Experimentalphysik II

Musterlösung Übungsklausur 1

27. 02. 2009

Aufgabe 1 (10 Punkte)
a) (1-2) und (3-4) sind adiabatische Vorgänge, d.h. Q=0.
in (2-3) wird Wärme aufgenommen: $|Q_{23}| = |C_V(T_3 - T_2)|$; $Q_{23} > 0$
in (4-1) wird Wärme abgegeben: $|Q_{41}| = |C_V(T_1 - T_4)|$; $Q_{41} < 0$
Der Wirkungsgrad beträgt folglich

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{41}|}{|Q_{23}|} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

b) Nach der Adiabatengleichung ist $T_3 V_2^{\gamma-1} = T_4 V_1^{\gamma-1}$ und $T_2 V_2^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$. Damit ist

$$\frac{T_3}{T_4} = (\frac{V_1}{V_2})^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{T_1}{T_4}$$

Damit folgt für den Wirkungsgrad

$$\eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{1 - \frac{T_1}{T_4}}{1 - \frac{T_2}{T_3}} \frac{T_4}{T_3} = 1 - \frac{T_4}{T_3} = 1 - (\frac{V_2}{V_1})^{\gamma-1}$$

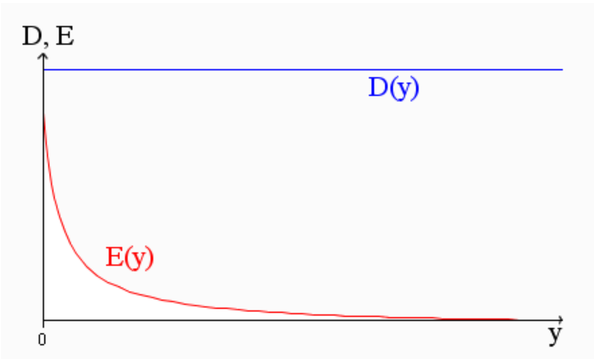
c)

$$\eta = 1 - (\frac{V_2}{V_1})^{\gamma-1} = 1 - (\frac{1}{6})^{0,3} = 0,415$$

Aufgabe 2 (10 Punkte)
a) $D = \frac{Q}{A} = \text{const.}$

$$E(y) = \frac{D}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} = \frac{Q}{A \varepsilon_0 \varepsilon_r} = \frac{Q}{A \varepsilon_0 (a + \frac{b}{y_0} y)}$$

b)



c)

$$U = \int_0^{y_0} E dy = \int_0^{y_0} \frac{Q}{A\varepsilon_0} \frac{1}{a + \frac{b}{y_0} y} dy = \frac{Q y_0}{A \varepsilon_0 b} \ln(a + \frac{b}{y_0} y)|_0^{y_0} = \frac{Q y_0}{A \varepsilon_0 b} \ln(\frac{a+b}{a})$$

d)

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{A\varepsilon_0 b}{y_0 \ln(\frac{a+b}{a})}$$

Aufgabe 3 (3 Punkte)
Auf das Tröpfchen wirkt die elektrische Kraft

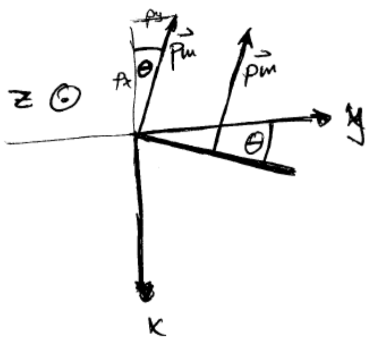
$$F_{el} = q \cdot E = q \cdot \frac{U}{d} = q \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{Q}{C} = q \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{Q}{\frac{\varepsilon_0 A}{d}} = q \cdot \frac{Q}{\varepsilon_0 A}$$

Damit das Tröpfchen schwebt muss diese Kraft gegengleich der Gewichtskraft sein, beziehungsweise $F_g = F_{el}$:

$$m \cdot g = q \cdot \frac{Q}{\varepsilon_0 A} \Rightarrow Q = \frac{m g \varepsilon_0 A}{q}$$

Aufgabe 4 (6 Punkte)

a)



$$|p_m| = I \cdot A = 1A \cdot 0,11 \cdot 0,14 m^2 = 1,54 \cdot 10^{-2} Am^2$$

Für die Richtung gilt entsprechend der Skizze, dass $p_z = 0$, $p_y = +|p_m| \sin\Theta$ und $p_x = -|p_m| \cos\Theta$, also:

$$\vec{p}_m = 1,54 \cdot 10^{-2} Am^2 \begin{pmatrix} -\sqrt{3}/2 \\ 1/2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

b) $E_{pot} = -\vec{p}_m \cdot \vec{B}$. Mit $\vec{B} = 1T\hat{e}_x$ ergibt sich

$$E_{pot} = 1,54 \cdot 10^{-2} Am^2 \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1T = 1,33 \cdot 10^{-2} J$$

