

II Računske vežbe

1. Tačnasti izvor zvuka zvočne snage $1,6 \text{ mW}$ emitirje zvočne talase v slobodnem prostoru na frekvenci 340 Hz .

Odrediti trenutno vrednost zvočnog pritiska i brzine oscilovanja čestica elastične sredine na razdaljnju 3 m od izvora, 10 s nakon vključenja, kao i efektivnu vrednost zvočnog pritiska. (16. knjiga)

$$P_a = 1,6 \text{ mW} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ W} - \text{zvočna snaga izvora}$$

$$f = 340 \text{ Hz}$$

$$r = 3 \text{ m}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

Tačnasti izvor zvuka emitirje sferne zvočne talase čiji se zvočni pritisak na površini talasnog fronta v obliku sfere poluprečnika r menja po zakonu:

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \cos(\omega t - kr) = A_p \cos(\omega t - kr), \quad A_p = \frac{A}{r}$$

Efektivna vrednost zvočnog pritiska:

$$p = \frac{A_p}{\sqrt{2}} = \frac{A}{\sqrt{2} r}$$

$$p = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{\rho c P_a}{4\pi}}, \quad \rho c = 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

$$p = \frac{1}{3 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Nm}}{\text{s}}}{4\pi}}$$

$$p = \frac{1}{3 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{400 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}} \cdot \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi}} = \frac{1}{3 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{0,16 \text{ kg}^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^4} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}}{\pi}}$$

$$p = \frac{1}{3 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{0,16}{\pi} \left(\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{\text{m}^2}} = \frac{1}{3 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{0,16}{\pi} \frac{\text{N}^2}{\text{m}^2}} = \frac{1}{3 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{0,16}{\pi}} \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$p = 0,075 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,075 \text{ Pa} \Rightarrow \boxed{p = 75 \text{ mPa}}$$

$$\frac{A}{r\sqrt{2}} = \frac{1}{r} \cdot \sqrt{\frac{\rho c p_a}{4\pi}}$$

$$\Rightarrow A = \sqrt{\frac{2\rho c p_a}{4\pi}} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{\rho c p_a}{2\pi}}$$

$$A = \sqrt{\frac{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{2\pi}} \quad \left[W = \frac{J}{s} = \frac{\text{Nm}}{s} = \frac{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}}{s} = \frac{\text{kg m}^2}{s^3} \right]$$

$$A = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}}{2\pi}} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}} \cdot W = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}} \cdot \frac{\text{kg m}^2}{s^3} = \frac{\text{kg}^2}{s^4} \right]$$

$$A = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-1}}{\pi}} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} = \sqrt{\frac{0,32}{\pi}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right] \Rightarrow \boxed{A = \sqrt{\frac{0,32}{\pi}} \frac{\text{N}}{\text{m}}}$$

$$p(r, t) = \frac{1}{r} \cdot A \cdot \cos\left(2\pi f t - \frac{2\pi f}{c} r\right)$$

$$p(r, t) = \frac{1}{r} \cdot \sqrt{\frac{\rho c p_a}{2\pi}} \cdot \cos\left(2\pi f t - \frac{2\pi f}{c} r\right)$$

$$p(3, 10) = \frac{1}{3 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{0,32}{\pi}} \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \cos\left(2\pi \cdot 340 \cdot 10 - \frac{2\pi \cdot 340}{340} \cdot 3\right)$$

$$p(3, 10) = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{0,32}{\pi}} \cdot \cos(6800\pi - 6\pi) \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$p(3, 10) = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{0,32}{\pi}} \cos(\underbrace{6794\pi}_{\text{rad}}) \left[\text{Pa} \right]$$

$$6794\pi = 3397 \cdot 2\pi + 0 \Rightarrow \cos(6794\pi) = \cos 0 = 1$$

$$p(3, 10) = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0,32}{\pi}} \left[\text{Pa} \right] \Rightarrow \boxed{p(3, 10) = 0,1064 \text{ Pa}}$$

$$kr = \frac{2\pi f}{c} \cdot r = \frac{2\pi \cdot 340}{340} \cdot 3 = \boxed{6\pi \gg 1}$$

