

[IS] Ionisierenden Strahlung

Einleitung

In der Natur kommt Strahlung in vielen verschiedenen Formen vor. Der Mensch selbst hat sich Strahlung zu Nutze gemacht, auch wenn das mit einer Vielzahl an Gefahren verbunden ist. Wichtig für die sichere Nutzung von Strahlung, aber auch für die Anwendung z.B. in Röntengeräten ist das Wissen über die Halbwertsdicke verschiedener Materialien.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung:

Mit einem Geiger-Müller-Zählrohr wird die Strahlung, die beim Zerfall eines Cäsiumpräparats zu Barium entsteht, gemessen.

Kalibrierung:

Als erstes muss die Signalschwelle des Geiger-Müller-Zählrohr auf eine Zählrate von etwa 1,5/s eingestellt werden. Dazu werden eine Minute lang die Ereignisse gezählt. In unserem Fall wurde die Zählrate des Geräts auf die Signalschwelle von $1,5 = n_{\text{mess}}/\text{s}^{-1}$ eingestellt.

Aluminium:

Es werden die Ereignisse jeweils eine Minute (=60s) für 10 verschiedene Aluminiumabschirmungen mit zunehmender Dicke gemessen.

Blei:

Es werden die Ereignisse jeweils zwei Minuten (=120s) für 10 verschiedene Bleiabschirmungen mit zunehmender Dicke gemessen.

Auswertung

Es wurden schon im Praktikum n_{mess} und n_{kor} berechnet.

$$\text{Formeln: } n_{\text{mess}} = \frac{N}{t}; \quad n_{\text{kor}} = \frac{n_{\text{mess}}}{1 - n_{\text{mess}} \cdot \tau_0}$$

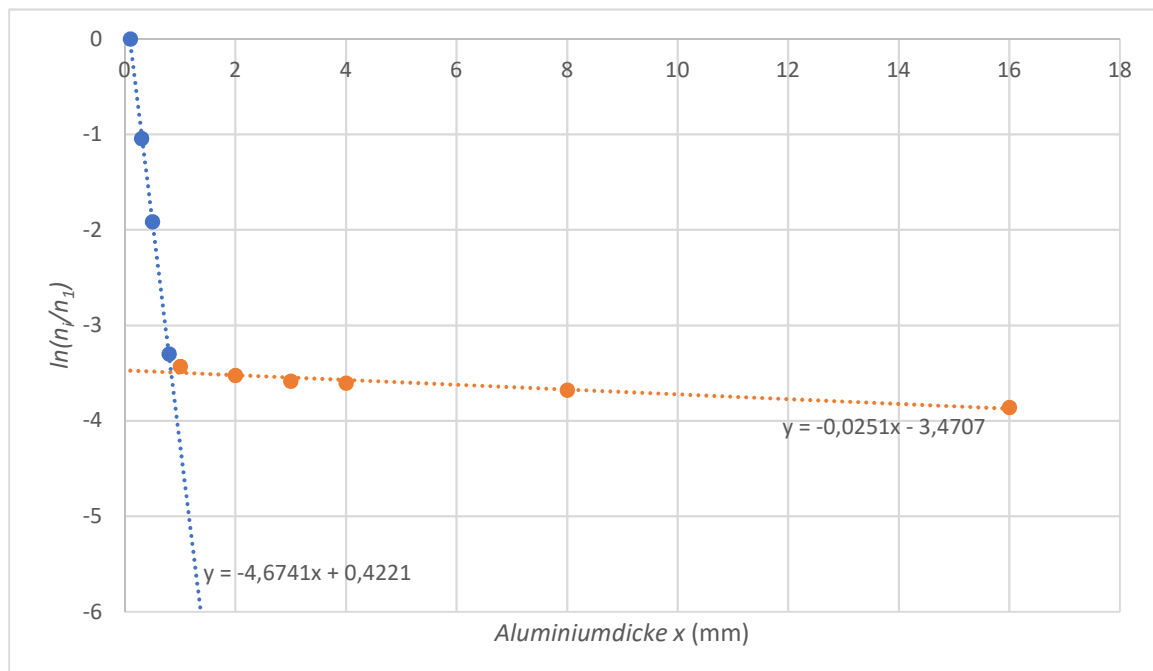
Wobei $\tau_0 = 230 \mu\text{s}$

1. Bestimmung der Eindringtiefe von β -Strahlung und Abschwächung von γ -Strahlung Aluminium:

a) Messwerte und Zählrate

Element	x/mm	t/s	N_{mess}	$n_{\text{mess}}/\text{s}^{-1}$	$n_{\text{kor}}/\text{s}^{-1}$
Al	0,1	60,00	20339	338,98	367,64
Al	0,3	60,00	7542	125,7	129,44
Al	0,5	60,00	3211	53,52	54,19
Al	0,8	60,01	812	13,53	13,57
Al	1,0	59,98	712	11,87	11,90
Al	2,0	60	648	10,8	10,83
Al	3,0	60,02	611	10,18	10,20
Al	4,0	60	600	10	10,02
Al	8,0	60,02	557	9,28	9,30
Al	16,0	60	465	7,75	7,76

b) Diagramm



Die Messwerte fürs Aluminium wurden, aufgrund eines Messfehlers, von Leander Heisterberg und Fatos Savsa übernommen.

