

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Общей и технической физики
(лабораторная виртуальных экспериментов)

Отчет по лабораторной работе №6

по дисциплине

«ФИЗИКА»

(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема:

Определение теплопроводности твердых тел

Автор: студент гр. ГС-21-2

(подпись)

/Дерюшкина В.В./

(Ф.И.О.)

ОЦЕНКА: _____

Дата: _____

ПРОВЕРИЛ:

(подпись)

(Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2023

Цель работы: измерение зависимости повышения температуры исследуемого образца в муфельной печи от времени; вычисление по результатам измерений теплоемкости исследуемого образца.

Краткое теоретическое содержание:

Процессы и явления, изучаемые в работе: нагревание и охлаждение тел, явление многократного перехода электрической энергии в тепловую, явление теплообмена между телами.

Явление, изучаемое в работе: теплоёмкость твердого тела.

Определение основных физических понятий, объектов, процессов:

Теплоемкость – теплоемкостью тела называется величина, определяемая количеством теплоты, необходимым для нагревания тела на 1 К.

Удельная теплоемкость – теплоемкость, отнесенная к единице массы вещества.

Нагрев – процесс повышения температуры объекта.

Охлаждение – процесс понижения температуры объекта.

Муфельная печь – нагревательное устройство, предназначенное для нагрева объекта(ов) до определенной температуры. Содержит электронагреватель, вентилятор обдува.

Цифровой термометр – устройство, предназначенное для измерения температуры объекта.

Вентилятор обдува – устройство, предназначенное для равномерного распределения тепла внутри печи.

Таймер – устройство, предназначенное для замера времени.

Вольтметр – устройство, предназначенное для измерения напряжения в электрической цепи.

Амперметр – устройство, предназначенное для измерения силы тока в электрической цепи.

Количество теплоты – это энергия, переданная телу в результате теплообмена.

Теории, законы:

Классическая модель: закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Твердое тело рассматривается как n независимых друг от друга атомов, имеющих по три колебательных степени свободы. Атомы совершают тепловые колебания около положения равновесия, и если они малы, то их можно рассматривать как гармонические.

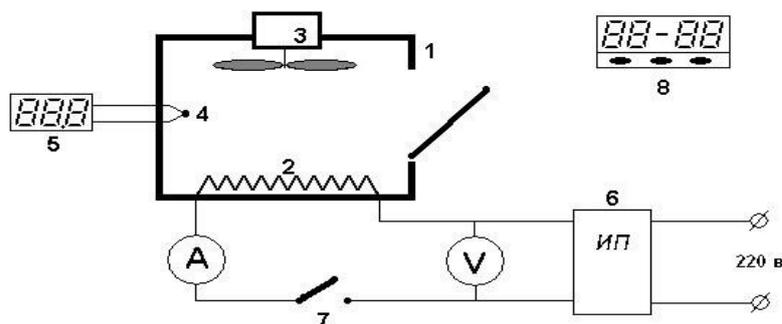
Первый закон термодинамики: изменение внутренней энергии термодинамической системы при переходе из одного состояния в другое в неизолированной системе равно сумме полученного системой количества теплоты и работы внешних сил.

$\delta Q = \delta A + \Delta U$, где δA – работа внешних сил, δQ – количество теплоты, ΔU – изменение внутренней энергии.

Модель Эйнштейна. В теории Эйнштейна твердое тело рассматривалось как система n атомов, каждый из которых является квантовым гармоническим осциллятором. Предполагалось, что колебания атомов происходят независимо друг от друга с одинаковой частотой.

Модель Дебая. В этой модели кристаллическая решетка рассматривается как связанная система взаимодействующих колебаний с различными частотами.

Схема установки:



1 - Муфельная печь; 2 - электронагреватель; 3 - вентилятор обдува; 4 – термопара;
5 - цифровой термометр; 6 - регулируемый источник питания; 7 - выключатель нагрева; 8 – таймер

Основные и косвенные расчетные формулы

1) Теплоемкость, Дж/К;

$$C = \frac{U \cdot I}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)}, \text{ где } U - \text{напряжение, В; } I - \text{сила тока, А; } \Delta T - \text{изменение температуры, К;}$$

Δt – изменение времени, с.

