

Biofizică

CURS 9

1. Biofizica sistemelor complexe: receptori și analizori (analizorul vizual, analizorul auditiv)
2. Laseri și aplicații în medicină

Analizorul auditiv

Stimul - unde sonore

Receptia stimulului:

- *urechea externa*

Generarea semnalului:

- *urechea medie*

Propagarea semnalului:

- *urechea internă*

Analizorul auditiv

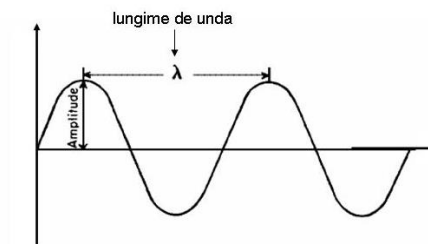
Unde mecanice – de compresie

Unde longitudinale

Parametrii:

$$\text{viteza} = \lambda / T$$

$$\text{frecvența } f = 1/T \text{ [Hz]}$$



T = perioadă durată unei oscilații complete

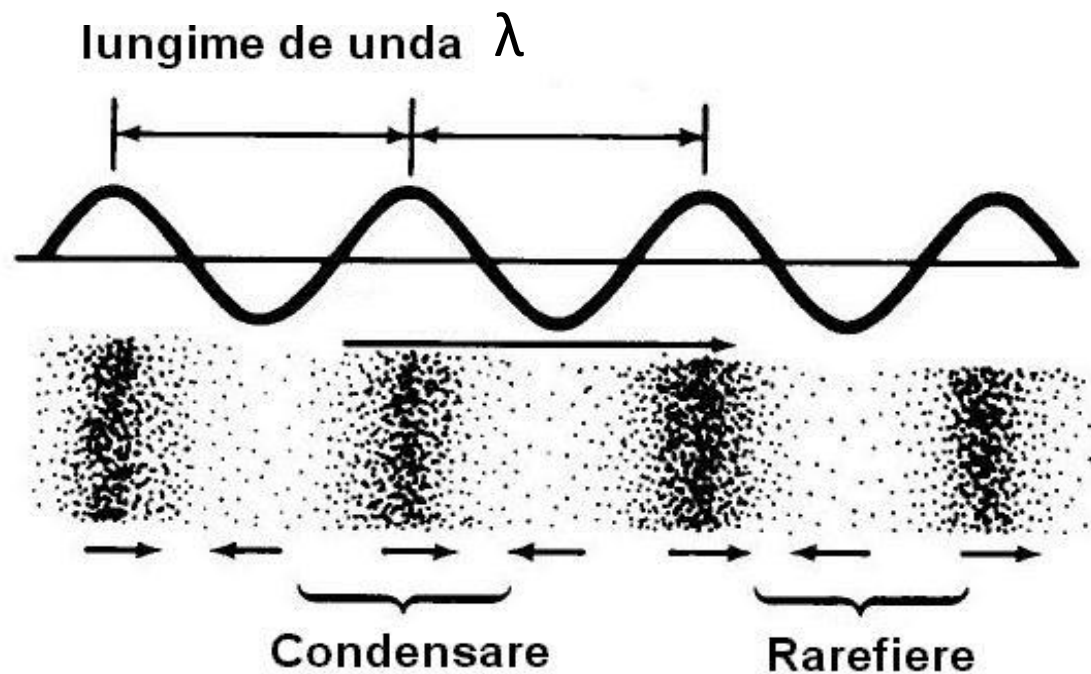
< 16 Hz - infrasunete

16 ÷ 20.000 Hz – sunete

> 20.000 - ultrasunete

Analizorul auditiv

PRODUCERE



Schimbări în presiune (densitatea moleculelor)

Analizorul auditiv

FENOMENE CARACTERISTICE

Difracția undelor – ocolirea (propagarea neliniară) obstacolelor atunci când dimensiunea acestora este comparabilă cu lungimea de undă a undei

Interferența - suprapunere și compunere a undelor. În urma interferenței se obține o undă complexă. (interferență constructivă/distructivă)

Rezonanța reprezintă fenomenul de transfer al energiei între doi oscilatori care au aceeași frecvență de oscilație.

Cavitația este un fenomen ce poate apărea la propagarea ultrasunetelor în lichide și constă în apariția unor bule de gaz în interiorul acestora, urmată de dilatări și comprimări succesive și rapide ale bulelor apărute.

Analizorul auditiv

Stimulul acustic

Oscilații mecanice cu frecvența
cuprinsă în intervalul (16 – 20.000)Hz

Caracteristici:

1. densitatea de energie [J/m^3]
2. puterea [W]
3. intensitatea [W/m^2]

Analizorul auditiv

Senzația auditivă

Raspunsul organului de simț (urechea) la stimuli sonori cu intensitatea mai mare decât pragul minim (supraliminari)

Caracteristici:

- **tăria**
- **înălțimea** [grav(jos) sau acut(înalt);
frecvențe mari → sunet înalt frecvențe joase → sunet grav]
- **timbrul** [compoziția spectrală (armonice)/distribuția de intensitate a frecvențelor superioare]

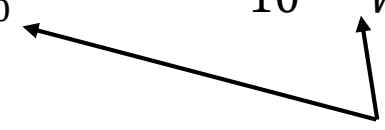
Analizorul auditiv

Marimi acustice

- Intensitatea (energie/ unitate de timp / unitate de arie)

$$I = \frac{E}{S \cdot t} = \frac{F \cdot d}{S \cdot t} = p \cdot v$$

- Nivelul intensității acustice

$$I_a = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} = 10 \log_{10} \frac{I}{10^{-12} \text{ W/m}^2} \text{ dB}$$


Prag auditiv

- Impedanța acustică

$$Z = \frac{p^2}{I} = \rho \cdot v$$

ρ densitatea

Analizorul auditiv

Domeniul auditiv

$$I = \frac{p^2}{Z}$$

$$\text{min : } p_0 = 20 \mu Pa \Rightarrow I_0 = \frac{(20 \cdot 10^{-6})^2}{400} = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

$$\text{MAX } p = 20 Pa \Rightarrow I = \frac{20^2}{400} = 1 \frac{W}{m^2}$$

material	ρ (kg/m ³)	v_s (m/s)	$Z (= \rho v_s)$ (kg/m ² -s)
air (20°C)	1.20	343	413
water	1.00×10^3	1,480	1.48×10^6
fat	0.92×10^3	1,450	1.33×10^6
muscle	1.04×10^3	1,580	1.64×10^6
bone	2.23×10^3	3,500	7.80×10^6
blood	1.03×10^3	1,570	1.61×10^6
soft tissue (avg.) ^a	1.06×10^3	1,540	1.63×10^6
lung	286	630	1.80×10^5

Analizorul auditiv

Legea senzatiei sonore (Weber-Fechner)

- Pragul auditiv: $I_{min} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

$$I_a = 10 \log_{10} 1 = 0 \text{ dB}$$

- Pragul dureros: $I_{max} = 1 \text{ W/m}^2$

$$I_a = 10 \log_{10} 10^{12} = 120 \text{ dB}$$

- Domeniul auditiv:

$$D = (I_a)_{max} - (I_a)_{min} = 120 - 0 = 120 \text{ dB}$$

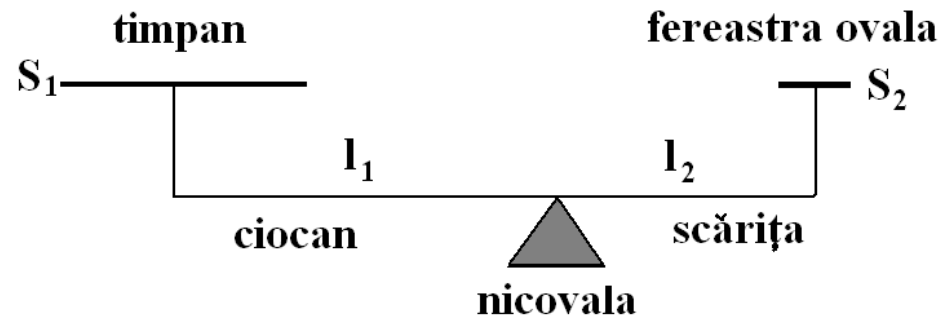
Table 10.2. Typical sound intensities

	intensity (W/m ²)	intensity level (dB SPL)
sound barely perceptible, human with good ears	10 ⁻¹²	0
human breathing at 3 m	10 ⁻¹¹	10
whisper at 1 m, rustling of leaves, ticking watch	10 ⁻¹⁰	20
quiet residential community at night, refrigerator hum	10 ⁻⁸	40
quiet restaurant, rainfall	10 ⁻⁷	50
normal conversation at 1 m, office, restaurant	10 ⁻⁶	60
busy traffic	10 ⁻⁵	70
loud music, heavy traffic, vacuum cleaner at 1 m	10 ⁻⁴	80
loud factory	10 ⁻³	90
fast train, pneumatic hammer at 2 m, disco, blow dryer	10 ⁻²	100
accelerating motorcycle at 5 m, chainsaw at 1 m	10 ⁻¹	110
rock concert, jet aircraft taking off at 100 m	1 = 10 ⁰	120
jackhammer	10 ¹	130
shotgun blast, firecracker	10 ²	140
jet engine at 30 m	10 ³	150
rocket engine at 30 m	10 ⁶	180

Herman Irving *Physics of the human body*

Analizorul auditiv

Urechea medie



canal timpanic → rezonator pentru frecvențe de $3000 \div 4000$ Hz

oscioarele → pârghie cu punctul fix cam la $1/3$ de timpan

amplificare totală ~ 120 ori a presiunii aplicate

Analizorul auditiv

URECHEA INTERNĂ

- LABIRINT (osos și membranos)
- MELC (cohlea): trei canale circulare cu lungimea de 3,5cm, spiralate în 2,5 spire, separate prin două membrane (vestibulară și bazilară) și care conțin:
 - fereastra rotundă (canalul timpanic)
 - fereastra ovală (canalul vestibular)
 - organul lui Corti (canalul cochlear)

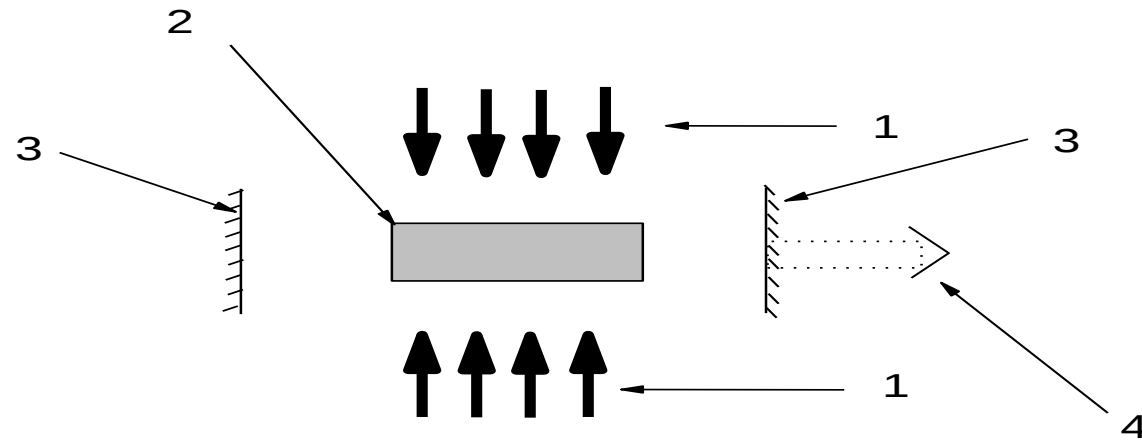
Analizorul auditiv

Propagarea senzatiei sonore

Cilii celulelor ciliate intra în rezonanță cu undele progresive emise de membrana bazilara

→ se genereaza PA

Laseri



1-sistemul de pompaj optic

3 rezonatorul

2-mediul activ

4 radiația laser emisa

Laseri

Caracteristici ale radiației laser

coerența

monocromaticitate

directionalitate

strălucirea

Laseri

cu emisie continuă

în pulsuri

Laseri

Interacții (efecte fizice) radiație laser ↔ țesut

interacții fotochimice

interacții fototermice

coagulare (temperatura locală a țesutului este de aproximativ 60 °C)

vaporizare (temperatura locală a țesutului este de aproximativ 100 °C; fenomenul de **ablație fototermică**)

carbonizare (temperatura locală a țesutului este de aproximativ 150 °C; este un proces ce trebuie evitat);

topire (are loc la temperaturi înalte, care ating punctul de topire al materialelor din care este alcătuit țesutul);

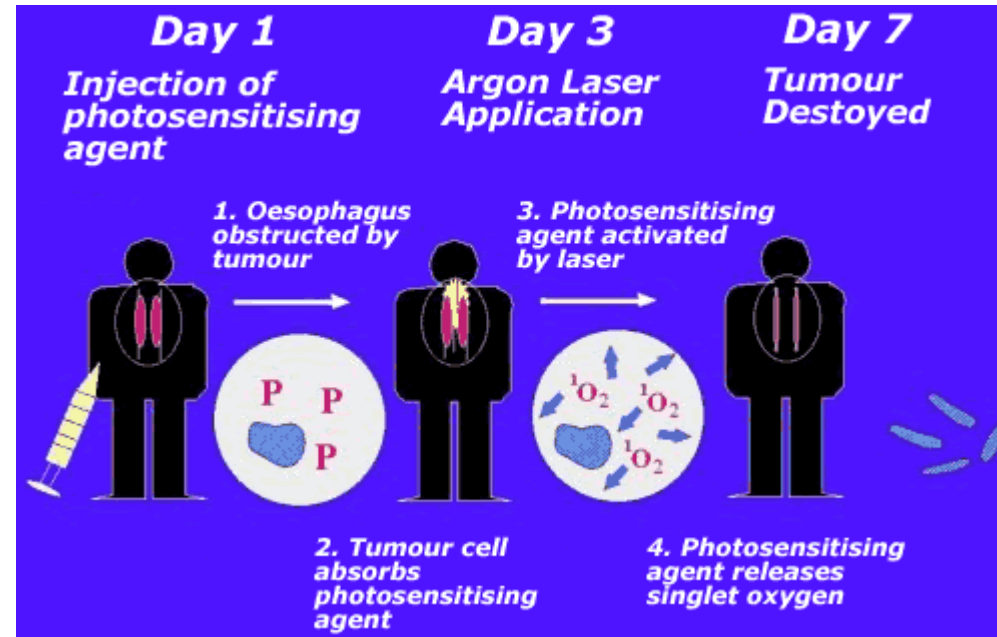
interacții fotoablative

interacții fotodisruptive

Laseri

Aplicații – interacție fotochimică

Terapie fotodinamică
(PDT)



Laseri

Parametrii (țesutului) de care depinde interacția

compoziția chimică a țesutului;

proprietățile optice ale acestuia (coeficient de absorbție, coeficient de împrăștiere pentru lungimea de undă a iradierii);

proprietăți termice: capacitatea țesutului de a transmite căldura;

structura anatomica si fiziologică a țesutului

Laseri

Parametrii (radiației) de care depinde interacția

lungimea de undă

energia/puterea

modul de funcționare

Laseri

LASERI IN MEDICINĂ:

Laserii cu Nd: YAG si Nd: YLF

Laserul cu CO₂

Diode laser:

Laserul cu Ar:

Laserul cu Er: YAG

Laseri

LASERUL: Nd: YAG si Nd: YLF

Mediul activ: cristal YAG dopat cu ioni de Nd^{3+}

Emisie : 1064 nm, 532nm

Mod de funcționare: pulsuri, cw

Aplicatii: oftalmologie, urologie, dermatologie, gastroenterologie

Laseri

LASERUL: CO₂

Mediul activ: descarcare in gaz (amestec de Co₂)

Emisie : 10600nm

Mod de funcționare: pulsuri, cw

Aplicatii : ginecologie, urologie, neurologie, cardiologie, dermatologie

Laseri

LASERUL: diode laser

Mediul activ: material semiconductor, (Al sau In) + Ga + As

Emisie : 800-840 nm sau 980 nm

Mod de funcționare: cw sau pulsat

Aplicatii : biostimulare

Laseri

LASERUL: Ar

Mediul activ: descărcare în gaz

Emisie : 351,363,454,488,514 nm

Mod de functionare: CW

Aplicatii Oftalmologie, urologie, PDT

Laseri

LASERUL: Er: YAG

Mediul activ: cristal YAG dopat cu ioni de Er

Emisie : 2940 nm

Mod de functionare: pulsuri

Aplicatii medicină dentară, ortopedie

Laseri

