

## Индивидуальное задание № 4

### Электромагнитная индукция

#### Вариант № 1

1. В однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл вращается стержень длиной 1 м с постоянной угловой скоростью 20 рад/с (рис. 6.9). Ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям индукции магнитного поля перпендикулярно к стержню. Определите разность потенциалов, возникающую на концах стержня. [0,5 В]

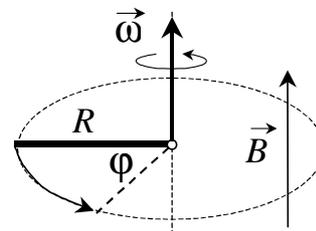


Рис. 6.9

2. На картонный каркас длиной 50 см и площадью сечения, равной 4 см<sup>2</sup>, намотан в один слой провод диаметром 0,2 мм так, что витки плотно прилегают друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Вычислите индуктивность получившегося соленоида. [6,28 Гн]
3. При индукции поля, равной 1 Тл, плотность энергии магнитного поля в железе 200 Дж/м<sup>3</sup>. Определите магнитную проницаемость железа в этих условиях. [2000]

4. Проволочной квадратной рамке массой  $m = 1$  г со стороной  $a = 10$  см сообщают в горизонтальном направлении начальную скорость  $\vec{v}_0$ . Рамка движется в гравитационном поле, все время находясь в магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки (рис. 6.10). Индукция поля изменяется по закону  $B(x) = B_0 + kx$ , где  $k = 10$  Тл/м. Сопротивление рамки  $R = 1$  Ом. Через некоторое время рамка начинает двигаться с постоянной скоростью  $v = 2$  м/с. Найдите начальную скорость рамки. [ $v_0 = \sqrt{v^2 - (mgR/(k^2 a^4))} = 1,7$  м/с]

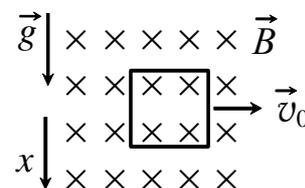


Рис. 6.10

## Вариант № 2

1. Проволочный виток диаметром 8 см и сопротивлением 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Плоскость витка составляет угол  $30^\circ$  с линиями поля. Какое количество электричества протечет по витку, если магнитное поле выключить? Собственный магнитный поток витка не учитывать. [10 мКл]
2. Катушка сопротивлением 0,5 Ом с индуктивностью  $4 \cdot 10^{-3}$  Гн соединена параллельно с проводом сопротивлением 2,5 Ом, по которому течет ток 1 А. Определите заряд, протекший по цепи при размыкании цепи ключом К. [1,33 мКл]
3. Определите объемную плотность энергии магнитного поля в стальном сердечнике, если индукция магнитного поля равна 0,5 Тл. [25 Дж/м<sup>3</sup>]

4. По двум гладким медным шинам, установленным под углом  $\beta = 30^\circ$  к горизонту, скользит под действием силы тяжести медная перемычка массой  $m = 10$  г (рис. 5.7). Шины замкнуты на сопротивление  $R = 1$  Ом, расстояние между шинами  $l = 1$  м. Система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл, перпендикулярном к плоскости, в которой перемещается перемычка. Сопротивления шин, перемычки и скользящих контактов, а также индуктивность контура пренебрежимо малы. Определите установившуюся скорость перемычки. [ $v = mgR \sin \beta / (B^2 l^2) = 5$  м/с]

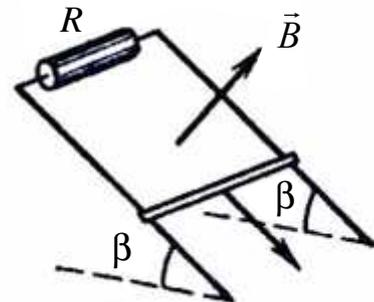


Рис. 5.7

## Вариант № 3

1. Круглый виток провода замкнут на конденсатор емкостью 20 мкФ. Нормаль к плоскости витка составляет угол  $60^\circ$  с направлением вектора магнитной индукции. Определите скорость изменения индукции магнитного поля, если заряд на пластинах конденсатора равен  $1 \cdot 10^{-9}$  Кл. Диаметр витка 8 см. [0,02 Тл/с]
2. Индуктивность соленоида длиной 1 м, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна  $1,6 \cdot 10^{-3}$  Гн. Площадь сечения соленоида равна  $20$  см<sup>2</sup>. Определите число витков на каждом сантиметре длины соленоида. [8]
3. В катушке индуктивности сила тока равномерно увеличивается со скоростью  $\frac{dI}{dt} = 3 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ . Определите модуль ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_{\text{си}}$ , возникающей в катушке, если энергия  $W$  магнитного поля катушки при силе тока в ней  $I = 3$  А равна 150 Дж. [100 В]
4. Заряженный конденсатор емкостью  $C_0 = 1$  мкФ замкнут на катушку индуктивностью  $L = 1$  мГн. Найдите такую зависимость изменения от времени емкости конденсатора, при которой ток в цепи нарастает прямо пропорционально времени. [ $C = C_0 - t^2 / (2LC_0) = 1 \cdot 10^{-6} - 500t^2$ ]

