



Titranje i valovi

Titranje

Jednostavno harmonijsko titranje

Ako jednodimenzionalno gibanje kao funkcija vremena može biti izraženo samo preko sinusne i kosinusne funkcije to gibanje nazivamo **jednostavno harmonijsko titranje**. Tada je matematički izraz za položaj tijela koje se giba duž x-osi

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi),$$

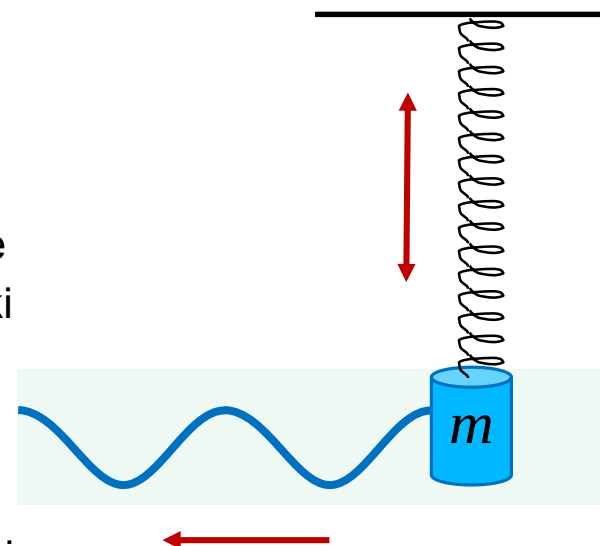
gdje je A **amplituda** titranja, ω **kružna frekvencija**, a φ **faza** titranja. Amplituda predstavlja najveću udaljenost od položaja $x=0$.

Period titranja

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

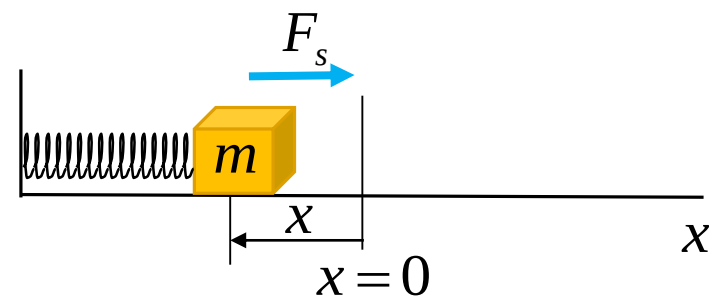
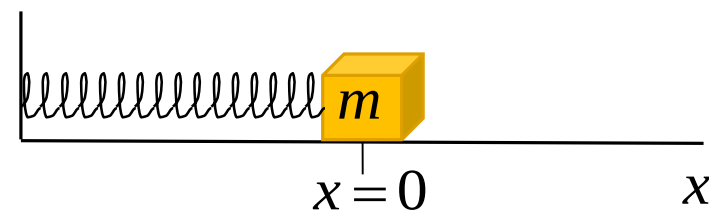
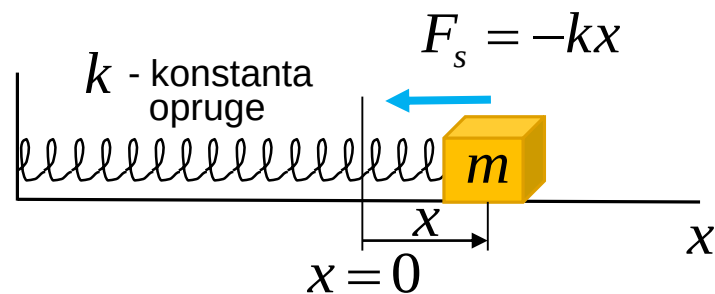
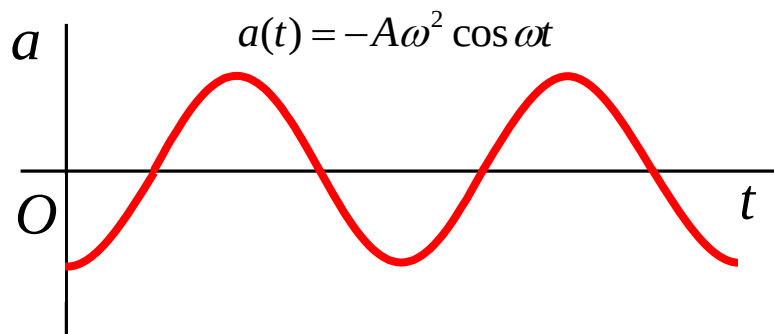
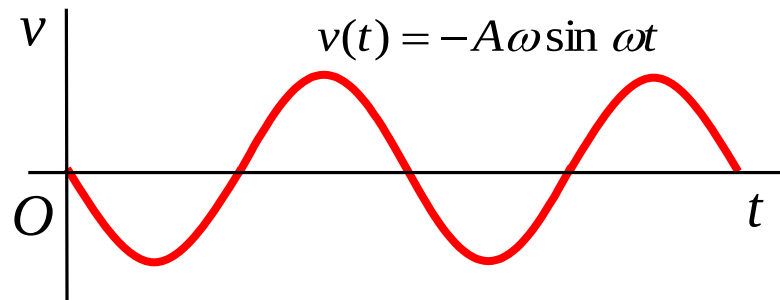
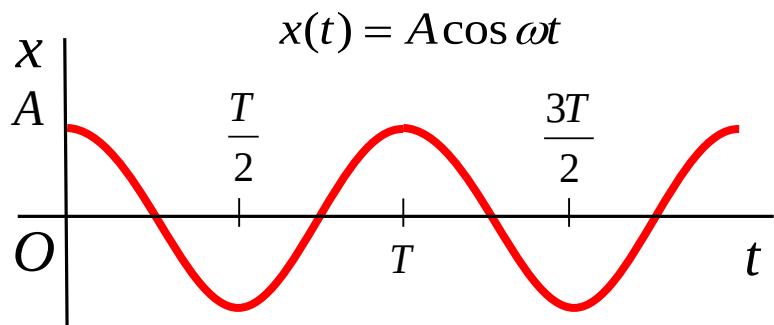
Frekvencija titranja

