

Урок №41

Тема уроку: Електромагнітна індукція. Магнітний потік

Мета уроку:

навчальна – познайомити учнів із явищем електромагнітної індукції;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

Повторюємо досліди Фарадея

Візьмемо котушку, замкнемо її на гальванометр і будемо вводити в котушку постійний магніт. Під час руху магніту стрілка гальванометра відхилиться — це свідчить про наявність електричного струму (рис. 1, а).

Чим швидше рухати магніт, тим сильнішим буде струм; якщо рух магніту припинити, припиниться й струм — стрілка повернеться на нульову позначку (рис. 1, б). Виймаючи магніт із котушки, бачимо, що стрілка гальванометра відхиляється в інший бік (рис. 1, в), а після припинення руху магніту знову повертається на нульову позначку.

Якщо залишити магніт нерухомим, а рухати котушку (або наближаючи її до магніту, або віддаляючи від нього, або повертаючи поблизу полюса магніту), то також спостерігатимемо відхилення стрілки гальванометра.

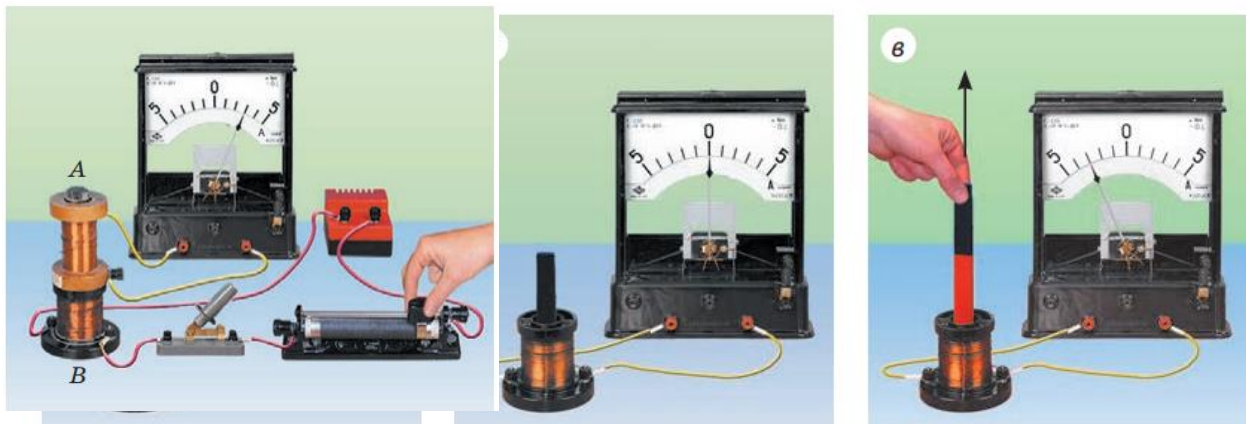


Рис.2. Якщо розімкнути чи замкнути коло котушки В або змінити в ній силу струму, в котушці А виникне струм. Якщо магніт вводити в котушку, стрілка гальванометра відхиляється праворуч; а — якщо магніт виймають з котушки, стрілка гальванометра відхиляється ліворуч; б — якщо магніт нерухомий, стрілка гальванометра не відхиляється; в — якщо виводити магніт із котушки, стрілка гальванометра відхиляється праворуч

Тепер візьмемо дві котушки — А і В — і надінемо їх на спільне осердя (рис.2). Котушку В через реостат приєднаємо до джерела струму, а котушку А

замкнемо на гальванометр. Якщо пересувати повзунок реостата, то в котушці А буде йти електричний струм. Струм виникатиме як під час збільшення, так і під час зменшення сили струму в котушці В. А от напрямок струму буде різним: у разі збільшення сили струму стрілка гальванометра відхилитиметься в один бік, а в разі зменшення — в інший. Струм у котушці А виникатиме також у момент замикання та в момент розмикання кола котушки В.

