

Thema: Radioaktivität, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [Radio-01](#) : Anzahl Protonen, Neutronen, Isotope
- Ab [Radio-10](#) : Durchmesser, Dichte
- Ab [Radio-20](#) : Zerfall
- Ab [Radio-30](#) : Halbwertszeiten
- Ab [Radio-40](#) : Altersbestimmung
- Ab [Radio-50](#) : Einstein

Aufgabe: Radio-01

Anzahl p, n, e⁻

Bestimme die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen folgender Atomkerne

Anzahl ...	Protonen	Neutronen	Elektronen
${}^3_1\text{H}$			
${}^5_2\text{He}$			
${}^{13}\text{C}$			
${}^{234}\text{U}$			
${}^{13}\text{C}^{2+}$			
${}^{34}\text{S}^{2-}$			
${}^4\text{He}^{2+}$			
${}^{17}\text{O}$			
${}^{200}\text{Au}^+$			
${}^{78}\text{Br}^-$			

Lösung:

Anzahl ...	Protonen	Neutronen	Elektronen
${}^3_1\text{H}$	1	2	1
${}^5_2\text{He}$	2	3	2
${}^{13}\text{C}$	6	7	6
${}^{234}\text{U}$	92	142	92
${}^{13}\text{C}^{2+}$	6	7	4
${}^{34}\text{S}^{2-}$	16	18	18
${}^4\text{He}^{2+}$	2	2	0
${}^{17}\text{O}$	8	9	8
${}^{200}\text{Au}^+$	79	121	78
${}^{78}\text{Br}^-$	35	43	36

Aufgabe: Radio-02

Isotop - Prozentrechnen

Natürlicher Kohlenstoff besteht zu 98.94% aus ${}^{12}\text{C}$, der Rest bestehe aus ${}^{13}\text{C}$ ($m=13.003355$ u).

- Berechne aus diesen Werten die zu erwartende durchschnittliche Kohlenstoffmasse.
- Was kann aus dem tatsächlichen Wert von 12.0107 (Wert aus dem PSE) rückgeschlossen werden?
- Berechne die zu erwartende durchschnittliche Kohlenstoffmasse mit der Idee, dass die Massen von $m({}^{12}\text{C})=12\text{u}$ und $m({}^{13}\text{C})=13\text{u}$ betragen.

Hinweis: Die Masse eines C-12 beträgt exakt (Definition) 12 u

Lösung:

- a) $0.9894 \cdot 12 \text{ u} + 0.0106 \cdot 13.003355 \text{ u} = 12.010635 \text{ u}$
 b) Der theoretische Wert ('PSE') liegt bei 12.0107 u resp. 12.0107 g/mol. Der kleine Unterschied liegt in gerundeten Werten der Häufigkeiten
 c) $0.9894 \cdot 12 \text{ u} + 0.0106 \cdot 13 \text{ u} = 12.0106 \text{ u}$

Aufgabe: Radio-03

Isotop - Prozentrechnen

Das Element Chlor besteht aus zwei Isotopen: ^{35}Cl resp. ^{37}Cl . $m(^{35}\text{Cl}) = 34.969 \text{ u}$, Häufigkeit = 75.77%, $m(^{37}\text{Cl}) = 36.966 \text{ u}$. Berechne daraus die durchschnittliche Masse und interpretiere das Resultat.

Lösung:

$$m(\text{Cl}) = 0.7577 \cdot 34.969 \text{ u} + (1 - 0.7577) \cdot 36.966 \text{ u} = 35.4528731 \text{ u}$$

Die durchschnittliche Masse eines Chloratoms beträgt 35.4528 u resp. ein Mol hätte die Masse von 35.4528 Gramm. Beachte: auch wenn man noch so gut in der Natur sucht, nie wird man ein solches Atom finden. Entweder haben die Chloratome die Masse von 34.969 u oder die Masse von 36.966 u.

Aufgabe: Radio-04

Isotop - Prozentrechnen

Brom tritt in der Natur als Gemisch der beiden stabilen Isotope ^{79}Br sowie ^{81}Br auf. Häufigkeiten: ^{79}Br zu 50.65%, $m = 78.918338 \text{ u}$. Berechne aus der durchschnittlichen Molmasse des Broms nun die Häufigkeit sowie die Masse des ^{81}Br in u sowie g/mol.

