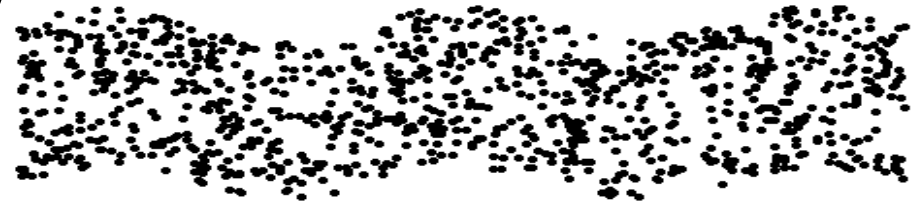
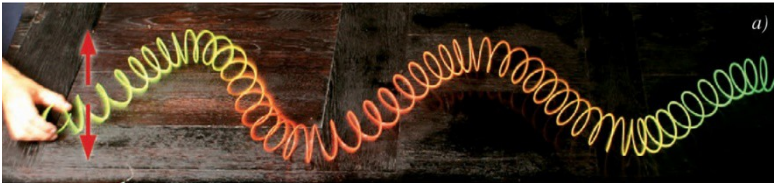


Mechanikai hullámok, hullámmozgás

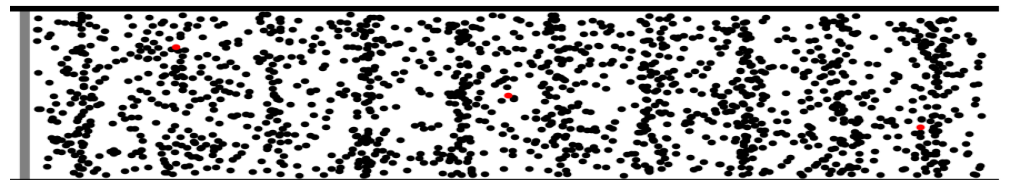
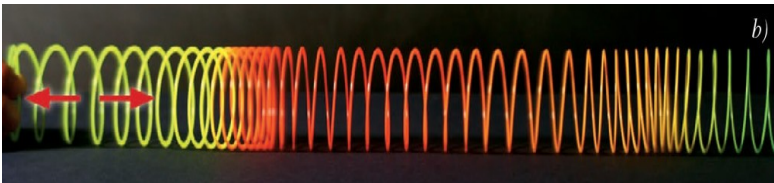
Mechanikai hullámnak nevezzük, ha egy anyagban az anyag részecskéinek rezgésállapota továbbterjed. A mechanikai hullám terjedéséhez tehát szükség van valamilyen anyagra (légüres térben nem terjed).

Két fajta terjedési módot különböztetünk meg:

1. Az anyag részecskéinek **rezgése merőleges a hullám terjedésének irányára** (transzverzális hullám). Hullámhegyek és hullámvölgyek alakulnak ki.



2. Az anyag részecskéinek **rezgése párhuzamos a hullám terjedési irányával** (longitudinális hullám). Sűrűsödések és ritkulások alakulnak ki az anyagban.



A haladó hullámra jellemző mennyiségek:

Amplitúdó: a legnagyobb, maximális kitérés nagysága

jele: A , SI mértékegysége: m
(egyéb mértékegységek: dm, cm, mm, ...)

Hullámhossz: két azonos rezgési fázisban levő pont távolsága

jele: λ (lambda) SI mértékegysége: m

Periódusidő: az az időtartam, amely alatt az anyagban terjedő hullám egy hullámhossznyi utat tesz meg.

jele: T SI mértékegysége: s (sec)

Frekvencia: Az anyag egy pontján 1 s alatt áthaladt hullámok száma, amely egyenlő az anyag részecskéinek az 1 s alatti rezgéseinek számával

jele: f SI mértékegysége: 1/s (Hz, Hertz)

Terjedési sebesség: a hullám által 1 s alatt megtett út

jele: c vagy v SI mértékegysége: m/s

A hullám terjedési sebessége különböző anyagokban különböző.

Összefüggések a mennyiségek között

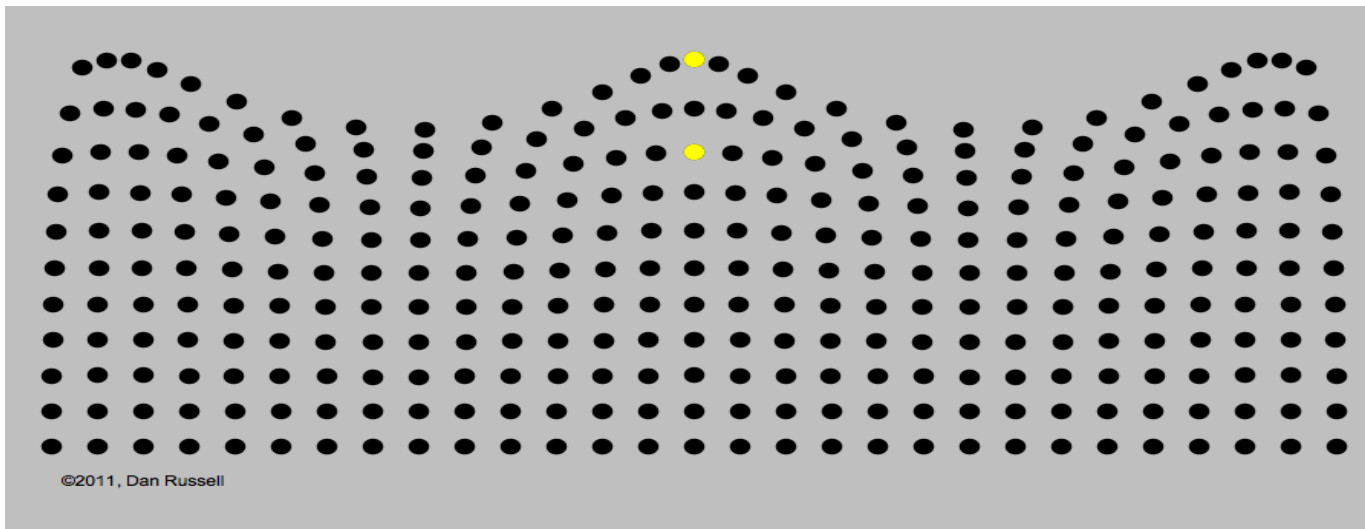
$$f = \frac{1}{T}$$

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

A szokásos **sebesség** = **út / idő** összefüggés a hullám haladására is érvényes:

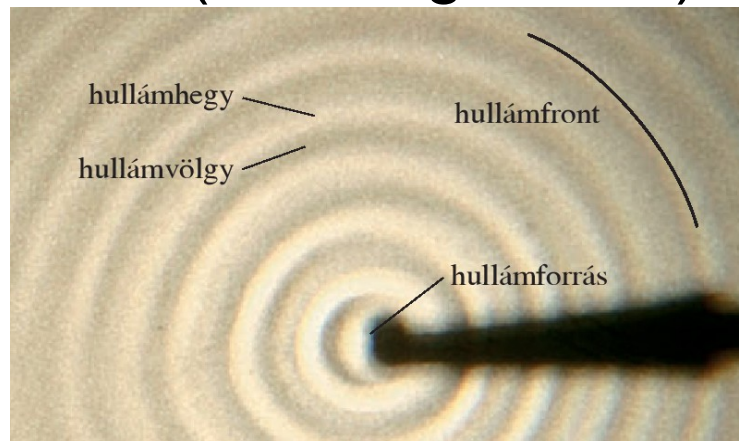
$$v = s / t$$

A víz felületén kialakuló hullám egy speciális hullám – **felületi hullám** –, a víz felületén merőlegesen kialakuló hullámhegyek és hullámvölgyek követik egymást, de a víz belsejében nem.

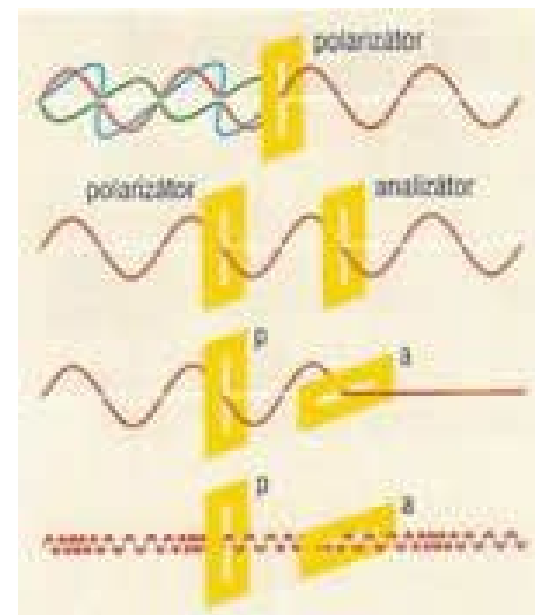
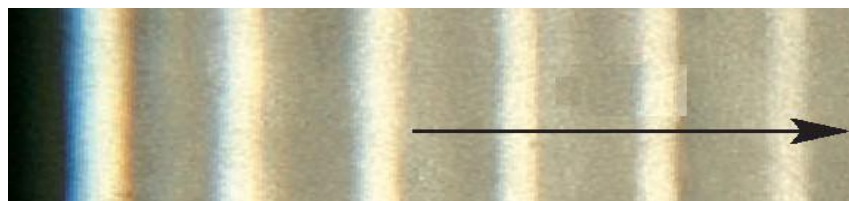


A hullámok fajtái alakjuk szerint:

Körhullám (térben gömbhullám): a hullámhegyek és a hullámvölgyek körök (térben gömbök)



Egyenes hullám (térben síkhullám): a hullámhegyek és a hullámvölgyek egyenesek (térben síkok)

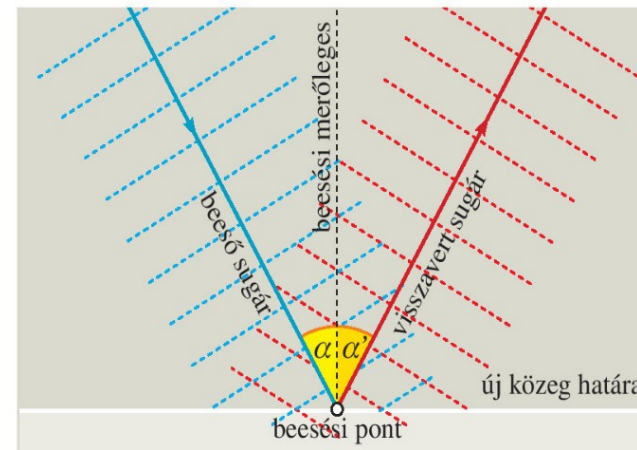


Polarizált hullám

A transzverzális hullám terjedését lehet úgy korlátozni, hogy a pontjainak rezgőmozgása csak 1 síkban legyen. (pl. egy rés elé helyezésével). Ez a polarizált hullám.

Hullámok visszaverődése, törése

Ha a hullám két anyag határához ér, akkor ott egy része **visszaverődik**, egy másik része behatolhat az új anyagba. Visszaverődéskor a hullám sebessége, hullámhossza nem változik, a beesési szög megegyezik a visszaverődési szöggel. $\alpha = \beta$



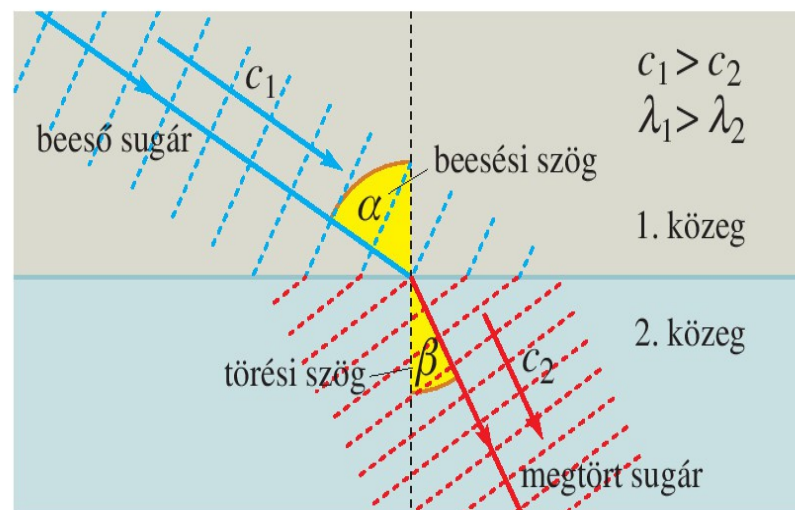
37.1. Keskeny hullámsávval jól szemléltethető a hullámok visszaverődése (α : beesési szög, α' : visszaverődési szög)

Ha a hullám behatol a másik anyagba, akkor a két anyag felületén **megtörik**. Ekkor megváltozik a hullám sebessége és hullámhossza.

A sebességek aránya megegyezik a hullámhosszak arányával, és a szögek szinuszának arányával. Ezt az arányt a két anyag egymásra vonatkoztatott törésmutatójának nevezik. Jele: n

$$\sin(\alpha)/\sin(\beta) = c_1 / c_2 = \lambda_1 / \lambda_2 = n_{21}$$

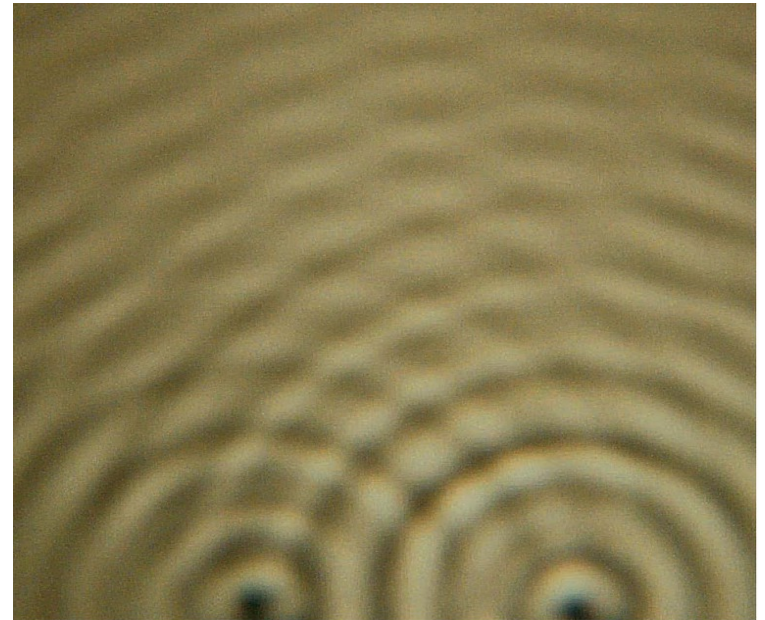
Ez a Snellius-Descartes féle törési törvény.



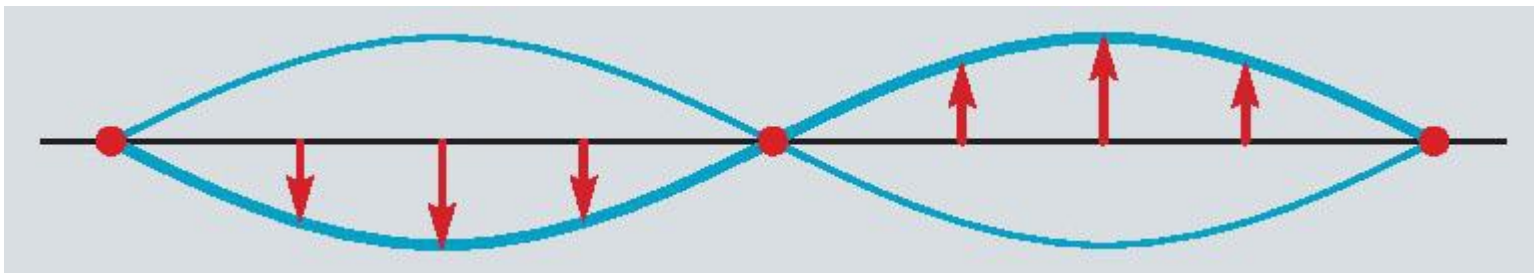
38.1. Hullámtöréskor nemcsak a terjedés iránya, hanem a terjedés sebessége, és így a hullámhossz is megváltozik

Hullámok találkozása, interferenciája, állóhullám

Hullámok találkozásakor a kitérések összeadódnak, így a hullámhegyek erősítik egymást, a hullámhegyek hullámvölgyekkel találkozva gyengítik, kiolthatják egymást. Ez az **interferencia** jelensége.

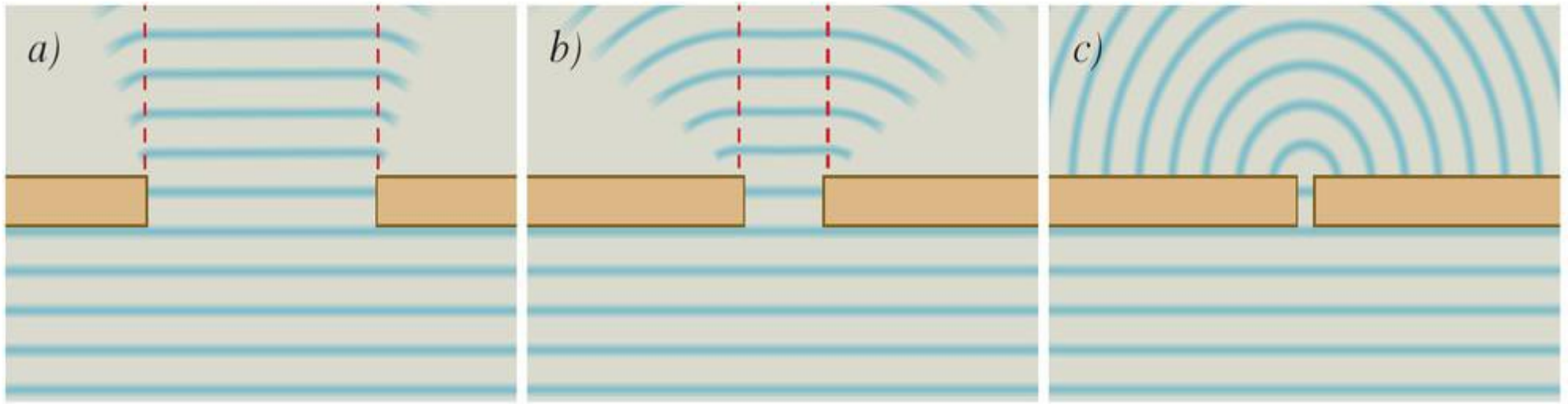


Szemben haladó azonos hullámhosszú hullámok találkozásakor, interferenciájakor **állóhullámok** jöhetnek létre, ahol kialakulnak olyan álló pontok, amelyek nem mozognak: csomópontok. Duzzadóhelyek: a maximális kitérésű pontok.

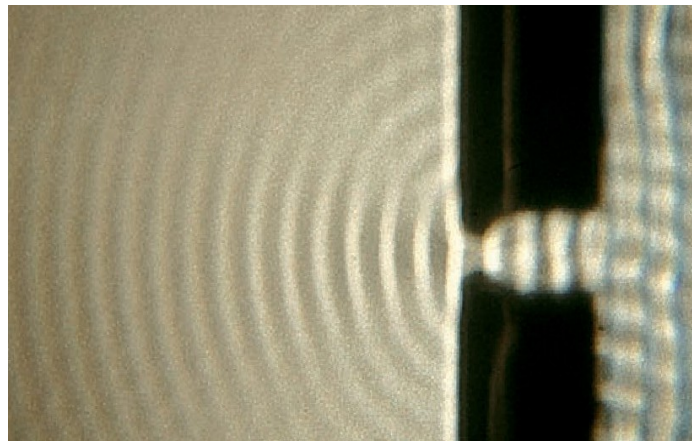


Hullámok elhajlása

Keskeny résen áthaladó hullám nemcsak a rés mögött, hanem a rés melletti fal mögött is kialakulva halad tovább. Ez az **elhajlás** jelensége.



Minél kisebb a „kapu”, annál jobban behatol a hullám az árnyéktérbe



Hanghullámok

A hanghullám forrása is egy rezgő tárgy (pl hangszál). Bizonyos frekvenciájú mechanikai hullámokat az ember hangérzetként észlel. Ez a frekvenciasáv: kb. 50 Hz – kb. 18000 Hz (egyénekenként változó)

Az alacsony frekvenciájú hangokat mélynek, a nagy frekvenciájú hangokat magas hangnak érzékeljük. Idős korban a magas hangok észlelési sávja lecsökken 8-10000-re. Hang kiadására szolgáló elektronikus eszközök szokásos sáv szélessége: 20 Hz – 20000 Hz

A hanghullám is visszaverődik (visszhang), megtörik (vízben gyorsabban halad), elhajlik (ajtó melletti fal mögött is hallható) és interferál (erősíthetik, gyengíthetik egymást).

A hanghullám jellemzői:

Longitudinális hullám, anyagban terjed, légtérben nem.

Hangsebesség: Különböző anyagokban különbözik a hangsebesség.

A levegőben 330-340 m/s, vízben 1500 m/s, vasban 5000 m/s

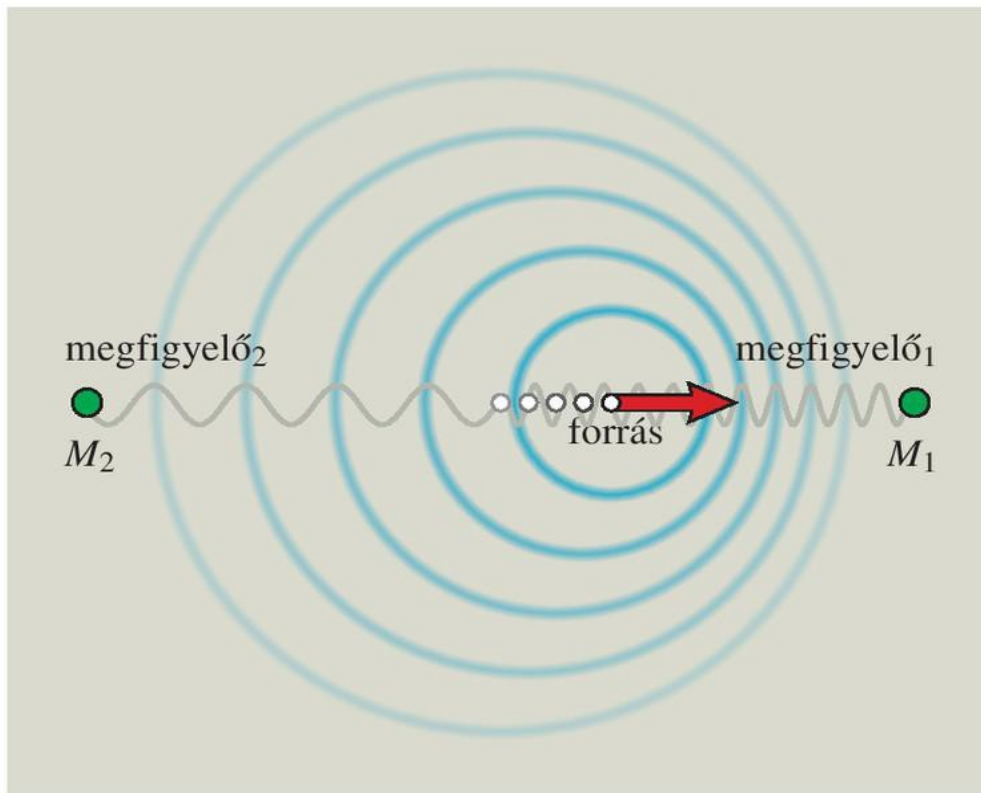
Hangerősség: a hangrezgés energiájától függ – dB-ben (decibelben) mérik: 0 dB a leghalkabb érzékelhető hangerő, 10 dB 10-szeres hangenergiát jelent. A 20 dB $10 \cdot 10 = 100$ -szoros hangerősséget jelent. 130 dB-nél kiszakad a dobhártya. Beszédhang kb. 50-60 dB

Hangmagasság: a hanghullám frekvenciája adja meg. Nagyobb frekvencia - magasabb hang. Pl. a normál „A” hang frekvenciája 440 Hz. Oktáv: kétszeres vagy feles frekvencia (pl. alsó „A” hang 220 Hz)

Hangszín: Egy hang megszólalásakor több, különböző csomópontszámú állóhullám; „felhang” is megszólalhat, így ezek együtt szólnak és ezek összessége adja a hang hangszínét.

Doppler jelenség

Ha a hangforrás mozog a megfigyelőhöz képest, akkor a közeledő hangforrás előtt a hullámok hossza kisebb, mint mögötte. Így pl. közeledő szirénázó jármű hangját magasabbnak halljuk, mint amikor távolodik. A hatás megfigyelhető vízhullámnál is, pl. egy vízben mozgó állatnál.



Hangszerek, hangsáv

A hallható hang sáv szélessége: kb. 20 Hz – 20000 Hz

A 20 Hz-nél kisebb frekvenciájú hangok az infrahangok, a 20000 Hz-nél magasabb frekvenciájú hangok az ultrahangok. Néhány állat érzékeli az ultrahangot is. Az ultrahangot használják a gyógyászatban (a belső szervekről való visszaverődés alapján „fényképezhető” a belső szervezet), és használják távolságmérésekre is (pl. tenger mélység).

A hangszerekben keltett rezgések (hangforrások) állóhullámokat alakítanak ki és így keletkeznek a levegőben továbbhaladó hanghullámok. Pl. hangforrás: gitár, zongora, hárfa, stb. rezgő húrjai, fúvós hangszerek belsejében, a levegőben kialakuló állóhullámok, dob tetejének rezgése, stb. A hangmagasság a hangszerben kialakuló állóhullám hullámhosszától, tehát a hangszer méretétől függ.

A hangforrások alá, mögé helyezett hangdobozok felerősítik a hangforrás hangját. Pl. Hangfal, dob, zongora, hegedű

A húr rögzített végénél és a síp zárt végénél az állóhullámnak csomópontja van, a húr nem rögzített végénél, és a síp nyitott végénél maximális kitérésű helye. Így pl. a legnagyobb hullámhosszú hang egy végén zárt, másik végén nyitott sípnál akkor jön létre, ha egy negyed-hullámhossz egyenlő a síp hosszával. (a képen az „a” ábra)

