Experimental Physik II
FSU Jena - SS 2007
Klausur - Lösungen

Stilianos Louca

26. Juli 2007

Aufgabe 01

a)

$$P_q = UI = \frac{U_0^2}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

b)

$$P_r = I^2 R = \frac{U_0^2}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)^2$$

c)

$$P_l = P_q - P_r = \frac{U_0^2}{R}\left(e^{-\frac{R}{L}t} - e^{-\frac{2R}{L}t}\right)$$

d) Herleitung der Formel:

$$U_0 = IR + L\frac{dI}{dt} \ \rightarrow \ -\frac{R}{L}\left(I - \frac{U_0}{R}\right) = \frac{dI}{dt} = \frac{d}{dt}\left(I - \frac{U_0}{R}\right)$$

$$\rightarrow \ I - \frac{U_0}{R} = Ae^{-\frac{R}{L}t}, \ I(0) = 0 \ \rightarrow \ I = \frac{U_0}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

Aufgabe 02

Der elektrische Widerstand R des Rahmens ist gegeben durch

$$R = \frac{16a\rho_e}{\pi d^2} \approx \ 5.09 \cdot 10^{-3} \ \Omega$$

Aufgrund der konstanten Änderung der sich im Magnetfeld befindenden Fläche des Rahmens ändert sich auch der magnetische Fluss Φ, weshalb eine induzierte Spannung U_i erzeugt wird und somit ein Kreisstrom I im Rahmen fließt:

$$U_i = -\dot{\Phi} = -vBa = -40V \ \rightarrow \ I = \frac{-vBa}{R}$$

Nachdem der Rahmen vollkommen im B-Feld ist, d.h $\Delta t = \frac{a}{v}$, ist die induzierte Spannung wieder 0. Der zeitliche Verlauf der Spannung ist also:

$$U = \begin{cases} 0 & : t < t_0 \\ -vaB & : t \in \left(t_0, t_0 + \frac{a}{v}\right) \\ 0 & : t > t_0 + \frac{a}{v} \end{cases}$$

Die dabei geleistete Arbeit Q ist gleich

$$Q = \frac{U_i^2}{R} \cdot \Delta t = \frac{vB^2a^3}{R}$$

Die Wärmekapazität C des Rahmens (Masse m) ist gegeben durch

$$C = C_v m = C_v \cdot a\pi d^2 \rho_m$$

weshalb sich der gesamte Wärmeunterschied ΔT ergibt als

$$\Delta T = \frac{Q}{C} = \frac{vB^2a^3}{RC} = \frac{vB^2a}{16C_v\rho_m\rho_e} = 10^\circ$$

Unter der Annahme das die Anfangstemperatur 20° betrug, und keine Wärmeverluste stattfanden, ergibt sich eine neue Temperatur von 30°. Nach dem Rausziehen geschieht analoges, und die neue Temperatur beträgt jetzt 40°. Die benötigte Kraft ist genau die Kraft die diese Arbeit geleistet hat:

$$F = \frac{Q}{a} \approx \ 15708\ N$$

Aufgabe 03

Durch das plötzliche Einschalten des Stromes wird ein schnell wachsendes B-Feld erzeugt, das durch den Eisenkern fast vollständig auch im Metallring vorhanden ist. Dabei ändert sich der magnetische Fluss Φ durch den Ring weshalb entlang seines Umfangs ein elektrisches Feld $\vec{E}$, $\operatorname{rot}\vec{E} = -\dot{\vec{B}}$ ensteht. Die dadurch entstehenden Ströme erzeugen wiederum ein B-Feld das gegen das urprüngliche Feld gerichtet ist (Lenz'sche Regel) und somit der Ring nach außen geschossen wird.

Aufgabe 04

Die Lorenz-Kraft $\vec{F}$ die auf das Teilchen wirkt ist gegeben durch

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = qE\vec{e}_x + qB(\dot{x}\vec{e}_x + \dot{y}\vec{e}_y + \dot{z}\vec{e}_z) \times \vec{e}_x = qE\vec{e}_x + qB\dot{z}\vec{e}_y - qB\dot{y}\vec{e}_z$$

Unter der Näherung dass $\dot{z} =: v_z = const$ ergibt sich

$$\ddot{x} = \frac{qE}{m} \ \rightarrow \ x = \frac{qE}{m} \cdot \frac{t^2}{2}, \quad \ddot{y} = \frac{qBv_z}{m} \ \rightarrow \ y = \frac{qBv_z}{m} \cdot \frac{t^2}{2}$$

Die *Flugzeit* T der Ionen bis sie an den Bildschirm prallen beträgt

$$T = \frac{L}{v_z}$$

Am Zeitpunkt des Aufpralls ist also

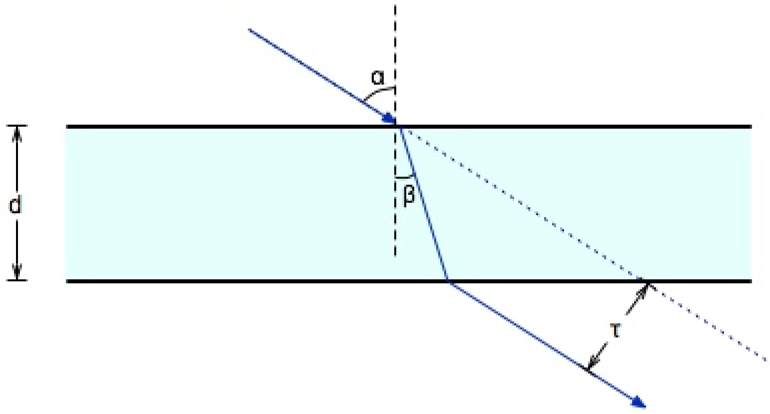
$$x = \frac{qE}{m} \cdot \frac{L^2}{2v_z^2}, \quad y = \frac{qB}{m} \cdot \frac{L^2}{2v_z}$$

$$\rightarrow \ y^2 = \frac{xB^2qL^2}{2Em} \ \rightarrow \ y = \operatorname{sgn}(q) \cdot \sqrt{\frac{xB^2qL^2}{2Em}}$$

Das <u>durch die Variation der Geschwindigkeiten</u> v_z auf dem Bildschirm entstehende Bild ist also eine Parabel!

Aufgabe 05

Der Strahl trifft auf die Platte auf, wird gebrochen und tritt auf der anderen Seite wieder parallel zum ursprünglichen Strahl wieder aus.



Der Winkel β ergibt sich als 30° und die durch die Brechung entstehende *Verschiebung* $\tau = 1$ mm. Für $\lambda_1 = 450$ nm, also eine kleinere Wellenlänge, würde der Strahl stärker gebrochen werden und deshalb einer größeren Verschiebung $\tau_1 > \tau$ unterlegt sein. Für $\lambda_2 = 550$ nm wird der Strahl schwächer gebrochen und unterliegt somit einer geringeren Verschiebung $\tau_2 < \tau$.