

Исследование распределения энергии в спектре лампы накаливания.

Теоретическая часть.

Излучение черного тела. Кривые, характеризующие распределение энергии в спектре черного тела при некоторых температурах, приведены на **рис.1**. Их характерные особенности таковы:

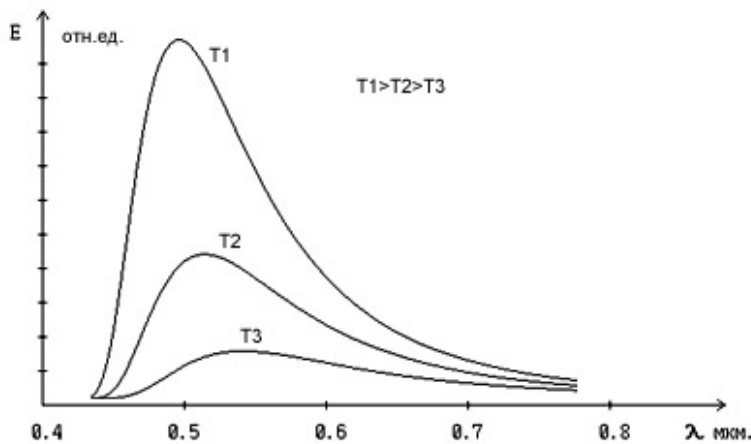


Рис. 1

1. Мощность излучения (в интервале частот $\nu, \nu + d\nu$) — немонотонная функция частоты. Она имеет максимум вблизи частоты ν_{\max} . Этот максимум при повышении температуры смещается в сторону высоких частот, причем выполняется закон смещения, теоретически найденный Вином.

$$\frac{\nu_{\max}}{T} = \beta$$

2. Площадь под кривой, определяющая интенсивность полного излучения, растет с температурой по закону, найденному теоретически Стефаном и Больцманом:

$$I = \int_0^{\infty} \epsilon(\nu, T) d\nu = \sigma T^4$$

Планк получил выражение для функции $\epsilon(\nu, T)$. Элементарные излучатели могут иметь лишь энергию, удовлетворяющую условию:

$$W = h\nu n$$

где h — постоянная Планка; $n=1, 2, \dots$. Излучение следует считать не непрерывным, а дискретным, причем излучаемая порция энергии (квант света) равняется:

$$E = h\nu$$

При этих предположениях Планк получил следующее выражение:

$$\varepsilon(\nu, T)d\nu = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} d\nu$$

где k — постоянная Больцмана.

Вместо функции $\varepsilon(\nu, T)$ часто вводят функцию $\varepsilon(\lambda, T)$. Эти функции отличаются друг от друга. Так как между частотой и длиной волны λ , существует соотношение

$$\nu = \frac{c}{\lambda},$$

то спектральному интервалу частоты $d\nu$ отвечает волновой интервал

$$|d\lambda| = \frac{\lambda^2}{c} d\nu$$

Поэтому получается:

$$\varepsilon(\lambda, T)d\lambda = \frac{c}{\lambda^2} \varepsilon(\nu, T)d\nu = \frac{2\pi ch}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right) - 1} d\lambda$$

Определение температуры нити.

Как было экспериментально установлено Стефаном и получено теоретически Больцманом, мощность W излучения абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры T :

$$W = \sigma T^4$$

Эта зависимость носит название закона Стефана-Больцмана.

Так как практически вся электрическая энергия, подводимая к нити лампы, преобразуется в энергию электромагнитного излучения, то мощность W излучения можно принять равной потребляемой электрической мощности P :

$$W = P = UI$$

Следовательно, для определения мощности излучения нити лампы необходимо измерить напряжение U на лампе и потребляемую силу тока I .

При изменении напряжения на лампе изменяется и сила тока. Увеличение силы тока приводит к повышению температуры нити лампы и, следовательно, к увеличению мощности излучения. Температуру нити лампы, соответствующую каждому значению силы тока, можно определить, воспользовавшись известной зависимостью сопротивления R проводника от температуры t :

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

где: R_0 - сопротивление нити лампы при 0°C ,

R_t - сопротивление нити лампы при температуре $t^\circ\text{C}$,

α - температурный коэффициент электрического сопротивления проводника.

Нить лампы сделана из вольфрама. Температурный коэффициент электрического сопротивления вольфрама в интервале значений температуры от 0 до 30 °С равен $5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. При температуре же видимого свечения нити температурный коэффициент электрического сопротивления вольфрама равен приблизительно $5,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Из формулы зависимости электрического сопротивления от температуры можно выразить температуру нити:

$$t = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right)$$

Легко найти и абсолютную температуру T :

$$T = t + 273 = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right) + 273 = \frac{1}{5,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}} \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right) + 273 \text{ K}$$

Величину R_t определяют из закона Ома:

$$R_t = \frac{U}{I}$$

а величину R_0 можно вычислить, зная значение R_t при комнатной температуре t_1 :

$$R_0 = \frac{R_t}{1 + \alpha t_1} = \frac{R_t}{1 + 5 \cdot 10^{-3} t_1}$$

Основные составные части установки:

Механическая часть:

1. Механизм перемещения фоторезистора (рис 2).
2. Лампа накаливания
3. Призма прямого зрения.
4. Набор светофильтров (рис. 3)
3. Система линз.
4. Щель.

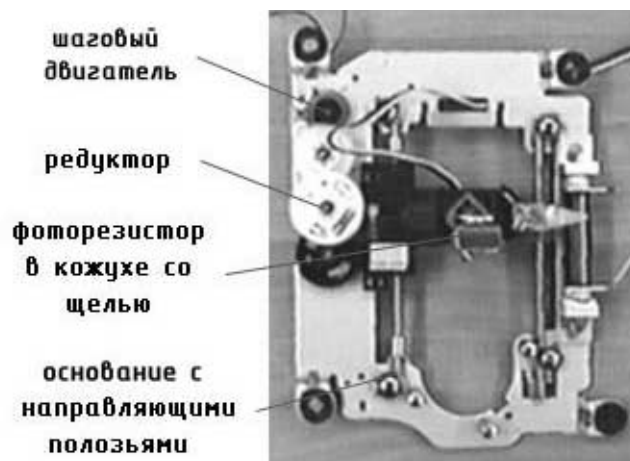


Рис. 2

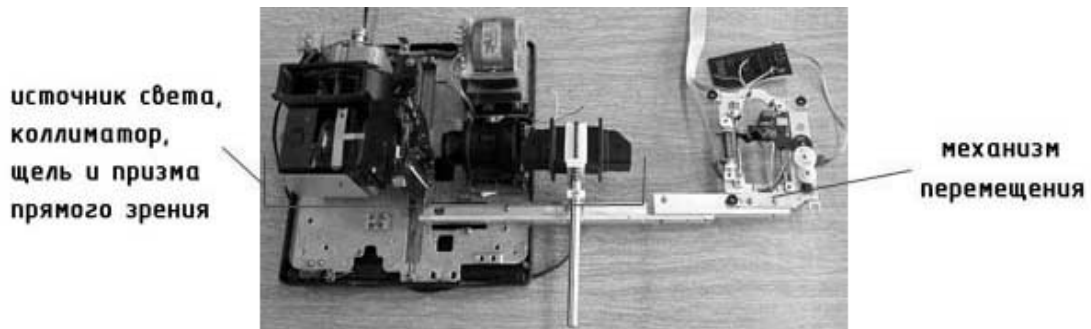


Рис. 3

Электронные компоненты установки:

1. Аналогоцифровой преобразователь (внешний вид на **рис. 4**, принципиальная схема на **рис. 5**).
5. Плата управления шаговым двигателем.
6. Стабилизированный блок питания.

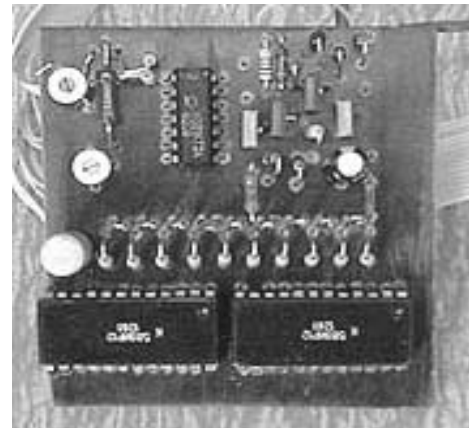


Рис. 4

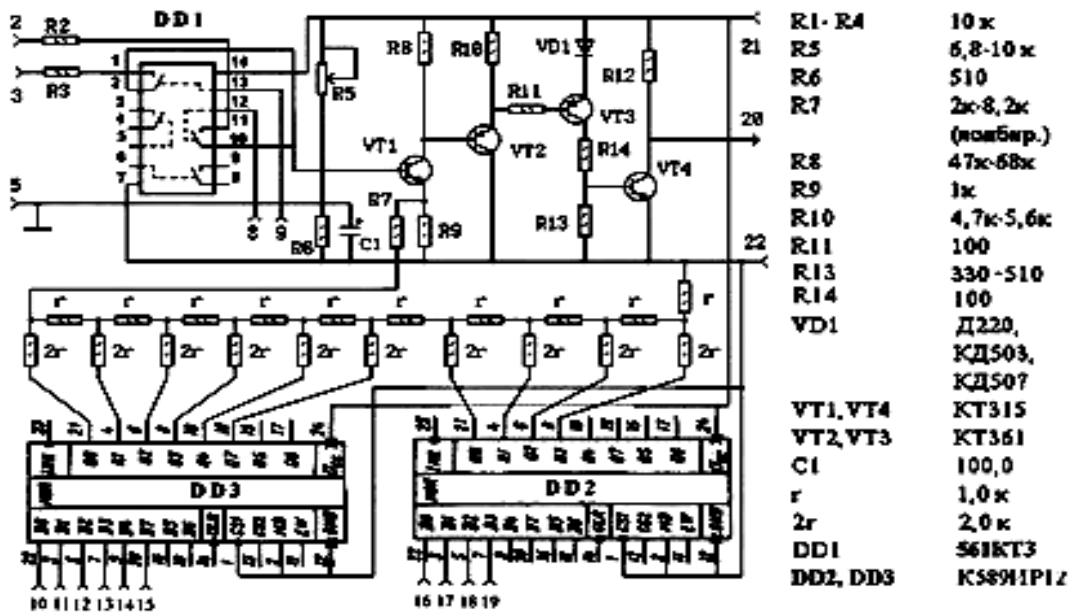


Рис. 5

Описание работы установки:

С помощью системы линз мы получаем световой пучок параллельных лучей, из него с помощью щели мы выделяем узкий луч, который проходит через призму прямого зрения и распадается в спектр (рис. 6).

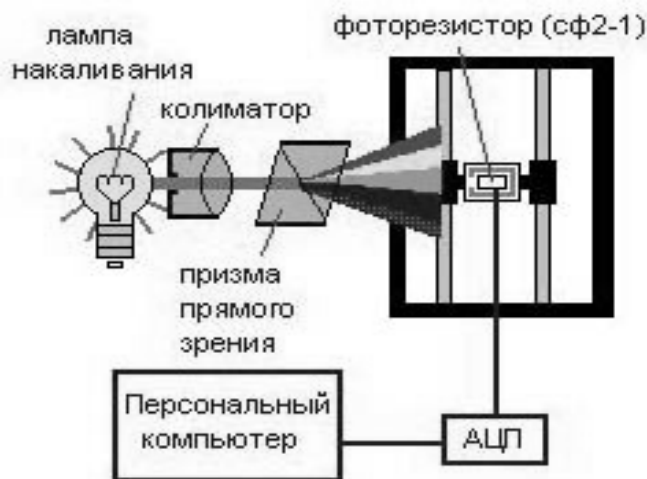


Рис. 6

Чувствительный фотоприемник (фоторезистор) укрепленный на подвижной каретке с электроприводом перемещается по спектру. Величина его сопротивления изменяется в зависимости от энергии, приходящейся на некоторый интервал частот определяемый шириною щели, установленной на фотоприемнике.

АЦП считывает падение напряжения на фоторезисторе, зависящее от его освещенности. Координата фотоприемника в спектре определяется по количеству импульсов поданных на шаговый двигатель, который приводит каретку с фоторезистором в движение. АЦП - устройство, которое позволяет считывать аналоговый сигнал с установки и преобразовывать его в цифровой код, который может понимать ЭВМ. Так как система линз, щель, призма и основание с фотоприемником жестко закреплены относительно друг друга, определенная нами координата соответствует определенной частоте (длине) световой волны.

При пуске программа дает сигнал мотору переместить каретку в начальное положение для проведения эксперимента. Программа управляет работой мотора, меняет полярность питания мотора для пуска в обратную сторону, останавливает мотор в конце эксперимента.

По причине нелинейной чувствительности фоторезистора к различным частотам программа пересчитывает все данные, снятые с установки в соответствии с графиком зависимости чувствительности фоторезистора от длины волны излучения.

В установке использован селенисто-кадмиевый фоторезистор СФ2-1, график зависимости чувствительности от длины световой волны приведен на рис. 7. Данный фоторезистор чувствителен к инфракрасной – зеленой частям спектра.

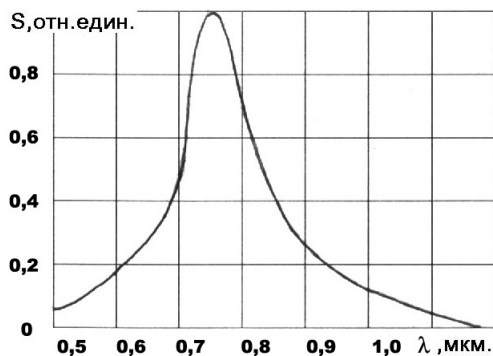


Рис. 7

После обработки данных программа строит график зависимости значения энергии от длины волны света на участке спектра от $\lambda=0,5$ мкм. до $\lambda=1,1$ мкм. Полученные данные сохраняются в массиве. На экран можно выводить для сравнения графики значений распределения энергий в разных экспериментах.

**Эксперименты, проведенные с данной установкой:
Исследование зависимости распределения энергии в спектре от температуры
спирали лампы накаливания.**

Зная зависимость температуры спирали лампы накаливания от подаваемого на нее напряжения, можно исследовать изменение спектра в зависимости от накала спирали.

При повышении температуры накала нити, интенсивность излучения растет, а максимум энергии смещается в сторону высокочастотной части диапазона волн рис. 8.

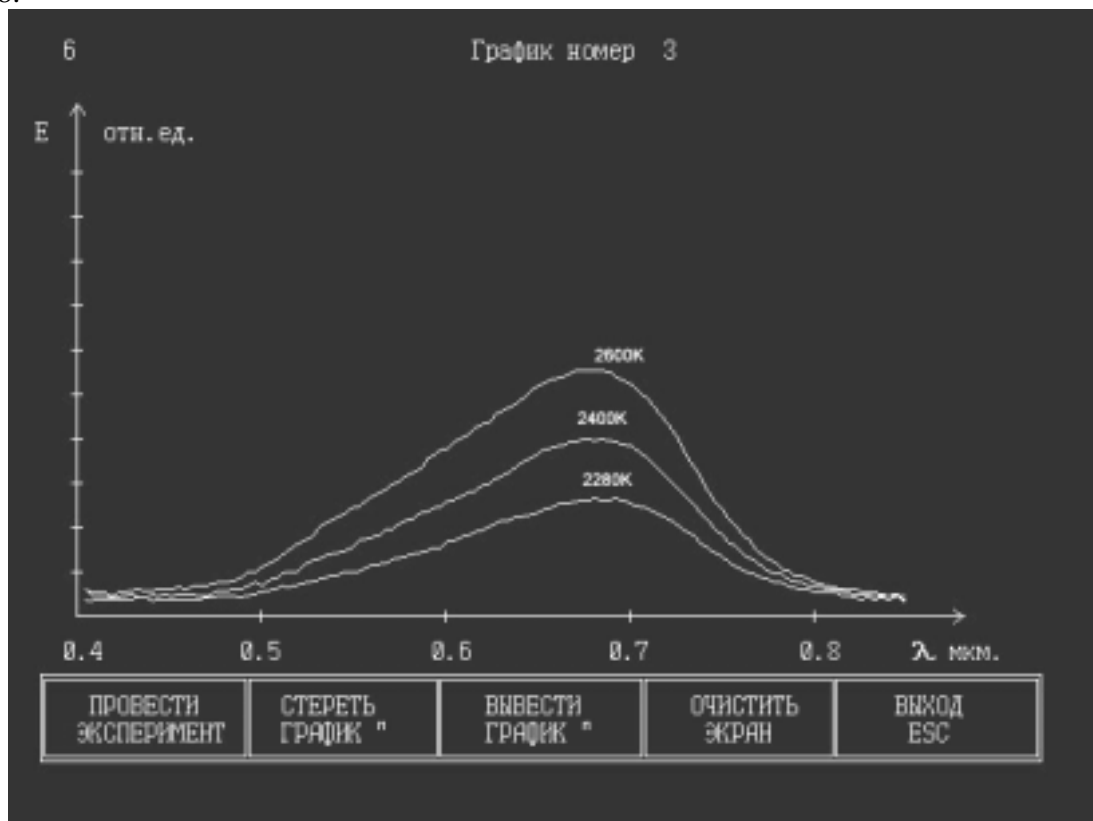


Рис. 8

Исследование пропускающей способности различных фильтров.

Помещая разные светофильтры на пути светового пучка от лампы накаливания к призме можно находить частоты наиболее хорошо поглощаемые данным фильтром. Проведенные эксперименты показали, что большинство светофильтров из набора оказались с широкой полосой пропускания, с узкой полосой пропускания оказался только красный светофильтр (рис. 9).

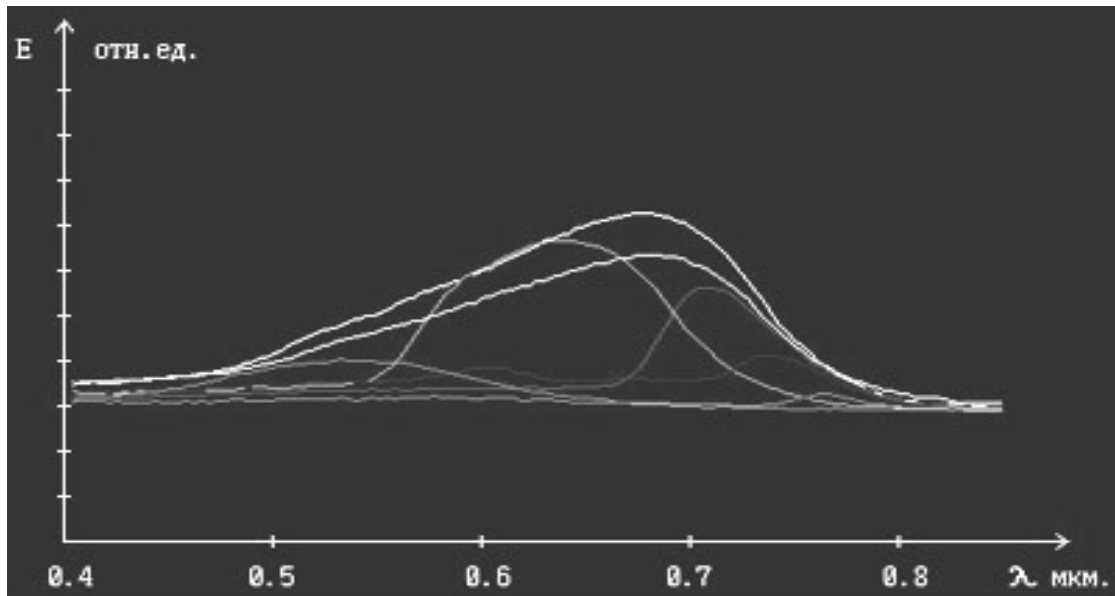


Рис. 10

Возможное усовершенствование установки:

- Уменьшение люфтов редуктора для достижения большей точности в снятии результатов при проведении экспериментов.
- Увеличение передаточного числа редуктора, увеличение рабочего хода каретки и совершенствование механики для достижения большего разрешения установки.
- Смена фоторезистора на другой фотоприемник для расширения исследуемой части спектра до ультрафиолетового излучения.

Литература.

1. Г.С.Ландсберг «Оптика», Москва, «Наука» 1976 г.
2. Д.В.Сивухин «Общий курс физики. Оптика», Москва, «Наука» 1980 г.
3. А.А.Пинский «Физика 11», Москва, «Просвещение» 1995 г.
4. Р.Граф «Электронные схемы», Москва, «Мир» 1989 г.
5. А.А.Чеботарёв «Пособие по электронике», Москва, гимназия №11567 1997г.
6. А.А.Чеботарёв «Особенности монтажа и работы 10-ми разрядного АЦП.», Москва, гимназия №1567 1997 г.