Усі розглянуті досліди — це сучасний варіант тих, які протягом 10 років здійснював Майкл Фарадей і завдяки яким він дійшов висновку: у замкненому провідному контурі виникає електричний струм, якщо кількість ліній магнітної індукції, що пронизують поверхню, обмежену контуром, змінюється.



Електромагнітна індукція — у замкненому провідному контурі виникає електричний струм, якщо кількість ліній магнітної індукції, що пронизують поверхню, обмежену контуром, змінюється



Індукційний (наведений) струм — електричний струм, що виникає у контурі під час виникнення явища електромагнітної індукції

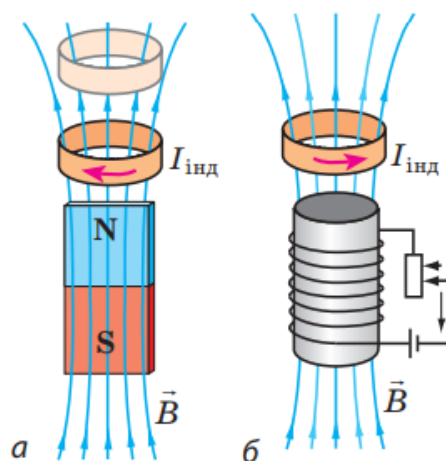


Рис. 3. Виникнення індукційного струму внаслідок зміни кількості ліній магнітної індукції, що пронизують контур: а — контур наближають до магніту; б — послаблюють магнітне поле, в якому розташований контур

З'ясуємо причини виникнення індукційного струму

1. Провідний контур рухається в магнітному полі
2. Нерухомий провідний контур розташований у змінному магнітному полі

Річ у тім, що змінне магнітне поле завжди супроводжується появою в навколишньому просторі вихрового електричного поля (силові лінії такого поля є замкненими).

Визначаємо напрямок індукційного струму

Для визначення напрямку індукційного струму скористаємося замкненою котушкою. Якщо змінювати магнітне поле, що пронизує котушку (наприклад, наближати або віддаляти магніт), то в котушці виникає індукційний струм. Унаслідок цього котушка сама стає магнітом. Цю залежність вперше встановив російський вчений Е. Х. Ленц, він же сформулював правило, яке носить його



Правило Ленца — індукційний струм I_1 , який виникає у замкненому провідному контурі, має такий напрямок, що створений цим струмом магнітний потік перешкоджає зміні магнітного потоку, який спричинив появу індукційного струму

ім'я.

Досліди свідчать:

1) якщо магніт наближати до котушки, то котушка буде відштовхуватися від магніту;

2) якщо магніт віддаляти від котушки, то котушка притягуватиметься до магніту.

Це означає:

1) якщо кількість ліній магнітної індукції, що пронизують котушку, збільшується (магнітне поле всередині котушки посилюється), то в ній виникає індукційний струм такого напрямку, що котушка буде обернена до магніту однойменним полюсом (рис. 4, а).

2) якщо кількість ліній магнітної індукції, що пронизують котушку, зменшується, то в котушці виникає індукційний струм такого напрямку, що котушка буде обернена до магніту різнойменним полюсом (рис. 4, б).

Знаючи полюси котушки та скориставшись правою рукою, можна визначити напрямок індукційного струму. Аналогічно можна визначити напрямок індукційного струму для випадку, коли дві котушки надіто на спільне осердя.

На практиці напрям струму, який виникає в замкнутому колі внаслідок електромагнітної

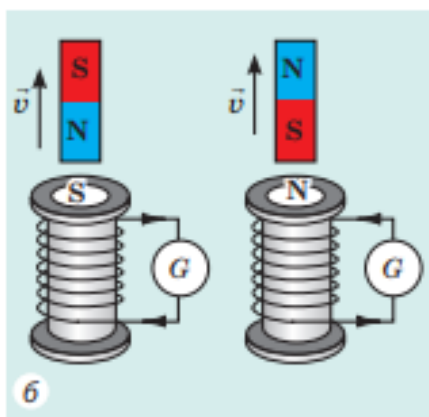
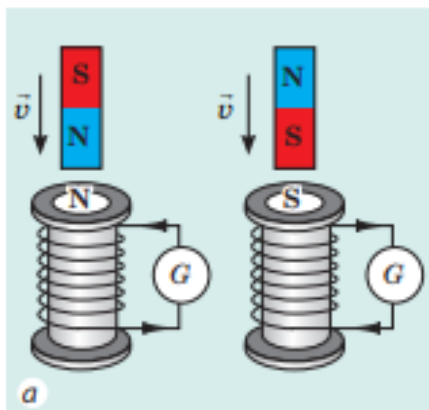


