Semestralklausur zur Experimentalphysik 2

Besprechung ab dem 8. Juli 2008

Aufgabe 1 (5 Punkte) Betrachten Sie ein beheizbares Zimmer mit dem Volumen $75\,\mathrm{m}^3$ und der Anfangstemperatur 14°C. Die Heizung werde nun aufgedreht bis die Endtemperatur 20°C erreicht ist. Das Zimmer ist bis auf die in ihm enthaltene Luft leer.

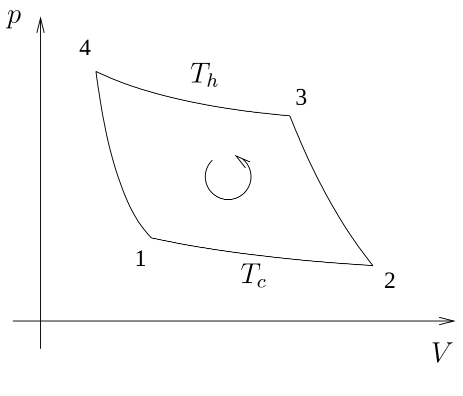
(a) Wie groß ist die in der Zimmerluft anfänglich enthaltene Energie?

(b) Wie groß ist die Energie der Zimmerluft nach Beendigung des Heizvorgangs?

(c) Welche Wärmemenge hat die Heizung abgegeben?

Betrachten Sie Luft näherungsweise als reinen Stickstoff. Der Luftdruck im Zimmer und außerhalb sei konstant 1013 hPa.

Aufgabe 2 (8 Punkte) Betrachten Sie eine umgekehrt arbeitende Carnot-Maschine (=Wärmepumpe) mit idealem Gas als Arbeitsmedium zwischen den Temperaturniveaus T_c und $T_h > T_c$.



(a) Benennen Sie die Arbeitsschritte 1→2, 2→3, 3→4 und 4→1.

(b) Berechnen Sie den Wirkungsgrad $\eta = Q_{12}/W$ der Wärmepumpe als Funktion von T_c und T_h. Q_{12} bezeichnet die im Schritt 1→2 vom Medium aufgenommene Wärme und W die insgesamt am Medium verrichtete Arbeit. Sie dürfen voraussetzen, dass $V_1/V_2 = V_4/V_3$ gilt.

(c) Um eine Kühlbox an einem warmen Sommertag bei Außentemperatur 27°C auf -20°C zu halten, entzieht die eingebaute Carnot-Wärmepumpe der Kühlbox Wärme mit einer Rate von 1.25 kW. Wie groß ist der Wirkungsgrad der Kühlbox und welche elektrische Leistung ist für den Betrieb im Idealfall notwendig?

Aufgabe 3 (6 Punkte) In einem Volumen, das durch zwei konzentrische kugelförmige Flächen der Radien R_1 und R_2 mit $R_1 < R_2 < 2R_1$ begrenzt ist, befindet sich eine Ladungsverteilung mit Raumladungsdichte $\rho = a/r^2$.

(a) Wie groß ist die gesamte Ladung zwischen den Flächen?

(b) Berechnen und skizzieren Sie die elektrische Feldstärke im gesamten Raum, d.h. für alle r zwischen 0 und ∞.

(c) Wie lautet das Integral mit dem Sie das elektrische Potential aus der Feldstärke in Teil (b) berechnen könnten? Skizzieren Sie das Potential im gesamten Raum, d.h. für alle r zwischen 0 und ∞.

Aufgabe 4 (6 Punkte) Zwischen den Platten eines Kondensators befinden sich zwei Schichten verschiedener homogener Dielektrika der Dicke $d_1 = 0.1\,\text{mm}$ und $d_2 = 0.05\,\text{mm}$ mit den Dielektrizitätszahlen $\epsilon_{r1} = 2$ und $\epsilon_{r2} = 6$. Die Platten haben die Fläche $A = 10\,\text{cm}^2$ und den Abstand $d = 0.15\,\text{mm}$. Der Kondensator ist an eine Batterie der Spannung $U = 24\,\text{V}$ angeschlossen. Elektrische Feldkonstante: $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\,\text{As/Vm}$.

