

The background of the slide is a vibrant cosmic scene. It features a dense field of stars of various colors (white, yellow, blue) against a dark space. A prominent red and orange nebula is visible in the lower-left quadrant. In the upper-right, there is a bright blue star with a distinct diffraction pattern. The overall composition is rich and colorful, typical of deep-space astronomical photography.

# **La Luce: natura e modelli**

*L. Martina*

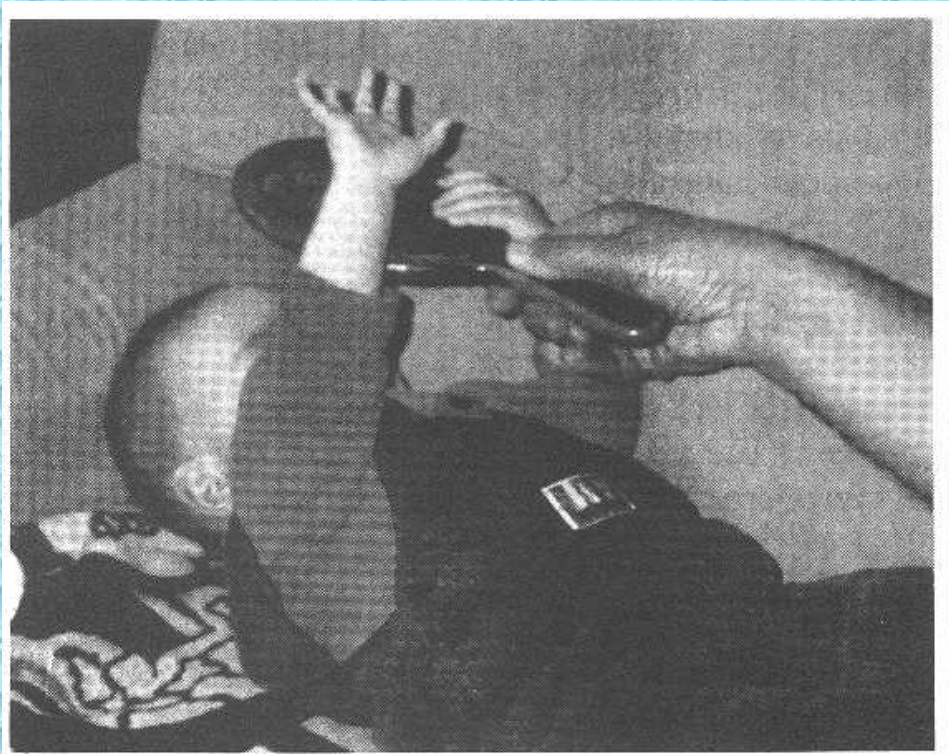
*Dipartimento di Fisica dell'Universita' e Sezione  
INFN, Lecce*

**Dove il mondo cessa di essere ribalta  
per ambizioni e desideri personali,  
dove noi, come esseri liberi,  
lo osserviamo meravigliati, per indagarlo e contemplarlo,  
là entriamo nel dominio dell'arte e della scienza**

*Albert Einstein*



# Perche si vede ciò che si vede

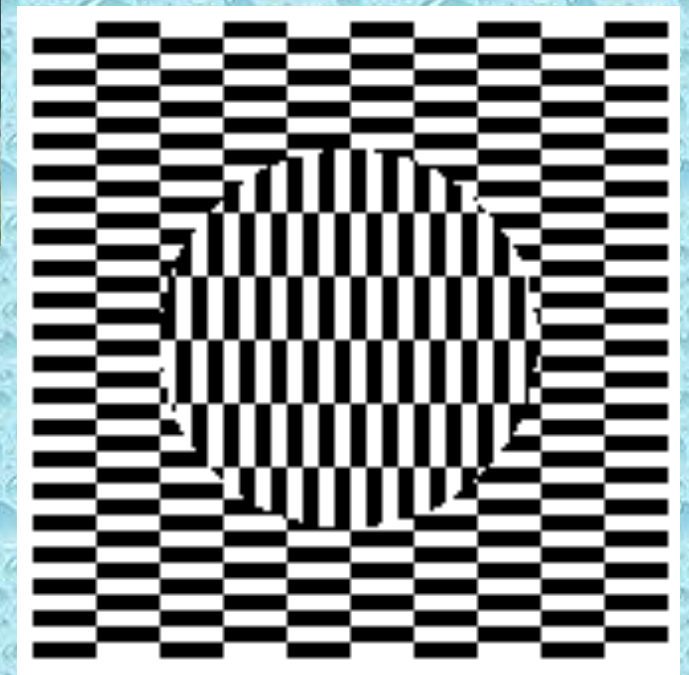


- Qual è la natura della luce
- Quali le sue sorgenti
- Quali le sue leggi
- Come vediamo



## *Alcune Difficolta'*

- *La luce sembra indissolubilmente legata alle sue sorgenti.*
- *I fenomeni luminosi rimangono associati al processo di **visione..***
- *La luce svolge un ruolo subordinato agli oggetti*
- *Solo le sorgenti luminose sembrano essere soggette a moti, non la luce stessa.*





- " I parametri fisici caratteristici sono fuori dai limiti della percezione umana.*
- " Dipendenza sensibile dalle proprietà del mezzo nel quale si propaga la luce.*
- " Associazione delle immagini alle proprietà degli oggetti .*
- " Astrazione del concetto di raggio luminoso*
- " Limiti di applicabilità dell'ottica geometrica*
- " La parola "luce" serve ad indicare sia una sorgente sia la condizione della visibilità.*



# Tre discipline, Quattro componenti

FISIOLOGIA

- OTTICA
- FISICA
- Aspetto empirico
- Idee regolative
- Fondamenti metafisici
- Strumenti matematici

PSICOLOGIA



## **Schema OLISTICO**

- **Un dispositivo ottico trasferisce, crea e deforma l'intera immagine**
- **l'immagine è una entità indivisibile in parti componenti**
- **la localizzazione dell'immagine è necessariamente una superficie**
- **l'osservatore è passivo**

## **Schema ANALITICO**

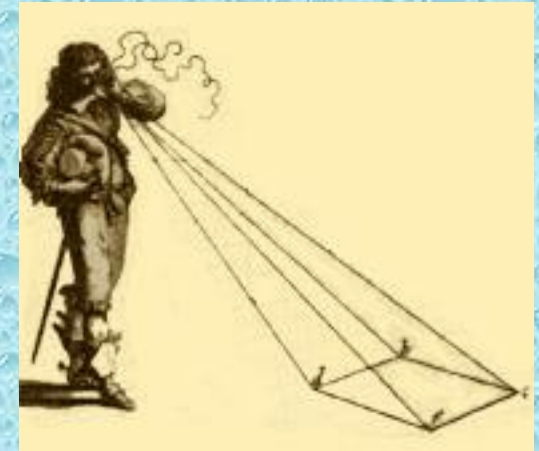
- **La luce è una entità fisica soggetta a leggi specifiche riguardanti la sua natura e modalità di propagazione**
- **l'oggetto è suddivisibile in punti, ciascuno dei quali è una sorgente luminosa**
- **un dispositivo ottico modifica il flusso di luce proveniente da ogni singolo punto dell'oggetto**

# Periodo Classico



Euclide (~ 265 A.C.)

