

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №89

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ СТЕПЕНИ АБСОЛЮТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
В ЗАКОНЕ СТЕФАНА – БОЛЬЦМАНА

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №89

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ СТЕПЕНИ АБСОЛЮТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
В ЗАКОНЕ СТЕФАНА – БОЛЬЦМАНА

Цель работы – изучить законы теплового излучения, определить показатель степени абсолютной температуры в законе Стефана – Больцмана.

Приборы и принадлежности: электрическая лампочка, термостолбик, амперметр, вольтметр, гальванометр, регулятор напряжения.

Общие положения

Электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возникающее за счёт его внутренней энергии, называется тепловым. Оно зависит от температуры и оптических свойств вещества.

Энергия, излучаемая телом во всем диапазоне длин волн в единицу времени, называется энергетическим потоком:

$$\Phi_{\text{э}} = \frac{W}{t}. \quad (1)$$

Энергия, излучаемая телом с единицы поверхности за единицу времени во всем диапазоне длин волн, называется излучательностью (энергетической светимостью):

$$R_{\text{э}} = \frac{W}{St} = \frac{\Phi_{\text{э}}}{S} \quad (2)$$

Тела частично поглощают падающую на них лучистую энергию. Отношение потока излучения $d\Phi_{\text{э}}$ в интервале длин волн от λ до $\lambda+d\lambda$, поглощаемого поверхностью тела, к потоку излучения $d\Phi_0$, падающего на эту поверхность в том же спектральном интервале, называется коэффициентом монохроматического поглощения или поглощательной способностью тела:

$$\alpha_{\lambda,T} = \frac{d\Phi_{\text{э}}}{d\Phi_0} \quad (3)$$

Коэффициент монохроматического поглощения $\alpha_{\lambda,T}$ зависит от температуры и длины волны, а также от природы тела. Тело, для которого коэффициент монохроматического поглощения равен единице $\alpha_{\lambda,T}=1$, называется абсолютно чёрным телом. Абсолютно чёрное тело полностью поглощает всё падающее на его поверхность излучение независимо от направления и спектрального состава, ничего не отражая и ничего не пропуская.

Реальные тела не являются абсолютно чёрными телами. Тело, коэффициент монохроматического поглощения которого при данной температуре меньше единицы и не зависит от длины волны и направления его распространения, называется серым телом.

Излучательность (энергетическая светимость) $R_{\text{э}}$ абсолютно чёрного тела определяется законом Стефана-Больцмана, согласно которому излучательность абсолютно чёрного тела пропорциональна четвёртой степени абсолютной температуры тела:

$$R_{\text{э}} = \sigma T^4, \quad (4)$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана.

Для серого тела

$$R_{\text{э}} = \alpha \sigma T^4, \quad (5)$$

где α – средний коэффициент поглощения в измеряемом интервале температур.

Описание экспериментальной установки

Для измерения высоких температур широко применяются оптические методы, основанные на использовании законов теплового излучения. В данной работе для изучения зависимости излучательности от температуры используется лампа накаливания. Приёмником энергии, излучаемой лампой, является термостолбик (см. рис. 1). Термостолбик представляет собой совокупность термпар $ТП$, соединённых последовательно. Их спаи через один подвергаются нагреванию от излучателя, остальные остаются при комнатной температуре. Подаваемое на лампу H напряжение измеряется вольтметром; сила тока, текущего через нее – амперметром. Сила тока в цепи термостолбика регистрируется гальванометром G .

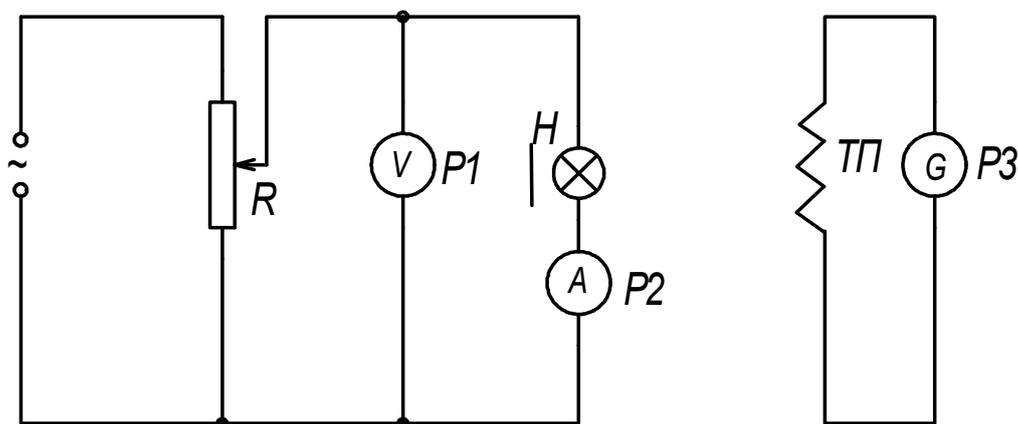


Рисунок 1

Используя закон Ома, можно по измеренным значениям силы тока и напряжения определить значение сопротивления нити лампы в горячем состоянии

$$R = \frac{U}{I}, \quad (6)$$

где U – напряжение; I – сила тока.

Зависимость сопротивления R нити от температуры имеет вид:

$$R = R_0(1 + \alpha t), \quad (7)$$

где R_0 – сопротивление при 0°C ;

$\alpha = 0,0045 \text{ град}^{-1}$ – температурный коэффициент сопротивления;

t – температура в градусах Цельсия.

Выразим отсюда температуру:

$$t = \frac{R - R_0}{R_0 \alpha}. \quad (8)$$

Сила тока i в цепи термостолбика пропорциональна потоку излучения Φ_γ . Энергия, излучаемая нитью лампочки, не полностью попадает на термостолбик, так как часть ее рассеивается, поэтому

$$i = k\Phi_\gamma, \quad (9)$$

где k – коэффициент, учитывающий долю падающей на термостолбик энергии.

Учитывая, что $\Phi_\gamma = RS$ (см. (2)), а также то, что тело серое (см. (5)), получим:

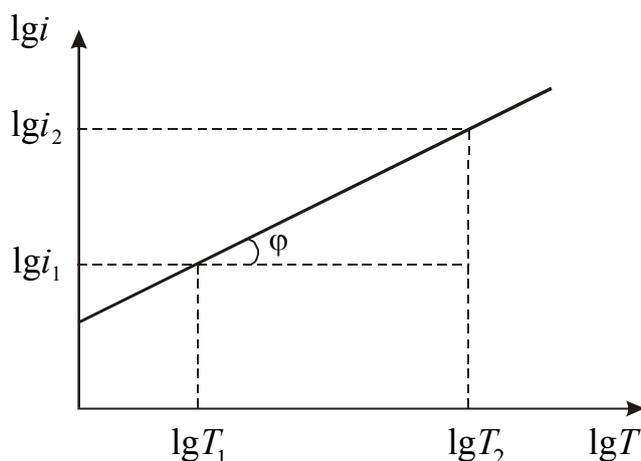
$$i = k\alpha\sigma T^x S, \quad (10)$$

где x – определяемый показатель степени.

Поверхность нити S , коэффициенты k , α и σ – величины постоянные. Обозначим их произведение через B . Тогда

$$i = BT^x. \quad (11)$$

Для определения показателя степени x прологарифмируем уравнение (11):



$$\lg i = \lg B + x \lg T$$

График зависимости $\lg i$ от $\lg T$ представляет собой прямую линию. Показатель степени x равен тангенсу угла наклона графика к оси абсцисс:

$$x = \frac{\lg i_2 - \lg i_1}{\lg T_2 - \lg T_1}. \quad (12)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?

3. Запишите формулу, по которой рассчитывается сопротивление нити. Поясните смысл обозначений.
4. Запишите формулу, по которой рассчитывается температура нити. Поясните смысл обозначений. Как связана абсолютная температура с температурой о шкале Цельсия?
5. Какой график надо построить по результатам работы?

Выполнение работы

1. Записать значение R_0 , указанное на установке.
2. Определить цену деления приборов. Включить установку в сеть.
3. Регулятором напряжения подобрать такое значение напряжения, чтобы стрелка гальванометра отклонилась на наибольшее число делений. Регулировка накала должна быть медленной, так как нить лампочки обладает тепловой инерцией.
4. Уменьшая напряжение на лампочке с постоянным шагом до значения тока в цепи гальванометра, равного нулю, снять 10-12 показаний гальванометра, вольтметра и амперметра.
5. Повторить измерения для случая увеличения напряжения до максимального значения тока в цепи гальванометра, устанавливая те же значения напряжения.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Вычислить сопротивление лампочки по формуле (6) по результатам каждого измерения.
2. Вычислить температуру нити лампочки по формуле (8) по результатам каждого измерения. Выразите температуру в кельвинах.
3. Найти $\lg T$ и $\lg i$.
4. Построить график зависимости логарифма силы тока в цепи гальванометра от логарифма абсолютной температуры нити лампочки: $\lg i = f(\lg T)$.
5. Рассчитать показатель степени x по формуле (12).

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое излучение называется тепловым? Какими величинами характеризуют тепловое излучение. Запишите соответствующие формулы.
2. Какое тело называется абсолютно чёрным?
3. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана. Запишите формулу.
4. Полученное значение показателя степени сравните с теоретическим значением. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 89

Выполнил(а) _____

Группа _____

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале прибора	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Вольтметр			
2	Амперметр			
3	Микроамперметр			

Сопротивление нити накала при 0°C $R_0 =$ _____Температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 0,0045 \text{ град}^{-1}$.

№ п/п	U , В	I , А	i , мкА	R , Ом	t , $^{\circ}\text{C}$	T , К	$\lg i$	$\lg T$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Дата _____

Подпись преподавателя _____