

# Fizikatörténet

## Az optika története

Horváth András  
SZE, Fizika és Kémia Tsz.

**v 1.5**

## Ősi eredmények

### Ősi megfigyelések:

- A látással nagy távolságból szinte azonnal információt szerzünk.
- A tárgyak el tudják egymást takarni: egyenes vonalú terjedés.
- A látás közvetítője nem egy megfogható anyag.
- A látást módosítják az átlátszó anyagok.

### Elterjedt elképzelés:

- Egyenes vonalban terjedő „sugarak” okozzák a látást.
- A látásban a fényforrás és az ember is fontos szerepű.



## Ókori lencsék

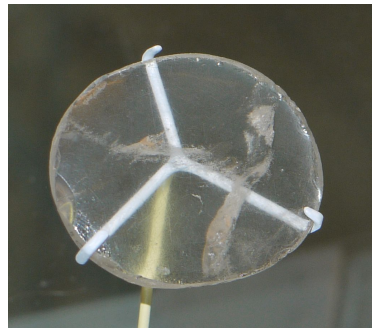
Több ókori görög író is említi, hogy **kristályból csiszolt tárgyakat használtak látásjavításra.**

Legrégebbi ismert lencse: „**Nimrud lens**”.

- Kor: i.e. 710–750.
- Lelőhely: Nimrud városa, Asszíria.
- Átmérő: 38 mm.
- Fókusz távolság: kb. 12 cm.

Amire alkalmas lehetett: nagyítás, tűzgyújtás.

(Egyesek szerint távcső is építhető lenne ilyenekből, de erre semmi bizonyíték nincs.)



Ilyen lencsék tapasztalati alapon is készíthetők!

# Ókori elméletek

A görögök elméletei maradtak fenn. Nincs teljes elmélet a látás magyarázatára.

## A szemből kiinduló letapogató nyaláb okozza a látásérzetet?

- Pitagorasz, Empedoklész: A szemből kiinduló, tűz jellegű valami okozza.
- Miért nem látunk éjszaka? Mert nem elég a szemből kiinduló sugár, annak kapcsolatba kell lépni a fényforrásokkal is.

# Ókori elméletek

A görögök elméletei maradtak fenn. Nincs teljes elmélet a látás magyarázatára.

## A szemből kiinduló letapogató nyaláb okozza a látásérzetet?

- Pitagorasz, Empedoklész: A szemből kiinduló, tűz jellegű valami okozza.
- Miért nem látunk éjszaka? Mert nem elég a szemből kiinduló sugár, annak kapcsolatba kell lépni a fényforrásokkal is.

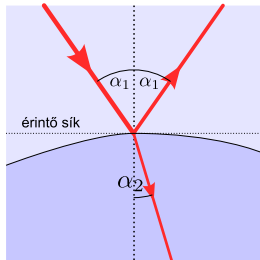
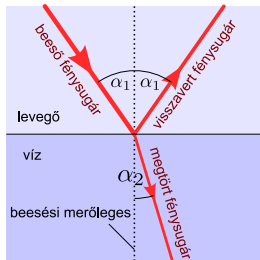
## A fényforrásokból indul ki valami, ami terjed és ezt okozza a látást?

- Epikurosznál bukkan fel.
- Eukleidész:
  - milyen alakúnak látszanak a tárgyak különböző irányokból
  - árnyékok alakja
  - visszaverődés sík felületről: azonos szög alatt

# Ókori elméletek: visszaverődés és törés

Eukleidész: **Beesési és visszaverődési szög egyenlő.** ( $\alpha_1$ )

- Helyes visszaverődési törvény.
- Sík- és gömbtükrök működésének közelítő megértése.



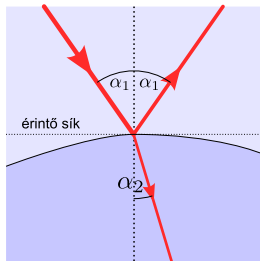
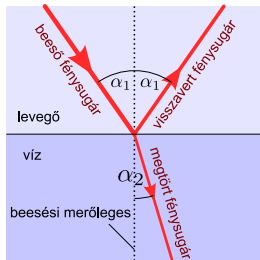
# Ókori elméletek: visszaverődés és törés

Eukleidész: **Beesési és visszaverődési szög egyenlő.** ( $\alpha_1$ )

- Helyes visszaverődési törvény.
- Sík- és gömbtükrök működésének közelítő megértése.

Ptolemaiosz fénytörési törvénye:  $\alpha_1/\alpha_2 = \text{áll.}$

- **Nem pontos törvény!** (Kis szögekre közelítőleg igaz.)
- Valószínűleg néhány mérésen és azok számításos kiegészítésén alapul.
- A lencsék működésének alapjai megérthetők ez alapján: a fókuszálás oka érthető, pontos számítások nem végezhetők.



# Ókori elméletek: visszaverődés és törés

Eukleidész: **Beesési és visszaverődési szög egyenlő.** ( $\alpha_1$ )

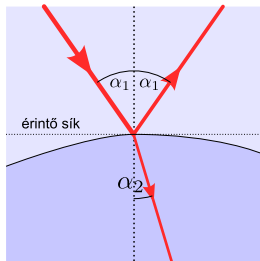
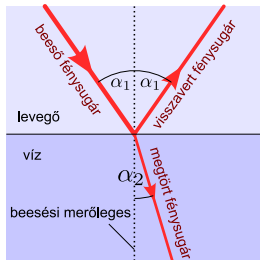
- Helyes visszaverődési törvény.
- Sík- és gömbtükrök működésének közelítő megértése.

Ptolemaiosz fénytörési törvénye:  $\alpha_1/\alpha_2 = \text{áll.}$

- **Nem pontos törvény!** (Kis szögekre közelítőleg igaz.)
- Valószínűleg néhány mérésen és azok számításos kiegészítésén alapul.
- A lencsék működésének alapjai megérthetők ez alapján: a fókuszálás oka érthető, pontos számítások nem végezhetők.

**Gond az ókori gyártástechnikával:**

- Az üvegek nem tiszták, buborékosak.
- A tükrök nem teljesen simák, homályosak.





