

Zu jeder Rechenaufgabe gehört ein Lösungsweg!

1. Wie lässt sich erkennen, dass die Strahlung, die von einer Radiumquelle ausgeht, aus drei unterschiedlichen Komponenten besteht?
2. Allgemein gilt γ -Strahlung als der für den Menschen am gefährlichste Bestandteil radioaktiver Strahlung. Kommentieren Sie diese Aussage!
3. Was versteht man unter Bremsstrahlung, und wie entsteht sie? Machen Sie auch eine Skizze.
4. Beschießt man ^{235}U mit ^2H , so bilden die beiden Kerne einen neuen Kern, der aus den Protonen und Neutronen beider Ausgangskerne besteht.
 - a) Welcher Kern entsteht?
 - b) In welches stabile Nuklid zerfällt der entstehende Kern (Zerfallsreihe aufschreiben!) ?
 - c) Die Zerfallskette des gesuchten Kerns enthält mehrere α -Zerfälle. Welcher dieser Zerfälle liefert die α -Teilchen mit der höchsten Energie? Berechnen Sie für diese energiereichsten Zerfälle die Geschwindigkeit der α -Teilchen! Sie müssen nicht relativistisch rechnen. Die Atommasse in u finden Sie auf der Nuklidkarte, $u = 1.66 \cdot 10^{-27}$ kg.
5. Medizinische Röntgenaufnahmen nutzen die unterschiedlichen Abschwächungskoeffizienten verschiedener Gewebearten. Knochen und Zähne haben einen 15 mal so grossen Abschwächungskoeffizienten wie Gewebe mit hohem Wasseranteil (Haut, Fleisch).
 - a) Beim Röntgen von Zähnen geht die Strahlung durch die Wange (6 mm) und dann entweder durch das Zahnfleisch (4 mm) und den Zahn (12 mm) oder den Zwischenraum zwischen zwei Zähnen (16 mm Zahnfleisch). Die Halbwertsdicke von stark wasserhaltigem Gewebe beträgt etwa 40 mm. Berechnen Sie aus den Angaben, auf wieviel % der anfänglichen Intensität (= 100%) die Intensität in beiden Fällen abgenommen hat!
 - b) Bei der gleichen Röntgenaufnahme werden die übrigen Körperteile mit Blei (Halbwertsdicke 0.04 mm) abgeschirmt. Wie dick muss der Bleischurz sein, um 99.9 % der Strahlung abzuschirmen?

Zu jeder Rechenaufgabe gehört ein Lösungsweg!

1. Wie kommt man in der Nuklidkarte von einem bestimmten instabilen Nuklid zu seinem Zerfallsprodukt, wenn das Nuklid einen α -, β -, oder β^+ -Zerfall durchläuft? Geben Sie die Regeln an und begründen Sie diese!
2. Radioaktive Strahlen werden auch *ionisierende* Strahlen genannt. Was bedeutet ionisierend?
3. Wie kann man zeigen, dass α - und β -Teilchen elektrisch geladen sein müssen?
4. In der Nebelkammer haben wir die α -Zerfälle beobachtet, die von Thorium 232 ausgegangen sind. Das Thorium wurde zu diesem Zweck in die Nebelkammer eingeblasen. Zu beobachten war eine Aktivität von ungefähr 3 Bq.
 - a) Berechnen Sie, wie viele Thorium-Atome und wie viel Gramm Thorium in die Nebelkammer eingeblasen wurden! Die Atommasse (in der Einheit u) finden Sie im weissen Feld der Nuklidkarte. $u = 1.66 \cdot 10^{-27}$ kg.
 - b) Angenommen, Sie hätten diese Thorium-Atome eingeatmet und wären nun in der Lunge der α -Strahlung ausgesetzt. Welche Energie würde dann von Ihrer Lunge aufgrund dieser Strahlung innerhalb eines Jahres aufgenommen? Gehen Sie davon aus, dass das Thorium die Lunge nicht durch den Stoffwechsel wieder verlässt. Benutzen Sie die Nuklidkarte!
 - c) Rechnen Sie die in b) erhaltene Energie in eine Äquivalenzdosis (Sv) um! Benutzen Sie dabei Ihr eigenes Körpergewicht.
 - d) In welches stabile Nuklid zerfällt das Thorium 232? Geben Sie die ganze Zerfallskette an.
5. Bei der Berechnung der Strahlenbelastung, die durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe im Körper entsteht, spielt nicht nur der physikalische Zerfall, sondern auch die Ausscheidung aus dem Körper eine wichtige Rolle. Neben der physikalischen Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}^p$ spricht man daher auch von der biologischen Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}^b$, mit der man genau gleich rechnet wie mit der physikalischen. Um beide Effekte gleichzeitig zu berücksichtigen, muss man die physikalische und die biologische Zerfallskonstante addieren. Es gilt also das Gesetz $N(t) = N_0 e^{-(\lambda_b + \lambda_p)t}$ mit