$\Rightarrow$ zvučni talasi imaju oblik ravanskih talasa

k - fazna konstanta $\left[\frac{1}{\text{m}} \right]$

$kr \gg 1$ ravan talas

$kr < 1$ sferni talas

$$z_s = \frac{p(3,10)}{v(3,10)} = \frac{\sqrt{p_c k r}}{\sqrt{1+k^2 r^2}} \approx p_c, \text{ kada je } kr \gg 1$$

$$\frac{p(3,10)}{v(3,10)} \approx p_c \Rightarrow \boxed{v(3,10) = \frac{p(3,10)}{p_c}}$$

$$v(3,10) = \frac{0,1064 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{400 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{0,1064}{400} \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \boxed{v(3,10) = 2,66 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

2. Ako je zvučna snaga motorne kosilice 901 W, izračunati intenzitet zvuka i zvučni pritisak koji ona generiše na srednjem preseku na poziciji rukovodaca. Rastojanje je vra rukovadca kosilicom od njenog akustičnog centra iznosi 1,5m.

Intenzitet zvuka:

$$\boxed{I = \frac{P_a}{\sqrt{2} \cdot r^2}}$$

$\sqrt{2}$ - prosečni ugao zračenja koji zavisi od pozicije izvora zvuka

$$\boxed{I = \frac{P^2}{p_c}}$$

$$I = \frac{P^2}{p_c} = \frac{P_a}{\sqrt{2} r^2}$$

$$P^2 = \frac{p_c P_a}{\sqrt{2} r^2} \Rightarrow \boxed{P = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{P_a p_c}{\sqrt{2}}}}$$

$$I = \frac{P_a}{\sqrt{2} r^2}, \sqrt{2} = 2\pi$$

$$\boxed{I = \frac{P_a}{2\pi r^2}}$$

$$I = \frac{P_g}{2\pi r^2} = \frac{0,01 \text{ W}}{2\pi \cdot (1,5 \text{ m})^2} = \frac{0,01 \text{ W}}{2\pi \cdot 2,25 \text{ m}^2} = \frac{0,01 \text{ W}}{4,5\pi \text{ m}^2}$$

$$I = 0,000707 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I = 7,07 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$p = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{P_g \rho c}{2\pi}} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{P_g \rho c}{2\pi}} = \frac{1}{1,5 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{0,01 \text{ W} \cdot 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2\pi}}$$

$$\left[\frac{1}{s} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{Nm}}{s} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N} \cdot \text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}^2}{\text{m}^2}, \sqrt{\frac{\text{N}^2}{\text{m}^2}} = \frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

$$p = \frac{1}{1,5 \text{ m}} \cdot \sqrt{\frac{4}{2\pi}} \frac{\text{N}}{\text{m}} = \frac{1}{1,5} \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \Rightarrow \boxed{p = 0,532 \text{ Pa}}$$

3. Tačnasti izvor zvuka, smješten na beskonačnom i krutom zidu, na rastojanju 1m od zida sevara intenzitet zvuka $1 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2}$.

Ako se ukloni zid, izračunati:

a) intenzitet zvuka i zvučni pritisak na rastojanju 1m od izvora zvuka

b) raseljavanje na usjem se još može čuti zvuk, ako se zanemari disipacija u vazduhu. (z1. knjiga)

Na beskonačnom krutom zidu, prostorni ugao zračenja je $2\pi \text{ rad}$.

$$r = 1 \text{ m}$$

$$I = 1 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2} = 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$2\pi = 2\pi$
polustera

$$\boxed{I = \frac{P_g}{2\pi r^2}} \Rightarrow \boxed{P_g = I \cdot 2\pi r^2 = 2\pi I r^2}$$

$$P_g = 2\pi \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 1 \text{ m}^2 = \boxed{2\pi \cdot 10^{-3} \text{ W}}$$

$$\boxed{P_g = 2\pi \text{ mW}}$$

$$\boxed{P_g = 0,20 \text{ mW}}$$

a) kada se vuloni zid, onda je prostorni ugao zračenja 4π .

