

UNIVERZITET U BIHAĆU
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA
KATEDRA ZA BIOFIZIKU



BIOFIZIKA

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 !!

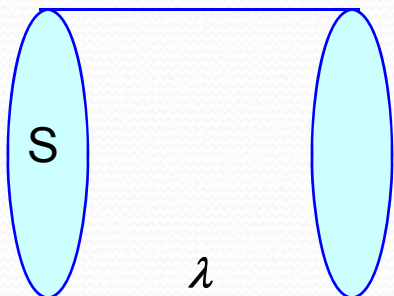
- ☐ Područje primjene ultrazvučnih talasa u medicini:

ultrazvučna dijagnostika (2 MHz – 20 MHz)

terapija (oko 0,75-3 MHz)

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:

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

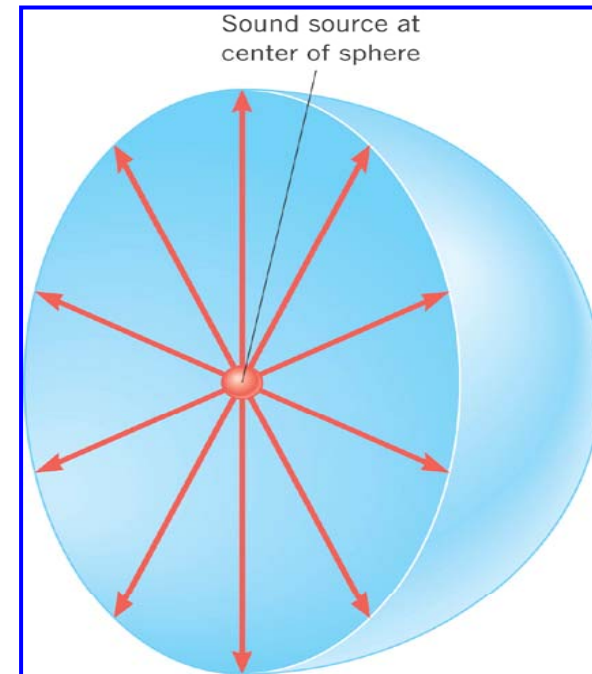
Energija, snaga i intenzitet zvučnog talasa

Snaga zvučnog talasa je definisana sljedećom relacijom:

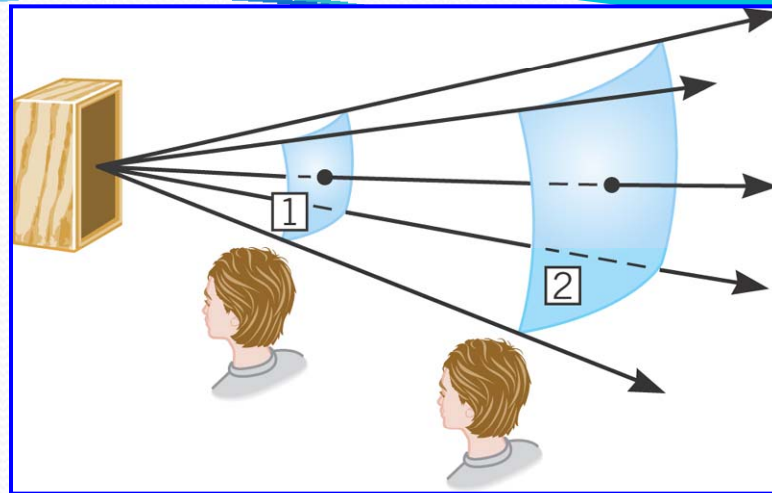
$$P_{sr} = IS$$
$$I = \frac{P_{sr}}{S}$$

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:

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

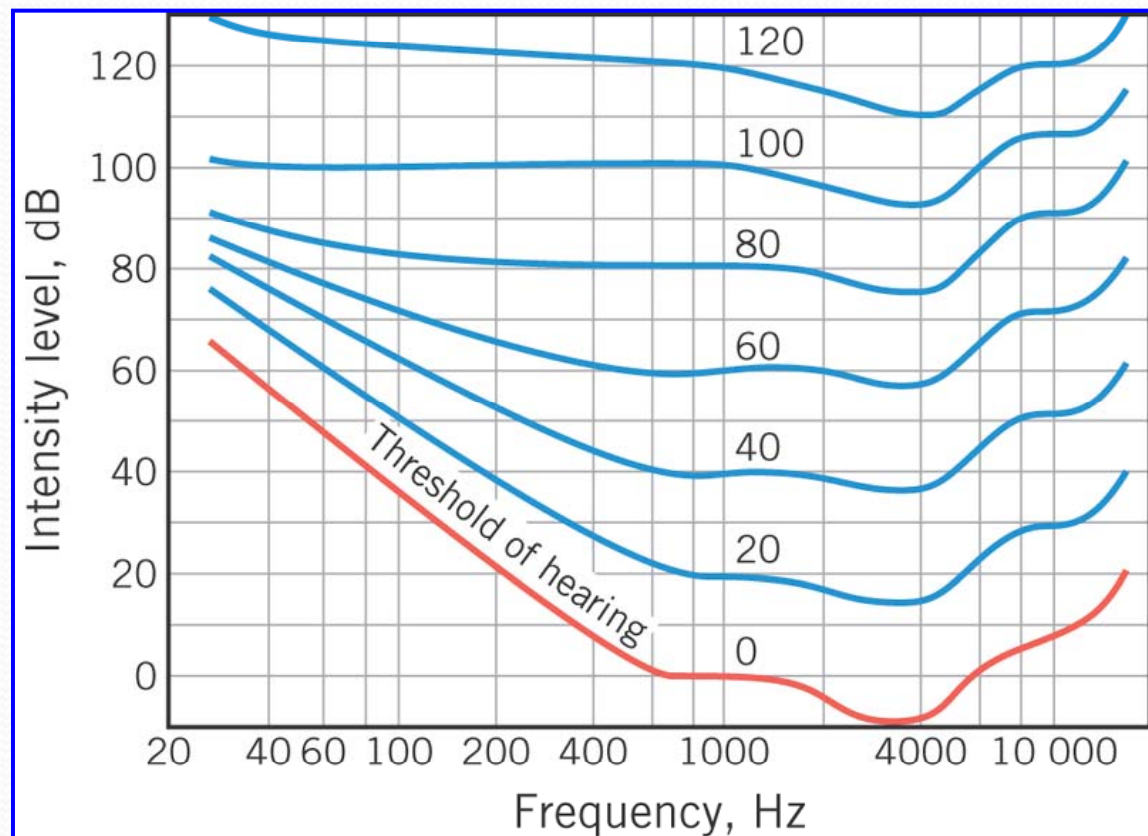
Uho nije jednako osjetljivo na sve frekvencije zvuka.

