

---

---

---

---

---

---

---

---

## Звук и бука

- Бука је звук који се појављује у време и на месту на коме га не желимо. То је законом дефинисан "загађивач".
- Ниво буке зависи од
  - ◆ типа окружења (канцеларија, фабрика стадион, ...)
  - ◆ фреквенција (високе фреквенције су непријатније од нижих)
  - ◆ дужина трајања (изазива оштећење чула слуха)
- Праг чујности људског уха је на интензитету од  $I_0=10^{-12} \text{ W/m}^2$  (одговара калибрисаном притиску (разлици притиска у односу на атмосферски) од  $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ )
- Праг бола је на око  $1 \text{ W/m}^2$  (калибрисани притисак од  $20 \text{ Pa}$ )
- Интензитет је пропорционалан квадрату амплитуде звучног таласа ( $I \sim A^2$ )
- постоји фреквентна зависност ових вредности!

---

---

---

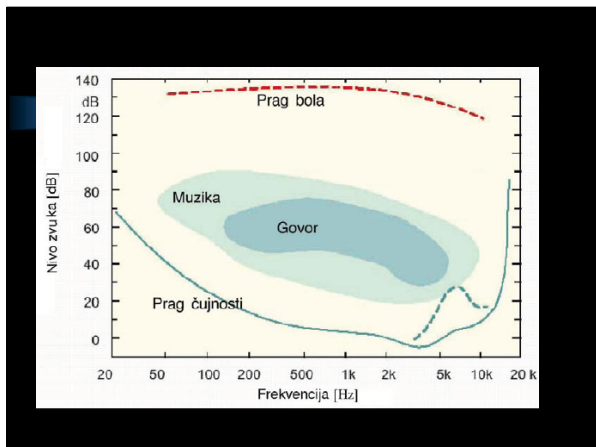
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

## Чуло слуха

- њиме чујемо и одређујемо
  - ◆ висину, јачину звука и смер из кога долази
- распон фреквенција које чујемо од 20 до 20 000 Hz
- испод 20 Hz је инфразвук
- изнад 20 000 Hz је ултразвук

---

---

---

---

---

---

---

---

## Животиње:

Код животиња доња и горња граница нису као код људи.



---

---

---

---

---

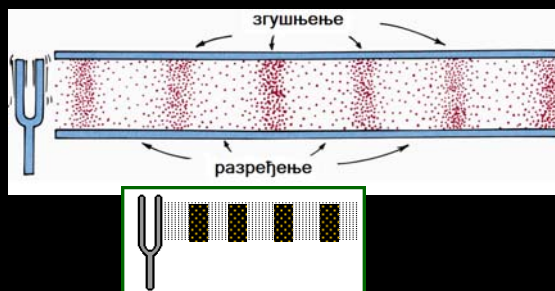
---

---

---

## Осциловање ваздушног стуба

- Таласи у ваздуху су само лонгитудинални
- Цев може бити отворена на једном или на оба краја



---

---

---

---

---

---

---

---

## Физиолошке карактеристике звука

Звучни талас у ушној шкољки изазива принудне осцилације  
 Оне се преносе преко кошчица (чекић, наковањ и узенгија)  
 Долазе на мембрану која затвара унутрашње ухо које је испуњено течношћу

Дуж канала ун. уха налазе се завршеци око 23500 нервних ћелија  
 На основу надражаја нервних ћелија формира се осећај звука  
 Субјективне карактеристике-осећај за : висину, боју тона, ниво (гласности) звука, ...

percepcija	fizička veličina
visina	frekvencija
glasnost zvuka	intenzitet i frekvencija
boja	broj i relativni intenzitet različitih frekvencija

Tabela 9.5: Percepiranje zvuka.

---

---

---

---

---

---

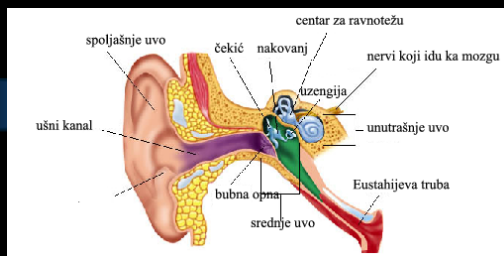
---

---

---

---

## Људско уво




---

---

---

---

---

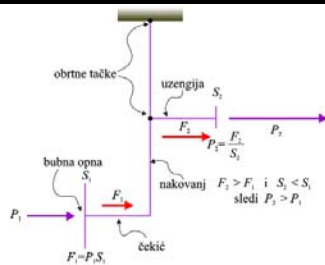
---

---

---

---

---



Slika 9.35: Šematski prikaz sistema srednjeg uva koji konvertuje pritisak zvuka u silu, povećava je preko sistema poluga i tako uvećanu je primenjuje na manju površinu kohllee, stvarajući pritisak na njoj koji je 40 puta veći od onog u originalnom zvučnom talasu.