Hinweis: Die Molmasse des Broms beträgt (PSE) 79.904 u resp. 79.904 g/mol

Lösung:

Häufigkeit des zweiten Isotops: $100 - 50.65\% = 49.35\%$

Somit: $0.5065 \cdot 78.918338 \text{ u} + 0.4935 \cdot x \text{ u} = 79.904 \text{ u}$

$x = 80.9156 \text{ u}$ resp. 80.9156 g/mol

Aufgabe: Radio-05

Isotop - Prozentrechnen

Ein Element besteht aus einem Gemisch aus drei Isotopen, wobei die beiden leichteren Isotope die gleiche Häufigkeiten haben. Die Molmassen der drei Isotope sei ebenfalls bekannt.

Berechne daraus die allgemeine Formel der durchschnittlichen Molmasse des Elementes.

Lösung:

- Häufigkeit Isotop I: x, wobei x eine Zahl zwischen 0 (0%) und 1 (100%) wäre
- Häufigkeit Isotop II: x
- Somit hat das Isotop III die Häufigkeit (1-2x)
- Zu erwartendes Molmasse: $x \cdot M(\text{Isotop I}) + x \cdot M(\text{Isotop II}) + (1-2x) \cdot M(\text{Isotop III})$

Aufgabe: Radio-07

Isotop - Silicium

Was ist den drei Siliciumisotopen ^{28}Si , ^{29}Si , ^{30}Si gemeinsam, was ist verschieden?

Lösung:

Die Protonen und Elektronenzahl ist immer gleich, aber die Neutronenzahl ist verschieden. Die chemischen Eigenschaften der drei Isotope sind gleich, nur der Kern ist unterschiedlich schwer. Dadurch ergeben sich unterschiedliche physikalische Eigenschaften

Aufgabe: Radio-08

Isotop - Prozentrechnen

In welchen prozentualen Anteilen liegen ^{28}Si und ^{29}Si vor, wenn der Massenanteil in Prozent von ^{30}Si 3.1 % beträgt?

Hinweis: $m(^{28}\text{Si}) = 27.9769 \text{ u}$, $m(^{29}\text{Si}) = 28.9765 \text{ u}$, $m(^{30}\text{Si}) = 29.9738 \text{ u}$

Lösung:

$x =$ Häufigkeit in % von ^{28}Si , $y =$ Häufigkeit in % von ^{29}Si

$$\text{Gleichung 1: } x + y + 3.1 = 100$$

$$\text{Gleichung 2: } (x \cdot 27.9769 \text{ u} + y \cdot 28.9765 \text{ u} + 3.1 \cdot 29.9738 \text{ u}) / 100 = 28.09 \text{ u}$$

Gewichtete Durchschnittsmasse von Si (gemäss Periodensystem): 28.09 u

x und y mit Gleichungen 1 und 2 bestimmen. $x = 92.2\%$; $y = 4.7\%$

Aufgabe: Radio-09

Bei der Reaktion von Brom mit Wasserstoff entsteht Bromwasserstoffgas (HBr). Folgende Isotope beteiligen sich an der Reaktion: ^1H , ^2H , ^{79}Br sowie ^{81}Br .

- a) Wie lautet die ausgeglichene Reaktionsgleichung?
 b) Wie viele verschiedene HBr-Moleküle mit unterschiedlicher Masse werden dabei gebildet?

c) Welche Isotopenkombination wäre das leichteste HBr, welches das schwerste HBr-Molekül? Angabe inklusive Molmasse

Annahmen für die Molmassen: sie berechnet sich mit der Vereinfachung, dass $m(\text{Proton}) = m(\text{Neutron})$. Somit gilt folgendes: $M(^1\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$, $M(^2\text{H}) = 2 \text{ g/mol}$, $M(^{79}\text{Br}) = 79 \text{ g/mol}$ sowie $M(^{81}\text{Br}) = 81 \text{ g/mol}$.

