

Определение теплопроводности газов при атмосферном давлении

18 мая 2024 г.

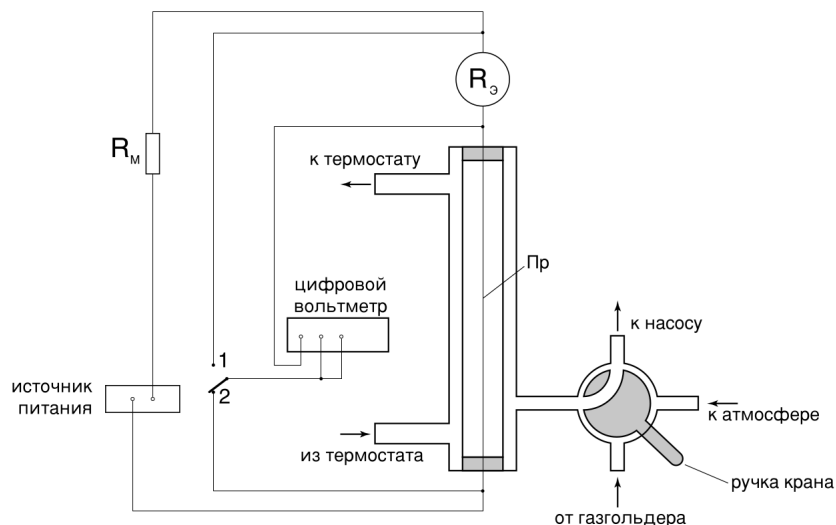
1 Цель работы:

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

2 В работе используются:

прибор для определения теплопроводности газов; форвакуумный насос; газгольдер с углекислым газом; манометр; магазин сопротивлений; эталонное сопротивление 10 Ом; цифровой вольтметр В7-38; источник питания.

3 Экспериментальная установка:



4 Теоретическая часть:

Если температура заключенного в сосуд газа зависит от координат, в газе возникают процессы, приводящие к выравниванию температуры. В обычных условиях среди этих процессов наибольшую роль играет конвекция. Конвекция появляется из-за того, что легкий теплый газ поднимается вверх, а на его место опускаются более холодные массы газа. Конвекция не возникает, если температура газа повышается с высотой, если объем газа невелик или если он разбит на небольшие каналы или ячейки. В последних двух случаях возникновению конвекционных потоков мешает вязкость.

При отсутствии конвекции процесс переноса тепла замедляется, но не прекращается. Он происходит благодаря теплопроводности газа, связанной с тепловым движением молекул. Выравнивание температуры получается при этом из-за непрерывного перемешивания «горячих» и «холодных» молекул, происходящего в процессе их теплового движения и не сопровождающегося макроскопическими перемещениями газа. Нас будет интересовать именно этот случай.

Для цилиндрически симметричной установки, в которой

поток тепла направлен к стенкам цилиндра от нити, расположенной по его оси, справедлива формула:

$$\kappa = \frac{Q}{T_1 - T_2} \frac{1}{2\pi L} = \frac{dQ}{dR} \frac{dR}{dT} \frac{1}{2\pi L},$$

где κ — коэффициент теплопроводности, Q — выделяемая мощность, r_1 и r_2 — радиусы нити и внешнего цилиндра соответственно, L — длина нити.

5 Обработка результатов измерений:

L , мм	$2r_1$, мм	$2r_2$, мм	R_\circ , Ом
367	0.05	10	10

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

$$I = \frac{U_\circ}{R_0}$$

$$Q = IU_\text{н} = U_\text{н} \frac{U_\circ}{R_\circ}$$

$$R_\text{н} = \frac{U_\text{н}}{I} = \frac{U_\circ}{U_\circ}$$

T , К	U_\circ , мВ	$U_\text{н}$, мВ	I , мА	Q , мВт	$R_\text{н}$, Ом
297.5	119.5	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

T, K	$U_{\text{э}}, \text{мВ}$	$U_{\text{н}}, \text{мВ}$	$I, \text{мА}$	$Q, \text{мВт}$	$R_{\text{н}}, \text{Ом}$
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