---

---

---

---

---

---

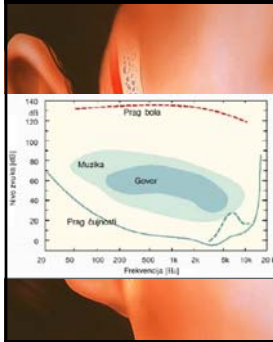
---

---

---

---

## Спољашње уво



Спољашњи део спољашњег уха сакупља звукове и усмерава их кроз (слушни канал)

Слушни канал - ~ 2.5cm дужине, лични на цев оргуље променљивог пресека

у њој се ствара стојећи талас који има трбух у отвореном делу канала а чвор на бубној опни

Како је дужине 2.5cm =  $\lambda/4$  следи да је  $\lambda = 10cm$

$v = u/\lambda$ , и пошто је  $u = 330m/s$  следи да је фреквенција  $\nu = 3.3kHz$

То је резонантна фреквенција слушног канала при којој се преноси највише енергије звучног таласа кроз њега

Подсетник: при резонанци се преноси максимална количина енергије од извора принудног осциловања на систем који осцилује који се дешава на фреквенцији природног осциловања

---

---

---

---

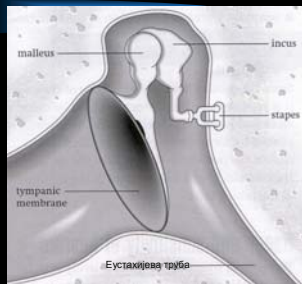
---

---

---

---

## Средње уво и Еустахијева труба



Чекић, наковањ и узенгија (кошчице) чине систем повезаних полулага које бубна опна тера на кретање.

Еустахијева труба. уво је повезано њоме са устима. Услед тога се изједначава притисак са обе стране бубне опне

---

---

---

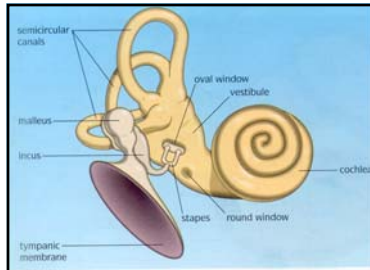
---

---

---

---

---



## Унутрашње уво

Унутрашње уво је испуњено течношћу

Полукружни канали - контролишу баланс и кретање течности у каналима функционишу као акцелерометри и учествују у одржавању равнотеже у три нормалне равни.

Vestibule - шупљина између овалног отвора и cochlea-e

Cochlea - спирална (2.75 окретаја) са 3 цеви чији пречник опада од базе (Vestibule) до врха.

