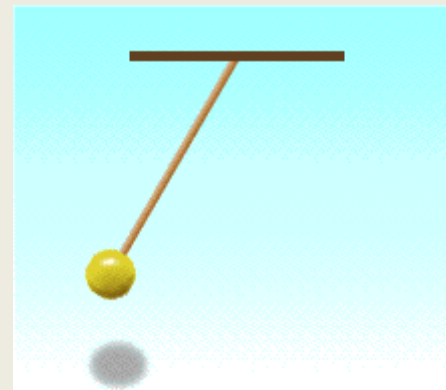
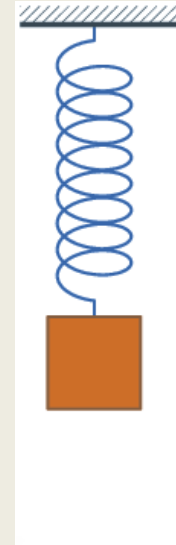


Rezgések és hullámok

A rezgőmozgás és jellemzői

Tapasztalatok:

- Felfüggesztett rugóra nehezéket akasztunk és kitérítjük egyensúlyi helyzetéből.
- Satuba fogott vaslemez megpendítjük.
- Ingaóra ingáján lévő nehezék.



A rezgőmozgás és jellemzői

Rezgőmozgás:

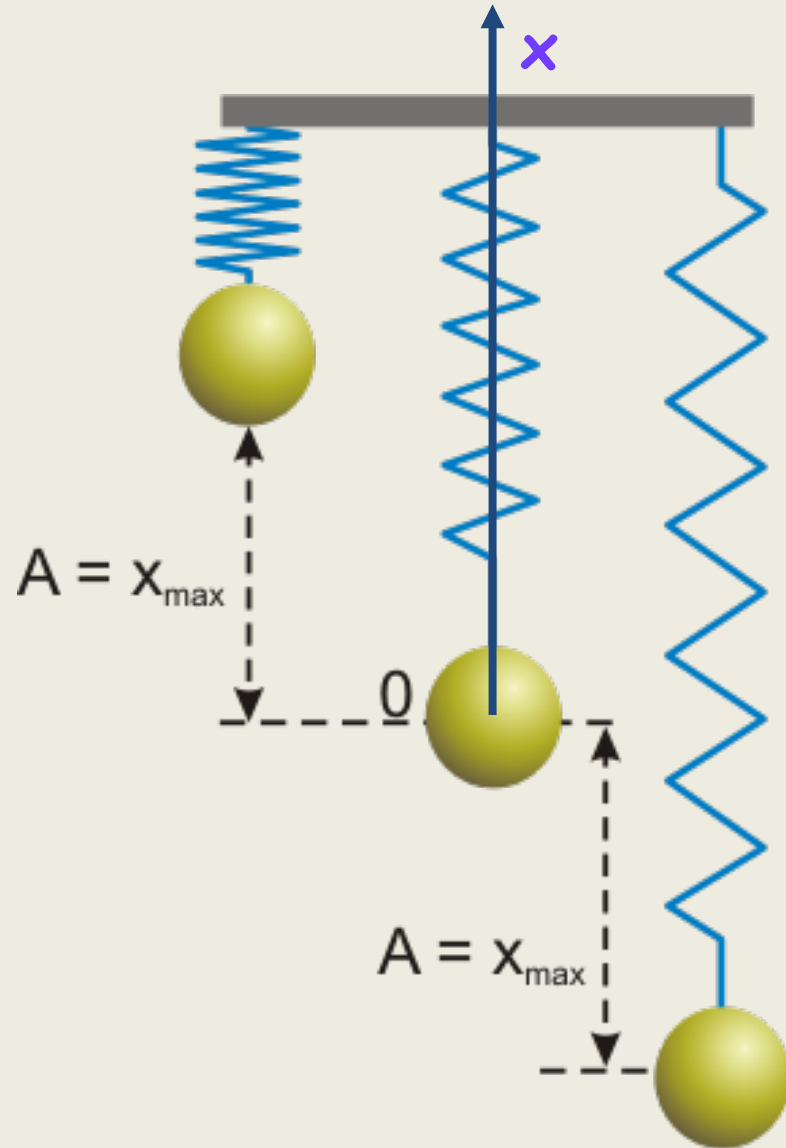
Egy pontszerű test két szélső helyzet közötti **periódikus** mozgása.

A rezgő test pályája bármilyen lehet (pl. a rugóra akasztott test pályája egyenes, az inga körpályán mozog)

A továbbiakban olyan eseteket vizsgálunk, amelyeknél a pálya **egyenes**!

A rezgőmozgás és jellemzői

- A mozgás leírásához koordináta-rendszert használunk:
- origója a test egyensúlyi helyzeténél van, x tengelye egybeesik a mozgás pályájával.



A rezgőmozgás és jellemzői

Kitérés:

- Rezgőmozgás esetén az **elmozdulás**. Az egyensúlyi helyzettől mért távolság.

Jele: x

Amplitúdó:

- Az egyensúlyi helyzet és a szélső helyzet távolsága (a maximális kitérés nagysága).

Jele: A ($x_{\max}$)

$[A] = \text{m}$

A rezgőmozgás és jellemzői

Rezgésidő vagy periódusidő:

- Egy periódus (rezgés) megtételéhez szükséges idő.

Jele: T

$$[T] = s$$

Rezgésszám vagy frekvencia:

- A megtett rezgések számának és az ehhez szükséges időnek a hányadosa.

Jele: f

A rezgőmozgás és jellemzői

$$f = \frac{z}{\Delta t}$$

z : rezgések száma

Δt : eltelt idő

$$[f] = \frac{[z]}{[\Delta t]} = \frac{1}{s} = \text{Hz} \quad (\text{hertz})$$

A rezgőmozgás és jellemzői

Körfrekvencia:

- A frekvencia 2π szerese.

