	2	6	O	15	4	4	5	–	–
19	4	11	O	4	3	1	–	–	–
20	1	3	B	6	8	–	5	3	4
21	3	8	O	12	–	2	–	–	–
22	2	5	A	8	10	3	4	–	–
23	4	12	O	6	5	3	–	–	–
24	3	9	O	6	–	1	–	–	–
25	4	13	O	8	2	10	5	–	–
26	1	2	B	2	6	–	5	3	–
27	2	6	B	3	7	5	9	–	–
28	3	10	O	5	–	10	-	–	–
29	1	3	B	3	5	–	5	3	4
30	2	5	A	2	6	7	9	–	–

Таблиця 1.5

Варіант	Номер задачі	*m*, а.о.м.	*Q*	*B*, мТл	*U*, кВ	*υ*, Мм/с	*α*	*R*, см	*h*, см	*T*, нс	Знайти
1	2	1	e	–	5	–	–	5	–	–	*B*
2	1	4	–	100	–	0,2	–	4	7	–	*Q*
3	3	1	e	200	–	–	–	–	–	–	*T*
4	2	7	e	–	3	–	–	8	–	–	*B*
5	1	–	–e	2	–	9	–	2	10	–	*m*
6	3	4	–	400	–	–	–	–	–	652	*Q*
7	1	1	e	–	–	0,5	–	2	10	–	*B*
8	2	4	–	100	2	–	–	9,11	–	–	*Q*
9	3	7	e	300	–	–	–	–	–	–	*T*
10	1	–	–	3	–	30	–	5	17	–	*Q/ m*
11	2	–	e	200	0,9	–	–	2,17	–	–	*m*
12	1	4	2e	500	–	–	–	3	9	–	*υ*
13	2	–	–	3	0,8	–	–	3,18	–	–	*Q/ m*
14	3	–	–e	2	–	–	–	–	–	17,9	*m*
15	1	1	e	100	–	–	–	6	10	–	*υ*
16	2	4	2e	100	4	–	–	–	–	–	*R*
17	3	7	2e	–	–	–	–	–	–	760	*B*
18	1	1	e	400	–	2	600	–	–	–	*R; h*
19	2	7	2e	200	1	–	–	–	–	–	*R*
20	3	–	–	150	–	–	–	–	–	869	*Q/m*
21	1	7	–	400	–	0,3	–	5	13,5	–	*Q*
22	2	–	–e	5	0,5	–	–	1,5	–	–	*m*
23	3	–	–	200	–	–	–	–	–	326	*Q/m*
24	1	7	2e	500	–	0,6	450	–	–	–	*R; h*
25	2	4	e	300	–	–	–	5	–	–	*U*
26	1	3	–	400	–	0,2	–	0,5	1,57	–	α,*Q*
27	1	2	2e	300	–	–	–	1,4	6,3	–	α,*T*
28	2	3	–e	100	–	–	–	6	–	–	*U*
29	1	4	–2e	–	–	–	–	2	12,5	0,25	α, *B*
30	3	2	2e	–	–	–	–	–	–	30	*B*

