

КАЛМЫЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра общей физики

Лабораторная работа № 7

*«Определение теплоемкости металлов
методом охлаждения»*

Лаборатория № 211

Лабораторная работа № 7

«Определение теплоемкости металлов методом охлаждения»

Цель работы: определение теплоемкости различных металлов при разных температурах по скорости остывания.

Приборы и принадлежности: электрическая печь, термопара, вольтметр, набор металлических образцов, секундомер.

Т е о р и я м е т о д а

Скорость охлаждения тела, нагретого до температуры, выше температуры окружающей среды, зависит от удельной теплоемкости вещества. Сравнивая между собой скорости охлаждения двух образцов при одинаковых условиях можно по известной теплоемкости одного вещества найти теплоемкость другого.

Согласно закону охлаждения, количество тепла dq , теряемого телом с поверхности dS за время $d\tau$, пропорционально разности температур поверхности t и окружающей среды t_0

$$dq = \alpha (t - t_0) dS d\tau, \quad (1)$$

α - коэффициент теплоотдачи, который является сложной функцией геометрических характеристик тела, состояния поверхности и окружающей среды (температура окружающей среды, ее плотность, вязкость, наличие и скорость конвективных токов).

По уравнению теплового баланса то же количество тепла dq можно представить как произведение массы элемента на удельную теплоемкость и понижение температуры, происшедшее за то же время $d\tau$

$$dq = c dm dt = c \rho dV dt \quad (2)$$

Величину понижения температуры dt в свою очередь можно представить как произведение скорости охлаждения $\frac{\partial t}{\partial \tau}$ на $d\tau$. Тогда приравнивая выражения (1) и (2), получим

$$\alpha(t - t_0) dS d\tau = c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau dV$$

Интегрируя обе части, получим для всего образца

$$\int_V c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} dV = \int_S \alpha(t - t_0) dS$$

Считая, что c , ρ и $\frac{\partial t}{\partial \tau}$ одинаковы для любых точек образца, а α , t и t_0 не зависят от координат точек поверхности, будем иметь

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} V = \alpha(t - t_0) S$$

Если возьмем два образца одинаковой формы и размеров с равными V и S и нагретые до одной и той же температуры t , то для них

$$c_1 \rho_1 \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_1 V = \alpha(t - t_0) S, \quad c_2 \rho_2 \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_2 V = \alpha(t - t_0) S,$$

отсюда

$$c_1 \rho_1 V \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_1 = c_2 \rho_2 V \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_2.$$

Так как $\rho_1 V = m_1$ и $\rho_2 V = m_2$, где m_1 и m_2 соответственно массам 1-го и 2-го образца, то

$$c_1 \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_1 m_1 = c_2 \left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_2 m_2,$$

откуда

$$c_2 = c_1 \frac{\left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_1 m_1}{\left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_2 m_2}. \quad (3)$$

Зная теплоемкость одного образца, скорости остывания и массы, можно найти теплоемкость второго образца.

Описание установки

Схема установка представлена на рис. 1. Электropечь 1 смонтирована на четырех направляющих стержнях

2, по которым она может перемещаться вверх и вниз. Образец 3 представляет собой цилиндр длиной 40 мм и диаметром 10 мм с высверленным с одного конца каналом. Этот канал совмещается с фарфоровой трубкой 4, укрепленной по оси печи.

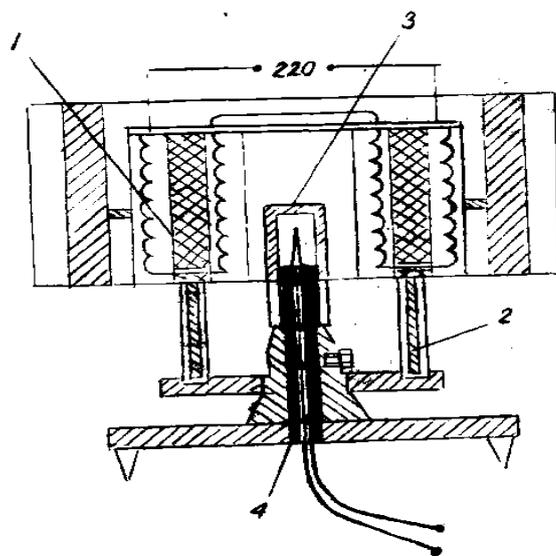


Рис. 1.

Для измерения температуры образца применяется термоэлектрический пирометр (рис. 2). Он состоит из термопары 1 и гальванометра 3. Горячий спай термопары в фарфоровой трубке во время опыта находится внутри образца 2. Холодным спаем термопары является один из контактов термоэлектродов с гальванометром.

Показания гальванометра с помощью приложенного к нему графика можно перевести в градусы Цельсия, но так как холодный спай находится не при 0°C , а при комнатной температуре, а возникающая термоэлектродвижущая сила E пропорциональна разности температур спаев $E = k\Delta t$, то таким образом, можно определить лишь разность температур между образцом и окружающей средой

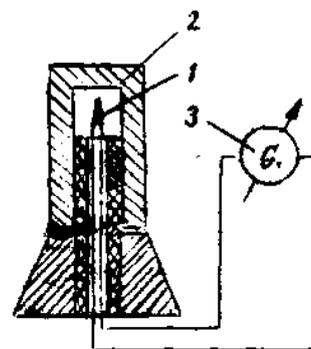


Рис. 2.

$$\Delta t = t_{\text{обр}} - t_{\text{среды}}$$

откуда температура образца в данный момент времени

$$t_{\text{обр}} = \Delta t + t_{\text{среды}}$$

Порядок измерений

В начале опыта печь опускается настолько, чтобы образец полностью оказался внутри нее, после чего включается источник тока. После нагрева образца до температуры 500-650°C, печь быстро поднимается и закрепляется. Одновременно пускается в ход секундомер. Образец начинает остывать, показания гальванометра меняются. Следует записывать время прохождения целых значений цифрового вольтметра.

Результаты измерений записать в таблицу.

Температура окружающей среды, $t_{\text{среды}}, ^\circ\text{C}$	Показания вольтметра, n , дел. шкалы	Показания вольтметра, $\Delta t, ^\circ\text{C}$	Температура образца, $t_{\text{обр}}, ^\circ\text{C}$	Время, τ , сек

После охлаждения образца до температуры ниже 100°C опыт снова повторить.

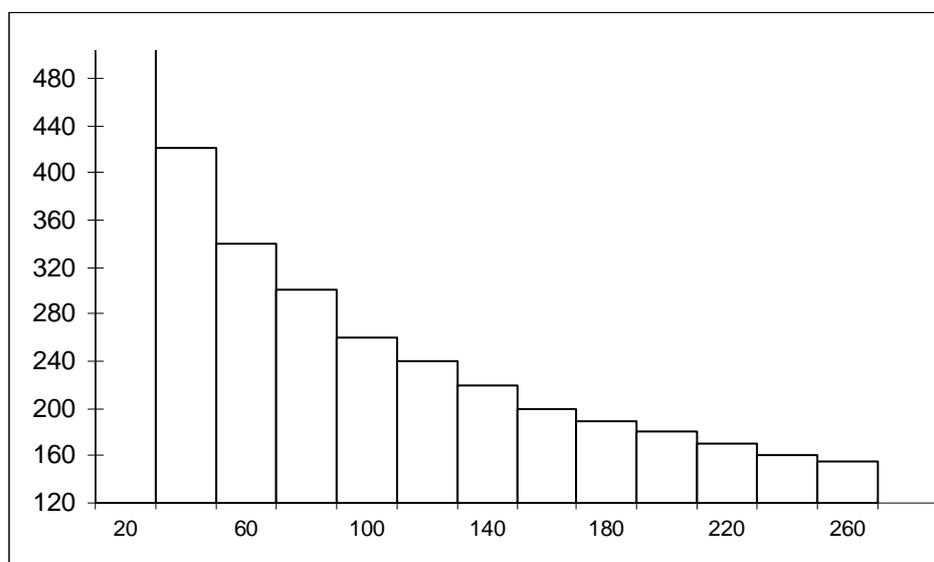


Рис. 3.

По полученные результатам строится график изменения температуры образца во времени. Следует заметить, что в начале охлаждения течение процесса беспорядочно и, только начиная с некоторого момента, наступает так называемый регулярный режим и наблюдается определенная зависимость

между t и τ .

По полученному графику можно определить скорости охлаждения при различных температурах. Для этого кривая охлаждения разбивается на столь малые участки, что в пределах каждого из них функцию $t = t(\tau)$ можно считать линейной, и вычисляются скорости охлаждения по формуле:

$$\left(\frac{\partial t}{\partial \tau}\right)_{t_{k'}} = \frac{t_k - t_{k+1}}{\tau_k - \tau_{k+1}}, \quad \text{причем} \quad t_{k'} = \frac{t_k + t_{k+1}}{2}.$$

Пример графического определения скорости охлаждения при различных температурах приведен на рис. 4.

Результаты измерений занести в таблицу.

Температура образца, $t, \text{ }^\circ\text{C}$	Скорость охлаждения образца $\frac{\partial t}{\partial \tau}, \text{ град/сек}$

По полученным данным строим график зависимости скорости охлаждения от температуры.

