МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   
**«Национальный исследовательский   
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**(ННГУ)**

Высшая школа общей и прикладной физики

**Отчет по лабораторной работе № 134**

**«Измерение коэффициента теплопроводности воздуха»**

**Выполнил:**

студент 1 курса ВШ ОПФ

Тарханов Андрей Алексеевич

Рецензент:

Нижний Новгород  
2023

Цель работы: изучение теплопроводности воздуха как одного из явлений переноса в газах.

**Теоретическая часть**

Теплопередача в газах осуществляется тремя способами: тепловым излучением (перенос энергии электромагнитными волнами), конвекцией (перенос энергии за счёт перемещения слоёв газа в пространстве из областей с более высокой температурой в области с низкой температурой) и теплопроводностью.

При теплопроводности осуществляется непосредственная передача энергии от молекул с большей энергией к молекулам с меньшей энергией. Для стационарного процесса, при котором разность температур в слое газа не изменяется со временем, количество теплоты dQ, которое переносится за время dt через площадку S, перпендикулярно к направлению r переноса энергии определяется по закону Фурье:

, (1)

где k – коэффициент теплопроводности; – градиент температуры. Для идеального газа

(2)

где - плотность газа; 𝜆 – средняя длина свободного пробега; - средняя скорость теплового движения молекул, равная , - удельная теплоёмкость газа при постоянном объёме.

Рассмотрим два коаксиальных цилиндра, пространство между которыми заполнено газом. Если внутренний цилиндр нагревать, а температуру наружного цилиндра поддерживать постоянной (ниже температуры нагревателя), то в кольцевом слое газа возникает радиальный тепловой поток, направленный от внутреннего цилиндра к наружному. При этом температура слоёв газа, прилегающих к стенкам цилиндров, равна температуре стенок. Выделим в газе кольцевой слой радиусом r, толщиной dr и длиной L. По закону Фурье (1) мощность тепловых потерь , то есть количество теплоты, которое проходит через этот слой за одну секунду, можно записать в виде

. (3)

Разделяя переменные, получим

.

Считая, что диаметр и температура внутреннего цилиндра равны соответственно d и , а внешнего D и , проинтегрируем дифференциальное уравнение:

то есть

. (4)

Из уравнения (4) получим формулу для определения коэффициента теплопроводности газа

(5)

Формула (5) получена в предположении, что теплота переносится от внутреннего цилиндра к наружному только благодаря теплопроводности. Это предположение достаточно обосновано, поскольку поток лучистой энергии при невысоких температурах и малом диаметре нагревателя минимален.

Внутренним цилиндром в работе служит проволока, которая нагревается электрическим током. Тогда после установления стационарного режима мощность тепловых потерь можно принять равной тепловой мощности, выделяющейся при протекании по проволоке электрического тока

,

где – ток через проволоку, - падение напряжения на проволоке.

Если последовательно с проволокой включить эталонный резистор , то ,

и тогда , (6)

где - падение напряжения на эталонном резисторе. Используя равенство (6) в формуле (5), получим

. (7)

Здесь D и d – диаметры наружного цилиндра и проволоки; – разность температур проволоки и наружного цилиндра (трубки). Температуру трубки можно принять равной температуре окружающего воздуха.

Для вычисления разности температур в слое газа напишем формулы, по которым определяют сопротивление проволоки при температуре окружающего воздуха и в нагретом состоянии:

где α – температурный коэффициент сопротивления материала проволоки, а – сопротивление проволоки при . Исключив из этих равенств , найдём

Учитывая, что получаем

Здесь , - падение напряжения на проволоке соответственно в нагретом состоянии и при температуре окружающего воздуха; - падение напряжения на эталонном резисторе соответственно при нагретой проволоке и при температуре окружающего воздуха .

**Экспериментальная часть:**

Включив установку тумблером «Сеть», и включив тумблер «Нагрев», начнём увеличивать напряжение на проволоке. Нажав кнопку «» (режим измерения падения напряжения на эталонном резисторе) и с помощью регулятора «Нагрев» установим падение напряжения на эталонном резисторе не более 1В. При этом температура проволоки остаётся практически неизменной («ненагревающий» ток). Затем при том же положении регулятора «Нагрев» нажмём кнопку «» (режим измерения падения напряжения на проволоке) и зарегистрируем значение напряжения . Опыт проведём пять раз для близких значений к и . Результаты занесём в таблицу.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  | ()ср. |  |
| 1 | 0,71 | 0,18 | 0,25 | 0,25 | 23 |
| 2 | 0,79 | 0,2 | 0,25 |
| 3 | 0,91 | 0,23 | 0,25 |
| 4 | 0,94 | 0,24 | 0,26 |
| 5 | 1 | 0,26 | 0,26 |

Нажмём кнопку «» и с помощью регулятора нагрев установим падение напряжения на эталонном резисторе в диапазоне 5-8В. Затем нажмём кнопку «». Для стабилизации теплового режима необходимо подождать две минуты, после чего определить падение напряжения на проволоке Опыт был повторён четыре раза для четырёх различных значений .

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 7 | 1,9 | 0,27 | 13,3 | 17,85 | 0,042 | 0,046 |
| 2 | 7,5 | 2,05 | 0,27 | 15,4 | 18,90 | 0,046 |
| 3 | 7,9 | 2,16 | 0,27 | 17,1 | 18,90 | 0,051 |

Погрешности:

Тогда относительные погрешности равны:

dT1=0,87; Δk1=0,88

dT2=0,95; Δk2=0,96

dT3=0,96; Δk3=0,96

Вывод: в результате проделанной работы мы вычислили коэффициент теплопроводности воздуха. По нашим подсчётам он получился равным 0,046±0,044 Вт/мК.