*Ottica e Catottrica*



Post.1 *Il raggio e' una linea retta di cui i mezzi toccano le estremita'*

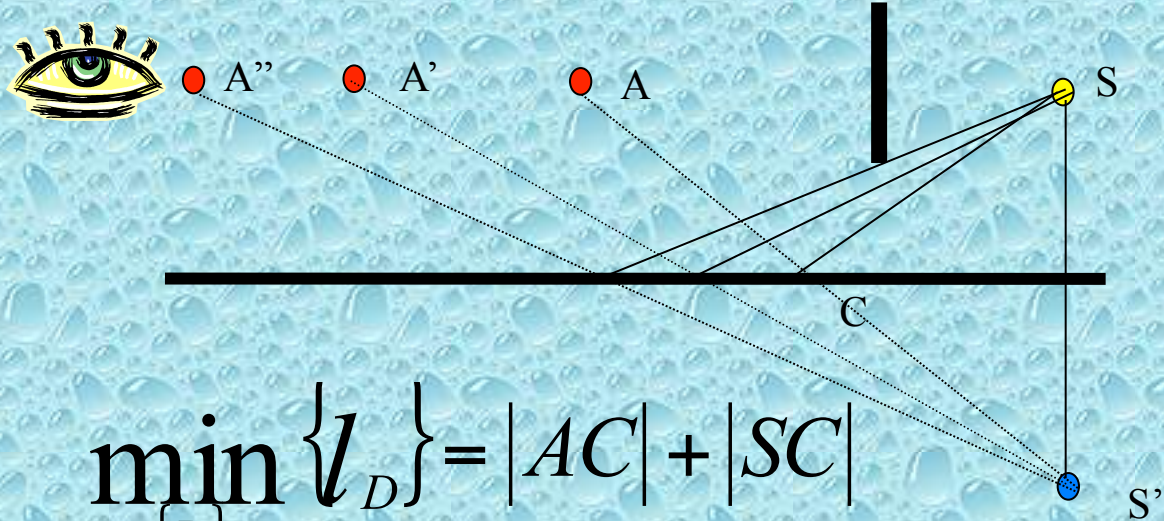
Post.2 *Tutto cio' che si vede, si vede secondo una direzione rettilinea*

- Leucippo da Mileto (~ 420 A.C.): le *Eidola*
- Aristotele (384 – 322): moto attraverso un mezzo, l'*Etere*
- Erone di Alessandria (I sec. A.C.) : la *Riflessione*
- Claudio Tolomeo (II sec. d.C): la *Rifrazione*
- Galeno di Pergamo (II sec. d. C.) : l' *Occhio*

Lumen e Lux

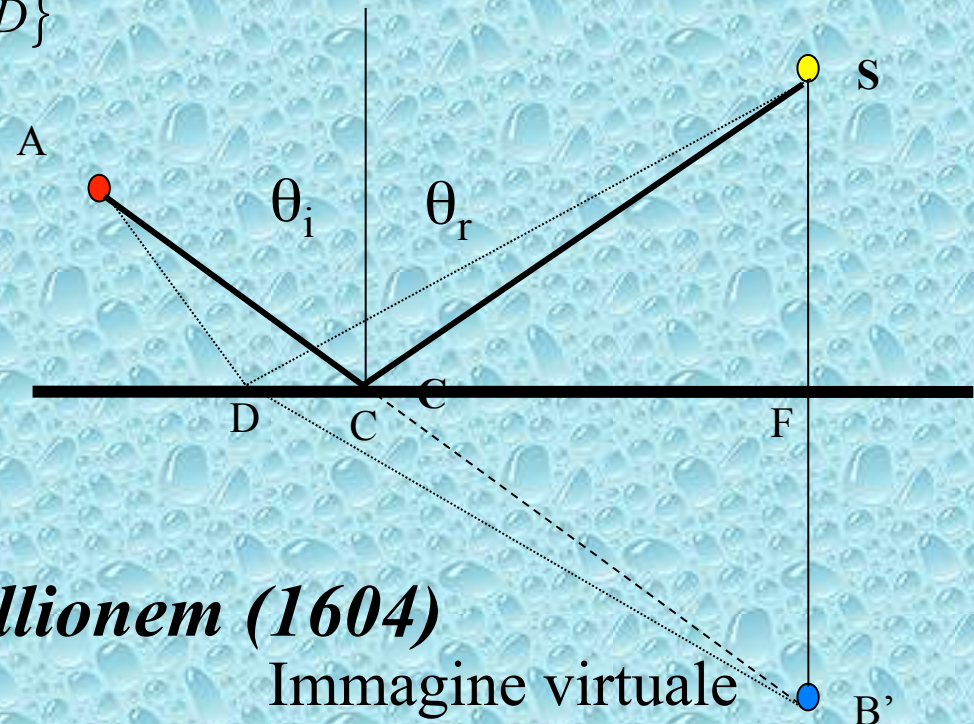
# Periodo Medioevale

- Alkindi (813 – 873) :  
Astrazione di *Raggio Luminoso*



$$\min_{\{D\}} \{V_D\} = |AC| + |SC|$$

- Alhazen (965 – 1039) :  
Fisiologia dell'occhio,  
Rifrazione, camera oscura,  
sovrapposizione r.l., eq.  
immagini specchi piani e  
sferici