$$f = \frac{1}{T}$$



Primjer.

Grafički prikaz



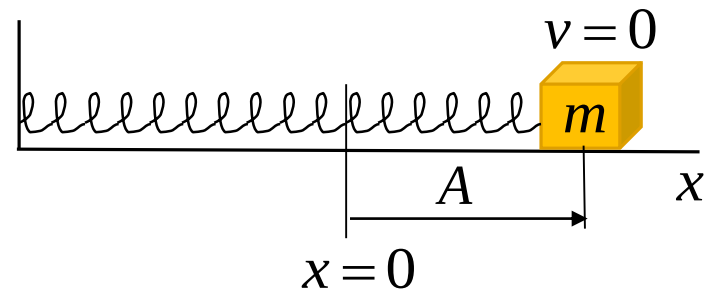
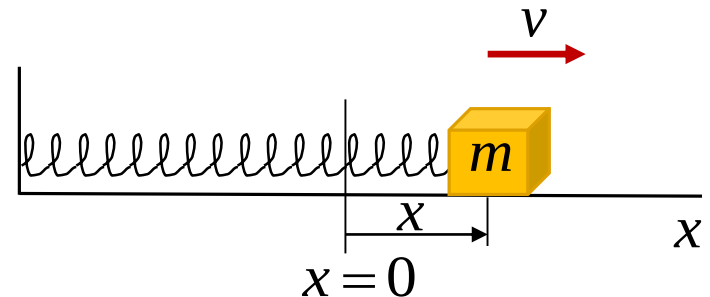
Energija titranja

