

3. OSCILACIJE I TALASI

3.1 OSCILACIJE

3.1.1 Harmonijske oscilacije

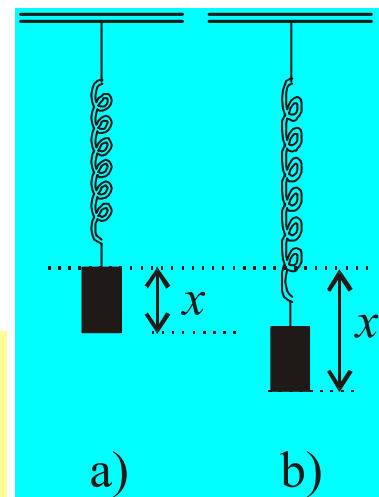
- U slučaju **periodičnog kretanja** telo u pravilnim vremenskim intervalima ponavlja kretanje na isti način.
- U slučaju **oscilatornog kretanja** telo u pravilnim vremenskim intervalima ponavlja kretanje na isti način, menjajući pri tome smer kretanja (procesa).

Može se pokazati da je svako, ma kako bilo komplikovano oscilatorno kretanje moguće predstaviti kao zbir osnovnih, harmonijskih oscilacija.

harmonijske oscilacije (uslov): $\vec{F} = -k\vec{x}$

linearni harmonijski oscilator

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0$$



rešenje jednačine:

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\omega = 2\pi\nu \qquad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Fizičke veličine u rešenju jednačine: elongacija, amplituda oscilovanja, faza oscilovanja, početna faza, kružna frekvencija, period oscilovanja.

Energija harmonijskog oscilatora : $E = E_k + E_p$

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} m x_0^2 \omega^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0) + \frac{1}{2} k x_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0) \\ &= \frac{1}{2} m x_0^2 = \text{const.} \end{aligned}$$

Ukupna energija harmonijskog oscilatora konstantna u toku vremena, ali se menjaju doprinosi kinetičke i potencijalne energije.

3.1.2 Prigušene oscilacije

U realnim situacijama tela se kreću kroz supstancijalne sredine, pri čemu dolazi do interakcije između tela i okolne sredine.

U slučaju kada je brzina tela mala, sila otpora sredine proporcionalna je brzini tela, a po smeru je suprotna smeru vektora brzine

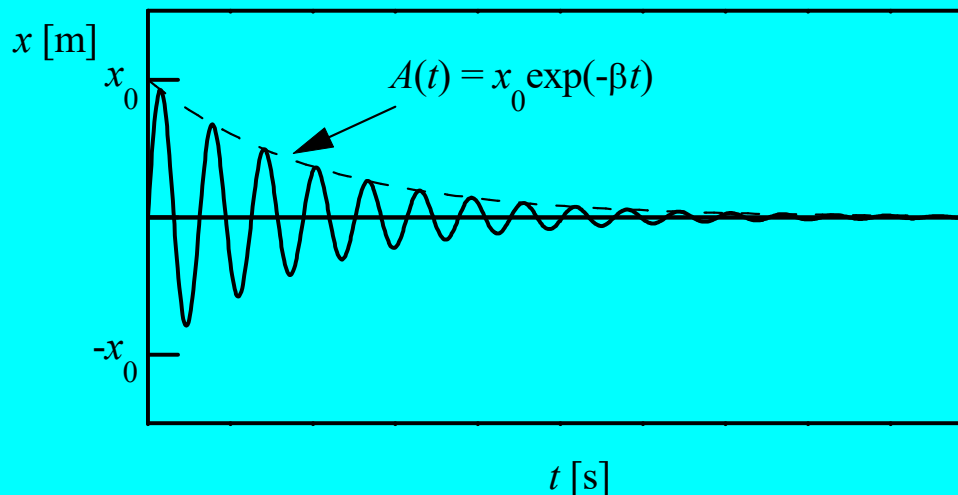
$$\vec{F}_v = -\eta \vec{v}$$

□ diferencijalna jednačina koja opisuje kretanje tela:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \eta \frac{dx}{dt} + kx = 0$$

□ rešenje gornje diferencijalne jednačine:

$$x = x_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \quad)$$



$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\eta}{2m}, \\ \omega_0^2 &= \frac{k}{m}, \\ \omega &= [\omega_0^2 - (\eta/2m)^2]^{1/2}\end{aligned}$$

3.1.3 Prinudne oscilacije

- ❑ na oscilator deluje periodična spoljašnja sila:

