

Лабораторная работа № 5.8.1
Тепловое излучение

Тенгиз Пазов

Ноябрь 2025

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

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

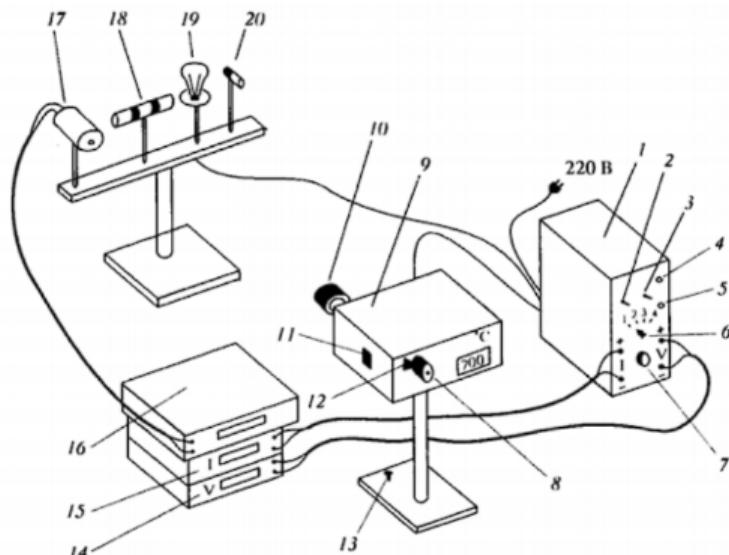


Схема экспериментальной установки: 1 - блок питания; 2 - тумблер включения питания образцов; 3 - тумблер нагрева нити пирометра; 4 - кнопка "Нагрев нити"; 5 - кнопка "охлаждение нити"; 6 - тумблер переключения образцов; 7 - регулятор мощности нагрева образцов; 8 - окуляр пирометра; 9 - корпус пирометра; 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 - неоновая лампочка

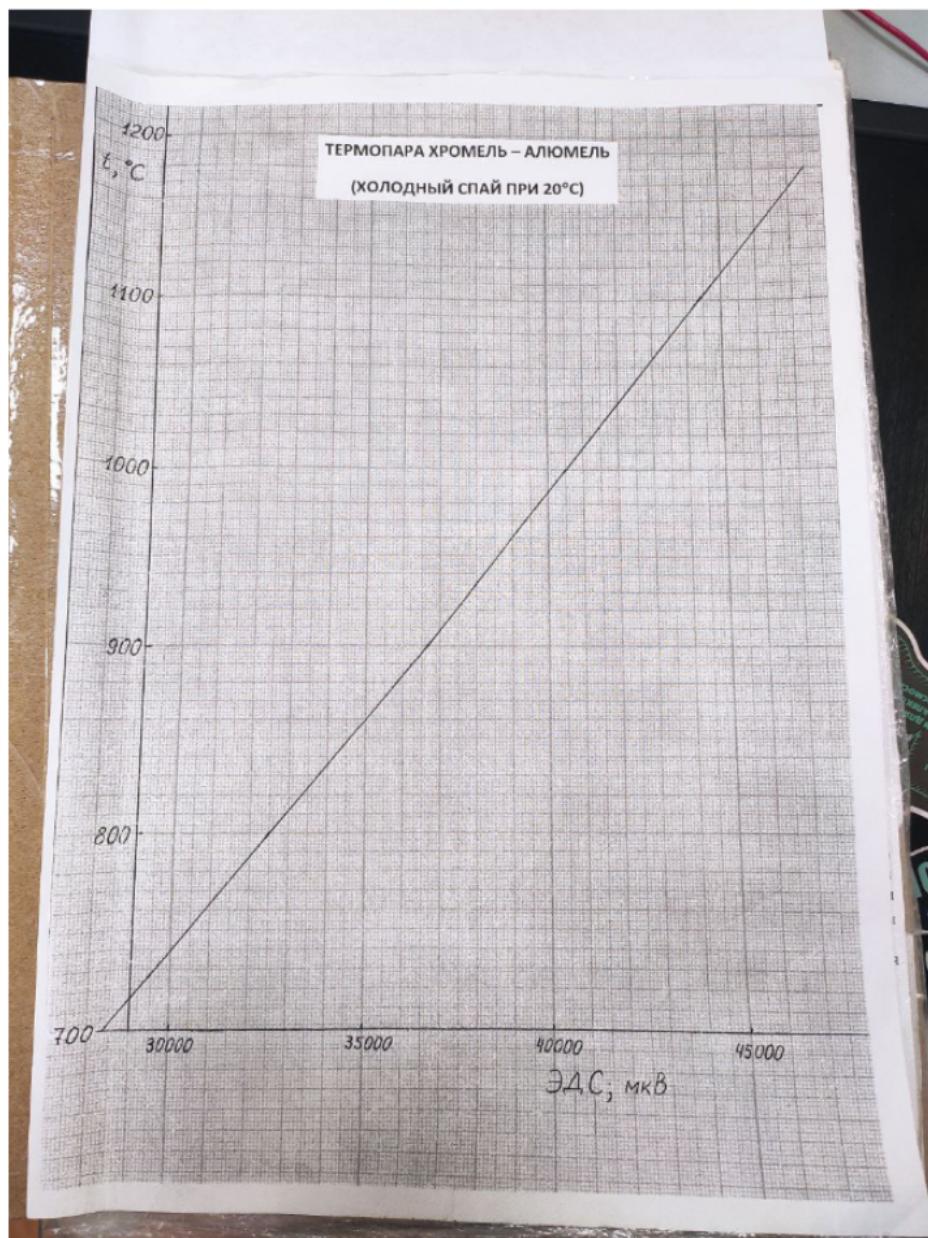
2 Ход работы

Проверка работы оптического пирометра

Измерим температуру АЧТ при помощи оптического пирометра, а также с помощью термопары хромель-алюмель. Получилось:

$$T_{\text{опт. пир.}} = 1013^\circ C$$

$$T_{\text{терм.}} = 1031^\circ C$$



Измерение яркостной температуры накаленных тел

Нагрев трубку и кольца до высокой температуры, получаем

$$T_{\text{трубки}} = 807^{\circ}C$$

Проверка закона Стефана-Больцмана

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

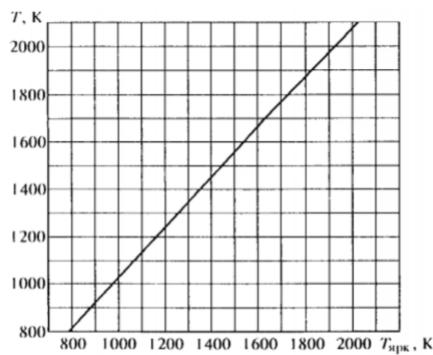
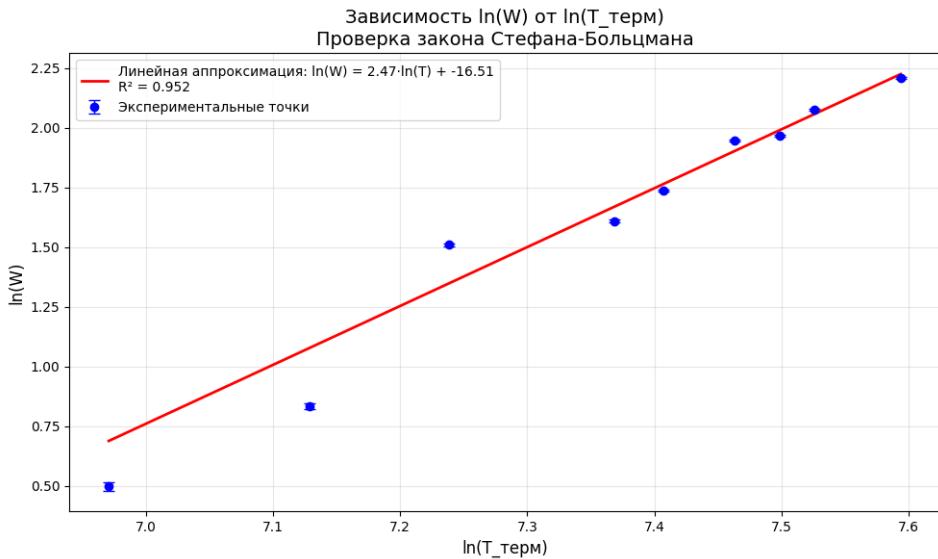


Рис. 1 — График зависимости $T = f(T_{\text{ярк}})$ для вольфрама

$U, \text{ В}$	$\sigma_U, \text{ В}$	$I, \text{ мА}$	$\sigma_I, \text{ мА}$	$W, \text{ Вт}$	$\sigma_W, \text{ Вт}$	$T_{\text{ярк}}, \text{ К}$	$T_{\text{терм}}, \text{ К}$	$\sigma_{T_{\text{терм}}}, \text{ К}$
2,66	0,04	618	4	1,644	0,03	1010	1065	5
3,27	0,04	703	4	2,299	0,03	1180	1247	5
5,17	0,04	875	4	4,524	0,03	1320	1392	5
5,53	0,04	903	4	4,994	0,03	1500	1585	5
6,01	0,04	945	4	5,679	0,03	1578	1648	5
7,12	0,04	985	4	7,013	0,03	1682	1743	5
7,02	0,04	1018	4	7,146	0,03	1748	1805	5
7,54	0,04	1056	4	7,962	0,03	1795	1856	5
8,23	0,04	1107	4	9,111	0,03	1921	1986	5



Из графика: $n = 2,46 \pm 0,01$. Найдём значение постоянной Стефана-Больцмана σ для измерений при $T > 1700$ К. $S = 0,36\text{см}^2$.

$T_{\text{терм}}, \text{К}$	$\sigma, 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$	$\sigma_\sigma, 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$
1743	2,11	0,11
1805	1,87	0,10
1856	1,86	0,10
1986	1,63	0,10

Среднее значение: $\sigma = 1,87 \pm 0,10 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$

Табличное значение: $\sigma_{\text{табл}} = 5,67 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$

Отношение: $\frac{\sigma_{\text{эксп}}}{\sigma_{\text{табл}}} = \frac{1,87}{5,67} \approx 0,33$

Оценка эмиссионной способности вольфрама: $\varepsilon \approx 0,33$ Получилось $\sigma = 3,74 \pm 0,03 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^4}$. Тогда $h = \sqrt[3]{\frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 \sigma}} = 7,60 \pm 0,02 \cdot 10^{-34} \text{Дж} \cdot \text{с}$

Измерение яркостной температуры неоновой лампы

При измерении оптическим пирометром яркостная температура неоновой лампы составила $T_{\text{ярк}} = 830^\circ\text{C}$. В то же время, термодинамическая температура лампы соответствует комнатной (что подтверждается пальцем).

Такое значительное расхождение температур объясняется различной природой излучения:

- Тепловые источники (АЧТ, вольфрамовая нить) излучают за счёт нагрева
- Неоновая лампа излучает вследствие электрического разряда в газе, при котором происходит возбуждение атомов неона и последующие квантовые переходы между электронными уровнями

Таким образом, пиrometer, откалибранный на тепловые источники, даёт некорректные показания для источников с нетепловым механизмом свечения.

3 Вывод

В ходе работы было исследовано тепловое излучение, проверен закон Стефана-Больцмана(в итоге не получилось соответствие данному закону, т.к. $n \approx 2,5$). Также был найден коэффициент Стефана-Больцмана $\sigma = 1,87 \pm 0,10 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{K}^4}$ (Табличное же значение достаточно сильно отличается: $\sigma = 5,76 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{K}^4}$).

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