1 Wstęp

$$E^2 = c^2p^2 + m^2c^4$$

2 Eksperyment Younga

W eksperymencie mierzymy zachowanie elektronów względem dwóch dziur i czujnika ruchomego na wzdłuż osi x. Mierzymy prawdopodobieństwo, tego, że czujnik odbierze elektron, jako $P_{12}(x)$. Równocześnie rozróżniamy $P_1(x)$ oraz $P_2(x)$; prawdopodobieństwa, tego, że czujnik odbierze elektron przy jednej z dziur zasłoniętej.

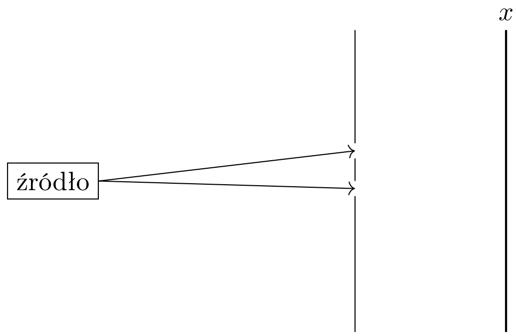

Diagram 1: Ilustracja eksperymentu

2.1 Cząstkowa interpretacja

Jeśli elektron zachowałby się jako cząstka, to spodziewalibyśmy się, że $P_{12}(x) = P_1(x) + P_2(x)$. Wnioskiem takiej obserwacji byłoby, że cząstki elektronów nie mają na siebie wpływu; nie zachodzi interferencja. Co więcej, elektron zawsze przechodzi jedną dziurą.

2.2 Falowa interpretacja

Jeśli elektron zachowałby się jako fala, to spodziewalibyśmy się przeciwnego wyniku. Fale nie nakładają się na siebie tak czysto. Zachodziłaby interferencja; fale w zależności od fazy albo by się na siebie nakładały, albo niwelowały. Co więcej ze względu na działanie fal, elektron by przechodził przez obydwie dziury jednocześnie. $P_{12}(x) = |\phi_1(x) + \phi_2(x)|^2$, $P_1 = |\phi_1(x)|^2$, ...

2.3 Wynik

Eksperyment pokazuje, że mimo tego, że detektor odbiera elektrony w dyskretnych grupach, to P_{12} zachowuje się jakby elektrony były falami. Zatem elektron zachowuje się "trochę jak cząstka trochę jak fala".

Dodanie źródła światła do eksperymentu, co pozwala nam go zobaczyć, powoduje, że elektrony zachowują się jak cząstki. Wynika to z tego, że światło wpływa na elektrony.

Na podstawie tego eksperymentu, opracowano zasadę niepewności Heisenberga. W ramach eksperymentu, oznacza ona, że nie da się zaprojektować detektora elektronów, który nie wpływa na elektrony.

2.4 Wyprowadzenia

Ten eksperyment pozwala nam wyprowadzić następujące właściwości światła o danej długości fali λ i częstości ω:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$p = \frac{2\pi\hbar}{\lambda} = \frac{h}{\lambda} = k\hbar$$

$$E_f = \hbar\omega = pc$$

Zatem też: $m_f = 0$, $v_f = c$.

2.5 Światło

Światło o danym λ i ω składa się z dyskretnych cząstek, których dystrybucja jest dana przez interferencję fali. Nie jest falą, ale działa jak fala. Charakterystyka fali określa prawdopodobieństo, tego że foton padnie w danym miejscu.

2.6 Fala de Broglie

Jest to generalizacja koncepcji światła wychodzącej z eksperymentu Younga. Każda fala, która na skali makroskopicznej zachowuje się jak fala, lecz tak naprawdę jest masą dyskretnych cząstek jest falą de Broglie, lub falą materii.

$$\lambda = \frac{h}{p}$$
$$E = h\nu$$

3 Zasada niepewności

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

gdzie, na przykład, $\Delta x = \sigma(x)$. Istotna jest jednak obserwacja, że dla $\Delta x \to 0$, $\Delta p \to \infty$, i na odwrót.

4 Efekt Fotoelektryczny

W wyniku promieniowania fotonami, elektrony atomów pierwiastka są wyrzucane z atomu. Efekt ten jest wykorzystywany w praktyce w napędzaniu fotodiod i fotokomórek.

Elektrony w metalu znajdują się w studni potencjału, głębokości W, odpowiadającej pracy wyjścia. Foton padając na materiał powoduje wyrzucenie elektronu naładowanego U z energią kinetyczną $E_{k\max}$. W wyniku tego procesu utracona zostaje energia w postaci pracy wyjścia W:

$$E_{k\max} = E_f - W = eU$$

Częstością progową nazywamy najniższą częstość ω_0, dla której $E_{k\max} = 0$.

5 Zjawisko Comptona

W zjawisku Comptona foton padający na elektron zmienia kierunek i częstość. Efekt ten jest wykorzystywany w praktyce w analizie struktury atomów i molekuł.

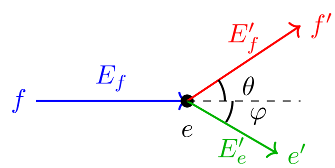

Diagram 2: Ilustracja zjawiska Comptona. Foton f ma długość fali λ.

W zjawisku zachowanny jest pęd oraz energia, co wraz z równaniem Comptona:

$$(\lambda' - \lambda)\frac{m_e c}{h} = 1 - \cos\theta$$

Pozwala nam w istocie wyprowadzić wszystkie niewadome w zjawisku.

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$p_f + p_e = p'_f + p'_e \Rightarrow \begin{cases} \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'}\cos\theta + p_e\cos\varphi \\ 0 = \frac{h}{\lambda'}\sin\theta + p_e\sin\varphi \end{cases}$$

$$E_f + E_e = E'_f + E'_e \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} + m_e c^2 = \frac{hc}{\lambda'} + E'_e$$

6 Model Bohra

W modelu atomu Bohra, elektron porusza się wokół jądra wokół jednej z dyskretnych orbit. To też oznacza, że energia elektronu jest dyskretna lub zkwantowana.

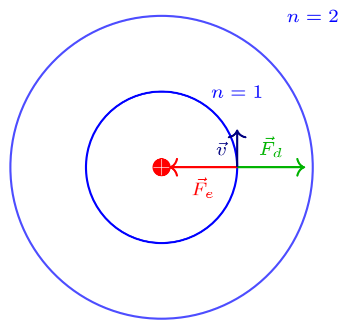

Diagram 3: Model Bohra atomu

Elektron na orbicie utrzymuje się w wyniku siły elektrostatycznej między elektronem a jądrem.

$$\frac{mv^2}{r} = k\frac{e^2}{r^2}$$

$$mvr = n\hbar = n\frac{h}{2\pi}$$

Dla dowolnego ciała na orbicie:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

gdzie T jest czasem okresu orbity.

$$E_k = -\frac{E_p}{2}$$

Postulat Bohra:

$$\oint pdq = nh$$