Perusvärähtelyssä (kuvaa) $l = \frac{\lambda}{4} \Leftrightarrow \lambda = 4l$, kaltoliikkeen perusyhtälö: $v = \lambda f$

$\Leftrightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4l} = \frac{343\ \frac{m}{s}}{4 \cdot 0{,}210\ m} \approx 408{,}333\ \frac{1}{s} \approx \underline{410\ Hz}$

b) Puhallus pullon suulle synnyttää ääniaaltoja pullon sisään, jotka heijastuvat pullon pohjasta. Vastakkaisiin suuntiin kulkevat aallot interferoivat ja sopivalla taajuudella (eli aallonpituudella) pullon sisään syntyy seisova aalto. Tällöin puhallus tuottaa pulloon ääni-energiaa sopivalla taajuudella ja värähtelevää ilmapatsas on resonanssissa puhalluksen kanssa.

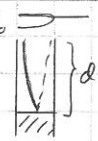
c) Jos $l = \frac{1}{2} \cdot 21{,}0\ cm$, myös λ puolittuu ja f tulee 2-kertaiseksi eli $f = 2 \cdot 408{,}333\ Hz = \underline{820\ Hz}$

14.9 $f_1 = 440{,}0\ Hz$, $f = 2{,}00\ Hz$

Lyöjuntataajuus: $f = |f_1 - f_2|$

$\Leftrightarrow f_1 - f_2 = f$ tai $f_1 - f_2 = -f$

$\Leftrightarrow f_2 = f_1 - f = \underline{438{,}0\ Hz}$ tai $f_2 = f_1 + f = \underline{442{,}0\ Hz}$

14.11 

$d = 19{,}5\ cm$, $f_0 = 440\ Hz$

Äänenvoimakkuuden maksimi havaitaan, kun on kuvan mukainen tilanne. Seisovassa aaltoliikkeessä suljettuun alapäähän muodostuu solmu ja avoimeen yläpäähän kupu. Tällöin värähtelevää ilmapatsas on resonanssissa äänirautan kanssa. Koska kuullun 1. kerran äänenvoimakkuuden maksimi, on kyseessä kuvan mukainen perusvärähtely.

Tällöin $d = \frac{\lambda_0}{4} \Leftrightarrow \lambda_0 = 4d$

kaltoliikkeen perusyhtälö:

$v = \lambda_0 f_0 = 4 d f_0 = 4 \cdot 0{,}195\ m \cdot 440\ \frac{1}{s} = 343{,}2\ \frac{m}{s} \approx \underline{340\ \frac{m}{s}}$

15.5 $L = 60\ dB$; $d = 8{,}4\ mm$

$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad | :10 \Leftrightarrow \frac{L}{10} = \lg \frac{I}{I_0} \quad | 10^{(\ )}$

$\Leftrightarrow 10^{\frac{L}{10}} = \frac{I}{I_0} \quad | \cdot I_0 \Leftrightarrow I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}} = 10^{-12} \frac{W}{m^2} \cdot 10^{\frac{60}{10}} = 10^{-6} \frac{W}{m^2}$

$P = IA = I \cdot 4\pi r^2 = 10^{-6} \frac{W}{m^2} \cdot 4\pi \cdot \left(\frac{8{,}4 \cdot 10^{-3} m}{2}\right)^2 \approx 5{,}54177 \cdot 10^{-11} W$

$\approx \underline{5{,}5 \cdot 10^{-11} W}$

15.8 $I_1 = 10^{-4} \frac{W}{m^2}$; $r_1 = 12\ m$; $I_2 = 1{,}0\ \frac{W}{m^2}$; $r_2 = ?$

Ei absorptiota $\Rightarrow I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{\frac{P}{4\pi}}{r^2} = \frac{k}{r^2}$

$\Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{k}{r_1^2}}{\frac{k}{r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad | \sqrt{\ } \Leftrightarrow \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = \pm \frac{r_2}{r_1} \quad | \cdot r_1$

$\Leftrightarrow r_2 = r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = 12\ m \sqrt{\frac{10^{-4} \frac{W}{m^2}}{1{,}0\ \frac{W}{m^2}}} = \underline{0{,}12\ m}$

TAI: $I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \Leftrightarrow P = I_1 \cdot 4\pi r_1^2 \approx 0{,}180956\ W$

$I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2} \quad | \cdot \frac{r_2^2}{I_2} \quad \Leftrightarrow r_2^2 = \frac{P}{4\pi I_2} \quad | \sqrt{\ }$

$\Leftrightarrow r_2 = \pm \sqrt{\frac{P}{4\pi I_2}} = \sqrt{\frac{0{,}180956\ W}{4\pi \cdot 1{,}0\ \frac{W}{m^2}}} = 0{,}12\ m$ ⌋

15.15 10 kellojuhallinta 10-kertaistaa intensiteetin I

$\Rightarrow I_2 = 10\ I_1$, $L_1 = 100\ dB$

$L_2 = 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 10 \lg \frac{10 I_1}{I_0} = 10 \lg \left(10 \cdot \frac{I_1}{I_0}\right)$

