

13-10) $f = 45 \text{ Hz}$ $v_v = 1480 \text{ m/s}$ $v_i = 340 \text{ m/s}$

a) Taajuus ei muutu.

Aallonpituus vedessä $\lambda_v = \frac{v_v}{f} = \frac{1480 \text{ m/s}}{45 \text{ Hz}} = 32,88... \text{ m}$

Aallonpituus ilmassa $\lambda_i = \frac{v_i}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{45 \text{ Hz}} = 7,55... \text{ m}$

Aallonpituus pienenee n. 33 m:stä 7,6 m:iin

b) Kokonaisheijastusta ei tapahdu, koska ääni tulee aalto-opillisesti harvemmasta tiheämpään aineeseen (eli aallon nopeus pienenee). Ääni siis läpäisee rajapinnan tulokulman $0 < \alpha < 90^\circ$ arvoilla.

13-6) $v_i = 340 \text{ m/s}$ $v_H = 260 \text{ m/s}$ $f = 1,00 \text{ kHz}$

a) Aaltoliikkeen perusyhtälöstä $v = f\lambda$ aallonpituus

$\lambda = \frac{v}{f}$ eli $\lambda_i = \frac{340 \text{ m/s}}{1,00 \text{ kHz}} = \underline{\underline{0,34 \text{ m}}}$

$\lambda_H = \frac{260 \text{ m/s}}{1,00 \text{ kHz}} = \underline{\underline{0,26 \text{ m}}}$

b) $n_{12} = \frac{v_i}{v_H} = \frac{340 \text{ m/s}}{260 \text{ m/s}} = 1,307... \approx \underline{\underline{1,3}}$

c) tulokulma $\alpha_1 = 45^\circ$

taivutuslaki $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = n_{12}$ mistä $\sin \alpha_2 = \frac{\sin \alpha_1}{n_{12}}$

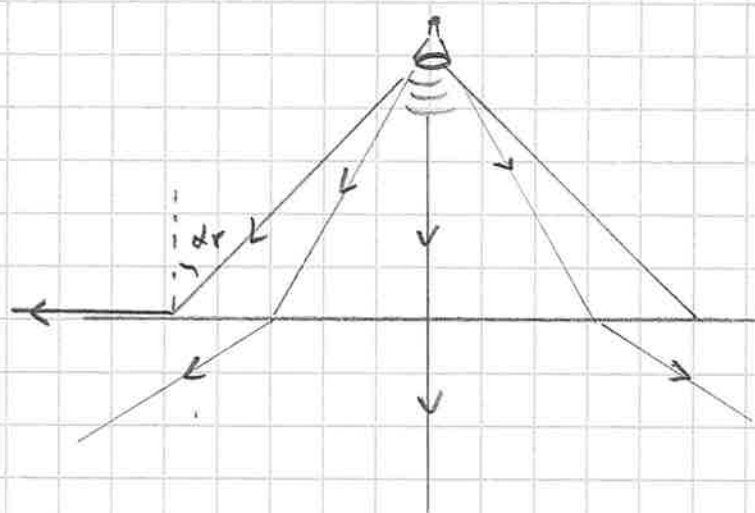
$\sin \alpha_2 = \frac{\sin 45^\circ}{1,308} \parallel \sin^{-1} \Rightarrow \alpha_2 = 32,73...^\circ$

Kulma pienenee $45^\circ - 32,73...^\circ = 12,26...^\circ \approx \underline{\underline{12^\circ}}$

13-12) $h = 8,7\text{m}$ $\lambda_i = 78\text{cm}$ $\lambda_v = 3,4\text{m}$ $v_i = 343\text{ m/s}$

Taajuus saadaan aaltoliikkeen perusyhtälöstä... $v = f\lambda$

$$f = \frac{v_i}{\lambda_i} = \frac{343\text{ m/s}}{0,78\text{ m}} = 439,74... \text{ Hz} \approx \underline{\underline{440 \text{ Hz}}}$$

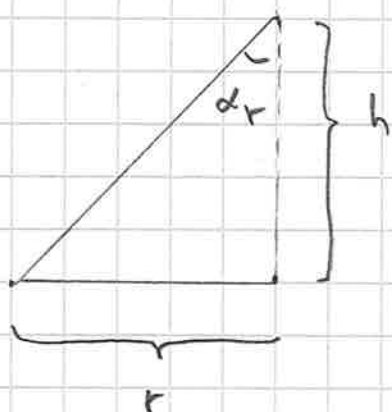


Kokonaisheijastuksen
rajakulma $\alpha_r = ?$

$$\sin \alpha_r = \frac{\lambda_i}{\lambda_v}$$

$$\sin \alpha_r = \frac{0,78\text{ m}}{3,4\text{ m}} \quad || \sin^{-1}$$

$$\alpha_r = 13,26...^\circ$$



Ääni pääsee rajapinnan läpi
sellaisesta ympyrän muotoisesta
alueesta, jonka säde on r.

$$\tan \alpha_r = \frac{r}{h} \quad || \cdot h$$

$$r = \tan \alpha_r \cdot h$$

$$\text{Ympyrän pinta-ala } A = \pi r^2$$

$$\begin{aligned} A &= \pi (\tan \alpha_r \cdot h)^2 \\ &= \pi (\tan 13,26^\circ \cdot 8,7\text{m})^2 \\ &= 13,269... \text{ m}^2 \\ &\approx \underline{\underline{13 \text{ m}^2}} \end{aligned}$$

13-15)

Kuumana kesäpäivänä $T_1 = (29 + 273) \text{ K} = 302 \text{ K}$ Aika $t_1 = 4,7 \text{ s}$ ja äänen nopeus $v_1 = \frac{s}{t_1}$, missä s on äänen kulkeman edestakaisen matkan pituusPakkaspäivänä T_2 on lämpötila, $t_2 = 5,3 \text{ s}$ jaäänen nopeus $v_2 = \frac{s}{t_2}$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

$$\frac{s/t_1}{s/t_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad || (\)^2$$

$$\frac{t_2^2}{t_1^2} = \frac{T_1}{T_2} \quad || \times$$

$$t_2^2 \cdot T_2 = t_1^2 T_1$$

$$T_2 = \frac{t_1^2 T_1}{t_2^2} = \frac{(4,7 \text{ s})^2 \cdot 302 \text{ K}}{(5,3 \text{ s})^2} = 237,49 \dots \text{ K}$$

$$\approx \underline{\underline{-36^\circ \text{ C}}}$$