### Вариант № 4

1. Кольцо радиусом 10 см из медной проволоки диаметром 1 мм помещено в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл так, что плоскость кольца перпендикулярна линиям индукции. Кольцо деформируют в квадрат. Какое количество электричества протечет через сечение проволоки? [0,5 Кл]
2. Сколько витков проволоки диаметром 0,4 мм с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром 2 см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью 1 мГн? Витки вплотную прилегают друг к другу. [ $10^3$ ]
3. Индукция магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от 0,5 Тл до 1 Тл. Найдите во сколько раз изменилась объемная плотность энергии магнитного поля. [Увеличилась в 6,1 раза]
4. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,4$  Тл равномерно вращается плоский круговой контур (рамка) радиусом  $r = 5,644$  см и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом. Вначале вектор  $\vec{B}$  перпендикулярен поверхности контура и при повороте на угол, меньший  $180^\circ$ , через контур проходит заряд  $q = 74,64$  мКл, а ток  $I$  к этому моменту равен 6,28 А. Найдите частоту  $n$  вращения контура.

$$[n = IR / (2\pi^2 r^2 B \sin\alpha) = 50 \text{ с}^{-1}]$$

### Вариант № 5

1. Квадратная рамка из медной проволоки, площадь которой  $25 \text{ см}^2$ , помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл. Нормаль к плоскости рамки параллельна вектору магнитной индукции. Площадь сечения проволоки рамки  $1 \text{ мм}^2$ . Какой заряд пройдет по рамке после выключения поля? [0,074 Кл]
2. Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет 750 витков и индуктивность  $2,5 \cdot 10^{-2}$  Гн. Чтобы увеличить индуктивность до  $3,6 \cdot 10^{-2}$  Гн, обмотку с катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Определите число витков катушки после перемотки. [90]
3. Вычислите объемную плотность энергии магнитного поля в железном сердечнике замкнутого соленоида, если напряженность намагничивающего поля равна  $1,2 \cdot 10^3$  А/м. [800 Дж/м<sup>3</sup>]
4. При уменьшении тока в катушке с постоянной скоростью  $dI/dt = 0,1$  А/с показание идеального вольтметра, подключенного к концам катушки, изменяется каждую секунду на  $\Delta U = 5$  В. В момент времени  $t_0$ , ровно через  $t_1 = 1$  с после того, как показание  $U_1$  вольтметра стало равным 25 В, ток в катушке начал возрастать с той же скоростью. Какое напряжение  $U$  покажет вольтметр через  $t = 3$  с после момента  $t_0$ , если индуктивность катушки  $L = 2$  Гн?

$$[U \approx U_R = \left( \frac{U_1}{R} - \frac{\Delta I}{\Delta t} t_1 + \frac{\Delta I}{\Delta t} t \right) R = 35 \text{ В, где } R = \frac{\Delta U}{\Delta I} / \frac{\Delta I}{\Delta t} = 50 \text{ Ом}]$$

### Вариант № 6

1. Плоская горизонтальная фигура площадью  $0,1 \text{ м}^2$ , ограниченная проводящим контуром с сопротивлением  $5 \text{ Ом}$ , находится в однородном магнитном поле. Пока проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось  $z$  медленно и равномерно возрастает от  $B_{1z} = -1,5 \text{ Тл}$  до некоторого конечного значения  $B_{2z}$  по контуру протекает заряд  $0,08 \text{ Кл}$ . Найдите  $B_{2z}$ . [ $2,5 \text{ Тл}$ ]
2. Определите индуктивность двухпроводной линии на участке длиной  $1 \text{ км}$ . Радиус провода равен  $1 \text{ мм}$ , расстояние между осевыми линиями равно  $0,4 \text{ мм}$ . [ $2,4 \text{ мГн}$ ] Примечание. Учесть только внутренний магнитный поток, т.е. поток, пронизывающий контур, ограниченный проводами.
3. При некоторой силе тока плотность энергии магнитного поля соленоида (без сердечника) равна  $0,2 \text{ Дж/м}^3$ . Во сколько раз увеличится плотность энергии поля при той же силе тока, если соленоид будет иметь железный сердечник? [ $1,6 \cdot 10^3$ ]
4. На длинный прямой соленоид, имеющий диаметр сечения  $d = 5 \text{ см}$  и содержащий  $n = 20$  витков на один сантиметр длины, плотно надет круговой виток сечением  $S = 1,0 \text{ мм}^2$ . Найдите ток в витке, если ток в обмотке соленоида увеличивают со скоростью  $\dot{i} = 100 \text{ А/с}$ . [ $I = \mu_0 n S \dot{i} / 4\rho = 2 \text{ мА}$ ]

### Вариант № 7

1. Алюминиевое кольцо расположено в однородном магнитном поле так, что его плоскость перпендикулярна вектору магнитной индукции. Диаметр кольца  $25 \text{ см}$ , толщина провода  $2 \text{ мм}$ . Определите скорость изменения индукции магнитного поля со временем, если при этом в кольце возникает индукционный ток  $12 \text{ А}$ . [ $1,71 \text{ Тл/с}$ ]
2. Соленоид индуктивностью  $4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$  содержит  $600$  витков. Определите магнитный поток, если сила тока, протекающего по обмотке, равна  $12 \text{ А}$ . [ $80 \text{ мкВб}$ ]
3. Напряженность магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от  $200 \text{ А/м}$  до  $800 \text{ А/м}$ . Определите, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии магнитного поля.

[Увеличилась в  $10,5$  раза]

4. Плоский контур с источником постоянного тока находится во внешнем однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости контура (рис. 6.12). На сколько процентов изменится мощность тока в контуре после того, как поле начнет уменьшаться со скоростью  $0,01 \text{ Тл/с}$ ? Площадь контура  $S$  равна  $0,1 \text{ м}^2$ , ЭДС источника тока  $10 \text{ мВ}$ .

