Diplomvorprüfung zur Vorlesung Experimentalphysik II

Prof. Dr. M. Stutzmann, 09.09. 2004

Bearbeitungszeit:	90 min
Umfang:	5 Aufgaben
Gesamtpunktzahl:	52

Erklärung:
Ich erkläre mich damit einverstanden, dass mein Prüfungsergebnis zusammen mit meiner Matrikelnummer (ohne Namen) zur Vereinfachung des Informationsflusses im Internet einsehbar ist.

Garching, den 09.09.2004 Name (in Druckschrift):

Matrikelnummer: Unterschrift:

Aufgabe 1 (16 Punkte)

In einem dreistufigen Kreisprozess sollen $n = 10$ Mol eines idealen Gases verwendet werden. Schritt 1→2 besteht aus einer adiabatischen Expansion des Arbeitsgases und wird gefolgt von der isobaren Abkühlung in Schritt 2→3. Weiterhin gelte:
$p_2 = 1$ bar, $p_1 = 2\,p_3$, $T_1 = 600$ K sowie $V_1 = V_3$.
Die molare Wärmekapazität des verwendeten Gases bei konstantem Volumen sei $c_{\mathrm{v,mol}} = 2{,}5\,R$, wobei R die allgemeine Gaskonstante ist.

a) Skizzieren Sie den Prozess im p-V-Diagramm
b) Benennen Sie die Art der Zustandsänderung während des Übergangs 3→1.
c) Berechnen Sie den Adiabatenkoeffizienten κ des Gases.
d) Errechnen Sie die Zustandsvariablen V_1, V_2, T_2, und T_3.
e) Bestimmen Sie die dem System zugeführten Wärmemengen $Q_{1\to2}$, $Q_{2\to3}$, $Q_{3\to1}$ und die am System geleisteten Arbeiten $W_{1\to2}$, $W_{2\to3}$ und $W_{3\to1}$.
f) Berechnen Sie die eingeschlossene Fläche im p-V-Diagramm durch Integration. Vergleichen Sie das Ergebnis mit den Resultaten aus e).
g) In welcher Richtung muss der Prozess durchlaufen werden, um als Wärmekraftmaschine dienen zu können und welchen Wirkungsgrad erhält man dafür?

Aufgabe 2 (7 Punkte):

Nach dem Bohr'schen Atommodell umkreisen Elektronen positiv geladene Nukleonen auf Kreisbahnen. Hier betrachten wir den Fall, dass ein Elektron ein einzelnes Proton umkreist. Zusätzlich wird die Bedingung an das Elektron gestellt, dass der Bahndrehimpuls des Elektrons ein ganzzahliges Vielfaches n des Bahndrehimpulses $\hbar = h/2\pi$ (h ist das Planck`sche Wirkungsquantum) ist.

a) Berechnen Sie den Gleichgewichtsradius in Abhängigkeit von n und geben Sie dessen Wert für die erste Bahn ($n = 1$) an.

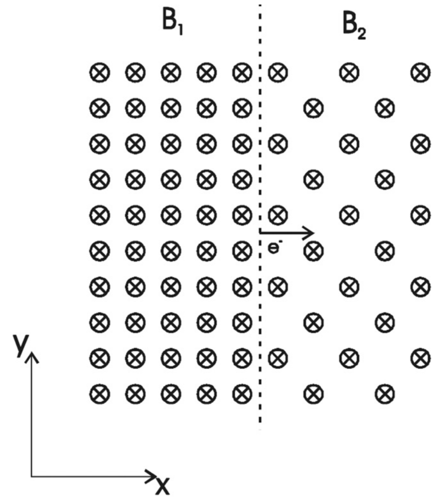
b) Berechnen Sie das durch die Kreisbewegung des Elektrons verursachte magnetische Moment in Abhängigkeit von n.

c) Wie groß ist das durch die Bewegung des Elektrons verursachte Magnetfeld am Ort des Protons, wenn sich das Elektron auf der ersten Bahn befindet?

