
Übungen zur Vorlesung Physik IV

– Kern- und Teilchenphysik –

Frank Ellinghaus

Sommersemester 2019

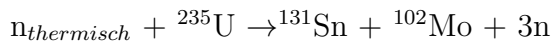
Universität Wuppertal

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}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}U vollständig gespalten worden. Wieviel Energie wird frei wenn die Spaltung von 1kg ^{235}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_{Pl} in SI-Einheiten und in der Form von Eq.1.

3. α -Zerfall

(10 Punkte)

Nach Gamow gilt für die Zerfallskonstante eines α -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 $E_\alpha < V(r)$. λ_0 ist die Stoßrate des α -Teilchens mit dem Wall und lässt sich näherungsweise als Quotient aus der Geschwindigkeit des α -Teilchens E_α und der Ausdehnung des Kerns $2r_K$ bestimmen.

- (a) Berechnen Sie den Gamow-Faktor eines radioaktiven α -Strahlers. Nehmen Sie dazu an, dass die Energie des α -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: $E_\alpha^{\text{Th}} = 5.3 \text{ MeV}$, $r_K^{\text{Th}} = 6 \text{ fm}$, $E_\alpha^{\text{U}} = 5.6 \text{ MeV}$, $r_K^{\text{U}} = 5 \text{ fm}$