$$I_1 = \frac{P_a}{4\pi r^2} = \frac{P_a}{4\pi r^2} = \frac{2\pi \text{ mW}}{4\pi \text{ m}^2} = \frac{1}{2} \frac{\text{mW}}{\text{m}^2} = 0,5 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2}$$

zvučni pritisak:

$$p = \frac{1}{r} \cdot \sqrt{\frac{P_a \rho c}{4\pi}} = \frac{1}{1\text{m}} \cdot \sqrt{\frac{2\pi \cdot 400 \cdot 10^{-3}}{4\pi}} = \sqrt{200 \cdot 10^{-3}} = \sqrt{2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3}}$$

$$p = \sqrt{2 \cdot 10^{-1}} = \sqrt{0,2} = \boxed{0,45 \text{ Pa}} \quad \boxed{p = 0,45 \text{ Pa}} \quad \begin{array}{c} \diagup \\ \circ \\ \diagdown \end{array} 4\pi$$

b) zvučni koji se može čuti na nekom rastojanju r_1 odgovara minimalni zvučni pritisak koji može da registruje čula čuša, tzv. prag čujnosti iznosi $20 \mu\text{Pa}$.

$$p = p_0 = \frac{1}{r_1} \sqrt{\frac{P_a \rho c}{4\pi}} \Rightarrow \boxed{r_1 = \frac{1}{p_0} \cdot \sqrt{\frac{P_a \rho c}{4\pi}}}$$

$$r_1 = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}} \cdot \sqrt{\frac{2\pi \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ s}}}{4\pi}} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 \text{ W} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ s}}}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{W} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ s}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ s}} = \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ s}} = \frac{\text{N}^2}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}^2 \text{ m}^2}{\text{m}^4} = \text{Pa}^2 \text{ m}^2 \\ \sqrt{\text{Pa}^2 \text{ m}^2} = \text{Pa m} \end{array} \right]$$

$$r_1 = \frac{1}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \cdot \sqrt{0,2} \text{ Pa m} = \frac{\sqrt{0,2}}{2} \cdot 10^5 \text{ m} = \boxed{22361 \text{ m}} = \boxed{22,361 \text{ km}}$$

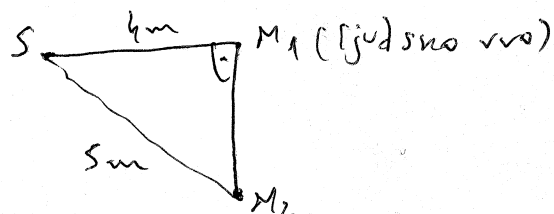
4. Tačnasti izvor zvuka nepoznate zvučne snage nalazi se u slobodnom prostoru. Ako je na poziciji prijemnika M_1 (ljudsko uho) izmjerenu zvučni pritisak od $0,02 \text{ Pa}$, izračunati energiju zvučnih talasa koja u jedinici vremena padne na bobnu opnu uha na pozicijama M_1 i M_2 . Vzeti da je površina bobne opne 50 mm^2 . (22. kužiga)

$$p_1 = 0,02 \text{ Pa}$$

$$r_1 = 4 \text{ m}$$

$$r_2 = 5 \text{ m}$$

$$S = 50 \text{ mm}^2 = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$



specifična akustična impedansa (const.)

$$z_s = \rho c = \frac{p}{v} = 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

Tačna M_1 :

$$I_1 = \frac{p_1^2}{\rho c} = \frac{(0,02 \text{ Pa})^2}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}} = \frac{(2 \cdot 10^{-2})^2}{4 \cdot 10^2} \frac{\text{kg}^2}{\text{m}^2 \text{s}} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^2} \frac{\text{kg}^2 \text{ m}^2}{\text{s}^2 \text{ m}^2} = 10^{-6} \frac{\text{kg}^2 \text{ m}^2}{\text{s}^2 \text{ m}^2} = 10^{-6} \frac{\text{N}^2}{\text{m}^2 \text{s}} = 10^{-6} \frac{\left(\frac{\text{J}}{\text{m}}\right)^2}{\text{s}} = 10^{-6} \frac{\text{J}^2}{\text{m}^2 \text{s}} = 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I_1 = 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$P_{a1} = I_1 \cdot S = 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 50 \cdot 10^{-12} \text{ W} \Rightarrow P_{a1} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ W}$$

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \frac{1}{r_1} \cdot \sqrt{\frac{P_a \rho c}{4\pi}} = \frac{A}{r_1} \\ p_2 &= \frac{1}{r_2} \cdot \sqrt{\frac{P_a \rho c}{4\pi}} = \frac{A}{r_2} \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{1}{r_1} \cdot \sqrt{\frac{P_a \rho c}{4\pi}}}{\frac{1}{r_2} \cdot \sqrt{\frac{P_a \rho c}{4\pi}}} = \frac{\frac{1}{r_1}}{\frac{1}{r_2}} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\Rightarrow \boxed{p_1 \cdot r_1 = p_2 \cdot r_2}$$

$$\boxed{p \cdot r = \text{const.}}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{r_1}{r_2}$$

$$P_2 = 0,02 \text{ Pa} \cdot \frac{4 \cancel{\text{m}}}{5 \cancel{\text{m}}} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,8 \text{ Pa} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-1} \text{ Pa} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$$

$$P_2 = 16 \text{ mPa}$$

Tačka M2:

$$I_2 = \frac{P_2^2}{\rho c}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{(16 \cdot 10^{-3} \text{ Pa})^2}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{s}}} = \frac{256 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^2} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 64 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I_2 = 0,64 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

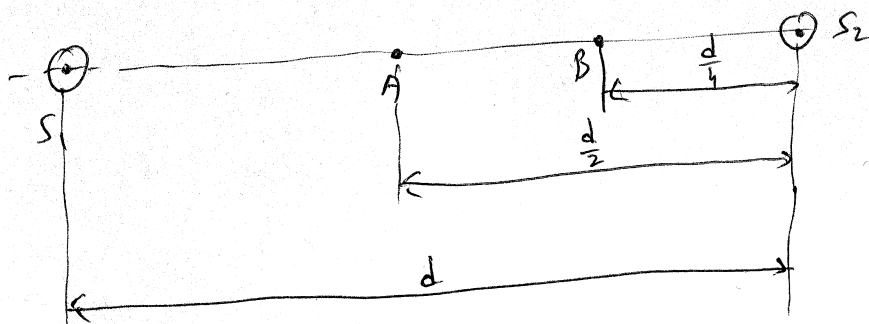
$$I_2 = 0,64 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2}$$

$$P_{a2} = I_2 \cdot S = 0,64 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 0,64 \cdot 50 \cdot 10^{-12} \text{ W}$$

$$P_{a2} = 32 \cdot 10^{-12} \text{ W} = 32 \text{ pW}$$

$$P_{a2} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ W}$$

5. Dva tačnasta zvučna izvora se nalaze u slobodnom prostoru na međusobnom rastojanju d . Zvučna snaga izvora S_1 je deset puta veća od zvučne snage izvora S_2 . Odrediti za koliko se promeneni intenzitet zvuka pri prelasku iz tačke A u tačku B, uz pretpostavku da zvučni izvori emituju zvuk širokog frekvencijskog spektra? (23. knjiga)



d

$$P_{a1} = 10 P_{a2}$$

$$PI = ?$$

Kada izvori emitiraju zvuk širokog frekvencijskog spektra, rezultirajući intenzitet zvuka u nekoj tački jednak je zbiru intenziteta zvuka koji stvaraju pojedinačni izvori u istoj tački.

Tačka A:

$$I_A = I_{A1} + I_{A2} = \frac{P_{A1}}{4\pi r_{A1}^2} + \frac{P_{A2}}{4\pi r_{A2}^2} = \frac{10 P_{A2}}{4\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} + \frac{P_{A2}}{4\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} =$$

$$= \frac{10 P_{A2}}{4\pi \cdot \frac{d^2}{4}} + \frac{P_{A2}}{4\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{10 P_{A2}}{\pi d^2} + \frac{P_{A2}}{\pi d^2} = \boxed{\frac{11 P_{A2}}{\pi d^2}}$$

Tačka B:

$$I_B = I_{B1} + I_{B2} = \frac{P_{B1}}{4\pi r_{B1}^2} + \frac{P_{B2}}{4\pi r_{B2}^2} = \frac{10 P_{A2}}{4\pi \left(\frac{3d}{4}\right)^2} + \frac{P_{A2}}{4\pi \left(\frac{d}{4}\right)^2} =$$

$$= \frac{10 P_{A2}}{4\pi \cdot \frac{9d^2}{16}} + \frac{P_{A2}}{4\pi \cdot \frac{d^2}{16}} = \frac{10 P_{A2}}{9\pi d^2} + \frac{P_{A2}}{\pi d^2} =$$