2) Теплоемкость образца, Дж/К;

$$C_0 = C - C_{II}, \text{ где } C_{II} - \text{суммарная теплоемкость печи, Дж/К.}$$

3) Удельная теплоемкость, Дж/К·кг;

$$c = \frac{C_0}{m}, \text{ где } m - \text{масса образца}$$

4) Погрешность косвенных измерений теплоемкости печи, Дж/К;

$$C_n = \frac{V * I}{\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta t}\right)}$$

$$\ln C_n = \ln V + \ln I + \ln \Delta t - \ln \Delta T$$

$$\partial \ln C_n = \partial \ln V + \partial \ln I + \partial \ln \Delta t - \partial \ln \Delta T_1$$

$$\frac{\Delta C_n}{C_{cp}} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} + \frac{\Delta(\Delta T_1)}{\Delta T}$$

$$\Delta C_n = \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} + \frac{\Delta(\Delta T_1)}{\Delta T} \right) * C_n$$

5) Погрешность косвенных измерений теплоемкости печи с образцом, Дж/К;

$$C = \frac{V * I}{\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta t} \right)}$$

$$\ln C = \ln V + \ln I + \ln \Delta t - \ln \Delta T_2$$

$$\partial \ln C = \partial \ln V + \partial \ln I + \partial \ln \Delta t - \partial \ln \Delta T_2$$

$$\frac{\Delta C}{C_{cp}} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} + \frac{\Delta(\Delta T_2)}{\Delta T}$$

$$\Delta C = \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} + \frac{\Delta(\Delta T_2)}{\Delta T} \right) * C$$

Погрешности прямых измерений

$$\Delta t = 1 \text{ с};$$

$$\Delta U = 1 \text{ В};$$

$$\Delta T = 0,1 \text{ К};$$

$$\Delta I = 0,01 \text{ А}.$$

Исходные данные

Масса полученного образца $m = 2 \text{ кг}$;

Материал полученного образца – латунь;

Показания вольтметра $U = 150 \text{ В}$;

Показания амперметра $I = 3 \text{ А}$;

Температура воздуха в начале эксперимента $T_0 = 293 \text{ К}$.

Таблица с результатами измерений и вычислений

| Вел и- чина | Δt | T1 | $\ln(\Delta T1 / \Delta t)$ | T2 | $\ln(\Delta T2 / \Delta t)$ | Сп | С | С ₀ | с ₀ |
|-------------------|------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|
| | с | К | | К | | Дж/К | Дж/ (К*кг) | Дж/К | Дж/ кг*К |
| 1 | 20 | 310,7 | -0,12 | 300,0 | -1,05 | 1062,2 3 | 1783,78 | 721,5 5 | 360,78 |
| 2 | 23 | 326,3 | -1,01 | 307,2 | -1,79 | | | | |
| 3 | 20 | 339,5 | -1,56 | 313,0 | -2,39 | | | | |
| 4 | 22 | 348,7 | -2,22 | 319,1 | -2,63 | | | | |
| 5 | 25 | 359,0 | -2,37 | 325,5 | -2,84 | | | | |
| 6 | 22 | 367,7 | -2,78 | 331,7 | -3,13 | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|------|-------|--|--|--|--|
| | 5 | 4 | | 4 | | | | | |
| 7 | 3 | 376, | | 339, | | | | | |
| | 5 | 6 | -2,92 | 0 | -3,11 | | | | |
| 8 | 2 | 382, | | 343, | | | | | |
| | 5 | 0 | -3,59 | 9 | -3,68 | | | | |
| 9 | 2 | 386, | | 348, | | | | | |
| | 5 | 2 | -3,96 | 5 | -3,87 | | | | |

