

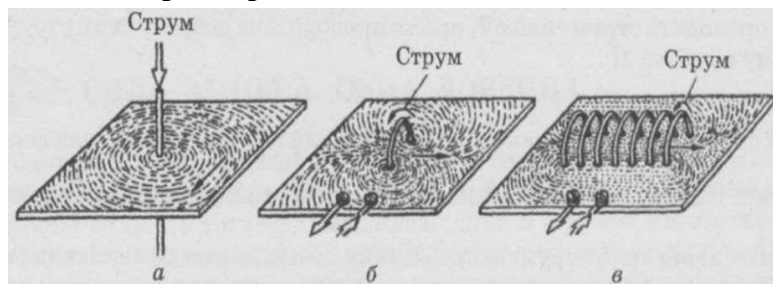
Опрацювати конспект «Магнітне поле». Підготуватися до лабораторної роботи «Спостереження дії магнітного поля на струм»

Електромагнітне поле

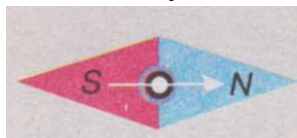
1. Магнітне поле

Магнітне поле – це особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між рухомими електрично зарядженими частинками.

Характеристика магнітного поля – магнітні силові лінії (Лінії магнітної індукції).

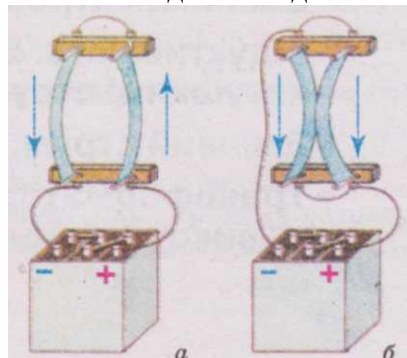


Магнітне поле – вихрове, його лінії замкнуті.



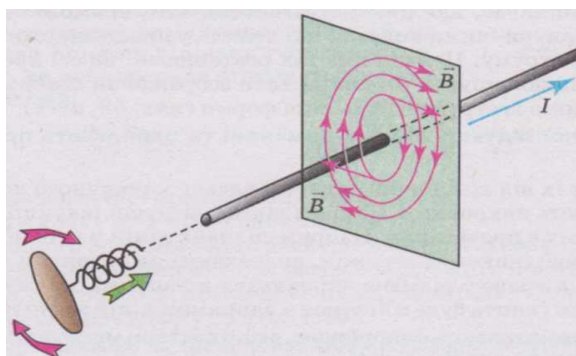
Напрямок ліній магнітної індукції (\vec{B}) від південного полюсу S до північного N магнітної стрілки, у

полюсів підковоподібного магніту навпаки від N до S.



Якщо охопити провідник так, щоб великий палець показував напрям струму, то чотири пальці покажуть напрям магнітних силових ліній (в котушках навпаки).

Провідники з однонаправленими струмами притягуються, а різнонаправленими – відштовхуються.



Правило свердлика

Якщо напрям поступального руху свердлика збігається з напрямом струму в провіднику, то напрям обертання ручки свердлика збігається з напрямом вектора магнітної індукції.

→

B [Тл] – магнітна індукція (Тесла)

→

$B = \mu^0 \mu I / 2\pi r$ – магнітна індукція на відстані r від провідника з струмом

$\mu^0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнітна постійна

μ – магнітна проникність середовища

$B = M_{\max} / IS$

M_{\max} – максимальний момент сил, S – площа контура

Совокупність магнітних силових ліній створюють магнітний потік

Φ [Вб] (Вебер) – магнітний потік

$\Phi = BS \cos \alpha$

Сила Ампера

На провідник зі струмом, вміщений в однорідне магнітне поле, індукція якого B , діє сила, пропорційна довжині відрізка провідника Δl , силі струму I , який проходить по провіднику, та індукції магнітного поля B .

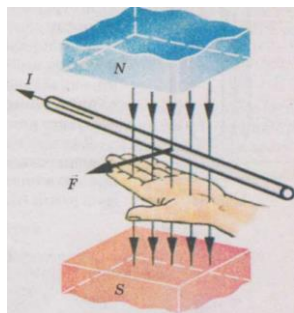
$F_a = BI \Delta l \sin \alpha$ – сила Ампера, якщо $\alpha = \pi/2$, то $F_a = BI \Delta l$

$I = F_a / B \Delta l \sin \alpha$ – сила струму в провіднику

$B = F_a / I \Delta l \sin \alpha$ – магнітна індукція

$\Delta l = F_a / B I \sin \alpha$ – довжина провідника

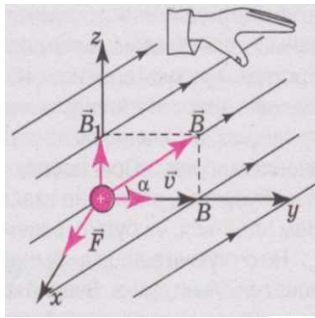
$\sin \alpha = F_a / B I \Delta l$ – кут між напрямом струму в провіднику і напрямом вектора магнітної індукції



Правило лівої руки для сили Ампера

Сила Лоренца

Сила, яка діє на заряджену частинку, що рухається в магнітному полі, пропорційна заряду частинки, швидкості її переміщення та індукції магнітного поля.



