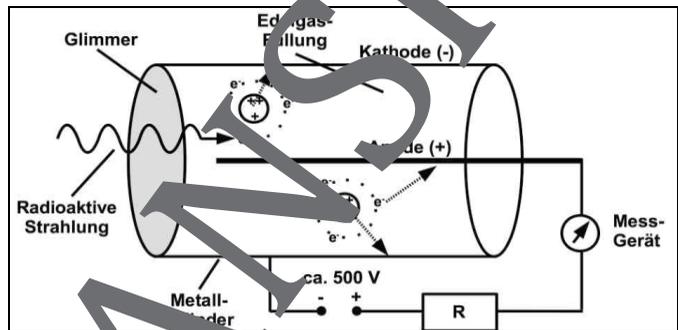


UNTERRICHTS MATERIALIEN

Physik Sok. II



Radioaktive Strahlung
Messung, Wechselwirkung mit Materie und Absorption

Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Physik

Ausgabe 4/2018

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Verbreitung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und angefragt. Sollten dennoch an einzelnen Materialien weitere Rechte bestehen, bitten wir um Benachrichtigung.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH
Ein Unternehmen der Klett Gruppe
Rotebühlstraße 77
70178 Stuttgart
Telefon +49 711 62900-0
Fax +49 711 62900-60
schule@raabe.de
www.raabe.de

Redaktion: Julia Timmer
Satz: Röser MEDIA GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Illustration: Wolfgang Vogt
Bildnachweis Titel: Wolfgang Vogt

Radioaktive Strahlung – Messung, Wechselwirkung mit Materie und Absorption

Radioaktive Strahlung ist selbst nicht radioaktiv, vielmehr handelt es sich um eine „ionisierende Strahlung“, die aus radioaktiven Substanzen bei deren Zerfall austritt. Trifft diese Strahlung auf Stoffe, so wird sie zum Teil durchgelassen und zum Teil absorbiert. Wie viel Strahlung durch einen Stoff hindurchgeht und von ihm absorbiert wird, hängt ab von der Art der Strahlung, der Energie der Strahlung sowie von Art und Dicke des durchstrahlten Stoffes.

Geladene α - und β -Teilchen haben in Materie eine bestimmte Reichweite, während hochenergetische γ -Strahlung in Materie exponential abgeschwächt wird.

Hinweis: Recherchieren Sie zur Beantwortung von Fragestellungen im Internet und in entsprechenden Lehrbüchern.

1. Strahlenmessungen sind nur möglich, wenn Wechselwirkungen der Strahlung mit Materie stattfinden und zu technisch nachweisbaren Veränderungen führen; dabei ist der Grad der Veränderung ein Maß für die Intensität der verursachenden Strahlung. Das **Geiger-Müller-Zählrohr** sowie das **Szintillationszählrohr** zählen zu den gebräuchlichsten Messinstrumenten.

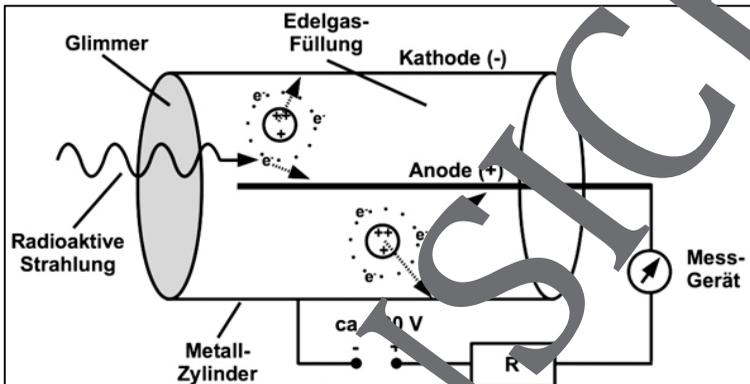


Abb. 1

- a) Abb. 1 zeigt den schematischen Aufbau eines Geiger-Müller-Zählrohrs.
- Beschreiben und erläutern Sie dessen Funktionsweise.
 - Beim Zählrohr gibt es eine sogenannte „Totzeit“, in der kurzzeitig keine radioaktive Strahlung registriert werden kann. Erklären Sie das Zustandekommen dieser Totzeit.
 - Die Totzeit eines Zählrohrs soll 10^{-4} s betragen. Wie viele Impulse werden nicht registriert, wenn die gemessene Impulsrate 10000 s^{-1} beträgt?

1. b) Abb. 2 zeigt den schematischen Aufbau eines Szintillationszählrohrs. Beschreiben und erläutern Sie dessen Funktionsweise.

