

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Тела, обладающие свойством притягивать железо, называют *магнитами*.

Они бывают *естественными* и *искусственными*.

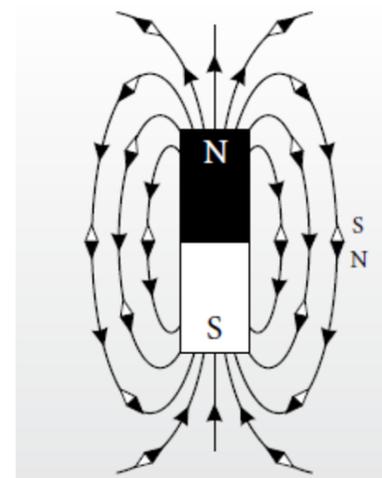
Области магнита, к которым железные предметы притягиваются сильнее всего, называют *магнитными полюсами*. *Магнитные полюсы невозможно отделить один от другого*.

Одноименные магнитные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются.

Магнитное взаимодействие осуществляется посредством *магнитного поля*, существующего вокруг магнитов.

Для наглядного изображения полей используются *магнитные линии*.

Линии магнитного поля — это линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением магнитной стрелки, помещенной в эту точку.



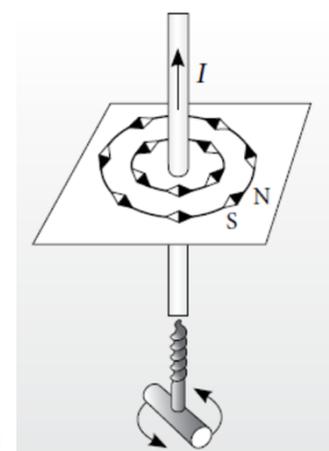
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

В 1820 году датский физик Ханс Кристиан Эрстед (1777–1851) обнаружил действие электрического тока на магнитную стрелку. Так было установлено, что вокруг проводника с электрическим током существует магнитное поле.

Электрический ток представляет собой упорядоченное движение носителей электрического заряда, следовательно, источником *магнитного поля являются движущиеся электрические заряды.*

Экспериментально установлено, что *магнитные линии поля, создаваемого прямолинейным проводником с током, имеют форму окружностей, лежащих в плоскостях, перпендикулярных проводнику; центры этих окружностей – это точки пересечения плоскостей с проводником.*

Между направлением магнитных линий и направлением электрического тока существует определенная связь, которая может быть выражена *правилом буравчика:*



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

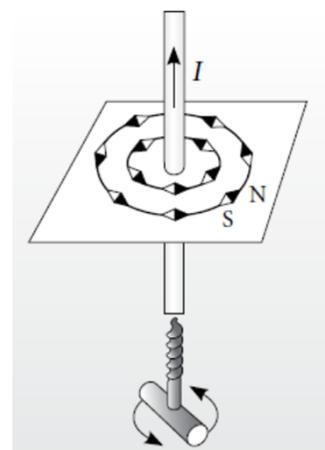
При вращении буравчика (винта) с правой резьбой так, что его поступательное движение происходит в направлении протекания электрического тока, направление вращения рукоятки буравчика показывает направление магнитных линий.

Силовой характеристикой магнитного поля является *индукцией* магнитного поля или просто *магнитной индукцией*.

Магнитная индукция равна отношению максимальной силы, действующей со стороны однородного магнитного поля на участок прямолинейного проводника с током, к произведению силы тока в проводнике на его длину

$$B = \frac{F_{\max}}{I \cdot l}, \quad [B]_{СИ} = \text{Тл.}$$

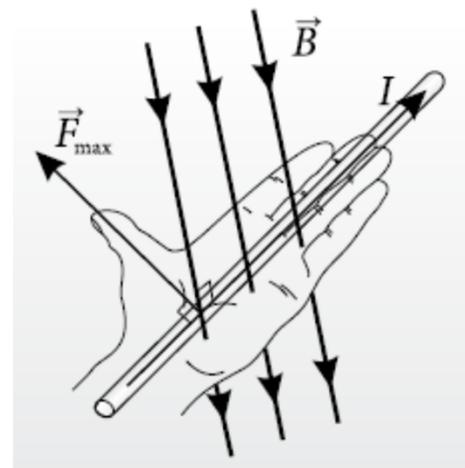
Один тесла (Тл) – это индукция однородного магнитного поля, в котором на каждый метр длины достаточно длинного прямолинейного проводника с током 1 А действует максимальная сила 1 Н.



