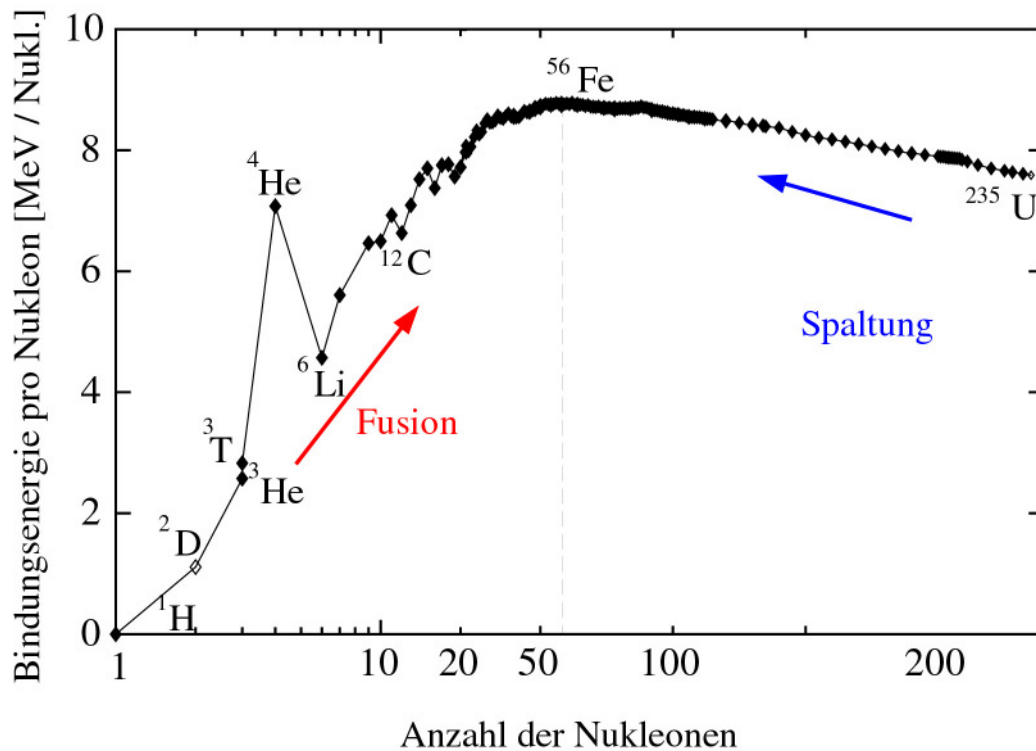


Physik * Jahrgangsstufe 10 * Aufgaben zum Massendefekt

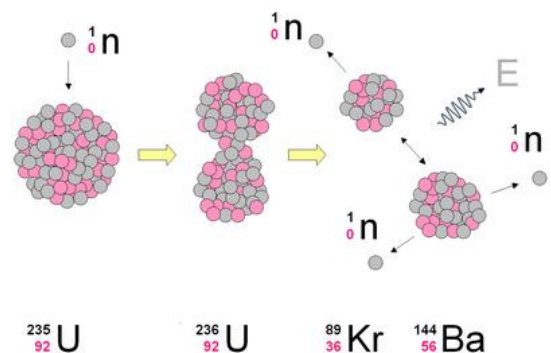
Das Bild zeigt für unterschiedliche Atomkerne die durchschnittliche Bindungsenergie pro Nukleon in der Einheit MeV. (Quelle: <http://www.dpg-physik.de/gliederung/fv/p/info/pix/Bindungsenergie.jpg>)



- Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Energie in MeV, die erforderlich ist, um einen He4-Atomkern bzw. einen He3-Atomkern vollständig in seine einzelnen Bestandteile zu zerlegen.
- Wie viel Energie benötigt man, um von einem He4-Atomkern ein Neutron zu entfernen? Verwenden Sie zur Lösung der Aufgabe die Ergebnisse aus Aufgabe a).
- In der Sonne findet folgende Kernreaktion statt:

$${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{p} + {}^1_1\text{p}$$
 Begründen Sie mit den Ergebnissen aus a) und b), dass bei dieser Reaktion Energie frei wird und geben Sie diese Energie in MeV an!
- Das Diagramm veranschaulicht, dass man durch Fusion von leichten Kernen zu schweren Kernen Energie gewinnen kann. Erläutern Sie das!

- Auch durch Spaltung von schweren Kernen kann man Energie gewinnen. Im nebenstehenden Bild wird veranschaulicht, wie ein U235-Kern durch ein Neutron in zwei Bruchstücke gespalten wird.



Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf und ermitteln Sie mit Hilfe des Diagramms oben ungefähr die insgesamt frei werdende Energie in der Einheit MeV.

- Die thermische Reaktorleistung des Kernkraftwerks Isar 2 beträgt 3,95 GW. (Die elektrische Nettoleistung beträgt etwa 1,4 GW) Schätzen Sie ab, wie viele Kernspaltungen der angegebenen Art pro Sekunde dafür stattfinden müssen. Welche Menge an U235 ist dafür an einem Tag erforderlich?

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Aufgaben zum Massendefekt * Lösungen

- a) Erforderliche Energie, um He4 in die Bestandteile zu zerlegen: $E \approx 4 \cdot 7,1 \text{ MeV} = 28,4 \text{ MeV}$
Erforderliche Energie, um He3 in die Bestandteile zu zerlegen: $E \approx 3 \cdot 2,5 \text{ MeV} = 7,5 \text{ MeV}$
- b) Entfernt man aus einem He4-Kern ein Neutron, so entsteht ein He3-Kern.
Zur vollständigen Zerlegung von He4 benötigt man 28,4 MeV, zur vollständigen Zerlegung von He3 benötigt man noch 7,5 MeV.
D.h. zum Abtrennen eines Neutrons vom He4-Kern braucht man damit $28,4 \text{ MeV} - 7,5 \text{ MeV} = 20,9 \text{ MeV}$.
- c) ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{p} + {}^1_1\text{p}$
Zum Zerlegen der beiden He3-Kerne (auf der linken Seite der Gleichung) benötigt man $2 \cdot 7,5 \text{ MeV} = 15,0 \text{ MeV}$, zum Zerlegen des He4-Kerns (auf der rechten Seite der Gleichung) werden 28,4 MeV benötigt.
Bei der angegebenen Reaktion müssen daher $28,4 \text{ MeV} - 15,0 \text{ MeV}$ an Bindungsenergie frei werden.
- d) Da die Bindungsenergie pro Nukleon bei den leichten Kernen mit der Massenzahl zunimmt (Ausnahme nur der „Peak“ bei He4), wird bei der Fusion zweier leichter Kerne Bindungsenergie frei. Will man dagegen Atomkerne miteinander verschmelzen, die schwerer als Fe-Kerne sind, dann ist dafür ersichtlich Energie erforderlich, denn hier nimmt im Diagramm die Bindungsenergie pro Nukleon leicht ab.
- e) ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{89}_{36}\text{Kr} + {}^{144}_{56}\text{Ba} + 2 \cdot {}^1_0\text{n} + \text{Energie}$
Die Bindungsenergie des U 235-Kerns beträgt etwa $235 \cdot 7,6 \text{ MeV} \approx 1,79 \text{ GeV}$.
Die Bindungsenergie des Kr 89-Kerns beträgt etwa $89 \cdot 8,6 \text{ MeV} \approx 0,77 \text{ GeV}$ und die Bindungsenergie des Ba 144-Kerns beträgt etwa $144 \cdot 8,2 \text{ MeV} \approx 1,18 \text{ GeV}$.
Bei der Reaktion wird daher die Energie $1,18 \text{ GeV} + 0,77 \text{ GeV} - 1,79 \text{ GeV} = 0,16 \text{ GeV}$ frei.
- f) Bei einer thermischen Leistung von 3,95 GW müssen pro Sekunde 3,95 GJ Energie frei werden.
Pro Kernreaktion werden $0,16 \text{ GeV} = 0,16 \cdot 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ AsV} \approx 2,6 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ geliefert.
Die Anzahl N der pro Sekunde benötigten Reaktionen beträgt daher
$$\frac{3,95 \text{ GJ}}{2,6 \cdot 10^{-11} \text{ J}} = \frac{3,95 \cdot 10^9 \text{ J}}{2,6 \cdot 10^{-11} \text{ J}} \approx 1,5 \cdot 10^{20}$$

 $1,5 \cdot 10^{20}$ Uran-235-Kerne haben eine Masse von $1,5 \cdot 10^{20} \cdot 235 \text{ u} = 1,5 \cdot 10^{20} \cdot 235 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$
An einem Tag benötigt man also etwa $24 \cdot 3600 \cdot 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \approx 5,1 \text{ kg}$ Uran 235.