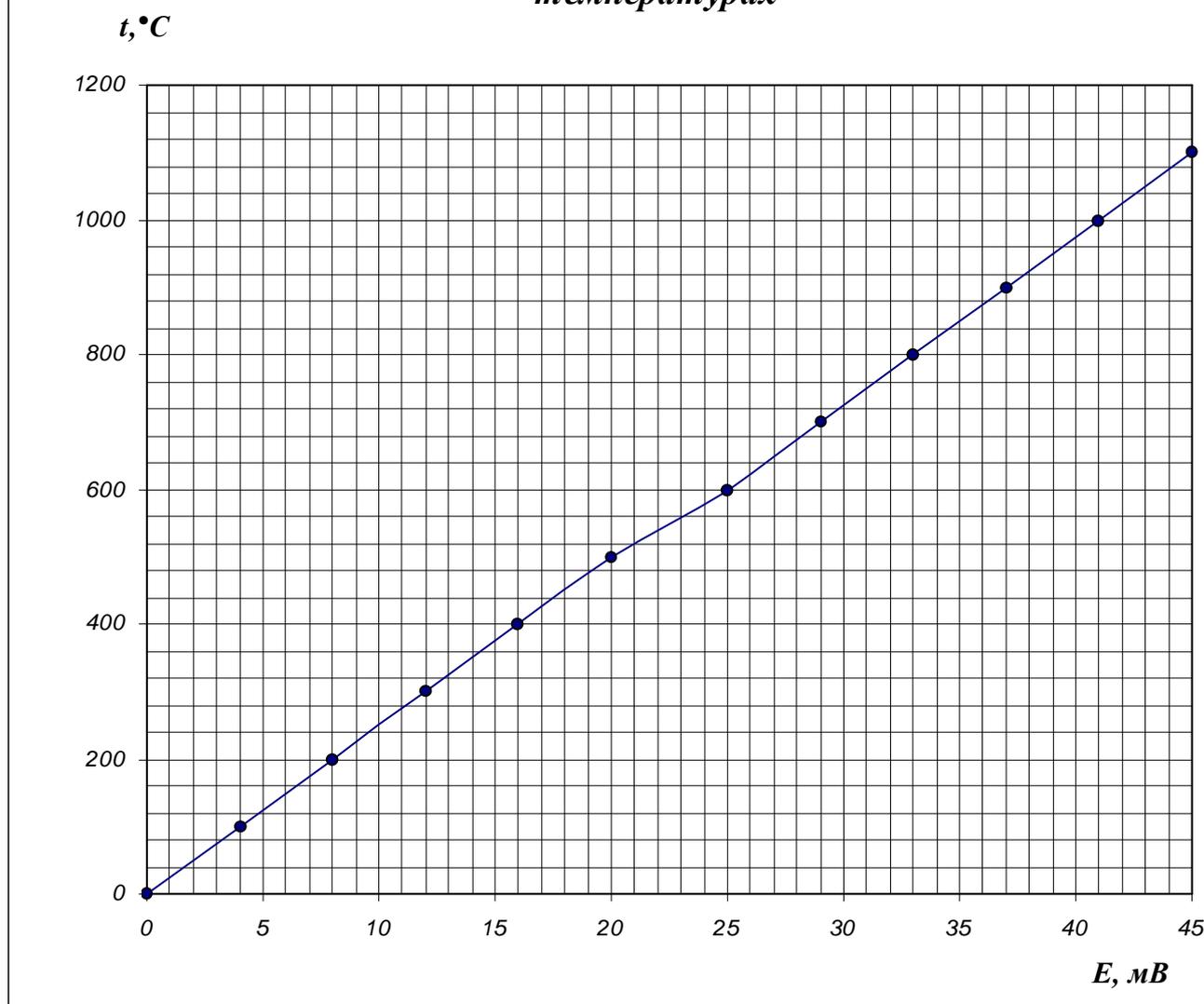
Проведя описанные измерения и расчеты с медным образцом, температурная зависимость удельной теплоемкости которого известна, и с образцом из металла с неизвестной теплоемкостью, по формуле (3) можно вычислить теплоемкость этого металла при различных температурах. Результаты измерений записать по рекомендованной форме и представить в виде графика в координатах C/t (C – удельная теплоемкость, t – температура $^\circ\text{C}$)

По полученным результатам вычислить молярные теплоемкости и построить график зависимости молярной теплоемкости от температуры для исследуемого вещества. Сравнить полученные данные с классической величиной молярной теплоемкости твердого тела.

Теплоемкость меди при разных температурах

Температура, $^\circ\text{C}$	0	100	200	300	400	500	600
Теплоемкость, $\text{кал/г}\cdot\text{град}$	0,0910	0,0940	0,0975	0,1008	0,1038	0,1070	0,1090

Э.Д.С. термопары хромель-алюминий при различных температурах



Л и т е р а т у р а

1. Р.В.Телеснин. Молекулярная физика, М., 1965, с. 77-82, 140-141.
2. И.К.Кикоин и А.К.Кикоин. Молекулярная физика. М., 1963, с. 477-482.
3. Я.А.Туровский и Г.М.Бартенев. Определение теплоемкости металлов методом охлаждения. ЖТФ, 10, вып. 6, 1940, с. 514.
4. В.И.Иверонова. Физический практикум. М., 1967, с. 196-198.