

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 Widerstandes 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** Ermitteln Sie näherungsweise die in den ersten 110 s abgeflossene Ladungsmenge anhand des $t - I$ -Diagramms aus 1.1 mit einer aus dem Unterricht bekannten Methode, wobei Sie Ihren Lösungsweg dokumentieren.
Der Hersteller der Kondensatoren gestattet eine Abweichung der tatsächlichen Kapazität von 10% der angegebenen Kapazität.
Prüfen Sie, ob der verwendete Kondensator die Herstellervorgaben in M1 erfüllt. **[8 BE]**
- 1.3** 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. **[9 BE]**
- 1.4** In einem weiteren Versuch wird die Kapazität des Kondensators verdoppelt. Die Spannung, mit welcher der Kondensator geladen wurde, und der Widerstand bleiben unverändert.
Formulieren Sie eine begründete Hypothese bezüglich des Einflusses der Kapazität C auf die Halbwertszeit t_H .
Zeichnen Sie in M2 ausgehend von der Messkurve C den zeitlichen Verlauf der Stromstärke ein, wenn die Kapazität des Kondensators verdoppelt wird. **[5 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** Es wird Natriumdampf mit Licht einer Halogenlampe beleuchtet. Die Halogenlampe sendet ein kontinuierliches Spektrum im sichtbaren Bereich aus. Mit einem Gitter wird das auf den Schirm treffende Licht spektral zerlegt (M3). In M4 ist ein vereinfachtes Energieniveauschema von Natrium dargestellt.
Bestimmen Sie, welche Wellenlänge im sichtbaren Bereich das Licht der Halogenlampe aufweisen muss, um Natriumatome anzuregen.

Zentralabitur 2019	Physik	Material für Schülerinnen und Schüler	
Aufgabe I		eA	Bearbeitungszeit: 300 min

Erklären Sie den wesentlichen zu beobachtenden Unterschied in M3 zum kontinuierlichen Spektrum der Halogenlampe im Maximum erster Ordnung. **[7 BE]**

2.2 Wasserstoff ist Hauptbestandteil vieler Sterne und weist ein charakteristisches Spektrum auf. Erläutern Sie die Entstehung des Linienspektrums von Wasserstoff. **[4 BE]**

2.3 Für die Frequenzen der Spektrallinien bei Wasserstoffatomen gilt:
 $f = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$, mit $n = 1, 2, 3, \dots$; $m = 2, 3, 4, \dots$ und $m > n$.

Berechnen Sie für die Übergänge $m = 3$ zu $n = 2$ sowie $m = 4$ zu $n = 2$ die Frequenz des ausgesandten Lichts und notieren Sie den entsprechenden Farbeindruck.

Bestätigen Sie, dass alle Linien mit $n = 1$ und $m > 1$ im ultravioletten Spektralbereich liegen. **[7 BE]**

2.4 Die zuvor behandelten Aspekte Spektrallinien und Absorption von Licht in Gasen finden in der Analyse von Sternenspektren ihre Anwendung.

Erklären Sie, dass die in M5 durch einen Pfeil gekennzeichnete Stelle des Spektrums durch einen Vorgang in Wasserstoffatomen entstehen kann.

Nehmen Sie zur Aussage „Die Gasatmosphäre des Sterns enthält Wasserstoff“ Stellung. **[6 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 M6 die ersten drei Folgenuklide der Zerfallsreihe von Americium-241. Erläutern Sie das Funktionsprinzip des in M7 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 der Elektromagnet kalibriert (M8, M9).

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

$$B(I) = -0,018 \frac{\text{T}}{\text{A}^2} \cdot I^2 + 0,180 \frac{\text{T}}{\text{A}} \cdot I \text{ dargestellt werden kann.} \quad \mathbf{[3 BE]}$$

3.3 Nach erfolgter Kalibrierung durchlaufen die α -Teilchen den in M9 dargestellten Aufbau. Die Zählrate Z wird in Abhängigkeit von der Stromstärke I gemessen. M10 zeigt die Messdaten.

Ermitteln Sie anhand von M10 die zugehörige magnetische Flussdichte B des Maximums.