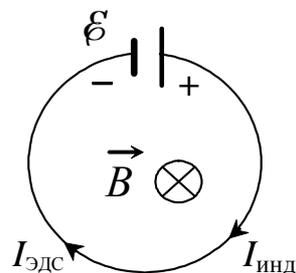


Рис. 6.11

$$\left[ \frac{\Delta P}{P_1} = \left( 1 - \frac{S}{\mathcal{E}} \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \right) - 1 = 21 \% \right]$$

### Вариант № 8

1. Два проводящих кольца разных диаметров расположены в одной плоскости в однородном магнитном поле, индукция которого с течением времени равномерно возрастает. В каком кольце (1) или (2) индуцируется больший ток, если массы колец одинаковы и изготовлены они из одного и того же материала? [Токи одинаковы]
2. Индуктивность катушки без сердечника равна 0,02 Гн. Какое потокоцепление создается, когда по обмотке протекает ток 5 А? [0,1 Вб]
3. Найдите плотность энергии магнитного поля в железном сердечнике соленоида, если напряженность намагничивающего поля равна  $1,6 \cdot 10^3$  А/м. [ $1,1 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>3</sup>]
4. Найдите индуктивность соленоида длиной  $l$ , обмоткой которого является медная проволока массой  $m$ . Сопротивление обмотки  $R$ . Диаметр соленоида значительно меньше его длины.

$$[L = (\mu_0 / 4\pi)mR / lD\rho]$$

### Вариант № 9

1. Под действием силы  $\vec{F}_A$  легкий тонкий проводник  $BC$  скользит без трения по горизонтальным параллельным шинам (рис. 6.12) с постоянной скоростью 0,8 м/с в однородном магнитном поле 0,2 Тл, линии индукции которого образуют с нормалью к плоскости контура угол  $60^\circ$ . Найдите количество теплоты, выделяющейся в контуре  $ABCD$  за 1 с, если расстояние между шинами равно 0,16 м, а сопротивление проводника  $BC$  в расчете на единицу длины равно 0,1 Ом/м. Сопротивление шин, перемычки  $BC$  и контактов пренебрежимо мало. [10,2 мДж]
2. Длинный прямой соленоид, намотанный на немагнитный каркас, имеет 1000 витков и индуктивность  $3 \cdot 10^{-3}$  Гн. Какой магнитный поток и какое потокоцепление создает соленоид при силе тока 1 А?  
[3 мкВб; 3 мкВб]
3. При некоторой силе тока плотность энергии магнитного поля соленоида (без сердечника) равна 0,2 Дж/м<sup>3</sup>. Во сколько раз увеличится плотность энергии поля при той же силе тока, если соленоид будет иметь железный сердечник? [ $1,6 \cdot 10^3$ ]
4. Проволочное кольцо диаметром  $d$ , имеющее сопротивление  $R$ , помещено в переменное однородное магнитное поле, перпендикулярное его плоскости. Магнитная индукция нарастает линейно за время  $t_1$  от нуля до значения  $B$  и затем линейно уменьшается до нуля за время  $t_2$ . Какое количество теплоты выделяется в кольце?

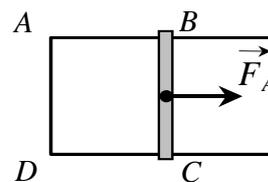


Рис. 6.12

$$[Q = \frac{(\pi d^2 B)^2}{16R} \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)]$$

### Вариант № 10

- По П-образному проводнику постоянного сечения со скоростью  $v = 1$  м/с, скользит проводящая перемычка  $bc$  такого же сечения длиной  $l$  (рис. 6.13). Проводники помещены в однородное магнитное поле, вектор индукции  $\vec{B}$  которого направлен перпендикулярно плоскости проводников ( $B = 0,1$  Тл). Определите напряженность электрического поля в перемычке в тот момент, когда  $ac = bc$ . Сопротивление между проводниками в точках контакта пренебрежимо мало. [0,075 В/м]

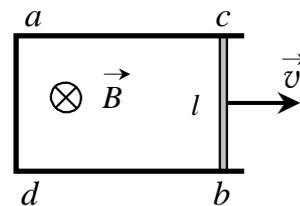
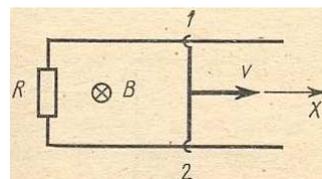


Рис. 6.13

- Соленоид, площадь сечения которого равна  $5 \text{ см}^2$ , содержит 1200 витков. Индукция магнитного поля внутри соленоида при силе тока 2 А равна 0,01 Тл. Определите индуктивность соленоида. [3 мГн]
- Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет 10 витков на каждый сантиметр длины. Определите плотность энергии поля, если по обмотке течет ток 16 А. [161 Дж/м<sup>3</sup>]

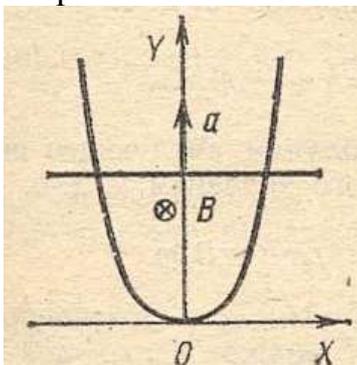
- Перемычка 12 массой  $m$  скользит без трения по двум длинным проводящим рельсам, расположенным на расстоянии  $l$  друг от друга. Система находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура.



