

Übung Nr. 1

Diskussionsthemen:

- Woraus besteht ein Atomkern?
- Radioaktives Zerfallsgesetz; Anwendung der Radioaktivität zur Altersbestimmung

Aufgabe 1. Nuklidkarte

Entnehmen Sie einer Nuklidkarte¹ die Antworten zu den folgenden Fragen.

- Wie viele Isotope von Kohlenstoff (C) sind bekannt? Welche davon sind stabil und mit welcher Häufigkeit treten sie auf? Gleiche Fragen für Wasserstoff (H) und Helium (He).
Wie viele stabile Isotopen hat Zinn (Sn)? Und seine Nachbarkerne (Indium: In und Antimon: Sb)?
- Wie viele stabile Isotone mit $N = 10$ gibt es? Gleiche Frage für $N = 19, 20, 21$.
- Betrachten Sie die Nuklide mit Massenzahl A zwischen 1 und 50. Wie viele stabile Isobare gibt es für die Mehrheit dieser Werte? Bei welchen Massenzahlen treten Ausnahmen auf?

Aufgabe 2. Zerfallsgesetz

Sie werden gebeten, mitzuhelfen, einen Mord aufzuklären. Es besteht der Verdacht, dass jemand mit Polonium ^{210}Po vergiftet wurde. ^{210}Po zerfällt durch α -Strahlung und hat die Halbwertszeit $T_{1/2} = 138,4$ Tage. Zudem beträgt dessen organische Halbwertszeit 50 Tage, das ist der Zeitraum, nach dem der menschliche Körper die Hälfte des Poloniums wieder ausgeschieden hat. Das Opfer wurde nach Zeugenaussagen² vor 25 Tagen vergiftet und ist heute daran gestorben. Eine erste Analyse ergab, dass die Aktivität auf den ganzen Körper hochgerechnet $103,7 \cdot 10^6$ Becquerel beträgt. Mit wie viel Gramm wurde das Opfer vermutlich vergiftet? (Sie können die natürliche Aktivität des menschlichen Körpers — vgl. nächste Aufgabe — vernachlässigen.)

Aufgabe 3. Wie radioaktiv sind Sie?

Durch natürliche Prozesse (Atmung, Nahrung) werden verschiedene radioaktive Substanzen in den menschlichen Körper aufgenommen, insbesondere ^{14}C , ^{40}K und ^{222}Rn . Wir wollen hier die von diesen Elementen verursachte Aktivität Ihres Körpers abschätzen. Der Einfachheit halber wird angenommen, dass Frauen bzw. Männer 65 kg bzw. 75 kg wiegen.

- Kalium-40.** Kalium hat 3 natürlich vorkommende Isotope: ^{39}K (Häufigkeit 93,26 %) und ^{41}K (Häufigkeit 6,73 %) sind stabil, während ^{40}K (heutige Häufigkeit 0,0117 %) instabil mit der Halbwertszeit $T_{1/2} = 1,227 \cdot 10^9$ Jahre ist.

Berechnen Sie die Aktivität von einem Mol ^{40}K -Kernen. Die Atommasse von ^{40}K ist $39,964 \text{ u}$:³ was für eine Aktivität hat ein Kilogramm Kalium-40?

Der Anteil an Kalium im menschlichen Körper beträgt im Schnitt 2,26 g pro kg Körpermasse bei Frauen bzw. 2,52 g pro kg Körpermasse bei Männern. Was ist dann die gesamte Aktivität des in Ihrem Körper enthaltenen ^{40}K ?

- Kohlenstoff-14.** Kohlenstoff ist viel häufiger als Kalium im Körper und beträgt etwa 23 % des Körpergewichts. Davon ist die natürliche Häufigkeit vom radioaktiven Isotop ^{14}C ungefähr 10^{-12} .

¹Sie können eine entweder auf dem D01-„Diskussionsflur“ oder online (z.B. <https://www.nndc.bnl.gov/chart/> oder <https://en.wikipedia.org/wiki/File:NuclideMap.PNG>) finden.

²Vgl. <https://ruthe.de/cartoon/251/datum/asc/>

³u bezeichnet die atomare Masseneinheit: $1 \text{ u} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / \mathcal{N}_A$ mit der Avogadro-Konstante \mathcal{N}_A .

Die spezifische Aktivität (d.h. die Aktivität pro Kilogramm Stoff) von Kohlenstoff ist $190 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Berechnen Sie die von ^{14}C verursachte Aktivität in Ihrem Körper.

iii. Radon. Radon ist das schwerste Edelgas, mit vielen Isotopen, die alle instabil sind. Das langlebigste und häufigste davon ist ^{222}Rn mit der Halbwertszeit $T_{1/2} = 3,8$ Tage. Berechnen Sie dessen Zerfallskonstante λ_{Rn} .

Der Einfachheit halber wird angenommen, dass das Lungenvolumen 5 Liter beträgt und dass die ganze entsprechende Luft regelmäßig neu ersetzt wird, sodass die Häufigkeit von Radon in der in den Lungen enthaltenen Luft dieselbe ist, wie die mittlere Häufigkeit in der Erdatmosphäre, und zwar ein Radonatom auf 10^{21} Moleküle. Was ist die gesamte Aktivität von ^{222}Rn in Ihrem Körper? (Zur Erinnerung ist das molare Volumen idealer Gase bei Normbedingungen 22,4 Liter.)

Bemerkungen:

- Die jeweiligen biologischen Wirksamkeiten der oben betrachteten Quellen von Radioaktivität können sehr unterschiedlich sein. . . Vgl. Vorlesung „Strahlung und Materie“ später.

- Wegen der relativ kurzen Halbwertszeit von Radon hängt seine Häufigkeit in der Luft stark vom geologischen Untergrund ab. Es gibt viel weniger ^{222}Rn in der Bielefelder Luft als in Süddeutschland, vgl. <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/karten/boden.html>!