## A kezdetek: a szemüveg alkalmazása

- Az ókori eredményekre alapoznak.
- Fejlődő üveggyártás, megmunkálás: segíti az eszközök előállítását.
- Eleinte (8–12. szd.) az arab nyelvű területeken folyik aktívabb tevékenység.

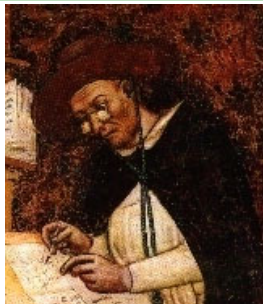
## A kezdetek: a szemüveg alkalmazása

- Az ókori eredményekre alapoznak.
- Fejlődő üveggyártás, megmunkálás: segíti az eszközök előállítását.
- Eleinte (8–12. szd.) az arab nyelvű területeken folyik aktívabb tevékenység.

**Szemüveg:** 13. szd-ban kezd elterjedni.  
(Gyártástechnika.)

Felfedező: Roger Bacon vagy Giordano da Pisa.

Kísérleti alapon működő látásjavítás: az ókori szerzők alapján nagyjából értik az elméletet, de a megfelelő szemüveget próbálgatással találják meg.



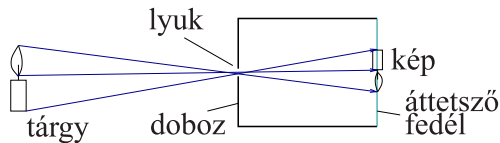
**Pozitív hatás:** motiválja az elméleti és kísérleti fejlesztést.

## A kezdetek: a lyukkamera (camera obscura)

**Fontos eszköz a fény természetének megértésében!**

Ötlet: egy dobozon egy kicsi lyukat hagyunk csak a fénynek.

A fénysugarak a doboz belsejében kirajzolják a külvilág fordított állású képét.

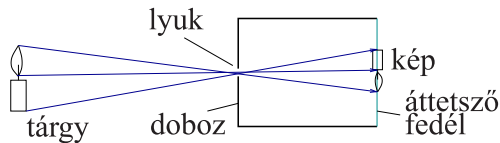


## A kezdetek: a lyukkamera (camera obscura)

**Fontos eszköz a fény természetének megértésében!**

Ötlet: egy dobozon egy kicsi lyukat hagyunk csak a fénynek.

A fénysugarak a doboz belsejében kirajzolják a külvilág fordított állású képét.

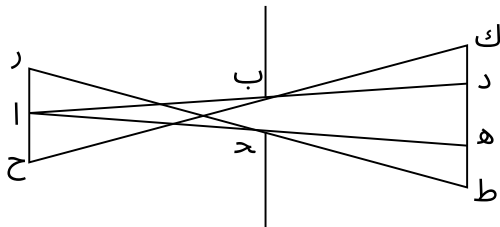


Ókori megfigyelések: kis lyukakon átsütő napfény nem a lyuk alakját, hanem a napkorongot rajzolja ki.

Eukleidész: az egy pontból induló, szemünkbe bejutó fények kis kúpokat alkotnak.

Első direkt leírások: 11. század

- **Ibn al-Haytham**: Pontos leírás, magyarázat. (jobb oldali ábra)
- **Shen Kuo**: Lyukkamera leírása, hasonlítása a homorú tükör hatásához.

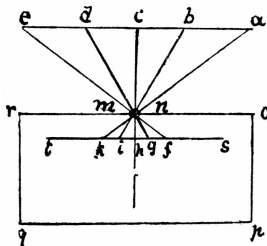


## A kezdetek: a lyukkamera (camera obscura)

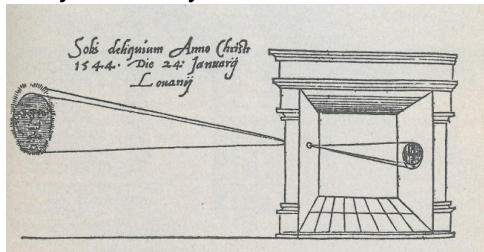
A 12. századtól kezdve Európában is sokan tanulmányozzák a lyukkamerát.



Roger Bacon (?) rajza (12. szd.)



Leonardo rajza (1502)



Gemma Frisius rajza (1545)

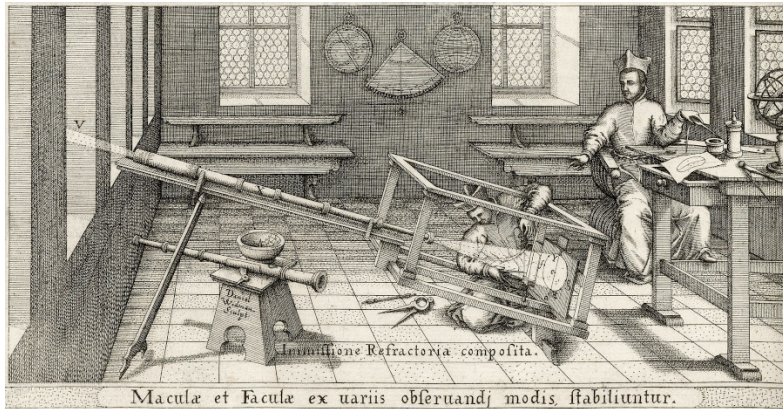
Fontos szerep:

- **Fénysugár** fogalmának kialakulása.
- **Szem megértésének** segítése.
- **Perspektivikus, valóság-hű ábrázolás** kialakulása.

## Lencsés vetítések

Kepler lencsével kombinálja a lyukkamerát: hordozható doboz, tájképek rajzolása.

Scheiner távcsővel vetíti ki a Nap képét: napfoltok pontos tanulmányozása.



(Galilei erre nem jött rá, sokszor belenézett a Napba, ami károsította a szemét.)

## Az első komoly eredmények az 1600-as évek elején

### AFKT 3.5.1

Az optikai fejlesztések két motorja: távcső és az emberi szem kutatása.

### Távcső:

- Első bejegyzett szabadalom: **Hans Lippershey**, 1608, Hollandia.
- **Galileo Galilei** tökéletesíti, alkalmazza és népszerűsíti.
- Elterjed: katonai, tengerészeti alkalmazás.
- **Johannes Kepler**: Jobb távcsőfajta építése.

