



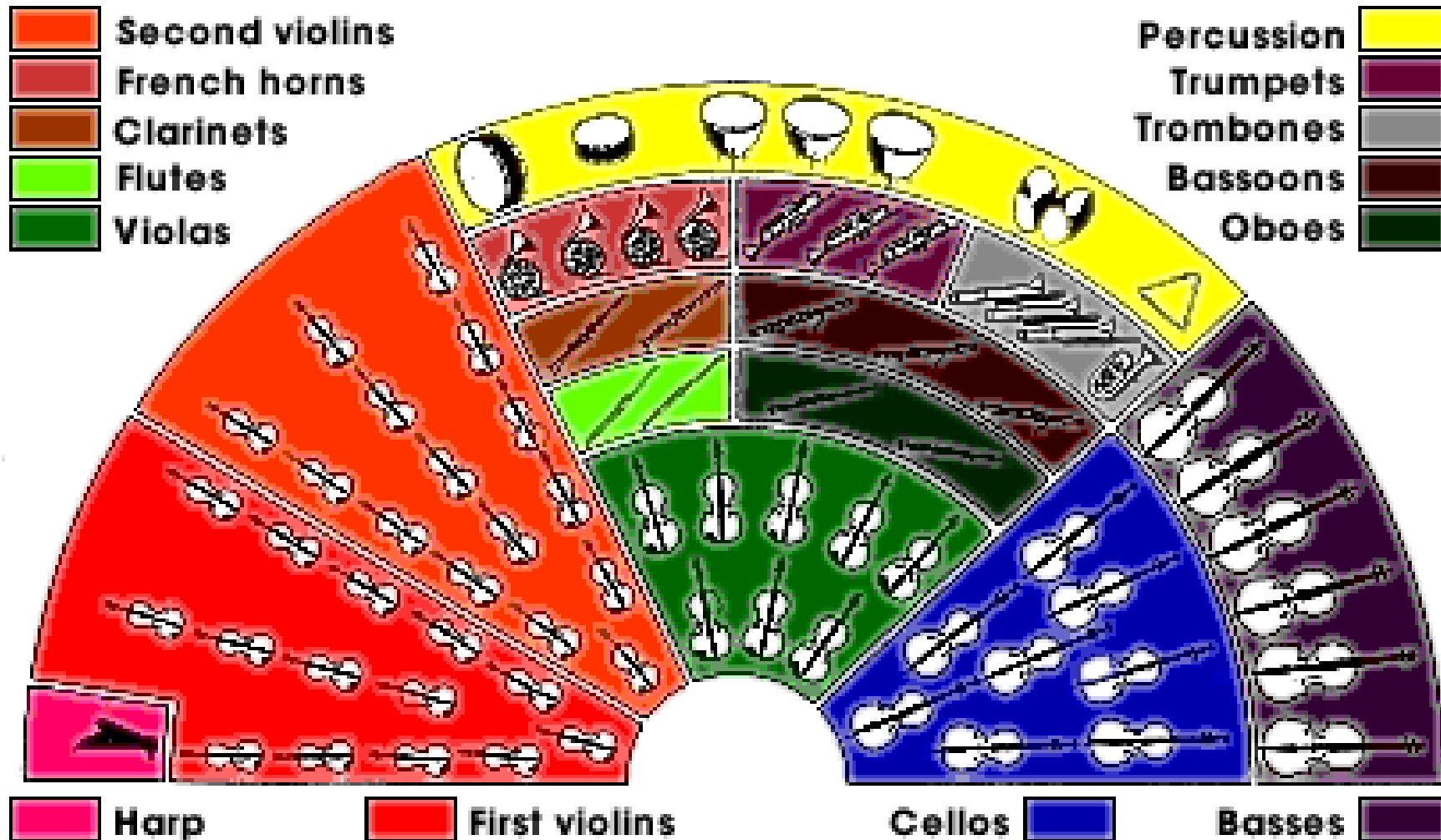
Acustica

Prof. Costin-Ionuț Dobrotă

COLEGIUL NAȚIONAL „DIMITRIE CANTEMIR” ONEȘTI

<https://fizicaliceu.com>

The Instruments of the Orchestra



Acustica

- Acustica - știința sunetului
- Producerea, propagarea și receptarea sunetelor
- Viteza sunetului, frecvența și lungimea de undă
- Caracteristicile sunetului: înălțimea, intensitatea, timbrul
- Aplicații ale fenomenelor acustice
- Infrasonete și ultrasunete. Aplicații

Acustica - știința sunetului

Acustica:

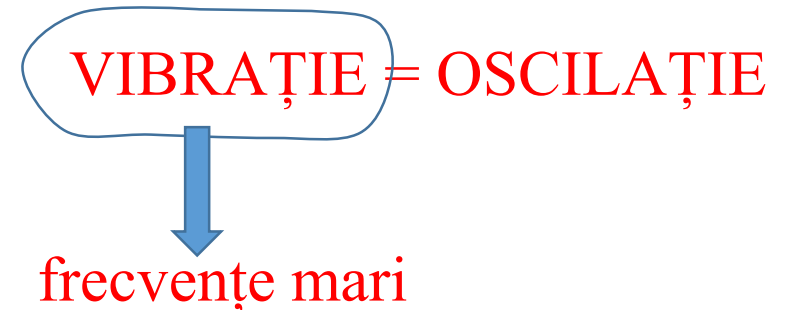
- Producerea, propagarea și receptarea sunetelor,
- Efectele produse de sunete asupra corpurilor și organismelor

Sunetul:

- Vibrație (perturbație) care se transmite într-un mediu material = undă mecanică.
- Se transmite prin comprimări și rarefieri ale mediului prin care se propagă.
- Este undă longitudinală în gaze și lichide, iar în solide sunetul poate fi undă longitudinală sau transversală.

