

Группа Р3114 К работе допущен \_\_\_\_\_  
Студент Патун Владимир Михайлович Работа выполнена \_\_\_\_\_  
Преподаватель Крылов В. А. Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 5.02

Исследование внешнего фотозффекта  
Вариант № 6 (16/10)

1. Цель работы.

Изучение внешнего фотозффекта и оценки постоянной Планка

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Получение зависимости запирающего напряжения от частоты света.  
Получение красной границы фотозффекта для 3 материалов  
Оценка значения постоянной Планка.

3. Объект исследования.

фотокатодная трубка

4. Метод экспериментального исследования.

Метод Френеля (деления амплитуды)

5. Рабочие формулы и исходные данные.

- 1) Натрий
- 2) Цези
- 3) Ртуть.

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	<u>Вольтметр</u>	<u>цифровой</u>	<u>0-5 В</u>	<u>0,0005 В</u>
2	<u>Амперметр</u>	<u>цифровой</u>	<u>0-16 А</u>	<u>0,005 А</u>
3	<u>Переключатель длинн волн</u>	<u>цифровой</u>	<u>200-780 Нм</u>	<u>1 нм</u>
4				

① Определение коэффициентов методом наименьших квадратов.  
Пример вычисления для натрия:

$$a = \frac{\sum U_i \cdot \sum \lambda_i - n \cdot \sum U_i \cdot \sum \lambda_i}{(\sum \lambda_i)^2 - n \cdot (\sum \lambda_i)^2} = \frac{18 \cdot 2,51 \cdot 10^{16} - 20 \cdot 5,4 \cdot 10^{15}}{(2,51 \cdot 10^6)^2 - 20 \cdot 2,51 \cdot 10^{32}} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ В.с}$$

$$\beta = \frac{\sum \lambda_i U_i \cdot \sum \lambda_i - \sum \lambda_i^2 \cdot \sum U_i}{(\sum \lambda_i)^2 - n \cdot \sum \lambda_i^2} = \frac{5,4 \cdot 10^{15} \cdot 2,51 \cdot 10^6 - 2,5 \cdot 10^{32} \cdot 18}{(2,51 \cdot 10^6)^2 - 20 \cdot 2,5 \cdot 10^{32}} = -2,27 \text{ В}$$

Постоянная планка  $h = a = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ В.с}$

Работа выхода:  $A_B = -\beta = 2,27 \text{ В}$

Аналогичные вычисления для селен:

$$h = a = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ В.с}$$

$$A_B = -\beta = 5,10 \text{ В}$$

Аналогичные вычисления для ртути:

$$h = a = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ В.с}$$

$$A_B = -\beta = 4,49 \text{ В}$$

② Вычислим погрешность для постоянной Планка:

Пример вычисления для натрия

$$\lambda_{cp} = \frac{1}{n} \sum \lambda_i = \frac{1}{20} \cdot 1,68 \cdot 10^{16} = 8,4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$U_{cp} = \frac{1}{n} \sum U_i = \frac{1}{20} \cdot 24,126 = 1,2 \text{ В}$$

далее по МНК

$$D = \sum (\lambda_{cp} - \lambda_i)^2 = (8,4 \cdot 10^{14} - 5,5 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 5,68 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 5,87 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 6,07 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 6,29 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 6,52 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 6,77 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 7,01 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 7,34 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 7,65 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 8 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 8,33 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 8,8 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 9,8 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 9,77 \cdot 10^{14})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 1,03 \cdot 10^{15})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 1,1 \cdot 10^{15})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 1,17 \cdot 10^{15})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 1,26 \cdot 10^{15})^2 + (8,4 \cdot 10^{14} - 1,35 \cdot 10^{15})^2 = 1,1 \cdot 10^{30}$$

$$\sum d_i^2 = \sum (U_i - (\beta + a \cdot \lambda_i))^2 = 2,88 \cdot 10^4 \text{ (В)}$$



$$S = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n(n-2)}} = \sqrt{\frac{2,28 \cdot 10^{-4}}{1,1 \cdot 10^{30} \cdot 12}} = 8,23 \cdot 10^{-18} (\text{эВ})$$

$$\Delta h = e \cdot \sqrt{2} \cdot S = 2,71 \cdot \sqrt{2} \cdot 8,23 \cdot 10^{-18} = 31 \cdot 10^{-18} (\text{эВ} \cdot \text{с})$$

Аналогично для селена:  $\Delta h = 33 \cdot 10^{-18} (\text{эВ} \cdot \text{с})$

