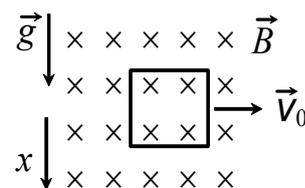
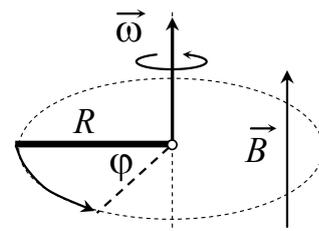
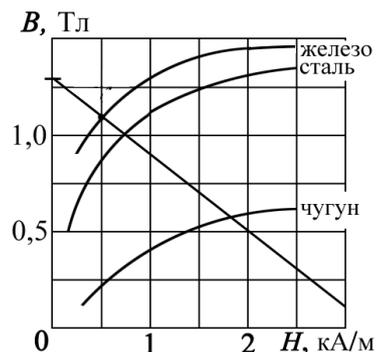


## ФИЗИКА, ч. 2

### ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 2

#### Вариант № 1

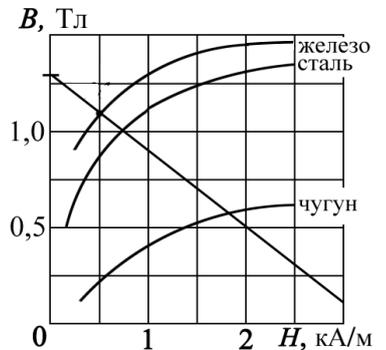
- Два параллельных бесконечно длинных прямых провода, по которым в одном направлении текут токи силой 30 А, расположены на расстоянии 5 см один от другого. Определите магнитную индукцию в точке, отстоящей от одного проводника на расстоянии 4 см и от другого – на расстоянии 3 см. [251,2 мкТл]
- В одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток силой 50 А, расположена прямоугольная рамка так, что две ее большие стороны длиной 65 см параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ширине. Каков магнитный поток, пронизывающий рамку? [4,5 мкВб]
- Железный сердечник находится в однородном магнитном поле напряженностью 1 кА/м. Определите индукцию магнитного поля в сердечнике и магнитную проницаемость железа. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [1,3 Тл; 1025]
- Стрелка компаса имеет длину  $l = 8$  см, массу  $m = 4$  г; период  $T$  колебаний ее в магнитном поле Земли равен 1 с. Горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля Земли  $H = 16$  А/м. Определите магнитный момент стрелки.  
[  $p_m = (\pi^2 l^2 m) / (3T^2 B) = 4,34 \text{ А} \cdot \text{м}^2$  ]
- В однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл вращается стержень длиной 1 м с постоянной угловой скоростью 20 рад/с (см.рис.). Ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям индукции магнитного поля перпендикулярно к стержню. Определите разность потенциалов, возникающую на концах стержня. [0,5 В]
- Через катушку индуктивности с коэффициентом самоиндукции  $L$  течет переменный ток, частота которого  $\nu$ . Какой будет частота изменения энергии магнитного поля катушки индуктивности, если индуктивность катушки и частоту тока увеличить в 2 раза? [4 $\nu$ ]
- 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 (см. рис.). 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  $\nu = 2$  м/с. Найдите начальную скорость рамки. [  $v_0 = \sqrt{\nu^2 - (mgR/(k^2 a^4))^2} = 1,7 \text{ м/с}$  ]
- Чашка пружинных весов массой  $m_1 = 1$  кг совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой  $A = 0,25$  м. Когда чашка находилась в крайнем нижнем положении, на нее поместили груз массой  $m_2 = 2,5$  кг. В результате колебания прекратились. Определите первоначальную циклическую частоту  $\omega$  колебаний чашки. [  $\omega = \sqrt{m_2 g / (m_1 A)} = 9,8 \text{ с}^{-1}$  ]
- Радиолокатор работает на длине волны 15 см и испускает 4000 импульсов длительностью 1,5 мкс каждый. Какое число колебаний составляют один импульс? Чему равно максимальное расстояние, на котором может быть обнаружена цель? [3000; 37,5 км]
- Длина электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, равна 12 м. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определите максимальный заряд на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока в контуре 1 А. [6,37 нКл]



## Вариант № 2

1. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми 20 см, текут токи 40 А и 80 А в одном направлении. Определите магнитную индукцию в точке, удаленной от первого проводника на 12 см и от второго на 16 см. [120 мкТл]
2. Плоский контур, площадь которого 25 см<sup>2</sup>, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Определите магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет 30° с линиями индукции. [50 мкВб]
3. Железный образец помещен в однородное магнитное поле напряженностью 796 А/м. Найдите магнитную проницаемость железа. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [1250]
4. Какое давление испытывает боковая поверхность длинного прямого соленоида, содержащего  $n = 20$  витков/см, когда по нему течет ток  $I = 20$  А? [ $p = \mu_0 n^2 I^2 / 2 = 1,0$  кПа]
5. 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° с линиями поля. Какое количество электричества протечет по витку, если магнитное поле выключить? Собственный магнитный поток витка не учитывать. [10 мКл]
6. При изменении тока в катушке индуктивности на величину 1 А за время 0,6 с в ней индуцируется ЭДС, равная 0,2 мВ. Какую длину будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, колебательный контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкостью 14,1 нФ? [2450 м]
7. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выражаемых уравнениями:  $x = A_1 \cos \omega t$ ;  $y = A_2 \sin(\omega t/2)$ , где  $A_1 = 2$  см;  $A_2 = 3$  см. Найдите уравнение траектории  $y = f(x)$  движения и постройте её, указав направление движения. [ $y = A_2 \sqrt{(A_1 - x)/(2A_1)} = 3\sqrt{(2 - x)/4}$  см]
8. Найдите добротность осциллятора, у которого: а) амплитуда смещения уменьшается в  $\eta = 2$  раза через каждые  $n = 110$  колебаний; б) собственная частота  $\omega_0$  и время релаксации  $\tau$ .  

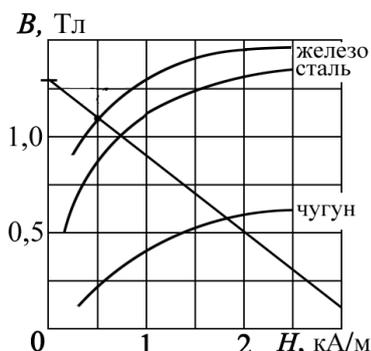
[а)  $Q = \frac{\pi n}{\ln \eta} = 500$ ; б)  $Q = \frac{1}{2} \sqrt{\omega_0^2 \tau^2 - 1} = 3000$ ]
9. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 1 мкФ и катушку индуктивностью 1 мкГн и активным сопротивлением 1 Ом. Найдите отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля в контуре в момент максимума тока. [ $W_L/W_C = L/(R^2 C) = 1$ ]
10. В вакууме вдоль оси  $x$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна 10 В/м. Определите амплитуду напряженности магнитного поля волны. [26,5 мА/м]



### Вариант № 3

1. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с магнитной индукцией 2 мТл со скоростью  $5,7 \cdot 10^7$  м/с, движется по окружности. Определите радиус этой окружности. [16,1 см]
2. Рядом с длинным прямым проводом, по которому течет ток 10 А, расположена квадратная рамка. Рамка и провод лежат в одной плоскости. Найдите магнитный поток через рамку, если сторона рамки 80 мм, а ось рамки находится от провода на расстоянии 100 мм. [135,2 нВб]

3. Определите, сколько ампер-витков ( $I \cdot N$ ) потребуется для создания магнитного потока 0,42 мВб в соленоиде с железным сердечником длиной 120 см и площадью поперечного сечения  $3 \text{ см}^2$ ? При решении используйте график  $B = f(H)$ , (см. рис.). [1300 А·в]



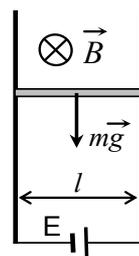
4. Точечный заряд движется со скоростью  $v = 900$  м/с. В некоторый момент в точке наблюдения  $P$  напряженность электрического поля этого заряда  $E = 600$  В/м, а угол  $\alpha$  между векторами  $E$  и  $v$  равен  $60^\circ$ . Найдите индукцию  $B$  магнитного поля для данного заряда в точке  $P$  в этот момент. [ $B = \epsilon_0 \mu_0 v E \sin \alpha = 5,2$  пТл]

5. 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]

6. 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.

$$[C = C_0 - t^2 / (2LC_0) = 1 \cdot 10^{-6} - 500t^2]$$

7. 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:  $E = 2,5$  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.