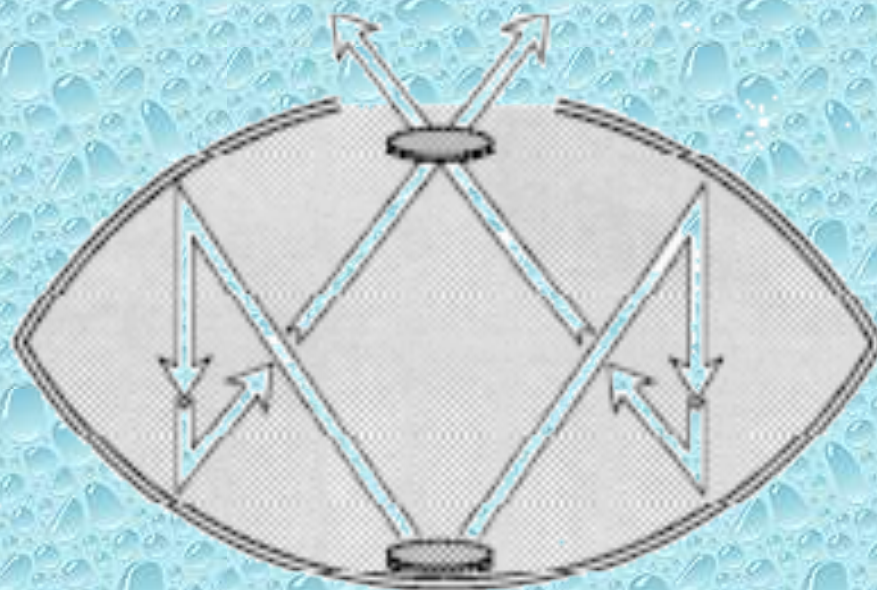
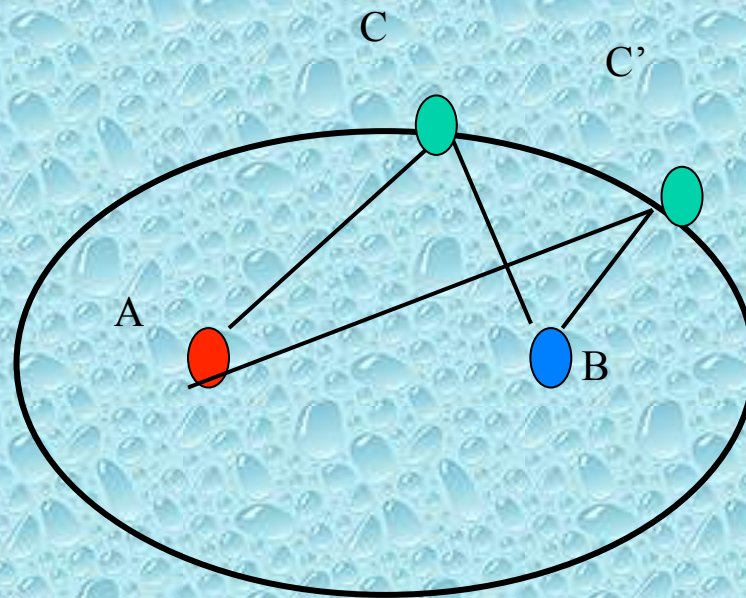
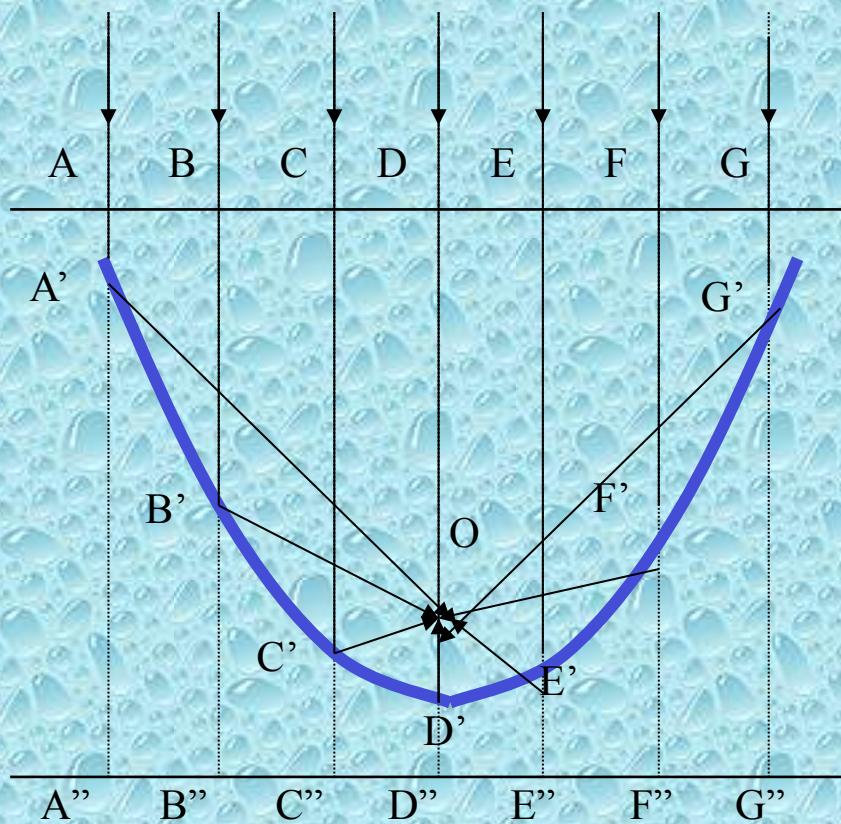


*G. Keplero, Paralipomena ad Vitellionem (1604)*

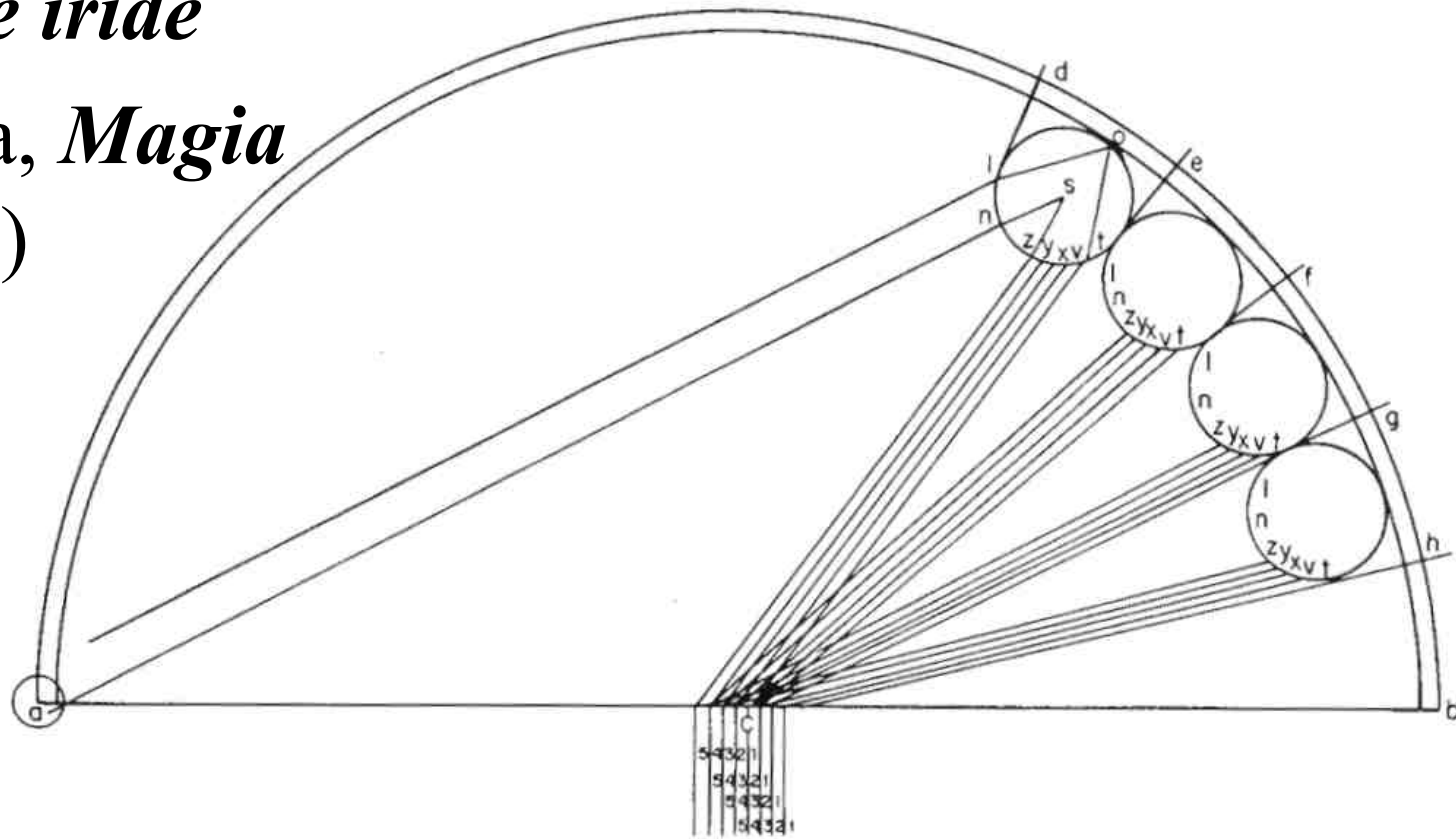
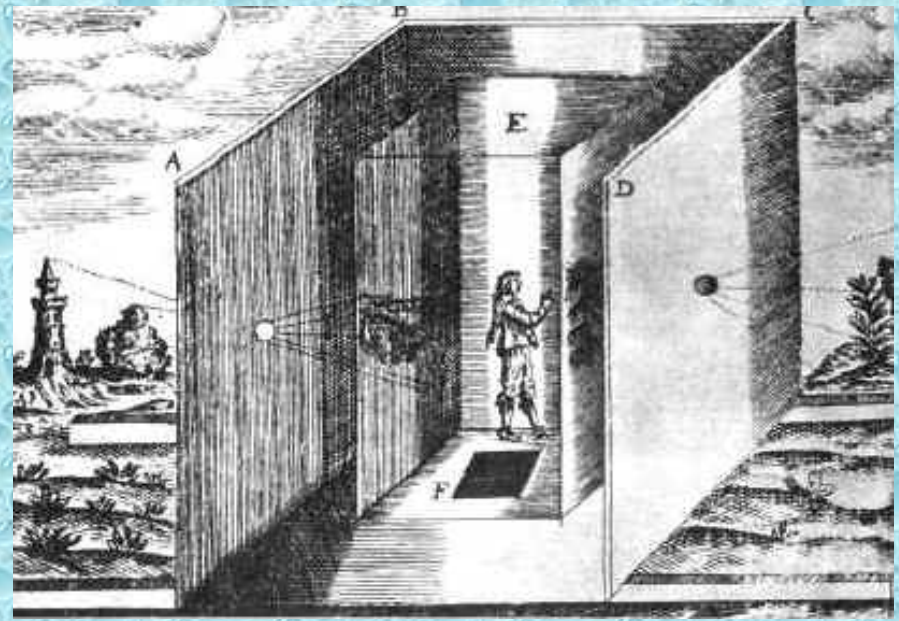
Immagine virtuale B'