## Az első komoly eredmények az 1600-as évek elején

### AFKT 3.5.1

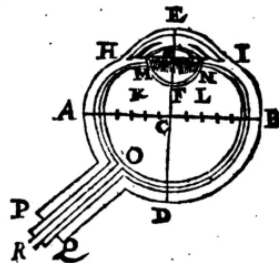
Az optikai fejlesztések két motorja: távcső és az emberi szem kutatása.

#### Távcső:

- Első bejegyzett szabadalom: **Hans Lippershey**, 1608, Hollandia.
- **Galileo Galilei** tökéletesíti, alkalmazza és népszerűsíti.
- Elterjed: katonai, tengerészeti alkalmazás.
- **Johannes Kepler**: Jobb távcsőfajta építése.

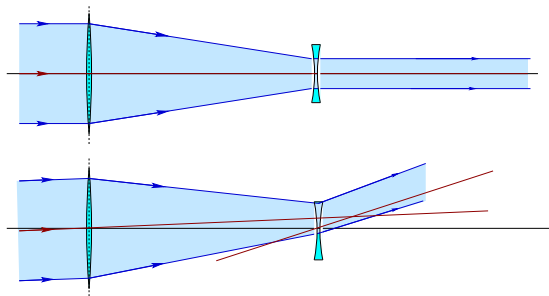
#### Emberi szem és látás:

- **Christoph Scheiner**: Állati és emberi szemek kísérleti vizsgálata. (Jobbra: Scheiner rajza az emberi szemről.)
- **Johannes Kepler**: A szem további vizsgálata, szemlencse pontos leírása.

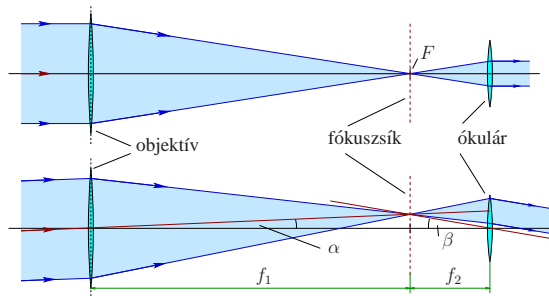




## Galilei és Kepler-távcső



Galilei-távcső szerkezete



Kepler-távcső szerkezete

A Galilei-távcső rövidebb, egyenes állású képet ad, de a Kepler-távcső nagyobb nagyításra képes és kevésbé torzít.

(Ma csillagászati célra nem használunk Galilei-távcsövet.)

## Kepler optikai munkái

Történeti érdekesség: Kepler eredetileg Galileitől kért távcsövet, amikor hallott kutatásairól. Galilei nem küldött neki.

Ezért kezdett el Kepler saját távcső építésébe fogni, ami jobb lett, mint Galileié...

## Kepler optikai munkái

Történeti érdekesség: Kepler eredetileg Galileitől kért távcsövet, amikor hallott kutatásairól. Galilei nem küldött neki.  
Ezért kezdett el Kepler saját távcső építésébe fogni, ami jobb lett, mint Galileié...

---

### Johannes Kepler:

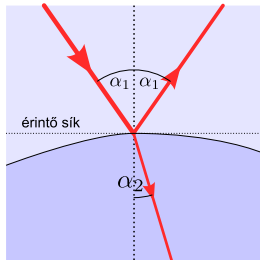
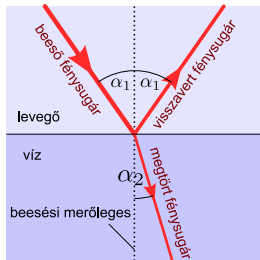
- Kísérletek:  $\alpha_1/\alpha_2$  csak kis szögekre állandó. (Ptolemaiosz pontatlan volt.)
- **Fókuszpont fogalma.**
- Szemüvegek elmélete és jobb szemüvegek konstruálása.
- Jobb távcső építése, **elméleti magyarázata.**
- Teljes visszaverődés jelensége.
- Lyukkamera (camera obscura) részletesebb leírása.

## A fénytörés törvényének felfedezése

Ptolemaiosz ókori töréstörvénye:  $\alpha_1/\alpha_2 = \text{állandó}$ .  
Többen sejtik, hogy ez nem pontos.

**Ibn Sahl** (940–1000): pontos töréstörvény geometriai megfogalmazásban.

A törvény jó, de ebben a formában nehéz alkalmazni.





# Descartes fénytörés-modellje

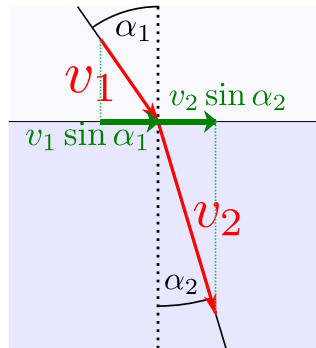
## Descartes modellje: a „szinuszok törvényének” magyarázata.

- a fényben **kis részecskék** repkednek
- ezeknek egy **adott közegben mindig azonos a sebességük nagysága**
- közeghatáron áthaladva **a felülettel párhuzamos komponens megmarad**, csak a merőleges változik.

Eredmény:  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_2}{v_1} = \text{áll.}$

Megpróbálja megmérni a fény sebességét, de nem sikerül: túl gyors.

A modell akkor ad helyes eredményt, ha **üvegben gyorsabb a fény, mint levegőben**.  
(Ma már tudjuk, hogy ez téves! Descartes modellje csak véletlenül ad jó eredményt.)



