

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
Физтех-школа физики и исследований им. Ландау

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.1.4

Определение теплоёмкости твёрдых тел

Пилюгин Л. С.
Б02-212
10 февраля 2023 г.

1 Аннотация

Цель работы: Прямое измерение кривых нагрева и охлаждения пустого калориметра и системы калориметра и твердого тела. Определение коэффициента теплоотдачи стенок калориметра. Определение теплоемкости калориметра и удельной теплоемкости твердого тела.

Оборудование: Калориметр с нагревателем и термометром сопротивления, омметр, измеритель температуры, источник питания, вольтметр, амперметр, ноутбук.

2 Теоритические сведения

Теплоёмкость тела связана с подведённым теплом ΔQ и изменением температуры ΔT соотношением

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Идущая на нагрев тела теплота ΔQ равна

$$\Delta Q = P\Delta t - \lambda(T - T_k) \Delta t$$

P — мощность нагревателя, λ — коэффициент теплоотдачи, T — температура тела, T_k — температура окружающей среды, Δt — время нагревания.

Итого

$$C = \frac{P - \lambda(T - T_k)}{\Delta T / \Delta t}$$

$$\Delta T = T - T_k$$

С ростом температуры тела растёт утечка энергии и уменьшается скорость увеличения температуры.

3 Оборудование

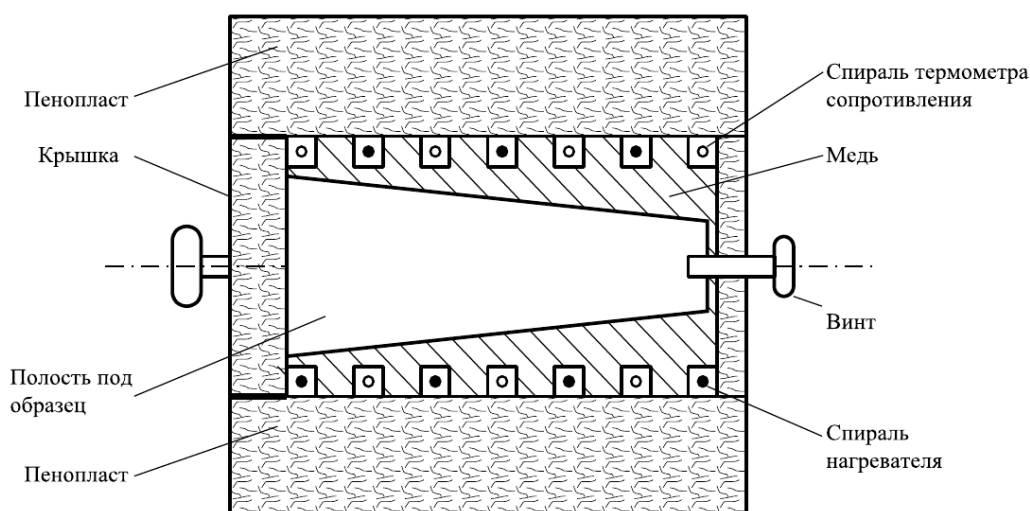


Рисунок 1. Устройство калориметра

Установка состоит из калориметра с пенопластовой изоляцией, помещенного в ящик многослойной клеенчатой фанеры. Внутренние стенки калориметра хорошо проводят тепло. Стенки

