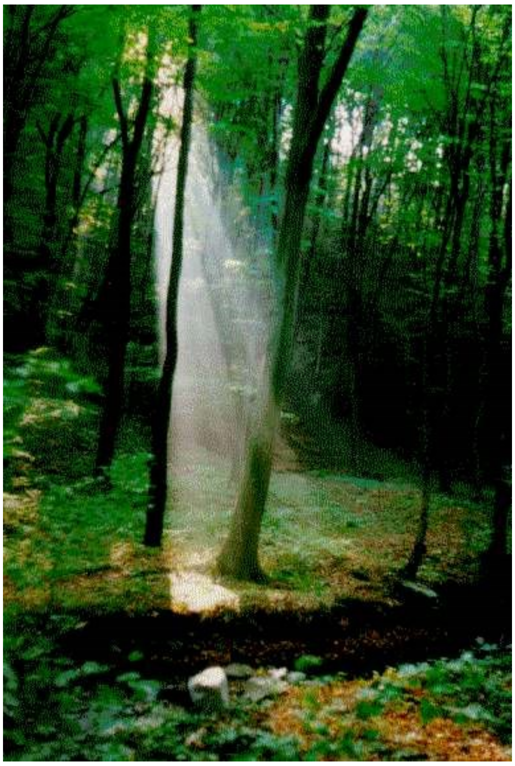
Optika

Mi a fény?



Látható elektromágneses sugárzás.

Geometriai optika (modell)

Fénysugár: igen vékony párhuzamos fénynyaláb

Ezt a modellt használva az optikai jelenségek széles körének magyarázata egyszerű **geometriai problémák** megoldásaként adható meg.

1. egyenes vonalú terjedés törvénye
2. visszaverődési törvény $\alpha = \alpha'$
3. törési törvény

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

A beeső fénysugár, a beesési merőleges és a visszavert, illetve a megtört fénysugár egy síkban van.

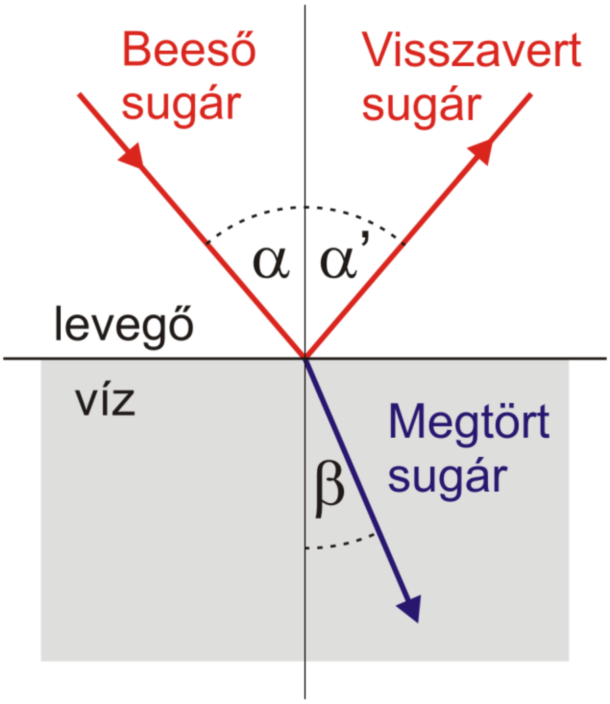
Minden szöget a beesési merőlegestől mérünk!

***

Mindez egyetlen elvből következik!

Fermat-elv

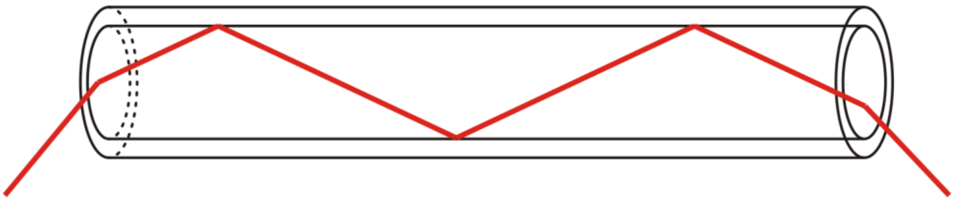
A **„legrövidebb idő elve”**: két pont között a geometriailag lehetséges utak közül a fénysugár a valóságban azt a pályát követi, amelynek megtételéhez a legrövidebb időre van szüksége.