## Descartes optikai eredményei (1637)

Descartes előtt a lencse csiszolás és szemüveg készítés tapasztalati alapon történt. Ezért **gyakran torz volt a kép:**

- nagyobb lencsék esetén
- a látómező széle felé

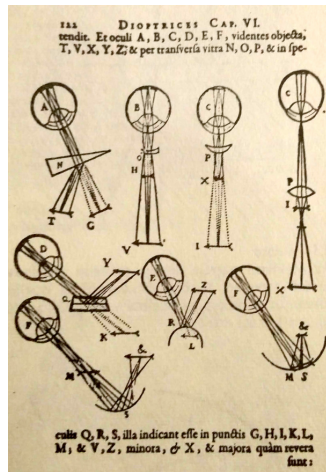
## Descartes optikai eredményei (1637)

Descartes előtt a lencse csiszolás és szemüveg készítés tapasztalati alapon történt. Ezért **gyakran torz volt a kép**:

- nagyobb lencsék esetén
- a látómező széle felé

### Koordináta geometria + törési törvény:

- **Tökéletes lencsék szerkesztése.**  
Nem a gömb a tökéletes alak! Descartes pontosan leírja ezeket negyedrendű görbékkel.
- **Szemüvegek elmélete.**  
Lényegében a mai homorú-domború lencsealakok kitalálása.
- **Szivárvány magyarázata.**





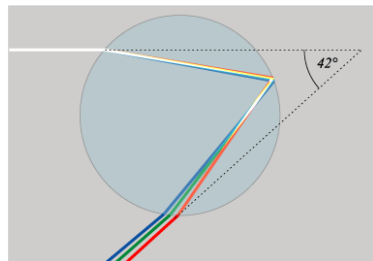
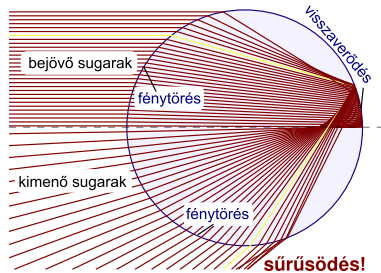
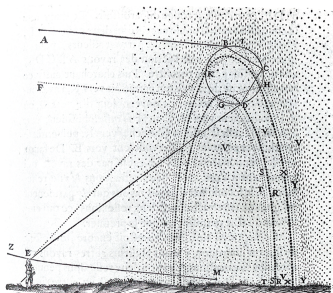
## Szivárvány magyarázata



A jelenség oka: gömb alakú **vízcspepeken való fénytörés**.

Ez régóta ismert volt, de a **részletes magyarázat Descartestől származik**.

## A szivárvány magyarázata



A cseppről visszavert sugarak bizonyos irányokban sűrűsödnek. Innen erősebb fényt látunk.

A törésmutató színfüggő, ezért az erősítési irányok szín szerint eltérőek.

**Descartes helyesen végig is számolta!** (És kísérletekkel is igazolta.)

## Pierre de Fermat magyarázata a fénytörésre

**Pierre de Fermat (1601–1665):**

Főként matematikával foglalkozik:

- koordináta-geometria (Descartessel egy időben)
- differenciálszámítás
- valószínűségszámítás
- számelmélet

---

Optikai törvény:



## Pierre de Fermat magyarázata a fénytörésre

**Pierre de Fermat (1601–1665):**

Főként matematikával foglalkozik:

- koordináta-geometria (Descartessel egy időben)
- differenciálszámítás
- valószínűségszámítás
- számelmélet

---

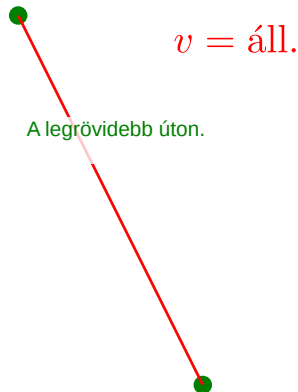
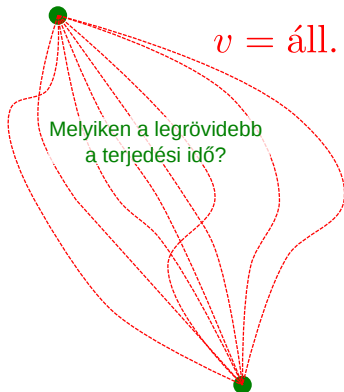
Optikai törvény:

**Fermat-elv (1662):** a fény a végtelen sok lehetséges terjedési út közül azokon terjed, melyeken a terjedési időnek lokális minimuma van.

(Furán hangzik, de igaznak bizonyult!)



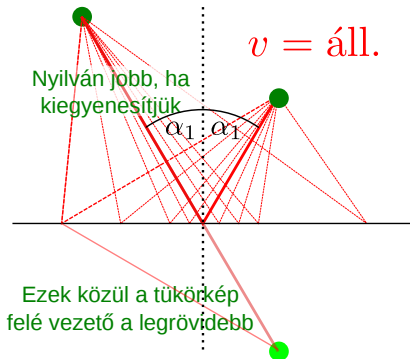
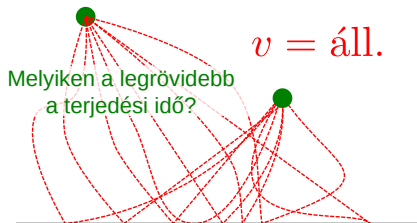
## A Fermat-elv: egyenes terjedés



Ha  $v = \text{áll.}$ , akkor a terjedési idő egyenesen arányos az úttal.

A fény homogén közegben egyenesen terjed: következik a Fermat-elvből.

## A Fermat-elv: visszaverődés

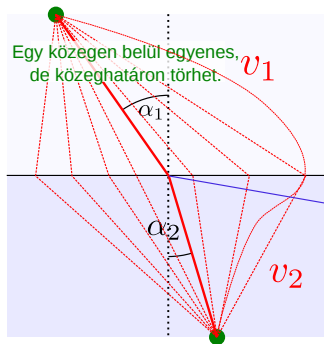
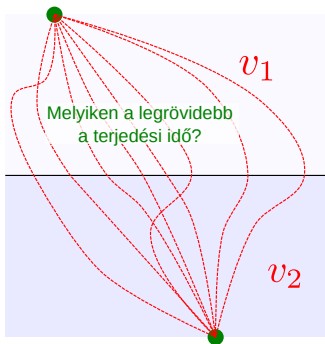


$v = \text{áll.} \Rightarrow$  terjedési idő lokális minimuma = út lokális minimuma.

A tükört érintő sugarak közül a legrövidebb: ami a tükörkép irányába halad egyenesen, majd egyenesen verődik vissza.

(Emellett megmarad a másik lokális minimum: a kép pont közti egyenes.)

## A Fermat-elv: fénytörés



$v_1 > v_2$   
Megéri eltérni az egyenestől,  
hogy a gyorsabb részben  
menjen többet a fény.

A töréstörvény levezetése bonyolult. Fermat eredménye:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \text{áll.}$$

A sebességek fordítva vannak, mint Descartesnél!

