

---

# Übungen zur Vorlesung Physik IV

## – Kern- und Teilchenphysik –

Frank Ellinghaus

Sommersemester 2019

Universität Wuppertal

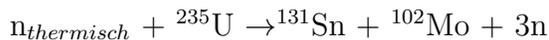
---

### BLATT IV

ABGABE BIS DONNERSTAG, DEN 2. MAI UM 18:00  
(IN DAS POSTFACH VON F. ELLINGHAUS IN GEBÄUDE D, EBENE 9)

#### 1. Induzierte Kernspaltung (4 Punkte)

Bei der Kernspaltung von  $^{235}\text{U}$  tritt unter anderem der folgende Prozess auf:



- (a) Berechnen Sie mit Hilfe der Weizsäcker-Massenformel die bei dieser Reaktion freiwerdende Energie  $Q$ .
- (b) Bei der Atombombe, die über Hiroshima abgeworfen wurde, sind ca. 1kg  $^{235}\text{U}$  vollständig gespalten worden. Wieviel Energie wird frei wenn die Spaltung von 1kg  $^{235}\text{U}$  komplett nach dem obigen Schema verläuft ?

#### 2. Natürliche Einheiten (4 Punkte)

In natürlichen Einheiten kann jeder physikalische Wert  $Q$  geschrieben werden als

$$Q = \text{number} \cdot \text{eV}^x \cdot c^y \cdot \hbar^z \tag{1}$$

Die Exponenten  $x, y, z$  sind eindeutig für jede Einheit.

- (a) Geben Sie die SI-Einheiten 1 s, 1 m und 1 kg in natürlichen Einheiten an.
- (b) Geben Sie die Gravitationskonstante  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$  in natürlichen Einheiten an.
- (c) Die Planck-Masse ist in natürlichen Einheiten gegeben durch  $m_{\text{Pl}} = \frac{1}{\sqrt{G}}$ , wobei hier zusätzlich wie in der Teilchenphysik üblich  $c = \hbar = 1$  angenommen wurde. Berechnen Sie  $m_{\text{Pl}}$  in SI-Einheiten und in der Form von Eq.1.

### 3. $\alpha$ -Zerfall

(10 Punkte)

Nach Gamow gilt für die Zerfallskonstante eines  $\alpha$ -Strahlers  $\lambda = \lambda_0 \exp(-G)$

$$G = \frac{2}{\hbar} \int \sqrt{2m_\alpha(V(r) - E_\alpha)} dr$$

Die Integration läuft dabei über die Breite des Potentialwalls, innerhalb dessen gilt  $E_\alpha < V(r)$ .  $\lambda_0$  ist die Stoßrate des  $\alpha$ -Teilchens mit dem Wall und lässt sich näherungsweise als Quotient aus der Geschwindigkeit des  $\alpha$ -Teilchens  $E_\alpha$  und der Ausdehnung des Kerns  $2r_K$  bestimmen.

- (a) Berechnen Sie den Gamow-Faktor eines radioaktiven  $\alpha$ -Strahlers. Nehmen Sie dazu an, dass die Energie des  $\alpha$ -Teilchens im Kern  $-E_2$  ist (ein anziehendes Kastenpotential für den Abstand  $r < r_K$ ). Für  $r \geq r_K$  verwenden Sie ein abstoßendes Coulombpotential.

$$G \approx 2\pi(Z - 2)$$

*Hinweis:* Das auftretende Integral  $I = \int \sqrt{R/r - 1} dr$  lässt sich durch Substitution  $x = 1/r$  analytisch lösen zu

$$I = r \sqrt{\frac{R}{r} - 1} - R \arctan \sqrt{\frac{R}{r} - 1}$$

- (b) Berechnen Sie mit Hilfe des Gamow Faktors die Halbwertszeiten von Thorium ( $Z = 90$ ) und Uran ( $Z = 92$ ) und vergleichen Sie sie mit Literaturwerten.

*Zahlenwerte:*  $E_\alpha^{\text{Th}} = 5.3 \text{ MeV}$ ,  $r_K^{\text{Th}} = 6 \text{ fm}$ ,  $E_\alpha^{\text{U}} = 5.6 \text{ MeV}$ ,  $r_K^{\text{U}} = 5 \text{ fm}$