

## Задачи 4001-4200. Магнитное поле.

- 4001.** Два бесконечно длинных прямых проводника скрещены под прямым углом. По проводникам текут токи силой  $I_1 = 100$  А и  $I_2 = 50$  А. Расстояние между проводниками  $d = 20$  см. Определить индукцию  $B$  магнитного поля в точке, лежащей на середине общего перпендикуляра к проводникам.
- 4002.** По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $\alpha = 120^\circ$ , течет ток  $I = 50$  А. Найти магнитную индукцию  $B$  в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины его на расстояние  $a = 5$  см.
- 4003.** По контуру в виде равностороннего треугольника течет ток силой  $I = 50$  А. Сторона треугольника  $a = 20$  см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке пересечения высот.
- 4004.** По проводнику, согнутому в виде прямоугольника со сторонами  $a = 8$  см и  $b = 12$  см, течет ток силой  $I = 50$  А. Определить напряженность  $H$  и индукцию  $B$  магнитного поля в точке пересечения диагоналей прямоугольника.
- 4005.** Принимая, что электрон в атоме водорода вращается по круговой орбите радиусом  $0,53 \cdot 10^{-8}$  см, определить индукцию магнитного поля в центре орбиты. Частота вращения электрона вокруг ядра  $6,6 \cdot 10^{15}$  с $^{-1}$ .
- 4006.** Определить максимальную магнитную индукцию  $B_{\max}$  поля, создаваемого электроном, движущимся прямолинейно со скоростью  $v = 10$  Мм/с, в точке, отстоящей от траектории на расстоянии  $d = 1$  нм.
- 4007.** По трем длинным прямым проводам, расположенным в одной плоскости, параллельно друг другу на расстоянии 3 см друг от друга текут однонаправленные токи  $I_1 = I_2$  и  $I_3 = I_1 + I_2$ . Определить положение прямой, перпендикулярной плоскости, в которой лежат провода, в каждой точке которой индукция магнитного поля, создаваемого токами, равна нулю.
- 4008.** По двум одинаковым круговым виткам радиусом 5 см, плоскости которых взаимно перпендикулярны, а центры совпадают, текут одинаковые токи 2 А. Найти индукцию магнитного поля в центре витков.
- 4009.** Проволочный виток радиусом  $R = 25$  см расположен в плоскости магнитного меридиана. В центре установлена небольшая магнитная стрелка, способная вращаться вокруг вертикальной оси. На какой угол отклонится стрелка, если по витку пустить ток силой  $I = 15$  А? Горизонтальную составляющую индукции земного магнитного поля принять равной  $B = 20$  мкТл.
- 4010.** Магнитная стрелка помещена в центре кругового витка, плоскость которого расположена вертикально и составляет угол  $\varphi = 30^\circ$  с плоскостью магнитного меридиана. Радиус витка  $R = 20$  см. Определить угол, на который повернется магнитная стрелка, если по проводнику пойдет ток силой  $I = 25$  А (дать два ответа). Горизонтальную составляющую индукции земного магнитного поля принять равной  $B = 20$  мкТл.
- 4011.** По двум длинным параллельным проводам, расстояние между которыми  $d = 5$  см, текут одинаковые токи  $I = 10$  А. Определить индукцию  $B$  и напряженность  $H$  магнитного поля, в точке, удаленной от каждого провода на расстояние  $r = 5$  см, если токи текут: а) в одинаковом направлении; б) в противоположных направлениях.
- 4012.** Расстояние  $d$  между двумя длинными параллельными проводами равно 5 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи  $I = 30$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 4$  см от одного и  $r_2 = 3$  см от другого провода.
- 4013.** По проводнику, изогнутому в виде окружности, течет ток. Напряженность магнитного поля в центре окружности  $H_1 = 50$  А/м. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Определить напряженность  $H_2$  магнитного поля в точке пересечения диагоналей этого квадрата.
- 4014.** По тонкому проводящему кольцу радиусом  $R = 10$  см течет ток  $I = 80$  А. Найти положение точки, лежащей на оси кольца, магнитная индукция  $B$  в которой максимальна.
- 4015.** На концах проволочного кольца радиусом  $R = 20$  см и сопротивлением  $r = 12$  Ом разность потенциалов  $U = 3,6$  В. Определить индукцию магнитного поля в центре кольца.
- 4016.** По кольцу из медной проволоки с площадью сечения  $1$  мм $^2$  протекает ток 10 А. К концам кольца приложена разность потенциалов 0,15 В. Найти индукцию магнитного поля в центре кольца.
- 4017.** Индукция  $B$  магнитного поля в центре проволочного кольца с радиусом  $R = 20$  см, по которому течет ток, равна 4 мкТл. Найти разность потенциалов на концах кольца, если его сопротивление  $r = 3,14$  Ом.
- 4018.** Из медной проволоки длиной  $\ell = 6,28$  м и площадью поперечного сечения  $S = 0,5$  мм $^2$  сделано кольцо. Чему равна индукция магнитного поля в центре кольца, если на концах проволоки разность потенциалов  $U = 3,4$  В.

**4019.** Соленоид намотан из проволоки сопротивлением  $r = 32 \text{ Ом}$ . При напряжении на концах проволоки  $U = 3,2 \text{ В}$  индукция внутри соленоида  $B = 628 \text{ мкТл}$ . Определить число витков соленоида на единицу длины.

**4020.** Найти индукцию магнитного поля соленоида, если он намотан в один слой из проволоки диаметром  $d = 0,8 \text{ мм}$  с сопротивлением  $r = 10 \text{ Ом}$  и напряжением на концах его обмотки  $U = 10 \text{ В}$ .

**4021.** Требуется изготовить соленоид длиной  $20 \text{ см}$  и диаметром  $5 \text{ см}$ , создающий на своей оси магнитную индукцию  $1,26 \text{ мТл}$ . Найти разность потенциалов, которую надо приложить к концам обмотки соленоида. Для обмотки применяют медную проволоку диаметром  $0,5 \text{ мм}$ .

**4022.** Два параллельных проводника с одинаковыми токами находятся на расстоянии  $8,7 \text{ см}$  друг от друга и притягиваются с силой  $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$ . Определить силу тока в проводниках, если длина каждого из них  $320 \text{ см}$ , а токи направлены в одну сторону.

**4023.** По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии  $d = 20 \text{ см}$  друг от друга, текут токи одинаковой силы  $I = 400 \text{ А}$ . В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу  $F$ , действующую на единицу длины каждого провода.

**4024.** В однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,04 \text{ Тл}$  поместили прямой провод длиной  $\ell = 15 \text{ см}$ . Найти силу тока в проводе, если направление тока образует угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением индукции поля и на провод действует сила  $F = 10,3 \text{ мН}$ .

**4025.** Как изменится сила, действующая на проводник с током в однородном магнитном поле, если угол между направлениями поля и тока изменится с  $\alpha_1 = 30^\circ$  до  $\alpha_2 = 60^\circ$ .

**4026.** По тонкому проводу в виде кольца радиусом  $R = 20 \text{ см}$  течет ток  $I = 100 \text{ А}$ . Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией  $B = 20 \text{ мТл}$ . Найти силу  $F$ , растягивающую кольцо.

**4027.** Какой силы ток следует пропустить по двум длинным параллельным проводам, чтобы между проводами действовала сила  $F = 0,2 \text{ мН}$  на каждый метр длины. Расстояние между проводами  $d = 40 \text{ см}$ .

**4028.** По двум длинным параллельным проводам текут токи  $I_1 = 5 \text{ А}$  и  $I_2 = 3 \text{ А}$ . Расстояние между проводами  $r_1 = 10 \text{ см}$ . Определить силу взаимодействия, приходящуюся на единицу длины проводов. Как изменится эта сила если провода раздвинуть на расстояние  $r_2 = 30 \text{ см}$ ?