## A Fermat-elv következményei

### Feloldhatatlan ellentét Descartes-tal:

- Descartes: a fény üvegben gyorsabb, mint levegőben.
- Fermat: a fény levegőben gyorsabb, mint üvegben.

Fénysebesség mérés nélkül a kérdést abban a korban **nem sikerült eldönteni**.

A tudósok többsége Descartes-ot támogatja, mert ő adott egy magyarázatot is a töréstörvényre.



## A Fermat-elv következményei

Feloldhatatlan ellentét Descartes-tal:

- Descartes: a fény üvegben gyorsabb, mint levegőben.
- Fermat: a fény levegőben gyorsabb, mint üvegben.

Fénysebesség mérés nélkül a kérdést abban a korban **nem sikerült** eldönteni.

A tudósok többsége Descartes-ot támogatja, mert ő adott egy magyarázatot is a töréstörvényre.

## A Fermat-elv jelentősége:

- Gyakorlati számításokban egyenértékű Descartes modelljével és sokszor könnyebb vele számolni.
- Sok későbbi elmélet ötletadója (pl. Maupertuis variációs szemléletű mechanikája).

(Fermat-nak lesz igaza! De ezt csak később látjuk meg.)

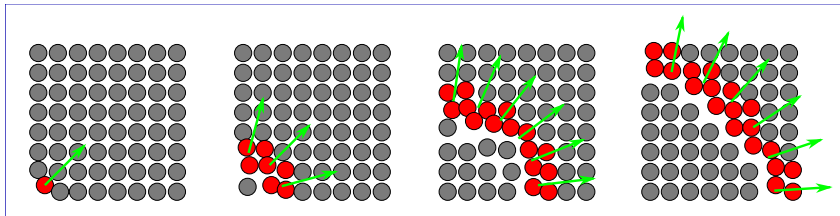
## Huygens optikai munkássága

### AFKT 4.1.2

Huygens, Newton: 1675–1710: több publikáció egymással párhuzamosan.

Huygens:

- Igen jó távcső építése, csillagászati felfedezések. (Szaturnusz gyűrűje, első holdja, Orion-köd, ...)
- **Fény-modell:** a teret kis golyócskák töltik ki, ezek nyugalmi helyzetből vett elmozdulása a fény. A szomszéd golyócskák egymást lökődik.



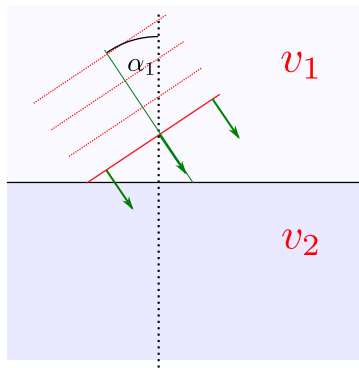
Ez egyfajta **hullámmélet**, de nem szabályos hullámokkal.

Ne feledjük: még nincs kiterjedt testek mechanikája!



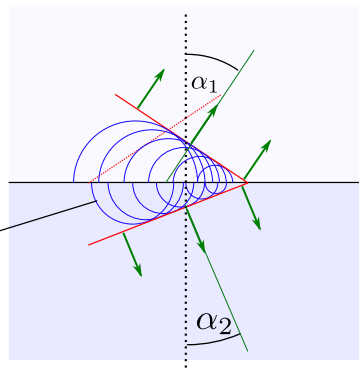
# Huygens-elv

... és a törési- visszaverődési törvények is: (számításokat mellőzzük)



$$v_1 > v_2$$

lent lassabban menő  
gömbhullámok:  
elforduló frontfelület



A lassúbb részbe előbb ér be a frontfelület jobb oldala  $\Rightarrow$  ez előbb lassul le  $\Rightarrow$  elfordul a frontfelület.

## A Huygens-elv értékelése

A Huygens-féle fénymodell:

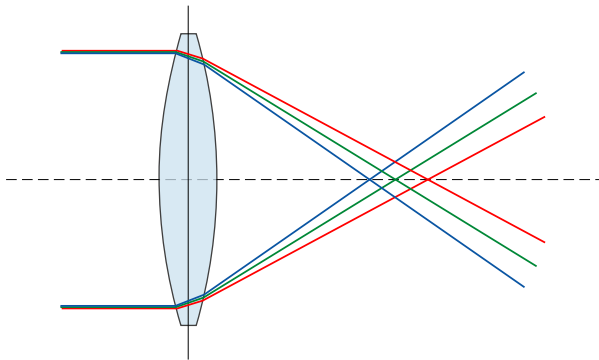
- összhangban van a Fermat-elvvel a terjedési sebességek terén
- később kiderül, hogy a Fermat-elv levezethető belőle
- teljessé majd Fresnel teszi a 19. szd-ban

**Probléma:** hiányzik a direkt kísérleti bizonyíték, hogy:

- a fény valóban üvegben terjed lassabban
- a fény hullámszerűen terjed

## Newton optikai munkássága

Motiváció: a nagy lencsék színeire bontották a fényt, ami rontotta a kép minőségét.  
Newton jobb távcsövet akart építeni: **Főként a színeket tanulmányozta.**



Az egyszerű lencse színezése



Newton kísérletezés közben

# Newton: Optika. Nyitó oldalak

[ 1 ]

## The FIRST BOOK OF OPTICKS.

---

PART I.

**M**Y Design in this Book is not to explain the Properties of Light by Hypotheses, but to propose and prove them by Reason and Experiments: In order to which, I shall premise the following Definitions and Axioms.

### DEFINITIONS.

#### DEFIN. I.

**B**y the Rays of Light I understand its least Parts, and those as well Successive in the same Lines as Contemporary in several Lines. For it is manifest that Light consists of parts both Successive and Contemporary; because in the same place you may stop that which comes one moment, and let pass that which comes presently after; and in the same time you may stop it in any one place, and let it pass in any other. For that part of Light which is stop cannot be the same with that which is let pass. The least Light or part of Light, which may be stop alone without the rest of the Light, or propagated alone, or do or suffer any thing

A

thing

[ 2 ]

thing alone, which the rest of the Light doth not or suffers not, I call a Ray of Light.

