

Besprechung: 07.11.2017 bis 13.11.2017

Studierende im Studiengang Lehramt Gymnasium lösen bitte die Aufgaben 1 a und 2. Studierende aller anderen Studiengänge lösen bitte alle Teilaufgaben.

1. Rutherford-Streuung

Betrachten Sie die Streuung von α -Teilchen mit einer Energie von 10 MeV an einer dünnen Goldfolie (Ladungszahl $Z=79$, Massenzahl $A=197$).

- Zeigen Sie, dass der integrierte Streuwirkungsquerschnitt für Stoßparameter $b < b_0$ durch $\sigma = \pi b_0^2$ gegeben ist. Berechnen Sie dies zum einen explizit aus dem differentiellen Wirkungsquerschnitt $d\sigma/d\Omega$ für Rutherford-Streuung, zum anderen mittels geometrischer Betrachtung!
- Freiwillig für Lehramtsstudierende:**
Berechnen Sie den Wirkungsquerschnitt für die Streuung von α -Teilchen an einem Goldkern für Streuwinkel größer 10° und 20° .

2. Bethe-Weizsäcker Formel (Staatsexamensaufgabe)

Im Jahr 1935 stellte C.F. v. Weizsäcker eine phänomenologische Formel zur Beschreibung der Kernmassen auf, welche empirische Zusammenhänge bei der Beobachtung von Isotopen wiedergibt. Danach ist die Masse M eines Kerns mit der Massenzahl A und der Ladungszahl Z :

$$M(A, Z) = N m_n + Z m_p + \left(-a_V A + a_O A^{2/3} + a_C \frac{Z^2}{A^{1/3}} + a_A \frac{(N - Z)^2}{A} + a_P \frac{\delta}{A^{1/2}} \right) \frac{1}{c^2}, \quad (1)$$

mit: $a_V = 15.67$ MeV, $a_O = 17.23$ MeV, $a_C = 0.71$ MeV, $a_A = 23.29$ MeV, $a_P = 11.2$ MeV

$$\text{und } \delta = \begin{cases} -1 & \text{für gg-Kerne (gerade Anzahl an Protonen + gerade Anzahl an Neutronen)} \\ 0 & \text{für ug/gu-Kerne (ungerade Anzahl an Protonen + gerade Anzahl an Neutronen} \\ & \text{oder gerade Anzahl an Protonen + ungerade Anzahl an Neutronen)} \\ 1 & \text{für uu-Kerne} \end{cases}$$

Weiter ist $N = A - Z$, m_n die Neutronen- und m_p die Protonenmasse.

- Geben Sie an, welche Terme die Bindungsenergie B repräsentieren. Skizzieren Sie den Verlauf der Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Massenzahl A .
- Erläutern Sie die physikalische Bedeutung der letzten 5 Terme der angegebenen Massenformel. Sind die jeweiligen Beiträge attraktiv oder repulsiv? Begründen Sie jeweils die Abhängigkeit von der Massenzahl A sowie der Kernladungszahl Z .
- Geben Sie eine Formel zur Berechnung des stabilsten Isobars zu einem gegebenen A an, indem Sie die Bindungsenergie je Nukleon nach Z ableiten und so das Extremum von B/A in Abhängigkeit von Z bestimmen. Hierbei nehmen Sie vereinfachend δ als konstant an.
- Für $Z = 22$ wird die Bindungsenergie für $A = 48$ maximal. Belegen Sie dies, indem Sie für $Z = 21, 22$ und 23 die Werte B/A mithilfe der Weizsäcker-Massenformel berechnen.
- Tatsächlich ist das Nuklid ${}^{48}_{20}\text{Ca}$ stabil, nicht jedoch ${}^{48}_{21}\text{Sc}$. Erklären Sie dieses von der Weizsäcker-Massenformel abweichende Verhalten.