$$\frac{\sin\frac{\pi}{2}}{\sin\beta_h}=\frac{1}{\sin\beta_h}=\frac{n_2}{n_1}$$

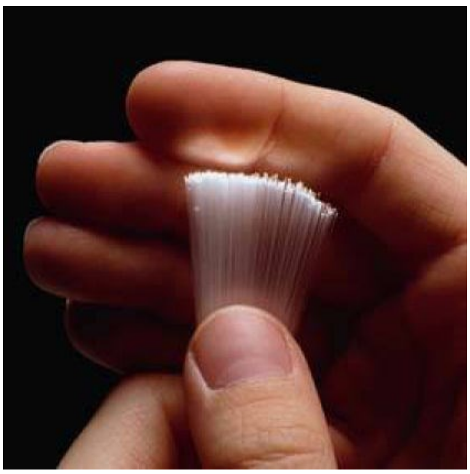
If $\beta > \beta_h$

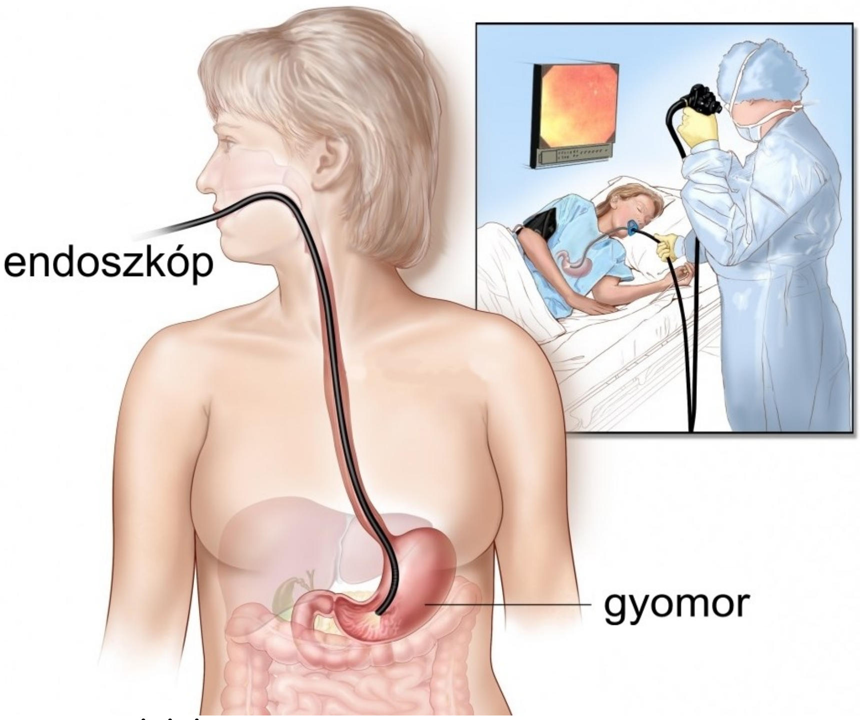
Teljes visszaverődés



$n_{belső} > n_{külső}$

Alkalmazások: Optikai „szál”, optikai rost, (endoszkópia)

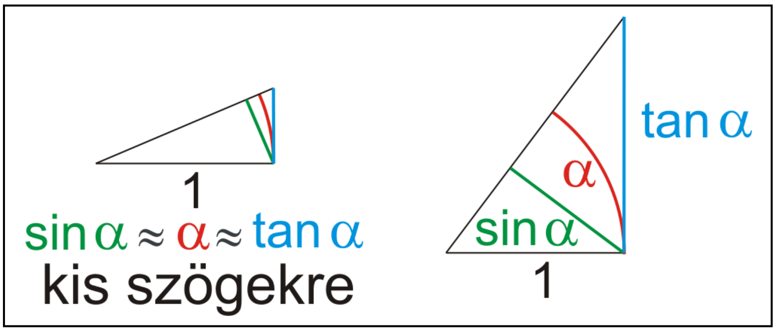




***

Egyszerű görbült felület leképezése (r sugarú gömb):

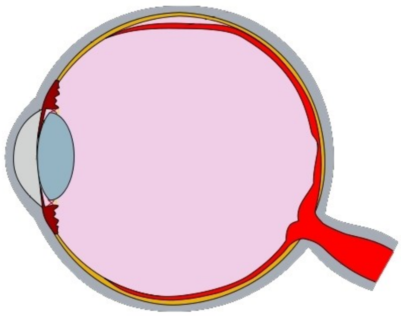
$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\boxed{\frac{n_2}{n_1}\approx\frac{\alpha}{\beta}}$$



Ebben az esetben a törőerősség:

$$\frac{n_1}{t}+\frac{n_2}{k}=\frac{n_2-n_1}{r}=D$$

Alkalmazás: az emberi szemre
Pl. a szaruhártya törőerőssége



közeg	***r*** [mm]	***n***	***n'-n***	***D*** [dpt]
levegő		1		
			0,37	48
szaruhártya	7,7	1,37		

***

Két görbült felület leképezése:

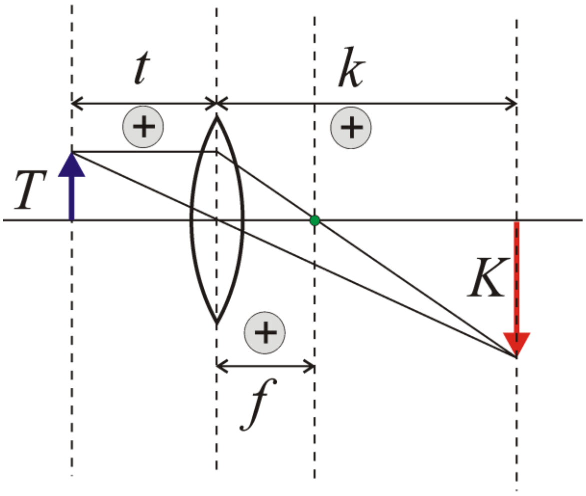
Lencsetörvény:

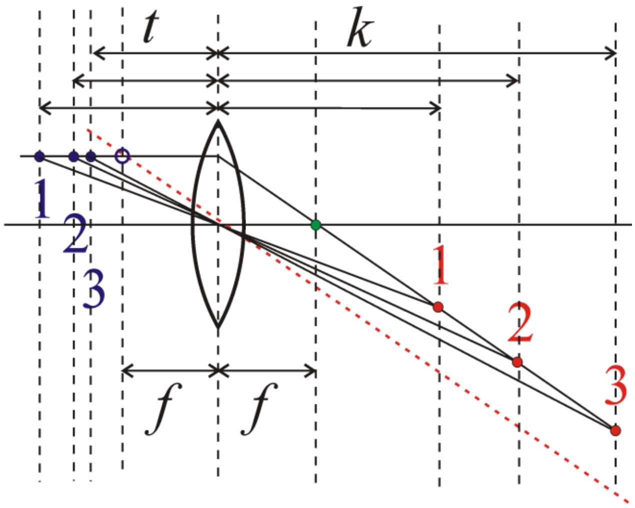
$$\frac{1}{t}+\frac{1}{k}=\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)$$

r_1, $-r_2$
a lencse görbületi sugarai,

n pedig a törésmutatója

Képalkotás lencsékkel (vékony lencse közelítés)

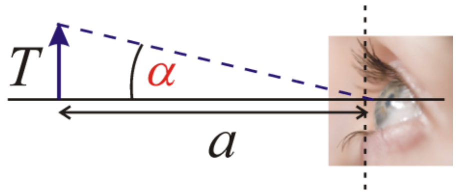




az optikai tengelyhez közeli ún. paraxiális sugarakra

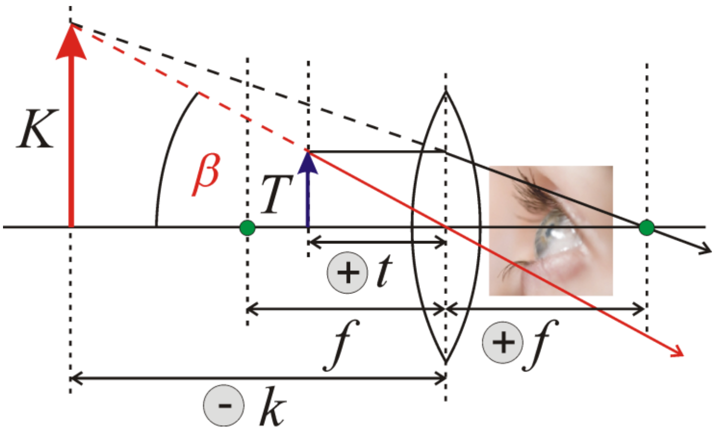
Egyszerű nagyító
Két esetet kell összevetnünk: a T tárgyat

1. lencse nélkül a tisztánlátás távolságából ($a \approx 25$ cm) nézve α szög alatt látjuk



2. lencsével t távolságból nézve β szög alatt látjuk

K virtuális kép



Szögnagyítás (definíció):

$$N = \frac{tg\beta}{tg\alpha}$$ és felhasználjuk, hogy $$\frac{1}{t} = \frac{1}{f} - \frac{1}{k}$$

Az egyszerű nagyító esetében:

$$N = \frac{tg\beta}{tg\alpha} = \frac{\frac{T}{t}}{\frac{T}{a}} = \frac{a}{t} = a\left(\frac{1}{f} - \frac{1}{k}\right)$$

Két praktikus választás lehetséges:

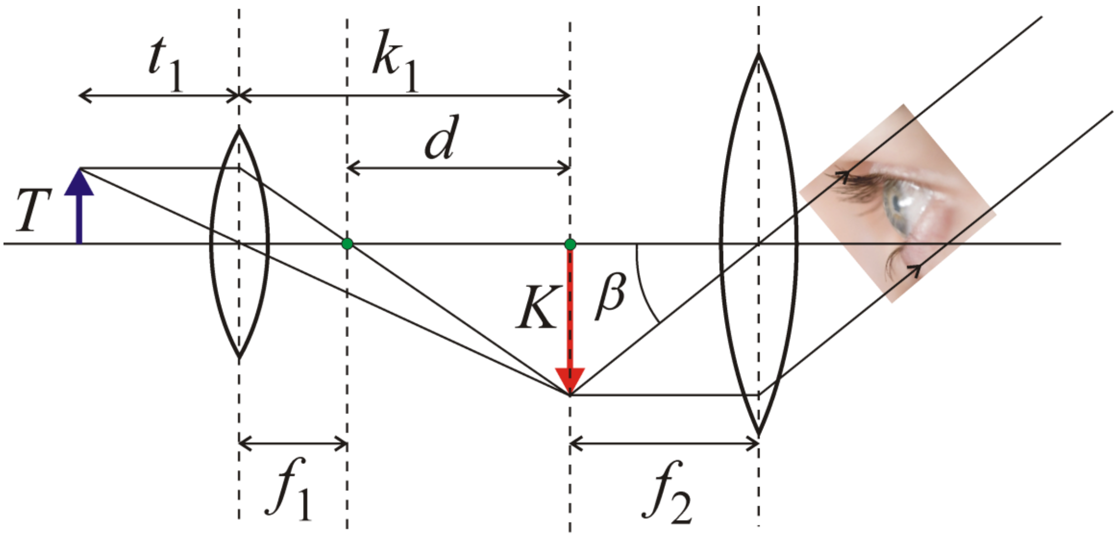
I. ha $k = -a$ akkor $N = \frac{a}{f} + 1$,

II. ha $k = -\infty$ akkor $N = \frac{a}{f}$

Az I. esetben akkomodált,
a II.-ban nem akkomodált – végtelenbe tekintő – szemmel nézünk,
ilyenkor $t = f$.

***

Lencserendszerek (1) mikroszkóp



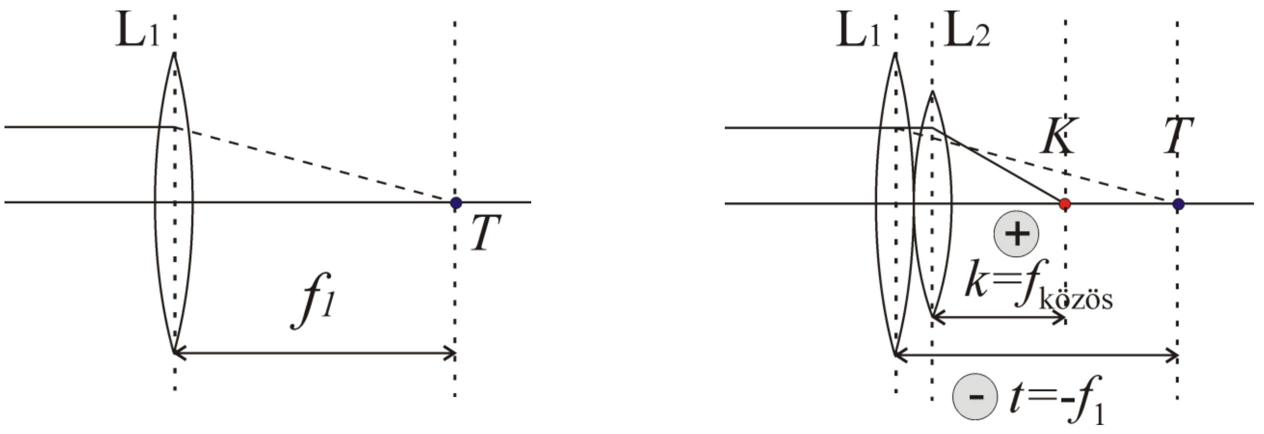
Nem akkomodált szemmel nézünk:

A mikroszkóp szögnagyítása:

$$N = \frac{tg\beta}{tg\alpha} = \frac{da}{f_1 f_2}$$

Lencserendszerek (2) **törőerősség**

Mekkora a közös fókusztávolsága két szorosan egymás mellé helyezett lencsének $\{L_1(f_1), L_2\,(f_2)\}$?



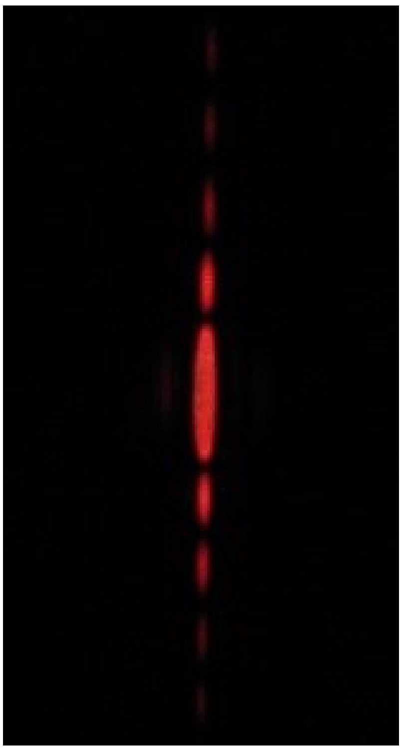
T-re, mint virtuális tárgyra alkalmazzuk a lencsetörvényt

$$-\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_{\text{közös}}}=\frac{1}{f_2} \qquad \frac{1}{f_{\text{közös}}}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}=D_{\text{közös}}=D_1+D_2$$

A törőerősségek összeadódnak [1/m], dioptria, [dpt].
Alkalmazások: szemüvegek, kontakt lencsék.

***

Van, amit nem tudunk így megmagyarázni:



Interferencia (két vagy több hullám találkozása egymással)

a hullámokkal kapcsolatos legfontosabb jelenség

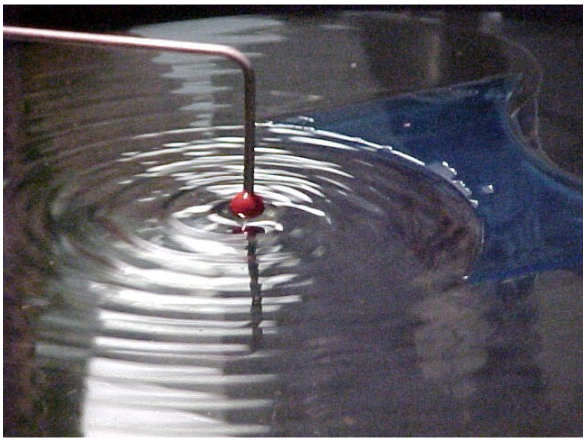
Pl. „vízhullám”: közvetlenül megfigyelhető.
Mert elég lassan változik (kis f) és elég nagy méretű (nagy λ).

A „fényhullám” nem ilyen.

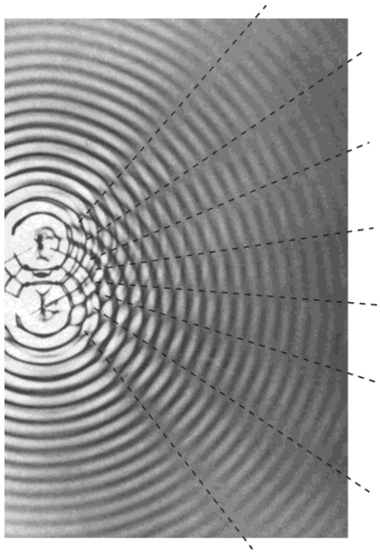
Mikroszkopikus (rövid λ);
gyorsan változik (nagy f)

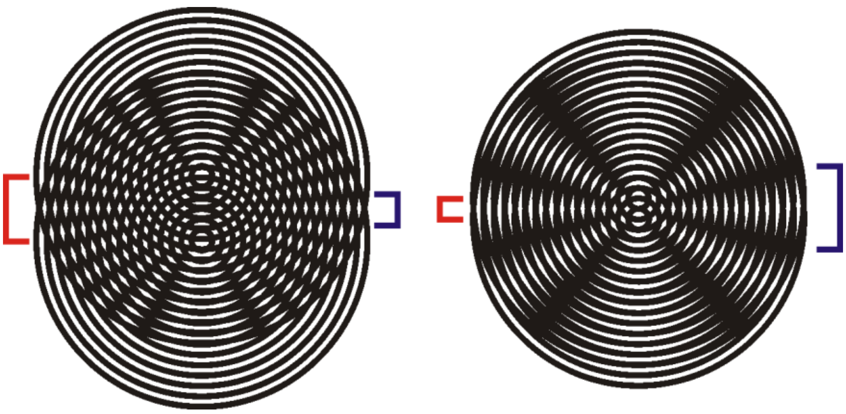
Bizonyos feltételek mellet mintázatok jöhetnek létre, amelyek időben nem változnak, méretük pedig lényegesen nagyobb mint λ.

Inkoherens és koherens hullámok



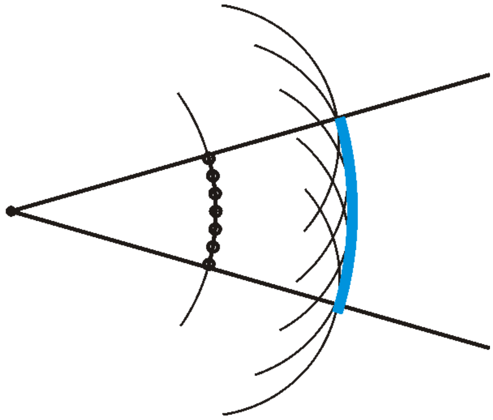
A koherens hullámok térben és időben szabályozottan keltődnek, valamilyen módon szinkronizáltak.