#### DEFIN. II.

*Refrangibility of the Rays of Light, is their Disposition to be refracted or turned out of their Way in passing out of one transparent Body or Medium into another. And a greater or less Refrangibility of Rays, is their Disposition to be turned more or less out of their Way in like Incidences on the same Medium. Mathematicians usually consider the Rays of Light to be Lines reaching from the luminous Body to the body illuminated, and the refraction of those Rays to be the bending or breaking of those Lines in their passing out of one Medium into another. And thus may Rays and Refractions be considered, if Light be propagated in an instant. But by an Argument taken from the Equations of the times of the Eclipses of Jupiter's Satellites it seems that Light is propagated in time, spending in its passage from the Sun to us about Seven Minutes of time: And therefore I have chosen to define Rays and Refractions in such general terms as may agree to Light in both cases.*

#### DEFIN. III.

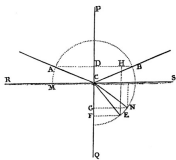
*Reflexibility of Rays, is their Disposition to be turned back into the same Medium from any other Medium upon whose Surface they fall. And Rays are more or less reflexible, which are returned back more or less easily. As if Light pass out of Glass into Air, and by being inclined more and more to the common Surface of the Glass and Air, begins at length to be totally reflected by that Surface; those sorts of Rays which at like Incidences are reflected most copiously, or by inclining the Rays begin soonest to be totally reflected, are most reflexible.*

D E.

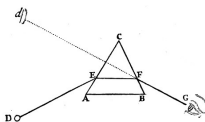




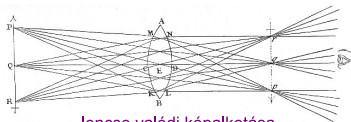
# Newton: Optika. Válogatott képek



fénytörés és -visszaverődés



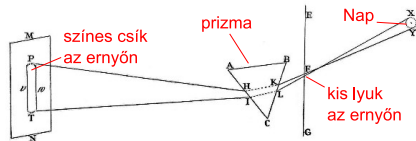
átnézés prizmán



lencse valódi képalkotása



emberi szem képalkotása



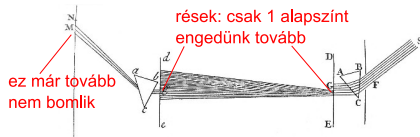
színbontás prizmával: alapkísérlet

eredő színes csík:  
nem bomlik tovább

prizmák

lehet tovább bontani az alapszíneket?

Az ABC-prizma által függőlegesen febotott sugarat bontaná tovább a DH-prizma vízszintesen.

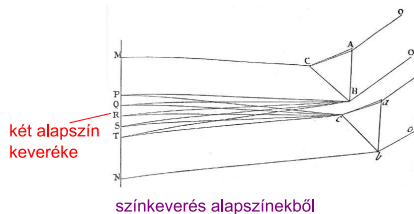
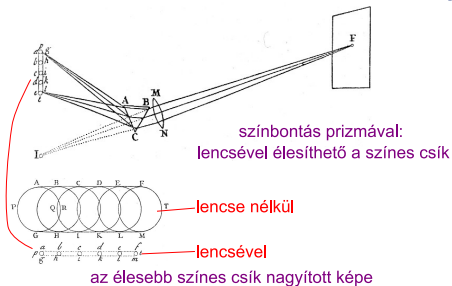


lehet tovább bontani az alapszíneket?

Bevezető képek: az optika elemei

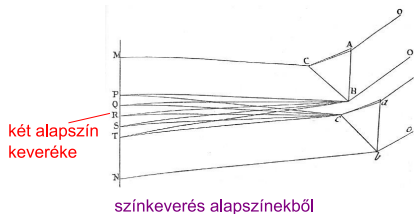
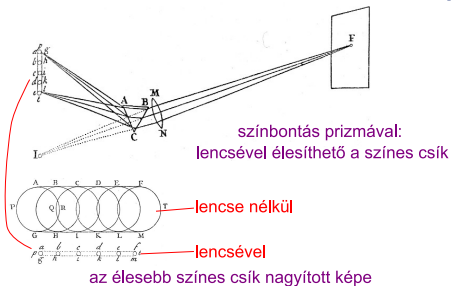
Egyszerű színbontási kísérletek

# Newton: Optika. Válogatott képek

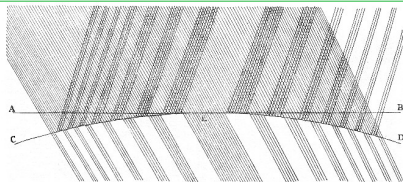


Összetett színbontási kísérletek

## Newton: Optika. Válogatott képek



Összetett színbontási kísérletek



A Newton-gyűrűk

## Newton fő optikai eredményei

A legfontosabb kísérleti eredmények:

- A fehér fény prizmával elemi színekre bontható.
- Az elemi színek tovább nem bonthatók.
- Az elemi színek egyesítésével a fehér fény visszakapható.
- Ha csak néhány elemi színt egyesítünk, mindenféle szín kikeverhető.

## Newton fő optikai eredményei

A legfontosabb kísérleti eredmények:

- A fehér fény prizmával elemi színekre bontható.
- Az elemi színek tovább nem bonthatók.
- Az elemi színek egyesítésével a fehér fény visszakapható.
- Ha csak néhány elemi színt egyesítünk, mindenféle szín kikeverhető.

**Newton-gyűrűk:** Sík üveglemez és egy rátett lencse közötti légrésben látszanak.

Esetleges magyarázat:

- A fényben van egy térbeli periódus.
- Az erősítést-gyengítést az határozza meg, hogy a légrés ennek páros vagy páratlan számú többszöröse.
- Ki is számolja a periódushosszt és megkapja azt, amit ma a fény hullámhosszának nevezünk.

Newton valamiért nem megy tovább ezen a vonalon... (Nagy kár!)

## A Newton-féle távcső

Newton eredeti célja: jobb távcsövet építeni.

Gond: az egyszerű nagy lencsék színeikre bontják a fényt.

**Newton ötlete: Többféle üveg kombinálásával a színezés esetleg kiküszöbölhető.**

Színtani kutatásainak eredménye: Minden üveg hasonlóan színez, ezért nem lehet kiküszöbölni a színezést.