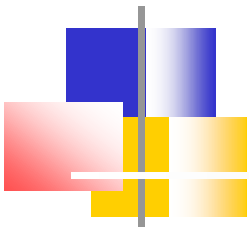
$$E = U + E_k = \frac{m\omega^2 A^2}{2}, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$U = \frac{1}{2} kx^2 \quad \text{potencijalna energija}$$

$$E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$$

$$E = \frac{1}{2} kA^2$$

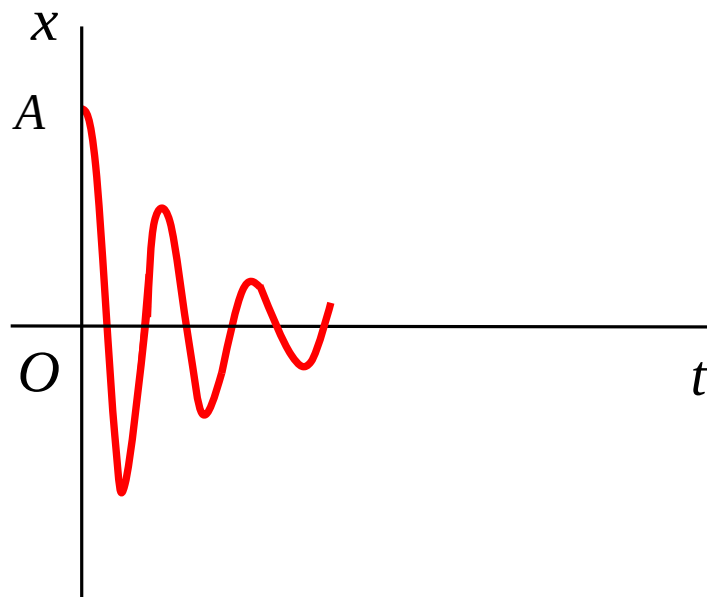


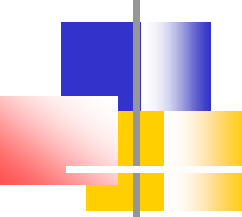


Prigušeno titranje

$$A(t) = Ae^{-\Gamma t}$$

Γ koeficijent gušenja

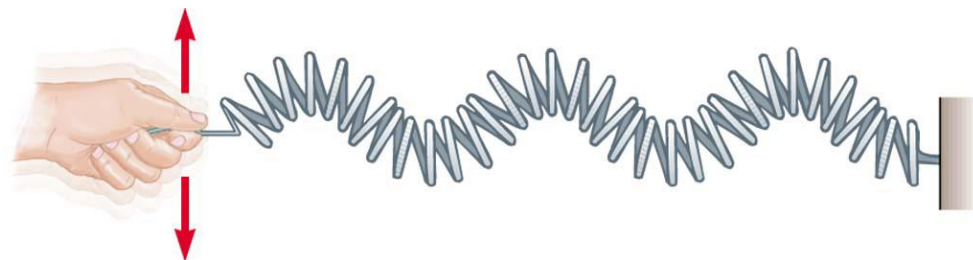




Valovi

Mehanički val je širenje poremećaja kroz sredstvo.

Ako se poremećaj širi u pravcu okomitom na smjer titranja čestica sredstva, kažemo da je val **transverzalan**.



© 2003 Thomson - Brooks/Cole

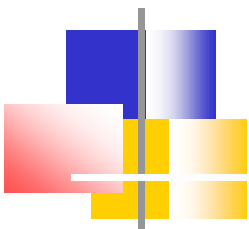
Transverzalan val

Ako se poremećaj širi u pravcu po kojem titraju čestice sredstva, kažemo da je val **longitudinalan**.



© 2003 Thomson - Brooks/Cole

Longitudinalan val



Udaljenost na koju se titranje proširi za vrijeme jednog perioda zovemo **valna duljina**.