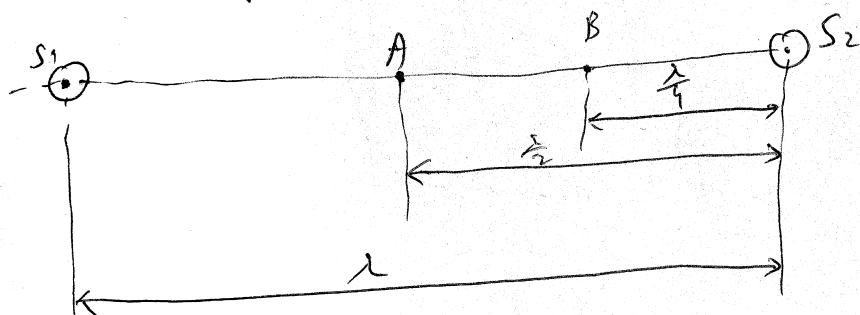
$$= \frac{10 P_{A2}}{9\pi d^2} + \frac{1 P_{A2}}{\pi d^2} = \frac{10 P_{A2}}{9\pi d^2} + \frac{9 P_{A2}}{9\pi d^2} = \frac{19 P_{A2}}{9\pi d^2} = \boxed{\frac{8,44 P_{A2}}{\pi d^2}}$$

$$\Delta I = I_A - I_B = \frac{11 P_{A2}}{\pi d^2} - \frac{8,44 P_{A2}}{\pi d^2} = \frac{P_{A2}}{\pi d^2} (11 - 8,44) = \boxed{\frac{2,56 P_{A2}}{\pi d^2}} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

odnos: $\frac{I_A}{I_B} = \frac{11 \cancel{P_{A2}} / \pi d^2}{8,44 \cancel{P_{A2}} / \pi d^2} = \frac{11}{8,44} = \boxed{1,3}$

Intenzitet zvuka u tački A je za 1,3 puta veći od intenziteta zvuka u tački B. (za 30%)

6. Dva tačvnasta zvučna izvora se nalaze u slobodnom prostoru na međusobnom rastojanju λ . Zvučna snaga izvora S_1 je 4 puta veća od zvučne snage izvora S_2 . Odrediti odnos zvučnih pritiskova u tačkama A i B, vt pretpostavim da izvori zvuka emituju čist sinusni ton i da izvori rade u fazi. (24. koljiga)



$$P_{A1} = 4 P_{A2}$$

prost ton - sinusni ton

Kada izvori emituju zvuk tonalnog karaktera, odnosno prost (sinusni) ton, pri određivanju rezultujuće efektive vrednosti zvučnog pritiska potrebno je uzeti u obzir, pored efektivnih vrednosti zvučnih pritiskova koje generišu pojedinačni izvori, i faznu razliku zvučnih talasa koji dopiru do posmatrane tačke.

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2 P_1 P_2 \cos \varphi}$$

P_1 i P_2 su zvučni pritisci koje generišu izvori zvuka u posmatranoj tački pojedinačno

φ - fazna razlika zvučnih talasa koji dopiru do posmatrane tačke

$$P = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{P_{\text{avg}}}{4\pi}} \quad , \quad \varphi = \varphi_0 + \nu \Delta r$$

φ_0 - početna fazna razlika

Tačka A: od izvora S_1

$$P_{A1} = \frac{1}{r_{A1}} \cdot \sqrt{\frac{P_{01} \rho c}{4\pi}}$$

$$P_{A1} = \frac{1}{\frac{\lambda}{2}} \cdot \sqrt{\frac{4 P_{02} \rho c}{4\pi}} = \boxed{\frac{2}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}}}$$

r_{A1} - rastojanje tačke A od izvora S_1

$$P_{A2} = \frac{1}{r_{A2}} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{4\pi}}$$

$$P_{A2} = \frac{1}{\frac{\lambda}{2}} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{4\pi}} = \frac{2}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}} = \boxed{\frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}}}$$

r_{A2} - rastojanje tačke A od izvora S_2

$$\varphi_A = t_0 + k \Delta r = 0 + \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} \right) = 0$$

zvučni talasi u tački A su u fazi.

$$P_A = \sqrt{P_{A1}^2 + P_{A2}^2 + 2P_{A1}P_{A2} \cos \varphi_A} = \sqrt{P_{A1}^2 + P_{A2}^2 + 2P_{A1}P_{A2}}$$

$$P_A = \sqrt{P_{A1}^2 + 2P_{A1}P_{A2} + P_{A2}^2} = \sqrt{(P_{A1} + P_{A2})^2} = |P_{A1} + P_{A2}| = P_{A1} + P_{A2}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_A = P_{A1} + P_{A2}}$$

$$P_A = \frac{2}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}} + \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}} \Rightarrow \boxed{P_A = \frac{3}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}}}$$