Таблиця 1.6

Варі-ант	Зада-ча	N	S, см^2	D, см	l, см	R, Ом	B, Тл	β	Q, мКл	I, А	μ	$\varepsilon_{ср}$, В	Δt, мс	$\varepsilon_{макс}$, В	ω, 1/с	ν, 1/с	T, мс	Знай-ти
1	3	–	–	12	–	–	0,4	–	–	–	–	–	–	30	60	–	–	N
2	1	100	80	–	–	20	0,2	30o	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Q
3	3	100	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15	90	–	–	B
4	2	500	4	–	30	–	–	–	–	2	–	0,4	2	–	–	–	–	μ
5	1	300	40	–	–	–	0,2	60o	4	–	–	–	–	–	–	–	–	R
6	3	500	–	20	–	–	0,3	–	–	–	–	–	–	90	–	–	–	ω
7	1	400	50	–	–	40	0,1	–	5	–	–	–	–	–	–	–	–	β
8	2	600	4	–	25	–	–	–	–	0,8	400	–	3	–	–	–	–	$\varepsilon_{ср}$
9	3	300	–	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50	–	25	–	B
10	1	100	40	–	–	15	–	40o	6	–	–	–	–	–	–	–	–	B
11	3	–	–	18	–	–	0,2	–	–	–	–	–	–	60	–	15	–	N
12	1	200	50	–	–	10	0,3	60o	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Q
13	3	100	–	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	–	20	B
14	2	800	3	–	20	–	–	–	–	0,5	–	0,3	1	–	–	–	–	μ
15	1	–	20	–	–	30	0,3	30o	2	–	–	–	–	–	–	–	–	N
16	3	100	–	8	–	–	0,4	–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	T
17	1	200	20	–	–	5	0,3	–	48	–	–	–	–	–	–	–	–	β
18	3	200	–	20	–	–	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	$\varepsilon_{макс}$
19	2	700	8	–	40	–	–	–	–	0,6	600	–	2	–	–	–	–	$\varepsilon_{ср}$
20	3	–	–	15	–	–	0,1	–	–	–	–	–	–	40	–	–	30	N
21	1	500	10	–	–	25	–	20o	4	–	–	–	–	–	–	–	–	B
22	3	200	–	10	–	–	0,2	–	–	–	–	–	–	70	–	–	–	v
23	2	900	6	–	35	–	–	–	–	–	800	0,6	4	–	–	–	–	I
24	3	400	–	15	–	–	0,3	–	–	–	–	–	–	–	50	–	–	$\varepsilon_{макс}$
25	2	–	5	–	25	–	–	–	–	1	200	0,5	1	–	–	–	–	N
26	2	650	-	–	10	–	–	–	–	0,2	300	0,1	5	–	–	–	–	S
27	3	450	–	–	–	–	0,4	–	–	–	–	–	–	80	–	–	25	D
28	2	150	7	–	15	–	–	–	–	2	200	0,7	-	–	–	–	–	Δt
29	1	400	-	–	–	5	0,15	70o	6	–	–	–	–	–	–	–	–	S
30	2	900	3	–	-	–	–	–	–	0,4	500	0,2	6	–	–	–	–	L

