

Московский физико-технический институт  
(государственный университет)  
Факультет общей и прикладной физики

Лабораторная работа № 1.1  
(Общая физика: квантовая физика)

# Экспериментальная проверка уравнения Эйнштейна для фотоэффекта и определение постоянной Планка

Работу выполнил:  
Иванов Кирилл, 625 группа

г. Долгопрудный  
2018 год

**Цель работы:** Исследовать зависимость фототока от величины задерживающего потенциала и частоты падающего излучения, что позволяет вычислить величину постоянной Планка.

## 1. Теоретическое введение

Фотоэффект — явление испускания электронов фотокатодом, облучаемым светом. Это явление хорошо объясняется фотонной теорией света. Взаимодействие монохроматического света с веществом можно описывать как взаимодействие с веществом частиц, называемых фотонами, которые обладают энергией  $\hbar\omega$  и импульсом  $\hbar\omega/c$ . При столкновении фотона с электроном фотокатода энергия фотона полностью передается электрону, и фотон прекращает свое существование. Энергетический баланс этого взаимодействия для вылетающих электронов описывается уравнением

$$\hbar\omega = E_{max} + W \quad (1)$$

Здесь  $E_{max}$  — максимальная кинетическая энергия электрона после выхода из фотокатода,  $W$  — работа выхода электрона из катода. Реально энергетический спектр вылетевших из фотокатода электронов непрерывен — он простирается от нуля до  $E_{max}$ .

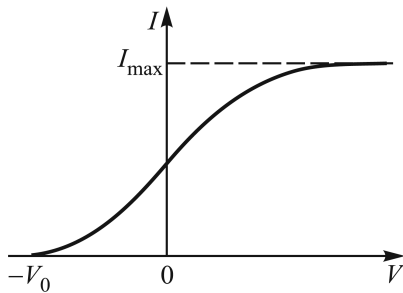


Рис. 1: Зависимость фототока от напряжения на аноде фотоэлемента

Для измерения энергии вылетевших фотоэлектронов вблизи фотокатода обычно располагается второй электрод (анод), на который подается задерживающий ( $V < 0$ ) или ускоряющий ( $V > 0$ ) потенциал. При достаточно больших ускоряющих напряжениях фототок достигает насыщения (рис. 1): все испущенные электроны попадают на анод.

При задерживающих потенциалах на анод попадают лишь электроны, обладающие достаточно большой кинетической энергией, в то время как медленно движущиеся электроны заворачиваются полем и возвращаются на катод. При некотором значении  $V = -V_0$  (потенциал запираения) даже наиболее быстрые фотоэлектроны не могут достичь анода. Максимальная кинетическая энергия  $E_{max}$  электронов связана с запирающим потенциалом  $V_0$  очевидным соотношением  $E_{max} = eV_0$ . Тогда (1) примет вид, называемый уравнением Эйнштейна:

$$eV_0\hbar\omega - W \quad (2)$$

Чтобы определить величину запирающего напряжения, нам надо правильно экстраполировать получаемую токовую зависимость к нулю, т. е. определить, какова функциональная зависимость  $I(V)$ . Расчет для простейшей геометрии — плоский катод, освещаемый светом, и параллельный ему анод — приводит к зависимости

$$\sqrt{I} \propto V_0 - V$$

т. е. корень квадратный из фототока линейно зависит от запирающего напряжения. Эта зависимость хорошо описывает экспериментальные данные.

В работе изучается зависимость фототока из фотоэлемента от величины задерживающего потенциала  $V$  для различных частот света  $\omega$ , лежащих в видимой области спектра. С целью экспериментальной проверки уравнения Эйнштейна определяются потенциалы записания  $V_0$  при разных частотах света и строится зависимость  $V_0(\omega)$ , которая, как это следует из (2), должна иметь вид

$$V_0(\omega) = \frac{\hbar\omega - W}{e}$$

Потенциал записания  $V_0$  для любого катода линейно зависит от частоты света  $\omega$ . По наклону прямой на графике  $V_0(\omega)$  (рис. 2) можно определить постоянную Планка:

$$\frac{dV_0}{d\omega} = \frac{\hbar}{e} \quad (3)$$

Как показывает формула (3), угол наклона прямой  $V_0(\omega)$  не зависит от рода вещества, из которого изготовлен фотокатод. От рода вещества, однако, зависит величина фототока, работа выхода  $W$  и форма кривой  $I(V)$  (рис. 1). Все это определяет выбор пригодных для опыта катодов.

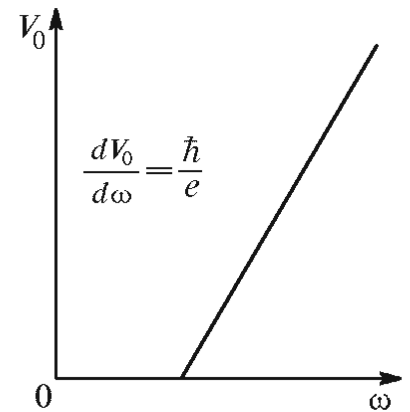


Рис. 2: Зависимость запирающего потенциала от частоты света

## 2. Выполнение работы

## 3. Вывод