Левые концы рельсов замкнуты через сопротивление  $R$ . В момент  $t = 0$  перемычке сообщили вправо начальную скорость  $v_0$ . Пренебрегая сопротивлением рельсов и перемычки, а также самоиндукцией контура, найдите скорость перемычки в момент времени  $t$ . [  $v = v_0 e^{-\frac{B^2 l^2}{mR} t}$  ]

### Вариант № 11

1. Медный куб с длиной ребра 0,1 м скользит по столу с постоянной скоростью 10 м/с, касаясь стола одной из плоских поверхностей. Вектор магнитной индукции, модуль которого равен 0,2 Тл, направлен вдоль поверхности стола перпендикулярно вектору скорости куба. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля, возникающего внутри металла, и модуль разности потенциалов между центром куба и одной из его вершин. [2 В/м; 0,1 В]
2. Обмотка соленоида с железным сердечником содержит 500 витков. Длина сердечника равна 50 см. Как и во сколько раз изменится индуктивность соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастет от 0,1 А до 1 А? [Уменьшится в 5,8 раза]
3. Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет 10 витков на каждый сантиметр длины. При какой силе тока в обмотке плотность энергии магнитного поля равна 1 Дж/м<sup>3</sup>. [1,26 А]



4. Провод, имеющий форму параболы  $y = kx^2$ , находится в однородном магнитном поле  $\vec{B}$ , перпендикулярном плоскости  $xOy$ . Из вершины параболы в момент  $t = 0$  перемещают поступательно без начальной скорости с постоянным ускорением  $\vec{a}$ . Определите ЭДС индукции как функцию координаты  $y$ . [ $\mathcal{E}_i = -By\sqrt{8a/k}$ ]

### Вариант № 12

1. По двум горизонтальным параллельным проводникам, отстоящим друг от друга на 0,5 м, перемещают с постоянной скоростью 10 м/с проводник-перемычку (рис. 6.15). Между левыми концами проводников включены последовательно два конденсатора, причем емкость второго в 1,5 раза больше емкости первого.

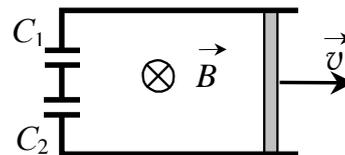


Рис. 6.15

- два конденсатора, причем емкость второго в 1,5 раза больше емкости первого. Вся система находится в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости, в которой лежат проводники. Найдите величину индукции магнитного поля, если на втором конденсаторе напряжение равно 0,5 В. [0,25 Тл]
2. Две катушки расположены на небольшом расстоянии одна от другой. Когда сила тока в первой катушке изменяется с быстротой 5 А/с, во второй катушке возникает ЭДС индукции 0,1 В. Определите коэффициент взаимной индукции. [20 мГн]
3. Сила тока в обмотке соленоида, содержащего 1500 витков, равна 5 А. Магнитный поток через поперечное сечение соленоида составляет 200 мкВб. Определите энергию магнитного поля в соленоиде.

[0,75 Дж]

4. Сколько метров тонкого провода надо взять для изготовления соленоида длиной  $l_0 = 100$  см с индуктивностью  $L = 1,0$  мГн, если диаметр сечения соленоида значительно меньше его длины.

$$[l = \sqrt{4\pi L / \mu_0} = 100 \text{ м}]$$

### Вариант № 13

1. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,1$  Тл расположен плоский проволочный виток так, что его плоскость перпендикулярна к линиям индукции. Виток замкнут на гальванометр. Полный заряд, протекающий через гальванометр при повороте витка, равен  $7,5 \cdot 10^{-3}$  Кл. На какой угол повернули виток? Площадь витка  $10^3$  см<sup>2</sup>, сопротивление витка равно  $2$  Ом. [ $120^\circ$ ]
2. Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет  $251$  виток. Средний диаметр тороида равен  $8$  см, диаметр витков  $2$  см. На тороид намотана вторичная обмотка, имеющая  $100$  витков. При замыкании первичной обмотки в ней в течение времени  $1$  мс устанавливается сила тока  $3$  А. Найдите среднюю ЭДС индукции, возникающей на вторичной обмотке. [ $118$  мВ]
3. Обмотка электромагнита, находясь под постоянным напряжением, имеет сопротивление  $15$  Ом и индуктивность  $0,3$  Гн. Определите время, за которое в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в соленоиде. [ $0,01$  с]
4. Магнитный поток через неподвижный контур с сопротивлением  $R$  изменяется в течение времени  $\tau$  по закону  $\Phi = at(\tau - t)$ . Найдите количество теплоты, выделенное в контуре за это время. Индуктивностью контура пренебречь. [ $Q = a^2\tau^3/(3R)$ ]

### Вариант № 14

1. Проводящая перемычка  $AD$  длиной  $1$  м скользит в однородном магнитном поле с индукцией  $10$  Тл по горизонтальным проводящим рельсам, замкнутым на резистор сопротивлением  $1$  Ом (рис. 6.17). Какой величины силу нужно приложить к перемычке, чтобы двигать ее с постоянной скоростью  $1$  м/с? [ $100$  Н]
2. В цепи протекал ток  $50$  А. Источник тока можно отключить от цепи, не разрывая ее. Определите силу тока в этой цепи через  $0,01$  с после отключения ее от источника тока. Сопротивление цепи равно  $20$  Ом, ее индуктивность  $0,1$  Гн. [ $6,75$  А]
3. Соленоид без сердечника с однослойной обмоткой из проволоки диаметром  $0,5$  см имеет длину  $0,4$  м и поперечное сечение  $50$  см<sup>2</sup>. Какой ток течет по обмотке напряжением  $10$  В, если за время  $0,5$  мс в обмотке выделяется количество теплоты, равное энергии поля внутри соленоида. Поле считать однородным. [ $995$  мА]