Рис. 4. Напрямок індукційного струму в замкненій котушці: а — магніт наближають до котушки; б — магніт віддаляють від котушки

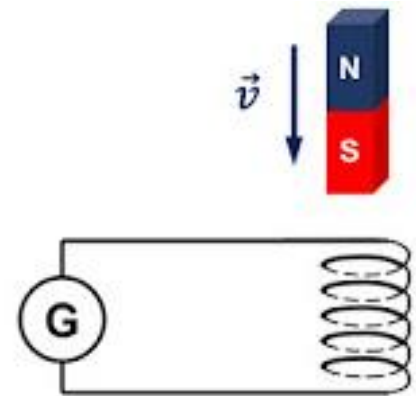
індукції, визначають за правилом правої руки: якщо праву руку розмістити в полі так, щоб лінії магнітної індукції входили в долоню, відставлений великий палець відповідав би напрямку руху провідника, то витягнуті пальці руки вказуватимуть напрям індукційного струму в провіднику.

Для випадку, коли провідник рівномірно рухається в однорідному магнітному полі, значення ЕРС індукції обчислюється за формулою:

$$\mathcal{E} = BL\sin\alpha$$

Алгоритм визначення напрямку індукційного струму

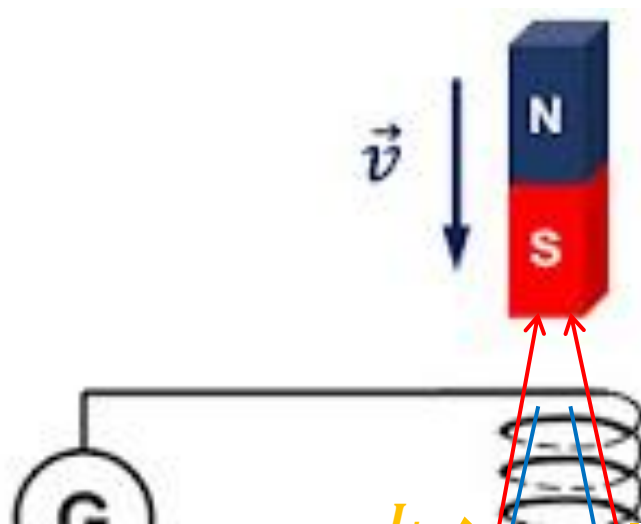
1. Визначаємо напрямок магнітної індукції зовнішнього магнітного поля (\vec{B}).
2. З'ясовуємо, посилюється чи послаблюється зовнішнє магнітне поле (тобто збільшується чи зменшується кількість ліній магнітної індукції, що пронизують контур).
3. Визначаємо напрямок магнітної індукції магнітного поля, створеного індукційним струмом (\vec{B}').
4. Визначаємо напрямок індукційного струму.



Задача 1. Визначити напрямок індукційного струму в котушці.

Розв'язання

1. Лінії зовнішнього магнітного поля напрямлені у південний полюс.
2. Так як магніт вносять у котушку, то магнітне поле у ній посилюється.
3. При внесенні магнітну у котушку лінії магнітного поля котушки напрямлені протилежно до ліній зовнішнього магнітного поля.
4. За правилом правої руки для котушки зі струмом, визначаємо напрямок індукційного струму, що виникає.



