

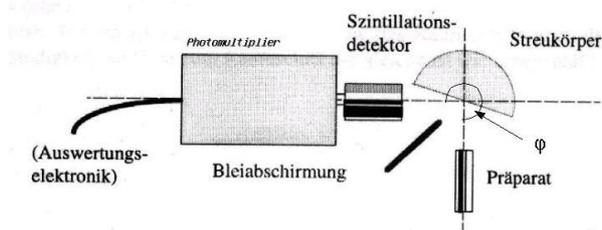
Allgemeine Hinweise:

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Schreibutensilien, Formelsammlung

Aufgabe 1: Der Compton-Effekt

Ein Americium-Präparat (²⁴¹Am) sendet Photonen aus, die an einem Plastik-Streukörper gestreut werden. Die Energie der gestreuten Photonen wird mit einem Szintillationsdetektor mit Photomultiplier unter verschiedenen Winkeln gemessen. Im folgenden soll jedoch nur die Streuung unter einem Winkel von 180° betrachtet werden.



Ausschnitt aus der Nuklidkarte

Elemente **B** 10,811 Elementsymbol **Ra 226** 1600a α-Zerfall $T_{1/2}$ β⁻-Zerfall **Pb 214** 26,8 min $T_{1/2}$

α: 4,7843 α-Energie¹⁾ in MeV β⁻: 0,7; 1,0 Maximalenergien der β-Spektren in MeV
 γ: 0,186 γ-Energie¹⁾ in MeV γ: 0,352

¹⁾ Bei α- und γ-Strahlen ist jeweils nur die Energie des am häufigsten vorkommenden Zerfalls angegeben. Weiterhin bedeutet
 γ: - kein γ-Quant beobachtet
 α, β⁻, β⁺, γ ohne Zahlenangabe: Nachgewiesene Übergänge unbekannter Energie
 sf: Spontane Spaltung (spontaneous fission)

8	Am 239 11,9h α: 5,772 γ: 0,278 sf	Am 240 50,8h α: 5,378 γ: 0,989 sf	Am 241 432,2a α: 5,488 γ: 0,060 sf	Am 242 16h β ⁻ : 0,6 sf	Am 243 7370a α: 5,275
7	Pu 238 87,74a α: 5,499 γ sf	Pu 239 2,411·10 ⁴ a α: 5,157 γ sf	Pu 240 6563a α: 5,168 γ sf	Pu 241 14,35a α: 4,896 β ⁻ : 0,02 sf	Pu 242 3,750·10 ⁵ a α: 4,901 γ sf
6	Np 237 2,144·10 ⁶ a	Np 238 2,117d	Np 239 2,355d	Np 240 65 min	Np 241 13,9min

- 1.1. Erläutere den Effekt, den A.H. Compton 1922 durch Streuung von Röntgenstrahlung an Kohlenstoff untersuchte (Nobelpreis 1927), vor dem Hintergrund der Lichtquantenhypothese.
- 1.2. Zeige durch eine relativistische Herleitung ausgehend von den Erhaltungssätzen, dass für die maximale Wellenlängenänderung bei Rückstreuung (φ = 180°) gilt:

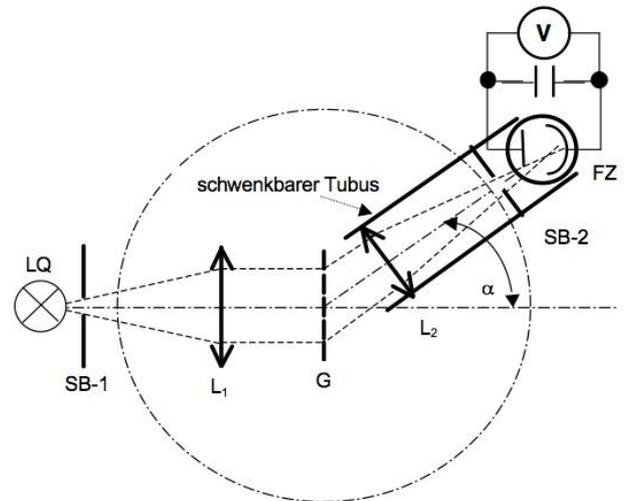
$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2 \frac{h}{m_0 c} \quad , \quad m_0 = \text{Elektronenruhemasse}$$

