Die Benutzung der Raumwinkel-Methode zur Bestimmung der absoluten Aktivität einer Strahlenquelle mit Hilfe eines Szintillationszählers

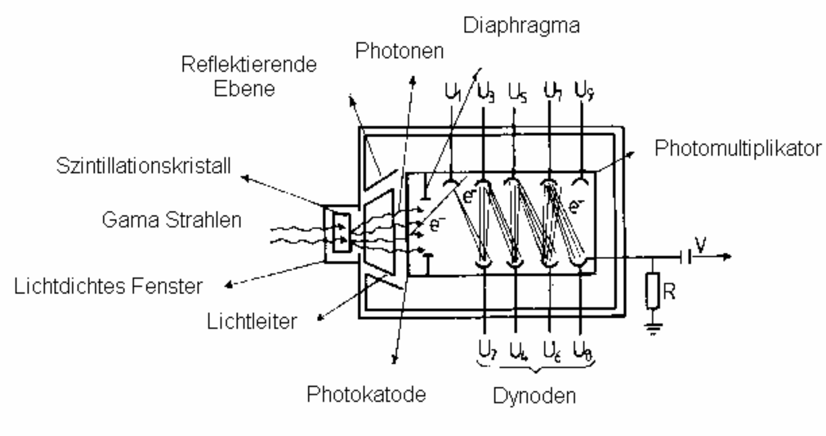
Die Theorie des Experiments

Um diese Geräte zugrunde liegende physikalische Erscheinung kennen zu lernen, führen wir folgenden Versuch aus:

Bringe ein radioaktives Präparat, das X-Strahlen aussendet, im Dunkeln in die Nähe eines mit Zinksulfid bestrichenen Schirmes und betrachte diesen durch eine Lupe! Man kann zu diesem Versuch zweckmäßig ein Gerät verwenden, das als Spinthariskop bezeichnet wird. Es besteht aus einem Metallrohr, in das eine Lupe, ein Leuchtschirm und ein radioaktives Präparat eingebaut sind. Auf dem Leuchtschirm stellt man ein unruhiges Aufblitzen fest. Jeder Lichtblitz kommt durch das Auftreffen eines einzelnen Teilchens zustande. Man kann auftretende Lichtblitze zählen und auf diese Weise die Anzahl der von dem radioaktiven Präparat ausgehenden X-Teilchen bestimmen. Mit Hilfe solcher Installationen hat bereits *Rutherford* in seinem Streuversuch die α-Teilchen festgestellt.

Die experimentelle Vorrichtung

Die Beobachtung und Zählung der Lichtblitze sind für das menschliche Auge recht mühsam. Man hat deshalb eine Photozelle zu Hilfe genommen, welche die Lichtblitze in elektrische Impulse umsetzt; diese werden verstärkt und durch ein Zählgerät registriert. Die so entstehenden Szintillationszähler gehören heute zu den vollkommensten Messgeräten der Kernphysik.



Die einkommenden γ Strahlen fallen auf das Fenster des Detektors, wo sie durch entweder äußeren lichtelektrischen Effekt Elektronen, oder durch Compton Effekt Rückstoßelektronen, erzeugen. Diese fallen auf die Atome des NaI Kristalls des Detektors. Die im Kristall verbreitende Energie verwandelt sich teilweise in Lichtfunkeln, die sich in elektrische Pulse im Photomultiplikator bilden.

Die Verbindung zwischen der absoluten Aktivität einer Strahlenquelle Λ und die Zählungsgeschwindigkeit eines Zählers R, also die Verbindung zwischen den einkommenden Teilchen und die Zahl, die der Zähler angibt, kann man als:

$$R = g\Lambda = \frac{\Omega}{4\pi} \cdot f_{rs} \cdot f_q \cdot e^{-\mu_L x_L} e^{-\mu_W x_W} \cdot f_{Dia} \cdot \varepsilon \cdot \Lambda \cdot S \cdot B(\mu r)$$

schreiben, wo g der sogenannte "Detektionsfaktor" ist.

$\frac{\Omega}{4\pi} = \frac{S_{Det}}{4\pi r^2}$ ist die Raumwinkelkorrektion, die uns den Bruchteil der Strahlungen, die ins Detektor einkommen, ergibt.

S_{Det} - Detektorsfläche

r – ist der Abstand Quelle-Detektor;

f_{rs} – ist der Rückstoßfaktor der Strahlungen auf der Quellenstütze;

f_{aa} – ist der Korrektionsfaktor für die Strahlungsdämpfung in der Quelle selbst;

$e^{-\mu_L x_L}$ - Dämpfungsfaktor der Strahlungen in der Luft, die sich befindet zwischen Quelle und Detektor befindet;

$e^{-\mu_W x_W}$ - ist der Dämpfungsfaktor der Strahlungen in der Wand des Detektors;

f_{Dia} – ist Diaphragma Dämpfungsfaktor;

ε - der Wirkungsgrad des Detektors, und

S – ist eine Zahl, die uns zeigt, wie viele Photonen oder Elektronen bei einer Kernzerfallung erscheinen.

Man wird annähernd schätzen:

$$e^{-\mu r} \cdot f \cdot B(ur) = 1$$

so dass

$$\Delta N = N - F = \frac{\Omega}{4\pi} \cdot \varepsilon \cdot \Lambda \cdot S \cdot \Delta t$$

und mit

$$n = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

bekommen wir $n = \frac{\Omega}{4\pi} \cdot \varepsilon \cdot \Lambda \cdot S$

Die Ausführung des Experiments

1. Ohne Quelle messt man den Strahlungshintergrund F, 10 Minuten lang.
2. Man stellt die Quelle an einen Abstand r_1 vom Detektor. Man messt die Zahl der Impulse N, die von der Quelle innerhalb einer Zeitspanne von $\Delta t = 10$ Minuten im Detektor erzeugt wurden.
3. Man wiederholt alles wie bei (2) für verschiedene andere Werte r_i des Abstandes Quelle-Detektor.
4. Die Differenz ΔN=N-F wird für jeden Wert r_i des Abstandes Quelle-Detektor berechnet.
5. Man berechnet den Quotient $n = \frac{\Delta N}{\Delta t}$ für jeden Wert r_i des Abstandes Quelle-Detektor.
6. Man schreibt alle Daten in folgende Tabelle ein:

r_i (cm) (gemessen mit Lineal)	N (Imp.)	N-F (Imp.)	N (Imp./s)

7. Man markiert auf Millimeterpapier die Punkte (r_i, n) und zeichnet die entsprechende Kurve bis sie die Ordinate kreuzt. In diesem Punkt finden wir das spezielle n-Wert für $r = 0$, das wir als n_0 bezeichnen. In diesen Fall ist der Quotient

$$\frac{\Omega}{4\pi} = \frac{1}{2}$$

so dass wir die absolute Aktivität Λ unserer ^{60}Co Quelle berechnen können.

$$\Lambda = \frac{2n_0}{\varepsilon S}$$

Für die ^{60}Co Quelle $\varepsilon = 20\%, S = 2$