

Einführung in die Physik II (für Nicht-PhysikerInnen)

Hausaufgaben Woche 14

1 – 5 Juli 2019

(In den folgenden Fragen dürfen die Massen der Elemente auf ganze Zahlen abgerundet werden.)

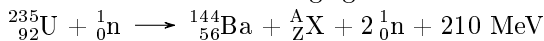
1. In dieser Frage werden chemische Elemente wie folgt geschrieben: ${}^A_Z\text{El}$, wobei A die Massenzahl und Z die Ordnungszahl ist.

Ein Atom ${}^{235}_{92}\text{U}$ interagiert mit einem Neutron (${}^1_0\text{n}$) und es entstehen als Spaltungsprodukte ein Atom ${}^{144}_{56}\text{Ba}$, zwei Neutronen, 210 MeV an Energie und ein weiteres, unbekanntes Element.

- (a) Welches Element ist das unbekannte Spaltungsprodukt – gib den Namen, die Ordnungszahl und die Massenzahl an.

Lösung:

Die Reaktion kann wie folgt geschrieben werden:



wobei A die Massenzahl und Z die Ordnungszahl des Spaltprodukts bezeichnet. Die Ladungserhaltung liefert $92 + 0 = 56 + Z$, also ist $Z = 36$. Die Massenerhaltung liefert $235 + 1 = 144 + 2 + A$, also ist $A = 90$. Suchen wir im beigefügten Periodensystem nach Nukliden mit $Z = 36$, finden wir für das unbekannte Spaltprodukt ${}^{90}_{36}\text{Kr}$.

- (b) Ungefähr 90% der Energie, die in dieser Spaltungsreaktion frei wird, wird zu kinetischer Energie der generierten Atomkerne. (Die übrige $\sim 10\%$ wird entweder als Photon ausgestrahlt, als kinetische Energie von den freiwerdenden Neutronen genutzt oder tritt in Form einer Anregung der generierten Atomkerne auf.) Berechne jetzt die kinetische Energie (in MeV) der zwei entstehenden Atomkerne.

Lösung:

90% der freigewordenen Energie ist $0,9 \cdot 210 \text{ MeV} = 189 \text{ MeV}$. Dies entspricht also der Summe der kinetischen Energien:

$$E_{\text{kin,Ba}} + E_{\text{kin,Kr}} = 189 \text{ MeV}.$$

Weil $E_{\text{kin}} = mv^2/2 = p^2/(2m)$ und weil wir annehmen können, dass der Uran-Atomkern zu Anfang still stand und dass der Impuls des Neutrons vernachlässigbar ist (auf Grund der viel kleineren Masse), gibt die Impulserhaltung $\vec{p}_{\text{Ba}} = -\vec{p}_{\text{Kr}}$, bzw.: $p_{\text{Ba}} = p_{\text{Kr}}$. Wir finden deshalb:

$$E_{\text{kin,Ba}} = \frac{m_{\text{Kr}}}{m_{\text{Ba}}} E_{\text{kin,Kr}}.$$

Die Gesamtenergie ist also:

$$189 \text{ MeV} = E_{\text{Kr}} \left(1 + \frac{m_{\text{Kr}}}{m_{\text{Ba}}} \right),$$

wobei $m_{\text{Kr}} = 92 \text{ u}$ und $m_{\text{Ba}} = 144 \text{ u}$. Also gilt:

$$189 \text{ MeV} = E_{\text{Kr}} \left(1 + \frac{92}{144} \right),$$

oder: $E_{\text{Kr}} = 115 \text{ MeV}$ und deshalb $E_{\text{Ba}} = 74 \text{ MeV}$.

- (c) Berechne zum Schluss die Geschwindigkeiten, die die zwei entstehenden Kerne haben, und drücke diese Geschwindigkeiten aus als Anteil von c .

Lösung:

Da die kinetische Energie gegeben ist durch $E_{\text{kin}} = mv^2/2$ finden wir die Geschwindigkeit von: $v = \sqrt{2E_{\text{kin}}/m}$. Mit den Massen wie oben und den Umrechnungsfaktoren $1,661 \cdot 10^{-27}$ kg/u für die Massen und $1,60 \cdot 10^{-19}$ J/eV für die Energien finden wir:

$$v_{\text{Kr}} = \sqrt{\frac{2E_{\text{kin,Kr}}}{m_{\text{Kr}}}} = 1,55 \cdot 10^7 \text{ m/s} = 5,2\%c$$
$$v_{\text{Ba}} = \sqrt{\frac{2E_{\text{kin,Ba}}}{m_{\text{Ba}}}} = 9,95 \cdot 10^6 \text{ m/s} = 3,3\%c$$

2. 0,015% von natürlich vorkommendem Wasser ist sogenanntes "schweres" Wasser, wobei eines der Wasserstoffatome ein Deuteriumatom ist. Falls wir all die Deuteriumatome, die es in 1,0l Wasser gibt während eines einzigen Tags in einem Kernfusionsprozess fusionieren, wobei pro Fusion 3,27MeV an Energie frei wird, berechne dann die Leistung, die an diesem Tag im Durchschnitt erreicht wird, ausgedrückt in kW.

Lösung:

Da 1,0l Wasser eine Masse hat von 1,0 kg, ist die Masse des schweren Wassers in 1,0l gleich $0,015 \cdot 10^{-2} \text{ kg} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$. Da ein Molekül schweren Wassers ein Sauerstoffatom, ein Wasserstoffatom und ein Deuteriumatom enthält, ist seine Masse $16,0 \text{ u} + 1,0 \text{ u} + 2,0 \text{ u} = 19,0 \text{ u}$ oder $19,0 \text{ u} \cdot 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg/u} = 3,16 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$. Die Anzahl der Moleküle schweren Wassers in einem Liter Wasser ist dann:

$$\frac{1,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg}}{3,16 \cdot 10^{-26} \text{ kg}} = 4,75 \cdot 10^{21}.$$

Da jedes Fusionsereignis zwei Deuterium-Kerne erfordert, ist die Anzahl der Fusionsereignisse, die auftreten können, $N = 4,75 \cdot 10^{21}/2 = 2,38 \cdot 10^{21}$. Jedes Ereignis setzt die Energie $Q = 3,27 \cdot 10^6 \text{ eV} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 5,23 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ frei. Da alle Ereignisse an einem Tag stattfinden sollen, was $8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$ sind, ist die Leistung:

$$P = \frac{NQ}{t} = \frac{2,38 \cdot 10^{21} \cdot 5,23 \cdot 10^{-13} \text{ J}}{8,64 \cdot 10^4 \text{ s}} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ W} = 14 \text{ kW}.$$

(Mendeleev's) Periodensystem der Elemente

1 1.0079 H Wasserstoff	2 4.0025 He Helium	3 6.941 Li Lithium	4 9.0122 Be Beryllium	5 10.811 B Bor	6 12.01 C Kohlenstoff	7 14.007 N Stickstoff	8 15.999 O Sauerstoff	9 18.998 F Fluor	10 20.180 Ne Neon	11 22.990 Na Natrium	12 24.305 Mg Magnesium	13 26.982 Al Aluminium	14 28.086 Si Silicium	15 30.974 P Phosphor	16 32.065 S Schwefel	17 35.453 Cl Chlor	18 39.948 Ar Argon	19 39.098 K Kalium	20 40.078 Ca Calcium	21 44.956 Sc Scandium	22 47.867 Ti Titan	23 50.942 V Vanadium	24 51.996 Cr Chrom	25 54.938 Mn Mangan	26 55.845 Fe Eisen	27 58.933 Co Cobalt	28 58.693 Ni Nickel	29 63.546 Cu Kupfer	30 65.39 Zn Zink	31 69.723 Ga Gallium	32 72.64 Ge Germanium	33 74.922 As Arsen	34 78.96 Se Selen	35 79.904 Br Brom	36 83.8 Kr Krypton	37 85.468 Rb Rubidium	38 87.62 Sr Strontium	39 88.906 Y Yttrium	40 91.224 Zr Zirkonium	41 92.906 Nb Niob	42 95.94 Mo Molybdän	43 96 Tc Technetium	44 101.07 Ru Ruthenium	45 102.91 Rh Rhodium	46 106.42 Pd Palladium	47 107.87 Ag Silber	48 112.41 Cd Cadmium	49 114.82 In Indium	50 118.71 Sn Zinn	51 121.76 Sb Antimon	52 127.6 Te Tellurium	53 126.9 I Iod	54 131.29 Xe Xenon	55 132.91 Cs Cäsium	56 137.33 Ba Barium	57-71 La-Lu Lanthaniden	72 178.49 Hf Hafnium	73 180.95 Ta Tantal	74 183.84 W Wolfram	75 186.21 Re Rhenium	76 190.23 Os Osmium	77 192.22 Ir Iridium	78 195.08 Pt Platin	79 196.97 Au Gold	80 200.59 Hg Quecksilber	81 204.38 Tl Thallium	82 207.2 Pb Blei	83 208.98 Bi Bismut	84 209 Po Polonium	85 210 At Astat	86 222 Rn Radon	87 223 Fr Francium	88 226 Ra Radium	89-103 Ac-Lr Actiniden	104 261 Rf Rutherfordium	105 262 Db Dubnium	106 266 Sg Seaborgium	107 264 Bh Bohrium	108 277 Hs Hassium	109 288 Mt Meitnerium	110 281 Ds Darmstadtium	111 280 Rg Roentgenium	112 285 Cn Copernicium	113 294 Uut Ununtrium	114 289 Uuq Ununquadium	115 288 Uup Ununpentium	116 293 Uuh Ununhexium	117 292 Uus Ununseptium	118 294 Uuo Ununoctium	89 227 Ac Actinium	90 232.04 Th Thorium	91 231.04 Pa Protactinium	92 238.03 U Uran	93 237 Np Neptunium	94 244 Pu Plutonium	95 243 Am Americium	96 247 Cm Curium	97 247 Bk Berkelium	98 251 Cf Californium	99 252 Es Einsteinium	100 257 Fm Fermium	101 258 Md Mendelevium	102 259 No Nobelium	103 262 Lr Lawrencium
--	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	--	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--	-----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	--	--------------------------------------	--	-------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	--	---------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	--	------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	---	---	--	---	--	------------------------------------	--------------------------------------	---	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--	-------------------------------------	---------------------------------------

■ Alkalimetalle
■ Erdalkalimetalle
■ Metall
■ Metalloid
■ nichtmetallisch
■ Halogen
■ Edelgas
■ Lanthaniden/Actiniden
■ Z
■ Masse
■ Symbol
■ Name
■ künstlich