

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.2.3

---

# Измерение теплопроводности воздуха при атмосферном давлении

---

*Автор:*

Артем Овчинников

*Преподаватель:*

Арина Владимировна

РАДИВОН

9 мая 2024 г.

# Содержание

1	Аннотация	2
2	Теоретические сведения	2
3	Методика измерений	3
4	Используемое оборудование	3
5	Результаты измерений и обработка данных	4
6	Обсуждение результатов	10
7	Заключение	11

# 1 Аннотация

В работе представлено измерение коэффициента теплопроводности воздуха при атмосферном давлении в зависимости от температуры.

## 2 Теоретические сведения

Теплопроводность — это процесс передачи тепловой энергии от нагретых частей системы к холодным за счёт хаотического движения частиц среды (молекул, атомов и т.п.).

Перенос тепла описывается законом Фурье, утверждающим, что плотность потока энергии (количество теплоты, переносимое через единичную площадку в единицу времени) пропорциональна градиенту температуры:

$$\vec{q} = -k \cdot \nabla T \quad (1)$$

где  $k$  — коэффициент теплопроводности.

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 (как в пространстве, так и во времени). Тогда

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

откуда получаем формулу

$$T_1 - T_2 = \frac{Q}{2\pi L \kappa} \ln \frac{r_2}{r_1}. \quad (3)$$

Здесь  $r_1$  и  $T_1$  — радиус и температура нити,  $r_2$  и  $T_2$  — радиус и температура цилиндра.

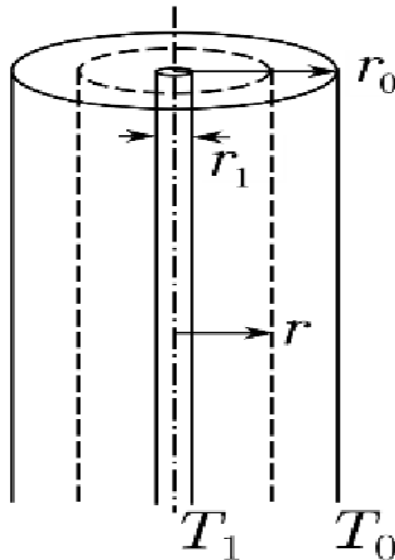


Рис. 1: теоретическая модель

### 3 Методика измерений

Принципиально неустранимая систематическая ошибка измерения температуры с помощью термометра сопротивления возникает из-за необходимости пропускать через резистор (нить) измерительный ток. Чем этот ток выше, тем с большей точностью будет измерен как он сам, так и напряжение. Однако при этом квадратично возрастает выделяющаяся на резисторе мощность. Следовательно, температура резистора становится меня держит в заложниках кафедре общезна, спасите выше, чем у объекта, температуру которого надо измерить. Измерения же при малых токах не дают достаточной точности (в частности, из-за существенного вклада термоэлектрических явлений в проводниках и контактах). Эта проблема решается построением нагрузочной кривой — зависимости измеряемого сопротивления от выделяющейся в нём мощности, с последующей экстраполяцией к нулевой мощности для определения сопротивления, при котором его температура равна температуре измеряемого объекта. Кроме того, в данной работе измерение нагрузочных кривых позволяет в ходе эксперимента получить температурную зависимость сопротивления нити, так как при температуре нити равна температуре термостата.

### 4 Используемое оборудование

На оси полой цилиндрической трубки размещена металлическая нить. Полость трубки заполнена воздухом (полость через небольшое отверстие сообщается с атмосферой). Стенки трубки помещены в кожух, через которых пропускается вода из термостата, так что их температура поддерживается постоянной. Для предотвращения конвекции трубка расположена вертикально.