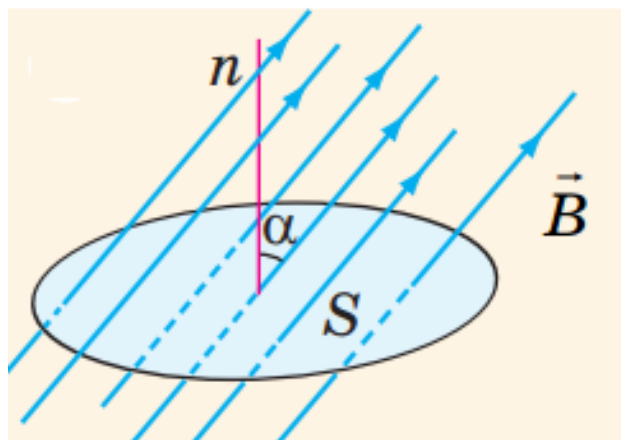
Відповідь: індукційний струм у котушці напрямлений справа наліво.

ПОТІК МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ.

Величина, що дорівнює добутку магнітної індукції на площу замкнутого контуру на косинус кута (між вектором індукції та нормаллю до контуру), називається магнітним потоком або потоком магнітної індукції.

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

де Φ - магнітний потік; B - модуль магнітної індукції поля; α - кут між нормаллю до площини контуру і індукцією магнітного поля.



Аналіз формули показує, що мінімальне значення магнітного потоку ($\Phi = 0$) буде, коли $\alpha = 90^\circ$, тобто площина контуру паралельна лініям індукції магнітного поля. Якщо $\alpha = 0$, то магнітний потік буде максимальним ($\Phi = BS$)

Магнітний потік є скалярною фізичною величиною. У СІ магнітний потік вимірюють у веберах (Вб), на честь відомого німецького фізика В. Вебера.

Якщо індукція магнітного поля 1 Тл, а площа контуру, крізь який проходить магнітний потік, 1 м², то магнітний потік дорівнює 1 веберу (1 Вб):

$$1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \times 1 \text{ м}^2.$$

Будь-які зміни індукції магнітного поля чи площі контуру спричиняють зміну магнітного потоку і викликають явище електромагнітної індукції.

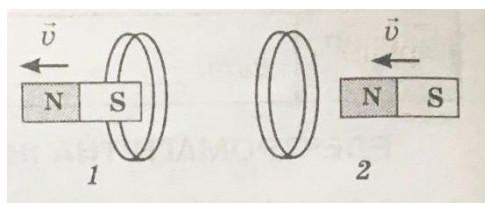
Перевірте себе:

1. Який принцип дії приладів магнітоелектричної системи?
2. Який принцип дії приладів електромагнітної системи?
3. Який принцип дії приладів електродинамічної системи?

Домашнє завдання

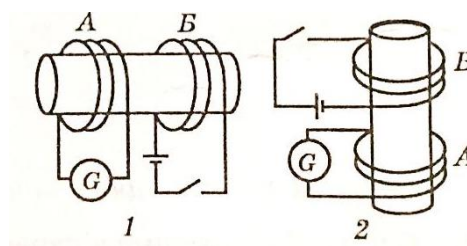
Написати конспект. Опрацювати §15 с.98-99. Виконати тест.

1. Для кожного випадку визначте напрямок індукційного струму в передній стінці замкнутого провідного кільця.



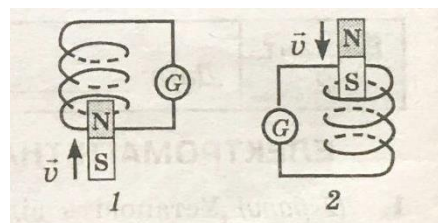
- а) 1 і 2 униз;
- б) 1 і 2 угору;
- в) 1 – угору, 2 – униз;
- г) 1 – униз, 2 – угору.

2. Для кожного випадку визначте напрямок індукційного струму в передній стінці котушки А відразу після замикання ключа в колі котушки Б.



- а) 1 – угору, 2 – уліво;
- б) 1 – угору, 2 – управо;
- в) 1 – униз, 2 – уліво;
- г) 1 – униз, 2 – управо.

