

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 (^{241}Am) 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.

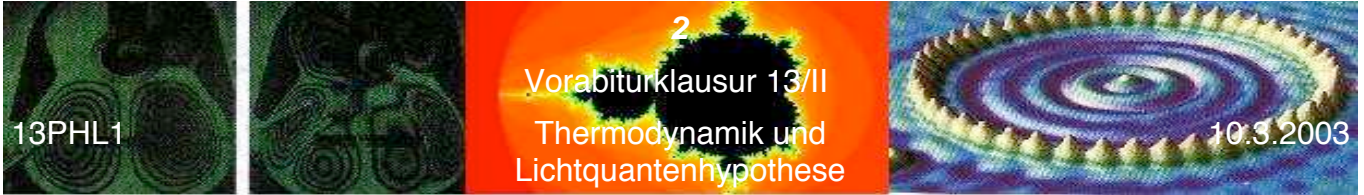
The diagram shows a setup for measuring the Compton effect. A source labeled 'Präparat' emits radiation towards a 'Streukörper' (scattering body). A 'Szintillationsdetektor' (scintillation detector) is positioned to detect the scattered radiation at an angle φ . The detector is connected to a 'Photomultiplier' and 'Auswertungs-elektronik' (evaluation electronics). A 'Bleiabschirmung' (lead shielding) is placed between the detector and the source to minimize background radiation.

The nuclear chart excerpt, titled 'Ausschnitt aus der Nuklidkarte', shows the decay chains of Americium (Am), Radium (Ra), and Lead (Pb). Americium isotopes shown are ^{239}Am , ^{240}Am , ^{241}Am , ^{242}Am , and ^{243}Am . Radium is shown as ^{226}Ra and Lead as ^{214}Pb . The chart includes half-lives, decay modes (alpha, beta, gamma, spontaneous fission), and decay energies.

- 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 ($\varphi = 180^\circ$) 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“ ($\varphi = 180^\circ$) 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: Wasser in verschiedenen Aggregatzuständen

- 2.1. Die Masse von gasförmigem Sauerstoff (O_2) beträgt 32 u und die von Wasserstoff (H_2) rund 2 u pro Molekül. Berechne die mittlere Geschwindigkeit der O_2 - und H_2 -Moleküle bei 300 K.
- 2.2. Die Gasmenge sei 1 mol. Wie groß ist die Entropieänderung des („idealen“) Gases bei einer isothermen Expansion auf das doppelte des Ursprungsvolumens?
(Tipp: Berechne zunächst die mechanische Arbeit, die das Gas bei der Expansion verrichtet. Die Stammfunktion zu $1/x$ ist übrigens $\ln(x)$.)
- 2.3. Die beiden Gase sollen nun in Form von gefrorenem Wasser vorliegen mit einer Gesamtmasse von 200t . Der Termin war vielleicht ungünstig gelegt, aber du kannst deine Poolparty nun nicht mehr absagen und musst demzufolge das Eis mit der momentanen Temperatur von $-15^\circ C$ schmelzen und auf eine angenehme Badetemperatur von $22^\circ C$ bringen. Zusätzlich brauchst du 5 kg Wasserdampf für dein orientalisches Dampfbad.
 - a) Berechne die insgesamt benötigte Energie.
(Spezifische Wärmekapazität von Eis: $c_{Eis} = 2,05 \text{ J/(g K)}$, von Wasser: $c_{Wasser} = 4,18 \text{ J/(g K)}$, Schmelzwärme von Eis: $Q_s = 333,5 \text{ J/g}$, Verdampfungswärme: $Q_v = 2257 \text{ J/g}$)
 - b) Berechne deine Stromkosten unter der Annahme, dass du die nötige Energie durch den Energieträger Elektrizität aufbringst und du einen Sondertarif von 0,1 € pro kWh mit deinem Stromversorger ausgehandelt hast.