

1. Übungsblatt zur Vorlesung Quantenmechanik

Aufgabe 1: a) Berechnen Sie die Anzahl von Photonen, die eine 100 Watt Glühbirne in einer Sekunde abstrahlt. Nehmen Sie dazu der Einfachheit halber an, dass nur monochromatisches Licht der Wellenlänge

$$\lambda = 600 \text{ nm} = 600 \times 10^{-9} \text{ m}$$

abgestrahlt wird, das wäre dann oranges Licht. Wir interessieren uns nur für die Größenordnung, rechnen Sie vielleicht mit einer Stelle nach dem Komma.

b) Informieren Sie sich über die Energie-Einheit Elektronenvolt, 1 eV, und geben Sie dann die Energie eines einzelnen Photons mit Wellenlänge 600 Nanometer in Elektronenvolt an.

Aufgabe 2: In dem Doppelspalt-Experiment mit Elektronen von Batelaan und Kollegen,

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/15/3/033018>

durchlaufen die Elektronen, bevor sie auf den Doppelspalt treffen, ein elektrisches Feld, welches mit einer Spannung von 600 Volt erzeugt wurde, und erhalten dadurch eine kinetische Energie von 600 Elektronenvolt, also

$$E = \frac{p^2}{2m_e} = 600 \text{ eV}$$

Dabei ist m_e die Ruhemasse des Elektrons, gegeben durch

$$m_e = \frac{m_e c^2}{c^2} = \frac{511 \text{ keV}}{c^2} = \frac{511 \times 10^3 \text{ eV}}{c^2}$$

und c die Lichtgeschwindigkeit.

- Berechnen Sie die de Broglie Wellenlänge λ der Elektronen.
- Um single electron interference zu realisieren, wurde die Intensität des Elektronenstrahls so stark reduziert, dass der durchschnittliche zeitliche Abstand zwischen zwei Elektronen 1 Sekunde betrug. Welche Strecke legt ein Elektron mit kinetischer Energie von 600 eV in einer Sekunde zurück?
- In der Vorlesung hatten wir für die Intensitätsverteilung am Doppelspalt die Formel

$$\text{Intensität} \sim \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \times \cos^2 \beta$$

hergeleitet mit

$$\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta, \quad \beta = \frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta$$

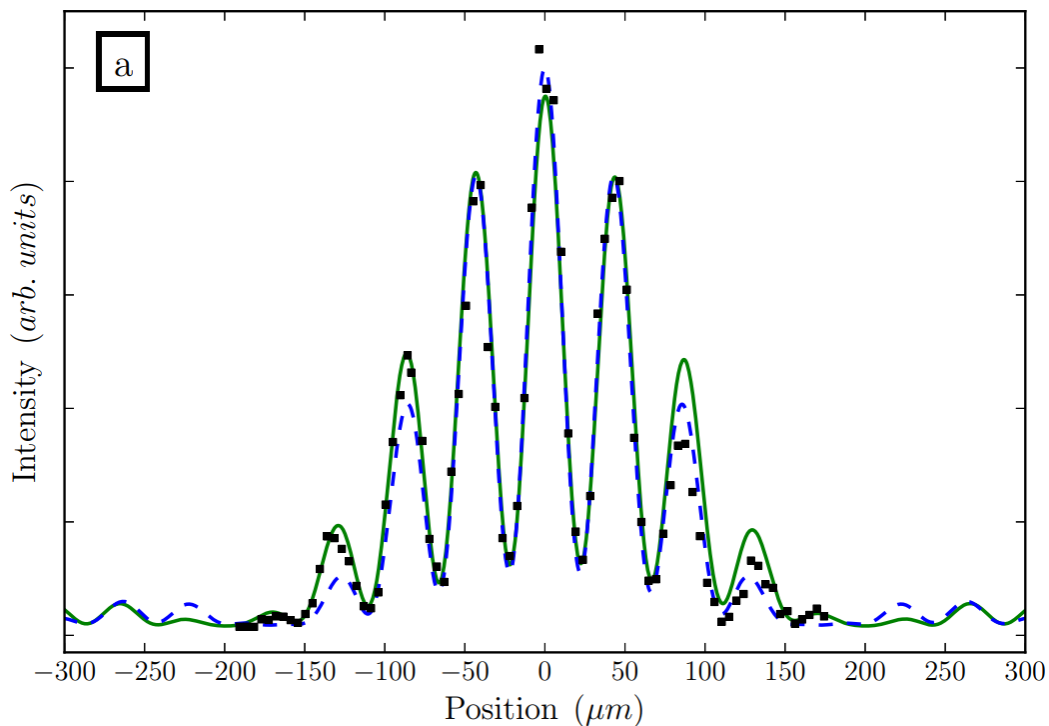
Dabei ist b der Abstand der beiden Spalte, von Mitte zu Mitte, und a ist der Durchmesser von jedem einzelnen Spalt. θ ist der Winkel zum Beobachtungspunkt auf dem Schirm oder Detektor, wo die Intensität gemessen wird, $\theta = 0$ bedeutet, der Strahl oder das Elektron geht ungebeugt geradeaus durch. Für das Batelaan-Experiment wurde ein Doppelspalt mit den Abmessungen¹

$$\begin{aligned} a &= 62 \text{ nm} \\ b &= 272 \text{ nm} \end{aligned}$$

verwendet. Der Abstand zwischen Doppelspalt und Intensitätsdetektor betrug

$$L = 24 \text{ cm}$$

Plausibilisieren Sie damit die Werte, die Sie auf der x-Achse, der horizontalen Achse, der gemessenen Intensitätsverteilung ablesen können, insbesondere die Positionen der ersten Minima:



¹die Wellenlänge von sichtbarem Licht ist 400-800 nm, also wie Sie einen Doppelspalt mit derartigen Abmessungen da konkret realisieren, ist schonmal nicht ganz so klar..