## *Problema della focalizzazione*

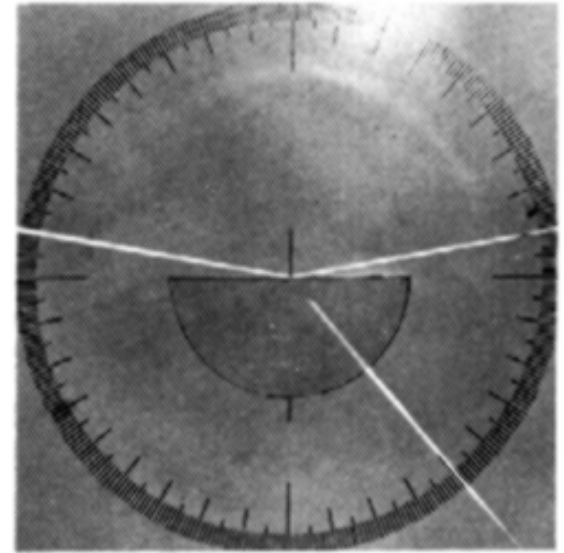
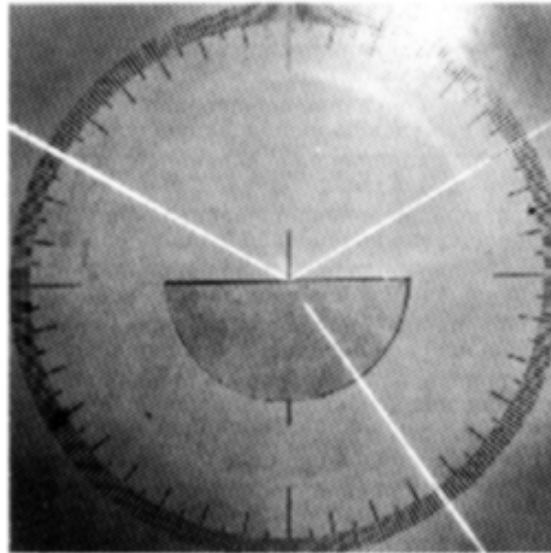
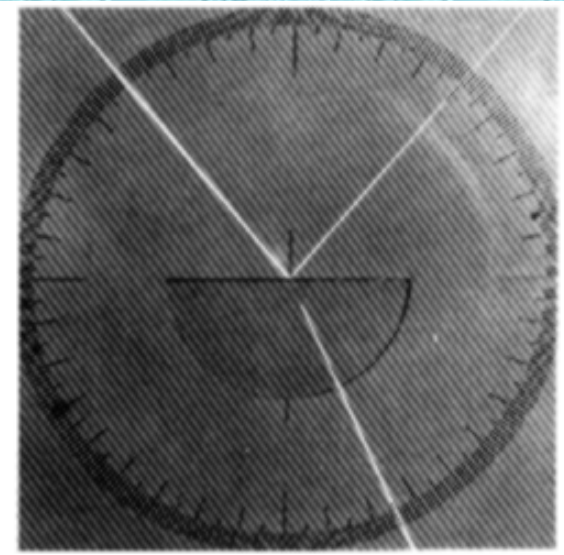
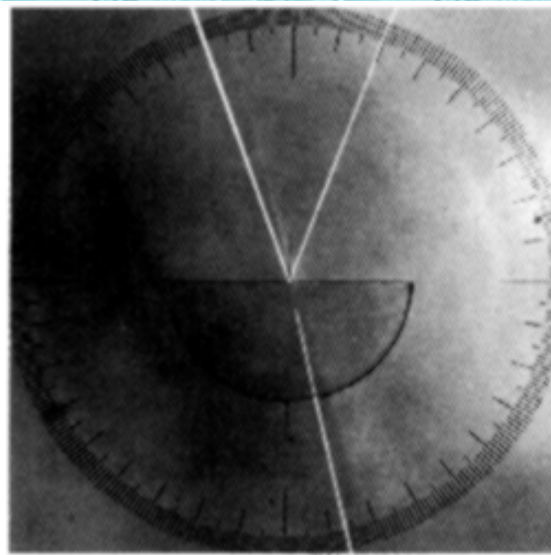
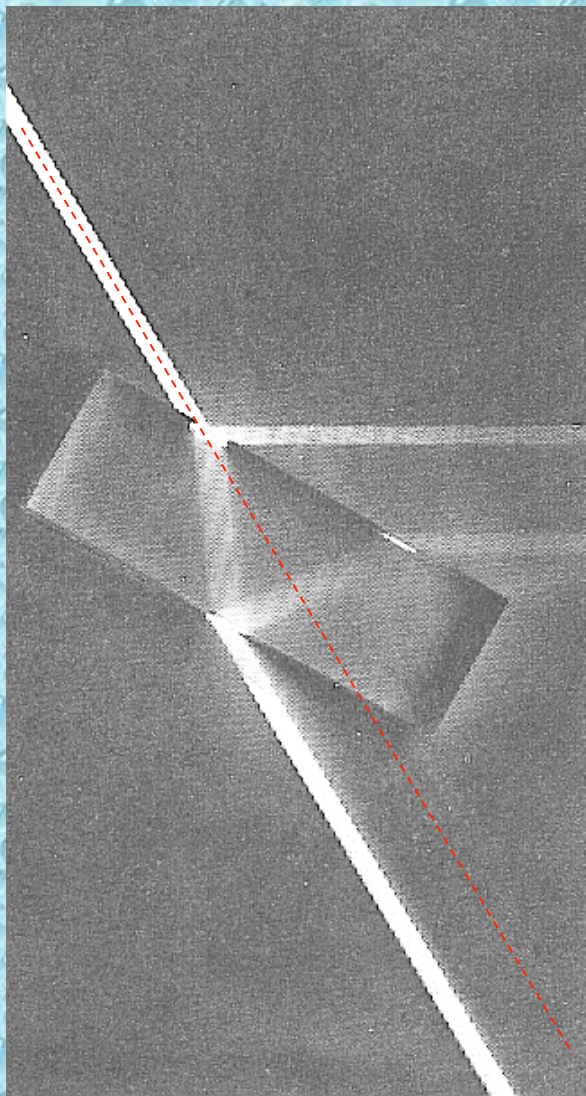