**4029.** Квадратная проволочная рама расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи силой  $I = 200 \text{ А}$ . Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном ее длине.

**4030.** Алюминиевый провод, площадь поперечного сечения которого  $1 \text{ мм}^2$ , подвешен в горизонтальной плоскости перпендикулярно магнитному меридиану, по нему течет ток (с запада на восток) силой  $1,6 \text{ А}$ . 1) Какую долю от силы тяжести провода составляет сила, действующая на него со стороны земного магнитного поля? 2) На сколько уменьшится сила тяжести  $1 \text{ м}$  провода вследствие этой силы? Горизонтальная составляющая земного магнитного поля  $20 \text{ мкТл}$ .

**4031.** Прямой провод длиной  $\ell = 40 \text{ см}$ , по которому течет ток силой  $I = 100 \text{ А}$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5 \text{ Тл}$ . Какую работу  $A$  совершат силы, действующие на провод со стороны поля, переместив его на расстояние  $s = 40 \text{ см}$ , если направление перемещения перпендикулярно линиям индукции и проводу?

**4032.** В однородном магнитном поле, индукция которого равна  $0,5 \text{ Тл}$ , движется равномерно проводник длиной  $10 \text{ см}$ . По проводнику течет ток силой  $2 \text{ А}$ . Скорость движения проводника  $20 \text{ см/с}$  и направлена перпендикулярно направлению магнитного поля. Найти: 1) работу перемещения проводника за  $10 \text{ с}$  движения, 2) мощность, затраченную на это движение.

**4033.** Прямой провод длиной  $\ell = 10 \text{ см}$  помещен в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1 \text{ Тл}$ . Концы его замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление  $R$  всей цепи равно  $0,4 \text{ Ом}$ . Какая мощность  $P$  потребуется для того, чтобы двигать провод перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $v = 20 \text{ м/с}$ ?

**4034.** В однородном магнитном поле, индукция которого  $1 \text{ Тл}$ , движется равноускоренно прямой проводник длиной  $20 \text{ см}$ , по которому течет ток  $2 \text{ А}$ . Начальная скорость проводника равна  $15 \text{ см/с}$  и направлена перпендикулярно вектору индукции. Ускорение проводника  $10 \text{ см/с}^2$ . Найти работу перемещения проводника за  $5 \text{ с}$ .

**4035.** Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии  $5 \text{ см}$  друг от друга. По проводникам текут токи  $10$  и  $20 \text{ А}$ . Какую работу, отнесенную к единице длины проводника, надо совершить, чтобы увеличить расстояние между проводниками до  $10 \text{ см}$ , если токи имеют одинаковое направление?

**4036.** Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на некотором расстоянии друг от друга. По проводникам текут одинаковые токи в одном направлении. Найти токи по проводникам, если известно, что для того, чтобы раздвинуть эти проводники на вдвое большее расстояние, пришлось совершить работу (на единицу длины проводников)  $A_{\ell} = 55 \text{ мкДж/м}$ .

**4037.** Квадратный контур со стороной  $a = 1,0 \text{ см}$ , в котором течет ток силой  $I = 6 \text{ А}$ , находится в магнитном поле с индукцией  $B = 0,8 \text{ Тл}$  под углом  $\alpha = 50^\circ$  к линиям индукции. Какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы при неизменной силе тока в контуре изменить его форму с квадрата на окружность?

**4038.** В однородном магнитном поле, индукция которого равна  $2 \text{ Тл}$  и направлена под углом  $30^\circ$  к вертикали, вертикально вверх движется прямой проводник массой  $2 \text{ кг}$ , по которому течет ток  $4 \text{ А}$ . Через  $3 \text{ с}$  после начала движения проводник имеет скорость  $10 \text{ м/с}$ . Определить длину проводника.

**4039.** Напряженность  $H$  магнитного поля в центре кругового витка равна  $500 \text{ А/м}$ . Магнитный момент витка  $p_m = 6 \text{ А}\cdot\text{м}^2$ . Вычислить силу тока  $I$  в витке и радиус  $R$  витка.

**4040.** Очень короткая катушка содержит  $N = 1000$  витков тонкого провода. Катушка имеет квадратное сечение со стороной длиной  $a = 10 \text{ см}$ . Найти магнитный момент  $p_m$  катушки при силе тока  $I = 1 \text{ А}$ .

**4041.** По кольцу радиусом  $R$  течет ток. На оси кольца на расстоянии  $d = 1 \text{ м}$  от его плоскости магнитная индукция  $B = 10 \text{ нТл}$ . Определить магнитный момент  $p_m$  кольца с током. Считать  $R$  много меньшим  $d$ .

**4042.** Катушка гальванометра, состоящая из  $N = 400$  витков тонкой проволоки, намотанной на прямоугольный каркас длиной  $\ell = 3 \text{ см}$  и шириной  $b = 2 \text{ см}$ , подвешена на нити в магнитном поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$ . По катушке течет ток  $I = 0,1 \text{ мА}$ . Найти вращающий момент  $M$ , действующий на катушку гальванометра, если плоскость катушки: а) параллельна направлению магнитного поля, б) перпендикулярна направлению магнитного поля.

**4043.** Короткая катушка площадью поперечного сечения  $S = 250 \text{ см}^2$ , содержащая  $N = 500$  витков провода, по которому течет ток силой  $I = 5 \text{ А}$ , помещена в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 1000 \text{ А/м}$ . Найти: 1) магнитный момент  $p_m$  катушки; 2) вращающий момент  $M$ , действующий на катушку, если ось катушки составляет угол  $\varphi = 30^\circ$  с линиями поля.

**4044.** Виток диаметром  $d = 10 \text{ см}$  может вращаться около вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров витка. Виток установили в плоскости магнитного меридиана и пустили по нему ток силой  $I = 40 \text{ А}$ . Какой вращающий момент  $M$  нужно приложить к витку, чтобы удержать его в начальном положении? Горизонтальную составляющую индукции  $B_r$  магнитного поля Земли принять равной  $20 \text{ мкТл}$ .

**4045.** Рамка с площадью  $S = 6 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 3 \text{ мТл}$ . Определить максимальный вращающий момент, действующий на рамку, если в ней течет ток силой  $I = 2 \text{ А}$ .

**4046.** Определить площадь короткой катушки, имеющей  $N = 100$  витков тонкого провода, если при токе  $I = 0,8 \text{ А}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 5 \text{ мТл}$  максимальный вращающий момент действующий на катушку, составляет  $M = 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}$

**4047.** Виток радиусом  $R = 20 \text{ см}$ , по которому течет ток силой  $I = 50 \text{ А}$ , свободно установился в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 10^3 \text{ А/м}$ . Виток повернули относительно диаметра на угол  $\varphi = 30^\circ$ . Определить совершенную работу  $A$ .

**4048.** На оси контура с током, магнитный момент которого  $p_m = 0,2 \text{ А}\cdot\text{м}^2$ , находится другой такой же контур. Магнитный момент второго контура перпендикулярен оси. Вычислить механический момент  $M$ , действующий на второй контур. Расстояние между контурами  $r = 100 \text{ см}$ . Размеры контуров малы по сравнению с расстоянием между ними.

**4049.** Тонкое кольцо радиусом  $R = 20 \text{ см}$  несет равномерно распределенный заряд  $Q = 40 \text{ нКл}$ . Кольцо вращается относительно оси, совпадающей с одним из диаметров кольца, с частотой  $n = 20 \text{ с}^{-1}$ . Определить: 1) магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением заряженного кольца; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса ( $p_m/L$ ), если кольцо имеет массу  $m = 10 \text{ г}$ .

**4050.** Диск радиусом  $R = 5 \text{ см}$  несет равномерно распределенный по поверхности заряд  $Q = 0,1 \text{ мкКл}$ . Диск равномерно вращается относительно оси, проходящей через его центр и перпендикулярной плоскости диска. Частота вращения  $n = 50 \text{ с}^{-1}$ . Определить: 1) магнитный момент  $p_m$  кругового тока, создаваемого диском; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса ( $p_m/L$ ), если масса диска  $m = 100 \text{ г}$ .

**4051.** По тонкому стержню длиной  $\ell = 40 \text{ см}$  равномерно распределен заряд  $Q = 500 \text{ нКл}$ . Стержень приведен во вращение с постоянной угловой скоростью  $\omega = 20 \text{ рад/с}$  относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Определить: 1) магнитный момент  $p_m$ ,

обусловленный вращением заряженного стержня; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса ( $p_m/L$ ), если стержень имеет массу  $m = 10$  г.

**4052.** Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите некоторого радиуса. Найти отношение магнитного момента эквивалентного кругового тока к моменту импульса орбитального движения электрона ( $p_m/L$ ). Заряд электрона и его массу считать известными. Указать на чертеже направление векторов  $p_m$  и  $L$ .

**4053.** Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиуса  $r = 0,53 \cdot 10^{-8}$  см. Вычислить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока и механический момент  $M$ , действующий на круговой ток, если атом помещен в магнитное поле с индукцией  $B = 0,4$  Тл, направленной параллельно плоскости орбиты электрона.

**4054.** Рамка гальванометра длиной  $a = 4$  см и шириной  $b = 1,5$  см, содержащая  $N = 200$  витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти: 1) механический момент  $M$ , действующий на рамку, когда по витку течет ток  $I = 1$  мА; 2) магнитный момент  $p_m$  рамки при этом токе.

**4055.** Рамка гальванометра, содержащая  $N = 200$  витков тонкого провода, подвешена на упругой нити. Площадь  $S$  рамки равна  $1$  см<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции ( $B = 5$  мТл). Когда через гальванометр был пропущен ток  $I = 2$  мкА, то рамка повернулась на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Найти постоянную кручения  $C$  нити.

**4056.** Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл под углом  $\alpha = 30^\circ$  к направлению линий индукции. Определить силу Лоренца  $F_L$ , если скорость частицы  $v = 10^5$  м/с.

**4057.** Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл. Определить момент импульса  $L$ , которым обладала частица при движении в магнитном поле, если радиус траектории частицы равен  $R = 0,5$  мм.

**4058.** Заряженная частица с кинетической энергией  $T = 2$  кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом  $R = 4$  мм. Определить силу Лоренца  $F_L$ , действующую на частицу со стороны поля.

**4059.** Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с напряженностью  $H = 5 \cdot 10^3$  А/м. Определить частоту обращения  $n$  электрона.

**4060.** Протон влетел в однородное магнитное поле под углом  $\alpha = 60^\circ$  к направлению линий поля и движется по спирали, радиус которой  $R = 2,5$  см. Индукция магнитного поля  $B = 0,05$  Тл. Найти кинетическую энергию  $T$  протона.

**4061.** Два иона с одинаковыми зарядами, пройдя одну и ту же ускоряющую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса которого  $m_1 = 12$  а.е.м., описал дугу окружности радиусом  $R_1 = 2$  см. Определить массу  $m_2$  (в а.е.м.) другого иона, который описал дугу окружности радиусом  $R_2 = 2,31$  см.

**4062.** Протон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 2$  Тл. Определить силу  $I$  эквивалентного кругового тока, создаваемого движением протона.

**4063.** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 10$  мТл по винтовой линии, радиус которой  $R = 1,5$  см и шаг  $h = 10$  см. Определить период  $T$  обращения электрона и его скорость  $v$ .

**4064.** Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 1$  кВ, влетел в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 2$  мТл под углом  $\alpha = 45^\circ$ . Определить силу действующую на электрон и его ускорение.

**4065.** Протон влетел в однородное магнитное поле, индукция которого  $B = 20$  мТл, перпендикулярно силовым линиям поля и описал дугу радиусом  $R = 5$  см. Определить импульс и энергию протона.

**4066.** Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл, стал двигаться по окружности радиусом  $R = 5$  см. Определить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока.

**4067.** Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Скорость электрона  $v = 4 \cdot 10^7$  м/с. Индукция магнитного поля равна  $10^{-3}$  Тл. Чему равны тангенциальное и нормальное ускорения электрона в магнитном поле?

**4068.** Циклотрон предназначен для ускорения протонов до энергии  $5$  МэВ. Определить наибольший радиус орбиты, по которой движется протон, если индукция магнитного поля  $1$  Тл.

**4069.** Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле со скоростью  $v = 0,8c$  ( $c$  – скорость света в вакууме). Магнитная индукция  $B$  поля равна  $0,01$  Тл. Определить радиус окружности в двух случаях: 1) не учитывая увеличение массы со скоростью; 2) учитывая это увеличение.

**4070.** Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $300\text{ В}$ , движется параллельно прямолинейному проводнику в направлении силы тока в нем на расстоянии  $4\text{ мм}$  от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводнику пустить ток  $5\text{ А}$ ?

**4071.** Перпендикулярно магнитному полю напряженностью  $H = 10^3\text{ А/м}$  возбуждено электрическое поле напряженностью  $E = 200\text{ В/см}$ . Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, протон. Определить скорость  $v$  частицы. Каков радиус кривизны траектории частицы, если электрическое поле выключить?

**4072.** Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ( $E = 400\text{ В/м}$ ) магнитное ( $B = 0,2\text{ Тл}$ ) поля. Определить ускоряющую разность потенциалов  $U$ , если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории. Отношение заряда к массе частицы ( $q/m$ ) равно  $9,64 \cdot 10^7\text{ Кл/кг}$ .

**4073.** Заряженная частица движется по окружности радиусом  $R = 2\text{ см}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 12,6\text{ мТл}$ . Определить удельный заряд  $q/m$  частицы, если ее скорость  $v = 10^6\text{ м/с}$ .

**4074.** Заряженная частица движется по окружности радиусом  $R = 5\text{ см}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 200\text{ мТл}$ . Параллельно магнитному полю возбуждено однородное электрическое поле напряженностью  $E = 1\text{ кВ/м}$ . Вычислить промежуток времени  $\Delta t$ , в течение которого должно действовать электрическое поле, для того чтобы кинетическая энергия частицы возросла вдвое.

**4075.** Вычислить циркуляцию вектора индукции вдоль контура, охватывающего токи  $I_1 = 10\text{ А}$ ,  $I_2 = 15\text{ А}$ , текущие в одном направлении, и ток  $I_3 = 20\text{ А}$ , текущий в противоположном направлении.

**4076.** По соленоиду длиной  $\ell = 1\text{ м}$  без сердечника, имеющему  $N = 10^3$  витков, течет ток  $I = 20\text{ А}$ . Определить циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контура: 1) находящегося внутри соленоида и не пересекающего ни одного провода, 2) охватывающего весь соленоид и лежащего в плоскости, проходящей через ось соленоида.

**4077.** По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью  $j = 2\text{ МА/м}^2$ . Найти циркуляцию вектора напряженности вдоль окружности радиусом  $R = 5\text{ мм}$ , проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с вектором плотности тока.

**4078.** Диаметр  $D$  тороида без сердечника по средней линии равен  $30\text{ см}$ . В сечении тороид имеет круг радиусом  $r = 5\text{ см}$ . По обмотке тороида, содержащей  $N = 2000$  витков, течет ток  $I = 5\text{ А}$ . Пользуясь законом полного тока, определить максимальное и минимальное значение магнитной индукции  $B$  в тороиде.

**4079.** Магнитный поток  $\Phi$  через сечение соленоида равен  $50\text{ мкВб}$ . Длина соленоида  $\ell = 50\text{ см}$ . Найти магнитный момент  $p_m$  соленоида, если его витки плотно прилегают друг к другу.

