

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №88

ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ ОПТИЧЕСКОГО ПИРОМЕТРА.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СТЕФАНА – БОЛЬЦМАНА

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №88

ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ ОПТИЧЕСКОГО ПИРОМЕТРА.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СТЕФАНА – БОЛЬЦМАНА

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 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 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.

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

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

где σ – постоянная Стефана – Больцмана. Для серого тела

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

где α – средний коэффициент поглощения в измеряемом интервале температур.

Будем считать, что мощность, потребляемая лампой накаливания, полностью идёт на излучение. Заменяя в соотношении (5) излучательность по формуле (2) и учитывая, что $\Phi_{\text{э}}=P$, 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

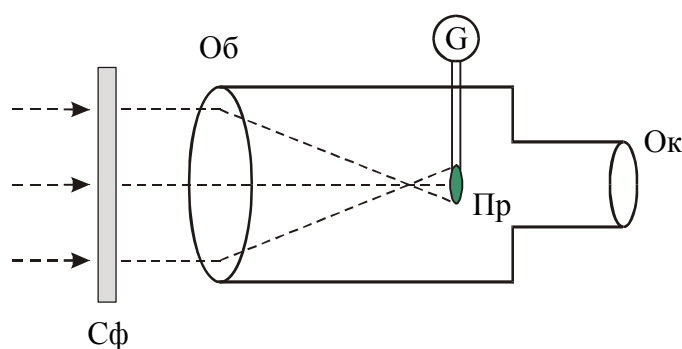


Рисунок 1

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, помещенной 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». Пирометр градуируется

по абсолютно чёрному телу – при изменении тока накала по шкале считывается

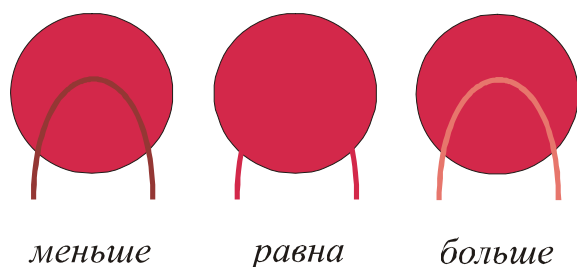


Рисунок 2

температура чёрного тела, при которой нить «исчезает». Так как излучательность реального тела при той же температуре меньше, чем излучательность чёрного тела, то для достижения равенства их яркостей реальное тело должно быть нагрето сильнее. Яркостная температура оказывается завышенной.

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°C ослабляющий светофильтр не вводится – показания снимаются по верхней шкале. Положение стрелки на рис. 3 соответствует отсчёту 1250°C . При измерении температур от 1400°C до 2000°C вводится ослабляющий светофильтр – показания снимаются по нижней шкале. Ослабляющий светофильтр введен, если белая указательная точка (индекс) на головке светофильтра совпадает с индексом 20 на корпусе прибора. В этом случае положение стрелки соответствует отсчёту 1740°C .

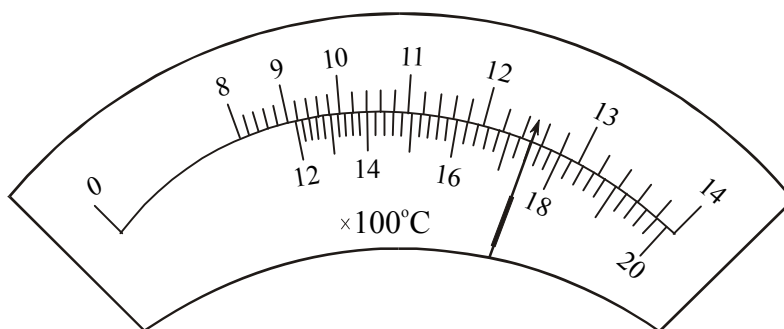


Рисунок 3

Мощность лампы измеряется ваттметром.

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 α 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 святающегося 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 абсолютную погрешность как для прямых измерений.
3. Найти относительную погрешность измерений. Окончательный результат представить в стандартном виде:

$$\sigma = \sigma_{\text{ср}} \pm \Delta\sigma$$

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое излучение называется тепловым? Какими величинами характеризуют тепловое излучение? Запишите соответствующие формулы.
2. Какие тела называются абсолютно чёрными?
3. Сформулируйте закон Стефана – Больцмана. Запишите формулу.
4. Каково устройство и 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	σ , Вт/(м ² К ⁴)
1						
2						
3						
среднее						

Дата _____

Подпись преподавателя _____