

## Лабораторная работа №8

# Изучение внешнего фотоэффекта

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Построить вольтамперную характеристику фотоэлемента;
2. Построить световую характеристику и определить чувствительность фотоэлемента.

### ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Оптическая скамья, вакуумный фотоэлемент, электрическая лампа, измерительная электрическая схема (выпрямитель, микроамперметр, вольтметр, потенциометр) (рис.3).

### КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Одним из явлений, подтверждающих квантовую природу света, является фотоэлектрический эффект. Различают внешний и внутренний фотоэффект.

При **внутреннем фотоэффекте** под действием света электроны переходят из заполненной зоны в зону *проводимости*, оставаясь внутри освещаемого вещества и увеличивая его проводимость (рис.1)

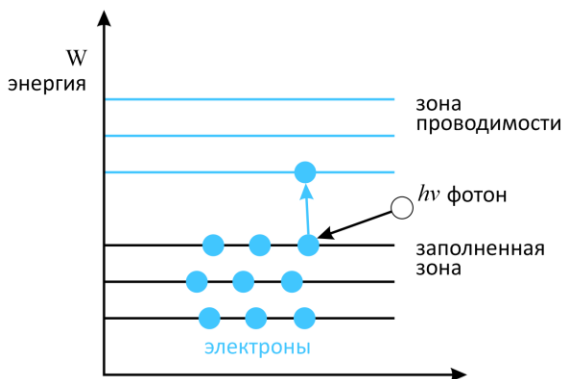


Рис. 1. Энергетические уровни электрона

При **внешнем фотоэффекте** электроны освобождаются светом (их называют фотоэлектронами) из поверхностного слоя вещества и переходят в другую среду, в частности в вакуум.

Рассмотрим фотоэффект с поверхности металлов. Если металл освещается видимым или ультрафиолетовым светом, то фотоэффект связан с поглощением фотонов электронами проводимости. Для того чтобы эти электроны могли покинуть металл, они должны иметь энергию, достаточную для преодоления потенциального барьера, существующего вблизи поверхности металла. Величина этого барьера определяется работой *выхода электрона* (**рис.2**)

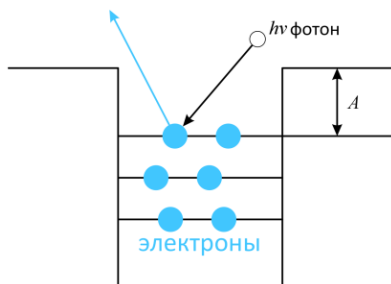


Рис. 2

Закономерности внешнего фотоэффекта изучают с помощью экспериментальной установки, принципиальная схема которой дана на **рис. 3**.

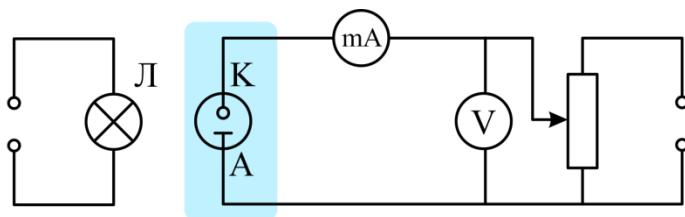
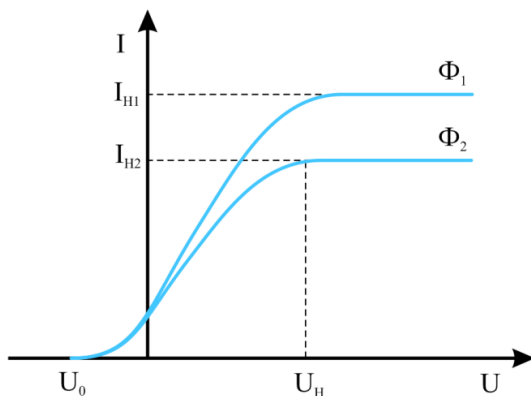


Рис. 3. Схема установки

Свет от лампы  $L$  падает на катод  $K$  фотоэлемента. Электроны, вылетевшие вследствие фотоэффекта, перемещаются под действием электрического поля к аноду  $A$ , в цепи течет фототок, величина которого измеряется микроамперметром.

Зависимость фототока от анодного напряжения (**вольтамперная характеристика фотоэлемента**) имеет вид (**рис.4**).



**Рис. 4.** Вольтамперная характеристика фотоэлемента (ВАХ)

При  $U = 0$  фототок не исчезает, а для того, чтобы фототок стал равным нулю, нужно приложить **задерживающее напряжение**  $U_0$ . При таком напряжении задерживающее поле совершает работу  $eU_0$  (равную максимальной кинетической энергии фотоэлектронов) и ни одному из электронов не удастся преодолеть задерживающее поле и достигнуть анода.

$$eU_0 = \frac{mV_{\max}^2}{2} \quad (1)$$

Если световой поток не меняется ( $\Phi = const$ ), то при некотором напряжении фототок *достигает насыщения*.

**Фототок насыщения** – максимальной ток при данном световом потоке, при котором все электроны, испущенные катодом, попадают на анод.

При изменении светового потока (это достигается перемещением лампы  $L$ ) относительно фотоэлемента) меняется количество падающих на фотокатод  $K$  фотонов и, следовательно, изменяется число фотоэлектронов и обусловленный ими ток насыщения:

$$I_H = N \cdot e, \quad (1)$$

где  $N$  – число фотоэлектронов, вырванных за 1 секунду с поверхности фотокатода.

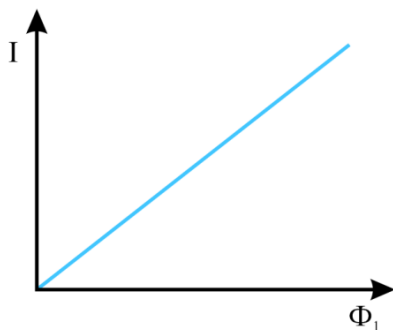
### ПЕРВЫЙ ЗАКОН ФОТОЭФФЕКТА (ЗАКОН СТОЛЕТОВА)

*Фототок насыщения пропорционален световому потоку*

$$I_H = \gamma \cdot \Phi, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – чувствительность фотоэлемента – величина, численно равная фототоку при падении на фотоэлемент светового потока в 1 люмен.

Зависимость фототока насыщения  $I_H(\Phi)$  от светового потока (световая характеристика) показана на **рис.5**. Эта зависимость должна быть *линейной*.



**Рис.5.** Световая характеристика фотоэлемента

Для фотоэффекта имеют место и другие закономерности.

## ВТОРОЙ ЗАКОН ФОТОЭФФЕКТА

*Кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с увеличением частоты падающего света и не зависит от его интенсивности.*

## ТРЕТИЙ ЗАКОН ФОТОЭФФЕКТА

*Для каждого металла существует граничная частота (красная граница), ниже которой свет любой интенсивности не вызывает фотоэффекта.*

Объяснение этим закономерностям можно дать, используя уравнение Эйнштейна - закон сохранения энергии для фотоэффекта.

$$\varepsilon = h\nu = A + \frac{mV_{\max}^2}{2}, \quad (3)$$

где  $V_{\max}$  – максимальная скорость фотоэлектронов.

Энергия падающего фотона  $\varepsilon = h\nu$  идет на работу выхода электрона  $A$  и сообщение ему кинетической энергии.

Из (3) видно, что кинетическая энергия электронов линейно связана с частотой падающего света, так как работа выхода  $A$  есть величина постоянная для данного вещества.

Если работа выхода  $A$  больше энергии падающего света  $\varepsilon = h\nu$ , выбивания электронов не происходит, фотоэффект не наблюдается.

Если  $V = 0$ , то из (3) имеем  $h\nu_0 = A$ , откуда

$$\nu_0 = \frac{A}{h}, \quad \lambda_0 = \frac{hc}{A}, \quad (4)$$

где  $\nu_0$  – красная граница фотоэффекта;

При облучении поверхности вещества мощным лазерным излучением возможно поглощение одним электроном двух или нескольких фотонов (**многофотонный фотоэффект**). При этом красная граница сдвигается в

область более длинных волн и зависит от интенсивности светового потока).

## ХОД РАБОТЫ

### 1. Снятие вольтамперной характеристики фотоэлемента

- 1.1. Включите лампу и установите её на расстоянии примерно 25 см от фотоэлемента.
- 1.2. Включите выпрямитель, подайте напряжение на фотоэлемент.
- 1.3. Увеличивая его от 0 до 150 В через каждые 10 В, измерьте по фототок, соответствующий каждому значению напряжения на аноде.
- 1.4. Значения напряжения и фототока занесите в **таблицу 1**.
- 1.5. Постройте график вольтамперной характеристики  $I = f(U)$ .
- 1.6. Определите ток насыщения  $I_H$  и напряжение  $U_H$ , при котором он достигается.
- 1.7. Сделайте вывод.

**Таблица 1**

$U$ , В	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	...
$I$ , мкА													

## 2. Снятие световой характеристики фотоэлемента

- 2.1. Установите напряжение  $U_H$ , при котором наблюдалось насыщение фототока.
- 2.2. Увеличивая расстояние между лампочкой и фотоэлементом через каждые 5 см, измерьте фототок.
- 2.3. Для каждого положения лампочки подсчитайте световой поток.

$$\Phi = \frac{JS}{l^2} = \frac{0,025}{l^2}, \quad (5)$$

где  $l$  – расстояние между лампочкой и фотоэлементом в метрах;

$S = 10 \text{ см}^2 = 10^{-3} \text{ м}^2$  – площадь фотокатода;

$J = 25 \text{ кд}$  – сила света лампы.

- 2.4. Данные занесите в **таблицу 2**.
- 2.5. Постройте световую характеристику  $I = f(\Phi)$ .
- 2.6. Сделайте вывод.

**Таблица 2**

$l$ , м	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,50
$\Phi$ , лм							
$I$ , мкА							

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется фотоэффектом (внешним, внутренним), и какие свойства света характеризует это явление?
2. Почему нельзя объяснить фотоэффект, исходя из волновой природы света?
3. Какие Вы знаете законы фотоэффекта? Какой фотоэффекта изучается в настоящей работе?
4. Объясните фотоэффект, исходя из уравнения Эйнштейна.
5. Что такое работа выхода (ионизации) электрона?
6. Что такое красная граница фотоэффекта?
7. Какой вид имеет вольтамперная характеристика фотоэлемента? Что такое насыщение фототока?
8. Какой вид световой характеристики фотоэлемента? Что такое чувствительность фотоэлемента?
9. Объясните, почему фотобумагу можно обрабатывать при красном свете, а при белом нельзя. Каков механизм засвечивания фотобумаги, фотопленки?
10. Какие явления, характеризующие корпускулярную природу света, Вы знаете? (Кроме фотоэффекта).
11. Что такое эффект Комптона? Объясните его, исходя из корпускулярной природы света.
12. Объясните давление света.