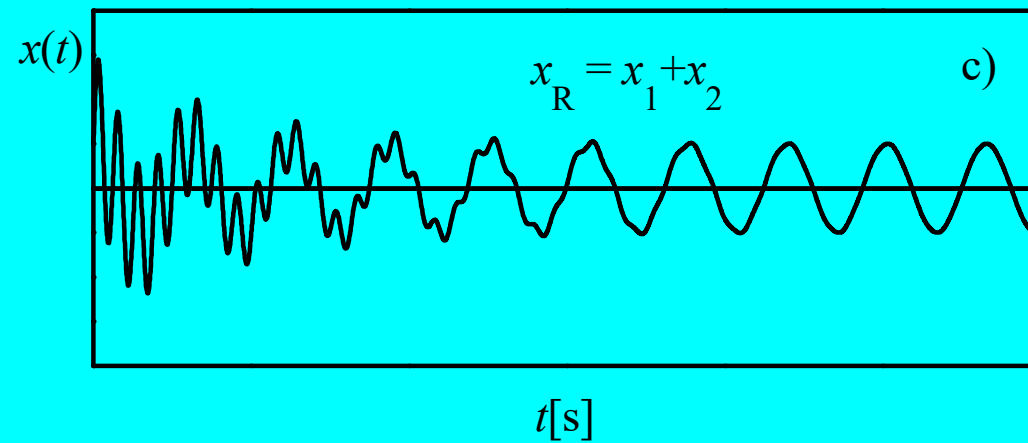
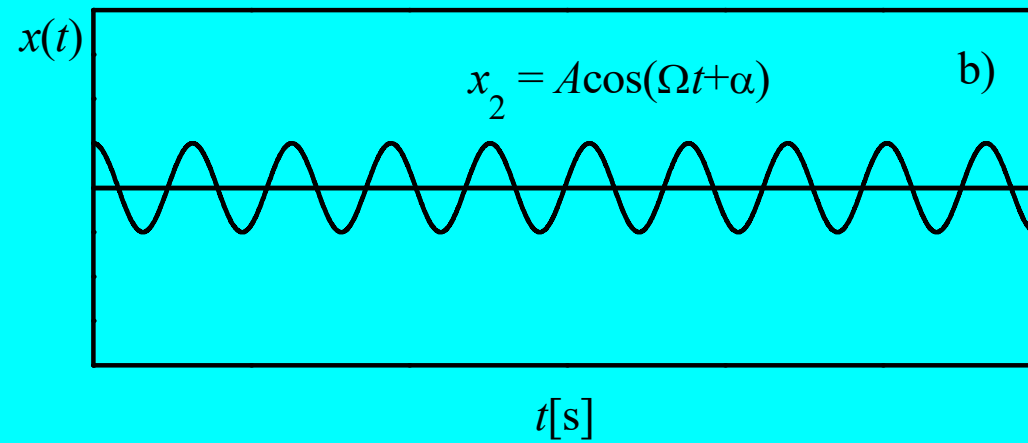
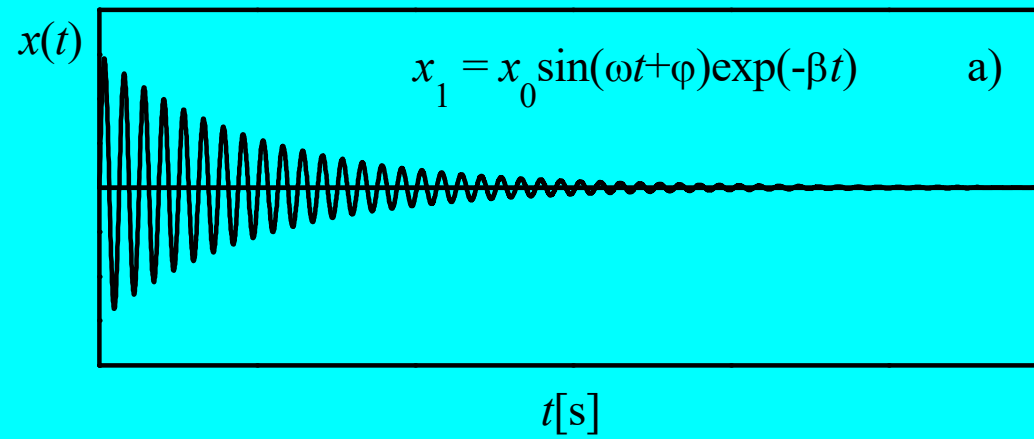
$$F = F_0 \cos(\Omega t)$$

- ❑ diferencialna jednačina kretanja:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \eta \frac{dx}{dt} + kx + F_0 \sin(\Omega t) = 0$$

- ❑ rešenje gornje diferencialne jednačine:

