

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования



Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра общей и технической физики

Отчет по лабораторной работе №10

По дисциплине

ФИЗИКА

(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема:

Определение теплоемкости твердых тел

Автор: студент гр. **РГИ-20**

(подпись)

Кирюшкин Е.Ю.

(Ф.И.О.)

Дата: 17.11.2020

Проверил:

доцент

(должность)

(подпись)

/ Кожокарь М.Ю. /

(Ф.И.О.)

Цель работы

Измерение зависимости повышения температуры исследуемого образца в муфельной печи от времени;

Вычисление по результатам измерений теплоемкости исследуемого образца.

Краткие теоретические сведения

Явление, изучаемое в работе: Теплопередача

Определения (основных физических понятий, процессов, объектов и величин):

Теплоемкость тела - количество теплоты, которое необходимо для нагревания единичного количества вещества.

$$C = \frac{\delta Q}{\delta T}, \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

где Q - количество теплоты, Дж

T - температура тела, К

Удельная теплоёмкость вещества - количество тепловой энергии, необходимой для повышения температуры одного килограмма вещества на один градус Цельсия.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

где m - масса тела, кг

T – температура тела, К

Количество теплоты - энергия, которую получает или теряет тело при теплопередаче.

Температура тела - физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы и определяющая направление теплообмена между телами.

Напряжение - это отношение работы A сил электрического поля при перемещении электрического заряда q из одной точки в другую к заряду q.

$$U = \frac{A}{q}, \text{В}$$

где q – заряд, Кл

A – работа сил электрического поля, Дж

Сила тока - это величина I , равная отношению заряда, переносимого через поперечное сечение проводника за малый интервал времени, к этому интервалу времени.

$$I = \frac{\delta q}{\delta t}, A$$

где t – время, с

Масса - мера инертности тела, при поступательном движении.

Законы и соотношения, лежащие в основе вывода расчётной формулы:

Закон Джоуля - Ленца - количество теплоты прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока

$$Q = I^2 * R * t, Дж$$

где R – сопротивление проводника, Ом

Закон Ома - сила тока прямо пропорциональна напряжению, приложенному к участку цепи, и обратно пропорциональна сопротивлению проводника:

$$I = \frac{U}{R}$$

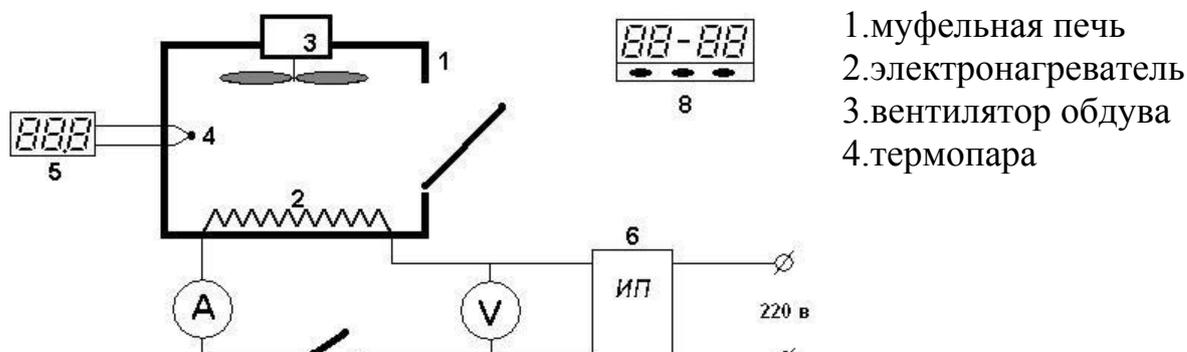
где I -сила тока, А

R – сопротивление проводника, Ом

U – Напряжение проводника, В

Определение теплоемкости тел обычно производится путем регистрации количества тепла Q , полученного телом, и соответствующего изменения температуры этого тела dT .

Схема установки



- 5. цифровой термометр
- 6. регулируемый источник питания
- 7. выключатель нагрева
- 8. таймер

Основные расчетные формулы

1) Суммарная теплоемкость печи и образца:

$$C = \frac{U_2 \cdot I_2}{\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta t} \right)}, \text{ Дж} / \text{ K}$$

где U_2 – напряжение на источнике питания при нагревании печи с образцом, В

I_2 – сила тока при нагревании печи с образцом, А

$$\frac{\delta T_2}{\delta t} - \text{ скорость изменения температуры при нагревании печи с образцом, } \frac{\text{K}}{\text{c}}$$

2) Теплоёмкость печи:

$$C_n = \frac{U_1 \cdot I_1}{\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta t} \right)}, \text{ Дж} / \text{ K}$$