Erklären Sie das Auftreten des Maximums. **[8 BE]**

3.4 Die spezifische Ladung $\frac{q}{m}$ der ausgesandten α -Teilchen soll bestimmt werden.

Leiten Sie die Gleichung $\frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r}$ zur Bestimmung der spezifischen Ladung begründet her. (q : Ladung, m : Masse, v : Geschwindigkeit, r : Radius der Bahnkurve, B : magnetische Flussdichte).

Bestimmen Sie unter Verwendung der in Aufgabe 3 verwendeten Materialien die spezifische Ladung der ausgesandten α -Teilchen.

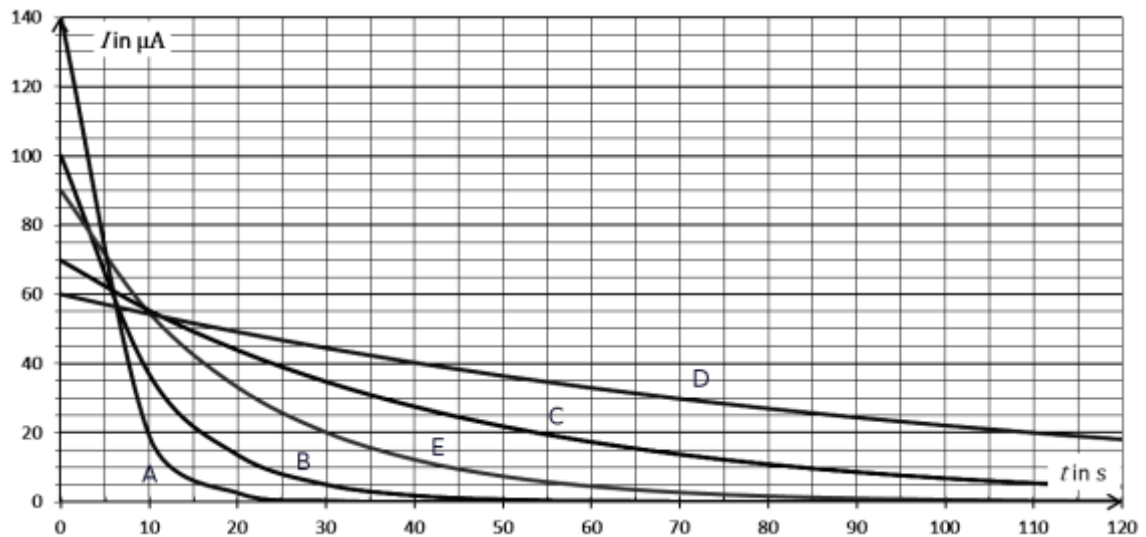
Hinweis: Die in der Nuklidkarte angegebenen Energiebeträge entsprechen der jeweiligen kinetischen Energie der ausgesandten α -Teilchen. Gehen Sie stark vereinfachend davon aus, dass die α -Teilchen

durch bauartbedingte Effekte am Präparat und Zählrohr im Mittel eine Abschwächung der kinetischen Energie von 20 % erhalten. Die Masse der α -Teilchen beträgt $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{kg}$. **[7 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

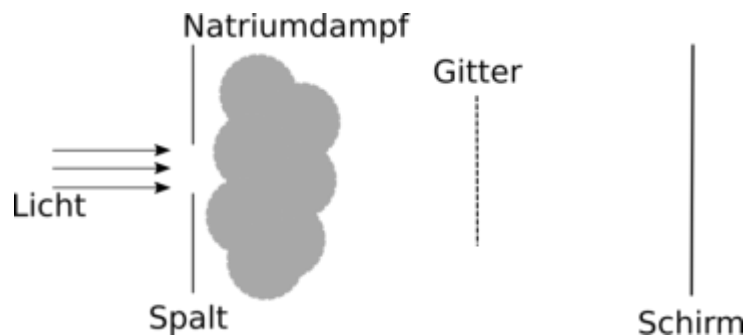
M1: Zeitlicher Verlauf der Kondensatorentladung ($C = 1000 \mu\text{F}$ (Herstellerangabe), $R = 33 \text{ k}\Omega$, $U = 3,0 \text{ V}$)



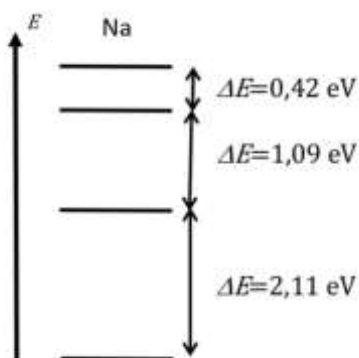
Zeitlicher Verlauf des Entladestroms in Abhängigkeit vom Widerstand mit dem Wert R bei konstanter Kapazität des Kondensators. Für unterschiedliche Widerstände wurde die Stromstärke während des Entladevorgangs erfasst und im obigen Diagramm dargestellt. Die Messreihe für $R = 33 \text{ k}\Omega$ ist nicht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

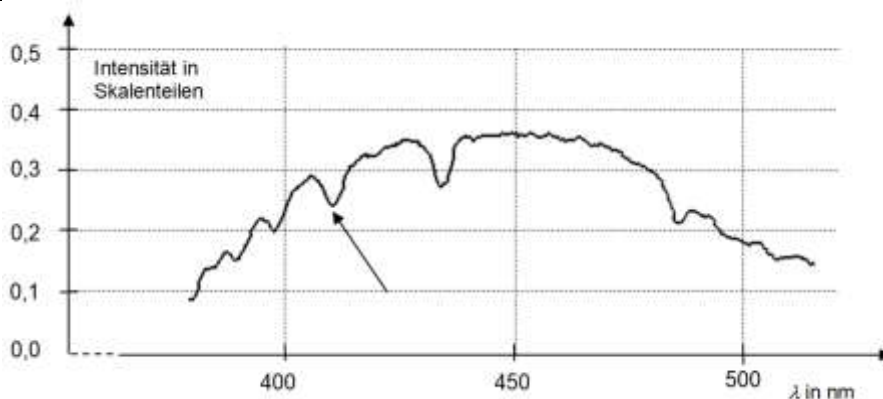
M2: Zeitlicher Verlauf des Entladestroms und Vorlage zur tabellarischen Darstellung



M3: Versuchsaufbau zu Aufgabe 2.1 (schematische Darstellung)
Erzeugung des Spektrums erfolgt mit einem Gitter.



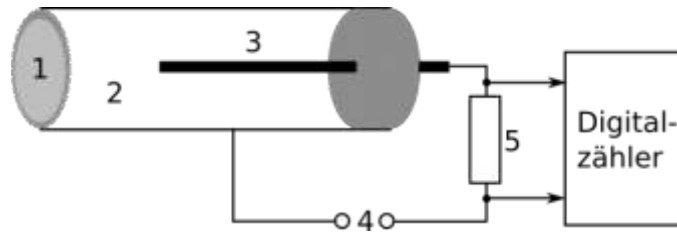
M4: Stark vereinfachtes Energieniveauschema für Natrium



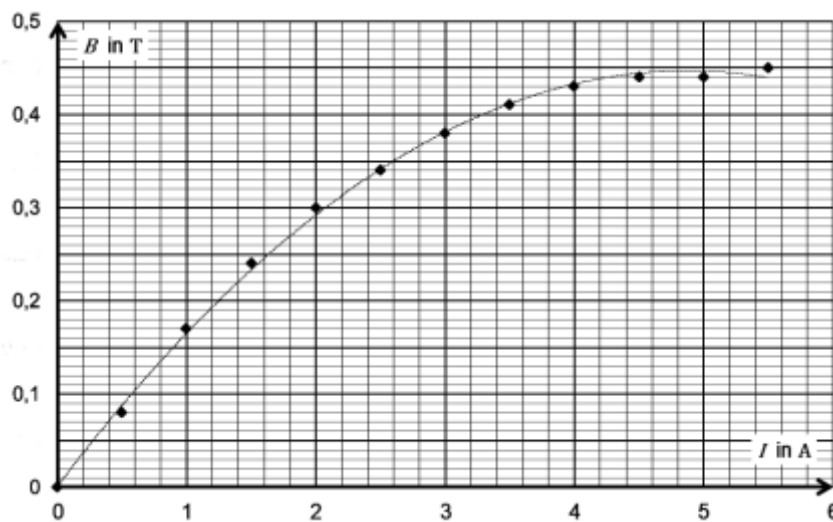
M5: Spektrum eines Sterns, aufgenommen von einem außerhalb der Erdatmosphäre platzierten Teleskop

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^-	

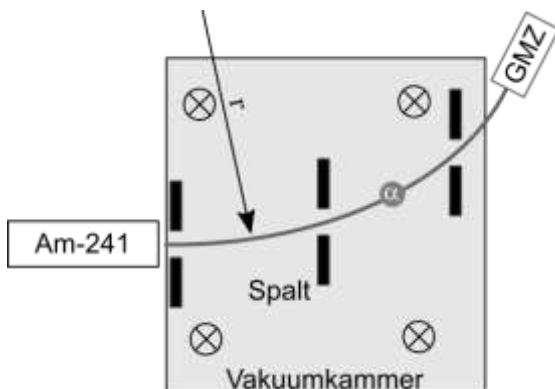
M6: Ausschnitt aus der Nuklidkarte mit vereinfachten Angaben
Hinweise: Angegeben sind nur mögliche α - und β -Zerfälle.
Der Zahlenwert hinter α gibt den Energiebetrag in MeV an.



M7: Schematischer Aufbau des Geiger-Müller-Zählrohrs
 Hinweis: Die Ziffern können zur Erläuterung verwendet werden.

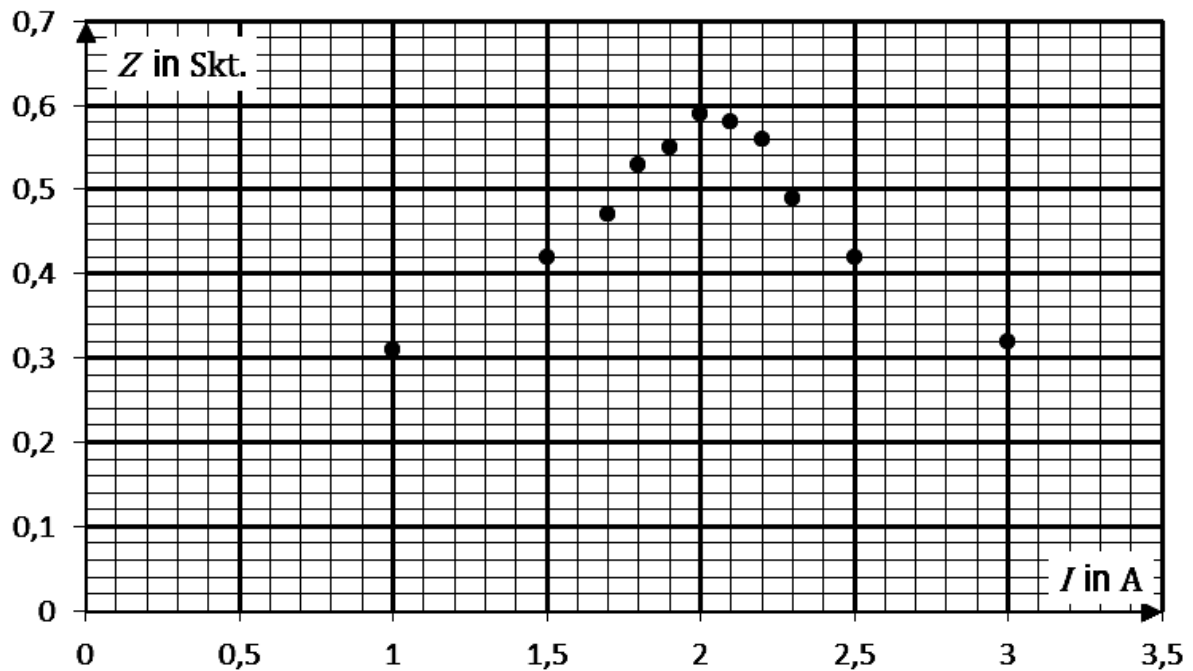


M8: Diagramm zur Kalibrierung des Elektromagneten
 Die magnetische Flussdichte B wird in Abhängigkeit von der elektrischen Stromstärke I gemessen und graphisch dargestellt.



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 $r = 1,05 \text{ m}$.

M9: Schematische Darstellung einer Vakuumkammer im homogenen Magnetfeld mit versetzter Spaltanordnung
 Hinweis: Protonen erfahren in einem Magnetfeld eine Lorentzkraft. Ihre Richtung ist entgegengesetzt zur Kraftwirkung auf Elektronen.



M10: 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 betrachtet 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