

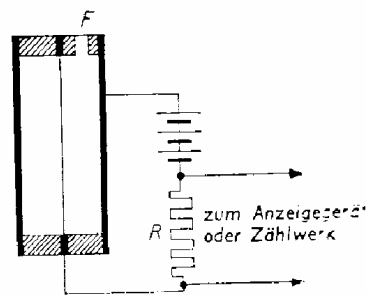
Die Bestimmung der Totzeit eines Strahlungsdetektors

Zweck des Experiments

Zweck dieser Arbeit ist die Bestimmung der Resolutionszeit (Totzeit) eines Geiger-Mueller Detektors, in dem man das Experiment mit den zwei Strahlungsquellen ausführt.

Theorie des Experiments

Treten einzelne Teilchen der Strahlung durch ein Fenster F in einem gasgefüllten Innenraum und erzeugen dort Ionen, die werden wegen der angelegten Spannung zur Wand des zylindrischen Gefäßes oder zu dem im Innern hindurchgeführten Draht wandern. Wichtig ist dabei, dass diese wandernden Ionen so stark beschleunigt werden, daß sie weitere Stoßionisationen herbeiführen, wodurch die Wirkung erheblich verstärkt wird. Jedes in das Zählrohr gelangende Teilchen bewirkt einen Entladungsstoß, der ein angeschlossenes Anzeigergerät stoßweise ausschlagen läßt, so daß das in die Kammer eingedrungene Teilchen angezeigt wird.



Geiger – Müllersches Zählrohr

Die Entladungsstöße können auch über einen Verstärker zu einem Zählwerk geleitet und dort selbsttätig gezählt werden, oder sie können durch einen Lautsprecher hörbar gemacht werden.

Bei der Auffindung der Strahlungen, welche von einem radioaktiven Isotop ausgestrahlt werden, muss man folgendes in Betracht ziehen, und zwar, dass die

Aufnahmeprozesse und die Anlassvorgänge zurück in den Anfangszustand eine bestimmte Zeit benötigen.

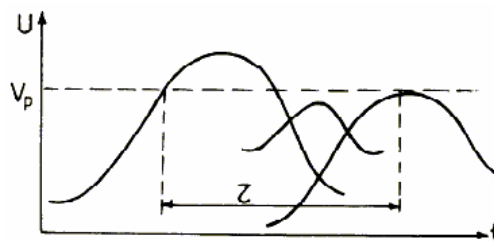
Die Teilchen, welche in den Detektor hineinkommen, werden nach statistischen Gesetzen verteilt. Es gibt eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, dass einige in den Detektor kommen, genau in der Zeitspanne in der das System eine Aufnahme ermöglicht. Auch wenn man in dem bestmöglichen Betriebsverhältnis, den es für die Aufnahmeanlage gibt, arbeiten würde, so wäre auch eine bestimmte Zahl von Fehlern nicht zu vermeiden und diese Fakten muss man bei der Datenverarbeitung in Betracht ziehen.

Wenn ein Teilchen in den Detektor eindringt, ionisiert dieses das Gas in seinem Inneren und die positiven Ionen schirmen den Anoden ab. Solange diese nicht verschwinden, wird der Detektor von keinem anderen hineingedrungenes Teilchen beeinflusst. Die Tatsache, dass es positive Ionen um die Anode gibt, führt dazu, dass mit der Zeit die elektrische Feldstärke aus dieser Region bis unter dem Mindestwert (bei dem eine Vervielfachung im Gas stattfinden kann) abnimmt.

Das bedeutet, dass ein neues Teilchen, das währenddessen gekommen ist, einen Impuls, dessen Amplitude kleiner als die Grenzspannung (V_p) des elektronischen Außenstromkreises ist, verursacht und so wird es also nicht aufgenommen.

Die Totzeit oder die Resolutionszeit τ stellt also die kürzeste Zeitspanne zwischen dem Anfang eines elektrischen Signals, der beim Ausgang des Detektors entstanden ist und das nächste Signal, das aufgenommen werden kann, dar. Jeder Impuls, der früher erscheint, hat eine kleinere Amplitude als die Spannung V_p und wird deshalb nicht aufgenommen.

Wenn man die tote Zeit eines Strahlendetektors kennt, so kann man diese dafür brauchen, um die reelle Abzählungsgeschwindigkeit n auszurechnen. Dafür benutzt man die gemessene Geschwindigkeit n' .



Die Bestimmung der Verzugszeit durch das Vorgehen mit 2 Quellen

Es sei n' die Anzahl der Teilchen, welche in der Zeiteinheit aufgenommen werden. Für jedes dieses n' Teilchen verlieren wir in der Zeiteinheit eine Zeit gleich mit $t = n' \tau$. Also, falls in der Zeiteinheit, n Teilchen kommen, so verlieren wir in der Zeit t ,

$nn' \tau$ Teilchen. Daraus folgt, dass

$$\Delta n = n \cdot n' \tau = n - n'$$

Diese Teilchen Anzahl ist gleich mit der Anzahl der verlorenen Teilchen, also

$$n = \frac{n'}{1 - n' \tau}$$

Mit dieser Formel kann man die richtige Abzählungsgeschwindigkeit berechnen.