## A Newton-féle távcső

Newton eredeti célja: jobb távcsövet építeni.

Gond: az egyszerű nagy lencsék színeikre bontják a fényt.

**Newton ötlete: Többféle üveg kombinálásával a színezés esetleg kiküszöbölhető.**

Színtani kutatásainak eredménye: Minden üveg hasonlóan színez, ezért nem lehet kiküszöbölni a színezést.

**Ez tévedés!** Ma már tudjuk: csak egyféle üveggyártótól voltak mintái.

Eltérő fajta üvegekkel lehetséges a színezés kioltása.

## A Newton-féle távcső

Newton eredeti célja: jobb távcsövet építeni.

Gond: az egyszerű nagy lencsék színeikre bontják a fényt.

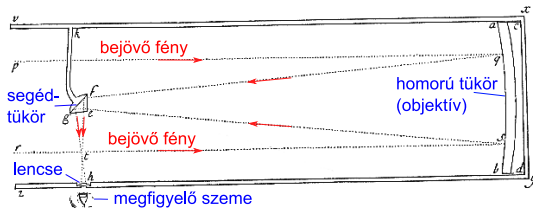
**Newton ötlete: Többféle üveg kombinálásával a színezés esetleg kiküszöbölhető.**

Színtani kutatásainak eredménye: Minden üveg hasonlóan színez, ezért nem lehet kiküszöbölni a színezést.

**Ez tévedés!** Ma már tudjuk: csak egyféle üveggyártótól voltak mintái.

Eltérő fajta üvegekkel lehetséges a színezés kioltása.

**Ne lencse, hanem homorú tükör legyen az objektív!**



A tükrös távcső vázlata Newton könyvéből

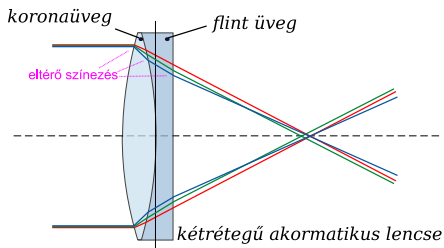




## Optikai műszerek fejlődése

### Akromatikus (színhiba-mentes lencse):

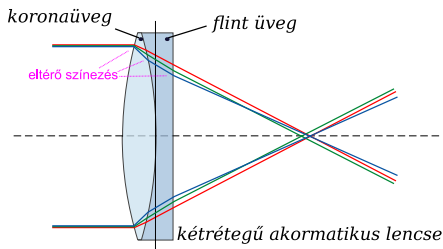
- találtak két, nagyon eltérő tulajdonságú üvegfajtát
- Newton eredményeit is felhasználták
- nagy lencsés távcsövek, nagy felbontású mikroszkópok építése
- később: fényképezőgépek lencsái



## Optikai műszerek fejlődése

### Akromatikus (színhiba-mentes lencse):

- találtak két, nagyon eltérő tulajdonságú üvegfajtát
- Newton eredményeit is felhasználták
- nagy lencsés távcsövek, nagy felbontású mikroszkópok építése
- később: fényképezőgépek lencsái



**Minden adott az optika fejlődése előtt:** elméleti alapok, számítási eszközök (differenciálszámítás), motiváció, technikai háttér.

Néhány érdekesség:

1. lencsés és tükrös távcsövek egyre nagyobb méretekkel
2. a színhiba- és torzításmentes lencsék tervezése hatalmas számítási igényű: emberi alapú párhuzamos számítási eljárások
3. a mikroszkóp elindítja a mikrobiológiát

# A fény hullámmélete

AFKT 4.4.10

## A fény részecskékből áll vagy valamiféle hullám?

- Descartes: A fény kicsi részecskékből áll.
- Newton: Inkább részecskének véli a fényt, de a Newton-gyűrűk utaltak a térbeli periodicitásra. Nyitva hagyja a kérdést.
- Huygens: a mindenséget kitöltő finom anyag részecskéinek „lökösődése”. Egyfajta hullám, de nem gondol a periodikusságra.
- Euler: a fény hullám. Elméletét nem veszik komolyan. (Nem ad rá kísérleti bizonyítékot.)

Newton tekintélye: **tényként kezelték, hogy a fény részecskékből áll.**

# A fény hullámelmélete

AFKT 4.4.10

## A fény részecskékből áll vagy valamiféle hullám?

- Descartes: A fény kicsi részecskékből áll.
- Newton: Inkább részecskének véli a fényt, de a Newton-gyűrűk utaltak a térbeli periodicitásra. Nyitva hagyja a kérdést.
- Huygens: a mindenséget kitöltő finom anyag részecskéinek „lökдösődése”. Egyfajta hullám, de nem gondol a periodikusságra.
- Euler: a fény hullám. Elméletét nem veszik komolyan. (Nem ad rá kísérleti bizonyítékot.)

Newton tekintélye: **tényként kezelték, hogy a fény részecskékből áll.**

Válasz: **Thomas Young interferenciakísérlete 1801-ben: a fény hullámtermészetű.**

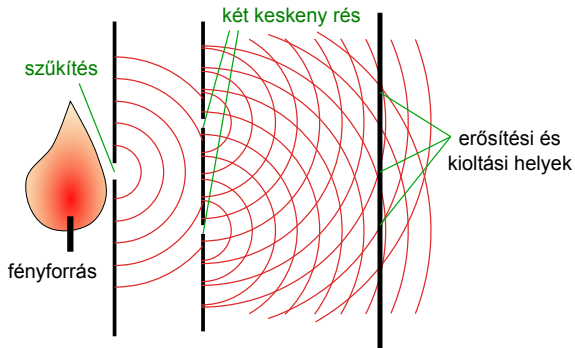
## Young interferencia-kísérlete

**Thomas Young (1773 – 1829):** polihisztor (optika, rugalmasságtan, egyiptomi hieroglifák, pszichológia, ...)

## Young kísérletének lényege:

Két kis résen átmenő fény egy felfogó ernyőn erősítési és gyengítési helyeket produkál.

- egyszínű fénynél egyszerű vonalak
- fehér fénynél színes csíkok
- vízhullámokkal is ugyanez a jelenség mutatható be.