$= 10 \left(\lg 10 + \lg \frac{I_1}{I_0}\right) = 10 \lg 10 + \underbrace{10 \lg \frac{I_1}{I_0}}_{=L_1} = 10 + L_1$

$= 10\ dB + 100\ dB = \underline{110\ dB}$

15.16 a) - alennetaan nopeuksia, laitetaan melualta tai vaarallisuutta vaativiin, rakennusten sijoittelun, ...

b) $r_1 = 2{,}0\ m$; $L_1 = 74\ dB$; $r_2 = 8{,}0\ m$; $L_2 = ?$

Kun jätetään absorptio huomioitta on

$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow$ kun r tulee 4-kertaiseksi, tulee I $\left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}$-kertaiseksi

$L_2 = 10 \lg \frac{\frac{1}{16} I_1}{I_0} = 10 \lg \left(\frac{1}{16} \cdot \frac{I_1}{I_0}\right) = 10 \left(\lg \frac{1}{16} + \lg \frac{I_1}{I_0}\right)$

$= 10 \lg \frac{1}{16} + 10 \lg \frac{I_1}{I_0} \approx -12{,}0412\ dB + 74\ dB \approx \underline{62\ dB}$

15.19 $L_1 = 41\ dB$, $L_2 = 65\ dB$, $L_3 = ?$

$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad | :10 \Leftrightarrow \frac{L}{10} = \lg \frac{I}{I_0} \quad | 10^{(\ )} \cdot I_0 \Leftrightarrow I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}}$

$I_1 = I_0 \cdot 10^{\frac{L_1}{10}} = 10^{-12} \frac{W}{m^2} \cdot 10^{\frac{41}{10}} \approx 1{,}25893 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2}$

$I_2 = I_0 \cdot 10^{\frac{L_2}{10}} = 10^{-12} \frac{W}{m^2} \cdot 10^{\frac{65}{10}} = 3{,}16228 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2}$

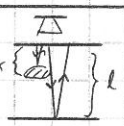
100 oppilasta tuottavat intensiteetin $I_2 - I_1$

50 — " — $\frac{1}{2}(I_2 - I_1) = 1{,}57484 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2}$

$\Rightarrow$ ilmanvaihto + 50 oppilasta:

$I_3 = I_1 + \frac{1}{2}(I_2 - I_1) \approx 1{,}58743 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2}$

$\Rightarrow L_3 = 10 \lg \frac{I_3}{I_0} \approx 62{,}007\ dB \approx \underline{62\ dB}$

16.10 

$v = 5250\ \frac{m}{s}$

$t_1 = 2{,}2 \cdot 2{,}0\ \mu s = 4{,}4\ \mu s$

$t_2 = 8 \cdot 2{,}0\ \mu s = 16\ \mu s$

a) Seinän paksuus: $2l = t_2 v$

$\Leftrightarrow l = \frac{t_2 v}{2} = \frac{16 \cdot 10^{-6} s \cdot 5250\ \frac{m}{s}}{2} = 0{,}042\ m = \underline{42\ mm}$

b) Rakennevirhe: $2x = t_1 v$

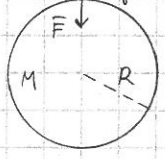
$\Leftrightarrow x = \frac{t_1 v}{2} = \frac{4{,}4 \cdot 10^{-6} s \cdot 5250\ \frac{m}{s}}{2} = 0{,}01155\ m \approx \underline{12\ mm}$

16.16 a) Ääni on väliaineessa etenevää mekaanista aaltoliikettä missä väliaineen tiheys vaihtelee jaksottaisesti:

Ultraääni on ääntä jonka korkeus on suuren ja kuin ihmisen kuulokynnys 20 kHz

b) $v = \lambda f \Leftrightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{1450\ \frac{m}{s}}{11 \cdot 10^6\ \frac{1}{s}} \approx 1{,}31818 \cdot 10^{-4} m \approx \underline{0{,}13\ mm}$

c) Koska äänen nopeus riippuu tiheydestä, toimii tiheyden ainat rajapintoina joista ultraääni osittain heijastuu ja osittain taittuu. Heijastuminen on sitä voimakkaampaa mitä suurempi on äänen nopeuksien ero tiheyksissä. Mittaamalla ultraäänen heijastuksia voidaan muodostaa kuva tiheyksistä

K12. 

$M = 2{,}8 \cdot 10^{30}\ kg$, $2R = 24\ km$

$F = G \frac{mM}{R^2} = mg \quad | : m$

$g = G \frac{M}{R^2} = 6{,}67428 \cdot 10^{-11} N \frac{m^2}{kg^2} \cdot \frac{2{,}8 \cdot 10^{30} kg}{\left(\frac{24000\ m}{2}\right)^2}$

$\approx 1{,}29778 \cdot 10^{12} \frac{m}{s^2} \approx \underline{1{,}3 \cdot 10^{12} \frac{m}{s^2}}$