- R. Grossatesta (1175-1253),
- R. Bacone (1214-'93)
- Witelo (1230 – 1292)
- N. Cusano (1401-'64)
- Teodorico di Friburgo (1250-1310): *De iride*
- G.B. Della Porta, *Magia Naturalis* (1589)



Lenticchie  
di  
Vetro





$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n$$

Legge di  
Snell - Cartesio

# I Fondatori dell'Ottica Geometrica

- G. Galilei (1564-1642): *Nuncius Sidereus* (1610)
- J. Kepler (1571-1630): *Paralipomena ad Vitellionem* (1604), *Dioptrice* (1611)
- R. Descartes (1596-1650): *La dioptrique*, *De l'arc en ciel* (1637) ,

teoria corpuscolare della luce

- P. De Fermat: Principio del tempo minimo (1650)

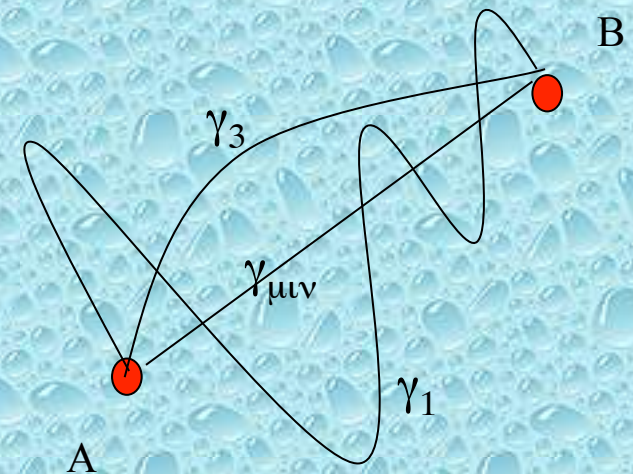


# Il Principio di Fermat del tempo minimo

- Tra tutti i possibili cammini possibili per andare da un punto ad un altro fissati, la luce seguirà quello che richiede il tempo più breve.
- La velocità della luce nei mezzi otticamente più densi è minore di quella nel vuoto

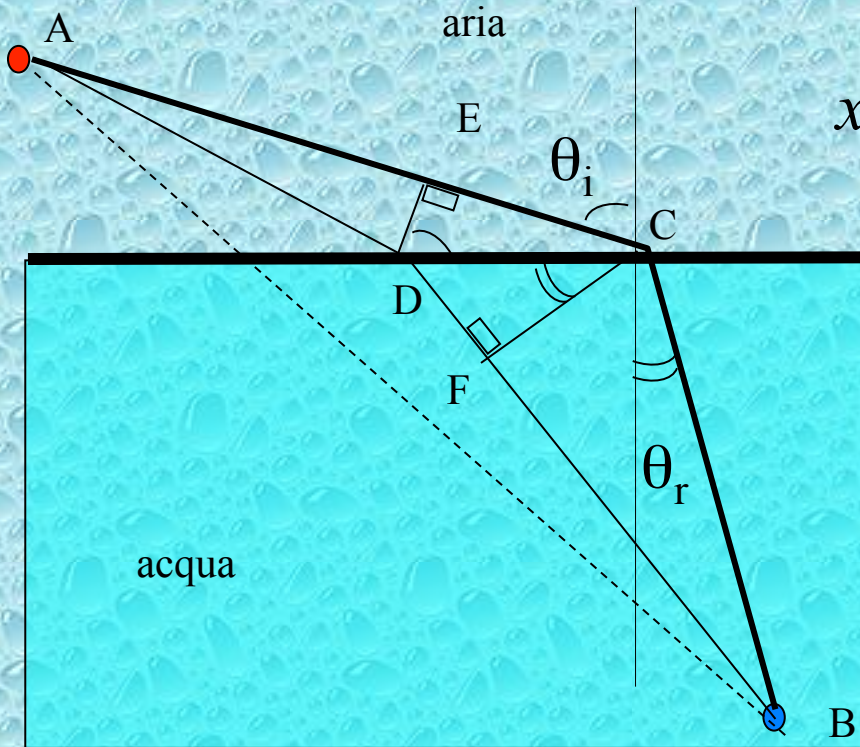


$$\gamma \longrightarrow t_\gamma \quad \min_{\{\gamma\}} \{t_\gamma\} \rightarrow \gamma_{\min}$$