Der Knick im Werteverlauf entsteht dadurch, dass ab dieser Aluminiumdicke kaum noch β -Strahlung durchkommt und hauptsächlich γ -Strahlung gemessen wird, die als elektromagnetische Strahlung deutlich weniger absorbiert wird, als die Elektronenstrahlung der β -Zerfalls.

c) Eindringtiefe geladener Teilchenstrahlung:

Die Schichtdicke $d_{\beta, \max}$ in der 98% der Elektronen ihre Energie verloren haben kann man mithilfe der steilen Gerade näherungsweise berechnen. Man verwendet die steile Gerade, weil diese sich hauptsächlich auf den β -Zerfall bezieht. Ihr Schnittpunkt mit $\ln(\frac{1}{50})$ gibt die Schichtdicke in der 98% der β -Strahlung absorbiert wurde.

Es ergibt sich $d_{\beta, \max} = 0,90 \text{ mm}$.

d) Massenschwächungskoeffizient:

Mit $\mu = -m = 0,0251$ (m=Steigung der flachen Geraden)

$$\frac{\mu}{\rho} = 0,0093 \frac{\text{cm}^3}{\text{g}}$$

2. Vergleich der Nachweiswahrscheinlichkeit des Zählrohrs

Die tatsächlich gemessene Zählrate lässt sich mit der Annahme, dass das Ansprechverhalten für geladene Teilchen $\approx 100\%$ ist, wie folgt berechnen: $W = \frac{n_{\gamma, \max}}{n_{\beta, \max}}$

Mithilfe des y-Achsenabschnitts der flachen Gerade ($y_0 = -3,4787$) lässt sich die maximale Zählrate $n_{\gamma, \max}$ für γ -Photonen berechnen:

$$y_0 = \ln\left(\frac{n_{\gamma, \max}}{n_1}\right)$$

$$\rightarrow e^{y_0} = e^{\ln\left(\frac{n_{\gamma, \max}}{n_1}\right)} \rightarrow n_{\gamma, \max} = e^{y_0} \cdot n_1 = 11,43 \text{ s}^{-1}$$

Analog, mit der oben getroffenen Annahme

$$n_{\beta, \max} = e^{y_{0\text{steil}}} \cdot n_1 - n_{\gamma, \max} = 19486 \frac{1}{\text{s}}$$

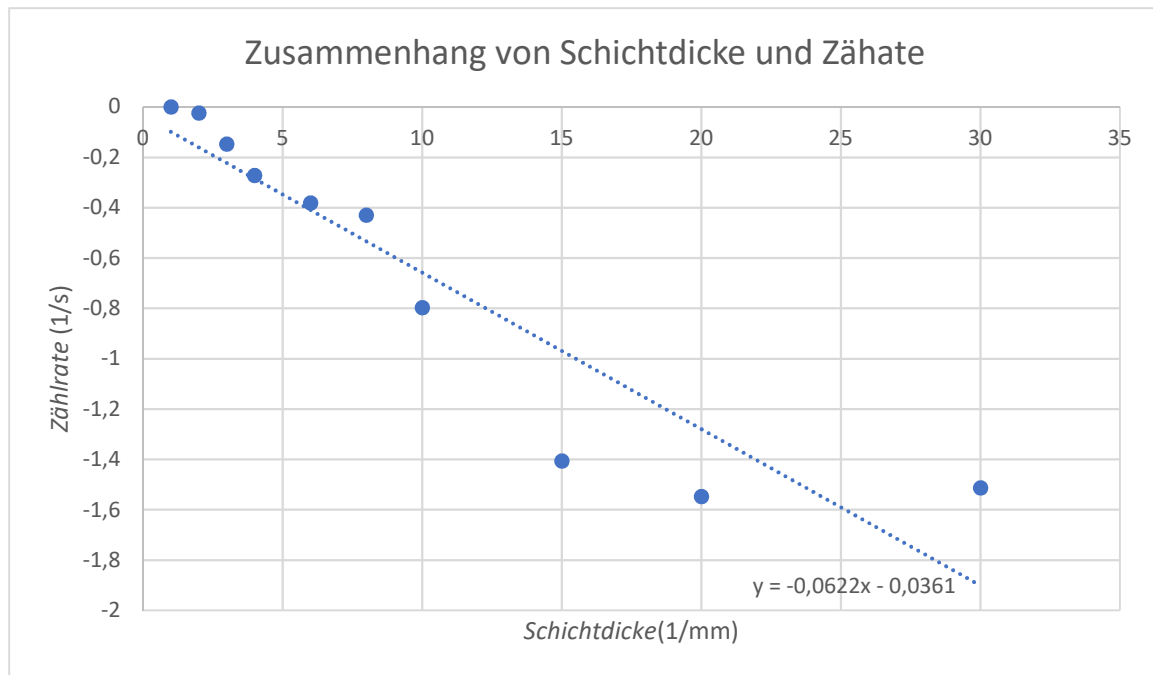
$$W = \frac{11,43 \text{ s}}{1948} = 0,00058655 = 0,058655\% = 5,87 \cdot 10^{-3}\%$$

