

Løsning øving 7.

Oppgave 1.

Bølgehastigheten er $v = \sqrt{T/\rho}$, hvor $T = F/\pi r^2 = 4F/\pi d^2$.

Settes inn $v = f \cdot \lambda$, gir dette $(f\lambda)^2 = 4F/\pi d^2 \rho$, som gir

$$F = (\pi/4) \cdot \rho \cdot (f\lambda d)^2 \quad (1)$$

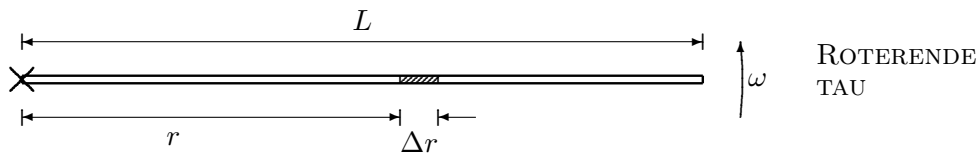
Tallverdi: 8.73 N

$P = \frac{1}{2} \mu v \omega^2 y_0^2$, med $\mu = \rho \cdot \pi d^2/4$, $v = f \cdot \lambda$ og $\omega = 2\pi f$, gir

$$P = (\pi^3/2) \rho \lambda f^3 d^2 y_0^2 \quad (2)$$

Tallverdi: 17.2 mW

Oppgave 2.



Et element $(r, r + \Delta r)$ av tauet har masse $\Delta m = (m/L) \Delta r$, og bidrar til strekket i tauet med ei (sentrifugal)kraft

$$\Delta F = \Delta m \cdot v^2(r)/r = \Delta m \cdot (\omega r)^2/r = (m/L) \omega^2 r \Delta r$$

Strekk-krafta i posisjon r er strekk-krafta fra alle elementer fra r og ut til enden av tauet;

$$F(r) = \int_r^L \Delta F = (m\omega^2/L) \int_r^L r dr = (m\omega^2/2)L(1 - r^2/L^2)$$

Bølgehastigheten $v(r)$ blir dermed

$$v(r) = \sqrt{T/\rho} = \sqrt{F/(m/L)} = (\omega L/\sqrt{2})\sqrt{1 - r^2/L^2}$$

Tida bølga bruker på ei lengde dr er

$$dt = dr/v(r) = (\sqrt{2}/\omega) d(r/L)/\sqrt{1 - (r/L)^2},$$

og tida bølga bruker på *hele* lengda er integralet av dette fra $r/L = 0$ til $r/L = 1$. Integralet kan bestemmes ved at $\int dx/\sqrt{1 - x^2} = \arcsin x$. Men det kan også regnes ut ved å substituere $r/L \rightarrow \sin \phi$, som gir $d(r/L) = \cos \phi d\phi$ og $\sqrt{1 - (r/L)^2} = \sqrt{1 - \sin^2 \phi} =$

$\cos \phi$, som i sin tur gir

$$t = (\sqrt{2}/\omega) \int_{\phi=0}^{\pi/2} d\phi = \pi/(\omega\sqrt{2}) \quad (3)$$

Oppgave 3.

Lydhastigheten i kopper er $v_{\text{Cu}} = \sqrt{E/\rho} = 3516 \text{ m/s}$.

Tida signalet bruker er $t = L/v$, hvor $L = 80 \text{ m}$.

Tidsforskjellen er $\Delta t = t_{\text{luft}} - t_{\text{Cu}} = L(v_{\text{luft}}^{-1} - v_{\text{Cu}}^{-1}) = \underline{\underline{0,21 \text{ s}}}$

Oppgave 4.

Før møte: ‘Kilde-toget’ går med bølga ($v_k/v_b > 0$), og ‘observatør-toget’ går mot bølga ($v_o/v_b < 0$)

$$\Rightarrow \underline{f_o} = f_k(1 + |v_o/v_b|)/(1 - |v_k/v_b|) = \underline{349 \text{ Hz}}$$

Etter møte: $v_k/v_b < 0$ og $v_o/v_b > 0$

$$\Rightarrow \underline{f_o} = f_k(1 - |v_o/v_b|)/(1 + |v_k/v_b|) = \underline{260 \text{ Hz}}$$

Oppgave 5.

a) En har at 0 dB tilsvarer $I_{\text{min}} = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$ (høregrensa). Da dB-skalaen er logaritmisk tilsvarer 10 dB 10 ganger dette. (Eller mer nøyaktig: $I = I_{\text{min}} \cdot 10^{\beta/10}$, der β er lik antall dB). Dette gir $I_{\text{høre}} = 1,00 \cdot 10^{-11} \text{ W/m}^2$.

b) Ved å bruke energikonservering finner en hvor mye akustisk energi som genereres ved å slippe nåla. Siden 0,05 % av nålas høydeenergi omdannes til akustisk energi finner en

$$W = 0,05\% \cdot mgh = 0,0005 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 4,9 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

Med oppgitt tid 0,10 s for å generere lyden blir effekten

$$P_0 = W/t = 4,9 \cdot 10^{-7} \text{ J} / 0,10 \text{ s} = 4,9 \cdot 10^{-6} \text{ W}.$$

Intensiteten er $I(r) = P_0/(4\pi r^2)$ ifølge oppgitt uttrykk slik at effekten er falt til $I_{\text{høre}} = 10^{-11} \text{ W/m}^2$ ved

$$r = \sqrt{\frac{P_0}{4\pi I_{\text{høre}}}} = \sqrt{\frac{4,9 \cdot 10^{-6} \text{ W}}{4\pi \cdot 1,00 \cdot 10^{-11} \text{ W/m}^2}} = 197 \text{ m} = \underline{\underline{0,20 \text{ km}}}.$$

c) Dersom intensitetsnivået eller lydnivået økes til 40 dB, som tilsvarer 10^4 ganger høregrensa eller $I_{\text{høre}} = 1,00 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$, finner en ved regning som over at dette lydnivået er i avstanden

$$r = \sqrt{\frac{P_0}{4\pi I_{\text{høre}}}} = \sqrt{\frac{4,9 \cdot 10^{-6} \text{ W}}{4\pi \cdot 1,00 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2}} = 6,24 \text{ m} = \underline{\underline{6,2 \text{ m}}}.$$