$F_L = qvB \sin \alpha$ – сила Лоренца, якщо $\alpha = \pi/2$, то $F_L = qvB$

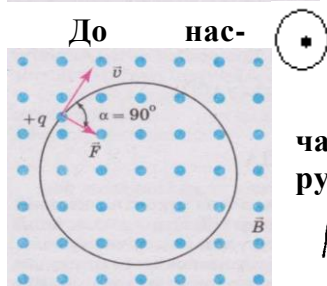
$q = F_L / vB \sin \alpha$ – заряд частинки

$v = F_L / qB \sin \alpha$ – швидкість руху частинки

$B = F_L / qv \sin \alpha$ – магнітна індукція

$\sin \alpha = F_L / qvB$ – кут між напрямком руху частинки і магнітною індукцією

Правило лівої руки для сили Лоренца



До нас - 



- від нас

В однорідному магнітному полі вектор індукції якого перпендикулярний до напрямку швидкості зарядженої частинки, сила Лоренца викривляє траєкторію руху і частинка рухається по колу.

$$R = \frac{m}{q} \cdot \frac{v}{B \sin \alpha} - \text{радіус траєкторії}$$

$$v = \sqrt{\frac{2q(U_1 - U_2)}{m}} - \text{швидкість}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \cdot \frac{m}{q} - \text{період обертання}$$

$$\nu = \frac{1}{T} - \text{частота}$$

Магнітні властивості речовин

Магнетиками називають всі речовини, які здатні намагнічуватись у зовнішньому магнітному полі, тобто створювати власне внутрішнє магнітне поле самої речовини.

Вони діляться: слабомагнітні (парамагнетики і діамагнетики), сильно магнітні (ферромагнетики).

Парамагнетики $\mu > 1$, підсилюють зовнішнє магнітне поле (лужні метали, кисень, алюміній, платина).

Діамагнетики $\mu < 1$, послаблюють зовнішнє магнітне поле (гази, мідь, золото, срібло, алмаз, графіт тощо).

Ферромагнетики $\mu \gg 100$, дуже сильно підсилюють зовнішнє магнітне поле (залізо, нікель, кобальт і т.д) –

1. Електромагнітна індукція

Відкрив явище електромагнітної індукції М. Фарадей 29 серпня 1831р.

Явище електромагнітної індукції – виникнення електричного струму в провідному контурі, який або розміщено нерухомо в змінному магнітному полі, або переміщається в постійному магнітному полі так, що кількість ліній магнітної індукції, які перетинають контур, змінюється.

Закон електромагнітної індукції

ЕРС індукції в замкненому контурі дорівнює за модулем швидкості зміни магнітного потоку через поверхню, що обмежена контуром

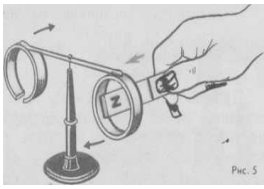
$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} - \text{ЕРС індукції} \quad \mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad N = BSN / \Delta t$$

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

Δt - швидкість зміни магнітного потоку

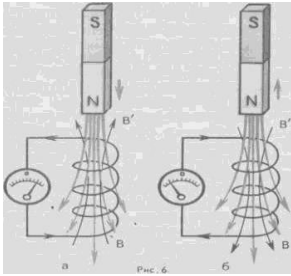
$$I_i = \frac{\Delta \mathcal{E}}{R} \text{ індукційний струм}$$

Правило Ленца



Виникаючий в замкнутому контурі індукційний струм своїм магнітним полем протидіє тій зміні магнітного потоку, яким він викликаний.

Если поднести магнит к кольцу без разреза, то в нем возникнет индукционный ток и направлен он будет так, что кольцо оттолкнется от магнита и стержень повернется. Если удалять магнит от кольца, то оно, наоборот, притянется к магниту. С разрезанным кольцом магнит не взаимодействует, так как разрез препятствует возникновению в кольце индукционного тока.



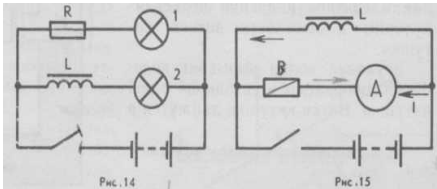
В первом случае число линий магнитной индукции, пронизывающих витки катушки, или, что то же самое, магнитный поток, увеличивается (рис. 6, а), а во втором случае — уменьшается (рис. 6,б).

