

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2А

### ИЗУЧЕНИЕ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА

#### Цель работы:

- изучение законов внешнего фотоэффекта;
- исследование вольтамперных характеристик вакуумного фотоэлемента;
- определение красной границы материала фотокатода;
- оценка величины постоянной Планка методом задерживающего потенциала для фотоэлектронов;

#### Приборы и принадлежности:

- осветитель – ртутная лампа, установленная в специальном корпусе вместе с источником питания;
- блок светофильтров;
- устройство для регулировки освещенности;
- фотоэлемент СЦВ-13 в корпусе с блоком питания и усилителем тока;
- люксметр;
- держатель для приемного элемента люксметра;
- оптическая скамья, соединенная с корпусом осветителя;
- измерительный блок для измерения тока и напряжения в цепи фотоэлемента.

### ВВЕДЕНИЕ

*Внешний фотоэффект* – это испускание электронов (*фотоэлектронов*) с поверхности тела под действием света. Фотоэлектроны при движении во внешнем электрическом поле создают *фототок*. Зависимость этого фототока от напряжения на фотоэлементе нелинейна. Фототок увеличивается при увеличении напряжения лишь до определенного предельного значения  $I_H$  (фототока насыщения).

По закону Столетова, *при неизменном спектральном составе света, падающего на фотокатод, фототок насыщения пропорционален величине светового потока  $\Phi$* :

$$I_H \sim \Phi.$$

При подаче на анод фотоэлемента отрицательного напряжения фототок постепенно убывает, обращаясь в нуль при некотором напряжении  $U_3$ , называемом *запирающим*. Существование фототока при отрицательных напряжениях на аноде означает, что фотоэлектроны вылетают из катода с некоторой скоростью (кинетической энергией). Максимальная начальная скорость фотоэлектронов  $v_{max}$  связана с задерживающей разностью потенциалов  $U_3$  соотношением:

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = eU_3 \quad (1),$$

где  $e$  и  $m$  — заряд и масса электрона.

Для каждого фотокатода существует *красная граница внешнего фотоэффекта* – максимальная длина световой волны  $\lambda_{cp}$ , при которой еще возможен фотоэффект; длина волны  $\lambda_{cp}$  зависит от материала фотокатода и состояния его поверхности. Красная граница фотоэффекта связана с *работой выхода* электронов  $A_{вых}$  соотношением:

$$h\nu_{cp} = A_{вых} \quad (2),$$

где  $h$  — постоянная Планка.

*Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта*, имеет вид

$$h\nu = A_{вых} + \frac{mv_{max}^2}{2},$$

или с учетом (1):

$$h\nu = A_{\text{вых}} + eU_3 \quad (3).$$

Как видно из формулы (3), зависимость задерживающей разности потенциалов  $U_3$  от частоты  $\nu$

$$U_3 = \frac{h\nu}{e} - \frac{A_{\text{вых}}}{e} \quad (4)$$

есть уравнение прямой линии (рис.1).

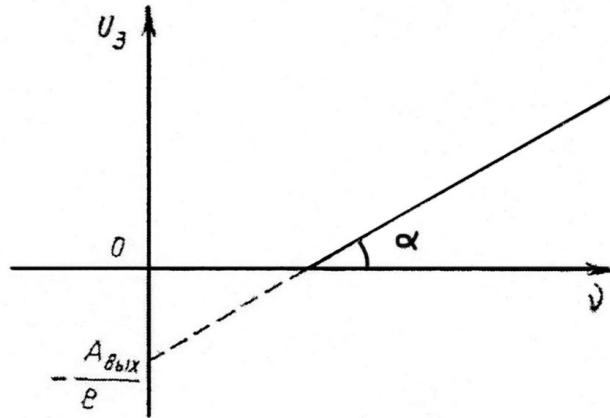


Рис.1.

Экстраполяция прямой на рис.1 до пересечения с осью ординат определяет потенциал выхода электронов из металла; точка пересечения прямой с осью абсцисс дает *границную частоту*  $\nu_{gp}$  фотоэффекта, а тангенс угла наклона прямой к оси частот определяется только постоянной Планка и зарядом электрона.

Если записать соотношение (4) для двух частот  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , то при известных значениях  $\nu_1$  и  $\nu_2$  и измеренных значениях задерживающих напряжений  $U_1$  и  $U_2$  можно вычислить постоянную Планка

$$h = e \frac{U_2 - U_1}{\nu_2 - \nu_1} \quad (5)$$

и работу выхода

$$A_{\text{вых}} = e \frac{U_2 \nu_1 - U_1 \nu_2}{\nu_2 - \nu_1} \quad (6)$$

### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Экспериментальная установка (рис.2) состоит из расположенных на оптической скамье осветителя (ртутной лампы с блоком светофильтров) и приемника излучения (фотоэлемента), а также измерительного устройства и люксметра. Общий вид установки показан на фото 1.

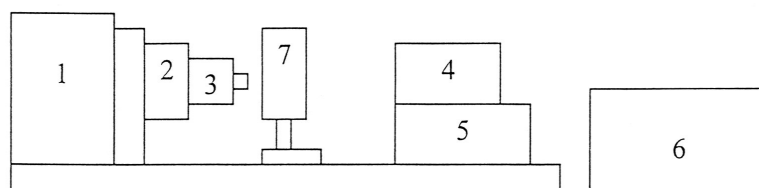


Рис.2

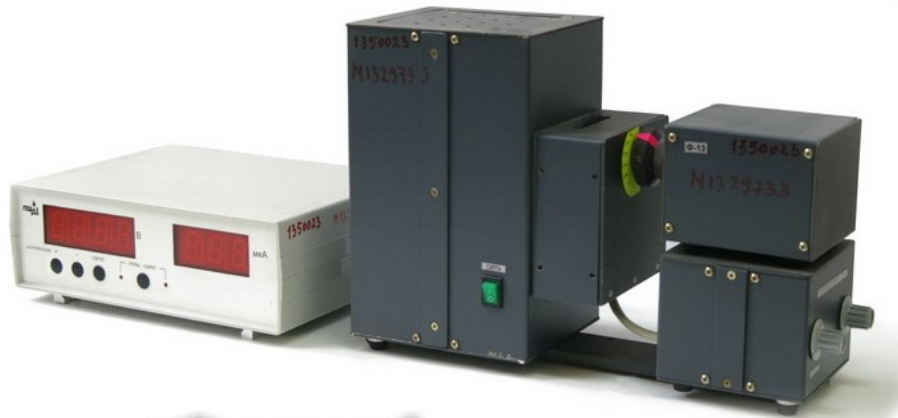


Фото 1

Блок светофильтров (2), установлен внутри корпуса осветителя (1) перед источником света и представляет собой круговую оправу с четырьмя светофильтрами. За блоком светофильтров расположено устройство для регулировки освещенности (3), которое состоит из двух поляризационных фильтров. На верхней части корпуса осветителя находится регулировочное кольцо для изменения освещенности (указано стрелкой на фото 2), а на торце корпуса - переключатель положения светофильтров. Положение «1» блока светофильтров (см. фото 2) соответствует прохождению света без светофильтров, а положение «5» перекрывает лампу и может быть использовано для установки нулевого тока.



На передней панели измерительного устройства (6) находятся два цифровых светодиодных табло для вывода результатов измерения тока (мкА) и напряжения (В), кнопки ПРЯМАЯ-ОБРАТНАЯ для включения прямого и обратного режимов измерения, кнопки СБРОС, «+» и «—» для регулировки напряжения на фотоэлементе и его сброса на ноль (фото 3).



Блок с фотоэлементом (4) закреплен в гнезде на верхней части корпуса усилителя тока (5). На боковой части корпуса усилителя тока фотоэлемента расположены две регулировочные ручки УСТАНОВКА







5. Измерьте освещенность  $E$  при тех же 4-5 положениях (см. п.1) кольца, расположенного на выходном окне осветителя. Результаты измерений занесите в таблицу 3.

6. По окончании измерений отключите питание измерительной установки тумблерами СЕТЬ (на лампе и измерительном блоке). Установите предел измерения люксметра 500 Лк.

ТАБЛИЦА 3.

Положения кольца	1	2	3	4	5
$I_{нас}$ (мкА)					
$E$ (лк)					
$\Phi$ (лм)					

7. Рассчитайте значения светового потока по формуле:

$$\Phi = \frac{\pi d^2}{4} E$$

где  $d$  - диаметр окна фотоэлемента.

8. Результаты вычислений занесите в таблицу 3.

9. Постройте график зависимости  $I_{нас} = f(\Phi)$ .

10. Сделайте вывод о характере зависимости тока насыщения от светового потока.

#### ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. В чем заключается явление фотоэффекта?
2. Какие закономерности фотоэффекта не удастся объяснить с позиций волновой теории света?
3. Что называется красной границей фотоэффекта и от чего зависит ее значение?
4. Что понимают под термином «задерживающее напряжение»?
5. Как определяется постоянная Планка по методу задерживающего потенциала? Как при этом используется уравнение Эйнштейна?
6. Получите уравнения (5) и (6).
7. Можете ли вы указать явление, обратное фотоэффекту?