

ЗАДАЧИ

В таблице приведены номера вариантов и задач.

Пример. Студент, выполняющий задания варианта № 5, должен решить задачи 3.5; 3.6; 3.13; 3.20; 3.25; 3.30; 3.32; 3.40.

3.1. Электрон, ускоренный в электрическом поле напряжением 20 кВ, влетает в однородное магнитное поле с напряженностью $8 \cdot 10^4$ А/м. Вектор скорости образует угол 60° с направлением вектора напряженности. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.

3.2. Альфа-частица движется в однородном магнитном поле с напряженностью $9,5 \cdot 10^5$ А/м по окружности радиусом 25 см в плоскости, перпендикулярной силовым линиям. Определить: скорость частицы; период обращения частицы по окружности.

№ вар.	№ задач							
1	3.1	3.7	3.11	3.16	3.21	3.26	3.34	3.38
2	3.2	3.8	3.14	3.17	3.22	3.27	3.33	3.37
3	3.3	3.10	3.12	3.18	3.23	3.28	3.35	3.36
4	3.4	3.9	3.15	3.19	3.24	3.29	3.31	3.39
5	3.5	3.6	3.13	3.20	3.25	3.30	3.32	3.40
6	3.1	3.10	3.12	3.18	3.24	3.30	3.31	3.38
7	3.2	3.7	3.15	3.20	3.25	3.26	3.34	3.40
8	3.3	3.9	3.14	3.16	3.21	3.29	3.32	3.36
9	3.4	3.6	3.13	3.17	3.22	3.27	3.33	3.37
0	3.5	3.8	3.11	3.19	3.23	3.28	3.35	3.39

3.3. Электрон с энергией 100 эВ влетает в поперечное электрическое поле с напряженностью 60 кВ/м. Определить величину и направление напряженности магнитного поля, которое нужно создать, чтобы скорость электрона осталась неизменной.

3.4. Чему равны и во сколько раз отличаются радиусы окружностей, по которым в однородном поперечном магнитном поле индукцией 10^{-2} Тл движутся электрон и протон, обладающие одинаковой энергией 100 эВ. Масса протона в 1837 раз больше массы электрона.

3.5. Внутренний диаметр области магнитного поля типичного циклотрона 1 м. Индукция магнитного поля в нем 1 Тл. Ускоряющее напряжение 100 кВ. Определить максимальную энергию, до которой могут быть ускорены в этом циклотроне протоны и скорость, приобретаемую протонами к концу ускорения.

3.6. Пластина полупроводника толщиной $a = 0,2$ мм помещена в магнитное поле, направленное вдоль a . Удельное сопротивление полупроводника $\rho = 10^{-5}$ Ом·м и индукция магнитного поля $B = 1$ Тл. Перпендикулярно полю вдоль пластинки пропускается ток $I = 0,1$ А. При этом возникает поперечная разность потенциалов $U = 3,25 \cdot 10^{-3}$ В (эффект Холла). Определить подвижность носителей тока в полупроводнике.

3.7. При измерении эффекта Холла в натриевом проводнике напряженность поперечного поля оказалась $E = 5$ мкВ/см при плотности тока $j = 200$ А/см² и индукции магнитного поля $B = 1$ Тл. Найти концентрацию электронов проводимости и ее отношение к концентрации атомов в данном проводнике.

3.8. По медной пластине длиной 10 см, шириной 2 см и толщиной 1 мм протекает электрический ток силой 4 А. Раз-

ность потенциалов при этом на концах пластины равна $5 \cdot 10^{-4}$ В. Если, не выключая тока, поместить пластину в перпендикулярное ей (параллельное короткой стороне) однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл, то на противоположных боковых гранях возникнет холловская разность потенциалов $5 \cdot 10^{-8}$ В. Определить концентрацию свободных электронов в меди и их подвижность.

3.9. В установке для наблюдения эффекта Холла медная пластина имеет размеры: длина $5 \cdot 10^{-2}$ м, ширина 1 см, толщина 0,1 мм. Определить силу тока, текущего по пластине, и подвижность электронов, если при включении однородного магнитного поля с индукцией 0,32 Тл на боковых гранях пластины возникает разность потенциалов 10^{-6} В. Концентрация электронов в меди $8 \cdot 10^{28}$ м⁻³, удельное сопротивление $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

3.10. По пленке, помещенной в установку для наблюдения эффекта Холла, протекает ток силой 4,8 А. Индукция магнитного поля, в которое помещен образец 0,2 Тл. Определить холловскую разность потенциалов и скорость упорядоченного движения электронов, считая концентрацию электронов равной 10^{29} м⁻³. Ширина пленки $2 \cdot 10^{-3}$ м, толщина 10^{-4} м.

