

10 класс

Температурные зависимости проволоки

Решение.

Часть 1. Зависимость $R(T)$.

Для измерения сопротивления проволоки соберем следующую схему (см. Рис.1). Контакты вольтметра будем подключать непосредственно к проволоке. В этом случае, найдя отношение показаний вольтметра к показаниям амперметра, мы получим сопротивление именно проволоки, не включая сопротивление мест соединения ее с приборами.

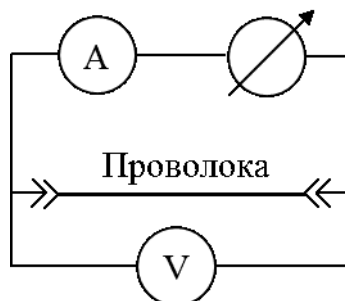


Рис. 1. Схема измерения сопротивления проволоки

Намотаем толстую проволоку на нижнюю часть алюминиевой банки, создадим тепло-изоляцию проволоки бумажной салфеткой, для обеспечения равенства температуры воды в банке и температуры проволоки. Зачистим концы проволоки ножницами.

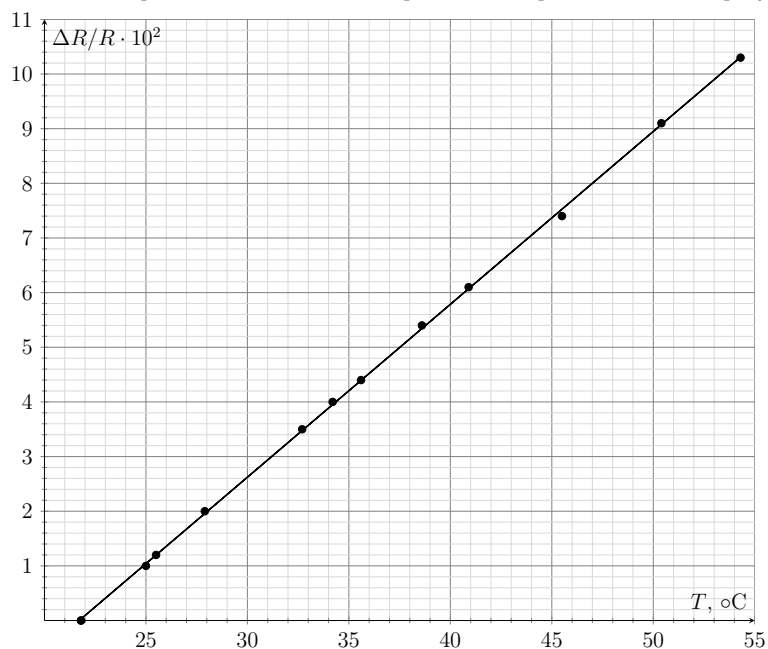
Подключим проволоку к схеме. Подадим на проволоку малое напряжение (≈ 80 мВ), чтобы проволока не нагревалась существенно за счет тепловой мощности электрического тока. Измерим показания приборов и найдем сопротивление куска проволоки при комнатной температуре. Зальем в банку горячую воду до уровня окончания намотки проволоки. Далее для регулировки температуры будем дополнительно заливать в банку холодную воду.

Снимем зависимость тока и напряжения на проволоке от температуры воды в банке. Рассчитаем сопротивление проволоки при каждой температуре. Результаты измерений приведены ниже.

$T, ^\circ\text{C}$	$U, \text{мВ}$	$I, \text{мА}$	$R, \text{Ом}$	$\Delta R/R \cdot 10^2$
21.8	80	129.6	0.62	0
54.3	89.2	129.6	0.69	10.3
50.4	88	129.6	0.68	9.1
45.5	86.4	129.6	0.67	7.4
40.9	85.2	129.6	0.66	6.1
38.6	84.6	129.6	0.65	5.4
35.6	83.8	129.8	0.65	4.4
34.2	83.4	129.7	0.64	4
32.7	82.8	129.5	0.64	3.5
27.9	81.6	129.6	0.63	2
25.5	81	129.7	0.63	1.2
25	80.8	129.6	0.62	1
21.8	80	129.6	0.62	0

Построим график зависимости относительного изменения сопротивления проволоки от температуры.

Зависимость процентного изменения сопротивления проволоки от температуры.



Найдем угловой коэффициент полученного графика, который и является искомым температурным коэффициентом сопротивления материала проволоки.

$$\alpha = (3.16 \pm 0.02) \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

Часть 2. Линейное расширение.

Соберем описанную в условии установку (см. Рис.2) с использованием тонкой проволоки, вместо толстой, которую мы использовали в первой части.