Аналогично для ртути:  $\Delta h = 22 \cdot 10^{-18} (\text{эВ} \cdot \text{с})$

③ Вычислим среднее значение и погрешности:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$$

$$\Delta h_{\text{ср}} = \frac{1}{3} \sqrt{\Delta h_1^2 + \Delta h_2^2 + \Delta h_3^2} = 30,6 \cdot 10^{-18} = 0,030 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$$

$$\varepsilon_h = \frac{\Delta h_{\text{ср}}}{h_{\text{ср}}} = 0,7 \%$$

④ Вывод:

$$h = (4,140 \pm 0,030) \cdot 10^{-15} (\text{эВ} \cdot \text{с}) \quad \varepsilon_h = 0,7 \%$$

- 1) Получена зависимость запирающей разности потенциалов от частоты света
- 2) Установлены значения красной границы фотоэффекта для трех материалов
- 3) Определение постоянной Планка и её погрешность.
- 4) Экспериментальное значение находится в пределах погрешности
- 5) Полученное и табличное значение работы выхода для веществ, данные даны в варианте

Натрий	2,28 эВ	2,27 эВ
Селен	4,86 эВ	5,10 эВ
Ртуть	4,52 эВ	4,49 эВ
	Табл. ↑	Получен. ↑

Из этого можно сделать вывод, что расчеты и измерения лабораторной работы были проведены корректно и правильно

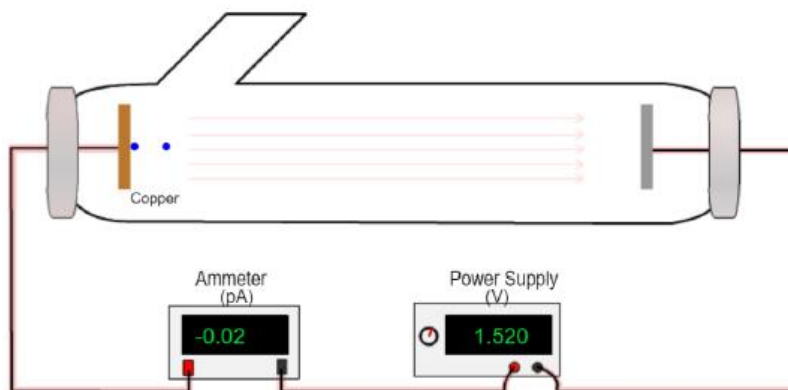
Из этого можно сделать вывод, что табличное значение работы выхода входит в интервал полученных значений.

$$\text{Натрий: } (2,27 \pm 0,03) \text{ эВ}$$

$$\text{Селен: } (4,86 \pm 0,06) \text{ эВ}$$

$$\text{Ртуть: } (4,52 \pm 0,06) \text{ эВ}$$

# Схема установки



## Результат тестирования

Квантовая и атомная физика

Мои курсы

Этот курс

Скрыть блок

Мои курсы

Физика для технических факультетов

Лабораторный практикум

Квантовая и атомная физика

5.02V Исследование внешнего фотоэффекта

Тест по лабораторной работе 5.02V

Прохождение данного теста является необходимым условием для допуска к записи на выполнение измерений

Проходная оценка: 8 баллов (80%)

Разрешено попыток: 6

Ограничение по времени: 1ч.

Метод оценивания: Высшая оценка

Результаты ваших предыдущих попыток

Попытка	Состояние	Оценка / 10,00	Просмотр
1	Завершено Отправлено Среда, 27 Май 2020, 15:58	3,67	Не разрешается
2	Завершено Отправлено Среда, 27 Май 2020, 17:36	1,40	Не разрешается
3	Завершено Отправлено Четверг, 28 Май 2020, 01:20	3,67	Не разрешается
4	Завершено Отправлено Четверг, 28 Май 2020, 14:14	6,07	Не разрешается
5	Завершено Отправлено Понедельник, 1 Июнь 2020, 18:14	7,08	Не разрешается
6	Завершено Отправлено Вторник, 2 Июнь 2020, 16:29	8,00	Не разрешается

Ваша итоговая оценка за этот тест: 8,00/10,00

## Полученные таблицы измерений

### 1. Натрий ( $\lambda_{кр} = 545 \text{ нм}$ )

Расчет шага по длине волны

$$\Delta \lambda = \left[ \frac{\lambda_{кр} - \lambda_{min}}{20} \right] = \left[ \frac{545 - 200}{20} \right] = [17,25] = 17 \text{ нм}$$

