

ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОГО ПИРОМЕТРА

Выполнил студент гр. _____

Ф.И.О. _____

Подпись преподавателя _____
(обязательна после окончания эксперимента)

дата _____

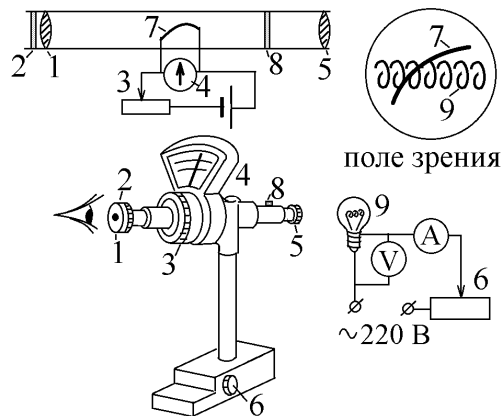
Цель работы: ознакомиться с методами оптической пирометрии, с их помощью определить температуру нагретого тела и вычислить экспериментальное значение постоянной Стефана-Больцмана.

Описание установки

Принцип действия яркостного пирометра основан на сравнении яркости исследуемого нагретого тела (нити накаливания лампочки 9) с яркостью эталонного абсолютно черного тела, которым является нить накала пирометрической лампы 7. Обе нити наблюдаются в поле зрения окуляра 1. Вращением кольца наводки резкости 5 перемещают объектив, направленный на нить накала 9, и добиваются одинаково четких накладывающихся изображений обеих нитей.

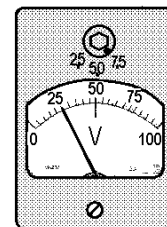
Яркость изображений сравнивают в интервале длин волн $\Delta\lambda$, для чего на пути лучей от источников 7 и 9 ставят светофильтр 2, пропускающий красный свет с $\lambda = 660$ нм.

Регулятор 6 позволяет менять накал лампочки, изменяя истинную температуру T её нити. Накал эталонной нити 7 пирометра увеличивают или уменьшают, вращая регулятор 3 на пирометре и изменяя ток, текущий через реостат, до тех пор, пока в поле зрения окуляра нить 7 не станет неразличимой на фоне раскаленной нити накала лампочки 9. При этом эталонная нить пирометра имеет яркостную температуру $T_{\text{я}}$, которую определяют по верхней шкале стрелочного прибора 4. Если лампочка 9 очень яркая и стрелка пирометра зашкаливает, включают дополнительный красный светофильтр 8, ослабляя поток света, и проводят измерения по нижней шкале 4 пирометра.



Порядок выполнения работы

1. **Не включая установку в сеть**, ознакомиться с расположением ручек регулировки лабораторной установки и пирометра. Определить цену деления вольтметра и амперметра. Например, точка на круглой ручке измерительного прибора (вольтметра) расположена напротив значения 7,5. Тогда максимальное значение напряжения на шкале вольтметра равно $U_{\text{max}} = 7,5$ В, а вольтметр, изображенный на рисунке, измеряет напряжение $U = 7,5 \cdot 25/100 = 1,875$ В.



2. Поставить регуляторы исходное положение, повернув регулятор 3 до упора против часовой стрелки, а регулятор 6 – по часовой стрелке. **После этого** включить установку и пирометр в сеть.

3. Регулятором 6 установить ток $I = 0,45$ А лампе 9. Записать значения тока и напряжения в таблицу (рекомендуемые значения тока указаны на установке).

4. Вращая регулятор 3 по часовой стрелке добиться появления в поле зрения окуляра нити пирометра 7 на фоне светящейся нити лампы. Регуляторами 2 и 5 добиться их четкого изображения.

5. Вращением регулятора 3 добиться одинаковой яркости видимых в окуляр нитей. По верхней шкале 4 пирометра определить яркостную температуру $t_{\text{я}}^0$ в градусах Цельсия. Для заданного тока I измерение произвести три раза, каждый раз регулятором 3 выравнивая яркость нитей.

6. Измерения яркостной температуры $t_{\text{я}}^0$ выполнить для трёх других значений тока I , указанных на установке, повторяя действия пунктов 3-5. Все результаты измерения занести в таблицу.

