

Лабораторная работа №2

Изучение внешнего фотоэффекта и определение постоянной Планка

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить внешний фотоэффект;
2. Построить вольтамперную характеристику фотоэлемента;
3. Экспериментально определить значение задерживающего потенциала;
4. Определить постоянную Планка.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Устройство измерительное, объект исследования ФПК10.01.03.00.00

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Внешним фотоэлектрическим эффектом (фотоэффектом) называется испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения.

Сущность этого явления объясняется квантовой теорией излучения. Согласно Эйнштейну, свет не только излучается, но и распространяется в пространстве и поглощается веществом в виде отдельных порций энергии – квантов электромагнитного излучения – **фотонов**. Для монохроматического излучения с частотой ν все фотоны обладают одинаковой энергией:

$$\varepsilon = h\nu$$

где h – постоянная Планка.

С квантовой точки зрения при падении света на поверхность металла происходит столкновение фотона с электроном металла. Энергия фотона

передается электрону и фотон прекращает существование. Эта энергия идет на то, чтобы вырвать электрон из металла и сообщить электрону кинетическую энергию. Энергетический баланс этого взаимодействия для фотоэлектронов (в соответствии с законом сохранения энергии) описывается **уравнением Эйнштейна** для внешнего фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mV_{\max}^2}{2} \quad (1)$$

где A – **работа выхода** электрона из металла – минимальное значение энергии, необходимое для выбивания электрона из металла;

$\frac{mV_{\max}^2}{2}$ – максимальная **кинетическая энергия** электрона после

выхода из металла;

m – **масса** электрона.

Уравнение (1) позволяет объяснить все основные **законы внешнего фотоэффекта**:

1. **Закон Столетова**: Число фотоэлектронов, вылетающих в единицу времени с поверхности при фиксированной частоте света, пропорционально интенсивности света (сила фототока насыщения пропорциональна освещенности катода).
2. Максимальная начальная скорость фотоэлектронов определяется частотой света и не зависит от его интенсивности.
3. Для каждого вещества существует **красная граница фотоэффекта**, т.е. минимальная частота света, при которой еще возможен внешний фотоэффект (ν_0 зависит от химической природы вещества и состояния поверхности).

Для изучения фотоэффекта обычно используют устройство, принципиальная схема которого представлена на **рис. 1**.

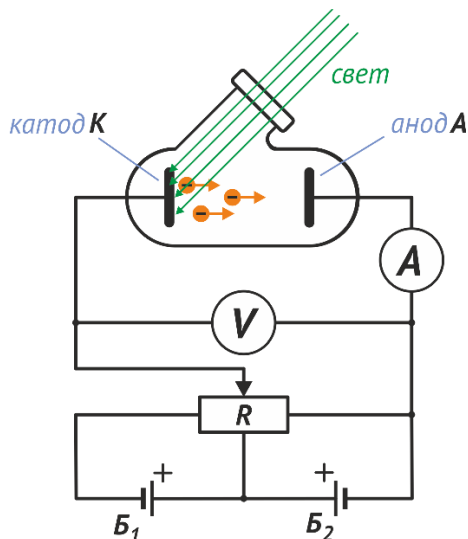


Рис. 1. Опыт Столетова

Вакуумная трубка содержит катод K из исследуемого металла и анод A . Напряжение между K и A регулируется потенциометром R и измеряется вольтметром V . Две батареи B_1 и B_2 , включенные «навстречу друг другу», позволяют изменять с помощью R не только абсолютную величину, но и знак U (ускоряющее и задерживающее напряжения). Фототок измеряется микроамперметром и возникает при освещении катода монохроматическим светом через кварцевое окошко трубки.

На **рис.2** приведены кривые зависимости силы фототока I от напряжения U (вольтамперные характеристики фотоэффекта), соответствующие двум различным освещенностям катода E_1 и E_2 . Частота света в обоих случаях одинакова.

Существование фототока в области отрицательных напряжений от 0 до $-U_0$ свидетельствует о том, что фотоэлектроны, выбитые из катода, обладают начальной кинетической энергией. За счет уменьшения этой энергии электроны могут совершать работу против сил задерживающего электрического поля и достигать анода.

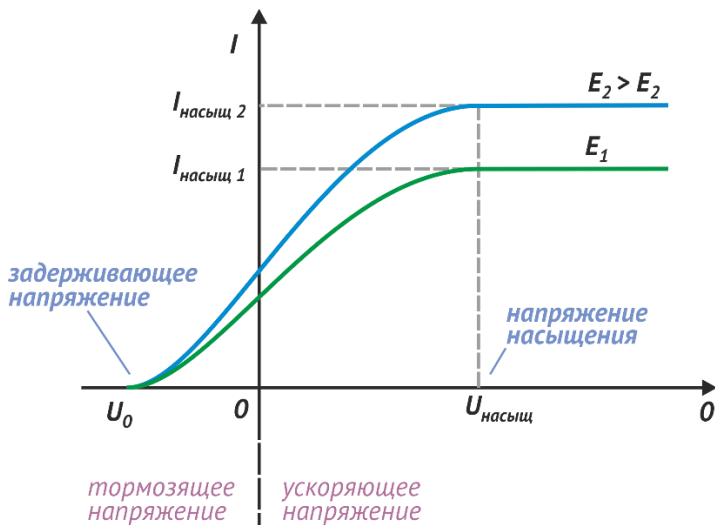


Рис. 2. Вольтамперная характеристика фотоэффекта

Для того чтобы $I = 0$, необходимо приложить задерживающее напряжение U_0 (задерживающий потенциал). При $U = U_0$ ни один электрон не может преодолеть задерживающее поле и достичь анода. Очевидно, что

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

где e и m – заряд и масса электрона.

