

Лекция № 13

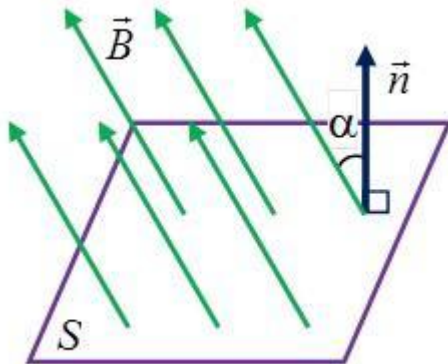
Явление электромагнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток)

Преподаватель
Лицея №1502 при МЭИ(ТУ)
Соросовский учитель
Абражевич Эдуард Борисович



Магнитный поток

Поток вектора \vec{B} через площадку S , находящуюся в однородном магнитном поле $\Phi = BS \cos \alpha$, где α – угол между вектором \vec{B} и вектором нормали \vec{n} к площадке. $[\Phi] = \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \text{Вб}$



Магнитный поток пропорционален числу магнитных линий, пронизывающих площадку S



Если в магнитном поле находится замкнутый проводник, то при любом изменении магнитного потока через площадь, ограниченную контуром проводника, в нем возникает ЭДС индукции \mathcal{E}_u и индукционный ток I_u . \mathcal{E}_u определяется законом Фарадея-Максвелла (законом электромагнитной индукции):

$$\mathcal{E}_u = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \left(\mathcal{E}_u = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right) \quad I_u = \frac{\mathcal{E}_u}{R}$$

R – сопротивление контура,

$\frac{d\Phi}{dt}$, $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right)$ – скорость изменения магнитного потока

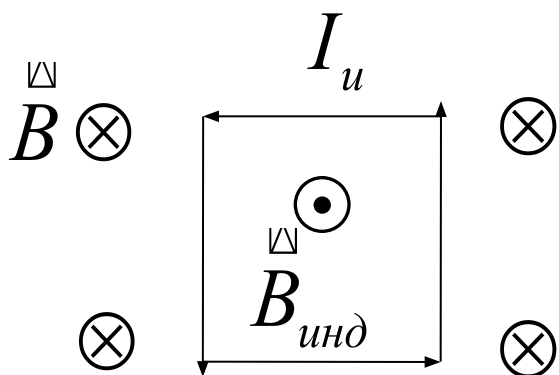
Знак «-» диктуется **правилом Ленца**

Магнитный поток ($\Phi = BS \cos \alpha$) будет изменяться, если:

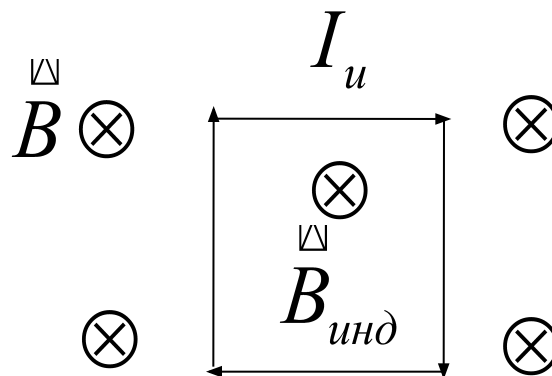
- 1) Изменить B
- 2) Изменить S
- 3) Изменить α



Пример 1. Определить направление индукционного тока в проводящем контуре, находящемся в магнитном поле, индукция которого является функцией времени $B=B(t)$



B - увеличивается

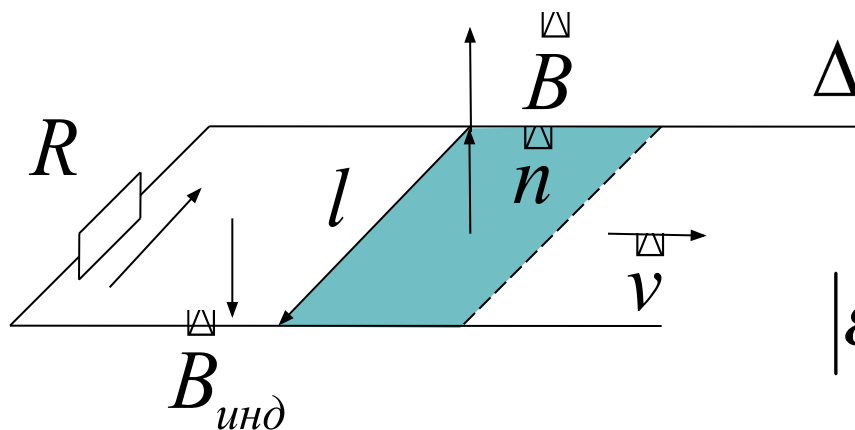


B - уменьшается

$B_{инд}$ - индукция магнитного поля индукционного тока



Пример 2. В однородном магнитном поле с индукцией B по горизонтальным проводящим шинам, замкнутым на сопротивление R , движется с постоянной скоростью v проводник длиной l . Определить ЭДС индукции, величину и направление индукционного тока.

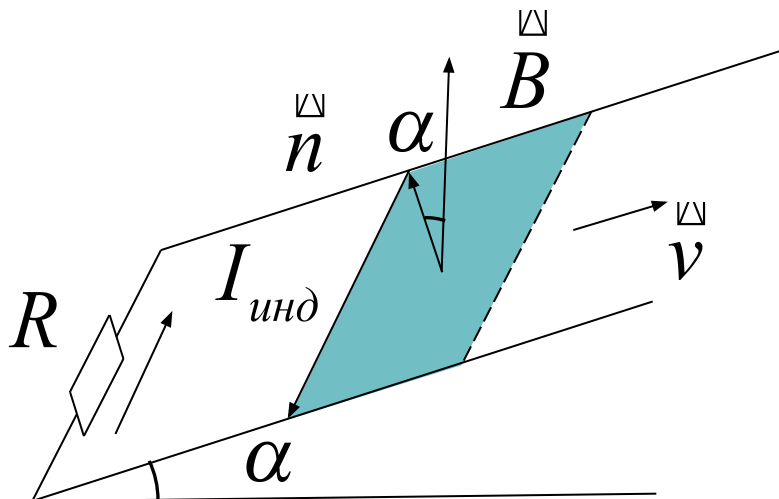


$$\Delta\Phi = B \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha = Blv\Delta t,$$

$$\alpha = 0, \cos \alpha = 1$$

$$|\varepsilon_u| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Blv,$$

$$I_u = \frac{\varepsilon_u}{R} = \frac{Blv}{R}$$



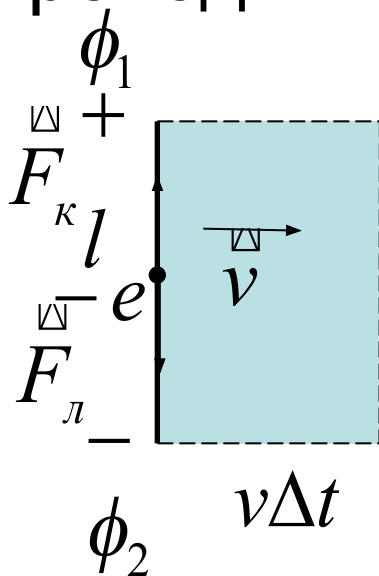
$$\Delta\Phi = Blv\Delta t \cos\alpha,$$

$$|\varepsilon_u| = Blv \cos\alpha,$$

$$I_u = \frac{Blv \cos\alpha}{R}$$



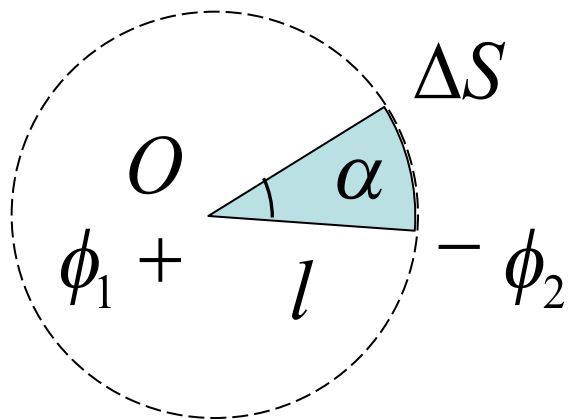
Пример 3. В однородном магнитном поле с индукцией B движется проводник длиной l с постоянной скоростью v . Определить разность потенциалов между концами проводника.



$$F_k = F_l, F_k = eE = e \frac{\phi_1 - \phi_2}{l}, F_l = evB$$
$$e \frac{\phi_1 - \phi_2}{l} = evB \Rightarrow \phi_1 - \phi_2 = lvB$$



Пример 4. Проводник длиной l вращается в однородном магнитном поле с индукцией B относительно оси, проходящей через точку O , с постоянной угловой скоростью ω .
Определить разность потенциалов между концами проводника.



$$\Delta S = \frac{1}{2} l \cdot l \cdot \alpha = \frac{1}{2} l^2 \omega \Delta t, \quad \alpha = \omega \Delta t$$

$$\Delta \Phi = B \Delta S = \frac{1}{2} B l^2 \omega \Delta t \Rightarrow \phi_1 - \phi_2 = |E_u| = \frac{1}{2} B l^2 \omega$$



Пример 5. Проволочный виток площадью S

находится в однородном магнитном поле с индукцией B . Линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости витка. Сопротивление витка R . Какой заряд протечет по витку, если индукция магнитного поля будет убывать от B до 0 равномерно.

$$\varepsilon_u = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \quad \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \text{const}; \quad I_u = -\frac{1}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \quad I_u = \text{const};$$

$$q = I_u \Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R} = \frac{BS}{R}; \quad \Phi_1 = BS; \quad \Phi_2 = 0$$

Т.к. q определяется только начальным и конечным значениями магнитного потока Φ , то $q = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R}$

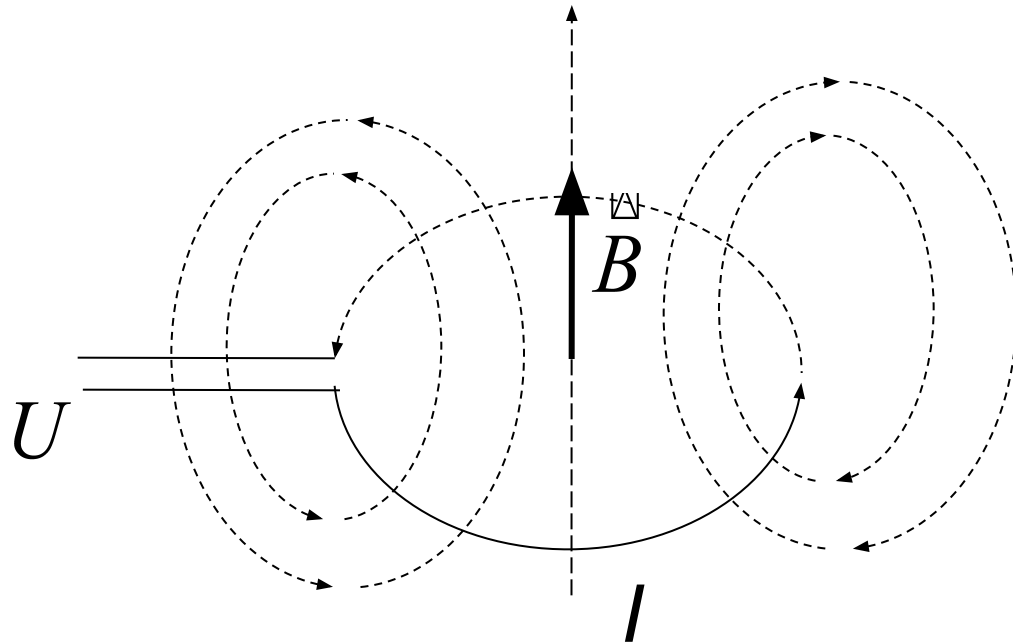
справедливо и в случае нелинейного изменения магнитного потока

$$\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \neq \text{const} \right)$$



Явление самоиндукции

ИНДУКТИВНОСТЬ



$$B \sim I; \Phi \sim B;$$

$$\Phi \sim I$$

$\Phi = LI$, Φ -собственный
МАГНИТНЫЙ ПОТОК
L- индуктивность
контура

$$L = \frac{\Phi}{I}, \quad [L] = \frac{Вб}{А},$$



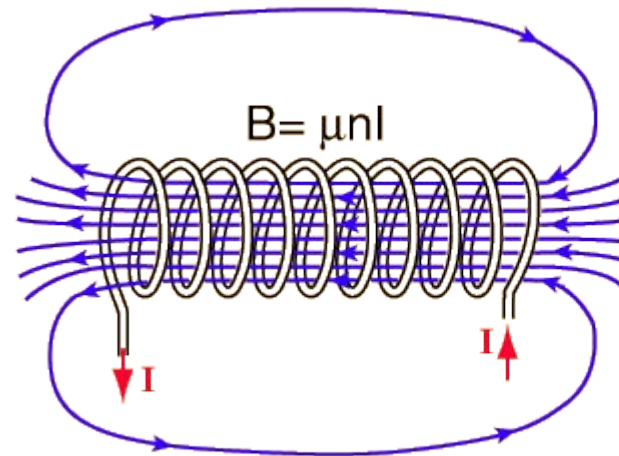
Пример 6. Определим индуктивность длинного соленоида (цилиндрической катушки).

l -длина соленоида

N -число витков

I -сила тока в соленоиде

$l \gg r$, r - радиус соленоида



$$B = \mu_0 I \frac{N}{l}; \quad \Phi_1 = BS - \text{магнитный поток через 1 виток}$$

$$S = \pi r^2;$$

$$\Phi = NBS = N\mu_0 I \frac{N}{l} S = \frac{\mu_0 I N^2 S l}{l^2} = \mu_0 I n^2 S l;$$

$$n = \frac{N}{l} - \text{плотность намотки соленоида}$$

$$L = \mu_0 n^2 S l - \text{индуктивность соленоида, зависит от параметров соленоида (n,S,l)}$$



Самоиндукция. ЭДС самоиндукции

Явление возникновения ЭДС индукции в контуре вследствие изменения силы тока в этом контуре называется самоиндукцией.

ε_{cu} - ЭДС самоиндукции; I_{cu} - сила тока самоиндукции

$$\varepsilon_{cu} = -\Phi'(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(LI)}{dt} = -L\frac{dI}{dt} - I\frac{dL}{dt}$$

Если геометрия контура не меняется, то

$$I \frac{dL}{dt} = 0 \quad \text{и} \quad \varepsilon_{cu} = -L \frac{dI}{dt}$$

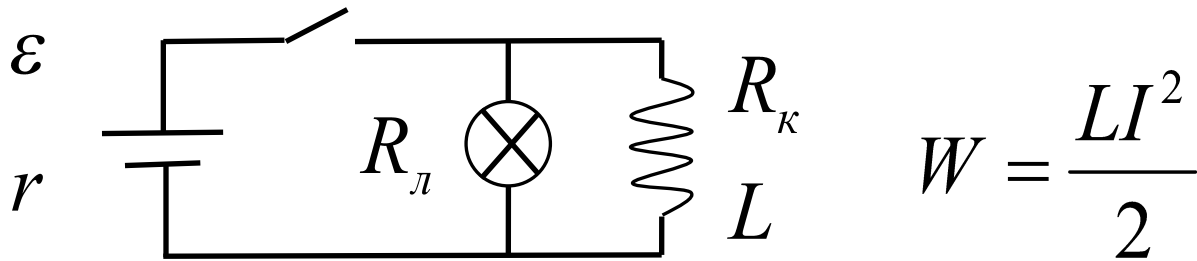
Отметим, что если ток в контуре $I = const$,

а геометрия контура меняется (например площадь контура S), то в контуре также

возникает
$$\varepsilon_{cu} = -I \frac{dL}{dt}$$



Энергия магнитного поля



В случае длинной катушки (соленоида), индуктивность которой $L = \mu_0 n^2 Sl$

$$W = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 Sl I^2 = \frac{B^2 Sl}{2\mu_0} \quad (B = \mu_0 n I)$$

$$V = Sl; \quad w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0} \text{ -плотность энергии магнитного поля}$$



РусГидро
Чистая энергия

Задача 1. Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения длиной $l=0,5\text{м}$, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле с индукцией $B=0,1\text{Тл}$. Угол наклона плоскости $\alpha=30^\circ$. При движении брусок сохраняет горизонтальное положение. Найти величину ЭДС индукции в момент, когда брусок пройдет по наклонной плоскости расстояние $L=1,6\text{м}$.



