Physik · Überblick

Quantenobjekte

Alles Wichtige auf zwei Seiten · gA und eA

Im Abitur 2027

Niedersachsen: Teil des Kerncurriculums (KC 2022), gA und eA. Für Prüfungen mit Experiment ist 2027 unter anderem der Kasten „Optik und Atomphysik“ festgelegt.

Konstanten

Plancksches Wirkungsquantum

$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$

$1\ \mathrm{eV} = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$

Licht und Elektronen passen in kein altes Bild. Licht interferiert wie eine Welle, gibt seine Energie aber in Paketen ab. Elektronen haben Masse und Ladung, erzeugen aber Interferenzmuster. Quantenobjekte sind weder klassische Teilchen noch klassische Wellen.

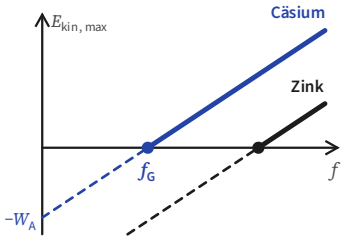
Der Fotoeffekt

Licht löst Elektronen aus einer Metalloberfläche. Die Beobachtungen passen nicht zur Wellenvorstellung:

- Unterhalb einer **Grenzfrequenz** f_G kommt kein Elektron heraus, egal wie hell das Licht ist.
- Die Energie der Elektronen hängt nur von der **Frequenz** ab, nicht von der Helligkeit.
- Helleres Licht löst **mehr** Elektronen aus, aber keine schnelleren.
- Die Elektronen kommen ohne Verzögerung heraus.

Einstein: Licht besteht aus **Photonen** mit der Energie $E = h \cdot f$. Jedes Photon gibt seine ganze Energie an genau ein Elektron ab. Ein Teil davon, die **Austrittsarbeit** W_A, wird zum Herauslösen gebraucht:

$$E_{\mathrm{kin,\,max}} = h \cdot f - W_A$$



Steigung jeweils h

Im Diagramm

Jedes Metall gibt eine Gerade mit derselben Steigung h. Nur die Grenzfrequenz unterscheidet sich.

Photonen

Energie

$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$$

Blaues Licht hat energiereichere Photonen als rotes.

Impuls

$$p = h / \lambda$$

Photonen haben keine Masse, aber einen Impuls.

Gegenfeldmethode

$$e \cdot U_0 = h \cdot f - W_A$$

Mit der Spannung, die den Strom gerade stoppt, misst man $E_{\mathrm{kin,\,max}}$.

Elektronen als Welle

De Broglie: Jedem Teilchen mit dem Impuls p gehört eine Wellenlänge zu. Für Elektronen nach der Beschleunigungsspannung U gilt:

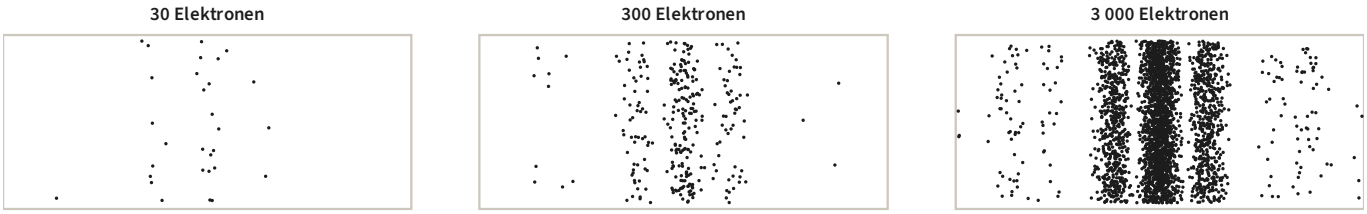
$\lambda = h / p$ $\lambda = h / \sqrt{(2 \cdot m \cdot e \cdot U)}$

In der **Elektronenbeugungsröhre** fliegen Elektronen durch eine dünne Graphitschicht. Auf dem Schirm entstehen Ringe, wie bei der Beugung von Licht am Gitter. Höhere Spannung: kleinere Wellenlänge, kleinere Ringe.

Größenordnung

Bei 5 kV haben Elektronen etwa 17 pm Wellenlänge. Das passt zum Abstand der Atome im Kristall. Deshalb funktioniert die Beugung.

Doppelspalt mit einzelnen Quantenobjekten



Jedes Elektron landet an einem Punkt. Erst viele ergeben das Streifenmuster.

- **Zufall:** Wo ein einzelnes Elektron landet, lässt sich nicht vorhersagen. Vorhersagbar ist nur die **Wahrscheinlichkeit**.
- **Muster:** Viele Elektronen ergeben das Interferenzmuster einer Welle. Es zeigt, wo die Wahrscheinlichkeit groß ist.
- **Weginformation:** Kann man herausfinden, durch welchen Spalt ein Elektron ging, verschwindet das Muster. Weginformation und Interferenz schließen sich aus (Komplementarität).
- **eA: Unbestimmtheit:** Ort und Impuls lassen sich nicht gleichzeitig beliebig genau festlegen: $\Delta x \cdot \Delta p \geq h / (4\pi)$.

Mit Photonen genauso

Mit sehr schwachem Licht kommt jedes Photon einzeln an. Auch hier baut sich das Muster Punkt für Punkt auf.

Typische Fehler

- „Helleres Licht, schnellere Elektronen“: Es werden nur mehr.
- E in J und eV gemischt. Erst alles in eine Einheit.
- „Ein Elektron erzeugt einen Ring“: Es landet an einem Punkt.
- „Mal Teilchen, mal Welle“: Es ist ein Quantenobjekt mit eigenen Regeln.

Was dieser Zettel nicht kann

Er zeigt dir, worum es geht. Herleitungen und Rechenwege übst du am besten an echten Abi-Aufgaben.

Weiter lernen

diese Themen gehören dazu

- **Fotoeffekt:** Gegenfeldmethode, h bestimmen, Photonen
- **Elektronenbeugung:** de Broglie, Röhre auswerten
- **Doppelspalt:** Wahrscheinlichkeit, Weginformation, Unbestimmtheit

Alle Zettel kostenlos:

Link im TikTok-Profil

von randnotiz