Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler

Blockpraktikum Wintersemester 2022/23

IS-Ionisierende Strahlung in Materie

Betreuer: Ozan Semin

Protokollanten:

[redacted]

Gruppe 3

Versuchsdatum: 27.02.2023

Inhaltsverzeichnis

1. EINFÜHRUNG UND ZIELSTELLUNG: 2

2. VERSUCHSAUFBAU UND DURCHFÜHRUNG: 2

3. AUSWERTUNG: 3

4. FAZIT: 8

5. ANHANG: 9

1. Einführung und Zielstellung:

In dem heutigen Versuch beschäftigen wir uns mit dem Thema Abschirmung von Strahlung. Atome zerfallen immer zufällig und geben dabei spontan Strahlung ab. Dies spielt auch in unserem alltäglichen Leben eine Rolle, wie zum Beispiel beim Röntgen.

Genauer beschäftigen wir uns mit dem Abschirmverhalten von Aluminium und Blei, wir bestimmen also die Eindringungstiefe von β- und γ-Strahlung.

2. Versuchsaufbau und Durchführung:

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Geiger-Müller-Zählrohr, an welches eine 500V Spannung angelegt wird. Dieses Rohr ist mit Cäsium-Gas gefüllt. Nun geben wir nacheinander für jedes Metall jeweils zehn verschiedene Proben in das Rohr und warten bei Aluminium jeweils 60, bei Blei 120 Sekunden. Das Messergebnis wird dabei von einem sogenannten GAMMA-Counter angezeigt.

3. Auswertung:

Aufgabe 1:

Zunächst wollen wir die Eindringtiefe der β-Strahlung und die Abschwächung von y-Strahlung und Aluminium bestimmen.

a) Nun sollen wir die Zählrate n_{mess} berechnen und diese laut IS.10 korrigieren n_{korr}. Die Totzeit ist dabei als τ_0 = 230 µs angegeben (laut Versuchsanleitung).

$$n_{mess} = \frac{Nmess}{t} \quad \text{(IS. 5)}$$

$$n_{korr} = \frac{nmess}{1 - nmess * \tau 0} \quad \text{(IS. 10)}$$

Tabelle 1: Übersicht der Messwerte von Aluminium

Element	Dicke x in mm	Zeit t in s	N_{mess}	n_{mess} in 1/s	n_{korr} in s
Al	0,1	60	16207	270,12	288,01
Al	0,3	60	6856	114,27	117,35
Al	0,5	60	2893	48,22	48,76
Al	0,8	60	697	11,62	11,65
Al	1	60	575	9,58	9,60
Al	2	60	544	9,07	9,09
Al	3	60	546	9,10	9,12
Al	4	60	538	8,97	8,99
Al	8	60	449	7,48	7,50
Al	16	60	361	6,02	6,03

b) Nun sollen wir ein Diagramm aufstellen das ln $(\frac{ni}{n1})$ gegen die Aluminiumdicke x aufzeigt. n_1 ist die korrigierte Zählerrate mit x = 0,1mm.

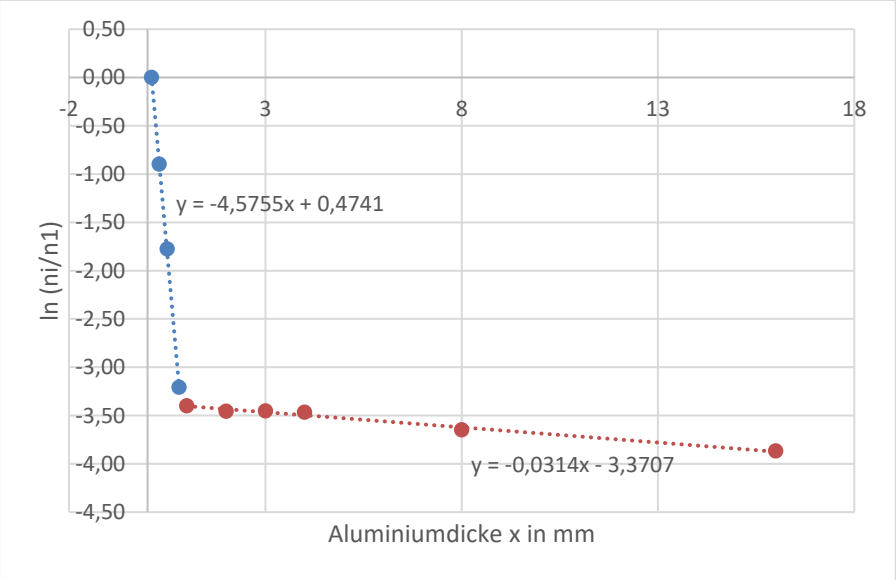


Abb. 1: Zeigt die Abhängigkeit der Aluminiumdicke x in mm *von ln* $(\frac{ni}{n1})$