Lösung:

- a) $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HBr}$
 b) Es gibt 4 verschiedene mögliche Paare:
 $^1\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}$, $^1\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}$, $^2\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}$ und $^2\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}$
 c) $M(^1\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}) = 80 \text{ g/mol}$, $M(^1\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}) = 82 \text{ g/mol}$, $M(^2\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}) = 81 \text{ g/mol}$, $M(^2\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}) = 83 \text{ g/mol}$
 leichtes Molekül $^1\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}$, schwerstes Molekül $^2\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}$

Aufgabe: Radio-10

Kerndurchmesser

Schätze den Durchmesser der folgenden Kerne ab:

- a) ^3H
 b) ^{40}K
 c) ^{235}U

Hinweis: Der Radius berechnet sich mit $r = 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{(1/3)}$ (Resultat in Meter, wobei A die Nukleonenzahl ist)

Lösung:

- a) ^3H : $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 3^{(1/3)} = 3.46 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
 b) ^{40}K : $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 40^{(1/3)} = 8.21 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
 c) ^{235}U : $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 235^{(1/3)} = 1.48 \cdot 10^{-14} \text{ m}$

Aufgabe: Radio-11

Graph zeichnen

Zeichne den Graph folgender Funktion $r = 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{(1/3)}$ (Resultat in Meter)

Hinweis: Wolfram-Alpha: $y = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot x^{(1/3)}$, x from 1 to 300

Lösung:

noch nichts gemacht

Aufgabe: Radio-12

Dichte Nukleus

Berechne die Dichte eines Heliumkernes (^4He)

Hinweis: Annahmen:

- der Heliumkern beansprucht ein kugelförmiges Volumen
- Masse Proton = Masse Neutron = 1 u

Lösung:

Es werden diverse Schritte benötigt:

- Dichte = $m/V = m/(4/3 \cdot \pi \cdot r^3)$
- Masse des Kernes: je 2 Protonen sowie 2 Neutronen, ca. 4 u, $1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, somit $6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Radius des Heliumkernes: $r = 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 4^{(1/3)} = 1.9049 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
- $V = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = 2.895 \cdot 10^{-44} \text{ m}^3$
- Dichte = $m/V = 2.293 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$ (vgl. Wasser: 1000 kg/m^3)

Aufgabe: Radio-20

α , β^- , β^+

Definiere allgemein die folgenden Zerfälle. Benutze folgendes Schema:

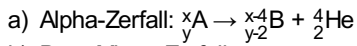
$A \rightarrow B + C$, wobei bei allen Teilchen die Ordnungszahl sowie die Nukleonenzahl angegeben werden soll.

- a) Alphazerfall
 b) Beta-Minus-Zerfall
 c) Beta-Plus-Zerfall

Hinweis: Alphazerfall: es entsteht ein alpha-Teilchen (He), Beta-Zerfall: es entsteht ein Elektron (Beta-Minus: negativ geladenes

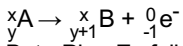
Elektron, Beta-Plus: positiv geladenes Elektron)

Lösung:



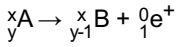
b) Beta-Minus-Zerfall:

Ein Neutron wandelt sich (u.a.) in ein Proton und ein Elektron um:



c) Beta-Plus-Zerfall:

Ein Proton wandelt sich (u.a.) in ein Neutron und einem positiv (!) geladenen 'Elektron' um:



Aufgabe: Radio-21

α, β^-, β^+

Ergänze folgende Tabelle, indem in die Zellen das entsprechende Element nach dem Zerfall geschrieben wird. Eine Zeile ist schon gegeben, ergänze die restlichen Zellen entsprechend.

Achtung: es ist gut möglich, dass die aufzuschreibenden Zerfälle in der Realität gar nicht stattfinden, hier geht es 'nur' um die Anwendung der theoretischen Zerfälle.

Zerfall:	Alpha-Zerfall	Beta-Minus-Zerfall	Beta-Plus-Zerfall
${}^{13}_6\text{C}$	${}^9_4\text{Be}$	${}^{13}_7\text{N}$	${}^{13}_5\text{B}$
${}^{17}_8\text{O}$			
${}^{240}_{92}\text{U}$			
${}^{232}_{90}\text{Th}$			
${}^{200}_{79}\text{Au}$			
${}^{214}_{82}\text{Pb}$			

Lösung:

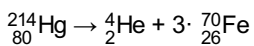
Zerfall:	Alpha-Zerfall	Beta-Minus-Zerfall	Beta-Plus-Zerfall
${}^{13}_6\text{C}$	${}^9_4\text{Be}$	${}^{13}_7\text{N}$	${}^{13}_5\text{B}$
${}^{17}_8\text{O}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{17}_9\text{F}$	${}^{17}_7\text{N}$
${}^{240}_{92}\text{U}$	${}^{236}_{90}\text{Th}$	${}^{240}_{93}\text{Np}$	${}^{240}_{91}\text{Pa}$
${}^{232}_{90}\text{Th}$	${}^{228}_{88}\text{Ra}$	${}^{232}_{91}\text{Pa}$	${}^{232}_{89}\text{Ac}$
${}^{200}_{79}\text{Au}$	${}^{196}_{77}\text{Ir}$	${}^{200}_{80}\text{Hg}$	${}^{200}_{78}\text{Pt}$
${}^{214}_{82}\text{Pb}$	${}^{210}_{80}\text{Hg}$	${}^{214}_{83}\text{Bi}$	${}^{214}_{81}\text{Tl}$

Aufgabe: Radio-22

Alpha-Zerfall

Das Element x (Nukleonenzahl 214) zerfällt nach einem Alpha-Zerfall in drei identische Kerne y (Ordnungszahl 26). Ergänze y durch die Ordnungszahl sowie Nukleonenzahl und schreibe die komplette Zerfallsreaktion auf.

Lösung:



Aufgabe: Radio-23

Was tun?

Es sei gegeben jeweils ein (purer) Alphastrahler, Betastrahler sowie Gammastrahler. Auf einen soll man sich setzen, den anderen essen und vom Dritten darf man sich soweit wie möglich entfernen. Was soll man tun?

Lösung:

Entscheidungsmatrix machen:

	eat	sit	throw out window
--	-----	-----	------------------

alpha	1	0	0
beta	1	0.5	0
gamma	0.5	0.5	0

Es gelte: 0 kein Schaden, 0.5 zwischendrin, 1 Schaden

Grundgedanke: der Gesamtschaden soll minimiert werden.

Ein Alphastrahler wird schon von wenig Material (z.B. Kleider absorbiert, aber auch beim essen Magenschleimhaut, Darm), geringster Schaden somit bei alpha: sit

Ein Strahler muss gegessen werden ... kleinstes Übel beim Gammastrahler. Somit soll man den Betastrahler aus dem Fenster werfen resp. sich von ihm entfernen.

from: <https://www.youtube.com/watch?v=qjKTzk8NAxM>

Aufgabe: Radio-30

Halbwertszeiten

Die Halbwertszeit ('HWZ') eines Isotopes betrage 10 Jahre. Nach wie vielen Jahren (ausgedrückt in 'Ganz-Vielfachen der HWZ') ist von der ursprünglich vorhanden Anzahl Atome noch folgende Menge erhalten

- die Hälfte
- ein Viertel
- ein 128stel
- ca. 1 Prozent
- ca. 1 Promille
- ca. ein Millionstel

Hinweis: Erste Frage überhaupt: wie viele Halbwertszeiten sind vergangen?

Lösung:

- die Hälfte: eine HWZ ist verstrichen, somit 10 Jahre
- ein Viertel: total zwei HWZ, also 20 Jahre
- ein 128stel: total sieben HWZ, also 70 Jahre
- ca. 1 Prozent: also ca. ein Hundertstel. 1/64 wären 6 HWZ, 1/128 wären 7 HWZ, also zwischen 60 - 70 Jahren
- ca. 1 Promille: also ca. ein Tausendstel. 9 HWZ (=1/512), 10 HWZ (1/1024), somit zwischen 90 - 100 Jahren
- ca. ein Millionstel: $2^x = 1'000'000$, x zwischen 19 und 20. Also somit 190 - 200 Jahren. Aufgabe kann auch ohne Mathematik gelöst werden, auf dem Taschenrechner 2^x ausprobieren, bis grösser als eine Million.

Mit Mathe: $2^x = 1'000'000$, $x = \log(1'000'000)/\log(2) = 19.93$

Aufgabe: Radio-31

Fiktive Annahme: Vor 10 Milliarden Jahren hätten 10 Milliarden kg ^{244}Pu existiert, dessen HWZ $8.3 \cdot 10^7$ Jahre betrage. Wie viele Atomkerne sind heute von den ursprünglichen ^{244}Pu noch vorhanden?