Fizikai optika vagy hullámoptika (másik modell)

Alapja a **Huygens–Fresnel-elv**



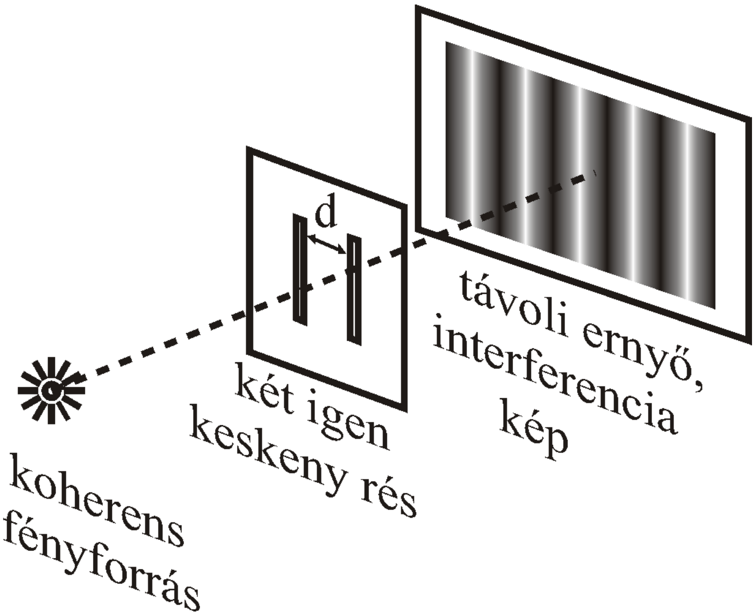
A Huygens-elv szerint egy hullámfelület minden egyes pontjából elemi hullámok indulnak ki, az új hullámfelület ezen elemi hullámok közös burkolófelülete.

Az egyenes vonalú fényterjedés, a fényvisszaverődés és a fénytörés törvényei ennek alapján is leírhatók.

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

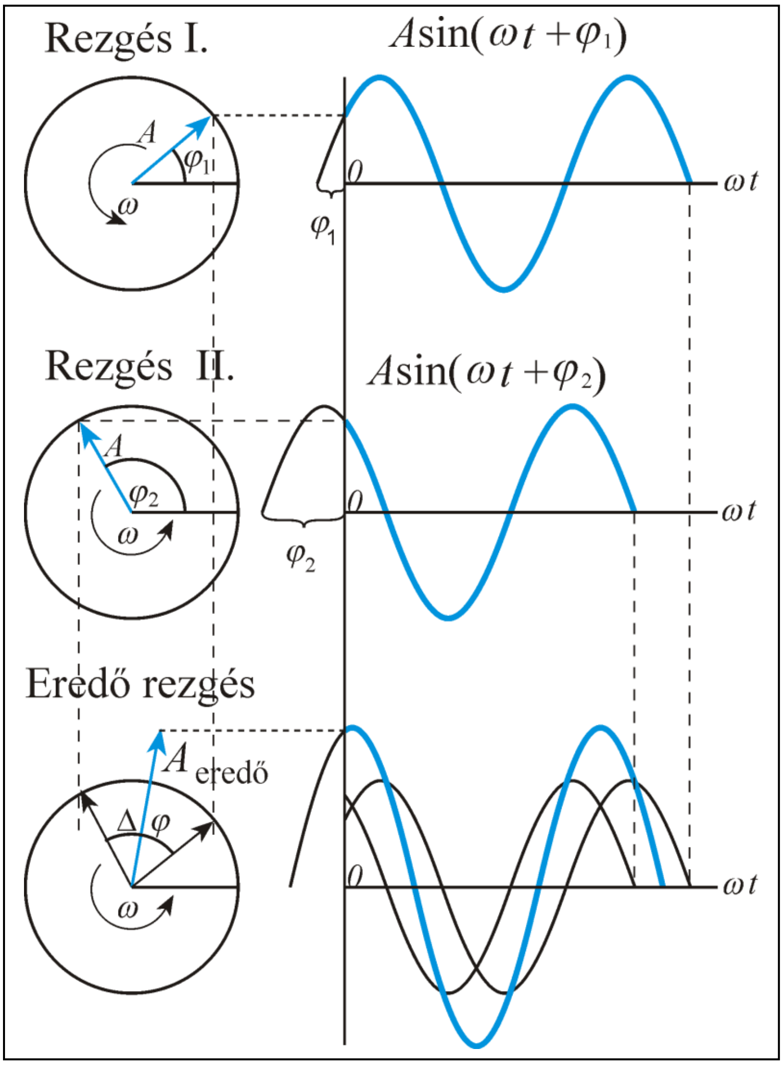
Tipikus fényinterferencia kísérlet és mintázat:

„Fényelhajlás” **két résen**
(Young-féle kísérlet)
(diffrakció)



Az erősítések és gyengítések helyeit a fáziskülönbség ($\Delta\varphi$) határozza meg.

Adott helyen a rezgési állapotokat forgó vektorokkal szemléltetjük:

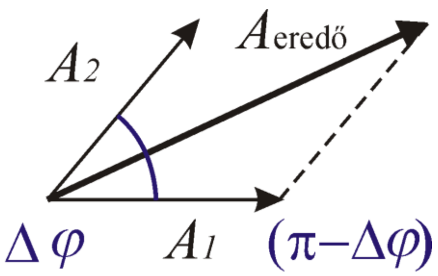


Az eredő rezgés amplitúdóját ($A_{\text{eredő}}$) a komponensek (A) vektori összege adja meg.

Szemünk nem az amplitúdókat, hanem a négyzetükkel arányos fényteljesítményeket (P) „érzékeli".

Mivel $A_{\text{eredő}}^2 \sim P_{\text{eredő}}$, és $A_{\text{eredő}} = A_1 + A_2$ ezért $\boldsymbol{P_{\text{eredő}} \neq P_1 + P_2}$.

Két vektor (A_1, A_2) eredője ($A_{\text{eredő}}$), illetve annak négyzete, ha a köztük lévő szög $\Delta\varphi$:



$P \sim A^2_{\text{eredő}} = A^2_1 + A^2_2 - 2A_1 A_2\cos(\pi\text{-}\Delta\varphi)$ (koszinusz tétel)

$P \sim A^2_{\text{eredő}} = A^2_1 + A^2_2 + 2A_1 A_2\cos\Delta\varphi$

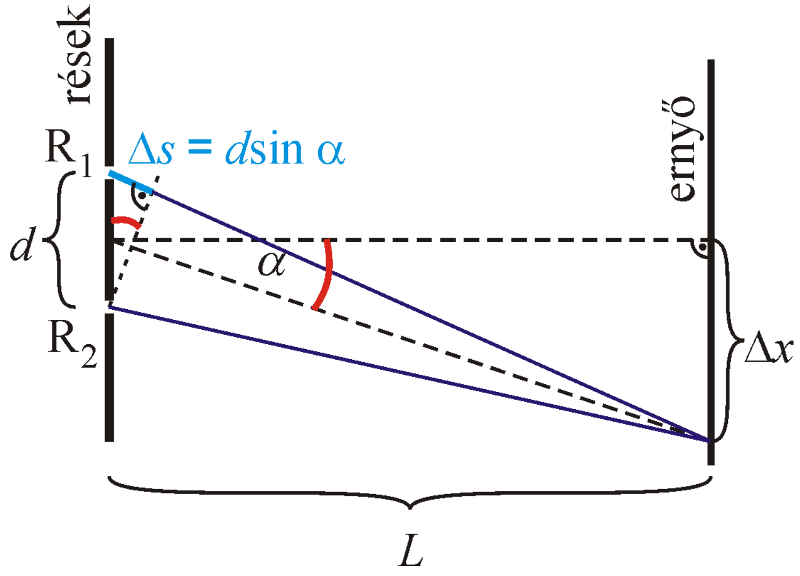
Ha $A_1 = A_2 = A$, akkor $A^2_{\text{eredő}} = 2A^2 (1 + \cos\Delta\varphi)$

A fázisküLönbséget ($\Delta\varphi$) az útkülönbség (Δs) és a hullámhossz (λ) viszonya szabja meg.