---

---

---

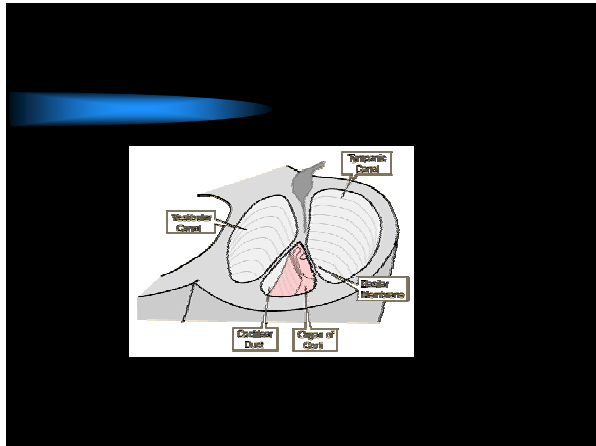
---

---

---

---

---




---

---

---

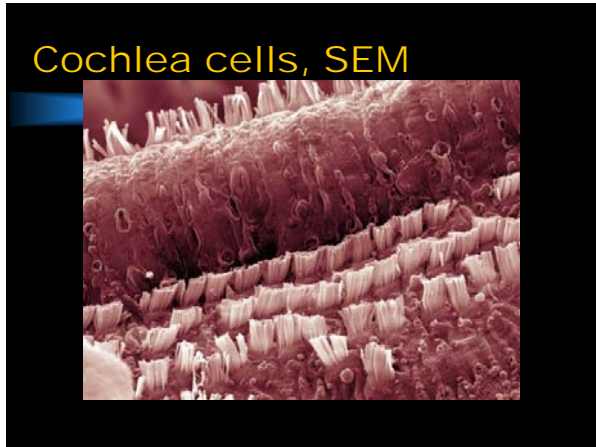
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Кохлеа

Наковањ ствара лонгитудинални талас у течности који се простире кроз канале и преноси до дела где се налазе нервне ћелије.

Нервне ћелије (длачице) осетљиве на звучне сигнале се крећу и шаљу сигнале дуж слушног нерва у мозак.

Високе фреквенције побуђују на осциловање ћелије које су близу базе а ниже фреквенције оне које су ближе врху.

Јачина звука-гласност звука- је дефинисана амплитудом сигнала генерисаног сваком длачицом, бројем длачица које су побуђене, и величином области која је побуђена на осциловање.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Висина тона:

Субјективној карактеристици осећаја висине тона одговара као физичка карактеристика фреквенција  
Висок тон = висока фреквенција  
Низак тон = ниска фреквенција



1000 Hz



1500 Hz



2000 Hz

---

---

---

---

---

---

---

---

## Октава:

Цео опсег тонова које прима човечје уво подељен је на интервале - октаве

Октава – интервал висине тона чији је однос крајњих фреквенција 2.

Звучно подручје има 10 октава.

125 Hz



250 Hz



500 Hz



1000 Hz



1  
октава

1  
октава

1  
октава

---

---

---

---

---

---

---

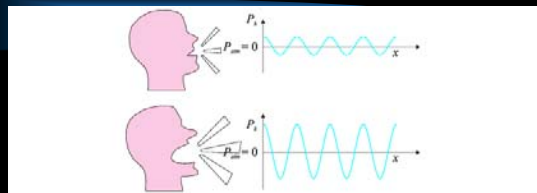
---

## Интензитет и ниво звука

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

- Интензитет звука – као и за сваки талас

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



Slika 9.16: Grafik promene kalibrisanog pritiska za dva izvora zvuka različitih intenziteta. Izvor koji osciluje većom amplitudom formira zvučni talas većeg intenziteta.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Интензитет звука и ниво звука

- граничне вредности интензитета
  - ◆ праг чујности (на 1000 Hz)  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ .
  - ◆ праг бола  $I = 1 \text{ W/m}^2$ .
- реакција људског уха није таква да може да прави разлику у толиком распону и на такав начин (преко интензитета – распон је  $10^{12}$ )
- људско уво реагује логаритамски – уводи се нова величина – ниво звука

$$L(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

primer/efekat	$I$ ( $\text{W/m}^2$ )	$L$ (dB)
праг чујности	$1 \times 10^{-12}$	0
суштање лиšћа	$1 \times 10^{-11}$	10
шaпyтaње на 1 m удаљености	$1 \times 10^{-10}$	20
тишина у кући	$1 \times 10^{-9}$	30
просечна бука у кући	$1 \times 10^{-8}$	40
просечна бука у канцеларији, лагана музика	$1 \times 10^{-7}$	50
разговор	$1 \times 10^{-6}$	60
бучна канцеларија, густ саобраћај	$1 \times 10^{-5}$	70
гласно одвртнo радио	$1 \times 10^{-4}$	80
унутрашњост метроа		
(последиче приликом дужиe изложeности)	$1 \times 10^{-3}$	90
најбућније фабрике		
(последиче приликом изложeности 8 h дневно)	$1 \times 10^{-2}$	100
последиче приликом изложeности 30 min дневно	$1 \times 10^{-1}$	110
праг бола, гласни рок концерти,		
пнеуматски чекић удаљен 2 m		
(последиче приликом изложeности у трајању од секунде)	1	120
млaзни авион на 30 m удаљености	$1 \times 10^2$	140
пyцaње бyбне опне	$1 \times 10^4$	160