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Установлено, что электромагнитная сила \vec{F}_{\max} , в свою очередь, перпендикулярна как проводнику, так и вектору \vec{B} . Направление этой силы определяется с помощью *правила левой руки*:

Если раскрытую ладонь левой руки расположить таким образом, чтобы линии магнитной индукции перпендикулярно входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца показывали направление электрического тока, то большой палец, отставленный под прямым углом к остальным, укажет направление электромагнитной силы



Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц (электрических зарядов).

Очевидно, что электромагнитная сила, действующая на проводник с током, является результирующей сил, действующих на заряженные частицы, которые движутся упорядоченно по соответствующему участку проводника.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

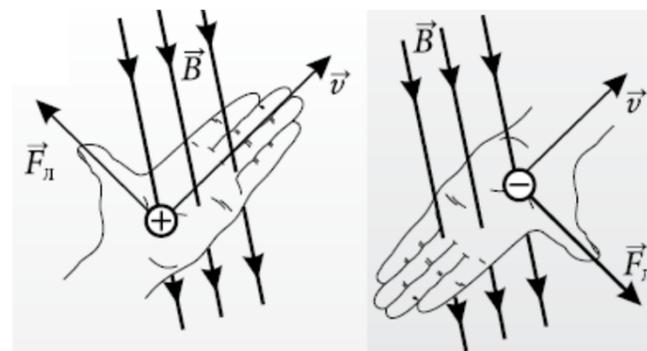
Сила, действующая на частицу со стороны магнитного поля, в котором она движется, называемая силой Лоренца, равна

$$F_{\text{Л}} = \frac{F_{\text{max}}}{N} = qvB \sin \alpha.$$

Электромагнитная сила \vec{F}_{max} перпендикулярна проводнику и вектору \vec{B} , то есть сила Лоренца перпендикулярна обоим векторам: \vec{v} и \vec{B} .

Направление силы можно легко определить, применяя правило левой руки:

располагаем раскрытую ладонь так, чтобы линии магнитной индукции перпендикулярно входили в нее, а четыре вытянутых пальца показывали направление вектора скорости. Тогда большой палец, отставленный под прямым углом к остальным, покажет направление силы Лоренца.



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

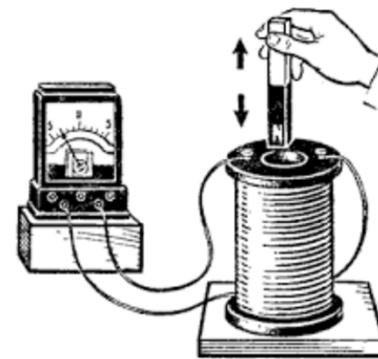
Сила Лоренца все время перпендикулярна скорости заряженной частицы, значит, и направлению ее перемещения. Поэтому механическая работа равна нулю.

В нашем случае работа равна нулю и изменение кинетической энергии равно нулю. *Кинетическая энергия, а следовательно, и модуль скорости движущейся в магнитном поле заряженной частицы, остаются неизменными.*

Открытие Эрстедом в 1820 году существования магнитного поля вокруг проводников с током сделало очевидной связь между электрическими и магнитными явлениями.

Если проводник с током создает вокруг себя магнитное поле, то нельзя ли получить электричество с помощью магнитного поля?

После проведения многочисленных опытов с магнитами и катушками (в течение десяти лет!) в 1831 году Фарадей открыл явление *электромагнитной индукции*.



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

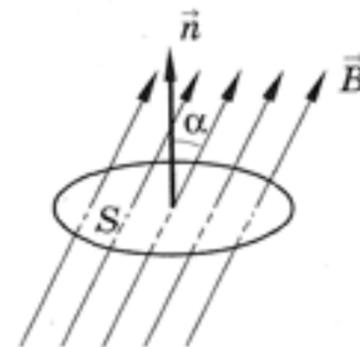
В результате опытов, Фарадей пришел к выводу, что для наличия тока в цепи катушки необходимо изменяющееся магнитное поле.

Для количественной характеристики процесса изменения магнитного поля через замкнутый контур вводится физическая величина — *магнитный поток*.

Магнитным потоком через замкнутый контур площадью S называют физическую величину, равную произведению модуля вектора магнитной индукции \vec{B} на площадь контура S и на косинус угла α между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к площади контура:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha, \quad [\Phi]_{СИ} = 1 \text{ Вб (вебер)}.$$

Возникающий электрический ток в замкнутом контуре был назван *индукционным* или *индуцированным*, а явление генерирования электрического тока с помощью магнитного поля — *электромагнитной индукцией*.