3.11. По двум тонким проводам, один из которых горизонтально закреплен, а другой подвешен к первому на двух пружинах, протекают токи одинакового направления. Найти расстояние между проводами, если длина пружин в нерастянутом виде 30 см, их жесткость 10 Н/м, массы проводов по 100 г, длина 200 м, сила тока в них 100 А и 150 А.

3.12. На каком расстоянии друг от друга следует расположить провода сверхпроводящей двухпроводной линии постоянного тока, чтобы сила магнитного взаимодействия уравновесила вес нижнего провода. Сила тока в проводах 600 А и 800 А, сечение проводов 3 мм², плотность материала $8,0 \cdot 10^3$ кг/м³.

3.13. В цепи, сопротивление которой 0,2 Ом, имеется участок прямого провода длиной 0,2 м, находящийся во внешнем однородном магнитном поле индукцией 1 Тл. Определить силу, которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его под углом 30° к линиям индукции магнитного поля со скоростью 0,5 м/с.

3.14. В однородном магнитном поле, индукция которого 0,1 Тл, равномерно с частотой 4 Гц вращается рамка площадью 100 см². Сопротивление рамки 16 Ом, число витков рамки 100. Определить максимальное значение мощности, которую необходимо приложить к рамке для осуществления такого вращения.

3.15. Медный провод массой 178 г намотан на круглую рамку диаметром 0,141 м, которая вращается во внешнем однородном магнитном поле, индукция которого 1 Тл, с частотой

5 Гц. Определить действующее значение ЭДС в рамке и мощность, выделяющуюся во внешней цепи на сопротивлении 9,86 Ом. Плотность меди $8,9 \cdot 10^3$ кг/м³. Площадь сечения провода 1 мм².

3.16. По двум длинным параллельным проводам, расположенным на расстоянии 10 см один от другого, идут токи 3 А и 7 А противоположных направлений. Определить напряженность магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 8 см от одного провода и, одновременно, на расстоянии 10 см от другого провода.

3.17. Длинный провод, согнутый под прямым углом, и круговой контур расположены в одной плоскости, как показано на рис. 4. Центр кругового контура находится на биссектрисе прямого угла. $I_1 = 10$ А; $I_2 = 1$ А; $a = 10$ см; $R = 5$ см. Определить напряженность магнитного поля в центре кругового контура.

3.18. Длинный провод с током $I_1 = 5$ А согнут под прямым углом и расположен в плоскости чертежа (рис. 5). На расстоянии $a = CB = 14$ см от вершины угла С в точке В, равноудаленной от обеих сторон угла, перпендикулярно плоскости чертежа расположен второй провод с током $I_2 = 4$ А. Определить напряженность магнитного поля в точке А, находящейся на расстоянии $a/2$ от вершины угла С.

3.19. Квадратный контур и круговой контур с радиусом $R = 5$ см расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях, как показано на рис. 6. По квадратному контуру течет ток $I_1 = 4$ А, по круговому контуру $I_2 = 2$ А. Определить напряженность магнитного поля в центре системы (в точке О).

3.20. Прямой бесконечный проводник имеет круговую петлю радиусом 8 см (рис. 7). Определить величину тока в проводнике, если известно, что магнитная индукция в точке А $1,25 \cdot 10^{-4}$ Тл.

3.21. Напряженность магнитного поля в центре кругового контура с током $H = 25$ А/м, радиус контура $R = 10$ см. Число витков контура $N = 5$. Контур помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 10^{-5}$ Тл. Магнитный момент контура составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с силовыми линиями магнитного поля. Определить: магнитный момент контура; вращающий момент, действующий на контур; работу поворота контура из начального положения в положение, при котором $\alpha = 60^\circ$.

3.22. Рамка длиной $a = 4$ см и шириной $b = 1,5$ см, содержащая $N = 200$ витков тонкой проволоки, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. По рамке течет ток $I = 1$ мА. Определить: магнитный момент рамки; вращающий момент, действующий на рамку; работу поворота рамки из на-

чального положения в положение, при котором линии индукции перпендикулярны плоскости рамки.

3.23. Внутри длинного соленоида с плотностью витков $n = 20 \text{ см}^{-1}$ расположен круговой контур радиуса $R = 3 \text{ см}$. Ток в витках соленоида $I_1 = 0,6 \text{ А}$. Магнитный момент контура $p_m = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ А} \cdot \text{м}^2$. Нормаль к контуру составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с силовыми линиями поля соленоида. Определить: вращающий момент, действующий на контур; работу по удалению контура за пределы магнитного поля соленоида.

