

## Лабораторная работа №88

**ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ ОПТИЧЕСКОГО ПИРОМЕТРА  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СТЕФАНА – БОЛЬЦМАНА**

Выполнил студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_  
Отметка о защите \_\_\_\_\_

Цель работы – ознакомиться с принципом действия оптического пирометра, определить постоянную Стефана – Больцмана.

Приборы и принадлежности: оптический пирометр, лампа накаливания, автотрансформатор, ваттметр.

**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 всём диапазоне длин волн, называется 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  $\lambda$  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 все 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.

Энергетическая светимость  $R_{\text{э}}$  абсолютно чёрного тела по закону Стефана – Больцмана пропорциональна четвертой степени термодинамической температуры тела:

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

где  $\sigma$  – постоянная Стефана – Больцмана. Для серого тела

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

где  $\alpha$  – средний коэффициент поглощения в измеряемом интервале температур.

Будем считать, что мощность, потребляемая лампой накаливания, полностью идёт на излучение. Заменяв в соотношении (5) энергетическую светимость по формуле (2) и учтя, что мощность равна энергетическому потоку ( $\Phi_3=P$ ), получим:

$$\frac{P}{S} = \alpha \sigma T^4, \quad (6)$$

где  $S$  – площадь излучающей поверхности.

Следовательно,

$$\sigma = \frac{P}{\alpha T^4 S}. \quad (7)$$

На основе законов теплового излучения созданы приборы для измерения высоких температур, работающие без контакта с раскаленными телами. Совокупность методов измерения температур, основанных на законах теплового излучения, называется оптической пирометрией.

### Описание экспериментальной установки

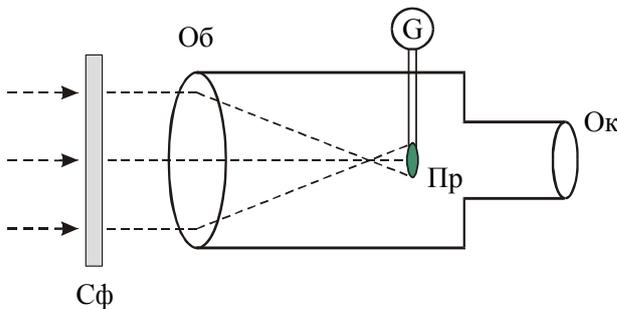


Рисунок 1

Температура накала нити электрической лампочки определяется с помощью яркостного пирометра, схема которого дана на рис. 1. Действие яркостных пирометров основано на сравнении яркости свечения тела, температура которого измеряется, и нити Пр эталонной лампы, помещённой в зрительной трубе оптического пирометра. Нить пирометра имеет форму дуги. Наблюдение ведется в красном свете через светофильтр Сф

( $\lambda = 660$  нм). Регулируя ток, текущий через эталонную лампу, добиваются уравнивания яркостей нитей. При этом нить эталонной лампы становится невидимой на фоне изображения нити лампы, температура которой измеряется (рис.2), поэтому такой пирометр называется пирометром с «исчезающей нитью».

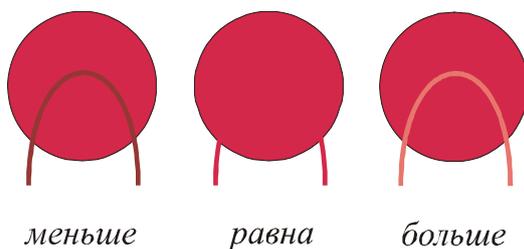


Рисунок 2

Пирометр градуируется по абсолютно чёрному телу – при изменении тока накала по шкале считывается температура чёрного тела, при которой нить «исчезает».

Температуру нити эталонной лампы показывает гальванометр G, отградуированный по температурной шкале в

градусах Цельсия (рис. 3). Предел измерения вводится поворотом головки ослабляющего светофильтра. При измерении температуры до  $1400^{\circ}\text{C}$  ослабляющий светофильтр не вводится – показания снимаются по верхней шкале. Положение стрелки на рис. 3 соответствует отсчёту  $1250^{\circ}\text{C}$ . При измерении температур от  $1400^{\circ}\text{C}$  до  $2000^{\circ}\text{C}$  вводится ослабляющий светофильтр – показания снимаются по нижней шкале. Ослабляющий светофильтр введён, если белая указательная точка (индекс) на головке светофильтра совпадает с индексом 20 на корпусе прибора. В этом случае положение стрелки соответствует отсчёту  $1740^{\circ}\text{C}$ . Мощность лампы измеряется ваттметром.

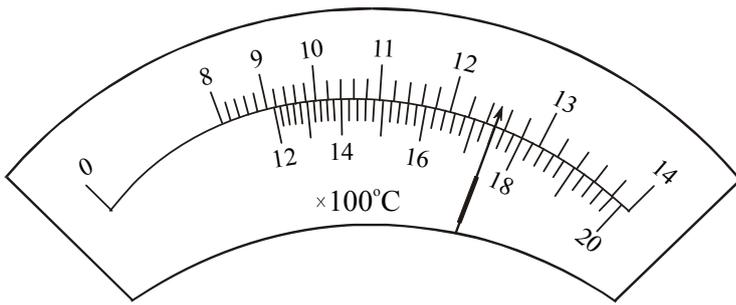


Рисунок 3

### Подготовка к работе

(ответы представить

в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Каким прибором измеряется температура накала нити? Как температуру, выраженную в градусах Цельсия, перевести в кельвины?

4. Запишите формулу, по которой рассчитывается постоянная Стефана – Больцмана. Поясните смысл обозначений.

### Выполнение работы

1. Записать значения коэффициента поглощения  $\alpha$  и площади поверхности  $S$ , указанные на установке.
2. Включить лампу накаливания. Поворотом рукоятки автотрансформатора установить указанную преподавателем мощность накала лампы. Записать значение мощности.
3. Поставить нулевую отметку на подвижном кольце реостата пирометра против такой же отметки на крышке корпуса.  
*Примечание:* Кольцо необходимо поворачивать без усилия, так как можно вывести пирометр из строя.
4. Включить пирометр. Поворотом обоймы (в накатанном конце тубуса окуляра) ввести в поле зрения красный светофильтр.
5. В зависимости от предполагаемого значения измеряемой температуры, выбрать предел измерения поворотом головки ослабляющего светофильтра.
6. Направить трубу пирометра на тело накаливания. Взявшись рукой за накатанный конец тубуса объектива, медленно перемещать его до тех пор, пока не будет видно изображение свящегося тела. Совместить изображение нити пирометра и тела накаливания. Вращая тубус окуляра, добиться желаемой резкости.
7. Поворотом кольца реостата изменить яркость нити пирометра так, чтобы средний участок (вершина дуги) нити исчез на фоне изображения тела, температура которого измеряется. Отсчитать температуру по положению стрелки на шкале пирометра.
8. Повторить измерение температуры нити лампы накаливания при данном значении мощности ещё раз (изменением накала нити пирометра и возвращением к исчезновению нити) и найти среднее значение температуры.
9. Повторить измерения температуры нити при трех различных значениях мощности по ваттметру согласно п. 6, 7. При необходимости изменить предел измерения температуры.
10. Выключить ток накала нити пирометра поворотом кольца реостата по стрелке на кольце до упора.

### Оформление отчёта

#### 1. Расчёты

1. Рассчитать постоянную Стефана – Больцмана по формуле (7) для каждого значения мощности по среднему значению температуры.
2. Рассчитать среднее значение постоянной Стефана – Больцмана.

**2.Защита работы**

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое излучение называется тепловым?
2. Какое тело называют абсолютно чёрным?
3. Сформулируйте закон Стефана – Больцмана. Запишите формулу.
4. Каково назначение оптического пирометра?
5. Полученное значение постоянной Стефана – Больцмана сравните с табличным. Сделайте вывод.

**ПРОТОКОЛ**

измерений к лабораторной работе № 88

Выполнил(а) \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Коэффициент поглощения  $\alpha =$  \_\_\_\_\_Площадь излучающей поверхности нити  $S =$  \_\_\_\_\_

№ п/п	$P$ , Вт	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$t_{cp}$ , °C	$T_{cp}$ , К	$\sigma$ , Вт/(м <sup>2</sup> К <sup>4</sup> )
1						
2						
3						
среднее						

Дата \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_