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Существование индукционного тока в замкнутом контуре, как и любого электрического тока, означает, что в этом контуре действует *электродвижущая сила*.

Обобщая результаты опытов, Фарадей установил, что эта электродвижущая сила, сокращенно называемая *ЭДС индукции*, тем больше, чем быстрее изменяется магнитный поток через поверхность, ограниченную замкнутым контуром.

Таким образом основной закон электромагнитной индукции гласит: *электродвижущая сила индукции в замкнутом контуре равна по величине и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром:*

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Знак «—» соответствует правилу Ленца: *индукционный ток всегда имеет такое направление, что индуцированный магнитный поток препятствует любым изменениям магнитного потока, вызвавшего его появление.*

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Важный частный случай явления электромагнитной индукции наблюдается при изменении магнитного потока, происходящего при протекании по контуру изменяющегося электрического тока.

В самом деле, если через витки катушки протекает изменяющийся ток, то он возбуждает внутри нее магнитное поле, поток которого также изменяется.

Это явление было открыто американским физиком Джозефом Генри, оно называется *самоиндукцией*.

Самоиндукция – это явление возникновения ЭДС индукции в контуре при изменении в нем силы тока.

Явление самоиндукции в электрических цепях подобно инерции тел в механике. Точно так же, как скорость тела не может внезапно увеличиться до определенной величины, так и сила тока при замыкании цепи не может мгновенно стать максимальной, а возрастает постепенно.

Движущееся тело не может мгновенно остановиться, то есть не может внезапно уменьшить свою скорость до нуля.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Аналогично при размыкании цепи сила тока не уменьшается скачком до нуля, а убывает в течение некоторого времени.

Инерция тела зависит от его массы: чем больше масса, тем инерция тела сильнее выражена. Другими словами, масса является мерой инерции тела.

Подобным образом, для электрических цепей должна существовать физическая величина, которая является их характеристикой и мерой самоиндукции. Эта величина называется *индуктивностью*.

Физическая величина, равная отношению магнитного потока, пронизывающего контур, к силе тока в нем, называется индуктивностью этого контура:

$$L = \frac{\Phi}{I}, \quad [L]_{СИ} = \text{Гн (генри)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Если через катушку течет изменяющийся ток I , то и магнитный поток изменяется и согласно закону электромагнитной индукции получаем:

$$\varepsilon_a = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Данная электродвижущая сила называется *ЭДС самоиндукции*, а отношение $\Delta I/\Delta t$ – *скоростью изменения силы тока в цепи*. Таким образом:

ЭДС самоиндукции в цепи прямо пропорциональна скорости изменения силы тока в ней; Коэффициентом пропорциональности является индуктивность цепи.

Магнитное поле обладает энергией. Подобно тому, как в заряженном конденсаторе имеется запас электрической энергии, в катушке, по виткам которой протекает ток, имеется запас магнитной энергии.

Энергия магнитного поля катушки с индуктивностью L , создаваемого током I , равна

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

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.9.* Проводник длиной 0,2 м с током силой 15 А находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,6 Тл, угол между проводником и линиями магнитной индукции равен 90° . Найти работу, совершаемую магнитным полем при перемещении проводника на расстояние 0,4 м в направлении силы, действующей на проводник с током со стороны магнитного поля. (Отв.: 0,72 Дж).

Дано:

$$l = 0,2 \text{ м}$$

$$I = 15 \text{ А}$$

$$B = 0,6 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$d = 0,4 \text{ м}$$

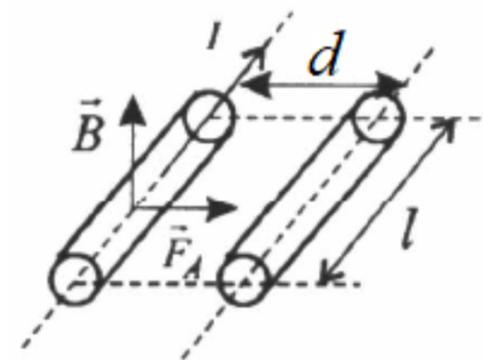
 $L = ?$

Решение:

$$L = F_A \cdot d$$

$$F_A = IBl \sin \alpha$$

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$$



$$L = I \cdot B \cdot l \cdot d,$$

$$L = 15 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,72 \text{ (Дж)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.11.* Горизонтальный проводник длиной 0,2 м и массой $m = 3$ г находится в горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,06$ Тл перпендикулярно к линиям магнитной индукции. При какой силе тока в проводнике он будет висеть, не падая? Считать ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². (Отв.: 2,5 А).