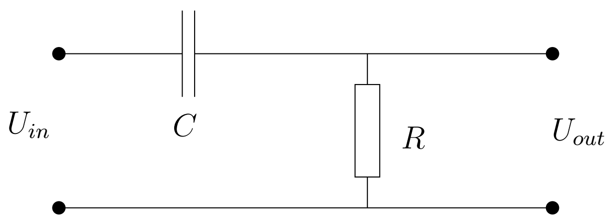
(a) Berechnen Sie die Kapazität der Anordnung.

(b) Wie groß sind die elektrischen Felder E_1 und E_2 innerhalb der Dielektrika, wenn sich der Stromkreis im Gleichgewicht befindet (d.h. Kondensator geladen, kein Stromfluss)?

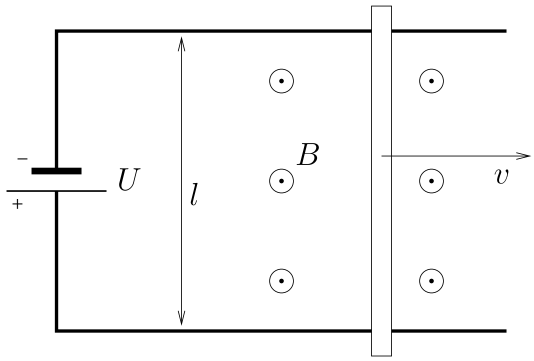
(c) Bestimmen Sie die Feldenergien W_1 und W_2 in den beiden Teilen des Kondensators.

(d) Nun wird der Kondensator von der Batterie getrennt und dann das Dielektrikum 2 aus dem Kondensator gezogen. Wie groß ist die nun am Kondensator anliegende Spannung?

Aufgabe 5 (5 Punkte) Betrachten Sie die in der Abbildung dargestellte Schaltung mit der Eingangsspannung $U_{in}(t) = U_0 \sin \omega t$. Bestimmen Sie die Amplitude der Ausgangsspannung U_{out} nachdem sich das System eingeschwungen hat. Machen Sie dazu in der relevanten Differentialgleichung den Ansatz $A \sin(\omega t + \varphi)$ und verwenden Sie die Additionstheoreme $\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$ und $\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$. Warum bezeichnet man diese Schaltung als "Hochpassfilter"?



Aufgabe 6 (6 Punkte) Ein Metalldraht mit Masse m und Widerstand R gleitet reibungsfrei auf zwei parallelen Metallschienen in einem zeitlich konstanten homogenen Magnetfeld B, so wie in der Abbildung dargestellt. Die Batterie liefert die konstante Spannung U.

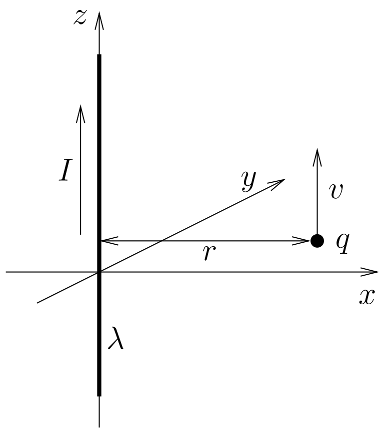


(a) Bestimmen Sie die im Draht induzierte Spannung und den Strom, wenn sich der Draht mit der Geschwindigkeit v entlang der Schienen bewegt.

(b) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den Draht auf und bestimmen Sie $v(t)$, wenn der Draht anfänglich ruht. Was geschieht für $t \to \infty$?

(c) Bestimmen Sie den Grenzwert des Stroms für $t \to \infty$.

Aufgabe 7 (4 Punkte) Gegeben sei ein langer dünner Draht mit Längenladungsdichte λ. Im Draht fließe außerdem ein Strom der Stärke I.



(a) Zeigen Sie, dass elektrisches und magnetisches Feld des Drahtes gegeben sind durch

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{x}) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}\,\boldsymbol{e}_r \quad , \quad \boldsymbol{B}(\boldsymbol{x}) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\,\boldsymbol{e}_\varphi$$

(b) Mit welcher Geschwindigkeit v muss ein Teilchen mit Masse m und Ladung q parallel entlang des Drahtes fliegen, damit der Abstand r zwischen Ladung und Draht konstant ist?