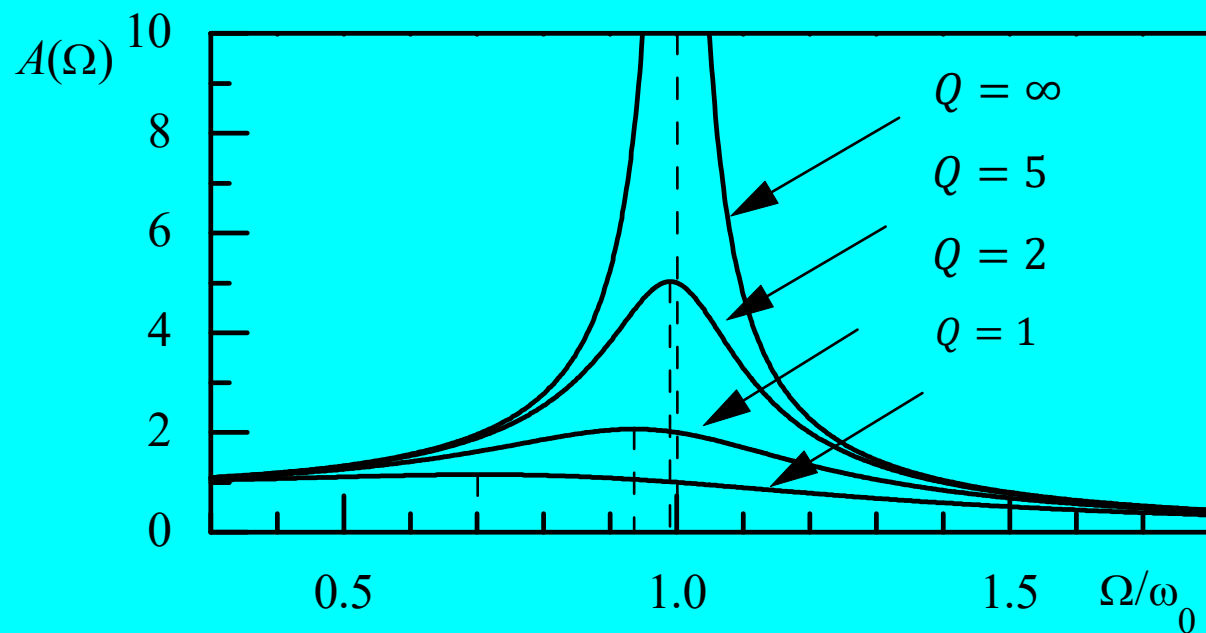
$$x = x_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \phi) + A \cos(\Omega t + \alpha)$$





pojava rezonancije

$$A \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\Omega^2 + \beta^2}}_{\max}$$



3.2 TALASI

3.2.1 Osnovni pojmovi

❑ pojam talasa

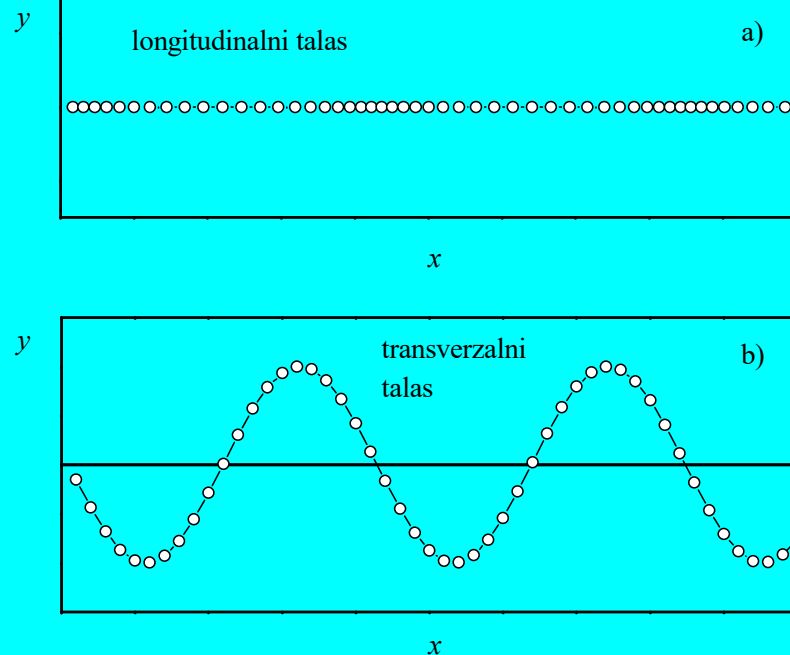
❑ podele:

transverzalni i longitudinalni,
progresivni i stojeći

❑ izvor talasa

front talasa
talasna površ
ravni talasi
sferni talasi
talasna dužina

$$\lambda = vT$$



3.2.2 Jednačina talasa

□ jednačina harmonijskih oscilacija:

$$y = y_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

□ jednačina ravnog talasa :

