

Thema: Identifikation durch Messung

In Aufgabe 1 wird der zeitliche Verlauf der Entladung eines Kondensators über einen Widerstand betrachtet. Die Untersuchung von optischen Spektren steht im Zentrum der zweiten Aufgabe. Die Bestimmung der spezifischen Ladung eines α -Teilchens mithilfe eines Magnetfeldes erfolgt in der dritten Aufgabe.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Zunächst werden die Halbwertszeit einer Kondensatorentladung und die Kapazität eines Kondensators betrachtet. Anschließend wird der Einfluss des Widerstands auf die Halbwertszeit untersucht.

- 1.1** Ein Kondensator der Kapazität C wird über einen Widerstand mit dem Wert R entladen. Das Material 1 (M1) enthält die Messdaten.

Zeichnen Sie ein $t - I$ -Diagramm.

Ermitteln Sie aus dem $t - I$ -Diagramm die Halbwertszeit t_H für diesen Entladevorgang, wobei Sie Ihren Lösungsweg dokumentieren, und notieren Sie diese in M2 bei $R = 33 \text{ k}\Omega$. **[8 BE]**

- 1.2** Das Experiment wird für verschiedene Widerstände wiederholt.

Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms in M2 die Halbwertszeit der Messreihen B und D, ergänzen Sie diese in der Tabelle in M2.

Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $t_H = f(R)$, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Weise dokumentieren.

Bestimmen Sie für die Messkurve E den Wert des verwendeten Widerstands, indem Sie zunächst die Halbwertszeit ablesen. **[9 BE]**

- 1.3** In einem weiteren Versuch wird die Kapazität des Kondensators vergrößert. Die Ladespannung und der Widerstand bleiben unverändert.

Stellen Sie eine begründete Hypothese bezüglich der Veränderung der Halbwertszeit t_H auf. **[3 BE]**

Aufgabe 2

Informationen zu Eigenschaften von Sternen können über die Auswertung ihrer Spektren erhalten werden. Von Bedeutung sind hierbei die Auswertung möglicher Spektrallinien sowie die Wechselwirkung von Licht mit Gasen.

- 2.1** Erläutern Sie die energetischen Vorgänge im Wasserstoffatom, die zur Entstehung eines Linienspektrums führen. **[4 BE]**

- 2.2** Für die Frequenzen der Spektrallinien bei Wasserstoffatomen gilt:

$$f = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ mit } n = 3, 4, 5, \dots$$

Berechnen Sie für $n = 3$ die Frequenz des ausgesandten Lichts und ordnen Sie diese einer Linie in M3 zu.

Prüfen Sie, ob bei beliebigem n auch nicht sichtbares Licht emittiert wird. **[8 BE]**

- 2.3** Beschreiben Sie das in M4 dargestellte Spektrum des Sterns.

Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen M4 und dem Linienspektrum in M3.

Nehmen Sie zur Aussage „Die Gasatmosphäre des Sterns enthält Wasserstoff“ Stellung. **[8 BE]**

