

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 120

Исследование излучения абсолютно черного тела

Цель работы: проверка закона Стефана – Больцмана для энергетической светимости абсолютно черного тела.

Методика измерений

В данной работе исследуется зависимость энергетической светимости M_e^0 модели абсолютно черного тела от температуры, которая выражается законом Стефана – Больцмана (10.7):

$$M_e^0 = \sigma T^4, \quad (10.34)$$

т.е. энергетическая светимость M_e^0 пропорциональна абсолютной температуре тела в четвертой степени.

Моделью абсолютно черного тела может служить печь с небольшим отверстием, Напротив отверстия помещается измерительный прибор, ток i в цепи которого пропорционален мощности падающего на него излучения, которая, в свою очередь, пропорциональна энергетической светимости M_e^0 излучения, исходящего из отверстия печи. Исходя из этого можно записать

$$i = kM_e^0, \quad (10.35)$$

где k - коэффициент пропорциональности.

Подставляя M_e^0 из закона Стефана - Больцмана (10.34), получаем:

$$i = k\sigma T^4.$$

Логарифмируя это выражение, имеем

$$\ln i = \ln k + \ln \sigma + 4 \ln T. \quad (10.36)$$

Заменяем

$$\text{const} = \ln k + \ln \sigma$$

и окончательно записываем

$$\ln i = 4 \ln T + \text{const}. \quad (10.37)$$

Из выражения (10.37) следует, что зависимость $\ln i$ от $\ln T$ изображается прямой линией с угловым коэффициентом, близким к 4.

Экспериментальная установка

Для изучения излучения абсолютно черного тела предназначена экспериментальная установка, общий вид которой приведен на рис.10.7.

Моделью абсолютно черного тела служит электрическая печь с маленьким отверстием 2. Нагрев печи осуществляется нагревательной спиралью 3. Степень нагрева можно изменять с помощью рукоятки 8. При крайнем левом положении рукоятки 8 мощность нагревательной спирали минимальна, при повороте рукоятки по часовой стрелке мощность нагрева возрастает.

Для измерения температуры в печи в нее помещается термопара 5. Термопара представляет собой две проволоочки из разных материалов,

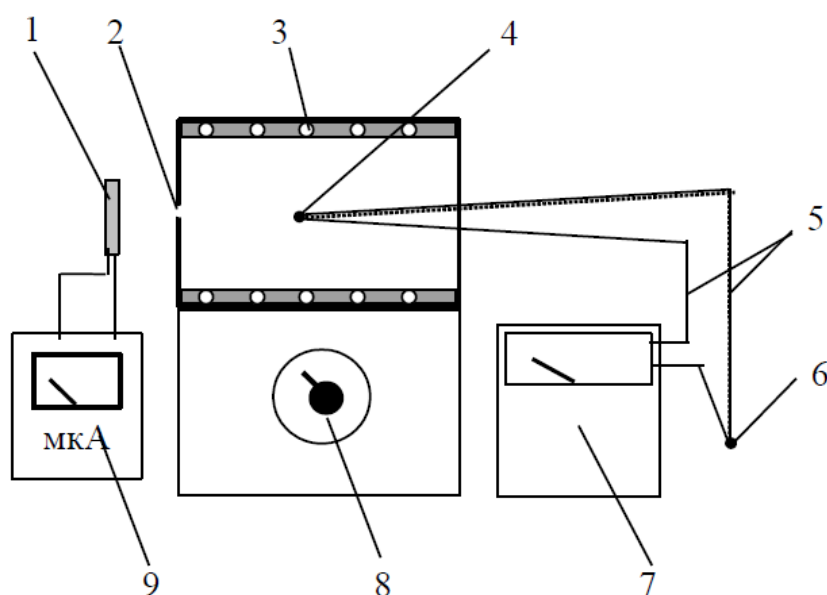


Рис. 10.7

которые спаяны с двух концов. Один спай 4 находится в печи, другой спай 6 – в комнате. Если температуры спаев различны, то по термопаре будет течь ток, пропорциональный разности температур спаев (разности температур в печи и в комнате).

Эта разность температур измеряется стрелочным прибором 7, подключенным к термопаре 5. Для определения абсолютной температуры T в печи к показанию прибора t_1 нужно прибавить температуру t_2 холодного спаев (которая измеряется термометром в комнате) и выразить результат в абсолютной шкале:

$$T = t_1 + t_2 + 273[\text{K}]. \quad (10.38)$$

Напротив отверстия печи устанавливается термостолбик 1, который представляет собой несколько термопар, соединенных последовательно. Один ряд спаев (например, нечетный) нагревается под действием излучения из отверстия печи, другой ряд спаев защищен от действия излучения диафрагмой.

Ток i , протекающий через термостолбик **пропорционален энергетической светимости печи**. Величина этого тока измеряется с помощью микроамперметра 9.

Порядок выполнения работы

1. Повернуть рукоятку 8 в положение 1 и подключить печь к электросети (220 В).

2. Примерно через $\tau = 10$ мин, когда в печи установится состояние, близкое к равновесному, с температурой $t_1 = 300^\circ\text{C}$ (по показаниям стрелочного прибора) записать в табл.10.1 значение тока i по микроамперметру 9.

3. Постепенно повышать температуру печи, последовательно (после очередного измерения) поворачивая рукоятку 8 в положения 2, 3 и т.д. По мере нагрева через каждые 100°C записывать показания микроамперметра в табл.10.1.

4. По достижении температуры $t_1 = 700^\circ\text{C}$ снять последнее значение тока по микроамперметру и **выключить** печь из электросети. Повернуть рукоятку 8 в положение 0.

Таблица 10.1

№ п.п.	t_1 $^\circ\text{C}$	t_2 $^\circ\text{C}$	T К	$\ln T$ –	i мкА	$\ln i$ –
1	300					
2	400					
3	500					
4	600					
5	700					

5. Записать значение температуры t_2 по термометру в комнате.

6. Рассчитать значения абсолютной температуры в печи по формуле (10.38).

7. Рассчитать значения $\ln T$ и $\ln i$. Построить график зависимости $\ln i = f(\ln T)$. По графику выбрать две произвольные точки 1 и 2 и определить угловой коэффициент полученного графика по формуле

$$k = \frac{\ln i_2 - \ln i_1}{\ln T_2 - \ln T_1}. \quad (10.39)$$

8. Сравнить значение k с теоретическим коэффициентом из закона Стефана – Больцмана, равным 4 (см. формулу (10.37)), и рассчитать относительное отклонение полученной величины по формуле:

$$\delta = \frac{4 - k}{4} \cdot 100\%. \quad (10.40)$$

Контрольные вопросы

1. Что в данной работе является моделью абсолютно черного тела?
2. Каким образом в данной работе исследуется энергетическая светимость печи?
3. Что такое термопара?
4. Как определить абсолютное значение температуры печи?