

Примеры решения задач

Задача 17.1. В опыте, описанном в § 17.1 (см. рис. 17.1), радиус диска $R = 0,1$ м, сила тока в цепи 6 А, среднее значение магнитной индукции между полюсами магнита $0,1$ Т. В какую сторону вращается диск, если магнитное поле направлено из-за чертежа к нам, а ток в диске проходит снизу вверх? Определить мощность, затрачиваемую источником тока на вращение диска, если последний делает 1 об/с.

Дано:
 $I = 6$ А
 $n = 1$ об/с
 $R = 0,1$ м
 $B = 0,1$ Т
 $P = ?$

Решение. Применяя правило левой руки, найдем, что диск вращается против часовой стрелки.

Мощность P , затрачиваемая источником тока на вращение диска в магнитном поле, измеряется произведением вращающего момента M на угловую скорость ω вращения диска:

$$P = \dot{M} \omega = M \cdot 2\pi n. \quad (a)$$

Ток в диске идет вдоль вертикального радиуса, играющего таким образом роль проводника с током. Сила dF , действующая на элемент dr этого проводника, находящийся на расстоянии r от оси диска, по закону Ампера численно равна

$$dF = IB dr \sin(\widehat{dr, B}) = IB dr,$$

так как векторы dr и B взаимно перпендикулярны. Сила dF перпендикулярна вертикальному радиусу диска. Поэтому создаваемый ею вращающий момент

$$dM = r dF = IB r dr.$$

Полный вращающий момент M , действующий на диск, равен сумме всех элементарных моментов dM :

$$M = \int_0^R dM = IB \int_0^R r dr = IB R^2 / 2.$$

Подставив выражение для M в формулу (а), получим

$$P = M \cdot 2\pi n = \pi n IB R^2.$$

Произведем вычисления в СИ:

$$P = \pi n I B R^2 = 3,14 \cdot 6 \cdot 0,1 \cdot 0,1^2 \text{ Вт} = 0,0188 \text{ Вт} = 18,8 \text{ мВт}.$$

Задача 17.2. Квадратный проводящий контур со стороной $a = 10$ см и током 6 А свободно подвешен в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Т. Какую работу нужно совершить для того, чтобы повернуть контур на 180° вокруг оси, перпендикулярной направлению магнитного поля? Считать, что ток в контуре в процессе его поворота не изменяется.

Дано:
 $I = 6$ А
 $a = 0,1$ м
 $B = 1$ Т
 $A = ?$

Решение. Работа A , совершаемая силами Ампера при перемещении в магнитном поле контура с током I , по формуле (17.31) равна

$$A = I (\Phi_{m2} - \Phi_{m1}),$$

где Φ_{m1} и Φ_{m2} — магнитные потоки сквозь поверхность, ограниченную контуром, в его начальном и конечном положениях. Так как контур с током свободно подвешен в однородном магнитном поле, то его начальное положение соответствует состоянию устойчивого равновесия, при котором вектор p_m магнитного момента контура совпадает с направлением внешнего магнитного поля.

При вычислении Φ_{m_1} и Φ_{m_2} нормаль к поверхности, ограниченной контуром, нужно проводить в ту же сторону, куда направлен вектор \mathbf{r}_m (см. § 17.4, п. 3). Тогда по формуле (16.14'),

$$\Phi_{m_1} = BS = Ba^2,$$

где $S = a^2$ — площадь поверхности, ограниченной контуром. После поворота его на 180° вокруг оси, перпендикулярной вектору \mathbf{B} , проекция B_n этого вектора на направление нормали к поверхности контура будет равна $-B$. Поэтому

$$\Phi_{m_2} = -BS = -Ba^2 \quad \text{и} \quad A = -2I Ba^2.$$

Искомая работа A' совершается внешними силами против сил Ампера. Поэтому

$$A' = -A = 2I Ba^2.$$

Произведем вычисления в СИ:

$$A = 2I Ba^2 = 2 \cdot 6 \cdot 0,1^2 \text{ Дж} = 0,12 \text{ Дж}.$$