
Nachklausur in Experimentalphysik 2

Prof. Dr. C. Pfeiderer

Sommersemester 2016

13.10.2016

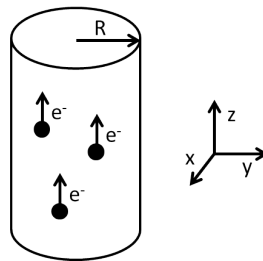
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

Aufgabe 1 (7 Punkte)

Gegeben sei ein zylindrischer Elektronenstrahl mit Radius R . Innerhalb des Elektronenstrahls sei die Ladungsdichte gegeben durch $\rho(r) = \rho_0 \left(1 + \frac{r^2}{R^2}\right)$, wobei $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ den Abstand von der Zylinderachse in der x-y-Ebene bezeichnet. Außerhalb des Zylinders sei die Ladungsdichte gleich null.

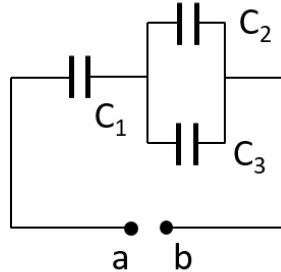


- Berechnen Sie Betrag und Richtung des elektrischen Feldes innerhalb und außerhalb des Elektronenstrahles in Abhängigkeit des Ortes.
- Die Elektronen bewegen sich innerhalb des Strahles mit einer Geschwindigkeit v_0 in positive z-Richtung.
Berechnen Sie Betrag und Richtung des Magnetfeldes innerhalb und außerhalb des Elektronenstrahles in Abhängigkeit des Ortes.

Hinweis: Das Volumenelement in Zylinderkoordinaten ist $dV = r dr d\phi dz$.

Aufgabe 2 (7 Punkte)

Gegeben sei die folgende Schaltung:



- (a) Berechnen Sie die äquivalente Kapazität der Schaltung, d.h. die Kapazität zwischen den Punkten a und b. Dabei soll gelten: $C_1 = 6\mu\text{F}$, $C_2 = 4\mu\text{F}$ und $C_3 = 8\mu\text{F}$.
- (b) Die Kondensatoren werden durch eine 12V Batterie (zwischen a und b platziert) aufgeladen. Berechnen Sie jeweils die Ladung auf den Kondensatoren und die an ihnen abfallende Potentialdifferenz.
- (c) Nun wird die Batterie getrennt und zwischen dem Punkt a und C_1 ein Widerstand mit $R = 5\text{M}\Omega$ eingebaut. Anschließend wird der Schaltkreis zwischen a und b kurzgeschlossen. Stellen Sie die Differentialgleichung für das gegebene Problem auf und berechnen Sie die Zeit nach der die äquivalente Kapazität zur Hälfte entladen ist.

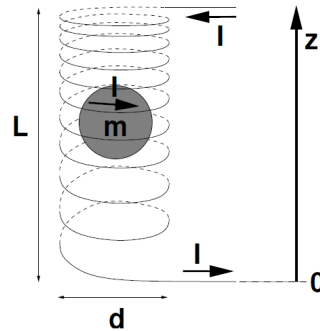
Aufgabe 3 (3 Punkte)

Die beiden natürlich vorkommenden Chlorisotope ^{37}Cl ($m = 37u = 37 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}$) und ^{35}Cl ($m = 35u = 35 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}$) sollen voneinander getrennt werden. Dazu wird zunächst eine natürliche Mischung dieser einfach ionisierte Chloratome (eine negative Ladung) durch Anlegen einer elektrischen Spannung U beschleunigt.

- (a) Leiten Sie einen Ausdruck für die Endgeschwindigkeit der Ionen in Abhängigkeit der angelegten Spannung her (klassisch).
- (b) Anschließend werden die Ionen durch ein senkrecht zur Flugbahn der Ionen ausgerichtetes Magnetfeld gelenkt. Bestimmen Sie den Radius r der Kreisbahn.
- (c) Die Ionen treffen nach dem Durchlaufen des Halbkreises auf einen Detektor. Wie groß muss die Beschleunigungsspannung U mindestens sein, damit der Abstand zwischen den beiden Isotopen auf dem Detektor mindestens 2 cm ist, wenn ein Magnetfeld von $B = 2\text{T}$ anliegt?