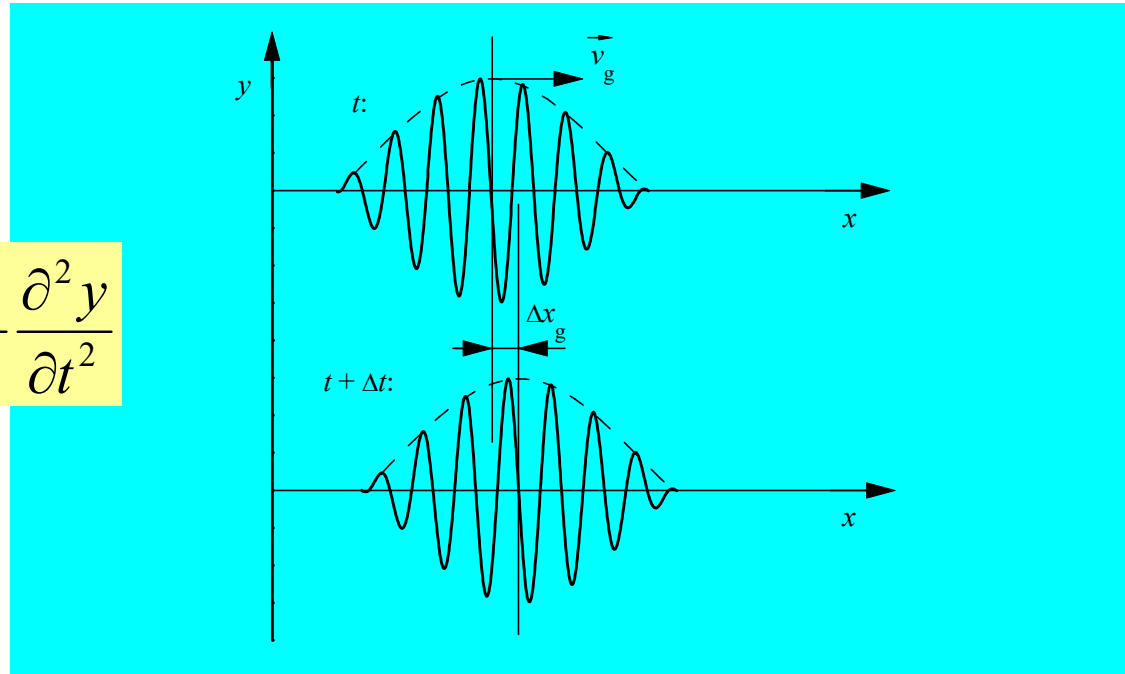
$$y = y_0 \sin(\omega t - kx + \varphi_0)$$

□ jednačina sfernog talasa :

$$\xi = \frac{A}{r} \sin(\omega t - kr + \varphi_0)$$

3.2.3 Diferencijalna talasna jednačina. Brzina talasa

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$



$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

za transverzne talase na žici

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

za longitudinalne talase u čvrstom telu

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}$$

za longitudinalne talase u gasovima

3.2.4 Energija mehaničkih talasa

❑ ukupna energija: $\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p$

❑ ukupna energija zavisi od vremena $\Delta E = \rho \Delta V \omega^2 y_0^2 \cos^2(\omega t - kx)$

❑ srednja vrednost energije u delu zapremine:

$$\Delta \bar{E} = \frac{1}{T} \int_0^T \Delta E dt = \frac{\rho \Delta V y_0^2 \omega^2}{T} \int_0^T \cos^2(\omega t - kx) dt = \frac{1}{2} \rho \Delta V y_0^2 \omega^2$$

❑ srednja vrednost energije u delu zapremine: $\bar{w} = \frac{\Delta \bar{E}}{\Delta V} = \frac{1}{2} \rho y_0^2 \omega^2$

❑ fluks energije:

$$\Phi = \frac{\Delta E}{\Delta t}.$$

$$[\Phi] = \text{W}$$

❑ srednja vrednost fluksa energije:

$$\overline{\Phi} = \frac{1}{2} \rho v \Delta S y_0^2 \omega^2$$

❑ intenzitet talasa:

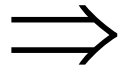
$$I = \frac{\Delta \overline{E}}{\Delta S \Delta t} = \frac{\overline{\Phi}}{\Delta S} = \frac{1}{2} \rho v y_0^2 \omega^2 = \overline{w} v \quad [I] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

➤ **Intenzitet talasa** brojno je jednak srednjoj energiji koja se u jedinici vremena prenese kroz jediničnu površinu postavljenu normalno na pravac prostiranja talasa.

3.2.5 Apsorpcija talasa

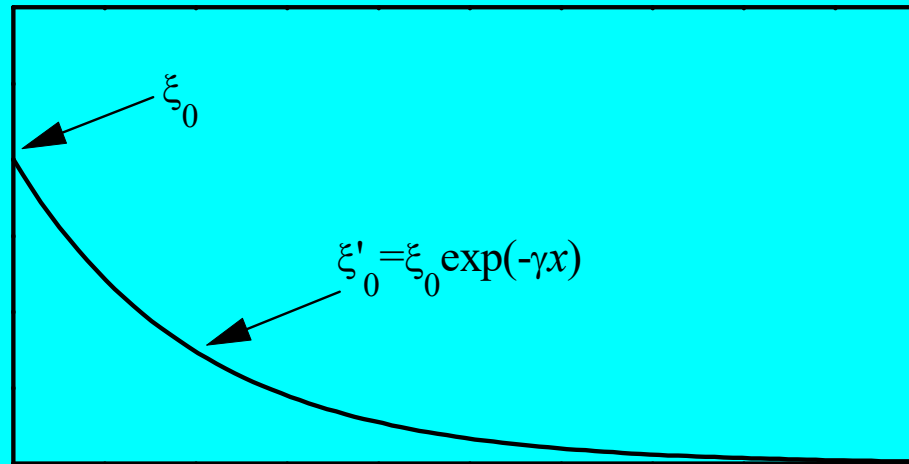
U toku prostiranja talasa kroz supstancijalnu sredinu, jedan deo energije talasa transformiše se u toplotnu energiju u procesu interakcije sa delićima sredine.