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

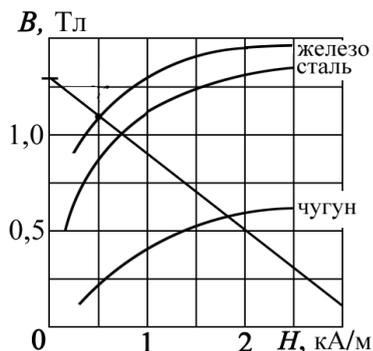
8. Материальная точка совершает колебания по закону:  $x = A \sin(\omega t)$ . В некоторый момент времени смещение точки от положения равновесия  $x_1$  оказалось равным 5 см. Когда фаза колебания увеличилась вдвое, смещение  $x_2$  стало равным 8 см. Найдите амплитуду колебаний. [ $A = 2x_1^2 / \sqrt{4x_1^2 - x_2^2} = 8,3$  см]

9. В колебательном контуре с катушкой индуктивностью 1,5 мГн при изменении емкости конденсатора резонансная частота увеличилась от 2 до 2,5 МГц. Найдите изменение емкости конденсатора? [1,5 пФ]

10. Плоская гармоническая линейно поляризованная электромагнитная волна распространяется в вакууме. Найдите амплитуду напряженности электрической составляющей, если интенсивность электромагнитной волны равна 3 мкВт/м<sup>2</sup>. [47,5 мВ/м]

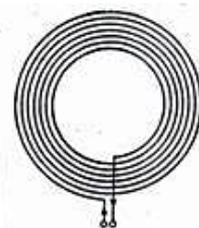
### Вариант № 4

1. Определите магнитную индукцию на оси тонкого проволочного кольца радиусом 10 см в точке, расположенной на расстоянии 20 см от центра кольца, если в центре кольца магнитная индукция равна 50 мкТл. [4,47 мкТл]
2. Плоская квадратная рамка со стороной 20 см лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток 100 А. Рамка расположена так, что ближайшая к проводу сторона рамки параллельна ему и находится на расстоянии 10 см от провода. Определите магнитный поток, пронизывающий рамку. [4,5 мкВб]
3. На железное кольцо намотано в один слой 500 витков провода. Средний диаметр кольца равен 25 см. Определите магнитную индукцию в железе и магнитную проницаемость железа, если сила тока в обмотке 0,5 А. При решении используйте график  $B = f(H)$ , (см.рис.). [1 Тл; 2400]



4. Тонкий провод (с изоляцией) образует плоскую спираль из  $N = 100$  плотно расположенных витков, по которым течет ток  $I = 8$  мА. Радиусы внутреннего и внешнего витков (см. рис.)  $a = 50$  мм,  $b = 100$  мм. Найдите: индукцию магнитного поля в центре спирали; магнитный момент спирали при данном токе.

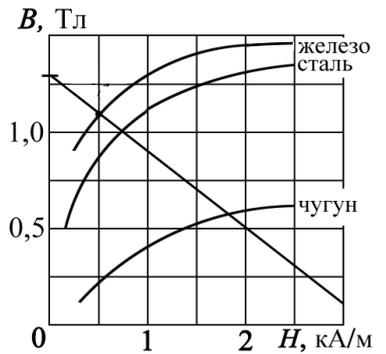
$$\left[ B = \frac{\mu_0 IN \ln(b/a)}{2(b-a)} = 7 \text{ мкТл}; p_m = \pi IN(a^2 + b^2 + ab)/3 = 15 \text{ мА} \cdot \text{м}^2 \right]$$



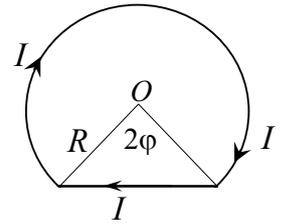
5. Кольцо радиусом 10 см из медной проволоки диаметром 1 мм помещено в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл так, что плоскость кольца перпендикулярна линиям индукции. Кольцо деформируют в квадрат. Какое количество электричества протечет через сечение проволоки? [0,5 Кл]
6. В однородном магнитном 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  $\mathbf{B}$  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. [ $n = IR / (2\pi^2 r^2 B \sin\alpha) = 50 \text{ с}^{-1}$ ]
7. Определите, на какое время  $\Delta t$  будут отставать за сутки ( $t = 24$  ч) маятниковые часы, выверенные на уровне моря, если их поднять на высоту  $h$ , равную 4 км. [ $\Delta t = th/R_3 = 54$  с, где  $R_3$  – радиус Земли]
8. Найдите время, за которое амплитуда колебаний тока в колебательном контуре с добротностью  $Q$  уменьшится в  $n$  раз, если циклическая частота затухающих колебаний равна  $\omega$ . [ $t_0 = 2Q \ln 2 / \omega$ ]
9. В колебательном контуре происходят свободные колебания. Найдите длину волны, на которую настроен контур, если максимальный заряд конденсатора равен 1 мкКл, а максимальный ток 10 А. [188,4 А]
10. В вакууме вдоль оси  $x$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна 10 В/м. Определите амплитуду напряженности магнитного поля волны. [26,5 мА/м]

### Вариант № 5

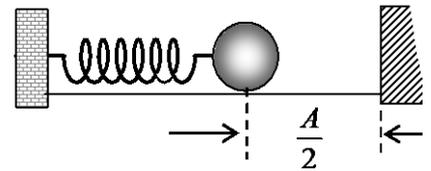
1. Определите индукцию магнитного поля в центре проволочной квадратной рамки со стороной 15 см, если по рамке течет ток силой 10 А. [75,4 мкТл]
2. Плоская квадратная рамка со стороной 20 см лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток. Расстояние провода до середины рамки равно 1 м. Вычислите относительную погрешность, которая будет допущена при расчете магнитного потока, пронизывающего рамку, если поле в пределах рамки считать однородным, а магнитную индукцию – равным ее значению в центре рамки. [0,62 %]
3. На железное кольцо намотано в один слой 500 витков провода. Средний диаметр кольца равен 50 см. Определите магнитную индукцию в железе и магнитную проницаемость железа, если сила тока в обмотке 2,5А. При решении используйте график  $B = f(H)$ , ( см. рис.). [1,25 Тл; 1500]



4. Ток  $I = 5,0$  А течет по тонкому замкнутому проводнику (см. рис.). Радиус изогнутой части проводника  $R = 120$  мм, угол  $2\varphi = 90^\circ$ . Найдите магнитную индукцию в точке  $O$ . [ $B = (\pi - \varphi + \text{tg}\varphi)\mu_0 I / (2\pi R) = 28$  мкТл]
5. 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]
6. 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?  
[  $U \approx U_R = \left( \frac{U_1}{R} - \frac{\Delta I}{\Delta t} t_1 + \frac{\Delta I}{\Delta t} t \right) R = 35$  В, где  $R = \frac{\Delta U}{\Delta I} / \frac{\Delta I}{\Delta t} = 50$  Ом ]



7. Шарик массой  $m = 0,1$  кг совершает синусоидальные колебания на пружине, прикрепленной к стене (см. рис.). Жесткость пружины  $k = 1000$  Н/м. На расстоянии, равном половине амплитуды колебания от положения равновесия, установили плиту, от которой шарик упруго отскакивает. Найдите частоту  $\nu$  колебаний шарика в этом случае. [ $\nu = \frac{3}{4\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 24 \text{ с}^{-1}$ ]



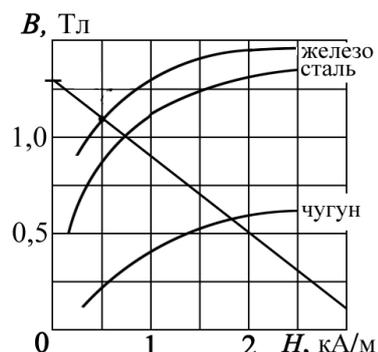
8. Амплитуды смещений вынужденных гармонических колебаний при частотах  $\omega_1$  и  $\omega_2$  равны между собой. Найдите частоту, при которой амплитуда смещения максимальна.  
[  $\omega_{\text{рез}} = \sqrt{(\omega_1^2 + \omega_2^2)}/2 = 510$  Гц ]
9. Колебательный контур имеет емкость  $C$ , индуктивность  $L$  и активное сопротивление  $R$ . Найдите через какое число  $N$  колебаний амплитуда колебаний уменьшится в  $e$  раз. [ $N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{(\omega_0/\beta)^2 - 1}$ ]
10. Плоская электромагнитная волна с частотой  $\nu = 10$  МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью  $\sigma = 10$  См/м и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , равной 9. Найдите отношение амплитуд тока проводимости и тока смещения. [ $\frac{j_{\text{мпр}}}{j_{\text{см}}} = \frac{\sigma}{2\pi\nu\epsilon\epsilon_0} = 2 \cdot 10^3$ ]

