

Zentralabitur 2011	Physik	Schülermaterial
Aufgabe II	gA	Bearbeitungszeit: 220 min

Thema: Elektrische und magnetische Felder - Abklingprozesse

Die erste Aufgabe beschäftigt sich mit der Messung elektrischer Feldstärken und magnetischer Flussdichten. In der zweiten Aufgabe werden die Wirkung elektrischer Felder auf geladene Teilchen und die Ablenkung geladener Teilchen in Magnetfeldern betrachtet. In der dritten Aufgabe werden Abklingprozesse bei radioaktivem Zerfall untersucht.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

In der Anordnung gemäß Abb. 1 wird ein Messlöffel mit einer elektrischen Probeladung q in das homogene Feld eines Plattenkondensators gebracht. Die Kraft F , die unterschiedliche Probeladungen q im elektrischen Feld erfahren, wird gemessen und in Tabelle 1 angegeben.

- 1.1 Ermitteln Sie die Abhängigkeit der Kraft F von der Probeladung q mit den in der Tabelle 1 dargestellten Messwerten und die Feldstärke E des homogenen Feldes des Plattenkondensators.
- 1.2 Es werden nun zwei sich berührende, ungeladene Messlöffel (kleines Metallplättchen) senkrecht zu den Feldlinien in das gegenüber Aufgabe 1.1 unveränderte elektrische Feld des Plattenkondensators gebracht und dort getrennt (vgl. Abb. 2). Eine anschließende Messung ergibt auf jedem Löffel eine Ladung des Betrages $q = 7,3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, allerdings mit entgegengesetzten Vorzeichen.

Begründen Sie das Messergebnis anschaulich.

Bestimmen Sie aus der Beziehung $\sigma = \epsilon_0 \cdot E$ für die Flächenladungsdichte $\sigma = \frac{q}{A}$ eines Messlöffels erneut die Feldstärke E des homogenen Feldes des Plattenkondensators.

- 1.3 Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem man die Flussdichte eines magnetischen Feldes mit Hilfe einer Stromwaage bestimmen kann.

Vergleichen Sie diese Vorgehensweise mit der bei der Bestimmung der Feldstärke eines elektrischen Feldes gemäß Aufgabe 1.1, indem Sie Analogien und Unterschiede beschreiben.

Aufgabe 2

In einer Anordnung mit einem Beschleunigungskondensator und einem Magnetfeld (s. Abb. 3) werden unbekannte geladene Teilchen durch eine Spannung U_B beschleunigt. Dann durchlaufen sie ein senkrecht dazu stehendes homogenes Magnetfeld der Flussdichte B und treffen auf einen Bildschirm.

Idealisierend werden nur homogene Felder betrachtet.

- 2.1 Für in Richtung Bildschirm mit einer Spannung U_B beschleunigte geladene Teilchen der Ladung q und der Masse m_q gilt die Gleichung $v = \sqrt{2 U_B \cdot \frac{q}{m_q}}$.

Leiten Sie die Gleichung für die Geschwindigkeit v begründet her.

Erklären Sie die Auswirkung einer Vervierfachung der Beschleunigungsspannung U_B auf die Geschwindigkeit v .

- 2.2 Im Magnetfeld werden die Teilchen auf eine Kreisbahn des Radius r abgelenkt.

Beschreiben Sie die physikalischen Zusammenhänge, die zu einer Kreisbahn führen.

Zentralabitur 2011	Physik	Schülermaterial
Aufgabe II	gA	Bearbeitungszeit: 220 min

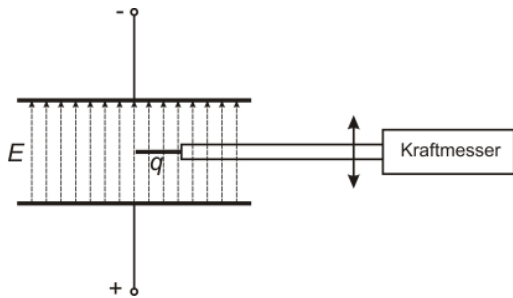
- 2.3 Werden die Teilchen mit $U_B = 100 \text{ V}$ beschleunigt, so werden sie durch ein Magnetfeld mit $B = 0,375 \text{ mT}$ auf eine Kreisbahn des Radius $r = 9,0 \text{ cm}$ abgelenkt.
- Aus den Daten für B , r und U_B lässt sich die Geschwindigkeit v der Teilchen mit Hilfe der Gleichung $v = \frac{2 \cdot U_B}{r \cdot B}$ bestimmen.
- Berechnen Sie aus den gegebenen Daten diese Geschwindigkeit v .
- Leiten Sie die hier angegebene Gleichung begründet her.
- Hinweis: Nutzen Sie u.a. die Tatsache, dass hier die Lorentzkraft als Zentripetalkraft auftritt.
- Bestimmen Sie mit der Gleichung aus Aufgabe 2.1 die spezifische Ladung $\frac{q}{m_q}$ der Teilchen.
- Begründen Sie damit, um welche Teilchen es sich handelt.

Aufgabe 3

Die Bestrahlung einer Silberfolie mit langsamen Neutronen bewirkt, dass in der Folie radioaktive Silberisotope entstehen. Unmittelbar nach Beenden der Bestrahlung wird die daraufhin von den radioaktiven Isotopen ausgesandte β -Strahlung in einem Zählrohr registriert: Es wird die um die Nullrate bereinigte Zählrate $n(t)$ in Abhängigkeit von der Zeit t gemessen. Die Tabelle 2 zeigt das durchschnittliche Ergebnis der Messung der Anzahl $n(t)$ im Zeitraum 240 s bis 450 s nach Beenden der Bestrahlung.

- 3.1 Bestätigen Sie, dass der in der Tabelle 2 registrierte Zerfall der radioaktiven Silberisotope durch eine Exponentialfunktion beschrieben werden kann.
- Bestimmen Sie für diesen Zerfall die Halbwertszeit.
- Bestätigen Sie, dass die für diesen Zerfall zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ zu erwartende Zählrate ca. $4,5 \frac{1}{\text{s}}$ ist.
- Hinweis: Auch bei Verwendung eines grafikfähigen oder CAS-Taschenrechners sind die Arbeitsschritte so zu dokumentieren, dass der Lösungsweg nachvollziehbar ist.
- 3.2 Die Abb. 4 zeigt das durchschnittliche Ergebnis der um die Nullrate bereinigten Messung im Zeitraum 0 s bis 60 s nach Beendigung der Bestrahlung. Die Messkurve wird in guter Näherung durch die Gleichung $n(t) = 52,20 \frac{1}{\text{s}} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t}$ dargestellt.
- Bestätigen Sie durch geeignetes Ablesen im Diagramm, dass die Halbwertszeit im Zeitraum 0 s bis 60 s etwa $t_{1/2} \approx 28 \text{ s}$ beträgt.
- Berechnen Sie ausgehend von dieser Annahme für den Zeitpunkt 240 s die Zählrate.
- 3.3 Bei der Bestrahlung der Silberfolie mit langsamen Neutronen entstehen die radioaktiven Silberisotope $^{108}_{47}\text{Ag}$ und $^{110}_{47}\text{Ag}$ mit den Halbwertszeiten $t_{1/2} \approx 147 \text{ s}$ und $t_{1/2} \approx 24,6 \text{ s}$.
- Erläutern Sie anhand der Nuklidkarte aus Abb. 5 die Entstehung der beiden radioaktiven Silberisotope.
- Begründen Sie, dass in der Messung für die Zeit 0 s bis 60 s (Abb. 4) überwiegend nur die vom Silberisotop $^{110}_{47}\text{Ag}$ mit der Halbwertszeit $t_{1/2} \approx 24,6 \text{ s}$ ausgehende Strahlung registriert wird, und dass in der Messung für die Zeit 240 s bis 450 s (Tabelle 2) fast nur die vom Silberisotop $^{108}_{47}\text{Ag}$ mit den Halbwertszeiten $t_{1/2} \approx 147 \text{ s}$ ausgehende Strahlung registriert wird.

Material

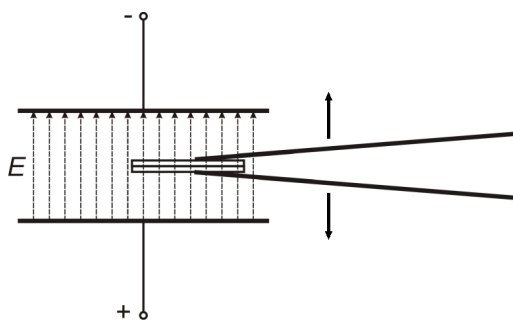


Der Messlöffel mit der Probeladung q ist über eine isolierende Stange mit dem Kraftmesser verbunden. Der Kraftmesser misst die Kraft F auf q parallel zu den Feldlinien des elektrischen Feldes.

Abb. 1: Anordnung zur Messung der Kraft F auf eine Probeladung q in einem homogenen elektrischen Feld

q in C	$5,50 \cdot 10^{-9}$	$8,10 \cdot 10^{-9}$	$12,0 \cdot 10^{-9}$	$15,0 \cdot 10^{-9}$	$18,0 \cdot 10^{-9}$
F in mN	3,81	5,65	8,20	10,4	12,4

Tabelle 1: Abhängigkeit der Kraft F auf eine Probeladung q im homogenen elektrischen Feld von q



Jeder der beiden Messlöffel hat eine Größe von 3 cm x 4 cm.

Die beiden ungeladen in das Feld gebrachten Messlöffel werden innerhalb des Feldes getrennt.

Abb. 2: Trennung zweier ungeladener Messlöffel in einem homogenen elektrischen Feld

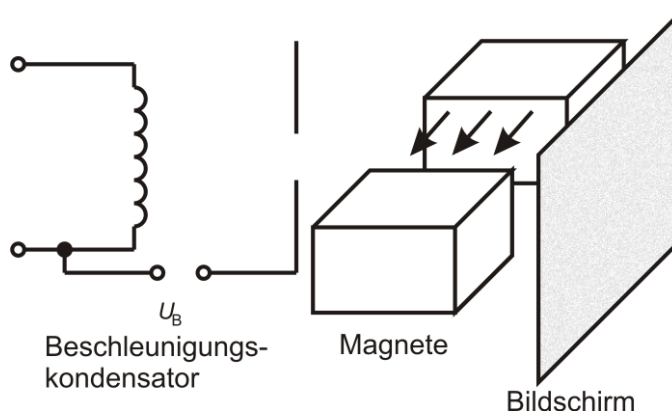


Abb. 3: Versuchsaufbau (schematische Zeichnung – die Pfeile kennzeichnen die Richtung des Magnetfeldes)

t in s	240	270	300	330	360	390	420	450
$n(t)$ in $\frac{1}{s}$	1,41	1,20	1,03	0,89	0,77	0,67	0,58	0,50

Tabelle 2: durchschnittliche um die Nullrate bereinigte Zahl der pro Sekunde im Zählrohr registrierten Teilchen $n(t)$ in Abhängigkeit von der Zeit t

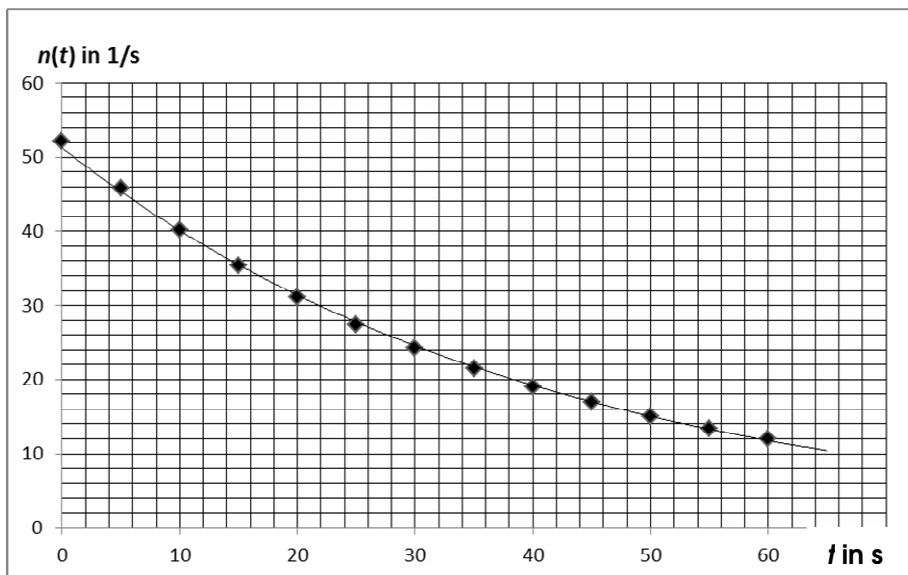


Abb. 4: durchschnittliche um die Nullrate bereinigte Zahl der pro Sekunde im Zählrohr registrierten Teilchen $n(t)$ in Abhängigkeit von der Zeit t

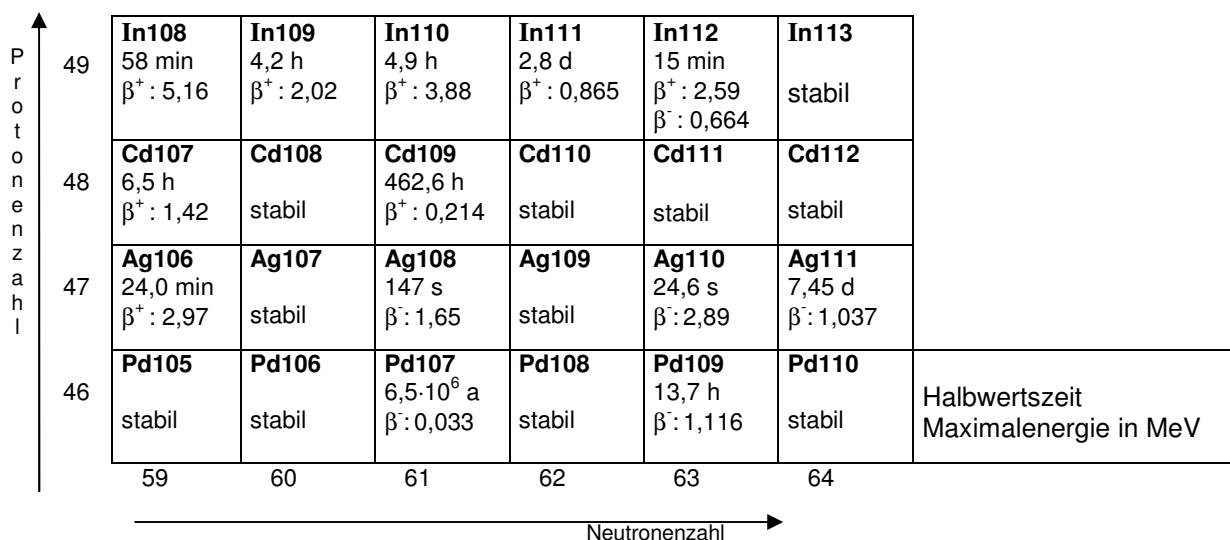


Abb. 5: vereinfachter Ausschnitt aus einer Nuklidkarte

Hilfsmittel

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