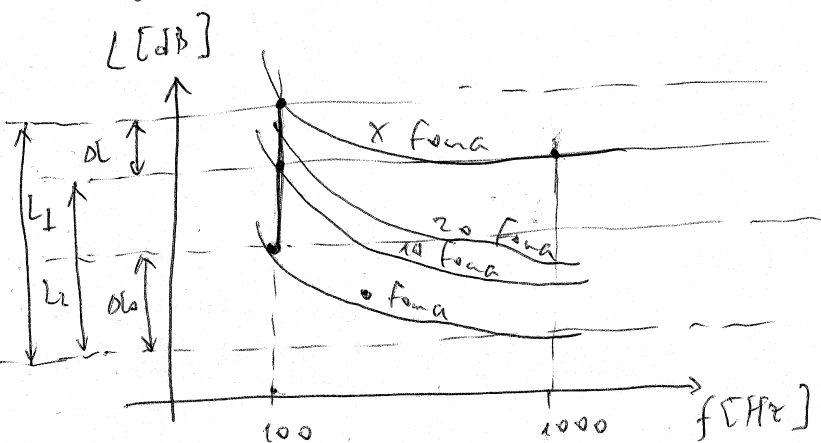


VIII Računske vežbe

- ① V zatvorenoj prostori se nalaze dva zvučna izvora, od kojih jedan emituje prosti zvuk na frekvenciji 100 Hz, a drugi na frekvenciji 1000 Hz. Zvučna snaga izvora na 1000 Hz je tri puta manja od snage izvora na 100 Hz, a vremena reverberacije se oje u odnosu 1,7:1. Oba izvora pri neizmjeničnom emitovanju zvuka ostvaruju istu subjektivnu jačinu zvuka. Koliko iznosi ta subjektivna jačina zvuka ako je prag čujnosti na 100 Hz za 25 dB iznad praga čujnosti na 1000 Hz i ako za povećanje nivoa za 1 dB na 100 Hz usledi povećanje subjektivne jačine zvuka za 1,3 fona? (13. knjiga)

Dijagram itofonskih linija na 100 Hz i 1000 Hz.



$$f_1 = 100 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 1000 \text{ Hz}$$

$$P_{a1} = 3 P_{a2}$$

$$T_{R1} : T_{R2} = 1,7 : 1$$

$$\boxed{\frac{T_{R1}}{T_{R2}} = 1,7}$$

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{25 P_{a1} T_{R1}}{V} \\ I_2 &= \frac{25 P_{a2} T_{R2}}{V} \end{aligned} \right\} \frac{I_1}{I_2} = \frac{\cancel{25} P_{a1} T_{R1}}{\cancel{25} P_{a2} T_{R2}} = \frac{3 P_{a2} T_{R1}}{P_{a2} T_{R2}} = 3 \frac{T_{R1}}{T_{R2}} = 3 \cdot 1,7 = \boxed{5,1}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = 5,1 \Rightarrow \boxed{I_1 = 5,1 I_2}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} - 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \left(\log \frac{I_1}{I_0} - \log \frac{I_2}{I_0} \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{I_1}{I_2} \right) = 10 \log (5,1) = \boxed{7 \text{ dB}}$$

$$\boxed{\Delta L = 7 \text{ dB}}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 \Rightarrow L_1 = L_2 + \Delta L \Rightarrow \boxed{L_1 = L_2 + 7}$$

$$1 \text{ dB} : 1,3 \text{ fona} \approx (L_1 - 0 \text{ dB}) \text{ dB} : x \text{ fona}$$

$$1 \text{ dB} \cdot x \text{ fona} = 1,3 \text{ fona} \cdot (L_1 - 0 \text{ dB}) \text{ dB}$$

$$\boxed{x = 1,3 (L_1 - 0 \text{ dB}) [\text{fona}]}$$

$$L_1 = x = 1,3 (L_1 - 0 \text{ dB}) [\text{fona}] \quad \text{na } f_1 = 100 \text{ Hz}$$

$$L_1 = L_2 = 1,3 (L_1 - 0 \text{ dB}) [\text{fona}] \quad \text{na } f_2 = 1000 \text{ Hz}$$

(prema uslovu zadatka)