где U_1 – напряжение на источнике питания при нагревании пустой печи, В

I_1 – сила тока при нагревании пустой печи, А

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta t} - \text{ скорость изменения температуры при нагревании пустой печи, } \frac{\text{K}}{\text{c}}$$

3) Теплоёмкость образца:

$$C_0 = C - C_n, \text{ Дж} / \text{ K}$$

4) Удельная теплоёмкость образца:

$$c = \frac{C_0}{m}, \text{ Дж} / \text{ кг} \cdot \text{ K}$$

где m – масса образца

Исходные данные:

Образец – железный брусок

$$m = 1 \text{ кг}, \Delta t = 40 \text{ C}^0$$

$$U = 205 \text{ В}, T_0 = 293 \text{ К}$$

$$I = 4,1A$$

Таблица результатов измерений и вычислений:

Физ. величина	Δt	T_1	$\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta t}$	T_2	$\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta t}$	C_n	C	C_0	c
Ед. изм.	с	К		К		Дж/К	Дж/К	Дж/К	Дж/кг·К
№ опыта									
1	40	350	0,35	326	-0,19	590	1019	420,25	420,25
2	40	392	0,05	353	-0,39	800	1245		
3	40	423	-0,25	376	-0,55	1085	1462		
4	40	445	-0,60	395,5	-0,72	1528	1724		
5	40	461	-0,92	412	-0,87	2101	2038		
6	40	472,5	-1,25	426	-1,05	2923	2401		
7	40	481	-1,55	438	-1,20	3955	2802		
8	40	487	-1,90	448	-1,39	5603	3362		
9	40	491,4	-2,21	456,4	-1,56	7641	4002		
10	40	494,6	-2,53	463,5	-1,73	10506	4735		

Погрешности прямых измерений:

$\Delta T=0,1$ К,

$\Delta U=1$ В,

$\Delta I=0,01$ А,

$\Delta t=1$ с.

Вычисления:

$$\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta t} = \ln \frac{57}{40} \approx 0,35;$$

$$\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta t} = \ln \frac{33}{40} \approx -0,19;$$

$$C_n = \frac{U \cdot I}{\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta t_1} \right)} = \frac{205 \cdot 4,1}{2} = \frac{840,5}{2} = 420,25 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} ;$$

$$C = \frac{U \cdot I}{\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta t_2} \right)} = \frac{840,5}{1} = 840,5 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} ;$$

$$C_0 = C - C_n = 840,5 - 420,25 = 420,25 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} ;$$

$$c_0 = \frac{C_0}{m} = \frac{420,25}{1} = 420,25 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} ;$$

Вычисление погрешностей косвенных измерений:

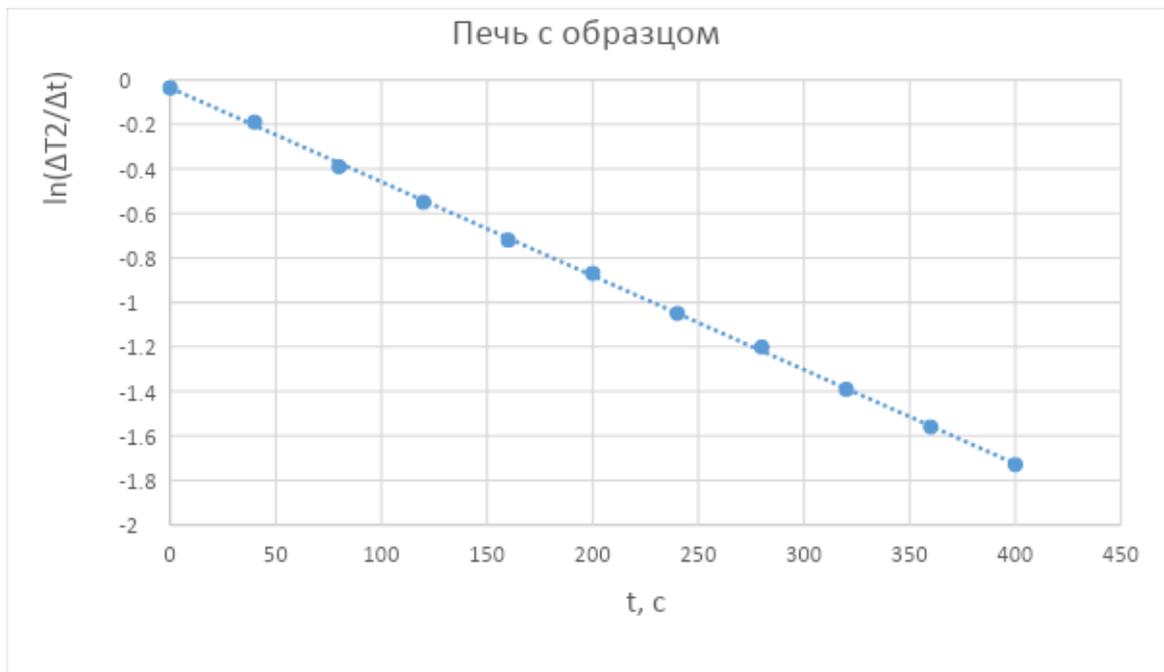
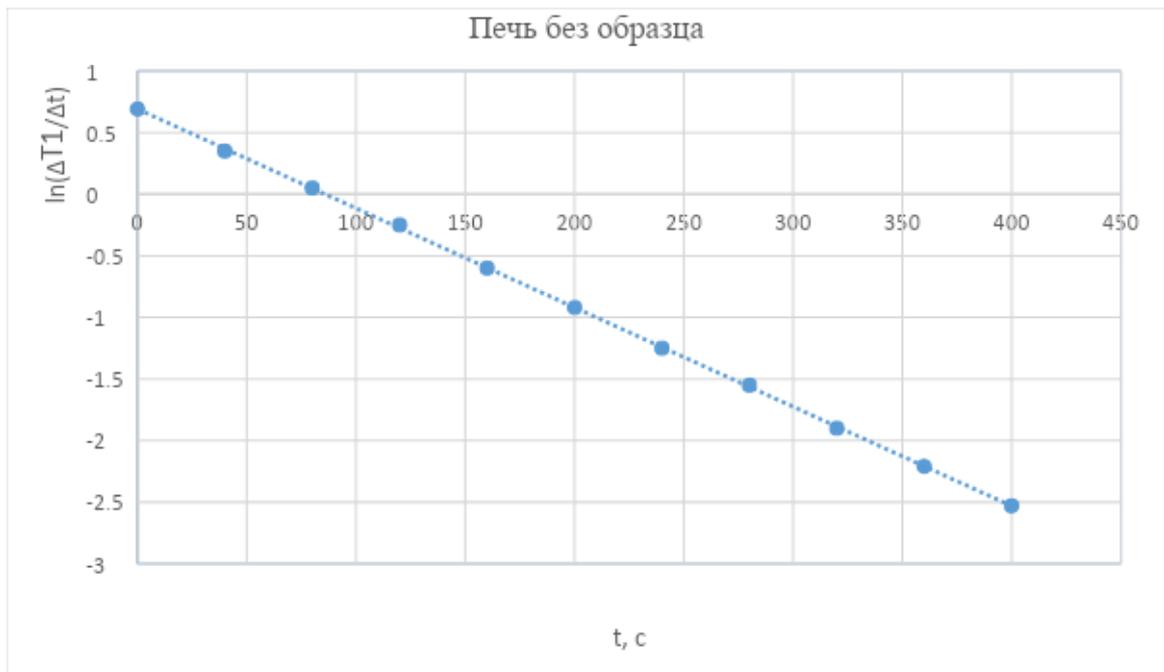
$$\Delta C = C \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{2 \cdot \Delta T}{\delta T_2} + \frac{2 \cdot \Delta t}{\delta t} \right) = 1019 \cdot \left(\frac{1}{205} + \frac{0,01}{4,1} + \frac{2 \cdot 0,1}{33} + \frac{2 \cdot 1}{40} \right) = 64,58 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\Delta C_n = C_n \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{2 \cdot \Delta T}{\delta T_1} + \frac{2 \cdot \Delta t}{\delta t} \right) = 590 \cdot \left(\frac{1}{205} + \frac{0,01}{4,1} + \frac{2 \cdot 0,1}{57} + \frac{2 \cdot 1}{40} \right) = 35,89 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\Delta C_0 = \Delta C - \Delta C_n = 64,58 - 35,89 = 28,69 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\Delta c_0 = c_0 \frac{\Delta C_0}{C_0} = 429 \cdot \left(\frac{28,69}{429} \right) = 28,69 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Графический материал



Результат

$$c = c_0 \pm \Delta c$$

$$c = (420,25 \pm 28,69) \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Расхождение практических и теоретических значений:

$$\frac{c_x - c_0}{c_x} \cdot 100\% = \frac{444 - 420,25}{444} \cdot 100\% \approx 5,35\%$$

где c_x – справочное значение удельной теплоёмкости материала образца.

Вывод: По построенному графику можно увидеть, что с повышением температуры скорость нагрева образца в печи линейно замедляется. Полученное из вычислений экспериментальное значение расходится с теоретическим с относительной погрешностью 5,35%. Возможные причины расхождения полученного результата с эталоном: малое количество опытов, человеческий фактор, неточность приборов.