3.24. Длинный прямой провод и квадратный контур расположены, как показано на рис. 8. Магнитный момент контура $p_m = 3 \cdot 10^{-2} \text{ А} \cdot \text{м}^2$, $I_1 = 6 \text{ А}$; $a = 10 \text{ см}$. Определить работу перемещения контура из положения, в котором $b = 5 \text{ см}$, в положение, в котором $b = 10 \text{ см}$.

3.25. Длинный прямой провод и прямоугольный контур расположены, как показано на рис. 9. $I_1 = 2 \text{ А}$; $a = 5 \text{ см}$; $b = 5 \text{ см}$; $c = 10 \text{ см}$; $I_2 = 0,5 \text{ А}$. Определить работу по удалению контура в область пространства, где магнитное поле отсутствует.

3.26. Рамка площадью $S = 200 \text{ см}^2$ с числом витков $N = 10$ равномерно вращается с частотой $n = 5 \text{ с}^{-1}$ относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля ($B = 0,2 \text{ Тл}$). Считая, что в начальный момент магнитный поток максимален, определить величину ЭДС в момент времени $t = 0,25 \text{ с}$; количество электричества, которое индуцируется в рамке за промежуток времени от $t_1 = 0$ до $t_2 = 0,3 \text{ с}$. Сопротивление рамки $R = 2 \text{ Ом}$.

3.27. Квадратная рамка со стороной $a = 8 \text{ см}$ и числом витков $N = 5$ находится в однородном магнитном поле, напряженность которого меняется во времени по закону $H(t) = 8 \cdot 10^3 t^2 \text{ А/м}$. Плоскость рамки перпендикулярна силовым линиям. Определить: ЭДС индукции в контуре в момент времени $t = 3 \text{ с}$; количество электричества, которое индуцируется в рамке за промежуток времени от $t_1 = 2 \text{ с}$ до $t_2 = 4 \text{ с}$. Сопротивление рамки $R = 2 \text{ Ом}$.

3.28. Плотность витков бесконечно длинного соленоида 20 см^{-1} . Ток в витках соленоида изменяется по закону $I(t) = 0,05t^2 \text{ А}$. Внутри соленоида расположен круговой контур радиуса 5 см . Нормаль к контуру составляет угол 30° с силовыми линиями магнитного поля соленоида. Сопротивление контура 2 Ом . Определить: ЭДС индукции в момент времени $t = 3 \text{ с}$; количество электричества, которое индуцируется в контуре за промежуток времени от $t_1 = 2 \text{ с}$ до $t_2 = 4 \text{ с}$.

3.29. Бесконечно длинный прямой провод и прямоугольный контур расположены, как показано на рис. 10. $I = 3 \text{ А}$; $a = 5 \text{ см}$; $b = 10 \text{ см}$; $c = 5 \text{ см}$. Сопротивление контура 3 Ом . В некоторый момент времени ток в проводе исчезает. Опреде-

лить количество электричества, которое индуцируется в контуре. Покажите направление индукционного тока в контуре.

3.30. Бесконечно длинный прямой провод и квадратный контур расположены, как показано на рис. 11. Ток в проводе меняется во времени по закону $I(t) = 0,1t + 2$ А. Сопротивление контура 3 Ом. Определить количество электричества, которое индуцируется в контуре за промежуток времени от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 5$ с, $a = 10$ см; $c = 5$ см. Покажите направление индукционного тока в контуре.

3.31. Взаимная индуктивность двух контуров 0,05 Гн. При изменении тока I_1 в первом контуре во втором контуре возникает ток I_2 , который меняется во времени по закону $I_2(t) = 0,1t^2$ А. Сопротивление контура 2 Ом. Определить: магнитный поток, сцепленный со вторым контуром, в момент времени $t = 3$ с, считая, что в начальный момент времени этот поток равен нулю; величину тока I_1 в первом контуре в момент времени $t = 3$ с.

3.32. Длинный прямой провод и прямоугольный контур расположены, как показано на рис. 12, $a = 10$ см; $b = 20$ см; $c = 10$ см. Определить взаимную индуктивность контура и провода.

3.33. Две катушки расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Когда сила тока в первой катушке изменяется со скоростью $dI_1/dt = 5$ А/с, во второй катушке возникает ЭДС индукции $E_2 = 0,1$ В. Определить: коэффициент взаимной индукции катушек; магнитный поток, сцепленный со второй катушкой, в момент времени $t = 2$ с, считая, что при $t = 0$ ток в первой катушке $I_0 = 2$ А.

3.34. Взаимная индуктивность двух контуров 0,05 Гн. В первом контуре ток изменяется во времени по закону $I_1(t) = 0,3t^2 + 0,1t$ А. Индуктивность первого контура 0,2 Гн. Определить: магнитный поток, сцепленный со вторым контуром, в момент времени $t = 3$ с; ЭДС самоиндукции в первом контуре в момент времени $t = 3$ с; количество электричества, которое индуцируется во втором контуре за промежуток времени от $t_1 = 3$ с до $t_2 = 5$ с. Сопротивление второго контура 5 Ом.

