

Лабораторная работа №2.1.4
Определение теплоемкости твердых тел

Рожков А. В.
Преподаватель Яворский В. А.

27 марта 2024 г.

Цель работы: измерение количества подведенного тепла и вызванного им нагрева твердого тела; определение теплоемкости по экстраполяции отношения $\Delta Q/\Delta T$ к нулевым потерям тепла.

В работе используются: калориметр с нагревателем и термометром сопротивления; амперметр; вольтметр; мост постоянного тока; источник питания 36 В.

1 Теоретическая справка

В данной работе теплоемкость определяется по формуле

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

где ΔQ – количество тепла, подведенного к телу, и ΔT – изменение температуры тела, произошедшее в результате подвода тепла.

Температура исследуемого тела надежно измеряется термометром сопротивления, а определение количества тепла, поглощенного телом, обычно вызывает затруднение. В реальных условиях не вся энергия $P\Delta t$, выделенная нагревателем, идет на нагревание исследуемого тела и калориметра, часть ее уходит из калориметра благодаря теплопроводности его стенок. Оставшееся в калориметре количество тепла ΔQ равно

$$\Delta Q = P\Delta t - \lambda(T - T_{\text{к}})\Delta t, \quad (2)$$

где P – мощность нагревателя, λ – коэффициент теплоотдачи стенок, T – температура тела, $T_{\text{к}}$ – комнатная температура, Δt – время, в течение которого идет нагревание.

Из уравнений (1) и (2) получаем

$$C = \frac{P - \lambda(T - T_{\text{к}})}{\Delta T/\Delta t} \quad (3)$$

Формула (3) является основной расчетной формулой. Она определяет теплоемкость тела вместе с калориметром. Теплоемкость калориметра измеряется отдельно и вычитается из результата.

С увеличением температуры исследуемого тела растет утечка энергии, связанная с теплопроводностью стенок калориметра. Из формулы (2) видно, что при постоянной мощности нагревателя по мере роста температуры количество тепла, передаваемое телу, уменьшается, и, следовательно, понижается скорость изменения его температуры.

Погрешности, связанные с утечкой тепла, оказываются небольшими, если не давать телу заметных перегревов и проводить все измерения при температурах, мало отличающихся от комнатной. Однако при небольших перегревах возникает большая ошибка при измерении $\Delta T = T - T_{\text{к}}$, и точность определения теплоемкости не возрастает. Чтобы избежать этой трудности, в работе используется следующая методика измерений. Зависимость скорости нагревания тела $\Delta T/\Delta t$ от температуры измеряется в широком интервале изменения температур. По полученным данным строится график

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = f(T).$$

Этот график экстраполируется к температуре $T = T_{\text{к}}$, и таким образом определяется скорость нагревания при комнатной температуре $(\Delta T/\Delta t)_{T_{\text{к}}}$. Подставляя полученное выражение в формулу (3) и замечая, что при $T = T_{\text{к}}$ член $\lambda(T - T_{\text{к}})$ обращается в ноль, получаем

$$C = \frac{P}{(\Delta T/\Delta t)_{T_{\text{к}}}} \quad (4)$$

Температура измеряется термометром сопротивления, который представляет собой медную проволоку, намотанную на теплопроводящий каркас внутренней стенки калориметра (рис. 1). Сопротивление проводника изменяется с температурой по закону