Ha $L >> d$,

akkor az útkülönbség

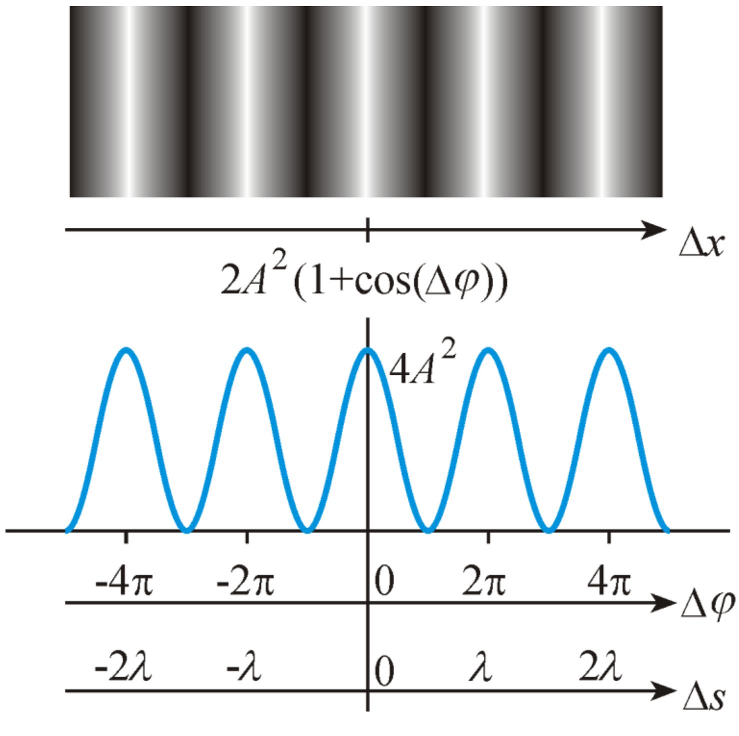
$$\Delta s = d\sin\alpha.$$



A fáziskülönbség pedig:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta s = \frac{2\pi}{\lambda} d\sin\alpha \approx \frac{2\pi}{\lambda} d\tan\alpha = \frac{2\pi}{\lambda} d\frac{\Delta x}{L}$$

Szemléltetés:



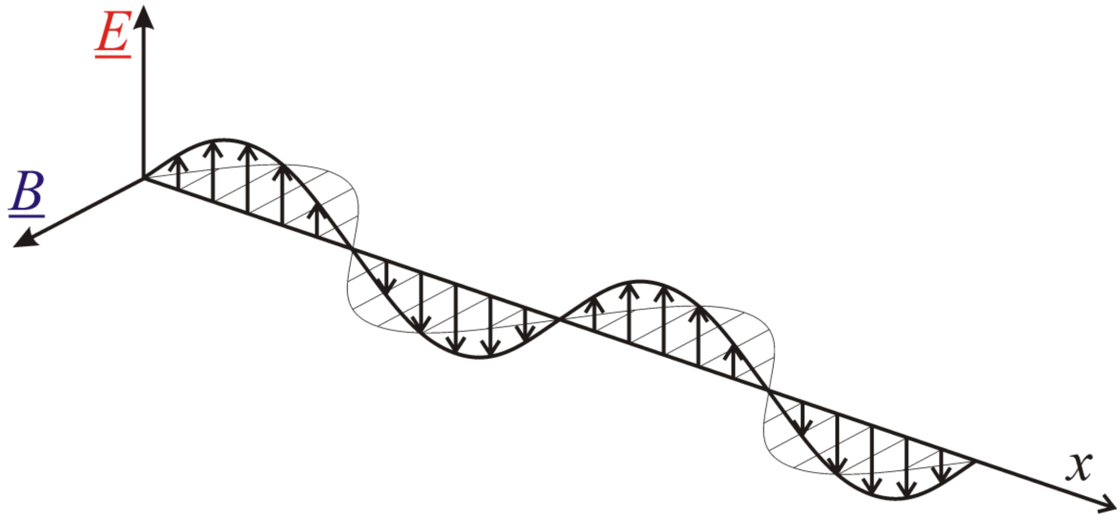
Maximumok figyelhetők meg a

$\Delta\varphi = 2k\pi$ vagy $\Delta s = k\lambda$; k = 0, 1, 2,… feltételnek megfelelő helyeken.

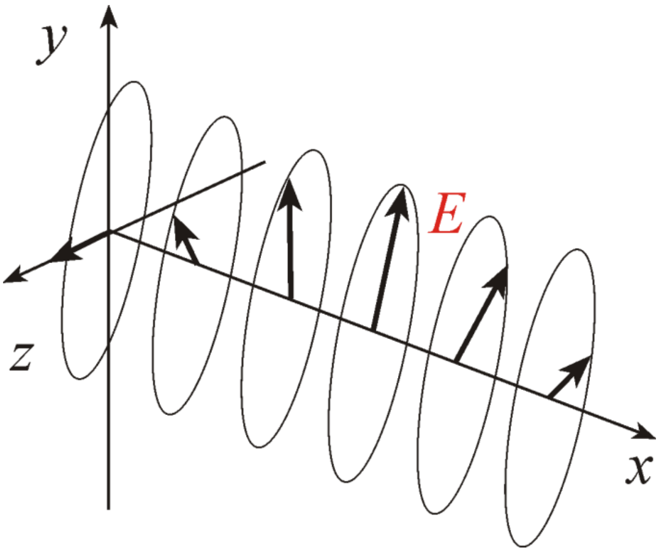
Alkalmazások: a mikroszkópok feloldóképességének meghatározásánál.

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 megfelelően módon lineárisan polarizált fény terjedési sebessége függ a terjedés irányától. Ennek oka az anyag struktúrájával kapcsolatos.

Következmények, alkalmazások: kettős törés, polarizációs mikroszkóp.