Na 1000 Hz je subjektivna jačina zvuka jednaka objektivnoj jačini zvuka: $\Rightarrow L_2 = 1,3 (L_1 - 0 \text{ dB}) [\text{dB}]$

$$L_1 = L_2 + 7 [\text{dB}]$$

$$L_2 = 1,3 (L_2 + 7 - 0 \text{ dB})$$

$$L_2 = 1,3 L_2 + 1,3 (7 - 0 \text{ dB})$$

$$1,3 L_2 - L_2 = 1,3 (0 \text{ dB} - 7)$$

$$0,3 L_2 = 1,3 (0 \text{ dB} - 7), \quad 0 \text{ dB} = 25 \text{ dB}$$

$$L_2 = \frac{1,3 (0 \text{ dB} - 7)}{0,3} = \frac{1,3 (25 - 7)}{0,3} = \frac{1,3 \cdot 18}{0,3} \text{ dB} \Rightarrow \boxed{L_2 = 78 \text{ dB}}$$

Subjektivna jačina zvuka na 1000 Hz jednaka je vrednosti

$$\text{nivoa zvuka: } \boxed{L_2 = 78 \text{ fona}}$$

$$\boxed{L_1 = L_2 = 78 \text{ fona}}$$

2. Zidovi i tavanica prostorije dimenzija $10 \times 10 \times 5 \text{ m}$ su obloženi materijalom srednje vrednosti koeficijenta apsorpcije $0,1$, a pod materijalom srednje vrednosti koeficijenta apsorpcije $0,05$.

a) Odrediti koliki nivo buke stvara izvor koji je smešten u uglu poda i dva zida na rastojanju od 5 m , ako je izvorna snaga izvora buke $0,1 \text{ W}$, a faktor usmerenosti izvora $0,2$.

b) Ako se materijal srednje vrednosti koeficijenta apsorpcije $0,1$ zameni materijalom čija je vrednost $0,6$, odrediti za koliko će se smanjiti nivo buke u prostoriji u istoj tački. (9. knjiga)

$$a = 10 \text{ m}$$

$$b = 10 \text{ m}$$

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

$$\bar{\alpha}_1 = 0,1 \quad (\text{zidovi i tavanica})$$

$$\bar{\alpha}_2 = 0,05 \quad (\text{pod})$$

$$\text{a) } P_a = 0,1 \text{ W}$$

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

$$f = 0,2$$

$$L = ?$$

$$\text{b) } \bar{\alpha}_1' = 0,6$$

$$DL = ?$$

$$\text{a) } S = 2(ab + ac + bc) = 2 \cdot (10 \cdot 10 + 10 \cdot 5 + 10 \cdot 5) = 2 \cdot (100 + 50 + 50)$$

$$S = 2 \cdot 200 \text{ m}^2 \Rightarrow \boxed{S = 400 \text{ m}^2}$$

$$S_{pl} = 10 \cdot 10 = \boxed{100 \text{ m}^2} - \text{površina plafona}$$

$$S_p = 10 \cdot 10 = \boxed{100 \text{ m}^2} - \text{površina poda}$$

$$S_z = 2 \cdot (10 \cdot 5 + 10 \cdot 5) = 2 \cdot (50 + 50) = 2 \cdot 100 = \boxed{200 \text{ m}^2} - \text{površina zidova}$$

$$A = \sum_i S_i \bar{\alpha}_i = S_1 \bar{\alpha}_1 + S_2 \bar{\alpha}_1 + S_3 \bar{\alpha}_L$$

$$S_1 = S_{pl} = S_t \rightarrow \text{tavanica (plafon)}$$

$$S_2 = S_z \rightarrow \text{zidovi}$$

$$S_3 = S_p \rightarrow \text{pod}$$

$$A = 100 \cdot 0,1 + 200 \cdot 0,1 + 100 \cdot 0,5 = 10 + 20 + 50 = \boxed{35 \text{ m}^2}$$

$$A = S \bar{\alpha} \Rightarrow \bar{\alpha} = \frac{A}{S} = \frac{35 \text{ m}^2}{400 \text{ m}^2} = \frac{35}{400} = \frac{7}{80} = \boxed{0,0875}$$

$$\boxed{\bar{\alpha} = 0,0875} \quad \bar{\alpha} < 0,3 \Rightarrow \text{ispunjeni vslovi za homogeno i difuzno zvučno polje}$$