---

---

---

---

---

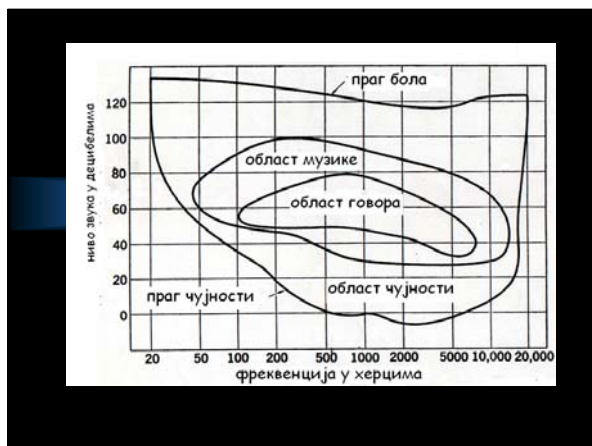
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Дозвољени нивои звука

Tabela 13.7

Vrsta delatnosti	L (dB)
najgrublji fizički rad	90
rutinski rad mentalnog karaktera	70
rad koji zahteva koncentraciju	55
vrhunska intelektualna delatnost	35

---

---

---

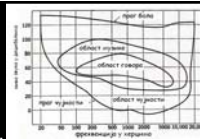
---

---

---

---

---



- Скала у dB одговара само приближно субјективном осећају промене јачине звука
- Разлог је у фреквентној зависности прага чујности (и бола)
- Мерење – два звука истог нивоа од 20 dB,
  - ◆ на фреквенцији 100 Hz не чујемо
  - ◆ на фреквенцији 1000 Hz спада у област чујности
  - ◆ **Закључак:** треба увести нову величину која описује субјективну реакцију на одређене звукове

---

---

---

---

---

---

---

---

## Субјективна јачина звука

- Јединица је фон.
- Звучни таласи које перцепирамо као једнако гласне имају исту вредност субјективне јачине звука (имају једнак број фона)

---

---

---

---

---

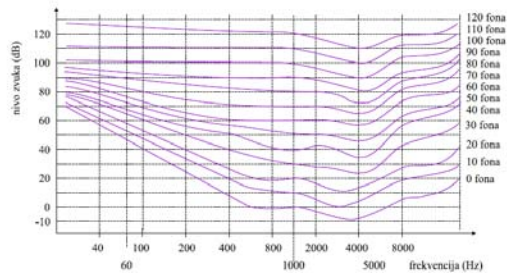
---

---

---



## Крива гласности звука



Slika 9.32: Veza subjektivne jačine zvuka u fonima i nivoa zvuka u decibelima za osobu koja normalno čuje. Fon i decibel su, po definiciji, jednaki na frekvenciji od 1 000 Hz.

---

---

---

---

---

---

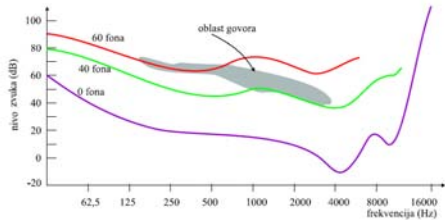
---

---

---

---

## Крива гласности звука



Slika 9.33: Osenčena oblast odgovara frekvencijama i nivou intenziteta normalnog govora.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Тонове испод 0 фона већина људи не чује (звук нивоа 60 dB и 40 Hz се практично не чује)
- Крива од 0 фона представља границу изнад које просечан човек чује
- Можемо да чујем чак и звук нивоа испод 0 dB али само на одређеним фреквенцијама! (нпр. -3 dB и 5 000 Hz )

---

---

---

---

---

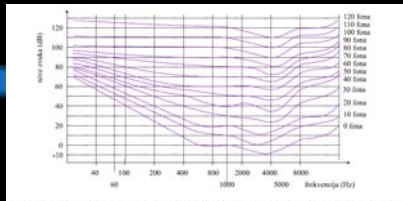
---

---

---

---

---



Slika 9.32. Vena subjektivne jačine zvuka u fonama i silov zvuka u decibelima za oslušača sa normalno sluha. Fon i decibel su, po definiciji, jednaki na frekvenciji od 1 000 Hz.

- Sve krive glasnosti imaju minimum između 2 000 i 5 000 Hz
- ◆ Čulo sluha je tu najosetljivije

---



---



---



---



---



---



---



---