

Лабораторная работа №8.1

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

Драчов Ярослав
Факультет общей и прикладной физики МФТИ

10 ноября 2020 г.

1 Изучение работы оптического пирометра

Значение яркостной температуры модели АЧТ по шкале пирометра $T_{\text{ярк}} = 1113 \pm 1^\circ\text{C}$. Значение температуры модели АЧТ, измеренное при помощи хромель-алюмелевой термопары

$$T_{\text{термопары}} = \frac{48,0 \pm 1,0 \text{ мВ}}{41,0 \pm 1,0 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}} = (117 \pm 4) \cdot 10^1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Значения температуры, полученные обоими способами, мало отличаются друг от друга (не более 5%) и, следовательно, оптический пирометр работает исправно.

2 Измерение яркостной температуры накали- мых тел

Измерения яркостной температуры поверхности трубки и каждого из колец приведены в табл. 1. Различие яркостных температур колец при их

Трубка	887 °C
1, 3 кольца	797 °C
2, 4 кольца	756 °C

Таблица 1: Яркостная температура трубки и колец

одинаковой термодинамической температуре объясняется тем, что эти две величины связаны, в том числе, через спектральный коэффициент поглощения, который у разных материалов различный.

3 Проверка закона Стефана-Больцмана

Экспериментальные данные измерений температуры $T_{\text{ярк}}$, величины тока I и падения напряжения на нити лампы V представлены в табл. 2. За-

$T_{\text{ярк}}, ^\circ\text{C}$	I, A	V, B
910	0,696	20,31
998	0,761	26,03
1100	0,816	30,37
1200	0,868	34,85
1300	0,940	41,16
1400	1,025	48,9
1500	1,121	58,3
1600	1,232	69,9
1700	1,340	81,7
1800	1,49	99,9
1900	1,595	112,7

Таблица 2: Экспериментальные данные

висимость $T = f(T_{\text{ярк}})$, представленную на графике в лабораторном практикуме по общей физике (рис. 1) можно с определённой точностью считать

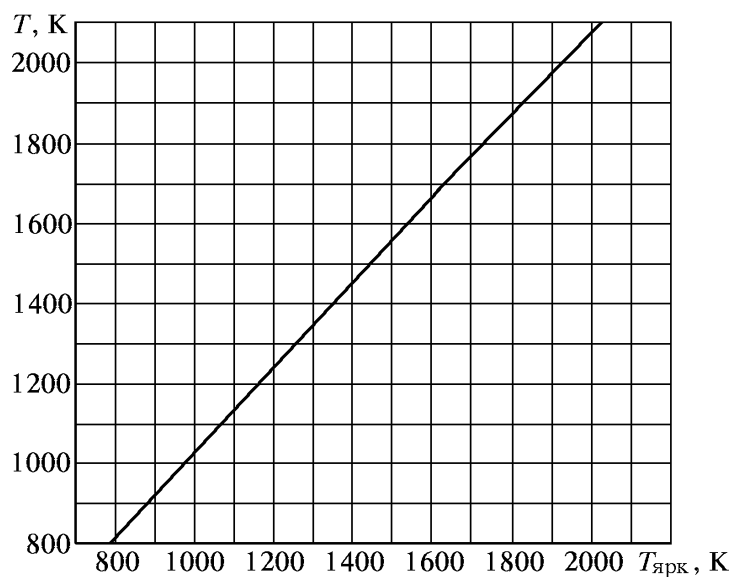


Рис. 1: График зависимости $T = f(T_{\text{ярк}})$ для вольфрама

линейной вида $T = -66,7 + 1,083 \cdot T_{\text{ярк}}$. Для каждого значения термодинамической температуры вычислим мощность, потребляемую нитью лампы по формуле $W = UI$, полученные данные представлены в табл. 3. График зависимости $W = f_2(T)$ представлен на рис. 2. Для проверки закона Стефана-Больцмана построим в логарифмическом масштабе график зави-

$T, ^\circ\text{C}$	$W, \text{Вт}$
$918,8 \pm 1,1$	$14,14 \pm 0,02$
$1014,1 \pm 1,1$	$19,81 \pm 0,03$
$1124,6 \pm 1,1$	$24,78 \pm 0,03$
$1232,9 \pm 1,1$	$30,25 \pm 0,04$
$1341,2 \pm 1,1$	$38,69 \pm 0,04$
$1449,5 \pm 1,1$	$50,12 \pm 0,11$
$1557,8 \pm 1,1$	$65,35 \pm 0,13$
$1666,1 \pm 1,1$	$86,12 \pm 0,14$
$1774,4 \pm 1,1$	$109,48 \pm 0,16$
$1882,7 \pm 1,1$	$148,85 \pm 0,18$
$1991,0 \pm 1,1$	$179,76 \pm 0,20$

