

Условие

Терморезистором называется полупроводниковый элемент, сопротивление которого зависит от температуры. Для выданного вам терморезистора зависимость имеет вид

$$R(T) = R_0 e^{-a(T-T_0)},$$

где R_0 — сопротивление при температуре T_0 , коэффициент $a = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ К}^{-1}$.

Найдите теплоёмкость выданного терморезистора. Погрешность оценивать не требуется! Значение комнатной температуры T_k будет объявлено.

Оборудование. Секундомер, мультиметр (пользоваться амперметром **запрещено**, он отключен), провода «крокодил», две батарейки, батарейный отсек, резистор, терморезистор, макетная плата, миллиметровая бумага.

Примечание. **Инструкция по использованию макетной платы.** Каждые пять выводов макетной платы, расположенные в одном столбце по одну сторону от середины платы, соединены внутри платы друг с другом. Например, выводы, отмеченные серым (рис. 1), замкнуты между собой.

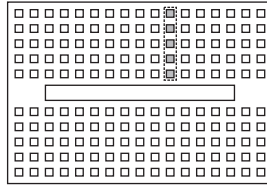


Рис. 1

Возможное решение

При комнатной температуре T_k определим с помощью омметра сопротивление терморезистора $R_k = 10,3 \text{ Ом}$. Заметим, что, при подключении к омметру, терморезистор не греется. Так же определим сопротивление постоянного резистора $r = 5,1 \text{ Ом}$. При этих измерениях необходимо учитывать, что сопротивление подводящих проводов мультиметра около $0,3 \text{ Ом}$.

Подключим последовательно резистор, терморезистор, и батарейку. Терморезистор нагреется до некоторой установившейся температуры $T_{уст}$. В этом случае подводимая мощность равна мощности тепловых потерь. С помощью вольтметра находим напряжение на резисторе U_r и терморезисторе U_R . Считая, что мощность тепловых потерь пропорциональна разнице температур, находим коэффициент пропорциональности:

$$\alpha = \frac{P}{T_{уст} - T_k} = \frac{U_r U_R}{r} \cdot \left(-\frac{a}{\ln(R(T_{уст})/R_0)} \right) = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ К}^{-1}.$$

Отключим терморезистор и будем измерять его сопротивление омметром, одновременно фиксируя время. Таким образом получим зависимость температуры от времени при охлаждении терморезистора. Для некоторой температуры терморезистора T запишем уравнение теплового баланса

$$-\alpha(T - T_k)\Delta\tau = C\Delta T,$$

где $\Delta\tau$ — малый временной интервал, в течении которого мы рассматриваем процесс охлаждения терморезистора. Отношение малых приращений $k = \Delta T/\Delta\tau$ есть коэффициент наклона касательной графика $T(\tau)$ в точке с температурой T . Проведя на графике касательную и определив k , находим теплоёмкость

$$C = -\frac{\alpha(T - T_k)}{k} = 1,3 \text{ Дж/К}.$$

Эксперимент 10-1
Теплоёмкость терморезистора

Пункт		Баллы
Метод		
1	Схема для измерений	1
2	Указано значение T_0, R_0	0,5
3	Формула для вычисления теплоёмкости C для используемого метода	1
4	Учёт в методе (в формуле) потерь в окружающую среду	3
5	Метод позволяет найти C с достаточной точностью на данном оборудовании (например, метод проведения касательной в начале нагрева не подходит)	1
Измерения		
6	Проверено, что напряжение на клеммах источника в ходе нагрева меняется не сильно, и напряжение можно считать постоянным, или поправка на этот эффект	1
7	Учёт сопротивления проводов мультиметра ($\approx 0,3 \text{ Ом}$)	0,5
8	Измерение зависимости напряжения на одном из резисторов от времени для нагрева 5-9 точек – 0,3 б 10 и больше точек – 0,7 б ИЛИ измерено напряжение для установившегося режима (0,7 б)	0,7
9	Измерение зависимости сопротивления терморезистора от времени для охлаждения 5-9 точек – 0,4 б 10 и больше точек – 0,8 б	0,8
Обработка результатов		
10	Посчитано сопротивление терморезистора R для нагрева	1
11	Пересчитана температура на терморезисторе T для нагрева + для охлаждения	0,5+0,5
12	График (графики): подписаны оси и выбран масштаб	0,5
13	График (графики): нанесены точки из таблицы и проведена сглаживающая кривая	0,5
14	График (графики): проведение касательной и нахождение углового коэффициента	0,5
Ответ		
15	Значение теплоёмкости $C = (1,30 \pm 0,25) \text{ Дж/К}$	2