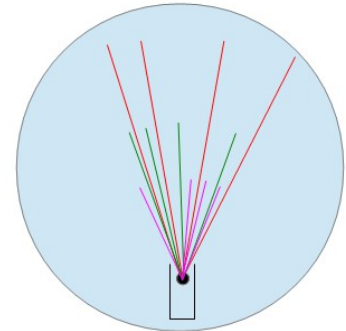


## Lösung

- 1 In einer Nebelkammer werden Spuren von  $\alpha$ -Strahlen eines radioaktiven Stoffes erzeugt, der  $\alpha$ -Strahlen mit 3 verschiedenen Energien ausstrahlt. Zeichne insgesamt 12 Spuren ein, jeweils 4 Spuren von  $\alpha$ -Strahlen einer jeden Energie.



- 2 Wenn man einen Öltröpfchen mit dem Volumen  $0,01 \text{ mm}^3$  auf eine mit Blütenstaub bedeckte Wasserfläche fallen lässt, bildet sich eine blütenstaubfreie Fläche der Größe  $100 \text{ cm}^2$ . Was kann man mit Hilfe dieses Versuchs über die Größe des Durchmessers von Atomen herausfinden?

*Der Flächeninhalt  $A$  multipliziert mit der Höhe  $h$  des Ölfilms ergibt das Volumen  $V$  des Öltröpfchens:  $100 \text{ cm}^2 \cdot h = 0,01 \text{ mm}^3 \rightarrow h = \frac{0,01 \text{ mm}^3}{100 \text{ cm}^2} = \frac{0,01 \text{ mm}^3}{10000 \text{ mm}^2} = \frac{10^{-2} \text{ mm}^3}{10^4 \text{ mm}^2} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m}$*

*Die Atome können also höchstens einen Durchmesser von  $10^{-9} \text{ m}$  besitzen.*

- 3 Warum bestehen wir Menschen zum Teil aus „Sternenasche“?

*In Sonnen werden nur Elemente bis etwa zur Ordnungszahl 26 (Eisen) gebildet. Alle Elemente mit höherer Ordnungszahl entstehen erst, wenn eine Sonne explodiert (Supernova). Die dabei entstehenden Elemente (z. B. auch Uran) finden wir in unserer Umgebung. Also muss die Materie um uns herum schon einmal Bestandteil eines zerstörten Sonnensystems sein und ist damit „Sternenasche“.*

- 4 a) Woraus besteht ein Helium-Atom? *2 Protonen, 2 Neutronen, 2 Elektronen*

b) Im Unterricht hatten wir folgendes Modell besprochen: „Die Elektronen sind im Heliumatom die Bodyguards, die den Atomkern schützen“. Was wird mit diesem Modell erklärt.

*Das Atom ist nicht mit einer festen Hülle umgeben. Die Elektronen in der Umgebung des Atomkerns halten durch elektrische Kräfte (Abstoßung) andere Atome auf Distanz, so wie es Bodyguards machen, die eine wichtige Persönlichkeit schützen. Der Bereich, in dem die Elektronen am häufigsten in der Umgebung des Atomkerns anzutreffen sind, gilt als Innenbereich des Atoms.*

- 5 a) Woraus bestehen  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen?  
 $\alpha$ : *Helium-Kern: 2 Protonen, 2 Neutronen*  
 $\beta$ : *Elektronen*  
 $\gamma$ : *Licht/Energie*
- b) Johannes behauptet, man könne sich vor allen 3 Strahlenarten schützen, indem man dicke Bleiplatten als Abschirmung benutzt. Hat Johannes Recht? Begründung!

*Ja, Johannes hat Recht. Vor  $\alpha$ -Strahlen kann man sich zwar auch schon mit Papier und vor  $\beta$ -Strahlen mit Metall schützen, aber Blei schützt noch stärker und ist deshalb auch für  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen geeignet.*

---

- 6 a) Bei welchen Atomkernen kann  $\beta$ -Zerfall auftreten?

*Bei Atomkernen, die zu viele Neutronen besitzen.*

- b) Was passiert beim  $\beta$ -Zerfall?

*Ein Neutron wandelt sich in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino um:  $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$*

---

- 7 Beim Atomkern Ra-229 kommt  $\gamma$ -Zerfall vor. Worin unterscheidet sich der Kern vor und nach dem  $\gamma$ -Zerfall?

*Der Atomkern bleibt ein Ra-229-Kern. Vor dem Zerfall hat der Kern nur mehr Energie als nach dem Zerfall. Es wird also nur Energie ausgesendet. Die Bestandteile des Kerns bleiben gleich.*

---

- 8 Zwei Schüler sollen unabhängig voneinander den Nulleffekt der Hintergrundstrahlung messen. Sie liefern folgende Messreihen ab:

Schüler 1	18	22	18	19	24	16	23	20	17	22
Schüler 2	21	29	12	17	26	19	22	13	20	28

Beide Schüler haben immer für eine bestimmte Zeit die Zerfälle gemessen und dann ihre Messungen umgerechnet auf „Zerfälle pro Sekunde“ aufgeschrieben.

- a) Berechne mit Hilfe beider Messreihen den Nulleffekt.

*Schüler 1:  $(18+22+18+19+24+16+23+20+17+22)/10=199/10=19,9$*

*Schüler 2:  $(21+29+12+17+26+19+22+13+20+28)/10=207/10=20,7$*

*Beide Ergebnisse liegen in der Nähe von 20. Man kann deshalb näherungsweise die Aktivität des Nulleffekts mit 20 Bq angeben (oder mit 20,3 Bq, wenn man den Mittelwert der beiden Ergebnisse nimmt).*

- b) Bei welchem Schüler hat die Messung länger gedauert? Begründung!