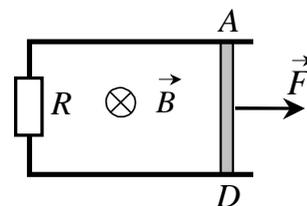
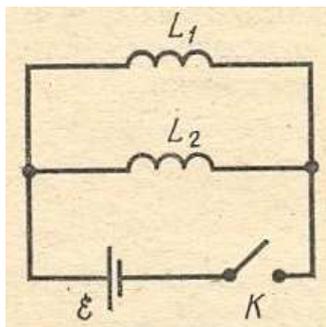


Рис. 6.17



4. В схеме известны ЭДС  $\mathcal{E}$  источника, его внутреннее сопротивление  $r$  и индуктивности сверхпроводящих катушек  $L_1$  и  $L_2$ . Найдите установившиеся токи в катушках после замыкания ключа К.

$$[I_{10} = \mathcal{E} \frac{L_2}{r(L_1 + L_2)}, I_{20} = \mathcal{E} \frac{L_1}{r(L_1 + L_2)}]$$

### Вариант № 15

1. В цилиндрическом сердечнике создано однородное магнитное поле, направленное вдоль оси цилиндра. Индукция магнитного поля изменяется по закону  $B = kt$ , где  $k = 0,2$  Тл/с. Определите радиус сердечника, если напряженность вихревого электрического поля на расстоянии  $r_1 = 0,1$  м ( $r_1 > R$ ) от оси цилиндра равна 8 мВ/м. [8,9 см]
2. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением 10 Ом и индуктивностью 1 Гн. Через сколько времени сила тока достигнет 0,9 предельного значения? [0,23 с]
3. Индуктивность соленоида при длине 1 м и площади поперечного сечения  $20 \text{ см}^2$  равна 0,4 мГн. Определите силу тока в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля соленоида  $0,1 \text{ Дж/м}^3$ . [1 А]
4. Кольцо из тонкой проволоки сопротивлением  $R$  ограничивает на плоскости круг площадью  $S = 0,1 \text{ м}^2$ , в пределах которого внешнее магнитное поле однородно. Вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости круга (рис. 6.18, вид сверху). За пределами круга магнитное поле пренебрежимо мало. Какое напряжение покажет вольтметр с внутренним сопротивлением  $r$ , подключенный к точкам 1 и 2, которые делят длину кольца в отношении 1:3? Магнитное поле меняется с течением времени  $t$  так, что  $\Delta B/\Delta t = 0,01 \text{ Тл/с}$ ;  $r/R = 10$ .

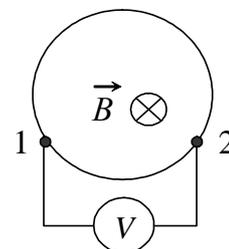


Рис. 6.18

$$[U_V = \frac{S|\Delta B/\Delta t|}{2R/(3r) + 3} = 245 \text{ мкВ}]$$

### Вариант № 16

1. В электрической цепи (рис. 6.19)  $C_1 = C_2 = 0,01$  мкФ. До замыкания ключа напряжение на первом конденсаторе равно 100 В, второй конденсатор не заряжен. Определите амплитуду колебаний силы тока через катушку индуктивностью 1 мкГн после замыкания ключа. Активным сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь. [7 А]

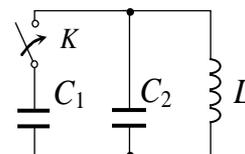


Рис. 6.19

2. Цепь состоит из катушки индуктивностью 1 Гн и сопротивлением 10 Ом. Источника тока можно отключить, не разрывая цепи. Определите время, по истечении которого сила тока уменьшится до 0,001 первоначального значения. [0,69 с]
3. Объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида длиной 50 см и малого диаметра равна 0,7 Дж/м<sup>3</sup>. Определите магнитодвижущую силу этого соленоида. [528 А]
4. В плоскости квадратной рамки со стороной  $a = 15,4$  см и сопротивлением  $R = 5$  Ом параллельно одной из сторон квадрата расположен на расстоянии от рамки, равном стороне квадрата, прямой бесконечный проводник, по которому протекает ток, сила которого изменяется по закону  $I = \alpha t^4$ , где  $\alpha = 3$  А/с. Определите силу тока в рамке в момент времени  $t = 5$  с. [  $I = \frac{2\mu_0 \alpha t^3 a}{\pi R} \cdot \ln 2 = 6,4$  мкА ]

