

**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**

## **Отчет по лабораторной работе №18**

По дисциплине **ФИЗИКА**

(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема: «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел»

**Автор:** студент гр. ГС-21-1 \_\_\_\_\_

(подпись)

Шумер А.В.

(Ф.И.О.)

Дата:       апреля 2022 г.

**ПРОВЕРИЛ:** \_\_\_\_\_

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Санкт-Петербург  
2021

## Цель работы

Определить коэффициент теплопроводности твердого тела методом сравнения с теплопроводностью эталонного образца из известного материала.

## Краткое теоретическое содержание

### 1. Явление, изучаемое в работе

Теплопроводность.

### 2. Определения

Теплопроводность – это перенос теплоты структурными частицами вещества (молекулами, атомами, электронами) в процессе их теплового движения.

Явление переноса – явление, состоящее в возникновении направленного переноса массы (диффузия), количества движения (внутреннее трение) и энергии (теплопроводность).

Коэффициент теплопроводности – физическая величина, характеризующая и численно равная плотности потока энергии при градиенте температуры равном единице.

Градиент температуры – характеристика, показывающая направление наискорейшего возрастания температуры в зависимости от направления среды (увеличение или уменьшение температуры по направлению среды).

Поток - это количество любой физической величины, переносимое в единицу времени через воображаемую поверхность, перпендикулярно направлению переноса.

Плотность потока - называется количество физической величины, переносимое в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярно направлению переноса.

### 3. Законы и соотношения, лежащие в основе лабораторной работы

Закон Фурье – тепловой поток направлен против градиента температуры, а количество теплоты, проходящее через единицу площади изотермической поверхности за единицу времени, пропорционально модулю температурного градиента.

$$q = -\chi \frac{dT}{dz} S, \text{ где}$$

$q$  – тепловой поток через поверхность  $S$ , Дж ;

$S$  – площадь поверхности, перпендикулярной к оси  $z$ ,  $m^2$  ;

$\frac{dT}{dz}$  – проекция градиента температуры на ось  $z$ ,  $K$  ;

$\chi$  – коэффициент теплопроводности среды,  $Вт/(м \cdot K)$  .

Элементарный поток тепла, переносимый через однородную пластинку

$$\delta Q = \chi \cdot S \cdot \frac{\delta T}{d}, \text{ где}$$

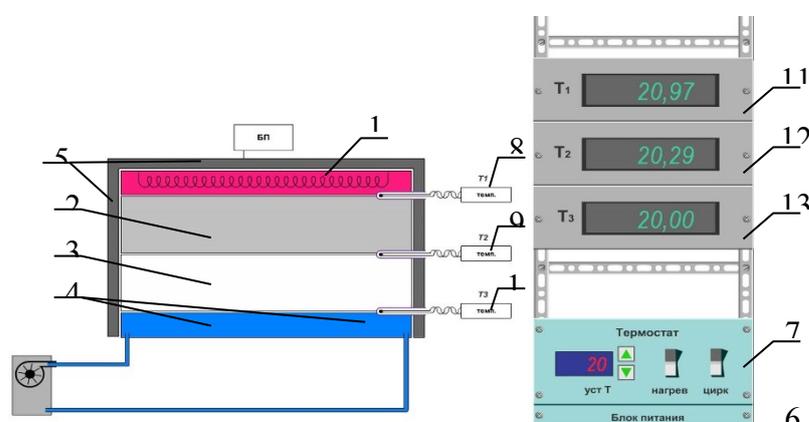
$\chi$  - коэффициент теплопроводности, характеризующий свойства среды,  $Вт/(м \cdot K)$  ;

$S$  – площадь пластинки,  $m^2$ ;

$\delta T$  - разность температур,  $K$ ;

$d$  – толщина пластинки,  $m$ .

### Схема установки



1. Нагреватель
- 2,3. Пластины
4. Холодильник
5. Стенки
6. Блок питания
7. Термостат
- 8,9,10. Термопары
- 11,12,13. Табло с температурами

### Основные расчетные формулы

*Коэффициент теплопроводности исследуемой пластины*

$$\chi_2 = \frac{\chi_1 \cdot d_2 \cdot \Delta T_1}{d_1 \cdot \Delta T_2}, \text{ где}$$

$d_1$  - толщина перегородки эталона, м;

$d_2$  – толщина перегородки исследуемого материала, м;

$\chi_1$  - коэффициент теплопроводности эталона, Вт/(м·К);

$\Delta T$  – разность температур, К.