Дано:

$$l = 0,2 \text{ м}$$

$$m = 3 \text{ г}$$

$$B = 0,06 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

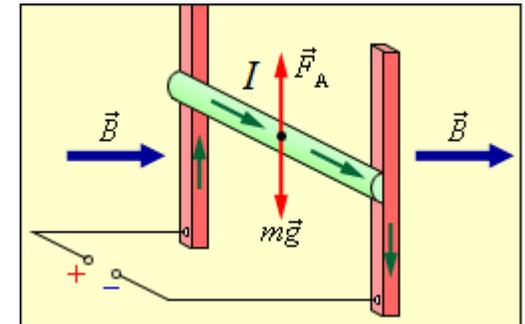
 $I = ?$

Решение:

$$\left. \begin{array}{l} mg = F_A \\ \alpha = 90^\circ \\ \sin \alpha = 1 \end{array} \right\} F_A = IBl \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} mg = F_A \\ \alpha = 90^\circ \\ \sin \alpha = 1 \end{array}} \right\} mg = IBl \Rightarrow$$

$$I = \frac{mg}{B \cdot l},$$

$$I = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,06 \cdot 0,2} = 2,5 \text{ (А)}.$$



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.14.* В горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 10$ мТл подвешен за концы на двух легких нитях горизонтальный проводник длиной $l = 10$ см, перпендикулярный магнитному полю. При пропускании тока по проводнику натяжение каждой нити изменилось на $\Delta T = 10$ мН. Найти силу тока I через проводник. (Отв.: 20 А).

Дано:

$$B = 10 \text{ мТл}$$

$$l = 10 \text{ см}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\Delta T = 10 \text{ мН}$$

$$I - ?$$

Решение:

$$a \rightarrow mg = 2T_1$$

$$b \rightarrow mg + F_A = 2T_2$$

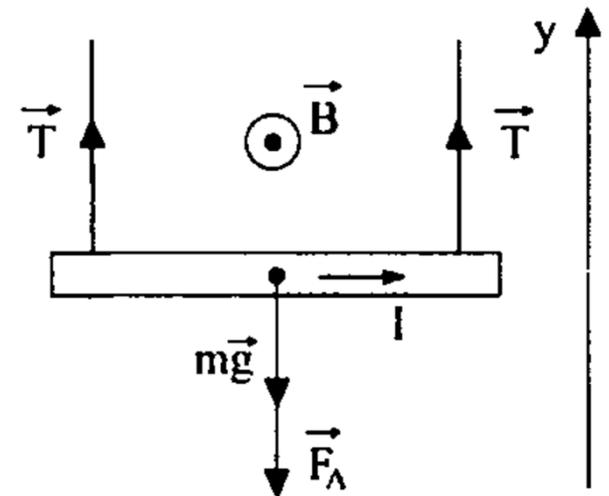
$$2(T_2 - T_1) = mg + F_A - mg \Rightarrow$$

$$2 \cdot \Delta T = F_A$$

$$F_A = IBl$$

$$2 \cdot \Delta T = IBl \Rightarrow I = \frac{2 \cdot \Delta T}{B \cdot l},$$

$$I = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-2}} = 20 \text{ (А)}.$$



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.19.* Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого равна 0,455 Тл, перпендикулярно линиям индукции со скоростью 7200 км/с. Определите радиус дуги окружности, по которой движется электрон в магнитном поле. Масса электрона $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, его заряд $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. (Отв.: 0,09 мм).

Решение:

Дано:
 $B = 0,455$ Тл

$\alpha = 90^\circ$

$v = 7200 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

$m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$$F_L = ma_n$$

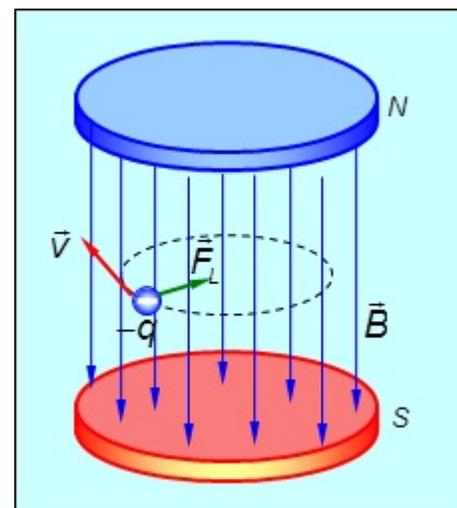
$$F_L = e \cdot v \cdot B$$

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$e \cdot v \cdot B = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow$$

$$R = \frac{m \cdot v}{e \cdot B},$$

$$R = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 7200 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,455} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}.$$



R – ?