График №1

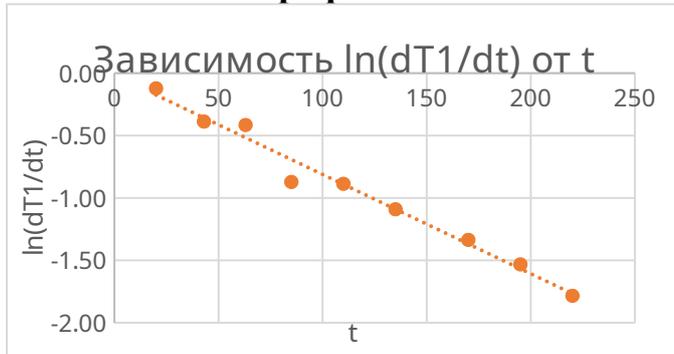
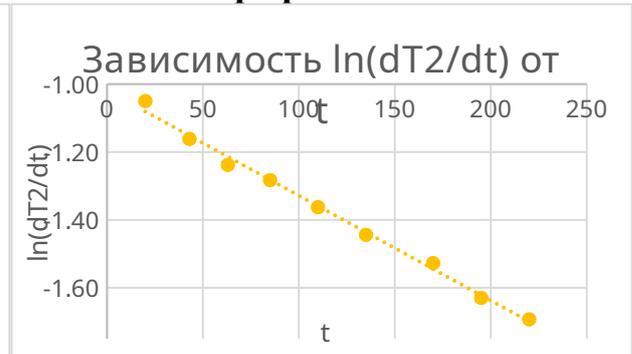


График №2



Расчетная часть

1) Вычислим C_{II} по формуле (1):

$$C_{II} = \frac{U \cdot I}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)} = \frac{150 \cdot 3}{0,98} = 459,18 \text{ Дж/К}$$

2) Вычислим C по формуле (1):

$$C = \frac{150 \cdot 3}{0,37} \approx 1216,22 \text{ Дж/К}$$

3) Вычислим теплоемкость образца по формуле (2):

$$C_0 = C - C_{II} = 1216,22 - 459,18 = 757,04 \text{ Дж/К}$$

4) Вычислим удельную теплоемкость образца по формуле (3):

$$c_0 = \frac{C_0}{m} = \frac{757,04}{2} = 378,52 \text{ Дж/К} \cdot \text{кг}$$

5) Вычислим погрешность косвенных измерений теплоемкости печи по формуле (4):

$$\Delta C_{II} = \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} + \frac{\Delta(\Delta T_1)}{\Delta T} \right) * C_{II} = \left(\frac{1}{150} + \frac{0,01}{3} + \frac{1}{24,44} + \frac{0,1}{10,35} \right) * 459,18 \approx 27,82 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

6) Вычислим погрешность косвенных измерений теплоемкости печи с образцом по формуле (5), Дж/К:

$$\Delta C = \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} + \frac{\Delta(\Delta T_2)}{\Delta T} \right) * C = \left(\frac{1}{150} + \frac{0,01}{3} + \frac{1}{24,44} + \frac{0,1}{6,17} \right) * 770,34 \approx 46,67 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

7) Вычислим погрешность измерений теплоемкости образца:

$$\Delta c_o = c_o \cdot \left(\frac{\Delta C}{C} \right) = 378,52 \cdot \left(\frac{46,67}{1216,22} \right) \approx 14,52 \text{ Дж / К}$$

Вывод

На основе проделанных опытов были рассчитаны теплоемкость и удельная теплоемкости образца. Измерена зависимость повышения температура исследуемого образца в муфельной печи от времени. Найдена удельная теплоемкость образца— $378,52 \frac{\text{Дж}}{\text{К} * \text{Кг}}$ ближайшее к этому табличное значение $360 \frac{\text{Дж}}{\text{К} * \text{Кг}}$, что соответствует *латуни*.

$$\bar{c} = \left| \frac{360 - 378,52}{360} \right| * 100 \% = 5,1 \%$$

Результат:

$$c_0 = 378,52 \pm 14,52 \frac{\text{Дж}}{\text{К} * \text{Кг}}$$