*Beim Schüler 1 wird die Messung länger gedauert haben, da seine Werte nicht so unterschiedlich sind. Je länger man misst, desto mehr stimmt der Messwert mit dem „wahren“ Wert überein.*

---

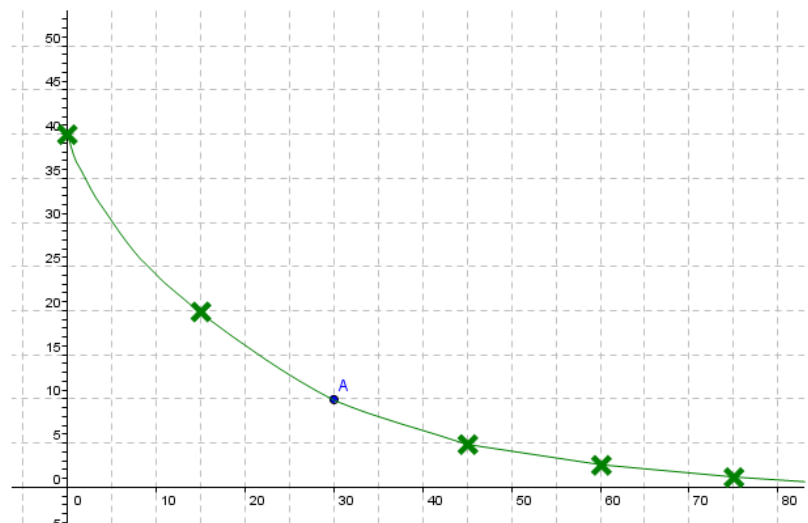
- 9 Hält man vor einen  $\gamma$ -Strahler eine dünne Platte Blei, so sinkt die Zählrate von 1000 auf 200 ab. Berechne, wie hoch die Messrate ist, wenn man zwei dieser Bleiplatten gemeinsam zwischen  $\gamma$ -Strahler und Zählrohr hält.

Bei zufallsbedingten Abnahme-Prozessen gilt die Regel: Nehmen die Zeiträumen oder die Dicken der Absorber gleichmäßig zu, so nimmt der Messwert von Messung zu Messung immer um denselben Faktor ab.

Hier nimmt bei 1 Blei-Platte die Zählrate wegen  $\frac{200}{1000} = \frac{1}{5}$  oder  $1000 \cdot \frac{1}{5} = 200$  mit dem Faktor  $\frac{1}{5}$  ab, d. h. bei 2 Blei-Platten wird die Zählrate bei  $200 \cdot \frac{1}{5} = 40$  liegen.

- 10 Ein radioaktiver Stoff hat die Halbwertszeit 15 s. Von der gemessenen Zerfallskurve ist durch ein Missgeschick nur der eingetragene Messpunkt übrig geblieben.

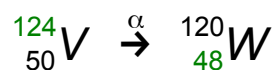
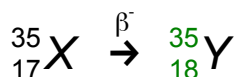
Rekonstruiere die Messkurve. Waagrecht ist die Zeit  $t$  abgetragen, senkrecht die Anzahl der Zerfälle.



- 11 Schwere Elemente, die stabil sind (also nicht radioaktiv), haben mehr Neutronen als Protonen. Warum ist das so?

Mit zunehmender Protonenzahl nimmt auch die Zahl der positiven Ladungen zu, die sich gegenseitig abstoßen. Gegen die Abstoßung wirkt die starke oder Kernkraft, mit denen sich Protonen und Neutronen anziehen. Eine vergrößerte Neutronenzahl bewirkt also eine stärkere Anziehung, die einem Auseinanderfliegen des Atomkerns entgegenwirkt.

- 12 Ausgedachte Atome zerfallen so, wie angegeben. Fülle die Kästen mit den richtigen Zahlen aus.



- 13 Ein radioaktives Element sendet  $\alpha$ -Strahlen der Energie  $1 \cdot 10^{-12} \text{ J}$  aus.  
Die Aktivität beträgt 5 kBq. Die Strahlung wirkt 1 Minute lang auf eine Hand ( $m=100 \text{ g}$ ) ein.  
Berechne die Äquivalentdosis.

*Pro Sekunde werden 5000  $\alpha$ -Strahlen der Energie  $1 \cdot 10^{-12} \text{ J}$  ausgesendet.*

*Die gesamte Energie pro Sekunde beträgt also  $5000 \cdot 1 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ .*

*Da die Strahlung 1 Minute lang wirkt, muss der Energiewert noch mit 60 multipliziert werden:*

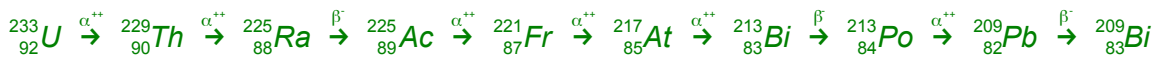
$$5 \cdot 10^{-9} \text{ J} \cdot 60 = 300 \cdot 10^{-9} \text{ J} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ J} .$$

*Die Energiedosis berechnet sich daraus zu  $D = \frac{E}{m} = \frac{3 \cdot 10^{-7} \text{ J}}{0,1 \text{ kg}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Gy}$ .*

*Für  $\alpha$ -Strahlen gilt der Qualitätsfaktor 20. Es ergibt sich also die Äquivalentdosis*

$$H = q \cdot D = 20 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ Gy} = 60 \cdot 10^{-6} \text{ Sv} = 60 \mu\text{Sv} .$$

- 14 Schreibe auf die Rückseite dieses Blattes die vollständige Zerfallsreihe des Isotops U-233 auf (Angabe der Isotope und der Zerfallsart).



**VIEL ERFOLG BEI DER BEARBEITUNG DER AUFGABEN!**