

Лабораторная работа №2.1.4

Определение теплоемкостей твердых тел.

Каграманян Артемий, группа Б01-208

10 мая 2023 г.

1 Аннотация

Цель работы: 1) Прямое измерение кривых нагревания T_{heat} и охлаждения T_{cool} в системах "пустой калориметр" и "калориметр + твердое тело". 2) Определение коэффициента теплоотдачи стенок калориметра. 3) Определение теплоемкости калориметра и удельных теплоемкостей твердых тел.

Оборудование: Калориметр с нагревателем и термометром сопротивления, вольтметр, омметр, термопары и компьютер.

2 Теоритическая справка

Запишем формулу, по которой можно найти теплоемкость тела. Если Q - тепло, подведенное к телу за какое-то время Δt , а ΔT - температура, на которую нагрелось тело, то:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1)$$

Чтобы увеличить точность, нужно учитывать тепловые потери. Тогда закон сохранения энергии примет вид:

$$C\Delta t = P\Delta t - \lambda(T - T_k)\Delta t \quad (2)$$

где P - мощность нагревателя, λ - коэффициент теплоотдачи стенок калориметра.

В дифференциальной форме оно примет вид (для случаев нагревания и охлаждения):

$$Cdt = Pdt - \lambda(T_{heat}(t) - T_k(t))dt \quad (3)$$

$$Cdt = -\lambda(T_{cool}(t) - T_k(t))dt \quad (4)$$

3 Экспериментальная установка

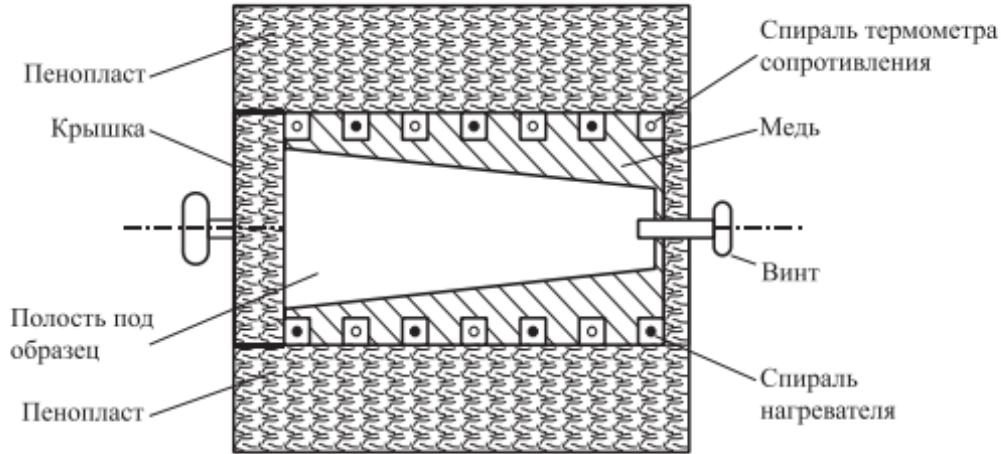


Рис. 1. Схема устройства калориметра

Итого, в этой работе нам нужно измерить 3 зависимости:

1. $R_{heat}(t)$ - зависимость показаний термометра сопротивления от температуры при постоянной мощности нагревателя.
2. $R_{cool}(t)$ - зависимость показаний термометра сопротивления от температуры при выключенном нагревателе.
3. $T_k(t)$ - фиксирование изменений температуры воздуха в течение эксперимента.

4 Методика эксперимента

Я не буду приводить выкладки по получению формул (очень долго писать), но справедливо следующее:

$$T(R) = 273 + \frac{R}{\alpha R_k} [1 + \alpha(T_k - 273)] - \frac{1}{\alpha} \quad (5)$$

$$T_{cool}(t) = (T_0 - T_k)e^{-\lambda t/C} + T_k \quad (6)$$

$$T_{heat}(t) = \frac{P}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t/C}) + T_k \quad (7)$$

Это был описан интегральный способ нахождения теплоемкостей.

Так же можно использовать другой способ. Возьмем точки на кривых нагревания и охлаждения при одинаковой температуре. Тогда обозначим за $A = (\frac{\partial T}{\partial t})_{heat}$ и за $B = (\frac{\partial T}{\partial t})_{cool}$. Тогда, используя два уравнения, которые мы получим через дифференцирование (6) и (7), получим следующее:

$$\lambda = \frac{P}{(T - T_k)(1 - \frac{A}{B})} \quad (8)$$

$$C = \frac{P}{A - B} \quad (9)$$

И так, нам предстоит изобразить на графике зависимость $T_{cool}(t)$ в координатах $y = \ln(T_{cool} - T_k)/(T_0 - T_k)$, $x = t$, чтобы получить прямую с коэффициентом $-\frac{\lambda}{C}$. Затем найдем из уравнения (7) теплоемкость исследуемой системы. Отсюда находим теплоемкости материалов. Эти результаты надо сравнить с результатами, полученными по дифференциальному методу, описанному выше.

5 Обработка данных

5.1 Интегральный метод

Итого, у меня получилось:

Система	$\lambda/C, \text{ c}^{-1}$
Пустой калориметр	$0,380 \cdot 10^{-3}$
Калориметр + железо	$0,178 \cdot 10^{-3}$
Калориметр + алюминий	$0,189 \cdot 10^{-3}$

Теперь найдем λ . $\lambda = (1 - e^{-\frac{\lambda t}{C}}) \frac{P}{T_{heat} - T_k} = 0.17 \pm 0.02 \Rightarrow C_{\text{кал}} = 662 \pm 27 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

Итого, получились следующие теплоемкости:

Материал	$C, \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}$
Калориметр	662	-
Железо	280	350
Алюминий	163	815

5.2 Дифференциальный метод

В этих таблицах находятся значения производных A и B , а также значения теплоемкостей материалов.

Производная	калориметр	калориметр + железо	калориметр + алюминий
A	0,0023	0,003	0,005
B	-0,004	-0,0025	-0,003

материал	$C, \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}}$
калориметр	825 ± 78	-
железо	150 ± 21	375 ± 45
алюминий	175 ± 30	875 ± 53

6 Графики