Trial	Metal	Voltage (V)	Current (pA)	Frequency (Hz)	Wavelength (nm)
1	Sodium	0.010	0.00	5.5046E14	545.00
2	Sodium	0.080	0.02	5.6818E14	528.00
3	Sodium	0.159	0.01	5.8708E14	511.00
4	Sodium	0.240	-0.01	6.0729E14	494.00
5	Sodium	0.328	0.01	6.2893E14	477.00
6	Sodium	0.432	0.01	6.5217E14	460.00
7	Sodium	0.530	-0.01	6.7720E14	443.00
8	Sodium	0.639	-0.01	7.0423E14	426.00
9	Sodium	0.761	0.02	7.3350E14	409.00
10	Sodium	0.889	0.01	7.6531E14	392.00
11	Sodium	1.038	-0.01	8.0000E14	375.00
12	Sodium	1.199	-0.02	8.3799E14	358.00
13	Sodium	1.380	0.01	8.7977E14	341.00
14	Sodium	1.562	0.02	9.2593E14	324.00
15	Sodium	1.769	0.01	9.7720E14	307.00
16	Sodium	2.010	-0.01	10.3448E14	290.00
17	Sodium	2.278	0.02	10.9890E14	273.00
18	Sodium	2.582	0.00	11.7188E14	256.00
19	Sodium	2.919	0.03	12.5523E14	239.00
20	Sodium	3.321	0.02	13.5135E14	222.00

## 2.Селен ( $\lambda_{кр} = 243 \text{ нм}$ )

Расчет шага по длине волны

$$\Delta \lambda = \left[ \frac{\lambda_{кр} - \lambda_{min}}{20} \right] = \left[ \frac{243 - 200}{20} \right] = \left[ 2,15 \right] = 2 \text{ нм}$$

Trial	Metal	Voltage (V)	Current (pA)	Frequency (Hz)	Wavelength (nm)
1	Selenium	0.012	0.02	12.3457E14	243.00
2	Selenium	0.049	-0.01	12.4481E14	241.00
3	Selenium	0.099	-0.01	12.5523E14	239.00
4	Selenium	0.139	0.02	12.6582E14	237.00
5	Selenium	0.182	0.00	12.7660E14	235.00
6	Selenium	0.230	0.00	12.8755E14	233.00
7	Selenium	0.280	0.00	12.9870E14	231.00
8	Selenium	0.320	-0.01	13.1004E14	229.00
9	Selenium	0.371	-0.02	13.2159E14	227.00
10	Selenium	0.422	0.00	13.3333E14	225.00
11	Selenium	0.471	-0.01	13.4529E14	223.00
12	Selenium	0.521	0.00	13.5747E14	221.00
13	Selenium	0.571	0.00	13.6986E14	219.00
14	Selenium	0.618	0.00	13.8249E14	217.00
15	Selenium	0.679	-0.02	13.9535E14	215.00
16	Selenium	0.729	0.00	14.0845E14	213.00
17	Selenium	0.790	0.00	14.2180E14	211.00
18	Selenium	0.840	-0.01	14.3541E14	209.00
19	Selenium	0.899	-0.01	14.4928E14	207.00
20	Selenium	0.958	0.02	14.6341E14	205.00

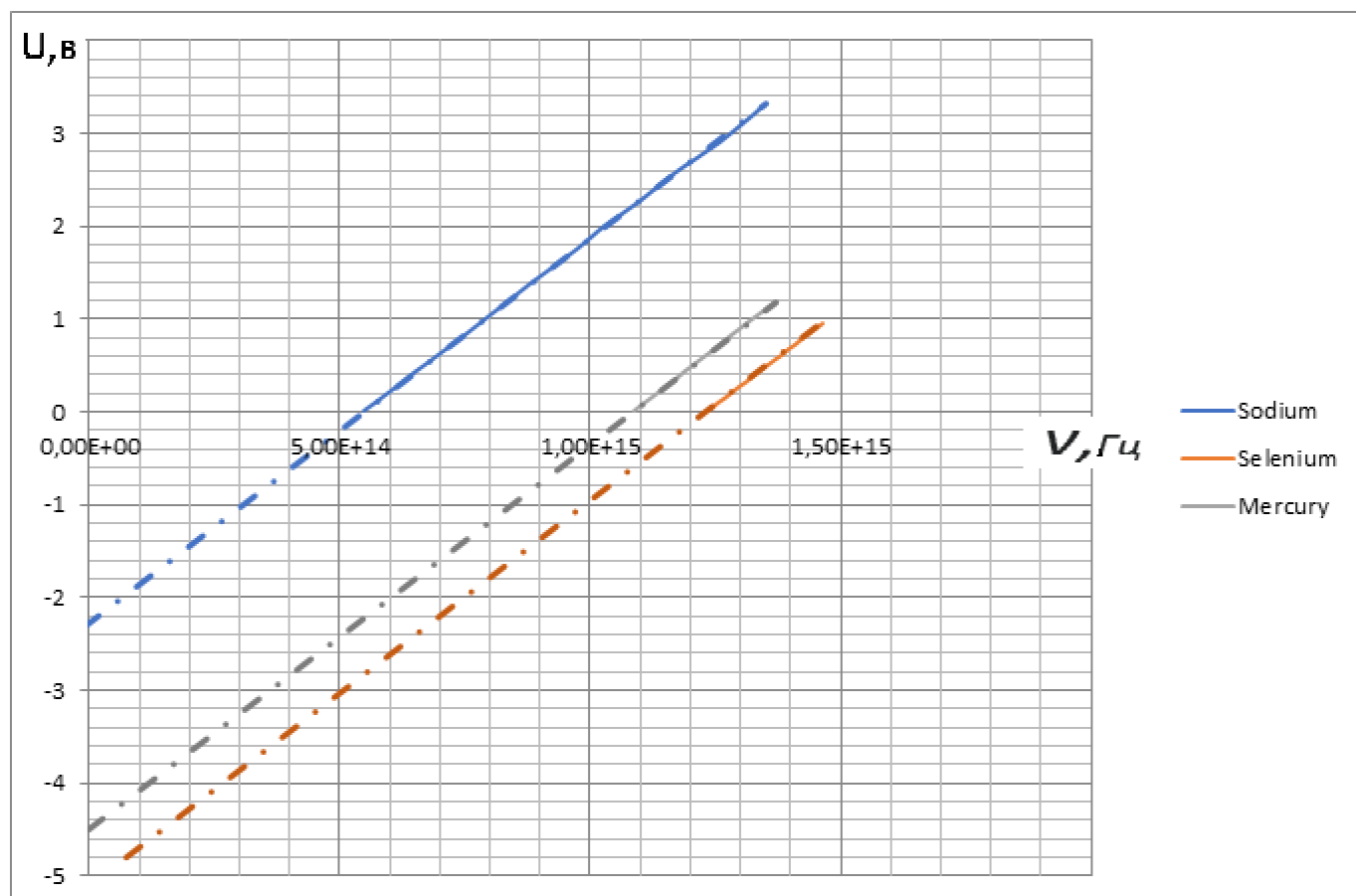
### 3. Ртуть ( $\lambda_{кр} = 276 \text{ нм}$ )

Расчет шага по длине волны

$$\Delta \lambda = \left[ \frac{\lambda_{кр} - \lambda_{min}}{20} \right] = \left[ \frac{276 - 200}{20} \right] = [3,8] = 3 \text{ нм}$$

Trial	Metal	Voltage (V)	Current (pA)	Frequency (Hz)	Wavelength (nm)
1	Mercury	0.010	0.02	10.8696E14	276.00
2	Mercury	0.061	-0.01	10.9890E14	273.00
3	Mercury	0.109	0.01	11.1111E14	270.00
4	Mercury	0.160	0.02	11.2360E14	267.00
5	Mercury	0.211	-0.01	11.3636E14	264.00
6	Mercury	0.268	0.02	11.4943E14	261.00
7	Mercury	0.319	0.00	11.6279E14	258.00
8	Mercury	0.379	0.02	11.7647E14	255.00
9	Mercury	0.441	0.02	11.9048E14	252.00
10	Mercury	0.499	0.00	12.0482E14	249.00
11	Mercury	0.559	0.00	12.1951E14	246.00
12	Mercury	0.618	0.00	12.3457E14	243.00
13	Mercury	0.679	0.00	12.5000E14	240.00
14	Mercury	0.751	0.02	12.6582E14	237.00
15	Mercury	0.821	-0.02	12.8205E14	234.00
16	Mercury	0.890	-0.01	12.9870E14	231.00
17	Mercury	0.961	-0.01	13.1579E14	228.00
18	Mercury	1.030	0.01	13.3333E14	225.00
19	Mercury	1.100	-0.01	13.5135E14	222.00
20	Mercury	1.180	-0.01	13.6986E14	219.00

## График зависимости запирающего напряжения от частоты



$$y = ax + b, x = 0, y = b$$