$$I = \frac{4 P_a}{A} = \frac{4 \cdot 0,1 \text{ W}}{35 \text{ m}^2} = \frac{0,4}{35} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \boxed{0,011 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \left(\frac{0,011 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \right) = 10 \log (0,011 \cdot 10^{12}) = \boxed{100,6 \text{ dB}}$$

$$(6) \quad A' = \sum_i S_i \bar{\alpha}'_i = S_1 \bar{\alpha}'_1 + S_2 \bar{\alpha}'_1 + S_3 \bar{\alpha}'_2$$

$$A' = 100 \cdot 0,6 + 200 \cdot 0,6 + 100 \cdot 0,05 = 60 + 120 + 5 = \boxed{185 \text{ m}^2}$$

$$A' = S \bar{\alpha}' \Rightarrow \bar{\alpha}' = \frac{A'}{S} = \frac{185 \text{ m}^2}{400 \text{ m}^2} = \frac{185}{400} = \frac{37}{80}$$

$$\boxed{\bar{\alpha}' = 0,4625}$$

$$\bar{\alpha}' > 0,3 \Rightarrow \text{nisu ispunjeni vslovi za homogeno i difuzno zvučno polje}$$

$$I_d = g \frac{P_a}{\Omega_z \cdot r^2}, \quad \Omega_z = \frac{\pi}{2} \text{ (ugao pada i dva zida)}$$

$$I_d = g \cdot \frac{P_a}{\frac{\pi}{2} \cdot r^2}$$

g - faktor usmerenosti izvora

$$I_r = \frac{4P_a}{A'} (1 - \bar{\alpha}')^2$$

Ω_z - prostorni ugao zračenja

$$I' = I_d + I_r = g \frac{P_a}{\frac{\pi}{2} r^2} + \frac{4P_a}{A'} (1 - \bar{\alpha}')^2$$

$$I' = P_a \left[\frac{2g}{\pi r^2} + \frac{4(1 - \bar{\alpha}')^2}{A'} \right]$$

$$I' = 0,1 \cdot \left[\frac{2 \cdot 0,2}{25\pi} + \frac{4(1 - 0,4625)^2}{185} \right]$$

$$I' = 0,1 \cdot \left(\frac{0,4}{25\pi} + \frac{4 \cdot 0,5375}{185} \right) = 0,1 \cdot \left(\frac{0,4}{25\pi} + \frac{2,15}{185} \right)$$

$$I' = 0,001671 \frac{W}{m^2}$$

$$L' = 10 \log \frac{I'}{I_0} = 10 \log \left(\frac{0,001671 \frac{W}{m^2}}{10^{-12} \frac{W}{m^2}} \right) = 10 \log (0,001671 \cdot 10^{12}) =$$

$$= 10 \log (0,001671) + 10 \log (10^{12}) = 120 + 10 \log (0,001671) =$$

$$= \boxed{92,2 \text{ dB}} \Rightarrow \boxed{L' = 92,2 \text{ dB}}$$

$$DL = L - L' = (100,6 - 92,2) \text{ dB} = \boxed{8,4 \text{ dB}}$$

3. Tavanica i zidovi prostorije dimenzija $10 \times 5 \times 4$ m su obloženi materijalom srednje vrednosti koeficijenta apsorpcije 0,1, a pod materijalom srednje vrednosti koeficijenta apsorpcije 0,05. Ako se plafon iz dekorativnih razloga obloži apsorpcionim pločama srednje vrednosti koeficijenta apsorpcije 0,4, odrediti:

a) vreme reverberacije pre i posle dekorativne obrade plafona

b) smanjenje nivoa buke u prostoriji (10. knjiga)

$$\left. \begin{array}{l} a = 10 \text{ m} \\ b = 5 \text{ m} \\ c = 4 \text{ m} \end{array} \right\} V = a \cdot b \cdot c = 10 \cdot 5 \cdot 4 = \boxed{200 \text{ m}^3}$$

$$\bar{\alpha}_t = \bar{\alpha}_z = 0,1$$

$$\bar{\alpha}_p = 0,05$$

$$\bar{\alpha}_t' = 0,4$$

a) $T_{R1} = ?$

$T_{R2} = ?$

b) $\Delta L = ?$

Vaupna površina prostorije:

$$S = 2(ab + ac + bc) = 2 \cdot (10 \cdot 5 + 10 \cdot 4 + 5 \cdot 4) = 2 \cdot \underbrace{(50 + 40 + 20)}_{110}$$