7. Для каждого значения тока вычислить среднюю яркостную температуру $\langle t_{\text{я}}^0 \rangle$ в градусах Цельсия, и по формуле $T_{\text{я}} = \langle t_{\text{я}}^0 \rangle + 273$ в градусах Кельвина. По формуле $P = I \cdot U$ определить мощность, потребляемую лампой.

8. По формуле $T = \frac{T_{\text{я}}}{1 + C_2 T_{\text{я}}}$, где $C_2 = \frac{\ln a_{\lambda T}}{C_1} = -3,66 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

для каждого значения тока определить истинную температуру нити накала лампы.

9. Для каждого значения тока по формуле

$$\sigma = \frac{\alpha IU}{a_{\lambda T} T^4 S}$$

рассчитать величину постоянной Стефана-Больцмана. Здесь $S = 7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ - площадь нити накала, $a_{\lambda T} \approx 0,45$ - поглощательная способность вольфрама, $\alpha = 0,85$.

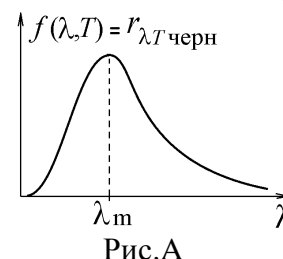
10. Вычислить среднюю величину $\langle \sigma \rangle$. Все результаты занести в таблицу.

Таблица

$I, \text{ A}$				
$U, \text{ В}$				
$P, \text{ Вт}$				
$t_{\text{я}}^0, ^\circ\text{C}$				
$\langle t_{\text{я}}^0 \rangle, ^\circ\text{C}$				
$T_{\text{я}} = \langle t_{\text{я}}^0 \rangle + 273, \text{ K}$				
$T, \text{ K}$				
$\sigma, \text{ Вт/м}^2\text{K}^4 \cdot 10^{-8}$				
$\langle \sigma \rangle =$				

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 49

1. Что представляет собой тепловое излучение нагретого тела?
2. Какая величина называется спектральной излучательной способностью? спектральной поглощательной способностью? энергетической светимостью?
3. В чем заключается закон Кирхгофа для теплового излучения? Какой смысл имеет универсальная функция $f(\lambda, T)$ в этом законе?
4. Что называется абсолютно черным телом? Приведите примеры таких тел.
5. Как, зная излучательную способность, найти энергию, излучаемую нагретым телом за время Δt ?
6. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина для излучения абсолютно черного тела?
7. Как изменится график излучательной способности абсолютно черного тела (рис.А) при увеличении температуры? Нарисуйте на одном поле два графика зависимости $r_{\lambda T \text{ черн}}$ от λ при разных температурах.
8. По прямому проводу длины l с малым радиусом r , находящемуся в вакууме, течет ток I . Удельное сопротивление провода ρ . Определите установившуюся температуру провода.
9. Чем отличаются энергетические светимости абсолютно черного и “серого” тела? Можно ли все реальные тела считать “серыми”?
10. Объясните назначение всех элементов лабораторной установки и объясните принцип её действия.
11. Зачем в данной работе используется светофильтр? Почему измерения нельзя выполнить без светофильтра?
12. В чем состоит суть метода оптической пирометрии? Как можно измерить температуру нагретого тела на расстоянии по его яркости? Температура какого тела определяется по шкале пирометра?
13. Что называется яркостной температурой наблюдаемого тела (нити накала)?
14. Объясните формулу $\underbrace{r_{\lambda \text{ черн}}(\lambda, T_{\text{я}}) \Delta \lambda}_{\text{для нити пирометра 7}} = \underbrace{r_{\lambda}(\lambda, T) \Delta \lambda = a_{\lambda T} r_{\lambda \text{ черн}}(\lambda, T) \Delta \lambda}_{\text{для нити накала лампочки 9}}$.
15. Абсолютно черное и “серое” тело имеют одинаковую температуру. Какое из этих тел имеет большую яркость? большую яркостную температуру?



Теоретические сведения к данной работе можно найти в учебных пособиях:

1. Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х тт. – СПб., М., Краснодар: Лань, 2008. – Т. 3: §§2, 4-6.
2. Колмаков Ю.Н., Пекар Ю.А., Лежнева Л.С., Семин В.А. Основы квантовой теории и атомной физики, - изд. ТулГУ. 2010, гл.1 §§1-5.