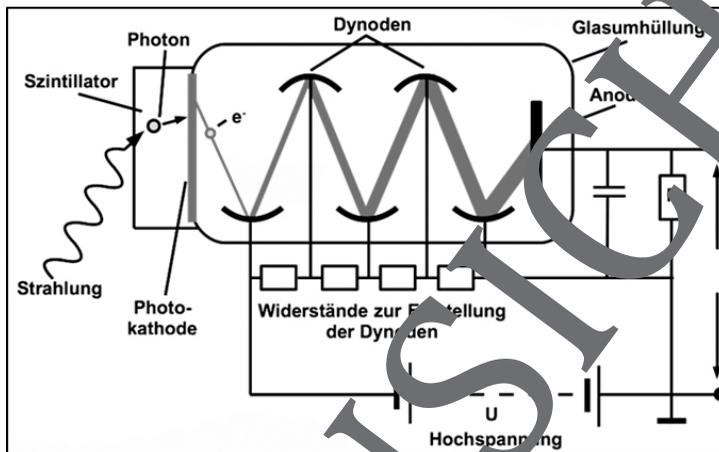


Abb. 2

- c) Erklären Sie, welche der beiden Geräte vorwiegend für welche Strahlenarten geeignet sind.

2. Treffen α - und β -Teilchen oder γ -Quanten auf Hüllen bzw. Kerne von Atomen, so rufen sie an ihnen Veränderungen hervor. Dabei kommt es stets auch zu Rückwirkungen auf die Teilchen oder Quanten in Form von Verringerung ihrer Energie oder Änderung der Bewegungsrichtung. Man spricht deshalb von Wechselwirkungen der Strahlung mit Materie.
- a) Als α -Strahlen werden beim radioaktiven Zerfall ausgesandte Heliumkerne bezeichnet, die eine Geschwindigkeit von etwa 15000 km/s erreichen.
- α) Beschreiben Sie zwei Möglichkeiten, wie α -Teilchen auf ihrem Weg ihre Energie verlieren.
- β) Abb. 3 zeigt den Verlauf der Ionenbildung entlang der Bahn eines α -Teilchens in Luft. Erklären Sie den Verlauf.

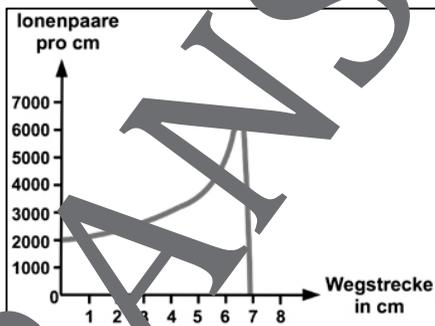


Abb. 3

2. b) Beim β -Zerfall werden aus dem Kern eines radioaktiven Nuklids Elektronen angegeben; man bezeichnet diese Elektronen als β -Strahlen. Ihre Geschwindigkeit kann zwischen nahezu Null und nahezu Lichtgeschwindigkeit variieren.
- α) Ionisation und Erzeugung von Bremsstrahlung sind die beiden wichtigsten Prozesse, die beim β -Zerfall auftreten. Beschreiben und erläutern Sie beide Prozesse.
- β) Begründen Sie kurz, warum β -Strahlen keine einheitliche Reichweite aufweisen.
- c) Bei Kernumwandlungen kommt es teilweise zu einer energiereichen Wellenstrahlung. Diese hat die gleiche Natur wie das sichtbare Licht, sie ist nur deutlich energiereicher und wird als γ -Strahlung bezeichnet.
- α) Erläutern Sie, wie man sich die Entstehung und Energieabgabe der γ -Strahlung vorstellen muss.
- β) Die Energien der γ -Quanten, die von natürlichen und künstlichen radioaktiven Nukliden stammen, liegen in einem Bereich von 0,003 MeV bis etwa 17 MeV. In Abhängigkeit von der Quantenenergie treten im Wesentlichen drei Wechselwirkungsprozesse auf:
- Photoeffekt (Abb. 4 a)
 - Comptoneffekt (Abb. 4 b)
 - Paarbildungseffekt (Abb. 4 c)
- Beschreiben Sie genau die Abläufe bei den einzelnen Effekten.
- γ) Zeigen Sie durch Rechnung, dass ein γ -Quant mindestens eine Energie von 1,022 MeV besitzen muss, um den Paarbildungseffekt auszulösen.

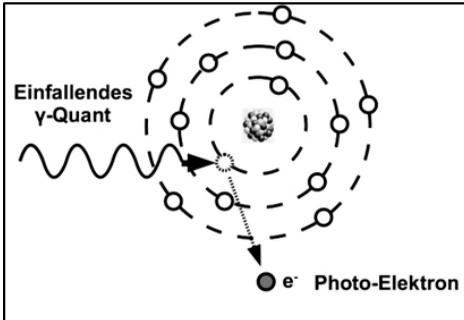


Abb. 4 a

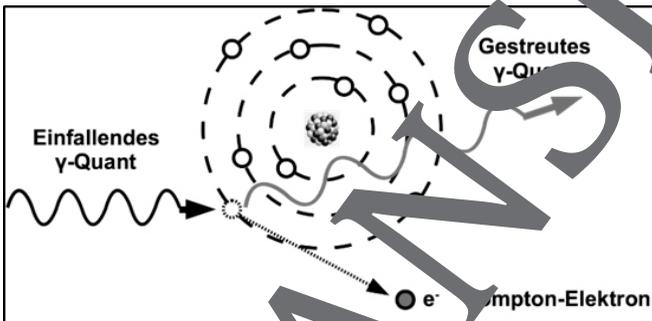


Abb. 4 b

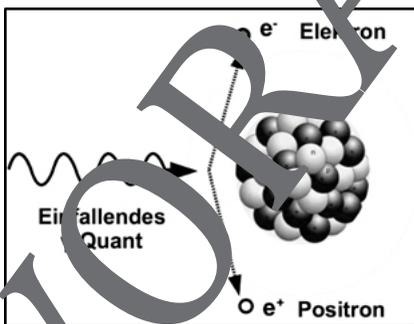


Abb. 4 c

3. Auf einer Nadelspitze befindet sich ein radioaktives Präparat P, das sowohl β -Strahlen als auch γ -Quanten aussendet. Die Strahlung soll durch Aluminiumplatten A unterschiedlicher Dicke teilweise absorbiert und damit geschwächt werden. Mit einem Zählrohr, das sich in einem Abstand $x = 30$ cm vom Präparat P befindet, wird die Impulsrate Z gemessen (Abb. 5).

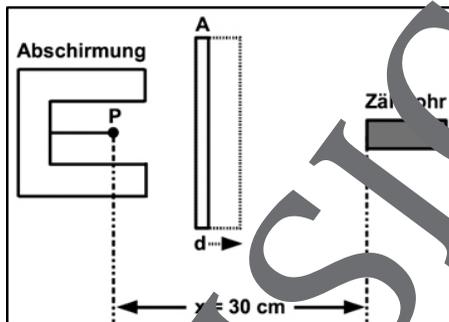


Abb. 5

- a) Bei einer Absorptionsmessung erhält man folgende Messwerte:

d (mm)	0	1	0,8	1,2	1,6
Z (1/min)	1000	409	227	63	45

d (mm)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Z (1/min)	36	31	27	24	22

Erstellen Sie aus der Messreihe eine Tabelle für die Abnahme der Impulsrate (ΔZ) in den entsprechenden Intervallmitten in Abhängigkeit von den jeweiligen Mittelwerten der Abstände Δd .

Zeichnen Sie anschließend den Graph der Absorptionsmessung (Abb. 6 Lösung), indem Sie halblogarithmisch gegen d den $\ln \Delta Z$ antragen.

- b) Das erhaltene Diagramm zeigt, dass sich der Verlauf näherungsweise durch zwei Geradestücke ersetzen lässt. Interpretieren Sie dieses Ergebnis.

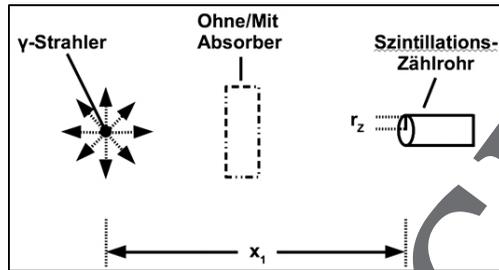


Abb. 6

- a) Ein γ -Strahler hat eine Aktivität $A_\gamma = 600 \text{ kBq}$. In einem Abstand $x_1 = 0,7 \text{ m}$ befindet sich ein Szintillationszählrohr mit einem Fensterradius $r_z = 30 \text{ mm}$ und einer Nachweiswahrscheinlichkeit $P_Z(\gamma)$ von 90%. Zudem beträgt die vom Szintillationszählrohr gemessene Nullrate $N_0 = 40 \text{ s}^{-1}$. Berechnen Sie die Impulsrate $Z(x_1) = Z_1$, die vom Zählrohr gemessen wird.

Hinweis: Berücksichtigen Sie bei der Berechnung, dass sich die vom γ -Strahler in alle Richtungen abgegebene Strahlung auf eine Kugeloberfläche $A_{K,r} = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ verteilt.

- b) Zwischen γ -Strahler und Zählrohr wird nun ein Absorbermaterial gebracht, das bei einer Materialdicke $d = 10 \text{ mm}$ die Impulsrate um 40% reduziert.

α) Bestimmen Sie die Halbwertsdicke D des Absorbermaterials.

β) Welche Absorberdicke d_N erhält man, wenn man annimmt, dass die Impulsrate $Z(x_1)$ die Nullrate des Zählrohres erreicht?

γ) Um welchen Abstand x_2 müsste man das Zählrohr verschieben, damit bei einem Absorber der Dicke $d = D$ die auf die Quelle zurückführbare Impulsrate auf die Nullrate absinkt?