

9 класс

Экспериментальный тур

Задача №9-Е1. Греем гайку

Задание: определите теплоёмкость гайки. Погрешности оценивать не нужно.

Оборудование: Пластиковый контейнер с крышкой, резистор ($R = 3.3$ Ом подвешенный на крышке контейнера) с проводами, гайка, термометр, секундомер, три батарейки АА с держателем (или одна плоская батарейка), мультиметр, фиксатор для термометра, миллиметровая бумага для построения графиков.

Примечание: Измерения следует проводить в процессе остывания предварительно нагретого контейнера, так как в процессе нагревания массивная металлическая гайка не успевает прогреваться до температуры окружающего воздуха.

Возможное решение

Задача №9-Е1. Греем гайку

Прежде всего необходимо определить теплоемкость системы контейнер-резистор-термометр без гайки. Закроем контейнер, вставим термометр и зафиксируем его с помощью отверстий в картонном фиксаторе. К выводам резистора подключим три последовательно соединенные пальчиковые батарейки АА. К этим же выводам подключим мультиметр в режиме вольтметра. В соответствии с примечанием к условию задачи во время нагревания системы никакие измерения проводить не будем. Нам необходимо лишь дождаться прекращения роста температуры и зафиксировать ее максимальное значение t_{\max} , а также напряжение на резисторе U в этот момент. Критерием прекращения роста температуры можно считать ее изменение менее чем на полградуса в течение двух минут. В авторском исполнении нагревание длилось 15-20 минут. При этом были получены следующие значения физических величин: комнатная температура $t_{\text{к}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальная температура в контейнере $t_{\max} = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$, напряжение на резисторе $U = 2.43\text{ В}$. В стационарном режиме количество теплоты, полученное от нагревателя за время $\Delta\tau$, равно количеству теплоты, отданному контейнером за то же время в окружающую среду (в комнату), а согласно закону Ньютона-Рихмана количество теплоты, отдаваемое нагретым телом холодному в единицу времени, пропорционально разности температур между телами

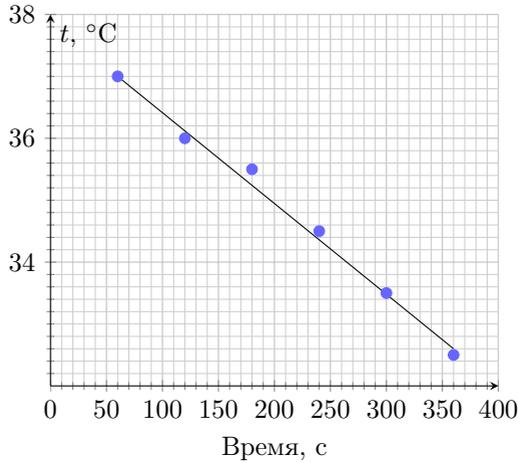
$$\frac{U^2}{R}\Delta\tau = \alpha(t_{\max} - t_{\text{к}})\Delta\tau,$$

где α – коэффициент теплоотдачи контейнера. Подставляя экспериментальные значения получаем $\alpha = 0.15\text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$. Теперь отключаем батарейку и снимаем зависимость температуры t в контейнере от времени τ в окрестности 35 градусов. График этой зависимости представлен на рисунке ниже.

$\tau, \text{с}$	$t, ^{\circ}\text{C}$ (без гайки)	$t, ^{\circ}\text{C}$ (с гайкой)
60	37.0	37.0
120	36.0	36.0
180	35.5	35.5
240	34.5	35.0
300	33.5	34.5
360	32.5	33.5

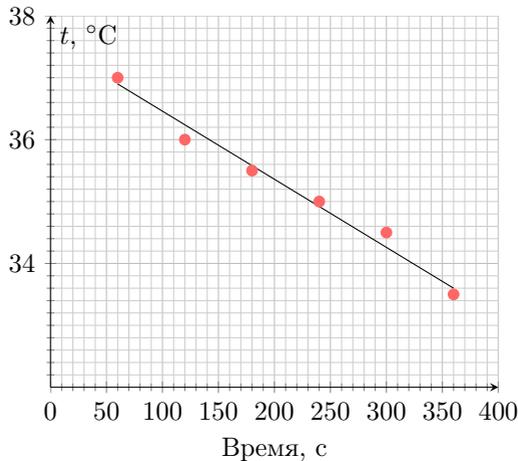
Уравнение теплового баланса

$$C_{\text{к}}\Delta t^0 = \alpha(t_{35} - t_{\text{к}})\Delta\tau,$$



где C_k — теплоемкость системы контейнер-резистор-термометр без гайки. Из графика зависимости $t(\tau)$ определяем $\frac{\Delta t^0}{\Delta \tau} = 0.014 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ и находим $C_k = 107 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$. Аналогичные измерения в режиме остывания проводим при наличии гайки в контейнере. Их результаты также представлены в таблице и на рисунке ниже. Прямая остывания в этом случае идет более полого, и для нее $\frac{\Delta t^0}{\Delta \tau} = 0.011 \text{ } ^\circ\text{C/s}$, а теплоемкость контейнера вместе с гайкой $C_{кг} = 136 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$.

Теплоемкость гайки $C_{г} = C_{кг} - C_k = 29 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$.



Примечание: При наличии резерва времени в процессе выполнения этого за-

дания желательно убедиться в том, что коэффициент теплоотдачи контейнера одинаков при наличии и при отсутствии гайки в нем. Если коэффициенты теплоотдачи в этих двух случаях отличаются, то при расчете теплоемкостей следует использовать соответствующие значения коэффициентов.