Aufgabe 3 (15 Punkte)

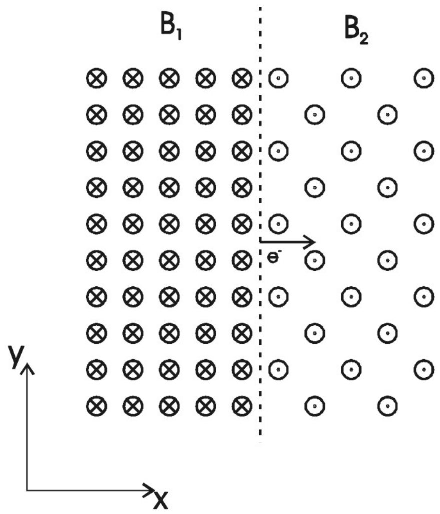
In zwei Halbebenen des Raumes werden parallele Magnetfelder unterschiedlicher Feldstärke erzeugt.

Wie in der rechten Abbildung dargestellt, weisen die Magnetfelder senkrecht in die Papierebene hinein. Es gilt ferner, dass $B_1 > B_2$ ist. Genau an der Grenze der Halbebenen wird nun eine Elektronenquelle eingebaut, die Elektronen mit der kinetischen Energie E, Masse m_e und Ladung e in positive x-Richtung emittiert.



(a) Welche Geschwindigkeit v besitzen die Elektronen nachdem sei die Quelle verlassen?
(b) In welche Richtung wird das Elektron nach dem Verlassen der Quelle abgelenkt (positive oder negative y-Richtung)?
(c) Berechnen Sie den Radius der Elektronenbahn wenn sich das Elektron im rechten bzw. linken Teilraum aufhält ($B = B_2$ bzw. $B = B_1$).
(d) Skizzieren Sie die Flugbahn für den Fall, dass B_1 doppelt so groß wie B_2 ist. Zeichnen Sie die jeweiligen Bahnradii ein. Gibt es Kreuzungspunkte der Bahnen und wenn ja wo?
(e) Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit der Elektronen in y-Richtung in Abhängigkeit von der Energie E und den (nun beliebig großen) Magnetfeldern B_1 und B_2? Hinweis: Berechnen Sie dazu die Flugdauern in den beiden Halbebenen.

Die Richtung des Magnetfeldes im rechten Teilraum wird nun umgekehrt (siehe Abbildung rechts).



(f) Skizzieren Sie nun die Flugbahn der Elektronen für den Fall $|B_1| = 2 \times |B_2|$. Zeichnen Sie die jeweiligen Bahnradii ein. Sind hier Kollisionen von Elektronen möglich und wenn ja wo?
(g) Berechnen Sie auch für diesen Fall die mittlere Geschwindigkeit in y-Richtung (in Abhängigkeit von E, B_1, B_2).
(h) Die Breite des Bereichs von B_2 wird nun auf 10 cm durch eine Wand begrenzt (in x-Richtung). Wie groß muss das Feld B_2 sein, damit Elektronen mit einer kinetischen Energie von E = 100 eV gerade nicht an der Begrenzung anstoßen.

Aufgabe 4: Magneto-Hydrodynamischer Generator (5 Punkte)

Bei einem MHD-Generator (Magneto-Hydrodynamischer Generator) sollen folgende idealisierte Verhältnisse vorliegen:

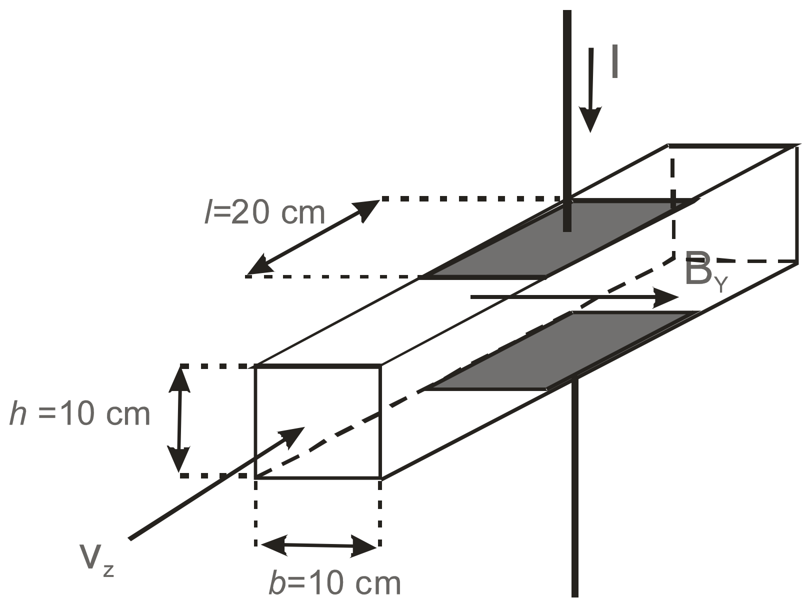
In einem Kanal mit quadratischem Querschnitt (Breite b = 10 cm, Höhe h = 10cm) strömt eine Flüssigkeit mit der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit σ = 1 S/cm mit der konstanten Geschwindigkeit v_z = 1 km/s. Senkrecht zur Strömungsrichtung wirkt über die Länge l = 20 cm ein homogenes Magnetfeld B_y = 1 T. An beiderseits angebrachten Elektroden von 10 cm x 20 cm Fläche kann der Strom I entnommen werden. Das vom Strom I zusätzlich erzeugte Magnetfeld soll außer Acht gelassen werden.

a) Welche elektrische Feldstärke E_{ind} herrscht zwischen den beiden Elektroden?

b) Wie groß ist die Leerlaufspannung V_{OC} des Generators?

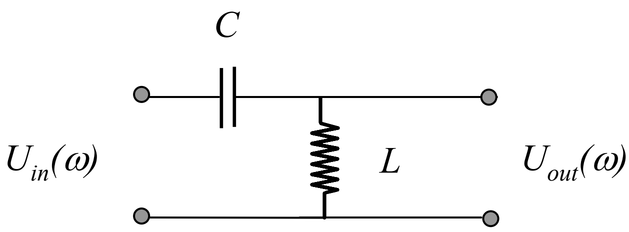
c) Welcher Wert ergibt sich für den Innenwiderstand des Generators unter der Annahme, dass der entnommene Strom I sich gleichmäßig über die Kontaktfläche von 10 cm x 20 cm verteilt?

d) Wie groß ist der maximal entnehmbare Strom (=Kurzschlußstrom) I_{SC} ?



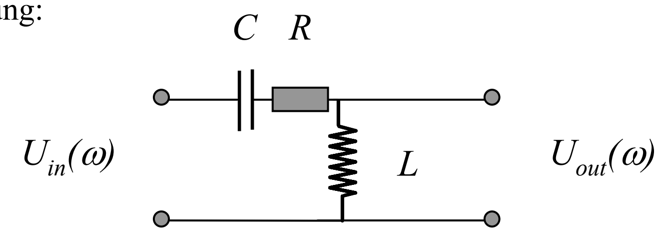
5. LC-Kreis (5 Punkte)

Gegeben sei die folgende Schaltung:



a) Berechnen Sie die komplexe Eingangsimpedanz $Z_{in}(\omega)$ und die frequenzabhängige Übertragungsfunktion $S(\omega) = \left| \frac{U_{out}(\omega)}{U_{in}(\omega)} \right|$.

b) Betrachten Sie nun die Änderung der Schaltung gemäß der folgenden Abbildung:



Berechnen Sie ebenfalls die Übertragungsfunktion $S(\omega)$.

c) Skizzieren Sie die in a) und b) berechneten Übertragungsfunktionen. Für welche Anwendung würde man eine solche Schaltung einsetzen?