

10.11 $\alpha_1 = 6,7^\circ$, $\lambda_1 = 12,5 \text{ cm}$, $\lambda_2 = 34 \text{ cm}$ 12.14

a) λ kasvaa $\Rightarrow n$ kasvaa ($n = \lambda \cdot f$, f vakio)
 \Rightarrow taittumisen normaaliin poispäin
 $\Rightarrow \alpha_2 > \alpha_1$

b) Taittumislaki: $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 f}{\lambda_2 f} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

$(\Rightarrow) \sin \alpha_2 = \frac{\lambda_2 \sin \alpha_1}{\lambda_1} = \frac{34 \text{ cm} \cdot \sin 6,7^\circ}{12,5 \text{ cm}} \approx 0,317344$
 $\Rightarrow \alpha_2 = 18,5024^\circ \approx 19^\circ$

a) $l = 65 \text{ cm}$, $f_0 = 82,4 \text{ Hz}$
 $l = \frac{\lambda_0}{2} \Rightarrow \lambda_0 = 2l = 1,3 \text{ m}$
 aaltoliikkeen perusyhtälö:
 $v = \lambda_0 f_0 = 1,3 \text{ m} \cdot 82,4 \frac{1}{\text{s}} = 107,12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 110 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) 2 ylävärähtely $\Rightarrow 3$ kumpua

c) 4 ylävärähtely: $5 \cdot \frac{\lambda}{2} = l$
 $(\Rightarrow) \lambda_4 = \frac{2l}{5} = \frac{2 \cdot 65 \text{ cm}}{5} = 26 \text{ cm}$

10.14

$v_1 = 710 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $\lambda_1 = 200 \text{ km}$
 $A_1 = 0,5 \text{ m}$

13.6 $v_1 = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_2 = 260 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

a) aaltoliikkeen perusyhtälö: $v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$
 $\lambda_1 = \frac{v_1}{f} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{100 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{s}}} = 0,34 \text{ m}$
 $\lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{260 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{100 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{s}}} = 0,26 \text{ m}$

b) Taittumislaki: $n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{260 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 1,30769 \approx 1,3$

c) $\alpha_1 = 45^\circ$
 Taittumislaki: $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$
 $(\Rightarrow) \sin \alpha_2 = \frac{v_2 \sin \alpha_1}{v_1} = \frac{260 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 45^\circ}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$
 $\Rightarrow \alpha_2 \approx 32,7333^\circ \approx 33^\circ$
 \Rightarrow suunnan muutos: $\Delta \alpha = \alpha_1 - \alpha_2 \approx 12^\circ$

a) aaltoliikkeen perusyhtälö: $v = \lambda f$
 $T_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{\frac{v_1}{\lambda_1}} = \frac{\lambda_1}{v_1} = \frac{200 \text{ km}}{710 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \approx 0,28169 \text{ h} = 16,9014 \text{ min} \approx 17 \text{ min}$

b) $v = \sqrt{gh}$ $(\cdot)^2$ mol. puol. ≥ 0 $l \cdot g$
 $(\Rightarrow) h_2 = \frac{v_2^2}{g} = \frac{(\frac{50 \text{ m}}{3,6 \frac{\text{h}}{\text{s}}})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \approx 13,6637 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$

c) $\lambda_1 A_1 = \lambda_2 A_2 \Rightarrow \frac{v_1}{f} A_1 = \frac{v_2}{f} A_2 \mid \cdot f \Rightarrow v_1 A_1 = v_2 A_2$
 $(\Rightarrow) A_2 = \frac{v_1 A_1}{v_2} = \frac{710 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,5 \text{ m}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 7,1 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$

13.10 a) Taajuus ei muutu rajojennassa. Koska äänen nopeus pienenee äänen siirtymänopeudesta ilmaan, aaltoliikkeen perusyhtälön $v = \lambda f$ mukaa λ pienennee. aallonpituus pienennee.

b) Koska äänen nopeus pienenee rajojennassa, ääniaalto taittuu normaaliin päin. Tällöin ääniaalto läpäisee rajojennan kaikilla tulokulman arvoilla.