$$-\frac{d\xi'_0}{\xi'_0} = \gamma dx$$



$$\xi'_0 = \xi_0 \exp(-\gamma x)$$

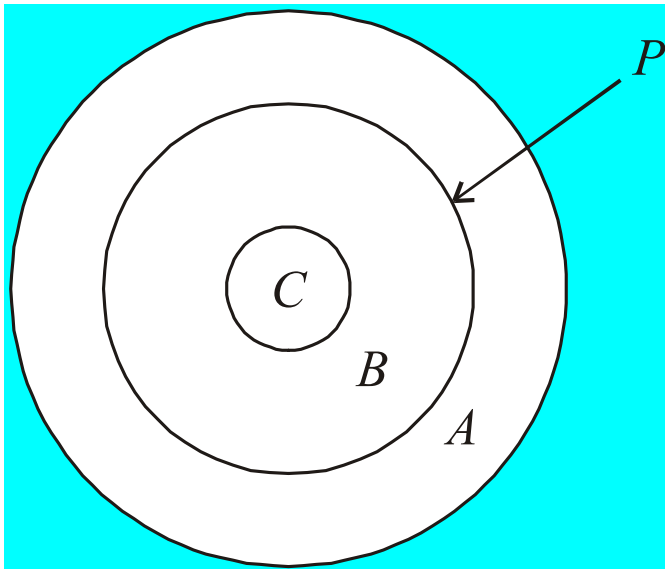
$\xi'_0 [\text{m}]$



$x [\text{m}]$

3.2.6 Trusni talasi

Sloj Zemlje najbliži površini naziva se omotač. Debljina omotača varira, u zavisnosti od karakteristika površine na datom mestu. Debljina omotača ispod visokih planinskih venaca je oko 55km, ispod kontinenata oko 35km, a ispod okeanskog (dubokog) dna smanjuje se na oko 10km. Omotač *A* je od jezgra *B* odvojen površinom *P* koja se naziva Mohorovičićev diskontinuitet. U centralnom delu Zemlje nalazi se unutrašnje jezgro *C*.



Struktura Zemlje:

A - omotač

B - jezgro

C - unutrašnje jezgro

P - Mohorovičićev diskontinuitet

Nagla pomeranja delova Zemljine kore izazivaju poremećaj koji nazivamo **zemljotres**, ili **trus**.

Podela zemljotresa: [urvinski](#)

Podela zemljotresa: **urvinski**

vulkanski

tektonski

Tačka u Zemljinoj kori u kojoj se nalazi izvor poremećaja naziva se **hipocentar**. U zavisnosti od dubine hipocentra u odnosu na površinu Zemlje, zemljotrese delimo na plitke (5 – 35km), srednje duboke (35 – 100km) i duboke (100 – 800km).

Tačka na površini Zemlje u kojoj trusni talas najpre izbija na površinu, naziva se **epicentar**.

Skale za merenje jačine zemljotresa:

Rihterova – do 8 stepeni

Merkalijeva – do 12 stepeni

$a[\text{mm/s}^2]$	Merkalijev stepen	Opis dlovanja
0 – 2.5	I	neosetan
2.5 – 5	II	jedva osetan
5 – 10	III	kao pri prolasku automobila
10 – 25	IV	izaziva pomeranje tečnosti
25 – 50	V	oseća se u kućama
50 – 100	VI	tečnost u sudu se jako pomera
100 – 250	VII	izaziva talasanje vode
250 – 500	VIII	pojava pukotina na zgradama
500 – 1000	IX	velika oštećenja na objektima
1000 – 2500	X	većina zgrada se ruši
2500 – 5000	XI	pojava pukotina na terenu
5000 – 10000	XII	topografske promene terena

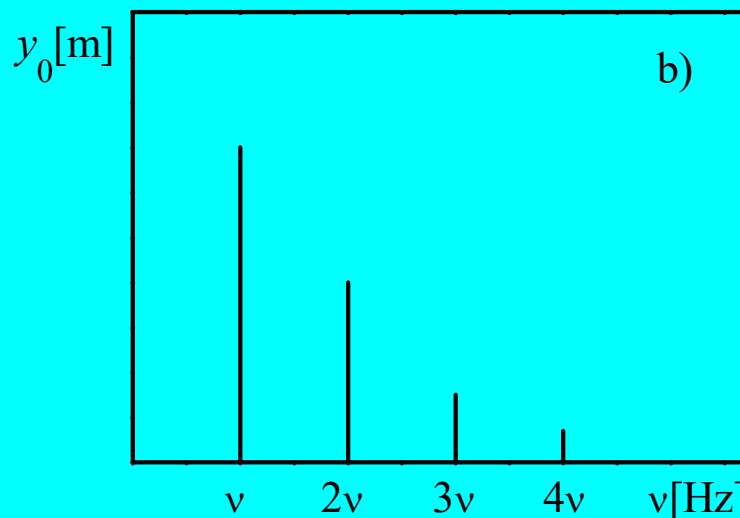
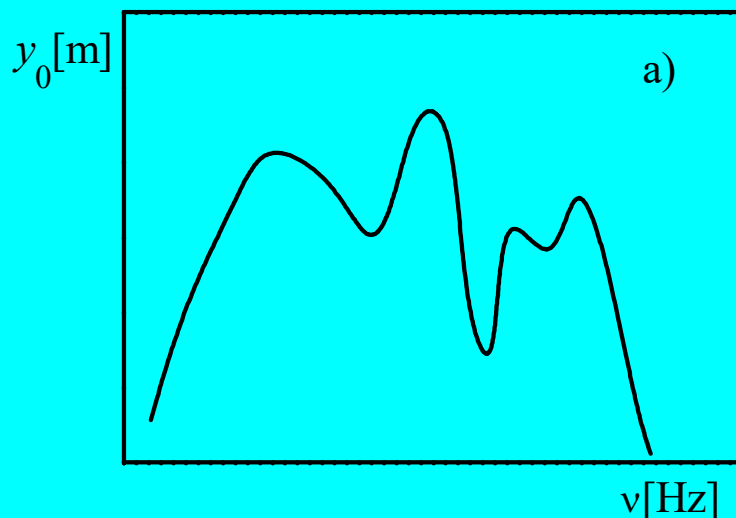
3.3 OSNOVE AKUSTIKE

3.3.1 Zvuk

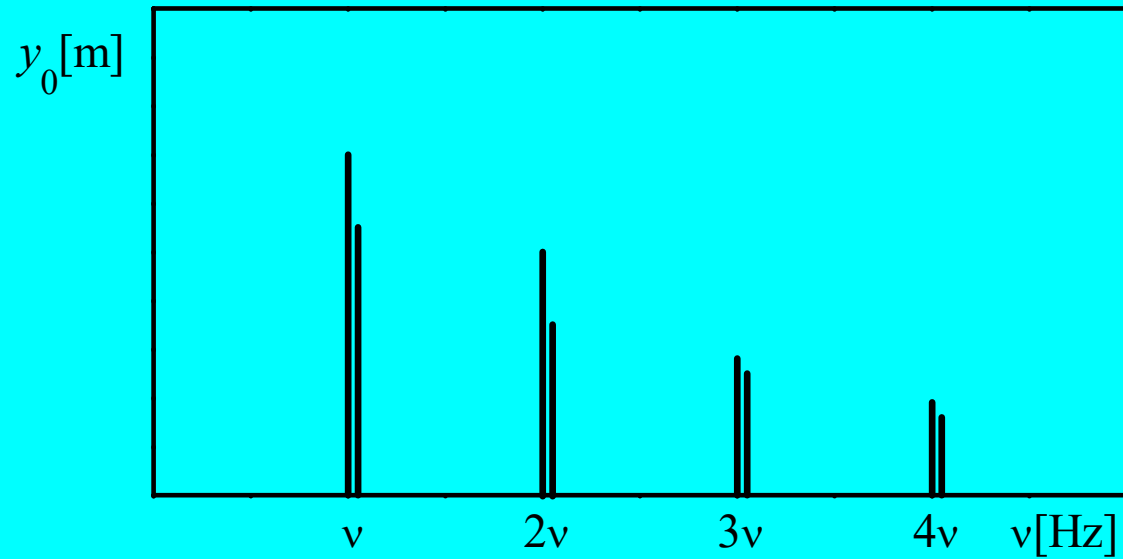
➤ Mehanički talas koji se može registrovati pomoću čula sluha naziva se **zvuk**.

Ljudsko uho može čuti zvuke u ograničenom intervalu frekvencija, od 16Hz do 20000Hz. Talase čije su frekvencije ispod 16Hz nazivamo **infrazvuk**, a talase čije su frekvencije iznad 20000Hz nazivamo **ultrazvuk**. Oblast fizike u kojoj se proučava zvuk naziva se **akustika**.

□ šum i ton



- Postoje tri subjektivne karakteristike zvuka:
visina, boja i jačina zvuka



3.3.2 Jačina zvuka

Objektivna jačina zvuka jednaka srednjoj vrednosti gustine fluksa energije.

