

### 3. témakör

## 3. Mechanikai hullámok

A fizikában minden olyan változást, amely valamilyen közegben tovaterjed, hullámnak nevezünk. A rugalmas közeg olyan állapotát, amelyben a rezgési energia térben terjed tova, mechanikai hullámnak nevezzük.

Például: víz felszínén megjelenő hullámok, vagy a megpendített gitárhúr.

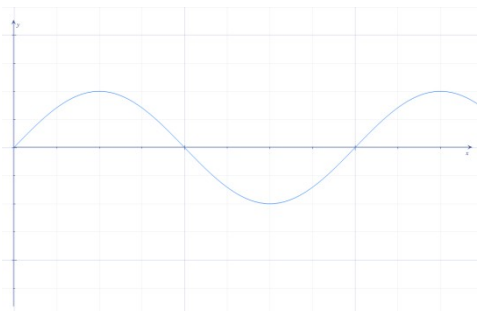
### Csoportosítása:

- a) Dimenzió szám szerinti csoportosítás
  - 1 dimenziós ▫ vonal menti hullám (pl.: gitárhúr)
  - 2 dimenziós ▫ felületi hullám (pl.: víz felszíni hullámok)
  - 3 dimenziós ▫ térbeli hullám (pl.: hang)
- b) Részecske rezgésiránya és a hullám terjedése szerinti viszonya
  - Transzverzális hullám: olyan hullám ahol a részecskék rezgésének iránya merőleges a hullám terjedésének irányára (pl.: gumikötél, gitárhúr)
  - Longitudinális hullám: a részecskék rezgésének iránya és a hullám terjedésének iránya egy egyenesbe esik (pl.: hang, nyíló -, lökő hullámok)

### Hullámok jellemzésére alkalmas mennyiségek:

- Hullámhossz [ $\lambda$ ]=m: A hullám térbeli periódusára jellemző mennyiség, a közegben ugyanabban a pillanatban azonos fázisban lévő szomszédos pontok egymástól mért távolsága, vagyis az a legkisebb távolság, amely után ugyanaz a fázis következik be.
- Periódus idő [T]=s: Az, az idő, ami eltelik addig, amíg rezgés fázisa kétszer egymás után ugyanabba a fázisba nem kerül.
- Frekvencia [f]=1/s(Hz): A másodpercenkénti végbemenő rezgések száma.

- Terjedési sebesség [c]=m/s:  $v = \frac{\lambda}{T}$  egy adott közegben a fázis terjedésének sebessége.



$$y = A \sin \left( 2 \pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right)$$

Hullámfüggvény:  
idő függvényében.

megadja bármely részecske kitérését a hely és

### Vonal menti hullámok terjedési jelenségei:

1. **Visszaverődés:** A hullám a rugalmas közegen végighalad, majd a végeket elérve vissza felé kezd el haladni, visszaverődik.
  - Szabad vég: a visszaverődő hullám fázisugrás nélkül, azonos fázisban, verődik vissza.
  - Rögzített vég: a hullám visszaverődéskor  $\pi$  ( $180^\circ$ -os) fázisugrást szenved, aminek hatására ellentétes fázisban verődik vissza.
2. **Törés:** A zavar végighalad a rugalmas közegen, s a végeket elérve, egy része behatol az új közegbe, másik része pedig visszaverődik. A hullám az új közegben fázisugrás nélkül halad tovább. Ha a hullám a visszaverődést követően is fázisugrás nélkül halad tovább, akkor az új közeg hullámtanilag ritkább, viszont ha a visszaverődés során  $\pi$  fázisugrást szenved el, akkor az új közeg hullámtanilag ritkábbnak tekintjük.
3. **Interferencia:** Hullámok összegzése, találkozása. A kialakuló kép az összetevő hullámok vektori eredője.
  - Koherens hullám: Időben állandó, de helyről helyre változó fáziskülönbségű hullámok. Ha azonos fázisúak, akkor erősítik egymást, ha pedig különbözők akkor gyengítik.

**Állóhullámok:** Egy „l” hosszúságú rugalmas közeg mentén folyamatosan beérkező hullámok és a rugalmas közeg végéről visszaverődő hullámok interferálnak egymással. Kialakul egy időben állandó kép, amely jelenséget állóhullámnak nevezünk.

Állóhullám kialakulásának feltétele:

- A végeken csomópont van 
$$l = n \cdot \left(\frac{\lambda}{2}\right)$$
 („n” egy egész szám)

### Felület menti hullámok

Felületi hullámok esetén, az azonos fázisú pontok nem egy pontban, hanem egy folytonos vonal mentén vesznek föl meghatározott értékeket. Ezt a folytonos vonalat *hullámfrontnak* nevezük.

