



## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Проведение косвенного измерения зависимости интенсивности излучения лампы накаливания с вольфрамовой нитью накаливания от температуры с помощью термоэлектрического элемента Молля.
- Измерение сопротивления нити накаливания, чтобы определить температуру нити накаливания.
- Построение графика зависимости по результатам измерений  $\ln(U_{th})$  от  $\ln(T)$  и определение показателя степени по наклону получившейся прямой линии.

## ЦЕЛЬ ОПЫТА

Проверка того, что интенсивность излучения пропорциональна четвертой степени температуры,  $T^4$

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Зависимость интенсивности излучения абсолютно черного тела от температуры описывается законом Стефана-Больцмана. Аналогичную зависимость от температуры имеет излучение лампы накаливания с вольфрамовой нитью накаливания. В этом опыте для проведения косвенного измерения с целью подтверждения правильности закона используется термоэлектрический элемент Молля. Температуру нити накаливания можно определить по зависимости ее сопротивления от температуры, которое можно очень точно определить с помощью четырехпроводной схемы измерения.

## НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

| Кол-во | Наименование   | № по каталогу  |
|--------|--|----------------|
| 1      | Лампа для опытов по изучению закона Стефана-Больцмана                  | U8490050       |
| 1      | Источник питания постоянного тока, 0–20 В, 0 А (230 В, 50/60 Гц)       | U33020-230 или |
|        | Источник питания постоянного тока, 0–20 В, 0 А (115 В, 50/60 Гц)       | U33020-115     |
| 1      | Термоэлектрический элемент Молля                                       | U8441301       |
| 3      | Цифровой универсальный измерительный прибор P1035                      | U11806         |
| 2      | Тяжелая круглая опора весом 1 кг                                       | U13265         |
| 1      | Набор из 15 безопасных соединительных проводов для опытов длиной 75 см | U138021        |

2

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

И общая интенсивность, и спектральное распределение теплового излучения тела зависят от температуры тела и характера его поверхности. При определенной длине волны и температуре тело излучает больше, если оно также способно лучше поглощать тепло. Абсолютно черное тело, тело с идеальными характеристиками поверхности, полностью поглощает излучение всех длин волн и поэтому может давать наибольшее тепловое излучение при данной температуре. При исследовании зависимости излучения тепла от температуры предполагается, что исследуемое тело именно такое.

Зависимость интенсивности излучения  $S$  абсолютно черного тела от температуры описывается законом Стефана-Больцмана.

$$(1) \quad S_0 = \sigma \cdot T^4$$

$T$ : абсолютная температура

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} : \text{постоянная Стефана-Больцмана}$$

Напрямую определить эту интенсивность невозможно, так как тело будет также одновременно поглощать излучение из окружающей среды. Поэтому измеряемая интенсивность записывается следующим образом:

$$(2) \quad S_1 = \sigma \cdot (T^4 - T_0^4)$$

$T_0$ : абсолютная температура окружающей среды

Свет, излучаемый лампой накаливания, также учитывается как тепловое излучение. В этом случае температура нити накаливания определяется таким образом, что большое количество тепла излучается в спектре видимого света. Зависимость общей интенсивности излучения от температуры эквивалентна этой зависимости для абсолютно черного тела:

$$(3) \quad S = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_0^4)$$

Это происходит потому, что нить накаливания поглощает часть  $\varepsilon$  излучения всех частот.

В этом опыте исследуется лампа накаливания такого типа с вольфрамовой нитью накаливания, чтобы определить, как интенсивность излучения зависит от температуры. Для измерения относительной интенсивности излучения используется термоэлектрический элемент Молля. Температуру нити накаливания можно определить по зависимости ее сопротивления от температуры:

$$(4) \quad R = R_0 (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$$

$R_0$ : сопротивление при температуре окружающей среды  $T_0$

$$\alpha = 4,4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}} \text{ для вольфрама}$$

$R$  можно очень точно определить с помощью четырехпроводной схемы измерения.

## ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Нижеприведенное выражение для температуры  $T$  получено из выражения (4)

$$T = \frac{R - R_0}{\alpha \cdot R_0} + T_0$$

Однако выражение (4) является лишь хорошим приближением. Для получения более точных результатов можно воспользоваться таблицей, имеющейся в инструкции по эксплуатации лампы для опытов по проверке закона Стефана-Больцмана.

В этом опыте температуры  $T$  выбираются настолько высокими, чтобы температурой окружающей среды  $T_0$  в выражении (3) можно было пренебречь. Вместо абсолютной интенсивности  $S$  измеряется напряжение термоэлектрического элемента  $U_{th}$ , являющееся мерой относительной интенсивности. Тогда выражение (3) можно переписать следующим образом

$$U_{th} = a \cdot T^4 \text{ или } \ln(U_{th}) = \ln(a) + 4 \cdot \ln(T)$$

Это означает, что график зависимости  $\ln(U_{th})$  от  $\ln(T)$  покажет, что все результаты измерения лежат на прямой линии с наклоном 4.

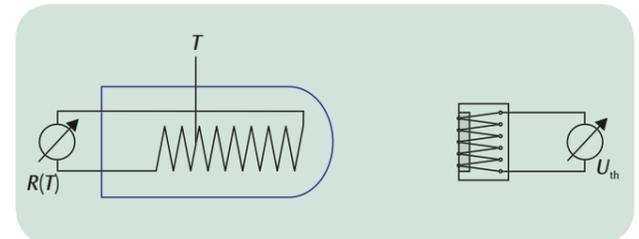


Рис. 1: Схема установки

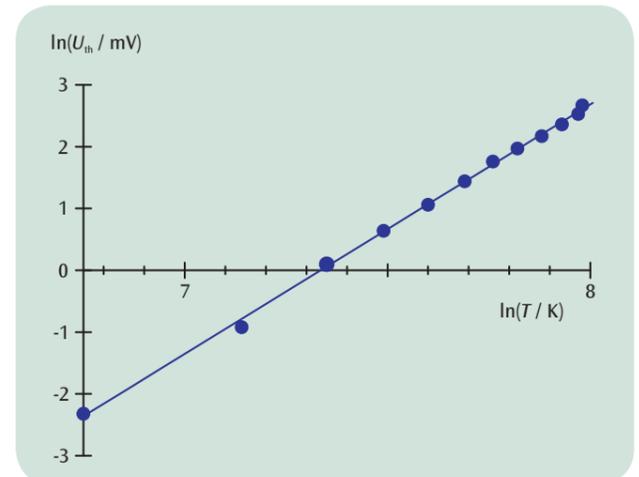


Рис. 2: График зависимости  $\ln(U_{th})$  от  $\ln(T)$