

-1 Терморезистор Приборы и оборудование

Условие

Задача 10-1 Терморезистор

Приборы и оборудование: терморезистор, термометр, мультиметр, секундомер, штатив, горячая и холодная вода в стаканах, алюминиевый цилиндр.

Терморезистор – полупроводниковый прибор, электрическое сопротивление которого зависит от температуры. Электрическое сопротивление можно измерять с помощью мультиметра, работающего в режиме омметра (ознакомьтесь с инструкцией).

Вам предстоит измерять сопротивление терморезистора, опущенного в воду – следите, чтобы отводящие контакты находились выше уровня воды!

Часть 1. Градуировка терморезистора.

Поместите терморезистор в сосуд, в который будете наливать воду. Также поместите в этот же сосуд термометр для измерения температуры, термометр закрепите в лапке штатива.

1.1 Измерьте зависимость сопротивления терморезистора от температуры. Постройте график полученной зависимости. Для ускорения процесса измерений вы можете смешивать холодную горячую воду.

Физическая подсказка.

Ознакомьтесь с краткой выдержкой из книги

М15 Мэклин Э. Д.
Терморезисторы: Пер. с англ./Под общей редакцией
К. И. Мартюшова. — М.: Радио и связь, 1983. — 208 с.,
ил.
95 к.

Физическая подсказка.

Ознакомьтесь с краткой выдержкой из книги

Мэклин Э. Д.

М15 Терморезисторы: Пер. с англ./Под общей редакцией К. И. Мартюшова. — М.: Радио и связь, 1983. — 208 с., ил.

95 к.

Чтобы электрон мог преодолеть воздействие положительного заряда, окружающего ион, например Fe^{3+} , он должен обладать определенной минимальной энергией. Общее число электронов, участвующих в проводимости, будет зависеть от числа имеющихся электронов, энергия которых превышает некоторую минимальную энергию переноса. Так как энергия электронов прежде всего определяется температурой материала, то энергия, а также число свободных

электронов возрастают с ростом температуры. Эта минимальная энергия переноса называется энергией активации процесса прыжковой проводимости, и электропроводность σ находится из уравнения

$$\sigma = \sigma_0 \exp \frac{-\Delta E}{2kT}, \quad (1.1)$$

где σ_0 — проводимость при $T \rightarrow \infty$, которая определяется полным числом электронов, способных участвовать в процессе проводимости.

Чтобы электрон мог преодолеть воздействие положительного заряда, окружающего ион, например Fe^{3+} , он должен обладать определенной минимальной энергией. Общее число электронов, участвующих в проводимости, будет зависеть от числа имеющих электронов, энергия которых превышает некоторую минимальную энергию переноса. Так как энергия электронов прежде всего определяется температурой материала, то энергия, а также число свободных электронов возрастают с ростом температуры. Эта минимальная энергия переноса называется *энергией активации* процесса прыжковой проводимости, и электропроводность σ находится из уравнения

$$\sigma = \sigma_0 \exp \frac{-\Delta E}{2kT}, \quad (1.1)$$

где σ_0 — проводимость при $T \rightarrow \infty$, которая определяется полным числом электронов, способных участвовать в процессе проводимости.

В приведенной формуле (1.1) ΔE — энергия активации, T — абсолютная температура, $k = 1,380 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ — постоянная Больцмана.

1.2 Используя эту цитату, покажите, что приведенная формула применима к выданному вам терморезистору².

1.3 Рассчитайте энергию активации (в электрон-вольтах) электронов терморезистора. Не забудьте про оценку погрешности. Заряд электрона $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{Кл}$.

² Если вас сильно испугала эта цитата, и вы страшно боитесь экспоненциальной функции, то п.1.2 и 1.3 лучше пропустите, приступайте к выполнению Части 2. Результаты то п.1.2 и 1.3 в ней не используются.

Математическая подсказка. В физике широко используется экспоненциальная функция $\exp(x) = e^x$ — обычная показательная функция, основанием которой служит число $e = 2,71828...$ (не путайте с зарядом электрона) Обратной к ней является логарифмическая функция $\ln x$. Причем $\ln(\exp(x)) = x$. Кроме того, логарифм произведения равен сумме логарифмов $\ln(x \cdot y) = \ln x + \ln y$. Наконец, у вас есть калькулятор для расчета этих функций!

Часть 2. Измерение теплоемкости.

В этой части работы все измерения проводите с помощью терморезистора. Для измерения времени используйте секундомер — удобно использовать память этапов. В выданном вам

стакане на внутренней стороне нанесены две метки. Нижней отметке соответствует объем воды 60 мл, верхней – 80 мл. Объем алюминиевого цилиндра 20 см³.

2.1 В сосуд залейте 80 мл горячей воды. Измерьте зависимость температуры воды от времени в процессе остывания в диапазоне температур от 80°С до 50°С. Постройте график полученной зависимости.

Методическая подсказка. Процесс измерения удобно проводить следующим образом. Заранее приготовить таблицу, в первую колонку которой следует занести значения температур (в этом пункте достаточно с интервалом в 5°С). Во вторую колонку следует занести соответствующие значения сопротивлений терморезистора, используя свои результаты первой части. Затем в сосуд залить горячую воду, когда ее температура опустится до 80°С, пустить секундомер, далее в процессе остывания фиксировать времена, когда температура достигает очередного фиксируемого значения (можно использовать память секундомера)

2.2 Мощность теплоотдачи в окружающую среду, можно считать линейной функцией от температуры воды t

$$P = \frac{\delta Q}{\Delta \tau} = At + B. \quad (2)$$

Здесь δQ - количество теплоты, отданное водой за малый промежуток времени $\Delta \tau$, A - коэффициент теплоотдачи, B - некоторый постоянный параметр. Используя результаты измерений в п.2.1 постройте график зависимости мощности теплоотдачи от температуры воды. Определите средние значения коэффициента теплоотдачи A и параметра B .

Подсказка. В при изменении температуры на 5°С можно пренебречь изменением мощности теплоотдачи. Удельная теплоемкость воды $c = 4,2 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}}$.

2.3 Измерьте процесс остывания воды, в который опущен алюминиевый цилиндр, изначально находящийся при комнатной температуре. Для этого в сосуд залейте 60 мл горячей воды, когда ее температура опустится до 80°С опустите в нее цилиндр⁴ (при

— ³ Во избежание путаницы в данной работе температуры обозначаются буквой t , а времена - τ . ⁴ Когда цилиндр погрузится в воду, суммарный объем станет равным 80 мл, поэтому можно считать, что найденные параметры зависимости (2) останутся прежними.

комнатной температуре) и одновременно пустите секундомер. Постройте график зависимости температуры воды в диапазоне от 80°С до 50°С от времени в этом случае (на том же бланке, что и график в п.2.1)

2.4 В каждом из интервалов температур рассчитайте (не забудьте привести расчетные формулы): δQ_0 - количество теплоты, отданное водой; δQ_1 - количество теплоты, отданное в окружающую среду; δQ_2 - количество теплоты, полученной цилиндром (эти величины могут быть отрицательными).

Для расчета величин δQ_1 предпочтительнее использовать формулу (2) и найденное среднее значение коэффициента теплоотдачи.

2.5 Постройте график зависимости теплоты Q_2 , полученной цилиндром от температуры воды. Качественно объясните полученную зависимость. 2.6 Используя полученные данные, оцените

теплоемкость цилиндра. *Оценивать погрешность в данном пункте не требуется.*

² , , 1.2 1.3 Если вы сильно испугались этой задачи и выстрашно боитесь экспоненциальной функции то лучше пропустите, приступайте к выполнению Части 2. Результаты то п.1.2 и 1.3 в ней не используются.

³ t , - τ . Во избежание путаницы в данной работе температуры обозначаются буквой t а времена τ , 80 , , Когда цилиндр погрузится в воду суммарный объем станет равным V_0 поэтому можно считать что найденные параметры зависимости (2) останутся прежними.

² , На самом деле температура цилиндра должна быть все время чуть выше температуры воды для обеспечения теплопередачи от цилиндра к воде. Однако процесс остывания идет достаточно медленно, а теплопроводность алюминия высока, поэтому можно считать, что в любой момент времени температура цилиндра равна температуре воды.