Aufgaben

1. Wofür stehen die drei A in der im Strahlenschutz wichtigen AAA-Regel?

   _____ _____ _____

2. (a) Radon $^{220}_{86}$Ra ist ein Alphastrahler mit einer Halbwertszeit von 55.6 Sekunden. Es zerfällt zu Polonium (Po). Notiere die Reaktionsgleichung mit Angabe der jeweiligen Massen- und Ordnungszahl.

   (b) Das radioaktive Nuklid Uran $^{238}_{92}$U ist der Ausgangskern der sogenannten Uran-Radium-Zerfallsreihe. Dieses Radionuklid hat Massenzahl 238 und Ordnungszahl 92. Durch eine Folge von Alpha- und Betazerfällen entsteht am Ende der Zerfallsreihe das stabile Blei $^{206}_{82}$Pb. Wie viele Alpha- und wie viele Betazerfälle müssen hierfür stattfinden? Begründe deine Antwort.

   (c) Warum entsteht bei einem Gammazerfall kein neues Element?

   .....

3. Die Strahlung eines unbekannten radioaktiven Präparats gelangt in ein rund 2cm entferntes Geiger-Müller Zählrohr. Man stellt eine hohe Zählrate S_0 fest.

   - Bei Abschirmung mit einer Bleiplatte geht die Zählrate deutlich zurück und beträgt nur noch S_1. Dies ist aber noch immer signifikant über der Untergrundzählrate - also der Zählrate ohne radioaktive Quelle in der Nähe.
   - Platziert man zwischen der radioaktiven Quelle und dem Zählrohr ein Stück Karton, so liest man eine Zählrate deutlich grösser als S_1, aber kleiner als S_0 ab.
   - Erzeugt man zwischen dem Zählrohr und der radioaktiven Quelle ein homogenes, nicht allzu starkes Magnetfeld, dessen Feldrichtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Strahlung steht, so bleibt die Zählrate in etwa unverändert.

   Handelt es sich beim unbekannten Präparat aufgrund dieser Beobachtungen um einen Alpha-, Beta- oder Gammastrahler? Begründe deine Antwort.

   .....

   .....

4. Eine Person befindet sich im Strahlenfeld einer radioaktiven Quelle und liest auf dem Dosimeter eine Ortsdosisleistung von $0.14\,\mu$Sv/h ab.
   (a) Welche Dosis wird diese Person innert 3 Stunden an diesem Ort akkumulieren?

   (b) Eine Messung ohne Quelle hat ergeben, dass der Untergrund in diesem Labor $0.05\,\mu$Sv/h beträgt. Welche Ortsdosisleistung wäre erwartungsgemäss auf dem Dosimeter abzulesen, wenn die Person ihren Abstand von der Quelle verdreifacht?

5. Warum ist es wichtig, vor dem frei messen des Arbeitsplatzes in einiger Entfernung zu diesem zuerst eine Untergrundmessung zu machen?

   .....

6. Die Variation der Ortsdosisleistung D mit der Höhe h in der Atmosphäre kann für mittlere geographische Breiten parametrisiert werden durch

$$D(h) = D_0 \cdot e^{\alpha \cdot h}$$

   Dabei sei h die Höhe in Metern, $D_0 = 0.03\,\mu$Sv/h und $\alpha = 4.4 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}^{-1}$. Welche jährliche Dosis akkumuliert ein Pilot mit 500 Flugstunden bei einer Reiseflughöhe von 11 km?

7. Die spezifische Aktivität A_S ist die Aktivität A pro Masse m. Es gilt $A_S = A/m$. Überlege dir dazu:
   (a) Die spezifische Aktivität von Uran ^{235}U ist ungefähr $80 \cdot 10^6$ Bq/kg. Wie gross ist die Aktivität von 250 g des Radionuklids ^{235}U?

   (b) Ein 70 kg schwerer Mensch hat eine natürliche Aktivität von rund 9 kBq. Diese stammt zu einem wesentlichen Teil aus Kalium ^{40}K Zerfällen. Wie gross ist die spezifische Aktivität?

8. Das künstliche Radionuklid Cäsium ^{137}Cs entsteht ausschliessich als Spaltprodukt bei der Kernspaltung in Kernkraftwerken und bei nuklearen Explosionen. Die Halbwertszeit von ^{137}Cs beträgt rund 30 Jahre. Am 26. April 1986 kam es zur Explosion des Reaktors im Kernkraftwerk von Tschernobyl. Wie viel Prozent der damals frei gewordenen Menge an ^{137}Cs existiert heute noch?

9. Im Januar 2006 ist in Florida die Raumsonde *New Horizon* zum Zwergplaneten Pluto gestartet, den sie Mitte des Jahres 2015 passiert hat. Zur Energieversorgung ist ein Generator an Bord, der die Wärme beim Alphazerfall von Plutonium ^{238}Pu nutzt. Dieses Radionuklid hat eine Halbwertszeit von 87.7 Jahre. Beim Start betrug die Aktivität dieses Nuklearantriebs $4.9 \cdot 10^{15}$ Bq. Wenn die Aktivität des Plutoniums auf 60% der Anfangsaktivität abgesunken ist, reicht die Wärme nicht mehr für die Funktionsfähigkeit der Raumsonde aus. Zeige durch Rechnung, dass im Juli 2015 noch ausreichend thermische Energie zur Verfügung stand.

10. Wo gibt es Anwendungen von Radioaktivität in Technik, Medizin und Biologie? Nenne mindestens fünf Beispiele.

.....

.....

.....

Formelsammlung

Es bezeichne N die Anzahl Kerne, A die Aktivität und λ sei die Zerfallskonstante. Die Grössen N und A seien als Funktion der Zeit t gegeben mit

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \qquad A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \qquad A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

Die Halbwertszeit $T_{1/2}$ ist definiert als

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

Die effektive Dosis E berechnet sich aus der Ortsdosisleistung D und der Aufenthaltszeit t als

$$E = D \cdot t$$

Die Ortsdosisleistung D nimmt mit zunehmendem Abstand zur Quelle quadratisch ab.

Alphazerfall von Mutternuklid X in Tochternuklid Y, wobei A die ursprüngliche Massenzahl und Z die ursprüngliche Ordnungszahl sei

$$^{A}_{Z}\mathrm{X} \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + \Delta E$$

Betazerfall (β^-) von Mutternuklid X in Tochternuklid Y

$$^{A}_{Z}\mathrm{X} \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}\mathrm{Y} + e^- + \bar{\nu}_e$$

Dabei steht e^- für ein Elektron und $\bar{\nu}_e$ für ein Antiektroneutrino. Die Teilchen e^- und $\bar{\nu}_e$ können im Vergleich zu Protonen und Neutronen als masselos betrachtet werden.