Таблица 3: Зависимость мощности, потребляемой нитью лампы, W от термодинамической температуры T

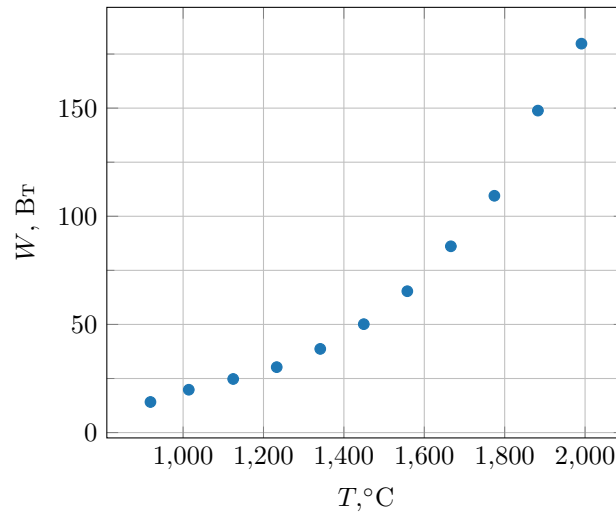


Рис. 2: Зависимость $W = f_2(T)$

симости $W = \varepsilon_T B T^n$ (рис. 3), т. е. функцию

$$\ln W = \ln(\varepsilon_T B) + n \ln T.$$

Из данной зависимости получаем $n = 3,92 \pm 0,14$, что в пределах погрешно-

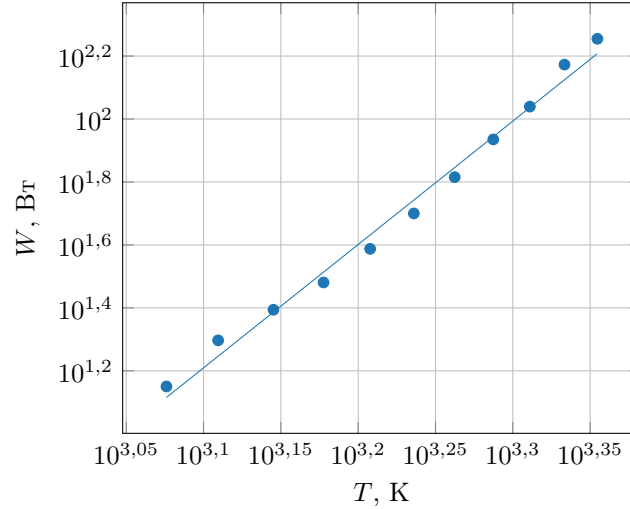


Рис. 3: График зависимости $W = \varepsilon_T B T^n$ в логарифмическом масштабе

сти совпадает с числом 4. Найдём величину постоянной Стефана-Больцмана по формуле

$$\sigma = \frac{W}{\varepsilon_T S T^4}$$

для каждого измеренного значения T , превышающего 1700 К. Результаты данных вычислений приведены в табл. 4. Среднее значение по серии изме-

$T, \text{ К}$	$\sigma, 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$
$1722,5 \pm 1,1$	$5,45 \pm 0,11$
$1830,8 \pm 1,1$	$5,22 \pm 0,10$
$1939,1 \pm 1,1$	$5,16 \pm 0,10$
$2047,4 \pm 1,1$	$5,00 \pm 0,10$

Таблица 4

рений

$$\sigma = (5,21 \pm 0,18) \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}}.$$

По формуле

$$h = \sqrt[3]{\frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 \sigma}}$$

определим значение постоянной Планка

$$h = (6,81 \pm 0,08) \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{с}.$$

Полученные значения σ и h почти сходятся с табличными.

4 Измерение «яркостной температуры» неоновой лампочки

Измеренная пирометром «яркостная температура» неоновой лампочки равна $T_{\text{ярк}} = 875^\circ\text{C}$, однако дотронувшись до лампочки рукой, можно отметить, что термодинамическая температура лампочки не соответствует измеренной «яркостной температуре» нагретого тела. Это объясняется тем, что неоновая лампочка в принципе не является моделью абсолютно чёрного или серого тела, её излучение носит совершенно другую природу (переход электронов между энергетическими уровнями). То, что её свет имеет такой же цвет, что и нагретое АЧТ — совпадение.