

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Воронежский государственный университет"

Физический факультет

КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Лабораторный практикум по оптике

Учебно-методическое пособие для вузов

Составители:
Л.П. Нестеренко,
А.М. Солодуха

Воронеж 2014

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ИНТЕГРАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕЛА МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Оборудование: Модульный учебный комплекс МУК-ОК

Краткое теоретическое описание

1. Измерение температуры источника излучения

Испускательная способность абсолютно черного тела может быть определена для различных длин волн и температур по формуле Планка

$$r_{T,\lambda}^* = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda \cdot kT}} - 1}, \quad (1)$$

Где c – скорость света в вакууме;

h – постоянная Планка;

λ – длина волны излучения;

k – постоянная Больцмана;

T – абсолютная температура.

Тогда для узкого диапазона длин волн от λ до $\lambda + d\lambda$, в котором испускательную способность $r_{T,\lambda}^*$ можно считать постоянной, энергетическая светимость абсолютно черного тела равна

$$dR^* = r_{T,\lambda}^* d\lambda \quad (2)$$

Если тело не является абсолютно черным, то его испускательная способность выражается формулой

$r_{T,\lambda} = A(T, \lambda) r_{T,\lambda}^*$, где $A(T, \lambda) \leq 1$ – спектральный коэффициент излучения тела.

Следовательно, энергетическую светимость тела для диапазона длин волн от λ до $\lambda + d\lambda$ найдем по формуле

$$dR = A(T, \lambda) r_{T,\lambda}^* d\lambda \quad (3)$$

Рассмотрим излучение тела с температурой T для двух различных длин волн λ_1 и λ_2 при различных значениях диапазонов $d\lambda_1$ и $d\lambda_2$ соответственно

$$dR_1 = A_1 \cdot r_1^* d\lambda_1 \quad (4)$$

$$dR_2 = A_2 \cdot r_2^* d\lambda_2$$

$$A_T = \frac{R_T}{R_T^*} \quad A_{2000} = \frac{R_{2000}}{R_{2000}^*}$$

Учтем, что по закону Стефана-Больцмана энергетические светимости абсолютно черного тела в этих выражениях равны

$$R_T^* = \sigma \cdot T^4 \quad R_{2000}^* = \sigma \cdot (2000)^4 \quad (13)$$

Если считать, что потери энергии за счет теплопроводности и конвекции малы, т.е. вся подводимая к вольфрамовой нити лампы энергия электрического тока превращается в энергию излучения, то энергетическая светимость источника можно выразить через мощность $P_{ист}$, которая рассеивается на нем:

$$R_T = \frac{P_{ист}}{S} \quad (14)$$

где S - площадь излучающей поверхности.

Найдем отношение коэффициентов излучения

$$\frac{A_T}{A_{2000}} = \frac{R_T R_{2000}^*}{R_T^* R_{2000}} = \frac{P_{ист} \sigma (2000)^4 S}{S \sigma T^4 P_{ист2000}} = \frac{(2000)^4}{P_{ист2000}} \cdot \frac{P_{ист}}{T^4} = K \cdot \frac{P_{ист}}{T^4}$$

Величину K в последней формуле можно определить из вышеописанных опытов по определению температуры, если в процессе измерений снимать дополнительно значения мощности, рассеиваемой источником. Это несложно сделать, т.к. источник излучения нагревается электрическим током, мощность которого равна

$$P_{ист} = UI \quad (15)$$

где U - напряжение на вольфрамовой спирали источника теплового излучения, I - сила тока в спирали. Тогда при $T=2000K$

$$K = \frac{(2000)^4}{P_{ист}} \quad (16)$$

Следовательно, для интегрального коэффициента излучения получаем формулу

$$A_T = A_{2000} \cdot K \cdot \frac{P_{ист}}{T^4} \quad (17)$$

$$A_{2000}=0,249.$$

Описание установки.

В данной работе используется двухчастотный регистратор теплового излучения РТИ 1, показанный на рисунке 1.

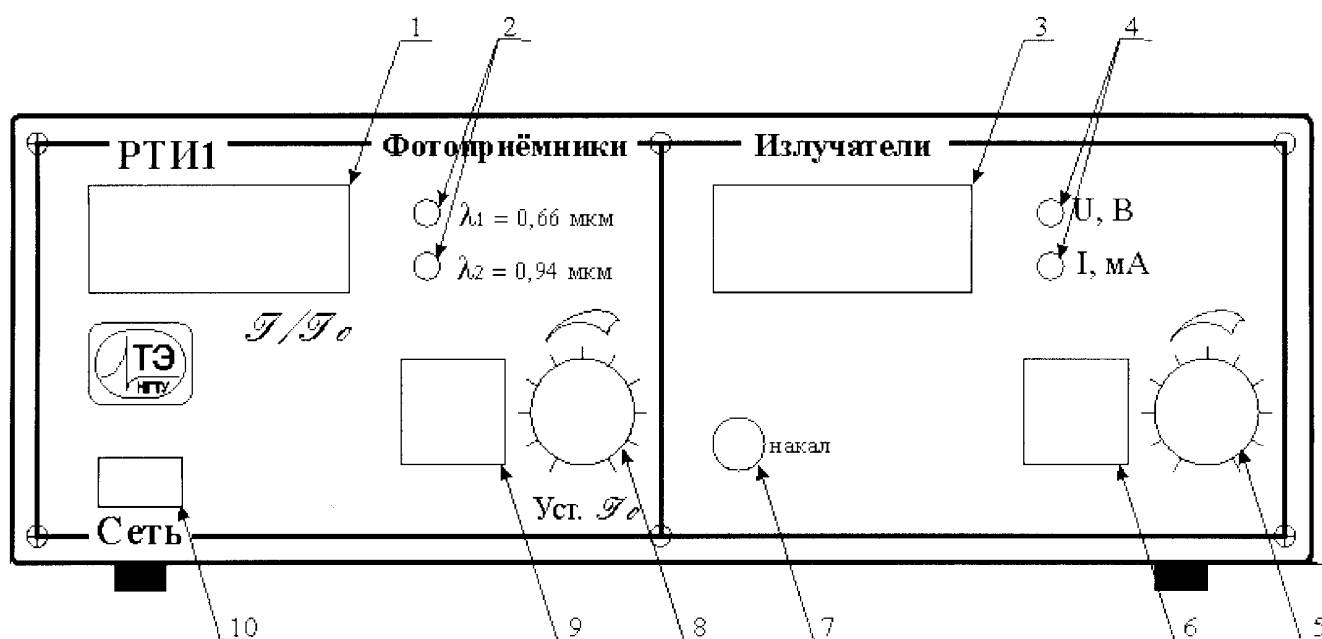


Рисунок 1.

На передней панели прибора РТИ 1 расположены:

1. индикатор относительной интенсивности;
2. индикатор выбранного фотоприемника;
3. индикатор тока или напряжения лампы накаливания;
4. индикатор измеряемой величины тока или напряжения;
5. регулятор напряжения накала;
6. кнопка переключения ток/напряжения накала;
7. накал (вид на лампу накаливания);
8. регулятор J_{\max} ;
9. кнопка переключения фотоприемников;
10. кнопка выключателя «Сеть».

Выполнение работы.

1. Включите кнопку 10 «Сеть» (рисунок 1). Ручкой регулятора напряжения накала 5, ориентируясь по накалу 7, установите небольшую яркость лампы. Установите регулятор 8 в определенное положение и не вращайте ее в процессе дальнейших измерений.
2. Запишите показания вольтметра и амперметра с помощью индикатора 3 и кнопки переключения измеряемой величины 6, при этом на индикаторах 4 будет отображаться тип измеряемой величины. Значения напряжения и силы тока занесите в таблицу 1.
3. Кнопкой выбора фотоприемника 9 выбрать один из фотоприемников с длиной волны λ_1 или λ_2 . Запишите показания J_1/J_0 и J_2/J_0 с цифрового индикатора измерителя относительной интенсивности теплового излучения 1 и занесите в таблицу измерений.

4. Постепенно увеличивая напряжение генератора, снимите такие же показания при 8-10 различных значениях напряжения и занесите в таблицу 1.

Таблица 1

N п/п	U, В	I, А	J_1/J_0	J_2/J_0	J_1/J_2	$P_{ист}$	T, К	A_T
1								
2								
3 и т.д.								

5. Пользуясь формулой для расчета температуры источника излучения, вычислите температуру для всех значений напряжения:

$$T = \frac{L}{\ln \frac{J_1}{J_2} - Z_0}, \text{ где } L = C_2 \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right).$$

Значения постоянных $C = hc/k = 1,439 \cdot 10^{-2}$ м К, $Z_0 = 1,784$.

6. По данным значений силы тока и напряжения рассчитайте мощность, выделяющуюся на спирали источника излучения для каждого значения температуры $P_{ист} = U I$. Обратите особое внимание на мощность при $T = 2000$ К.

7. По формуле вычислите интегральный коэффициент излучения A_T источника в исследованном диапазоне температур и постройте график $A_T = f(T)$:

$$A_T = A_{2000} \cdot K \cdot \frac{P_{ист}}{T^4}, \text{ где } K = \frac{2000^4}{P_{ист2000}}.$$

Значения постоянной $A_{2000} = 0,249$.

Контрольные вопросы

1. Перечислить основные характеристики теплового излучения.
2. Запишите формулу Планка для абсолютно черного тела.
3. Получите формулу для расчета температуры тела.
4. Запишите закон Стефана-Больцмана.
5. Получите выражение для расчета интегрального коэффициента излучения.