T, K	$U_{\text{э}}, \text{мВ}$	$U_{\text{н}}, \text{мВ}$	$I, \text{мА}$	$Q, \text{мВт}$	$R_{\text{н}}, \text{Ом}$
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

T, K	$U_{\text{э}}, \text{мВ}$	$U_{\text{н}}, \text{мВ}$	$I, \text{мА}$	$Q, \text{мВт}$	$R_{\text{н}}, \text{Ом}$
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

T, K	$U_{\text{э}}, \text{мВ}$	$U_{\text{н}}, \text{мВ}$	$I, \text{мА}$	$Q, \text{мВт}$	$R_{\text{н}}, \text{Ом}$
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 найдѡм dR/dT :

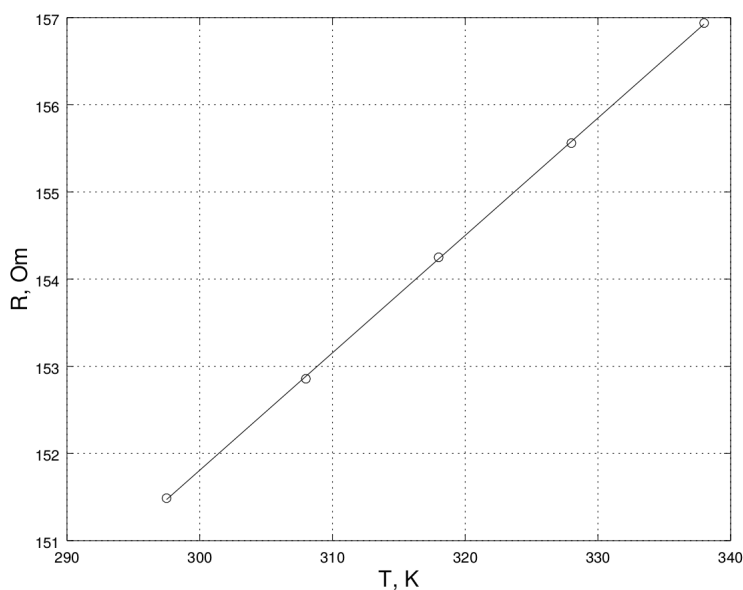


Рис. 1: Зависимость сопротивления нити от температуры

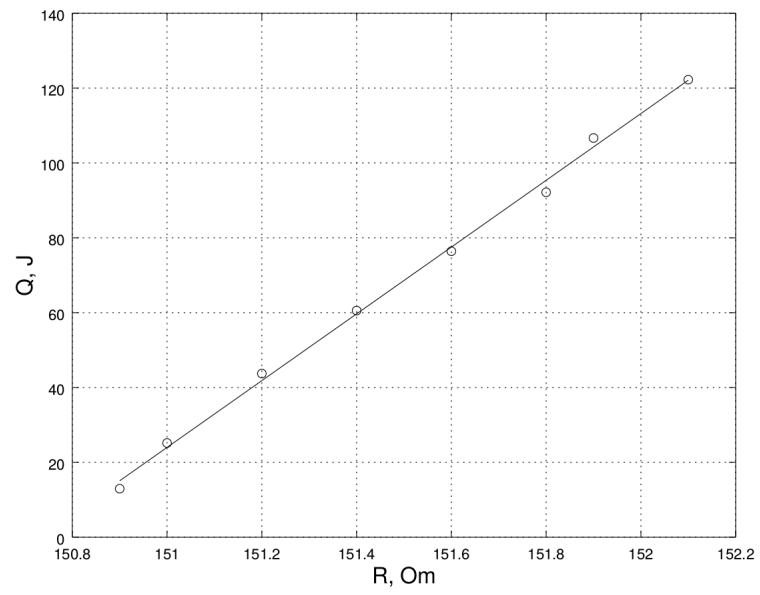
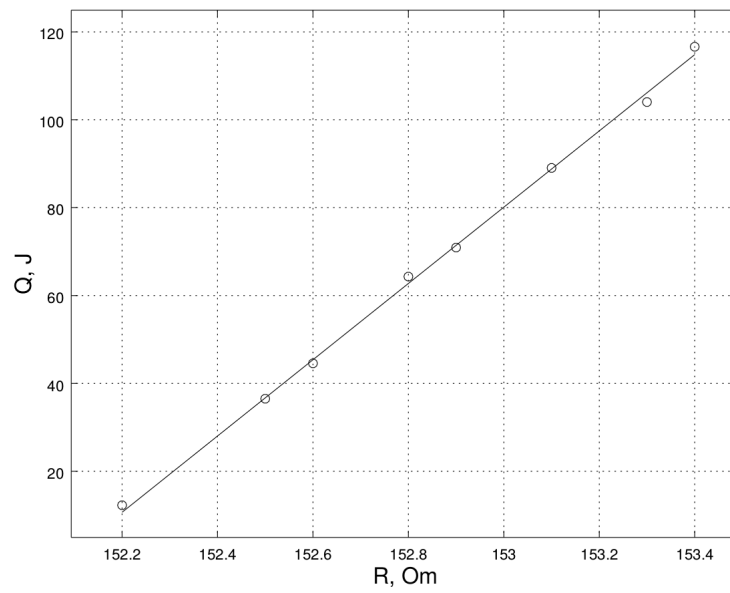
Как видно, точки хорошо ложатся на прямую.

