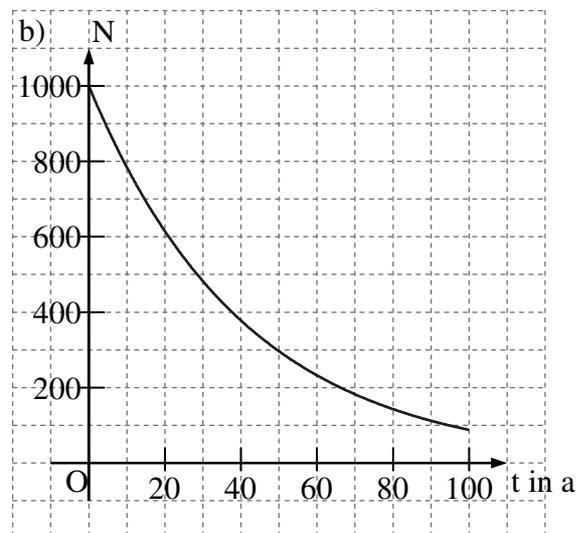
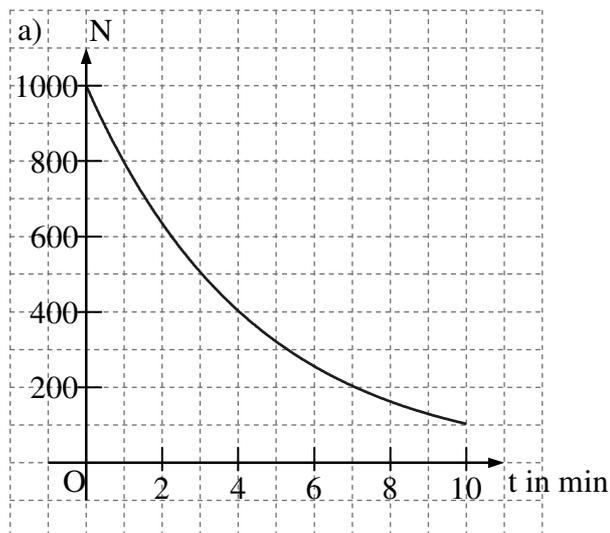


## Anwendungsaufgaben - Radioaktiver Zerfall

- 1 In den folgenden Diagrammen ist für eine radioaktive Probe jeweils die Anzahl der unzerfallenen Kerne  $N$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  dargestellt. Bestimme anhand der Diagramme die Halbwertszeit der Isotope und gib an, nach welcher Zeit 80 % der ursprünglich vorhandenen Kerne zerfallen sind.



- 2.0 Zur Behandlung von Kniegelenkerkrankungen wird das radioaktive Yttriumisotop Y-90 verwendet. Es ist ein  $\beta$ -Strahler mit einer Halbwertszeit von 2,7 Tagen. Einem Patienten wird eine Lösung mit  $10 \text{ ng}$  ( $10 \cdot 10^{-9} \text{ g}$ ) des Isotops verabreicht.
- 2.1 Stelle die Masse des noch im Körper des Patienten vorhandenen radioaktiven Isotops in Abhängigkeit von der Zeit für die ersten 7 Tage nach Verabreichung der Substanz grafisch dar.
- 2.2 Bestimme anhand des Diagramms, nach welcher Zeit noch 20 % des Radionuklids im Körper des Patienten vorhanden ist.
- 3.0 Tabak enthält das radioaktive Isotop Polonium-210, das über den Rauch in die Atemwege und die Lunge gelangt. Po-210 ist ein  $\alpha$ -Strahler mit einer Halbwertszeit von 138 Tagen.
- 3.1 Gib die Zerfallsgleichung an.
- 3.2 Der Rauch einer Zigarette enthält  $24 \cdot 10^6$  Poloniumisotope. Nach wie vielen Tagen sind noch  $3,0 \cdot 10^6$  Poloniumisotope vorhanden?
- 3.3 Berechne, wie viel Prozent der ursprünglich vorhandenen Poloniumisotope nach 365 Tagen noch vorhanden sind.
- 4.0 Das radioaktive Phosphorisotop  $^{32}_{15}\text{P}$  ist ein  $\beta$ -Strahler mit einer Halbwertszeit von 14 Tagen. Es wird in der Medizin zur Beobachtung von Stoffwechselprozessen und Behandlung von Krankheiten eingesetzt. Eine Lösung enthält  $25 \text{ ng}$  ( $25 \cdot 10^{-9} \text{ g}$ ) des radioaktiven Nuklids.
- 4.1 Gib die Zerfallsgleichung an.
- 4.2 Berechne, wie viel Gramm des radioaktiven Nuklids 7,0 Tage nach Herstellung der Lösung noch in dieser vorhanden sind?
- 5.0 Der Marsroboter „Curiosity“ gewinnt seine Energie mithilfe eines Radioisotopengenerators. Er enthält  $3,6 \text{ kg}$  Plutonium-238, einen  $\alpha$ -Strahler mit einer Halbwertszeit von 88 Jahren. Beim spontanen Zerfall des Radionuklids entsteht auch thermische Energie, die mit einem Wirkungsgrad von 8 % in elektrische Energie umgewandelt und in Batterien zwischengespeichert wird. Die Wärmeleistung des Brennstoffs beträgt  $450 \text{ W}$  pro Kilogramm.
- 5.1 Gib die Zerfallsgleichung an.
- 5.2 Berechne die zu Beginn des Zerfallsprozesses vom Thermogenerator abgegebene elektrische Leistung.
- 5.3 Berechne, wie viel Kilogramm Plutonium-238 nach 10 Jahren noch vorhanden sind und die Wärmeleistung zu diesem Zeitpunkt.