**4080.** В средней части соленоида, содержащего  $n = 8$  витков/см, помещен круговой виток диаметром  $d = 4\text{ см}$ . Плоскость витка расположена под углом  $\varphi = 60^\circ$  к оси соленоида. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий виток, если по обмотке соленоида течет ток силой  $I = 1\text{ А}$ .

**4081.** На длинный картонный каркас диаметром  $D = 5\text{ см}$  уложена однослойная обмотка (виток к витку) из проволоки диаметром  $d = 0,2\text{ мм}$ . Определить магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый таким соленоидом при силе тока  $I = 0,5\text{ А}$ .

**4082.** Железный сердечник находится в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 1\text{ кА/м}$ . Определить индукцию  $B$  магнитного поля в сердечнике и магнитную проницаемость  $\mu$  железа. Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.

**4083.** На железное кольцо намотано в один слой  $N = 500$  витков провода. Средний диаметр  $d$  кольца равен  $25\text{ см}$ . Определить магнитную индукцию  $B$  в железе и магнитную проницаемость  $\mu$  железа, если сила тока  $I$  в обмотке: 1)  $0,5\text{ А}$ ; 2)  $2,5\text{ А}$ . Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.

**4084.** Замкнутый соленоид (тороид) со стальным сердечником имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр длины. По соленоиду течет ток  $I = 2\text{ А}$ . Вычислить магнитный поток  $\Phi$  в сердечнике, если его сечение  $S = 4\text{ см}^2$ . Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.

**4085.** Обмотка соленоида с железным сердечником содержит  $N = 500$  витков. Длина  $\ell$  сердечника равна  $50\text{ см}$ . Как и во сколько раз изменится индуктивность  $L$  соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастет от  $I_1 = 0,2\text{ А}$  до  $I_2 = 1\text{ А}$ . Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.

- 4086.** Соленоид намотан на чугунное кольцо сечением  $S = 5 \text{ см}^2$ . При силе тока  $I = 1 \text{ А}$  магнитный поток  $\Phi = 250 \text{ мкВб}$ . Определить число  $n$  витков соленоида, приходящихся на отрезок длиной  $1 \text{ см}$  средней линии кольца. Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.
- 4087.** В железном сердечнике соленоида индукция  $B = 1,3 \text{ Тл}$ . Железный сердечник заменили стальным. Определить, во сколько раз следует изменить силу тока в обмотке соленоида, чтобы индукция в сердечнике осталась неизменной. Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.
- 4088.** Стальной сердечник тороида, длина  $\ell$  которого по средней линии равна  $1 \text{ м}$ , имеет вакуумный зазор длиной  $\ell_0 = 4 \text{ мм}$ . Обмотка содержит  $n = 8$  витков на  $1 \text{ см}$ . При какой силе тока  $I$  индукция  $B$  в зазоре будет равна  $1 \text{ Тл}$ ? Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.
- 4089.** По прямому проводу длиной  $\ell = 8 \text{ см}$ , находящемуся в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01 \text{ Тл}$ , и расположенному под углом  $45^\circ$  к линиям индукции, течет ток  $I = 2 \text{ А}$ . Найти работу  $A$  сил поля, если под действием сил поля провод переместился на расстояние  $s = 5 \text{ см}$ .
- 4090.** Плоский контур с током силой  $I = 5 \text{ А}$  свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,4 \text{ Тл}$ . Площадь контура  $S = 200 \text{ см}^2$ . Поддерживая ток в контуре неизменным, его повернули относительно оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $\alpha = 40^\circ$ . Определить совершенную при этом работу  $A$ .
- 4091.** Круговой контур с током  $I = 1 \text{ А}$  помещен в однородное поле так, что плоскость контура перпендикулярна к направлению магнитного поля. Напряженность магнитного поля  $H = 200 \text{ А/м}$ . Радиус контура  $R = 2 \text{ см}$ . Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы повернуть контур на угол  $\phi = 90^\circ$  вокруг оси, совпадающей с диаметром контура? Решить задачу двумя способами.
- 4092.** Проводник с током  $1 \text{ А}$  длиной  $0,3 \text{ м}$  равномерно вращается вокруг оси, проходящей через его конец, в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля напряженностью  $1 \text{ кА/м}$ . За  $1 \text{ мин}$  вращения совершается работа  $0,1 \text{ Дж}$ . Определите угловую скорость вращения проводника.
- 4093.** В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции расположен плоский контур площадью  $S = 100 \text{ см}^2$ . Поддерживая в контуре постоянную силу тока  $I = 50 \text{ А}$ , его переместили из поля в область пространства, где поле отсутствует. Определить индукцию  $B$  магнитного поля, если при перемещении контура была совершена работа  $A = 0,4 \text{ Дж}$ .
- 4094.** Проволочное кольцо радиусом  $r = 10 \text{ см}$  лежит на столе. Какое количество электричества  $Q$  протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление  $R$  кольца равно  $1 \text{ Ом}$ . Вертикальная составляющая индукции  $B$  магнитного поля Земли равна  $50 \text{ мкТл}$ .
- 4095.** В соленоиде объемом  $V = 500 \text{ см}^3$  с плотностью обмотки  $n = 10^4$  витков на метр ( $\text{м}^{-1}$ ) при увеличении силы тока наблюдалась ЭДС самоиндукции  $\epsilon_{si} = 1 \text{ В}$ . Каковы скорость изменения силы тока и магнитного потока в соленоиде, если общее число витков  $N = 1000$ ? Сердечник соленоида немагнитный.
- 4096.** Прямой проводник длиной  $1,5 \text{ м}$ , движущийся равноускоренно в однородном магнитном поле с начальной скоростью  $3 \text{ м/с}$  и ускорением  $10 \text{ м/с}^2$ , переместился на расстояние  $0,5 \text{ м}$ . Найти среднюю ЭДС индукции в проводнике. Индукция магнитного поля равна  $0,2 \text{ Тл}$  и направлена перпендикулярно скорости движения проводника. Найти также мгновенное значение ЭДС индукции в проводнике в конце перемещения.
- 4097.** Алюминиевое кольцо расположено в однородном магнитном поле так, что его плоскость перпендикулярна вектору магнитной индукции поля. Диаметр кольца  $25 \text{ см}$ , толщина провода кольца  $2 \text{ мм}$ . Определить скорость изменения магнитной индукции поля со временем, если при этом в кольце возникает индукционный ток  $12 \text{ А}$ .
- 4098.** Рамка площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  равномерно вращается с частотой  $n = 5 \text{ с}^{-1}$  относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,5 \text{ Тл}$ ). Определить среднее значение ЭДС индукции  $\langle \epsilon_i \rangle$  за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения.
- 4099.** Рамка, содержащая  $N = 1000$  витков площадью  $S = 100 \text{ см}^2$ , равномерно вращается с частотой  $n = 10 \text{ с}^{-1}$  в магнитном поле напряженностью  $H = 10^4 \text{ А/м}$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям напряженности. Определить максимальную ЭДС индукции  $\epsilon_{\text{max}}$ , возникающую в рамке.
- 4100.** Соленоид диаметром  $10 \text{ см}$  и длиной  $60 \text{ см}$  имеет  $1000$  витков. Сила тока в нем равномерно возрастает на  $0,2 \text{ А}$  за  $1 \text{ с}$ . На соленоид надето кольцо из медной проволоки, имеющей площадь поперечного сечения  $2 \text{ мм}^2$ . Найти силу индукционного тока, возникающего в кольце.

**4101.** В однородном магнитном поле находится плоский виток площадью  $10 \text{ см}^2$ , расположенный перпендикулярно линиям индукции. Найти силу тока, текущего по витку, если поле убывает с постоянной скоростью  $0,1 \text{ Тл/с}$ . Сопротивление витка  $10 \text{ Ом}$ .