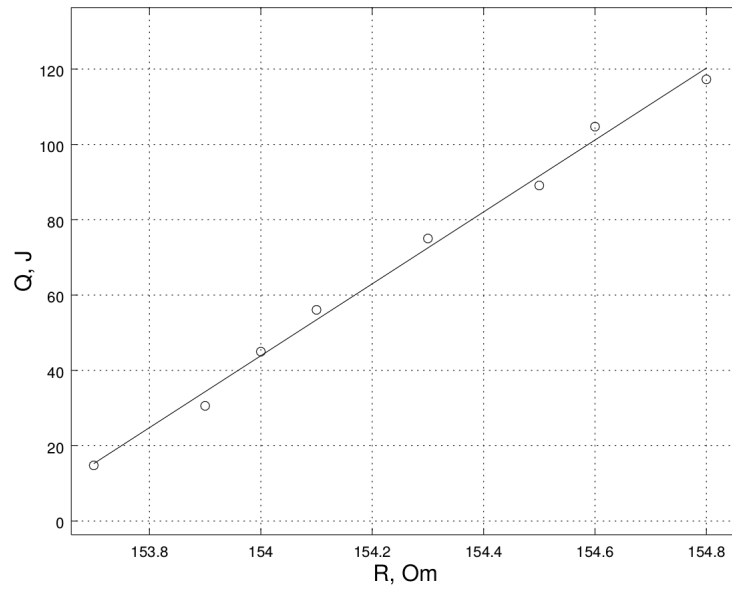
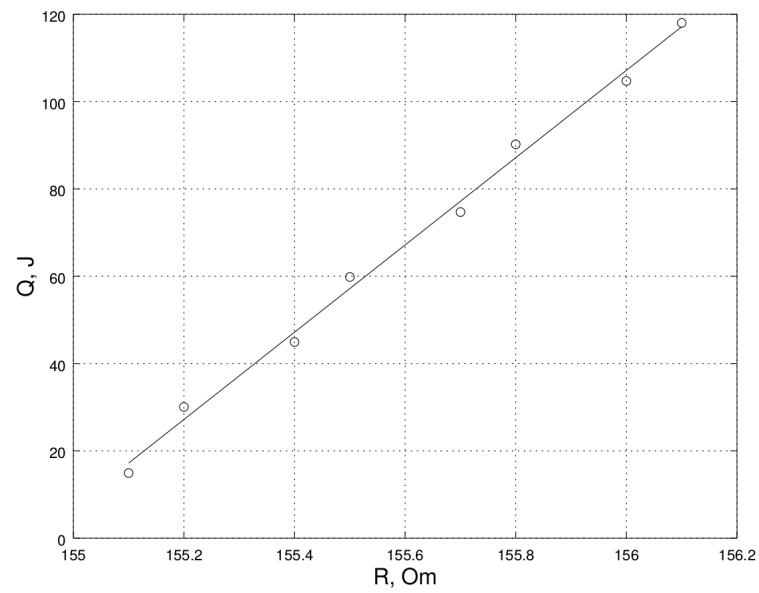
$$\frac{dR}{dT} = 0.13468$$