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.26.* Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 50 см^2 при индукции поля $0,4 \text{ Тл}$, если эта поверхность расположена под углом 60° к вектору магнитной индукции? Принять $\cos 30^\circ = 0,86$. (**Отв.:** $1,72 \text{ мВб}$).

Дано:

$$S = 50 \text{ см}^2$$

$$B = 0,4 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

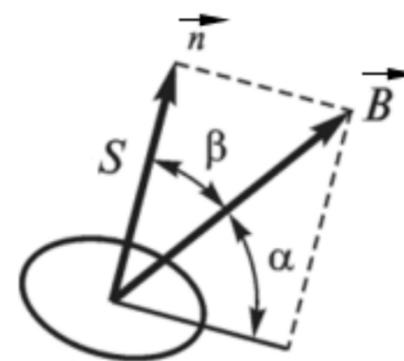
$\Phi = ?$

Решение:

$$\Phi = BS \cos \beta$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

$$\Phi = 0,4 \cdot 50 \cdot 10^{-4} \cdot \cos 30^\circ = 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ (Вб)}.$$



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.37.* Какой магнитный поток пронизывал каждый виток катушки, имеющей 1000 витков, если при равномерном уменьшении магнитного поля за время $\Delta t = 0,1$ с в катушке индуцируется ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В? (Отв.: 1 мВб).

Дано:

$$N = 1000 \text{ витков}$$

$$\Delta t = 0,1 \text{ с}$$

$$\mathcal{E} = 10 \text{ В}$$

 $\Phi - ?$

Решение:

$$N = 1 \rightarrow \varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t}$$

$$\Phi_2 = 0 \Rightarrow \varepsilon_i = \frac{\Phi_1}{\Delta t};$$

$$N = 1000 \rightarrow \varepsilon_i = \frac{N\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \Phi = \frac{\varepsilon_i \cdot \Delta t}{N},$$

$$\Phi = \frac{10 \cdot 0,1}{1000} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ (Вб)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.40.* Скорость изменения магнитного потока в соленоиде содержащем 2000 витков равна 60 мВб/с. Вычислить ЭДС индукции в соленоиде. (Отв.: 120 В).

Дано:

$$N = 2000 \text{ витков}$$

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 60 \frac{\text{мВб}}{\text{с}}$$

$$\varepsilon_i = ?$$

Решение:

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

$$\varepsilon_i = 2000 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 120 \text{ (В)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.42.* Сколько витков провода должна содержать обмотка на стальном сердечнике с поперечным сечением 50 см^2 , чтобы в ней при изменении индукции от $0,1$ до $1,1$ Тл в течение 5 мс возбуждалась ЭДС индукции 100 В? (**Отв.:** 100).

Дано:

$$S = 50 \text{ см}^2$$

$$B_1 = 0,1 \text{ Тл}$$

$$B_2 = 1,1 \text{ Тл}$$

$$\Delta t = 5 \text{ мс}$$

$$\varepsilon_i = 100 \text{ В}$$

$N - ?$

Решение:

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

$$\Phi_2 = B_2 \cdot S, \quad \Phi_1 = B_1 \cdot S,$$

$$\varepsilon_i = \frac{N(B_2 S - B_1 S)}{\Delta t} \Rightarrow N = \frac{\varepsilon_i \cdot \Delta t}{(B_2 - B_1) S},$$

$$N = \frac{100 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{(1,1 - 0,1) \cdot 50 \cdot 10^{-4}} = 100 \text{ (витков)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.51.* Определить ЭДС индукции на концах проводника длиной 0,2 м, пересекающем магнитное поле с индукцией 0,1 Тл под углом 30° со скоростью 0,5 м/с. (Отв.: 5 мВ).

Дано:

$$l = 0,2 \text{ м}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\varepsilon_i - ?$$

Решение:

$$\varepsilon_i = v \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$$

$$\varepsilon_i = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot \sin 30^\circ = 0,005 \text{ (В)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.56.* Виток, первоначально расположенный перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B_1 = 0,03$ Тл, убирается из него. При этом по витку прошел заряд $q_1 = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл. Какой заряд пройдет по этому витку, если его внести в магнитное поле с индукцией $B_2 = 0,045$ Тл также как в первом случае? (**Отв.:** 3 мкКл).

Дано:

$$B_1 = 0,03 \text{ Тл}$$

$$q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$B_2 = 0,045 \text{ Тл}$$

$$q_2 = ?$$

Решение:

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

$$\Phi_2 = 0, \quad \Phi_1 = B_1 S$$

$$\varepsilon_i = I_1 R,$$

$$I_1 = \frac{q_1}{\Delta t},$$

$$\varepsilon_i = \frac{q_1 R}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_i = \frac{\Phi_1}{\Delta t} = \frac{B_1 S}{\Delta t}$$



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

$$\frac{B_1 S}{\Delta t} = \frac{q_1 R}{\Delta t} \Rightarrow q_1 = \frac{B_1 S}{R};$$

Аналогично

$$q_2 = \frac{B_2 S}{R};$$
$$q_2 = B_2 \frac{q_1}{B_1};$$

$$q_2 = \frac{0,045 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,03} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ (Кл)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.85. За какое время в обмотке электромагнита с индуктивностью 0,4 Гн возбуждается ЭДС самоиндукции в 100 В при равномерном изменении силы тока на 5 А? (Отв.: 0,02 с).

Дано:

$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

$$\varepsilon_a = 100 \text{ В}$$

$$\Delta I = 5 \text{ А}$$

$$\Delta t = ?$$

Решение:

$$\varepsilon_a = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{L \cdot \Delta I}{\varepsilon_a},$$

$$\Delta t = \frac{0,4 \cdot 5}{100} = 0,02 \text{ (с)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.89.* При скорости изменения силы тока равной 5 А/с в катушке возбуждается ЭДС самоиндукции 25 В. Какой величины ЭДС самоиндукции возбуждается в этой же катушке при скорости изменения силы тока в ней равной 8 А/с? (**Отв.:** 40 В).

Дано:

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$\varepsilon_{a1} = 25 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta t_2} = 8 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$\varepsilon_{a2} \text{ — ?}$$

Решение:

$$\varepsilon_{a1} = -L \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1}$$

$$\varepsilon_{a2} = -L \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2}$$

$$\frac{\varepsilon_{a2}}{\varepsilon_{a1}} = \frac{-L \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2}}{-L \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1}} \Rightarrow$$

$$\varepsilon_{a2} = \varepsilon_{a1} \frac{\frac{\Delta I_2}{\Delta t_2}}{\frac{\Delta I_1}{\Delta t_1}}, \quad \varepsilon_{a2} = 25 \frac{8}{5} = 40 \text{ (В)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.93.* Поток магнитной индукции через площадь поперечного сечения катушки, имеющей $N = 1000$ витков, изменился на $\Delta\Phi = 0,002$ Вб в результате изменения силы тока в катушке с $I_1 = 4$ А до $I_2 = 20$ А. Определить индуктивность катушки. (Отв.: 0,125 Гн).

Решение:

Дано:
 $N = 1000$ ВИТКОВ
 $\Delta\Phi = 0,002$ Вб
 $I_1 = 4$ А
 $I_2 = 20$ А

 $L - ?$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_i &= -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \varepsilon_a &= -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \varepsilon_i = \varepsilon_a \Rightarrow -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$$
$$L \cdot \Delta I = N \cdot \Delta\Phi \Rightarrow L = \frac{N \cdot \Delta\Phi}{\Delta I} = \frac{N \cdot \Delta\Phi}{I_2 - I_1},$$

$$L = \frac{1000 \cdot 0,002}{20 - 4} = 0,125 \text{ (Гн)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

10.94.* Через катушку с железным сердечником сечением 20 см^2 , содержащей 1000 витков, проходит ток $0,1 \text{ А}$. Индукция поля катушки равна 1 мТл . Вычислить индуктивность катушки. (Отв.: $0,02 \text{ Гн}$).

Дано:

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$N = 1000 \text{ ВИТКОВ}$$

$$I = 0,1 \text{ А}$$

$$B = 1 \text{ мТл}$$

$$\frac{\text{-----}}{L - ?}$$

Решение:

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

$$\Phi_1 = 0, \quad \Phi_2 = BS$$

$$\varepsilon_i = -N \frac{BS}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_a = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t}$$

$$I_1 = 0, \quad I_2 = I$$

$$\varepsilon_a = -L \frac{I}{\Delta t}$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

$$-\frac{NBS}{\Delta t} = -L \frac{I}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$L = \frac{NBS}{I},$$

$$L = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 0,02 \text{ (Гн)}.$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