

UNIVERZITET U TUZLI  
PMF  
ODSJEK ZA BIOLOGIJU



# BIOFZIKA

## ZVUK

## ***PRIRODA ZVUČNIH TALASA***

- Šta nazivamo zvukom?
- Kako djelimo zvučne talase ?
  - područje čujnog zvuka
  - područje infrazvuka
  - područje ultrazvuka

### ***Područje čujnog zvuka***

- Opseg frekvencija od 16 Hz – 20 kHz
- Navedene frekvencije u interakciji sa slušnim sistemom čovjeka uzrokuju fiziološki osjećaj zvuka !!!
- Čovjek proizvodi zvukove pomoću glasnica u grlu i usne šupljine, a čuje zvukove pomoću slušnog sistema u uhu.

❑ ***Fizikalni parametri tona (objektivno mjerljivi parametri)***

frekvencija oscilovanja izvora  
brzina širenja talasa u sredini  
intenzitet  
frekventni spektar

❑ ***Fiziološki osjećaj zvuka (parametri subjektivne prirode)***

visina tona  
boja tona  
glasnoća tona

Brojna ispitivanja sprovedena na dobrovoljcima posve ispravnog sluha, omogućila su postavljanje empirijskih funkcionalnih veza između fizikalnih parametara tona i odgovarajućih parametara osjećaja zvuka.

## INFRAZVUK

Frekvencije ispod 16 Hz.

Kakvi su to talasi i kako nastaju ???

Mehanički talasi koji nastaju kod potresa ili promjenom atmosferskog pritiska !!

Da li možemo registrovati ili reagovati na takve promjene ?!

Naši unutrašnji organi reaguju na te talase, što osjećamo kao glavobolju ili neke fiziološke smetnje.

## Ultrazvuk

- Područje frekvencije iznad 20 kHz
- Da li ljudski organizam može registrovati ultrazvučne talase ??

U ljudskom organizmu nema receptora za ovakve talase !!

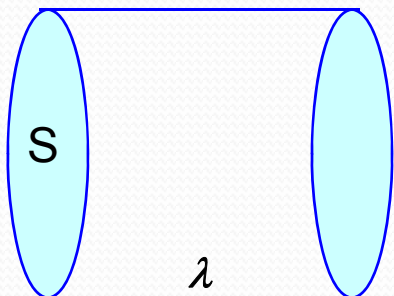
- Područje primjene ultrazvučnih talasa u medicini:

ultrazvučna dijagnostika (1 MHz – 20 MHz)

terapija (oko 800 kHz)

## Energija prenesena talasom, Intenzitet talasa

Zamislamo dio prostora u obliku cilindra površine osnove  $S$  i visine koja je jednaka talasnoj dužini talasa koji se prostire kroz tu sredinu



Pri izučavanju talasnog kretanja uvodi se veličina koju zovemo **intenzitet talasa** kao odnos snage i površine kroz okomito na koju se talas prostire:

$$I = \frac{P_{sr}}{S} = \frac{\rho c \omega^2 A^2}{2}$$

$$I = u_{sr} \cdot c$$

$$[I] = \frac{W}{m^2}$$

Ukupna energija tijela koje vrši oscilatorno kretanje je:

$$E_{sr} = \frac{m \omega^2 A^2}{2} = \frac{\rho S \lambda}{2} \cdot \omega^2 \cdot A^2 = u_{sr} \cdot V$$

gdje je  $u$  gustina energije  
a snaga:

$$P_{sr} = \frac{E_{sr}}{T} = \frac{m \omega^2 A^2}{2T} = \frac{\rho S \lambda}{2T} \cdot \omega^2 \cdot A^2$$