Tačka B:

$$P_{B1} = \frac{1}{r_{B1}} \cdot \sqrt{\frac{P_{01} \rho c}{4\pi}} = \frac{1}{\frac{3\lambda}{4}} \cdot \sqrt{\frac{4 P_{02} \rho c}{4\pi}} = \boxed{\frac{4}{3\lambda} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}}}$$

r_{B1} - rastojanje tačke B od izvora S_1

$$P_{B2} = \frac{1}{r_{B2}} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{4\pi}} = \frac{1}{\frac{\lambda}{4}} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{4\pi}} = \frac{4}{\lambda} \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}} = \boxed{\frac{2}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{P_{02} \rho c}{\pi}}}$$

r_{B2} - rastojanje tačke B od izvora S_2

$$\varphi_B = \varphi_0 + v \Delta t = 0 + \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} \right) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{2\lambda}{4} = \pi$$

Zvčni talasi v tačni B su v protifazi.

$$P_B = \sqrt{P_{B1}^2 + P_{B2}^2 + 2P_{B1}P_{B2}\cos\varphi_B}$$

$$P_B = \sqrt{P_{B1}^2 + P_{B2}^2 + 2P_{B1}P_{B2}\underbrace{\cos\pi}_{-1}} = \sqrt{P_{B1}^2 + P_{B2}^2 - 2P_{B1}P_{B2}}$$

$$P_B = \sqrt{(P_{B1} - P_{B2})^2} \Rightarrow \boxed{P_B = |P_{B1} - P_{B2}|}, \quad P_{B2} > P_{B1}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_B = P_{B2} - P_{B1}}$$

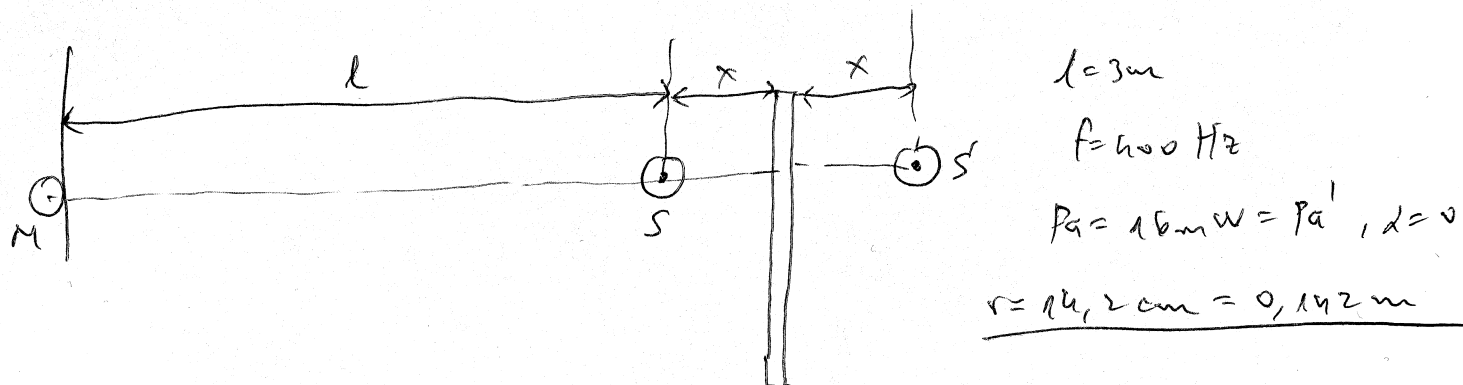
$$P_B = \frac{2}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{P_{q2}P_c}{\pi}} - \frac{4}{3\lambda} \cdot \sqrt{\frac{P_{q2}P_c}{\pi}} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{q2}P_c}{\pi}} \left(2 - \frac{4}{3} \right) = \frac{2}{3}$$

$$\boxed{P_B = \frac{2}{3\lambda} \cdot \sqrt{\frac{P_{q2}P_c}{\pi}}}$$

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\frac{3}{\lambda} \sqrt{\frac{P_{q2}P_c}{\pi}}}{\frac{2}{3\lambda} \sqrt{\frac{P_{q2}P_c}{\pi}}} = \frac{3}{2} = \frac{9}{2} = \boxed{4,5} \Rightarrow \boxed{P_A = 4,5 P_B}$$

Zvčni pritisk v tačni A je 4,5 puta večji od zvčnega pritiska v tačni B, t.j. večji je za 350%.