Brzina kojom se poremećaj prenosi naziva se **fazna brzina**

$$v = f\lambda.$$

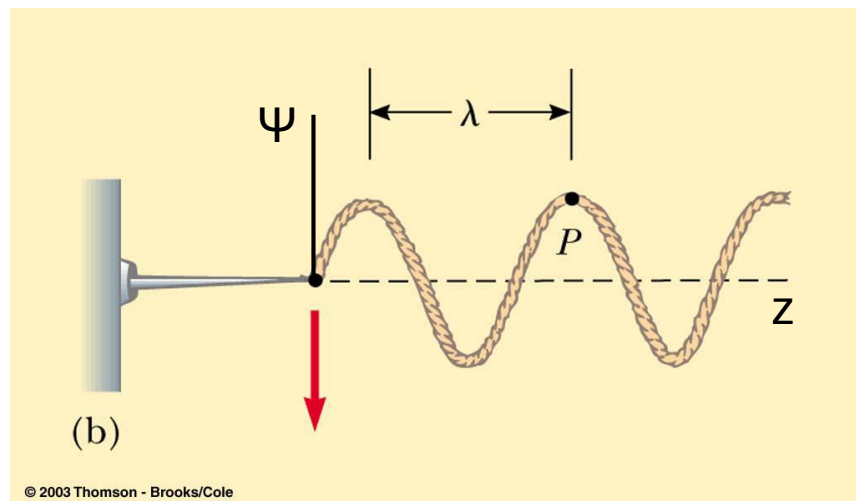
Valna funkcija

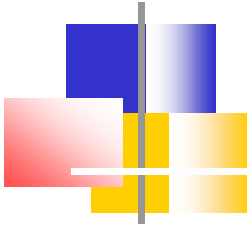
$$\Psi(z, t) = A \sin \omega(t - z/v)$$

faza vala

Geometrijsko mjesto točaka koje u danom trenutku imaju istu fazu vala nazivamo **valna fronta**.

Pravci okomiti na valnu frontu zovu se **valne zrake**.





Energija vala

$$\overline{E}_k = \overline{U} = \frac{1}{4} \rho \omega^2 A^2$$

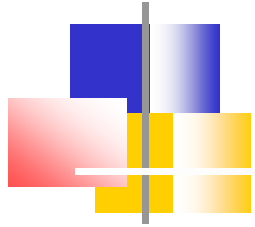
prosječna kinetička i potencijalna energija po jedinici volumena

$$\overline{E} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2$$

prosječna energija po jedinici volumena, ρ gustoća sredstva

Količina energije koju val prenese kroz jediničnu površinu, okomitu na smjer širenja vala, u jedinici vremena nazivamo **intenzitetom vala**

