

- 1. Rutherford-Streufmel:** Zeigen Sie, dass für den differentiellen Streuquerschnitt $\frac{d\sigma}{d\Omega} = b \cdot \frac{db}{d\vartheta} \cdot \frac{1}{\sin \vartheta}$ (b ... Stossparameter, ϑ ... Ablenkwinkel) für Rutherford-Streuung zweier gleichnamiger Ladungen Q und q mit der reduzierten Masse μ gilt: $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Q \cdot q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot 2 \cdot \mu \cdot v_0^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{\sin^4 \left(\frac{\vartheta}{2} \right)}$.

- 2. Rutherford-Rückstreuung:** Die Rutherford-Streuung ist einer jener Fälle, in der die klassische und die quantenmechanische Lösung des Streuproblems übereinstimmen. Ein besonders einfacher Fall ist jener der **Rutherford-Rückstreuung**, welche (im **nichtrelativistischen** Fall) mit der Lösung des zentralen elastischen Stoßes einer Masse m_2 mit der Geschwindigkeit v_2 (**Teilchen 2**) auf eine **ruhende Masse m_1 (Teilchen 1)** übereinstimmt.

Man berechne

- a) die kinetische Energie von Teilchen 1 und Teilchen 2 nach dem Stoß,
- b) die **Änderung** der kinetischen Energie von Teilchen 2.
- c) Man drücke m_1 als Funktion der Masse, sowie der Energie von Teilchen 2 vor und nach dem Stoß aus.

Hinweis: Die Lösung für das Problem des zentralen elastischen Stoßes kann der Literatur entnommen werden

- 3. Compton-Effekt:** Man berechne

- a) die **Änderung der Wellenlänge λ** eines an einem **ruhenden Elektron** unter dem **Winkel φ** gestreuten **Photons**, (*Lösung:* $\lambda_s - \lambda_0 = \frac{2h}{m_0 c} \sin^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right)$)
- b) den Betrag der **Geschwindigkeit v** des Elektrons **nach der Streuung**.

(*Lösung:* $v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\left[1 + \frac{2h^2 v_0 v_s}{m_0^2 c^4} \sin^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right) \right]^2}}$)

- 4. Zweizustands-System und Superposition:** Blochkugel am Beispiel der Polarisation; ein Photon befindet sich in folgendem Zustand:

$$|\Psi\rangle = \cos(\pi/4)|H\rangle + \sin(\pi/4) \cdot e^{i\pi/4} |V\rangle$$

- a) Wo auf der Blochkugel befindet sich der Zustand?
- b) Stellen Sie diesen Zustand in der Basis $|+45\rangle, |-45\rangle$ dar.
- c) Stellen Sie diesen Zustand in der Basis $|\sigma^+\rangle, |\sigma^-\rangle$ dar.

Bitte Seite wenden!

5. Interferometrie und Zweizustands-Systeme: Superposition und Bloch-Kugel: Beschreiben Sie ein Mach-Zehnder Interferometer durch den Weg den ein Quantenzustand auf der Bloch-Kugel zurücklegt.
 Hinweis: Ein symmetrischer Strahlteiler entspricht einer Rotation um die x-Achse

- a) Wie lässt sich auf der Bloch-Kugel ein Phasenschub im Interferometer beschreiben?
- b) Wie sieht der Weg auf der Bloch-Kugel aus für einem Phasenschub $\Delta\Phi$ von

$$\Delta\Phi = \frac{\pi}{2}$$

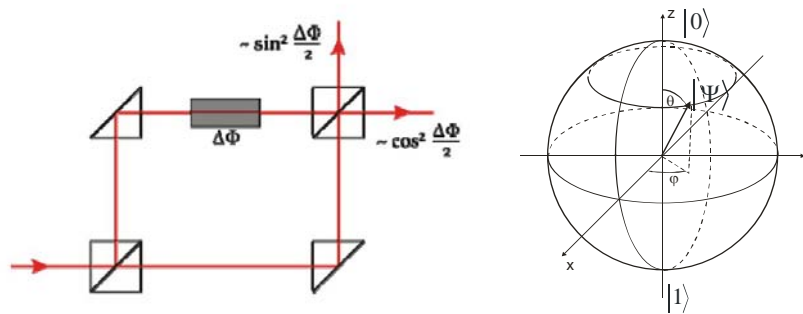
$$\Delta\Phi = -\frac{\pi}{2}$$

$$\Delta\Phi = \pi$$

$$\Delta\Phi = 2 \cdot \pi$$

$$\Delta\Phi = -17,25 \cdot \pi$$

6. Darstellung einer Interferometersequenz auf der Bloch-Kugel: Die in der Skizze dargestellte Interferometeranordnung soll graphisch mit Hilfe der Bloch-Kugel dargestellt werden:



- a) Das Teilchen befindet sich zu Beginn im Zustand $|0\rangle$. Der erste Strahlteiler erzeugt die folgende Superposition: $\Psi = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (|0\rangle + i \cdot |1\rangle)$. Dies entspricht einer Rotation um die x-Achse der Bloch-Kugel. Im Interferometer erfährt der Zustand $|0\rangle$ einen Phasenschub $\Delta\Phi$. Man betrachte folgende 3 Phasenschübe: $\Delta\Phi_1 = \frac{\pi}{2}$, $\Delta\Phi_2 = -\frac{3 \cdot \pi}{4}$ und $\Delta\Phi_3 = -\pi$. Der 2. Strahlteiler hat genau die gleiche Funktion wie der 1. Strahlteiler (eine Rotation um die x-Achse der Bloch-Kugel). Man Zeichne den Zustandsvektor und jede seiner Bewegungen auf der Bloch-Kugel ein und gebe den Endzustand an.
- b) Ein nachgeschalteter Detektor misst den Endzustand in der Basis $|0\rangle$ und $|1\rangle$. Man gebe für alle 3 Phasenschübe die Wahrscheinlichkeiten P_0 und P_1 , an dass am Ende der Zustand $|0\rangle$ bzw. $|1\rangle$ gemessen wird. (Lösung: $\Delta\Phi_1 = \frac{\pi}{2} : P_0 = 0,5, P_1 = 0,5;$
 $\Delta\Phi_2 = -\frac{3 \cdot \pi}{4} : P_0 = 85,3\%, P_1 = 14,7\%;$
 $\Delta\Phi_3 = -\pi : P_0 = 1, P_1 = 0)$