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.

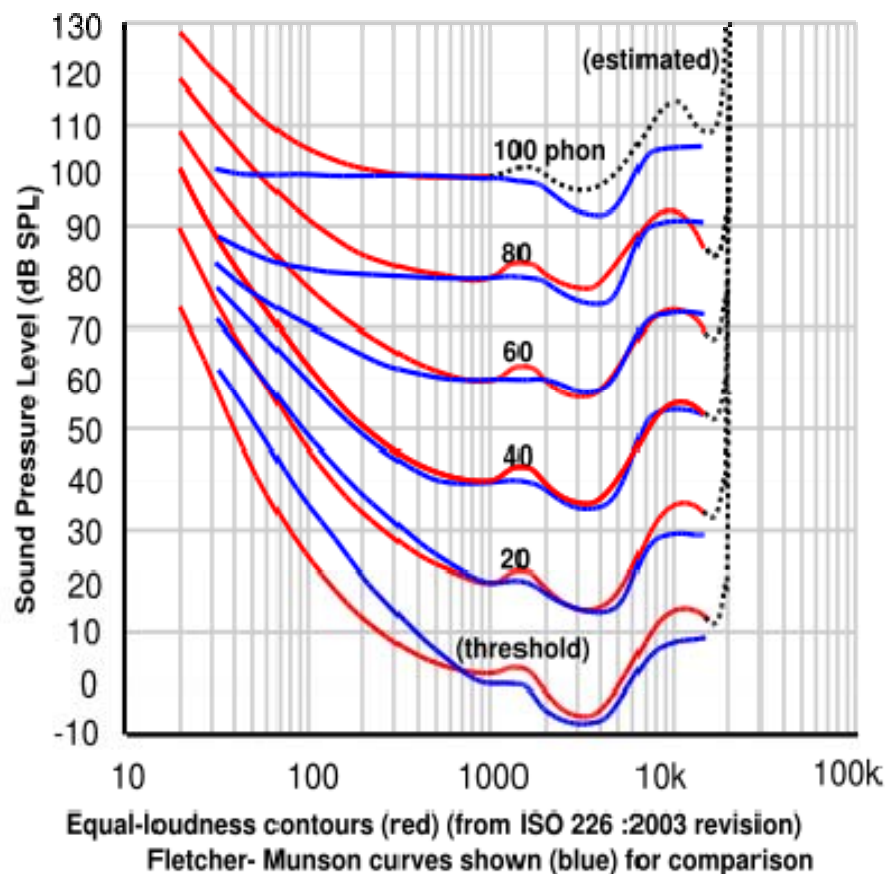
Kriva praga čujnosti određuje tzv apsolutni prag čujnosti.



Uho čovjeka može prepoznati razliku nivoa buke od 1dB.

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

L(dB)



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

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

	Intensity I (W/m ²)	Intensity Level β (dB)
Threshold of hearing	1.0×10^{-12}	0
Rustling leaves	1.0×10^{-11}	10
Whisper	1.0×10^{-10}	20
Normal conversation (1 meter)	3.2×10^{-6}	65
Inside car in city traffic	1.0×10^{-4}	80
Car without muffler	1.0×10^{-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?**

Dato:

Nivo jačine zvuka:

$$L = 50 \text{ dB}$$

Prag čujnosti:

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

Formula za nivo jačine zvuka:

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Uvrštavanje poznate vrijednosti:

$$50 = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Podjela sa 10:

$$5 = \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Prebacivanje iz logaritamskog oblika:

$$\frac{I}{I_0} = 10^5$$

Izrazimo intenzitet:

$$I = I_0 \cdot 10^5$$

Tek sada uvrštavamo prag čujnosti:

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

$$I = 10^{-12} \cdot 10^5$$

Sređivanje eksponenata:

$$I = 10^{-7} \text{ W/m}^2$$

✓ **Konačan rezultat:**

$$I = 1 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$$