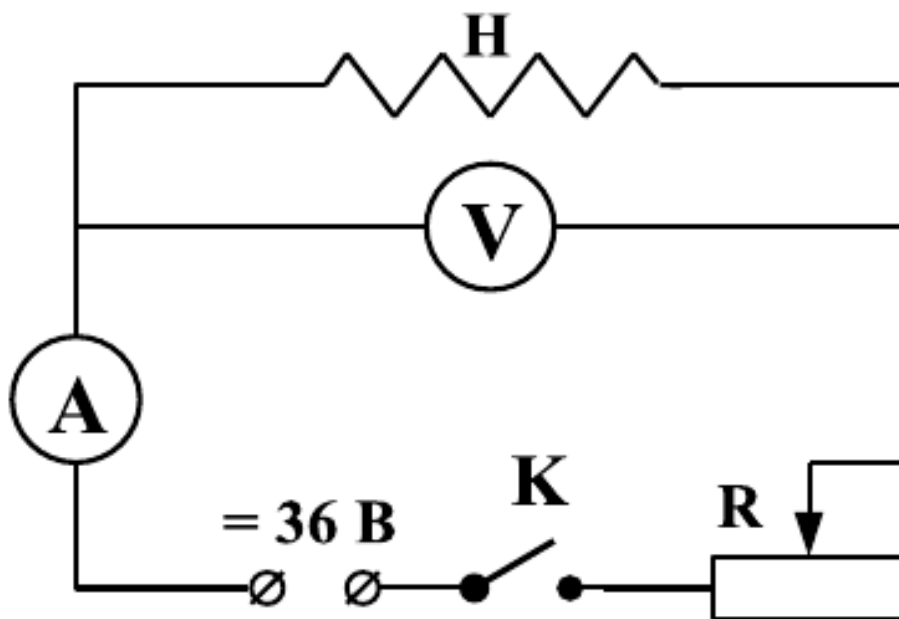


Рисунок 2. Схема включения нагревателя

имеют надёжный тепловой контакт с телом. Они имеют вид усечённых конусов и плотно прилегают друг к другу. Для выталкивания образца служит винт.

В стенку калориметра смонтированы нагреватель и термометр сопротивления. Схема включения нагревателя изображена на рисунке 2.

Мощность определяется по амперметру и вольтметру, сопротивление — по омметру.

Измеряемые данные:

1. $R_{\text{heat}}(t)$ — зависимость термометра сопротивления от времени нагревания (с включенным нагревателем)
2. $R_{\text{cool}}(t)$ — зависимость термометра сопротивления при охлаждении (с выключенным нагревателем)
3. $R_K(t)$ — зависимость комнатной температуры

Все кривые записываются с шагом по оси времени $\Delta t = 1$ с

Сопротивление термометра сопротивления меняется по закону

$$R = R_{273} (1 + \alpha (T - 273))$$

R — сопротивление при температуре T , R_{273} — сопротивление при 273 К.

$$T = 273 + \frac{R_T}{\alpha R_K} (1 + \alpha (T_K - 273)) - \frac{1}{\alpha}$$

$$\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$CdT_{\text{cool}} = -\lambda (T_{\text{cool}} - T_K) dt$$

$$T_{\text{cool}} = (T - T_K) e^{-\frac{\lambda}{C}t} + T_K$$

Тангенс угла наклона этой прямой в координатах $\left(\ln \frac{T_{\text{cool}} - T_K}{T - T_K}; t \right)$ равен $\frac{\lambda}{C}$

$$CdT_{\text{heat}} = Pdt - \lambda (T_{\text{heat}} - T_K) dt$$

$$\frac{CdT_{\text{heat}}}{P - \lambda(T_{\text{heat}} - T_{\text{K}})} = dt$$

$$T_{\text{heat}} = \frac{P}{\lambda} \left(1 - e^{-\frac{\lambda}{C}t}\right) + T_{\text{K}}$$

Отсюда можно найти λ , а из λ и $\frac{\lambda}{C} — C$.

При больших колебаниях температуры этот метод дает большую погрешность и лучше использовать дифференциальный метод.

$$C = \frac{P}{\left(\frac{dT_{\text{heat}}}{dt}\right)_{T=T_{\text{K}}}}$$

$$A = \left(\frac{dT}{dt}\right)_{\text{heat}}, B = \left(\frac{dT}{dt}\right)_{\text{cool}}, T_{\text{heat}} = T_{\text{cool}} = T$$

$$\lambda = \frac{P}{(T - T_{\text{K}_2}) \left(1 - \frac{A}{B}\right) + T_{\text{K}_2} - T_{\text{K}_1}}$$

$$C = \frac{P}{A - B + A \frac{T_{\text{K}_1} - T_{\text{K}_2}}{T - T_{\text{K}_1}}}$$

4 Результаты измерений

5 Вывод