- 6.0 In einem Versuch wurde für das Kaliumisotop K-42 die Impulsrate in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Dabei wurden nach jeweils 2,0 Stunden für 30 s die Impulse gezählt. Der Nulleffekt betrug 30 Impulse pro Minute. Es ergaben sich folgende Messwerte:

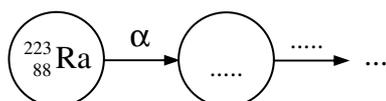
Zeit in h	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
Impulsrate in $\frac{1}{30\text{ s}}$	309	282	248	223	205	182	164	151	135	124

- 6.1 Stelle in einer neuen Tabelle die um den Nulleffekt korrigierte Impulsrate in Abhängigkeit von der Zeit dar und werte die Tabelle grafisch aus.
- 6.2 Berechne anhand eines Messwertpaares die Halbwertszeit von Kalium-42 und überprüfe den Wert anhand der grafischen Darstellung.
- 6.3 Berechne, wie viel Prozent der radioaktiven Substanz nach 24 h noch vorhanden sind.
- 6.4 Berechne, nach welcher Zeit 90 % der Kaliumisotope zerfallen sind.
- 7.0 Das radioaktive Technetiumisotop Tc-99 wird in der Medizin zur Diagnose der Schilddrüsenfunktion eingesetzt. Das Präparat wird vom funktionsfähigen Schilddrüsenengewebe aufgenommen und ermöglicht dessen Darstellung. Es hat eine Halbwertszeit von 6 h.
- 7.1 Stelle den Verlauf der Aktivität in Abhängigkeit von der Zeit für die ersten 30 Stunden grafisch dar. Die Anfangsaktivität  $A_0$  beträgt 60 MBq.
- 7.2 Berechne, welche Aktivität nach 16 Stunden noch vorhanden ist.
- 7.3 Berechne, nach welcher Zeit die Aktivität auf 5 % der Ausgangsaktivität abgeklungen ist.
- 8.0 Die Radiokarbonmethode (C-14-Methode) ist ein Verfahren zur Altersbestimmung organischer Materialien.
- 8.1 Beschreibe die C-14-Methode.
- 8.2 Das radioaktive Kohlenstoffisotop C-14 entsteht in der Erdatmosphäre, wenn das Stickstoffisotop N-14 ein Neutron einfängt. Dabei wird ein weiteres Teilchen abgespalten. Gib die Kernumwandlungsgleichung an.
- 8.3 Das Kohlenstoffisotop C-14 zerfällt mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren wieder in Stickstoff. Gib die Zerfallsgleichung an. Welche Art von Strahlung entsteht dabei?
- 8.4 Bei archäologischen Ausgrabungen wurden Knochenreste gefunden. Mit der C-14-Methode stellte man fest, dass eine Knochenprobe noch 70 % der ursprünglich vorhandenen C-14-Isotope enthält. Berechne das Alter der Knochenprobe.
- 9 Der Zerfall radioaktiver Atomkerne mit einer sehr großen Halbwertszeit wird auch zur Bestimmung der Entstehungszeit von Gesteinen ausgenutzt. Das Uranisotop U-238 zerfällt mit einer Halbwertszeit von  $4,5 \cdot 10^9$  Jahren in mehreren Schritten in das stabile Bleiisotop Pb-206. Die Analyse einer Gesteinsprobe ergibt, dass sich von den ursprünglich vorhandenen U-238-Isotopen bereits 45 % in das stabile Pb-206-Isotop umgewandelt haben. Berechne das Alter der Gesteinsprobe.
- 10 Mit der C-14-Methode (Radiokarbonmethode) soll das Alter von organischen Überresten bestimmt werden, die bei archäologischen Ausgrabungen gefunden wurden. Dazu wurde eine Probe entnommen und zu reinem Kohlenstoff reduziert. Für 10 g dieser Probe wurde eine Aktivität von 1,3 Bq gemessen. Dieselbe Masse Kohlenstoff eines lebenden Organismus hat eine Aktivität von 1,7 Bq. Die Halbwertszeit von C-14 beträgt  $5,7 \cdot 10^3$  a. Berechne das Alter des gefundenen organischen Materials.
- 11 Bananen haben einen mittleren Kaliumgehalt von 380 mg pro 100 g. Natürliches Kalium hat eine Aktivität von 31 Bq pro g. Welche Aktivität hat eine Banane mit einer Masse von 100 g? (Grenzwert für Lebensmittel: 600 Becquerel je Kilogramm)
- 12 Eine für medizinische Untersuchungen eingesetzte Probe des Iodisotops I-123 hat eine Aktivität von 7,5 MBq. Nach 8,0 h beträgt sie nur noch 4,9 MBq. Berechne die Halbwertszeit des Isotops.