Aufgabe 4 (4 Punkte)

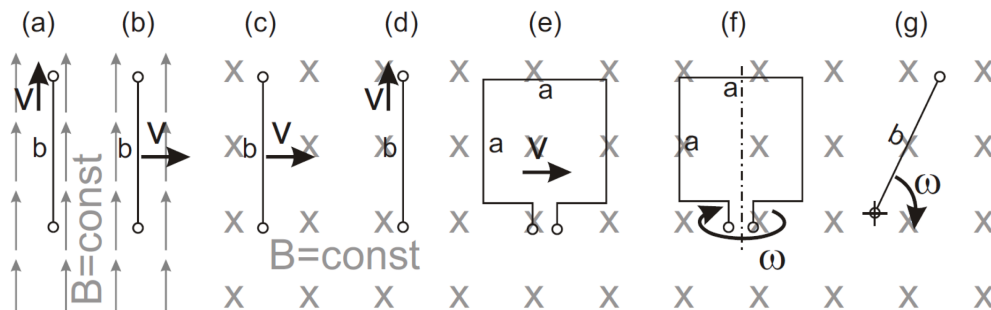
Eine magnetisierte Kugel mit Masse $m = 50\text{kg}$ soll in einem Magnetfeld zum Schweben gebracht werden. Das Magnetfeld wird durch eine senkrecht stehende Spule mit Länge $L = 10\text{cm}$ und Durchmesser $d = 2\text{cm}$ erzeugt, welche von einem Strom I durchflossen wird. Die Spule ist inhomogen gewickelt und hat eine Windungsdichte von $dN/dz = 2N_0z/L^2$, wobei $N_0 = 100$ die Gesamtanzahl der Windungen beschreibt.



- Wie lautet die Formel für das Magnetfeld $\vec{B}(z)$ im Spuleninneren in Abhängigkeit von z ?
Hinweis: Statt N/L bei einer homogen gewickelten Spule ist hier dN/dz zu verwenden.
- Berechnen Sie in Abhängigkeit des Stroms I die Kraft $\vec{F}_B = (\vec{\mu}_M \cdot \vec{\nabla}) \vec{B}$, die das Magnetfeld auf die Kugel ausübt. Gehen Sie dabei davon aus, dass das magnetische Moment der Kugel $\vec{\mu}_M$ in Magnetfeldrichtung zeigt und einen Betrag von $|\vec{\mu}_M| = 5,5\text{J/T}$ hat.
- Welcher Strom I muss in der Spule fließen, damit die Kugel in der Spule schwebt?

Aufgabe 5 (5 Punkte)

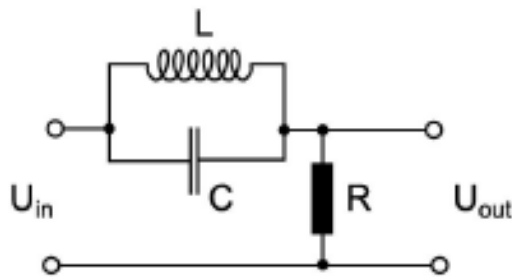
Die Abbildung zeigt verschiedene Situationen, in denen Leiter (a-d,g) oder Leiterschleifen (e,f) in unterschiedlich orientierten homogenen Magnetfeldern der Flussdichte $B = 50\text{ mT}$ bewegt werden. Geben Sie jeweils die induzierte Spannung $U(t)$ zwischen den Leiterenden an! Die Länge der geraden Leiter beträgt $b = 10\text{ cm}$, die Kantenlänge der quadratischen Leiterschleifen ist $a = 8\text{ cm}$. Der Geschwindigkeitsbetrag der Translationsbewegungen (a-e) beträgt jeweils $v = 0,5\text{ m/s}$ und die Winkelgeschwindigkeit der Rotationsbewegungen ist $\omega = 0,3\text{ rad/s}$ (f,g).



Aufgabe 6 (6 Punkte)

Gegeben sei ein Widerstand R , ein Kondensator mit Kapazität C und eine Spule mit Induktivität L in der skizzierten Anordnung.

- (a) Berechnen Sie den komplexen Widerstand Z der Schaltung.
- (b) Berechnen Sie das Verhältnis von Ausgangs- zu Eingangsspannung U_{out}/U_{in} und zwar sowohl den Betrag $|U_{out}/U_{in}|$ als auch die Phase ϕ als Funktion der Kreisfrequenz ω .
- (c) Skizzieren Sie den Betrag $|U_{out}/U_{in}|$ als Funktion der Frequenz f . Wozu kann man diese Schaltung verwenden?



Aufgabe 7 (5 Punkte)

Eine sich in x -Richtung ausbreitende elektromagnetische Welle kann man durch ein elektrisches und ein magnetisches Feld der Form $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(2\pi(ft - \frac{x}{\lambda}))$ und $\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_0 \cos(2\pi(ft - \frac{x}{\lambda}))$ darstellen. λ ist dabei die Wellenlänge, die mit der Frequenz über $\lambda = c/f$ zusammenhängt. \vec{E} besitzt ohne Beschränkung der Allgemeinheit nur eine Komponente in z -Richtung. Verwenden Sie im Weiteren die differentielle Darstellung des Faraday'schen Induktionsgesetzes $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \vec{B}$.

- a) Zeigen Sie mit dem Faradayschen Gesetz, dass \vec{B} senkrecht auf \vec{E} und ebenso senkrecht auf der Ausbreitungsrichtung steht.
- b) Zeigen Sie, dass $|\vec{E}| = c|\vec{B}|$ gilt.

Konstanten

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{CV}^{-1}\text{m}^{-1}$$

$$e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

$$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{kg}$$

$$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{mkg s}^{-2} \text{A}^{-2}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$$