

Условие

Задание 2. Сопротивление графита.

В данной работе вам необходимо изучить зависимость сопротивления графитового стержня от температуры. При относительно небольшом изменении температуры T можно считать, что данная зависимость линейна

$$R = R_0 (1 - \alpha \Delta T). \quad (1)$$

Хрупкий графитовый стержень закрепляется с помощью двух стальных зажимов, которые также являются токоподводящими контактами. Теплопроводность стали высока, поэтому температуру зажимов можно считать постоянной и равной температуре стержня. Теплоемкостью стержня можно пренебречь.

Масса каждого зажима равна $m = (1,5 \pm 0,1)\text{г}$; Удельная теплоемкость стали $c = 0,47 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$.

Также можно считать, что мощность передачи теплоты от стержня в окружающую среду пропорциональна разности температур стержня и воздуха

$$P = \beta \Delta T. \quad (2)$$

Целью работы является экспериментальная проверка соотношений (1) и (2) и определение температурного коэффициента сопротивления α .

Приборы и оборудование. Графитовый стержень с зажимами-контактами в бутылке; источник питания (ЛИП); мультиметр цифровой; амперметр школьный; реостат 6 Ом; 2 резистора с известными сопротивлениями; секундомер; двухполюсный электрический ключ; соединительные провода. На электрических схемах графитовый стержень будем обозначать, как показано на рис. 1.

графитовый стержень
в бутылке



Рис. 1

Доставать графит из бутылки запрещается – обязательно ломаете стержень!

Часть 1. Теоретическая.

1.1 При протекании электрического тока по стержню, последний нагревается, что приводит к изменению его сопротивления. Если к стержню приложено постоянное напряжение, то по прошествии некоторого промежутка времени устанавливается *стационарный режим*, когда и сила тока, и температура стержня остаются постоянными. Покажите, что в стационарном режиме протекания тока сопротивление стержня зависит от выделяющейся мощности по формуле

$$R_C = R_{C0} (1 - \gamma P). \quad (3)$$

Укажите физический смысл параметра γ . Выразите его через значения параметров α и β .

1.2 Стержень подключен к источнику постоянного напряжения, но температура стержня отличается от стационарной $\bar{T}$. Покажите, что изменение температуры со временем приближенно описывается уравнением

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -\frac{1}{\tau} (T - \bar{T}). \quad (4)$$

где τ - характерное время установления равновесия. Выразите значение этого параметра через параметры α , β и характеристики стержня с зажимами. Получите формулу для расчета температурного коэффициента сопротивления α .

Решением уравнения (4) является функция (вам доказывать это не требуется)

$$(T - \bar{T}) = (T - \bar{T})_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right). \quad (5)$$

Часть 2. Стационарный режим.

2.1 Используя имеющееся оборудование, измерьте зависимость силы тока через графитовый стержень от приложенного к нему напряжения. Измерения проведите «в двух направлениях»: - при увеличении напряжения от минимального до максимального значения (нагревание); - при уменьшении напряжения от максимального до минимального значений (остывание).

Так как при протекании тока температура стержня изменяется, то перед каждым снятием показаний следует выждать не менее 30-40 секунд. Следите, чтобы показания мультиметра стабилизировались после изменения приложенного напряжения.

Напоминаем: *один из критериев оценивания – диапазон изменения измеряемых параметров, стремитесь сделать его максимально широким. Не забудьте привести принципиальную электрическую схему регулировки напряжения, использованную вами при измерениях.

Для повышения точности измерения используйте мультиметр как для измерения силы тока через стержень, так и для измерения напряжения на нем.

Для этого рекомендуем использовать следующую измерительную схему (рис. 2), позволяющую простым переключением ключа измерять напряжение, как на графитовом стержне, так и на резисторе с известным сопротивлением.*

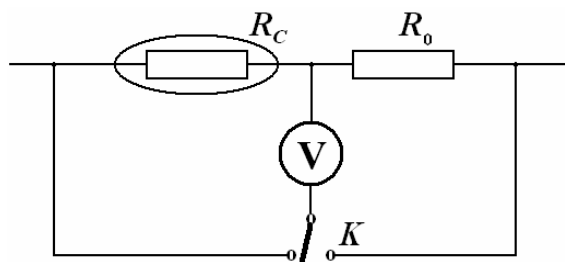


Рис.2

Использовать мультиметр в качестве амперметра или омметра не рекомендуется (Made in China). Школьный амперметр используйте в качестве индикатора наличия тока в цепи и для предварительных измерений.

Укажите диапазон мультиметра, на котором проводились измерения. Укажите, какое сопротивление Вы использовали в качестве R_0 .

1.2 Постройте график полученной вольтамперной характеристики графитового стержня. Качественно объясните полученную зависимость.

1.3 Постройте график зависимости сопротивления графитового стержня R_C , от мощности теплоты P , выделяющейся на нем при прохождении электрического тока. Выделите линейные участки на полученных экспериментальных зависимостях. Рассчитайте сопротивление стержня при комнатной температуре R_{C0} и численное значение параметра γ . *Не забудьте об оценке погрешности!*

Часть 3. Остывание.

Для измерения малых изменений сопротивления предпочтительнее использовать мостовую схему (рис. 3). Ключ может находиться в двух положениях: 1 - режим измерений; 2 - режим разогрева.

Изменяя положение движка реостата, можно добиться того, чтобы напряжение на вольтметре было равно нулю (или близко к нему), в этом случае мост называется сбалансированным. В качестве резистора R_0 возьмите резистор с меньшим сопротивлением, он упрощает балансировку моста.

При изменении сопротивления графита R_C напряжение на вольтметре становится отличным от нуля. Можно показать (вам этого делать не требуется), что напряжение на вольтметре в этом случае пропорционально изменению

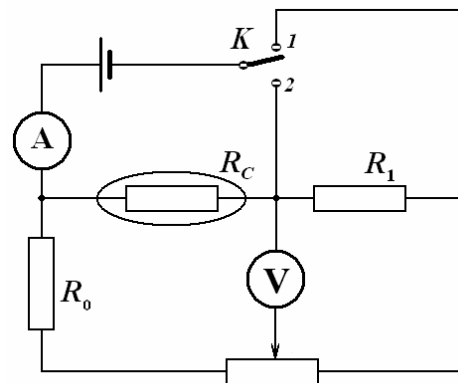


Рис.3

3.1 Не разогревая стержень переключите ключ в режим измерений (положение 1). С помощью движка реостата добейтесь, чтобы показания мультиметра были близки к нулю (как можно точнее).

Переключив ключ в положение 2, разогрейте стержень (выждав не менее 1 минуты). После этого быстро переключите ключ в положение 1 и проведите измерения зависимости показаний вольтметра от времени.

Укажите диапазон мультиметра, на котором проводились измерения.

Подсказка. Не удивляйтесь, если показания вольтметра не стремятся к начальному значению, полученному при балансировке моста – примите, как неизбежность!

3.2 Постройте график полученной зависимости, дайте ему качественное объяснение.

3.3 Проверьте выполнимость законов (4) –(5). Определите с максимально возможной точностью значение характерного времени установления теплового равновесия τ . *Не забудьте об оценке погрешности!*

Часть 4. Итоги.

4.1 Используя полученные экспериментальные данные, оцените (без оценки погрешности) значение температурного коэффициента сопротивления графита α .

4.2 Оцените, на сколько градусов нагревался графитовый стержень (максимальный нагрев) в ваших измерениях.