### Вариант № 17

1. В однородном магнитном поле с частотой 35 Гц вращается прямоугольная рамка. Ось вращения рамки перпендикулярна линиям индукции магнитного поля. Максимальная индуцируемая в рамке ЭДС равна 7 В. Определите максимальный магнитный поток, пронизывающий рамку. [32 мВб]
2. К источнику тока с внутренним сопротивлением 2 Ом подключают катушку индуктивностью 0,5 Гн и сопротивлением 8 Ом. Найдите время, в течение которого ток в катушке, нарастая, достигнет значения, отличающегося от максимального на 1 %. [0,23 с]
3. Тороид с воздушным сердечником содержит 20 витков на 1 см. Определите объемную плотность энергии в тороиде, если по обмотке протекает ток 3 А. [22,6 Дж/м<sup>3</sup>]
4. Непроводящее кольцо массой  $m$  и радиусом  $r$ , имеющее равномерно распределенный заряд  $q$ , может свободно вращаться вокруг своей оси. Кольцо помещено в перпендикулярное плоскости кольца магнитное поле, индукция которого в центральной области кольца радиусом  $l < r$  равна  $2B$ , а в остальном пространстве внутри кольца равна  $B$ . Магнитное поле равномерно уменьшается до нуля. Какую скорость приобретает кольцо после исчезновения магнитного поля, если в начальный момент оно покоилось? [  $v = qB(l^2 + r^2)/(2mr)$  ]

### Вариант № 18

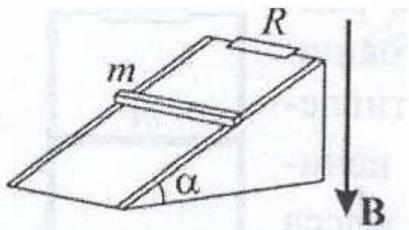
1. Найдите амплитуду ЭДС индукции, наводимой в рамке, вращающейся в однородном магнитном поле, если частота вращения 50 об/с, площадь рамки  $100 \text{ см}^2$  и магнитная индукция 0,2 Тл. [0,63 В]
2. Нужно изготовить соленоид из медного провода диаметром 0,6 мм. Длина соленоида 20 см. Каким должно быть поперечное сечение соленоида, если индуктивность соленоида должна быть 0,01 Гн? [1,43·10<sup>-2</sup> м<sup>2</sup>]
3. Определите индуктивность катушки, в которой при изменении силы тока от 5А до 10А за 0,1 с возникает ЭДС самоиндукции 10 В. На сколько изменяется при этом энергия магнитного поля катушки? [0,2 Гн]
4. Коаксиальный кабель состоит из внутреннего сплошного проводника радиусом  $a$  и наружной проводящей тонкостенной трубки радиусом  $R$ . Найдите индуктивность единицы длины кабеля, считая распределение тока по сечению внутреннего проводника равномерным. Магнитная проницаемость всюду равна единице.

$$[L_{\text{ед}} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{1}{4} + \ln \frac{b}{a} \right)]$$

### Вариант № 19

1. Замкнутый проводник сопротивлением 3 Ом находится в магнитном поле. В результате изменения этого поля магнитный поток, пронизывающий контур, равномерно увеличился от 0,002 Вб до 0,005 Вб. Какой заряд прошел через поперечное сечение проводника? [1 мКл]
2. В цепь включены последовательно источник тока с ЭДС, равной 1,2 В, реостат сопротивлением 1 Ом и катушка с индуктивностью 1 Гн. В цепи протекал постоянный ток. С некоторого момента сопротивление реостата начинают менять так, чтобы ток уменьшался с постоянной скоростью 0,2 А/с. Каково сопротивление цепи спустя время 2 с после начала изменения тока. [1,75 Ом]
3. В катушке индуктивности сила тока равномерно увеличивается со скоростью  $\frac{dI}{dt} = 3 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ .

Определите модуль ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_{\text{си}}$ , возникающей в катушке, если энергия  $W$  магнитного поля катушки при силе тока в ней  $I = 3 \text{ А}$  равна 150 Дж. [100 В]



4. По параллельным рельсам, наклоненным под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонтали, соскальзывает брусок массой  $m = 100 \text{ г}$ . В верхней части рельсы замкнуты резистором с сопротивлением  $R = 20 \text{ Ом}$ . Вся система находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Чему равна сила тока  $I$ , текущего по бруску, если он движется с постоянной скоростью  $v = 1 \text{ м/с}$ . Сопротивлением бруска и рельсов пренебречь. [  $I = \sqrt{\frac{mgv \sin \alpha}{m}} = 0,16 \text{ А}$  ]

рельсов пренебречь. [  $I = \sqrt{\frac{mgv \sin \alpha}{m}} = 0,16 \text{ А}$  ]

### Вариант № 20

1. Тонкий проводящий стержень  $OA$  равномерно вращается вокруг точки  $O$  перпендикулярно линиям индукции  $0,3 \text{ Тл}$  однородного магнитного поля (рис. 6.21). Конец  $A$  стержня касается при этом тонкого проводящего кольца, ограничивающего на плоскости круг радиусом  $40 \text{ см}$ . Сопротивление резистора, подключенного между точками  $O$  и  $O_1$ , равно  $4 \text{ Ом}$ . Какова угловая скорость вращения стержня  $OA$ , если на резисторе за  $1 \text{ с}$  выделяется количество теплоты  $360 \text{ мДж}$ ? Сопротивление стержня, кольца, соединительных проводов и контактов пренебрежимо мало. [ $50 \text{ с}^{-1}$ ]

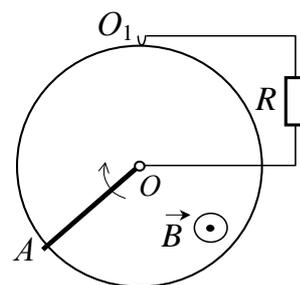


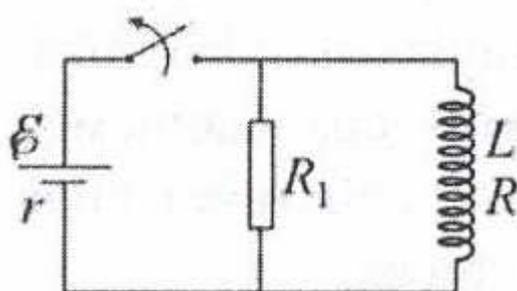
Рис. 6.21

2. Через соленоид, индуктивность которого  $0,40 \text{ мГн}$ , а площадь поперечного сечения  $10 \text{ см}^2$  проходит ток силой  $0,50 \text{ А}$ . Какова индукция магнитного поля внутри соленоида, если он содержит  $100$  витков?

