

Radioaktivität (40) *v*

Physik Praktikum

5. Januar 2003

0 Zusammenfassung

Einige Atomkerne sind instabil. Sie wandeln sich durch Aussendung von α -Strahlen oder β -Strahlen in andere meist ebenfalls instabile Kerne um. Ist der Restkern nicht im energetisch tiefsten Zustand, also angeregt, geht er durch aussenden von γ -Strahlen in den Grundzustand über. Es ist völlig unbestimmt wann ein einzelner radioaktiver Kern zerfällt. Nur für sehr viele Kerne gilt folgendes Gesetz: die Zahl in einer bestimmten Zeitdauer zerfallender Kerne ist proportional der Anzahl vorhandener radioaktiver Kerne und der Zeitdauer selbst. Um die Anzahl zerfallender Kerne messen zu können, verwendet man die ionisierende Wirkung von radioaktiver Strahlung. In der Ionisationskammer (hochisolierter gasgefüllter Zylinderkondensator) fließt ein Strom proportional zur Anzahl der Ionen. Die Anzahl der Ionen ist wiederum proportional zur Anzahl zerfallender Kerne. Der sehr kleine Ionisationsstrom (10^{-13} bis $10^{-11} A$) kann mit Hilfe eines Fadenelektrometers gemessen werden.

1 Spannungsempfindlichkeit ϵ_V

Der Ausschlag (α) des Fadenelektrometers ist proportional zur Spannung. Zur Bestimmung von α werden die Hilfsspannungen ($-150V$, $0V$ (Erde), $150V$ und $300V$) an die Schneiden und an die Ionisationskammer angelegt. Der Elektrometerfaden muss dabei maximal gespannt sein (Regulierschraube nach links drehen). An den Elektrometerfaden werden nun verschiedenen Spannungen ($0V$ bis $6V$) angelegt, um ϵ_V zu bestimmen. Zuerst jedoch wird die Fadenspannung so einstellen dass $4V$ einen Ausschlag von 16 Skalenteile ergeben.

$$\begin{aligned} V &= \text{Spannung [V]} \\ \alpha &= \text{Faden Ausschlag [Skalenteile]} \\ \epsilon_V &= \text{Spannungsempfindlichkeit } \left[\frac{V}{\text{Skalenteile}} \right] \end{aligned}$$

$$\epsilon_V = \frac{V}{\alpha}$$

2 Kapazität C und Ladungsempfindlichkeit ϵ_Q

Mit der gleichen Schaltung wie in (1) wird der Faden auf ein bestimmtes Potenzial V_1 geladen. Nun wird der Anschluss am Faden entfernt und eine genau geeichte Zusatzkapazität C_{Eich} parallel dazu geschaltet. Die Ladung verteilt sich nun auf beide Kapazitäten und die Spannung sinkt auf V_2 .

$$\begin{aligned} V_1 &= \text{Ladespannung } [V] \\ \alpha_1 &= \text{Ausschlag bei } V_1 [\text{Skalenteile}] \\ V_2 &= \text{Spannung nach Parallelschaltung mit } C_{Eich} [V] \\ \alpha_2 &= \text{Ausschlag bei } V_2 [\text{Skalenteile}] \\ C &= \text{Kapazität Elektrometer und Ionisationskammer } [F] \\ C_{Eich} &= 14.0 pF = 14.0 \cdot 10^{-12} F \text{ Eichkondensator } [F] \\ \epsilon_V &= \text{Spannungsempfindlichkeit } \left[\frac{V}{\text{Skalenteile}} \right] \\ \epsilon_Q &= \text{Ladungsempfindlichkeit } \left[\frac{As}{\text{Skalenteile}} \right] \end{aligned}$$

$$\underbrace{C}_{\epsilon_V \alpha_1} V_1 = (C + C_{Eich}) \underbrace{V_2}_{\epsilon_V \alpha_2} \Rightarrow C \alpha_1 = (C + C_{Eich}) \alpha_2 \Rightarrow C = C_{Eich} \frac{\alpha_1}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

$$\epsilon_Q = C \epsilon_V$$

3 Zerfallskonstante λ , Halbwertszeit ϑ

Schwach radioaktive Thoriumnitratlösung zerfällt unter anderem in ^{220}Rn . Mit Hilfe von getrockneter Luft kann es in die Ionisationskammer gepumpt werden. Dazu das Abluftventil öffnen, Pumpe etwas länger als eine Minute laufen lassen, kurz nach dem Abschalten der Pumpe das Abluftventil wieder schließen. Gemessen wird nun mit dem Elektrometer der Strom I durch Beobachten der Aufladegeschwindigkeit Δt bis zu einem bestimmten Ausschlag.

$$\begin{aligned} \Delta N &= \text{Anzahl Kerne die zerfallen in der Zeit } \Delta t [\text{Stück}] \\ \Delta t &= \text{Zeitspanne } [s] \\ p &= \text{Proportionalitätskonstante} \\ k &= \frac{\alpha C \epsilon_V}{\lambda p} \text{ neue Proportionalitätskonstante} \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\overbrace{\frac{\Delta Q}{C}}^V}{\epsilon_V} = \frac{\overbrace{I \Delta t}^{\Delta Q}}{\epsilon_V C} = \frac{\overbrace{p \frac{\Delta N}{\Delta t}}^I \Delta t}{\epsilon_V C} = \frac{p \Delta N}{\epsilon_V C} \Rightarrow \Delta N = \frac{\alpha \epsilon_V C}{p} \quad (1)$$

Zerfallsgesetz

$$N(t) = \frac{\Delta N}{\lambda \Delta t} \stackrel{\text{mit (1)}}{=} \frac{\alpha \epsilon_V C}{\lambda p \Delta t} = \frac{k}{\Delta t}$$

4 Ionisationsstrom, Anzahl zerfallende Kerne pro Sekunde

Der Ionisationskammer wird nun dauernd ^{220}Rn zugeführt. Der zugeführte Strom ist nun konstant.

$$\begin{aligned} I_S &= \text{Sättigungsstrom [A]} \\ e &= 1.6021892 \cdot 10^{-19} \text{ As Elementarladung [As]} \\ Z &= \text{Anzahl pro Sekunde zerfallender Kerne [Stück]} \\ n_I &= \text{Anzahl der bei einem Zerfall erzeugten Ionen [Stück]} \\ \frac{d\alpha}{dt} &= \text{Fadengeschwindigkeit [\frac{Skalenteile}{s}]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_S &= \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(\epsilon_Q \alpha) = \epsilon_Q \frac{d\alpha}{dt} \\ I_S &= e Z n_I \\ Z &= \frac{\epsilon_Q}{e n_I} \cdot \frac{d\alpha}{dt} \end{aligned}$$