$$P_{sr} = \frac{\rho S c \omega^2 A^2}{2}$$

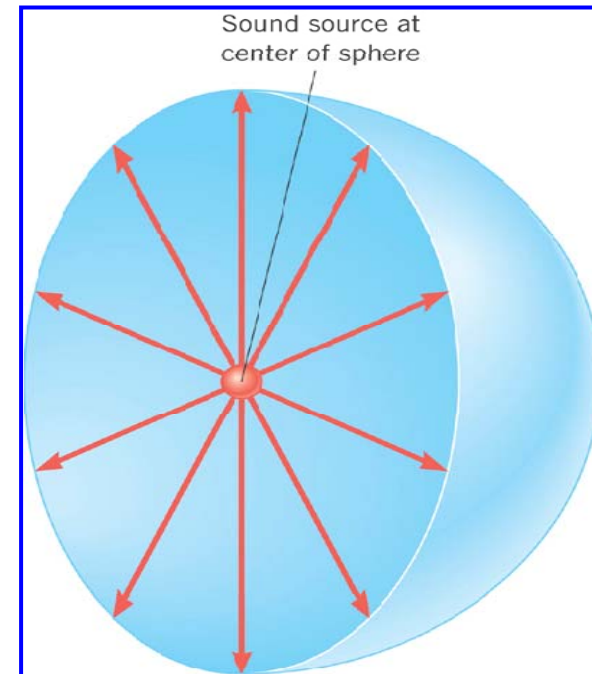
# Energija, snaga i intenzitet zvučnog talasa

Snaga zvučnog talasa je definisana sljedećom relacijom:

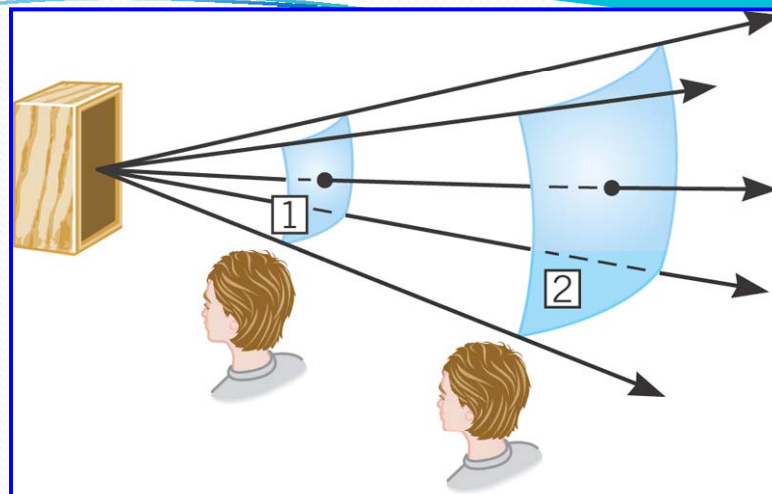
$$P_{sr} = IS$$
$$I = \frac{P_{sr}}{S}$$

Za zvučni izvor koji zrači izotropno, imamo:

$$I = \frac{P}{4r^2\pi} \quad P = 4r^2\pi \cdot I$$



Intenzitet zvuka ( jačina zvuka) obrnuto je proporcionalan kvadratu udaljenosti od izotropnog izvora



$$P_1 = P_2$$
$$4\pi \cdot r_1^2 \cdot I_1 = 4\pi \cdot r_2^2 \cdot I_2$$
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$



## Nivo intenziteta zvuka- nivo buke

Po Weber Fechnerovom zakonu, sva čula pa i uho ocjenjuju intenzitet vanjskih podražaja logaritamski. Stoga se za ocjenu glasnoće računa nivo buke ili nivo intenziteta po formuli:

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)}$$

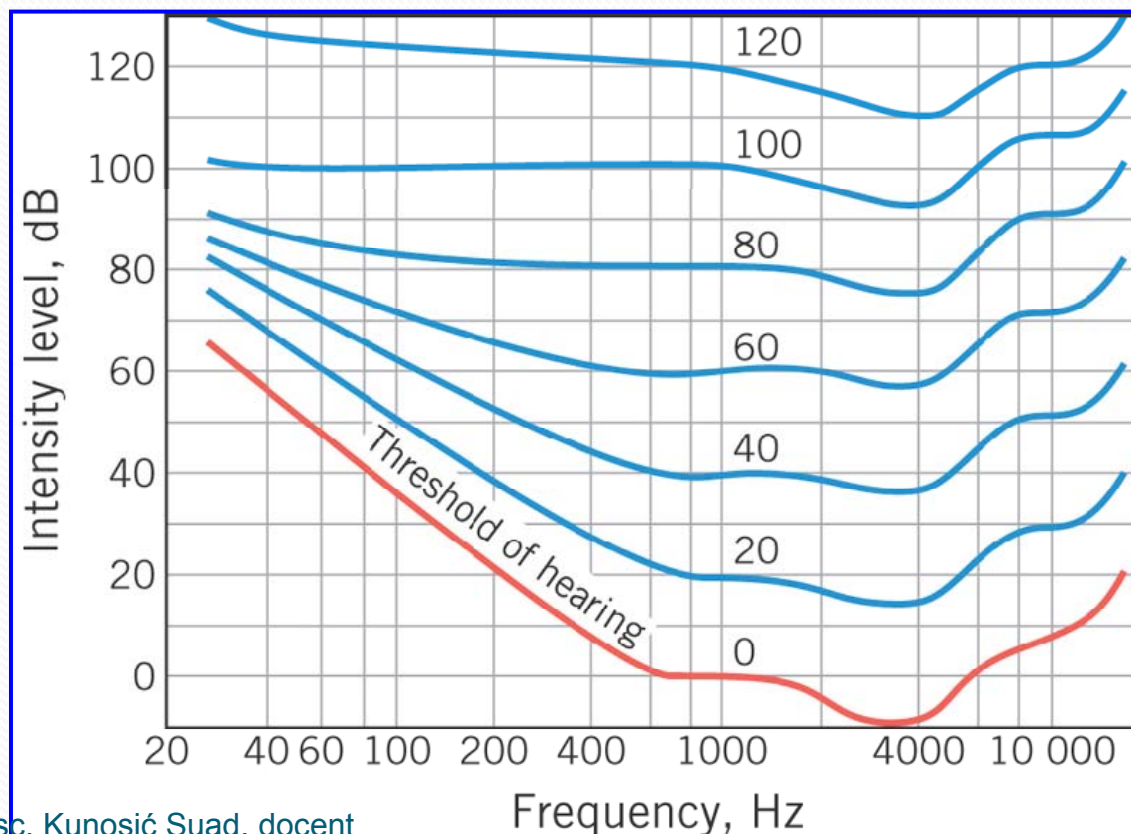
Uho nije jednako osjetljivo na sve frekvencije zvuka.

**Fletcher-Munsonov dijagram-krive jednake glasnoće.**

Za zadanu frekvenciju zvuka, intenzitet zvuka frekvencije 1000Hz se mijenja dok se ne dobije osjećaj jednake glasnoće.