И так, при $U \leq -U_0$ фототок $I = 0$. Измерив экспериментально U_0 , можно определить максимальные значения скорости и энергии фотоэлектронов. При возрастании U фототок постепенно растет и достигает насыщения $I_{\text{насыщ}}$, т.е. все электроны, выбитые из катода, достигают анода.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Установка состоит из объекта исследования и устройства измерительного, выполненных в виде конструктивно законченных изделий, устанавливаемых на лабораторном столе и соединяемых между собой кабелем.

Объект исследования конструктивно выполнен в виде сборного корпуса, в котором установлены осветитель (спектральная ртутная лампа) с источником питания, блок интерференционных светофильтров 1, 2, 3, 4 и устройство регулировки освещенности.

Устройство измерительное выполнено в виде конструктивно законченного изделия. В нем применена однокристалльная микро - ЭВМ с соответствующими дополнительными устройствами, позволяющими производить измерение тока фотоэлемента, установленного в объекте исследования, устанавливать и измерять питающие напряжения на фотоэлементе, а также осуществлять функции управления установкой (установка режимов прямого или обратного измерения и т.п.). В состав устройства измерительного входят также источники его питания.

МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Установите на объект исследования фотоприемник с исследуемым фотоэлементом и задвиньте бленду осветителя в окно фотоэлемента.
2. Подключите сетевые шнуры устройства измерительного и объекта исследования к сети и включите устройство измерительное выключателем «*СЕТЬ*» на его задней панели. При этом должны загореться индикаторы «*ОБРАТНАЯ*», «*В*» и «*мКА*» устройства измерительного.

На индикаторе «*В*» должны установиться нули (допускается индикация до значения 2 младшего разряда).

3. После **5 минутного прогрева** ручками «*УСТАНОВКА НОЛЯ*» на объекте исследования **установить нулевое значение** на индикаторе «*мКА*» измерительного устройства (используя **5 светофильтр**).

4. Включите объект исследования выключателем «СЕТЬ» на его передней панели. При этом должен загореться индикатор «СЕТЬ» объекта исследования.
5. Дать лампе осветителя прогреться в течение *15 мин.*
6. С помощью кнопки «ПРЯМАЯ–ОБРАТНАЯ» выбрать необходимый режим измерения.
7. Установить необходимый светофильтр.
8. Изменяя значения напряжения с помощью кнопок «+» и «-» и считывая показания фототока с индикатора «мкА», получите данные для построения вольтамперной характеристики, устанавливая диск со светофильтрами в положение «5» и проверяя установку ноля тока при нулевом значении напряжения, повторите действия по п.п. 5-7.
9. Заполните **Таблицу 1**.
8. По окончании работы необходимо отключить питание установки выключателями «СЕТЬ» (на задней панели устройства измерительного и передней панели объекта исследования) и отключить сетевые вилки устройства измерительного и объекта исследования от питающей сети.

Режим работы установки **прерывистый** - через каждые *45 минут* работы делается перерыв на *15-20 мин.*

В режиме прямого тока напряжение *U* не должно превышать **40 В!**

Таблица 1

№	1 светофильтр				2 светофильтр				3 светофильтр				4 светофильтр			
	$\lambda = 403 \text{ нм}$				$\lambda = 435 \text{ нм}$				$\lambda = 546 \text{ нм}$				$\lambda = 578 \text{ нм}$			
	Прямой режим		Обратный режим		Прямой режим		Обратный режим		Прямой режим		Обратный режим		Прямой режим		Обратный режим	
	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I
	В	мкА	В	мкА	В	мкА	В	мкА	В	мкА	В	мкА	В	мкА	В	мкА
1	0		0,2		0		0,2		0		0,2		0		0,2	
2	5		0,4		5		0,4		5		0,4		5		0,4	
3	10		0,6		10		0,6		10		0,6		10		0,6	
4	15		0,8		15		0,8		15		–	–	15		–	–
5	20		1,0		20		1,0		20		–	–	20		–	–
6	25		–	–	25		–	–	25		–	–	25		–	–
7	30		–	–	30		–	–	30		–	–	30		–	–

Примечание 1. При необходимости с помощью поворота кольца, расположенного на выходном окне объекта исследования, можно изменять освещенность фотоэлемента.

Примечание 2. При определении запирающего напряжения фотоэлемента необходимо нулевое значение тока считать при уменьшении напряжения от нулевого значения до значения запирающего напряжения, а не наоборот. Не рекомендуется также устанавливать значение напряжения ниже запирающего.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. По данным таблицы построить вольтамперную характеристику $I(U)$ для **разных длин волн**, учитывая, что при обратном режиме напряжение отрицательно.
2. Установить поочередно фильтры и в режиме обратного тока определить задерживающие напряжения (когда $I = 0$), результаты занести в **Таблицу 2**.

Таблица 2

λ , нм	407	435	546	578
$U_{зан}$, В				

3. Для определения постоянной Планка необходимо воспользоваться формулой:

$$h_{ik} = \frac{e(U_{0i} - U_{0k})\lambda_i\lambda_k}{c(\lambda_i - \lambda_k)}$$

Постоянная Планка считается для длин волн:

- λ_1 и λ_2 ,
 - λ_2 и λ_3 ,
 - λ_3 и λ_4 ,
 - λ_1 и λ_4 ,
 - λ_3 и λ_1 ,
 - λ_3 и λ_4 .
4. Определить **среднее значение** h .
 5. Рассчитать относительную погрешность Δh .
 6. Сделать вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Явление фотоэлектрического эффекта.
2. Законы фотоэффекта.
3. Гипотеза Планка.
4. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
5. Вольтамперная характеристика фотоэлемента.
6. Ток насыщения.
7. Задерживающий потенциал (напряжение).
8. Красная граница фотоэффекта.