

Übung Nr. 8

Diskussionsthema:

Informieren Sie sich über die Anwendungen der Kernspinresonanz, insbesondere die Magnetresonanztomographie.

20. 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 einer Mole von ^{40}K -Kernen. Die Atommasse von ^{40}K ist 39,964 u: 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 an Radon in der in den Lungen enthaltenen Luft dieselbe ist, als 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:

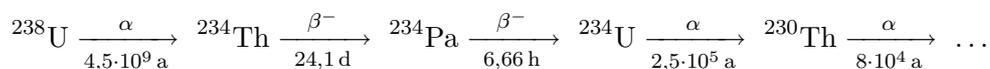
- Die jeweiligen biologischen Wirksamkeiten der oben betrachteten Quellen von Radioaktivität können sehr unterschiedlich sein... Vgl. Vorlesung „Strahlung und Materie“ später.

- Wegen der ziemlich kurzen mittleren Lebensdauer von Radon hängt seine Häufigkeit in der Luft tatsächlich stark vom geologischen Untergrund. Es gibt viel weniger ^{222}Rn in der Bielefelder Luft als in Süddeutschland!

21. Zerfallsreihe

i. 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?

ii. Skizzieren Sie die ^{238}U -Reihe in der $(Z - N)$ -Ebene:



Betrachten Sie den Zerfall von einem Gramm reinem ^{238}U . Nach welchem Zeitraum ist etwa die Hälfte in ^{234}U übergegangen? Zu welchen Zeiten liegt für diese Zerfallskette ein säkulares bzw. ein transientes Gleichgewicht zwischen Mutterkernen und Tochterkernen vor?

iii. Erklären Sie, warum es nur vier Zerfallsreihen gibt.