

IV Računske vežbe

① Sirena emituje složen: zvuk koji se sastoji od dve komponente, frekvencija 1000 Hz i 4000 Hz. Sirena je neusmerena i obe komponente emituje istom snagom. Na udaljenosti 1,5 m od sirene izmeren je nivo zvuka od 80 dB. Izračunati koliki nivo zvuka stvara sirena na rastojanju 1 m, ako se zna da je disipacija u vazduhu na 1000 Hz jednaka 0,5 dB na 100 m, a na 4000 Hz iznosi 3 dB na 100 m. (4 knjiga)

$$f_1 = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz} \rightarrow 0,5 \text{ dB na } 100 \text{ m}$$

$$f_2 = 4000 \text{ Hz} = 4 \text{ kHz} \rightarrow 3 \text{ dB na } 100 \text{ m}$$

$$r_2 = 1,5 \text{ m} = 1500 \text{ mm}$$

$$r_1 = 1 \text{ m}$$

Na rastojanju od 1 m imaju isti nivo zvuka, jer sirena emituje oba zvuka istom snagom, a na tom rastojanju disipacija u vazduhu može da se zanemari.

Na 1500 m, razlika nivoa:

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 20 \log \frac{r_2}{r_1} + 4,34 \text{ m} (r_2 - r_1)$$

Slabljenje nivoa zvuka frekvencije 1000 Hz iznosi:

$$\Delta L(f_{1000 \text{ Hz}}) = 20 \log \frac{1500}{1} + \frac{0,5}{100} (1500 - 1) = 20 \log(1500) + \frac{0,5}{100} \cdot 1499 =$$
$$= 20 \log(1500) + 7,5 = 63,5 + 7,5 = \boxed{71 \text{ dB}} \quad \boxed{\Delta L(1000 \text{ Hz}) = 71 \text{ dB}}$$

Na 4000 Hz:

$$\Delta L(f_{4000 \text{ Hz}}) = 20 \log \frac{1500}{1} + \frac{3}{100} (1500 - 1) = 20 \log(1500) + \frac{3}{100} \cdot 1499 =$$
$$= 63,5 + 45 = \boxed{108,5 \text{ dB}} \quad \boxed{\Delta L(4000 \text{ Hz}) = 108,5 \text{ dB}}$$

veliko slabljenje!

$$L_2(4000\text{Hz}) - L_2(1000\text{Hz}) = \Delta L(4000\text{Hz}) - \Delta L(1000\text{Hz}) =$$

$$= (100,5 - 71) \text{ dB} = \boxed{37,5 \text{ dB}} \quad \text{pošto su na 1 m isti nivoi zvuka!}$$

$$L_2(1000\text{Hz}) \approx L_2' = 80 \text{ dB} \quad \text{na 1500 m}$$

$$L_1(1000\text{Hz}) = L_2(1000\text{Hz}) + \Delta L(1000\text{Hz}) = 80 + 71 = \boxed{151 \text{ dB}}$$

$$4000\text{Hz}: L_1 = L_1(1000\text{Hz}) + 3 = \boxed{154 \text{ dB}} \quad \text{na 1 m}$$

② Četiri tačkasta izvora bave stvaraju zvučno polje u tački M. Ako je nivo bave koji stvara prvi izvor 60 dB, odrediti nivoe bave koje stvaraju ostali izvori bave. Zvučni pritisci koji stvaraju izvori u tački M se sje u odnosu $p_1 = 2p_2 = 4p_3 = 8p_4$. (5. knjiga)

$$L_1 = 60 \text{ dB}$$

$$p_1 = 2p_2 = 4p_3 = 8p_4$$

$$\boxed{p_0 = 20 \mu\text{Pa} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}}$$

$$L_2, L_3, L_4 = ?$$

$$L_1 = 20 \log \frac{p_1}{p_0} \Rightarrow \frac{L_1}{20} = \log \frac{p_1}{p_0} \Rightarrow \frac{p_1}{p_0} = 10^{\frac{L_1}{20}} \Rightarrow \boxed{p_1 = p_0 \cdot 10^{\frac{L_1}{20}}}$$

$$p_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot 10^{\frac{60}{20}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3 \text{ Pa} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \Rightarrow \boxed{p_1 = 0,02 \text{ Pa}} \quad \boxed{p_1 = 20 \text{ mPa}}$$