### Вариант № 6

1. Ток силой 20 А протекает по бесконечно длинному проводнику, согнутому под прямым углом. Найдите напряженность магнитного поля в точке, лежащей на биссектрисе этого угла и отстоящей от вершины угла на расстоянии 10 см. [77,3 А/м; 13,2 А/м]
2. Вычислите циркуляцию вектора индукции вдоль контура, охватывающего токи 10 А, 15 А, текущие в одном направлении, и ток 20 А, текущий в противоположном направлении. [6,28 мкТл м]
3. Средняя длина железного сердечника тороида 2,5 м, длина воздушного зазора 1 см, число витков в обмотке тороида равно 1000. При токе силой 20 А индукция магнитного поля в воздушном зазоре 1,6 Тл. Найдите магнитную проницаемость железного сердечника при этих условиях. [440]
4. Заряд  $q$  равномерно распределен по объему однородного шара массой  $m$  и радиусом  $R$ , который вращается вокруг оси, проходящей через его центр, с угловой скоростью  $\omega$ . Найдите соответствующий магнитный момент и его отношение к моменту количества движения. [ $p_m = q\omega R^2/5$ ;  $p_m/L = q/(2m)$ ]
5. Плоская горизонтальная фигура площадью 0,1 м<sup>2</sup>, ограниченная проводящим контуром с сопротивлением 5 Ом, находится в однородном магнитном поле. Пока проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось  $z$  медленно и равномерно возрастает от  $B_{1z} = -1,5$  Тл до некоторого конечного значения  $B_{2z}$  по контуру протекает заряд 0,08 Кл. Найдите  $B_{2z}$ . [2,5 Тл]
6. 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]
7. Тело совершает гармонические колебания частотой  $\nu = 2$  Гц и с начальной фазой  $\varphi_0 = \pi/6$ . Определите время, по истечении которого после начала колебаний кинетическая энергия тела будет равна потенциальной. [ $t = \frac{\pi/4 - \varphi_0}{2\pi\nu} = 0,02$  с]
8. Какую мощность потребляет колебательный контур с активным сопротивлением 0,23 Ом при поддержании в нем незатухающих колебаний с амплитудой тока 0,04 А? [0,184 мВт]
9. Цепь, состоящую из последовательно соединенных сопротивления  $R$  и катушки индуктивности с некоторым активным сопротивлением подключили к сети с действующим напряжением  $U$ . Найдите тепловую мощность, выделяемую в катушке, если действующее напряжение на сопротивлении  $R$  и катушке индуктивности равны, соответственно,  $U_1$  и  $U_2$ . [ $P_2 = (U^2 - U_1^2 - U_2^2)/(2R)$ ]
10. Плоская гармоническая линейно поляризованная электромагнитная волна распространяется в вакууме. Амплитуда напряженности электрической составляющей волны  $E_m = 100$  мВ/м, частота  $\nu = 200$  МГц. Найдите средние за период колебания значения: а) модуля плотности тока смещения; б) плотности потока энергии. [а)  $\langle j_{см} \rangle = 4\varepsilon_0\nu E_m = 0,72$  мА/м<sup>2</sup>; б)  $\langle \vec{S} \rangle = \varepsilon_0 c E_m^2 / 2 = 13,2$  мкВт/м<sup>2</sup> ]

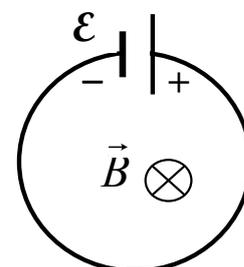
### Вариант № 7

1. Ток силой 20 А, протекая по кольцу из медной проволоки сечением  $1,0 \text{ мм}^2$ , создает в центре кольца напряженность магнитного поля  $178 \text{ А/м}$ . Какая разность потенциалов приложена к концам проволоки, образующей кольцо? [0,12 В]
2. По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью  $2 \text{ МА/м}^2$ . Найдите циркуляцию вектора напряженности вдоль окружности радиусом 5 мм, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол  $30^\circ$  с вектором плотности тока. [78,6 А]
3. Найдите магнитную индукцию в замкнутом железном сердечнике тороида длиной по средней линии 100 см, если число ампер-витков обмотки тороида 1200 А·в. Какова магнитная проницаемость сердечника при этих условиях? При решении используйте график  $B = f(H)$ , (см.рис.). [1,3 Тл; 880]



4. Два параллельных длинных провода с током  $I = 6,0 \text{ А}$  в каждом (токи направлены в одну сторону) удалили друг от друга так, что расстояние между ними стало в  $\eta = 2,0$  раза больше первоначального. Какую работу на единицу длины проводов совершила при этом сила Ампера?  $[A = -\frac{\mu_0 I^2}{2\pi} \ln \eta = -5 \text{ мкДж/м}]$
5. Алюминиевое кольцо расположено в однородном магнитном поле так, что его плоскость перпендикулярна вектору магнитной индукции. Диаметр кольца 25 см, толщина провода 2 мм. Определите скорость изменения индукции магнитного поля со временем, если при этом в кольце возникает индукционный ток 12 А. [1,71 Тл/с]
6. Контур состоит из катушки индуктивностью 28 мкГн, активного сопротивления 1 Ом и конденсатора емкостью 2222 пФ. Какую мощность будет потреблять контур, если в нем поддерживать незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе 5 В? [1 мВт]

7. Плоский контур с источником постоянного тока находится во внешнем однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости контура (см. рис.). 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 мВ.  $[\frac{\Delta P}{P_1} = \left(1 - \frac{S}{E} \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \right) - 1 = 21 \%$ ]



8. Автомобиль массой 1,5 т при движении по ребристой дороге совершает гармонические колебания в вертикальном направлении с периодом 0,3 с и амплитудой 15 см. Определите максимальную силу давления, действующую на каждую из четырех рессор автомобиля. [29 кН]
9. Логарифмический декремент затухания  $\Delta$  камертона, колеблющегося с частотой  $\nu = 100 \text{ Гц}$ , равен 0,002. Через какой промежуток времени амплитуда колебаний возбужденного камертона уменьшится в  $n$  раз ( $n = 100$ )? Во сколько раз изменится при этом энергия колебаний?

$$[t = \ln n / (\Delta \cdot \nu) = 23 \text{ с}; E_0 / E = e^{2 \ln n} = 10^4]$$

10. Найдите наименьшую частоту собственных колебаний в двухпроводной линии, замкнутой с обоих концов, если длина проводов равна 10 м и они погружены в керосин. [10,6 МГц]

### Вариант № 8

1. По длинному вертикальному проводнику сверху вниз течет ток силой 8 А. На каком расстоянии от него напряженность поля, получающаяся при сложении магнитного поля Земли и поля тока, направлена вертикально вверх? Горизонтальная составляющая магнитного поля Земли 16 А/м. [0,08 м]
2. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 0,5 кВ, движется параллельно длинному прямолинейному проводнику, по которому течет ток 10 А, на расстоянии 1 см от него. Определите силу, действующую на электрон. [ $4,24 \cdot 10^{-16}$  Н]
3. Средняя длина железного сердечника тороида 1 м, длина воздушного зазора 1 см. Площадь поперечного сечения сердечника 25 см<sup>2</sup>. Определите, сколько ампер-витков потребуется для создания магнитного потока 1,4 мВб, если магнитная проницаемость материала сердечника 800. [5000 А·в]
4. Постоянный магнит имеет вид кольца с узким зазором между полюсами. Средний диаметр кольца  $d = 20$  см. Ширина зазора  $b = 2,0$  мм, индукция магнитного поля в зазоре  $B = 40$  мТл. Пренебрегая рассеянием магнитного потока на краях зазора, найдите модуль напряженности магнитного поля внутри магнита. [ $H = bB/(\mu_0 \pi d) = 0,1$  кА/м]
5. 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]
6. 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  $B$ . Найдите такую силу тока в рамке, при которой она будет неподвижна в поле тяготения Земли и наклонена к горизонту под углом  $\alpha$ . [ $I = g(m_1 + m_2)/(l_1 \operatorname{tg} \alpha)$ ]
7. Однажды барон Мюнхаузен, путешествуя вдоль Северного полюса, очутился один на отколовшейся плоской льдине площадью  $S$ , равной 5 м<sup>2</sup>. От огорчения он подпрыгнул, и льдина вместе с ним начала колебаться, совершая одно колебание в секунду. Это его сразу успокоило: зная собственную массу  $m$ , равную 80 кг, он тут же определил, что льдина достаточно толстая. Какова толщина  $d$  льдины? Соппротивлением воды при колебаниях пренебречь.

$$[d = \frac{\rho_B g S - m \cdot 4\pi^2 v^2}{4\pi v^2 \rho_L S} = 0,26 \text{ м}]$$

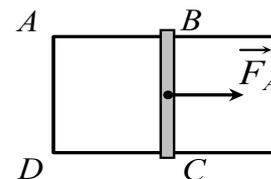
8. В колебательном контуре происходят свободные незатухающие колебания с энергией 5 мДж. Пластины конденсатора медленно раздвинули так, что циклическая частота колебаний увеличилась в 2 раза. Какую работу совершили при этом против электрических сил? [15 мДж]
9. Найдите среднюю мощность электрона, совершающего гармонические колебания с амплитудой  $a = 0,1$  нм и частотой  $\omega = 6,5 \cdot 10^{14}$  с<sup>-1</sup>.

$$[\langle P \rangle = e^2 a^2 \omega^4 / (12\pi \epsilon_0 c^3) = 5 \cdot 10^{-15} \text{ Вт}]$$

