

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} .

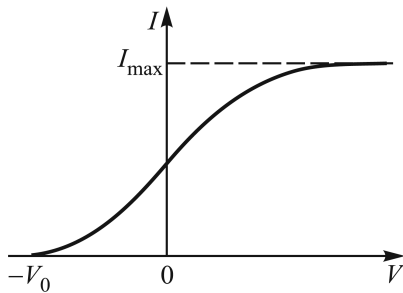


Рис. 1: Зависимость фототока от напряжения на аноде фотоэлемента

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 ω , 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 ω . 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.

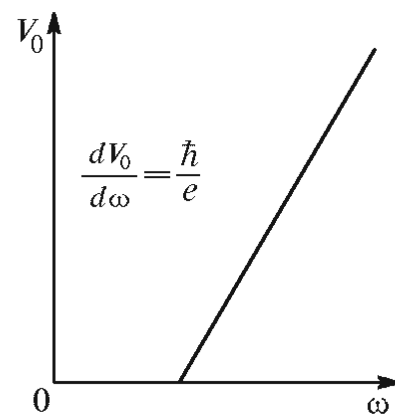


Рис. 2: Зависимость запирающего потенциала от частоты света

2. Выполнение работы

3. Вывод