prag čujnosti: $10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

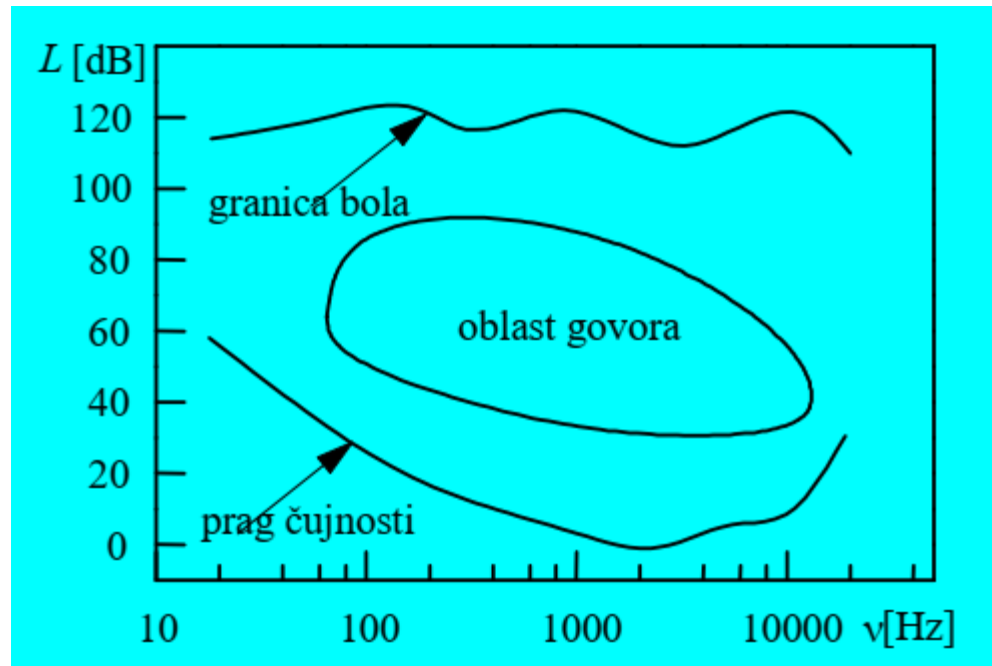
granica bola: $10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Vrednost intenziteta zvuka na granici bola je za mnogo redova veličine veća od vrednosti intenziteta zvuka na pragu čujnosti.

❑ **subjektivna jačina zvuka**

decibel, [dB]

$$L = \log \frac{I}{I_0}$$



- intenzitet zvuka više različitih izvora:

$$I_U = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$

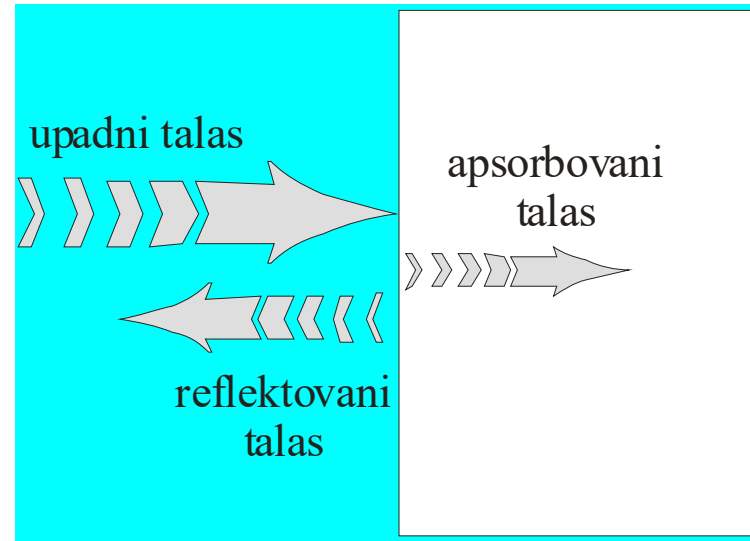
$$L = 10 \log \left(\frac{I_U}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + \dots + \frac{I_N}{I_0} \right)$$

	Subjektivni osećaj	Izvor zvuka
0	nečujno	prag čujnosti
10	nečujno	prag čujnosti
20	veoma tiho	rad džepnog časovnika
30	veoma tiho	rad budilnika
40	tiho	stan u mirnom kraju
50	tiho	poluglasan razgovor
60	glasno	glasno razgovor
70	glasno	prometna ulica
80	veoma glasno	glasna muzika sa radija
90	veoma glasno	kamion na 5m udaljenosti
100	veoma glasno	sirena automobila
110	nepodnošljivo	pneumatski čekić
120	nepodnošljivo	motor mlaznog aviona
130	nepodnošljivo	motor aviona sa elisom