7. Tačnasti izvor zvuka nalazi se u slobodnom prostoru na rastojanju $14,2\text{ cm}$ od beskonačno velikog zida koeficijenta apsorpcije 0 . Zvučna snaga izvora na frekvenciji 400 Hz iznosi 16 mW . Izračunati vrednost zvučnog pritiska na rastojanju 3 m od izvora zvuka na pravcu, koji prolazi kroz izvor zvuka i upravan je na ravan zida. (25. knjiga)



Na poziciji merenog mikrofona, pored direktnog zvučnog talasa, koji generiše izvor, dopire i reflektovani zvučni talas od zida. Efekat reflektovanih zvučnih talasa se može modelirati postavljanjem virtuelnog izvora s druge strane zida, na istom rastojanju od njega kao što je rastojanje stvarnog izvora.

Zvučna snaga virtuelnog izvora zavisi od apsorpcijskih karakteristika zida.

$$P_a' = (1 - \alpha) P_a = P_a$$

$$\boxed{P_a' = P_a} \quad \alpha = 0$$

Direktan zvučni talas:

$$P_a = \frac{1}{r_d} \cdot \sqrt{\frac{P_a P_c}{4\pi}} = \frac{1}{l} \cdot \sqrt{\frac{P_a P_c}{4\pi}}, \quad r_d = l$$

$$P_a = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{400 \cdot 0,016}{4\pi}} [P_a] \Rightarrow \boxed{P_a = 0,238\text{ Pa}}$$

r_d - rastojanje tačke M od stvarnog izvora S, tj. rastojanje koje pređe direktni zvučni talas

Reflektorani zvočni talasi:

$$r_r = \frac{1}{r_r} \cdot \sqrt{\frac{p_e p_a}{4\pi}} = \frac{1}{2+2x} \cdot \sqrt{\frac{p_a p_c}{4\pi}}, \quad r_r = l + 2x$$

$$p_c = \frac{1}{3+2 \cdot 0,142} \cdot \sqrt{\frac{400 \cdot 0,016}{4\pi}} \text{ [Pa]}$$

$$p_r = \frac{1}{3,284} \sqrt{\frac{400 \cdot 0,016}{4\pi}} \text{ [Pa]} \Rightarrow \boxed{p_r = 0,217 \text{ Pa}}$$

r_r - razstojanje točke M od virtualnog izvora S' , tj. razstojanje koje pređe reflektorani zvočni talas

Fazna razlika:

$$\varphi = \varphi_0 + u \Delta r = 0 + u(r_r - r_d) = \frac{2\pi f}{c} (l + 2x - l) = \frac{2\pi f}{c} \cdot 2x = \boxed{\frac{4\pi f x}{c}}$$

$$\boxed{\varphi = \frac{4\pi f x}{c}}$$

$$\varphi = \frac{4\pi \cdot 400 \text{ Hz} \cdot 0,142 \text{ m}}{343 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{4\pi \cdot 40 \cdot 0,142}{34 \cdot 17} = \frac{80\pi \cdot 0,142}{17}$$

$$\Rightarrow \boxed{\varphi = \frac{2\pi}{3}}$$

Rezultirajući zvočni pritisk u točki M:

$$p = \sqrt{p_d^2 + p_r^2 + 2 p_d p_r \cos \varphi} = \sqrt{p_d^2 + p_r^2 + 2 p_d p_r \cos \frac{2\pi}{3}}$$

$$\cos \frac{2\pi}{3} = \cos \left(\pi - \frac{\pi}{3} \right) = -\cos \frac{\pi}{3} = \boxed{-\frac{1}{2}}$$

$$p = \sqrt{p_d^2 + p_r^2 + 2 p_d p_r \left(-\frac{1}{2} \right)} = \sqrt{p_d^2 + p_r^2 - p_d p_r}$$

$$p = \sqrt{(0,238)^2 + (0,217)^2 - 0,238 \cdot 0,217} \Rightarrow \boxed{p = 0,228 \text{ Pa}}$$