**4102.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5 \text{ Тл}$  вращается с частотой  $n = 10 \text{ с}^{-1}$  стержень длиной  $\ell = 20 \text{ см}$ . Ось вращения параллельна линиям индукции и проходит через один из концов стержня перпендикулярно его оси. Определить разность потенциалов  $U$  на концах стержня.

**4103.** Круговой проволочный виток площадью  $S = 0,01 \text{ м}^2$  находится в однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 1 \text{ Тл}$ . Плоскость витка перпендикулярна к направлению магнитного поля. Найти среднюю ЭДС индукции  $\langle \varepsilon \rangle$ , возникающую в витке при выключении поля в течение времени  $t = 10 \text{ мс}$ .

**4104.** Рамка, имеющая 30 витков, вращается около горизонтальной оси, лежащей в ее плоскости и перпендикулярной плоскости магнитного меридиана, с частотой  $10 \text{ с}^{-1}$ . Напряженность магнитного поля Земли  $40 \text{ А/м}$ . В рамке индуцируется максимальная ЭДС равная  $0,001 \text{ В}$ . Найти площадь рамки.

**4105.** Рамка, площадь которой  $S = 16 \text{ см}^2$ , вращается в однородном магнитном поле с частотой  $n = 2 \text{ с}^{-1}$ . Ось вращения находится в плоскости рамки и перпендикулярна к направлению магнитного поля. Напряженность магнитного поля  $H = 79,6 \text{ кА/м}$ . Найти зависимость магнитного потока  $\Phi$ , пронизывающего рамку, от времени  $t$  и наибольшего значения  $\Phi_{\text{max}}$  магнитного потока.

**4106.** Между полюсами динамо-машины создано поле с индукцией  $0,7 \text{ Тл}$ , Якорь машины состоит из 100 витков площадью  $500 \text{ см}^2$  каждый. Найти частоту вращения якоря, если в нем индуцируется максимальная ЭДС  $200 \text{ В}$ .

**4107.** В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд  $Q = 50 \text{ мкКл}$ . Определить изменение магнитного потока  $\Delta\Phi$  через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра  $r = 10 \text{ Ом}$ .

**4108.** Тонкий медный провод массой  $m = 5 \text{ г}$  согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B = 0,2 \text{ Тл}$ ), так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд  $Q$ , который потечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

**4109.** Рамка из провода сопротивлением  $r = 0,04 \text{ Ом}$  равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 0,6 \text{ Тл}$ ). Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $S = 200 \text{ см}^2$ . Определить заряд  $Q$ , который потечет по рамке при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции: 1) от  $0$  до  $45^\circ$ ; 2) от  $45$  до  $90^\circ$ .

**4110.** Проволочный виток радиусом  $R = 5 \text{ см}$  и сопротивлением  $r = 0,02 \text{ Ом}$  находится в однородном магнитном поле ( $B = 0,3 \text{ Тл}$ ). Плоскость витка составляет угол  $\varphi = 40^\circ$  с линиями индукции. Какой заряд  $Q$  потечет по витку при выключении магнитного поля?

**4111.** Соленоид сечением  $S = 10 \text{ см}^2$  содержит  $N = 1000$  витков. Индукция магнитного поля внутри соленоида при силе тока  $I = 5 \text{ А}$  равна  $B = 0,1 \text{ Тл}$ . Определить индуктивность  $L$  соленоида.

**4112.** На картонный каркас длиной  $\ell = 0,8 \text{ м}$  и диаметром  $D = 4 \text{ см}$  намотан в один слой провод диаметром  $d = 0,25 \text{ мм}$  так, что витки плотно прилегают друг к другу. Вычислить индуктивность  $L$  получившегося соленоида.

**4113.** Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет  $N = 250$  витков и индуктивность  $L_1 = 36 \text{ мГн}$ . Чтобы увеличить индуктивность катушки до  $L_2 = 100 \text{ мГн}$ , обмотку катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Сколько витков оказалось в катушке после перемотки?

**4114.** Индуктивность соленоида, намотанного в один слой на немагнитный каркас,  $L = 0,5 \text{ мГн}$ . Длина соленоида  $\ell = 0,6 \text{ м}$ , диаметр  $D = 2 \text{ см}$ . Определить число витков  $n$ , приходящихся на единицу длины соленоида.

**4115.** Сколько витков проволоки диаметром  $d = 0,4 \text{ мм}$  с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром  $D = 2 \text{ см}$ , чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью  $L = 1 \text{ мГн}$ ? Витки вплотную прилегают друг к другу.

**4116.** Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет  $N_1 = 750$  витков и индуктивность  $L_1 = 25 \text{ мГн}$ . Чтобы увеличить индуктивность катушки до  $L_2 = 50 \text{ мГн}$ , обмотку с катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки уменьшилась в 2 раза. Определить число  $N_2$  витков катушки после перемотки.

**4117.** Соленоид, площадь сечения которого равна  $S = 5 \text{ см}^2$ , содержит  $N = 1200$  витков. Индукция магнитного поля внутри соленоида при силе тока  $I = 2 \text{ А}$  равна  $B = 0,01 \text{ Тл}$ . Определить индуктивность  $L$  соленоида.

**4118.** Соленоид имеет стальной полностью размагниченный сердечник объемом  $V = 500 \text{ см}^3$ . Напряженность магнитного поля соленоида при силе тока  $I = 0,6 \text{ А}$  равна  $H = 1000 \text{ А/м}$ . Определить индуктивность  $L$  соленоида.

**4119.** Обмотка соленоида с железным сердечником содержит  $N = 600$  витков. Длина сердечника  $\ell = 40 \text{ см}$ . Как и во сколько раз изменится индуктивность  $L$  соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастает от  $I_1 = 0,2 \text{ А}$  до  $I_2 = 1 \text{ А}$ ?

**4120.** На железный, полностью размагниченный сердечник диаметром  $D = 5 \text{ см}$  и длиной  $\ell = 80 \text{ см}$ , намотано в один слой  $N = 240$  витков провода. Вычислить индуктивность  $L$  получившегося соленоида при силе тока  $I = 0,6 \text{ А}$ .

**4121.** Если сила тока, проходящего в соленоиде, изменяется на  $50 \text{ А}$  в секунду, то на концах обмотки соленоида возникает ЭДС самоиндукции  $0,08 \text{ В}$ . Определить индуктивность соленоида.

**4122.** Силу тока в катушке равномерно увеличивают при помощи реостата на  $\Delta I = 0,6 \text{ А}$  в секунду. Найти среднее значение ЭДС  $\langle \varepsilon_{si} \rangle$  самоиндукции, если индуктивность катушки  $L = 5 \text{ мГн}$ .

**4123.** Соленоид содержит  $N = 800$  витков. Сечение сердечника (из немагнитного материала)  $S = 10 \text{ см}^2$ . По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией  $B = 8 \text{ мТл}$ . Определить среднее значение ЭДС  $\langle \varepsilon_{si} \rangle$  самоиндукции, которая возникает на зажимах соленоида, если ток уменьшается практически до нуля за время  $\Delta t = 0,8 \text{ мс}$ .

**4124.** В электрической цепи, содержащей сопротивление  $r = 20 \text{ Ом}$  и индуктивность  $L = 0,06 \text{ Гн}$ , течет ток силой  $I = 20 \text{ А}$ . Определить силу тока в цепи через  $\Delta t = 0,2 \text{ мс}$  после ее размыкания.

**4125.** По замкнутой цепи с сопротивлением  $r = 20 \text{ Ом}$  течет ток. Через  $8 \text{ мс}$  после размыкания цепи сила тока в ней уменьшилась в  $20$  раз. Определить индуктивность цепи.

**4126.** Цепь состоит из катушки индуктивностью  $L = 0,1 \text{ Гн}$  и источника тока. Источник тока отключили, не разрывая цепь. Время, по истечении которого сила тока уменьшится до  $0,001$  первоначального значения, равно  $t = 0,07 \text{ с}$ . Определить сопротивление  $r$  катушки.

**4127.** Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $r = 10 \text{ Ом}$  и индуктивностью  $L = 0,2 \text{ Гн}$ . Через сколько времени сила тока в цепи достигнет  $50\%$  максимального значения?

**4128.** Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $r = 20 \text{ Ом}$ . По истечении времени  $t = 0,1 \text{ с}$  сила тока  $I$  замыкания достигла  $0,95$  предельного значения. Определить индуктивность  $L$  катушки.

**4129.** В соленоиде сечением  $S = 5 \text{ см}^2$  создан магнитный поток  $\Phi = 20 \text{ мВб}$ . Определить объемную плотность  $\omega$  энергии магнитного поля соленоида. Сердечник отсутствует. Магнитное поле во всем объеме соленоида считать однородным.

**4130.** Соленоид длиной  $50 \text{ см}$  и диаметром  $0,8 \text{ см}$  имеет  $20000$  витков медного провода и находится под постоянным напряжением. Определить время, в течение которого в обмотке соленоида выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в соленоиде.

**4131.** Магнитный поток в соленоиде, содержащем  $N = 1000$  витков, равен  $\Phi = 0,2 \text{ мВб}$ . Определить энергию  $W$  магнитного поля соленоида, если сила тока, протекающего по виткам соленоида, равна  $I = 1 \text{ А}$ . Сердечник отсутствует. Магнитное поле во всем объеме соленоида считать однородным.

**4132.** Диаметр тороида (по средней линии)  $D = 50 \text{ см}$ . Тороид содержит  $N = 2000$  витков и имеет площадь сечения  $S = 20 \text{ см}^2$ . Вычислить энергию  $W$  магнитного поля тороида при силе тока  $I = 5 \text{ А}$ . Считать магнитное поле тороида однородным. Сердечник выполнен из немагнитного материала.

**4133.** По проводнику, изогнутому в виде кольца радиусом  $R = 20 \text{ см}$ , содержащему  $N = 500$  витков, течет ток силой  $I = 1 \text{ А}$ . Определить объемную плотность  $\omega$  энергии магнитного поля в центре кольца.

**4134.** При какой силе тока  $I$  в прямолинейном проводе бесконечной длины на расстоянии  $r = 5 \text{ см}$  от него объемная плотность энергии магнитного поля будет равна  $\omega = 1 \text{ мДж/м}^3$ ?

**4135.** Магнитное поле создается протекающим по катушке постоянным током. Магнитный поток этого поля через катушку равен  $0,1 \text{ Вб}$ , индуктивность катушки  $0,01 \text{ Гн}$ . Чему равна энергия магнитного поля катушки?

**4136.** Обмотка тороида имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр длины (по средней линии тороида). Вычислить объемную плотность энергии  $\omega$  магнитного поля при силе тока  $I = 10 \text{ А}$ . Сердечник выполнен из немагнитного материала, и магнитное поле во всем объеме однородно.

**4137.** Обмотка соленоида содержит  $n = 20$  витков на каждый сантиметр длины. При какой силе тока  $I$  объемная плотность энергии магнитного поля будет  $\omega = 0,1 \text{ Дж/м}^3$ ? Сердечник выполнен из немагнитного материала, и магнитное поле во всем объеме однородно.

**4138.** При индукции  $B$  поля, равной  $1 \text{ Тл}$ , плотность энергии  $\omega$  магнитного поля в железе равна  $200 \text{ Дж/м}^3$ . Определить магнитную проницаемость  $\mu$  железа в этих условиях.



**4139.** Индукция магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от  $B_1 = 0,5$  Тл до  $B_2 = 1$  Тл. Найти, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии  $\omega$  магнитного поля. Для определения магнитной проницаемости воспользоваться графической зависимостью, приводимой в справочниках. Явление гистерезиса не учитывать.

**4140.** Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр длины. Определить плотность энергии  $\omega$  поля, если по обмотке течет ток  $I = 16$  А.

**4141.** Индуктивность соленоида при длине  $1$  м и площади поперечного сечения  $20$  см<sup>2</sup> равна  $0,4$  мГн. Определить силу тока в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида равна  $0,1$  Дж/м<sup>3</sup>.

**4142.** Соленоид имеет длину  $\ell = 0,5$  м и сечение  $S = 10$  см<sup>2</sup>. При некоторой силе тока, протекающего по обмотке, в соленоиде создается магнитный поток  $\Phi = 0,1$  мВб. Чему равна энергия  $W$  магнитного поля соленоида? Сердечник выполнен из немагнитного материала, и магнитное поле во всем объеме однородно.

**4143.** Тонкий провод в виде кольца массой  $m = 5$  г свободно подвешен на неупругой нити в однородном магнитном поле. По кольцу течет ток силой  $I = 6$  А. Период малых крутильных колебаний относительно вертикальной оси равен  $T = 2,2$  с. Найти индукцию  $B$  магнитного поля.

**4144.** Из тонкой проволоки массой  $m = 4$  г изготовлена квадратная рамка. Рамка свободно подвешена на неупругой нити и по ней пропущен ток силой  $I = 8$  А. Определить частоту  $\nu$  малых колебаний рамки в магнитном поле с индукцией  $B = 20$  мТл.

**4145.** Небольшая магнитная стрелка совершает малые колебания вокруг оси, перпендикулярной к вектору индукции магнитного поля. При изменении индукции поля период колебаний стрелки уменьшился в 5 раз. Во сколько раз и как изменилась индукция поля? Затухание колебаний пренебрежимо мало.

**4146.** Квадратная рамка из тонкого провода массой  $m = 40$  г свободно подвешена на неупругой нити за один из углов в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 20$  мТл. Период малых крутильных колебаний относительно вертикальной оси равен  $T = 2,09$  с. Найти силу тока, текущего в рамке.

**4147.** Через катушку, индуктивность которой равна  $0,021$  Гн, течет ток, изменяющийся со временем по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ , где  $I_0 = 5$  А,  $\omega = 2\pi/T$  и  $T = 0,02$  с. Найти зависимость от времени: 1) ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, 2) энергии магнитного поля.

**4148.** В сеть переменного тока с действующим напряжением  $110$  В включены последовательно конденсатор емкостью  $50$  мкФ, катушка индуктивностью  $200$  мГн и активным сопротивлением  $4$  Ом. Определить амплитуду силы тока в цепи, если частота переменного тока  $100$  Гц, а также частоту переменного тока, при которой в данном контуре наступит резонанс напряжений.

**4149.** В электрической цепи с малым активным сопротивлением, содержащей последовательно соединенные конденсатор емкостью  $0,2$  мкФ и катушку индуктивностью  $1$  мГн, сила тока при резонансе изменяется по закону  $I = 0,02 \sin \omega t$ . Найти мгновенное значение силы тока, а также мгновенные значения напряжений на конденсаторе и катушке через  $1/3$  периода от начала возникновения колебаний.

**4150.** В электрической цепи, содержащей последовательно соединенные конденсатор емкостью  $0,02$  мкФ и катушку индуктивностью  $10$  мГн, напряжение на конденсаторе изменяется по закону  $U_C = 0,01 \sin \omega t$ . Найти мгновенное значение силы тока, а также мгновенные значения напряжения на конденсаторе и катушке через  $1/6$  периода.

**4151.** В сеть переменного тока с напряжением  $120$  В последовательно включены проводник с активным сопротивлением  $15$  Ом и катушка индуктивностью  $50$  мГн. Найти частоту тока, если амплитуда тока в цепи  $7$  А.

**4152.** В цепь переменного тока напряжением  $220$  В и частотой  $50$  Гц последовательно включены резистор сопротивлением  $R = 100$  Ом, катушка индуктивностью  $L = 0,5$  Гн и конденсатор емкостью  $C = 10$  мкФ. Определите силу тока в цепи, падение напряжения на конденсаторе и падение напряжения на катушке.

