Урок 26 Розв'язування задач

Мета уроку:

Навчальна. Закріпити знання за темою «Досліди Фарадея. Закон електромагнітної індукції», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання.

Розвивальна. Розвивати уміння правильно розподіляти час; самостійність у навчанні; вміння самостійно застосовувати правила, закони.

Виховна. Виховання дисципліни, чесності, відповідальності.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

І. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 13

Бесіда за питаннями

1. Опишіть досліди Фарадея. Коли виникає індукційний струм?

2. Дайте означення магнітного потоку. Якою є його одиниця в СІ?

3. Сформулюйте закон електромагнітної індукції. Якого вигляду набуде цей закон, якщо контур містить N витків проводу?

4. Що визначають за правилом Ленца?

5. Чому правило Ленца є наслідком закону збереження енергії?

6. Дайте означення електромагнітної індукції.

7. Якою є природа ЕРС індукції в таких випадках: провідник рухається в магнітному полі; нерухомий провідник перебуває у змінному магнітному полі?

8. Назвіть основні властивості вихрового електричного поля.

9. Де, коли і чому виникають струми Фуко?

2. Перевірити виконання вправи № 13: завдання 1, 4.

ІІ. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

ІІІ. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Яка ЕРС індукції виникає внаслідок того, що магнітний потік, який пронизує контур провідника, рівномірно збільшився з 1,4 до 1,9 Вб за 50 мс? Визначте також силу індукційного струму, якщо відомо, що опір контуру становить 4 Ом.

Дано:

$\Phi_1 = 1,4$ Вб

$\Phi_2 = 1,9$ Вб

$\Delta t = 50$ мс $= 5 \bullet 10^{-2}$ с

$R = 4$ Ом

ε_i – ?

I_i – ?

Розв'язання

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|\Phi_2 - \Phi_1|}{\Delta t}$$

$$[\varepsilon_i] = \frac{\text{Вб}}{\text{с}} = \frac{\text{Тл}\cdot\text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А}\cdot\text{м}}\bullet\text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{А}\cdot\text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

$$\varepsilon_i = \frac{|1,9-1,4|}{5\bullet 10^{-2}} = 10 \text{ (В)}$$

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \qquad [I_i] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В}}{\frac{\text{А}}{\text{В}}} = \text{А}$$

$$I_i = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ (А)}$$

Відповідь: $\varepsilon_i = 10$ В; $I_i = 2,5$ А.

2. Прямокутна рамка зі сторонами 4 см і 5 см, що складається з 500 витків проводу, розміщена в однорідному магнітному полі з індукцією 0,75 Тл так, що вектор індукції перпендикулярний до площини рамки. Яка ЕРС індукції виникне в рамці, якщо її повернути на 90° за 0,1 с? Магнітний потік через поверхню, обмежену рамкою, змінюється рівномірно.

Дано:

$a = 4$ см $= 4 \cdot 10^{-2}$ м

$b = 5$ см $= 5 \cdot 10^{-2}$ м

$N = 500$

$B_1 = 0,75$ Тл

$\alpha_1 = 0$

$\alpha_2 = 90°$

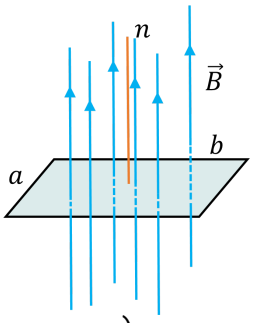
$\Delta t = 0,1$ с

ε_i – ?

Розв'язання

$$\varepsilon_i = N\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

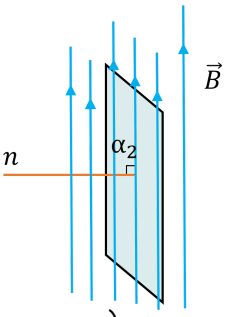
α – кут між вектором магнітної індукції і нормаллю до поверхні.



Магнітний потік буде максимальним, якщо поверхня перпендикулярна до ліній магнітної індукції $\alpha_1 = 0$:

$$\Phi_1 = B_1 S \cos\cos\alpha_1 = B_1 S \quad (\cos\cos\alpha_1 = 1)$$

Магнітний потік дорівнюватиме нулю, якщо поверхня паралельна цим лініям $\alpha_2 = 90°$:



$$\Phi_2 = B_2 S \cos\cos\alpha_2 = 0 \quad (\cos\cos\alpha_2 = 0)$$

$$\varepsilon_i = N\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = N\frac{|\Phi_2 - \Phi_1|}{\Delta t}$$

$$= N\frac{|0 - B_1 S|}{\Delta t} = N\frac{B_1 S}{\Delta t} = N\frac{B_1 ab}{\Delta t}$$

$$[\varepsilon_i] = \frac{\text{Тл·м·м}}{\text{с}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А·м}} \bullet \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н·м}}{\text{А·с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

$$\varepsilon_i = 500 \cdot \frac{0,75 \bullet 4 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{0,1} = 7,5 \text{ (В)}$$

Відповідь: $\varepsilon_i = 7,5$ В.

3. В однорідному магнітному полі з індукцією 0,15 Тл знаходиться дротяна котушка з 500 витків проводу. Вісь котушки паралельна лініям індукції. Який заряд пройде по обмотці котушки, якщо поле зникне? Опір котушки дорівнює 2 Ом, площа її поперечного перерізу становить 60 см^2.

Дано:

$B_1 = 0,15$ Тл

$B_2 = 0$

Розв'язання

α – кут між вектором магнітної індукції і нормаллю до поверхні.

$$\varepsilon_i = N\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

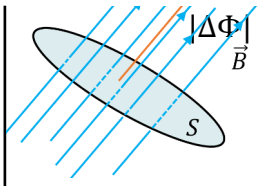
$N = 500$

$R = 2$ Ом

$S = 60$ см$^2 = 6 \bullet 10^{-3}$ м^2

$\alpha = 0$

q – ?



$$|\Delta\Phi| = |\Delta B| S \cos\cos\alpha = |B_2 - B_1| S$$

$$(\cos\cos\alpha = 1)$$

$$\varepsilon_i = N\frac{|B_2 - B_1|S}{\Delta t}$$

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \qquad I_i = q\Delta t \quad => \quad \varepsilon_i = q\Delta t R$$

$$q\Delta t R = N\frac{|B_2 - B_1|S}{\Delta t} \quad => \quad q = \frac{N|B_2 - B_1|S}{R}$$

$$[q] = \frac{\text{Тл}\cdot\text{м}^2}{\text{Ом}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А}\cdot\text{м}}\bullet\text{м}^2}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{В}} = \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}} = \text{Кл}$$

$$q = \frac{500\bullet 0{,}15\cdot 6\bullet 10^{-3}}{2} = 0{,}225 \text{ (Кл)}$$

Відповідь: $q = 0{,}225$ Кл.

4. Мідне кільце радіусом 20 см і опором 2 Ом, розташоване в магнітному полі перпендикулярно до вектора магнітної індукції, модуль якої дорівнює 4 Тл. Кільце рівномірно розпрямляють у складену вдвічі пряму. Який заряд проходить при цьому по кільцю?

Дано:

$r = 20$ см $= 0{,}2$ м

$R = 2$ Ом

$B = 4$ Тл

$\alpha = 0$

q – ?

Розв'язання

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$\Phi_1 = BS_1 \cos\cos\alpha = B\pi r^2 \qquad (\cos\cos\alpha = 1)$$

$$\Phi_2 = BS_2 \cos\cos\alpha = 0 \qquad (S_2 = 0)$$

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|0 - B\pi r^2|}{\Delta t} = \frac{B\pi r^2}{\Delta t}$$

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \qquad I_i = q\Delta t \quad => \quad \varepsilon_i = q\Delta t R$$

$$\frac{B\pi r^2}{\Delta t} = q\Delta t R \quad => \quad q = \frac{B\pi r^2}{R}$$

$$[q] = \frac{\text{Тл}\cdot\text{м}^2}{\text{Ом}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А}\cdot\text{м}}\bullet\text{м}^2}{\frac{\text{В}}{\text{А}}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{В}} = \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}} = \text{Кл}$$

$$q = \frac{4\cdot 3{,}14\cdot 0{,}2^2}{2} \approx 0{,}25 \text{ (Кл)}$$

Відповідь: $q \approx 0{,}25$ Кл.

5. Короткозамкнена котушка із площею поперечного перерізу 40 см^2 і опором 160 Ом, що має 1000 витків проводу, розташована в однорідному магнітному полі, лінії якого спрямовані уздовж осі котушки. Індукція магнітного поля змінюється зі швидкістю 5 мТл/с. Визначте потужність теплових втрат.

Дано:

$S = 40$ см^2

$= 4 \bullet 10^{-3}$ м^2

$R = 160$ Ом

$N = 1000$

$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 5 \frac{\text{мТл}}{\text{с}}$

$= 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$

$\alpha = 0$

$P - ?$

Розв'язання

$$P = \varepsilon_i I_i \qquad I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \qquad => \qquad P = \frac{\varepsilon_i^2}{R}$$

$$\varepsilon_i = N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$|\Delta\Phi| = \Delta BS \cos cos\, \alpha = \Delta BS \qquad (\cos cos\, \alpha = 1)$$

$$\varepsilon_i = NS \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$P = \frac{1}{R}\left(NS \frac{\Delta B}{\Delta t}\right)^2$$

$$P = \frac{1}{160} \bullet \left(1000 \cdot 4 \bullet 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}\right)^2 = 2,5 \bullet 10^{-6} \text{ (Вт)}$$

Відповідь: $P = 2,5$ мкВт.

IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

V. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 13, Вправа № 13 (2, 5)

Додаткові задачі

1. Контур площею 6 см^2 розташований в однорідному магнітному полі з індукцією 30 мТл так, що площина контуру перпендикулярна до ліній індукції. Протягом 1,5 мс контур виймають із поля. Яка ЕРС ε_i виникає внаслідок цього? Вважайте, що магнітний потік змінюється рівномірно.

Дано:

$S = 6\ \text{см}^2$

$= 6 \bullet 10^{-4}\ \text{м}^2$

$|\Delta B| = 30$ мТл

$= 30 \bullet 10^{-3}$ Тл

$\alpha = 0$

$\Delta t = 1,5$ мс

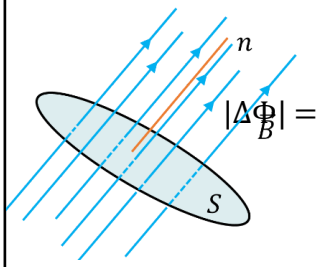
$= 1,5 \bullet 10^{-3}$ с

ε_i – ?

Розв'язання

α – кут між вектором магнітної індукції і нормаллю до поверхні.

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$



$$|\Delta\Phi| = |\Delta B| S \cos cos\ \alpha = |\Delta B| S$$

$$(\cos cos\ \alpha = 1)$$

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta B| S}{\Delta t}$$

$$[\varepsilon_i] = \frac{\text{Тл}\cdot\text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{А}\cdot\text{м}}\bullet\text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{А}\cdot\text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

$$\varepsilon_i = \frac{30\bullet10^{-3}\bullet6\bullet10^{-4}}{1{,}5\bullet10^{-3}} = 12\cdot10^{-3}\ (\text{В})$$

Відповідь: $\varepsilon_i = 12$ мВ.

2. Визначте швидкість зміни магнітного потоку в соленоїді, що складається з 2000 витків проводу, при збудженні в ньому ЕРС індукції 120 В.

Дано:

$N = 2000$

$\varepsilon_i = 120$ В

$\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$ – ?

Розв'язання

$$\varepsilon_i = N\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \quad => \quad \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_i}{N}$$

$$\left[\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right] = \frac{\text{Вб}}{\text{с}}$$

$$\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{120}{2000} = 60\cdot10^{-3}\left(\frac{\text{Вб}}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: $\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = 60\ \frac{\text{мВб}}{\text{с}}$.

3. На скільки змінився за 20 мс магнітний потік через прямокутний провідник, опір якого 5,1 Ом, якщо внаслідок цієї зміни у провіднику виник індукційний струм силою 2 А?

Дано:

$\Delta t = 20$ мс $= 2 \bullet 10^{-2}$ с

$R = 5,1$ Ом

Розв'язання

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$I_i = 2$ А

$|\Delta\Phi| - ?$

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \quad => \quad \varepsilon_i = I_i R$$

$$\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = I_i R \quad => \quad |\Delta\Phi| = I_i R \Delta t$$

$$[\Delta\Phi] = \text{А·Ом·с} = \text{А·}\frac{\text{В}}{\text{А}}\text{·с} = \text{В·с} = \text{Вб}$$

$$|\Delta\Phi| = 2{\cdot}5,1{\cdot}2 \bullet 10^{-2} = 204 \bullet 10^{-3}\ (\text{Вб})$$

Відповідь: $|\Delta\Phi| = 204$ мВб.