10. По прямому проводнику круглого сечения протекает ток  $I$ . Найдите поток вектора Пойнтинга через боковую поверхность данного проводника, имеющего сопротивление  $R$ . [ $S = I^2 R$ ]

### Вариант № 9

1. Два бесконечно длинных прямых проводника расположены параллельно на расстоянии 10 см друг от друга. По проводникам текут токи, равные 5 А, в противоположных направлениях. Найдите модуль напряженности магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 10 см от каждого проводника. [8 А/м]
2. Протон, ускоренный разностью потенциалов 0,5 кВ, влетая в однородное магнитное поле с магнитной индукцией 2 мТл, движется по окружности. Определите радиус этой окружности. [16,1 см]
3. Средняя длина железного сердечника тороида 1 м, длина воздушного зазора 3 мм. Число витков в обмотке тороида 2000. Найдите напряженность магнитного поля в воздушном зазоре при токе силой 1 А в обмотке тороида, если магнитная проницаемость сердечника равна 1000. [500 кА/м]
4. Вдоль длинного тонкостенного круглого цилиндра радиусом  $R = 5,0$  см течет ток  $I = 50$  А. Какое давление испытывают стенки цилиндра? [ $p = \mu_0 I^2 / (8\pi^2 R^2) = 16$  мПа]
5. Под действием силы  $F_A$  легкий тонкий проводник  $BC$  скользит без трения по горизонтальным параллельным шинам (см. рис.) 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]
6. Сила тока в проводнике изменяется по закону  $I = I_m \sin^2 \omega t$ , где  $I_m = 5$  А,  $\omega = 100\pi$  с<sup>-1</sup>. Определите количество электричества, прошедшее через проводник за 2 с. [5 Кл]
7. 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?

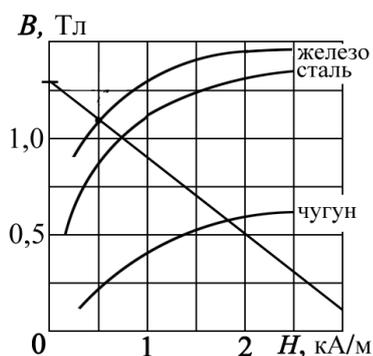


$$Q = \frac{(\pi d^2 B)^2}{16R} \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)$$

8. На горизонтальную мембрану нанесен мелкий песок. Мембрана совершает колебания с частотой  $\nu = 500$  Гц в вертикальной плоскости. Какова амплитуда  $A$  колебаний мембраны, если песчинки подпрыгивают на высоту  $h$ , равную 3 мм по отношению к положению равновесия мембраны? [ $A = \frac{\sqrt{8\pi^2 \nu^2 - g^2}}{4\pi^2 \nu^2} = 0,077$  мм]
9. При увеличении емкости конденсатора колебательного контура на 0,08 мкФ частота колебаний уменьшилась в 1,5 раза. Найдите первоначальную емкость конденсатора, если индуктивность катушки не изменилась. [0,16 мкФ]
10. В вакууме вдоль оси  $x$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля равна 5 мА/м. Определите интенсивность волны. [4,71 мВт/м<sup>2</sup>]

### Вариант № 10

- По проволочной рамке, имеющей форму правильного шестиугольника, протекает ток силой 2 А. При этом в центре рамки напряженность магнитного поля равна 33 А/м. Найдите длину проволоки, из которой изготовлена рамка. [0,2 м]
- По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток силой 10 А. Определите, используя закон полного тока, магнитную индукцию в точке, расположенной на расстоянии 10 см от проводника. [20 мкТл]
- По обмотке соленоида, в который вставлен железный сердечник, течет ток силой 5 А. Соленоид имеет длину 1 м, площадь поперечного сечения 50 см<sup>2</sup> и число витков 500. Определите энергию магнитного поля соленоида. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [8,75 Дж]

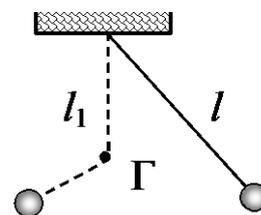


- Определите индукцию магнитного поля в точке  $O$ , если проводник с током  $I$  имеет вид, показанный на рис. Радиус изогнутой части проводника равен  $R$ , прямолинейные участки проводника предполагаются очень длинными. [ $B = \mu_0 I / (4R)$ ]
- Медный куб с длиной ребра 0,1 м скользит по столу с 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]



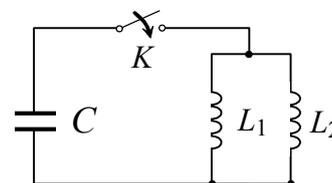
- Катушка сопротивлением 5 Ом имеет 30 витков площадью 2 см<sup>2</sup> и помещена между полюсами электромагнита с индукцией 0,75 Тл. Ось катушки параллельна линиям индукции и соединена с баллистическим гальванометром сопротивлением 45 Ом. Если ток в обмотке электромагнита выключить, то какой заряд протечет по цепи? [90 мкКл]
- Математический маятник длиной  $l = 10$  см совершает колебания вблизи вертикальной стенки, в которую на расстоянии  $l_1 = 6,4$  см вбит гвоздь  $\Gamma$  (см. рис.). Найдите период колебаний такого маятника.

$$[T = \pi(\sqrt{l} + \sqrt{l-l_1})/\sqrt{g} = 0,5 \text{ с}]$$



- В цепи, состоящей из последовательно соединенных источника тока с ЭДС  $\mathcal{E}$ , конденсатора емкостью  $C$ , катушки индуктивности  $L$  и идеального диода  $D$ , ключ  $K$  первоначально разомкнут. Определите напряжение, до которого зарядится конденсатор после замыкания ключа. Диод считается идеальным, если его сопротивление в прямом направлении бесконечно мало, а в обратном бесконечно велико. Индуктивность  $L$  достаточно велика. Внутреннее сопротивление источника тока равно нулю. [2  $\mathcal{E}$ ]

- Заряженный конденсатор емкостью  $C$  через ключ  $K$  подключен к двум параллельно соединенным катушкам с индуктивностью  $L_1$  и  $L_2$  (см. рис.). В начальный момент ключ разомкнут. Максимальный ток, протекающий через катушку  $L_1$ , оказался равным  $I_1$ . Найдите первоначальный заряд на конденсаторе.



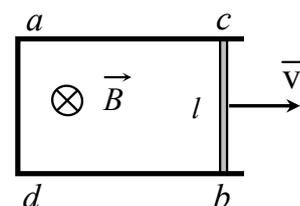
$$[q = I_1[CL_1(L_1 + L_2)/L_2]^{1/2}]$$

- Электромагнитная волна с частотой 360 МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью 4,0. Определите изменение ее длины волны. [- 42 см]

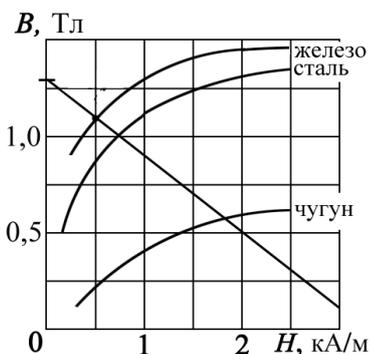
### Вариант № 11

1. Принимая, что электрон в атоме водорода движется по круговой орбите, определите отношение магнитного момента кругового тока к моменту импульса орбитального движения электрона. [87,8 ГКл/кг]
2. Ток течет по полой бесконечно длинной тонкостенной трубе радиусом 5 см и возвращается по сплошному проводнику радиусом 1 мм, расположенному по оси трубы. Сила тока равна 20 А. Определите магнитную индукцию в точке, отстоящей от оси симметрии на расстоянии 10 см. [0]
3. Средняя длина железного сердечника тороида 1 м, длина воздушного зазора 3 мм. Число витков в обмотке тороида 2000. Найдите напряженность магнитного поля в воздушном зазоре при токе силой 1 А в обмотке тороида. Магнитная проницаемость сердечника 500. [400 кА/м]
4. Непроводящая сфера радиусом  $R = 50$  мм, заряженная равномерно с поверхностной плотностью  $\sigma = 10,0$  мкКл/м<sup>2</sup>, вращается с угловой скоростью  $\omega = 70$  рад/с вокруг оси, проходящей через ее центр. Найдите магнитную индукцию в центре сферы. [ $B = 2\mu_0\sigma\omega R/3 = 29$  пТл]

5. По П-образному проводнику постоянного сечения со скоростью  $v = 1$  м/с, скользит проводящая перемычка  $bc$  такого же сечения длиной  $l$  (см. рис.). 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]



6. 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. [1,42 В]

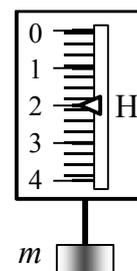


7. К вертикально и горизонтально отклоняющим пластинам осциллографа подключены переменные напряжения  $U_y = a \sin \omega t$  и  $U_x = b \cos 2\omega t$ . Определите траекторию луча на экране осциллографа.

$$[U_x = b(1 - 2U_y^2/a^2)]$$

8. К пружине динамометра на  $F = 4$  Н (расстояние  $x$  между нулевым и четвертым делениями равно 10 см) был подвешен груз массой  $m = 0,1$  кг (см. рис.). Если отвести груз до отметки  $F_1 = 2$  Н, а затем отпустить, то к какому делению  $x_1$  будет ближе всего находиться указатель динамометра через время  $t$ , равное 0,3 с.