**4153.** Колебательный контур имеет индуктивность  $1,6$  мГн и емкость  $0,04$  мкФ. Максимальное напряжение на зажимах конденсатора  $200$  В. Определить максимальную силу тока в контуре. Активным сопротивлением контура пренебречь.

**4154.** Найти мгновенное и действующее значения ЭДС переменного тока через  $0,002$  с от начала колебаний, если амплитудное значение ЭДС  $127$  В, Частота переменного тока  $50$  Гц, начальная фаза равна нулю.

**4155.** Катушка с индуктивностью  $L = 30$  мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин  $S = 0,01$  м<sup>2</sup> и расстоянием между ними  $d = 0,1$  мм. Найти диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны  $\lambda = 750$  м.

**4156.** Катушка длиной  $50\text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $3\text{ см}^2$  имеет 1000 витков и соединена параллельно с воздушным конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью  $75\text{ см}^2$  каждая. Расстояние между пластинами  $5\text{ мм}$ . Определить период колебаний полученного контура.

**4157.** В колебательном контуре индуктивность катушки можно изменять от  $50$  до  $500\text{ Гн}$ , а емкость конденсатора – от  $10$  до  $1000\text{ нФ}$ . Какой диапазон частот можно получить при настройке такого контура?

**4158.** Колебательный контур содержит соленоид (длина  $\ell = 5\text{ см}$ , площадь поперечного сечения  $S_1 = 2\text{ см}^2$ , число витков  $N = 500$ ) и плоский конденсатор (расстояние между пластинами  $d = 1\text{ мм}$ , площадь пластин  $S_2 = 50\text{ см}^2$ ). Определите частоту  $\omega$  собственных колебаний контура.

**4159.** Колебательный контур содержит катушку с общим числом витков  $N = 200$  индуктивностью  $L = 10\text{ мкГн}$  и конденсатор емкостью  $C = 1\text{ нФ}$ . Максимальное напряжение на обкладках конденсатора составляет  $U_{\max} = 100\text{ В}$ . Определите максимальный магнитный поток, пронизывающий катушку.

**4160.** Энергия свободных незатухающих колебаний, происходящих в колебательном контуре, составляет  $0,2\text{ мДж}$ . При медленном раздвигании пластин конденсатора частота колебаний увеличилась в 2 раза. Определите работу, совершенную против сил электростатического поля.

**4161.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 25\text{ нФ}$  и катушки с индуктивностью  $L = 1,015\text{ Гн}$ . Обкладки конденсатора имеют заряд  $q = 2,5\text{ мкКл}$ . Написать уравнение (с числовыми коэффициентами) изменения разности потенциалов  $U$  на обкладках конденсатора и тока  $I$  в цепи. Найти разность потенциалов на обкладках и ток в цепи в моменты времени  $T/8$ ;  $T/4$ ;  $T/2$ . Построить графики этих зависимостей в пределах одного периода.

**4162.** Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре дано в виде  $U = 50 \cos 10^4 \pi t\text{ В}$ . Емкость конденсатора  $0,1\text{ мкФ}$ . Найти: 1) период колебаний, 2) индуктивность контура, 3) закон изменения со временем силы тока в цепи, 4) длину волны, соответствующую этому контуру.

**4163.** Конденсатор емкостью  $20\text{ мкФ}$  и реостат, активное сопротивление которого  $150\text{ Ом}$ , включены последовательно в цепь переменного тока частотой  $50\text{ Гц}$ . Какую часть напряжения, приложенного к этой цепи, составляет падение напряжения: 1) на конденсаторе, 2) на реостате?

**4164.** Рамка площадью  $S = 100\text{ см}^2$  содержит  $N = 10^3$  витков провода сопротивлением  $R_1 = 12\text{ Ом}$ . К концам обмотки подключено внешнее сопротивление  $R_2 = 20\text{ Ом}$ . Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 0,1\text{ Тл}$ ) с частотой  $n = 8\text{ с}^{-1}$ . Определить максимальную мощность  $P_{\max}$  переменного тока в цепи.

**4165.** В цепь переменного тока напряжением  $220\text{ В}$  включены последовательно емкость  $C$ , активное сопротивление  $R$  и индуктивность  $L$ . Найти падение напряжения  $U_R$  на омическом сопротивлении, если известно, что падение напряжения на конденсаторе  $U_C = 2U_R$  и падение напряжения на индуктивности  $U_L = 3U_R$ .

**4166.** Найти амплитуду ЭДС, наводимой при вращении прямоугольной рамки с частотой  $50\text{ Гц}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $0,2\text{ Тл}$ , если площадь рамки  $100\text{ см}^2$ , вектор индукции перпендикулярен оси вращения рамки, а начальная фаза равна нулю.

**4167.** Напряжение на концах участка цепи, по которому течет переменный ток, изменяется с течением времени по закону  $U = U_0 \sin(\omega t + \pi/6)$ . В момент времени  $t = T/12$  мгновенное напряжение равно  $10\text{ В}$ . Определить амплитуду напряжения.

**4168.** Электропечь, сопротивление которой  $22\text{ Ом}$ , питается от генератора переменного тока. Определить количество теплоты, выделяемое печью за  $1\text{ ч}$ , если амплитуда силы тока  $10\text{ А}$ .

**4169.** Сила тока в первичной обмотке трансформатора  $0,5\text{ А}$ , напряжение на ее концах  $220\text{ В}$ . Сила тока во вторичной обмотке  $11\text{ А}$ , напряжение на ее концах  $9,5\text{ В}$ . Определить КПД трансформатора.

**4170.** Первичная обмотка трансформатора с коэффициентом трансформации, равным 8, включена в сеть с напряжением  $220\text{ В}$ . Сопротивление вторичной обмотки  $2\text{ Ом}$ , сила тока во вторичной обмотке трансформатора  $3\text{ А}$ . КПД трансформатора  $99\%$ . Определить напряжение на зажимах вторичной обмотки.

**4171.** В течение какого времени будет гореть неоновая лампа, если ее подключить на  $1\text{ мин}$  в сеть переменного тока с действующим напряжением  $120\text{ В}$  и частотой  $50\text{ Гц}$ ? Лампа зажигается и гаснет при напряжении  $84\text{ В}$ .

**4172.** Электрический паяльник мощностью  $50\text{ Вт}$  рассчитан на включение в сеть переменного тока с напряжением  $127\text{ В}$ . Какая мощность будет выделяться в паяльнике, если его включить в сеть переменного тока с напряжением  $220\text{ В}$  последовательно с идеальным диодом?

**4173.** Найти логарифмический декремент затухания  $\theta$  колебаний в колебательном контуре, состоящем из конденсатора емкостью  $C = 2,22\text{ нФ}$  и катушки индуктивности длиной  $\ell = 20\text{ см}$  из медной проволоки диаметром  $d = 0,5\text{ мм}$ .

**4174.** Емкость переменного конденсатора контура приемника изменяется в пределах от  $C_1$  до  $C_2 = 9 C_1$ . Определить диапазон волн контура приемника, если емкости  $C_1$  конденсатора соответствует длина волны, равная  $3 \text{ м}$ .

**4175.** Активное сопротивление  $R$  и индуктивность  $L$  соединены параллельно и включены в цепь переменного тока напряжением  $127 \text{ В}$  и частотой  $50 \text{ Гц}$ . Найти активное сопротивление  $R$  и индуктивность  $L$ , если известно, что мощность, поглощаемая в этой цепи, равна  $404 \text{ Вт}$  и сдвиг фаз между напряжением и током равен  $60^\circ$ .

