

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Институт информационных технологий  
и анализа данных

наименование института

Кафедра вычислительной техники

наименование кафедры

**Отчет**

к лабораторной работе №6.2

по дисциплине «Физика»

«Изучение законов

внешнего фотоэффекта»

наименование темы

Вариант №56

Выполнил студент

ЭВМб-19-1

шифр

подпись

Фамилия И.О.

Проверил

должность

подпись

Фамилия И.О.

Работа защищена с оценкой

Иркутск 2020 г.

## Цель работы:

Изучение явления внешнего фотоэлектрического эффекта на виртуальной лабораторной установке, экспериментальное подтверждение закономерностей внешнего фотоэффекта.

## Контрольные вопросы

### 1. Что такое фотон?

ФОТОН - Частица света, квант электромагнитного поля (одна из нейтральных элементарных частиц с нулевой массой).

### 2. Как определяется энергия фотона?

Энергия фотона находится по формуле:

$$E_{\phi} = h\nu,$$

где  $h$  – постоянная Планка, приблизительно равная  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж \* с,  
 $\nu$  – частота электромагнитных колебаний.

### 3. Формула, связывающая энергию фотона и его массу.

Энергия фотона связана с его импульсом следующей формулой:

$$E_{\phi} = m_{\phi} c^2,$$

где  $m_{\phi}$  – инертная масса фотона,  $c$  – скорость света, равная  $3 \cdot 10^8$  м/с.

### 4. Формула, связывающая энергию фотона с его импульсом.

Энергия фотона связана с его импульсом следующей формулой:

$$E_{\phi} = c \sqrt{p_{\phi}^2 + m_0^2 c^2},$$

где  $m_0$  – масса покоя фотона,  $p_{\phi}$  - импульс фотона.

### 5. Дайте формулировку явления внешнего фотоэффекта.

*Внешним фотоэффектом* называется испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения.

*Внешний фотоэффект* наблюдается в твёрдых телах (металлах, полупроводниках, диэлектриках), а также в газах на отдельных атомах и молекулах

### 6. Что происходит с фотоном, падающим на границу металла?

Фотон, падающий на границу металла, поглощается свободным электроном, отдавая ему всю свою энергию.

### 7. Что происходит со свободным электроном металла, после его взаимодействия с фотоном?

Кинетическая энергия электрона внутри вещества увеличивается на энергию фотона  $h\nu$ , но при вылете фотоэлектрона из вещества им совершается работа выхода  $A_{\text{вых}}$  против сил электростатического притяжения к металлу.

Таким образом, сообщённая электрону фотоном дополнительная энергия уменьшается на величину, равную работе выхода из металла (фотокатода), а оставшаяся часть имеет вид кинетической энергии фотоэлектрона вне металла (фотокатода).

### 8. Что такое работа выхода?

Работа выхода — энергия (обычно измеряемой в электрон-вольтах), которую необходимо сообщить электрону для его «непосредственного» удаления из объёма твёрдого тела.

### 9. Формула Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mu^2}{2},$$

где  $u$  — скорость фотоэлектрона,  $A_{\text{вых}}$  — работа выхода.

### 10. Дайте определение красной границы фотоэффекта.

**Красная граница фотоэффекта** — это минимальная частота или максимальная длина волны света излучения, при которой ещё возможен внешний фотоэффект.

### 11. Что такое фотоэлемент?

**Фотоэлемент** — электронный прибор, который преобразует энергию фотонов в электрическую энергию.

### 12. Почему катод фотоэлемента называют фотокатодом?

**Фотокатод** — отрицательно заряженный электрод (катод) в светочувствительных устройствах, работающих с использованием внешнего фотоэффекта.

Катод фотоэлемента называют фотокатодом, поскольку он облучается светом (электромагнитным излучением определенного диапазона длин волн) и на нем наблюдается фотоэффект.

### 13. Что такое запирающее напряжение для данного фотокатода?

**Запирающее (задерживающее) напряжение** — минимальное тормозящее напряжение между анодом вакуумной лампы (фотоэлемента) и фотокатодом, при котором отсутствует ток в цепи этой лампы, то есть фотоэлектроны не долетают до анода.

При таком напряжении кинетическая энергия электронов у катода равна потенциальной энергии электронов у анода, откуда следует выражение:

$$\frac{mu_{\text{max}}^2}{2} = eU_{\text{зан}}$$

где  $U_{\text{зан}}$  – запирающее (задерживающее) напряжение,  
 $u_{\text{max}}$  – максимальная скорость фотоэлектрона,  
 $e$  – заряд электрона, приблизительно равный  $1,6 * 10^{-19}$  Кл.

