

(Начало см. на с. 24)

**Ф1574.** К проводящему уединенному заряженному шару подносят небольшой незаряженный проводящий предмет. Потенциал точки, в которую помещают предмет, до его внесения составлял  $\varphi = 10000$  В. После внесения потенциал шара изменился на величину  $\Delta\varphi = 1$  В. Найдите силу, действующую в этот момент на шар. Размеры вносимого предмета во много раз меньше расстояния между ним и шаром.

Суммарный заряд маленького тела (предмета) равен нулю, поэтому все возникшие на его поверхности заряды можно разбить на пары равных по величине и противоположных по знаку зарядов — диполей. Рассмотрим один такой диполь, у которого расстояние между зарядами равно  $a_i$ , причем  $a_i \ll L$ , где  $L$  — расстояние между предметом и шаром, а заряды составляют  $-q_i$  и  $q_i$ . Этот диполь уменьшает потенциал центра шара (центр шара — удобная для расчетов точка, поскольку потенциал от собственных зарядов шара в этой точке не зависит от их распределения по поверхности шара) на

$$\Delta\varphi_i = \frac{kq_i}{L} - \frac{kq_i}{L+a_i} = \frac{kq_i a_i}{L^2}.$$

На диполь со стороны шара действует сила Кулона

$$F_i = \frac{kQq_i}{L^2} - \frac{kQq_i}{(L+a_i)^2} = \frac{2kQq_i a_i}{L^3} = \frac{2\varphi \Delta\varphi_i}{k}.$$

Суммируя силы, действующие на диполи, мы получим полную силу, действующую на предмет. Такая же по величине сила действует на шар — он притягивается к поднесенному телу. При суммировании «добавок» к потенциалу шара мы получим заданное в условии изменение потенциала  $\Delta\varphi = 1$  В. В результате искомая сила будет равна

$$F = \frac{2\varphi \Delta\varphi}{k} \approx 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ Н.}$$

З. Рафаилов

**Ф1575.** Из куска тонкой проволоки, сопротивление которого  $R$ , сделано замкнутое кольцо диаметром  $d$ . Магнитное поле с индукцией  $B$  параллельно плоскости кольца. Выводы источника напряжением  $U_0$  присоединены к двум точкам кольца. Какой может быть максимальная сила, действующая на кольцо со стороны магнитного поля?

Понятно, что искомая сила направлена перпендикулярно плоскости кольца. Как нужно подключить к кольцу источник напряжения, чтобы сила стала наибольшей? Можно, конечно, задать произвольно точки, ориентировать получившуюся цепь под некоторым углом к магнитному полю, записать выражение для силы и начать искать условия максимума. Это прекрасный способ (может быть, немного нудный, да и времени потребует много...), но мы пойдем другим путем, более простым, — угадаем ответ. Ясно, что нужно выбирать между двумя возможностями: либо подключить кольцо диаметрально противоположными точками и сориентировать этот диаметр перпендикулярно полю, либо взять точки как можно ближе друг к другу, чтобы получить в маленьком кусочке очень большой ток, и этот кусочек расположить перпендикулярно полю. Проведем расчет для обоих случаев и сравним ответы.

Для первого случая (подключение к концам диаметра) токи через половинки кольца составят

$$I_1 = \frac{U_0}{R/4} = \frac{4U_0}{R}.$$

Сила, действующая на произвольно взятый участок, определяется проекцией длины этого участка на диаметр, поэтому полная сила будет равна

$$F_1 = 2I_1 B d = \frac{8U_0 B d}{R}.$$

Для второго случая (подключение к близко расположенным точкам) сила будет полностью определяться действием поля на маленький кусочек — силы на остальную часть кольца практически будут скомпенсированы. Зададим малый угол  $\alpha$ , под которым этот кусочек «виден» из центра круга, и выразим величину тока:

$$I_2 = \frac{U_0}{B\alpha/(2\pi)}.$$

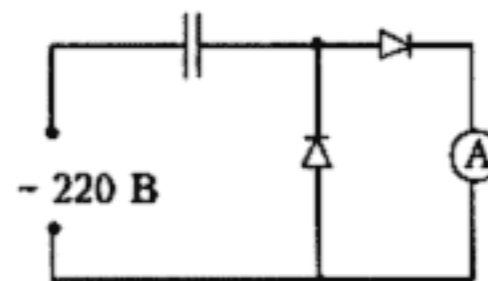
Тогда искомая сила

$$F_2 = I_2 B \alpha \frac{d}{2} = \frac{\pi U_0 B d}{R} < F_1.$$

Итак, максимальная сила, действующая со стороны магнитного поля на кольцо, получается в первом случае.

Р. Александров

**Ф1576.** Схема, изображенная на рисунке, подключена к сети (220 В, 50 Гц). Емкость конденсатора  $C = 0,01$  мкФ, диоды можно считать идеальными.



Какой ток покажет миллиамперметр магнитоэлектрической системы, предназначенный для постоянного тока? До какого напряжения зарядился бы еще один конденсатор емкостью  $C$ , если бы его включили вместо миллиамперметра?

При подключении в сеть переменного напряжения конденсатор в схеме заряжается через один из диодов до максимального значения напряжения, т.е. до амплитудного, равного  $U_0 = 220\sqrt{2}$  В = 310 В, и полностью разряжается через другой диод и сопротивление измерительного прибора. При этом каждый раз через прибор протекает заряд  $q = CU_0$  и средний ток через прибор составляет  $I_{cp} = qf = CU_0 f = 0,15$  мА. Именно это значение и покажет прибор магнитоэлектрической системы — отклонение стрелки у такого прибора определяется средним вращающим моментом, действующим на катушку с током в магнитном поле. (Прибор другой системы, например электромагнитной, у которого отклонение стрелки определяется «втягиванием» кусочка ферромагнетика в неоднородное магнитное поле, создаваемое протекающим током, и который при постоянном токе показывает то же, что и магнитоэлектрический, при изменяющемся, «импульсном» токе будет показывать совсем другое значение.)