



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № _____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске: _____

Отметка о защите: _____

Брянск 20 ____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 54

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СВЕТООТДАЧИ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СТЕФАНА-БОЛЬЦАНА

Цель работы: изучение законов теплового излучения и определение светоотдачи лампочки накаливания.

Теоретическое введение.

Тепловое излучение – это электромагнитные волны испускаемые нагретым телом, находящимся в состоянии термодинамического равновесия.

Количество электромагнитной энергии, излучаемой телом в единицу времени в видимой части частотного спектра, называется **световым потоком** и обозначается буквой Φ . Единица измерения – люмен.

Количество электромагнитной энергии, падающее на единицу площади в единицу времени, называется **освещенностью** и обозначается буквой E . Единица измерения – люкс.

Связь между освещенностью и световым потоком дается выражением:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (1)$$

Если источник излучает свет по всем направлениям одинаково, то для маленькой площади, расположенной перпендикулярно направлению распространения света на расстоянии r от источника освещенность можно определить следующим образом:

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\Phi}{4\pi r^2} \quad (2)$$

Следовательно, световой поток можно вычислить через освещенность по формуле:

$$\Phi = E \cdot 4\pi r^2 \quad (3)$$

Эталонным телом в теории теплового излучения, с которым сравнивают излучение любых других тел, является абсолютно черное тело. Абсолютно черное тело полностью поглощает падающее на него излучение.

Приведем два основных закона теплового излучения абсолютно черного тела.

1. Закон Стефана-Больцмана

$$R_{\Sigma} = \sigma T^4 \quad (4)$$

Здесь R_{Σ} – интегральная лучеиспускательная способность, т.е. полное количество электромагнитной энергии, излучаемой с единицы поверхности в единицу времени; T – абсолютная температура тела; σ - постоянная Стефана-Больцмана.

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}^4$$

2. Закон смещения Вина

$$\lambda_m = \frac{c_1}{T} \quad (5)$$

Здесь λ_m – длина волны, на которую приходится максимум излучаемой электромагнитной энергии; c_1 – константа Вина.

$c_1 = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м.К.

Любое тело имеет интегральную лучеиспускательную способность меньшую, чем у абсолютно черного тела при той же температуре. Таким образом, для произвольного тела количество электромагнитной энергии, излучаемой в единицу времени дается:

$$W = \alpha \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot S \quad (6)$$

α – коэффициент черноты, причем $\alpha < 1$; S – площадь излучающей поверхности.

Температура нити накала в осветительных приборах такова, что λ_m лежит в инфракрасной области спектра, т.е. нить накала испускает в основном инфракрасные электромагнитные волны, которые вызывают лишь тепловой эффект. На видимое излучение приходится всего лишь несколько процентов излучаемой энергии. Таким образом лампочка накаливании не столько светит, сколько греет. Т.к. назначение лампочки светить, т.е. давать излучение в видимой части электромагнитного спектра, то эта ее функция характеризуется физической величиной, называемой светоотдачей.

$$\eta = \frac{\Phi}{W_0} \quad (7)$$

где W_0 – мощность электрического тока, протекающая в нити накаливания. Мощность электрического тока определяется выражением:

$$W_0 = I \cdot U \quad (8)$$

I – сила тока, U – напряжение, которым запитывают лампочку.

Коэффициент светоотдачи η характеризует экономичность лампочки, потому что, чем больше η , тем большая доля подводимой к лампочке электрической энергии приходится на видимую часть спектра.

Исходя из закона смещения Вина (5), можно заключить, что с ростом подводимой к лампочке энергии светоотдача должна расти. Действительно с ростом подводимой энергии W_0 растет температура нити накала. С ростом температуры длина волны λ_m убывает, т.е. максимум излучения приближается к области длин волн, которая соответствует видимому излучению. Таким образом, доля видимой части электромагнитного излучения растет.

Из всего вышесказанного следует, что величина Φ растет не только из-за общего роста излучаемой в единицу времени энергии, но и дает дополнительный рост, обусловленный законом Вина. Все это приводит к увеличению светоотдачи лампочки при увеличении W_0 . Если бы нить накала могла выдержать температуру порядка 6000°C , то λ_m попал бы в центр интервала длин волн, соответствующего видимому излучению и большая часть подводимой энергии излучалась бы в виде света. Температуру 6000°C

имеет поверхность Солнца. В данной работе освещенность E определяется с помощью фоторезистора ФСК-3. Излучение от исследуемой лампочки падает на фоторезистор, включенный в схему, согласно рис 1. Под действием видимой части этого излучения сопротивление фоторезистора уменьшается и миллиамперметр регистрирует возрастание электрического тока. воспользовавшись показанием миллиамперметра и градуировочным графиком определяем освещенность на окошке фоторезистора. Далее световой поток может быть определен по формуле (3), а светоотдача по формуле (7).

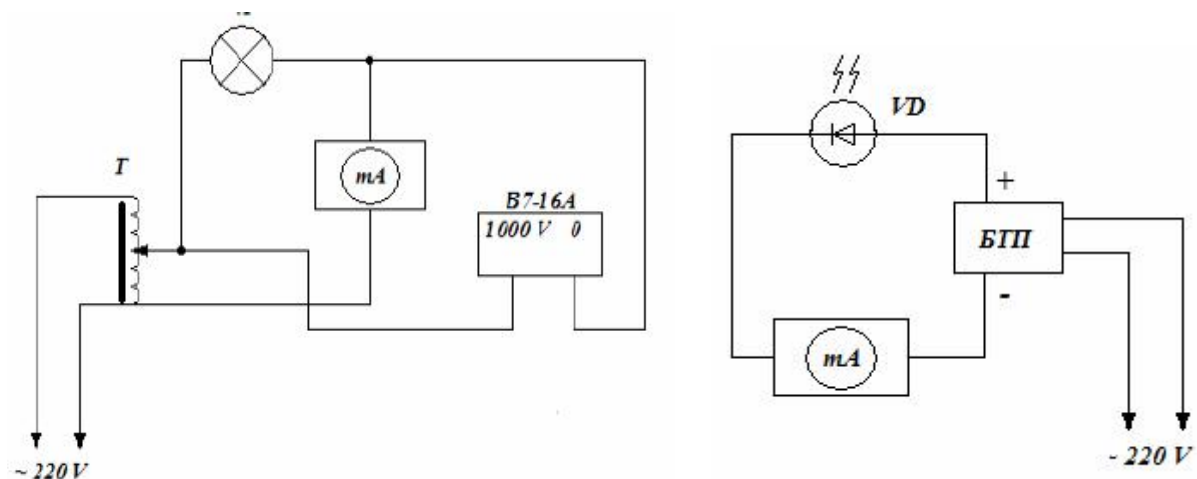


Рис 1.

Приборы и принадлежности:

1. Электрическая лампочка.
2. Вольтметр цифровой.
3. Цифровой миллиамперметр.
4. Фоторезистор.
5. Автотрансформатор.
6. Амперметр.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Лампа накаливания включена в цепь переменного тока через автотрансформатор, позволяющий менять ток через лампу и, следовательно, температуру нити накаливания. Силу тока I , протекающего через лампу, измеряет миллиамперметр, напряжение U на лампе – вольтметр. На расстоянии $r = 1\text{ м}$ от лампы расположен сернисто-кадмиевый фоторезистор ФСК-3. Фоторезистор – полупроводниковое устройство, сопротивление которого зависит от освещенности E : чем больше освещенность, тем меньше сопротивление фоторезистора. Соответственно меняется и сила тока в цепи фоторезистора: чем больше освещенность, тем больше сила тока I_Φ в цепи

фоторезистора. Зная ток фоторезистора, по графику зависимости $I_{\Phi}(E)$ можно определить освещенность фоторезистора и световой поток, падающий на его поверхность от лампы.

Для определения освещенности E и температуры T нити лампы к работе прилагаются два графика – зависимость сопротивления нити от температуры $R(T)$ и тока фоторезистора от освещенности $I_{\Phi}(E)$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. С разрешения преподавателя подключить шнур питания установки к клеммам электрического щита напряжением 220 В.
2. Подготовить к работе измерительные приборы – миллиамперметры и вольтметр.
3. С помощью ручки автотрансформатора выставить на вольтметре напряжение
 $U = 120 \text{ В}$.
4. Снять показания тока I в цепи лампы и тока I_{Φ} в цепи фоторезистора.
5. Те же измерения провести для напряжений 140, 160, 180, 200, 220 В. Занести данные в таблицу. ***Внимание! Фоторезистор – инертный прибор, поэтому ему требуется некоторое время, чтобы отреагировать на изменение освещенности.***
6. По окончании измерений выставить ручку автотрансформатора на минимальное напряжение (лампа не светится), отключить измерительные приборы.
7. Зная ток и напряжение в цепи лампы, рассчитать мощность, выделяющуюся в нити, $W = IU$, для каждого значения напряжения. Занести результаты расчетов в таблицу.
8. По этим же данным рассчитать сопротивление лампы, $R = U/I$. Занести результаты расчетов в таблицу.
9. По графику $R(T)$ определить температуру нити T , занести в таблицу.
10. Рассчитать и занести в таблицу значения T^4 .
11. По графику зависимости $I_{\Phi}(E)$ определить освещенность фоторезистора, то есть освещенность, создаваемую лампой на расстоянии $r = 1 \text{ м}$. Занести результаты в таблицу.
12. По формуле (3) рассчитать световой поток Φ , по формуле (7) светоотдачу лампы η . Занести результаты расчетов в таблицу.

№ изм.	U, В	I, А	W, Вт	R, Ом	T, К	T ⁴ , К ⁴	I _ф , мА	E, лк	Φ, лм	η, лм/Вт
1	120									
2	140									
...	...									
6	220									

13. По данным таблицы построить график зависимости светотдачи η лампы накаливания от температуры T . Сделать выводы.
14. По данным таблицы построить график зависимости мощности W , выделяемой в нити, от четвертой степени термодинамической температуры T^4 .
15. Считая, что вся мощность, выделяемая в нити, идет на излучение, по графику $W(T^4)$ рассчитать коэффициент Стефана-Больцмана и сравнить полученное значение с теоретическим. Как это сделать? – Построенная экспериментальная зависимость $W(T^4)$ имеет вид $W = \sigma \alpha S T^4$ (см. формулу (6)). Это - прямая зависимость W от T^4 , тангенс угла наклона которой к оси абсцисс равен $\sigma \alpha S$. Тангенс угла наклона определим как отношение приращения функции (в нашем случае W) к приращению аргумента (в нашем случае T^4):

$$\sigma \alpha S = \Delta W / \Delta(T^4).$$

Для этого надо взять любые две точки на графике $W(T^4)$. Для нити накаливания используемой в работе лампы произведение коэффициента черноты вольфрамовой нити α на площадь излучающей поверхности нити S равно $\alpha S = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$. Рассчитав численное значение $\sigma \alpha S$ по графику, без труда можно определить численное значение коэффициента Стефана-Больцмана. Так как получено оно экспериментально, нужно сравнить его с теоретическим значением $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$.

Контрольные вопросы.

1. Что такое тепловое излучение?
2. Какое тело является абсолютно черным?
3. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.

4. Сформулируйте закон Вина.
5. Объясните полученную зависимость светотдачи от температуры нити накала.
6. Смысл коэффициента черноты.
7. Сформулируйте закон теплового излучения для абсолютно черного тела.

Список рекомендуемой литературы.

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: «Наука», 1972. – С. 9-18.
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Курс физики. Т.3. Волновые процессы. Оптика. Атомная и ядерная физика. – М.: Высш. шк. 1972. – С. 213-226 .