#### 14. Как движется фотоэлектрон в фотоэлементе, если потенциал анода ниже (или выше) потенциала фотокатода?

При потенциале анода **ниже** потенциала фотокатода фотоэлектрон тормозится электрическим полем и может возвратиться на фотокатод.

При потенциале анода **выше** потенциала фотокатода фотоэлектрон ускоряется электрическим полем, попадает на анод и поглощается им.

#### Оформление результатов наблюдений

$r = 8,25$  см – расстояние от источника света до фотокатода.

$\lambda_{\text{min}} = 320$  нм =  $3,2 * 10^{-7}$  м - минимальная длина волны источника света.

#### Работа выхода электронов из металла

Металл	$A, \text{Дж}$	$A, \text{эВ}$
Платина	$10 * 10^{-19}$	6,3
Серебро	$7,5 * 10^{-19}$	4,7
Цинк	$6,4 * 10^{-19}$	4,0
Литий	$3,7 * 10^{-19}$	2,3
Калий	$3,5 * 10^{-19}$	2,2
Рубидий	$3,4 * 10^{-19}$	2,1
Цезий	$3,2 * 10^{-19}$	2,0

#### 1) Первое вещество (№3)

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Потенц. U, В	$U_{\text{зан}}$	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	$U_{\text{нас}}$
Фототок I, мА	0	0	0,042	0,1	0,158	0,221	0,286	0,349	0,411	0,473	0,535	0,596	0,596

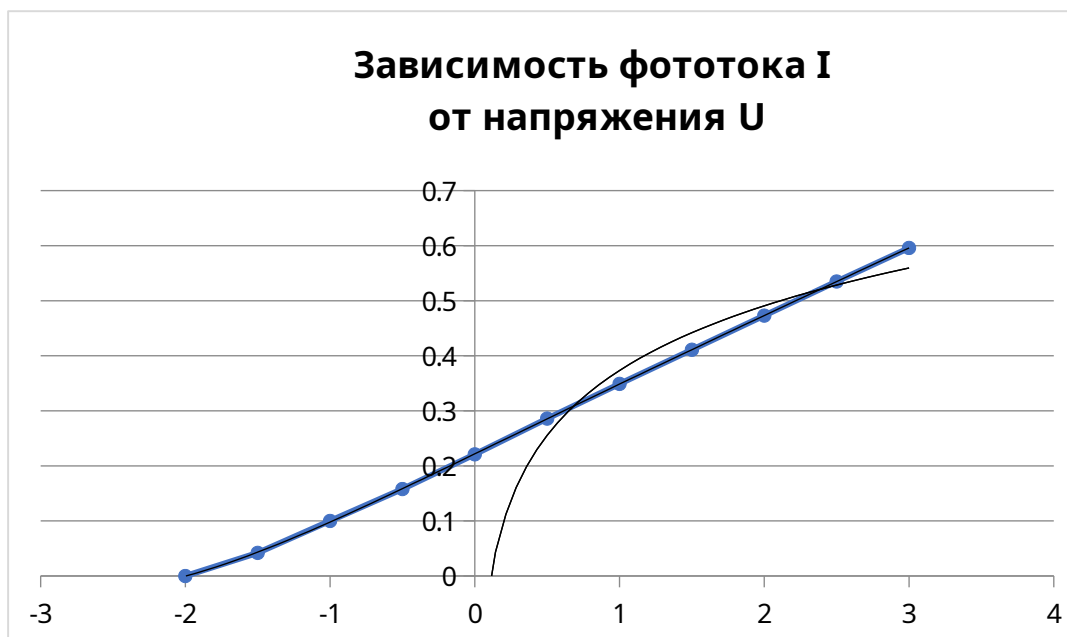
$U_{\text{зан}} = -1,8$  В – Запирающее напряжение.

$U_{\text{нас}} = 3,0$  В - Напряжение, при котором фототок принимает максимальное значение.

$$A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{min}}} - e U_{\text{зан}} = \frac{6,63 * 10^{-34} * 3 * 10^8}{3,2 * 10^{-7}} - 1,6 * 10^{-19} * 1,8 \approx 3,3 * 10^{-19} \text{ Дж} \approx 2,06 \text{ эВ}, \quad (3\text{-е}$$

вещество – рубидий.)