- 1.3. Berechne λ' im vorliegenden Experiment bei einer „Rückwärtsstreuung“ (φ = 180°) unter Zuhilfenahme der Nuklidkarte.
- 1.4. Wie hoch ist die Geschwindigkeit der Elektronen, die eine „Rückwärtsstreuung“ der Photonen bewirkt haben?
- 1.5. Berechne die Wellenlänge der Photonen, die einem Elektron beim Compton-Effekt höchstens eine Geschwindigkeit von 0,2 c verleihen, sodass man auf eine relativistische Rechnung verzichten kann.



Aufgabe 2: Der Fotoeffekt

Das Spektrum einer Natriumdampfampe soll mit der nachstehend abgebildeten Anordnung untersucht werden. Sie enthält neben der Lichtquelle (LQ) zwei schmale Spaltblenden (SB-1 und SB-2), zwei Sammellinsen (L1 und L2), ein optisches Gitter (G) mit 500 Linien je Millimeter sowie eine Vakuumfotозelle (FZ). Die Fotokathode besteht aus Kalium mit der Austrittsarbeit $W_A = 2,25 \text{ eV}$. Die Linse L2, die Blende SB-2 sowie die Fotозelle FZ sind in einem schwenkbaren Tubus befestigt. Parallel zur Fotозelle ist ein Kondensator mit der Kapazität $C = 10 \text{ pF}$ angeschlossen. Die Spannung zwischen seinen „Platten“ wird mit einem Voltmeter gemessen, dessen Innenwiderstand so groß ist, dass die Entladung des Kondensators über das Messwerk vernachlässigt werden kann.



Im Ergebnis der Untersuchungen wurden folgende Spektrallinien ermittelt:

λ in nm	330,2	342,7	497,9	498,3	515,4	568,3	568,8	589	589,6	615	618,3
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-----	-------

- Erklären Sie die spektrale Zerlegung des Lichtes der Natriumdampfampe in dieser Apparatur!
- Erklären Sie die Notwendigkeit der Spaltblende SB-1 in der Versuchsanordnung!
- Berechnen Sie die Intervallgrenzen des Winkelbereiches $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$, in dem die sichtbaren Linien des Natriumspektrums 1. Ordnung liegen!
- Durch Schwenken des Tubus kann erreicht werden, dass die sichtbaren Spektrallinien einzeln auf der Fotokathode der Fotозelle abgebildet werden. Ermitteln Sie die Linien im sichtbaren Bereich des Spektrums der ersten Ordnung, die den Fotoeffekt an der Kathode auslösen!
- Bei Bestrahlung der Fotokathode mit geeignetem monochromatischem Licht aus dem Spektrum lädt sich der angeschlossene Kondensator bis zum Erreichen einer charakteristischen Spannung U_C auf. Erklären Sie diese Erscheinung und berechnen Sie die Spannung U_C , wenn der Tubus um den Winkel $\alpha = 14,93^\circ$ geschwenkt ist!

Aufgabe 3: De Broglie-Wellen

Der größte Teilchenbeschleuniger der Welt war bislang LEP (Large Electron-Positron-Collider) am CERN. LEP war in der Lage, Elektronen auf eine Energie von 100 GeV zu beschleunigen.

- Berechne Geschwindigkeit, Impuls und De Broglie-Wellenlänge von 100 GeV-Elektronen in SI-Einheiten (kg,m,s).
- Wie genau lässt sich der Ort der Elektronen höchstens bestimmen?

Viel Spaß!

(... und Erfolg!)

