

Hang - Ultrahang

Orosz Ádám
Semmelweis Egyetem
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

Áttekintés

Témakörök:

- A hang mint hullám
- A hang terjedése közegekben
- A hang érzékelése
- Audiometria
- Az ultrahang és alkalmazásai
- UH-diagnosztika alapjai
- UH-képek
- Távolságmérés, áramlásmérés
- UH terápia

Szigorlati tételek:

21. Ismertesse a hang tulajdonságait és a jellemzésére használható legfontosabb összefüggéseket. Mi az audiometria?
22. Az ultrahang alkalmazása az orvostudományban.

Tankönyvi részek: II/2.4.; IV/3.1.;
IV/3.5.; VIII/4.2.

Kapcsolódó gyakorlatok:
Ultrahang, Audiometria

A hang mint hullám

longitudinális
(gáz, folyadék)

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

transzverzális
(mátrix) (víz felületén)
fel. forr.

A hang – rezgési állapot terjedése időben és térben

$$y = A \cdot \sin(\varphi)$$

\downarrow
 p_{max}

$$\Delta p(t) = p_{max} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$$

$$\Delta p(x) = p_{max} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x\right)$$

$$\varphi = \omega \cdot t = \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x$$

$$\Delta p(x, t) = p_{max} \cdot \sin\left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$$

$$p_{tely.} = p_{atm} + \Delta p_{hang}$$

A hang terjedése közegekben
összenyomhatóság, sűrűség, terjedési sebesség

$\frac{F}{A} = p$

$K = -\frac{\Delta V}{V \Delta p}$ kompressibilitás

$[K] = \frac{1}{Pa} \rightarrow \frac{1}{\frac{N}{m^2}} \rightarrow \frac{m^2}{N} = \frac{m^2}{\frac{kg \cdot m}{s^2}} = \frac{m \cdot s^2}{kg}$

$C \sim \frac{1}{K}$

$C \sim \frac{1}{\rho} \rightarrow \frac{kg}{m^3}$

$C = \frac{1}{\sqrt{K \rho}}$

$\frac{kg \cdot s^2}{m^2} \cdot \frac{kg}{m^3} = \frac{kg^2 \cdot s^2}{m^5}$

A hang terjedése közegekben
részecskesebesség és nyomás, akusztikai keménység

$Z = \frac{p}{v}$

$Z = \frac{p}{v} = \frac{\rho \cdot c \cdot v}{v} = \rho \cdot c$

$Z = \rho \cdot c$

$Z = \rho \rightarrow Z^2 = \frac{\rho^2}{\rho \cdot K} = \frac{\rho}{K}$

$Z = \sqrt{\frac{\rho}{K}}$

$F \cdot \Delta t = \Delta m \cdot v$

$m = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot l = \rho \cdot A \cdot c \cdot \Delta t$

$F \cdot \Delta t = \rho \cdot A \cdot c \cdot \Delta t \cdot v \quad : / A$

$\frac{F}{A} = p = \rho \cdot c \cdot v$

A hang terjedése közegekben

példák - sűrűség, kompresszibilitás, terjedési sebesség, akusztikus impedancia

$$\kappa = \frac{-\Delta V/V}{\Delta p} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\rho \kappa}} \quad Z = \rho c = \sqrt{\frac{\rho}{\kappa}}$$

anyag	ρ	κ	c	Z
	[kg/m ³]	[1/GPa]	[m/s]	[kg/(m ² ·s)]
levegő	1,3	7650	331	0,00043·10 ⁶
víz, 20°C	998	0,45	1492	1,49·10 ⁶
lágyszövet	1060	0,40	1540	1,63·10 ⁶
tömör csont	1700	0,050	3600	6,12·10 ⁶
kvarc	2650	0,011	5736	15,2·10 ⁶

A hang terjedése közegekben

Intenzitás, intenzitás szint

$$I = \frac{E}{t \cdot A} \quad \frac{W}{m^2} \quad P = u \cdot I = u \cdot \frac{u}{R} = \frac{u^2}{R}$$

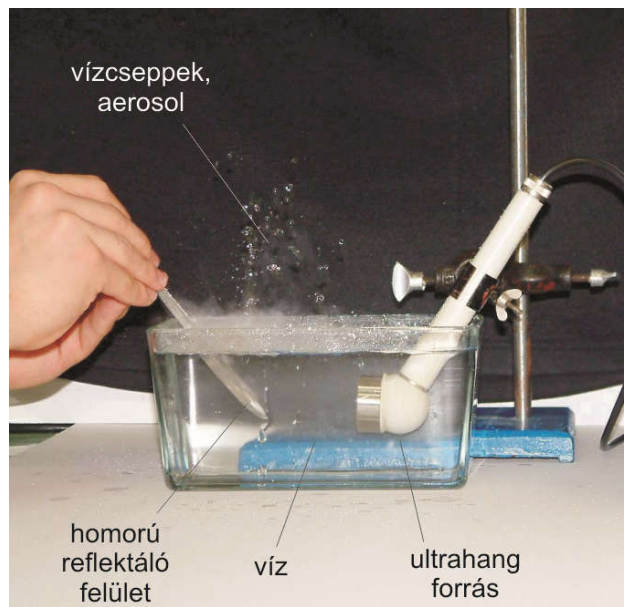
$$I \sim A^2 \sim p_{max}^2 \quad \left(u_{eff} = \frac{u_{max}}{\sqrt{2}} \right) \quad P = \frac{u_{eff}^2}{Z}$$

$$I = \frac{\rho c u_{eff}^2}{2}$$

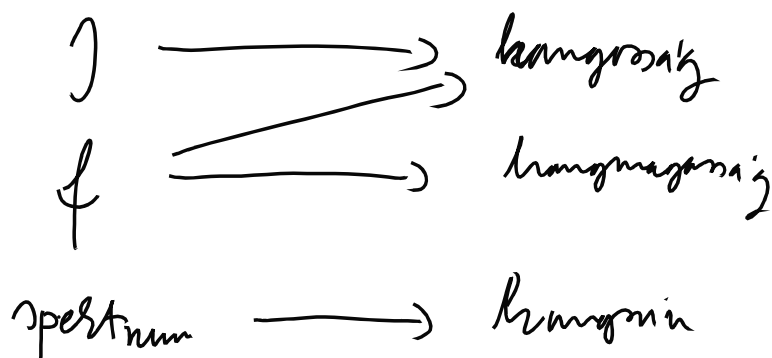
$$n = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \text{ (dB)}$$

Kísérlet - terápiás intenzitású ultrahang vizsgálata

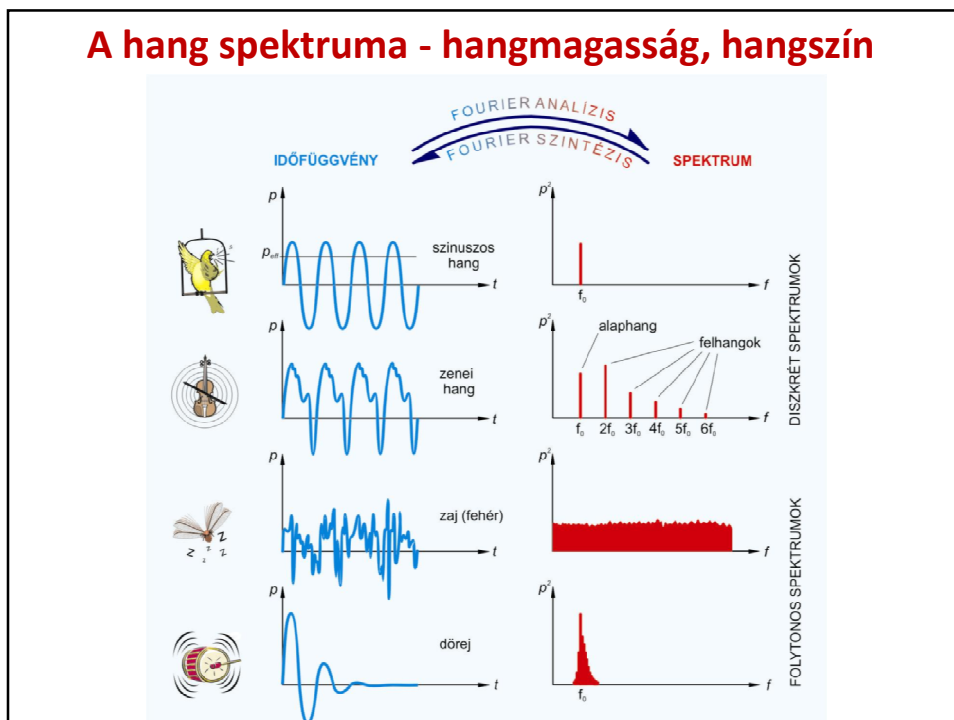
reflexió, fókuszálás, abszorpció, KI-ból elemi jód leválasztása



A hang fizikai jellemzői és az érzetek

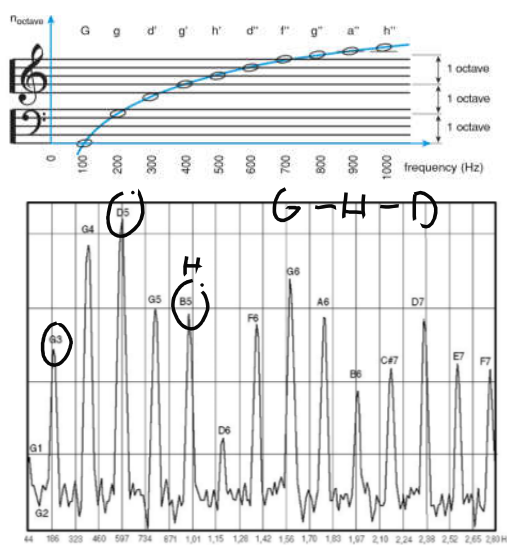
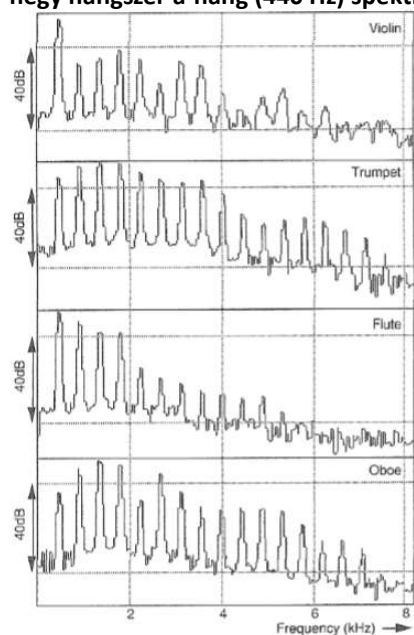


A hang spektruma - hangmagasság, hangszín



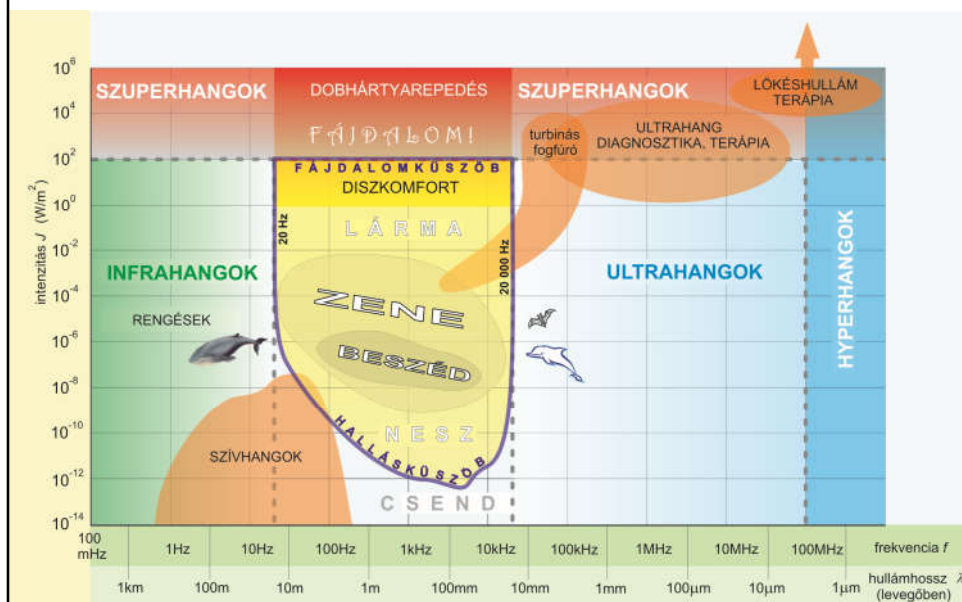
Harmonikus felhangspektrumok

négy hangszer a-hang (440 Hz) spektruma



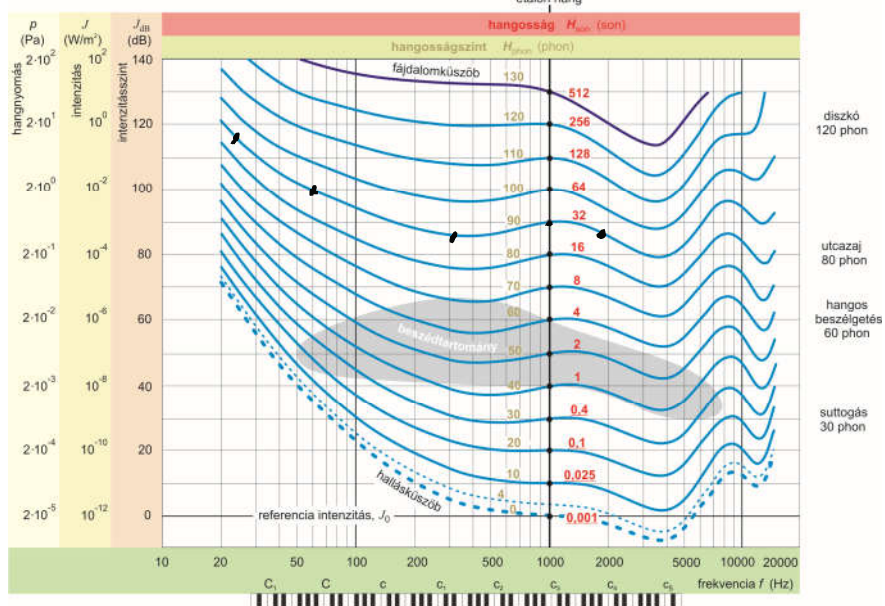
Mechanikai hullámok osztályozása

frekvencia és intenzitás

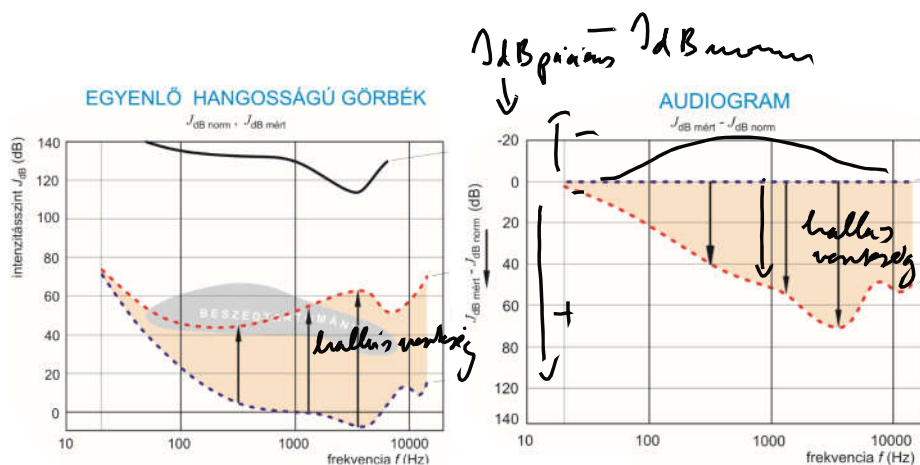


Egyenlő hangosságszintű görbék

az érzékelés fizikája - pszichofizika



Audiometria

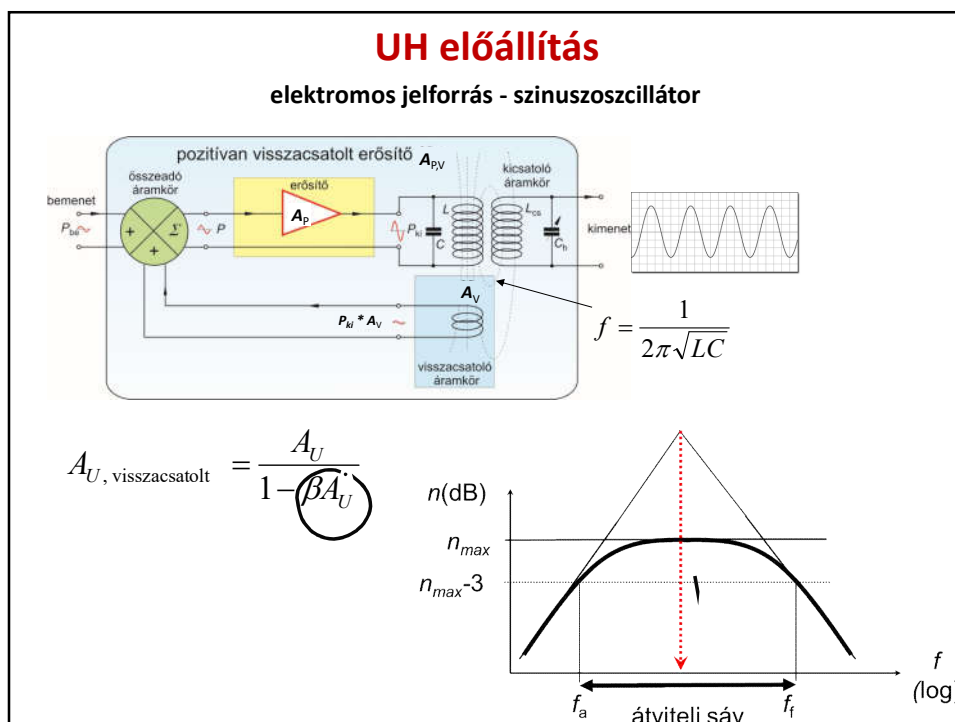
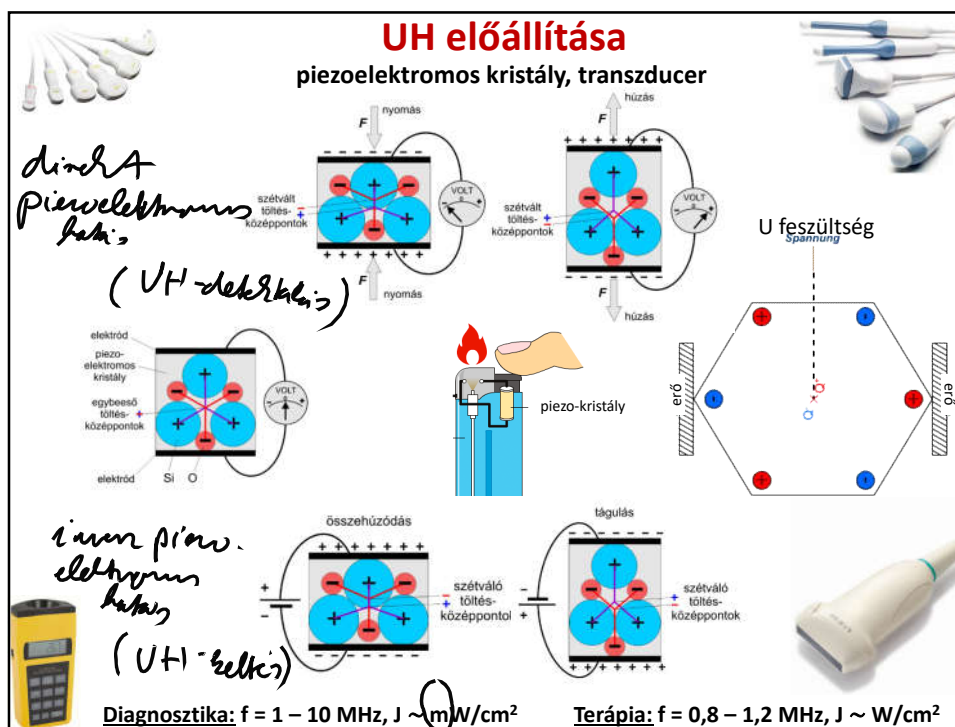


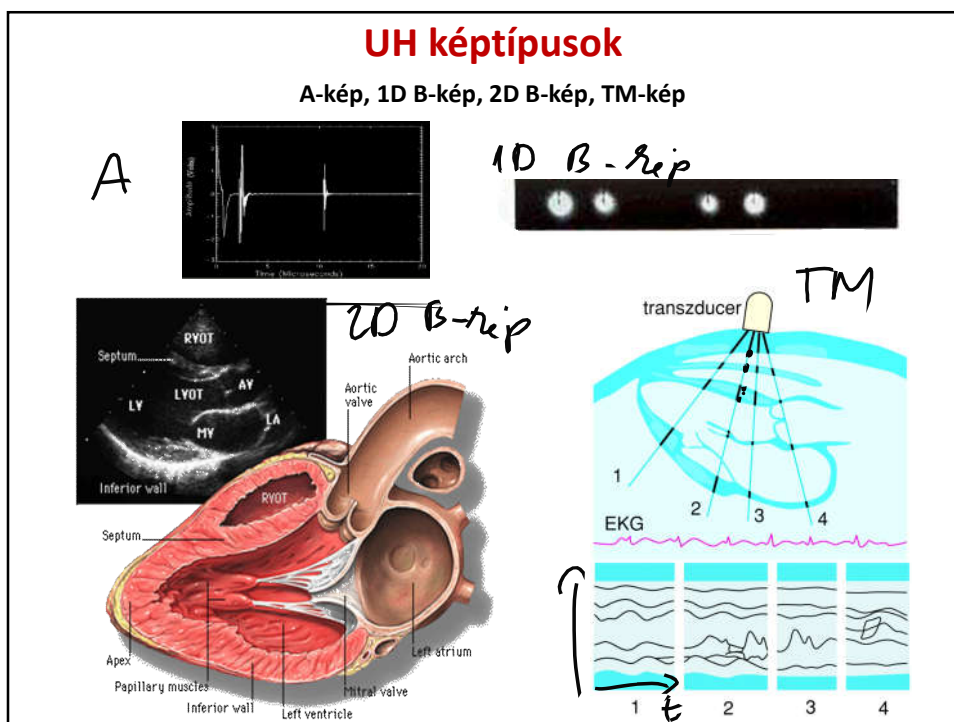
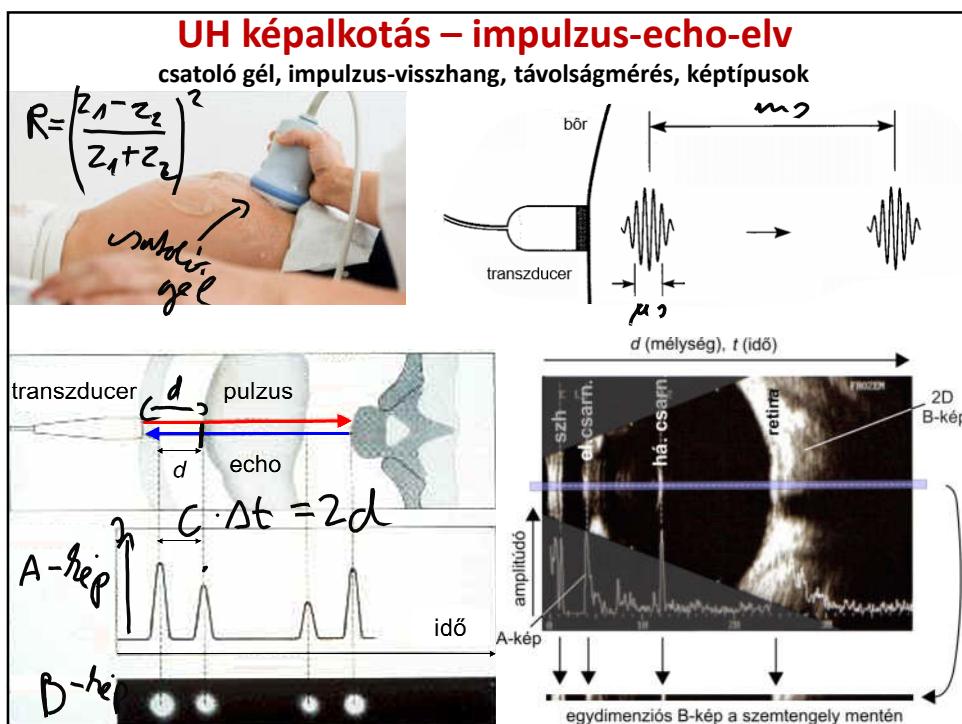
Ultrahang az orvostudományban

A. Diagnosztika – UH reflexió

UH előállítás
impulzus-echo módszer
képtípusok
áramlásmérés

B. Terápiás alkalmazások – UH abszorpció

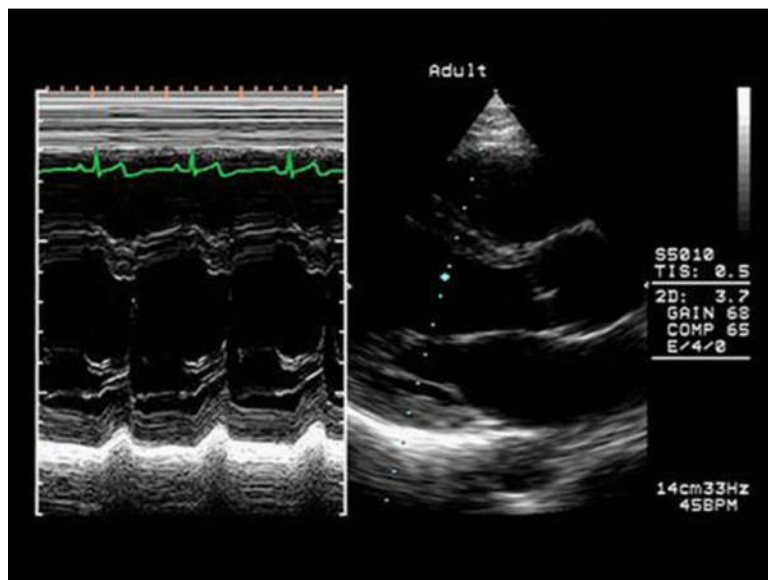




UH képtípusok

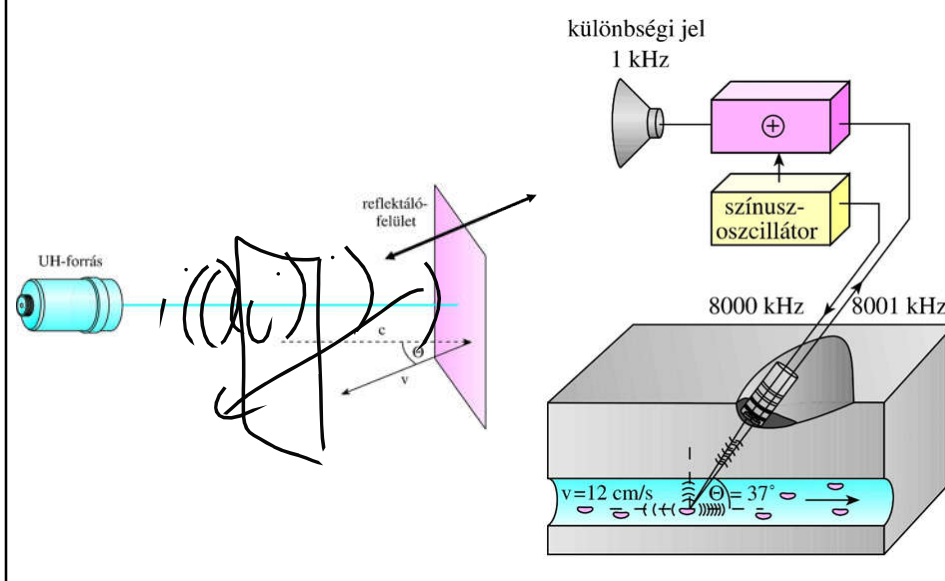
TM-kép

B-kép



UH reflexiója mozgó felületről – Doppler effektus

véráramlás vizsgálata, vér áramlási sebességének mérése



UH terápia

mechanikai és/vagy hőhatás

A. kis intenzitás: mikromassázs – ízületi kopások kezelése, izomlazító, fájdalomcsillapító és értágító hatás

B. nagy intenzitás: roncsoló hatás
sejtállományt fenntartó kötőerők legyőzése
(szabad gyökök, H₂O₂, DNS lánc törések)

1. hipertermiás kezelés

abszorpció – hővé alakul az energia

2. kavitáció (üregesedés) – HIFU - terápia (High Intensity Focused Ultrasound)

3. fogászat: fogkőeltávolítás (20-40 kHz)

rezgő fémcsőcs közvetlenül adja át a rezgési energiát a fogkőnek

4. fonoforézis, szonoforézis: hidrokortizon, dexametazon, lidokain topikálisan + UH – felszívódás fokozása

