

Образец титульного листа

Полное название университета

.....
.....

Название кафедры

.....

Лабораторная работа № 5.3

**Изучение законов теплового излучения с помощью яркостного
пирометра**

Номер установки

Выполнил: обучающийся
группы
Фамилия И.О. студента

Проверил:
(преподаватель или доцент)
кафедры
Фамилия И.О. преподавателя

Самара 2021

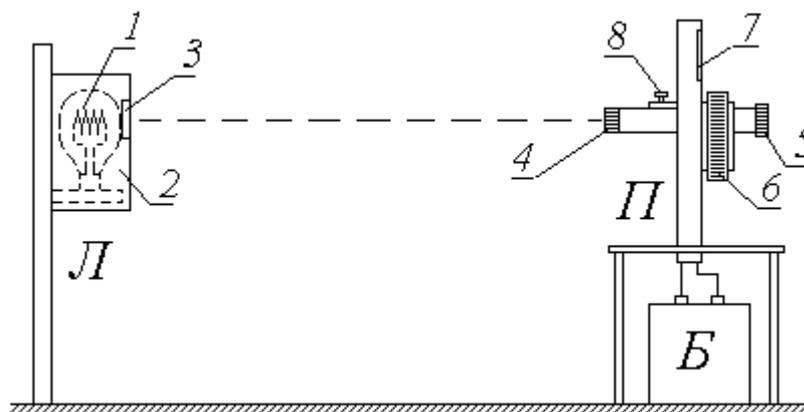
Лабораторная работа 5.3

Изучение законов теплового излучения с помощью яркостного пирометра

Цель работы

- 1) ознакомление с принципом действия яркостного пирометра и практическое измерение яркостной температуры нагретого тела;
- 2) применение закона Кирхгофа и формулы Планка для определения истинной температуры тела;
- 3) экспериментальная проверка справедливости закона Стефана-Больцмана.

Схема экспериментальной установки



Л – исследуемая лампа; *П* – пирометр; *Б* – батарея питания.

1 – нить накала лампы *Л*; *2* – защитный кожух; *3* – окно;

4 – объектив; *5* – окуляр; *6* – кольцо потенциометра;

7 – шкала; *8* – ввод/вывод нейтрального светофильтра

7 – шкала; *8* – ввод/вывод нейтрального светофильтра

Измерения и обработка результатов

1. Знакомимся с лабораторной установкой и измерительными приборами. Определяем цену деления вольтметра V_1 и амперметра A в цепи питания лампы L .

2. Подключаем эталонную лампу L к батарее питания B , замкнув тумблер K у основания пирометра.

3. Вращая по часовой стрелке кольцо b потенциометра P_2 на корпусе пирометра, увеличиваем подаваемое на эталонную лампу \mathcal{E} напряжение до тех пор, пока в окуляр не будет видна нить этой лампы (имеющая форму дуги). Если это изображение наблюдается не в красном свете, то вводим красный светофильтр $K\Phi$, повернув по часовой стрелке накатанное кольцо на оправе окуляра.

4. Убеждаемся в том, что нейтральный светофильтр $H\Phi$ выведен (при этом рычажок δ на корпусе пирометра должен быть повернут против часовой стрелки до упора). Включаем в сеть цепь питания исследуемой лампы L .

5. Записываем в таблицу рекомендуемые значения напряжения U . Действуя потенциометром P_1 и наблюдая за показаниями вольтметра, устанавливаем наименьшее из этих значений.

Номер опыта	U, B	I, A	$P, Вт$	$\ln P$	$t, ^\circ C$	$T_{я}, K$	T, K	$\ln T$
1	50	0.53	26.5	3.28	$t_1 = 1100$	1383	1461	7.287
					$t_2 = 1120$			
					$t_3 = 1110$			
					$\bar{t} = 1110$			
2	60	0.55	33	3.50	$t_1 = 1210$	1473	1562	7.354
					$t_2 = 1200$			
					$t_3 = 1190$			
					$\bar{t} = 1200$			
3	70	0.62	43.4	3.77	$t_1 = 1320$	1560	1660	7.415
					$t_2 = 1300$			
					$t_3 = 1240$			
					$\bar{t} = 1287$			
4	80	0.66	52.8	3.97	$t_1 = 1370$	1645	1757	7.471
					$t_2 = 1370$			
					$t_3 = 1375$			
					$\bar{t} = 1372$			
5	90	0.71	63.9	4.16	$t_1 = 1450$	1729	1853	7.525
					$t_2 = 1470$			
					$t_3 = 1450$			
					$\bar{t} = 1456$			
6	100	0.75	75	3.32	$t_1 = 1530$	1820	1958	7.580
					$t_2 = 1550$			
					$t_3 = 1560$			
					$\bar{t} = 1547$			