#### Jellemző mennyiségek:

- Hullámhossz: Két szomszédos hullámfront távolsága.
- Terjedési irány: A hullámfrontra merőleges irány.
- Terjedési sebesség: A hullámfront vonulási sebessége a terjedés irányában.

#### Terjedési jelenségek:

- Elhajlás
- Interferencia
- Visszaverődés
- Törés

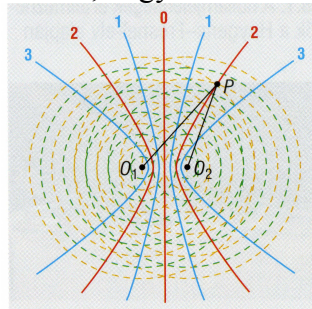
## Elhajlás:

- Huygens-elv: A hullámfelület minden pontja elemi gömbhullámok kiinduló pontja és ezeknek a gömbhullámoknak a burkoló felülete adja a tér egy későbbi „P” pontjában észlelhető hullámkitérést.
- Hiányosságai: az elv értelmében a hullámok visszafelé is terjednek, nem magyarázza a széles résen való elhajlást, és az árnyékszónát, nincs fizikai jelentése a burkolófelület szónak. Jól magyarázza a keskeny résen való elhajlást, a törés és visszaverődés jelenségét.
- Fresnell a burkoló szót interferencia szóra cserélte, amellyel már jól magyarázható a széles résen való elhajlás is.

## Interferencia:

- Két hullám találkozása (kialakulásának feltétele, hogy 2 koherens hullám legyen)

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



- Erősítik egymást: ha azonos fázisúak  $\Delta\varphi=0, 2\pi, 4\pi$
- Gyengítik egymást: ha ellentétes fázisúak  $\Delta\varphi=0, \pi/2, 3\pi/2$
- **útkülönbségük:**  $\Delta s = 2k \times \lambda/2$  erősítés jön létre  
 $\Delta s = (2k+1) \times \lambda/2$  gyengítés jön létre, ahol  $\Delta s = O_1P - O_2P$

## Visszaverődés:

- Beesési merőleges: Közeghatárra emelt merőleges egyenes.
- Beesési szög ( $\alpha$ ): A belső hullám terjedésének iránya és a beesési merőleges által bezárt szög.
- Visszaverődési szög ( $\alpha'$ )
- Visszaverődés törvénye:  $\alpha = \alpha'$
- A beesési hullám terjedésének iránya, a visszaverődő hullám terjedésének iránya és a beesési merőleges egy síkban vannak.

## Törés:

- A megtört hullám terjedésének iránya és a beesési merőleges által bezárt szög a törési szög ( $\beta$ ).
- A második közeg első közegre viszonyított relatív törésmutatója:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{Snellius-Descartes törvény}$$

- $n_{21} = 1/n_{12}$

- Az első közeg optikailag akkor sűrűbb a második közegnél, ha  $n_{21} < 1$ , ellenkező esetben a közeg optikailag ritkább. (Az optikai sűrűség nem esik egybe a mechanikai sűrűséggel).

**Fermat elv:** két tetszőleges pont között a hullám azon fog haladni, ami az elképzelhető összes út közül a legrövidebb.

## A hang

3 dimenziós térbeli longitudinális hullám, amely hallószervünk által felfogható mechanikai rezgés

Terjedési sebessége levegőben: 340m/s (légüres térben nem terjed)

Alaphang frekvenciája: 440Hz

A hang magasságát a frekvenciája határozza meg

A hang erőssége az amplitúdótól függ

Az ember hallószervek 20Hz-20kHz-ig képesek felfogni a hangot

Doppler effektus: Egy mozgó hangforrásnál figyelhető meg, de az észlelő áll. Közeledéskor magasodó hangot hallunk, távolodáskor pedig mélyülőt.

Oktáv: Hang köz, két szomszédos hang frekvenciájának hányadosa.

$$\frac{1}{2} = \frac{f_1}{f_2}$$

Zenei hang: Kellemes hangérzetet kiváltó szinuszos hang.

1. Konsonáns hangok: Kellemesen összecsendülő hangok

2. Disszonáns hangok: Kellemetlenül összecsendülő hangok

Zaj-zörej: Nem periodikus hullám

Dörej: Rövid ideig tartó, erős, lökésszerű zaj.