# La Rifrazione

Ipotesi:  $c_{acqua} = \frac{c_{aria}}{n}$   $n > 1$



$$x = |CD| \quad \text{piccolo} \quad t_{EC} \approx t_{DF} + o(x^2)$$

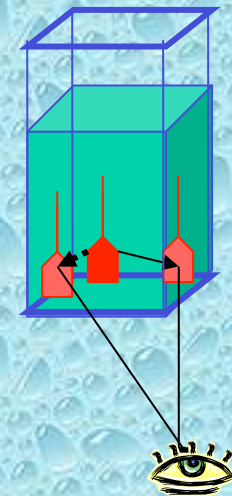
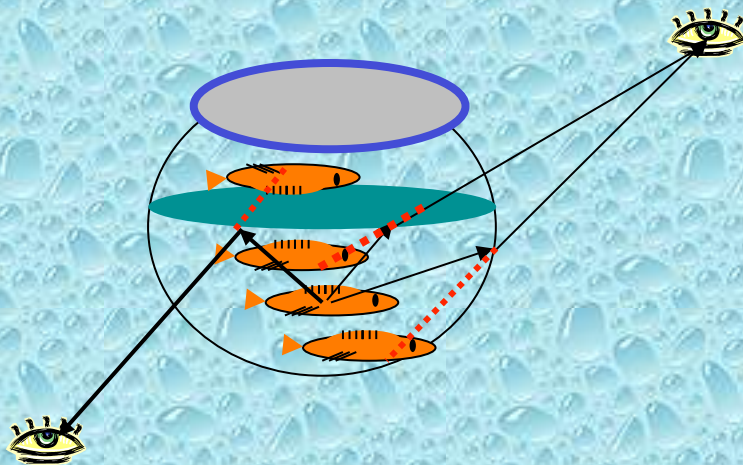
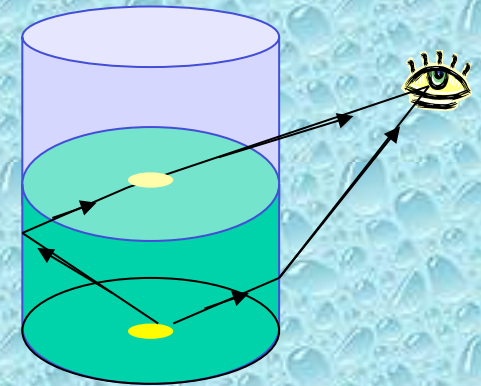
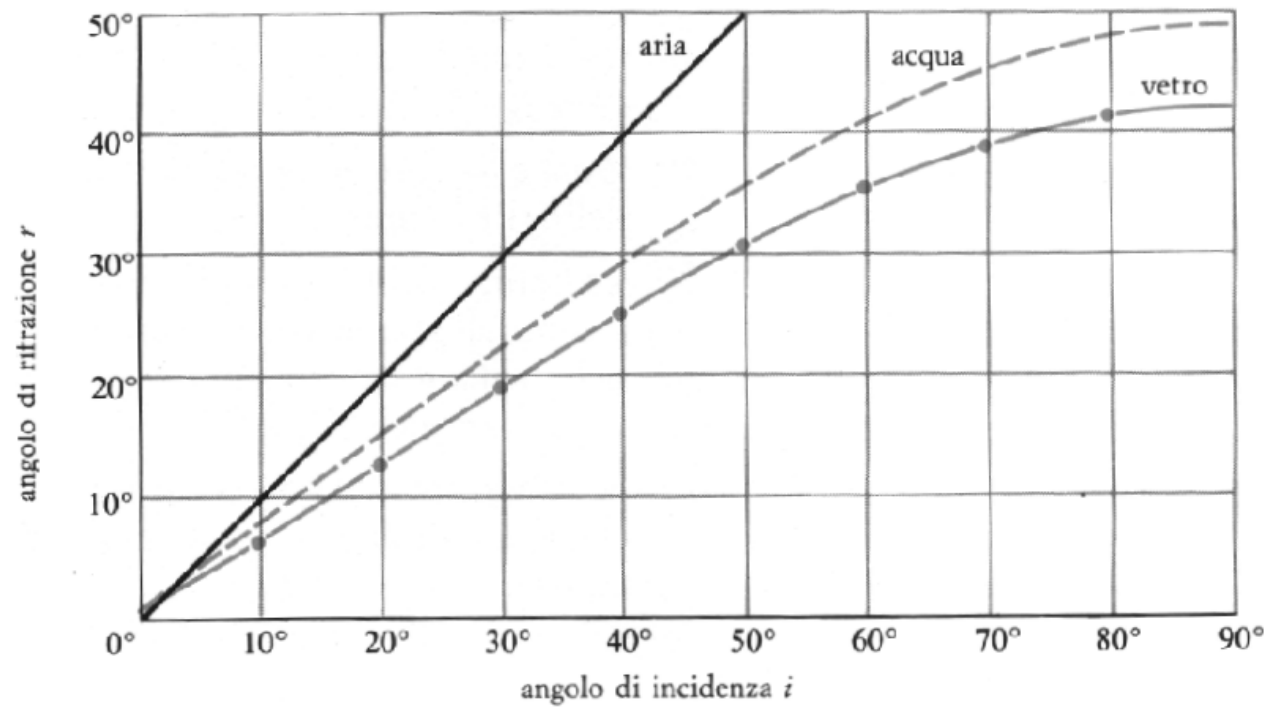
$$t_{EC} = \frac{|EC|}{c_{aria}} \quad t_{DF} = \frac{|DF|}{c_{acqua}} = n \frac{|DF|}{c_{aria}}$$

$$|EC| \approx n|DF| \quad (x \rightarrow 0)$$

$$x \sin \widehat{EDC} = x \sin \theta_i = nx \sin \widehat{DCF} = nx \sin \theta_r$$

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n$$





# Applicazioni

- " Reciprocità dei cammini
- " Indice di rifrazione assoluto e relativo:

$$n_{kj} = n_{ij} / n_{ik}$$

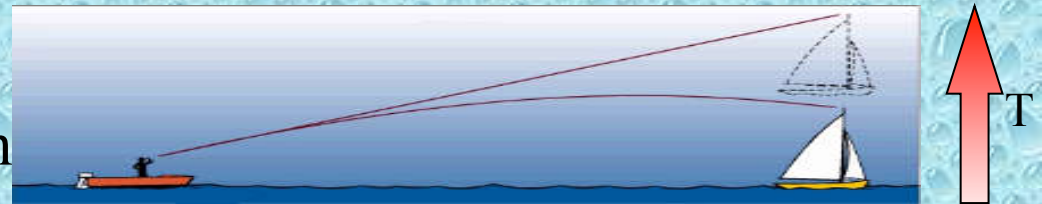
$$n_{ij} = n_i / n_j$$

"

*Miraggio inferiore*



*Miraggio superiore*



Gradiente di densità realizzato  
usando soluzioni acqua/zucchero con differenti concentrazioni