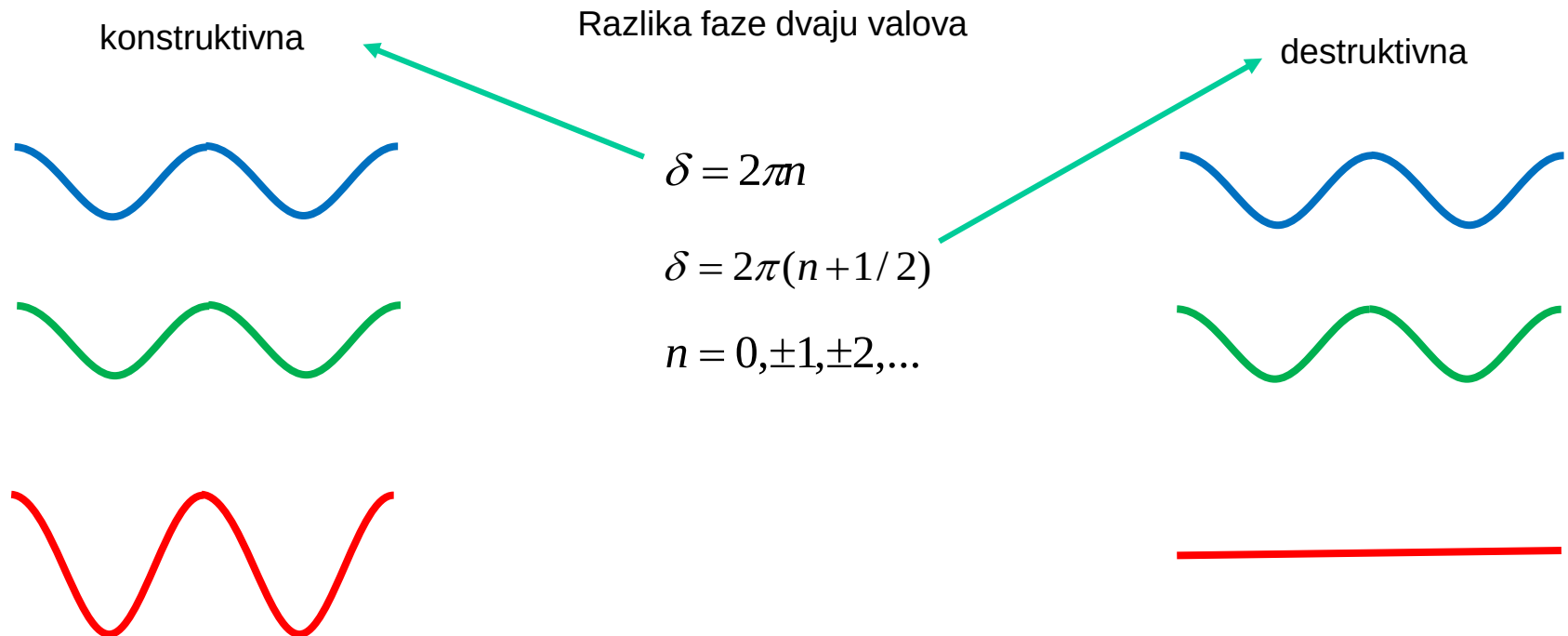
$$I = \frac{E}{S t} = \frac{P}{S}$$

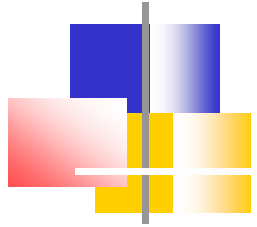


Interferencija, difrakcija, odbijanje i lom valova

Interferencija

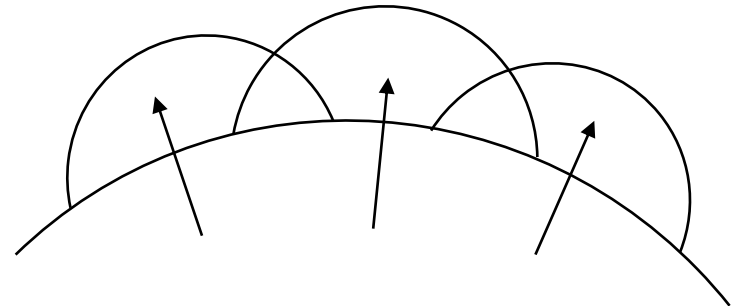
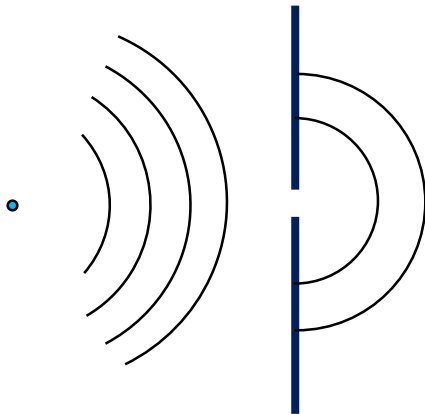
Pri superpoziciji dvaju ili više valova titranja u nekim točkama mogu se pojačati, a u drugima oslabjeti.

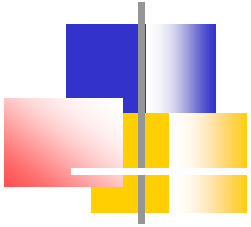




Difrakcija

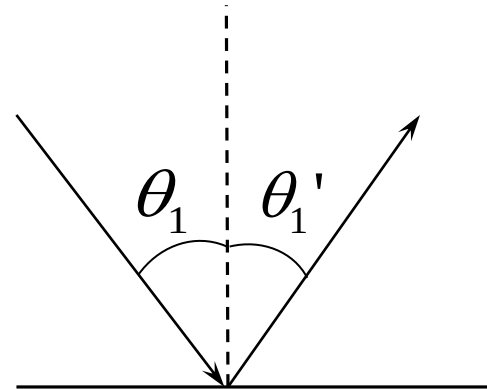
Difrakcija valova je pojava širenja valnog procesa iza zapreke. Objašnjenje joj se može dati pomoću [Huygenseovog principa](#), koji kaže da je svaka točka vala izvor novog vala.



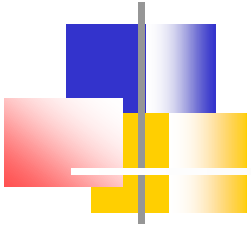


Odbijanje

Odbijanje valova nastaje na granici dvaju sredstava. Val koji dođe do granice odbija se i širi natrag. Pri tome vrijedi da je kut upada jednak kutu odbijanja.



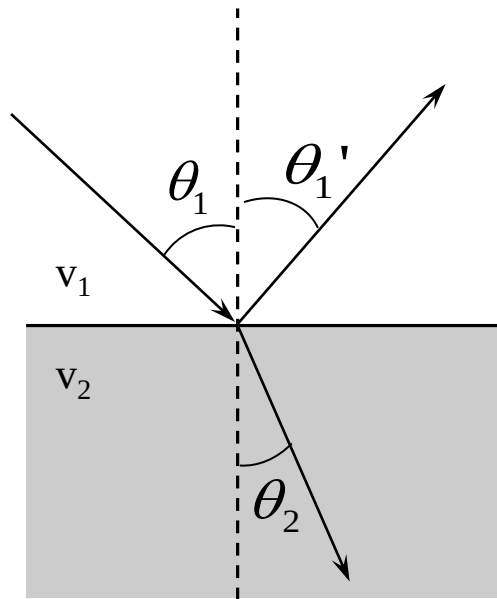
$$\theta_1 = \theta_1'$$



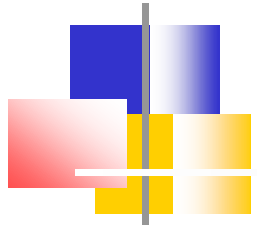
Lom

Lom valova nastaje kad se valovi iz jednog sredstva nastavljaju širiti u drugo, te kad su brzine valova različite u različitim sredstvima.

Zakon loma



$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$



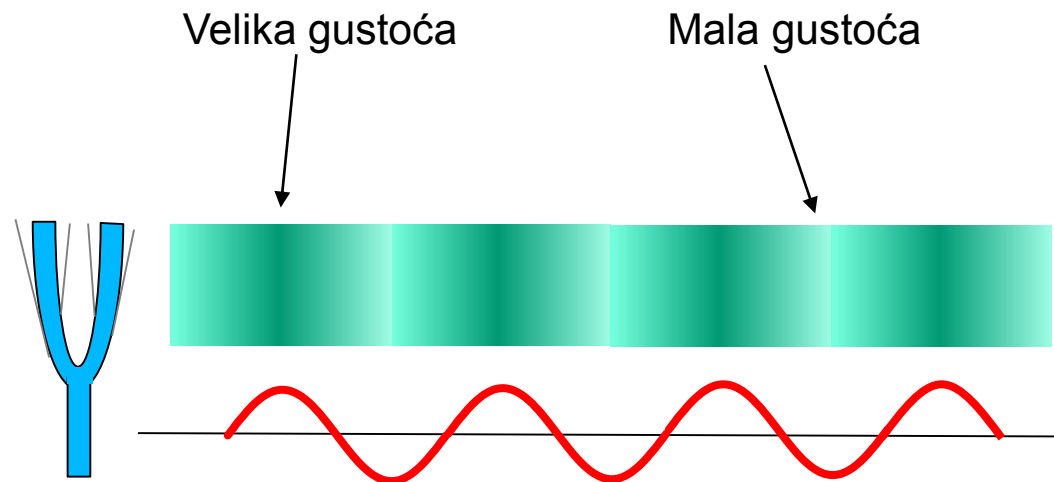
Zvučni valovi

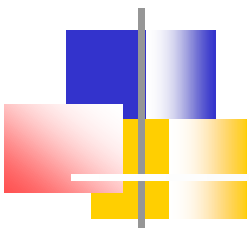
Zvučni val je mehanički longitudinalni val koji nastaje osciliranjem izvora.

