Technische Universität München

Ferienkurs Experimentalphysik II
Probeklausur-Lösung

Aufgabe 1 *Der goldene Leiter*

a) Für den Widerstand eines Drahtes folgt:

$R = \frac{L}{\sigma A}$

Nun benutzt man noch folgenden Zusammenhang:

$V = AL \rightarrow R = \frac{L^2}{\sigma V} \rightarrow L = \sqrt{R\sigma V} = 1,5m$

b) Die thermische Leistung ist gegeben durch:

$P = \frac{U^2}{R} = 1W$

Nun braucht man noch eine Bedingung für die Schmelze:

$P\Delta t = cm\Delta T$ mit $m = \rho V$ folgt endgültig:

$\Delta t = \frac{c\rho V \Delta T}{P} = 137s$

Aufgabe 2 *Ebene Wellen*

a) $k_x = k_y = 0, k_z = \frac{\omega}{c}$

b) $E_x = E_z = 0, E_y = E_0 cos(\omega t - k_z z)$

c) $B_x = -\frac{E_0}{c} cos(\omega t - k_z z), B_y = B_z = 0$

d) $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$

$S_x = S_y = 0, S_z = \frac{1}{\mu_0 c} E_0^2 cos^2(\omega t - k_z z)$

e) Die Intensität die die Mittelung des Poynting-Vektors:

$I =< S >= \frac{1}{\mu_0 c} E_0^2 < cos^2(\omega t - k_z z) >= \frac{1}{2\mu_0 c} E_0^2$

Aufgabe 3 *Luftpumpe*

a) $V_1 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 L\pi = 566cm^3$

$V_2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 (L - x)\pi = 440cm^3$ [0,5]

schnell $\rightarrow$ adiabatisch:

$pV^\gamma = const$ und $pV = nRT$

$\rightarrow TV^{\gamma-1} = const$ [1]

$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

$\rightarrow T_2 = \frac{T_1 V_1}{\gamma - 1 V_2^{\gamma-1}}$

wir haben ein ideales, einatomiges Gas:$\gamma = \frac{5}{3}$[0,5]$\rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}} = 350K$

b) $T_3 = 296K$

$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3} = const = nR$ [0,5]

$\rightarrow p_3 = p_2 \frac{V_2 T_3}{V_3 T_2}$ [0,5]

Kolben festgehalten$\rightarrow V_2 = V_3 \rightarrow p_3 = 1303mbar$[0,5]

c) $p_4 = p_1, V_3 = V_2$ adiabatische Expansion

$\rightarrow p_3 V_3^{\gamma} = p_4 V_4^{\gamma}$[1]

$V_4 = V_3 \left(\frac{p_3}{p_4}\right)^{\frac{3}{5}} = 512cm^3$ [0,5]

$T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} = 268K$[0,5]

d) $p = const \rightarrow \frac{V}{T} = cont$ [0,5]

$T_5 = 296K$

$V_5 = V_4 \left(\frac{T_5}{T_4}\right) = 566cm^3$[1]

Aufgabe 4 *beheizbares Zimmer*

a) Stickstoff ist ein 2 atomiges Gas:

$\rightarrow U = \frac{5}{2}nRT$

Da die Molzahl n unbekannt ist:

$n = \frac{pV}{RT} \rightarrow U = \frac{5}{2}pV = 19MJ$ [2]

b) Aus a) folgt das die Energie nicht von der Temperatur abhängt. Die Energie ist also gleich. [1]

c) Die isobare Wärmekapazität von idealen 2 atomigen Gasen ist:

$C_p = \frac{7}{2}nR$

Da n im Fall des Zimmers eine Funktion von T ist (vgl. Teil a), folgt daraus nicht:

$\Delta Q = \frac{7}{2}nR\Delta T$

sondern man muss die korrekte infinitesimale Version mit n=n(T) integrieren:

$dQ = \frac{7}{2}n(T)Rdt$ mit $n(T) = \frac{pV}{RT} \rightarrow dQ = \frac{7}{2}pV\frac{dT}{T} \rightarrow \Delta Q = \frac{7}{2}pV \int\limits_{T_0}^{T_1} \frac{dT}{T} = \frac{7}{2}pVln\left(\frac{T_1}{T_0}\right) = 550kJ$[2]

Aufgabe 5 *Hertzscher Dipol*

a) Der Poynting-Vektor gibt die abgestrahlte Leistung an:

$\vec{S} = \epsilon_0 c^2 \vec{E} \times \vec{B}$[1]

$\rightarrow \vec{S} = \epsilon_0 c^2 E_\theta \vec{e_\theta} \times B_\phi \vec{e_\phi} = -\epsilon_0 c^2 E_\theta B_\phi \vec{e_r}$[1]

E_θ und B_ϕ sind von der Form:

$E_\theta = \frac{\alpha}{r} sin\theta sin(\omega t - kr), B_\phi = -\frac{\beta}{r} sin\theta sin(\omega t - kr)$

$\rightarrow \vec{S} = \epsilon_0 c^2 \frac{\alpha\beta}{r^2} sin^2\theta sin^2(\omega t - kr)\vec{e_r}$

und somit das zeitliche Mittel:

$< \vec{S} >= \frac{1}{2}\epsilon_0 c^2 \frac{\alpha\beta}{r^2} sin^2\theta \vec{e_r}[1]$

Das Integral über die im Ursprung zentrierte Sphäre mit Radius r ist:

$\int\limits_0^\pi d\theta \int\limits_0^{2\pi} d\phi r^2 sin\theta \vec{e_r} < S >= \pi\epsilon_0 c^2 \alpha\beta \int\limits_0^\pi d\theta sin^3\theta = \frac{4\pi}{3}\epsilon_0 c^2 \alpha\beta[1]$

Also:

$\bar{P} = \frac{4\pi}{3}\epsilon_0 c^2 \frac{J_0^2 L^2 \omega^2}{16\pi^2 \epsilon_0^2 c^5} = \frac{J_0^2 L^2 \omega^2}{12\pi\epsilon_0 c^3}[1]$

b) Die momentane Wärmeleistung eines Ohmschen Widerstandes ist $P = RI^2$. Mit $I(t) = I_0 sin(\omega t)$:

$\bar{P} = RI_0^2 \bar{sin^2(\omega t)} = \frac{1}{2}RI_0^2[1]$

Dies soll nur gleich der in a) berechneten abgestrahlten Leistung des Sender sein:

$\frac{1}{2}RI_0^2 = \frac{I_0^2 L^2 \omega^2}{12\pi\epsilon_0 c^3} \rightarrow R = \frac{L^2\omega^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$

Mit $\omega = kc = 2\pi c/\lambda$:

$R = \frac{2\pi}{3\epsilon_0 c}\left(\frac{L}{\lambda}\right)^2 = 791\Omega\left(\frac{L}{\lambda}\right)^2[1]$

Aufgabe 6 *Stromdurchflossener Draht*

a) $B(r) = \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I_0 (1-e^{-at})}{2\pi r}$ [1]

b) Fluß durch die Leiterschleife:

$\Phi(t) = \int\int B(r,t)dA = d\int\limits_d^{2d} B(r,t)dr = \frac{d\mu_0 I(t)}{2\pi}\int\limits_d^{2d} = \frac{ln(2)}{2\pi}d\mu_0 I_0(1-e^{-at})[2]$

Induzierte Spannung:

$U_{ind}(t) = \left|\frac{d\Phi(t)}{dt}\right| = \frac{ln(2)}{2\pi}ad\mu_0 I_0 e^{-at}[1]$

c) der induzierte Strom in der Leiterschleife ergibt sich:

$I_{ind}(t) = \frac{ln(2)}{2\pi R}ad\mu_0 I_0 e^{-at}$ [1]

Obere und untere Kante liefern keinen Beitrag, nur die Kanten:

$F(t) = dI_{int}(t)[B(r=d,t) - B(r=2d,t)] = \frac{ln(2)}{2\pi R}ad^2\mu_0 T_0^2 e^{-at}(1-e^{-at})\left[\frac{1}{2\pi d} - \frac{1}{2\pi 2d}\right] = \frac{ln(2)}{8\pi^2 R}ad\mu_0^2 I_0^2 e^{-at}(1-e^{-at})[2]$