11.5 a) Interferenssi tarkoittaa aaltojen yhteisvaikutusta
 b) Superponointiperiaatteen mukaan aallot etenevät minne aallot riippumatta ja aaltojen kohdassa värähtelyt laskelevat yhteen.
 c) Diiffraktio tarkoittaa esteen aiheuttamaa aaltojen taivumista.

13.17 $v_2 = 170 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
 $f_0 = 405 \text{ Hz}$
 $v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Dopplerin ilmiö

a) $f_1 = f_0 \frac{v}{v - v_2} = 405 \text{ Hz} \cdot \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 170 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 470,323 \text{ Hz} \approx 470 \text{ Hz}$

b) $f_2 = f_0 \frac{v}{v + v_2} = 405 \text{ Hz} \cdot \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 170 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 355,610 \text{ Hz} \approx 360 \text{ Hz}$

11.8 a) $\lambda_f = \lambda_g = 10$ (muuttua)
 b) aaltojen mittaero: $2,5$ (muuttua)
 \Rightarrow mittaero: $\frac{2,5}{10} = 0,25$ aallonpituutta

12.6

A a) A perusvärähtely, B 1. ylävärähtely, C 2. ylävärähtely

B b) A: $l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda_A = 2l = 2 \cdot 1,0 \text{ m} = 2,0 \text{ m}$
 B: $\lambda_B = l = 1,0 \text{ m}$

C c) $3 \cdot \frac{\lambda}{2} = l \Rightarrow \lambda_C = \frac{2l}{3} \approx 0,67 \text{ m}$

13.18 $f_0 = 450 \text{ Hz}$
 $v_2 = 175 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
 $v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Dopplerin ilmiön vuoksi ääni etenee ilmassa ja heijastuu seinästä taajuudella

$f_1 = f_0 \frac{v}{v - v_2} = 450 \text{ Hz} \cdot \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 175 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 525,071 \text{ Hz}$

Juokse liikkuneeseen havaitsija huomaa taajuudella f_1 tulevan äänen Dopplerin ilmiön vuoksi taajuudella:

$f_2 = f_1 \frac{v + v_h}{v} = 525,071 \text{ Hz} \cdot \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 175 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 600,143 \text{ Hz} \approx 600 \text{ Hz}$

12.11 $l = 1,2 \text{ m}$, $f = 45 \text{ Hz}$, 10 solmua

Koska kieli on molemmista päistään kiinnitetty, nytytty kielen päihin solmut. Siten kielessä on 3 kumpua
 $\Rightarrow l = 3 \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2l}{3} = \frac{2 \cdot 1,2 \text{ m}}{3} \approx 0,8 \text{ m}$

aaltoliikkeen perusyhtälö:
 $v = \lambda f = 0,8 \text{ m} \cdot 45 \frac{1}{\text{s}} = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

12.12 $f = 4,0 \text{ Hz}$, $v = 6,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $l = 4,0 \text{ m}$

a) aaltoliikkeen perusyhtälö: $v = \lambda f$
 $(\Rightarrow) \lambda = \frac{v}{f} = \frac{6,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4,0 \frac{1}{\text{s}}} = 1,6 \text{ m}$
 \Rightarrow kumpuja: $\frac{l}{\frac{\lambda}{2}} = \frac{4,0 \text{ m}}{0,8 \text{ m}} = 5$ solmuja: $5 + 1 = 6$

b) $f = 3,2 \text{ Hz}$, $v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{6,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,2 \frac{1}{\text{s}}} = 2,0 \text{ m}$
 $\Rightarrow l = 2\lambda \Rightarrow$ nytytty seisova aalto jonne on kumpuja: $\frac{l}{\frac{\lambda}{2}} = \frac{4,0 \text{ m}}{1,0 \text{ m}} = 4$

14.6 $l = 21,0 \text{ cm}$, $v = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (olet. $t = +20^\circ \text{C}$)

a) Suljetussa päässä ilmamolekyylit liike on estynyt, joten siinä nytytty solmu (päävärähtelyjen maksimi) ja avoimessa päässä molekyylit värähtelevät liikkuneeseen joten siinä nytytty kumpu (päävärähtelyjen minimi).