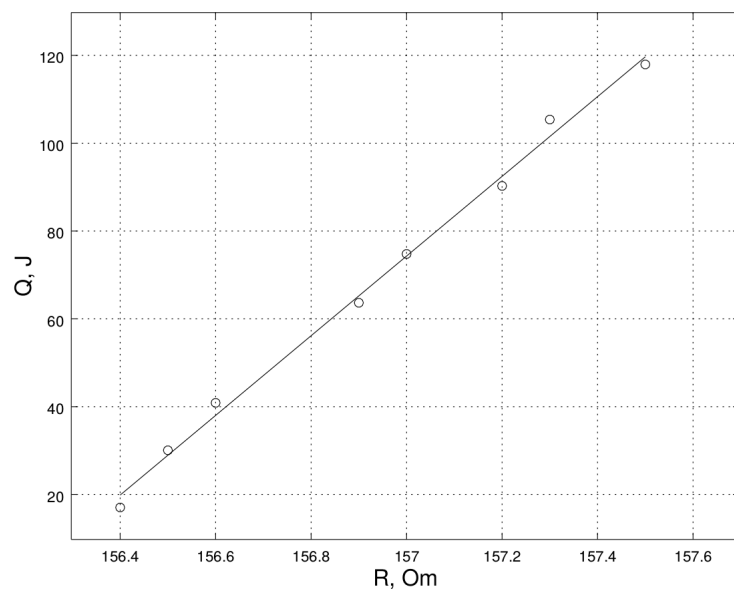
Посчитаем температурный коэффициент сопротивления материала нити:

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

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

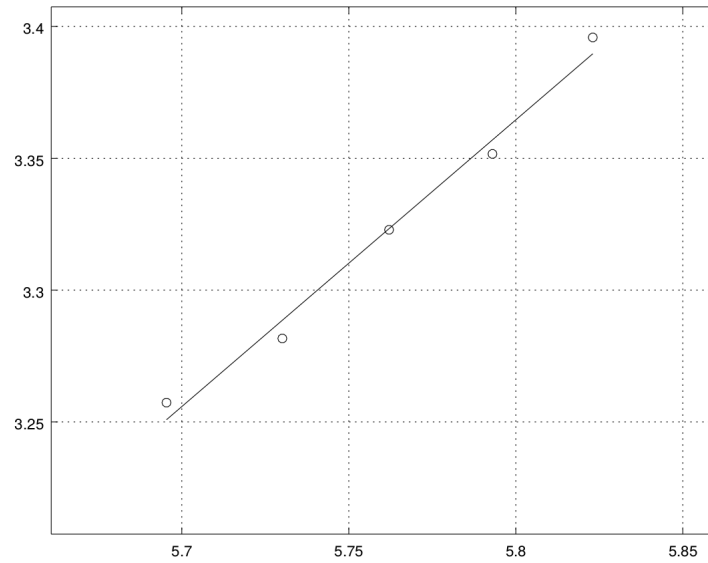
Рис. 2: Зависимость Q от R при T_1 Рис. 3: Зависимость Q от R при T_2

Рис. 4: Зависимость Q от R при T_3 Рис. 5: Зависимость Q от R при T_4

Рис. 6: Зависимость Q от R при T_5

T, K	297.5	308	318	328	338
$\frac{dQ_1}{dT}, \frac{\text{Дж}}{K}$	0.0120	0.0125	0.0129	0.0134	0.0140
$\varkappa, \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$	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 $\ln T$:

Рис. 7: Зависимость $\ln \kappa$ от $\ln T$

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

6 Вывод:

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