Дано:

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$l = 0,5 \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$L = 1,6 \text{ м}$$

Найти:

$$\varepsilon_u$$

Решение:

$$\varepsilon_u = l v B \cos \alpha$$

$$a = g \sin \alpha$$

$$L = \frac{a \tau^2}{2}$$

$$v = a \tau$$

$$v = \sqrt{2aL} = \sqrt{2gL \sin \alpha}$$

$$\varepsilon_u = l B \cos \alpha \sqrt{2gL \sin \alpha} = 0,17 B$$

Ответ: 0,17В



Задача 2. Проволочное кольцо радиусом $r=0,1\text{ м}$ лежит на столе. Какой заряд пробежит по кольцу, если его перевернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца $R=0,1\text{ Ом}$. Вертикальная составляющая магнитной индукции поля Земли $0,5 \cdot 10^{-4}\text{ Тл}$.

Дано:

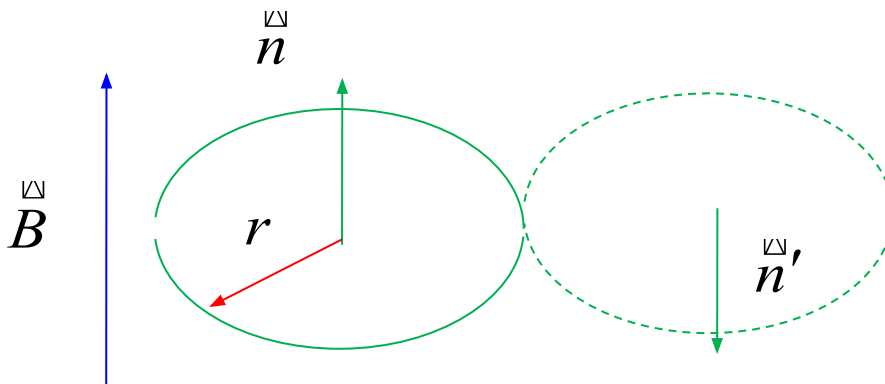
$$r = 0,1 \text{ м}$$

$$R = 1 \text{ Ом}$$

$$B = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

Найти:

q



$$\Phi_1 = BS = B \cdot \pi r^2$$

$$\Phi_2 = BS \cos 180^\circ = -B \cdot \pi r^2$$

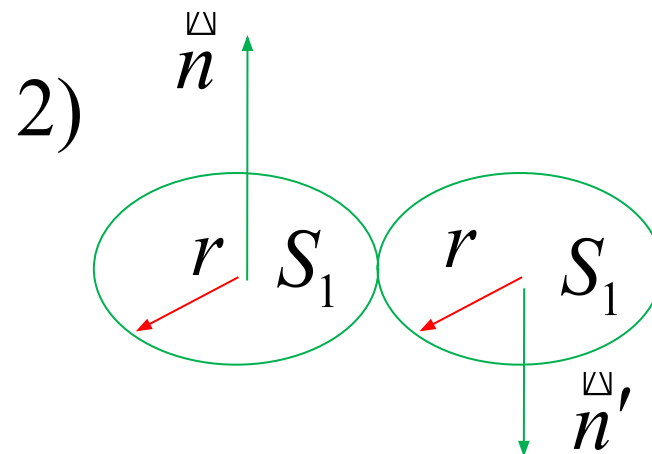
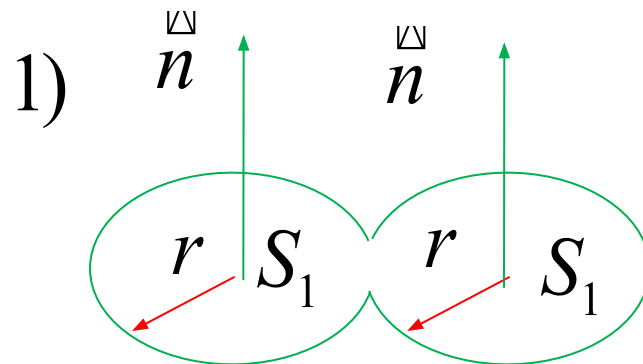
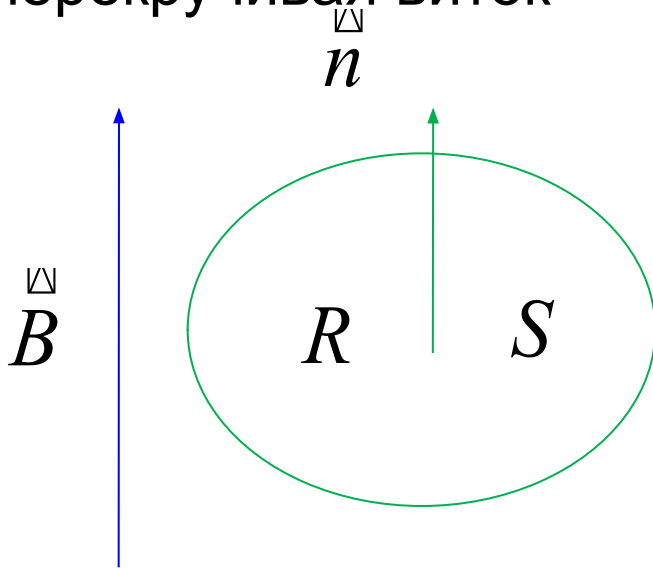
$$q = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R} = \frac{2B\pi r^2}{R} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14 \cdot 0,01}{1} = 3,14 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

Ответ: $3,14 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$



Задача 3. При включении однородного магнитного поля, линии магнитной индукции которого перпендикулярны плоскости кругового витка, по витку прошул заряд $1 \cdot 10^{-7}$ Кл. Какой заряд пройдет по витку, если виток в том же магнитном поле превратить в «восьмерку», состоящую из двух одинаковых окружностей:

- 1) деформируя виток
- 2) перекручивая виток





Дано:

$$q = 1 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

Найти:

1) q_1

2) q_2

$$\Phi_1 = 0 \quad (B = 0)$$
$$\Phi_2 = BS \quad q = \frac{BS}{R_0}$$

1) $\Phi_1 = BS; \Phi_2 = B \cdot 2S_1;$

S_1 - площадь половины «восьмерки»; R - радиус витка;

r - радиус одного из колец «восьмерки»

$$2\pi R = 2 \cdot 2\pi r \Rightarrow r = \frac{R}{2}; \quad S = \pi R^2; \quad S_1 = \pi r^2 = \frac{\pi R^2}{4}; \quad S_1 = \frac{S}{4};$$

$$\Phi_2 = B \cdot 2S_1 = \frac{BS}{2} = \frac{\Phi_1}{2};$$

$$q_1 = \frac{(\Phi_1 - \Phi_2)}{R_0} = \frac{\Phi_1}{R_0} = \frac{BS}{2R_0} = \frac{q}{2} = 0,5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$



РусГидро
Чистая энергия

$$2) \Phi_1 = BS;$$

$$\Phi_2 = BS_1 \cos 0^0 + BS_1 \cos 180^0 = BS_1 - BS_1 = 0;$$

$$q_2 = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R_0} = \frac{BS}{R_0} = q = 1 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

Ответ: $0,5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}; \quad 1 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$



Задача 4. В однородном магнитном поле расположена квадратная проволочная рамка со стороной $a=0,2\text{м}$ и сопротивлением $R=0,3\text{Ом}$. Определить силы, действующие на каждую сторону рамки в момент времени $\tau=2\text{с}$, если линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости рамки, а магнитная индукция изменяется по закону $B=B_0+At$, где $B_0=1\cdot 10^{-2}\text{Тл}$, $A=1\cdot 10^{-2}\text{Тл/с}$.

Дано:

$$a=0,2\text{м}$$

$$R=0,3\text{Ом}$$

$$\tau=2\text{с}$$

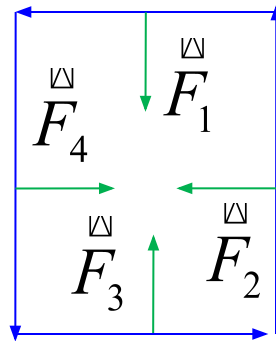
$$B=B_0+At$$

$$B_0=1\cdot 10^{-2}\text{Тл}$$

$$A=1\cdot 10^{-2}\text{Тл/с}$$

Найти:

$$F_1, F_1, F_1, F_1$$



$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F$$

$$\Phi = BS = (B_0 + At)a^2$$

$$I_u \quad |\varepsilon_u| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt}(B_0 + At)a^2 = Aa^2$$

$$I_u = \frac{\varepsilon_u}{R} = \frac{Aa^2}{R} \quad B(\tau) = B_0 + a\tau$$

$$F = I_u B(\tau)a = \frac{Aa^3}{R}(B_0 + A\tau) =$$

$$= \frac{10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{0,3} (10^{-2} + 2 \cdot 10^{-2}) = 8 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

Ответ: $8 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$



Задача 5. В горизонтальной плоскости расположены параллельные проводящие шины, на которых находятся две перемычки массами m и M . Система находится в однородном магнитном поле, магнитные линии которого вертикальны. Перемычке массой M сообщают скорость v_0 , направленную вдоль шин. Сколько теплоты выделится в системе? Перемычки скользят по шинам без трения.

Дано:

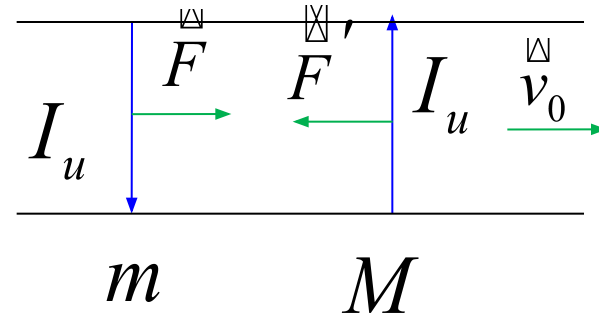
$$M = 0,2 \text{ кг}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 3 \text{ м/с}$$

Найти:

Q



$$Mv_0 = Mv + mv; v = \frac{Mv_0}{M + m} = \frac{0,2 \cdot 3}{0,3} = 2 \text{ м/с}$$

$$Q = |\Delta W| = \frac{Mv_0^2}{2} - \frac{(M + m)v^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 9}{2} - \frac{0,3 \cdot 4}{2} = 0,3 \text{ Дж}$$

Ответ: 0,3 Дж



Задача 6. Проводящая перемычка длиной $l=0,1\text{ м}$ может без трения скользить по проводящим параллельным шинам, расположенным в горизонтальной плоскости. Шины замкнуты резистором сопротивлением $R=5\text{ Ом}$. Система находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,1\text{ Тл}$, магнитные линии которого вертикальны. Какую силу нужно приложить к перемычке, чтобы перемещать ее вдоль шин со скоростью $v=10\text{ м/с}$?. Сопротивлением шин и перемычки пренебречь.

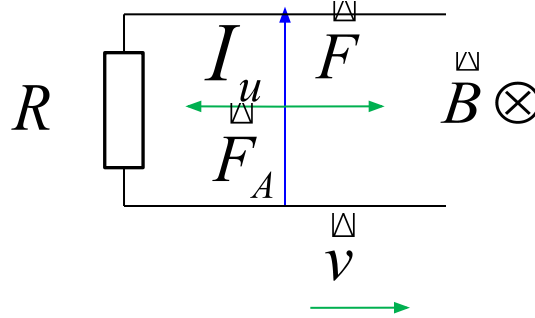
Дано:

$$l=0,1\text{ м}$$

$$R=5\text{ Ом}$$

$$v=10\text{ м/с}$$

$$B=0,1\text{ Тл}$$



$$|\varepsilon_u| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Blv,$$

$$I_u = \frac{\varepsilon_u}{R} = \frac{Blv}{R},$$

Найти:

F

$$F = F_A = I_u l B = \frac{l^2 B^2 v}{R} = \frac{0,01 \cdot 0,01 \cdot 10}{5} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

Ответ: $2 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$



Задача 7. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,05$ Тл по вертикальным параллельным проводящим шинам, замкнутым резистором сопротивлением $R=10\text{ Ом}$, может без трения скользить проводник длиной $l=50\text{ см}$ и массой $m=1\text{ г}$. Линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости шин. Пренебрегая сопротивлением шин и проводника, определить установившуюся скорость проводника.

Дано:

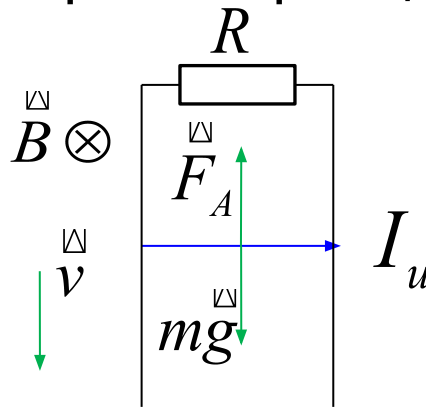
$$l=0,1\text{ м}$$

$$R=10\text{ Ом}$$

$$v=10\text{ м/с}$$

$$B=0,1\text{ Тл}$$

Найти:



$$F_A = I_u l B = \frac{l^2 B^2 v}{R}; \quad a = \frac{mg - F_A}{m} \neq const$$

$$t = 0, v_0 = 0$$

$$|\varepsilon_u| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Blv,$$

$$I_u = \frac{\varepsilon_u}{R} = \frac{Blv}{R},$$

когда $F_a = mg \Rightarrow v = v_{уст} \Rightarrow \frac{l^2 B^2 v_{уст}}{R} = mg \Rightarrow v_{уст} = \frac{Rmg}{l^2 B^2}$

$$v_{уст} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,25 \cdot 25 \cdot 10^{-4}} = 16 \text{ м/с}$$

Ответ: 16м/с



Задача 8. В однородном магнитном поле с индукцией по вертикальным параллельным проводящим шинам, замкнутым на конденсатор емкости C , может без трения и нарушения контакта скользить стержень длиной l и массой m . Линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости шин. Пренебрегая сопротивлением шин и стержня, определить ускорение стержня.

Дано:

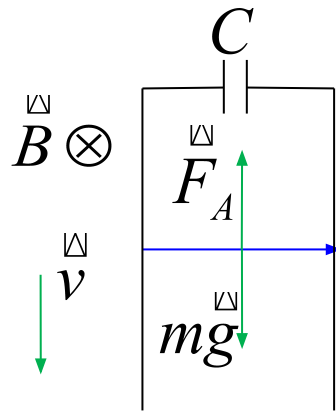
C

l

m

Найти:

a



$$|\varepsilon_u| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Blv, U_c = |\varepsilon_u| = \frac{q}{C}$$

$$q = CBlv; \quad I = \frac{dq}{dt} = ClB \frac{dv}{dt} = ClBa$$

$$F_A = IlB = Cl^2 B^2 a; \quad mg - F_A = ma$$

$$mg - Cl^2 B^2 a = ma$$

$$a = \frac{mg}{m + Cl^2 B^2}$$

Ответ: $\frac{mg}{m + Cl^2 B^2}$



Задача 9. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,6\text{Тл}$ по вертикальным проводникам, замкнутым на источник ЭДС $\mathcal{E}=1\text{В}$, скользит без нарушения контакта и без трения невесомая перемычка длиной $l=10\text{см}$. Линии магнитной индукции поля перпендикулярны плоскости проводников. Определить модуль и направление силы, которую необходимо приложить к перемычке, чтобы она двигалась 1)вниз со скоростью $v=10\text{м/с}$; 2)вверх со скоростью $v=10\text{м/с}$. Сопротивление перемычки $R=5\text{Ом}$, сопротивлением проводников и внутренним сопротивлением источника ЭДС пренебречь.

Дано:

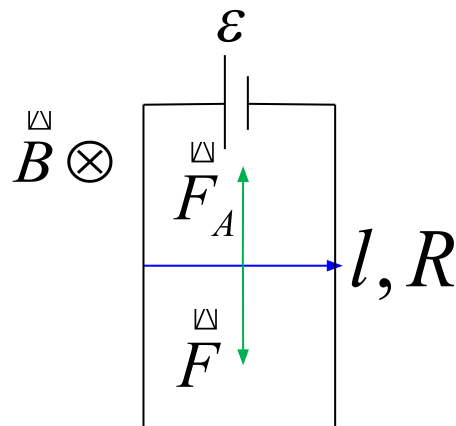
$$B=0,6\text{Тл}$$

$$\mathcal{E}=1\text{В}$$

$$l=10\text{см}$$

$$B=0,1\text{Тл}$$

$$v=10\text{м/с}$$



$$1) v \downarrow; I_1 = \frac{\mathcal{E} + lvB}{R} = 0,32\text{А}$$

$$2) v \uparrow; I_2 = \frac{\mathcal{E} - lvB}{R} = 0,08\text{А}$$

Найти:

F



РусГидро
Чистая энергия

$$v = const; \quad F = F_A$$

$$1) F_1 = I_1 l B = \frac{(\varepsilon + l v B) l B}{R} = 1,92 \cdot 10^{-2} H$$

$$2) F_2 = I_2 l B = \frac{(\varepsilon - l v B) l B}{R} = 0,48 \cdot 10^{-2} H$$

Ответ: $1,92 \cdot 10^{-2} H$; $0,48 \cdot 10^{-2} H$



Задача 10. Определить частоту вращения плоской прямоугольной рамки в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,5\text{Тл}$, если амплитуда ЭДС индукции в рамке $\mathcal{E}_0=10\text{В}$. Площадь рамки $S=200\text{ см}^2$, число витков $N=20$. Линии магнитной индукции перпендикулярны оси вращения рамки.

Дано:

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$\mathcal{E}_0 = 10\text{В}$$

$$S=200 \text{ см}^2$$

$$N=20$$

Найти:

ν

Решение:

$$\phi = \omega t$$

$$\Phi = NBS \cos(\omega t)$$

$$\mathcal{E}_u = -\frac{d\Phi}{dt} = NBS\omega \sin(\omega t)$$

$$\mathcal{E}_0 = NBS\omega \Rightarrow \omega = \frac{\mathcal{E}_0}{NBS}$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\mathcal{E}_0}{2\pi NBS} = 8\text{с}^{-1}$$



Задача 11. При равномерном изменении силы тока через катушку в ней возникает ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}=10\text{В}$. Катушка содержит $N=1000$ витков. Какой заряд q протечет за время $\tau=0,5\text{с}$ через замкнутый проволочный виток, надетый на катушку так, что его плоскость перпендикулярна оси катушки? Сопротивление витка $R=0,2\text{ Ом}$.

Дано:

$$\mathcal{E} = 10\text{В}$$

$$N=1000$$

$$\tau=0,5\text{с}$$

$$R=0,2\text{ Ом}$$

Найти:

q

Решение:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{N\Delta\Phi_0}{\Delta t}$$

$\Delta\Phi_0$ -модуль изменения магнитного потока через 1 виток катушки

$$\mathcal{E}_0 = \frac{\Delta\Phi_0}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}}{N}; \quad I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{R} = \frac{\mathcal{E}}{NR};$$

$$q = I_0\tau = \frac{\mathcal{E}\tau}{NR} = \frac{10 \cdot 0,5}{10^3 \cdot 0,2} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Кл}$$

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Кл}$



Задача 12. В катушке сила тока равномерно увеличивается со скоростью $\frac{dI}{dt} = 2 \frac{A}{c}$. При этом в ней возникает ЭДС самоиндукции $\mathcal{E} = 20V$. Определить энергию магнитного поля катушки при силе тока в ней $I = 5A$.

Дано:

$$\mathcal{E} = 20V$$

$$I = 5A$$

$$\frac{dI}{dt} = 2 \frac{A}{c}$$

Найти:

W

Решение:

$$\mathcal{E} = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow L = \frac{\mathcal{E}}{dI/dt}$$

$$W = \frac{LI^2}{2} = \frac{\mathcal{E}I^2}{2 dI/dt} = \frac{20 \cdot 25}{2 \cdot 2} = 125 \text{ Дж}$$

Ответ: 125 Дж

Задача 13. Аккумулятор с ЭДС $E=15\text{В}$ замыкают на катушку с индуктивностью $L=0,5\text{Гн}$. Определить время, необходимое для увеличения энергии магнитного поля катушки до $W=2,25\text{Дж}$, пренебрегая омическим сопротивлением всей цепи.

Дано:

$$\varepsilon = 15\text{В}$$

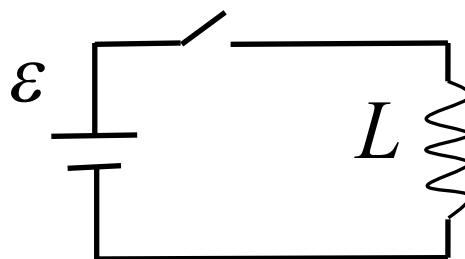
$$L=0,5\text{Гн}$$

$$W=2,25\text{Дж}$$

Найти:

t

Решение:



$$\sum IR = \phi_1 - \phi_2 + \sum \varepsilon$$

$$R = 0 \Rightarrow IR = 0$$

$$\phi_1 = \phi_2 \Rightarrow \varepsilon + \varepsilon_{cu} = 0$$

$$\varepsilon - L \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{\varepsilon}{L} \Rightarrow dI = \frac{\varepsilon}{L} dt$$



РусГидро
Чистая энергия

$$\int_0^I dI = \int_0^{\tau} \frac{\varepsilon}{L} dt \Rightarrow I = \frac{\varepsilon \tau}{L}; W = \frac{LI^2}{2}$$

$$W = \frac{LE^2 \tau^2}{2L^2} \Rightarrow \tau = \frac{\sqrt{2WL}}{E} = \frac{\sqrt{2 \cdot 2,25 \cdot 0,5}}{1,5} = 1 \text{ c}$$

Ответ: 1 с



Задача 14. В соленоиде содержащем $N=800$ витков за время $\Delta t=0,15\text{с}$ сила тока изменилась от $I_1=2,5\text{А}$ до $I_2=14,5\text{А}$, а магнитный поток сквозь один виток увеличился на $\Delta\Phi=2,4\text{мВб}$. Определить ЭДС самоиндукции, индуктивность соленоида и изменение энергии магнитного поля соленоида за время Δt .

Дано:

$$N=800$$

$$\Delta t=0,15\text{с}$$

$$I_1=2,5\text{А}$$

$$I_2=14,5\text{А}$$

$$\Delta\Phi=2,4\text{мВб}$$

Решение:

$$\Delta\Phi = N\Delta\Phi_0; \Delta\Phi = L(I_2 - I_1) \Rightarrow L = \frac{\Delta\Phi}{(I_2 - I_1)} = \frac{N\Delta\Phi_0}{(I_2 - I_1)}$$

$$L = \frac{800 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}{12} = 0,16\text{Гн}$$

$$|\varepsilon_u| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{N\Delta\Phi_0}{\Delta t} = \frac{800 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}{0,15} = 12,8\text{В}$$

$$\Delta W = \frac{LI_2^2}{2} - \frac{LI_1^2}{2} = \frac{L}{2}(I_2^2 - I_1^2) = \frac{0,16}{2}(14,5^2 - 2,5^2)$$

$$\Delta W = 16,3\text{Дж}$$

Найти:

$$\varepsilon_{си}, L, \Delta W$$

Ответ: 12,8В; 0,16 Гн; 16,3 Дж



Задача 15. Участок цепи содержит катушку индуктивностью $L=0,01\text{Гн}$ и резистор сопротивлением $R=0,1\text{ Ом}$. Сила тока на участке цепи изменяется по закону $I=kt$, где $k=2\text{А/с}$. 1) Найти закон изменения разности потенциалов на концах этого участка $\phi_1 - \phi_2$; 2) Определить силу тока в момент когда $\phi_1 - \phi_2 = 0,1\text{В}$

Дано:

$$L=0,01\text{Гн}$$

$$R=0,1$$

$$I=kt$$

$$k=2\text{А/с}$$

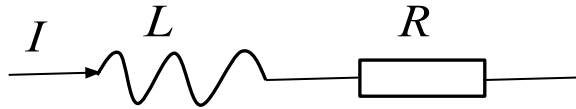
$$\phi_1 - \phi_2 = 0,1\text{В}$$

Найти:

1) $\phi_1 - \phi_2$; 2) I

Ответ: $k(Rt + L)$; $0,8\text{А}$

Решение:

$$1) IR = \phi_1 - \phi_2 - L \frac{dI}{dt} \Rightarrow$$


$$\Rightarrow \phi_1 - \phi_2 = IR + L \frac{dI}{dt} = kRt + Lk = k(Rt + L)$$

$$2) \phi_1 - \phi_2 = kR\tau + Lk \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{\phi_1 - \phi_2 - kL}{kR} = \frac{0,1 - 2 \cdot 0,01}{2 \cdot 0,01} = 0,4\text{с}$$

$$I = k\tau = 2 \cdot 0,4 = 0,8\text{А}$$



Задача 16. Участок цепи содержит два одинаковых резистора R и две катушки индуктивностью $L_1=0,01$ Гн и $L_2=0,02$ Гн. Силы токов I_1 и I_2 изменяются по законам: $I_1=0,2+10t$; $I_2=0,1+10t$. Найти сопротивление R .

Дано:

$$L_1=0,01 \text{ Гн}$$

$$L_2=0,02 \text{ Гн}$$

$$I_1=0,2+10t$$

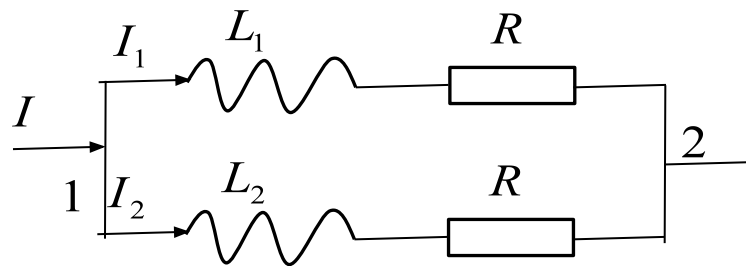
$$I_2=0,1+10t$$

Найти:

R

$$R = \frac{L_2 \frac{dI_2}{dt} - L_1 \frac{dI_1}{dt}}{(I_1 - I_2)}; \frac{dI_1}{dt} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}; \frac{dI_2}{dt} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}; R = \frac{0,02 \cdot 10 - 0,01 \cdot 10}{0,1} = 10 \text{ Ом}$$

Решение:



$$I_1 R = U_{12} - L_1 \frac{dI_1}{dt} \Rightarrow (I_1 - I_2) R = L_2 \frac{dI_2}{dt} - L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$$I_2 R = U_{12} - L_2 \frac{dI_2}{dt}$$

Ответ: 1 Ом