4. Дротяна котушка, що складається зі 100 витків проводу, перебуває в однорідному магнітному полі з індукцією 10 мТл, витки котушки перпендикулярні до ліній індукції. Котушка замкнена на балістичний гальванометр так, що загальний опір кола становить 10 Ом. Унаслідок повороту котушки через гальванометр проходить заряд 50 мкКл. Визначте кут повороту котушки, якщо площа її поперечного перерізу 10 см^2.

Дано:

$N = 100$

$B_1 = B_2 = B$

$= 10$ мТл

$= 1 \bullet 10^{-2}$ Тл

$R = 10$ Ом

$q = 50$ мкКл

$= 5{\cdot}10^{-5}$ Кл

$S = 10$ см^2

$= 1 \bullet 10^{-3}$ м^2

$\alpha_1 = 0$

$\alpha_2 - ?$

Розв'язання

$$\varepsilon_i = N\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$\Phi_1 = BS\cos cos\,\alpha_1 = BS \qquad (\cos cos\,\alpha_1 = 1)$$

$$\Phi_2 = BS\cos cos\,\alpha_2$$

$$|\Delta\Phi| = \Phi_2 - \Phi_1 \qquad \Phi_2 < \Phi_1 \quad => \quad |\Delta\Phi| = \Phi_1 - \Phi_2$$

$$\varepsilon_i = N\frac{\Phi_1 - \Phi_2}{\Delta t} = N\frac{BS - BS\cos cos\,\alpha_2}{\Delta t} = \frac{NBS(1 - \cos cos\,\alpha_2)}{\Delta t}$$

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \qquad I_i = q\Delta t \quad => \quad \varepsilon_i = q\Delta t R$$

$$\frac{NBS(1 - \cos cos\,\alpha_2)}{\Delta t} = q\Delta t R$$

$$\cos cos\,\alpha_2 = 1 - \frac{qR}{NBS}$$

$$[\cos cos\,\alpha_2] = \frac{\text{Кл·Ом}}{\text{Тл·м}^2} = \frac{\text{А·с}\cdot\frac{\text{В}}{\text{А}}}{\frac{\text{Н}}{\text{А·м}}\bullet\text{м}^2} = \frac{\text{В·с}}{\frac{\text{Н·м}}{\text{А}}} = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}\cdot\text{с}}{\frac{\text{Дж}}{\text{А}}} = \frac{\text{Кл}}{\text{Кл}} = 1$$

$$\cos cos\,\alpha_2 = 1 - \frac{5{\cdot}10^{-5}{\cdot}10}{100{\cdot}1\bullet10^{-2}\bullet1\bullet10^{-3}} = 0,5$$

$$\alpha_2 = \arccos\ arccos\,0,5 = 60°$$

Відповідь: $\alpha_2 = 60°$.

5. Провідник довжиною 30 см помістили в магнітне поле з індукцією 2 Тл. Кінці провідника замкнуті гнучким проводом, що перебуває поза полем. Опір ланцюга 0,75 Ом. Яка потужність необхідна, щоб провідник рухався зі швидкістю 5 м/с перпендикулярно до ліній індукції?

Дано:

$l = 30$ см $= 0,3$ м

$B = 2$ Тл

$R = 0,75$ Ом

$v = 5\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\alpha = 90°$

$P\ -\ ?$

Розв'язання

$$P = \varepsilon_i I_i \qquad I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \qquad => \qquad P = \frac{\varepsilon_i^2}{R}$$

$$\varepsilon_i = Bvl \sin sin\,\alpha = Bvl \qquad (\sin sin\,\alpha = 1)$$

$$P = \frac{(Bvl)^2}{R} \qquad [P] = \frac{\left(\text{Тл}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}}\bullet\text{м}\right)^2}{\text{Ом}} = \frac{\left(\frac{\text{Н}}{\text{А}\cdot\text{м}}\bullet\frac{\text{м}^2}{\text{с}}\right)^2}{\frac{\text{В}}{\text{А}}}$$

$$= \frac{\text{А}}{\text{В}}\bullet\left(\frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{А}\cdot\text{с}}\right)^2 = \frac{\text{А}}{\text{В}}\bullet\left(\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}\right)^2 = \frac{\text{А}}{\text{В}}\bullet(\text{В})^2 = \text{В}\cdot\text{А} = \text{Вт}$$

$$P = \frac{(2\cdot5\cdot0,3)^2}{0,75} = 12\ (\text{Вт})$$

Відповідь: $P = 12$ Вт.