

Задание 8.1. Плотность провода (II) (Кармазин С.).

1. На каждом из выданных вам образцов одножильного провода часть изоляции удалена, а оставшиеся участки изоляции имеют различную длину X . Обозначьте массу единицы длины металла в проводе μ_m , а массу единицы длины изоляции μ_n . Выведите формулу для расчёта массы провода m через его длину L и величины X , μ_n и μ_m .



2. Измерьте величины m , и X для каждого из образцов и занесите их в таблицу вместе с его длиной L .
3. Определите μ_n и μ_m графическим методом. Для этого введите новые величины, с помощью которых удастся преобразовать полученную в пункте 1 формулу таким образом, что зависимость этих величин друг от друга станет линейной. Рассчитайте значения новых величин для каждого образца и занесите их в ту же таблицу. Постройте соответствующий график.
4. С помощью дополнительных измерений определите плотность ρ_m металла, из которого изготовлен провод, а также плотность ρ_n пластика, из которого изготовлена изоляция.

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

Примечание 2. Внимание! Снимать изоляцию с проволоки категорически запрещено.

Оборудование: пять образцов одножильного провода с частично удалённой изоляцией и загнутыми концами (длина образцов 10, 15, 20, 25 и 30 см измерена на прямом проводе до загибания их концов) (см. фото); 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, кроме самого короткого, необходимо оставить различные куски изоляции, а остальную изоляцию срезать. На коротком образце изоляция оставляется полностью.

Во всех комплектах на образце конкретной длины целесообразно оставлять одинаковый кусок изоляции. Это упростит проверку работы. Например, в авторском комплекте оборудования использовались образцы со следующими параметрами:

№	Длина образца L , см	Длина оставленного куска изоляции X , см	X/L
1	10	10	1,0
2	15	12	0,8
3	20	8	0,4
4	25	15	0,6
5	30	9	0,3

Решение. В данном решении использовался медный провод сечением 4 мм^2 .

1. Формула для расчёта массы провода имеет вид:

$$m = \mu_m L + \mu_i X. \quad (1)$$

2. Измерим массу m и длину изоляции X для пяти образцов провода и занесём результаты измерений в таблицу.

№	L , см	m , г	X , см
1	10	4,58	10,0
2	15	6,60	12,0
3	20	7,84	8,5
4	25	10,41	15,2
5	30	11,22	9,0

3. Разделим левую и правую части уравнения (1) на L

$$m/L = \mu_m + \mu_i (X/L) \quad (2)$$

и получим линейную зависимость отношения m/L от отношения X/L .

Вычислим значения новых переменных для каждого образца и добавим их в таблицу.

№	L , см	m , г	X , см	m/L , г/см	X/L
1	10	4,58	10,0	0,458	1,00
2	15	6,60	12,0	0,440	0,80
3	20	7,84	8,5	0,392	0,43
4	25	10,41	15,2	0,416	0,61
5	30	11,22	9,0	0,374	0,30

Построим график полученной зависимости m/L от (X/L) .

Анализ графика позволяет определить $\mu_i = 0,125 \text{ г/см}$ и $\mu_m = 0,34 \text{ г/см}$.

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

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

$x = 7,1$ мм, $d = 2,26$ мм, $s = 4,01$ мм².

Аналогично для внешней окружности изоляции получаем:

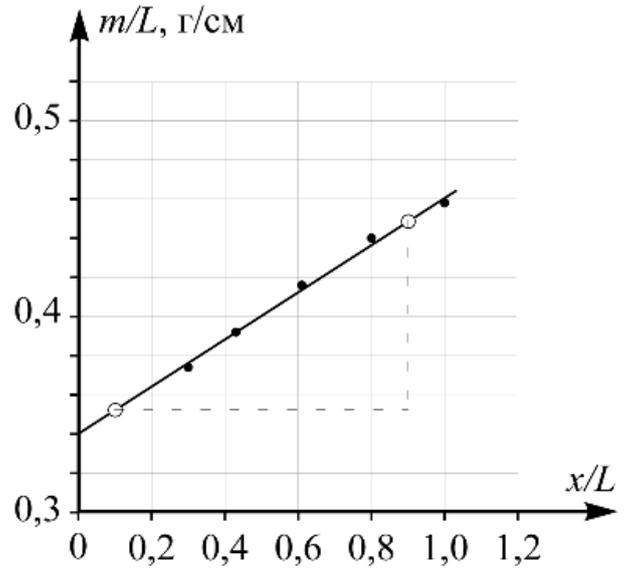
$X = 12,8$ мм, $D = 4,08$ мм, $S = 13,04$ мм².