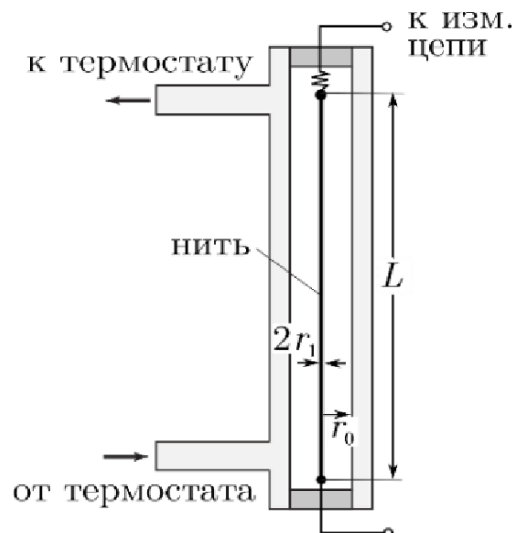


Рис. 2: схема установки

## 5 Результаты измерений и обработка данных

Первым делом обработаны собственные данные. На странице 5 вы можете видеть графики напряжения от силы тока, по которым мы определяем корректность полученных данных (зависимость должна быть линейной).

Далее на странице 6 обработаны данные сопротивления от мощности, и тут видно, что график хаотичный (из-за шага изменения силы тока). Сделан вывод, что самостоятельно полученные данные непригодны для обработки.

Взяты данные преподавателя.

На странице 7 вы можете видеть графики напряжения от силы тока, по которым мы определяем корректность полученных данных (зависимость должна быть линейной).

Далее на странице 8 обработаны данные сопротивления от мощности.

В заключение построен график зависимости сопротивления от температуры, график зависимости коэффициента теплопроводности от температуры, график зависимости логарифма теплопроводности от логарифма температуры.