13 Zur Krebsdiagnostik wird Patienten häufig eine radioaktiv markierte Zuckerlösung injiziert, die sich in den Krebszellen anreichert. Diese können dann durch eine Positronen-Emissions-Tomografie (PET) sichtbar gemacht werden. Dafür verwendet man auch das radioaktive Fluorisotop F-18. 60 Minuten nach der Herstellung in einem Zyklotron (Teilchenbeschleuniger) ist dessen Aktivität bereits auf 69 % der Ausgangsaktivität abgeklungen. Berechne die Halbwertszeit des Fluorisotops F-18.

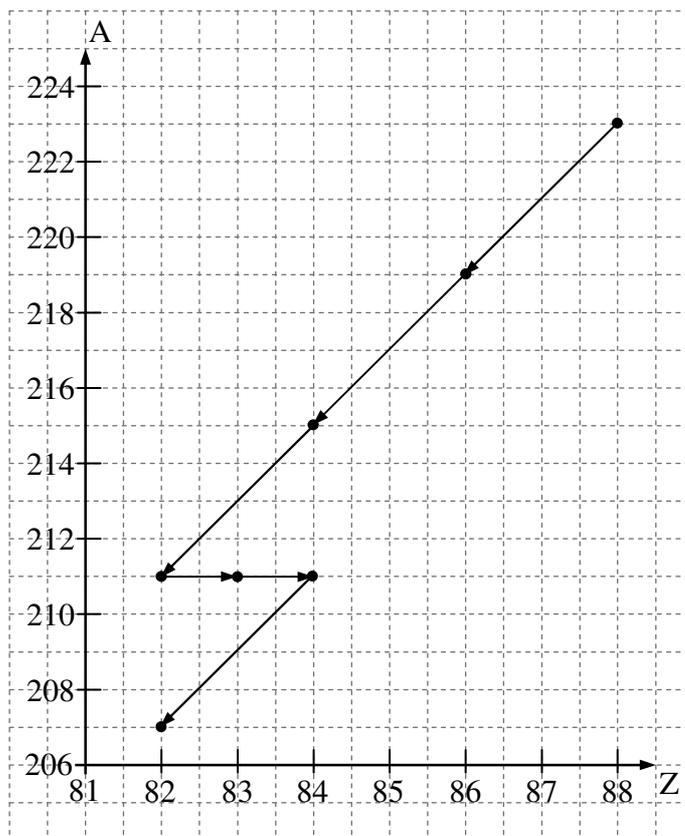
14.0 Im nebenstehenden Massezahl-Kernladungszahl-Diagramm ist ein Ausschnitt aus der Uran-Actinium-Reihe dargestellt.

14.1 Stelle die Zerfallsreihe auf. Gib für jeden einzelnen Zerfallsschritt die Art der Strahlung und das entstehende Isotop an.



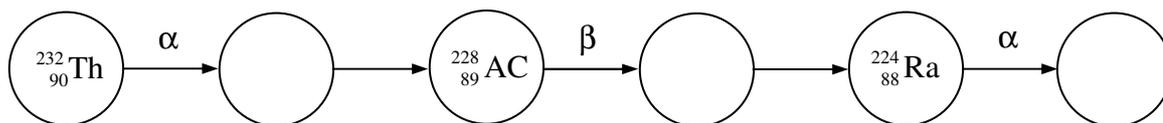
14.2 Zu welchen Elementen sind mehrere Isotope in der Reihe enthalten? Woran erkennt man Isotope eines Elements im A-Z-Diagramm?

14.3 Wodurch unterscheiden sich die Isotope eines Elements in ihrem Aufbau?



15.0 Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Thorium-Zerfallsreihe.

15.1 Ergänze die fehlenden Strahlungsarten und Isotope.



15.2 Zeichne das Massezahl-Kernladungszahl-Diagramm (A-Z-Diagramm).