3.3.3 Apsorpcija zvuka

- $I = I_0 \exp(-\lambda x)$

$$I_u = I_r + I_a$$



- vreme reverberacije $\tau \approx 1 \sim 2s$

- koeficijent apsorpcije: $\alpha = \frac{I_a}{I_u}$

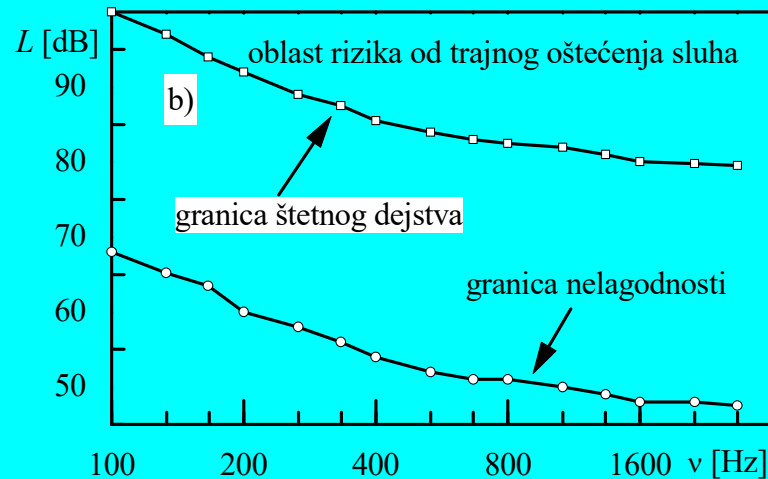
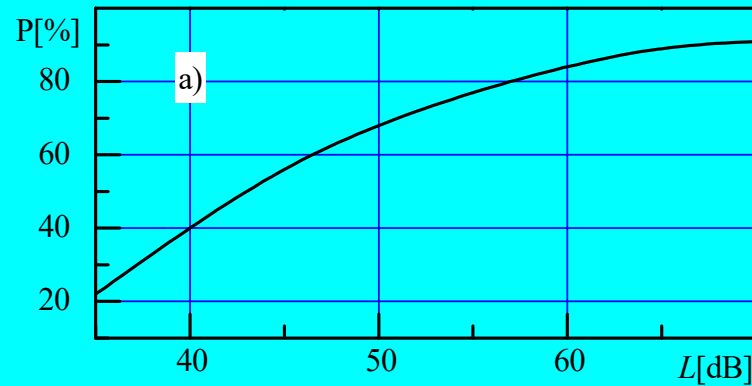
- ekvivalentna površina apsorpcije: $A = \sum_i A_i = \sum_i \alpha_i S_i$

- vreme reverberacije : $T = c \frac{V}{A}$ $c = 0.163 \frac{s}{m}$

3.3.4 Uticaj buke i vibracija na čoveka

Buka predstavlja svaki nepoželjan i neprijatan zvuk čiji su intenzitet ili vreme trajanja iznad neke vrednosti, što izaziva negativno dejstvo na psihičko i fizičko stanje čoveka.

buka

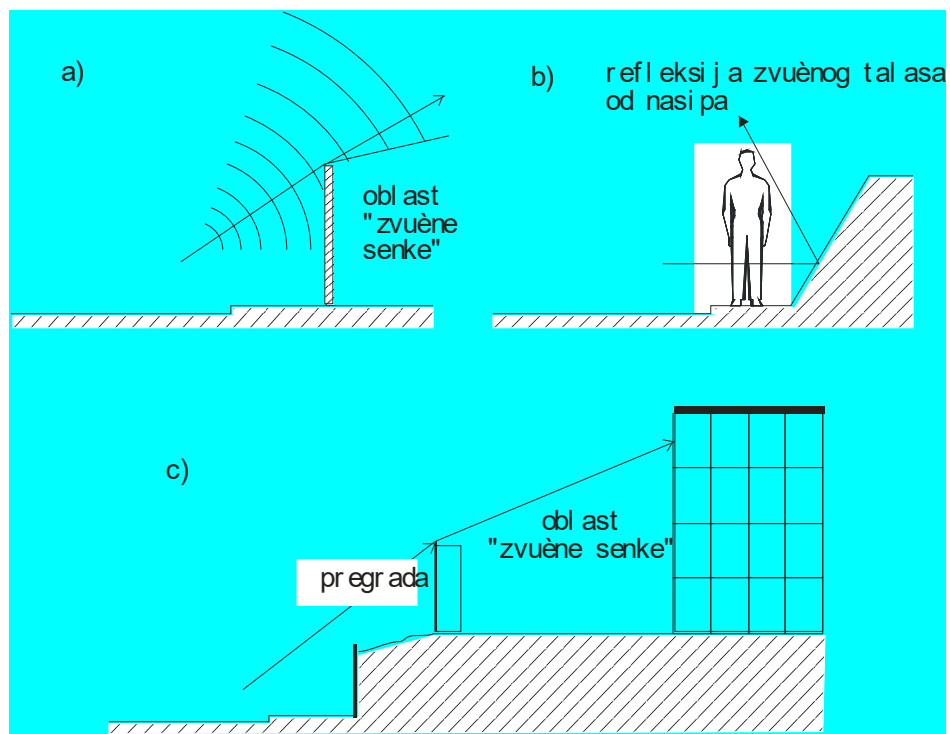


Vrsta prostorije	Dozvoljeni nivo buke [dB]	Preporučeni nivo buke [dB]
Učionice, prostorije za predškolski boravak	40	35
Hotelske prostorije, veliki restorani	45	40
Stambene prostorije	40	30
Čitaonice	35	30
Ambulante sa velikim zahtevima	40	35
Šalterske prostorije	55	50
Koncertne dvorane	30	30

- ❑ Mehaničke talase koje registrujemo pomoću drugih organa, a ne čulom sluha, nazivamo **vibracije**.

3.3.5 Zaštita od buke

- ❑ zaštita u otvorenom i zatvorenom prostoru
- ❑ zaštitni nasipi
- ❑ unutrašnje dvorište



zvučna izolacija

Vrsta zgrade	Vrsta prostorije	Izolaciona moć zidova [dB]	
		minimalna	preporučena
stambena zgrada	spavaća soba	32	47
upravne zgrade	radne prostorije bez kancelarijskih mašina	37	47
	prostorije za poverljive razgovore	47	54
škole	učionice	54	62
dečije jasle	prostorije za spavanje	47	54