Es stellt sich jetzt die Frage wie man den Knick in dem Diagramm deuten kann. Der Knick entsteht bei einer Aluminiumdicke von knapp 1mm. Dies liegt an der Absorbier Fähigkeit von Aluminium. Ab der einer Dicke von 1mm wird die β-Strahlung, die die blaue Gerade darstellt, absorbiert. Jetzt kann nur noch die y-Strahlung, die orangene Gerade, das Material weiter durchdringen. Diese wird folglich viel weniger absorbiert, als die β-Strahlung, was man an dem weiteren Verlauf der Gerade sieht.

c) Es soll in dieser Aufgabe $d_{\beta,max}$, die Schichtdicke oder hier maximale Eindringungstiefe , durch Interpolation bei y = ln ($\frac{1}{50}$) bestimmt werden. Üblicherweise haben bei der Maximalen Schichtdicke 98% der Teilchen ihre Energie verloren.

Hierfür verwenden wir die aus der Anleitung entnommenen Formel IS. 6, die lautet:

$$n(d_{\beta,max}) = \frac{1}{50} n_0$$

Wir verwenden im weiteren Verlauf die Geradengleichung der blauen Geraden. Diese lautet:

$$y = -4{,}5755x + 0{,}4741$$

Wir setzten nun die Geradengleichung gleich ln ($\frac{1}{50}$):

$$-4{,}5755x + 0{,}4741 = \ln\left(\frac{1}{50}\right)$$

Und stellen die Gleichung nach x um:

$$x = \frac{\ln\left(\frac{1}{50}\right) - 0{,}4741}{-4{,}5755} = 0{,}9586\text{mm}$$

Das Ergebnis zeigt uns, dass unsere Messungen ergeben, dass 98% der β-Teilchen, wenn sie durch eine Aluminiumdicke von 0,9586mm geschickt werden, ihre Energie verloren haben.

d) Nun sollen wir die Massenschwächekoeffizienten $\frac{\mu}{\rho}$ von Aluminium für die 0,66 MeV- y-Strahlung ermitteln (ρ_{Al} = 2,7 * g * cm^{-3}). Für die Steigung der flachen Gerade gilt: m = -μ.

Der Schwächungskoeffizient μ ergibt sich aus der Steigung der flachen orangenen Gerade, er lautet demnach: $\mu = 0{,}0314 \frac{1}{\text{mm}} = 0{,}314 \frac{1}{\text{cm}}$. Es lässt sich nun mithilfe der Dichte ρ_{Al} der Masseschwächungskoeffizient herleiten:

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{0{,}314 \frac{1}{\text{cm}}}{2{,}7 \frac{\text{g}}{\text{cm3}}} = 0{,}1163 \frac{\text{cm2}}{\text{g}}$$

Somit beträgt der Masseschwächungskoeffizient $0{,}1163 \frac{\text{cm2}}{\text{g}}$.

Aufgabe 2:

In der zweiten Aufgabe soll man mit dem y-Achsenabschnitt (der orangenen Gerade) die maximale Zählrate $n_{y,max}$ für y-Photonen ermittelt werden. Anschließend wird die Nachweiswahrscheinlichkeit des Zählrohrs für y-Quanten berechnet und das Ergebnis bewertet. Wir gehen davon aus, dass jeder Zerfall eines β-Teilchens eines Cäsiumatoms, ein „Gammaübergang" folgt.

