

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.8.1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННЫХ СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА И ПЛАНКА ИЗ АНАЛИЗА ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НАГРЕТЫХ ТЕЛ.

ЦЕЛИ РАБОТЫ: при помощи пирометра с исчезающей нитью и термометры, определить постоянные Стефана-Больцмана и Планка, изучить модель АНТ.

ОБОРУДОВАНИЕ: пирометр, вольтметр, амперметр, АНТ, термометр, трубка с колбунами, лампа накаливания, медная лампа.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Закон Стефана-Больцмана для АНТ:

$W = GS(T^4 - T_0^4)$ где W - потребляем. (1)
 нитью мощность, S - излучающ. пов-ть
 нити, T - температура нити, T_0 - температура
 окр. среды

$W = \epsilon_{\Sigma} G \sigma T^4$ - з-н. для серого тела. (2)

$G = \frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 h^8} = 5,67 \cdot 10^{-12} \frac{Вт}{см^2 K^4}$ - (3)

ϵ_{Σ} - постоянная Стефана-Больцмана

$h = \frac{3}{\epsilon_{\Sigma}} \frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 G}$ - постоянная Планка (4)

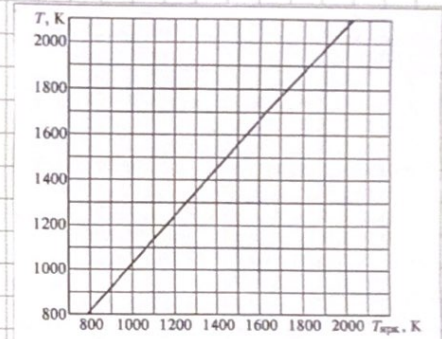


Рис. 1. График зависимости $T = f(1/R_{\text{нрл}})$ для вольфрама

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.

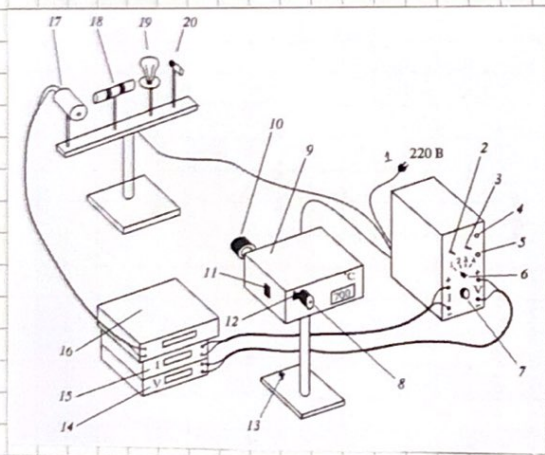


Рис. 2 - СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

1. - БЛОК ПИТАНИЯ
2. - ТИМЕР ВКЛЮЧЕНИЯ ПИТАНИЯ ПИРОМЕТРА
3. - ТИМЕР НАГРЕВА НИТИ ПИРОМЕТРА
4. - КНОПКА "НАГРЕВ НИТИ"
5. - КНОПКА "ОХЛАЖДЕНИЕ НИТИ"
6. - ТИМЕР ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ
7. - РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ НАГРЕВА ОБРАЗЦОВ
8. - ОКЛАД ПИРОМЕТРА
9. - КОРПУС ПИРОМЕТРА
10. - ОБЪЕКТ ПИРОМЕТРА
11. - ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ДИАПАЗОНОВ
12. - РУЧКА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ КРАСНОГО СВЕТА
13. - РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ БУНТ
14. - ВОЛЬТМЕТР (НАПР. НА МОДЕЛЬ АНТ)
15. - АМПЕРМЕТР (ТОК ЧЕРЕЗ АНТ)
16. - ВОЛЬТМЕТР И УСТ. ТЕМПЕРАТУРЫ
17. - МОДЕЛЬ АНТ
18. - ТРУБКА (КОЛБУНЫ ИЗ РАЖИВ. МАТЕР.)
19. - ЛАМПА НАКАЛИВАНИЯ
20. - МЕДНАЯ ЛАМПА.

ИЗМЕРЕНИЯ.1) Температура мкш АУТ 1242°C 2) Температура 1^{го} кольца $t_1 = 830^{\circ}$
2^{го} кольца $t_2 = 849^{\circ}$

3) Измерения для мкш:

Таблица 1 - Результаты измерений U и I от t

$t, ^{\circ}\text{C}$	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
I, A	0,64	0,639	0,734	0,955	0,999	1,056	1,100	1,140	1,245	1,383	1,515
$U, \text{В}$	15,60	20,68	28,19	42,10	46,61	51,83	56,14	59,28	70,92	86,34	102,45

4) Медная намотка кондовая, исключа на её "яркостную температуру" $\approx 900^{\circ}\text{C}$.

15.11.19

Обработка результатов.

I. Мы градуируем пирометр по АУТ, используя тот факт, что АУТ излучает и поглощает одинаково, т.е. его яркостная температура должна равняться его термодинамической температуре. Прорешив, что температура, полученная при измерении пирометром и хромень-анометром одинакова, делаем вывод, что пирометр настроен правильно.

II. Кольца из металла не являются АУТ, поэтому, естественно, что для разных материалов коэффициенты пропорциональности между яркостной температурой и термодинамической для разных тел - разные, поэтому при одинаковой терм. темп. пирометры получают разные яркости.

III. 1) Пересчитаем температуру из Таблицы 1 в Кельвины и пересчитаем температуру из яркостной в термодинамическую при помощи графика на рисунке 1, запишем результаты в Таблицу 2.