6. Смотрим в окуляр пирометра и убеждаемся в том, что нить лампы L видна в поле зрения.

7. Снимаем показания амперметра A и записываем значение силы тока в таблицу.

8. Наблюдая в окуляр пирометра изображения обеих нитей и вращая кольцо b потенциометра P_2 , добиваемся их одинаковой яркости. По шкале пирометра определяем яркостную температуру нити и занесите ее значение (в $^{\circ}C$) в таблицу.

9. Не глядя в окуляр, поворачиваем кольцо b против часовой стрелки, тем самым сбив настройку пирометра.

10. Повторяем пп. 9 и 10 еще дважды. Рассчитываем и занесите в таблицу среднее из трех значений температуры t . Переводим это значение из $^{\circ}C$ в кельвины и заполняем следующий столбец таблицы (T_j).

11. Увеличивая напряжение U на лампе L согласно рекомендациям, выполняем пп. 8-11 еще пять раз. Когда показания пирометра будут близки к концу его верхней шкалы, поворотом рычажка 8 по часовой стрелке на 90° вводим нейтральный светофильтр $НФ$; после этого считываем показания с нижней шкалы.

12. Для каждого из проделанных опытов рассчитываем по формуле

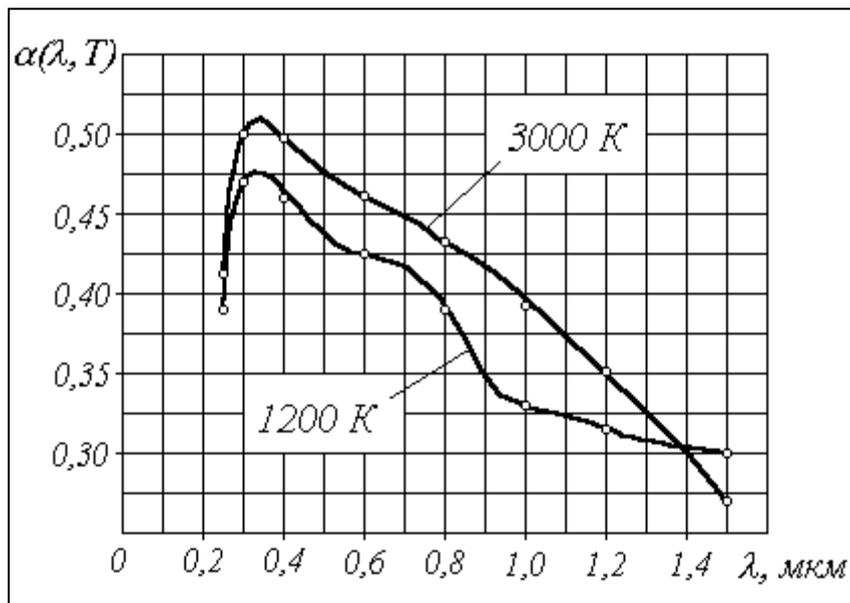
$$P = UI$$

мощность P и величину $\ln P$; заносим найденные значения в соответствующие столбцы таблицы.

13. Используя справочные данные о коэффициенте поглощения вольфрама (см. график ниже), оцениваем его среднее в исследованном температурном диапазоне значение α_{λ} при длине волны $\lambda = 660 \text{ нм}$. Выразив величину λ в метрах, по формуле

$$C = \frac{\lambda k \ln \alpha_{\lambda}}{hc}$$

вычисляем константу C (в K^{-1}) и записываем ее в тетрадь.