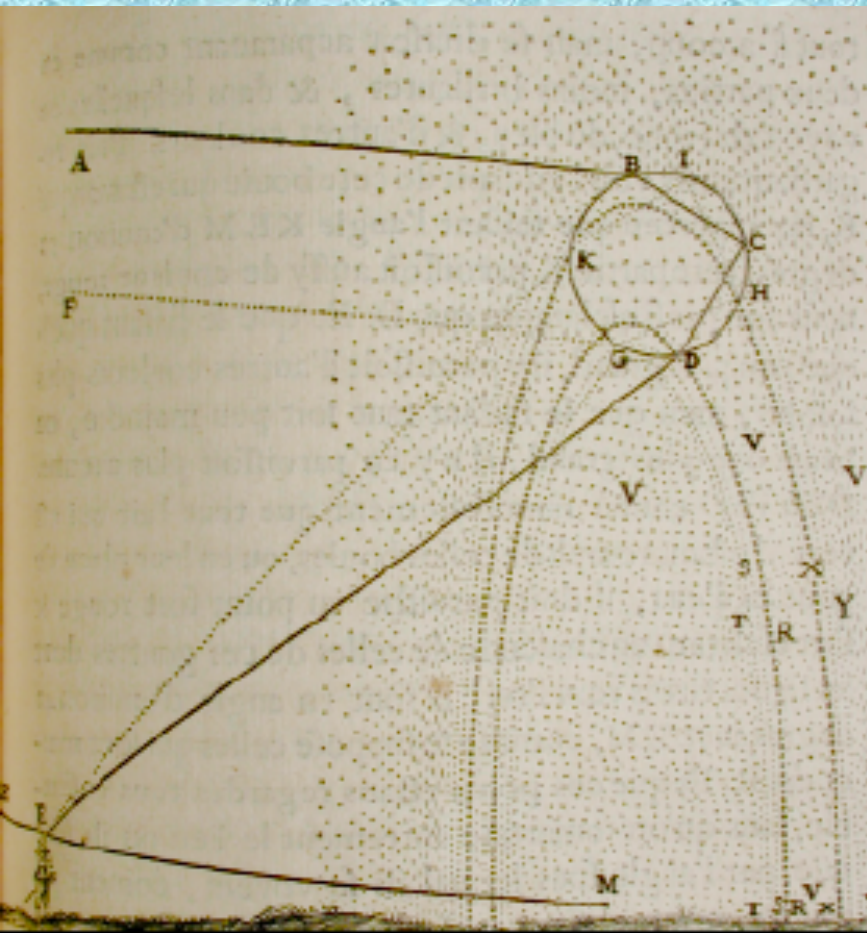


# L'arcobaleno





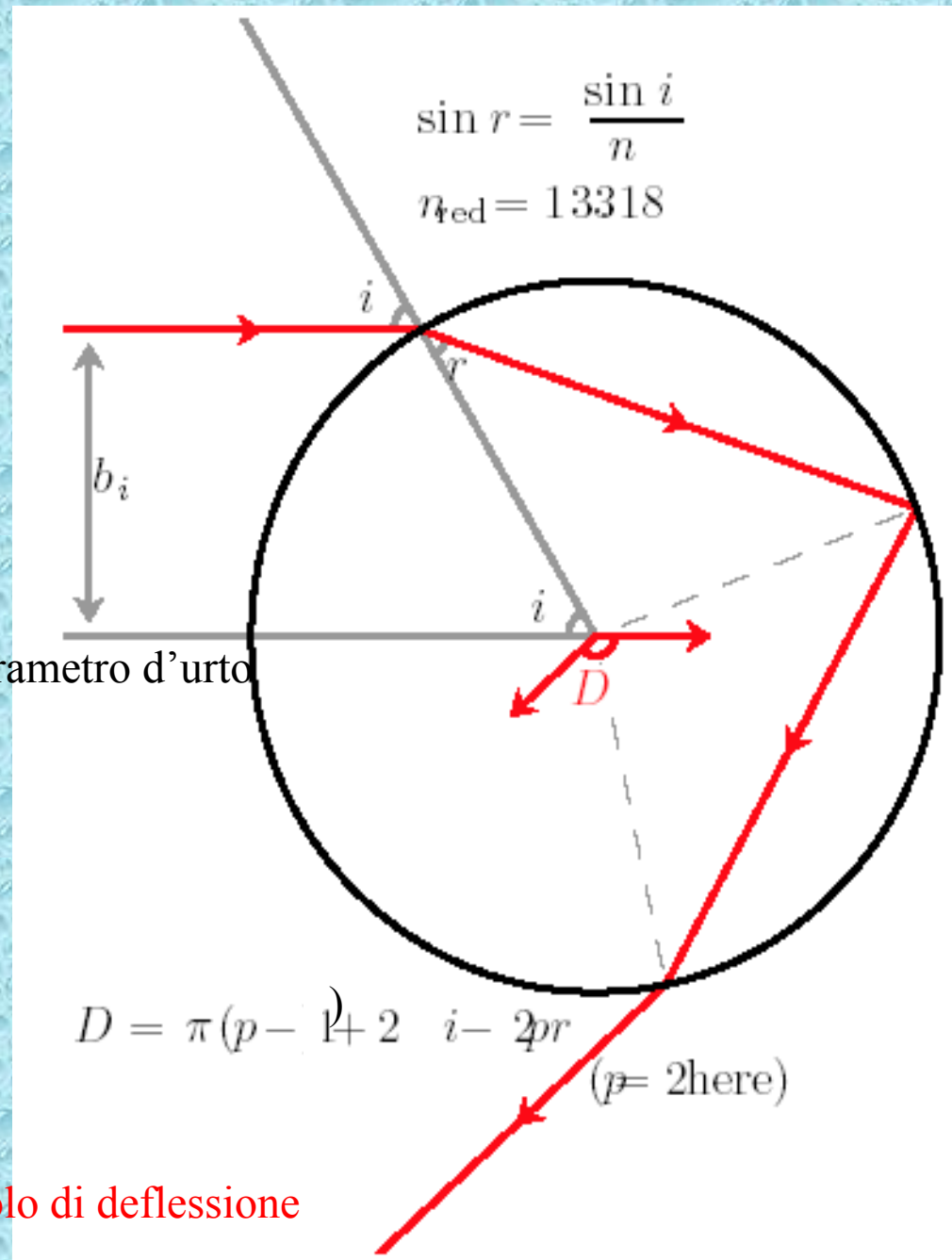
# Interpretazione Cartesiana dell'arcobaleno