Змінюючись у часі, магнітне поле породжує електричне поле.

Виникнення струмів Фуко приводить до безкорисних втрат енергії на виділення тепла. Тому залізні осердя трансформаторів, електродвигунів, генераторів і т.д. виконують не суцільними, а з окремих пластин з електротехнічної сталі, ізольованих одна від одної.

Применения ферритів

При перемагничуванні в феритах не виникають вихрові струми. В результаті втрати енергії на виділення тепла в них зводяться до мінімуму



Зворотній процес, перетворення звукових коливань повітря в коливання електричного струму, здійснюється за допомогою мікрофона.

При замыкании ключа (рис.14) первая лампа вспыхивает практически сразу, а вторая — с заметным запозданием. ЭДС самоиндукции в цепи этой лампы велика, и сила тока не сразу достигает своего максимального значения.

При размыкании ключа (рис.15) в катушке L возникает ЭДС самоиндукции, поддерживающая первоначальный ток. В результате в момент размыкания через гальванометр течет ток (цветная стрелка), направленный против начального тока до размыкания.

- магнітний потік

L [Гн] – індуктивність провідника, або коефіцієнт самоіндукції

Самоіндукція – явище виникнення індукваного струму в колі внаслідок зміни струму в ньому.

$$\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} - \text{ЕРС самоіндукції}$$

$$A = W_M = q\mathcal{E}_{ci} = \frac{ItLI}{2t} = \frac{LI^2}{2} - \text{робота електричного струму або енергія магнітного поля котушки}$$

Змінний струм. Трансформатори.

Змінний струм – вимушені коливання електричних зарядів у провіднику під дією прикладеної ЕРС, або струм який змінюється в часі за законом синуса або косинуса (частотою 50Гр).

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) - \text{рівняння коливань змінного струму}$$

I_m [А] – амплітуда сили струму

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi) - \text{рівняння коливань змінної напруги}$$

U_m [В] – амплітуда напруги

$$q = q_m \sin(\omega t + \varphi) - \text{рівняння коливань змінного заряду } q_m \text{ [Кл]} - \text{амплітуда заряду}$$

$$e = \varepsilon_m \sin(\omega t + \varphi) - \text{рівняння коливань змінної ЕРС } \varepsilon_m \text{ [В]} - \text{амплітуда ЕРС}$$

$$\varepsilon_m = NBS\omega - \text{амплітуда електрорушійної сили}$$

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ - діюче значення сили струму $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ - діюче значення напруги

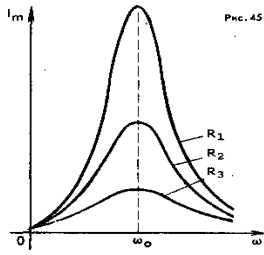


Рис. 45 $X_L = \omega L$ - індуктивний опір

$X_C = \frac{1}{C\omega}$ - ємнісний опір $\omega = 2\pi\nu$.

циклічна частота

При $R \rightarrow 0$ резонансне значення сили тока неограниченно возрастает: $(I_m)_{res} \rightarrow \infty$. Наоборот, с увеличением R максимальное значение силы тока уменьшается, и при больших R говорить о резонансе уже не имеет смысла. Зависимость амплитуды силы тока от частоты при различных сопротивлениях ($R_1 < R_2 < R_3$) показана на рисун-

Трансформатор



Трансформатор – пристрій, який перетворює змінний струм, при якому напруга збільшується або зменшується в декілька раз практично без втрати потужності

Складається:

- 1) Первинна обмотка – підключається до джерела живлення.
- 2) Вторинна обмотка – до неї підключається навантаження (споживачі)
- 3) Магнітопровід – замкнуте стальне осердя, набране з окремих пластин електротехнічної сталі

Холостий хід трансформатора – немає споживачів на вторинній обмотці

При замиканні вторинної обмотки автоматично збільшується сила струму в первинній обмотці

Действие трансформатора основано на законе электромагнитной индукции. Магнитный поток, создаваемый током в первичной обмотке, проходит через вторичную обмотку.

Трансформатор может работать только на переменном токе.

Тип трансформатора определяется *коэффициентом трансформации*, который равен отношению числа витков в первичной катушке к числу витков во вторичной:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

При $k < 1$ трансформатор называется **повышающим**, а при $k > 1$ – **понижающим**.

Трансформатор применяется не только для повышения или понижения напряжения, но и для передачи электрической энергии на расстояние.

Большую мощность можно передавать либо в виде большого тока, но под малым напряжением, либо в виде малого тока, но при большом напряжении. Для передачи большого тока нужны толстые провода. Гораздо выгоднее передавать электроэнергию в виде малого тока, но под возможно большим напряжением.

Поэтому применяют высоковольтные линии передач. Снижение илы тока в n раз снижает потери в n^2 раз.