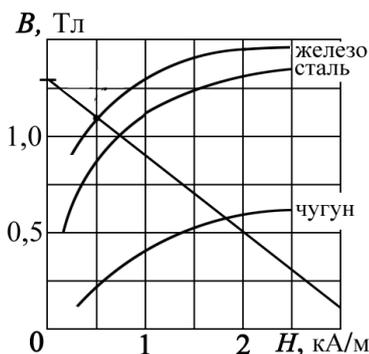
$$[0,049 \text{ м; второе деление}]$$



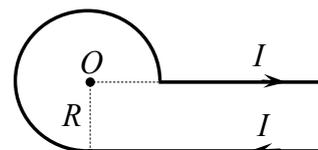
9. Найдите наименьшую частоту собственных колебаний в двухпроводной линии, замкнутой проводящим мостиком на одном из концов, если длина проводов 1 м и они погружены в керосин. [5,3 МГц]
10. В колебательном контуре имеется конденсатор емкостью  $C$ , катушка индуктивностью  $L$ , активное сопротивление  $R$  и ключ. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили, а затем ключ разомкнули. Найдите отношение напряжения  $U_0$  на конденсаторе в начальный момент (сразу после замыкания ключа) к его амплитудному значению  $U_m$ . [ $U_0/U_m = \sqrt{1 - R^2C/(4L)}$ ]

## Вариант № 12

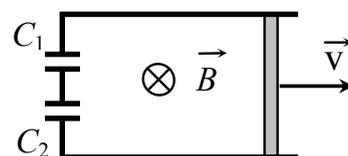
- Определите индукцию магнитного поля в центре проволочной квадратной рамки со стороной 15 см, если по рамке протекает ток силой 5 А. [37,6 мкТл]
- В одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током, равным 20 А, расположена квадратная рамка со стороной, длина которой 10 см, причем две стороны рамки параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей стороны рамки равно 5 см. Определите магнитный поток, пронизывающий рамку. [0,44 мкВб]



- Тороид со стальным сердечником имеет 10 витков на каждый сантиметр длины. Ток в обмотке тороида равен 2 А. Вычислите магнитный поток в сердечнике, если его сечение 4 см<sup>2</sup>. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [0,53 мВб]
- Определите индукцию магнитного поля в точке  $O$ , если проводник с током  $I$  имеет вид, показанный на рис. Радиус изогнутой части проводника равен  $R$ , прямолинейные участки проводника предполагаются очень длинными. [ $B = (1 + 3\pi/2)\mu_0 I / (4\pi R)$ ]

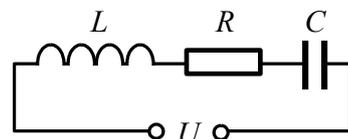


- По двум горизонтальным параллельным проводникам, отстоящим друг от друга на 0,5 м, перемещают с постоянной скоростью 10 м/с проводник-перемычку (см. рис.). Между левыми концами проводников включены последовательно два конденсатора, причем емкость второго в 1,5 раза больше емкости первого. Вся система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

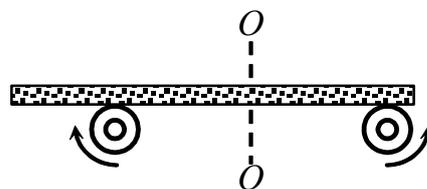


- Рамка вращается в однородном магнитном поле и содержит 100 витков медного провода сечением 0,5 мм<sup>2</sup>. Длина одного витка 0,4 м. Определите действующее значение силы тока в проводнике сопротивлением 5,64 Ом, присоединенном к концам рамки. Максимальная ЭДС, возникающая в рамке, равна 2 В. [0,2 А]

- Под действием постоянного напряжения  $U$  конденсатор емкостью  $C = 10^{-11}$  Ф, входящий в схему, указанную на рис. 6.16, заряжается до заряда  $q = 10^{-9}$  Кл. Индуктивность катушки  $L = 10^{-5}$  Гн, сопротивление резистора  $R = 100$  Ом. Определите амплитуду установившихся колебаний заряда  $q_m$  конденсатора при резонансе, если амплитуда внешнего синусоидального напряжения  $U_0 = U$ . [ $q_m = q \cdot \sqrt{L/(CR^2)} = 0,01$  мкКл]



- На двух вращающихся в противоположные стороны валиках лежит горизонтально доска, как показано на рис. Расстояние  $l$  между осями валиков равно 2 м. Коэффициент трения  $\mu$  между доской и каждым валиком равен 0,1. В начальный момент доска была положена так, что ее центр масс был смещен на некоторое расстояние  $x$  от средней линии  $OO$ . Покажите, что доска будет совершать гармонические колебания и найдите циклическую частоту колебаний.

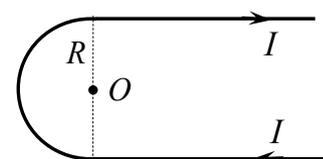
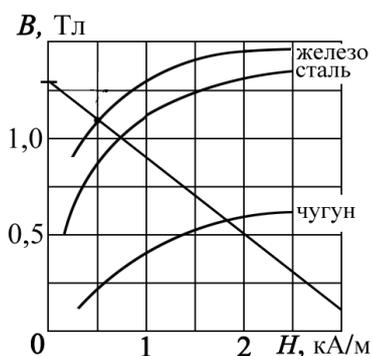


$$[\omega = \sqrt{2\mu g/l} = 1 \text{ с}^{-1}]$$

- В цепь переменного тока последовательно включены активное сопротивление 100 Ом и катушка индуктивностью 555 мГн. Средняя мощность, выделяющаяся за период на активном сопротивлении, равна 18 Вт. Найдите амплитуду напряжения на катушке индуктивности, если циклическая частота равна 300 с<sup>-1</sup>. [100 В]
- Плоская монохроматическая электромагнитная волна распространяется в вакууме вдоль оси  $x$ . Амплитуда напряженности электрического поля волны 5 мВ/м. Какая энергия переносится волной за время 10 мин через площадку, расположенную перпендикулярно оси  $x$ , площадью поверхности 30 см<sup>2</sup>? Период волны  $T \ll t$ . [4,5 мкДж]

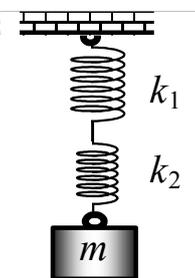
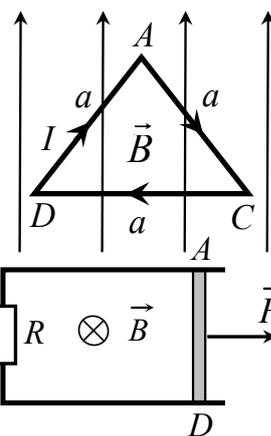
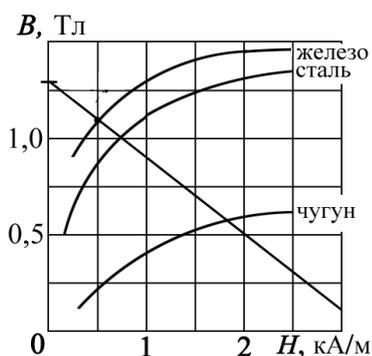
### Вариант № 13