3. Для кожного випадку визначте полюс замкнутої провідної котушки, оберненої до магніту, що вставляється в неї.



- а) 1 і 2 північний;
- б) 1 і 2 південний;
- в) 1 – південний, 2 – північний;
- г) 1 – північний, 2 – південний.

Урок № 42

Тема уроку: Закон електромагнітної індукції

Мета уроку:

- навчальна – з'ясувати умови виникнення індукційного струму;
- розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;
- виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

Закон електромагнітної індукції

Зважаючи на означення магнітного потоку, виділимо в дослідах Фарадея деякі загальні закономірності.

1. Електричний струм у замкненому провідному контурі індукується тільки тоді, коли змінюється магнітний потік через поверхню, обмежену контуром.
2. Чим швидше змінюється магнітний потік, тим більшою є сила індукційного струму в контурі.
3. Напрямок індукційного струму в контурі залежить від того, збільшується чи зменшується магнітний потік через поверхню, обмежену контуром.

Однак чому в контурі взагалі є електричний струм, адже контур не приєднаний до джерела живлення? Поява струму може означати тільки одне: під час зміни магнітного потоку виникають сторонні (не кулонівські) сили, які й «працюють» у контурі, переміщуючи в ньому електричні заряди.

Роботу сторонніх сил $A_{ст}$ із переміщення одиничного позитивного заряду називають **електрорушійною силою індукції (ЕРС індукції) E_i** :

$$E_i = \frac{A_{ст}}{q}$$

Силу індукційного струму I_i в контурі опором R визначають за законом Ома:

$$I_i = \frac{E_i}{R}$$

Закон електромагнітної індукції: електрорушійна сила індукції дорівнює швидкості зміни магнітного потоку, який пронизує поверхню, обмежену контуром:

$$E_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Знак «мінус» відображає правило Ленца.

Якщо в з'єднаних послідовно контурах відбуваються однакові зміни магнітного потоку, то ЕРС індукції в них дорівнює сумі ЕРС індукції в кожному з контурів. Тому, якщо змінюється магнітний потік у котушці, що складається з N

однакових витків провідника, загальна ЕРС індукції буде в N разів більшою від ЕРС індукції в окремому контурі:

$$E_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Під час будь-якої зміни магнітного поля в навколишньому просторі виникає електричне поле. Це поле приводить у рух вільні електричні заряди в контурі, викликаючи появу індукційного електричного струму. Його називаються **вихровим електричним полем**.

Робота сил вихрового електричного поля з переміщення електричних зарядів і є роботою сторонніх сил, джерелом ЕРС індукції в замкненому контурі.

Задача 1: _ Скільки витків повинна мати котушка з площею поперечного перерізу 50 см^2 , щоб при зміні магнітної індукції від $0,2$ до $0,3 \text{ Тл}$ протягом 4 мс в ній виникла ЕРС 10 В ?

$n - ?$	CI	$\varepsilon_i = n \left \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right $	$[n] = \frac{B \cdot c}{\text{Тл} \cdot \text{м}^2} = \frac{B\bar{c}}{B\bar{c}} = 1$ $n = \frac{10 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{(0,3 - 0,2) \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 80$
$\varepsilon_i = 10 \text{ В}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ с}$	$\Delta\Phi = \Delta BS$	
$\Delta t = 4 \text{ мс}$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$	$\Delta B = B_2 - B_1$	
$B_1 = 0,2 \text{ Тл}$		$\Delta\Phi = (B_2 - B_1)S$	
$B_2 = 0,3 \text{ Тл}$		$\varepsilon_i = n \left \frac{(B_2 - B_1)S}{\Delta t} \right $	
$S = 50 \text{ см}^2$		$n = \frac{\varepsilon_i \Delta t}{ (B_2 - B_1)S }$	

Домашнє завдання:

Написати конспект. Опрацювати додатково параграф №15 с.99-102, виконати впр.21 на с.112.

Зворотній зв'язок

- Viber 0662728430
- E-mail partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку