



Группа М32041 К работе допущен _____

Студентка Курепин, Игнатъев, Никитин Работа выполнена _____

Преподаватель Лабунцов Виктор Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №5.07

Определение постоянной Планка методом задерживающего потенциала

1. Цель работы.

- Экспериментально проверить законы фотоэффекта.
- Определение постоянной Планка и работы выхода электрона из металла.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы. • Определение запирающего напряжения.

- Изучение зависимости кинетической энергии электронов от частоты падающего излучения.
- Экспериментальное определение материала фотокатода и вычисление постоянной Планка.

3. Объект исследования.

- Законы фотоэффекта

4. Метод экспериментального исследования.

- Метод задерживающего потенциала, проведение прямых и косвенных измерений.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

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

$$E_{\Phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda},$$

$$h\nu = A_{\text{вых.}} + T,$$

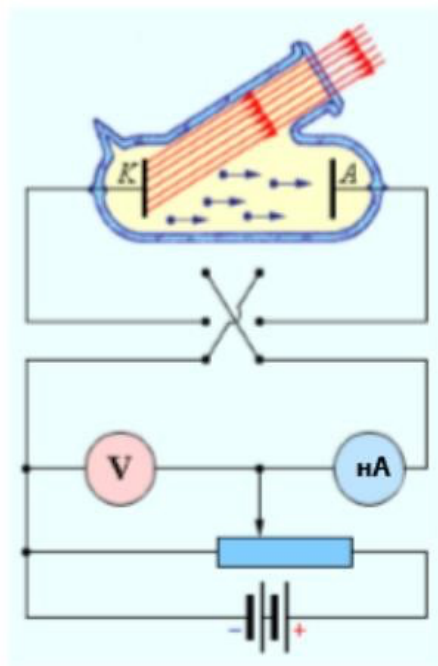
$$T = eU_0,$$

$$U_0 = \frac{h\nu}{e} - \frac{A_{\text{вых.}}}{e}$$

6. Измерительные приборы.

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование</i>	<i>Тип прибора</i>	<i>Используемый диапазон</i>	<i>Погрешность прибора</i>
1	наноамперметр	электронный	-	-
2	Вольтметр	электронный	-	-
2	Набор светодиодов	электронный	472 нм, 505 нм, 525 нм, 588 нм, 611 нм	-

7. Схема установки



7. Результаты измерений и их обработки.

- 1) Меняя поочередно светодиоды на вход фотоэлемента, сняли зависимость запирающего напряжения U_0 от длины волны излучения λ . Результаты измерения занесли в таблицу 1.

Таблица 1.

λ , нм	U_0 , В	ν , ТГц	$T = e * U_0$, Дж
472	0,647	635,6	$1,0352 * 10^{-19}$
505	0,496	594,1	$0,7936 * 10^{-19}$
525	0,446	571,4	$0,7136 * 10^{-19}$
588	0,127	510,2	$0,2032 * 10^{-19}$
611	0,096	491	$0,1536 * 10^{-19}$

По формуле $\nu = \frac{c}{\lambda}$ посчитали частоту излучения и результаты занесли в таблицу выше.

По формуле $T = e * U_0$, Дж посчитали энергию электронов и построили зависимость этой энергии от частоты излучения (аппроксимация) (см. график 1)

2) Методом наименьших квадратов аппроксимировали полученную линейную зависимость.

По формулам $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$; $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i$.

нашли среднее значение частоты излучения $\bar{\nu} = 560,46 \text{ ТГц}$

и среднее значение энергии электронов $\bar{T} = 5,798 * 10^{-20} \text{ Дж}$

По формулам

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}; \quad a = \bar{y} - b\bar{x}.$$

Нашли коэффициенты а и b линейной зависимости $\bar{T} = a + b\bar{\nu}$

$$-A_{\text{вых}} = a = -3,0157 * 10^{-19}$$

$$h = b = 6,415 * 10^{-34}$$

Учтём, что эти а и b посчитаны для частоты в Гц.

Таким образом, получили зависимость $T = 6,415 * 10^{-34} * \bar{\nu} - 3,0157 * 10^{-19}$

3) Тогда угол наклона касательной найденной зависимости:

$$\alpha = \arctg(b) = 3,676 * 10^{-32}^\circ = 6,415 * 10^{-34}$$

Так как по оси абсцисс была отложена частота падающего света ν , а по оси ординат максимальная кинетическая энергия электрона, то тангенс угла наклона прямой к оси частот равен постоянной Планка:

$$\operatorname{tg} \alpha = h = 6,415 * 10^{-34} \text{ Дж} * \text{с}$$

(угол α очень мал, поэтому он примерно равен своему арктангенсу.)

Для красной границы фотоэффекта $h\nu_0 = A_{\text{вых}}$

Тогда красную границу найдём по формуле $\nu_0 = -\frac{a}{b} = \frac{A_{\text{вых}}}{h} = 470,08 \text{ ТГц}$

$$A_{\text{вых}} = -a = 3,0157 * 10^{-19} \text{ Дж} = 1,89 \text{ эВ}$$

- 4) Согласно справочнику величин частот красных границ фотоэффекта для разных веществ ближе всего к найденному – частота красной границы цезия (662 ТГц), также работа выхода цезия равна 1,94 эВ, что тоже ближе всего к найденной работе выхода.