**4176.** В цепь переменного тока напряжением  $220 \text{ В}$  и частотой  $50 \text{ Гц}$  включена катушка с неизвестным активным сопротивлением. Сдвиг фаз между напряжением и током составляет  $\pi/6$ . Определите индуктивность катушки, если известно, что она поглощает мощность  $445 \text{ Вт}$ .

**4177.** В цепь переменного тока частотой  $50 \text{ Гц}$  включена катушка длиной  $30 \text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $10 \text{ см}^2$ , содержащая  $1000$  витков. Определите активное сопротивление катушки, если известно, что сдвиг фаз между напряжением и током составляет  $30^\circ$ .

**4178.** Активное сопротивление колебательного контура  $R = 2 \text{ Ом}$ . Определите среднюю мощность  $\langle P \rangle$ , потребляемую колебательным контуром, при поддержании в нем незатухающих гармонических колебаний с амплитудным значением силы тока  $I_{\text{max}} = 30 \text{ мА}$ .

**4179.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ , катушки индуктивности с  $L = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$  и омического сопротивления  $R = 20 \text{ Ом}$ . Какая мощность необходима для поддержания в контуре незатухающих колебаний с максимальным напряжением на конденсаторе  $U_{\text{max}} = 1 \text{ В}$ ?

**4180.** В контуре с индуктивностью  $L = 0,01 \text{ Гн}$  и емкостью  $C = 10 \text{ мкФ}$  происходят свободные колебания. Максимальное значение напряжения на конденсаторе  $U = 10 \text{ В}$ . Определить максимальный ток в контуре.

**4181.** Найти время, за которое амплитуда колебаний тока в контуре с добротностью  $Q = 5000$  уменьшится в  $2$  раза, если частота колебаний  $\nu = 2,2 \text{ МГц}$ .

**4182.** Колебательный контур имеет емкость  $C = 10 \text{ мкФ}$ , индуктивность  $L = 25 \text{ мГн}$  и активное сопротивление  $R = 10 \text{ Ом}$ . Через сколько колебаний амплитуда тока в этом контуре уменьшится в  $e$  раз?

**4183.** Найти добротность контура с емкостью  $C = 2,0 \text{ мкФ}$  и индуктивностью  $L = 5,0 \text{ мГн}$ , если на поддержание в нем незатухающих колебаний с амплитудой напряжения на конденсаторе  $U_{\text{max}} = 10 \text{ В}$  необходимо подводить мощность  $\langle P \rangle = 0,10 \text{ мВт}$ . Затухание колебаний в контуре достаточно мало.

**4184.** Колебательный контур содержит конденсатор емкостью  $C = 1,2 \text{ нФ}$  и катушку с индуктивностью  $L = 6,0 \text{ мкГн}$  и активным сопротивлением  $R = 0,50 \text{ Ом}$ . Какую среднюю мощность нужно подводить к контуру, чтобы поддерживать в нем незатухающие гармонические колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе  $U_{\text{max}} = 10 \text{ В}$ ?

**4185.** Концы цепи, состоящей из последовательно включенных конденсатора и активного сопротивления  $R = 110 \text{ Ом}$ , подсоединили к переменному напряжению с амплитудным значением  $U_{\text{max}} = 110 \text{ В}$ . При этом амплитуда установившегося тока в цепи  $I_{\text{max}} = 0,50 \text{ А}$ . Найти разность фаз между током и подаваемым напряжением.

**4186.** Цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора емкости  $C = 22 \text{ мкФ}$  и катушки с активным сопротивлением  $R = 20 \text{ Ом}$  и индуктивностью  $L = 0,35 \text{ Гн}$ , подключена к сети переменного напряжения с амплитудой  $U_{\text{max}} = 180 \text{ В}$  и частотой  $\omega = 314 \text{ рад/с}$ . Найти амплитуду тока в цепи, разность фаз между током и внешним напряжением, амплитуды напряжения на конденсаторе и катушке.

**4187.** Цепь из последовательно соединенных конденсатора емкости  $C = 22 \text{ мкФ}$ , сопротивления  $R = 20 \text{ Ом}$  и катушки с индуктивностью  $L = 0,35 \text{ Гн}$  с пренебрежимо малым активным сопротивлением подключена к генератору синусоидального напряжения, частоту которого можно менять при постоянной амплитуде. Найти частоту, при которой максимальна амплитуда напряжения: а) на конденсаторе; б) на катушке.

**4188.** Найти добротность колебательного контура, в который последовательно включен источник переменной ЭДС, если при резонансе напряжение на конденсаторе в  $n = 10$  раз превышает напряжение на источнике.

**4189.** Катушка с индуктивностью  $L = 0,70 \text{ Гн}$  и активным сопротивлением  $r = 20 \text{ Ом}$  соединена последовательно с безындукционным сопротивлением  $R$ , и между концами этой цепи приложено переменное напряжение с действующим значением  $U = 220 \text{ В}$  и частотой  $\omega = 314 \text{ рад/с}$ . При каком значении сопротивления  $R$  в цепи будет выделяться максимальная тепловая мощность? Чему она равна?

**4190.** Найти эффективное значение силы тока, сдвиг фаз между напряжением и током и выделяемую тепловую мощность в последовательной  $RL$ -цепочке ( $R = 65 \text{ Ом}$ ,  $L = 50 \text{ мГн}$ ), включенной в сеть  $220 \text{ В}$  частотой  $50 \text{ Гц}$ .

**4191.** На сколько процентов отличается частота  $\omega$  свободных колебаний контура с добротностью  $Q = 5$  от собственной частоты  $\omega_0$  колебаний этого контура?

**4192.** В контуре, добротность которого  $Q = 50$  и собственная частота колебаний  $\omega_0 = 5,5 \text{ кГц}$ , возбуждаются затухающие колебания. Через сколько времени энергия, запасенная в контуре, уменьшится в 2 раза?

**4193.** Колебательный контур содержит конденсатор с утечкой. Емкость конденсатора  $C = 22 \text{ мкФ}$ , его активное сопротивление  $R = 20 \text{ Ом}$ . Индуктивность катушки  $L = 0,70 \text{ Гн}$ . Сопротивление катушки и проводов пренебрежимо мало. Найти частоту затухающих колебаний такого контура, и его добротность.

**4194.** Определить намагниченность  $J$  тела при насыщении, если магнитный момент каждого атома равен магнетону Бора  $\mu_B$  и концентрация атомов  $6 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ .

**4195.** Магнитная восприимчивость  $\chi$  марганца равна  $1,21 \cdot 10^{-4}$ . Вычислить намагниченность  $J$ , удельную намагниченность  $J_{y\delta}$  и молярную намагниченность  $J_m$  марганца в магнитном поле напряженностью  $H = 100 \text{ кА/м}$ . Плотность марганца считать известной.

**4196.** Найти магнитную восприимчивость  $\chi$   $\text{AgVg}$ , если его молярная магнитная восприимчивость  $\chi_m = 7,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

**4197.** Определить магнитную восприимчивость  $\chi$  и молярную магнитную восприимчивость  $\chi_m$  платины, если удельная магнитная восприимчивость  $\chi_{y\delta} = 1,30 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

**4198.** Магнитная восприимчивость  $\chi$  алюминия равна  $2,1 \cdot 10^{-5}$ . Определить его удельную магнитную  $\chi_{y\delta}$  и молярную  $\chi_m$  восприимчивости.

**4199.** Напряженность  $H$  магнитного поля в меди равна  $1 \text{ МА/м}$ . Определить намагниченность  $J$  меди и магнитную индукцию  $B$ , если известно, что удельная магнитная восприимчивость  $\chi_{y\delta} = -1,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

**4200.** Висмутовый шарик радиусом  $R = 1 \text{ см}$  помещен в однородное магнитное поле ( $B_0 = 0,5 \text{ Тл}$ ). Определить магнитный момент  $p_m$  приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость  $\chi$  висмута равна  $-1,5 \cdot 10^{-4}$ .