$$\boxed{S = 220 \text{ m}^2}$$

$$S_p = 10 \cdot 5 = \boxed{50 \text{ m}^2} - \text{površina poda}$$

$$S_t = 10 \cdot 5 = \boxed{50 \text{ m}^2} - \text{površina tavanice (plafona)}$$

$$S_z = 2 \cdot (5 \cdot 4 + 10 \cdot 4) = 2 \cdot (20 + 40) = 2 \cdot 60 = \boxed{120 \text{ m}^2} - \text{površina zidova}$$

$$\textcircled{a} \quad A_1 = S \bar{\alpha}_1 = \sum_i S_i \bar{\alpha}_i = S_p \bar{\alpha}_p + S_z \bar{\alpha}_z + S_t \bar{\alpha}_t =$$

$$= 50 \cdot 0,05 + 120 \cdot 0,1 + 50 \cdot 0,01 = 2,5 + 12 + 5 = \boxed{19,5 \text{ m}^2}$$

$$\boxed{A_1 = 19,5 \text{ m}^2}$$

pre obrade

$$\tau_{R1} = 0,162 \frac{V}{A_1} = 0,162 \cdot \frac{200}{19,5} = \boxed{1,665} \Rightarrow \boxed{\tau_{R1} = 1,665}$$

$$A_2 = S \bar{\alpha}_2 = \sum_i S_i \bar{\alpha}_i = S_p \bar{\alpha}_p + S_z \bar{\alpha}_z + S_t \bar{\alpha}_t' = 50 \cdot 0,05 + 120 \cdot 0,1 + 50 \cdot 0,4 =$$

$$= 2,5 + 12 + 20 = \boxed{34,5 \text{ m}^2}$$

$$\boxed{A_2 = 34,5 \text{ m}^2}$$

$$\tau_{R2} = 0,162 \frac{V}{A_2} = 0,162 \cdot \frac{200}{34,5} = \boxed{0,945} \Rightarrow \boxed{\tau_{R2} = 0,945}$$

posle obrade

$$\textcircled{b} \quad L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \quad \text{pre}$$

$$L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \quad \text{posle}$$

$$DL = L_1 - L_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} - 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \left(\log \frac{I_1}{I_0} - \log \frac{I_2}{I_0} \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{\frac{I_1}{I_0}}{\frac{I_2}{I_0}} \right) = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_2} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{499}{A_1}}{\frac{499}{A_2}} \right) = 10 \log \left(\frac{A_2}{A_1} \right)$$

$$\tau_{R1} = 0,162 \frac{V}{A_1} \Rightarrow A_1 = 0,162 \frac{V}{\tau_{R1}}$$

$$\tau_{R2} = 0,162 \frac{V}{A_2} \Rightarrow A_2 = 0,162 \frac{V}{\tau_{R2}}$$

$$\tau_{R1}, \tau_{R2} > 0,85 \Rightarrow \text{Sabinaov obrazac}$$

$$\Rightarrow DL = 10 \log \left(\frac{\cancel{0,162} \frac{\cancel{V}}{TR_2}}{\cancel{0,162} \frac{\cancel{V}}{TR_1}} \right) = 10 \log \left(\frac{TR_1}{TR_2} \right)$$

$$\Rightarrow DL = 10 \log \left(\frac{TR_1}{TR_2} \right) \Rightarrow DL = 10 \log \left(\frac{1,66}{0,94} \right) = \boxed{2,5 \text{ dB}}$$

$$\boxed{DL = 2,5 \text{ dB}}$$

$$A_1 = S \bar{\alpha}_1 \Rightarrow \bar{\alpha}_1 = \frac{A_1}{S} = \frac{19,5 \text{ m}^2}{220 \text{ m}^2} = \boxed{0,089}$$

$$A_2 = S \bar{\alpha}_2 \Rightarrow \bar{\alpha}_2 = \frac{A_2}{S} = \frac{34,5 \text{ m}^2}{220 \text{ m}^2} = \boxed{0,157}$$

4. Prostorija paralelopipednog oblika ima dimenzije $8 \times 6 \times 4 \text{ m}$. Na zidovima je apsorpcijsni materijal, a na njima su i dva prozora, dimenzija $1 \times 1,2 \text{ m}$ i drvena vrata, dimenzija $2 \times 1 \text{ m}$. Keficijenti apsorpcije su:

- materijal na zidovima $\alpha_A = 0,7$
- prozor $\alpha_p = 0,2$
- vrata $\alpha_v = 0,8$
- pod i plafon, koji su od betona $\alpha_B = 0,05$.

Izračunati:

- a) ukupnu apsorpciju prostorije
- b) prosečni koficijent apsorpcije u prostoriji
- c) vreme reverberacije

$$a = 8 \text{ m}$$

$$b = 6 \text{ m}$$

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

$$S_p = 1,2 \text{ m}^2 - \text{površina prozora}$$

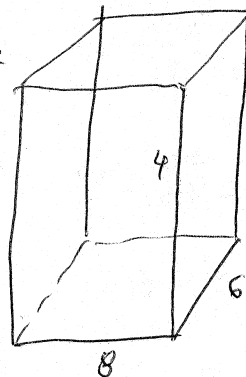
$$S_v = 2 \text{ m}^2 - \text{površina vrata}$$

$$\alpha_A = 0,7 - \text{zid}$$

$$\alpha_p = 0,2 - \text{prozor}$$

$$\alpha_v = 0,8 - \text{vrata}$$

$$\alpha_B = 0,05 - \text{pod i plafon}$$



$$V = abc = 4 \cdot 6 \cdot 8 \text{ m}^3 = 24 \cdot 8 \text{ m}^3 = \boxed{192 \text{ m}^3} - \text{zapremina prostorije}$$

$$S = 2(ab + ac + bc) = 2 \cdot (4 \cdot 6 + 4 \cdot 8 + 6 \cdot 8) = 2 \cdot (24 + 32 + 48)$$

$$S = 2 \cdot 104 \text{ m}^2 \Rightarrow \boxed{S = 208 \text{ m}^2} - \text{površina prostorije}$$

površina zidova:

$$S_z = 2 \cdot (ac + bc) = 2 \cdot (8 \cdot 4 + 6 \cdot 4) = 2 \cdot (32 + 24) = 2 \cdot 56 = \boxed{112 \text{ m}^2}$$

površina prozora: $2 S_p = 2 \cdot 1,2 \text{ m}^2 = \boxed{2,4 \text{ m}^2}$

površina vrata: $\boxed{S_v = 2 \text{ m}^2}$

$$S_A = S_z - 2 S_p - S_v = (112 - 2,4 - 2) \text{ m}^2 = \boxed{107,6 \text{ m}^2}$$

prozori: $A_p = \alpha_p \cdot 2 S_p = 0,2 \cdot 2,4 = \boxed{0,48 \text{ m}^2}$

vrata: $A_v = \alpha_v \cdot S_v = 0,8 \cdot 2 = \boxed{1,6 \text{ m}^2}$

apsorpcioni materijal na zidovima:

$$A_A = \alpha_A \cdot S_A = 0,7 \cdot 107,6 \text{ m}^2 = \boxed{75,32 \text{ m}^2}$$

pod: $A_{pod} = \alpha_B \cdot S_{pod} = 0,05 \cdot 8,6 = \boxed{2,4 \text{ m}^2}$

plafon: $A_{plafon} = \alpha_B \cdot S_{plafon} = 0,05 \cdot 8 \cdot 6 = \boxed{2,4 \text{ m}^2}$

Ukupna apsorpcija prostorije:

$$A_u = A_p + A_v + A_A + A_{pod} + A_{plafon} = \boxed{82,2 \text{ m}^2}$$

⑥ prosečni koeficijent apsorpcije u prostoriji:

$$A_u = S \bar{\alpha} \Rightarrow \bar{\alpha} = \frac{A_u}{S} = \frac{82,2 \text{ m}^2}{208 \text{ m}^2} = \frac{82,2}{208} = \boxed{0,4}$$

⑦ vreme reverberacije:

$$T_R = 0,162 \frac{V}{A_u} - \text{Sabineov obrazac}$$

$$T_R = 0,162 \cdot \frac{192}{82,2} = \boxed{0,385}, \quad T_R < 0,85$$

$\Rightarrow$ Ajringov obrazac

$$T_R = 0,182 \cdot \frac{V}{-5 \ln(1-\bar{x})} = 0,182 \frac{192}{-208 \ln(1-0,6)} =$$

$$= \frac{0,182 \cdot 192}{-208 \cdot \ln(0,4)} = \boxed{0,2935}$$