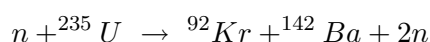


Übungen zu Experimentalphysik V
Wintersemester 2012/13
Prof. Karl Jakobs, Dr. Iacopo Vivarelli
Übungsblatt Nr. 3

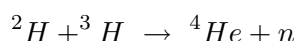
Die Lösungen müssen bis 10 Uhr am Dienstag den 13.11.2012 in die Briefkästen im Erdgeschoss des Gustav-Mie-Hauses eingeworfen werden!

1. Bindungsenergie

Zwei Arten von Kernreaktionen, die Spaltung und die Fusion, sind von besonderer praktischer Bedeutung. Bei der Spaltung von ^{235}U beispielsweise wird der Urankern durch Einfang eines Neutrons angeregt und zerfällt nachfolgend in zwei ungefähr massegleiche Bruchstücke. Eine typische Reaktion ist



Bei der Kernfusion verschmelzen zwei leichte Kerne, zum Beispiel Deuterium und Tritium, zu einem schwereren Kern. Eine typische Reaktion ist



- (a) Berechnen Sie die in beiden Reaktionen freiwerdende Energie. Die Bindungsenergien pro Nukleon betragen für die schweren Kerne **[2 Punkte]**:

$$\begin{aligned}\Delta M({}^{235}\text{U}) &= -7.6 \text{ MeV}/c^2 \text{ pro Nukleon,} \\ \Delta M({}^{92}\text{Kr}) &= -8.7 \text{ MeV}/c^2 \text{ pro Nukleon,} \\ \Delta M({}^{142}\text{Ba}) &= -8.4 \text{ MeV}/c^2 \text{ pro Nukleon.}\end{aligned}$$

Die Massen der leichten Kerne in atomaren Masseneinheiten sind:

$$\begin{aligned}M({}^2\text{H}) &= 2.014102 \text{ u,} \\ M({}^3\text{H}) &= 3.016049 \text{ u,} \\ M({}^4\text{He}) &= 4.002602 \text{ u.}\end{aligned}$$

- (b) Berechnen Sie hieraus die Energie in Kilowattstunden, die bei der Spaltung von 1 g ^{235}U insgesamt freigesetzt wird. Vergleichen Sie diese mit der bei der Fusion von 1 g Ausgangsstoff (Deuterium + Tritium) frei werdenden Energie. Die Masse des Urans ist $M({}^{235}\text{U}) = 235.043924 \text{ u}$ **[1 Punkt]**.

Zum Vergleich: Der Jahresenergieverbrauch eines typischen Haushalts liegt bei etwa 18.000 kWh.

- (c) Damit zwei Protonen zu einem Deuteriumkern verschmelzen können, dürfen sie nicht weiter als etwa 10^{-14} m voneinander entfernt sein, damit die Anziehungskraft des Kernpotentials größer wird als die Coulomb-Abstoßung. Wie heiß muss ein Wasserstoffplasma sein, damit ein Proton mit der mittleren kinetischen Energie die Coulomb-Barriere überwinden kann? **[2 Punkte]**

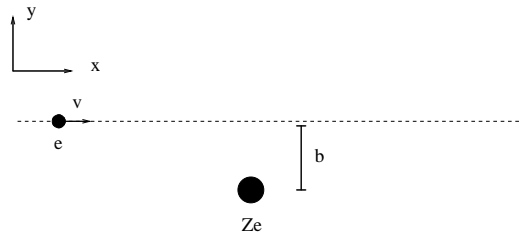
2. Tröpfchenmodell

- (a) Berechnen Sie die Bindungsenergie pro Nukleon und die Kernmasse für ${}^{26}\text{Fe}$ mit Hilfe des Tröpfchenmodells (Weizsäcker Formel aus der Vorlesung). **[1 Punkt]**
- (b) Welche Bindungsenergie ergibt sich für das Deuteron? Die gemessenen Bindungsenergie für Deuteron beträgt 2.2 MeV. Wie erklären Sie die Diskrepanz? **[2 Punkte]**

- (c) Leiten Sie eine Formel her, die für eine gegebene Massenzahl A angibt für welche Kernladungszahl Z ein stabiler Kern vorliegt. [1 Punkt]

3. Rutherford Scattering

Ein Teilchen der Ladung e und der Masse m bewege sich im x -Richtung mit Stoßparameter b und Geschwindigkeit \vec{v} in Richtung eines Kerns der Masse $M \gg m$ und der Ladung Ze (Abbildung).



Betrachten Sie das Problem für einen großen Stoßparameter, so dass der Geschwindigkeitsvektor während der Wechselwirkung nahezu konstant bleibt.

- (a) Berechnen Sie den Transversalimpulsübertrag (senkrecht zur Flugrichtung) auf das Teilchen:

$$\Delta p_y = \int_{-\infty}^{\infty} F_y dt = \int_{-\infty}^{\infty} F_y \frac{1}{|\vec{v}|} dx = \frac{1}{|\vec{v}|} \int_{-\infty}^{\infty} F_y dx \quad (1)$$

[2 Punkte]

- (b) Bestimmen Sie die Beziehung zwischen dem Stoßparameter und dem Ablenkwinkel des Teilchens der Masse m . Nehmen Sie hierzu an, dass der Impuls in x -Richtung konstant bleibt. [2 Punkte]
- (c) Berechnen Sie den Energieübertrag auf das Teilchen ($v \ll c$). [1 Punkt]