

Лабораторная работа № 5.8.1
Тепловое излучение

Илья Прамский

Ноябрь 2024

1 Теоретическая справка

По результатам измерений мощности излучения вольфрамовой нити можно судить о справедливости закона Стефана-Больцмана. Если бы нить излучала как АЧТ, то баланс потребляемой и излучаемой энергии определялся бы соотношением

$$W = \sigma S(T^4 - T_0^4), \quad (1)$$

где W - потребляемая нитью электрическая мощность, S - площадь излучающей поверхности нити, T - температура нити, T_0 - температура окружающей среды. Однако вольфрамовая нить излучает как серое тело, и излучение её ослаблено по сравнению с АЧТ в ε_T раз для любой волны при данной температуре тела T . Тогда предположив, что нить излучает как серое тело и с учётом того, что $T_0 \ll T$, выражение (1) можно переписать в виде

$$W = \varepsilon_T S \sigma T^4 \quad (2)$$

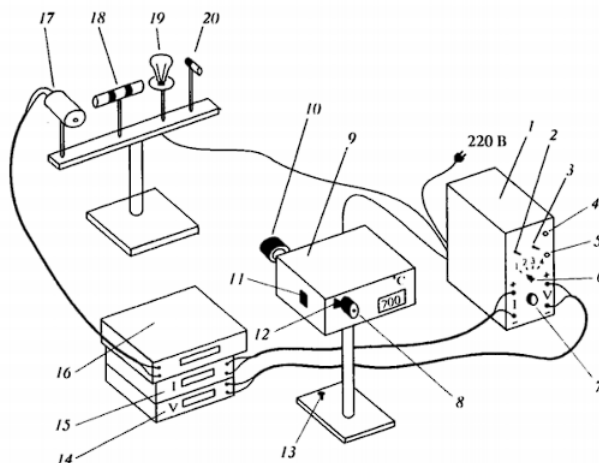


Схема экспериментальной установки: 1 - блок питания; 2 - тумблер включения питания образцов; 3 - тумблер нагрева нити пирометра; 4 - кнопка "Нагрев нити"; 5 - кнопка "охлаждение нити"; 6 - тумблер переключения образцов; 7 - регулятор мощности нагрева образцов; 8 - окуляр пирометра; 9 - корпус пирометра; 10 - объектив пирометра; 11 - переключение диапазонов; 12 - ручка смещения 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 различной излучательной способностью; 19 - лампа накаливания; 20 - псоновая лампочка

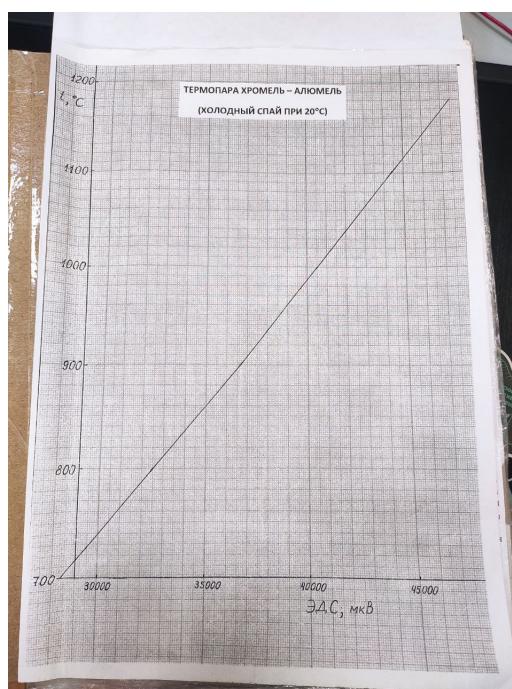
2 Ход работы

Проверка работы оптического пирометра

Измерим температуру АЧТ при помощи оптического пирометра, а также с помощью термопары хромель-алюмель. Получилось (учитывая также добавку к значению термопары, равную комнатной температуре $T_k = 24^\circ\text{C}$)

$$T_{\text{опт. пир.}} = 1125^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{терм}} = 1119^\circ\text{C}$$



Измерение яркостной температуры накаливаемых тел

Нагрев трубку и кольца до высокой температуры, получаем

$$T_{\text{трубки}} = 800^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{кольца}} < 800^\circ\text{C} \text{ (не получилось определить при помощи пирометра)}$$

Разницу яркостных температур у различных тел, имеющих одинаковую термодинамическую температуру, вытекает из того, что данные материалы имеют разный спектральный коэффициент поглощения, который связывает эти 2 величины.

Проверка закона Стефана-Больцмана

Построим график зависимости $\ln W = f(\ln T_{\text{терм}})$.

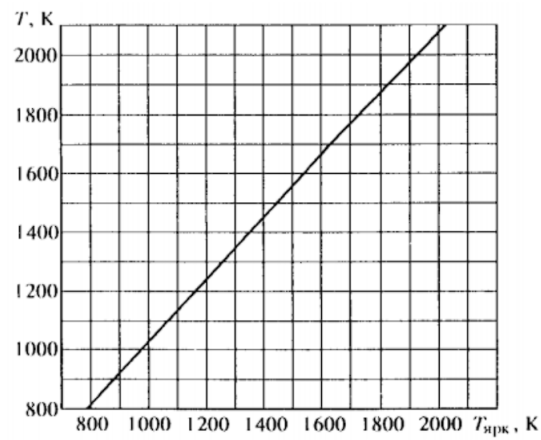
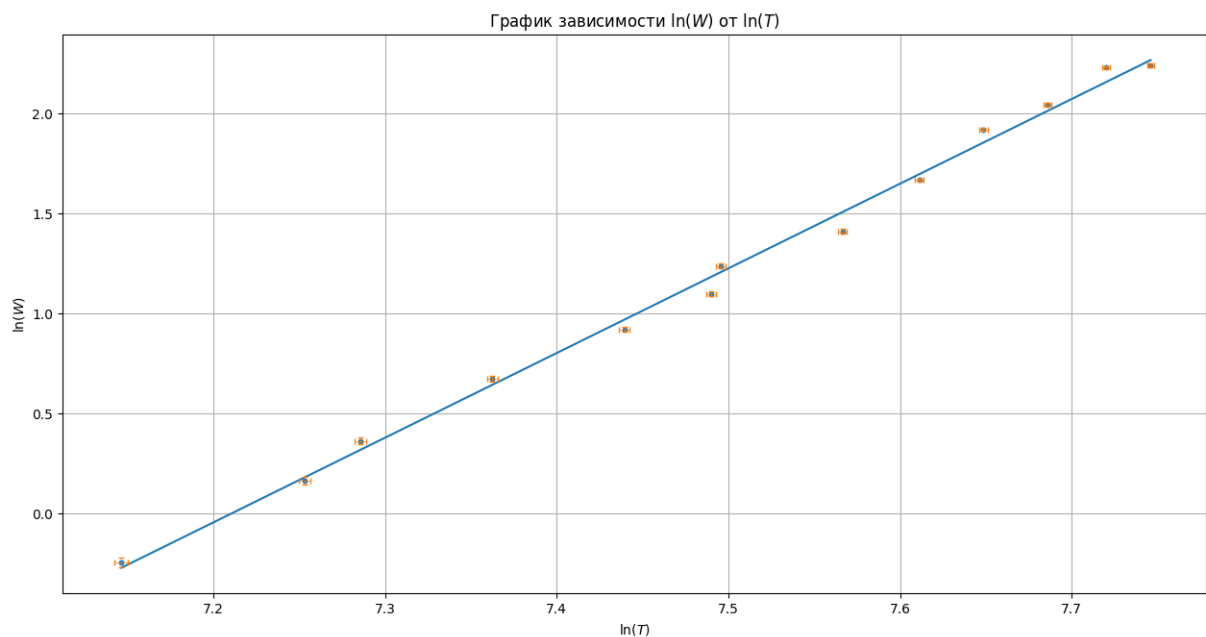


Рис. 1 — График зависимости $T = f(T_{\text{ярк}})$ для вольфрама

U, В	σ_U , В	I, мА	σ_I , мА	W, Вт	σ_W , Вт	$T_{\text{ярк}}$, К	$T_{\text{терм}}$, К	$\sigma_{T_{\text{терм}}}$, К
1,66	0,04	472	3	0,78	0,02	1232	1270	5
2,21	0,04	534	4	1,18	0,02	1366	1413	5
2,53	0,04	569	4	1,44	0,03	1410	1460	5
3,12	0,04	630	4	1,97	0,03	1519	1576	5
3,68	0,04	683	4	2,51	0,03	1637	1702	5
4,14	0,04	725	5	3,00	0,04	1720	1790	5
4,54	0,04	760	5	3,45	0,04	1729	1800	5
5,09	0,04	806	5	4,10	0,04	1853	1932	5
6,02	0,04	880	5	5,30	0,05	1936	2021	5
6,87	0,04	994	6	6,83	0,06	2008	2098	5
7,70	0,04	1003	6	7,72	0,06	2083	2178	5
8,70	0,04	1068	6	9,29	0,07	2153	2253	5
8,78	0,04	1071	6	9,40	0,07	2209	2312	5



Из графика: $n = 4,23 \pm 0,09$. Найдём значение постоянной Стефана-Больцмана σ для измерений при $T > 1700$ К. $S = 0,36\text{см}^2$.

$T_{\text{терм}}, \text{К}$	$\sigma, 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$	$\sigma_{\sigma}, 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$
1702	3,98	0,05
1790	3,67	0,06
1800	4,09	0,07
1932	3,46	0,05
2021	3,5	0,05

Получилось $\sigma = 3,74 \pm 0,03 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$. Тогда $h = \sqrt[3]{\frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 \sigma}} = 7,60 \pm 0,02 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Измерения яркостной температуры неоновой лампочки

Яркостная температура неоновой лампочки получилась равной $T_{\text{ярк}} = 973^\circ\text{C}$, когда термодинамическая температура равна комнатной(проверил пальцем). Это можно объяснить тем, что неоновая лампочка не является моделью чёрного или серого тела, её излучение носит другую природу(переход электронов между электронными уровнями).

3 Вывод

В ходе работы было исследовано тепловое излучение, проверен закон Стефана-Больцмана (в итоге получилось соответствие данному закону, т.к. $n \approx 4$). Также был найден коэффициент Стефана-Больцмана $\sigma = 3,74 \pm 0,03 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{K}^4}$ (Табличное же значение достаточно близко: $\sigma = 5,76 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{K}^4}$).

В конце концов, была найдена постоянная Планка $h = 7,60 \pm 0,02 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$.