Das Drehmoment ist

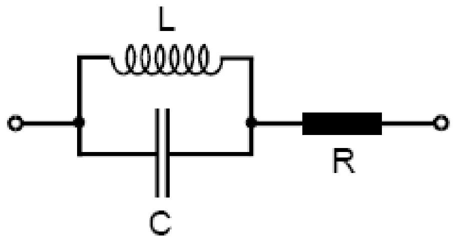
$$\vec{D} = \vec{p}_m \times \vec{B} = 1,54 \cdot 10^{-2} Am^2 T \begin{pmatrix} -\sqrt{3}/2 \\ 1/2 \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = -7,7 \cdot 10^{-3} J\hat{e}_z$$

Aufgabe 5 (3 Punkte)
Im Feld sieht man eine Punktladung mit Ladung Q. Folglich ist

$$|\vec{E}(r)| = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r^2} |\hat{e}_r|$$

$$\Phi(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r}$$

Aufgabe 6 (10 Punkte)
Eine äquivalente Schaltung ist in der Abbildung dargestellt:



a) L und C sind parallel geschaltet, somit gilt $\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{i\omega L} + i\omega C$

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{-i + i\omega^2 LC}{\omega L} = i(\frac{1}{\omega L}(\omega^2 LC - 1))$$

$$Z_{ges} = Z_p + R = R + \frac{\omega L}{i(\omega^2 LC - 1)} = R - i\frac{\omega L}{\omega^2 LC - 1}$$

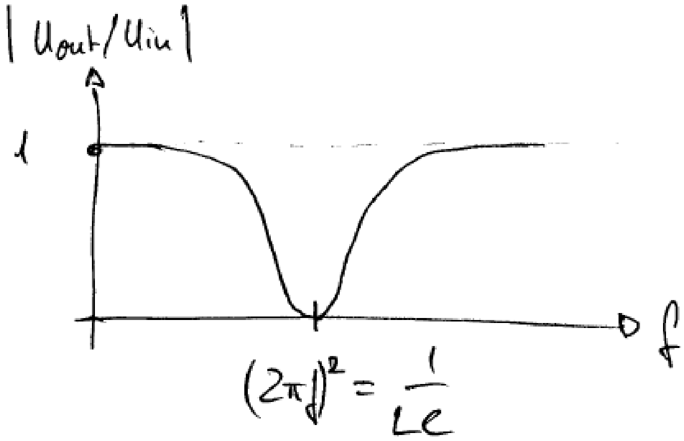
b) Spannungsteiler:

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{R}{Z_{ges}} = \frac{R}{R - i\frac{\omega L}{\omega^2 LC - 1}} = \frac{R(R + i\frac{\omega L}{\omega^2 LC - 1})}{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(\omega^2 LC - 1)^2}} =$$

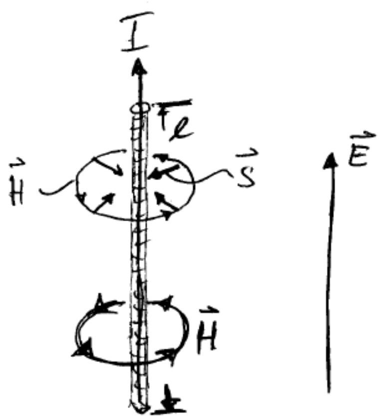
$$= \left(\frac{R}{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(\omega^2 LC-1)^2}}\right) \cdot \left(R + i\frac{\omega L}{\omega^2 LC - 1}\right)$$

$$\left|\frac{U_{out}}{U_{in}}\right| = \frac{R}{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(\omega^2 LC-1)^2}} \cdot \sqrt{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(\omega^2 LC - 1)^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(\omega^2 LC-1)^2}}}$$

c)



Aufgabe 7 (5 Punkte)



a) $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$. $\vec{E}$ muss entlang des Drahts zeigen, da sonst kein Stromfluss aufträte. Das magnetische Feld $\vec{H}$ beschreibt gemäß der Regel der rechten Hand kreisförmige Feldlinien um die Mittelachse des Drahts. $\vec{S}$ weist somit radial nach innen.

b) Es ist $|\vec{S}| = E \cdot H$. Mit $E = \frac{U}{l}$ und $H = \frac{I}{2\pi r}$ ergibt sich

$$|\vec{S}| = \frac{U \cdot I}{2\pi r l} = \frac{\text{elektrische Leistung}}{\text{Zylinderoberfläche des Drahtes}}$$