

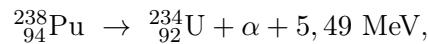
Übung Nr. 8

Diskussionsthema: Anwendung der Radioaktivität zur Altersbestimmung

Aufgabe 23. Zerfallsgesetz

i. 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 Zeugenaussagen¹ 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 wieviel Gramm wurde das Opfer vermutlich vergiftet?

ii. Die Raumsonde Cassini, die 1997 zum Saturn startete um dessen Monde zu erkunden und dort 2004 ankam, wird mit Plutonium betrieben. ^{238}Pu zerfällt durch α -Zerfall:



wobei die mittlere Lebensdauer von ^{238}Pu 128 Jahre beträgt. Schätzen Sie die Menge Plutoniums in Kilogramm ab, die nötig ist, um die Raumsonde für 50 Jahre mit mindestens 1 kW Strom zu versorgen. (Der Zerfall von ^{234}U mit $T_{1/2} = 2,5 \cdot 10^5$ Jahre kann vernachlässigt werden).

Aufgabe 24. 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.

i. **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 u:² 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 ?

ii. **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} . 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

¹Vgl. <http://www.ruthe.de/frontend/index.php?pic=251&sort=datum&order=DESC>

²u bezeichnet die atomare Masseneinheit: $1 \text{ u} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / \mathcal{N}_A$ mit $\mathcal{N}_A$ der Avogadro-Konstante.

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/ion/anthropg/radon/radon_boden/radonkarte.html!

Aufgabe 25. Zerfallsreihe

Betrachten Sie die Änderungsrate einer Tochtersubstanz für den allgemeinen Fall, dass die Muttersubstanz die Zerfallskonstante λ_1 , die Tochtersubstanz λ_2 aufweisen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ gebe es N_1 Mutterkerne und N_2 Tochterkerne. Zu welchem Zeitpunkt nimmt die Zahl der Tochterkerne ab?