

Uranspaltung und instabile Spaltprodukte

- a) Bei der Uranspaltung ist eine mögliche Reaktion $n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{142}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + \dots$. Geben Sie an, welche Nukleonen in der obigen Reaktionsgleichung durch “...” abgekürzt sind. (1 Punkt)
- b) Berechnen Sie die potentielle Energie (in MeV) der Coulomb-Abstoßung der beiden Tochterkerne in der obigen Reaktion für den Zeitpunkt, in dem diese sich gerade noch berühren. (Verwenden Sie für den Kernradius $R_{\text{Kern}X}(A) = r_0 \cdot A^{1/3}$, $r_0 = 1,4 \text{ fm}$). (4 Punkte)
- c) Die primären Spaltprodukte der Uran-Spaltung sind i.a. nicht stabil. Geben Sie mit Begründung an, durch welche Art von Emission diese hauptsächlich weiter zerfallen. (1 Punkt)
- d) Beschreiben Sie die Funktion des Moderatormediums und der Absorptionsstäbe in einem Uran-Spaltungsreaktor. (2 Punkte)
- e) Bei der Uran-Spaltung entstehen u.a. verzögert emittierte Neutronen. Benennen Sie deren Ursprung und geben Sie an, warum diese für den kontrollierten Ablauf der Kettenreaktion eine essentielle Bedeutung haben. (2 Punkte)
- f) Der Bruchteil der verzögert emittierten Neutronen in einem Uran-Spaltungsreaktor betrage 0,64%. Der Vermehrungsfaktor der Neutronen bei jeder Spaltungsgeneration sei $k = 1,005$. Berechnen Sie, ob mit diesen Parametern eine stabile kontrollierte Kettenreaktion möglich ist. Bestimmen Sie außerdem das Zeitintervall, in dem sich die Neutronendichte verdoppeln würde, falls beim obigen Vermehrungsfaktor alle Neutronen instantan erzeugt würden und zu weiteren Spaltungen führen würden. Nehmen Sie hierzu pro Spaltungsgeneration die Zeitdauer $\tau = 1 \text{ ms}$ an. (4 Punkte)
- g) Bei Reaktorunfällen können radioaktive Spaltprodukte in die Umwelt gelangen. Von besonderem Interesse ist dabei das Isotop ${}^{137}\text{Cs}$ mit einer Halbwertszeit von $T_{1/2} = 30,3$ Jahre. Weiterhin tritt auch das Isotop ${}^{134}\text{Cs}$ mit $T_{1/2} = 2,1$ Jahre auf. Beide Isotope lassen sich aufgrund der beim Zerfall auftretenden γ -Strahlung eindeutig identifizieren. In einer im Juni 2011 in Deutschland genommenen Bodenprobe fand man folgende Aktivitäten A :
für ${}^{137}\text{Cs}$ war $A_{137} = 104 \text{ Bq}$ und für ${}^{134}\text{Cs}$ war $A_{134} = 2,0 \text{ Bq}$.
Berechnen Sie die ${}^{137}\text{Cs}$ -Menge (Anzahl der Kerne und Masse), welche die Probe im Juni 2011 enthielt, und die Menge, welche im Juni 1986 vorhanden war. (Annahme: nach Juni 1986 wurde kein weiteres radioaktives Cs in die Probe eingebracht.). (3 Punkte)
- h) Berechnen Sie aus den obigen Ergebnissen das zugehörige Aktivitätsverhältnis A_{137}/A_{134} für Juni 1986 in Deutschland. Erklären sie den Unterschied zwischen diesem Resultat und dem im Juni 1986 direkt im Fall-out des Reaktorunfalls von Tschernobyl gemessenen Aktivitätsverhältnis von $A_{137}/A_{134} = 2,01$. (3 Punkte)