

Lösung zur Übung 11

Atombau Teil 1

Aufgabe 1

Wie gross ist eine Masseneinheit?

1 Atom $^{12}_6\text{C}$ entspricht exakt 12 m_u .

N_A Atome $^{12}_6\text{C}$ entsprechen exakt 12 g $^{12}_6\text{C}$

$$12 m_u = \frac{M(^{12}_6\text{C})}{N_A} \text{ oder}$$

$$1 m_u = \frac{1}{12} \cdot \frac{M(^{12}_6\text{C})}{N_A} = \frac{1}{12} \cdot \frac{12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{6.022045 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$
$$= 1.660565 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1.660565 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Aufgabe 2

Energien von Kernreaktionen werden meist in Elektronenvolt (eV) angegeben.

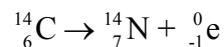
$$1 \text{ eV} = \text{Ladung des Elektrons} \cdot 1 \text{ V} = 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ Ws}$$
$$= 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

$$E = m \cdot c^2 \quad [E] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J} = \text{Ws}$$

$$E(m_u) = 1.6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (2.9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 = 1.4924 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$
$$= 9.3149 \cdot 10^8 \text{ eV} = 931.49 \text{ MeV}$$

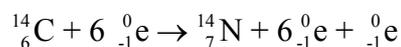
Aufgabe 3

In dieser Aufgabe gibt es ein kleines Problem, das Ihnen vielleicht gar nicht aufgefallen ist:



In einer solchen Gleichung werden nur die *Atomkerne* geschrieben und nicht die ganzen Atome (d.h. die Elektronen um den Atomkern werden in Kerngleichungen nicht geschrieben. Notiert werden nur Elektronen, die aus einem Kern erzeugt werden.).

Um aber einen Massendefekt ausrechnen zu können, müssen wir die Elektronen selbstverständlich auch berücksichtigen, da die Kernmassen selber nicht gegeben sind, sondern nur die (relativen) Atommassen (A_r). Wir addieren daher auf jeder Seite der Kerngleichung 6 Elektronen.



Auf der linken Seite steht nun genau 1 *Atom* $^{14}_6\text{C}$. Auf der rechten Seite steht ein $^{14}_7\text{N}$ -Kern mit 6 Elektronen. Zusammen mit dem Elektron, das als β -Strahlung das System verlässt, ergibt sich gerade die relative *Atommasse* von $^{14}_7\text{N}$.

Der Massendefekt beträgt daher $(14.00324 - 14.00307) m_u = 0.00017 m_u$.

Multipliziert mit dem Resultat aus der Aufgabe 2 ergibt dies:

$$0.00017 m_u \cdot 931.49 \text{ MeV} / m_u = 0.158 \text{ MeV}$$

Aufgabe 4

$$1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W.}$$

$$1 \text{ Jahr hat } 3.15 \cdot 10^7 \text{ Sekunden.}$$

$$\text{Die totale thermische Leistung betr\u00e4gt } \frac{1 \text{ GW}}{0.35} = 2.86 \text{ GW}$$

Wird diese Leistung konstant \u00fcber ein Jahr erbracht, so ergibt sich die totale thermische Energie als:

$$E = 2.86 \cdot 10^9 \text{ W} \cdot 3.15 \cdot 10^7 \text{ s} = 9.01 \cdot 10^{16} \text{ Ws} = 9.01 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

Nach der Einsteinschen Formel ist das Massen\u00e4quivalent f\u00fcr diese Energie:

$$m = \frac{E}{c^2}$$

$$\text{Einsetzen in diese Gleichung liefert: } m = \frac{9.01 \cdot 10^{16} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{(3.00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2} = 1.00 \text{ kg.}$$

b) Aus der Mechanik ben\u00f6tigen wir folgende Beziehungen:

$$\text{Energie} = \text{Arbeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg} \quad E = F \cdot s \quad [E] = \text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}$$

$$\text{Kraft} = \text{Masse} \cdot \text{Beschleunigung} \quad F = m \cdot a \quad [F] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\Rightarrow E = m \cdot a \cdot s$$

$$\Rightarrow a = \frac{E}{m \cdot s}$$

Das Volumen der Erde betr\u00e4gt (laut Tabellen)

$$V = 1.08 \cdot 10^{21} \text{ m}^3$$

Die Masse der Erde ergibt sich aus dem Volumen V und der Dichte ρ (in Tabellen zu finden).

$$M_{\text{Erde}} = V_{\text{Erde}} \cdot \rho_{\text{Erde}} = 1.08 \cdot 10^{21} \text{ m}^3 \cdot 5.5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 5.9 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Die Beschleunigung der Erdmasse mit der vorhandenen Energie aus der Kernreaktion betr\u00e4gt nun:

$$a = \frac{E}{m \cdot s} = \frac{9.01 \cdot 10^{16} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{5.9 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}} = 1.5 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Das ist eine wahrhaft winzige Beschleunigung! Sie würde unsere Erde wohl kaum stören.

Aufgabe 5

Es geht darum, Verbindungen des Typs EH_x zu formulieren. Die Lage im Periodensystem des jeweiligen Elements E gibt an wie viele Valenzelektronen E zur Bildung von Bindungen mit Wasserstoffatomen zur Verfügung stehen. Für Elemente aus den Perioden 3-6 gilt auch die Analogie mit den respektiven Gruppenpartnern aus der 2. Periode bei welchen die binären Verbindungen meist bekannt sind.

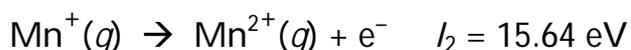
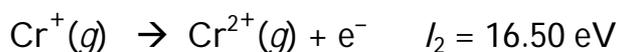
GeH_4 (Gruppe 14, CH_4); HF (Gruppe 17); TeH_2 (Gruppe 16, H_2O); BiH_3 (Gruppe 15, NH_3); AlH_3 (Gruppe 13, BH_3)

Aufgabe 6

- " NH_4 " wäre auf Grund seiner Gesamtprotonenzahl 11 (7 für N + 4x1 für H) an der Stelle von Na. Es wäre also ein Alkalimetall: leicht oxidierbar unter Bildung des stabilen und effektiv existierenden Ammoniumions und es hätte eine niedrige erste Ionisierungsenergie.
- Na^+ hat einen Ionenradius von 0.98 \AA , also bedeutend kleiner als NH_4^+ . Die 11 Protonen sind bei Na^+ in einem einzigen Kern "konzentriert" was bei NH_4^+ nicht der Fall ist. Es scheint also, als ob NH_4^+ ein viel grösseren "Kern" hätte. Das führt zu einem grösseren Volumen des Ions.

Aufgabe 7

- Li und K sind beide Alkalimetalle (Gruppe 1). Bei K in der 4. Periode ist die Abschirmung durch die [Ar]-Rumpf-Elektronenkonfiguration effizienter als die durch die [He]-Rumpf-Elektronenkonfiguration bei Li. Die Entfernung des 2s-Elektrons bei Li kostet mehr Energie als die Entfernung des 4s-Elektrons bei K.
- Die zweiten Ionisierungsenergien betreffen die Prozesse:



Um den Unterschied beurteilen zu können, soll man die Elektronenkonfiguration der einfach geladenen Ionen betrachten:



Beide Ionen weisen die spezielle (stabile) Teil-Elektronenkonfiguration $3d^5$ auf, d.h. eine halbgefüllte $3d$ -Schale (die fünf $3d$ -Orbitale sind einfach besetzt und bilden ein sogenanntes high-spin System; Hund'sche Regel).

Eine solche Konfiguration wirkt bei Mn^+ auf das $4s$ -Elektron abschirmend.

Dieses Elektron kann deshalb relativ leicht entfernt werden. Bei Cr^+ muss bei der Ionisierung gerade die $3d^5$ -Konfiguration zerstört werden. Dieser Prozess kostet mehr Energie als die zweite Ionisierung bei Mn.

Aufgabe 8

- a) He hat eine höhere erste Ionisierungsenergie als Kr. Die Eduktseite der Reaktionsgleichung stellt einen Zustand höherer Energie dar. Die Reaktion läuft spontan ab.
- b) Analog zu a). Cl hat die höhere erste Ionisierungsenergie als Si. Die Reaktion läuft spontan ab.
- c) Cl hat eine höhere Elektronenaffinität als I, d.h. die Aufnahme eines Elektrons durch Cl setzt mehr Energie frei als bei I. Die Eduktseite stellt den Zustand niedrigerer Energie dar. Die Reaktion läuft *nicht* spontan ab.