Lösung:

Anzahl Kerne ursprünglich in mol: $n(\text{Pu}) = m/M = 10^{13}\text{kg} / 0.244\text{kg} = 4.098 \cdot 10^{13}$ mol

Wirkliche Anzahl Kerne: $4.098 \cdot 10^{13} \text{ mol} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} = 2.468 \cdot 10^{37}$

Heute noch vorhanden: $N = N_0 \cdot 2^{-(t/T_{1/2})} = 2.468 \cdot 10^{37} \cdot 2^{-(10^{10}/8.3 \cdot 10^7)} = 13.3$ Kerne

Aufgabe: Radio-40

Wie alt ist eine Probe, die eine 8-mal tiefere ^{14}C -Konzentration enthält als ein noch lebender Organismus (HWZ(^{14}C)= 5730 Jahre)

Lösung:

Die Konzentration wurde 3-mal halbiert (und hat somit eine achtmal tiefere Konz.), d.h. die Probe ist $3 \cdot 5730 = 17190$ Jahre alt.

Aufgabe: Radio-41

Wie viele ^{14}C Atome enthält 1 g Kohlenstoff, der 5730 Jahre alt ist. Hinweis: eine aktuelle ('von heute') Probe habe ein Verhältnis von $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ von $1.2 \cdot 10^{-12}$.

Hinweis: Die (benötigte) Molmasse von ^{12}C beträgt 12.0000000000 g/mol.

Lösung:

1 g ^{12}C enthält wie viele Atome: $n = m/M = 1/12$ mol resp. $5.018 \cdot 10^{22}$ ^{12}C -Atome

Nach 5730 Jahren ist eine HWZ vorbei. Somit ist das Verhältnis nur noch halb so gross wie früher.

Es gilt: $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} = x = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 10^{-12}$

$$^{14}\text{C} = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 10^{-12} \cdot ^{12}\text{C} = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 10^{-12} \cdot 5.018 \cdot 10^{22} = 3.0 \cdot 10^{10}$$

Aufgabe: Radio-42

Was für ein Zeitbereich ist mit der ^{14}C -Methode zugänglich. Folgende Annahme: die Messgrenze sei ca. 1000 mal kleiner als die Konzentration an ^{14}C , welche in lebenden Organismen nachgewiesen werden kann.

Lösung:

Die Messgrenze ist ca. 1000 mal tiefer als die Konzentration in lebenden Organismen. Nach 10 Halbwertszeiten hat die Konzentration um den Faktor $2^{10} = 1024$ abgenommen. Damit liegt die Messgrenze bei ca. $10 \cdot 5730 = \text{ca. } 60'000$ Jahren.

Aufgabe: Radio-43

Im lebenden Organismus misst man ca. 16 Zerfälle pro Sekunde pro Gramm Kohlenstoff. In einem alten Holzstück, welches 5 g Kohlenstoff enthält, misst man 44 Zerfälle pro Sekunde. Wie alt ist das Holzstück.

Annahme: linearer Zerfall zwischen zwei Halbwertszeiten, $T_{1/2}(\text{C})$ betrage 5730 Jahre.

Lösung:

noch nichts gemacht

Aufgabe: Radio-44

In einem frischen Baumwollgewebe werden 0.27 Bq gemessen.

a) Im Turingrabtuch werden 0.25 Bq gemessen. Wie alt ist das Tuch somit?

b) In einem anderen Gewebe werden 0.1 Bq gemessen. Wie alt ist dieses Gewebe?

Es gilt die Annahme, dass zwischen zwei Halbwertszeiten ein linearer Zerfall stattfindet.

Lösung:

Siehe vor allem die Lösung im beigefügten pdf.

Hinweise: Bei der Aufgabe a) ist der gemessene Bq-Wert noch vor der ersten Halbwertszeit. Bei der Aufgabe b) liegt der gemessene Bq-Wert zwischen der ersten und zweiten Halbwertszeit.

Musterlösung [\[hier\]](#) als pdf

Aufgabe: Radio-50

Unsere Sonne hat eine Leistung von $3.82 \cdot 10^{26}$ W. Wie gross ist somit der Massenverlust pro Sekunde?

