

**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 ( $^{241}\text{Am}$ ) 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  $180^\circ$  betrachtet werden.

**Ausschnitt aus der Nuklidkarte**

Elemente **B** 10,811 Elementsymbol **Ra 226** 1600a  $\alpha$ -Zerfall  $T_{1/2}$  **Pb 214** 26,8 min  $\beta^-$ -Zerfall  $T_{1/2}$

$\alpha$ : 4,7843  $\gamma$ : 0,186  $\alpha$ -Energie<sup>1)</sup> in MeV  $\gamma$ -Energie<sup>1)</sup> in MeV  $\beta^-$ : 0,7; 1,0  $\gamma$ : 0,352  $\beta^-$ -Maximalenergien-der  $\beta^-$ -Spektren in MeV

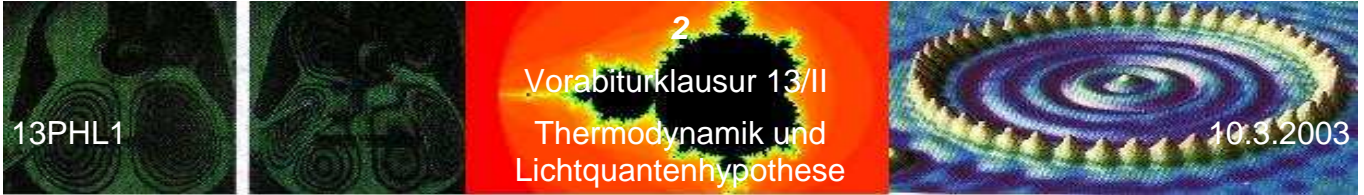
<sup>1)</sup> Bei  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Strahlen ist jeweils nur die Energie des am häufigsten vorkommenden Zerfalls angegeben. Weiterhin bedeutet  $\gamma$ : - kein  $\gamma$ -Quant beobachtet  $\alpha$ ,  $\beta^-$ ,  $\beta^+$ ,  $\gamma$  ohne Zahlenangabe: Nachgewiesene Übergänge unbekannter Energie sf: Spontane Spaltung (spontaneous fission)

8	<b>Am 239</b> 11,9h $\alpha$ : 5,774 $\gamma$ : 0,278 sf	<b>Am 240</b> 50,8h $\alpha$ : 5,376 $\gamma$ : 0,988 sf	<b>Am 241</b> 432,2a $\alpha$ : 5,488 $\gamma$ : 0,060 sf	<b>Am 242</b> 16h $\beta^-$ : 0,6 sf	<b>Am 243</b> 7370a $\alpha$ : 5,275 $\gamma$ : 0,075 sf
7	<b>Pu 238</b> 87,74a $\alpha$ : 5,499 $\gamma$ : 7 sf	<b>Pu 239</b> $2,411 \cdot 10^4$ a $\alpha$ : 5,157 $\gamma$ : 7 sf	<b>Pu 240</b> 6563a $\alpha$ : 5,168 $\gamma$ : 7 sf	<b>Pu 241</b> 14,35a $\alpha$ : 4,896 $\beta^-$ : 0,02 $\gamma$ : 7 sf	<b>Pu 242</b> $3,750 \cdot 10^5$ a $\alpha$ : 4,901 $\gamma$ : 7 sf
6	<b>Np 237</b> $2,144 \cdot 10^6$ a	<b>Np 238</b> 2,117d	<b>Np 239</b> 2,355d	<b>Np 240</b> 65min	<b>Np 241</b> 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 ( $\varphi = 180^\circ$ ) gilt:

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = 2 \frac{h}{m_{0e}c} \quad , \quad m_{0e} = \text{Elektronenruhemasse}$$

- 1.3. Berechne  $\lambda'$  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  $0,2c$  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.