РИСУНКИ ДО ЗАДАЧ

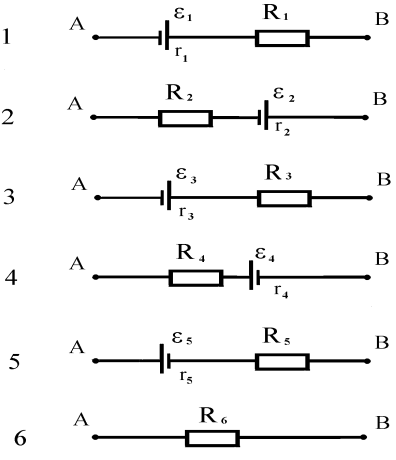

Рисунок 1

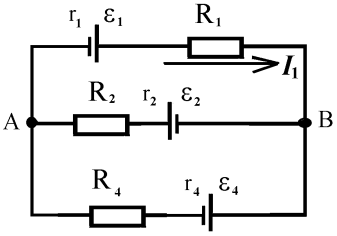

Рисунок. 1,а

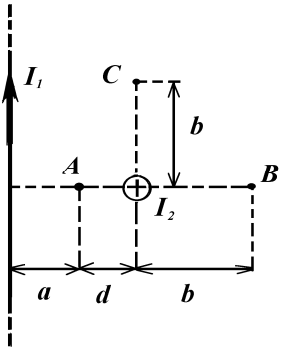

Рисунок 2

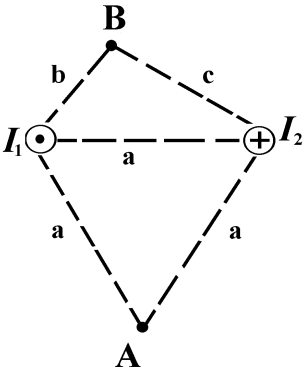

Рисунок 3

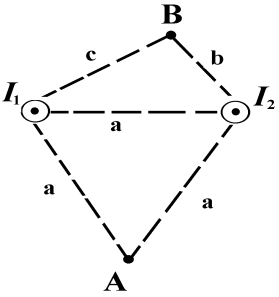

Рисунок 4

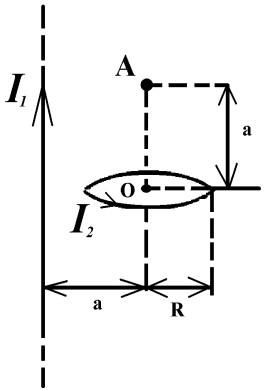

Рисунок 5

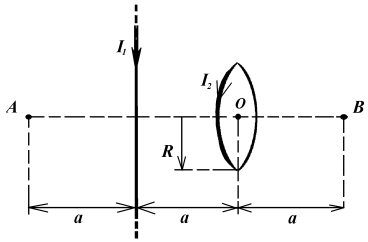

Рисунок 6

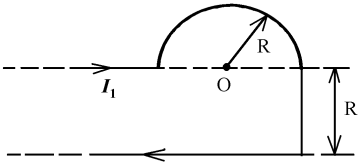

Рисунок 7

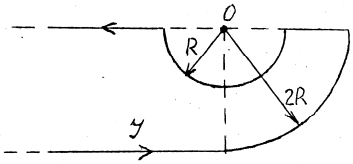

Рисунок 8

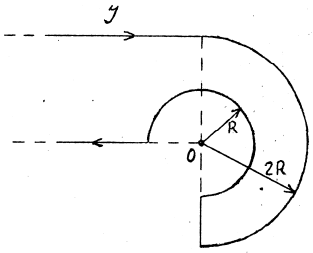

Рисунок 9

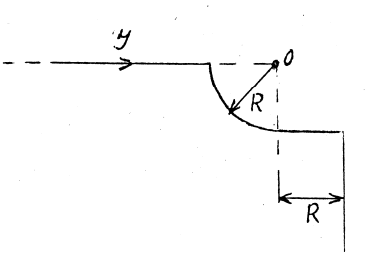

Рисунок 10

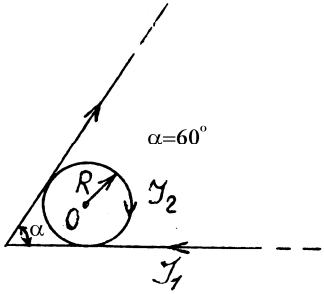

Рисунок 11

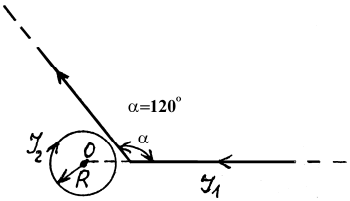

Рисунок 12

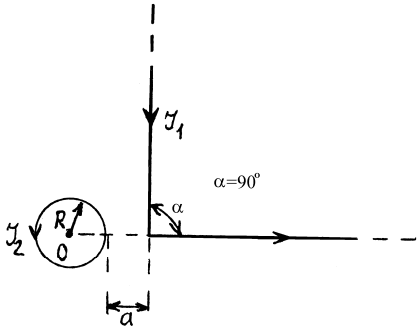

Рисунок 13

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вікулін І.М. Фізика. Модуль 1. Частина 1. Електрофізика. Учбовий посібник. Одеса: ОНАЗ, 2007. 198 с.

2. Вікулін І.М. Фізика. Електрофізика-ІІ. Конспект лекцій для самостійної роботи студентів по курсу фізики. Одеса: ОНАЗ, 2011. 119 с.

3. Горбачов В. Е., Ірха В.І., Назаренко О.А. Фізика. Модуль 1. Частина 2. Електрика. Методичні вказівки для самостійної роботи. Одеса: ОНАЗ, 2006. 38 с.

4. Горбачов В. Е., Ірха В.І., Назаренко О.А. Фізика. Модуль 1. Частина 2. Магнетизм. Методичні вказівки для самостійної роботи. Одеса: ОНАЗ, 2006. 42 с.

5. Марколенко П.Ю., Горбачов В.Е., Ірха В.І., Коробіцин Б.В. Електромагнетизм. Методичний посібник до лабораторних робіт з фізики № 2-1, …, 2-4, 3-1, …, 3-4 з курсу фізики. Одеса: ОНАЗ, 2013. 174 с.

Інформаційні ресурси

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Напруженість_електричного_поля
2. https://uk.wikipedia.org/wiki/Електричний_струм
3. https://uk.wikipedia.org/Закон_Ома
4. https://uk.wikipedia.org/wiki/Магнітна_індукція
5. https://www.youtube.com/watch?v=tY0wnMZA3ac
5. https://uk.wikipedia.org/wiki/Закон_Ампера
6. https://uk.wikipedia.org/wiki/Сила_Лоренца

ЗМІСТ

Методичні вказівки щодо виконання самостійного завдання..... 3
Робоча програма 4
Самостійне завдання 4
Основні формули 5
Задачі..... 9
Таблиці варіантів завдань 13
Рисунки до задач..... 19
Список рекомендованої літератури 22

Підписано до друку 07.03.2023.
Формат 60x84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Обсяг 1,5 друк. арк. Наклад 50 прим.
Зам. № 2088/3
Надруковано у ФОП Бондаренко М.О.
м. Одеса, вул. В. Арнаутська, 60.
т. +38 048 700 11 55
info@aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.