Таблица 2 - значения $T_{\text{терм}}$, $\ln(W)$, $\ln(T)$.

$T_{\text{терм}}, \text{K}$	$T_{\text{терм}}, \text{K}$	I, A	$U, \text{В}$	$W, \text{Вт}$	$\ln(T_{\text{терм}})$	$\ln(W)$
1173	1213	0,671	18,60	12,48	7,10	2,52
1273	1318	0,699	20,68	14,46	7,18	2,67
1373	1424	0,794	28,19	22,38	7,26	3,11
1473	1530	0,955	42,20	40,30	7,33	3,70
1573	1635	0,999	46,61	46,56	7,40	3,84
1673	1741	1,056	51,83	54,73	7,46	4,00
1773	1846	1,100	56,14	61,75	7,52	4,12
1873	1952	1,257	64,78	81,43	7,58	4,40
1973	2058	1,364	72,92	99,46	7,63	4,60
2073	2163	1,383	86,34	119,41	7,68	4,78
2173	2269	1,515	102,45	155,21	7,73	5,04

2) Рассчитаем значения $\ln(W) = \ln(I \cdot U)$ и значения $\ln(T_{\text{терм}})$ (см в Таблицу 2). Построим зависимость $\ln(W)$ ($\ln(T_{\text{терм}})$) на рис. 3. Видим, что точки из высокотемп. части попадают на прямую. Аппроксимируем по оси Y -м точкам (и по 6-ти).
 $n = (5,54 \pm 0,07)$ $n_6 = (4,18 \pm 0,05) \approx 4$

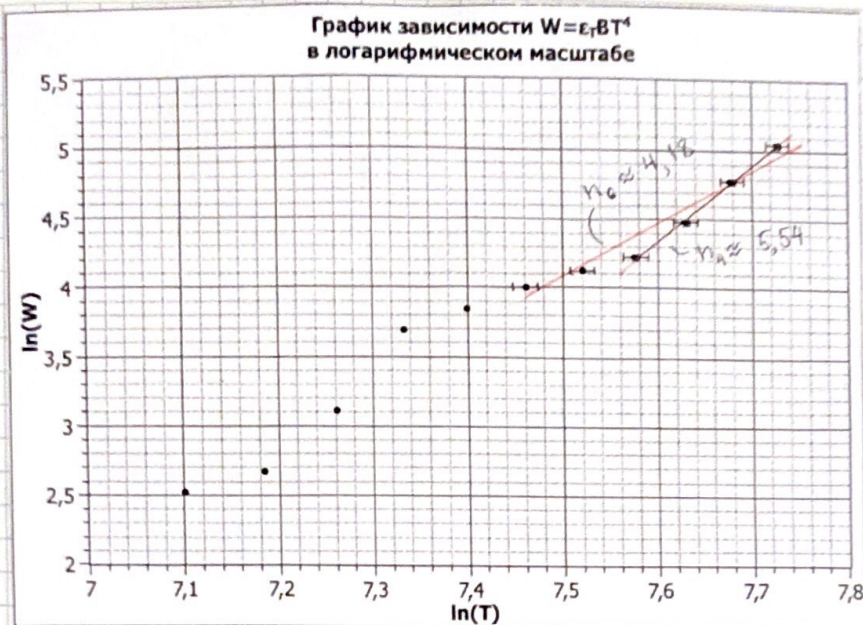


Рис 3- График зависимости $\ln(W)$ ($\ln(T)$).

- 3) Рассчитаем значения G и h для значений температур $T > 1700$ К, по формулам (3) и (4), полученные значения занесем в таблицу 3.

Таблица 3- Значения G и h и их погрешности

$T_{\text{теор}}, \text{К}$	$W, \text{Вт}$	$\sigma \cdot 10^5, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$	$\sigma_0 \cdot 10^5, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$	$h \cdot 10^{-34}, \text{Дж} \cdot \text{с}$	$\sigma_h \cdot 10^{-34}, \text{Дж} \cdot \text{с}$
1741	54,73	5,55	0,64	6,67	0,26
1846	61,75	4,64	0,50	7,08	0,26
1952	81,43	4,61	0,47	7,09	0,24
2058	99,46	4,31	0,42	7,25	0,24
2163	119,41	4,20	0,39	7,31	0,23
2269	155,21	4,10	0,36	7,38	0,22

- 4) Для G и для h рассчитаем погрешности, учитывая, что погр-ть для $U = 0,01$ В, для $I = 0,01$ А, для $T \approx 20$ К

$$\epsilon(W) = \sqrt{\epsilon(U)^2 + \epsilon(I)^2};$$

$$\epsilon(G) = \sqrt{W^2 + 4 \cdot \left(\frac{G(T)}{T}\right)^2}; \quad G(G) = G \cdot \epsilon(G).$$

$$\epsilon(h) = \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \epsilon(G)^2}; \quad G(h) = h \cdot \epsilon(h)$$

Занесем все эти значения для G и h и их погрешностей в таблицу 3.

Получим средние значения:

$$G = (4,57 \pm 0,47) \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$$

$$h = (7,12 \pm 0,23) \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

IV. Средние значением некоторой длины выбрано не характерном материале, а газоразным разрядом, поэтому несмотря на довольно высокую T , она известна.

Выводы: исследовали модель АЧТ, с целью тем, зависимости между ярк- и термодинамической температурой. Получили экспериментально значения

для $G = (4,57 \pm 0,47) \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}^4$

$h = (7,12 \pm 0,23) \cdot 10^{-34} \cdot \text{Дж} \cdot \text{с}$

$G_{\text{теор}} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}^4$

$h_{\text{теор}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Второй
ошиб