Die Wahrscheinlichkeit γ -Strahlung zu detektieren ist extrem gering. Man sollte für diese Strahlung andere Detektionsmethoden verwenden um sinnvolle Ergebnisse zu erzielen.

3. Bestimmung der Abschwächung von γ -Strahlung in Blei:

a)

Element	x/mm	t/s	N _{mess}	n _{mess} /s ⁻¹	n _{korrt} /s ⁻¹
Pb	1,0	120,4	818	6,80	6,81
Pb	2,0	120,0	797	6,64	6,65
Pb	3,0	120,2	706	5,87	5,88
Pb	4,0	120,2	623	5,18	5,19
Pb	6,0	120,1	558	4,65	4,65
Pb	8,0	119,9	531	4,43	4,43
Pb	10,0	120,0	368	3,07	3,07
Pb	15,0	120,7	201	1,67	1,67
Pb	20,0	120,2	174	1,45	1,45
Pb	30,0	120,0	90	1,50	1,5



$$y(x) = -0,0622x - 0,0361$$

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -0,0622x - 0,0361 \rightarrow x = 10,56 = d_{1/2}$$

c) Schwächungskoeffizient

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

$$\text{Is 8: } d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{\ln(2)}{d_{1/2}} = 0,0656$$

Anhang Messwerte:

Julian-Samuel Gebühr, Carla Siegle
Ionisierende Strahlung - Ausleseelektronik 2; Aufbau 3
1. Kalibration des Zählrohrs: $n = \frac{N}{t} = 1,5 \cdot 10^{-1}$

Element	x/mm	t/s	N _{mess}	n _{mess} /s ⁻¹	n _{kor} /s ⁻¹
Al	0,1	120,0	986	8,22	8,24
Al	0,3	120,6	995	8,25	8,27
Al	0,5	120,1	880	7,33	7,34
Al	0,8	120,3	990	8,06	8,07
Al	1,0	119,9	963	8,03	8,05
Al	2,0	120,0	887	7,39	7,40
Al	3,0	120,0	886	7,38	7,40
Al	4,0	120,0	952	7,92	7,97
Al	8,0	120,0	847	7,06	7,10
Al	16,0	120,0	777	6,48	6,43
Pb	1,0	120,40	818	6,80	6,81
Pb	2,0	120,00	797	6,64	6,65
Pb	3,0	120,21	706	5,87	5,88
Pb	4,0	120,12	623	5,18	5,19
Pb	6,0	120,10	558	4,65	4,65
Pb	8,0	119,9	531	4,43	4,43
Pb	10,0	120,90	368	3,07	3,07
Pb	15,0	120,20	201	1,67	1,67
Pb	20,0	120,2	174	1,45	1,45
Pb	30,0	120,0	90	1,50	1,5

$\tau_0 = 230 \cdot 10^{-6} \text{ s}$; $n_{\text{kor}} = \frac{n_{\text{mess}}}{1 - n_{\text{mess}} \cdot \tau_0}$

Anmerkungen zur Seite:
Alle relevanten Informationen:
Webseite: <http://www.ionisierende-strahlung.de>
den Link „Informationen“
ergänzende Anmerkungen:
1. Für die Messung der Halbwertsdicke ist die Kenntnis der Halbwertsdicke des Materials notwendig.
nach:
2. Messwert gehört zu:
3. Die Halbwertsdicke ist die Dicke des Materials, durch die die Intensität der Strahlung auf die Hälfte sinkt.
für beide:
verbinden:
Wählen:
6. Steigung von Exponentialfunktion berechnen:
7. Grundsatz der Exponentialfunktion:
8. Die von der Exponentialfunktion beschriebene Kurve ist die Halbwertsdicke.
Im Fall der Exponentialfunktion ist die Halbwertsdicke die Dicke des Materials, durch die die Intensität der Strahlung auf die Hälfte sinkt.
9. Grundgesetz der Exponentialfunktion:
Versuch nachvollziehen:
Weiterer Hinweis:
Stromversorgung:
Messdaten kopieren: