

Hullám

A rezgési állapot tovaterjedése.

(Hullámozó tenger vagy unatkozó nézők a stadionban.)

$$y = A \sin \omega t \qquad y = A \sin (\omega t + \varphi) \qquad y = A \sin (\omega t + kx)$$

A **fázis** (szög, φ) nemcsak az időtől (t), de a helytől (x) is függ

Két fontos paraméter: **hullámhossz** (λ), periódusidő (T)

$$\varphi(x) = \frac{2\pi}{\lambda} x = kx \qquad \varphi(t^*) = \frac{2\pi}{T} t^* = \omega t^*$$

Hányadosuk

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

a hullám **terjedési sebessége** (fázissebesség).

A hullámokkal kapcsolatos legfontosabb jelenség az **interferencia**.

Alkalmazások pl.: a különböző sugárzások

UH, EMS megbeszélések (lásd a 2. szemeszterben).

Hullámok

Pl. „vízhullám”: direkt módon megfigyelhető.

Mert elég lassan változik (kis f) és elég nagy méretű (nagy λ).

A „fényhullám” nem ilyen.

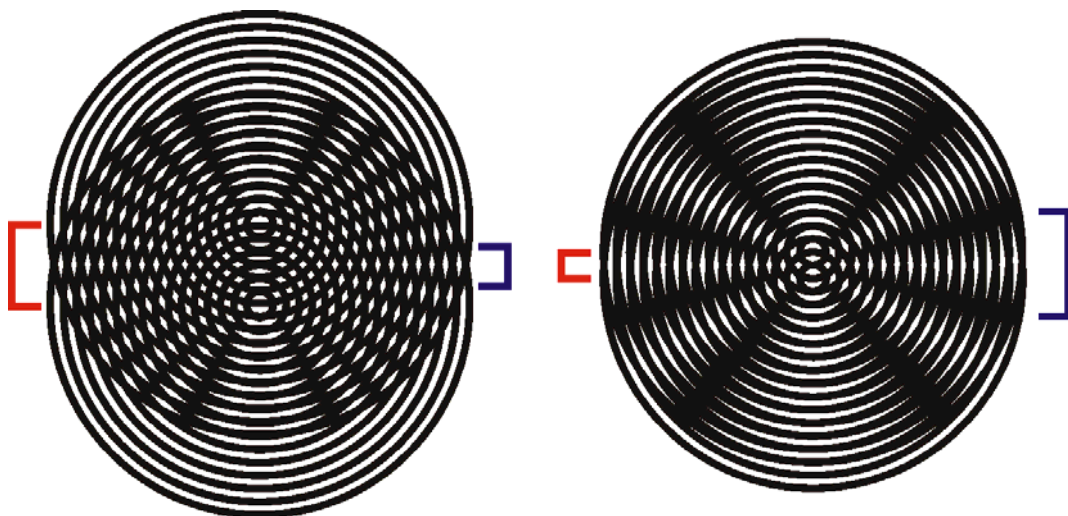
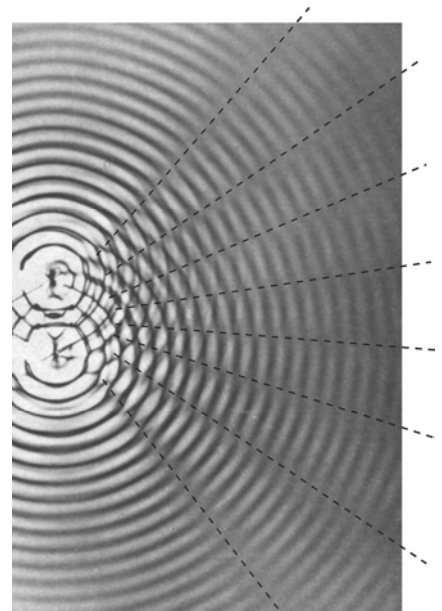
Bizonyos feltételek mellett **mintázatok** jöhetnek létre, amelyek időben nem, vagy csak lassan változnak, méretük pedig lényegesen nagyobb lehet, mint λ .

Fényinterferencia

Csak az esetlegesen létrejövő **mintázatok** figyelhetők meg.

Pontszerű források esetén a megfigyelhetőség feltételei:

1. koherens hullámok (pl. állandó fáziskülönbség, $\Delta\varphi = \text{áll.}$)
2. a források távolsága összemérhető λ -val.

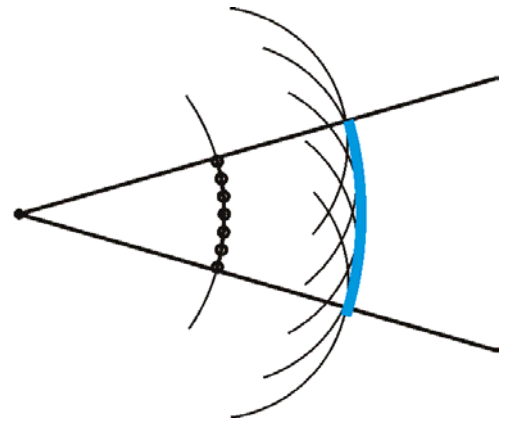


Kisebb forrástávolság (**piros jel**),
nagyobb méretű mintázat (**kék jel**).

Fizikai optika vagy hullámoptika (másik modell)

Alapja a Huygens–Fresnel-elv

A **Huygens-elv** szerint egy hullámfelület minden egyes pontjából elemi hullámok indulnak ki, az új hullámfelület ezen elemi hullámok közös burkolófelülete.

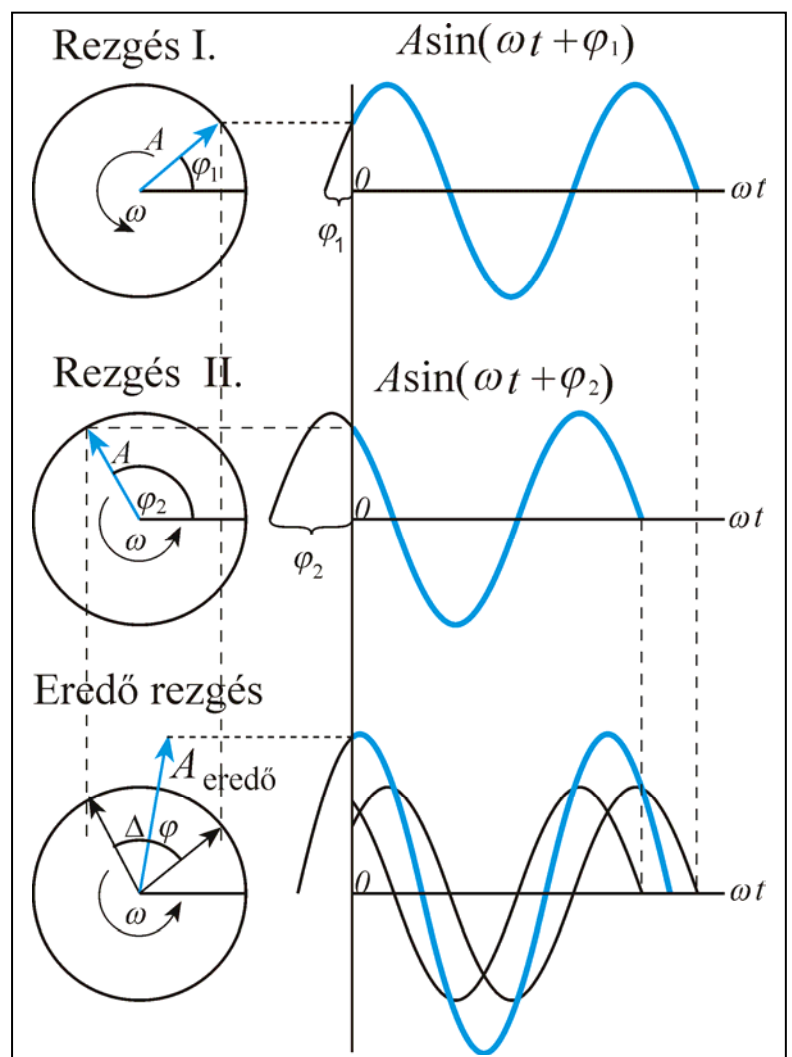


Fresnel ezt azzal egészítette ki, hogy az új burkolófelület létrejöttékor érvényesül a **szuperpozíció elve** is, ami nem más, mint annak a tapasztalati ténynek a kvantitatív megfogalmazása, hogy két hullám összetalálkozásakor zavartalanul keresztülhaladnak egymáson. **Interferálnak**.

Adott helyen a rezgési állapotokat forgó vektorokkal szemléltetjük:

Az eredő rezgés amplitúdóját ($A_{\text{eredő}}$) a komponensek (A) **vektori összege** adja meg.

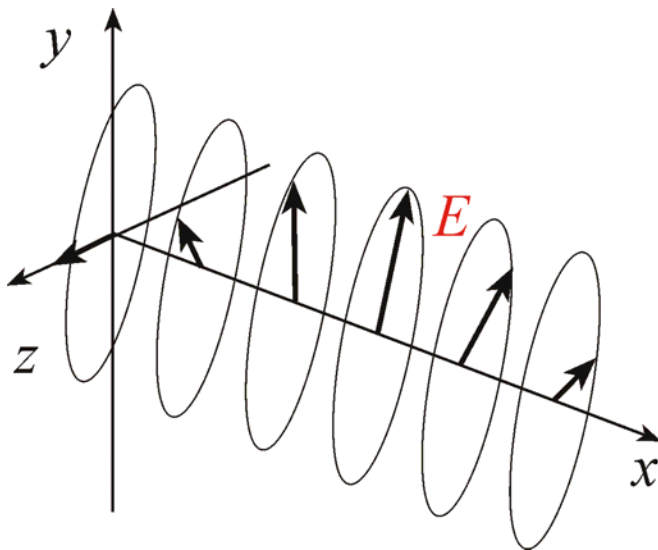
Alkalmazások:
Diffrakciós módszerek



A fény **elektromágneses hullám** transzverzális
 ezért **polarizálható** **lineárisan** polarizált fény
 vagy **síkban** polarizált fény



De van **elliptikusan** polarizált fény is.



Optikai anizotropia

Pl. „anizotrop anyagban” a megfelelő módon **lineárisan polarizált fény terjedési sebessége függ a terjedés irányától.**

Ennek oka az anyag struktúrájával kapcsolatos.

Következmények, alkalmazások: kettős törés, polarizációs mikroszkóp.

Dinamika

Mozgás, alakváltozás és ennek háttere

Newton: a **mozgás** természetes állapot.

A témakör egyik kulcsfontosságú fizikai mennyisége az **impulzus** (p), vagy **lendület**, vagy **mozgásmennyiség**.

Klasszikus esetben ez a test **tömegének** (m) és **sebességének** (v) szorzata.

$$p = mv$$

vektormennyiség

Newton törvényei

II. Az **impulzus megváltoztatásához erő** (F) szükséges.

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

vagy

$$\frac{\Delta m v}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma = F$$

Ha nincs erőhatás (ill. ha 0)

$$\Delta m v = 0, \text{ azaz } p = mv = \text{állandó.}$$

I. Az **impulzus megmaradó mennyiség** (impulzus megmaradás)
a **tehetetlenség törvénye**

III. $F = -F_{\text{ellen}}$ kölcsönhatás

Az erő és ellenerő mindig különböző testre hat.

hatás, ellenhatás törvénye

Alkalmazások pl.:

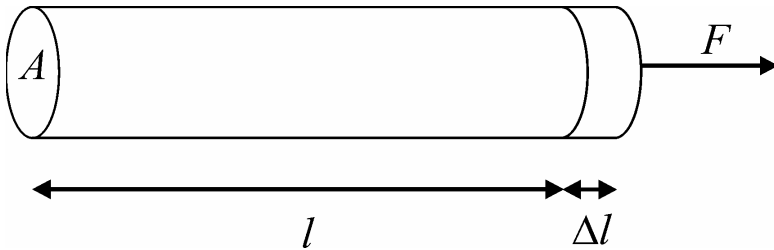
a szétsugárzás vagy annihiláció magyarázatakor
(lásd a 2. szemeszterben **PET**).

De

az **erő alakváltozást** (deformációt) is eredményezhet.

A legegyszerűbb alakváltozás a **megnyúlás**.

relatív megnyúlás: $\Delta l/l$.

Hooke-törvény

$$F = AE \frac{\Delta l}{l}$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l}$$

F/A a **mechanikai feszültség** (húzófeszültség), de

lehet nyomófeszültség vagy **nyomás** ($p[\text{Pa}]$)

Az együttható: rugalmassági, vagy Young modulus ($E[\text{Pa}]$)

Pl.

Kollagén rost 0,3–2,5 GPa, **csont** 10–20 GPa

Hasonló a rugó esetéhez: $F_{\text{kitérítő}} = Dx$ (ha $x \equiv \Delta l$, és $D \equiv AE/l$)

Általánosabban (összenyomás):

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

K a **kompressziómodulus**,

$1/K = \kappa$ a **kompresszibilitási együttható** (pl. $\kappa_{\text{acél}} = 0,006 \text{ GPa}^{-1}$)

Newton törvényei forgó mozgás esetében

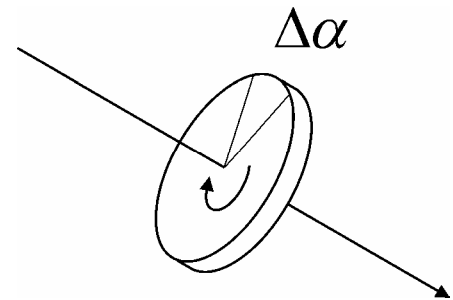
az impulzus, vagy lendület ($m v$) mintájára bevezethető az **impulzusmomentum**, vagy **perdület** ($\Theta \omega$) ahol

Θ a **tehetetlenségi nyomaték**, a forgó test tehetetlenségének mértéke,

ω a **szögsebesség**,

$$\omega = \frac{\Delta \alpha}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

periódusidő (T), **frekvencia** (f)
(ω **körfrekvencia**)



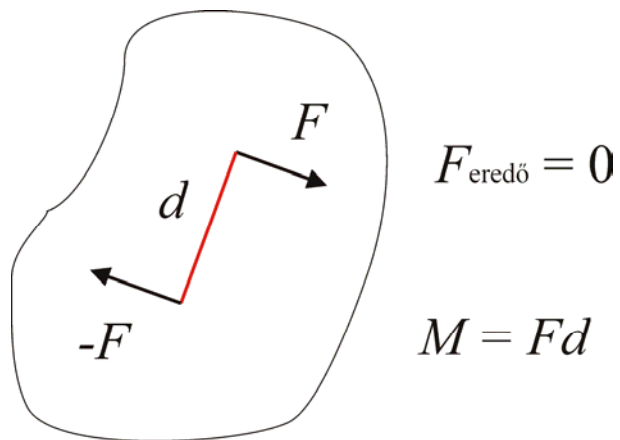
I. $\Theta \omega = \text{állandó}$ (perdület megmaradás; lásd: **forgó jégtáncos**)

II. Megváltoztatásához **forgatónyomaték** (M) szükséges

$$\frac{\Delta \Theta \omega}{\Delta t} = M$$

Egyensúly csak akkor, ha

$F_{\text{eredő}} = 0$ **és** $M_{\text{eredő}} = 0$
egyszerre teljesül.



Ekkor: $m v = \text{állandó}$

és $\Theta \omega = \text{állandó}$

Illetve

Sztatika (statika)

Lásd pl: orthopaedia

