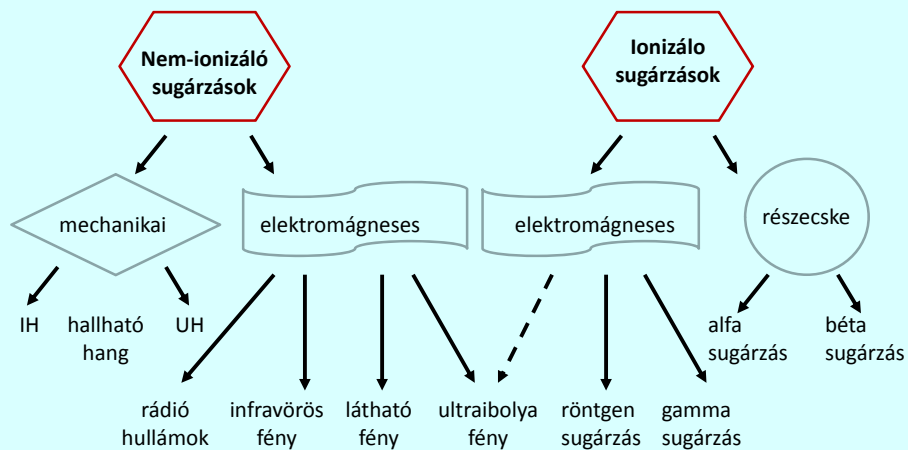


Sugárzások



Hang

és

ultrahang

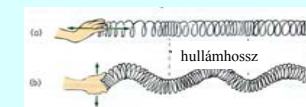


A hang/ultrahang mint hullám

A hang *mechanikai hullám*

Terjedéséhez közegre van szükség – vákuumban nem terjed

Longitudinális vs. transzverzális hullám



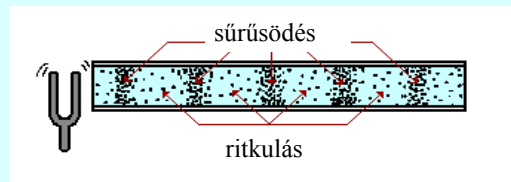
longitudinális hullám
(gázokban és folyadékok belsejében csak ilyen)



transzverzális hullám is kialakulhat
szilárd testekben, folyadékok felszínén

A nyomás periódikus változása

A közeg részecskéinek sűrűsödése és ritkulása a terjedési irány mentén



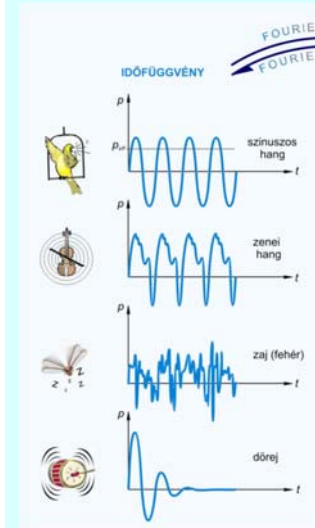
hidrosztatikainyomás

nyomásváltozás,
hangnyomás

$$p_{\text{teljes}} = p_{\text{hidrosztat}} + \Delta p$$

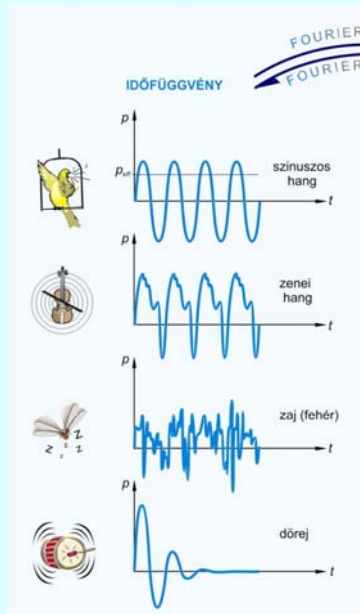
$$\Delta p(t, x) = \Delta p_{\text{max}} \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

amplitúdó fázis



A nyomás periódikus változása

Tkv. IV.23. ábra.



alaphang
frekvenciája

hangmagasság

felhangok aránya
(spektrum)

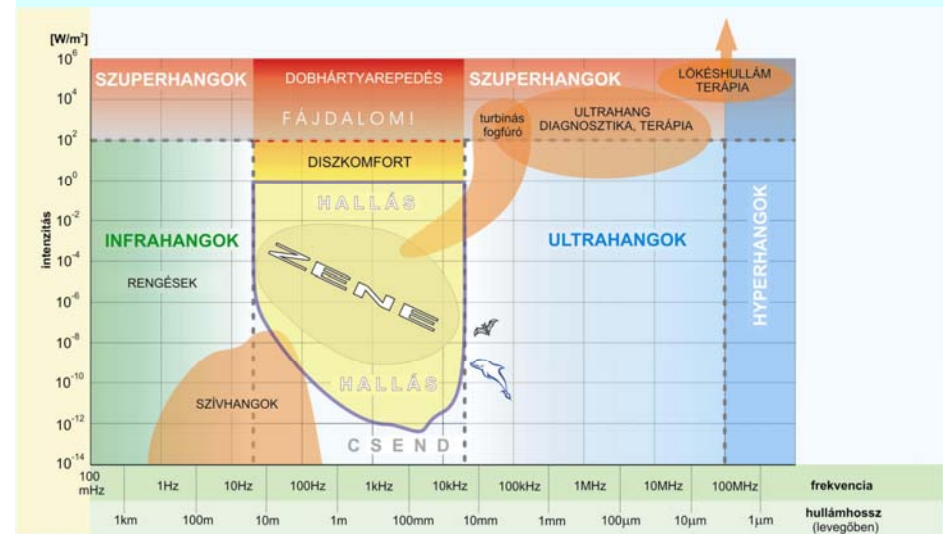
hangszín

nyomás / intenzitás

hangosság

Tkv. IV.23. ábra.

Mechanikai hullámok tartományai frekvencia és intenzitás alapján



Tkv. IV.24. ábra.

A hang *terjedési sebessége* – a rugalmas közeg szerepe

$$c = f\lambda$$



$$\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\Delta V}{\Delta p} \right)$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \kappa}}$$

κ a közeg kompresszibilitása

ρ a közeg sűrűsége

Szilárd anyagokban nagyobb a terjedési sebesség, mint gázokban, mert

$$\rho \uparrow \quad \kappa \downarrow$$

Az *akusztikus impedancia*

mennyire áll ellen a részecske annak, hogy részecskéit rezgésbe hozzuk.

$$Z = \frac{p}{v} = \frac{p_{\max}}{v_{\max}}$$

akusztikus impedancia/
akusztikus ellenállás/
akusztikus keménység
(definíció)

$$Z_{\text{el}} = \frac{U}{I}$$

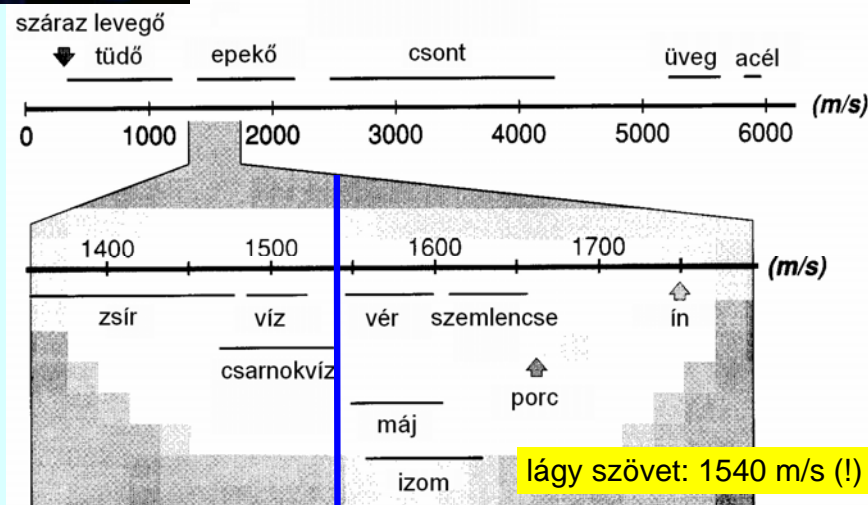
$$Z = \rho c = \sqrt{\frac{\rho}{\kappa}}$$

Mértékegység:

$$[kg / m^2 s]$$

anyag	ρ [kg/m ³]	κ [1/GPa]	c [m/s]	Z [kg/(m ² ·s)]
levegő	1,3	7650	331	0,00043·10 ⁶
víz, 20°C	998	0,45	1492	1,49·10 ⁶
aluminium	2700	0,009	6400	17,28·10 ⁶
kvarc	2650	0,011	5736	15,2·10 ⁶

A hang/UH sebessége különféle
közegekben



vö. Tkv. II.4. táblázat

Példa:

Egy 3 MHz-es, 50 mW/cm² intenzitású hullám terjed vérben. Mekkora a nyomás, a rezgő részecskék kitérése és sebessége ebben a hullámban?

$$Z_{\text{vér}} = 1,66 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$$

Megoldás:

Intenzitás:

$$I = \frac{p_0^2}{2Z}$$

$$p = \sqrt{2IZ} = 40,74 \text{ kPa}$$

Részecske sebessége:

$$v = \frac{p}{Z} = \frac{40,74 \cdot 10^3}{1,66 \cdot 10^6} = 0,0245 \text{ m/s} = 24,5 \text{ mm/s}$$

Kitérés:

$$A = \frac{v}{\omega} = \frac{24,5}{2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot 10^6} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ mm} = 1,3 \text{ nm}$$