$$p_1 = 2p_2 \Rightarrow p_2 = \frac{p_1}{2} \Rightarrow \boxed{p_2 = 10^{-2} \text{ Pa}} \quad \boxed{p_2 = 0,01 \text{ Pa}} \quad \boxed{p_2 = 10 \text{ mPa}}$$

$$p_3 = p_1 \Rightarrow p_3 = \frac{p_1}{4} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \Rightarrow p_3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$$

$$\boxed{p_3 = 0,005 \text{ Pa}} \quad \boxed{p_3 = 5 \text{ mPa}}$$

$$p_1 = 8p_4 \Rightarrow p_4 = \frac{p_1}{8} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{8} \text{ Pa} = \frac{1}{4} \cdot 10^{-2} \text{ Pa} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$$

$$\boxed{p_4 = 2,5 \text{ mPa}}$$

$$L_2 = 20 \log \frac{p_2}{p_0} = 20 \log \left(\frac{10^{-2} \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \right) = 20 \log \left(\frac{10^3}{2} \right) = 20 \log (500) =$$

$$= \boxed{54 \text{ dB}} \Rightarrow \boxed{L_2 = 54 \text{ dB}}$$

$$L_3 = 20 \log \frac{p_3}{p_0} = 20 \log \left(\frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \right) = 20 \log (2,5 \cdot 10^2) = 20 \log (250) =$$

$$= \boxed{48 \text{ dB}} \Rightarrow \boxed{L_3 = 48 \text{ dB}}$$

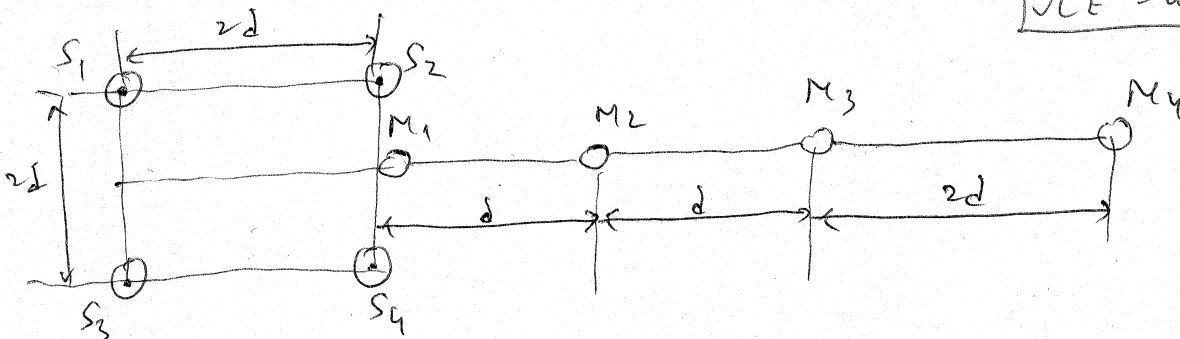
$$L_4 = 20 \log \frac{p_4}{p_0} = 20 \log \left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \right) = 20 \log (1,25 \cdot 10^2) = 20 \log (125) =$$

$$= \boxed{42 \text{ dB}} \Rightarrow \boxed{L_4 = 42 \text{ dB}}$$

Zaključak: Dvostruko smanjenje zvučnog pritiska daje smanjenje nivoa buke za 6 dB, i obrnuto, dvostruko povećanje zvučnog pritiska daje povećanje nivoa buke za 6 dB.

3. Četiri tačkasta izvora buke, jednake zvučne snage, emituju zvuk širokog zvučnog spektra. Nalaze se u slobodnom prostoru, raspoređeni u temenima kvadrata, stranice $2d$. Nivo buke se meri u tačkama koje se nalaze na liniji koja polovi dve suprotne strane kvadrata, na rastojanjima $0, d, 2d$ i $4d$ od jedne stranice kvadrata. Za koliko se menja nivo buke od jedne merne tačke do druge? (6. knjiga)

$$\boxed{L_2 = 45 \text{ dB}}$$



$$I_p = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

S_1 i S_3 isto kao S_2 i S_4 zbog simetrije problema (kvadrat)

$$I_1 = I_3, \quad I_2 = I_4$$

$$\boxed{I_p = 2(I_1 + I_2)}$$

M₁: razstojanje točke M₁ od izvora S₁ je r₁
 razstojanje točke M₁ od izvora S₂ je r₂

$$r_1^2 = d^2 + (2d)^2 = d^2 + 4d^2 = 5d^2$$

$$r_2 = 2d \Rightarrow r_2^2 = 4d^2$$

$$F_{M1} = 2(F_1 + F_2) = 2 \left(\frac{p_0}{4\pi r_1^2} + \frac{p_0}{4\pi r_2^2} \right) = \frac{2p_0}{4\pi} \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \right) =$$

$$= \frac{p_0}{2\pi} \left(\frac{1}{5d^2} + \frac{1}{4d^2} \right) = \frac{p_0}{2\pi d^2} \left(\frac{1}{5} + 1 \right) = \frac{6p_0}{2 \cdot 5\pi d^2} = \boxed{\frac{3p_0}{5\pi d^2}}$$

M₂: razstojanje točke M₂ od izvora S₁ je r₁
 razstojanje točke M₂ od izvora S₂ je r₂

$$r_1^2 = (3d)^2 + d^2 = 9d^2 + d^2 = 10d^2$$

$$r_2^2 = d^2 + d^2 = 2d^2$$

$$F_{M2} = 2(F_1 + F_2) = 2 \left(\frac{p_0}{4\pi r_1^2} + \frac{p_0}{4\pi r_2^2} \right) = \frac{2p_0}{4\pi} \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \right) =$$

$$= \frac{p_0}{2\pi} \left(\frac{1}{10d^2} + \frac{1}{2d^2} \right) = \frac{p_0}{2\pi \cdot 2d^2} \left(\frac{1}{5} + 1 \right) = \frac{p_0}{4\pi d^2} \cdot \frac{6}{5} = \boxed{\frac{3p_0}{10\pi d^2}}$$

M₃: razstojanje točke M₃ od izvora S₁ je r₁
 razstojanje točke M₃ od izvora S₂ je r₂

$$r_1^2 = (4d)^2 + d^2 = 16d^2 + d^2 = 17d^2$$

$$r_2^2 = (2d)^2 + d^2 = 4d^2 + d^2 = 5d^2$$

$$F_{M3} = 2(F_1 + F_2) = 2 \left(\frac{p_0}{4\pi r_1^2} + \frac{p_0}{4\pi r_2^2} \right) = \frac{2p_0}{4\pi} \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \right) =$$

$$= \frac{p_0}{2\pi} \left(\frac{1}{17d^2} + \frac{1}{5d^2} \right) = \frac{p_0}{2\pi d^2} \left(\frac{1}{17} + \frac{1}{5} \right) = \frac{p_0}{2\pi d^2} \cdot \frac{5+17}{5 \cdot 17} =$$

$$= \frac{p_0}{2\pi d^2} \cdot \frac{22}{85} = \boxed{\frac{11p_0}{85\pi d^2}}$$

M_H : rastojanje tačke M_H od izvora S_1 je r_1
 rastojanje tačke M_H od izvora S_2 je r_2

$$r_1^2 = (6d)^2 + d^2 = 36d^2 + d^2 = 37d^2$$

$$r_2^2 = (4d)^2 + d^2 = 16d^2 + d^2 = 17d^2$$

$$\begin{aligned} I_{M_H} &= 2(I_1 + I_2) = 2 \left(\frac{P_0}{4\pi r_1^2} + \frac{P_0}{4\pi r_2^2} \right) = \frac{2P_0}{4\pi} \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \right) = \\ &= \frac{P_0}{2\pi} \left(\frac{1}{37d^2} + \frac{1}{17d^2} \right) = \frac{P_0}{2\pi d^2} \left(\frac{1}{37} + \frac{1}{17} \right) = \frac{P_0}{2\pi d^2} \cdot \frac{17+37}{17 \cdot 37} = \\ &= \boxed{\frac{27 P_0}{829 \pi d^2}} \end{aligned}$$