1. Напряженность магнитного поля в центре кругового витка с магнитным моментом  $1,5 \text{ А м}^2$  равна  $150 \text{ А/м}$ . Определите силу тока в витке. [35,1 А]
2. Плоский квадратный контур находится в однородном магнитном поле напряженностью  $100 \text{ кА/м}$ . Сторона квадрата  $10 \text{ см}$ . Определите магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет  $60^\circ$  с линиями индукции. [628 мкВб]
3. Соленоид намотан на чугунное кольцо сечением  $5 \text{ см}^2$ . При силе тока  $1 \text{ А}$  магнитный поток  $250 \text{ мкВб}$ . Определите число витков соленоида, приходящихся на отрезок длиной  $1 \text{ см}$  средней линии кольца. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.) [15 см<sup>-1</sup>]
4. Определите индукцию магнитного поля в точке  $O$ , если проводник с током  $I$  имеет вид, показанный на рис. Радиус изогнутой части проводника равен  $R$ , прямолинейные участки проводника предполагаются очень длинными. [ $B = (2 + \pi)\mu_0 I / (4\pi R)$ ]
5. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  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  $7,5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$ . На какой угол повернули виток? Площадь витка  $10^3 \text{ см}^2$ , сопротивление витка равно  $2 \text{ Ом}$ . [ $120^\circ$ ]
6. 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. [ $Q = a^2 \tau^3 / (3R)$ ]
7. Шарик массой  $50 \text{ г}$  подвешен на пружине с коэффициентом жесткости  $50 \text{ Н/м}$ . Шарик поднимают до такого положения, при котором пружина не напряжена, и отпускают без толчка. Пренебрегая трением и массой пружины, найдите амплитуду возникших колебаний. [1 см]
8. Амплитуда  $A$  результирующего колебания, получающегося при сложении двух одинаково направленных гармонических колебаний одинаковой частоты, обладающих разностью фаз  $\varphi = 60^\circ$ , равна  $6 \text{ см}$ . Определите амплитуду  $A_2$  второго колебания, если  $A_1 = 5 \text{ см}$ .  
[ $A_2 = \frac{-A_1 + \sqrt{4A^2 - 3A_1^2}}{2} = 1,65 \text{ см}$ ]
9. Кипятильник работает от сети переменного тока, амплитуда напряжения которого  $310 \text{ В}$ . При температуре  $293 \text{ К}$  сопротивление спирали кипятильника  $22 \text{ Ом}$ . Температурный коэффициент материала спирали  $0,002 \text{ К}^{-1}$ . Какое количество кипящей воды превратит кипятильник в пар за  $60 \text{ с}$  его работы? [50 г]
10. При увеличении емкости конденсатора колебательного контура на  $0,08 \text{ мкФ}$  частота колебаний уменьшилась в  $1,5$  раза. Найдите первоначальную емкость конденсатора, если индуктивность катушки не изменилась. [0,16 мкФ]



### Вариант № 14

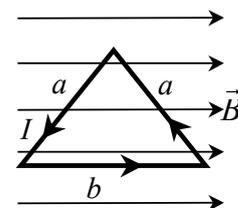
1. По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $120^\circ$ , течет ток силой 50 А. Найдите индукцию магнитного поля в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от его вершины на расстояние 5 см. [ $3,46 \cdot 10^{-4}$  Тл;  $1,15 \cdot 10^{-4}$  Тл]
2. Используя закон полного тока, получите выражение для напряженности магнитного поля внутри соленоида бесконечной длины без сердечника. [ $H = nI$ ]
3. Стальной сердечник тороида, длина которого по средней линии равна 1 м, имеет вакуумный зазор длиной 4 мм. Обмотка содержит 8 витков на 1 см. Определите, при какой силе тока индукция в зазоре будет равна 1 Тл. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [5 А]
4. На непроводящей поверхности лежит проводящая жесткая тонкая рамка в виде равностороннего треугольника  $ADC$  со стороной, равной  $a$  (см. рис.). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции которого перпендикулярен стороне  $CD$  и по модулю равен  $B$ . Какой силы ток  $I$  нужно пропустить по рамке (по часовой стрелке), чтобы она начала приподниматься относительно стороны  $CD$ , если масса рамки  $m$ ? [ $I \geq 2mg/(3aB)$ ]
5. 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 (см. рис.). Какой величины силу нужно приложить к перемычке, чтобы двигать ее с постоянной скоростью 1 м/с? [100 Н]
6. 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  $\alpha$ . [ $I = g(m_1 + m_2)/(l_1 \text{tg} \alpha)$ ]
7. Найдите период  $T$  вертикальных гармонических колебаний тела массой  $m = 1$  кг в системе, изображенной на рис. Жесткость пружин  $k_1 = 300$  Н/м и  $k_2 = 500$  Н/м, масса пружин пренебрежимо мала. [ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}} = 0,46$  с]
8. Контур состоит из катушки индуктивностью 28 мкГн, сопротивления 1 Ом и конденсатора емкостью 2222 пФ. Какую мощность будет потреблять контур, если в нем поддерживать незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе 5 В? [1 мВт]
9. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами площадью  $100 \text{ см}^2$  каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн, резонирует на волну длиной 10 м. Определите расстояние между пластинами конденсатора. [3,14 мм]
10. Плоский воздушный конденсатор, обкладки которого имеют форму дисков радиусом  $R = 10,0$  см, подключен к переменному синусоидальному напряжению с частотой колебания  $\omega = 1000$  рад/с. Найдите отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергии внутри конденсатора. [ $W_H/W_E = \mu_0 \epsilon_0 R^2 \omega^2 / 8 = 1,4 \cdot 10^{-14}$ ]



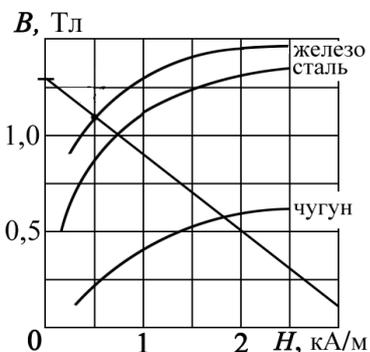
### Вариант № 15

1. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре квадрата? [Увел. в 1,15 раза]

2. Проволочная рамка в виде равнобедренного треугольника со сторонами  $a = 5$  см и основанием  $b = 6$  см находится в магнитном поле в плоскости чертежа (рис. 5.22). Какая сила тока протекает по рамке, если при индукции 2 Тл на рамку действует вращающий момент 2,4 мН·м? [1 А]



3. Определите магнитодвижущую силу, при которой в узком вакуумном зазоре длиной 3,6 мм тороида с железным сердечником, магнитная индукция равна 1,4 Тл. Длина тороида по средней линии равна 0,8 м. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [6,0 кА·в]

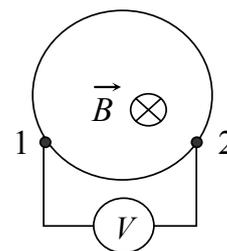


4. Непроводящий диск радиусом  $R = 10$  см несет равномерно распределенный по одной стороне поверхности заряд  $q = 0,2$  мкКл. Диск равномерно вращается с частотой  $n = 20$  с<sup>-1</sup> относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определите: 1) магнитный момент  $p_m$  кругового тока, создаваемого диском; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса ( $p_m/L$ ), если масса  $m$  диска равна 100 г.

$$[1) p_m = qn\pi R^2/2 = 62,8 \text{ нА}\cdot\text{м}^2; 2) p_m/L = q/(2m) = 1 \text{ мкКл/кг}]$$

5. 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]

6. Кольцо из тонкой проволоки сопротивлением  $R$  ограничивает на плоскости круг площадью  $S = 0,1$  м<sup>2</sup>, в пределах которого внешнее магнитное поле однородно. Вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости круга (см. рис., 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  $\Delta B/\Delta t = 0,01$  Тл/с;  $r/R = 10$ . [ $U_V = \frac{S|\Delta B/\Delta t|}{2R/(3r)+3} = 245$  мкВ]



7. Маленький металлический шарик подвешен на нити между горизонтальными пластинами плоского конденсатора. Период его колебаний  $T$  в отсутствие зарядов равен 0,628 с. После того, как конденсатор и шарик были заряжены, период колебаний  $T_1$  стал равным 0,314 с. Каков будет период колебания, если изменить знак заряда шарика на противоположный? [ $T_2 = TT_1/\sqrt{T^2 - 2T_1^2} = 0,44$  с]

8. В колебательном контуре происходят свободные незатухающие колебания с энергией 10 мДж. Пластины конденсатора медленно раздвинули так, что частота колебаний увеличилась в 2 раза. Какую работу совершили при этом против электрических сил? [30 мДж]

9. Длина электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, равна 12 м. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определите максимальный заряд на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока равна 1 А. [6,37 нКл]

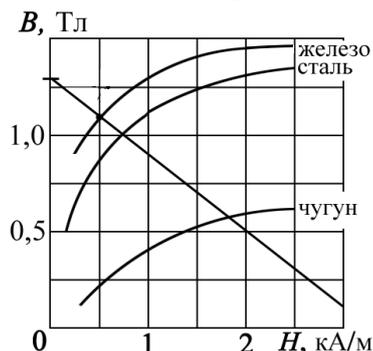
10. Электромагнитная волна с частотой 3,0 МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью, равной 4,0. Найдите приращение ее длины волны. [-50 м]

### Вариант № 16

1. По контуру в виде равностороннего треугольника протекает ток силой 40 А. Длина стороны треугольника равна 30 см. Определите магнитную индукцию в точке пересечения высот.  $[2,4 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}]$

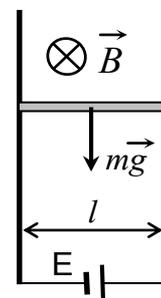
2. В однородном магнитном поле с индукцией 60 Тл находится рамка площадью  $40 \text{ см}^2$ . Сначала рамка располагается перпендикулярно к линиям индукции, затем ее повернули на  $1/8$  оборота. Чему равно изменение магнитного потока, пронизывающего контур?  $[0,07 \text{ Вб}]$

3. В железном сердечнике тороида индукция равна 1,3 Тл. Железный сердечник заменили стальным. Определите, во сколько раз следует изменить силу тока в обмотке тороида, чтобы индукция в сердечнике осталась неизменной. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.).  $[B \text{ 2 раза}]$



4. Тонкостенная металлическая сфера радиусом  $R = 10 \text{ см}$  несет равномерно распределенный по поверхности заряд  $q = 3 \text{ мкКл}$ . Сфера равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega = 10 \text{ рад/с}$  относительно оси, проходящей через ее центр. Определите: 1) магнитный момент  $p_m$  кругового тока, создаваемый сферой; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса ( $p_m/L$ ), если масса  $m$  сферы равна 100 г.  $[1) p_m = q\omega R^2/3 = 0,1 \text{ мкА} \cdot \text{м}^2$ ;  $2) p_m/L = q/(2m) = 15 \text{ мкКл/кг}]$

5. Горизонтальный проводник массой  $m = 50 \text{ г}$  и сопротивлением  $R = 1 \text{ Ом}$  может скользить по двум вертикальным проводящим стержням. Стержни разнесены на расстояние  $l = 1 \text{ м}$  друг от друга и соединены снизу источником тока, ЭДС которого равна:  $E = 2,5 \text{ В}$  (рис. 6.23). Перпендикулярно плоскости движения приложено постоянное однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,2 \text{ Тл}$ . Чему равна установившаяся скорость  $v$  движения проводника? Сопротивлением стержня и источника тока, а также трением пренебrecь. Система находится в поле тяготения Земли.