График зависимости I(U) – Вещество №3



## 2) Второе вещество (№1)

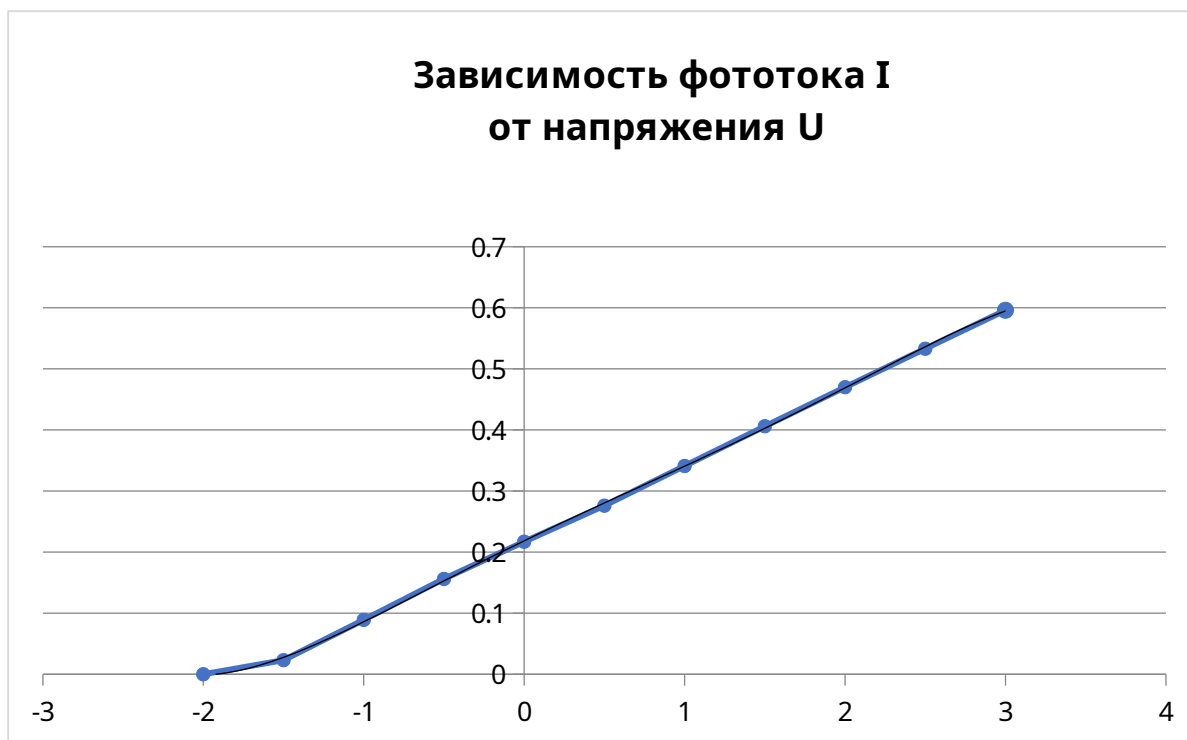
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Потенц. U, В	$U_{зан}$	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	$U_{нас}$
Фототок I, мА	0	0	0,023	0,089	0,156	0,217	0,276	0,341	0,406	0,47	0,533	0,596	0,596

$U_{зан} = -1,7 В$  – Запирающее напряжение.

$U_{нас} = 3,0 В$  - Напряжение, при котором фототок принимает максимальное значение.

$$A_{вых} = \frac{hc}{\lambda_{min}} - e U_{зан} = \frac{6,63 * 10^{-34} * 3 * 10^8}{3,2 * 10^{-7}} - 1,6 * 10^{-19} * 1,7 \approx 3,5 * 10^{-19} Дж \approx 2,18 эВ, (1-е вещество – Калий.)$$

График зависимости I(U) – Вещество №1



#### Вывод по работе:

Полученные графики совпадают с теоретическим графиком с некоторой погрешностью.

Из данных графиков, показывающих зависимость фототока I от напряжения  $U_{\text{зап}}$ , видно, что:

1. При  $U = 0$  фототок не исчезает, т.к. электроны, выбитые из фотокатода, обладают некоторой отличной от нуля начальной кинетической энергией и могут достичь анода и без внешнего поля.

2. Для прекращения фототока необходимо приложить задерживающее напряжение  $U_{\text{зап}}$ , при котором не один из электронов не может достичь анода.

3. С увеличением напряжения U на фотокатодe возрастает и фототок I;

Следовательно, сила фототока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, что подтверждает законы Столетова.