

Im ersten Teil wird der Zerfall des Nuklids Strontium 90 untersucht. Im zweiten Teil steht ein Experiment zur Absorption der entstehenden Kernstrahlung im Mittelpunkt.

- ① Stelle die Zerfallsreihe von Sr90 anhand der in M1 dargestellten Nuklidkarte dar, wobei auch auf die Änderung der Protonenzahl Z , der Neutronenzahl N und der Massenzahl A eingegangen werden soll.
- ② In einer Modellrechnung soll für einen Sr90-Strahler das Zerfallsgesetz angewendet werden. Zu Beginn sind 10^{15} Sr90-Kerne vorhanden. Bestimme die Anzahl der Sr90-Kerne, die nach 115,2 a zerfallen sind.

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

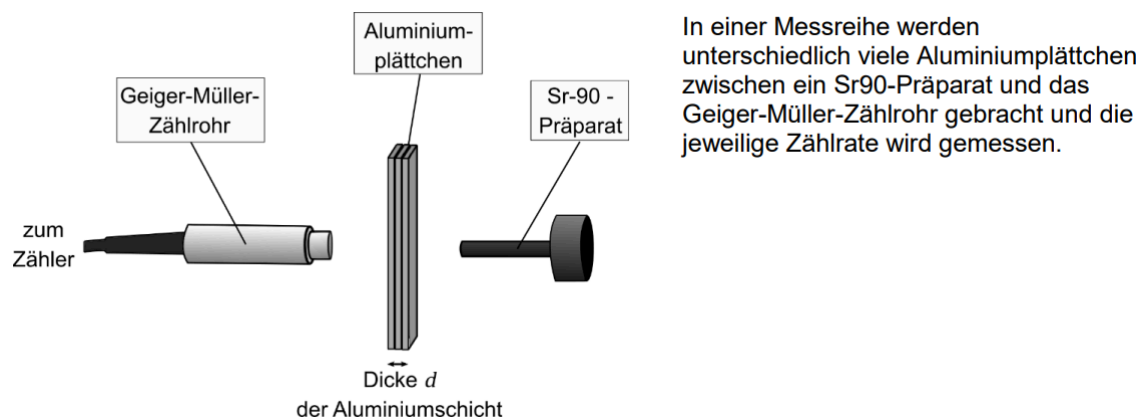
$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_H}$$

$n(t)$: Anzahl der Kerne zum Zeitpunkt t
 N_0 : Anzahl der Kerne zum Zeitpunkt $t=0$
 λ : Zerfallskonstante
 t_H : Halbwertszeit

- ③ In einem Experiment (M2) wird die Absorption von Kernstrahlung eines Sr90-Präparats an Aluminium untersucht. Die Messwerte des Experiments sind in M3 dargestellt. Die Flammersfeld-Beziehung (M4) stellt einen Zusammenhang zwischen der Energie der Kernstrahlung und ihrer maximalen Reichweite in einem Absorbermaterial her. Begründe mit der maximalen Reichweite und der Flammersfeld-Beziehung, von welchem Nuklid der Zerfallsreihe die Kernstrahlung ausgegangen sein muss.
- ④ Zeichne anhand der Messwerte aus M3 ein d - Z -Diagramm.
- ⑤ Ermittle einen exponentiellen Zusammenhang zur Basis e , der die Messdaten aus M3 im Bereich $d < 0,4\text{cm}$ gut annähert, wobei das Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form zu dokumentieren ist.
- ⑥ Deute die Abweichung von der Nullrate in M4 für eine Schichtdicke $d > 0,4\text{cm}$.
Hinweis: Die Elektronen werden beim Aufprall auf Aluminium stark abgebremst.

Material

P r o t o n e n z a h l Z	40	Zr90 stabil	Zr91 stabil	Zr92 stabil	Zr93 1,53·10 ⁶ a β: 0,09	Zr94 stabil	
	39	Y89 stabil	Y90 64,1 h β: 2,27	Y91 58,5 d β: 1,54	Y92 3,54 h β: 3,63	Y93 10,18 h β: 2,87	
	38	Sr88 stabil	Sr89 50,5 d β: 1,49	Sr90 28,8 a β: 0,55	Sr91 9,63 h β: 2,70	Sr92 2,71 h β: 1,91	
	37	Rb87 4,75·10 ¹⁰ a β: 0,28	Rb88 17,8 min β: 5,32	Rb89 15,15 min β: 4,50	Rb90 158 s β: 6,59	Rb91 58,4 s β: 5,86	Halbwertszeit Maximalenergie in MeV
	Z	50	51	52	53	54	
Neutronenzahl N →							

M1: Ausschnitt aus einer Nuklidkarte**M2:** Versuchsaufbau zur Untersuchung der Absorption von Kernstrahlung eines Sr90-Präparats

d in cm	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Z in $\frac{1}{s}$	119,1	63,1	34,7	19,8	11,0	5,0	2,6	1,3	1,0	1,0	1,0

M3: Zählrate Z in Abhängigkeit der Dicke d der Aluminiumschicht

Die Nullrate beträgt $0,6 \text{ s}^{-1}$, die Dichte von Aluminium beträgt $2,7 \text{ g/cm}^3$. Die maximale Reichweite (vollständige Absorption) der Strahlung ist erreicht, wenn eine Erhöhung der Dicke der Aluminiumschicht keine weitere Abnahme der Zählrate mehr bewirkt.

Die Flammersfeld-Beziehung ist eine experimentell ermittelte Formel, die einen Zusammenhang zwischen der Energie der hier untersuchten Kernstrahlung und ihrer maximalen Reichweite in einem Absorbermaterial herstellt.

Die Flammersfeld-Beziehung lautet:
$$E = 1,92 \sqrt{R^2 \cdot \rho^2 + 0,22 R \cdot \rho}$$

E : Energie in MeV; R : maximale Reichweite der Strahlung in cm; ρ : Dichte des Absorbermaterials in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Hinweis: In dieser Formel müssen die Einheiten nicht in die Rechnung einbezogen werden.

M4: Flammersfeld-Beziehung