Hinweis: $[\text{W}] = [\text{J/s}] = [\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2]$

Lösung:

- Gemäss Einstein gilt $E = m \cdot c^2$ resp. $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
- c ist die Lichtgeschwindigkeit, 300'000 km/s
- Umformen der Einstein'schen Gleichung nach m resp. Δm
- $\Delta m = \Delta E / c^2$
- $\Delta m = 3.82 \cdot 10^{26} [\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2] / (300'000'000 \text{ m/s})^2 = 4.24 \cdot 10^9 \text{ kg}$

Der Massenverlust pro Sekunde (!) beträgt also $4.24 \cdot 10^9$ kg oder ca. 424 Millionen Tonnen.

Aufgabe: Radio-51

Es werde ein Gramm $^{235}_{92}\text{U}$ vollständig gespalten.

a) Berechne die freiwerdende Energie pro Gramm. Pro gespaltenem Kern wird jeweils eine Energie von 200 MeV frei.

Hinweis: $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

b) Wie hoch könnte man mit dieser Energie ein Auto ($m = 1000 \text{ kg}$) hochheben?

Lösung:

- ▷ $n = m/M$
- ▷ $n(^{235}_{92}\text{U}) = m(^{235}_{92}\text{U}) / M(^{235}_{92}\text{U}) = 1 \text{ g} / 235 \text{ g/mol} = 0.0043 \text{ mol}$
- ▷ wirkliche Anzahl: $6.022 \cdot 10^{23} \cdot 0.0043 = 2.563 \cdot 10^{21}$ Atome
- ▷ pro Spaltung 200 MeV resp. $200 \cdot 10^6 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.204 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

- a) Total also $8.21 \cdot 10^{10}$ J
 b) Mit der Energie kann was gemacht werden, z.B. etwas hochheben: $E=m \cdot g \cdot h$

$$h = E/(m \cdot g) = 8.21 \cdot 10^{10} / (1000 \cdot 10) = 8210000 \text{ m} = 8210 \text{ km}$$

zum Vergleich Höhe Mount-Everest ca. 8 km über Meer, also 1000· Auto hochheben

Aufgabe: Radio-52

Es werde ein Gramm ${}^{235}_{92}\text{U}$ vollständig gespalten. Pro Gramm werde ca. $8.21 \cdot 10^{10}$ J Energie frei. Die Schweiz benötigte in den letzten 5 Jahren durchschnittlich rund 810'000 Terajoule Energie pro Jahr. Angenommen, diese Energie möchte man ausschliesslich mit der Spaltung von ${}^{235}_{92}\text{U}$ gewinnen. Wie gross wäre eine 'Urankugel'?

Für die Berechnung werden weitere Daten benötigt:

- 1 Terajoule = 10^{12} Joule, Gesamthaft: $8.1 \cdot 10^{17}$ J
- andere Quellen sprechen von $2.04 \cdot 10^{17}$ J
- Energie pro Gramm, siehe Aufgabe Radio-26: $8.21 \cdot 10^{10}$ J
- Dichte Uran 19.1 g/cm^3

Lösung:

- a) Berechne die freiwerdende Energie. Pro gespaltenem Kern wird jeweils eine Energie von 200 MeV frei.

Hinweis: $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

- b) Wie hoch könnte man mit dieser Energie ein Auto ($m = 1000 \text{ kg}$) hochheben?

- $n({}^{235}_{92}\text{U}) = m({}^{235}_{92}\text{U})/M({}^{235}_{92}\text{U}) = 1 \text{ g}/235 \text{ g/mol} = 0.0043 \text{ mol}$
- wirkliche Anzahl: $6.022 \cdot 10^{23} \cdot 0.0043 = 2.563 \cdot 10^{21}$ Atome
- pro Spaltung 200 MeV resp. $200 \cdot 10^6 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.204 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
- a) Total also $8.21 \cdot 10^{10}$ J
- b) Mit der Energie kann was gemacht werden, z.B. etwas hochheben: $E=m \cdot g \cdot h$

$$h = E/(m \cdot g) = 8.21 \cdot 10^{10} / (1000 \cdot 10) = 8210000 \text{ m} = 8210 \text{ km}$$

zum Vergleich Höhe Mount-Everest ca. 8 km über Meer, also 1000· Auto hochheben