

но продемонстрировать, например, с помощью палочки, подвешенной на нити к оси центробежной машины: при постепенном увеличении скорости вращения наступает момент, когда палочка поднимается, переходя из вертикального положения (которому соответствует наименьший момент инерции) практически в горизонтальную

плоскость (т.е. вращается вокруг главной оси с наибольшим моментом инерции).

«Предпочтение», оказываемое вращающимся телом свободным осям с наибольшим моментом инерции, используется в технике. Чтобы нагрузки на подшипники были минимальными, нужно, как мы видели, возможно точ-

нее совместить ось вращения со свободной осью тела. Однако абсолютно точно сделать это нельзя. Поэтому в машинах с большой частотой вращения применяются гибкие, или самоцентрирующиеся, валы. В нормальном режиме они изгибаются так, чтобы вращение происходило как раз вокруг свободной оси.

Еще раз О МАГНИТНОЙ СИЛЕ

Е. РОМИШЕВСКИЙ

В СТАТЬЕ «ЭТА ЗАГАДОЧНАЯ МАГНИТНАЯ СИЛА» (см. «Квант» №3 за 1999 г.) говорилось о свойствах электромагнитной силы Лоренца. Здесь же мы обсудим, как взаимодействуют между собой ее электрическая и магнитная составляющие и какова природа магнитной силы Ампера, действующей на проводник с током в магнитном поле.

Рассмотрим сначала взаимодействие магнитной и электрической сил на примере поступательного движения проводящего бруска в однородном магнитном поле (рис.1). Пусть магнитное поле \vec{B} направлено перпендикулярно вектору постоянной скорости \vec{v} и плоской грани ad прямоугольного бруска со сторонами a , b , d . Будем считать, что брусок имеет форму «плоского конденсатора»: сторона d много меньше сторон a и b .

Как известно, в узлах жесткой кристаллической решетки металла расположены положительные ионы, а свободные электроны равномерно рас-

пределены по его объему. При движении бруска в магнитном поле на положительные заряды бруска e^+ и отрицательные заряды e^- действуют магнитные силы, равные по величине $F_m = evB$ и направленные в противоположные стороны. Под действием магнитной силы свободные электроны смещаются вниз и создают на верхней и нижней поверхностях бруска избыточные заряды с поверхностными плотностями σ^+ и σ^- . Это приводит к тому, что внутри бруска, как в плоском конденсаторе, возникает однородное электрическое кулоновское поле \vec{E}_\perp , вызывающее электрическую силу, которая компенсирует действие магнитной силы в объеме бруска. Магнитная сила как бы вызывает электрическую силу, чтобы себя уравновесить:

$$F_m = F_e, \quad evB = eE_\perp,$$

и

$$E_\perp = vB.$$

В результате такой «плоский конденсатор» оказывается заряженным до разности потенциалов

$$\Delta\phi = E_\perp d = vBd.$$

В целом брусок остается электрически нейтральным, электрические заряды возникают только на поверхностях бруска и в равных количествах ($\sigma^+ = -\sigma^-$).

При равномерном движении бруска в однородном магнитном поле полная сила, действующая на брусок, естественно, равна нулю. Однако при ускорении бруска, т.е. при увеличении скорости \vec{v} , или при вхождении в

область увеличивающегося магнитного поля \vec{B} брусок будет испытывать со стороны магнитного поля силу торможения. При этом будут, соответственно, увеличиваться и напряженность электрического поля \vec{E}_\perp , и поверхностные плотности зарядов σ^+ и σ^- .

Заметим, что равномерно движущийся в магнитном поле проводящий брусок представляет собой прообраз главного элемента самых мощных и самых распространенных источников электрической энергии, электродвижущая сила \mathcal{E} которых определяется именно магнитной силой: $\mathcal{E} = vBd$.

Пусть теперь наш металлический брусок abd неподвижен и имеет омическое сопротивление R . Подключим к его граням bd (рис.2) батарею с электродвижущей силой \mathcal{E}_0 так, чтобы обеспечить в бруске постоянный ток $I = \mathcal{E}_0/R$. Поскольку разность потенциалов между сечениями bd равна \mathcal{E}_0 , в объеме бруска установится однородное электрическое поле \vec{E} , параллельное сторонам a . Под влиянием этого поля свободные электроны металла будут дрейфовать вправо со средней скоростью v_d , создавая электрический ток

$$I = \frac{\mathcal{E}_0}{R} = nev_d bd = nev_d S,$$

где n – плотность свободных электронов, e – их заряд, а $S = bd$ – площадь сечения. Нужно отметить, что направление движения электронов со скоростью v_d противоположно направлению электрического поля \vec{E} и направлению электрического тока I . Положительно заряженные ионы, образу-

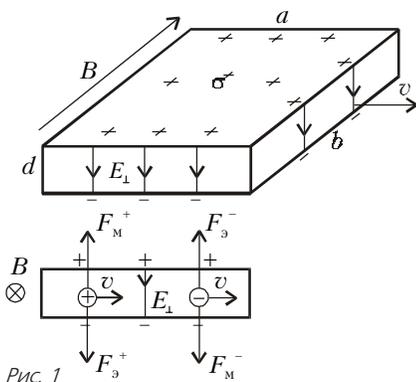


Рис. 1

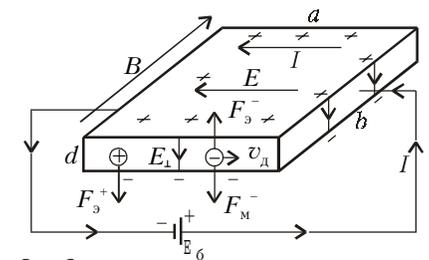


Рис. 2