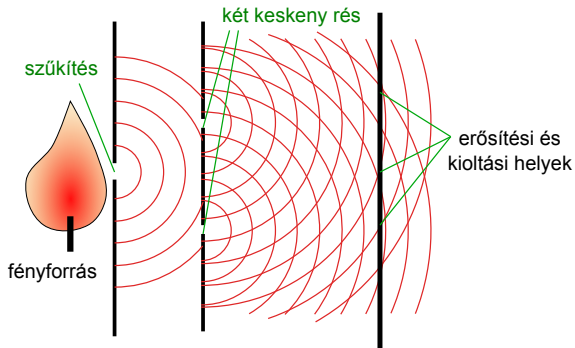
## Young interferencia-kísérlete

**Thomas Young (1773 – 1829):** polihisztor (optika, rugalmasságtan, egyiptomi hieroglifák, pszichológia, ...)

### Young kísérletének lényege:

Két kis résen átmenő fény egy felfogó ernyőn erősítési és gyengítési helyeket produkál.

- egyszínű fénynél egyszerű vonalak
- fehér fénynél színes csíkok
- víz hullámokkal is ugyanez a jelenség mutatható be.



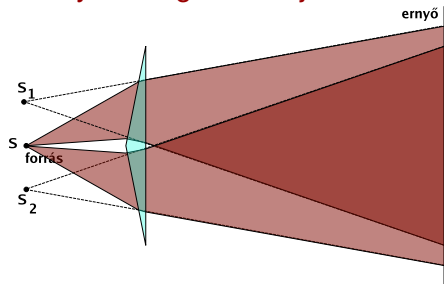
Nehezen győzi meg a kételkedőket, pedig **Newton gyűrűit** is előhossa példának és **megmagyarázza**.

## Augustin-Jean Fresnel (1788–1827)

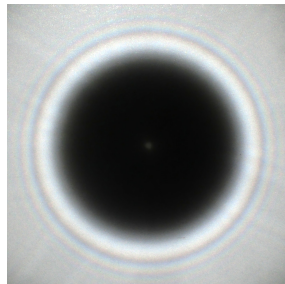
Young kísérleteinek folytatása és precíz elméleti megalapozása.

- több, látványos interferencia-kísérlet
- fényelhajlás jelenségének tanulmányozása
- pontos alapelv (Huygens-Fresnel elv) és matematikai leírás (egyenletei túl bonyolultak a Fizikatörténet tárgyhoz)

Eredményeit máig használjuk.



Fresnel-prizma: hatásos interferencia-kísérlet



Fényelhajlás kis, kör alakú tárgy szélén

## Augustin-Jean Fresnel (1788–1827)

Fresnel szerint a fény:

- **transzverzális hullám**
- **valamilyen finom, rugalmas anyag (éter) hullámozása**

Ezek alapján minden, akkor ismert optikai jelenség pontosan megmagyarázható volt.



## Augustin-Jean Fresnel (1788–1827)

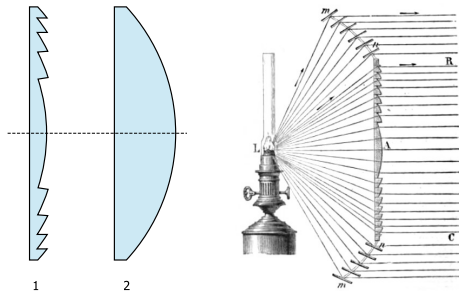
Fresnel szerint a fény:

- **transzverzális hullám**
- valamilyen finom, **rugalmas anyag (éter) hullámozása**

Ezek alapján minden, akkor ismert optikai jelenség pontosan megmagyarázható volt.

Alkalmazás:

- távcsövek, mikroszkópok felbontóképességének megmagyarázása
- újszerű optikai eszközök tervezése, pl. nagy méretű lencsék világítótornyokba



# A fény elektromágneses hullámmélete

## Minek a hullámmása a fény?

- 1864, Maxwell: **a fény elektromágneses hullám.**
- 1888, Herz: kísérleti bizonyíték az elektromágneses hullámok (rádióhullámok) létezésére, melyek fénysebességgel terjednek.

Ezekről később, az elektromosságtan történeténél tanulunk majd.

## A fény elektromágneses hullámelmélete

## Minek a hullámmzása a fény?

- 1864, Maxwell: **a fény elektromágneses hullám.**
- 1888, Herz: kísérleti bizonyíték az elektromágneses hullámok (rádióhullámok) létezésére, melyek fénysebességgel terjednek.

Ezekről később, az elektromosságtan történeténél tanulunk majd.

Fizikai modell a 19. század végére:

- a teret egy finom anyag, az „éter” tölti ki
- az elektromos tér az éter sűrűsödésének-ritkulásának, a mágneses tér a csavarásának felel meg
- a fény (és a rádióhullám) az éter hullámozása

Praktikusan ez minden célra megfelelő elmélet volt.

## Folytatás

**A 19. szd. végén azt lehetett hinni, tudjuk, mi a fény.**

Rövidesen olyan mérések jöttek, melyek ezt a képet szétrombolták.

Kritikus témakörök:

- Mennyi is a fény sebessége?
- Hogyan hat kölcsön a fény és az anyag?

## Folytatás

A 19. szd. végén azt lehetett hinni, tudjuk, mi a fény.

Rövidesen olyan mérések jöttek, melyek ezt a képet szétrombolták.

Kritikus témakörök:

- Mennyi is a fény sebessége?
- Hogyan hat kölcsön a fény és az anyag?

Előbbiből a relativitáselmélet, utóbbiból a kvantummechanika fejlődött ki.

De a folytatáshoz tárgyalnunk kell ezeket:

- a fénysebesség mérésének története
- az elektromosság és mágnesesség története

## Visszatekintés

A középkori rész elején szerepelt a jobb oldali diagram a „tudományos tevékenység intenzitásáról”.

Az elmúlt előadásokban láthattuk:

- Az 1500-as évektől Európába helyeződik át a tudományos fejlesztés csúcsa.
- Itt alakul ki a mai számjelölés, egyenlet-jelölés, technikai fejlettség, egyetemi háttér, ...
- ... amire támaszkodva megtörténik a tudományos forradalom.
- A sok ókori és középkori eredmény itt áll össze egy egységgé.

