



Uppgifter 4 – Endimensionell vågutbredning (II)

1. För en plan våg som färdas i positiv x -riktning är $Z_+ = \rho c$. Använd Newtons rörelselag och beräkna Z_- för en plan våg som färdas i negativ x -riktning.
2. Ljudintensitet och respektive tidsmedelvärde för en plan våg definieras som:

$$I(x, t) = p(x, t) \cdot v(x, t) \quad \text{och} \quad \bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) \cdot v(t) dt$$

och ljudintensitetsnivån som $L_I = 10 \log \left(\frac{\bar{I}}{I_{ref}} \right)$ där $I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Bestäm utifrån detta ett samband mellan ljudtrycksnivå L_p och ljudintensitetsnivå L_I . Anta en positiv våg och rumstemperatur. Vad händer om de båda förväxlas? $\rho c = 405 \text{ Pa}\cdot\text{s/m}$.

3. En kolv i vänstra änden av ett ihåligt rör (vid $x = 0$) svänger med en förskjutning som funktion av tiden $u(t) = \hat{u} \cos(\omega t)$, där $\hat{u} = 0.12 \text{ mm}$ och $\omega = 800 \text{ rad/s}$. En ljudvåg sprids i röret, som har en tvärsnittsarea är $S = 0.01 \text{ m}^2$ och kan antas oändligt långt.
 - a. Bestäm $v(x, t)$ för den endimensionella vågen som fortplantas i röret uttryckt på komplex form. Hur stor är hastighetsamplituden?
 - b. Bestäm $p(x, t)$, det vill säga den komplexa tryckfunktionen för vågen.)
 - c. Bestäm ljudnivån i röret.
 - d. Bestäm tidsmedelvärdet av ljudintensiteten $\bar{I}$ för vågen
 - e. Bestäm ljudeffekten som sänds ut av kolven (in i röret).
4. En cirkulär stålstång med diametern 50 mm påverkas av en drivande kraft i ena änden där $x = 0$ så att $F(0, t) = F_{driv}(0, t) = F_{driv} e^{i\omega t}$, där $F_{driv} = 1 \text{ kN}$ och $\omega = 20 \text{ rad/s}$. Kraften orsakar en fortskridande våg i x -riktningen. Bestäm:
 - a. $\sigma(x, t)$.
 - b. $\varepsilon(x, t)$
 - c. $u(x, t)$
 - d. $v(x, t)$
 - e. Bestäm $Z_{stål}$ utifrån resultatet i d).
5. Längden av en gitarrsträng är 65 cm. E-strängen (d.v.s. den tjockaste strängen) på en gitarr har en massa av ca 5,4 gram och är under dragspänning av en kraft av 95 Newton. På grund av denna kraft och massan, är våghastigheten i E-strängen 107 m/s. Beräkna frekvensen av den längsta egenfrekvensen som produceras när du plockar E-strängen, och alla övertoner upp till den 4:e (och rita dem).
6. En flöjt (öppet rör) är utformad för att spela mitt-C (262 Hz) som längsta egenfrekvensen när alla hål i flöjten omfattas. Beräkna längden på en flöjt från munstycket (öppet änden) till den bortre änden (andra öppna änden).



Answers:

1. Teoretiskt
2. $L_I = L_p - 0.16$ dB, alltså försumbar skillnad!
3.
 - a) $v(x, t) = 0.096 \cdot e^{i(\omega t - kx + \pi/2)}$ m/s
 - b) $p(x, t) = 38.9 \cdot e^{i(\omega t - kx + \pi/2)}$ Pa
 - c) $L_p = 123$ dB
 - d) $\bar{I} = 1.87$ W/m²
 - e) $\bar{\Pi} = 18.7$ mW
4.
 - a) $\sigma(x, t) = -509 \cdot e^{i(\omega t - kx)}$ kPa
 - b) $\varepsilon(x, t) = -2.55 \cdot e^{i(\omega t - kx)}$ μ strain
 - c) $u(x, t) = 0.645 \cdot e^{i(\omega t - kx - \pi/2)}$ mm
 - d) $v(x, t) = 12.9 \cdot e^{i(\omega t - kx)}$ mm/s
 - e) $Z = 77.6 \cdot 10^3$ Pa·s·m
5. $f_n = 82.3$ n Hz
6. $L = 65$ cm