

Задание 3. «Чем длина отличается от ширины?»

3.1 Используя известные формулы для сопротивления проводника и параллельного соединения проводников, найдем требуемое сопротивление

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{\pi r^2}{\rho_1 L} + \frac{2\pi rh}{\rho_2 L} = \frac{\pi r}{\rho_1 \rho_2 L} (\rho_2 r + 2\rho_1 h) \Rightarrow$$
$$R = \frac{\rho_1 \rho_2 L}{\pi r (\rho_2 r + 2\rho_1 h)} = \frac{\rho_1 L}{\pi r^2 \left(1 + 2 \frac{\rho_1 h}{\rho_2 r}\right)}$$
(1)

Ответ может быть представлен и в других эквивалентных формах.

3.2 Используя стандартные формулы, находим

$$I = \frac{U_0}{R_1 + R_2}; \quad U_1 = IR_1 = U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$
(2)

3.3 При подключении дополнительного резистора для расчета силы тока и напряжения можно воспользоваться полученными формулами (2), в которых вместо величины R_1 следует подставить сопротивление двух параллельных резисторов

$$R'_1 = \frac{R_1 R_0}{R_1 + R_0}.$$
(3)

В этом случае напряжение окажется равным

$$U_1 = U_0 \frac{R'_1}{R'_1 + R_2} = U_0 \frac{\frac{R_1 R_0}{R_1 + R_0}}{\frac{R_1 R_0}{R_1 + R_0} + R_2} = U_0 \frac{R_1 R_0}{R_1 R_0 + R_2 (R_1 + R_0)},$$
(4)

а сила тока через амперметр

$$I_A = \frac{U_1}{R_0} = U_0 \frac{R_1}{R_1 R_0 + R_2 (R_1 + R_0)}.$$
(5)

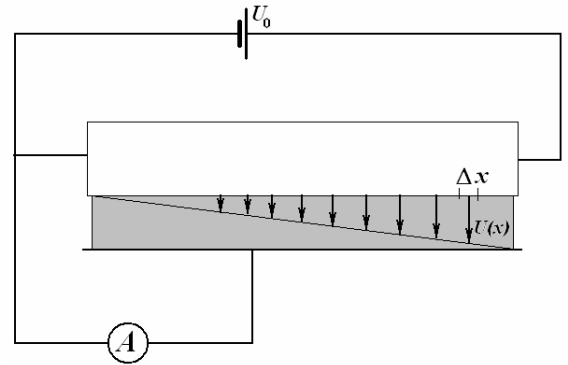
Если сопротивление резистора R_0 велико, то можно пренебречь его проводимостью и считать, что напряжение на нем совпадает с напряжением, рассчитанным по формуле (2), т.е.

$$U_1 \approx U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$
(6)

Сила тока в этом случае оказывается равной

$$I_A = \frac{U_0}{R_0} \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$
(7)

3.4 При решении данного пункта задачи следует учитывать, что ток течет поперек изоляционного слоя, причем распределение тока (точнее плотности тока) вдоль цилиндра не будет однородным. Так как сопротивление изоляции велико, то и измеряемый ток будет малым. Следовательно, распределение напряжений $U(x)$ между элементом Δx цилиндра и хорошо проводящей трубкой будет примерно таким же, как при отключенном амперметре, то есть меняться по линейному



закону от U_0 до нуля. Это дает основание использовать в качестве среднего напряжения между цилиндром и проводящей трубкой среднее арифметическое напряжений на концах цилиндра, то есть $\frac{U_0}{2}$. Следовательно, измеряемый ток равен

$$I = \frac{U_0}{2R'} . \quad (8)$$

Где $R' = \rho \frac{h}{2\pi rL}$ - сопротивление изоляционного слоя при протекании тока «поперек».

Таким образом, получаем

$$I = \frac{U_0 \cdot 2\pi rL}{2\rho h} \Rightarrow \rho = \frac{U_0 \pi rL U_0}{Ih} . \quad (9)$$

11 класс.

Задание 1. Электрическое поле Земли

1.1 Согласно закону Гука удлинение пружины под действием силы тяжести $\Delta l_1 = \frac{mg}{k}$, где k – коэффициент упругости пружины. Отсюда можем выразить

$$k = \frac{mg}{\Delta l_1} . \quad (1)$$

После подключения шарика к источнику постоянного напряжения его потенциал относительно Земли станет равным напряжению источника. При этом на шарике появится электрический заряд q , который можно найти из условия

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} = U \Rightarrow q = 4\pi\epsilon_0 rU . \quad (2)$$

Соответственно, со стороны электрического поля Земли на шарик начнет действовать сила, направленная вниз и равная

$$F = qE = 4\pi\epsilon_0 rUE . \quad (3)$$

Искомое удлинение пружины Δl_2 после замыкания ключа K найдем из равенства

$$k\Delta l_2 = mg + F \Rightarrow \Delta l_2 = \frac{mg + F}{k} = \frac{mg + F}{mg} \Delta l_1 . \quad (4)$$

Таким образом, отношение удлинений пружины до и после замыкания ключа

$$\epsilon = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\Delta l_1} = \frac{F}{mg} = \frac{4\pi\epsilon_0 rUE}{mg} . \quad (5)$$

Расчет дает значение