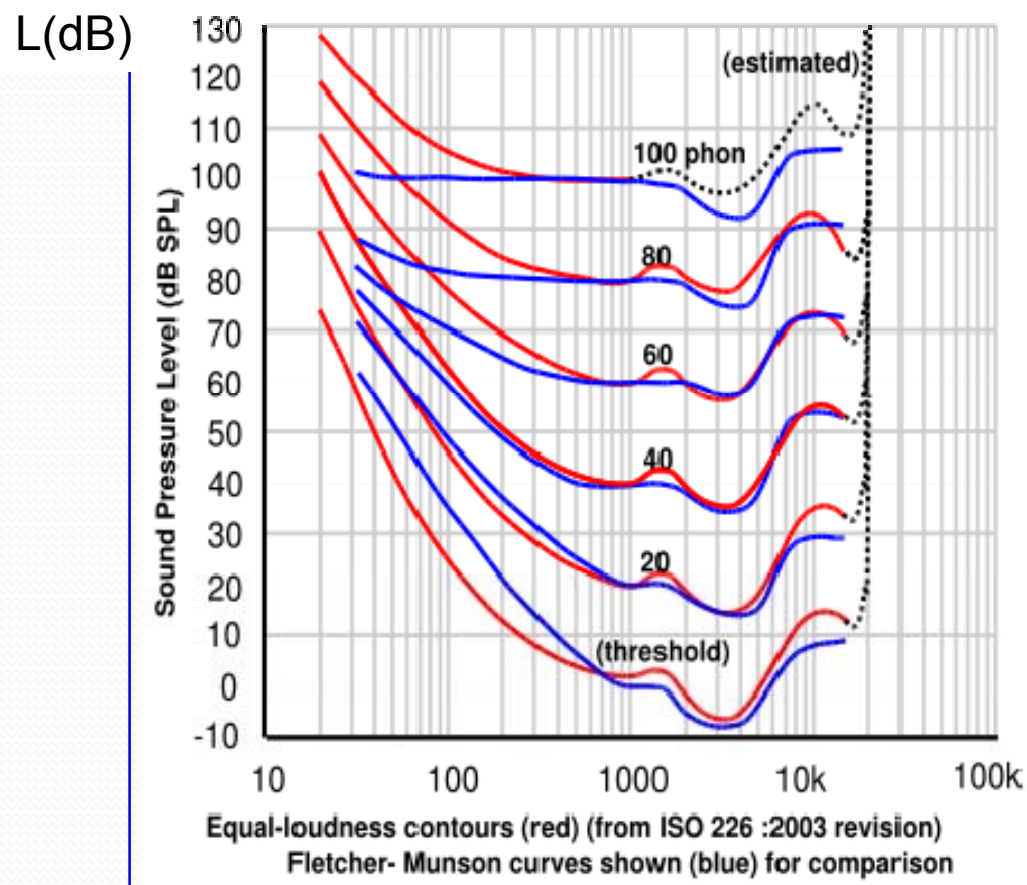
Uho je najosjetljivije na frekvencije zvuka između 1000Hz i 5000Hz.

Kriva praga čujnosti određuje tzv. apsolutni prag čujnosti.



Uho čovjeka može prepoznati razliku nivoa buke od 1dB.

Vrijednost nivoa buke od 1dB zove se diferencijalni prag osjetljivosti uha.



Krive jednake glasnoće- suvremena mjerenja upoređena sa originalnim rezultatima Fletchera i Munsona ( 1933).

Priredio: dr. sc. Kunosić Suad, docent  
Katedra za Biofiziku i medicinsku fiziku

**Table 16.2** Typical Sound Intensities and Intensity Levels  
Relative to the Threshold of Hearing

	Intensity $I$ (W/m <sup>2</sup> )	Intensity Level $\beta$ (dB)
Threshold of hearing	$1.0 \times 10^{-12}$	0
Rustling leaves	$1.0 \times 10^{-11}$	10
Whisper	$1.0 \times 10^{-10}$	20
Normal conversation (1 meter)	$3.2 \times 10^{-6}$	65
Inside car in city traffic	$1.0 \times 10^{-4}$	80
Car without muffler	$1.0 \times 10^{-2}$	100
Live rock concert	1.0	120
Threshold of pain	10	130

## Nivo glasnosti i glasnost

Eksperimenti pokazuju da je Weber- Fechnerov zakon samo približno tačan. Zato se uvode još dvije veličine:

- Nivo glasnosti ( u fonima),

$$S = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} (Ph)$$

Uočiti da se prag čujnosti uzima na frekvenciji za koju se računa nivo glasnosti ili glasnost

- Glasnost (u sonima)

$$G = \frac{1}{16} \left( \frac{I}{I_0} \right)^{0.3} (Sn)$$

- Veza između nivoa glasnosti i glasnosti

$$G = \frac{1}{16} \cdot 10^{0.03 \cdot S} \quad S = 40Ph \Rightarrow G \approx 1 Sn$$

Primjer :

- 1. Odredi intenzitet zvuka čiji je nivo jačine 50 dB?**
- 2. Dva zvuka razlikuju se po nivou jačine za  $\Delta L = 50$  dB. Odnos intenziteta ova dva zvuka iznosi ?**
- 3. Na udaljenosti 1m od izvora nivo intenziteta zvuka je 60 dB. Odredi koliki je nivo intenziteta zvuka u tački udaljenoj 4 m od izvora zvuka?**









