

IV. Radioaktivität, Strahlendosis, Kernkraftwerke

09/2000-koh

1. a) Was ist Radioaktivität?
b) Ändert sich ein Radionuklid physikalisch und/oder chemisch beim α - und γ -Zerfall?
c) Charakterisieren Sie die Prozesse: radioaktiver Zerfall, Kernspaltung, Kernfusion.
2. a) Was ist die Äquivalentdosis (Definition, Einheit, Aussage, etc.)?
b) Was besagen die radiologischen Größen Aktivität und Äquivalentdosis?
c) Welche physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren liegen der Äquivalentdosis zugrunde?
d) Welche Äquivalentdosis empfängt ein Bundesbürger durchschnittlich im Jahr?
3. Das Radionuklid J131 zerfällt mit einer Halbwertszeit von $T_H = 8,05$ d.
a) Berechnen Sie die Zerfallskonstante λ (0,086 d⁻¹)
b) Wie viel Prozent der Ausgangssubstanz ist nach 30 Tagen zerfallen? (92,4%)
e) Wie lange muss man warten, bis nur noch der 100-ste Teil der Ausgangssubstanz vorhanden ist? (53,5 d)
4. Ein Präparat des Goldisotops Au198 hat die Aktivität $A_1 = 1,6 \cdot 10^5$ Bq, nach 24 h ist sie auf $A_2 = 1,239 \cdot 10^5$ Bq abgesunken.
a) Berechnen Sie die Halbwertszeit des Isotops (2,71 d)
b) Wie groß ist anfangs die Menge des aktivierten Goldes in dem Präparat ? (1,78 $\cdot 10^{-11}$ g)
5. Ein Präparat enthält die Aktivität $A_1 = 1,6 \cdot 10^5$ Bq eines Strahlers mit der Halbwertszeit $T_{H1} = 2,5$ d und $A_2 = 4,0 \cdot 10^4$ Bq eines Strahlers mit der Halbwertszeit $T_{H2} = 8$ d. Nach welcher Zeit ist die Aktivität beider Strahler gleich geworden und wie groß ist dann die Aktivität eines jeden Strahlers? (7,27 d; 2,1 $\cdot 10^4$ Bq)
6. a) Die Kohlenstoffprobe eines Holzstückes eines archäologischen Fundes weist eine spezifische Aktivität von $A_1 = 115 \pm 5$ Bq/kg. Die Aktivität lebender Materie beträgt 13,6 Zerfälle je Minute und Gramm Kohlenstoff C14 ($T_H = 5730$ a). Wie alt ist das Holz (C14-Methode)? (5609 a)
b) Das Mengenverhältnis von in der festen Erdkruste vorhandenem natürlichem Uran ($T_H = 4,5 \cdot 10^9$ a) und daraus durch eine Reihe von Zerfallsprozessen entstandenem stabilem Blei beträgt $N_{Pb} / N_U = 0,85$. Berechnen Sie das Alter der Erdkruste nach der Blei-Methode. ($4 \cdot 10^9$ a)
7. Die Bindungsenergie pro Nukleon bei der Verbrennung von Kohle ($C + O_2 = CO_2$) beträgt 4,2 eV, bei der Spaltung eines U235-Kerns ($U235 + n = Kr89 + Ba144 + 3n$) 191 MeV und bei der Fusion von Deuterium mit Tritium ($D + T = He4 + n$) 17,6 MeV.
a) Wie viel Energie kann man aus der Verbrennung von 1 kg Kohle, aus der Spaltung von 1 kg Uran, durch die Fusion von 1 kg Deuterium und durch die vollständige Zerstrahlung von 1 kg Materie gewinnen ? (33,8 MJ; $7,8 \cdot 10^7$ MJ; $67,9 \cdot 10^7$ MJ; $9,0 \cdot 10^{10}$ MJ)
b) Wie groß sind die Massendefekte hierbei? ($3,7 \cdot 10^{-7}$ g; 0,87 g; 7,54 g)
c) Welche Folgerungen kann man hieraus hinsichtlich einer Energieversorgung auf Basis von Kohle, Uran oder Fusion ziehen ?

8. a) In 10 m Entfernung von einer punktförmig angenommenen, nicht abgeschirmten Co60-Strahlenquelle ($F = 3,5 \cdot 10^{-7} \text{ Sv/Bq}$) mit einer Aktivität von $A_1 = 1,2 \text{ GBq}$ befindet sich ein Arbeitsplatz. Entscheiden Sie, ob bei einem Grenzwert der Körperdosis für beruflich strahlenexponierte Personen von 50 mSv im Jahr mit 2000 Arbeitsstunden der Arbeitsplatz strahlengefährdet ist. (8,4 mSv)
- b) Sperrbereiche sind Bereiche, in denen die Ortsdosisleistung höher als 3 mSv/h sein kann.
Welchen Durchmesser hätte ein Sperrbereich um eine nicht abgeschirmte und um eine durch eine 3 cm dicke Bleikapsel ($\mu = 150 \text{ m}^{-1}$) abgeschirmte Co60-Quelle (Dosisleistungskonstante $3,5 \cdot 10^{-13} \text{ Sv m}^2/(\text{h Bq})$) mit einer Aktivität $A_2 = 34,5 \text{ GBq}$? (4 m; 40 cm)

9. Die Grundelemente eines Kernreaktors sind

- Der Brennstoff
- Der Moderator
- Das Kühlmittel
- Der Absorber.

Erläutern Sie die Grundelemente (Aufgabe, Material, Wirkungsweise, technische Ausführung, etc.)

10. a) Was sind die betrieblichen Aufgaben und die grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen eines Kernkraftwerkes ?
- b) Mittels welcher 3 grundsätzlicher Maßnahmen werden die sicherheitstechnischen Anforderungen realisiert ? Beschreiben Sie diese am Beispiel eines Druckwasserreaktors.

11. Worin bestehen die prinzipiellen Wirkungsweisen und Unterschiede zwischen einem Druckwasserreaktor, Siedewasserreaktor, Hochtemperaturreaktor und einem Schnellen Brüter ?

12. Ein Druckwasserreaktor verbraucht in 6000 Betriebsstunden im Jahr 34 t Uran, das zu 3 % mit U235 angereichert ist. Bei der Spaltung eines U235-Kerns wird eine Energie von 194 MeV frei.

- a) Welche thermische Leistung hat der Reaktor ? (3740 MW)
- b) Der Reaktor erzeugt sekundärseits Frischdampf mit dem Zustand 310 °C; 69 bar; $h'' = 2.890 \text{ kJ/kg}$; $dm/dt = 1.377 \text{ kg/s}$; Der Dampf wird in der Turbine bis auf Nassdampf von 45 °C; 0,09 bar; $h' = 2.164 \text{ kJ/kg}$; $x = 0,84$; $h' = 188 \text{ kJ/kg}$ abgearbeitet und im Kondensator zu Kondensat niedergeschlagen. Speisepumpen fördern das Kondensat in den Dampferzeuger zurück.
Welche elektrische Bruttoleistung kann am Turbosatz abgegriffen werden ? (1.435 MW)
- c) Wie groß sind der effektive und theoretische Wirkungsgrad? (38,6 %; 54,5 %)
- d) Welche Wärmemenge wird über den Kühlturm an die Atmosphäre abgegeben? (2.285 MW)

13. a) Was ist die Aufgabe einer Wiederaufarbeitungsanlage?
- b) Beschreiben Sie kurz das Verfahren der Wiederaufarbeitung.
- c) Was ist die Philosophie und geplante Ausführung der Endlagerung?