Promena nivoa buke između tačaka:

$$\begin{aligned} DL(M_1 \rightarrow M_2) &= L_{M_1} - L_{M_2} = 10 \log \frac{I_{M_1}}{I_0} - 10 \log \frac{I_{M_2}}{I_0} = \\ &= 10 \left(\log \frac{I_{M_1}}{I_0} - \log \frac{I_{M_2}}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{I_{M_1}}{I_0}}{\frac{I_{M_2}}{I_0}} \right) = 10 \log \left(\frac{I_{M_1}}{I_{M_2}} \right) = \\ &= 10 \log \left(\frac{\frac{3 P_0}{55 \pi d^2}}{\frac{3 P_0}{10 \pi d^2}} \right) = 10 \log 2 = \boxed{3 \text{ dB}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DL(M_2 \rightarrow M_3) &= L_{M_2} - L_{M_3} = 10 \log \frac{I_{M_2}}{I_0} - 10 \log \frac{I_{M_3}}{I_0} = \\ &= 10 \left(\log \frac{I_{M_2}}{I_0} - \log \frac{I_{M_3}}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{I_{M_2}}{I_0}}{\frac{I_{M_3}}{I_0}} \right) = 10 \log \left(\frac{I_{M_2}}{I_{M_3}} \right) = \\ &= 10 \log \left(\frac{\frac{3 P_0}{10 \pi d^2}}{\frac{11 P_0}{85 \pi d^2}} \right) = 10 \log \left(\frac{3 \cdot 85}{10 \cdot 11} \right) = 10 \log \left(\frac{51}{22} \right) = \boxed{3,65 \text{ dB}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DL(M_3 \rightarrow M_H) &= L_{M_3} - L_{M_H} = 10 \log \frac{I_{M_3}}{I_0} - 10 \log \frac{I_{M_H}}{I_0} = \\ &= 10 \left(\log \frac{I_{M_3}}{I_0} - \log \frac{I_{M_H}}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{I_{M_3}}{I_0}}{\frac{I_{M_H}}{I_0}} \right) = 10 \log \left(\frac{I_{M_3}}{I_{M_H}} \right) = \\ &= 10 \log \left(\frac{\frac{11 P_0}{85 \pi d^2}}{\frac{27 P_0}{629 \pi d^2}} \right) = 10 \log \left(\frac{11 \cdot 629}{85 \cdot 27} \right) = 10 \log \left(\frac{11 \cdot 17 \cdot 37}{17 \cdot 5 \cdot 27} \right) = \\ &= 10 \log \left(\frac{11 \cdot 37}{5 \cdot 27} \right) = \boxed{9,8 \text{ dB}} \end{aligned}$$

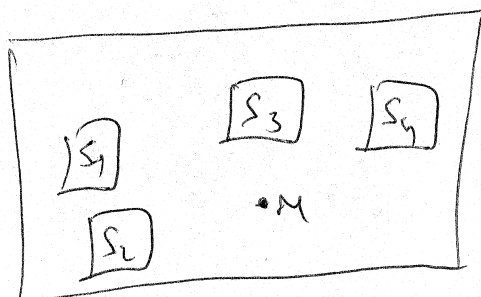
4. Odredi rezultujući nivo buke u tački M za četiri
 tačkasta izvora buke koji emituju bave širokog spektra.
 Nivoi buke koje stvaraju pojedinačni izvori na poziciji
 tačke M iznose 90 dB, 90 dB, 95 dB i 100 dB. (7. knjiga)

$$L_1 = 90 \text{ dB}$$

$$L_2 = 90 \text{ dB}$$

$$L_3 = 95 \text{ dB}$$

$$L_4 = 100 \text{ dB}$$



$$L_p = ?$$

$$I_p = \sum_{i=1}^n I_i = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_{n-1} + I_n$$

$$L_p = 10 \log \frac{I_p}{I_0} = 10 \log \left(\frac{I_1 + I_2 + \dots + I_{n-1} + I_n}{I_0} \right) = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{I_0}$$

$$L_i = 10 \log \frac{I_i}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I_i}{I_0} = \frac{L_i}{10} \Rightarrow \boxed{\frac{I_i}{I_0} = 10^{\frac{L_i}{10}}}$$

$$L_p = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{I_0} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

$$\boxed{L_p = 10 \log \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_3}{10}} + 10^{\frac{L_4}{10}} \right)}, n=4$$

$$L_p = 10 \log \left(10^{\frac{90}{10}} + 10^{\frac{90}{10}} + 10^{\frac{95}{10}} + 10^{\frac{100}{10}} \right) = 10 \log (10^9 + 10^9 + 10^{9.5} + 10^{10})$$