*Перепад температур на эталонной пластине*

$$\Delta T_1 = T_1 - T_2, \text{ где}$$

$T_1$  - температура на 1 термопаре, К;

$T_2$  – температура на 2 термопаре, К.

*Перепад температур на исследуемой пластине*

$$\Delta T_2 = T_2 - T_3, \text{ где}$$

$T_1$  - температура на 2 термопаре, К;

$T_2$  – температура на 3 термопаре, К.

*Среднее значение коэффициента теплопроводности*

$$\bar{\chi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \chi_i, \text{ где}$$

n- количество значений.

### **Погрешность косвенных измерений**

$$\Delta \chi_2 = \chi_2 \left( \frac{\Delta d_1}{d_1} + \frac{\Delta T_2}{T_{2cp}} + \frac{\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta T_1}{T_{1cp}} \right)$$

### **Таблицы**

Таблица №1

*«Определение результатов эксперимента»*

Физ. Величина	U	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\chi_1$	$\chi_2$	$\chi_{cp}$
Ед. измер.	В	°C	°C	°C	К	К	Вт/м·К	Вт/м·К	Вт/м·К
Номер эксп									
1	25	20,01	20,01	20,00	0	0,01	204	0	202,45
2	50	20,05	20,03	20,00	0,02	0,03		181,33	
3	75	20,12	20,07	20,00	0,05	0,07		194,29	
4	100	20,22	20,12	20,00	0,10	0,12		226,67	
5	125	20,34	20,19	20,00	0,15	0,19		214,74	
6	150	20,48	20,28	20,00	0,20	0,28		194,29	
7	175	20,66	20,38	20,00	0,28	0,38		200,42	
8	200	20,86	20,49	20,00	0,37	0,49		205,38	

Таблица №2

*«Технические данные прибора»*

№ п.п.	Название прибора	Пределы измерений	Число делений	Цена деления	Класс точности	Абсолютная приборная погрешность
1	Термостаты 1,2	99,99	-	-	-	0,01

2	вольтметр	999	-	-	-	1
3	Амперметр	9,99	-	-	-	0,01
4	Термостат 3	99				1

### **Исходные данные**

#### Эталонная пластина

Материал – алюминий

$d_1 = 30$  мм - толщина

$\chi_1 = 204$  Вт/м·К – коэффициент теплопроводности алюминия

#### Исследуемая пластина

Материал – алюминий

$d_2 = 40$  мм – толщина

### **Погрешности прямых измерений**

$$\Delta T = 0,01 \text{ К.}$$

$$\Delta d = 0,001 \text{ м.}$$

$$\Delta U = 1 \text{ В.}$$

$$\Delta I = 0,01 \text{ А.}$$

### **Примеры вычислений**

#### **Перепад температур на эталонной пластине**

$$\Delta T_1 = T_1 - T_2 = 20,05 - 20,03 = 0,02 \text{ К.}$$

#### **Перепад температур на исследуемой пластине**

$$\Delta T_2 = T_2 - T_3 = 20,03 - 20,00 = 0,03 \text{ К.}$$

### **Коэффициент теплопроводности исследуемой пластины**

$$\chi_2 = \frac{\chi_1 \cdot d_2 \cdot \Delta T_1}{d_1 \cdot \Delta T_2} = \frac{204 \cdot 0,4 \cdot 0,02}{0,3 \cdot 0,03} = 181,33 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

### **Среднее значение коэффициента теплопроводности**

$$\chi_{cp} = \bar{\chi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \chi_i = \frac{181,33 + 194,29 + 226,67 + 214,74 + 194,29 + 200,42 + 205,38}{7} = 202,45 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

### **Вычисление погрешности косвенных измерений**

$$\Delta \chi_2 = 202,45 \left( \frac{0,001}{0,030} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,001}{0,040} + \frac{0,01}{0,20} \right) = 35,429 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

### **Окончательный результат**

*«Экспериментальное значение коэффициента теплопроводности железа»*

$$\chi_2 = 202,45 \pm 35,43 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

### Сравнение экспериментального значения с табличным

$$\chi_{\text{эксп}} = 202,45 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

$$\chi_{\text{теор}} = 204 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

$$\varepsilon = \frac{|\chi_{\text{теор}} - \chi_{\text{эксп}}|}{\chi_{\text{теор}}} \cdot 100\% = \frac{|204 - 202,45|}{204} \cdot 100\% \approx 0,8\%$$

### Вывод

В ходе лабораторной работы было изучено явление теплопроводности, а также был определен коэффициент теплопроводности железа методом сравнения с теплопроводностью эталонного материала (алюминий). Можно заметить, что полученное экспериментальное значение расходится с табличными примерно на 0,8%.