

Prüfung Physik 2, WS 2013/14

Musterlösung

Aufgabe 1: Quickies

a) $y(x, t) = 10 \text{ cm} \cdot \cos(9,3 \text{ s}^{-1} \cdot t - 4,7 \text{ m}^{-1} \cdot x + \varphi_0)$

Kreisfrequenz $\omega = 9,3 \text{ s}^{-1}$, Wellenzahl $k = 4,7 \text{ m}^{-1}$, $c = \frac{\omega}{k} = 1,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}$,

Schnelle $v = \frac{\partial y}{\partial t} = 10 \text{ cm} \cdot 9,3 \text{ s}^{-1} \cdot \sin(\dots)$, Schnellenamplitude $\hat{v} = 0,93 \text{ m/s}$.

b) $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$, daraus $c = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$.

c) Intensität $I_{100} = I_0 \cdot 10^{L_{100}/10\text{dB}} = 1,585 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$.

Bei Zylinderwellen ist die Intensität umgekehrt proportional zum Abstand, d.h.

$\frac{I_{500}}{I_{100}} = \frac{100 \text{ m}}{500 \text{ m}}$. Daraus folgt $I_{500} = 3,17 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$ und $L_{500} = 65 \text{ dB}$.

Alternative: Gl. (7-26) in Phys. f. Ing.: $\Delta L = 10 \cdot \lg \frac{500}{100} \text{ dB} = 7 \text{ dB}$.

d) Der halbe Öffnungswinkel des Mach'schen Kegels ist $\sin \alpha = c/v$. Daraus folgt $v = 340 \text{ m/s} / \sin 75^\circ = 352 \text{ m/s} = 1267 \text{ km/h}$.

e) Rayleigh-Kriterium für den auflösbaren Winkel: $\delta \geq 1,22 \cdot \frac{\lambda}{d} = 22,4 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$. Damit

wird der gesuchte Abstand $x \geq 1,22 \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot r = 18 \text{ mm}$.

f) Die Gitterkonstante beträgt $g = \frac{1}{500} \text{ mm}$. Maxima ergeben sich für die Winkel

$\sin \alpha_m = \pm m \frac{\lambda}{g} \leq 1$. Die maximale Ordnungszahl beträgt $m = 3$, damit kann man 7 Maxima sehen.

g) Die Photonenenergie muss größer sein als die Austrittsarbeit. Daraus folgt

$\lambda \leq \frac{hc}{W_A} = \frac{1,24 \mu\text{m} \cdot \text{eV}}{W_A} = 451 \text{ nm}$.

h) Der Photonenstrom beträgt $\dot{N}_{\text{ph}} = \frac{\Phi}{E_{\text{ph}}} = \frac{\Phi \lambda}{1,24 \mu\text{m} \cdot \text{eV}} = 4,27 \cdot 10^{19} \text{ s}^{-1}$.

Die Kraft auf die spiegelnde Fläche ist $F = \dot{N}_{\text{ph}} \cdot 2p = \dot{N}_{\text{ph}} \cdot 2 \frac{h}{\lambda} = 2 \frac{\Phi}{c} = 5,34 \cdot 10^{-8} \text{ N}$.

Aufgabe 2: Wasserwellen

a) Die Phasengeschwindigkeit ist $c = \lambda \cdot f = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$. Daraus ergibt sich für die Wellenlänge

$\lambda = \frac{g}{2\pi f^2} = 0,173 \text{ m}$.

b) Die Phasengeschwindigkeit wird damit $c = \lambda \cdot f = 0,52 \text{ m/s}$.

c) Für die Gruppengeschwindigkeit gilt: $c_{\text{gr}} = c - \lambda \frac{dc}{d\lambda}$.

Die Ableitung ist $\frac{dc}{d\lambda} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{2\pi\lambda}} = 1,5 \frac{1}{s}$. Damit ergibt sich $c_{\text{gr}} = 0,26 \text{ m/s}$.

d) Da die Gruppengeschwindigkeit kleiner ist, als die Phasengeschwindigkeit, liegt normale Dispersion vor.

e) Es gilt $c_{\text{gr}} = c - \lambda \frac{dc}{d\lambda} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} - \lambda \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{2\pi\lambda}} = c - \frac{1}{2}c = \frac{1}{2}c$.

f) Die Wellenlänge ist wesentlich größer als die Spaltbreite, damit gibt es keine Beugungseffekte, denn $\sin \alpha_m = \pm m \frac{\lambda}{b} > 1$. Man wird also lediglich eine Huygens'sche Elementarwelle beobachten.

Aufgabe 3: Halbleiter

a) Elektronendichte $n = \frac{n_D}{2} + \sqrt{\left(\frac{n_D}{2}\right)^2 + n_i^2} = 5,01 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$,

Löcherdichte $p = \frac{n_i^2}{n} = 1,08 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$.

Damit wird der spez. Widerstand $\rho = \frac{1}{e(n\mu_n + p\mu_p)} = 3,19 \Omega \cdot \text{cm}$.

b) Der Widerstand ist umgekehrt proportional zur Trägerdichte.

Für die gilt aber $n \sim e^{-E_D/(2kT)}$.

Daher $\frac{R_1}{R_2} = \frac{e^{-E_D/(2kT_2)}}{e^{-E_D/(2kT_1)}} = 2,137 \cdot 10^{-7}$ und $R_2 = 2,34 \text{ G}\Omega$.

c) Aus $R(T) = a \cdot e^{-E_D/(2kT)}$ folgt $\frac{dR}{dT} = a \cdot e^{-E_D/(2kT)} \cdot (-) \frac{E_D}{2kT^2} = -R \frac{E_D}{2kT^2} = -97,6 \frac{\Omega}{\text{K}}$.

d) Bei Raumtemperatur liegt Störstellenererschöpfung vor. Damit ist die Trägerdichte konstant und der Widerstand ebenfalls (abgesehen von einer kleinen Temperaturabhängigkeit der Beweglichkeiten).