Jele: ω

$$[\omega] = [f] = \text{Hz}$$

Vizsgáljunk egyetlen rezgést:

$$z = 1; \quad \Delta t = T \quad (1 \text{ rezgés megtételéhez szükséges idő})$$

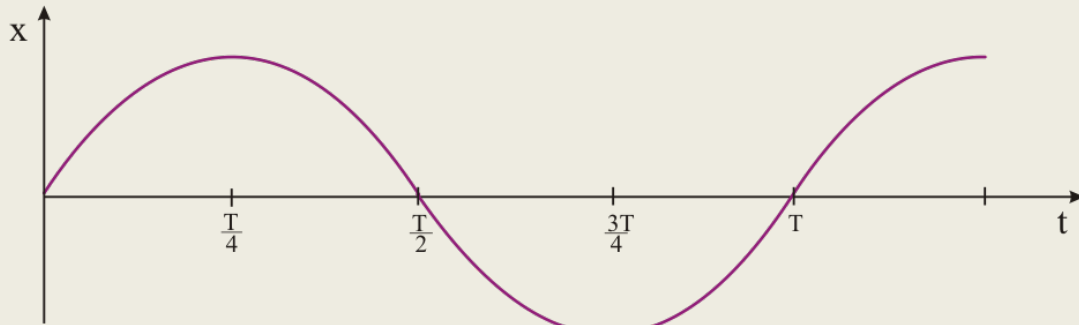
$$f = \frac{z}{\Delta t} = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{a frekvencia a periódusidő reciproka})$$

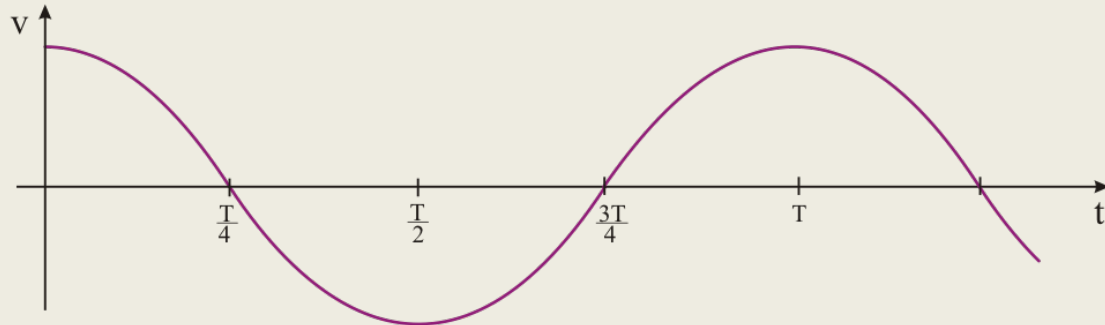
$$\Rightarrow \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (\text{körfrekvencia megadása a periódusidővel ill. a frekvenciával})$$

A rezgő test grafikonjai

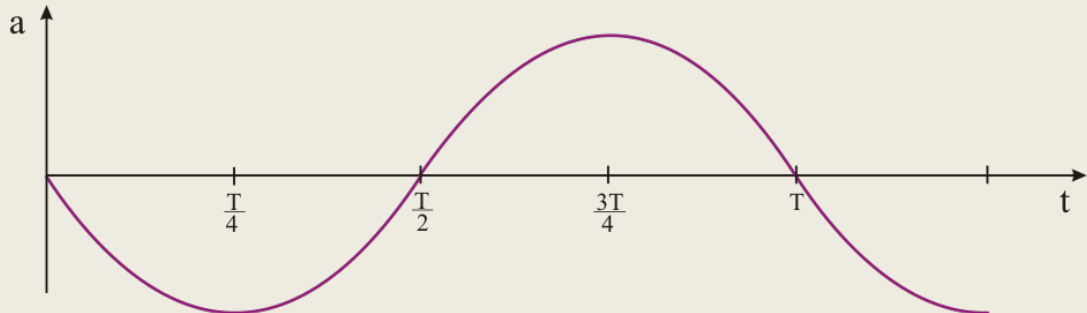
A harmonikus rezgőmozgást végző test gyorsulása arányos a kitéréssel, de azzal ellentétes irányú.



$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$



$$v = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$$



$$a = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

A rezgőmozgás dinamikai leírása

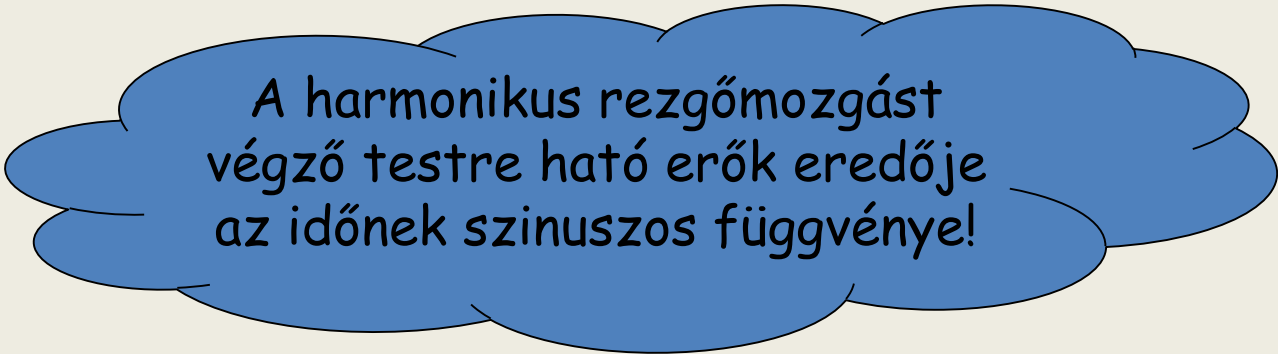
A harmonikus rezgőmozgást végző testre ható erők eredője egyenesen arányos a kitéréssel, de azzal ellentétes irányú (harmonikus erő).

(Ha egy egyenes mentén rezgő testre minden helyzetben a kitéréssel egyenesen arányos, de azzal ellentétes irányú erő hat, akkor a mozgás harmonikus rezgőmozgás)

Ha a rugón rezgő test pályája egyenes, akkor a test harmonikus rezgőmozgást végez.

A rezgőmozgás dinamikai leírása

$$F_e = m \cdot a = m \cdot [-A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t)]$$



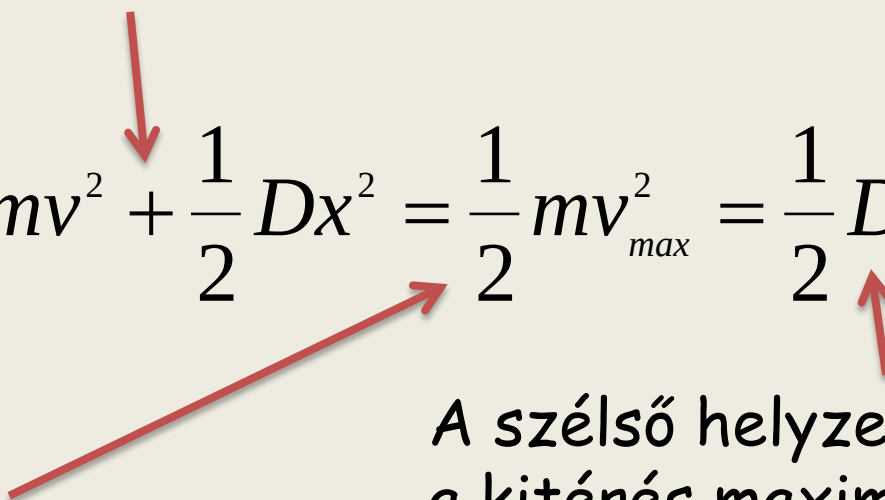
A harmonikus rezgőmozgást végző testre ható erők eredője az időnek szinuszos függvénye!

Mivel: $a = -\omega^2 \cdot x \longrightarrow F_e = m \cdot a = -m \cdot \omega^2 \cdot x$

$$D = \frac{F_e}{x} = m \cdot \omega^2 = \text{rugóállandó}$$

A harmonikusan rezgő rendszer energia viszonyai

A harmonikus rezgés során a pillanatnyi mozgási és rugalmas energia összege állandó.

$$E = E_m + E_r = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Dx^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{1}{2}DA^2$$


Az egyensúlyi helyzetben való áthaladás során a sebessége maximális, ekkor a mozgási energiája is maximális.

A szélső helyzetekben a kitérés maximális, ekkor a rugalmas energiája is maximális. Egyensúlyi helyzetben a kitérés és a rugalmas energia is zérus.

A rezgésidő meghatározása

Mivel $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\longrightarrow$ $D = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$

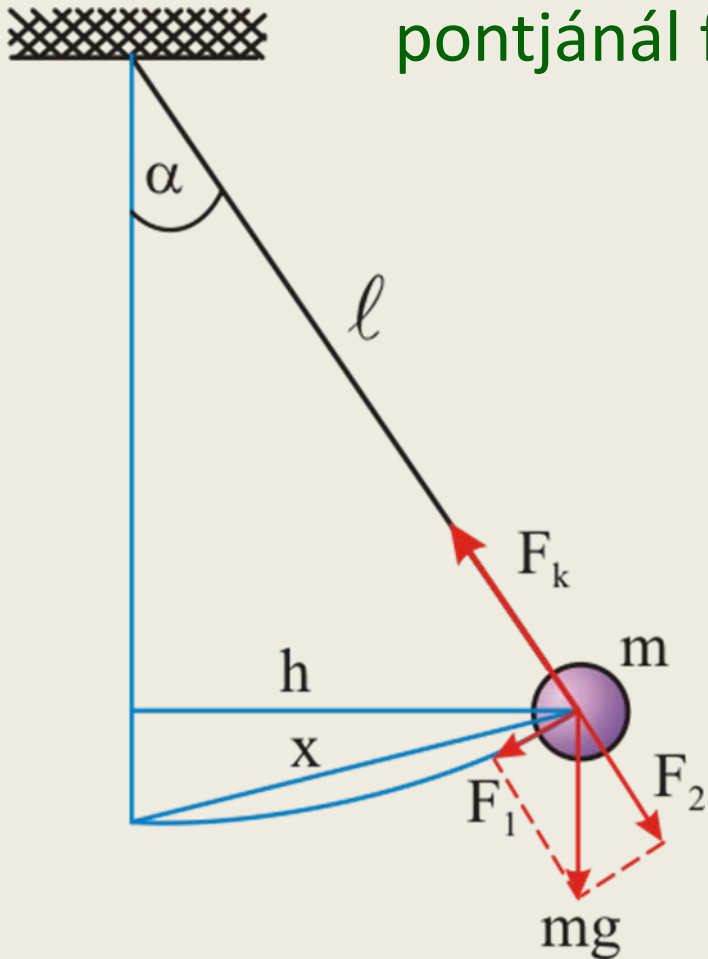
$T^2 \cdot D = m \cdot (2\pi)^2 \longrightarrow$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$$

A rezgő test rezgésidőjét a rugó rugóállandója és a test tömege határozza meg!

Az inga

Olyan test, amely tömegközéppontja fölötti pontjánál fogva van felfüggesztve.



Ha egy ingát az egyensúlyi helyzetéből kitérítünk, majd kezdősebesség nélkül elengedjük, akkor a test egy függőleges síkban fekvő körpályán periodikus mozgást végez.

ℓ : az inga hossza

m : a test tömege

x : egyensúlyi helyzetből mért kitérés

Az inga

Lengésidő:

Az az idő, amely alatt az inga egyik szélső helyzetből ugyanoda visszatér.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

A matematikai inga lengésideje kis kitéréseknél az inga hosszától és a nehézségi gyorsulástól függ.

Kényszerrezgés

Ha a rezgő testet egy periodikusan ismétlődő hatás ér (gerjesztésnek nevezzük).

A rezgés frekvenciája megegyezik a gerjesztés frekvenciájával.

Ha a gerjesztés akkora frekvenciával történik, amekkora a rezgő test sajátfrekvenciája, akkor a rezgés amplitúdója fokozatosan növekszik. - **rezonanciának** nevezzük a jelenséget.

Az amplitúdó növekedésének csak a súrlódás szab gátat - az igen nagyra nőtt rezgési amplitúdó katasztrófához (a rezgő test széteséséhez) vezethet - **rezonanciakatasztrófa**.

(Tacoma híd katasztrófája)

MECHANIKAI HULLÁM

**Ha a rezgési energia rugalmas közegben térben és időben
tovaterjed, akkor mechanikai hullámról beszélünk.**

Hullámok csoportosítása

a terjedés dimenziói szerint:

1 dimenziós: **vonalmenti hullám** *pl. kötélhullám*

2 dimenziós: **felületi hullám** *pl. vízhullám*

3 dimenziós: **térbeli hullám** *pl. hang*

a rezgés iránya szerint:

- transzverzális hullám: a rezgés iránya merőleges a hullám terjedésének irányára (kötélhullám)
- longitudinális hullám: a rezgés iránya párhuzamos a hullám terjedésének irányával (hang)

Hullámok jellemző adatai

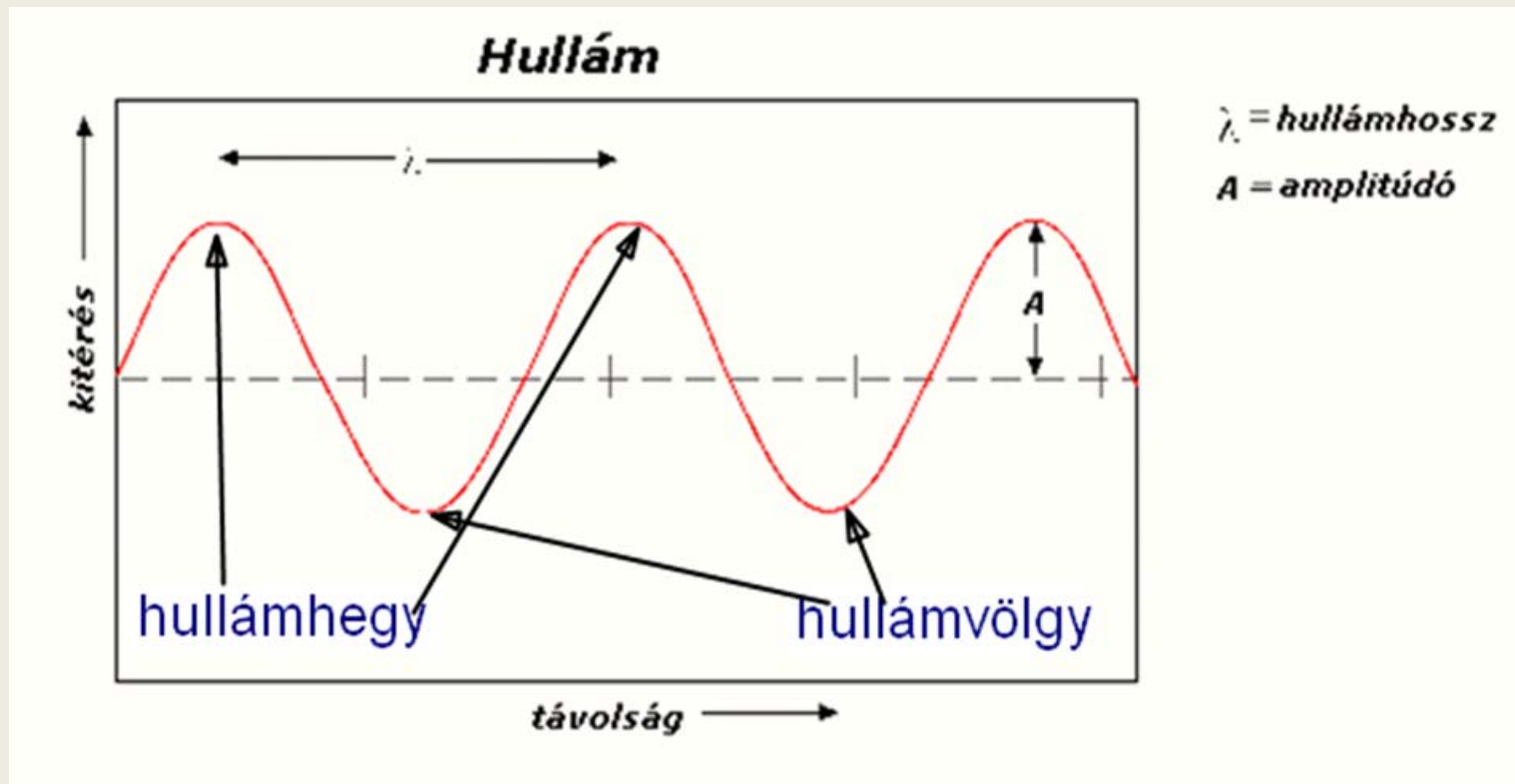
- **periódusidő (T):** megegyezik a rezgés periódusidejével
- **frekvencia (f):** megegyezik a rezgés frekvenciájával
- **hullámhossz (λ):** két szomszédos, azonos fázisban mozgó pont távolsága
- **terjedési sebesség (c):** az energia terjedésének sebessége

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

(A hullámhossz és a frekvencia fordítottan arányos.)

Transzverzális hullámok

Ha a közeg részecskéi a terjedési irányra merőleges mozgást végeznek, akkor **transzverzális** hullámról van szó. A transzverzális hullámoknál hullámhegyek és hullámvölgyek terjednek. Csak szilárd közegben illetve folyadékok határfelületén terjedhetnek.

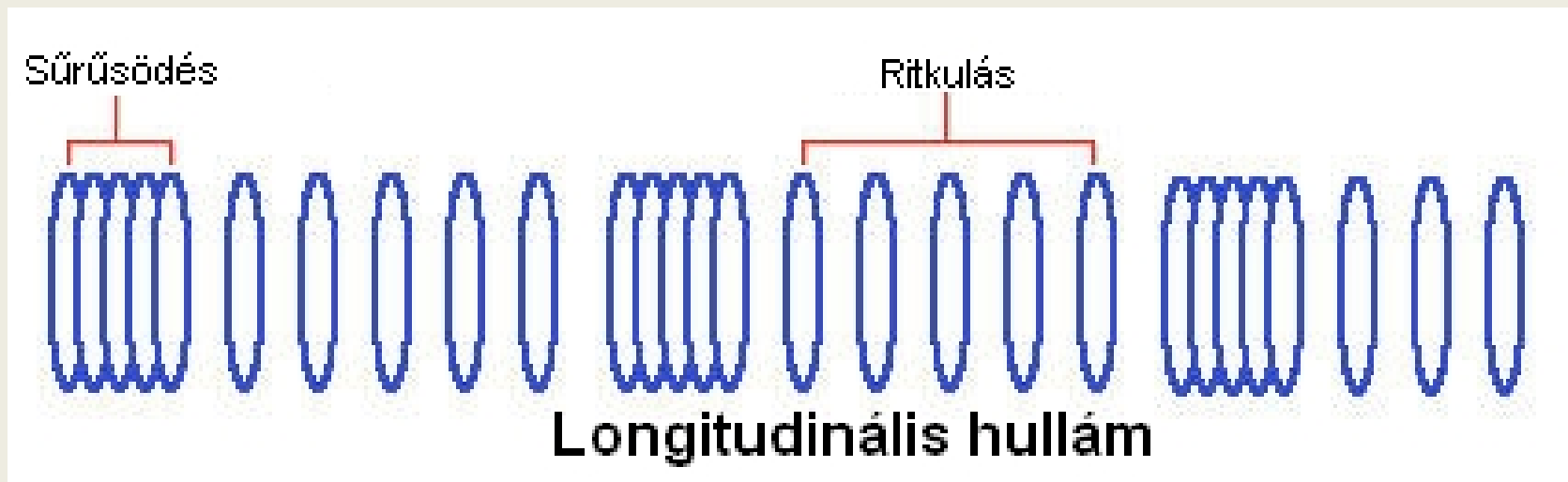


Longitudinális hullámok

Ha a közeg részecskéi a terjedés irányában rezegnek, akkor **longitudinális** hullámról beszélünk,

A longitudinális hullámoknál sűrűsödések és ritkulások terjednek tovább.

Longitudinális hullámok mindhárom közegben előfordulhatnak.



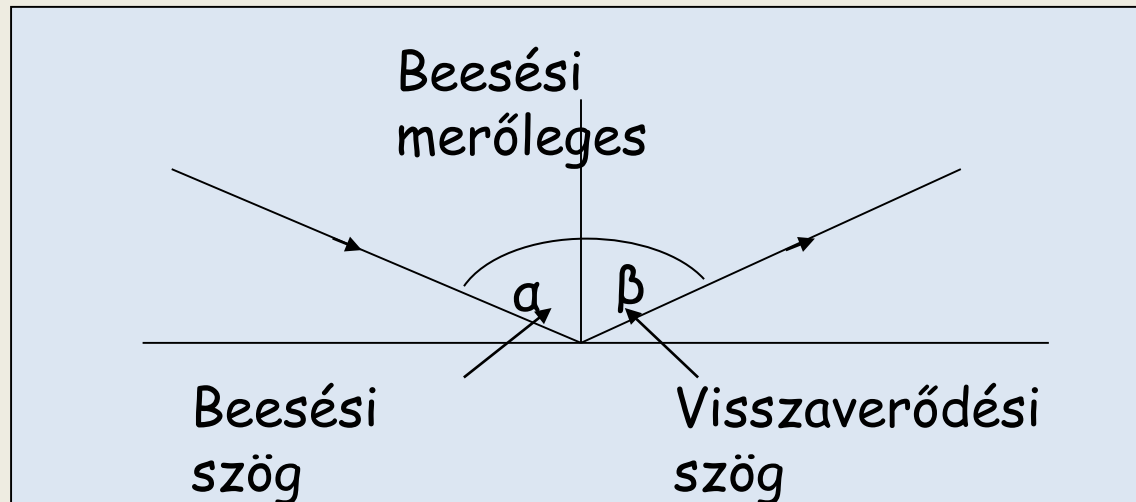
Hullámjelenségek

Azt a közeget, amelyben ugyanaz a hullám lassabban terjed, hullámtanilag sűrűbbnek, amelyben gyorsabban, hullámtanilag ritkábbnak mondjuk.

- Visszaverődés
- Törés
- Elhajlás
- Interferencia
- Polarizáció (csak transzverzális hullámoknál)

Hullámjelenségek

Felületi hullám visszaverődése

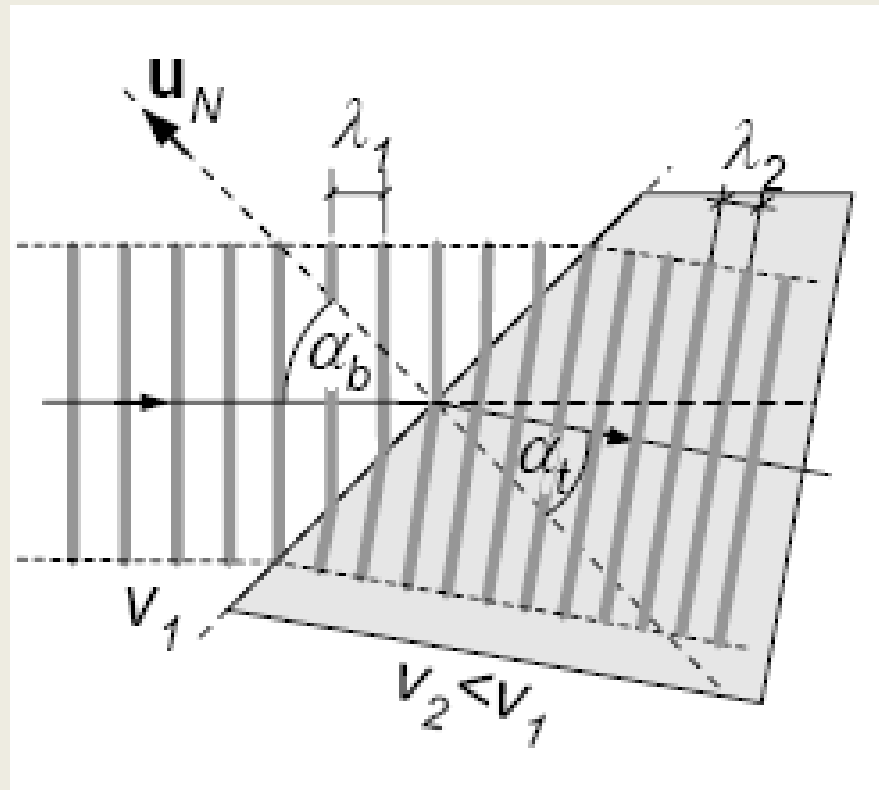


A visszaverődés törvénye:

1. A beeső hullám normálisa, a beesési merőleges és a visszavert hullám normálisa egy síkban van .
2. A beesési szög egyenlő a visszaverődési szöggel. ($\alpha = \beta$)

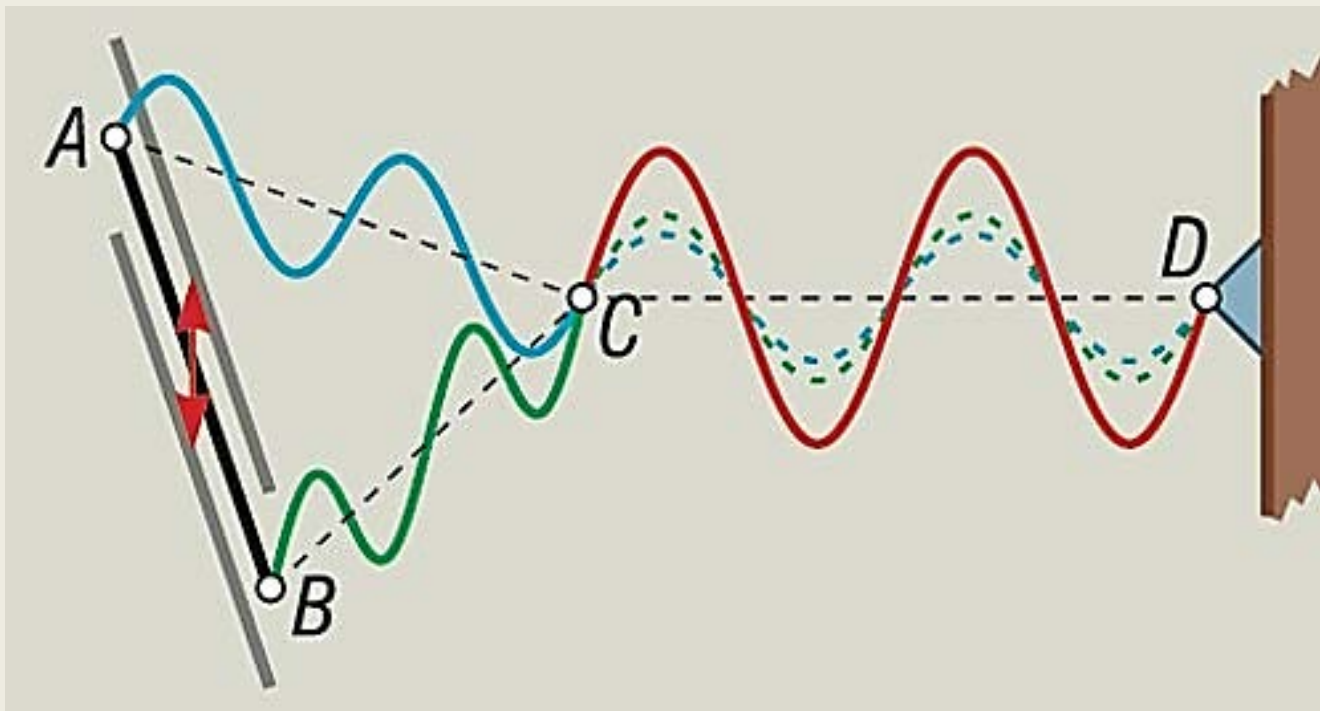
Törés

Ha a hullám olyan közeget határhoz érkezik, amelyben terjedési sebessége eltér az eredetitől, akkor törést szenved.



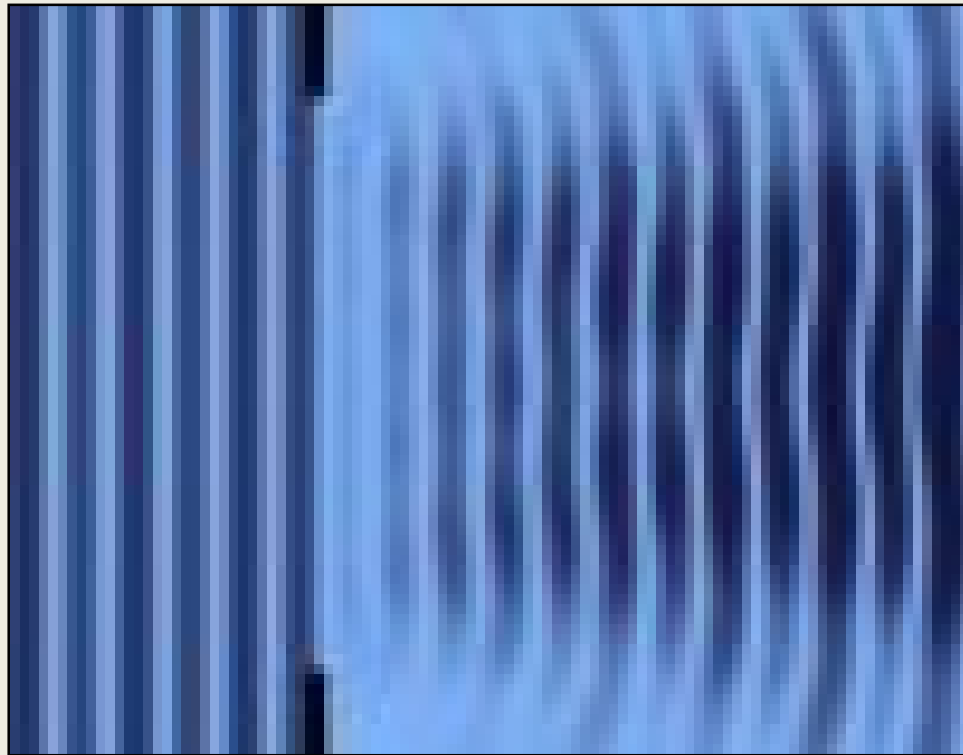
Interferencia

Ha két koherens (a frekvenciák megegyeznek és a fáziskésés időben állandó) **hullám találkozik**, akkor az **eredő kitérések** a két hullám által okozott kitérések **összegzésével számíthatók ki**.



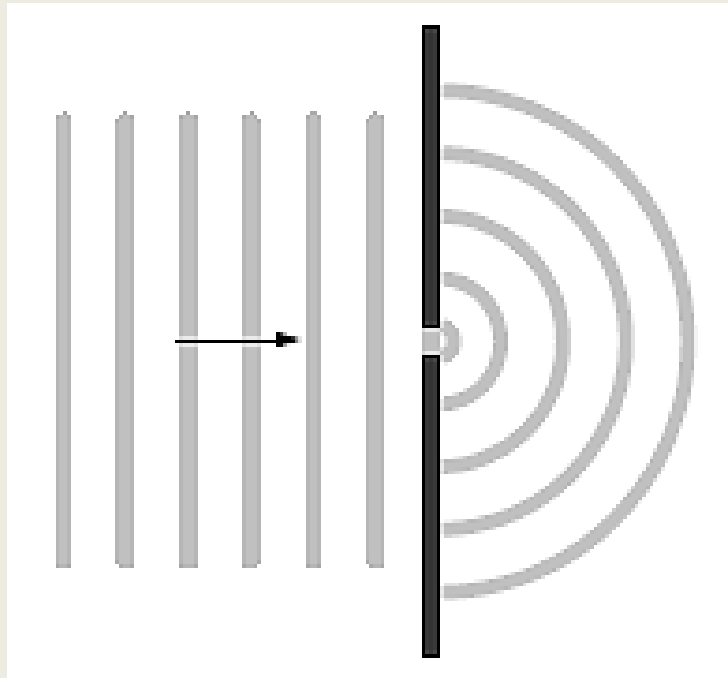
Elhajlás

Ha a hullám olyan résen halad át, amelynek szélessége összemérhető a hullámhosszával, akkor behatol az árnyéktérbe is, elhajlik!



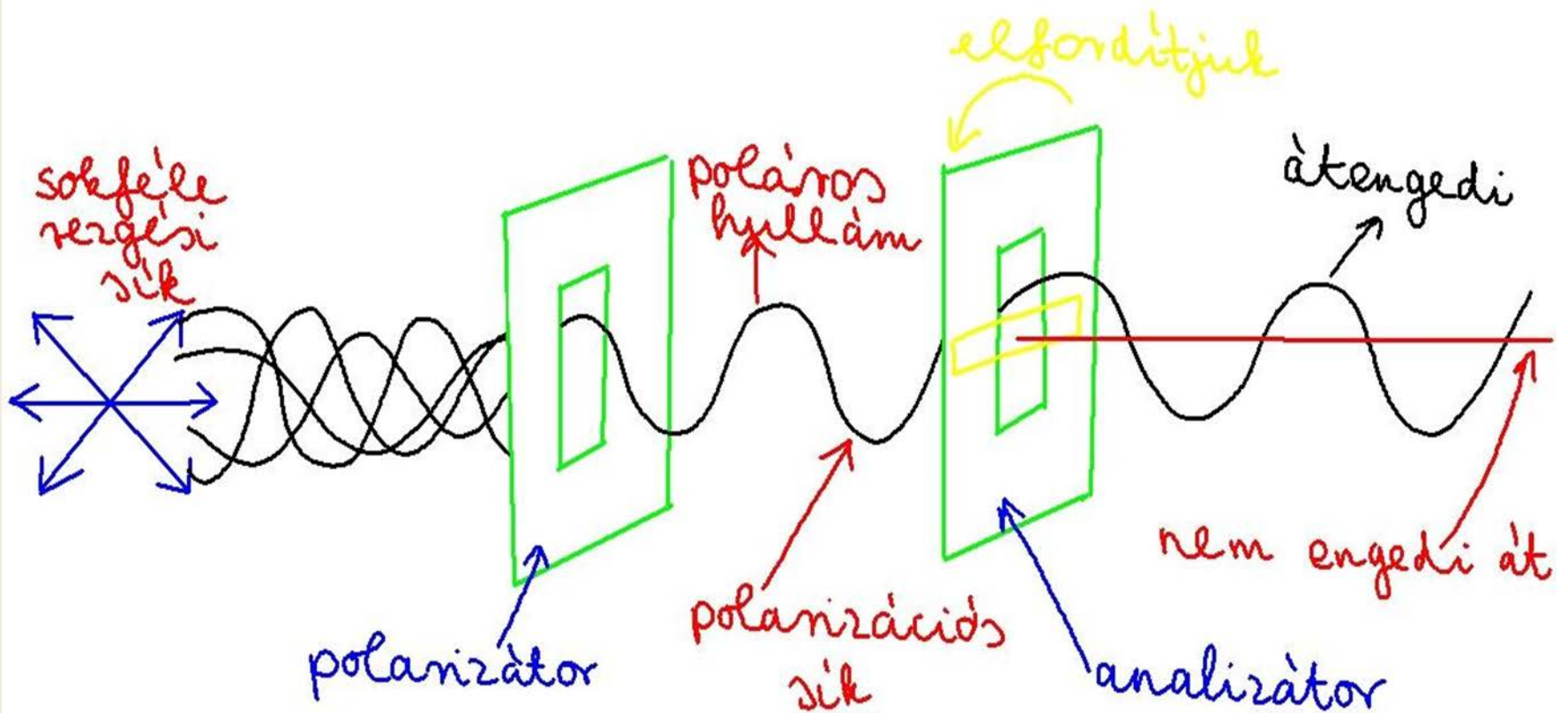
Az elhajlás értelmezése

Huygens-Fresnel elv: a megjelenő makroszkopikus hullám az elemi hullámok interferenciájának eredménye.



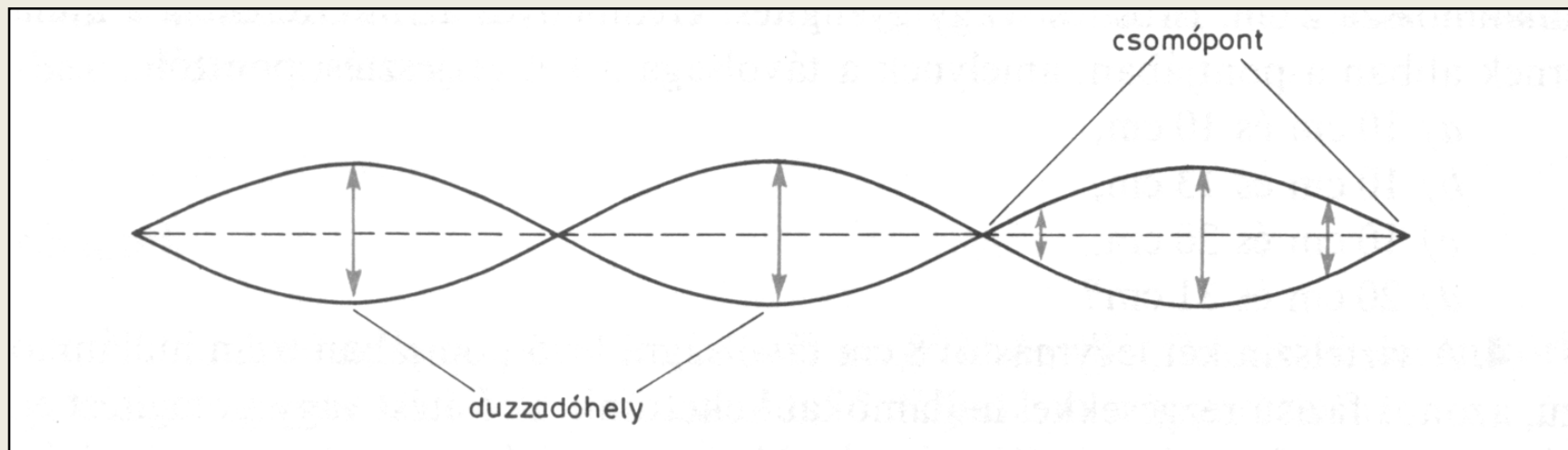
Polarizáció

Lineárisan poláros hullám, olyan transzverzális hullám amelynek egy rezgési síkja van.



Állóhullámok

Azonos frekvenciájú és amplitúdójú, ellentétes irányú hullámok találkozásakor jönnek létre.



Hangtan

Általános értelemben hangnak nevezzük a rugalmas közegben terjedő, hangérzetet kiváltó longitudinális hullámokat.

Az ember által hallható hang frekvenciatartománya:

20 Hz és 20 kHz közé esik.

Az ennél kisebb frekvenciájú hangot nevezzük **infrahang**nak, míg a nagyobb frekvenciák esetén ultrahangról beszélünk.

Egyes állatok az embernél jóval tágabb frekvenciatartományban képesek a hanghullámok érzékelésére.

A HANG JELLEMZŐI

A hang magasságát a frekvenciája határozza meg.

A hang erősségét az amplitúdó határozza meg.

A hangszínt a felharmonikusok határozzák meg.

A Doppler effektus

Ismert jelenség, hogy a hullámforrás és a megfigyelő relatív mozgása az észlelt rezgések frekvenciáját befolyásolja.

Így pl. a közeledő autó dudálását magasabbnak halljuk, mint a távolodóét.

A VISSZHANG

Az emberi fül két egymást követő hangimpulzust akkor érzékel különállónak, ha köztük legalább 0,1 s idő telik el.

A hang levegőben 340 m/s sebességgel terjedve ennyi idő alatt 34 m-t tesz meg.

Ha egy legalább 17 m-re lévő akadályról (fal, szikla) visszaverődve a fülünkbe jut, visszhangot hallunk.