

# Nachholsemestrale zur Experimentalphysik 2

Prof. Dr. Christian Pfeiderer

25. September 2008

**Aufgabe 1** (5 Punkte) Auf zwei konzentrischen leitenden Kugelflächen mit den Radien  $R_1$  und  $R_2$  befinden sich die Ladungen  $Q$  und  $-Q$ .

- (a) Bestimmen Sie die Feldstärke zwischen den beiden Kugeln als Funktion von  $r$ .
- (b) Bestimmen Sie die Potentialdifferenz zwischen den beiden Kugeln.
- (c) Wie groß ist die Kapazität dieses Kugelkondensators?

**Aufgabe 2** (6 Punkte) In einer Braunschen Röhre werden Elektronen von einer Glühkathode ins Vakuum emittiert und anschließend in einem näherungsweise homogenen (d.h. räumlich konstanten) elektrostatischen Feld  $\mathbf{E}$  auf ein Anodengitter hin beschleunigt.

- (a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung eines Elektrons in der Braunschen Röhre auf.
- (b) Lösen Sie die Bewegungsgleichung. Gehen Sie dabei davon aus, dass sich das Elektron unmittelbar nach der Emission noch in Ruhe befindet.
- (c) Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit des Elektrons nachdem es die Beschleunigungsstrecke  $s$  zwischen Kathode und Anode durchlaufen hat, nur von der Spannung  $U$  abhängig ist, also vom Produkt  $U = Es$ .
- (d) Definieren Sie die Energieeinheit 1 Elektronenvolt (1 eV). Wieviel ist das in Joule? Welche Geschwindigkeit hat ein Elektron der Energie 1 eV? Welche Geschwindigkeit hat ein Proton der Energie 1 eV?

Die Masse eines Elektrons ist  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg, der Betrag seiner Ladung ist  $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$  C. Die Masse des Protons ist  $m_p = 1836m_e$ .

**Aufgabe 3** (5 Punkte) Eine Spule mit  $L = 2.2 \text{ H}$  wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  über einen Widerstand  $R = 470 \Omega$  mit einer Batterie  $U = 9 \text{ V}$  verbunden.

- (a) Stellen Sie die Differentialgleichung auf, die den Stromfluss durch die Spule beschreibt. Lösen Sie sie mit der korrekten Anfangsbedingung.
- (b) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung und der Stromstärke an der bzw. durch die Spule.
- (c) Wieviel Energie wird in Wärme umgewandelt bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Stromstärke 90% ihres Maximalwerts erreicht?

**Aufgabe 4** (6 Punkte) Die elektrische Ladung  $Q$  sei gleichmäßig über das Volumen einer Kugel verteilt. Die Kugel hat den Radius  $R$ , die Masse  $M$  und rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um eine Mittelachse. Berechnen Sie das magnetische Moment  $\mathbf{p}_m = \frac{1}{2} \int d^3x \mathbf{x} \times \mathbf{j}(\mathbf{x})$ .  
Hinweis: Das Volumenelement in Kugelkoordinaten ist  $r^2 \sin \vartheta$ .

**Aufgabe 5** (6 Punkte)

- (a) Zeigen Sie, dass für zeitabhängige Felder die Verallgemeinerung des Ampereschen Durchflutungsgesetzes gegeben ist durch:

$$\int_C \vec{H} \cdot d\vec{r} = \int_F \vec{J} \cdot d\vec{A} + \int_F \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{A}$$

wobei  $C$  der Rand der Fläche  $F$  ist.

- (b) Zeigen Sie, dass der Maxwellsche Verschiebungsstrom eine Konsequenz der Ladungserhaltung darstellt.

**Aufgabe 6** (6 Punkte) Im folgenden soll der Carnot-Zyklus diskutiert werden.

- (a) Zeichnen Sie das  $p$ - $V$ -Diagramm.
- (b) Benennen Sie die einzelnen Zustandsänderungen und berechnen Sie jeweils (i) die dem System zugeführte Wärme  $Q$  und (ii) die am System verrichtete Arbeit  $W$ .
- (c) Berechnen Sie den Wirkungsgrad. Denken Sie sich halbwegs realistische Werte für  $T_1$  und  $T_2$  aus, und schätzen Sie damit ab, in welchem Bereich der Wirkungsgrad typischerweise liegt. Welche allgemeine Bedeutung hat der Carnot-Wirkungsgrad in Bezug auf die Umwandelbarkeit von Wärme in Arbeit?

**Aufgabe 7** (6 Punkte) Die Wassertiefe in einem Becken soll bestimmt werden, indem man ein einseitig verschlossenes Rohr der Länge  $L$  mit der offenen Seite nach unten senkrecht in das Becken taucht bis es den Grund fast berührt (siehe Skizze). Durch die Kompression der im Rohr befindlichen Luft erhöht sich ihr Druck, der mit einem Sensor am verschlossenen Ende gemessen wird. Wie tief steht das Wasser im Becken, wenn der Drucksensor den Wert  $p$  anzeigt? Behandeln Sie die Luft als ein ideales Gas, vernachlässigen Sie die Temperaturerhöhung der Luft durch die Kompression und auch die Änderung des Wasserspiegels durch das Eintauchen des Rohres.