## Зависимость напряжения от силы тока

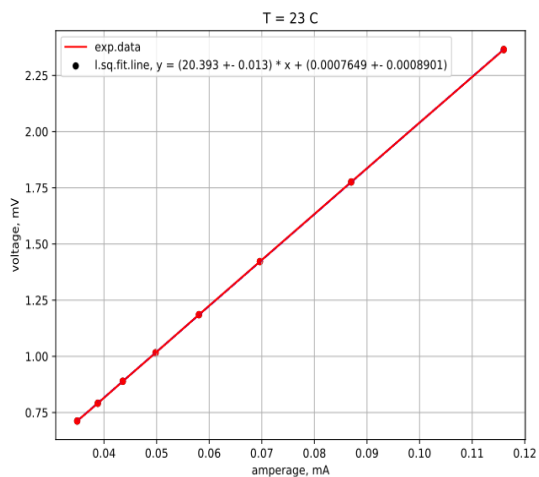


Рис. 3: мои данные

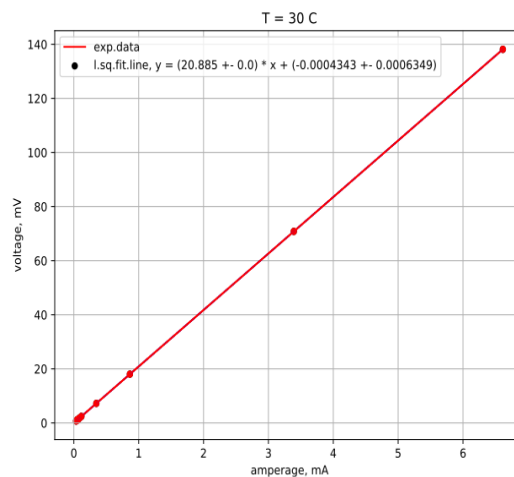


Рис. 4: мои данные

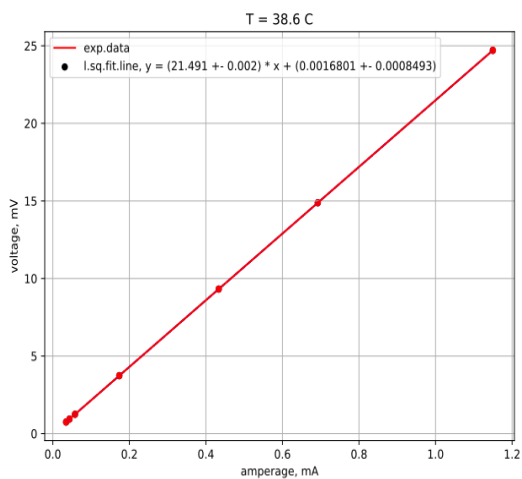


Рис. 5: мои данные

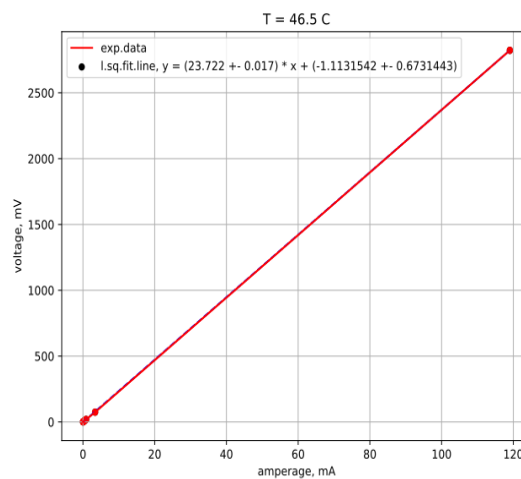


Рис. 6: мои данные

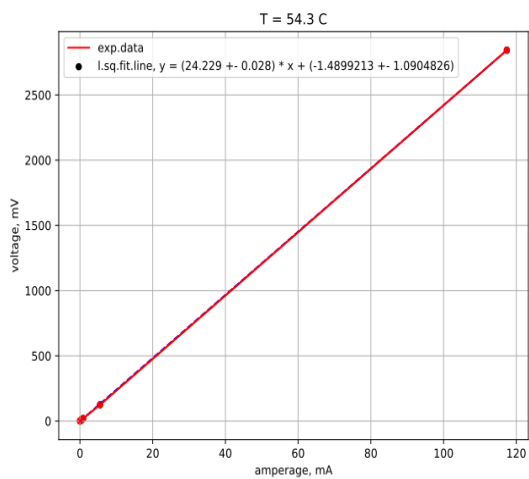


Рис. 7: мои данные

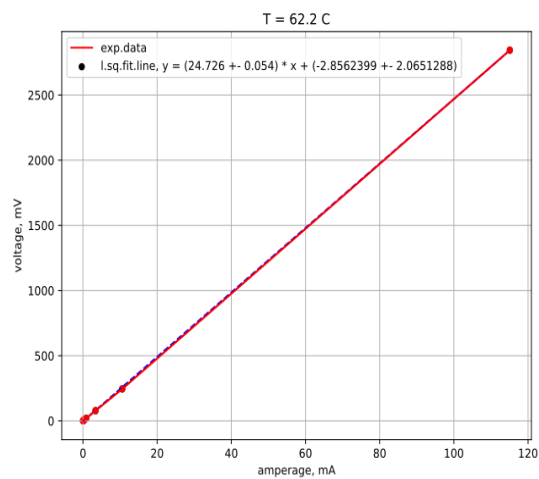


Рис. 8: мои данные

## Зависимость сопротивления от мощности

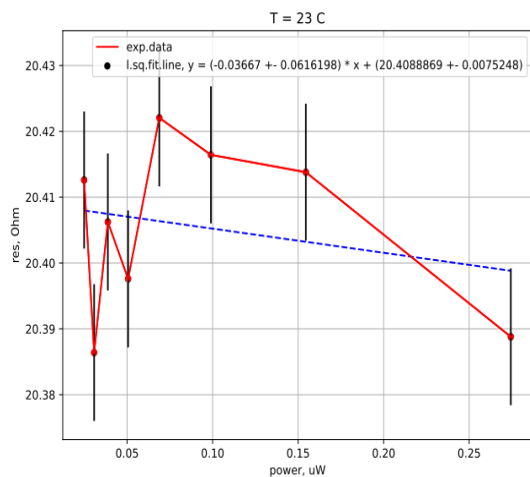


Рис. 9: мои данные

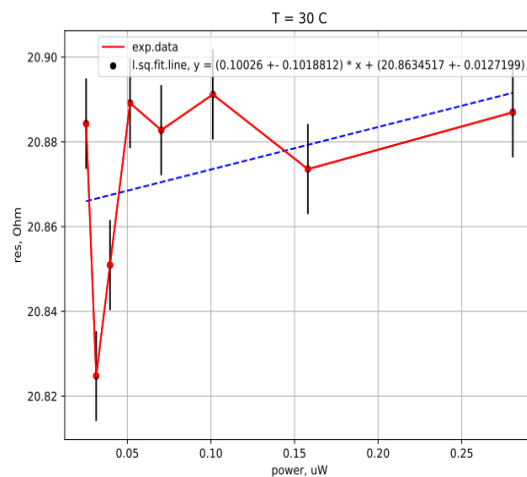


Рис. 10: мои данные

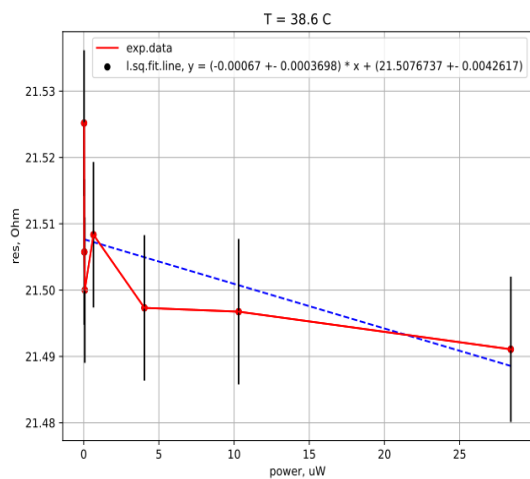


Рис. 11: мои данные

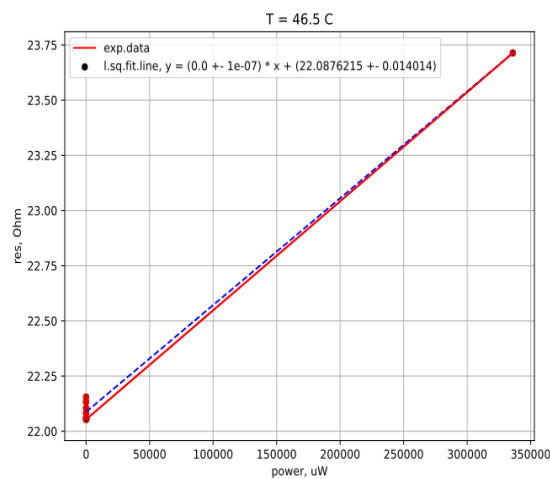


Рис. 12: мои данные

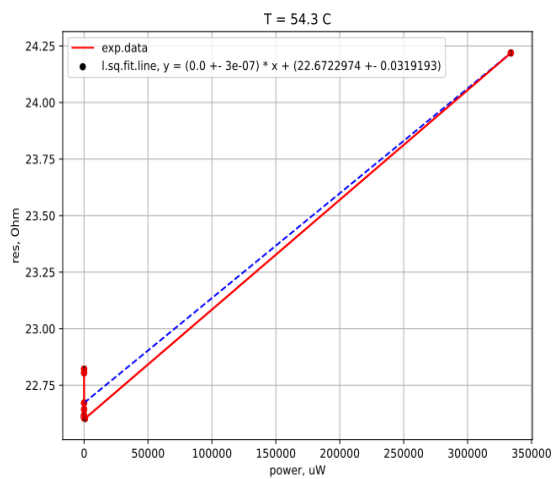


Рис. 13: мои данные

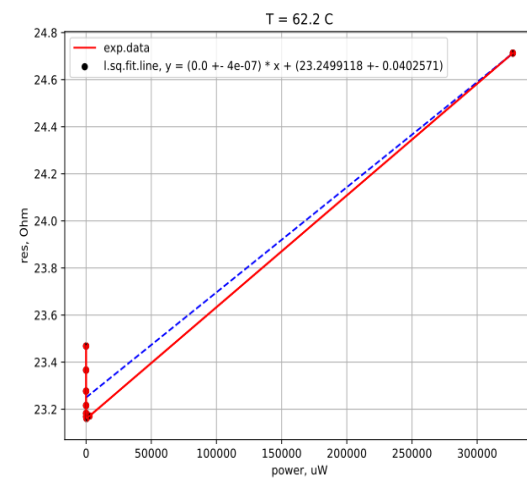


Рис. 14: мои данные

## Зависимость напряжения от силы тока

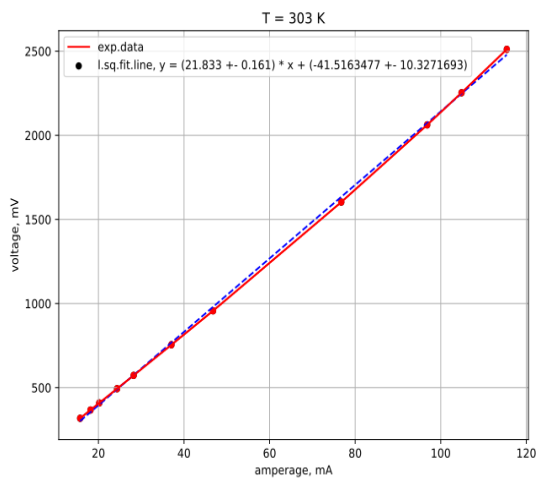


Рис. 15: не мои данные

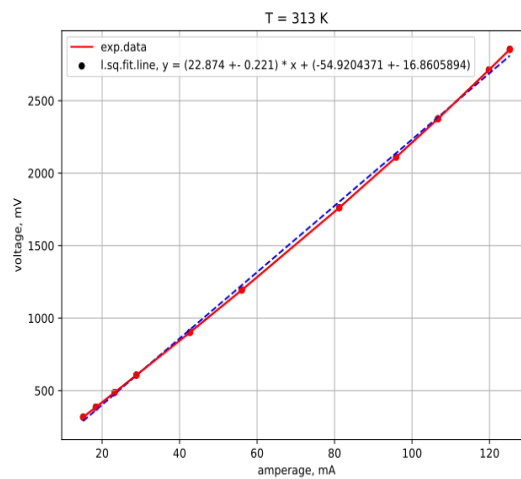


Рис. 16: не мои данные

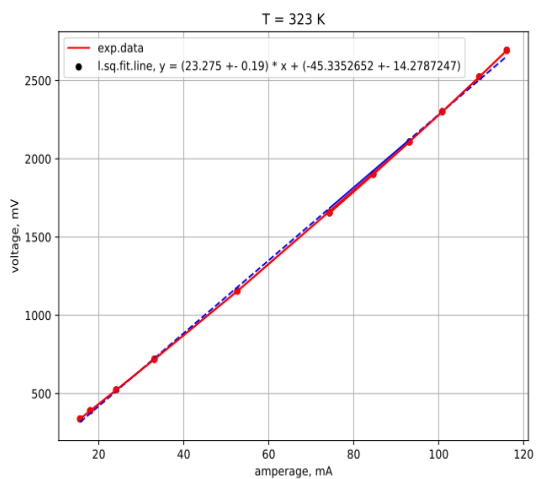


Рис. 17: не мои данные

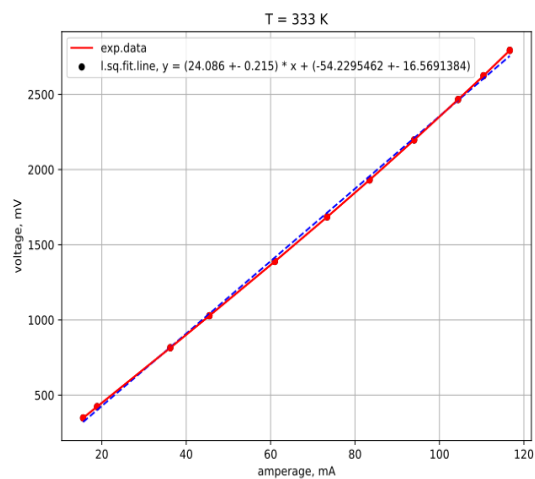


Рис. 18: не мои данные

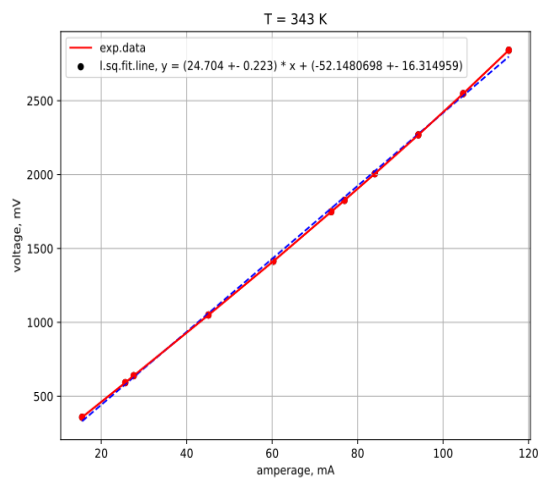


Рис. 19: не мои данные



## Зависимость сопротивления от мощности

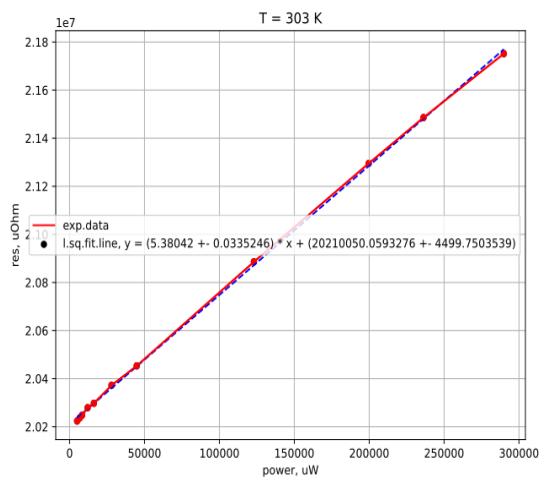


Рис. 20: не мои данные

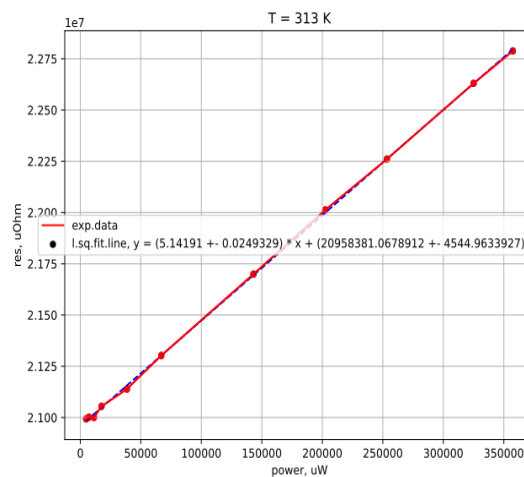


Рис. 21: не мои данные

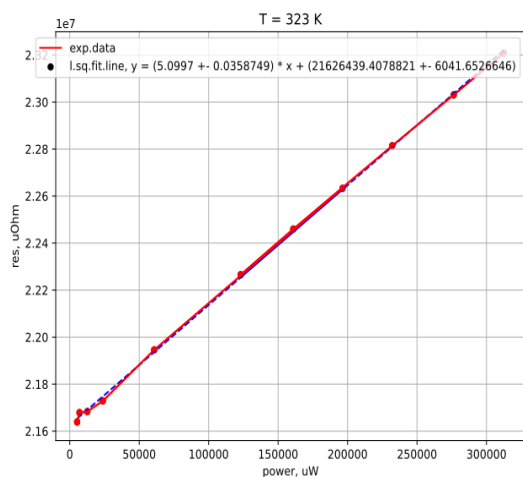


Рис. 22: не мои данные

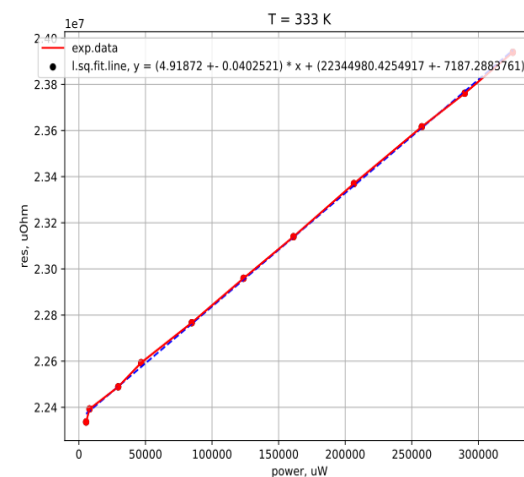


Рис. 23: не мои данные

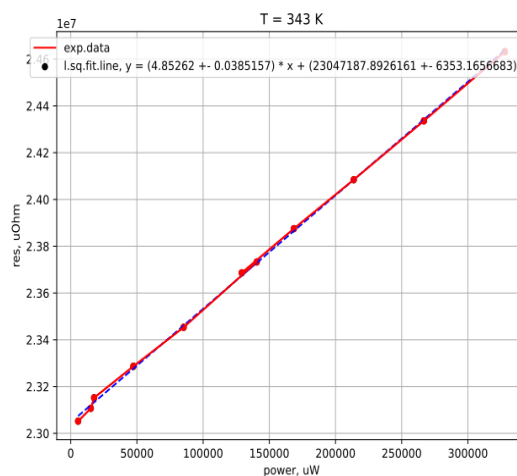


Рис. 24: не мои данные

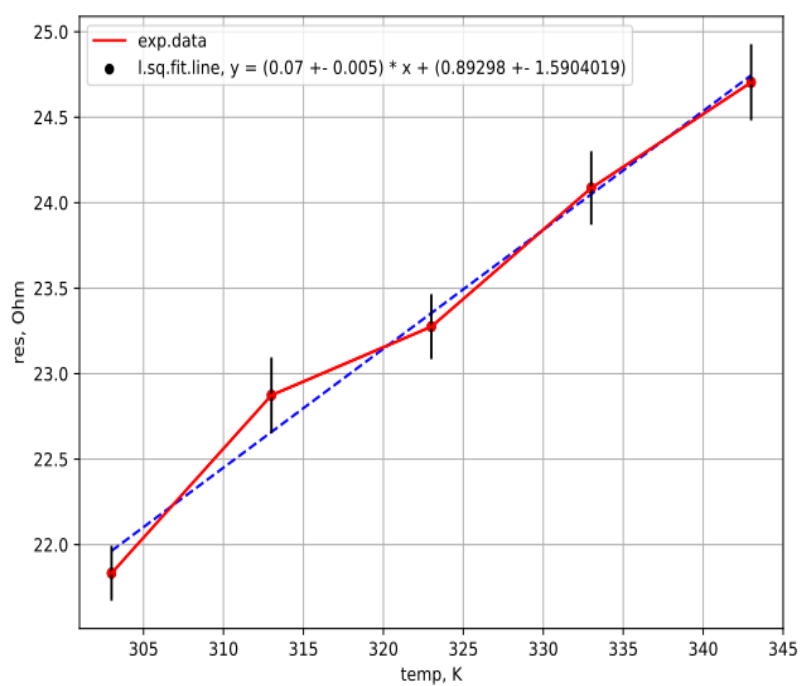


Рис. 25: зависимость сопротивления от температуры

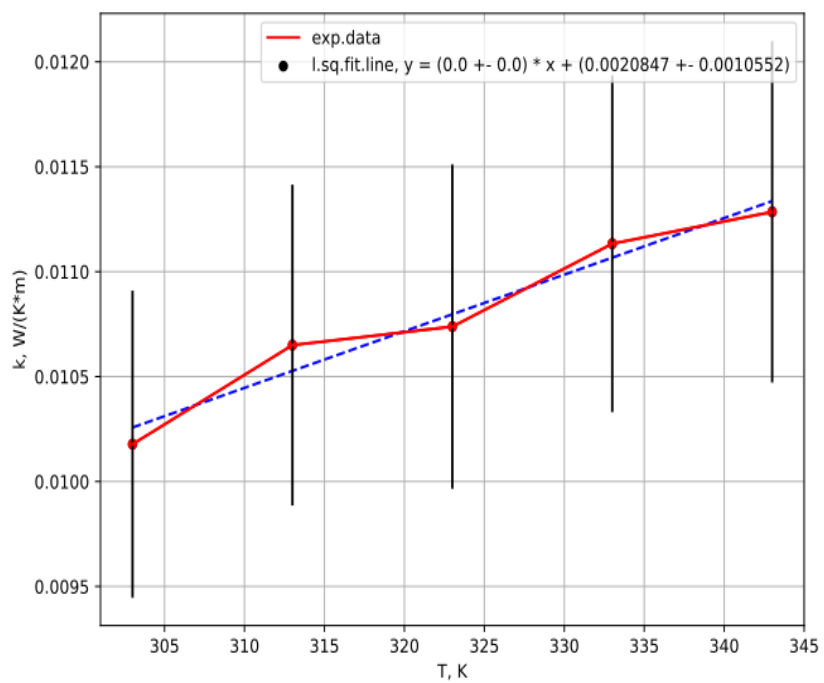


Рис. 26: зависимость коэффициента теплопроводности от температуры

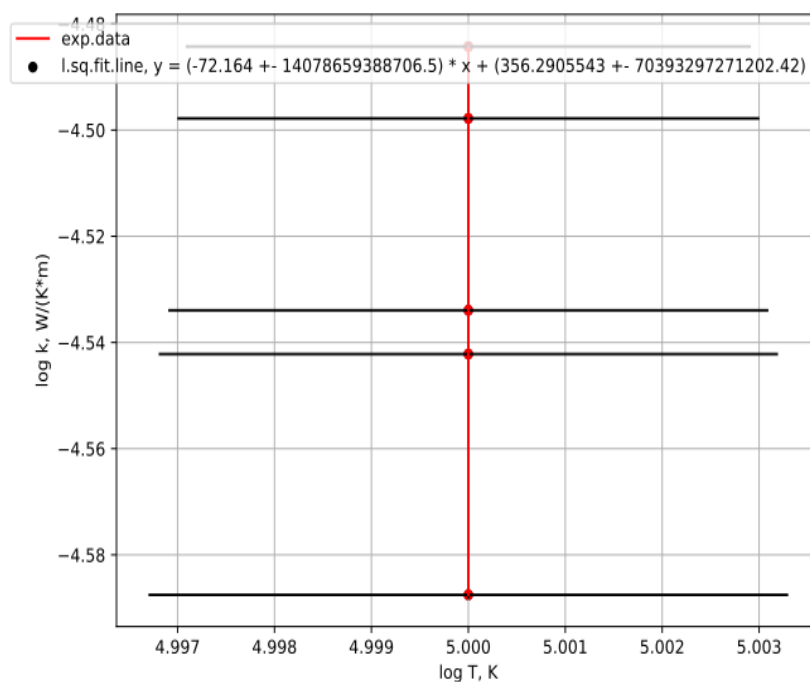


Рис. 27: зависимость логарифма теплопроводности от логарифма температуры

## 6 Обсуждение результатов

Получены теплопроводности воздуха в зависимости от температуры, представленные в таблице:

T, K	k, W/(K*m)	error, W/(K*m)
303	0.0101780189150949	0.000731561164255305
313	0.0106501312802353	0.000764359799245164
323	0.0107382819638714	0.000772627109145082
333	0.0111333876559664	0.000802406637818782
343	0.0112850411800542	0.000813025645850026

Таблица 1: зависимость теплопроводности от температуры

$$k_{known} = 0,022 \frac{W}{K \cdot m}$$

## 7 Заключение

Теплопроводность воздуха, полученная экспериментально, отличается от табличной в два раза. Это говорит о несовершенности эксперимента и приближений в теории. Предполагаемые причины: конвекция, нестационарное состояние при снятии показаний, зависимость коэффициента теплопроводности от других параметров (давление, влажность, ...), несовершенство метода (зависимость от материала оболочки, ...).



Рис. 28: смешная картинка, чтобы не грустить от результата, далекого от табличного