Площадь сечения кольца, образованного торцом изоляции, $S_{\text{и}} = S - s = 9,03$ мм².

Расчёт объёмов и плотностей проведём для образца провода длиной $L_1 = 10$ см.

Объём металла $V_{\text{м}} = sL_1 = 0,401$ см³. Масса $t_{\text{м}} = \mu_{\text{м}} L_1 = 3,40$ г. Плотность $\rho_{\text{м}} = 8,48$ г/см³.

Объём изоляции $V_{\text{и}} = S_{\text{и}}L_1 = 0,903$ см³. Масса $t_{\text{и}} = \mu_{\text{и}} L_1 = 1,25$ г. Плотность $\rho_{\text{и}} = 1,38$ г/см³



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

Критерии оценивания:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Оформлена таблица измерения массы, длин металла и изоляции проводов с указанием физических величин и единиц измерения | 0,5 балла |
| 2. Записана формула для расчёта массы провода | 0,5 балла |
| 3. Введение новых переменных, занесение их в таблицу и запись формулы линейной зависимости | 1 балл |
| 4. Построен график линейной зависимости | 1,5 балла |
| подписаны оси (величины и единицы измерения) | 0,5 балла |
| оформлен масштаб на осях | 0,5 балла |
| правильно нанесены экспериментальные точки и проведена | |

Примечание:

Если вместо графика составлена система уравнений для нахождения погонной массы металла и погонной массы изоляции, то за п.п 3 и 4 максимум 1,5 балла

Если составлена система из 2 уравнений 0,5 балла

Если составлена система из 5 уравнений 1,5 балла

- | | |
|---|-----------|
| 5. Определена погонная масса металла (не хуже 10%)(0,09-0,11)г/см | 0,5 балла |
| 6. Определена погонная масса изоляции (не хуже 10%)(0,09-0,11)г/см (| 0,5 балла |
| 7. Вычислена масса металла (не хуже 10 %) | 0,5 балла |
| 8. Вычислена масса изоляции (не хуже 10%) | 0,5 балла |
| <i>Если вычисления массы металла и изоляции удовлетворяют условию по точности (10%), но производятся по 2 точкам, а не по результатам анализа графика, то пункт 7 оценивается суммарно в 1 балл (0,5 за массу металла и 0,5 за массу изоляции).</i> | |
| 9. 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 |
| 10. Определён диаметр провода с точностью не хуже 5%(1,9-2,1)мм | 0,5 балла |
| 11. Определён внешний диаметр изоляции с точностью не хуже 5%(2,8-3,4) | 0,5 балла |
| 12. Вычислен объём металла с точностью не хуже 10% | 0,5 балла |
| 13. Указано, что площадь сечения изоляции – это разность площадей двух кругов | 0,5 балла |
| 14. Вычислен объём изоляции с точностью не хуже 10% | 0,5 балла |
| 15. Вычислена плотность провода с точностью не хуже 15%(3,33-4)г/см ³ | 0,5 балла |
| 16. Вычислена плотность изоляции с точностью не хуже 15%(1,7-2,3) г/см ³ | 0,5 балла |

Данные к пунктам 7,8,12,14

№	$V_{мет}, \text{см}^3$	$V_{изол}, \text{см}^3$	$M_{мет}, \text{г}$	$M_{изол}, \text{г}$
1	0,25-0,3	0,45-0,55	0,9-1,1	0,9-1,1
2	0,38-0,45	0,51-0,63	1,35-1,65	1,03-1,25
3	0,5-0,6	0,33-0,41	1,8-2,2	0,67-0,81
4	0,63-0,75	0,61-0,78	2,25-2,75	1,22-1,5
5	0,75-0,9	0,29-0,36	2,7-3,3	0,59-0,72