$$\boxed{L_p = 101,8 \text{ dB}}$$

5. Vseupni nivo buke koji stvaraju 100 izvora iste zvučne snage ima vrednost 100 dB. Ako se zvučni pritisak kod 20 izvora buke poveća za po 1 Pa, odrediti za koliko će se povećati vsepni nivo buke. (Bukinja)

$$P_{a1} = P_{a2} = \dots = P_{an} \Rightarrow I_1 = I_2 = \dots = I_n = I$$

n identičnih izvora buke, iste zvučne snage, nalaze se na istom raslojanju od posmatrane tačke na otvorenom prostoru:

$$I_i = \frac{P_{ai}}{4\pi r_i^2}$$

$$I_R = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \underbrace{I + I + \dots + I}_n = nI$$

$$L_R = 10 \log \frac{I_R}{I_0} = 10 \log \frac{nI}{I_0} = \underbrace{10 \log \frac{I}{I_0}}_L + 10 \log n = \boxed{L + 10 \log n}$$

$$\Rightarrow \boxed{L_R = L + 10 \log n}$$

$$L = L_R - 10 \log n, \quad n = 100$$

$$L_R = 100 \text{ dB}$$

$$L = 100 \text{ dB} - 10 \log 100 = 100 \text{ dB} - 20 \text{ dB} = \boxed{80 \text{ dB}}$$

$$L = 20 \log \frac{P}{P_0} \Rightarrow \log \frac{P}{P_0} = \frac{L}{20} \Rightarrow \frac{P}{P_0} = 10^{\frac{L}{20}}$$

$$\Rightarrow \boxed{P = P_0 \cdot 10^{\frac{L}{20}}}$$

$$P_0 = 20 \mu\text{Pa} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

$$P = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{\frac{80}{20}} \text{ Pa} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^{-1} \text{ Pa} = \boxed{0,2 \text{ Pa}}$$

$$\boxed{P = 0,2 \text{ Pa}}$$

$$p' = p + \Delta p = p + 1 = 1,2 \text{ Pa} \Rightarrow \boxed{p' = 1,2 \text{ Pa}}$$

Kada izvori buke emituju buku širokog spektra, tada je kvadrat rezultujućeg pritiska jednak zbiru kvadrata zvučnih pritiskova koji stvaraju pojedinačni izvori.

$$(p'_R)^2 = \sum_{i=1}^n p_i^2$$

$$(p'_R)^2 = \underbrace{p^2 + \dots + p^2}_{80} + \underbrace{(p')^2 + \dots + (p')^2}_{20} = 80p^2 + 20(p')^2$$

$$p'_R = \sqrt{80p^2 + 20(p')^2} = \sqrt{80 \cdot (0,2)^2 + 20 \cdot (1,2)^2} = \sqrt{3,2 + 28,8} =$$

$$= \sqrt{32} = \sqrt{16 \cdot 2} = 4\sqrt{2} \text{ Pa} \Rightarrow \boxed{p'_R = 5,66 \text{ Pa}}$$

$$L'_R = 20 \log \frac{p'_R}{p_0} = 20 \log \left(\frac{4\sqrt{2} \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \right) = 20 \log (2\sqrt{2} \cdot 10^5) = \boxed{109 \text{ dB}}$$

$$\Rightarrow \boxed{L'_R = 109 \text{ dB}}$$

$$\Delta L = L'_R - L_R = 109 \text{ dB} - 100 \text{ dB} = \boxed{9 \text{ dB}} \Rightarrow \boxed{\Delta L = 9 \text{ dB}}$$

6. Četrdeset izvora zvuka iste zvučne snage generiše u tački prijema rezultujući nivo zvuka od 80 dB. Ako se intenzitet zvuka kod dvadeset izvora zvuka smanji na polovinu, odrediti za koliko će se u istoj tački smanjiti rezultujući nivo zvuka. Za taj slučaj odrediti i vrednost rezultujućeg zvučnog pritiska. (9. kašiga)

n identičnih izvora zvuka, iste zvučne snage, nalaze se na istom rastojanju od posmatrane tačke na otvorenom prostoru:

$$I_i = \frac{P_{ai}}{\sqrt{z_i} \cdot r_i^2}$$

$$P_{a1} = P_{a2} = \dots = P_{an} \Rightarrow I_1 = I_2 = \dots = I_n = I$$

$$I_P = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \underbrace{I + I + \dots + I}_n = \boxed{n \cdot I}$$

$$I_P' = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \underbrace{I + I + \dots + I}_{\frac{n}{2}} + \underbrace{\frac{I}{2} + \frac{I}{2} + \dots + \frac{I}{2}}_{\frac{n}{2}} =$$

$$= \frac{n}{2} \cdot I + \frac{n}{2} \cdot \frac{I}{2} = \frac{1}{2} nI + \frac{1}{4} nI = \boxed{\frac{3}{4} nI}$$

$$DL = L_P' - L_P = 10 \log \frac{I_P'}{I_0} - 10 \log \frac{I_P}{I_0} = 10 \left(\log \frac{I_P'}{I_0} - \log \frac{I_P}{I_0} \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{I_P'}{I_0} \cdot \frac{I_0}{I_P} \right) = 10 \log \left(\frac{I_P'}{I_P} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{3}{4} nI}{nI} \right) = 10 \log \frac{3}{4} = \boxed{-1,25 \text{ dB}}$$

$$\Rightarrow \boxed{DL = -1,25 \text{ dB}}$$

Smanjenje intenziteta zvuka usloviće promenu nivoa zvuka ΔL

$$DL = L_P' - L_P \Rightarrow L_P' = L_P + DL = 80 \text{ dB} - 1,25 \text{ dB} = \boxed{78,75 \text{ dB}}$$

$$L_P' = 10 \log \left(\frac{I_P'}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{(P_P')^2}{\rho c}}{\frac{P_0^2}{\rho c}} \right) = 10 \log \left(\frac{(P_P')^2}{P_0^2} \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{P_P'}{P_0} \right)^2 = \boxed{20 \log \left(\frac{P_P'}{P_0} \right)} \Rightarrow L_P' = 20 \log \left(\frac{P_P'}{P_0} \right)$$

$$\frac{L_P'}{20} = \log \left(\frac{P_P'}{P_0} \right) \Rightarrow \frac{P_P'}{P_0} = 10^{\frac{L_P'}{20}} \Rightarrow \boxed{P_P' = P_0 \cdot 10^{\frac{L_P'}{20}}}$$

$$P_P' = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot 10^{\frac{78,75}{20}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{3,9375} \text{ Pa} = 2 \cdot 10^{-1,0625} \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_P' = 0,17 \text{ Pa}}$$

7. Izvor zvuka emituje čiste sinusni ton frekvencije 100 Hz i nivoa 60 dB. Odredi subjektivnu jačinu i glasnost zvuka. Izračunaj na koji nivo treba da poraste ovaj ton da bi se glasnost povećala dva puta.

Grafik prikazuje istofazne linije. Sa grafika očitavamo vrednosti!

$$\left. \begin{array}{l} f = 100 \text{ Hz} \\ L = 60 \text{ dB} \end{array} \right\} \boxed{\lambda = 51 \text{ fon}} \quad \begin{array}{l} \text{subjektivna} \\ \text{jačina zvuka} \end{array}$$

Glasnost: $\boxed{S = 2^{\frac{\lambda - 40}{10}}}$

$$S = 2^{\frac{51 - 40}{10}} = 2^{\frac{11}{10}} = 2^{1.1} = \boxed{2.14 \text{ sone}}$$

$\lambda [fon]$ - subjektivna jačina zvuka

$S [sone]$ - glasnost zvuka

$$S_1 = 2S = 4.28 \text{ sone}$$

$$\boxed{\lambda_1 = 40 + \frac{10}{\log 2} \log S_1}$$

$$\lambda_1 = 40 + \frac{10}{\log 2} \log(4.28) \Rightarrow \boxed{\lambda_1 = 61 \text{ fon}}$$

6. Za tri izvora zvuka koji respektivno emituju čiste sinusne tonove na frekvenciji 200, 500 i 1000 Hz nivoa 64, 70 i 72 dB, odrediti koji je izvor zvuka najglasniji i kolika je ukupna subjektivna jačina zvuka koja nastaje zajedničkim radom svih tri izvora. (11. kušiga)

Sa grafina izofonskih linija:

$$f_1 = 200 \text{ Hz} \quad L_1 = 64 \text{ dB} \Rightarrow \alpha_1 = 65 \text{ fona}$$

$$f_2 = 500 \text{ Hz} \quad L_2 = 70 \text{ dB} \Rightarrow \alpha_2 = 74 \text{ fona}$$

$$f_3 = 1000 \text{ Hz} \quad L_3 = 72 \text{ dB} \Rightarrow \alpha_3 = 72 \text{ fona}$$

$$S_1 = 2^{\frac{\alpha_1 - 40}{10}} = 2^{\frac{65 - 40}{10}} = 2^{\frac{25}{10}} = 2^{2,5} = \boxed{5,7 \text{ sونا}}$$

$$S_2 = 2^{\frac{\alpha_2 - 40}{10}} = 2^{\frac{74 - 40}{10}} = 2^{\frac{34}{10}} = 2^{3,4} = \boxed{10,6 \text{ sونا}}$$

$$S_3 = 2^{\frac{\alpha_3 - 40}{10}} = 2^{\frac{72 - 40}{10}} = 2^{\frac{32}{10}} = 2^{3,2} = \boxed{9,2 \text{ sونا}}$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = \boxed{25,5 \text{ sونا}}$$

$$L = 40 + 33 \log S = 40 + 33 \log (25,5) = \boxed{86,4 \text{ fona}}$$

7. Izvor zvuka emituje složeni zvuk koji sadrži tri komponente: frekvencije 200 Hz nivoa 60 dB, 500 Hz nivoa 60 dB i 200 Hz nivoa 70 dB. Izračunati:

a) ukupni nivo složenog zvuka

b) ukupnu glasnost i subjektivnu jačinu složenog zvuka

c) potreban nivo tona od 500 Hz da bi imao istu glasnost kao ovaj složeni zvuk

$$f_1 = 200 \text{ Hz} \quad L_1 = 60 \text{ dB} \Rightarrow \lambda_1 = 60 \text{ fona}$$

$$f_2 = 500 \text{ Hz} \quad L_2 = 80 \text{ dB} \Rightarrow \lambda_2 = 84 \text{ fona}$$

$$f_3 = 2000 \text{ Hz} \quad L_3 = 70 \text{ dB} \Rightarrow \lambda_3 = 72 \text{ fona}$$

$$\textcircled{a} \quad L_p = 10 \log \sum_{i=1}^3 10^{\frac{L_i}{10}} = 10 \log \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_3}{10}} \right) =$$

$$= 10 \log \left(10^{\frac{60}{10}} + 10^{\frac{80}{10}} + 10^{\frac{70}{10}} \right) = 10 \log (10^6 + 10^8 + 10^7) =$$

$$= 10 \log (10^6 (1 + 10 + 100)) = 10 \log 10^6 + 10 \log (111) =$$

$$= 10 \cdot 6 \cdot \log 10 + 10 \log (111) = 60 + 10 \log (111) = \boxed{80,5 \text{ dB}}$$

$$\textcircled{b} \quad S_1 = 2^{\frac{\lambda_1 - 40}{10}} = 2^{\frac{60 - 40}{10}} = 2^{\frac{20}{10}} = 2^2 = \boxed{4 \text{ sona}}$$

$$S_2 = 2^{\frac{\lambda_2 - 40}{10}} = 2^{\frac{84 - 40}{10}} = 2^{\frac{44}{10}} = 2^{4,4} = \boxed{21,1 \text{ sona}}$$

$$S_3 = 2^{\frac{\lambda_3 - 40}{10}} = 2^{\frac{72 - 40}{10}} = 2^{\frac{32}{10}} = 2^{3,2} = \boxed{9,2 \text{ sona}}$$

$$S_p = S_1 + S_2 + S_3 = \boxed{34,3 \text{ sona}}$$

$$\lambda = 40 + \frac{10}{\log 2} \log S_p = 40 + \frac{10}{\log 2} \log (34,3) = \boxed{91 \text{ fon}}$$

$$\boxed{\frac{10}{\log 2} \approx 33}$$

$\textcircled{c}$ sa izotonskih linija:

$$\left. \begin{array}{l} f_2 = 500 \text{ Hz} \\ \lambda = 91 \text{ fon} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{L = 87 \text{ dB}}$$