Širi se izmjeničnim povećanjem i smanjivanjem tlaka (gustoće) čestica elastičnog sredstva.

- Čujni valovi
 - između 20 Hz i 20,000 Hz
- Infrazvuk
 - Frekvencije ispod čujnih
- Ultrazvuk
 - Frekvencije iznad čujnih

331 m/s je brzina zvuka pri 0° C





Intenzitet zvučnog vala

$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ prag čujnosti

$I = 1 \text{ W/m}^2$ prag bola

Razina zvučnog intenziteta

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Prag čujnosti je 0 dB.

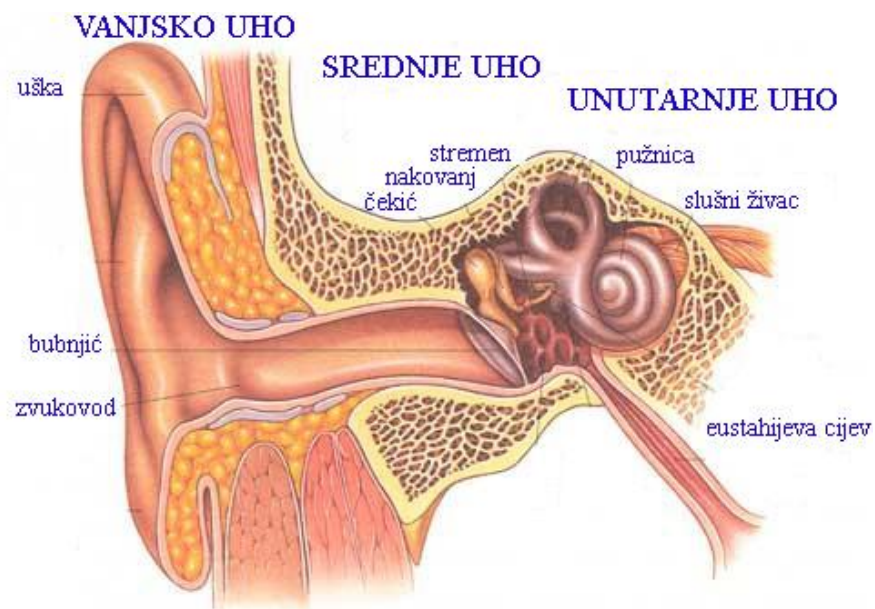
Prag bola je 120dB.

Osjet	$I [\text{W/m}^2]$	$L[\text{dB}]$
prag čujnosti	10^{-12}	0
šapat	10^{-10}	20
razgovor	10^{-6}	60
bučna ulica	10^{-5}	70
prag bola	1	120

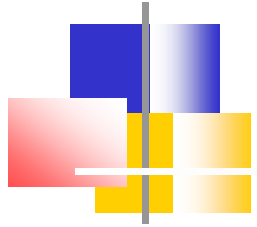
Uho

Ljudsko uho prima zvučne podražaje i obrađuje ih.

- vanjsko uho (zvučna školjka i zvukovod)
- srednje uho (bubnjić i zvučne koščice)
 - bubnjić vibrira, a zvučne koščice prenose zvuk u unutrašnje uho
- unutrašnje uho (polukružni kanali, pužnica, slušni živac i Eustahijeva tuba)
 - pretvaranje u slijed živčanih impulsa



<https://sites.google.com/site/uhoopsirnije/home/vanjsko-uho>



Dodatni materijali

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference>

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/sound>