Коэффициент поглощения (степень черноты) вольфрама α

$$\alpha_\lambda \approx 0.43$$

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$$

$$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$c = 3.00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

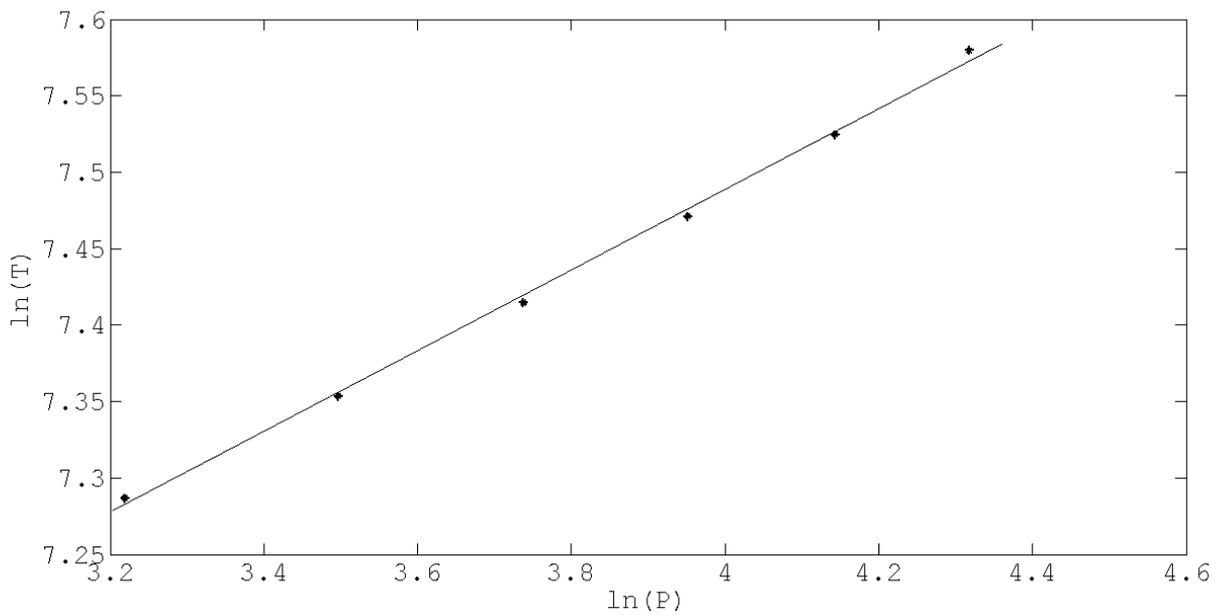
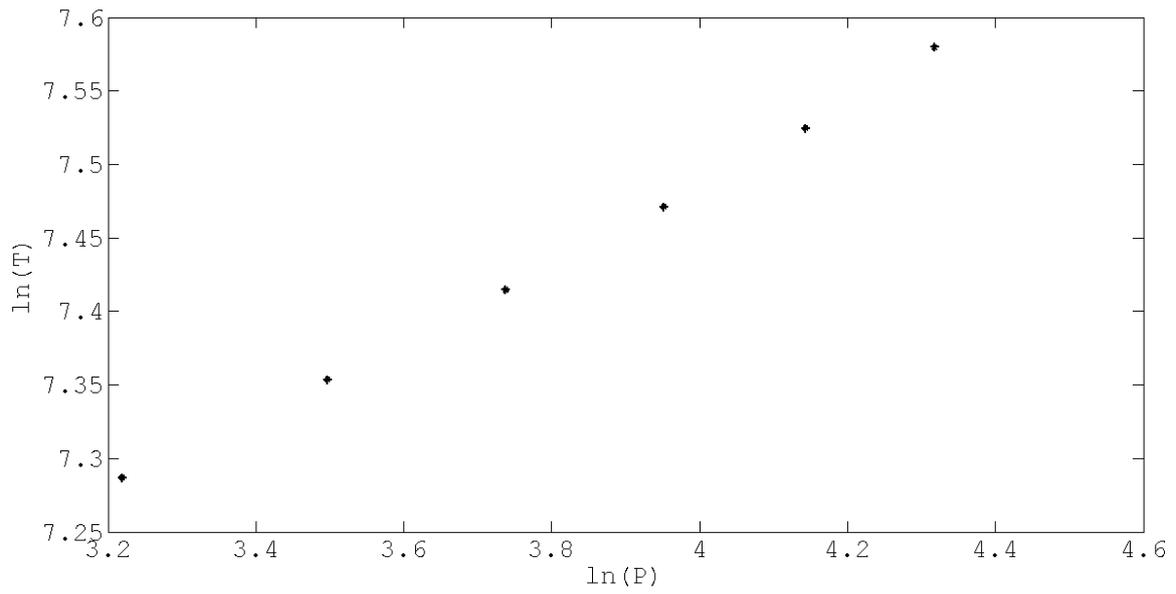
$$C = \frac{\lambda k \ln \alpha_\lambda}{hc} = \frac{660 \cdot 10^{-9} \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot \ln(0.43)}{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3.00 \cdot 10^8} = -38.65 \cdot 10^{-6}$$

