

Übung 9 Radioaktivität Zerfallsgesetz, Nuklidkarte, Zerfallsreihen

Lernziele

- das Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall verstehen und anwenden können.
- den Aufbau der Nuklidkarte verstehen.
- wissen und verstehen, wie man auf der Nuklidkarte von einem radioaktiven Mutternuklid unter Berücksichtigung der entsprechenden Zerfallsart zum Tochternuklid gelangt.
- mit Hilfe der Nuklidkarte Zerfallsreihen erkennen und aufstellen können.

Aufgaben

1. Beim radioaktiven Zerfall nimmt die Anzahl N der radioaktiven Kerne gemäss einem exponentiellen **Zerfallsgesetz** ab (vgl. Unterricht):
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (\lambda > 0)$$
 - a) Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen dem Parameter λ und der Halbwertszeit $t_{1/2}$.
 - b) 90% des Edelgases Radon liegt als Isotop Rn-222 vor. Rn-222 ist ein α -Strahler mit einer Halbwertszeit von 3.825 Tagen. Bestimmen Sie die Zeit, nach welcher 95% einer bestimmten Menge von Rn-222-Kernen zerfallen ist.
 - c) Angenommen, ein radioaktives Präparat werde als unbedenklich eingestuft, wenn 99% der Kerne zerfallen sind. Nach welcher Zeit (ausgedrückt in Halbwertszeiten) ist dies der Fall?

2. Die **Nuklidkarte** ist ein wichtiges Hilfsmittel in der Kernphysik. Sie zeigt auf, welche Nuklide stabil sind bzw. welche Nuklide radioaktiv sind, d.h. welche "Mutternuklide" durch radioaktive Zerfälle (α -, β^- - oder β^+ -Zerfälle) in "Tochternuklide" übergehen.
Sie sollen nun herausfinden, wie man auf der Nuklidkarte von einem radioaktiven Mutternuklid unter Berücksichtigung der jeweiligen Zerfallsart auf das dazugehörige Tochternuklid gelangt.
 - a) Bestimmen Sie für jede der drei Zerfallsarten (α -, β^- -, β^+) die Änderung der Nukleonenzahl A , der Protonen- bzw. Ordnungszahl Z und der Neutronenzahl N .
 - b) Jeder Zerfall führt auf der Nuklidkarte zu einem typischen Verschiebungsmuster. Erstellen Sie dazu eine "Kurzanleitung", d.h. notieren Sie sich zu jeder Zerfallsart, wie Sie auf der Nuklidkarte vom Mutternuklid zum Tochternuklid gelangen.
 - c) Bestimmen Sie das Tochternuklid von ...
 - i) C-13 ii) Pb-202 iii) Ra-220 iv) N-18

3. Die meisten Mutter-Tochter-Übergänge enden bei einer wiederum radioaktiven Tochter. Diese zerfällt erneut. Und vielleicht zerfällt das aus der Tochter entstandene Produkt nochmals. Dies geht weiter, bis ein stabiles Nuklid erreicht wird. So entsteht eine **Zerfallsreihe**.
 - a) Die Zerfallsreihe von Rn-213 beginnt wie folgt:
$$\text{Rn-213} \rightarrow \text{Po-209} \rightarrow \dots$$
Geben Sie die ganze Zerfallsreihe an, d.h. setzen Sie die Zerfallsreihe fort, bis Sie zu einem stabilen Nuklid gelangen.
 - b) Erstellen Sie die Zerfallsreihe von Am-243.

Lösungen

1. a) $t_{1/2} = \frac{1}{k} \ln(2)$
- b) $k := \text{Anteil nach gesuchter Zeit} = 5\% = 0.05$
 $t = - \frac{1}{k} \frac{\ln(k)}{\ln(2)} = 16.531 \text{ d}$
- c) $k = 1\% = 0.01$
 $\frac{t}{t_{1/2}} = - \frac{\ln(k)}{\ln(2)} = 6.64$
2. a) -Zerfall: A nimmt um 4 ab.
N nimmt um 2 ab.
Z nimmt um 2 ab.
- Zerfall: A bleibt unverändert.
N nimmt um 1 ab.
Z nimmt um 1 zu.
- +Zerfall: A bleibt unverändert.
N nimmt um 1 zu.
Z nimmt um 1 ab.
- b) -Zerfall: 2 Felder nach links und 2 Felder nach unten rücken
-Zerfall: 1 Feld nach links und 1 Feld nach oben rücken
+Zerfall: 1 Feld nach rechts und 1 Feld nach unten rücken
- c) i) Es gibt kein Tochternuklid, da C-13 stabil ist und nicht zerfällt.
ii) Tl-202
iii) Rn-216
iv) O-18
3. a) Rn-213 Po-209 Pb-205 Tl-205
- b) Am-243 Np-239 Pu-239 U-235 Th-231 Pa-231 Ac-227 Th-227 Ra-223
Rn-219 Po-215 Pb-211 Bi-211 Tl-207 Pb-207