$$\lambda_b = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}^b}, \lambda_p = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}^p}.$$
 - a) ^{134}Cs hat eine biologische Halbwertszeit von 110 Tagen, die physikalische Halbwertszeit beträgt dagegen 785 Tage. In welcher Zeit halbiert sich nach einer einmaligen Aufnahme die Zahl der im Körper des betroffenen Menschen vorhandenen ^{134}Cs -Atome?
 - b) Um die biologische Halbwertszeit von Iod 131 zu messen, nimmt eine Testperson eine geringe Menge dieses Stoffes zu sich. Die verbliebene Restmenge kann dann in der Schilddrüse mit einem Geigerzähler gemessen werden. Die Messungen ergeben, dass die gemessene Aktivität in einer Woche auf 36 % der anfänglichen Aktivität abnimmt. Die physikalische Halbwertszeit von Iod 131 beträgt 8.05 Tage. Berechnen Sie daraus die biologische Halbwertszeit. Hinweis: Für die Aktivität zur Zeit t gilt: $A(t) = \lambda_p N(t)$, für die Anfangsaktivität gilt $A_0 = \lambda_p N_0$.

1. Die Strahlung einer ^{226}Ra -Probe, welche die Probe in y -Richtung verlässt, wird in ein Magnetfeld geführt, das in x -Richtung zeigt.
 - a) Neben der α -Strahlung ist auch β - und γ -Strahlung zu registrieren. Warum?
 - b) In welche Richtungen werden die Komponenten der Strahlung abgelenkt?

2. ^{230}Pa kann weder durch einen α -Zerfall, noch durch einen β -Zerfall, noch durch einen β^+ -Zerfall entstehen.
 - a) Wie lässt sich diese Behauptung mit der Nuklidkarte bestätigen?
 - b) Tatsächlich wird ^{230}Pa durch Beschuss eines anderen Nuklids mit Protonen künstlich hergestellt. Welches muss das andere Nuklid sein?
 - c) Notieren Sie die Zerfallsreihe von ^{230}Pa .

3. Welche Schutzmassnahmen sind grundsätzlich beim Arbeiten mit radioaktiven Stoffen nötig? Unterscheiden Sie in Ihrer Antwort die drei Arten radioaktiver Strahlung!

4. In Wasser können sich Elektronen mit 101.5 % der in diesem Medium geltenden Lichtgeschwindigkeit bewegen.
 - a) Welche Wirkung hat dies? Machen Sie eine Skizze!
 - b) In Ihrer Skizze kommt ein Winkel vor, für welchen die Gleichung $\cos \alpha = \frac{100}{101.5}$ gilt. Versuchen Sie, diese Gleichung in Ihrer Skizze zu finden!

5. Die Gesetze über das Eindringen von γ -Strahlen in Materie gelten sinngemäss auch für elektromagnetische Wellen anderer Wellenlängen, insb. auch für sichtbares Licht.

Meer- und Seewasser erscheint unter anderem darum blau, weil die Halbwertsdicke für blaues Licht etwa 5 m beträgt, für rotes Licht dagegen nur etwa 1 m.

 - a) Wieviel mal so gross ist die Intensität von blauem Licht in 10 m Tiefe verglichen mit der Intensität des roten Lichts, wenn an der Wasseroberfläche beide Anteile gleich intensiv sind?
 - b) In welcher Tiefe beträgt die Intensität des blauen Lichts gerade noch 1 % der Intensität an der Oberfläche?

