

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа прикладной математики и информатики

Отчёт о выполнении лабораторной работы 2.2.3

Определение теплопроводности газов при атмосферном давлении

Автор:

Чикин Андрей и Симонов Евгений

Б05-304

Долгопрудный, 2023

Содержание

1	Краткая Теория.	2
2	Экспериментальная установка	3
3	Обработка результатов измерений:	4
4	Вывод:	6

Список иллюстраций

1	Схема установки для определения теплопроводности газов	3
2	Электрическая схема установки.	3

Список таблиц

1	Параметры установки.	4
---	------------------------------	---

Цель работы:

1. Определение коэффициента теплопроводности воздуха или углекислого газа при атмосферном давлении и разных температурах по теплоотдаче нагреваемой током нити в цилиндрическом сосуде

Приборы:

1. прибор для определения теплопроводности газов
2. форвакуумный насос
3. газгольдер с углекислым газом
4. манометр
5. магазин сопротивлений
6. эталонное сопротивление 10 Ом
7. цифровой вольтметр В7 — 38
8. источник питания

1 Краткая Теория.

Теплопроводность — процесс, приводящий к выравниванию температуры в сосуде, где температура заключённого газа зависит от координат. Теплопроводность связана с тепловым движением молекул и не сопровождается макроскопическими перемещениями газа.

Коэффициент теплопроводности — основная характеристика теплопроводности — это коэффициент пропорциональности между плотностью потока тепла q и градиентом температуры dT/dr в направлении этого потока:

$$q = -\kappa \frac{dT}{dr} \quad (1.1)$$

В цилиндрически симметричной установке, в которой тепловой поток направлен к стенкам цилиндра от нити, полный поток тепла $Q = qS$ через каждую цилиндрическую поверхность радиуса r должен в стационарном состоянии быть неизменен в пространстве и во времени. Тогда

$$Q = -2\pi r L \kappa \frac{dT}{dr} = \text{const} \quad (1.2)$$

r — радиус цилиндра

L — высота цилиндра

откуда получаем:

$$T_1 - T_2 = \frac{Q}{2\pi L \kappa} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (1.3)$$

r_1 — радиус проволоки

r_2 — радиус трубы с воздухом

В нашем эксперименте необходимо найти:

$$\kappa = \frac{Q}{T_1 - T_2} \frac{1}{2\pi L} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (1.4)$$

$$R(t) = R_{273} \cdot (1 + \alpha t) \quad (1.5)$$

$$\alpha = \frac{1}{R_{273}} \frac{dR}{dT} \quad (1.6)$$

α — температурный коэффициент сопротивления материала.

2 Экспериментальная установка

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 1. Тонкая молибденовая проволока натянута по оси вертикально стоящей медной трубки. Через штуцер трубка заполняется исследуемым газом. Нить нагревается электрическим током, ее температура T_1 определяется по изменению электрического сопротивления. Трубка находится в кожухе, через который пропускается вода из термостата. Температура воды T_2 измеряется термометром, помещенным в термостат. Количество теплоты, протекающей через газ, равно (если пренебречь утечками тепла через торцы) количеству теплоты, выделяемому током в нити, и может быть найдено по закону Джоуля—Ленца. При этом ток в нити определяется по напряжению на включенном последовательно с ней эталонном сопротивлении 10 Ом. Таким образом, все величины, входящие в правую часть формулы (1), поддаются непосредственному измерению.

Электрическая часть схемы состоит из источника питания и подключенных к нему последовательно соединенных нити, эталонного сопротивления 10 Ом и магазина сопротивлений R_M , служащего для точной установки тока через нить. Цифровой вольтметр может подключаться как к нити, так и к эталонному сопротивлению, измеряя таким образом напряжение на нити и ток через нее.

