

что невозможно. Кстати, если просто решить соответствующие уравнения, то для отношения  $m/M$  получается отрицательное значение.

А.Блоков

**Ф1805.** В сосуде объемом 1 л находится моль азота при давлении 1 атм. Азот медленно откачивают, поддерживая температуру сосуда неизменной. Какую массу газа придется откачать к тому моменту, когда давление в сосуде упадет вдвое?

Из условия задачи ясно, что почти весь азот находится в жидком состоянии, и только небольшая его часть – это насыщенный пар (азота, а не воды!). Из справочника находим, что температура кипения азота при нормальном атмосферном давлении равна  $-196\text{ }^\circ\text{C} = 77\text{ K}$ . Масса азота, создающая давление  $10^5\text{ Па}$  при этой температуре, равна

$$m = \frac{pV}{RT} = \frac{28 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 77} \text{ г} = 4,4 \text{ г}.$$

Для того чтобы давление упало вдвое, нужно «откачать» всю жидкость (она, конечно, испаряется при откачивании паров азота) и оставить в сосуде половину подсчитанной массы, т.е. 2,2 г.

Итак, откачать нужно  $28\text{ г} - 2,2\text{ г} \approx 26\text{ г}$ .

Д.Александров

**Ф1806.** К батарейке подключены два очень длинных одинаковых проводника, расположенных параллельно друг другу. Между проводниками включено огромное количество одинаковых вольтметров, как показано на рисунке 1 (все образованные проводами «треугольники» одинаковы). Первый из вольтметров показывает 6,02 В, второй показывает 5,97 В.

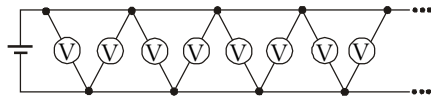


Рис.1

Считая показания приборов точными, найдите показания следующих двух вольтметров. Во сколько раз изменится ток, потребляемый всей цепью от батарейки, если второй, четвертый, шестой, и т.д. вольтметры отключить?

Эта задача легко сводится к очень известной проблеме «бесконечной» цепочки, состоящей из простых звеньев

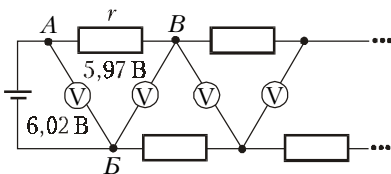


Рис.2

и  $r - R$ , где  $r - R$  – сопротивление куска проводника между точками подключения соседних вольтметров, а  $R$  – сопротивление вольтметра. Обозначим сопротивление всей цепи, нарисованной справа от точек А и В (рис.2), буквой  $Z$ . Тогда

$$r + \frac{rZ}{R + Z} = Z, \text{ откуда } Z = 0,5r + \sqrt{0,25r^2 + rR}.$$

Понятно, что абсолютных значений сопротивлений мы не узнаем, но если положить  $r = 1\text{ Ом}$ , то тогда  $Z = 120,4\text{ Ом}$ , а  $R = 14376\text{ Ом}$ . Это следует из анализа подключения одного звена  $r - R$  к цепи  $B\Gamma$ , сопротивление которой тоже равно  $Z$  (рис.3). Если обозначить

$$\alpha = U_2/U_1 = 5,97/6,02, \text{ то}$$

$$r = Z(1 - \alpha) \text{ и } R = Z \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

При  $r = 1\text{ Ом}$  отсюда и получаются значения для  $R$  и  $Z$ .

Ясно теперь, что  $U_3 = \alpha U_2 = 5,92\text{ В}$  и  $U_4 = \alpha U_3 = 5,87\text{ В}$ .

Если убрать второй, четвертый и т.д. вольтметры, то получим

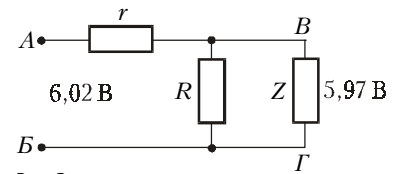


Рис.3

цепь из звеньев  $2r - R$ , и  $Z^* \approx \sqrt{2}Z$ . Тогда

$$I^* \approx I/\sqrt{2}.$$

А.Зильберман

**Ф1807.** Проводящий шар заряжают некоторым зарядом  $Q$  и при помощи длинной и очень тонкой проволоки соединяют с незаряженным проводящим шаром втрое меньшего радиуса, расположенным очень далеко. Максимальное значение силы тока оказывается при этом равным  $I_0$ . Каким будет это значение в другом опыте – когда вначале каждый из зарядов первого и второго шара равен  $Q$ ? Сопротивление проволоки мало.

Длинная и очень тонкая проволока при протекании тока создает вокруг себя магнитное поле, обладающее энергией. Можно рассмотреть эту проволочку как элемент цепи с некоторой индуктивностью  $L$ . Максимальный ток через проволочку определяется условием равенства потенциалов шаров (ЭДС индукции равна нулю). Найдем заряды при  $\phi_1 = \phi_2$ :

$$k \frac{Q - q}{R} = k \frac{q}{R/3}, \quad q = \frac{Q}{4}, \quad Q_1 = \frac{3}{4}Q, \quad Q_2 = \frac{1}{4}Q,$$

где  $q$  – заряд, перешедший с первого шара на второй,  $Q_1$  и  $Q_2$  – заряды шаров. Согласно закону сохранения энергии,

$$k \frac{Q^2}{2R} = k \frac{(3Q/4)^2}{2R} + k \frac{(Q/4)^2}{2R/3} + \frac{LI_0^2}{2},$$

отсюда

$$I_0^2 = \frac{kQ^2}{4LR}.$$

Во втором случае

$$k \frac{Q + q_1}{R} = k \frac{Q - q_1}{R/3}, \quad q_1 = \frac{Q}{2}, \quad Q_3 = \frac{3}{2}Q, \quad Q_4 = \frac{1}{2}Q,$$

где  $q_1$  – новый перешедший заряд, а  $Q_3$  и  $Q_4$  – новые заряды шаров. По закону сохранения энергии,

$$k \frac{Q^2}{2R} + k \frac{Q^2}{2R/3} = k \frac{(3Q/2)^2}{2R} + k \frac{(Q/2)^2}{2R/3} + \frac{LI_1^2}{2},$$

откуда

$$I_1^2 = \frac{kQ^2}{LR}.$$

Тогда максимальное значение силы тока в проволочке во втором опыте будет равно

$$I_1 = 2I_0.$$

А.Шаров