Das Vorgehen mit 2 Quellen besteht darin, dass man die Abzählungsgeschwindigkeiten in folgenden 4 Fällen messen muss:

a) Mit beiden Quellen bedeckt, misst man die Abzählungsgeschwindigkeit des Hintergrundes f' , wobei die reelle Geschwindigkeit folgende ist:

$$f = \frac{f'}{1 - f' \tau}$$

b) Mit der ersten Quelle, die freigelegt ist, misst man die Abzählungsgeschwindigkeit der Quelle 1. Man erhält n'_1 . Die reelle Geschwindigkeit ist:

$$n_1 = \frac{n'_1}{1 - n'_1 \tau}$$

c) Dann legt man die 2 Quelle frei und bedeckt die andere Quelle. Man erhält n'_2 :

$$n_2 = \frac{n'_2}{1 - n'_2 \tau}$$

d) Nun werden beide Quellen freigelegt und man misst die Abzählungsgeschwindigkeit n_{12}

$$n_{12} = \frac{n'_{12}}{1 - n'_{12} \tau}$$

Zwischen den Abzählungsgeschwindigkeiten besteht folgende Beziehung:

$$n_1 + n_2 = n_{12} + f$$

Daraus folgt:

$$\frac{n'_1}{1 - n'_1 \tau} + \frac{n'_2}{1 - n'_2 \tau} = \frac{n'_{12}}{1 - n'_{12} \tau} + \frac{f'}{1 - f' \tau}$$

Wenn man die Rechnungen durchführt und diejenigen Glieder, welche τ^2 , τ^3 und τ^4 enthalten, nicht beachtet, so erhält man folgendes:

$$\tau = \frac{n'_1 + n'_2 - n'_{12} - f'}{2(n'_1 \cdot n'_2 - n'_{12} \cdot f')}$$

Die Beschreibung der experimentalen Montage

Für die Bestimmung der Verzugszeit eines Geiger-Müller Detektors, benutzt man 2 tätige β Strahlquellen mit verschiedenen Strahlungsstärken, die in einem Plexiglkästchen gestellt wurden und mit zwei beweglichen Plättchen aus Aluminium isoliert wurden, die dick genug sind, um alle β Strahlungen absorbieren; Hier befindet sich ein Geiger-Müller Detektor, der auf demselben Ständer mit dem Quellenkästchen zusammengesetzt ist, und auch ein elektronischer Zähler.

Arbeitsweise

Man sieht sich aufmerksam die Arbeitsanweisungen des benutzten Zählers an und dann setzt man diesen in Anwesenheit der Lehrkraft in Betrieb. Man wird mit dem Verstärkungsfaktor "x64" arbeiten. Die Quellen und der Detektor werden während der Arbeitszeit nicht bewegt. Die Spannung des Detektors muss immer konstant bleiben (400V). Während beide Quellen bedeckt sind, wird die Abzählungsgeschwindigkeit nach 10 Min. bestimmt. Dann macht man eine Quelle frei (Quelle1) und dann wird eine Aufnahme von 3 Min. durchgeführt. Dann wird wiederum nur Quelle 2 freigemacht und man macht eine 3 Min. Aufnahme. Mit beiden Quellen freigestellt macht man eine Aufnahme die gleich lang dauert. Dieser Vorgang wird 4 mal wiederholt und die Ergebnisse werden in die untere Tabelle eingetragen, wo die Abzählungsgeschwindigkeit in Imp./Min abgemessen wird.

n' (Imp./Min.)	Messungs- Serie	n'_{1f} (Imp./Min.)	n'_{2f} (Imp./Min.)	n'_{12f} (Imp./Min.)	τ_i
	I				
	II				
	III				
	IV				
	V				
Mittelwerte					
Standardabweichung des Mittelwertes					

Die Verarbeitung der experimentellen Daten

Das Ergebnis der Aufnahmen wird unter dieser Form dargestellt:

$$\tau = \bar{\tau} \pm \sigma_{\bar{\tau}}$$

Es gibt zwei Arten, um $\bar{\tau}$ und $\sigma_{\bar{\tau}}$ zu berechnen:

a) Man berechnet die Mittelwerte der Zählengeschwindigkeiten für jede Stromquelle, indem man die fünf experimentell erhaltenen Werte und die Standardabweichung der Mittelzählengeschwindigkeit jeder Stromquelle benützt. Man berechnet die durch Betriebsstörungen bedingte tote Zeit mit der Hilfe Mittelwerte der Zählengeschwindigkeiten, indem man die Standardabweichung des Mittelwertes benützt, wobei man die Fehlerpropagierungsformel benützt:

$$\sigma_{\bar{\tau}} = \sqrt{\sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial \tau}{\partial n'_i} \right)_{\bar{n}_i}^2} \cdot \sigma_{n'_i}^2$$

wobei

$$\sigma_{n'_i} = \sqrt{\frac{n'_i}{t}}$$

b) Man berechnet den Wert der durch Betriebsstörungen bedingte toten Zeit für jede Abmessungsreihe

$$\bar{\tau} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \tau_i$$

indem man die τ_i Werte und den Mittelwert der toten Zeit benützt. Man stellt die Standardabweichung des Mittelwertes, fest und man vergleicht sie mit derjenigen, die bei (a) erhalten wurde. Um zu berechnen, benützt man folgende Formel:

$$\sigma_{\bar{\tau}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\tau_i - \bar{\tau})^2}{5 \cdot (5-1)}}$$