

11 класс. Задача 1: “Теплопроводность”

Задание: определите удельную теплопроводность резины.

Оборудование: кусок резины, две металлические пластины, крепежные элементы, металлическая банка, 2 термопары, резистор на 15 Вт, источник питания, мультиметр, секундомер, мощный резистор, источник электропитания, миллиметровая бумага, пластиковый стакан с делениями, вода, теплопроводящая паста (по требованию).

Решение

Уравнение теплопроводности имеет вид

$$\frac{dQ}{dt} = -\kappa \operatorname{grad} T S,$$

где κ – коэффициент теплопроводности, Q – количество теплоты, прошедшее через поперечное сечение, T – температура, S – площадь поперечного сечения тела.

В одномерном случае оно преобразуется к виду

$$\frac{dQ}{dt} = -\kappa \frac{dT}{dx} S.$$

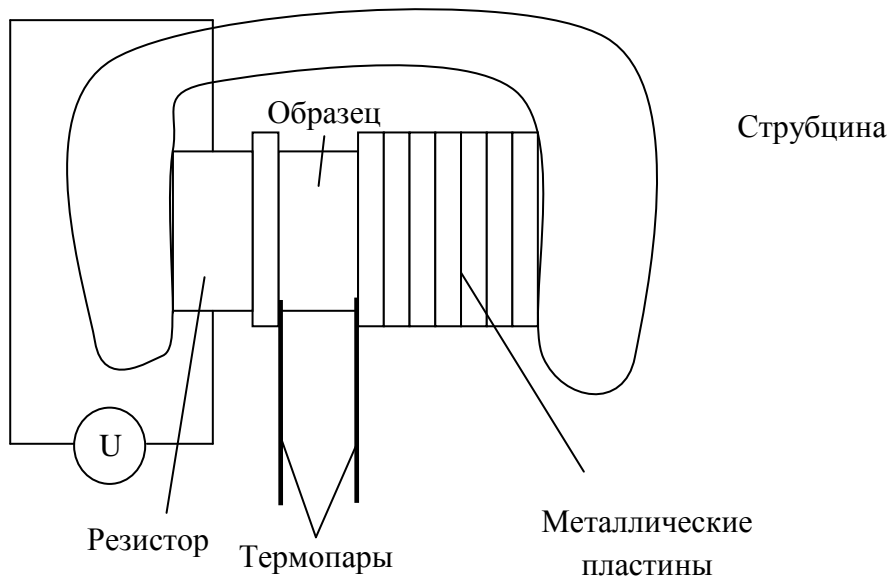
Тепловой поток через поперечное сечение (в пренебрежении теплоотдачей с боковых поверхностей) можно определить, устанавливая второй торец резины на стопку металлических пластин. Для определения теплоемкости стопки пластин нагреем их от резистора и поместим в воду известной массы и удельной теплоемкости. Находя изменение ее температуры, определяем $C_{\Pi} = c_{\text{В}} m_{\text{В}} \Delta T_{\text{В}} / \Delta T_{\Pi}$

$$\frac{d(C_{\Pi} T_{\Pi})}{dt} = -\kappa \frac{dT}{dx} S.$$

Отсюда

$$\kappa = -\frac{C_{\Pi} dT_{\Pi}}{dt} \bigg/ \left(\frac{dT}{dx} S \right).$$

Таким образом, для определения удельной теплопроводности резины необходимо обеспечить ее односторонний нагрев с помощью резистора, подключенного к источнику питания. Для второй стороны резиновой шайбы необходимо обеспечить тепловой контакт с металлическими пластинами. Затем фиксировать, как меняются значения температуры T_1 и T_2 по обе стороны от резиновой шайбы.



Поскольку теплопроводность алюминия достаточно высока, температуру всех пластин можно считать практически равной температуре металлической пластины, примыкающей к резине, $T_{\text{п}} = T_2$.

Переходя к конечным приращениям, получим:

$$\kappa = - \frac{C_{\text{п}}(T_2(t_2) - T_2(t_1))h}{(t_2 - t_1)S(T_2(t) - T_1(t))} . \quad (1)$$

С целью уточнения результата величину разности температур по обе стороны от резины можно усреднить по двум моментам времени:

$$\kappa = - \frac{2C_{\text{п}}(T_2(t_2) - T_2(t_1))h}{(t_2 - t_1)S(T_2(t_1) + T_2(t_2) - T_1(t_1) - T_1(t_2))} . \quad (2)$$

Для уменьшения теплопередачи окружающей среде через боковую поверхность необходимо использовать не слишком сильный нагрев.

Разбалловка:

- | | |
|--|---------|
| 1. Описана методика измерения и расчета | 2 балла |
| 2. Определена теплоемкость пластин | 2 балла |
| 3. Использована термопаста для улучшения теплового контакта | 1 балл |
| 4. Описана и реализована идея об уточнении путем усреднения по времени | 1 балл |
| 5. Замерены температуры в различные моменты времени | 2 балл |
| 6. Данные измерений и обработки структурированы в таблицу (см. ниже) | 2 балл |

<i>i</i>		1	2	3	...
----------	--	---	---	---	-----

t_i					
$T_1(t_i)$					
$T_2(t_i)$					
$y_i = T_2(t_{i+1}) - T_2(t_i)$					
$x_i = (t_{i+1} - t_i)(T_1(t_i) + T_1(t_{i+1}) - T_2(t_i) - T_2(t_{i+1}))$ или $x_i = (t_{i+1} - t_i)(T_1(t_i) - T_2(t_i))$					

7. Построен график $y_i(x_i)$ и определен его угловой коэффициент 2 балл
8. Найдено значение удельной теплопроводности резины 2 балл
9. Оценена погрешность 1 балл

11 класс. Задача 2: “Цилиндр”

Задание: Определите площадь соприкосновения цилиндра с книгой.

Оборудование: стальной цилиндр, книга, монета, карандаш, линейка

Решение

Смотрите задачу 10 класса.