Die „Gamma-Gerade" liegt bei: y = -0,0314x - 3,3707

Wir wissen außerdem das die maximale Zählerrate bei x = 0 liegt. Denn hier haben wir keine Abschirmung durch das Material. Es folgt:

Der y-Achsenabschnitt ist y (0) = -3,3707 = c

$$\ln\left(\frac{ny,max}{n1}\right) = m * x + c$$

Da wir bei x = 0 suchen, lautet die Gleichung weiter:

$$\ln\left(\frac{ny,max}{n1}\right) = c$$

$$\left(\frac{ny,max}{n1}\right) = e^{c}$$

$$n_{y,max} = e^{c} * n_1$$

$$n_{y,max} = e^{-3,3707} * 288,01 = 9,89763\,\frac{1}{s}$$

Da wir das Verhältnis der Zählrate der beiden Strahlungen suchen, benötigen wir noch die Betta-Zählrate $n_{\beta,max}$. Diese ergibt sich aus der Differenz von der gesamten Zählrate minus die Gamma-Zählrate (maximal). Es gilt also zunächst:

Der y-Achsenabschnitt der blauen β-Gerade ist: y (0) = 0,4741 = c_1 (siehe Abb.1)

$$n_{gesamt} = e^{c1} * n_1 = 462,70754\,\frac{1}{s}$$

$$n_{\beta,max} = n_{gesamt} - n_{y,max} = 452,80991\,\frac{1}{s}$$

Im Anschluss berechnen wir das Verhältnis aus:

$$\frac{ny,max}{n\beta,max} = 0,021858 = 2,186\ \%$$

Die Nachweiswahrscheinlichkeit des Geiger-Müller-Zählrohrs beträgt also 2,186%. Dieses Ergebnis zeigt, dass im Gegensatz zur β-Strahlung nur sehr wenig von der vorhandenen y-Strahlung aufgezeichnet wird. Das Messverfahren ist somit sehr ungenau für y-Strahlung, es empfiehlt sich eine alternative Messmethode zu verwenden, wenn man genaue Ergebnisse möchte.

Aufgabe 3:

In der dritten Aufgabe soll es um die Abschwächung von y-Strahlung in Blei gehen.

a) Zunächst stellen wir unsere Messergebnisse analog zur Tabelle 1, für Blei dar:

Tabelle 1: Übersicht der Messwerte von Blei

Element	Dicke x in mm	Zeit t in s	N_{mess}	n_{mess} in 1/s
PB	1	120	1304	10,87
PB	2	120	1174	9,78
PB	3	120	1039	8,66
PB	4	120	995	8,29
PB	6	120	695	5,79
PB	8	120	633	5,28
PB	10	120	488	4,07
PB	15	120	374	3,12
PB	20	120	281	2,34
PB	30	120	129	1,08

Aus den Ergebnissen wird folgendes Diagramm erstellt:

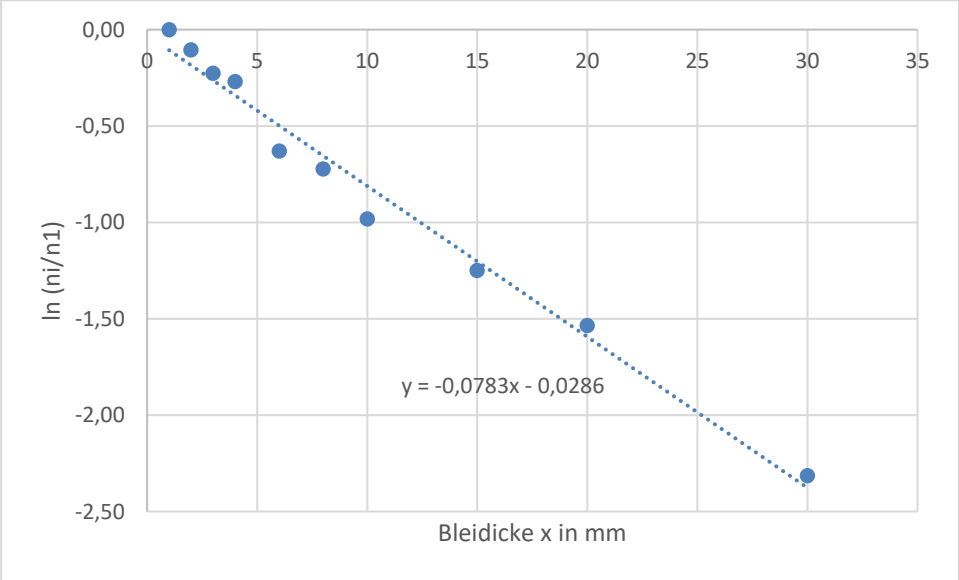


Abb. 2: Zeigt die Abhängigkeit der Bleidicke x in mm *von ln* $(\frac{ni}{n1})$

b) Es soll nun die Halbwertsdicke $d_{1/2}$ für y = $\ln(\frac{1}{2})$ interpoliert werden.

