

XVIII. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА **КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ**

Для объяснения световых явлений некоторые ученые во главе с И. Ньютоном считали, что свет – это поток частиц (корпускул). Другие ученые во главе с Гюйгенсом считали, что свет – это волна.

1. Гипотеза М. Планка о квантах

М. Планк выдвинул гипотезу о квантах: энергия испускается телом не непрерывно, а отдельными порциями – квантами, энергия которых пропорциональна частоте колебаний (ν) электромагнитного поля.

$$\varepsilon = h \cdot \nu$$

где h – постоянная Планка, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с.

3. Фотоны

Электромагнитное излучение имеет квантовый характер, т. е. излучается и поглощается веществом в виде отдельных частиц электромагнитного поля – **фотонов**.

♦ **Основные свойства фотона:**

- является частицей электромагнитного поля;
- движется со скоростью света;
- существует только в движении;
- масса покоя равна нулю;
- заряд равен нулю.

Равенство нулю массы фотона означает невозможность его нахождения в покоем состоянии. Фотон всегда движется, причем только со скоростью света.

♦ **Масса фотона:**

$$m = \frac{h \cdot \nu}{c^2} = \frac{h}{c \cdot \lambda}$$

♦ **Энергия фотона**

$$\varepsilon = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

♦ **Импульс фотона:**

$$p = \frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

2. Фотозффект

♦ **Фотозффект** – это явление взаимодействия света с веществом, в результате которого энергия фотонов передается электронам вещества.

Различают внутренний и внешний фотозффект:

♦ **Внутренний фотозффект** – изменение концентрации носителей заряда в веществе.

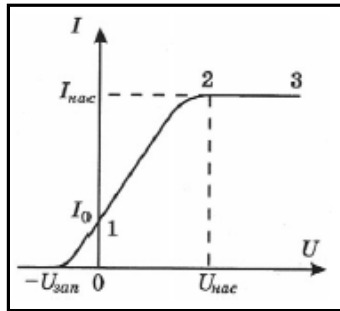
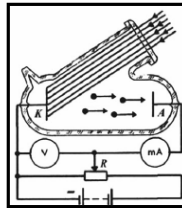
♦ **Внешний фотозффект** – явление вырывания электронов с поверхности вещества под действием падающего на него света.

3. Опыты А. Г. Столетова

В 1888 году А. Г. Столетов впервые систематически исследовал фотозффект.

♦ **Закон Столетова:**

- количество электронов, выбиваемых светом с поверхности металла за 1 с, прямо пропорционально интенсивности света и не зависит от частоты падающего света.
- Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего излучения, а определяется только его частотой.



, ниже которой фотозффект невозможен.

• Для каждого вещества существует «красная граница» фотозффекта, т. е. минимальная частота света

♦ **Уравнение Эйнштейна для фотозффекта:**

$$h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = A_{\text{ВЫЛ}} + \frac{m \cdot V_{\text{MAX}}^2}{2}$$

Уравнение в присутствии обратной разности потенциалов:

$$h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = A_{\text{ВЫЛ}} + e \cdot U_{\text{ОБР}} + \frac{m \cdot V^2}{2}$$

Для запирающего напряжения

$$e \cdot U_{\text{ЗАП}} = \frac{m \cdot V_{\text{MAX}}^2}{2}$$

♦ **«Красная граница» фотозффекта** – наименьшая частота (наибольшая длина волны), при которой начинается фотозффект:

$$h \cdot \nu_{\text{min}} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{max}}} = A_{\text{ВЫЛ}}$$

С уменьшением частоты падающего света (увеличением длины волны) энергия падающих квантов при некоторой частоте (длине волны) может стать равной работе выхода электрона из металла.

«Красная граница» фотозффекта зависит только от работы выхода электрона из вещества.

♦ **Давление света**

$$P = \frac{N \cdot h \cdot \nu}{c} (1 + \rho)$$

где N – количество фотонов, падающих на единицу поверхности за единицу времени, ρ – коэффициент отражения света.

4. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Корпускулярно-волновой дуализм

Гипотеза де Бройля

После того как представления о двойственных свойствах света подтвердились, было высказано предположение о том, что корпускулярно волновая двойственность свойств характерна не только для фотонов, но и для частиц вещества – электронов, протонов, нейтронов, а также атомов, молекул и атомных ядер – т. е. движение любых частиц, имеющих энергию ε и импульс p , можно рассматривать с помощью теории волн.

При этом движущаяся частица представляет как волна с частотой: ν и длиной волны λ .

$$\nu = \frac{\varepsilon}{h}, \quad \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot V}$$

Позже эти волны получили название **волн де Бройля** в честь французского ученого Луи де Бройля, высказавшего это предположение.

Корпускулярно-волновая двойственность света характерна для электромагнитного поля и имеет универсальный характер.

5.1.9. Дифракция электронов

Дифракция электронов является опытным доказательством гипотезы де Бройля о волновых свойствах частиц.

Опыт К. Дэвиссона и Л. Джермера (1927)

Общим условием дифракции является соизмеримость длины падающей волны с расстоянием между рассеивающими центрами: $\lambda \approx d$.

В качестве дифракционной решетки использовалась кристаллическая решетка никеля, расстояние между атомами которого $d \approx 2 \cdot 10^{-10}$ м. Пучок ускоренных электрическим полем электронов с длиной волны $\lambda \approx 10^{-10}$ м направлялся под углом ϕ на поверхность кристалла никеля. Полученная дифракционная картина и явилась доказательством наличия у электронов волновых свойств.