

**Задание 7.1. Плотность провода (Кармазин С.).** Экспериментально исследуйте зависимость массы  $m$  пяти выданных вам образцов одножильного провода с изоляцией от их длины  $L$  (длина куска изоляции на всех образцах одинакова и равна  $l_0 = 10$  см). Постройте график полученной зависимости. Напишите формулу для расчёта массы провода через его длину, обозначив массу единицы длины металла  $\mu_m$  и массу единицы длины изоляции  $\mu_n$ . С помощью графика и дополнительных измерений определите плотность  $\rho_m$  металла, из которого изготовлен провод, а также плотность  $\rho_n$  пластика, из которого изготовлена изоляция.

**Примечания 1.** Длина окружности  $C = \pi D$ , где  $D$  – диаметр этой окружности. Площадь круга  $S = \pi D^2/4$ ;  $\pi = 3,14$ .

**Примечания 2.** Снимать изоляцию с провода категорически запрещается.

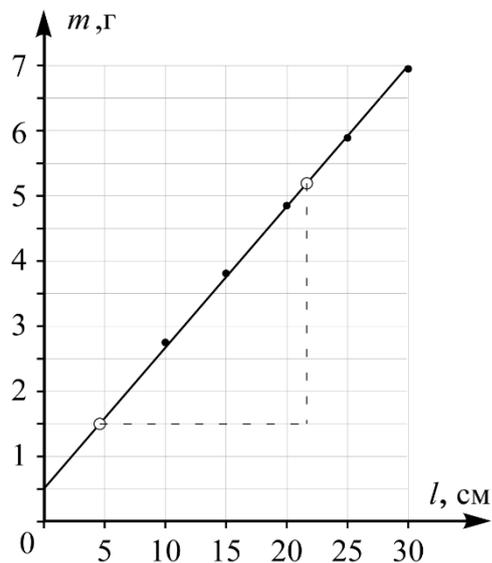
**Оборудование:** пять образцов одножильного провода длиной 10, 15, 20, 25 и 30 см с частично удалённой изоляцией (на каждом образце оставлен кусок изоляции длиной  $l_0 = 10$  см); весы с точностью измерения массы 0,01 г; две деревянные линейки; миллиметровая бумага (для построения графика).

**Указание организаторам:** Каждый комплект оборудования состоит из 5 отрезков прямого провода с длинами 10, 15, 20, 25 и 30 см. На каждом отрезке необходимо оставить участок изоляции длиной 10 см, а остальную изоляцию срезать. Если оставшийся участок изоляции легко снимается с провода вручную, то необходимо принять меры к устранению этого явления, например, с помощью клея.

**Решение.** В данном решении использовался медный провод сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Измерим массу пяти образцов провода и занесём в таблицу результаты измерений и длину образцов.

$L$ , см	$m$ , г
10	2,75
15	3,81
20	4,85
25	5,89
30	6,95



Построим график полученной зависимости.

Формула для расчёта массы образца имеет вид  $m = \mu_m L + \mu_i l_0$ . График этой линейной зависимости представляет собой прямую линию; угловой коэффициент позволяет определить погонную массу  $\mu_m$  металла, а точка пересечения прямой с вертикальной осью соответствует величине  $\mu_i l_0$ . Анализ графика позволяет определить  $\mu_i = 6,5 \text{ г/м}$  и  $\mu_m = 20,8 \text{ г/м}$ .

Методом прокатывания зачищенной проволоки с помощью двух линеек (не менее 10 оборотов) определяем длину окружности  $x$ , диаметр  $d$  и площадь сечения  $s$  провода:

$$x = 5,6 \text{ мм}, d = 1,78 \text{ мм}, s = 2,49 \text{ мм}^2.$$

Аналогично для внешней окружности изоляции получаем:

$$X = 9,9 \text{ мм}, D = 3,15 \text{ мм}, S = 7,79 \text{ мм}^2.$$

Площадь сечения кольца, образованного торцом изоляции  $S_{\text{и}} = S - s = 5,30 \text{ мм}^2$ .

Расчёт объёмов и плотностей проведём для образца провода длиной  $L_1 = 10 \text{ см}$ .

Объём металла  $V_{\text{м}} = sL_1 = 0,249 \text{ см}^3$ . Масса  $m_{\text{м}} = \mu_{\text{м}} L_1 = 2,08 \text{ г}$ . Плотность  $\rho_{\text{м}} = 8,35 \text{ г/см}^3$ .

Объём изоляции  $V_{\text{и}} = S_{\text{и}} L_1 = 0,530 \text{ см}^3$ . Масса  $m_{\text{и}} = \mu_{\text{и}} L_1 = 0,65 \text{ г}$ . Плотность  $\rho_{\text{и}} = 1,23 \text{ г/см}^3$ .

LIV Всероссийская олимпиада школьников по физике  
Региональный этап. Экспериментальный тур. 25 января 2020 г.

**Критерии оценивания:**

1. Оформлена таблица измерения массы и длины проводов, в которой указаны физические величины и единицы измерения **0,5 балла**
2. Записана формула для расчёта массы провода **0,5 балла**
3. Построен график, **2 балла**  
детально:
  - a) подписаны оси (величины и единицы измерения) 0,5 балла  
(2 оси, если хотя бы одна ось не подписана – 0 баллов)
  - b) оформлен масштаб на осях 0,5 балла  
(масштаб вдоль каждой из осей должен быть таким, чтобы график занимал не менее 2/3 поверхности листа А5, если это не так – 0 баллов)
  - c) правильно нанесены экспериментальные точки 0,5 балла  
(все экспериментальные точки должны быть видны и соответствовать табличным значениям, если это не так – 0 баллов)
  - d) проведена **прямая** линия 0,5 балла  
(если линия ломаная или проведена иная кривая – 0 баллов)
4. Из графика определена погонная масса металла (не хуже 10%) **0,5 балла**  
(численное значение должно лежать в диапазоне 0,1-0,08 г/см)
5. Из графика определена погонная масса изоляции (не хуже 10%) **0,5 балла**  
(численное значение должно лежать в диапазоне 0,015-0,019 г/см)
6. Вычислена масса металла (не хуже 10 %) **0,5 балла**
7. Вычислена масса изоляции (не хуже 10%) **0,5 балла**  
Если вычисления массы металла и изоляции удовлетворяют условию по точности (10%), но производятся по 2 точкам, а не по результатам анализа графика, то пункты 4 – 7 оцениваются суммарно в 1 балл (0,5 за массу металла и 0,5 за массу изоляции).
8. Предложен метод для определения диаметра провода и внешнего диаметра изоляции **1 балл**
  - метод прокатывания (не менее 10 оборотов) 1 балл
  - метод прокатывания (не менее 5 оборотов) и другие адекватные методы 0,5 балла
9. Определён диаметр провода с точностью не хуже 5% **0,5 балла**  
(численное значение должно лежать в диапазоне 1,1-1,3 мм при нахождении методом рядов или другим адекватным способом, если значение найдено прямым измерением, то 0 баллов)
10. Определён внешний диаметр изоляции с точностью не хуже 5% **0,5 балла**  
(численное значение должно лежать в диапазоне 1,7-1,9 мм при нахождении методом рядов или другим адекватным способом, если значение найдено прямым измерением, то 0 баллов)
11. Вычислен объём металла с точностью не хуже 10% **0,5 балла**
12. Указано, что площадь сечения изоляции — это разность площадей двух кругов **0,5 балла**
13. Вычислен объём изоляции с точностью не хуже 10% **1 балл**
14. Вычислена плотность провода с точностью не хуже 15% **0,5 балла**  
(численное значение должно лежать в диапазоне 2,2-3,0 г/см<sup>3</sup>)
15. Вычислена плотность изоляции с точностью не хуже 15% **0,5 балла**  
(численное значение должно лежать в диапазоне 1,7-2,3 г/см<sup>3</sup>)

Если предложенный метод нахождения объёмной плотности не предполагает нахождение массы и объема материала, а основан на формуле  $\rho = \mu/S$ , то за пункты 11 и 13 ставился полный балл.