Значит в опыте используется фотокатод, сделанный из **цезия**.

- 5) Рассчитаем погрешность для постоянной Планка и работы выхода при относительной погрешности измерения напряжения $\frac{\Delta U}{U} = 0,5\% = 0,005$, погрешности в измерении длины волны $\Delta\lambda = 0,5$ нм, погрешности в измерении частоты $\Delta\nu \approx 3$ ТГц и длине волны $\lambda = 500$ нм.

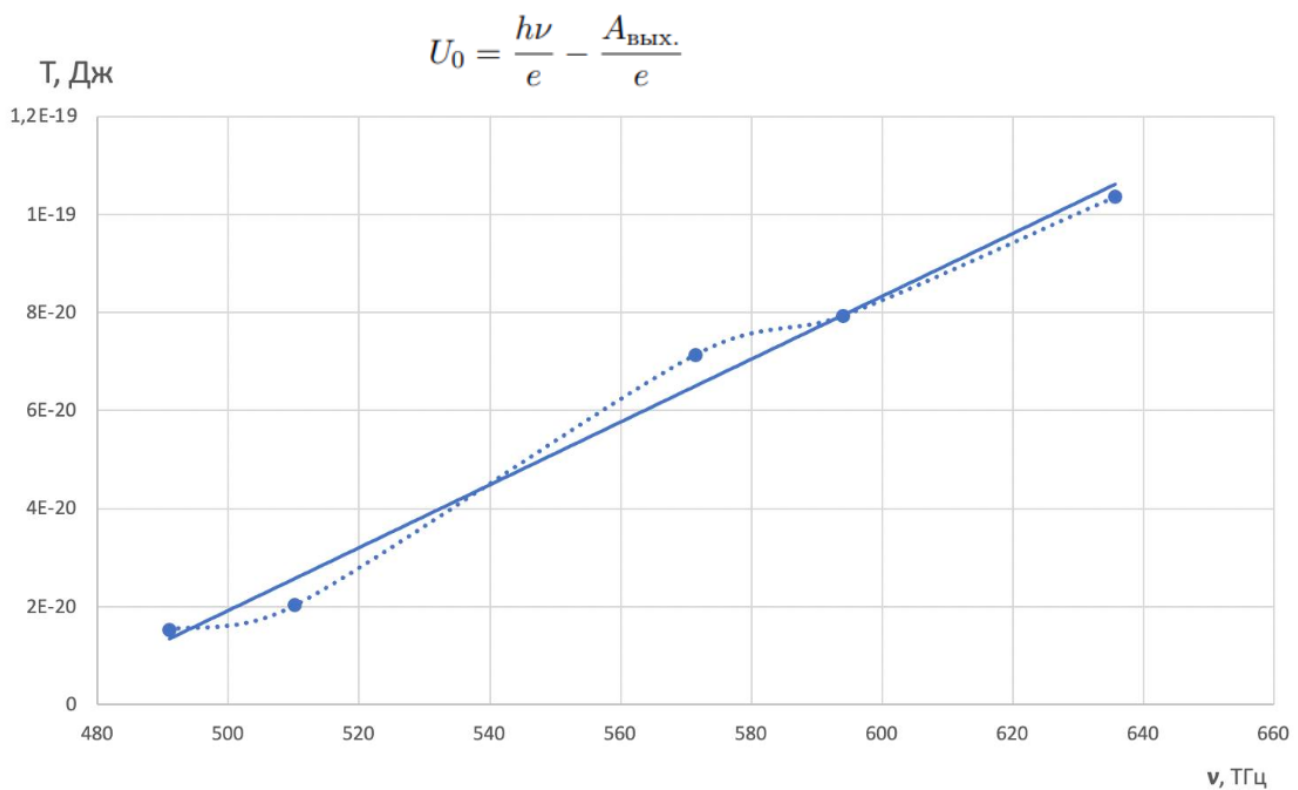
$$\frac{\Delta h}{h} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)^2} = \sqrt{(0,005)^2 + \left(\frac{0,5}{500}\right)^2} = 0,005$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \sqrt{\left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\nu}{\nu}\right)^2} = \sqrt{(0,005)^2 + \left(\frac{3 * 10^{12}}{0,006 * 10^{17}}\right)^2} = 0,007$$

Таким образом, относительная погрешность измерения постоянной Планка в данном примере 0,5%, а относительная погрешность работы выхода 0,7%.

8. Графики

График 1. Зависимость энергии электронов T от частоты падающего излучения ν



9. Результаты вычислений.

- Постоянная планка:

$$h = 6,415 * 10^{-34} \text{ Дж} * \text{с}$$

- Работы выхода:

$$A_{\text{вых}} = 3,0157 * 10^{-19} \text{ Дж} = 1,89 \text{ эВ}$$

- Красная граница фотоэффекта:

$$\nu_0 = 470,08 \text{ ТГц}$$

Из полученных результатов видно, что вычисленная постоянная Планка близка к реальной ($6,63 * 10^{-34} \text{ Дж} * \text{с}$), значит измерения и выкладки были сделаны верно.

Из работы выхода (или красной границы фотоэффекта) видно, что фотокатод сделан из цезия.

10. Выводы:

В результате выполнения лабораторной работы была вычислена постоянная Планка и работа выхода электрона для фотокатода, определена красная граница фотоэффекта, а также материал, из которого изготовлен фотокатод.