

зарядов, и сравните ее с силой Ампера.

Указание. Напряженность электрического поля вблизи заряженной бесконечной нити равна $E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$, где q – заряд единичной длины нити, r – расстояние до нити.

Сначала вычислим концентрацию электронов проводимости в меди:

$$n = \frac{\rho N_A}{A} = 0,84 \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$$

и силу тока в проводах:

$$I = \frac{\pi d^2}{4} nev = 42,2 \text{ А}$$

(здесь e – заряд электрона). Теперь, воспользовавшись формулой (*), найдем величину индукции магнитного поля, создаваемого током одного из проводов в месте расположения второго:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi L} = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ Тл.}$$

На рисунке 3 изображена одна из линий индукции магнитного поля про-

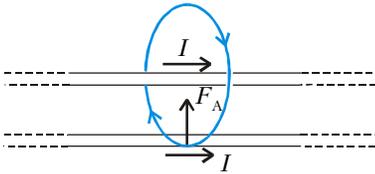


Рис. 3

вода. Сила Ампера, действующая на элемент провода, равна

$$F_A = BIl = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi L} = 7,13 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$$

Для вычисления электростатической силы найдем заряд q электронов, содержащихся в куске провода единичной длины:

$$q = \frac{\pi d^2}{4} ne = 4,22 \cdot 10^4 \text{ Кл.}$$

Напряженность электрического поля, создаваемого электронами, расположенными вдоль провода, на расстоянии L от провода равна

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 L} = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ В/м,}$$

а электростатическая сила отталкивания, действующая на элемент провода единичной длины, заряженный электронами проводимости, составляет

$$F_э = qE = 6,3 \cdot 10^{20} \text{ Н.}$$

Отношение силы магнитного взаимодействия к электростатической силе в пределах погрешности расчета дает

$$\frac{F_A}{F_э} = 1,1 \cdot 10^{-23}.$$

Задача 2. На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жесткая тонкая рамка из однородного куска проволоки в виде равностороннего треугольника со стороной a . Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны одной из сторон рамки. Масса рамки m , величина индукции B .

Какой ток нужно пропустить по рамке (против часовой стрелки), чтобы она начала приподниматься относительно одной из вершин треугольника?

Пусть по контуру против часовой стрелки течет ток I (рис. 4). Очевидно, что на все три стороны треугольника

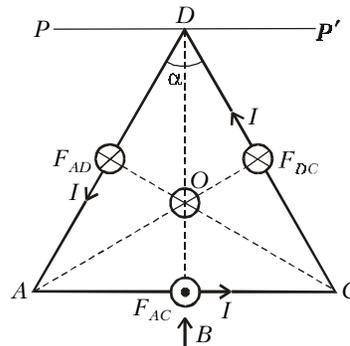


Рис. 4

будут действовать силы Ампера, точками приложения которых являются середины сторон AC , CD и DA . В точке пересечения медиан (точка O) приложена сила тяжести, равная mg и направленная от нас перпендикулярно плоскости рисунка.

Найдем результирующий момент сил Ампера, действующих на три стороны треугольника, относительно оси PP' . Сила \vec{F}_{AC} равна $F_{AC} = IaB$ и направлена на нас, силы \vec{F}_{AD} и \vec{F}_{DC} равны

$$F_{AD} = F_{DC} = IaB \sin(\alpha/2) = IaB/2$$

(поскольку $\alpha = 60^\circ$) и направлены от нас. Суммарный момент всех трех сил Ампера относительно оси PP' равен

$$M_A = IaB \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a - \frac{IaB}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} a - \frac{IaB}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} a = \frac{\sqrt{3}}{4} Ia^2 B.$$

Видно, что с увеличением тока момент сил Ампера увеличивается и в некоторый момент окажется в состоянии приподнять рамку относительно вершины D , поскольку препятствует этому постоянный момент силы тяжести

$$M_g = mg \cdot \frac{a}{\sqrt{3}}.$$

Рамка начнет приподниматься относительно вершины D , когда

$$M_A \geq M_g, \text{ или } \frac{\sqrt{3}}{4} Ia^2 B \geq mg \frac{a}{\sqrt{3}}.$$

Отсюда

$$I \geq \frac{4mg}{3aB}.$$

Задача 3. На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая тонкая жесткая квадратная рамка из однородного куска провода со стороной a . Рамка находится в магнитном поле длинного горизонтального провода с током, расположенного симметрично над рамкой (рис. 5). Масса рамки m , индукция магнитного поля у боковых сторон рамки 1 и 2 равна B , коэффициент трения скольжения рамки о поверхность стола μ ($\mu < 1/3$).

Какой ток нужно пропустить по рамке, чтобы она начала скользить по столу, не отрываясь от него?

Пусть по квадратной рамке течет ток I по часовой стрелке, если смотреть сверху. На боковые стороны рамки будут действовать силы Ампера F_1 и

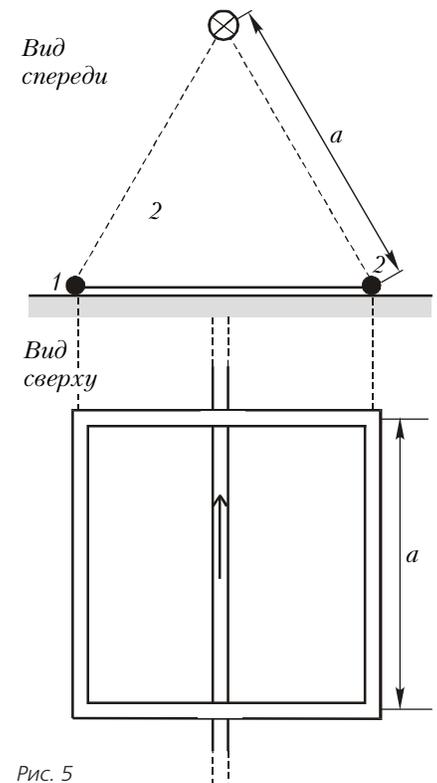


Рис. 5