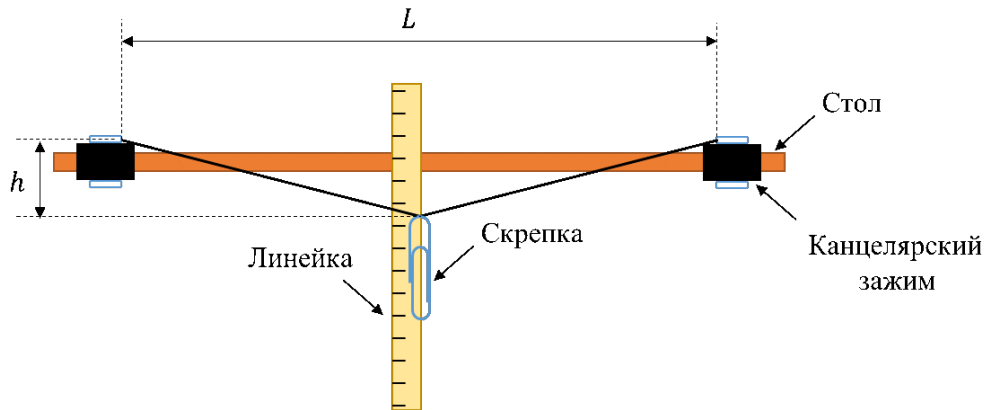


Рис. 2. Установка для измерения коэффициента теплового расширения

Подключение приборов оставим прежним. В этом эксперименте температуру проволоки будем изменять за счет ее собственного нагрева электрическим током. Длину проволоки будем рассчитывать следующим образом:

$$l = 2\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + h^2} \quad (1)$$

Так как высота h во всех экспериментах более чем в 5 раз меньше половины длины проволоки, то воспользуемся формулой приближенного вычисления:

$$l = L + 2\frac{h^2}{L} \quad (2)$$

Тогда относительное изменение длины проволоки можно приближенно рассчитать как:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{2(h^2 - h_0^2)}{L^2}, \quad (3)$$

где l_0 — начальная длина проволоки, h_0 — начальная высота провисания проволоки.

Предварительно измерим расстояние между зажимами $L = (101.0 \pm 0.1)$ см.

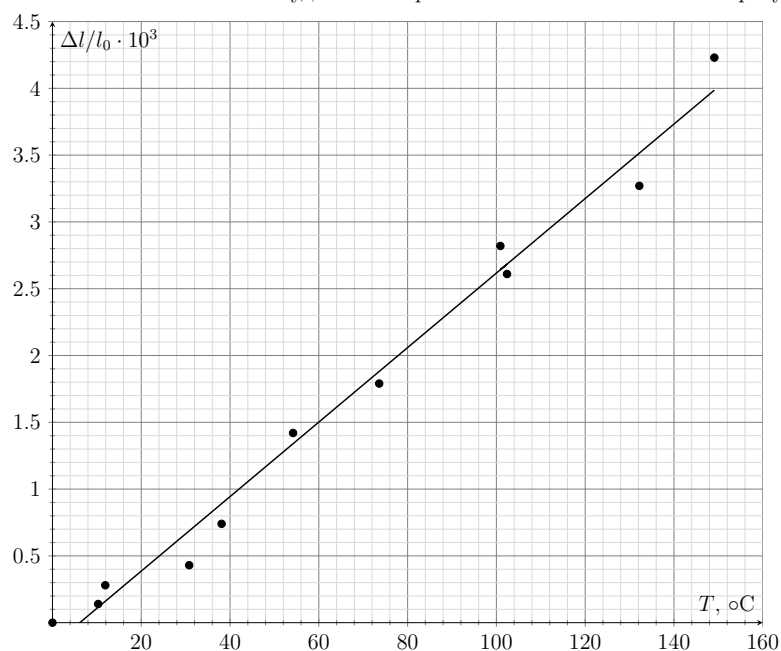
Показания приборов и величину провисания проволоки h внесём в таблицу. Рассчитаем сопротивление проволоки для каждой величины провисания проволоки. Результаты измерений приведены ниже.

I , A	U , мВ	R , Ом	ΔT , °C	h , см	$\Delta l/l_0 \cdot 10^3$
0.21	0.8	3.81	0	2.5	0
0.3	1.18	3.93	10.3	2.6	0.14
0.42	1.66	3.95	11.9	2.7	0.28
0.5	2.09	4.18	30.8	2.8	0.43
0.71	3.03	4.27	38.1	3	0.74
0.93	4.15	4.46	54.2	3.4	1.42
1.05	4.93	4.7	73.6	3.6	1.79
1.17	5.9	5.04	102.4	4	2.61
1.25	6.28	5.02	100.9	4.1	2.82
1.37	7.4	5.4	132.2	4.3	3.27
1.44	8.07	5.6	149.1	4.7	4.23

Часть 3. Обработка.

По данным Части 2 рассчитаем температуру проволоки в Зем упражнении для каждой точки. Будем считать, что первая точка таблицы соответствует комнатной температуре. Также рассчитаем относительное удлинение проволоки в каждой точке таблицы. Построим график относительного удлинения проволоки от температуры.

Зависимость относительного удлинения проволоки от изменения ее температуры.



Рассчитаем угловой коэффициент графика, который совпадает с искомым нами коэффициентом линейного теплового расширения проволоки.

$$\delta = (28 \pm 1) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

Часть 4. Теоретическая.

Учет изменения сопротивления проволоки с температурой за счет обоих эффектов можно описать следующей формулой.

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho_0 (1 + \alpha T) \frac{l_0}{S_0} \frac{1}{1 + \delta T} \approx R_0 (1 + \alpha T) (1 - \delta T) \approx R_0 (1 + (\alpha - \delta) T)$$

Как видно, реальное изменение сопротивления должно описываться разностью измеренных коэффициентов. Однако температурный коэффициент сопротивления на более чем на 2 порядка больше коэффициента линейного расширения. Поэтому учет этого эффекта не существен.