[ $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ ]

3. Соленоид длиной  $50 \text{ см}$  и диаметром  $0,8 \text{ см}$  имеет  $20000$  витков медного провода и находится под постоянным напряжением. Определите время, в течение которого в обмотке соленоида выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в соленоиде.

[ $1,45 \text{ мкс}$ ]

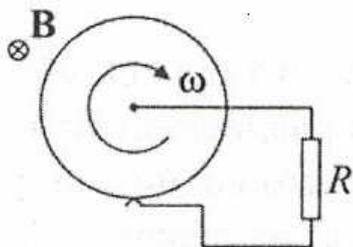


4. Катушка индуктивностью  $L = 0,4 \text{ Гн}$  с сопротивлением обмотки  $R = 2 \text{ Ом}$  подключена параллельно с резистором сопротивлением  $R_1 = 8 \text{ Ом}$  к источнику с ЭДС  $\mathcal{E} = 6 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,2 \text{ Ом}$ . Какое количество теплоты  $Q$  выделится в резисторе  $R_1$  после отключения источника.

$$[Q = \frac{LR_1^2}{2(R_1 + R_2)(rR + rR_1 + RR_1)} \cdot \mathcal{E}^2 \approx 1,14 \text{ Дж}]$$

### Вариант № 21

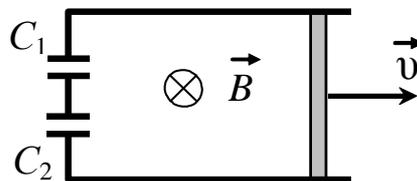
1. Проволочное кольцо радиусом 0,1 м лежит на столе. Какая величина заряда протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца 1 Ом, вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли  $5 \cdot 10^{-5}$  Тл. [3,14 мкКл]
2. В катушке без сердечника за время 10 мс ток возрос от 1,0 А до 2,0 А, при этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции 20 В. Определите поток магнитной индукции в конце процесса нарастания тока и изменение энергии магнитного поля катушки. [0,4 Вб; 0,3 Дж]
3. Обмотка электромагнита имеет индуктивность 0,5 Гн, сопротивление 15 Ом и находится под постоянным напряжением. Определите время, в течение которого в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля соленоида. [0,017 с]



4. Металлический диск радиусом  $r = 10$  см, расположенный перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля с индукцией  $B = 1$  Тл, вращается вокруг оси, проходящей через его центр, с угловой скоростью  $\omega = 628$  рад/с. Два скользящих контакта, один на оси диска, другой – на краю, соединяют диск с резистором сопротивления  $R = 5$  Ом. Какая мощность  $N$  выделяется на резисторе? Сопротивлением диска и соединительных проводов пренебречь.  $[ N = \frac{\omega^2 B^2 r^4}{4R} \approx 1,96 \text{ Вт} ]$

### Вариант № 22

1. По двум горизонтальным параллельным проводникам, отстоящим друг от друга на  $l = 0,5$  м, перемещают с постоянной скоростью  $v = 10$  м/с проводник-перемычку. Между левыми концами проводников включены последовательно два конденсатора, причем емкость второго в  $n = 1,5$  раза больше емкости первого.



Вся система находится в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости, в которой лежат проводники. Найдите величину индукции поля, если на втором конденсаторе напряжение равно  $U_2 = 0,5$  В. [  $B = \frac{U_2(n+1)}{vl} = 0,25$  Тл ]

2. Энергия магнитного поля в катушке уменьшается за счет изменения тока в ней в 4 раза в течение 0,2 с. Индуктивность катушки 0,16 Гн, первоначальный ток 8, А. Определите ЭДС самоиндукции в катушке, считая, что сила тока зависит от времени линейно. [3,2 В]
3. Замкнутый соленоид с железным сердечником длиной 150 см и сечением  $20 \text{ см}^2$  содержит 1200 витков. Определите энергию магнитного поля соленоида, если по нему проходит ток 1 А. магнитная проницаемость железа 1400. [1,69 Дж]
4. На проволочную катушку надето проводящее кольцо, покрытое изоляцией. Плоскость кольца перпендикулярна оси катушки. При линейном нарастании тока в катушке от нуля до  $I_1 = 5$  А за время  $t_1 = 9$  с в кольце выделяется количество теплоты  $Q_1 = 0,5$  Дж. Какое количество теплоты  $Q_2$  выделится в кольце, если ток в катушке будет линейно возрастать от нуля до  $I_2 = 10$  А за время  $t_2 = 3$  с?