14. Для каждого опыта рассчитываем по формуле

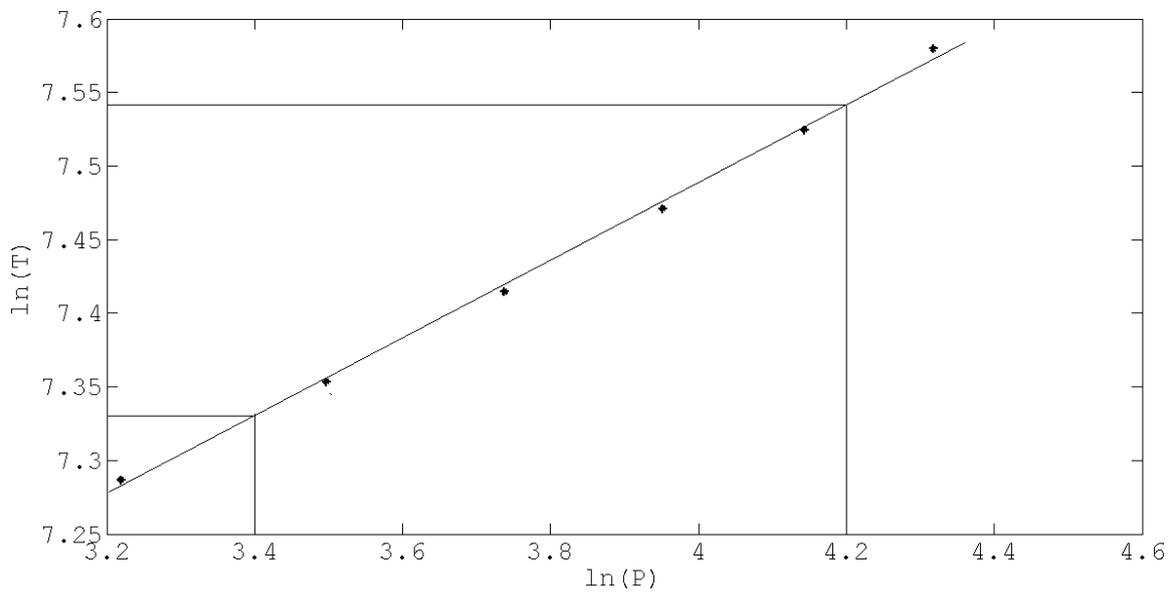
$$T = \frac{1}{\frac{1}{T_\lambda} + C}$$

истинную температуру T нити накала лампы L , а также величину $\ln T$. Заполняем соответствующие столбцы таблицы.

15. Наносим экспериментальные точки на график зависимости $\ln T$ от $\ln P$; проводим по ним сглаживающую прямую.



Оцениваем (с учетом масштаба!) угловой коэффициент этой прямой.



$$\begin{aligned}\Delta \ln P &= 4.2 - 3.4 = 0.8 \\ \Delta \ln T &\approx 7.54 - 7.33 \approx 0.21 \\ C &= \frac{\Delta \ln T}{\Delta \ln P} \approx \frac{0.21}{0.8} \approx 0.26\end{aligned}$$

Делаем вывод о применимости закона Стефана-Больцмана для данного объекта исследования.

Вывод: мы получили значение коэффициента C равное 0.26, которое является близким к точному значению 0.25, что свидетельствует о применимости закона Стефана-Больцмана.