$$R_T = R_0(1 + \alpha\Delta T), \quad (5)$$

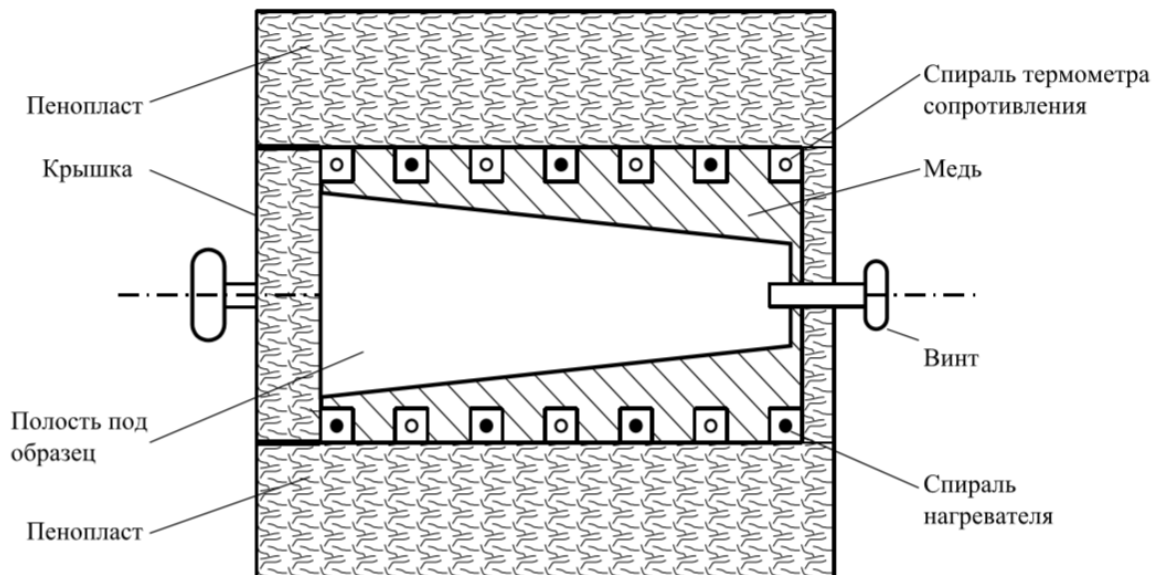


Рис. 1: Схема устройства калориметра

где R_T – сопротивление термометра при $T^{\circ}C$, R_0 – его сопротивление при $0^{\circ}C$, α – температурный коэффициент сопротивления.

Дифференцируя (5) по времени, найдем

$$\frac{dR}{dt} = R_0 \alpha \frac{dT}{dt}, \quad (6)$$

Выразим сопротивление R_0 через измеренное значение R_k – сопротивление термометра при комнатной температуре. Согласно (5), имеем

$$R_0 = \frac{R_k}{1 + \alpha \Delta T_k}, \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) в (4), найдем

$$C = \frac{P R_k \alpha}{\left(\frac{dR}{dt}\right)_{T_k} (1 + \alpha \Delta T_k)}, \quad (8)$$

Входящий в формулу температурный коэффициент сопротивления меди $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}C^{-1}$, все остальные величины определяются экспериментально.

Экспериментальная установка

Установка состоит из калориметра с пенопластовой изоляцией, помещенного в ящик из многослойной клееной фанеры. Внутренние стенки калориметра выполнены из материала с высокой теплопроводностью. Надежность теплового контакта между телом и стенками обеспечивается их формой: они имеют вид усеченных конусов и плотно прилегают друг к другу. В стенку калориметра вмонтированы электронагреватель и термометр сопротивления. Схема включения нагревателя изображена на рис.2. Система реостатов позволяет установить нужную силу тока в цепи нагревателя. По амперметру и вольтметру определяется мощность, выделяемая в нагревателе. Величина сопротивления термометра измеряется мостом постоянного тока.

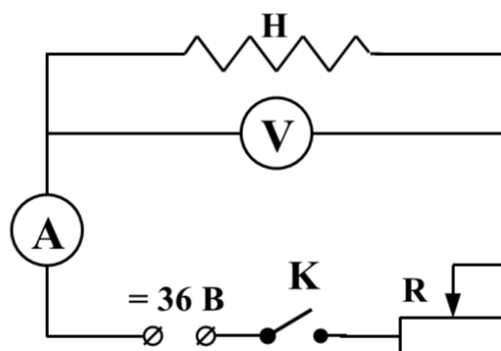


Рис. 2: Схема включения нагревателя