

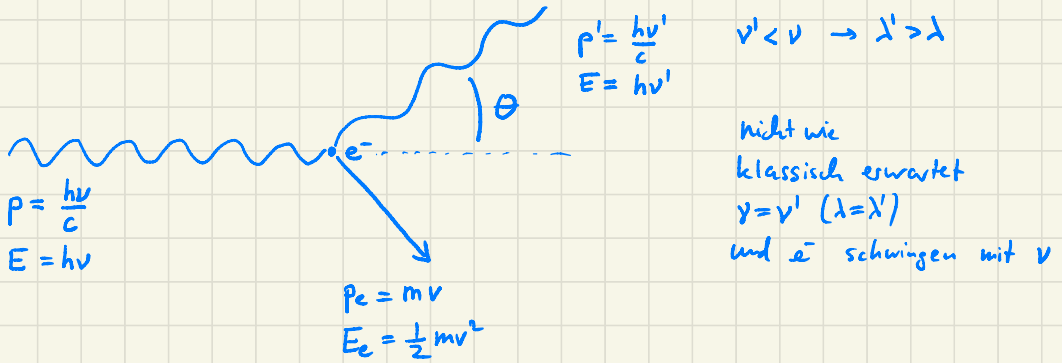
1. Schlüsselexperimente der QM

Fragen? / Speed-Test / Feedback?

- a) Hohlraumstrahlung → Energie kommt in Quanten vorr.
- b) Photoeffekt → El. magn. Wellen bestehen aus Lichtquanten/Photonen der Energie $h\nu$
- c) Comptoneffekt ✓
- d) Spektrallinien ✓
- e) Doppelspaltexperiment ✓

c) Comptoneffekt Compton 1922

Streuung von Licht an Elektronen zeigt Teilchencharakter des Lichts



elastische Streuung von Photonen mit $p, E \rightarrow p', E'$

Energieerhaltung: $\frac{1}{2}m\nu^2 = h\nu - h\nu'$

Impulserhaltung: $(m\nu)^2 = (\vec{p} - \vec{p}')^2 \quad m\vec{\nu} = \vec{p} - \vec{p}'$

$$2m(h\nu - h\nu') = \frac{h^2}{c^2} (\nu^2 + \nu'^2 - 2\nu\nu' \cos\theta)$$

... $\nu^2 \approx \nu\nu' \approx \nu'^2$...

$$\frac{1}{\nu'} - \frac{1}{\nu} = \frac{h}{mc^2} (1 - \cos\theta)$$

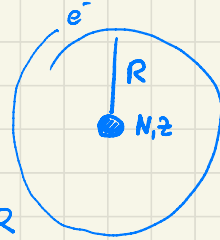
d) Spektrallinien

Atome emittieren diskretes Linienspektrum

klassisch unerklärbar

beschleunigt bewegte e^- strahlen el. magn. Wellen ab

e^- verlieren kontinuierlich Energie



→ Umlaufbahn mit kleiner werdendem Radius R

3. Keplersches Gesetz $\frac{t^2}{R^3} = \text{const.}$

→ Umlauffrequenz / Strahlungsfrequenz ändert sich kontinuierlich

widerspricht diskreten Linienspektrum $h\nu = E_i - E_j$
von Übergängen zwischen e^- Zuständen mit Energie E_i, E_j

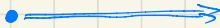
e) Doppelspaltexperiment

(bisher: Wellen/Licht haben Teilchencharakter)

↳ Teilchen haben Wellencharakter

Quelle

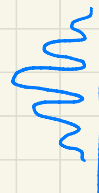
z.B. mono-energetischer Elektronenstrahl



klassisch

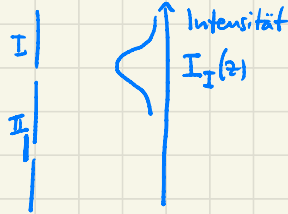


Experiment: Interferenzen wie bei Licht

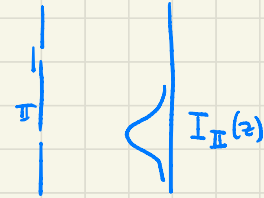


Elektron schwärzt immer nur einen Punkt auf Photoplatte
 Interferenz entsteht, nachdem viele e^- von Quelle auf Schirm
 Punktfeldern \rightarrow Bahnvorstellung

Bahn kann durch Spalt I oder II gehen



Spalt II geschlossen



Spalt I geschlossen

aber Quantenmechanik $I(z) \neq I_I(z) + I_{II}(z)$

\rightarrow Aufgabe der klassische Bahnvorstellung

Sondern Wahrscheinlichkeit e^- bei z zu finden

Wahrscheinlichkeit $I(z) = |\Psi(z)|^2$
 \uparrow
 allg. komplexe Ws-amplitude

d.h. $I_I(z) = |\Psi_I(z)|^2$ und $I_{II}(z) = |\Psi_{II}(z)|^2$

mit Doppelspalt $I(z) = |\Psi_I(z) + \Psi_{II}(z)|^2$

Ws-amplituden werden addiert

$$\begin{aligned}
 &= (\Psi_I + \Psi_{II})^* (\Psi_I + \Psi_{II}) \\
 &= I_I(z) + I_{II}(z) + \underbrace{2 \operatorname{Re}(\Psi_I^*(z) \Psi_{II}(z))}_{\text{Interferenz!}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 |z|^2 &= z^* z \\
 \parallel & \parallel \\
 v+iw & (v-iw)(v+iw) \\
 &= v^2 + w^2
 \end{aligned}$$

⇒ Wellenfunktion $\Psi(\vec{r}, t)$ mit physikalischer Bedeutung

$$\underbrace{|\Psi(\vec{r}, t)|^2}_{\text{Ws-dichte}} d^3r = \text{Ws, Teilchen zur Zeit } t \text{ in } d^3r \text{ um } \vec{r} \text{ zu finden}$$

Normierung $\int_{\mathbb{R}^3} d^3r |\Psi(\vec{r}, t)|^2 = 1$

(Ü-blatt 2: $\frac{d}{dt} \int d^3r |\Psi(\vec{r}, t)|^2 = 0$ erhalten)

Zusammenfassung:

- Quantisierung der Energie
- Teilchencharakter von el. magn. Wellen / Licht
- Wellencharakter von Teilchen
- Aufgabe der kl. Bahnvorstellung

QM