

8.1 Определение постоянных Стефана-Больцмана и Планка из анализа теплового излучения накаливаемого тела

Александр Романов Б01-107

1 Введение

1.1 Краткое описание

При помощи модели абсолютно чёрного тела проводятся измерения температуры оптическим пирометром с исчезающей нитью и термопарой, исследуется излучение накаливаемых тел с различной испускательной способностью, определяются постоянные Планка и Стефана-Больцмана.

1.2 Теоретическая справка

Если бы нить излучала как АЧТ, то баланс потребляемой и излучаемой энергии был бы:

$$W = \sigma S (T^4 - T_0^4)$$

где W - потребляемая нитью электрическая мощность, S - площадь излучающей поверхности нити, T - температура нити, T_0 - температура окружающей среды.

Если предположить, что нить излучает как серое тело, то выражение можно записать в виде:

$$W = \varepsilon_T \sigma S T^4$$

1.3 Экспериментальная установка

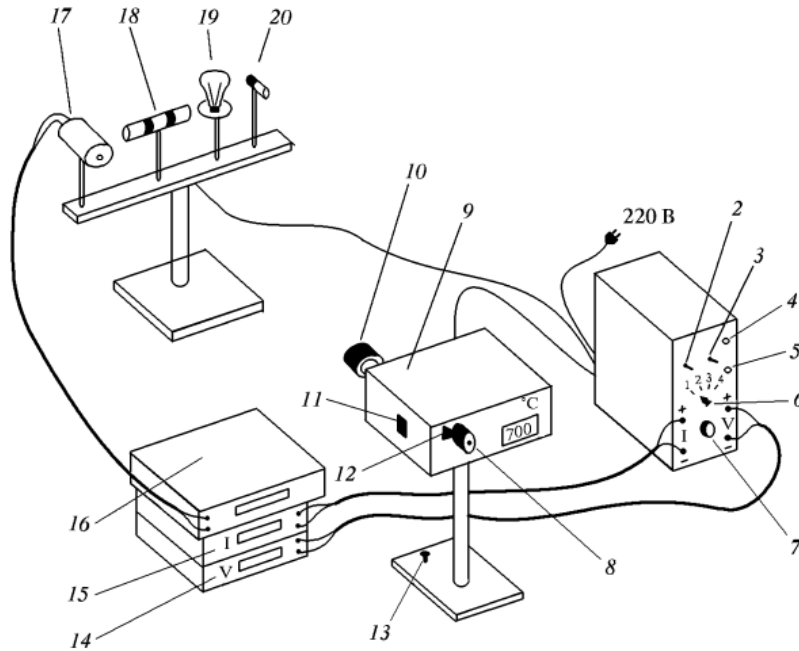


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 — блок питания; 2 — тумблер включения питания пирометра и образцов; 3 — тумблер нагрева нити пирометра: «Быстро» — вверх, «Медленно» — вниз; 4 — кнопка «Нагрев нити»; 5 — кнопка «Охлаждение нити»; 6 — тумблер переключения образцов; 7 — регулятор мощности нагрева образцов; 8 — окуляр пирометра; 9 — корпус пирометра; 10 — объектив пирометра; 11 — переключение диапазонов: 700–1200 °C — вниз, 1200–2000 °C — вверх; 12 — ручка перемещения красного светофильтра; 13 — регулировочный винт; 14 — вольтметр (напряжение на лампе накаливания); 15 — амперметр (ток через образцы); 16 — вольтметр в цепи термопары; 17 — модель АЧТ; 18 — трубка с кольцами из материалов с разной излучательной способностью; 19 — лампа накаливания; 20 — неоновая лампочка

2 Работа

2.1 Изучение работы оптического пирометра

В этой части работы мы измерим температуру модели АЧТ с помощью пирометра и сравним её с температурой, полученной по термопаре.

Включив пирометр будем методом последовательных приближений изменять его температуру так, чтобы определить момент визуального исчезновения нити на фоне АЧТ. Получим значение $T = 1190 \pm 20^\circ\text{C}$. При этом показания термопары: $U_p = 47.25 \text{ mV}$. Учитывая постоянную термопары

($41 \mu V/^{\circ}C$) получим значение температуры:

$$T_p = 41 \cdot U_p = 1173 \pm 21^{\circ}C = 1173 \pm ^{\circ}C$$

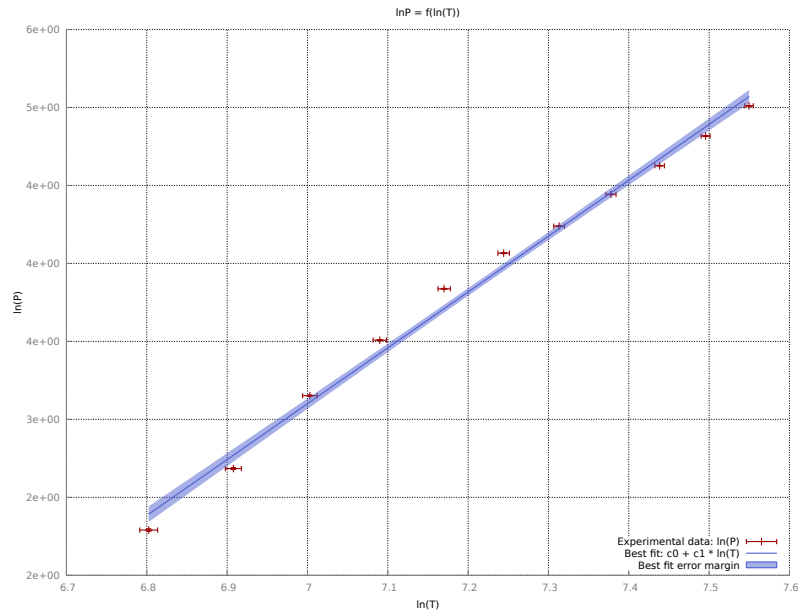
Значение температуры, полученное при помощи пирометра, совпадает с температурой термопары в пределах погрешности.

2.2 Проверка закона Стефана-Больцмана

Направим пирометр на нить лампы накаливания и включим её. Постепенно увеличивая накал нити лампы, начиная со слабого тёмно-красного накала ($\simeq 900^{\circ}C$) вплоть до $1900^{\circ}C$. Помимо температуры необходимо записывать также величину тока и напряжения на нити лампы.

$T, ^{\circ}C$	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
I, A	0.625	0.702	0.806	0.902	1	1.08	1.15	1.23	1.31	1.4	1.5
U, V	15.8	20.87	29	37	46.4	54	60.3	69.1	78	88.3	100
$P = IV, J$	9.88	14.65	23.37	33.37	46.40	58.32	69.34	84.99	102.18	123.62	150.00

Построим график $P = f(T)$:



Получили зависимость вида $y = k \cdot x + b$:

$$k = 3.58 \pm 0.10$$

$$b = -21.97 \pm 0,7$$

Полученное значение углового коэффициента ($k = 3.58 \pm 0.10$) достаточно точно совпадает со значением 4, следующем из закона Стефана-Больцмана:

$$P = \sigma \varepsilon_T S T^4$$

Найдём значение постоянной Стефана-Больцмана по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{\varepsilon_T S T^4} = 3.2 \cdot 10^{-4} \frac{Wt}{m^2 K^4}$$

Полученное значение на несколько порядков отличается от табличного:
 $\sigma = 5.66 \cdot 10^{-8} \frac{Wt}{m^2 K^4}$

2.3 Измерение яркостной температуры накаливаемых тел

Нагре кольца и керамическую трубку до одинаковых температур убедимся что разные температуры имеют различную яркостную температуру при одинаковой термодинамической температуре.

2.4 Измерение яркостной температуры неоновой лампочки

Направим пирометр на неоновую лампочку. Измерим при помощи него яркостную температуру неоновой лампочки.

$$T = 914 K$$

Однако дотронувшись до лампочки рукой убедимся что её температура даже не близка к 900 K.

3 Выводы

В ходе работы:

1. Был проверен закон Стефана-Больцмана и получен коэффициент степени T , который достаточно точно совпадает с теоретическим:

$$3.58 \pm 0.1 VS 4$$

2. Было найдено значение постоянной Стефана-Больцмана. Однако значение отличается от табличного на несколько порядков:

$$3.2 \cdot 10^{-4} VS 5.66 \cdot 10^{-8} \frac{Wt}{m^2 K^4}$$

3. Было проверено, что разные материалы имеют разную яркостную температуру при равной термодинамической. Также объекты с высокой яркостной температурой могут иметь маленькую термодинамическую.