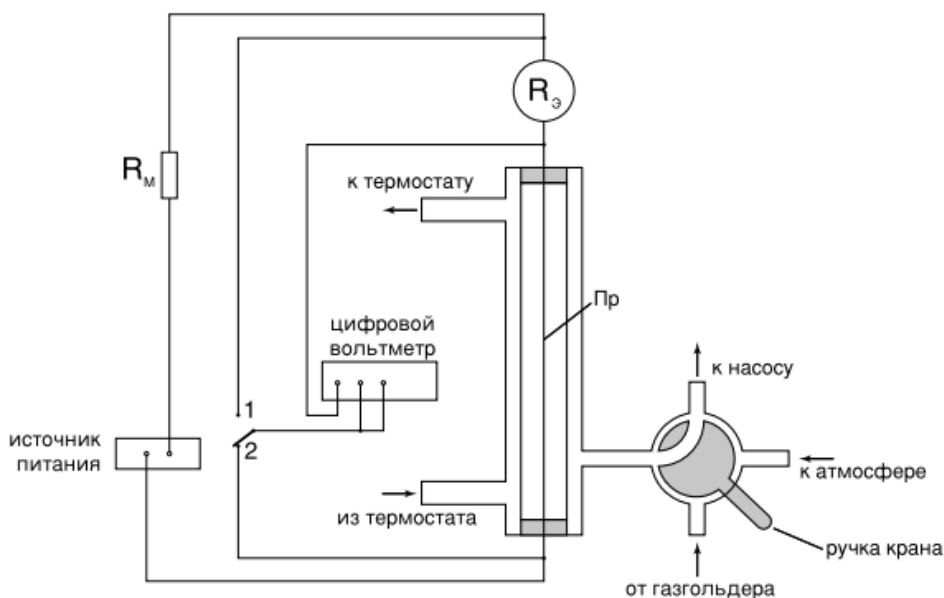


Рис. 1: Схема установки для определения теплопроводности газов

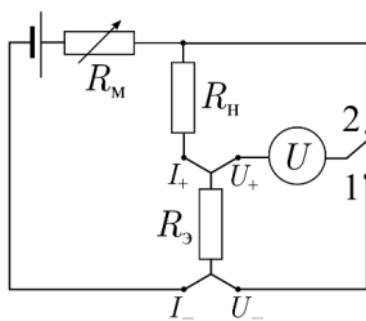


Рис. 2: Электрическая схема установки.

Н — нить

Э — эталон

3 Обработка результатов измерений:

L , мм	$2r_1$, мм	$2r_2$, мм	$R_{\text{э}}$, Ом
367	0.05	10	10

Таблица 1: Параметры установки.

Для каждого измерения найдем ток, мощность, выделяемую в нити и сопротивление нити по формулам:

Закон Ома:

$$I = \frac{U_{\text{э}}}{R_{\text{э}}} \quad (3.1)$$

$$Q = IU_{\text{н}} = U_{\text{н}} \frac{U_{\text{э}}}{R_{\text{э}}} \quad (3.2)$$

$$R_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}}}{I} = R_{\text{э}} \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{э}}} \quad (3.3)$$

T, K	$U_3, \text{мВ}$	$U_H, \text{мВ}$	$I, \text{мА}$	$Q, \text{мВТ}$	$R_H, \text{Ом}$
297.5		1803.3	11.95	12.96	150.9
	129.1	1949.7	12.91	25.17	151.0
	170.1	2571.3	17.01	43.72	151.2
	200.0	3028.2	20.00	60.56	151.4
	224.5	3403.4	22.45	76.41	151.6
	246.4	3740.3	24.64	92.16	151.8
	264.9	4025.9	26.49	106.67	151.9
	283.5	4312.3	28.35	122.25	152.1
308	100.1	1525.4	10.01	15.27	152.3
	139.1	2121.4	13.91	29.51	152.4
	170.8	2608.3	17.08	44.56	152.6
	204.3	3095.7	20.43	64.31	152.8
	221.3	3385.8	22.13	74.92	152.9
	241.1	3692.7	24.11	89.04	153.1
	260.5	3994.1	26.05	104.04	153.3
	275.7	4230.3	27.57	116.62	153.4
318	98.0	1506.5	9.80	14.77	153.7
	140.9	2169.2	14.9	30.58	153.9
	170.9	2632.4	17.09	44.98	154.0
	190.7	2940.0	19.07	56.07	154.1
	220.5	3403.0	22.05	75.01	154.3
	240.1	3710.1	24.01	89.09	154.5
	260.2	4024.6	26.02	104.72	154.7
	275.2	4260.8	27.52	117.28	154.8
328	98.1	1521.1	9.81	14.92	155.1
	139.2	2160.4	13.92	30.07	155.2
	170.0	2642.4	17.00	44.93	155.4
	196.1	3050.6	19.61	59.83	155.5
	219.0	3410.6	21.90	74.69	155.7
	240.6	3749.9	24.06	90.22	155.8
	259.1	4042.0	25.91	104.72	156.0
	274.9	4292.7	27.49	118.01	156.1
338	98.0	1533.9	9.80	15.04	156.4
	139.2	2160.4	13.92	30.07	156.5
	169.2	2652.3	16.92	44.87	156.7
	195.0	3059.6	19.50	59.66	156.9
	218.2	3427.1	21.82	74.78	157.0
	239.6	3767.1	23.96	90.27	157.2
	258.8	4073.4	25.88	105.39	157.3
	278.7	4309.7	27.87	117.94	157.5

Построим график зависимости сопротивления нити от температуры и из наклона графика найдём dR/dT :

Как видно, точки хорошо ложатся на прямую.

$$\frac{dR}{dT} = 0.13468$$

Посчитаем температурный коэффициент сопротивления материала нити:

$$\alpha = \frac{1}{R_{273}} \frac{dR}{dT} = 0.9 \cdot 10^{-3} K^{-1}$$

Построим для каждого T графики зависимости Q от R и из наклонов графиков найдём dQ/dT :

T, K	297.5	308	318	328	338
$\frac{dQ_1}{dT}, \frac{Дж}{K}$	0.0120	0.0125	0.0129	0.0134	0.0140
$\varkappa, \frac{Вт}{м}$	25.98 ± 0.9	26.62 ± 1.0	27.74 ± 1.1	28.55 ± 1.1	29.84 ± 1.2

Построим график $\ln \varkappa$

от $\ln T$:

$$\frac{d(\ln \varkappa)}{d(\ln T)} = 1.08$$

4 Вывод:

Я исследовал зависимость коэффициента теплопроводности от температуры, зависимость экспоненциальная, т.е. $\ln \varkappa$ от $\ln T$ зависит линейно, с коэффициентом наклона 1.08