Clasificarea vibrațiilor în funcție de frecvență:

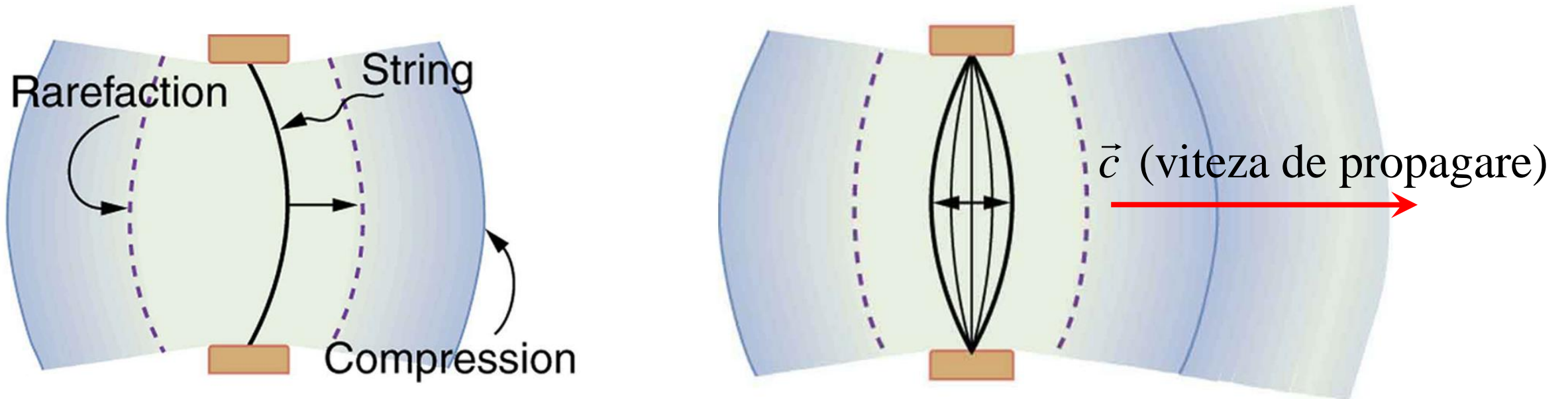
- Infrasonete, $\nu < 16 \text{ Hz}$
- **Sunete**, $16 \text{ Hz} < \nu < 20 \text{ kHz}$
- Ultrasunete, $\nu > 20 \text{ kHz}$



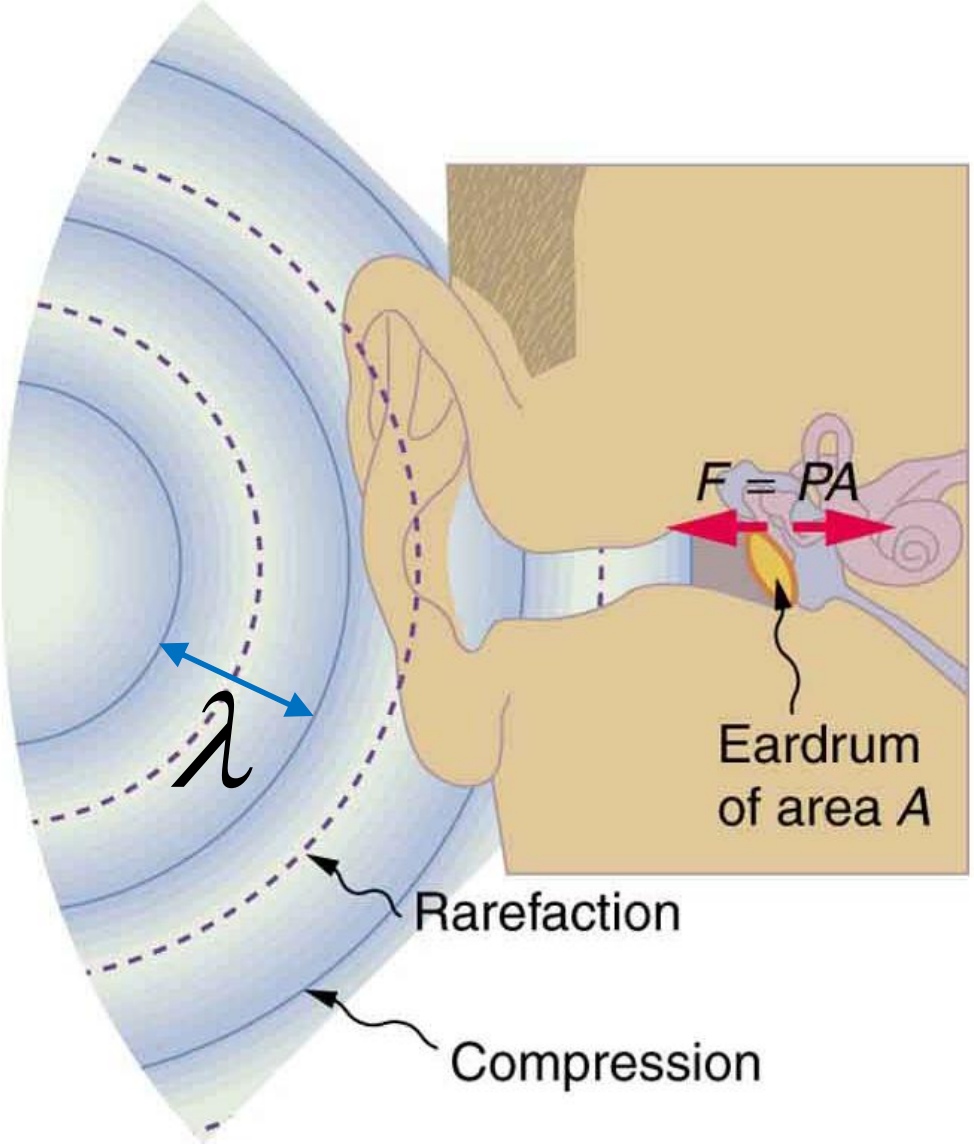
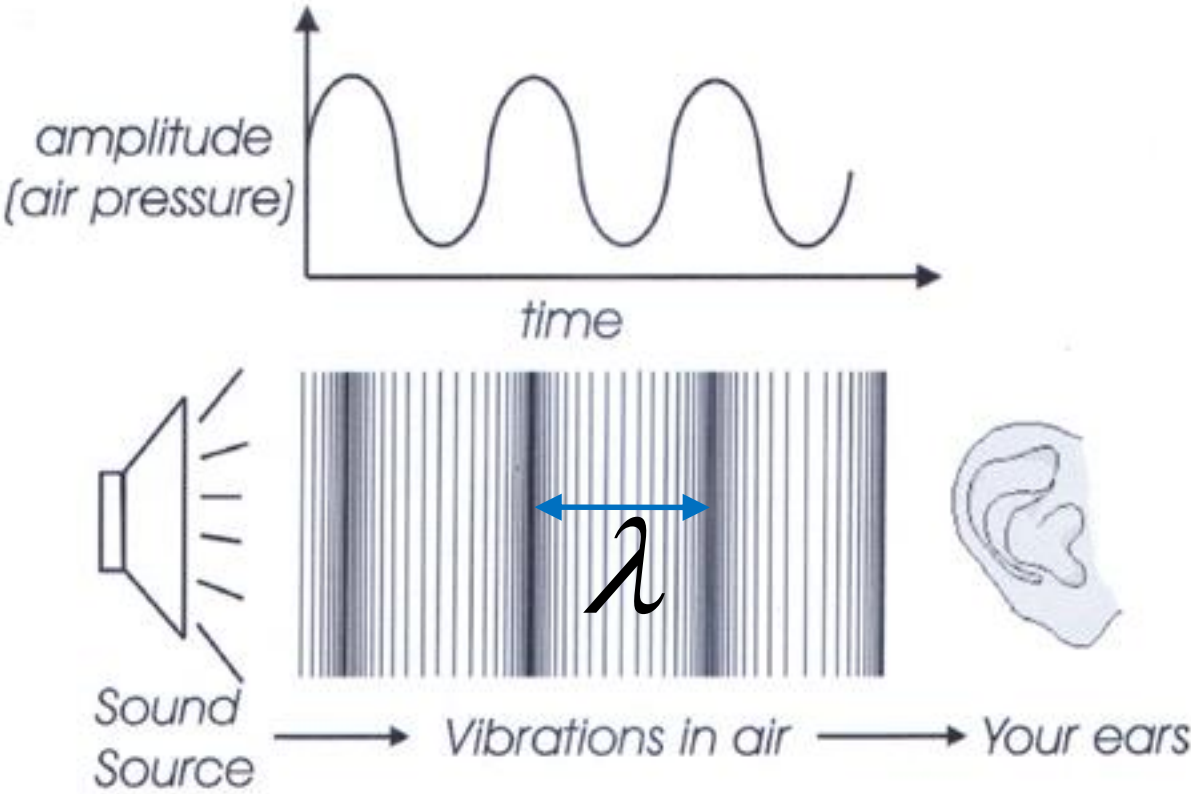
Producerea, propagarea și receptare sunetelor

Sursele sonore = medii elastice aduse în stare de vibrație:

- Lame elastice (diapazonul)
- Corzi vibrante (vioară, chitară, pian etc.)
- Coloane de aer vibrante (orgă, saxofon, flaut etc.)
- Membrane și plăci vibrante (difuzor, tobă etc.)



Producerea, propagarea și receptare sunetelor



Viteza sunetului, frecvența și lungimea de undă

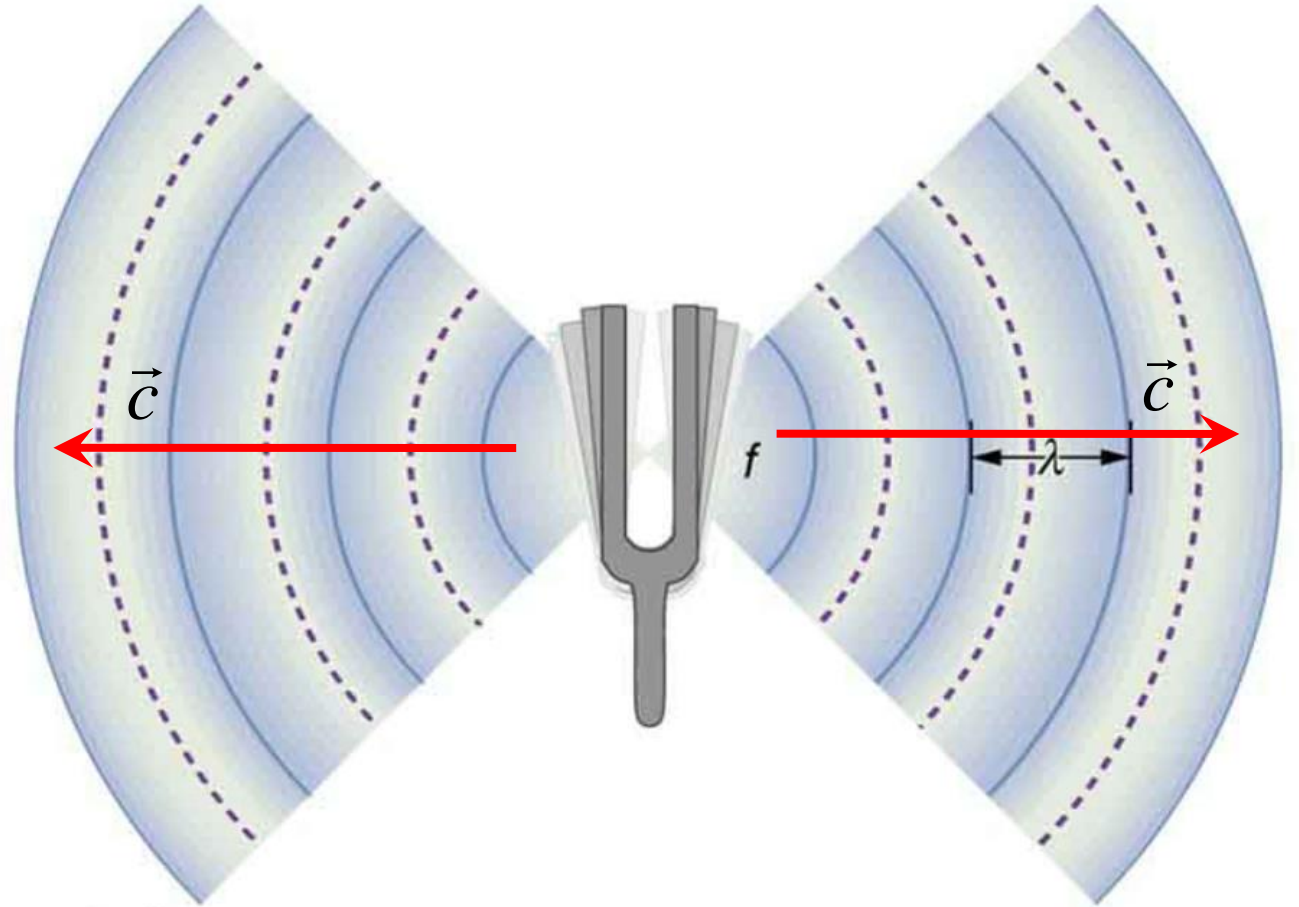
$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$

c – viteza de propagare a sunetului

λ – lungimea de undă

ν – frecvența

T – perioada



OBS. Viteza sunetului este independentă de frecvență și depinde numai de proprietățile mediului prin care se propagă sunetul.

Viteza sunetului, frecvența și lungimea de undă

- ***Viteza sunetului în diferite medii***

Mediul	Aer (0°C)	Aer (20°C)	Heliu (0°C)	Apă pură (20°C)	Apă de mare (20°C)	Cauciuc	Beton	Oțel
Viteza sunetului (m/s)	331	343	965	1480	1540	40 - 150	3400	5960

- ***Dependența vitezei sunetului în aer de temperatură***

$$c = (331 \text{ m/s}) \sqrt{\frac{T}{273 \text{ K}}}$$

OBS. Sunetele nu se propagă în vid.

Viteza sunetului, frecvența și lungimea de undă

- ***Lungimi de undă ale sunetului în aer, la 20°C***

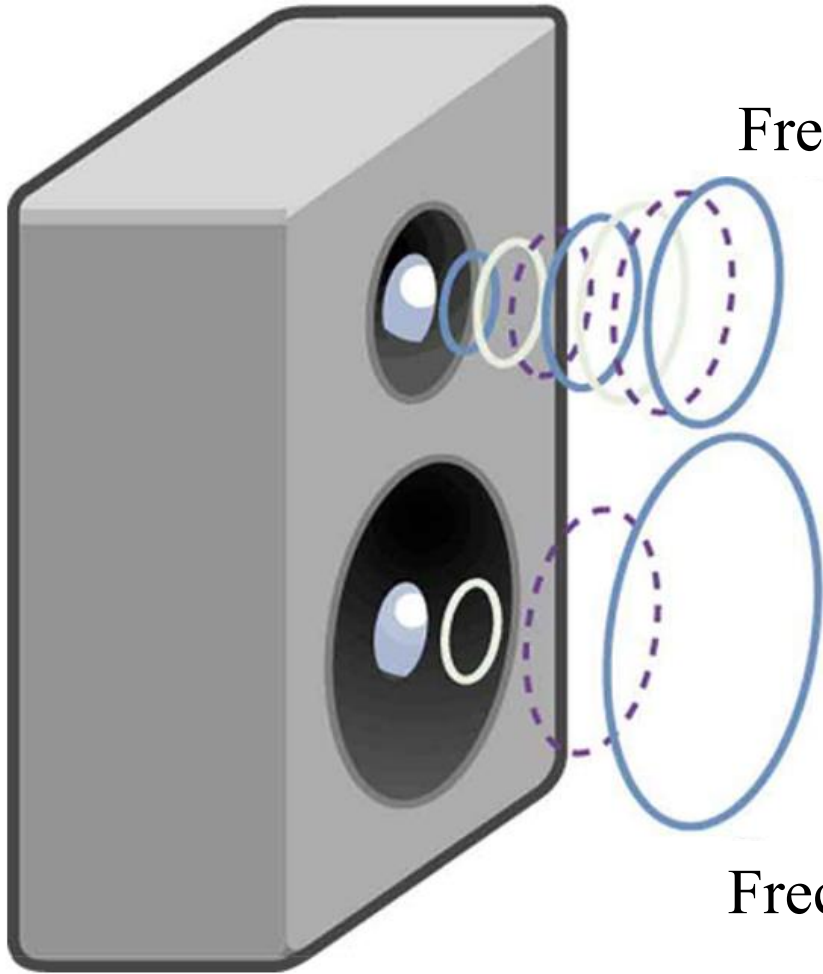
$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \quad 16 \text{ Hz} \leq \nu \leq 20\,000 \text{ Hz} \quad \Rightarrow$$

$$\lambda_1 = \frac{343 \text{ m/s}}{16 \text{ Hz}} = 21,44 \text{ m} \quad \lambda_2 = \frac{343 \text{ m/s}}{20\,000 \text{ Hz}} = 0,01715 \text{ m} = 17,15 \text{ mm}$$

- ***Frecvența fundamentală, armonici superioare***

Viteza sunetului, frecvența și lungimea de undă

OBS. Frecvența și lungimea de undă sunt invers proporționale



Frecvențe înalte, lungimi de undă mici

$$v = \frac{c}{\lambda}, \quad c = \text{const.}$$

Frecvențe joase, lungimi de undă mari

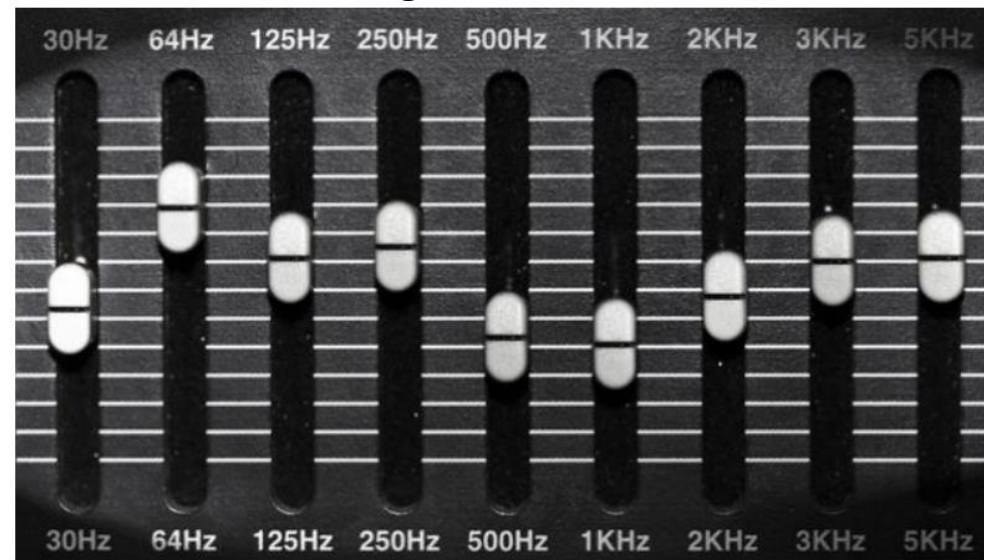
Viteza sunetului, frecvența și lungimea de undă

Controlul sunetului

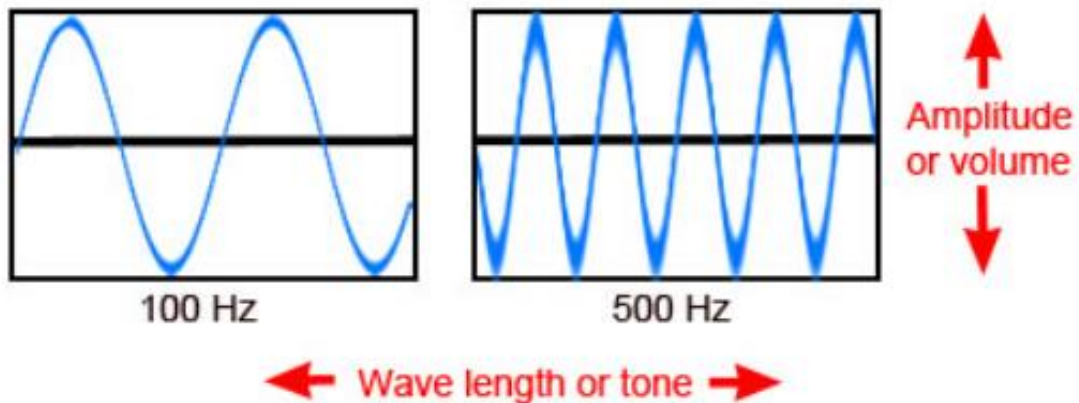


BASS – frecvențe joase
TREBLE – frecvențe înalte

Egalizator audio



Sound Wave Examples



Mixer audio



Caracteristicile sunetului: înălțimea, intensitatea, timbrul

- **Înălțimea sunetului** este determinată de frecvență și este proprietatea sunetului de a fi mai profund („grav”, „jos”) sau mai acut („ascuțit”, „înalt”)
- Spectrul sonor / acustic = totalitatea frecvențelor unui sunet
- Clasificare:
 - *Sunet simplu (pur, rece)*: este produs de o singură vibrație (are o singură frecvență), iar spectrul acustic conține o singură linie.
 - *Sunet complex (compus)*: este produs de o vibrație complexă și conține mai multe sunete simple, iar spectrul acustic conține mai multe linii.
 - Zgomot: amestec întâmplător de sunete și are spectrul acustic cu variație continuă a frecvențelor.

Caracteristicile sunetului: înălțimea, intensitatea, timbrul

- **Intensitatea sunetului** (intensitatea unei sonore, sau „tăria” sunetului) reprezintă energia pe care o transportă unda sonoră în unitatea de timp prin unitatea de suprafață perpendiculară pe direcția de propagare.

$$I = \frac{\Delta W}{\Delta t \cdot \Delta S}, \quad [I]_{\text{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{s} \times \text{m}^2} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \left(\frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \right)$$

- **Nivelul de intensitate sonoră** (N_s) exprimat în deciBelli (dB):

$$N_s (\text{dB}) = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

I – intensitatea sonoră

I_0 – intensitatea celui mai slab sunet care poate fi auzit (prag de audibilitate), cu frecvența 1000 Hz

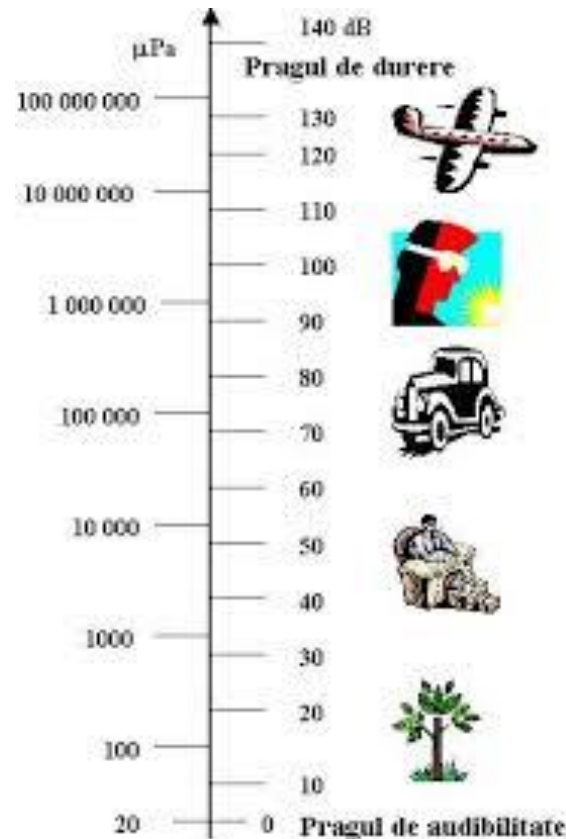


Caracteristicile sunetului: înălțimea, intensitatea, timbrul

- **Nivelul de intensitate sonoră** (N_s) exprimat în deciBelli (dB):

$$N_s(\text{dB}) = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

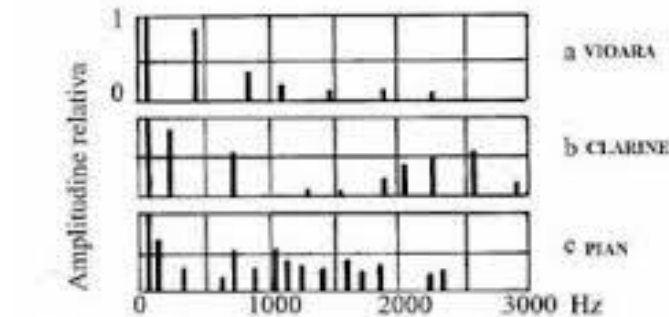
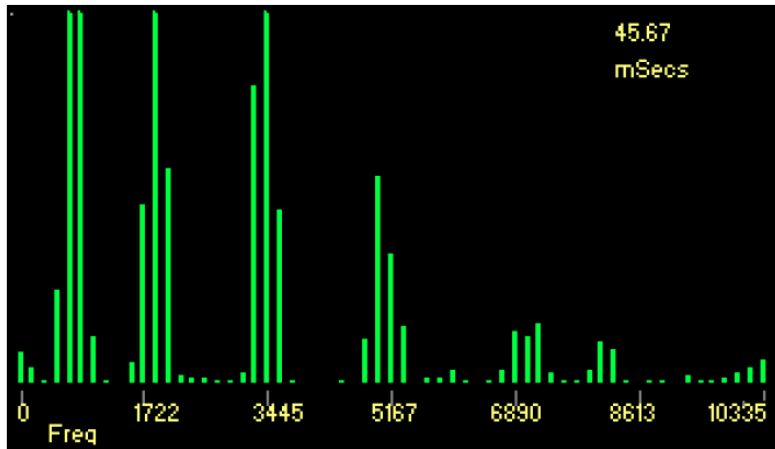
- 1 Bell (1B = 10 dB):
nivelul de intensitate sonoră al unui sunet a căruia intensitate sonoră este de 10 ori mai mare decât cea a pragului de audibilitate.



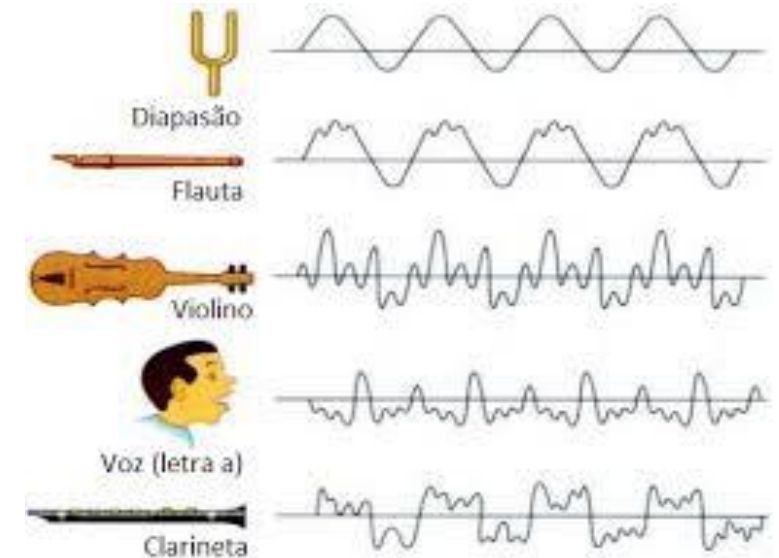
Caracteristicile sunetului: înălțimea, intensitatea, timbrul

- **Timbrul** reprezintă calitatea sunetelor complexe de intensități și frecvențe egale de a putea fi diferențiate subiectiv în funcție de compoziția lor spectrală. Timbrul depinde de poziția și intensitatea armonicilor ce alcătuiesc spectru sonor.

Spectru sonor

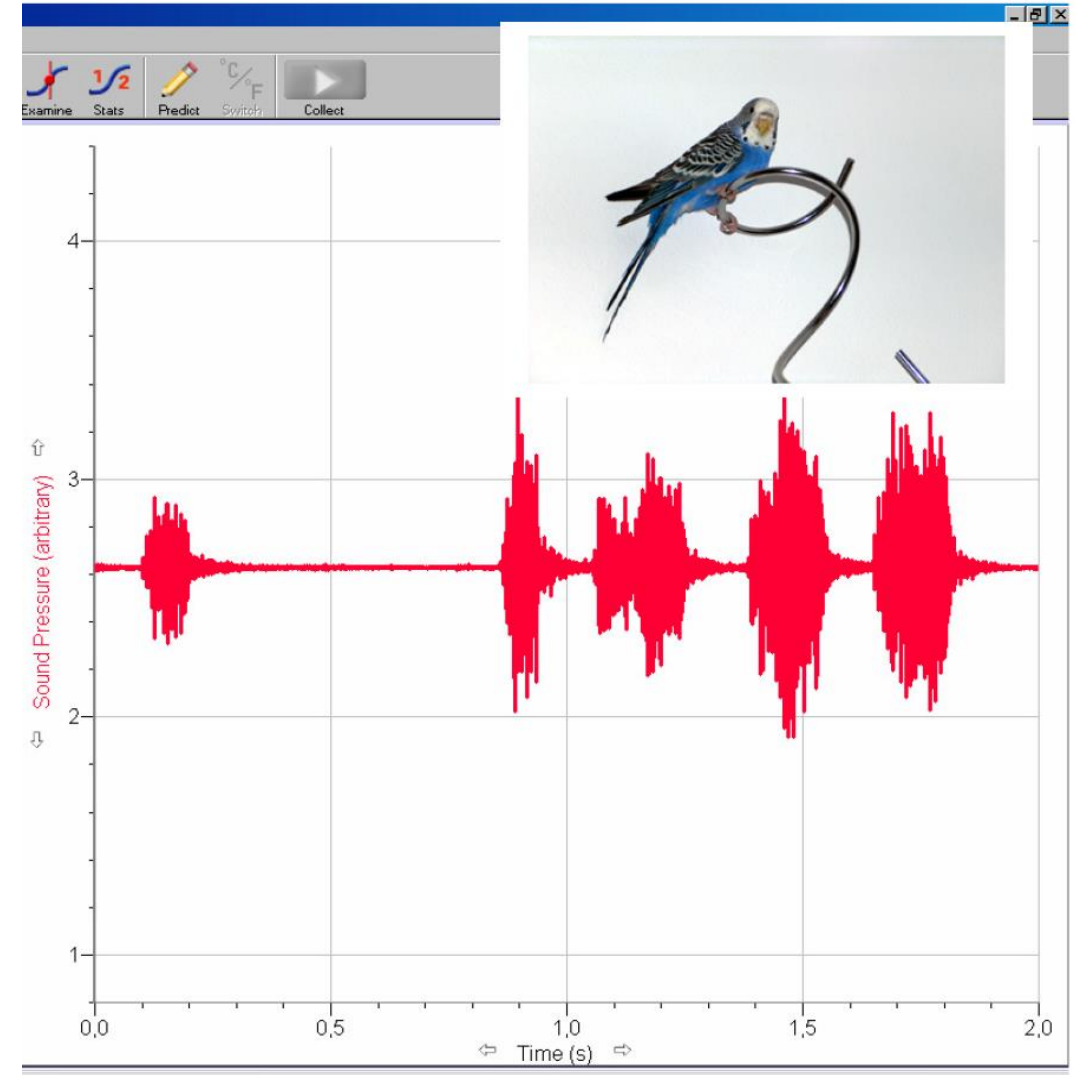
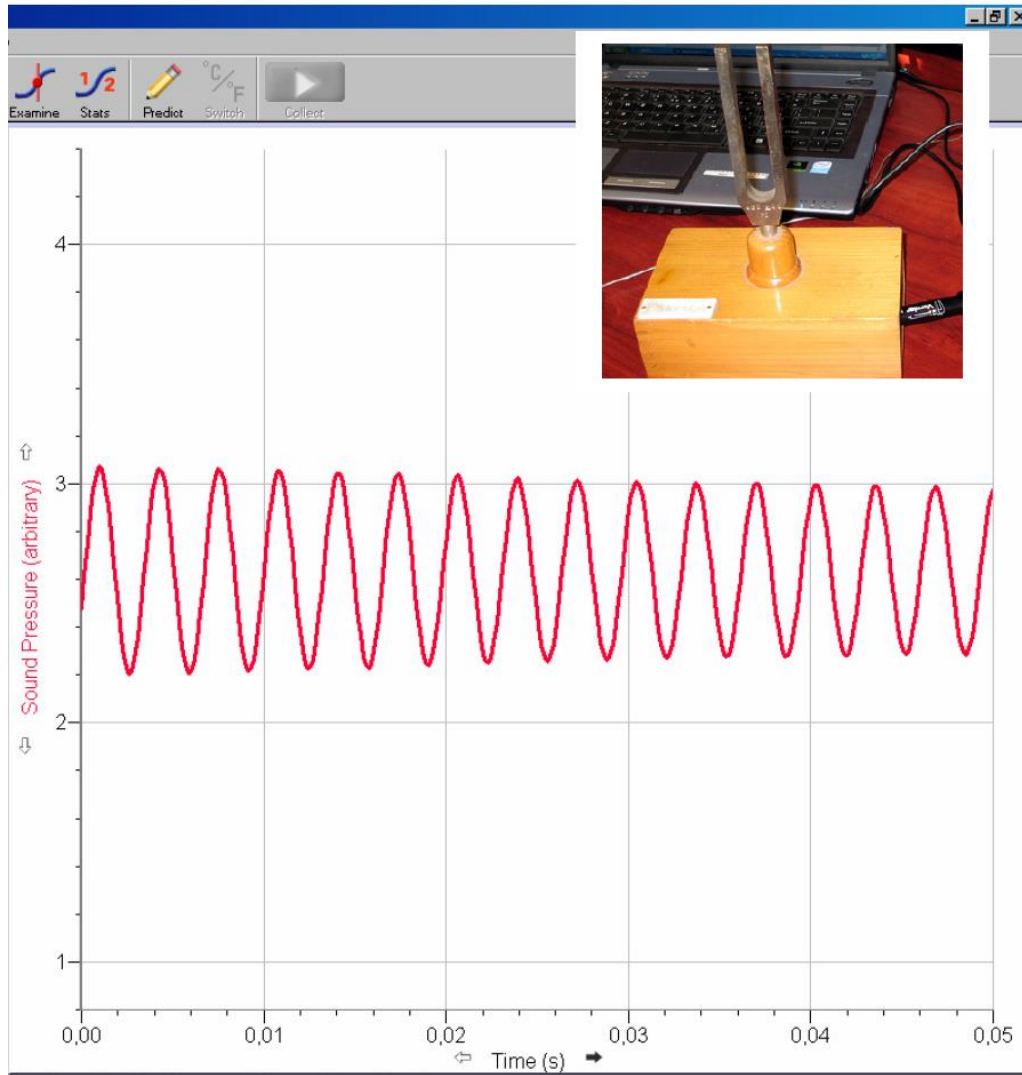


Reprezentare grafică a frecvențelor și intensităților acustice ale fundamentalei și ale armonicilor semnalelor acustice emise de vioară (a), clarinet (b) și pian (c)



Caracteristicile sunetului: înălțimea, intensitatea, timbrul

- *Timbrul*

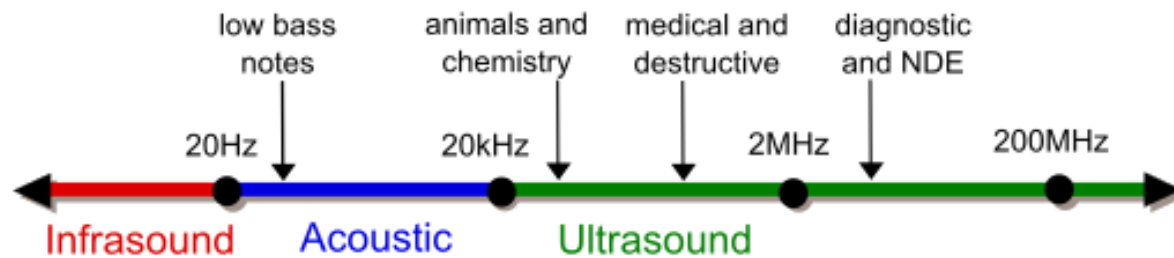


Aplicații ale fenomenelor acustice

- Ecoul, reverberația – reflexii multiple
- Rezonanța sonoră
- Difracția și interferența sunetului, fenomenul de bătăi
- Absorbția sunetului, izolarea fonică
- Efectul Doppler
- Difuzoare și boxe, microfonul
- Instrumente muzicale, surse sonore: coarde, lame și tuburi sonore

Infrasunete și ultrasunete

- **Ultrasunetele** sunt oscilații elastice cu frecvența mai mare decât frecvența maximă a oscilațiilor care nu mai produc senzație auditivă, până la frecvențe de 10^6 kHz.
- **Infrasunetele** au frecvențe mai mici de 20 Hz. Exemple: bătăile inimii, undele seismice, oscilațiile unui pendul.



Animale care percep ultrasunete:

- câini, pisici, lilieci, delfini, șoareci, unele insecte

Infrasunete și ultrasunete

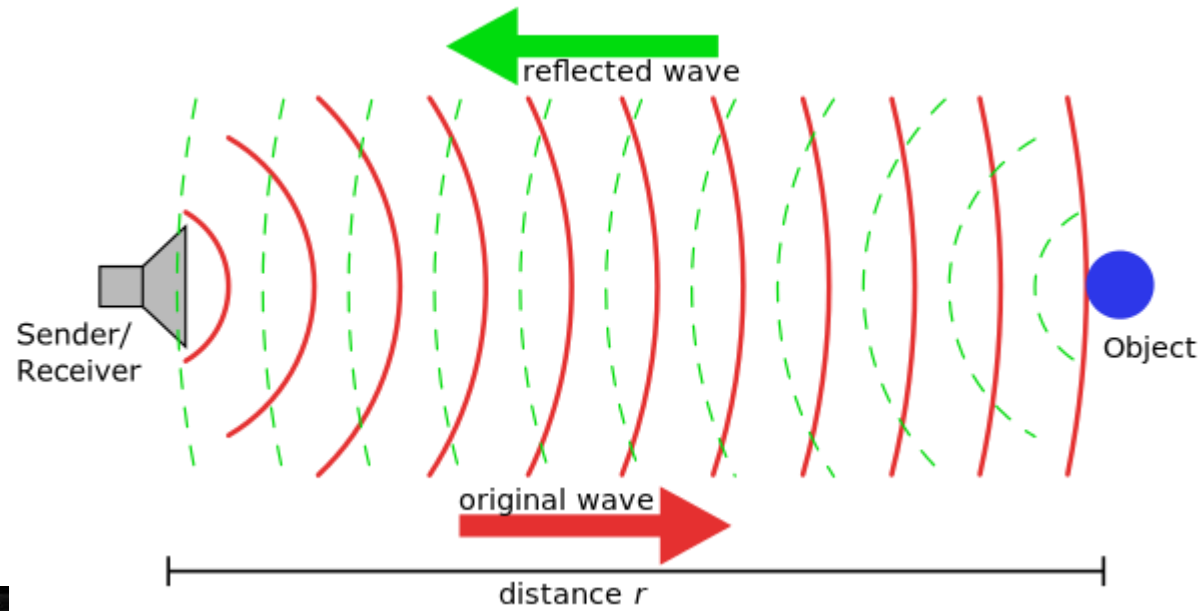
- **Producerea ultrasunetelor:**

- *efect piezoelectric invers*: deformarea unor cristale ionice (cuarț, turmalină etc) sub acțiunea unui câmp electric exterior.
- *fenomenul de magnetostricțiune*: deformarea unui corp feromagnetic sub acțiunea unui câmp magnetic exterior.

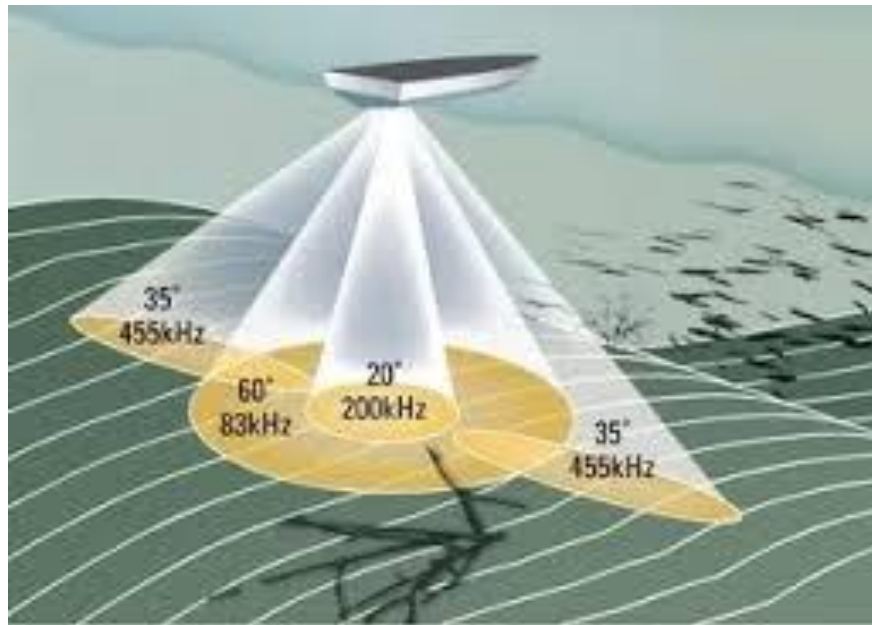
Infrasunete și ultrasunete

- **Aplicații ale ultrasunetelor:**
 - Fenomen de cavitație în lichide
 - Ecografia
 - Defectoscopie
 - Bisturiul ultrasonic
 - Sonarul

Infrasunete și ultrasunete



Infrasunete și ultrasunete



Referințe

- <http://www.computerhope.com/jargon/s/sound.htm>
- <http://digitalsoundandmusic.com/chapters/ch2/>
- <http://www.scrigroup.com/diverse/muzica/Fizica-si-muzica14587.php>
- <http://ro.wikipedia.org/wiki/Ultrasunet>

<https://fizicaliceu.com>

Vocabular RO – EN

- mechanical wave = undă mecanică
- sound = sunet
- speed of sound = viteza sunetului
- period = perioadă
- frequency = frecvență
- wave length = lungime de undă
- eardrum = timpan
- elastic string = fir elastic
- loudspeaker = difuzor