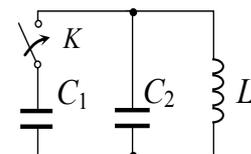


$$\left[ v = \frac{E}{Bl} - \frac{mgR}{B^2 l^2} = 0,25 \text{ м/с} \right]$$

6. Два одинаковых небольших шарика, имеющих одинаковые заряды  $q = 400 \text{ нКл}$ , соединены легкой пружиной и находятся на гладкой горизонтальной поверхности. Шарики колеблются так, что расстояние между ними изменяется от  $x_1 = 2 \text{ см}$  до  $x_2 = 8 \text{ см}$ . Найдите жесткость пружины, если ее длина  $x_0$  в свободном состоянии равна 4 см. Пружина не заряжена и электроизолирована от шариков.

$$\left[ k = \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 x_1 x_2 (x_1 + x_2 - 2x_0)} = 90 \text{ Н/м} \right]$$

7. В электрической цепи (рис. 6.19)  $C_1 = C_2 = 0,01 \text{ мкФ}$ . 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 пренебrecь.  $[7 \text{ А}]$



8. В колебательном контуре с катушкой индуктивностью 1,5 мГн при изменении емкости конденсатора резонансная частота увеличилась от 2 до 2,5 МГц. На какую величину изменилась емкость конденсатора?  $[1,5 \text{ пФ}]$

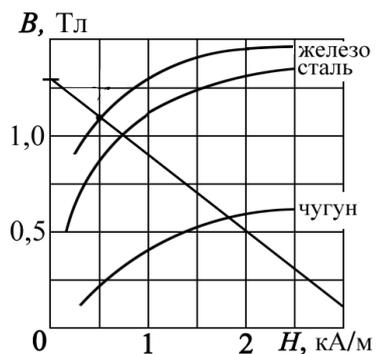
9. Ток, протекающий по обмотке длинного прямого соленоида, достаточно медленно увеличивают. Покажите, что скорость возрастания энергии магнитного поля соленоида равна потоку вектора Пойнтинга через его боковую поверхность.

10. В изотропной среде с показателем преломления  $n = 1,5$  распространяется плоская электромагнитная волна (векторы  $E$  и  $H$  известны) с частотой  $\omega = 10^5 \text{ с}^{-1}$ . Получите выражение для волнового вектора  $k$  и найдите его модуль.

$$\left[ \vec{k} = \frac{2\pi n}{c} \hat{i}; k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1} \right]$$

### Вариант № 17

1. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, протекает ток силой 60 А. Длины сторон прямоугольника равны 30 см и 40 см. Определите магнитную индукцию в точке пересечения диагоналей. [ $2 \cdot 10^{-4}$  Тл]
2. Ток течет по полой бесконечно длинной тонкостенной трубе радиусом 5 см и возвращается по сплошному проводнику радиусом 1 мм, расположенному по оси трубы. Сила тока равна 20 А. Определите магнитную индукцию в точке, отстоящей от оси симметрии системы на расстоянии 10 см. [0]
3. Обмотка тороида, имеющего стальной сердечник с узким вакуумным зазором, содержит 1000 витков. По обмотке течет ток силой 1 А. Определите, при какой длине вакуумного зазора индукция магнитного поля в нем будет равна 0,5 Тл? Длина тороида по средней линии равна 1 м. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [1,5 мм]



4. Сплошной шар радиусом  $R = 10$  см несет заряд  $q = 200$  нКл. Шар равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega = 10$  рад/с относительно оси, проходящей через центр шара. Определите: 1) магнитный момент  $p_m$  кругового тока, создаваемый вращением шара; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса ( $p_m/L$ ), если масса  $m$  шара равна 10 кг.

$$[1) p_m = q\omega R^2/5 = 1,57 \text{ нА} \cdot \text{м}^2; 2) p_m/L = q/(2m) = 10 \text{ нКл/кг}]$$

5. 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]
6. 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? [ $v = qB(l^2 + r^2)/(2mr)$ ]
7. Найдите круговую частоту гармонических колебаний частицы, если на расстояниях  $x_1 = 1$  см и  $x_2 = 2$  см от положения равновесия ее скорость, соответственно, равна:  $v_1 = 10$  см/с и  $v_2 = 6$  см/с.

$$[\omega = \sqrt{(v_1^2 - v_2^2)/(x_2^2 - x_1^2)} = 4,5 \text{ с}^{-1}]$$

8. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора 2,5 нКл. В некоторый момент времени заряд конденсатора 1,5 нКл. Найдите силу тока в катушке в этот момент. [4 мА]
9. Зависимость напряжения на обкладках конденсатора емкостью  $2,6 \cdot 10^{-2}$  мкФ в колебательном контуре изменяется по закону  $U(t) = 10 \cdot \cos(2 \cdot 10^3 \pi t)$ , где  $U$  – в вольтах,  $t$  – в секундах. Найдите индуктивность катушки контура. [1 Гн]
10. При передаче видеосигналов в системе телевидения за 1 с передается 25 различных кадров, каждый из которых разбивается на 625 строк по 833 элемента в каждой строке. Какой должна быть несущая частота, на которой передаются видеосигналы? Объясните, почему надежный прием телевизионных передач возможен только в пределах прямой видимости между приемной и передающей антенной. [ $\approx 100$  МГц]

### Вариант № 18

1. Два параллельных бесконечно длинных провода, по которым течет ток в одном направлении силой 60 А, расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Определите индукцию магнитного поля в точке, отстоящей от одного проводника на расстоянии 5 см и от другого – на расстоянии 12 см. [286 мкТл]

2. Ток течет по поверхности длинной металлической трубы радиусом  $R$ . Найдите индукцию магнитного поля  $B(r)$ , где  $r$  – расстояние от оси трубы. Построить график зависимости  $B(r)$ .

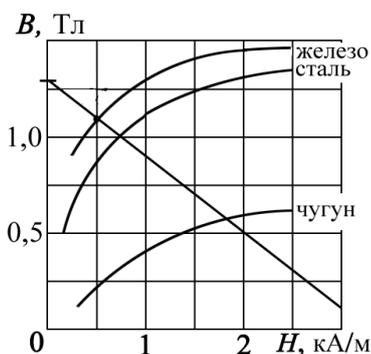
$$[B = 0 \text{ при } r \leq R; B = \mu_0 I / (2\pi r) \text{ при } r \geq R]$$

3. Индукция магнитного поля в железном сердечнике 1,2 Тл. Определите магнитную проницаемость сердечника. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [1270]

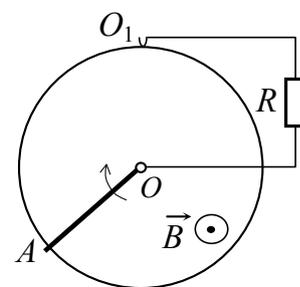
4. Определите магнитную индукцию  $B$  короткой катушки длиной  $L = 20$  см, содержащей  $N = 250$  витков, в точке, лежащей на оси катушки на расстоянии  $l_1 = 3$  см от ее конца. Радиус катушки  $R = 10,0$  см. Сила тока в катушке  $I = 1$  А.

$$[B = \frac{\mu_0 n I}{2} \left( -\frac{L-l_1}{\sqrt{R^2 + (L-l_1)^2}} + \frac{l_1}{\sqrt{R^2 + l_1^2}} \right) = 680 \text{ мТл}]$$

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



6. Тяжелый шарик, подвешенный на нити длиной  $l = 1$  м, описывает окружность в горизонтальной плоскости (конический маятник). Найдите период  $T$  обращения шарика, если маятник находится в лифте, движущемся с ускорением  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>, направленным вниз. Нить с вертикальным направлением составляет угол  $\alpha = 60^\circ$ . [  $T = 2\pi \sqrt{l \cos \alpha / (g - a)} = 2$  с ]