3.35. Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром $d = 0,5$ мм намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу. Внутри соленоида расположен прямоугольный контур со сторонами $a = 5$ см и $b = 8$ см и с числом витков $N = 5$. Плоскость контура составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с осью соленоида. Определить взаимную индуктивность соленоида и контура.

3.36. Напряженность магнитного поля внутри длинного соленоида $6 \cdot 10^3$ А/м. Длина соленоида 2 м, диаметр 4 см, число витков 6000. Определить: энергию магнитного поля соленоида; объемную плотность энергии.

3.37. Цепь состоит из катушки индуктивностью 1 Гн и сопротивлением 10 Ом и источника тока. Источник тока можно отключить, не разрывая цепи. Определить: время, по истечении которого сила тока уменьшается до 0,001 первоначального значения; энергию магнитного поля катушки в этот момент времени. Сила тока в цепи при подключенном источнике $I_0 = 2$ А.

3.38. Соленоид длиной 1 м и диаметром 8 см подключается к источнику с ЭДС 24 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Соленоид изготовлен из медной проволоки ($\rho = 1,95 \cdot 10^{-8}$ Ом·м), витки которой плотно прилегают друг к другу. Диаметр проволоки 0,5 мм. Определить: энергию магнитного поля соленоида через 0,001 с после подключения источника; объемную плотность энергии в этот момент времени.

3.39. К источнику, ЭДС которого 19 В, подключена катушка, сопротивление которой $R_1 = 5$ Ом, а индуктивность 0,17 Гн. Параллельно катушке подключено сопротивление $R_2 = 95$ Ом. Определить силу тока через сопротивление R_2 до размыкания цепи и спустя 0,001 с после размыкания.

3.40. В замкнутом контуре ЭДС самоиндукции меняется во времени по закону $E_i = 0,4t$ (В). Индуктивность контура 0,2 Гн. Определить энергию магнитного поля контура в момент времени $t = 2$ с. В начальный момент времени сила тока в контуре $I_0 = 6$ А.

РИСУНКИ К ЗАДАЧАМ

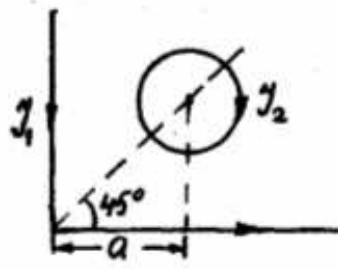


Рис. 4

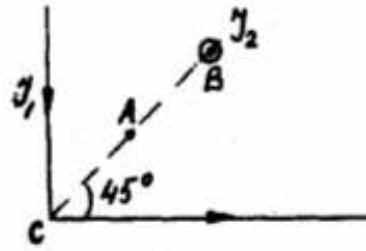


Рис. 5

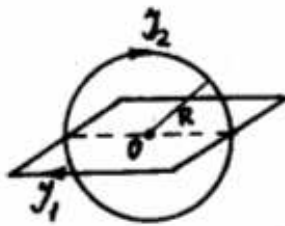


Рис. 6

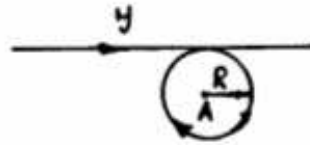


Рис. 7

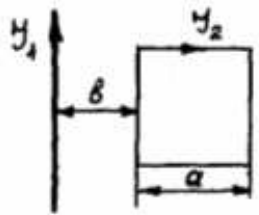


Рис. 8

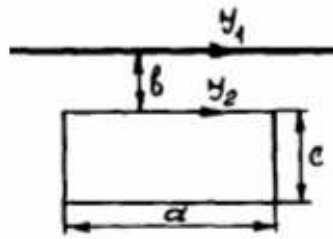


Рис. 9

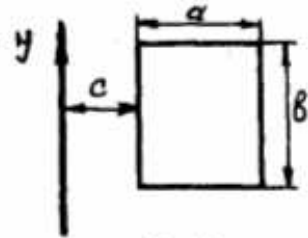


Рис. 10

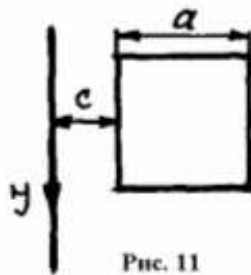


Рис. 11

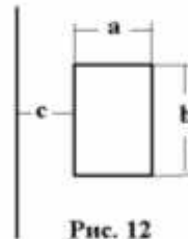


Рис. 12