Aufgabe 3

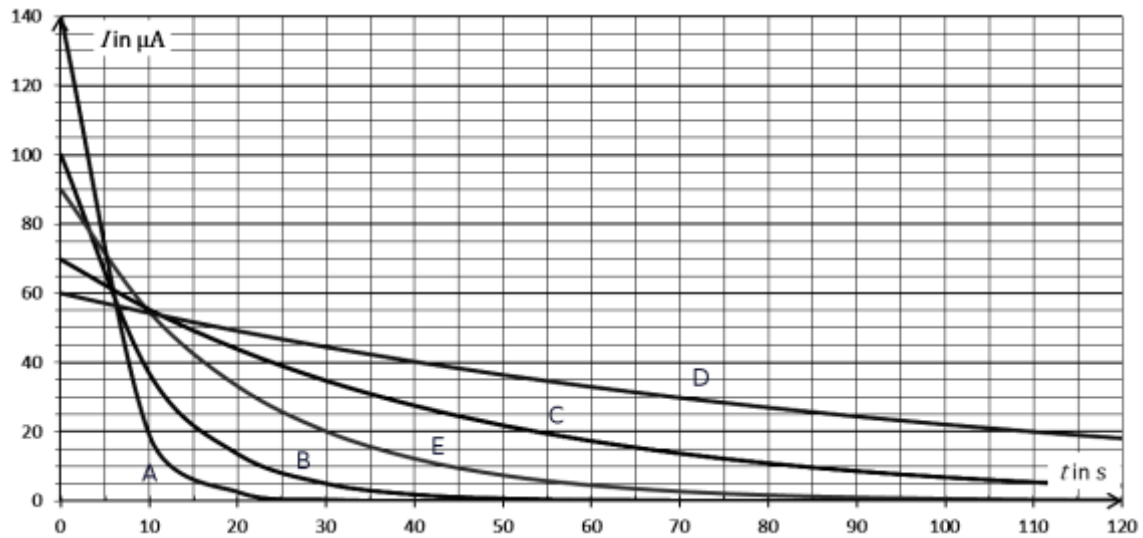
Im Mittelpunkt dieser Aufgabe steht die Untersuchung von α -Teilchen, die von einem Americium-Isotop ausgesendet werden, sowie die Bestimmung ihrer spezifischen Ladung $\frac{q}{m}$ unter Verwendung eines Geiger-Müller-Zählrohres (GMZ).

- 3.1** Bestimmen Sie mit M5 die ersten drei Folgenuklide der Zerfallsreihe von Americium-241. Erläutern Sie das Funktionsprinzip des in M6 dargestellten Aufbaus mit einem Geiger-Müller-Zählrohr als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung. **[8 BE]**
- 3.2** Zur weiteren Untersuchung gelangen α -Teilchen in eine Vakuumkammer, die sich in einem homogenen Magnetfeld befindet. Dieses wird mit einem Elektromagneten erzeugt. In einem Vorversuch wird die magnetische Flussdichte des Elektromagneten betrachtet (M7, M8). Bestätigen Sie anhand von drei selbstgewählten Punkten, dass für den Bereich von 0 A bis 5 A der Verlauf des Graphen im I - B -Diagramm annähernd durch die Funktion $B(I) = -0,018 \frac{\text{T}}{\text{A}^2} \cdot I^2 + 0,180 \frac{\text{T}}{\text{A}} \cdot I$ dargestellt werden kann. **[3 BE]**
- 3.3** Zur Bestimmung der Masse durchlaufen die α -Teilchen den in M8 dargestellten Aufbau. Die Zählrate Z wird in Abhängigkeit von der Stromstärke I gemessen (M9). Bestimmen Sie anhand von M9 und $B(I)$ aus 3.2 die zugehörige magnetische Flussdichte B des Maximums. [Kontrollwert: $B \approx 0,3 \text{ T}$] **[3 BE]**
- 3.4** Die Masse m der ausgesandten α -Teilchen soll bestimmt werden. Ihre Geschwindigkeit beträgt annähernd $v = 1,45 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und es gilt der Zusammenhang $m = \frac{q \cdot B \cdot r}{v}$. (q : Ladung, m : Masse, v : Geschwindigkeit, r : Radius der Bahnkurve, B : magnetische Flussdichte). Berechnen Sie ausgehend von der zuvor bestimmten maximalen magnetischen Flussdichte B die Masse der α -Teilchen. Vergleichen Sie die berechnete Masse mit dem Literaturwert und geben Sie die prozentuale Abweichung an. **[6 BE]**

Material

Zeit t in s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Stromstärke I in μA	90,9	72,0	55,3	42,6	33,4	25,8	20,0	15,1	11,9	9,4	7,3	5,7

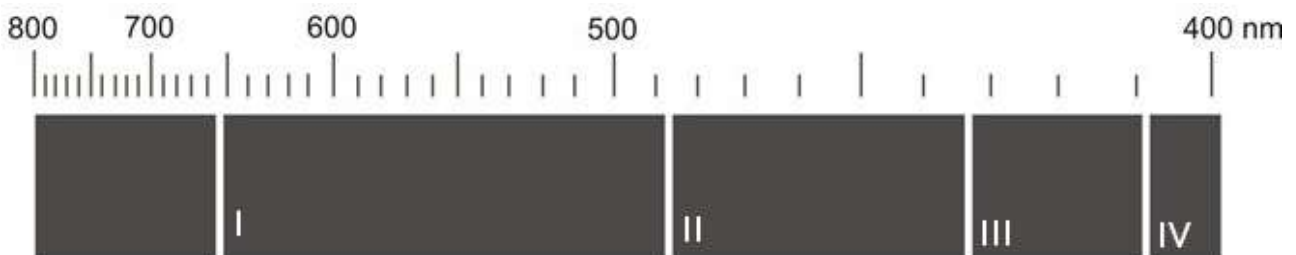
M1: Zeitlicher Verlauf der Kondensatorentladung ($C = 1000 \mu\text{F}$, $R = 33 \text{ k}\Omega$, $U = 3,0 \text{ V}$)



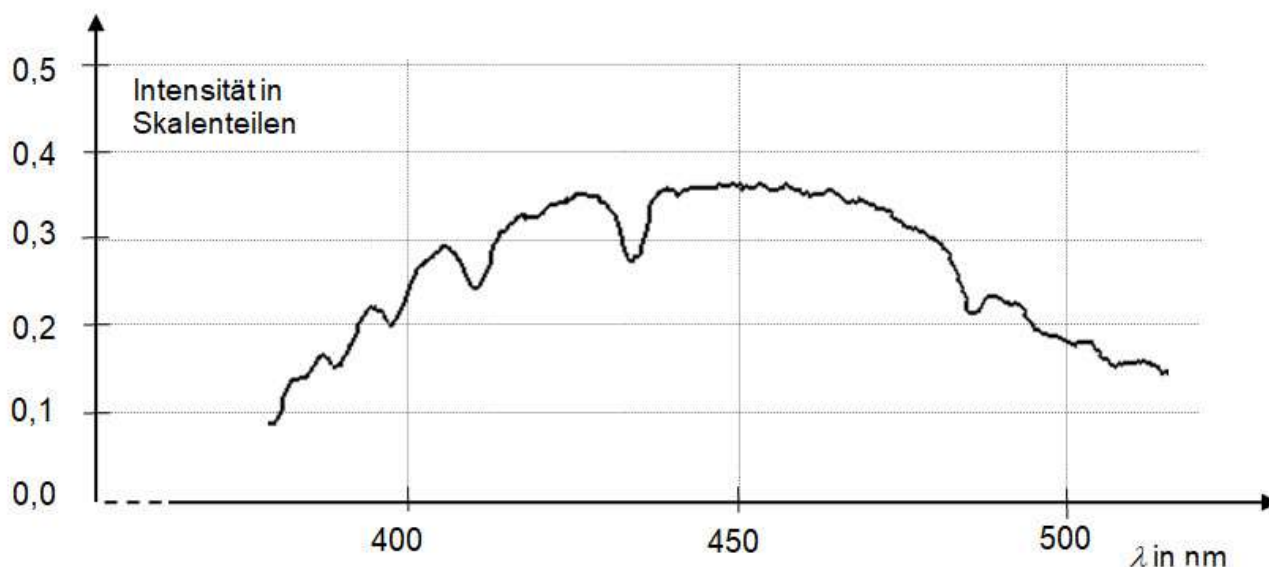
Zeitlicher Verlauf des Entladestroms in Abhängigkeit vom Widerstand mit dem Wert R bei konstanter Kapazität des Kondensators. Für unterschiedliche Widerstände wurde die Stromstärke während des Entladevorgangs erfasst und im obigen Diagramm dargestellt. Die Messreihe für $R = 33 \text{ k}\Omega$ ist nicht dargestellt. Die Spannung, mit der der Kondensator aufgeladen wurde, variiert.

Messreihennummer	A	B	--	C	D
Widerstand R in $\text{k}\Omega$	5	10	33	43	100
Halbwertszeit t_H in s	4			30	

M2: Zeitlicher Verlauf des Entladestroms und Vorlage zur tabellarischen Darstellung



M3: Schematische Darstellung der sichtbaren Linien des Wasserstoffspektrums (I-IV)



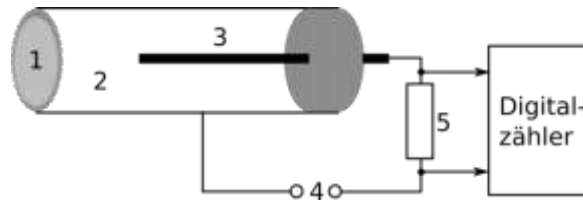
M4: Spektrum eines Sterns, aufgenommen von einem außerhalb der Erdatmosphäre platzierten Teleskop

Z \ N	140	141	142	143	144	145	146
95		Am236	Am237	Am238	Am239	Am240	Am241 α : 5,49
94	Pu234 α : 6,20	Pu235	Pu236 α : 5,77	Pu237	Pu238 α : 5,50	Pu239 α : 5,16	Pu240 α : 5,17
93	Np233	Np234 β^+	Np235	Np236	Np237 α : 4,79	Np238 β^-	Np239 β^-
92	U232 α : 5,32	U233 α : 4,82	U234 α : 4,78	U235 α : 4,40	U236 α : 4,94	U237 β^-	U238 α : 4,20
91	Pa231 α : 5,01	Pa232 β^-	Pa233 β^-	Pa234 β^-	Pa235 β^-	Pa236 β^-	Pa237 β^-
90	Th230 α : 4,69	Th231 β^-	Th232 α : 4,01	Th233 β^-	Th234 β^-	Th235 β^-	Th236 β^-
89	Ac229 β^-	Ac230 β^-	Ac231 β^-	Ac232 β^-	Ac233 β^-	Ac234 β^-	

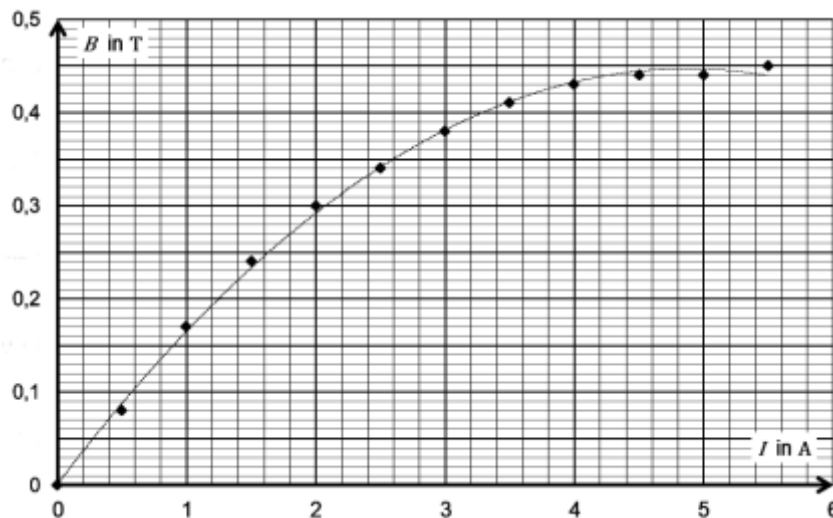
M5: Ausschnitt aus der Nuklidkarte mit vereinfachten Angaben

Hinweise: Angegeben sind nur mögliche α - und β -Zerfälle.

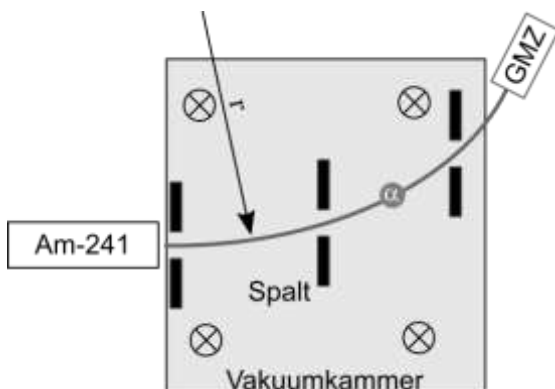
Der Zahlenwert hinter α gibt den Energiebetrag der α -Teilchen in MeV an.



M6: Schematischer Aufbau des Geiger-Müller-Zählrohrs
 Hinweis: Die Ziffern können zur Erläuterung verwendet werden.

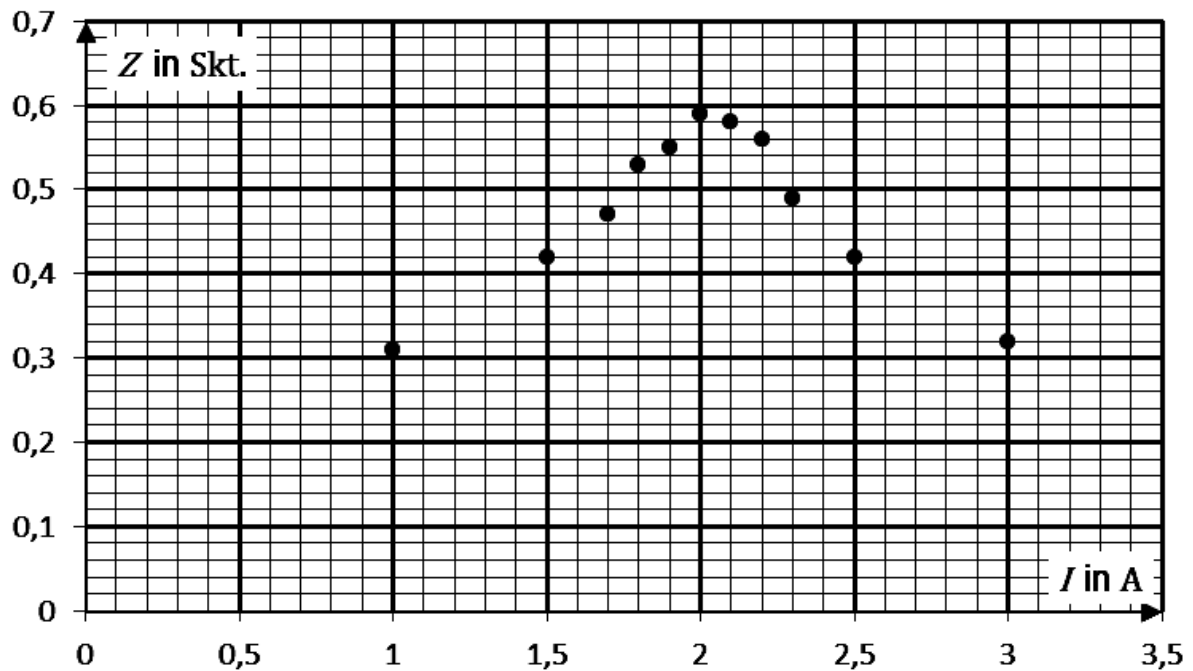


M7: Diagramm zur Kalibrierung des Elektromagneten
 Die magnetische Flussdichte B wird in Abhängigkeit von der elektrischen Stromstärke I gemessen und graphisch dargestellt.



Die Feldlinien des magnetischen Feldes verlaufen senkrecht zur Bewegungsrichtung der α -Teilchen und mit Orientierung in die Zeichenebene hinein. Es wird unter Verwendung des GMZ die Zählrate Z in Abhängigkeit von der elektrischen Stromstärke I gemessen. Der Radius r wird durch die Lage der Spalte vorgegeben und beträgt $r = 1,05 \text{ m}$.

M8: Schematische Darstellung einer Vakuummkammer im homogenen Magnetfeld mit versetzter Spaltanordnung.



M9: Messdaten zu Aufgabenteil 3.3

Hinweis: Es wird davon ausgegangen, dass der Nulleffekt bereits berücksichtigt wurde und dass nur Americium-241 im Präparat α -Strahlung aussendet. Die Breite des Maximums ist auf experimentelle Randbedingungen zurückzuführen und soll nicht weiter beachtet werden.

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung