

2 ГЛАВА

§1. Теоретические основы эксперимента.

Для измерения теплопроводности использовался так называемый метод цилиндрического слоя, состоящий из измерения теплового потока, проходящего между двумя цилиндрами.

Теория говорит о том, что температура внутреннего цилиндра будет зависеть от мощности потока теплоты, поданного ему, и от теплопроводности вещества, в которое он погружён. Чем больше коэффициент теплопроводности, тем больше будут тепловые потери источника тепла, и, следовательно, тем меньше будет температура цилиндра.

Если зафиксировать температуры цилиндров на определённом значении, то можно говорить о том, что процесс переноса тепла от более нагретого цилиндра к менее нагретому является стационарным и выполняется закон Фурье. Для цилиндрического слоя закон теплопроводности Фурье принимает следующую форму:

$$q_l = (T_1 - T_2) \frac{2\pi k}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (5)$$

где q_l - плотность теплового потока в расчёте на единицу длины; T_1 - температура внутреннего (нагреваемого) цилиндра; T_2 - температура внешнего (холодного) цилиндра; d_2 - диаметр внешнего цилиндра; d_1 - диаметр внутреннего цилиндра; k - коэффициент теплопроводности.

Отсюда коэффициент теплопроводности воздуха k будет вычисляться по формуле¹

$$k = \left(\frac{\ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi} \right) \frac{q_l}{T_1 - T_2} \quad (6)$$

Выше приведённое выражение (6) является основной расчётной формулой в данной задаче. Стоит отметить, что величина в скобках является константой прибора. Для упрощения задачи мы обеспечиваем постоянство значения температуры внешнего цилиндра T_2 . Таким образом, для

¹ Киров С.А., Салецкий А.М., Харабадзе Д.Э. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра общей физики, лабораторный практикум по молекулярной физике: Изучение явлений переноса в воздухе. С. 4-6. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://genphys.phys.msu.ru/rus/lab/mol/Lab219_2013.pdf, свободный. - Ссылка действительна на 26.05.2015.

установления зависимости коэффициента теплопроводности от температуры следует измерить несколько значений температуры внутреннего цилиндра и соответствующих значений потока теплоты.

§2. Экспериментальная установка.



Экспериментальная установка (рис. 3) состоит из прозрачной пластиковой трубки, наполненной воздухом и служащей в эксперименте внешним цилиндром. По её центру помещена алюминиевая трубка меньшего диаметра, являющаяся внутренним цилиндром. Для нагревания внутреннего цилиндра в него помещена тонкая нихромовая нить, подключённая к источнику тока. Пространство между стенками цилиндра и нитью заполнено машинным маслом. Внешний цилиндр помещён в пластиковую бутылку, наполненную водой.

Таким образом обеспечивается постоянство температуры внешнего цилиндра T_2 . Температура внутреннего цилиндра определяется датчиком температуры (T); сила тока в цепи измеряется амперметром (A), подключённым последовательно; падение напряжения на нити регистрирует вольтметр (V).²

Суть эксперимента заключается в том, что, увеличивая силу тока I с помощью увеличения напряжения цепи U , мы сможем увеличивать температуру внутреннего цилиндра T_1 . Напряжение цепи изменяется путём изменения количества источников тока, подключённых последовательно.

Измеряя силу тока I и напряжение U , мы сможем найти поток теплоты q , выделяемый нитью за единицу времени.

$$q = IU$$

Плотность теплового потока в расчёте на единицу длины q_l найдём по формуле

$$q_l = \frac{q}{L} = \frac{IU}{L}$$

где L - длина алюминиевой трубки.

² Там же. С. 10-11.

§3. Результаты эксперимента.

Неизменные данные прибора, такие как диаметр внешнего цилиндра d_2 , диаметр внутреннего цилиндра d_1 и длина внутреннего цилиндра L , а также температура внешнего цилиндра T_2 , измеренная в ходе проведения эксперимента, представлены в *таблице 1*.

$d_1, (мм)$	$d_2, (мм)$	$L, (м)$	$T_2, (К)$
10,4	30	0,29	296

таблица 1

С помощью экспериментальной установки (*рис. 3*) был проведён эксперимент, в ходе которого были получены данные, необходимые для вычисления коэффициента теплопроводности воздуха. В ходе исследования было зафиксировано 6 стационарных температурных режимов с соответствующими показателями силы тока I и падением напряжения на нити U .

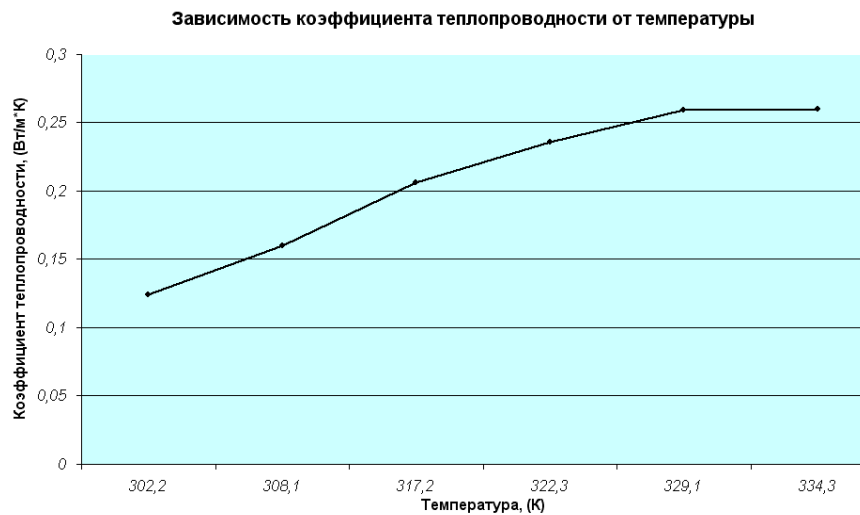
В связи с потребностью во времени для получения стационарного процесса была проведена одна серия эксперимента. Показатели амперметра и вольтметра варьировались в пределах, указанных в *таблице 2*. Термометр по достижении стационарного процесса устанавливался на постоянной величине, погрешность измерений температуры не зафиксирована.

Полученные данные представлены в *таблице 2*.

	1	2	3	4	5	6
$T_1, (К)$	302,2	308,1	317,2	322,3	329,1	334,3
$I, (А)$	0,52 ÷ 0,05	0,75 ÷ 0,05	1,49 ÷ 0,07	1,57 ÷ 0,07	1,84 ÷ 0,09	1,95 ÷ 0,1
$U, (В)$	2,55 ÷ 0,2	4,45 ÷ 0,3	5,05 ÷ 0,3	6,80 ÷ 0,3	8,00 ÷ 0,4	8,80 ÷ 0,4
$k, (Вт/м*К)$	0,124	0,160	0,206	0,236	0,259	0,260

таблица 2

На основе полученных данных можно получить зависимость коэффициента теплопроводности воздуха от температуры. Полученная зависимость представлена на ниже приведённом графике.



Из графика видно, что полученная зависимость $k(T_1)$ соответствует теоретической зависимости (4), полученной в первой главе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, поставленные задачи работы выполнены. Исследована теория теплопроводности воздуха, установлена теоретическая зависимость коэффициента теплопроводности идеального газа от давления и температуры,

создана экспериментальная установка, с помощью которой проведён эксперимент.

Цель работы также достигнута. С помощью эксперимента установлена зависимость коэффициента теплопроводности воздуха от температуры. Полученные данные соответствуют теоретической зависимости. Коэффициент теплопроводности воздуха повышается с увеличением температуры.

На этом потенциал данной темы не исчерпывается. Впоследствии открываются возможности для исследования зависимости коэффициента теплопроводности воздуха от давления в состоянии, близком к вакууму. Установление же зависимости от всех макропараметров может иметь широкое применение в строительной отрасли.