1. Erklären Sie in knappen, aber treffenden Worten
 - a) was man unter dem fotoelektrischen Effekt versteht
 - b) was der q-Faktor ausdrückt
 - c) warum α -Teilchen stärker mit Materie wechselwirken als β -Teilchen
2. In der Nebelkammer in der Ausstellung im Kernkraftwerk Gösgen sah man Spuren von Teilchen. Der Leiter unserer Gruppe erklärte uns, dies seien α - und β -Teilchen der natürlichen kosmischen Höhenstrahlung. Kommentieren Sie diese Aussage!
3. Wozu kann man radioaktive Strahlung nutzen?
4. Die Elemente Np, Pu und Am (ebenso wie alle Elemente mit höherer Kernladungszahl, die nicht in Ihrem Ausschnitt der Nuklidkarte enthalten sind) existieren in der Natur nicht. Sie werden durch Beschuss von natürlich vorkommenden Kernen wie ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th oder ^{226}Ra mit Neutronen, Protonen, ^2H -Kernen oder α -Kernen hergestellt.
 - a) Wie könnte man vorgehen, um aus einem der genannten natürlichen Kerne den Kern ^{240}Am herzustellen? Es gibt mehrere Lösungen. Suchen Sie eine Lösung mit möglichst wenig Schritten.
 - b) Welche Zerfallsreihe durchläuft das hergestellte Isotop?
5. Zwei unterschiedlich energiereiche Sorten von γ -Strahlen durchstrahlen eine Bleiplatte der Dicke 12 mm. Auf dieser Strecke reduziert sich die Intensität der Sorte A auf 20%, die Intensität der Sorte B dagegen nur *um* 20%.
 - a) Berechnen Sie die Halbwertsdicken beider Strahlensorten!
 - b) Wieviel mal so gross ist die Intensität von Sorte B im Vergleich zur Sorte A, wenn beide Sorten vor der Platte gleich intensiv sind und die Platte 20 mm dick ist?
 - b) Wie dick muss eine Bleiplatte sein, nach deren Durchdringung die Intensität der Sorte A nur noch 1% der Intensität der Sorte B beträgt, wenn vor dem Eindringen beide Sorten gleich intensiv waren?

1. Erklären Sie in knappen, aber treffenden Worten
 - a) was man unter dem fotoelektrischen Effekt versteht
 - b) was der q-Faktor ausdrückt
 - c) warum α -Teilchen stärker mit Materie wechselwirken als β -Teilchen
2. In der Nebelkammer in der Ausstellung im Kernkraftwerk Gösgen sah man Spuren von Teilchen. Der Leiter unserer Gruppe erklärte uns, dies seien α - und β -Teilchen der natürlichen kosmischen Höhenstrahlung. Kommentieren Sie diese Aussage!
3. Die Elemente Np, Pu und Am (ebenso wie alle Elemente mit höherer Kernladungszahl, die nicht in Ihrem Ausschnitt der Nuklidkarte enthalten sind) existieren in der Natur nicht. Sie werden durch Beschuss von natürlich vorkommenden Kernen wie ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th oder ^{226}Ra mit Neutronen, Protonen, ^2H -Kernen oder α -Kernen hergestellt.
 - a) Wie könnte man vorgehen, um aus einem der genannten natürlichen Kerne den Kern ^{240}Am herzustellen? Es gibt mehrere Lösungen. Suchen Sie eine Lösung mit möglichst wenig Schritten.
 - b) Welche Zerfallsreihe durchläuft das hergestellte Isotop?
4. In lebenden Organismen kommt auf 10^{12} stabile Kohlenstoffatome (davon 98.9% ^{12}C , 1.1% ^{13}C) ein instabiles ^{14}C -Atom. Dieser Anteil bleibt während der Lebensdauer des Organismus konstant, weil zerfallene ^{14}C -Atome durch neue ^{14}C -Atome aus der Luft oder der Nahrung ersetzt werden. In toten Organismen findet keine Ersetzung der zerfallenen ^{14}C -Atome mehr statt, so dass deren Zahl gemäss dem Zerfallsgesetz der Radioaktivität abnimmt. ^{14}C entsteht durch die Wechselwirkung der kosmischen Höhenstrahlung mit stabilen Kohlenstoff-Atomen aus dem CO_2 der Luft.
 - a) Wie gross ist die Aktivität von 1 g Kohlenstoff? Sie finden alle nötigen Angaben über Kohlenstoff in der Nuklidkarte, die dort vorkommende atomare Masseneinheit u hat den Wert $1.66 \cdot 10^{-27}$ kg.
 - b) Für die Aktivität eines zerfallenden radioaktiven Stoffes gilt $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$, also das gleiche Gesetz wie für $N(t)$. Welche Aktivität hat vor 50 Jahren geschlagenes Holz, das 1 kg Kohlenstoff enthält?
 - c) Welches Alter hat Holz aus einem ägyptischen Königsgrab mit einer Aktivität von 110 Bq pro kg Kohlenstoff?
5. Die Gesetze über das Eindringen von γ -Strahlen in Materie gelten sinngemäss auch für elektromagnetische Wellen anderer Wellenlängen, insb. auch für sichtbares Licht.

Meer- und Seewasser erscheint unter anderem darum blau, weil die Halbwertsdicke für blaues Licht etwa 5 m beträgt, für rotes Licht dagegen nur etwa 1 m.

 - a) Wieviel mal so gross ist die Intensität von blauem Licht in 10 m Tiefe verglichen mit der Intensität des roten Lichts, wenn an der Wasseroberfläche beide Anteile gleich intensiv sind?
 - b) In welcher Tiefe beträgt die Intensität des blauen Lichts gerade noch 1 % der Intensität an der Oberfläche?