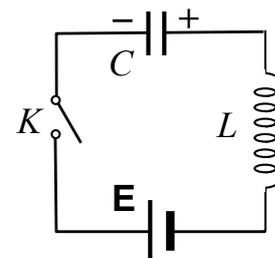


7. Максимальное напряжение в колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью 5 мкГн и конденсатора емкостью 13330 пФ, равно 1,2 В. Активным сопротивлением контура пренебречь. Определите максимальный магнитный поток, если число витков в катушке 28. [11 нВб]

8. За какое время в колебательном контуре теряется 99 % энергии, если он содержит катушку индуктивностью 2 мГн и конденсатор емкостью 0,75 мкФ? Логарифмический декремент затухания равен 0,01. [56,5 мс]

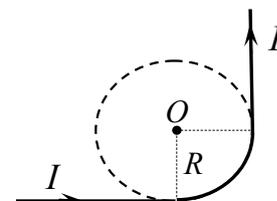
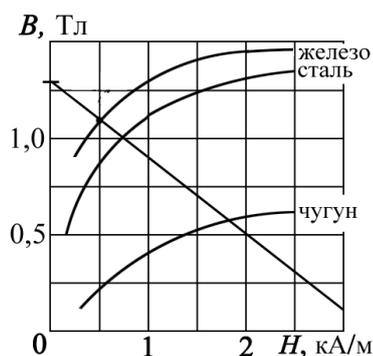
9. Во сколько раз следует увеличить мощность передатчика для увеличения в 3 раза дальности радиосвязи? Считать, что при начальном расстоянии принимаемый сигнал был равен пороговой чувствительности приемника. [9]

10. В изображенной на рис. схеме ЭДС батареи  $E = 10$  В, емкость конденсатора  $C = 2$  мкФ, индуктивность катушки неизвестна. При разомкнутом ключе  $K$  конденсатор заряжен до напряжения  $U_0 = 0,5E$ . Пренебрегая омическим сопротивлением цепи, определите максимальный заряд  $q_m$  на конденсаторе после замыкания ключа. [  $q_m = 3CE/2 = 30$  мкКл ]



### Вариант № 19

- По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 20 А и 30 А в одном направлении. Расстояние между проводами равно 10 см. Найдите магнитную индукцию в точке, удаленной от обоих проводников на одинаковое расстояние 10 см. [87,2 мкТл]
- Плоский квадратный контур находится в однородном магнитном поле напряженностью 79,6 кА/м. Сторона квадрата 4 см. Определите магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет  $45^\circ$  с линиями индукции. [113 мкВб]
- Железный сердечник длиной 0,5 м малого сечения ( $d \ll l$ ) содержит 400 витков. Определите магнитную проницаемость железа при силе тока 1 А. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [1250]
- Электрический ток  $I$  протекает по длинному проводу, изогнутому так, как показано на рис. Найдите значение магнитной индукции  $B$  в центре окружности (радиус окружности  $R$ ).
- 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]
- 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]
- Тело массой  $m$ , подвешенное на невесомой пружине, совершает вынужденные колебания с амплитудой  $a$  и частотой  $\omega$ . Собственная частота колебаний равна  $\omega_0$ . Найдите среднюю за период механическую энергию данного осциллятора. [ $\langle E \rangle = \frac{ma^2}{4}(\omega_0^2 + \omega^2)$ ]
- В лабораторной работе исследуются две колебательные системы - пружинный маятник и колебательный контур. В ходе работы было установлено, что период  $T_2$  колебаний кинетической энергии груза пружинного маятника вдвое меньше периода  $T_4$  колебаний энергии магнитного поля катушки индуктивности в колебательном контуре. Определите по этим данным отношение частоты  $\nu_1$  колебаний смещения груза пружинного маятника к частоте  $\nu_3$  колебаний заряда на обкладках конденсатора в колебательном контуре. [2]
- В процессе колебаний в идеальном колебательном контуре в момент времени  $t$  заряд конденсатора равен 4 нКл, а сила тока в катушке 3 мА. Период колебаний равен  $6,3 \cdot 10^{-6}$  с. Найдите амплитуду колебаний заряда. [5 нКл]
- Нерелятивистские протоны, ускоренные разностью потенциалов  $U$ , образуют пучок круглого сечения с током  $I$ . Найдите модуль и направление вектора Пойнтинга вне пучка на расстоянии  $r$  от него.



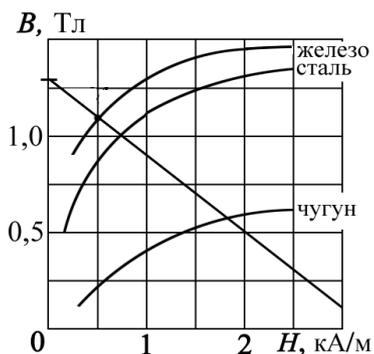
$$[S = \frac{I^2}{4\pi^2 \epsilon_0^2 r^2} \sqrt{\frac{m}{2eU}}]$$

### Вариант № 20

1. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами равно 20 см. Найдите магнитную индукцию в точке, находящейся от первого проводника на расстоянии 25 см и на расстоянии 40 см от второго. [21,2 мкТл]

2. По бесконечной проводящей поверхности, лежащей в плоскости  $x = 0$ , течет ток с постоянной поверхностной плотностью  $j$ . Определите индукцию магнитного поля, создаваемого этим током. [ $B = \mu_0 j / 2$ ]

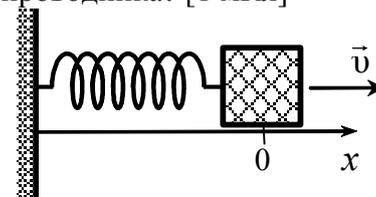
3. Между полюсами электромагнита требуется создать магнитное поле с индукцией 1,4 Тл. Длина железного сердечника 40 см, длина межполюсного пространства 1 см, диаметр сердечника 5 см. Какую ЭДС надо взять для питания обмотки электромагнита, используя медную проволоку площадью поперечного сечения 1 мм<sup>2</sup>. При решении используйте график  $B = f(H)$  (см. рис.). [31 В]



4. Обмоткой длинного соленоида с радиусом сечения  $R = 2,5$  см служит тонкая лента-проводник шириной  $h = 2,0$  см, намотанная в один слой практически вплотную. По ленте течет ток  $I = 5,0$  А. Найдите индукцию магнитного поля внутри соленоида как функцию расстояния  $r$  ( $r < R$ ) от его оси. [ $B(r < R) = \frac{\mu_0 I}{h} \sqrt{1 - h^2 / (2\pi R)^2} = 0,3$  мТл]

5. 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]

6. Тело массой 1 кг скользит по идеальному горизонтальному полу и растягивает пружину, с помощью которой он прикреплен к стене (см. рис.). Найдите наибольшее ускорение тела, если при нерастянутой пружине его скорость  $v$  равна 2 м/с. Жесткость пружины 0,25 Н/м.



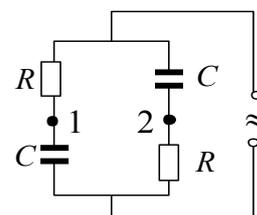
$$[a_{\max} = v \sqrt{k/m} = 1 \text{ м/с}^2]$$

7. Определите логарифмический декремент, при котором энергия колебательного контура за 5 полных колебаний уменьшается в 8 раз. [0,2]

8. Катушка индуктивностью  $L = 0,70$  Гн и активным сопротивлением  $r = 20$  Ом соединена последовательно с безындукционным сопротивлением  $R$ , и между концами этой цепи приложено переменное напряжение с действующим значением  $U = 220$  В и частотой  $\omega = 314 \text{ с}^{-1}$ . При каком значении сопротивления  $R$  в цепи будет выделяться максимальная тепловая мощность? Чему она равна?

$$[R = \omega L - r = 0,20 \text{ кОм}; P_{\max} = U^2 / (2\omega L) = 0,11 \text{ кВт}]$$

9. Из двух резисторов сопротивлением  $R = 2$  кОм каждый и двух одинаковых конденсаторов емкостью  $C = 2$  мкФ собрана электрическая цепь, которая подключена к сети переменного тока с амплитудой напряжения 220 В (см. рис.). Найдите амплитуду колебаний напряжения между точками 1 и 2 и амплитуду колебаний силы тока в подводящей цепи. Частота тока 50 Гц. Сопротивление источника равно нулю. [220 В; 0,2 А]



10. Найдите модуль напряженности магнитного поля плоской электромагнитной волны, выразив его через модуль вектора Пойнтинга  $S = 3$  мкВт/м<sup>2</sup> и диэлектрическую проницаемость  $\epsilon = 4$  ( $\mu = 1$ ).

$$[H_m = \sqrt{S} \cdot \sqrt{\epsilon \epsilon_0 / \mu_0} = 126 \text{ мкА/м}]$$