$$[ Q_2 = Q_1 \frac{I_2^2}{I_1^2} \cdot \frac{t_1}{t_2} = 6 \text{ Дж} ]$$

### Вариант № 23

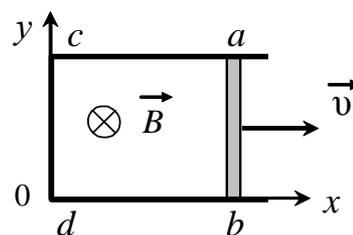
1. Прямой провод длиной 10 см помещен в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Концы его замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи равно 0,4 Ом. Какая мощность потребуется для того, чтобы двигать провод перпендикулярно линиям индукции со скоростью 20 м/с? [10 Вт]
2. В катушке индуктивности сила тока равномерно увеличивается со скоростью 2 А/с. При этом в ней возникает ЭДС самоиндукции, равная 20 В. Какова энергия магнитного поля катушки индуктивности при силе тока в ней 5 А? [125 Дж]
3. При равномерном уменьшении тока в проволочной катушке от  $I_1 = 12$  А до  $I_2 = 8$  А за  $t = 2$  с возникает ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_{si} = 0,8$  В. Определите энергию  $W$  магнитного поля в этой катушке при силе тока  $I = 3$  А.  $[W = \frac{\mathcal{E}_{si} I^2 t}{2(I_1 - I_2)} = 1,8 \text{ Дж}]$
4. Горизонтально расположенный проводник длиной  $L = 1$  м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна  $B = 0,5$  Тл. При начальной скорости проводника, равной нулю, проводник переместился на  $s = 1$  м. Каково ускорение проводника?  $[\frac{1}{2s} (\frac{1}{BL})^2 \mathcal{E}^2 = 8 \text{ м/с}^2]$

### Вариант № 24

1. Катушка сопротивлением 5 Ом имеет 30 витков площадью  $2 \text{ см}^2$  и помещена между полюсами электромагнита с индукцией 0,75 Тл. Ось катушки параллельна линиям индукции и соединена с баллистическим гальванометром сопротивлением 45 Ом. Если ток в обмотке электромагнита выключить, то какой заряд протечет по цепи? [90 мкКл]
2. Соленоид диаметром 5 см имеет однослойную обмотку из плотно прилегающих витков медного провода диаметром 0,5 мм. По соленоиду течет ток 0,50 А. Определите количество электричества, протекающее по соленоиду, если его концы замкнуть. [181,4 мкКл]
3. Соленоид длиной 0,5 м, имеющий площадь поперечного сечения  $2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , содержит 1000 витков плотно намотанного в один слой провода. Сила постоянного тока, протекающего в обмотке соленоиды, равна 1 м. Определите энергию магнитного поля соленоиды. [502 мкДж]
4. Проволочная прямоугольная рамка со сторонами длиной  $l_1$  и  $l_2$ , массы которых равны  $m_1$  и  $m_2$ , может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси так, что одна из сторон длиной  $l_1$  остается неподвижной. Рамка находится в вертикальном однородном магнитном поле индукции  $\vec{B}$ . Найдите такую силу тока в рамке, при которой она будет неподвижна в поле тяготения Земли и наклонена к горизонту под углом  $\alpha$ .  $[I = g(m_1 + m_2)/(l_1 \text{tg}\alpha)]$

### Вариант № 25

1. По П-образному проводнику постоянного сечения со скоростью  $v = 1$  м/с, скользит проводящая перемычка  $ab$  такого же сечения длиной  $\ell$ . Проводники помещены в однородное магнитное поле, вектор индукции  $\vec{B}$  которого направлен перпендикулярно плоскости проводников ( $B = 0,1$  Тл). Определите напряженность  $E$  электрического поля в перемычке в тот момент, когда  $ac = ab$ . Сопротивление между проводниками в точках контакта пренебрежимо мало. [ $E = 3Bv/4 = 0,075$  В/м]



2. Длина соленоида 160 см, площадь поперечного сечения  $19,6$  см<sup>2</sup>. Обмотка соленоида имеет 2000 витков, и по ней течет ток силой 2 А. Найдите среднее значение ЭДС, индуцируемой в витке, надетом на соленоид с железным сердечником, если ток в соленоиде уменьшается до нуля за 2 мс? Использовать график зависимости  $B = f(H)$ , представленный на рис. 5.15. [1,42 В]
3. При увеличении силы тока, проходящего через катушку, в  $n = 2$  раза энергия магнитного поля возросла на  $\Delta W = 3$  Дж. Найдите начальное значение энергии  $W_0$  поля.. [ $W_0 = \Delta W / (n^2 - 1) = 1$  Дж]
4. Горизонтальный проводник массой  $m = 50$  г и сопротивлением  $R = 1$  Ом может скользить по двум вертикальным проводящим стержням. Стержни разнесены на расстояние  $l = 1$  м друг от друга и соединены снизу источником тока, ЭДС которого равна:  $\mathcal{E} = 2,5$  В (рис. 6.23). Перпендикулярно плоскости движения приложено постоянное однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл. Чему равна установившаяся скорость  $v$  движения проводника? Сопротивлением стержня и источника тока, а также трением пренебречь. Система находится в поле тяготения Земли.

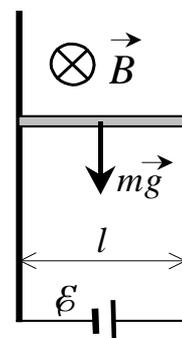


Рис. 6.23

$$[v = \frac{\mathcal{E}}{Bl} - \frac{mgR}{B^2 l^2} = 0,25 \text{ м/с}]$$