Hierfür gibt es die Formel: y = $\ln(\frac{1}{2})$

Man setzt die Geradengleichung aus *3a)* y = -0,0783x - 0,0286 für y in der vorangegangenen Formel ein und erhält dann:

$$x = \frac{\ln(\frac{1}{2})}{-0{,}0783} + \frac{0{,}0286}{-0{,}0783} = 8{,}4871\text{mm}$$

Dabei entspricht x unserer gesuchten Größe $d_{1/2}$.

Man braucht also knapp 8,5mm Bleidicke um die Strahlung auf die Hälfte der Intensität zu reduzieren.

c) In der letzten Teilaufgabe soll es um den Schwächungskoeffizienten μ und den Masseschwächungskoeffizienten $\frac{\mu}{\rho}$ von Blei gehen.

Wir gehen analog zur Aufgabe *1d)* vor.

Für die Steigung der flachen Gerade gilt (laut Anleitung): m = -μ.

Der Schwächungskoeffizient μ ergibt sich aus der Steigung der blauen Gerade aus Abb.2, er lautet demnach: $\mu = 0{,}0783\text{x}\ \frac{1}{\text{mm}} = 0{,}783\ \frac{1}{\text{cm}}$. Es lässt sich nun mithilfe der Dichte $\rho_{Pb} = 11{,}34\ \text{gcm}^{-3}$ (siehe Anleitung) der Masseschwächungskoeffizient herleiten:

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{0{,}783\ \frac{1}{\text{cm}}}{11{,}34\ \frac{\text{g}}{\text{cm3}}} = 0{,}0690\ \frac{\text{cm2}}{\text{g}}$$

Somit beträgt der Masseschwächungskoeffizient $0{,}0690\ \frac{\text{cm2}}{\text{g}}$.

4. Fazit:

Insgesamt muss man bei dem Versuch darauf hinweisen, dass der Zerfall von Atomen des Cäsium Gases rein zufällig ist. Somit ist es schwierig valide Messwerte zu bekommen, da zusätzlich auch Wechselwirkungen und andere „spontane“ Prozesse auftreten können. Auch die γ-Strahlung zum Beispiel wird nur zu knapp 2,2% überhaupt detektiert und ist somit ein kritischer Punkt bei der Messung, da in der Realität natürlich viel mehr Strahlung vorhanden ist, als aufgezeichnet wird. Die Methode ist somit nicht zum Aufzeichnen von γ-Strahlung geeignet.

5. Anhang:

Messwerte - Versuch Ionisierende Strahlung

Datum des Versuchstags: 27.02.23

Gruppennummer: Gruppe 3 Nummer GAMMA COUNTER: 6

Teilnehmer: [redacted] Nummer Messkammer: 6

Nummer Abschirmungen: 5

Unterschrift Assistent/-in:

2. Aufgabe: Abschirmung von Aluminium

Element	x/mm	t/s	N_{mess}	n_{mess}/s^{-1}	n_{korr}/s^{-1}
Al	0,1	60	16 207		
Al	0,3	60	6856		
Al	0,5	60	2893		
Al	0,8	60	697		
Al	1,0	60	575		
Al	2,0	60	552		
Al	3,0	60	546		
Al	4,0	60	538		
Al	8,0	60	449		
Al	16,0	60	361		

3. Aufgabe: Abschirmung von Blei

Element	x/mm	t/s	N_{mess}	n_{mess}/s^{-1}
Pb	1,0	120	1304	
Pb	2,0	120	1174	
Pb	3,0	120	1039	
Pb	4,0	120	895	
Pb	6,0	120	695	
Pb	8,0	120	633	
Pb	10,0	120	488	
Pb	15,0	120	374	
Pb	20,0	120	281	
Pb	30,0	120	179	

Raum für Notizen: