

# Отчет о выполнении лабораторной работы 2.2.4

## Определение коэффициента теплопроводности твёрдых тел

Костылев Влад, Б01-208

18 апреля 2023 г.

### Аннотация

**Цель работы:** 1) определение коэффициентов теплопроводности твёрдых тел путём сравнения с теплопроводностью эталонного материала; 2) вычисление относительных тепловых потерь через боковые поверхности по измеренным значениям температуры вдоль радиусов пластинок.

**В работе используются:** набор термопар; зеркальный гальванометр; тонкие резиновые прокладки; исследуемые тела; диск из эталонного материала; штангенциркуль.

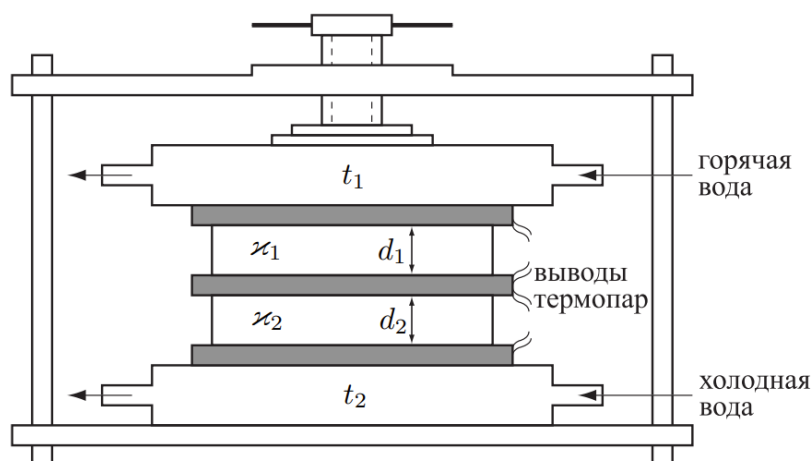
## 1 Теоретическая справка

Количество теплоты  $\Delta q$ , протекающее за единицу времени через однородную перегородку толщиной  $\Delta z$  и площадью  $S$  при разности температур  $\Delta T$ , определяется формулой:

$$\Delta q = xS \frac{\Delta T}{\Delta z} \quad (1)$$

$x$  - коэффициент теплопроводности. Определить  $x$  с помощью формулы (1) непростая задача, так как нелегко точно измерить количество теплоты.

Давайте воспользуемся другим методом.



Две пластинки, изготовленные из материалов с коэффициентами теплопроводности  $x_1$  и  $x_2$ , зажимаются между стенками, температуры которых равны  $T_1$  и  $T_2$  и поддерживаются

постоянными во время опыта. Если толщины пластинок  $d_1$  и  $d_2$  достаточно малы (по сравнению с наименьшим линейным размером их поверхности), то и потери тепла через боковые поверхности тоже малы, тогда:

$$\Delta q = x_1 S \frac{\Delta T_1}{\Delta z_1} = x_2 S \frac{\Delta T_2}{\Delta z_2} \quad (2)$$

$\Delta z_1 = d_1$  и  $\Delta z_2 = d_2$ , тогда:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{d_1}{d_2} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \quad (3)$$

$\Delta T$  - перепады температур на пластинках, получается, зная  $x_1$  одной из пластинок, можно найти  $x_2$  другой.

Хоть пластинки и тонкие, но существуют потери тепла, через боковые стенки. Распишем полный радиальный поток:

$$q_r S_r = -x 2\pi r d \frac{dT}{dr} \quad (4)$$

Осевой поток:

$$q_z S_z = -x \pi r^2 d \frac{dT}{dz} \quad (5)$$

Отношение данных потоков обозначим за  $\delta$  - параметр, который характеризует расширение теплового потока и его относительные потери. Данный параметр не зависит от радиуса:

$$\delta = \frac{2d \frac{dT}{dr}}{r \frac{dT}{dz}} \quad (6)$$

## 2 Используемое оборудование

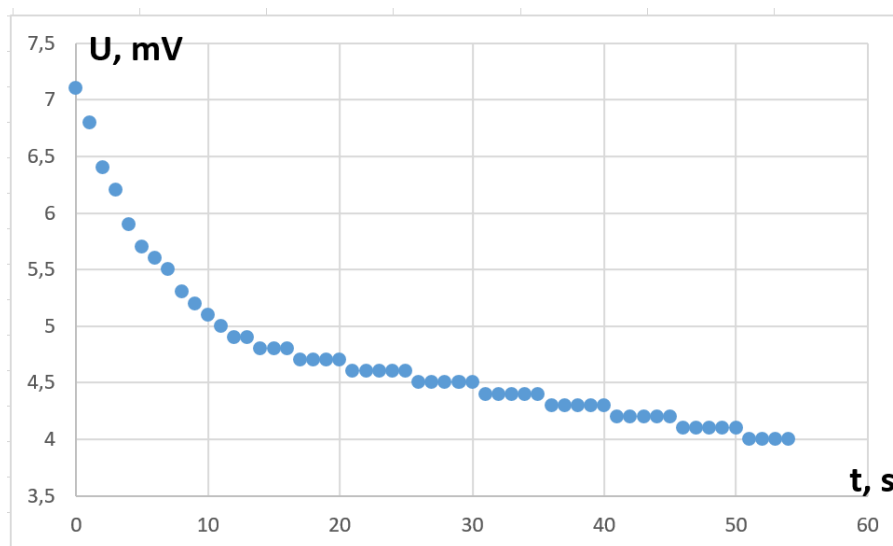
**В работе используются:** набор термопар; зеркальный гальванометр; тонкие резиновые прокладки; исследуемые тела; диск из эталонного материала; штангенциркуль.

## 3 Методика измерений

Измерив время установления равновесного состояния, приступим к самой работе. Будем класть в установку "бутерброды" из трех резиновых пластин, исследуемого и эталонного материалов. Полученные данные для каждого из материалов занесем в таблицу и несложными преобразованиями получим соответствующие значения теплопроводностей. Затем вычислим потери тепла при измерениях и также внесем их в таблицу, отразим в нашей работе.

## 4 Результаты измерений и обработка данных

Поместим в установку "бутерброд" из пластин, подключим одну из термопар в любой отсек, будем следить за установлением напряжения и параллельно вносить данные в таблицу, в итоге получаем следующий график, из которого можно видеть, что  $t_{ycm} = 54c$  :



Откалибруем наши термодатчики, для этого расположим их параллельно и так, чтобы они не касались друг друга. Получим следующие значения:

$$a_1 = 0.81 \text{ mV} \quad a_2 = 0.74 \text{ mV} \quad a_3 = 0.88 \text{ mV} \quad a_4 = 0.85 \text{ mV}$$

Далее отношение разниц температур, следует считать по следующей формуле:

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{U_4/a_4 - U_3/a_3}{U_2/a_2 - U_1/a_1} \quad (7)$$

Теперь будем помещать различные комбинации материалов, где один из материалов будет эбонит. Также будем их переворачивать и все полученные данные внесем в таблицу:

	U_1, мВ	U_2, мВ	U_3, мВ	U_4, мВ	d, см	D, см	dT_2/dT_1
Псеклиглас(снизу)	1,84	0,95	0,95	0,35	0,52	10	0,67
Псеклиглас(сверху)	1,68	0,76	0,89	0,18			0,77
Стекло(снизу)	1,84	0,67	0,72	0,22	0,18	10	0,43
Стекло(сверху)	1,71	1,39	1,24	0,27			3,03
Гетинакс(снизу)	1,81	0,74	0,74	0,09	0,31	10	0,61
Гетинакс(сверху)	1,84	1,03	1,02	0,14			1,09
Эбонит	1,53	0,85	0,85	0,16	0,39	10	1,01

Нас интересует "бутерброд" из двух эталонных материалов(эбонита). убедимся, что отношение их коэффициентов теплопроводности равно единице из формулы (3):

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{d_1 \Delta T_2}{d_2 \Delta T_1} = \frac{1.53 - 0.85}{0.85 - 0.18} = 1.018 \pm 0.026$$

То есть, отношение пропорционально толщинам пластин, но в нашем случае они равны, поэтому близкое к 1 значение.

Осталось составить таблицу с посчитанными значениями теплопроводности( по формуле (3) ):

	x/x_э	x, Вт/(м*К)
Псеклиглас(снизу)	1,98	0,34
Псеклиглас(сверху)	1,73	0,29
Стекло(снизу)	5,07	0,86
Стекло(сверху)	6,57	1,12
Гетинакс(снизу)	2,07	0,35
Гетинакс(сверху)	2,35	0,40

И сразу сравним полученные данные с табличными:

Вещество	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\alpha$ , 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·К)
<i>Другие вещества</i>			
Картон	0,69	—	0,21
Кирпич	1,4–2,2	3-9	1–1,3
Лёд	0,913	—	—
Парафин	0,87–0,91	—	2,5
Плексиглас	1,16–1,20	92–130	0,17–0,18
Пробка	0,22–0,26	—	—
Резина	1,1	220	0,146
Стекло обычн.	2,4–2,8	6	0,7–1,13
Стекло флинт	3,9–5,9	7–8	0,84
Фарфор	2,3–2,5	2,5–6	1,05
Эбонит	1,15	84,2	0,17
Янтарь	1,1	57	—

Гетинакс и асботекстолит: характеристики и свойства

Наименование показателей	Ед. измерения	Показатель
Теплопроводность по Мартенсу	°С	150-160
Водопоглощение	%	0,5-0,7
Коэффициент теплопроводности		1,8-0,30

Можем заметить, что данные лежат в пределах допустимых значений.

Теперь найдем потери тепла через боковые стенки. Расположим термопары по вертикальной и горизонтальной оси, как указано в задании и составим таблицу:

	U_калиб	l, см	U_расст, мВ	U, мВ	U_высоты	U, мВ
1	0,81	1,1	0,97	1,20	2,15	2,65
2	0,74	2,1	0,84	1,14	1,22	1,65
3	0,88	3	0,96	1,09	1,14	1,30
4	0,85	4,1	0,92	1,08	0,09	0,11

Далее воспользовавшись формулой (6), найдем этот параметр и получаем:

$$\delta \approx 0.0114 \approx 1\%$$

## 5 Заключение

В данной работе мы научились точно измерять коэффициент теплопроводности различных материалов, а также оценивать тепловые потери через боковые стенки.