$b$ =parametro d'urto

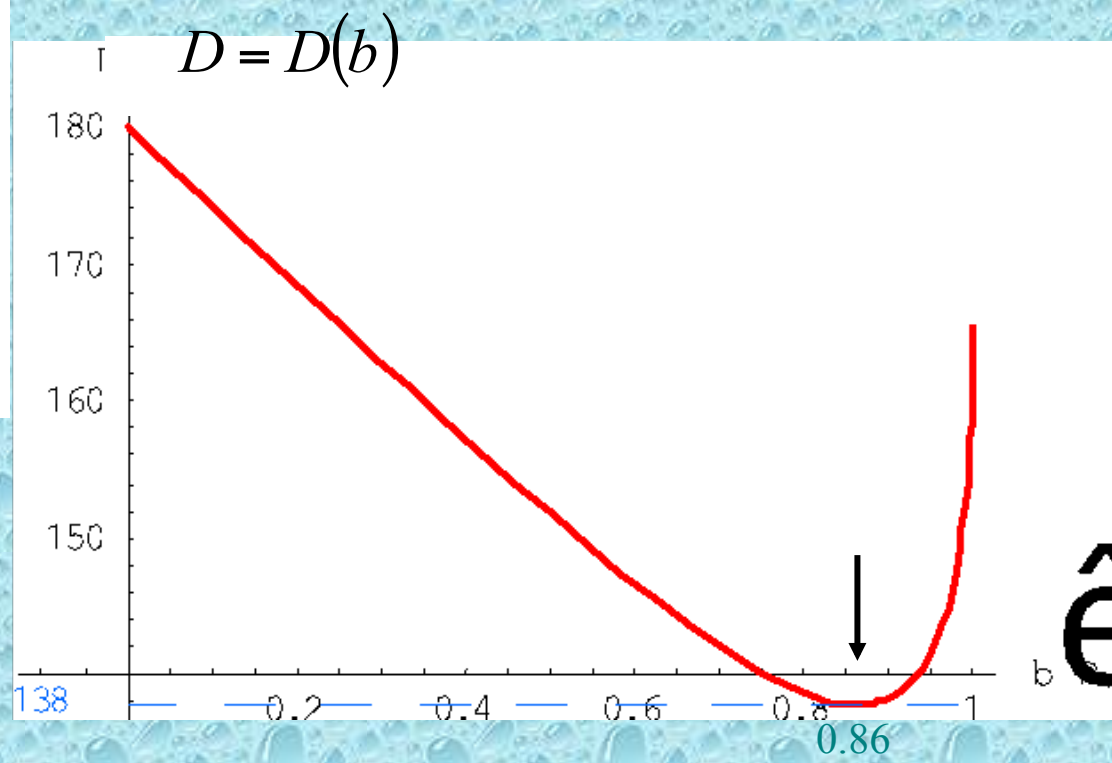
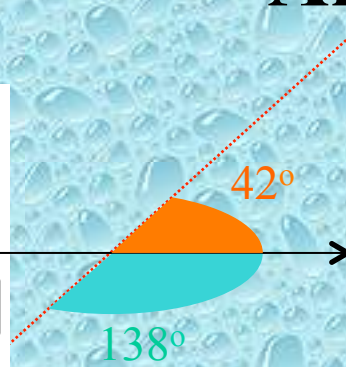
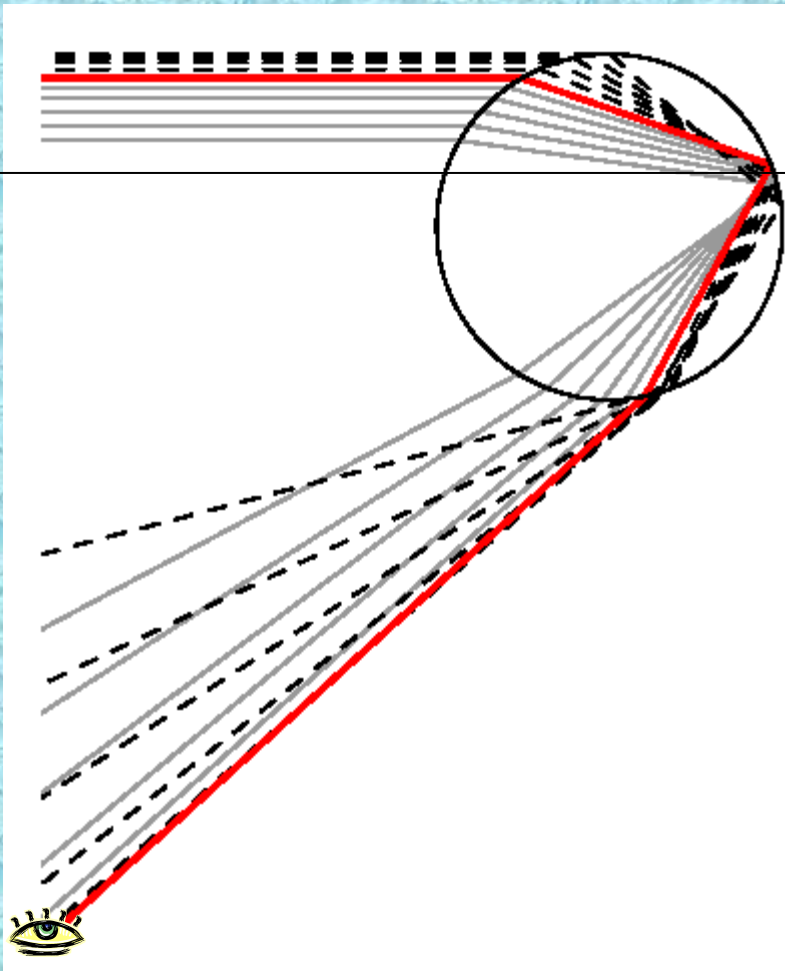
$D$  = angolo di deflessione

$$D = D(b)$$

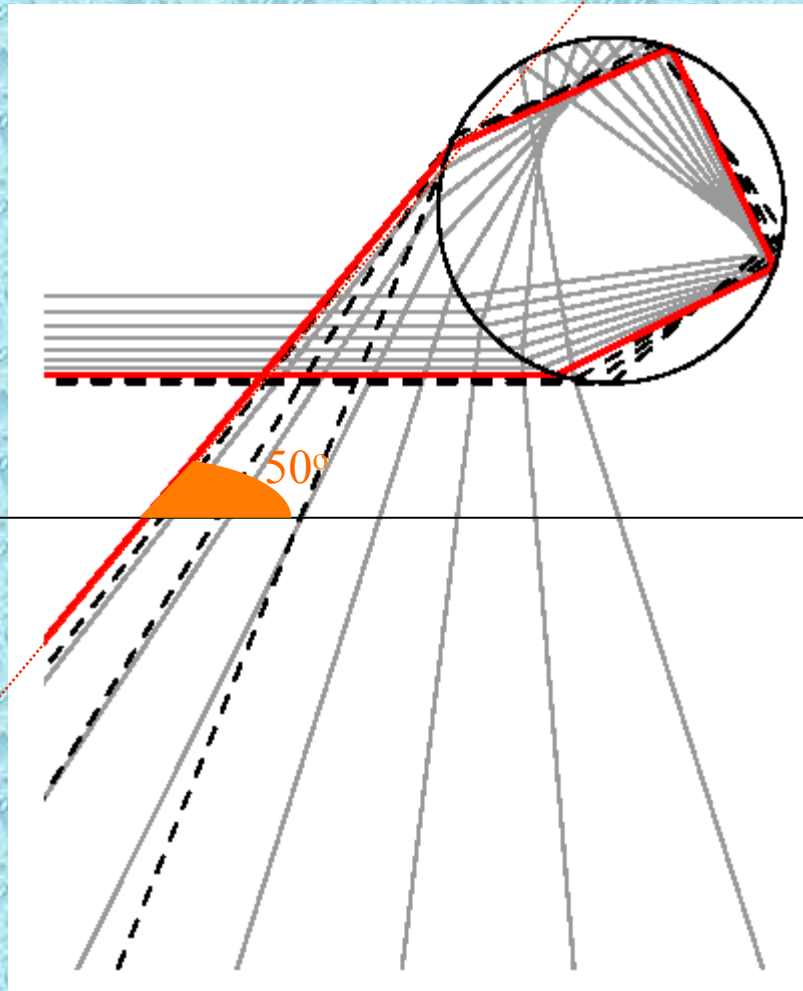




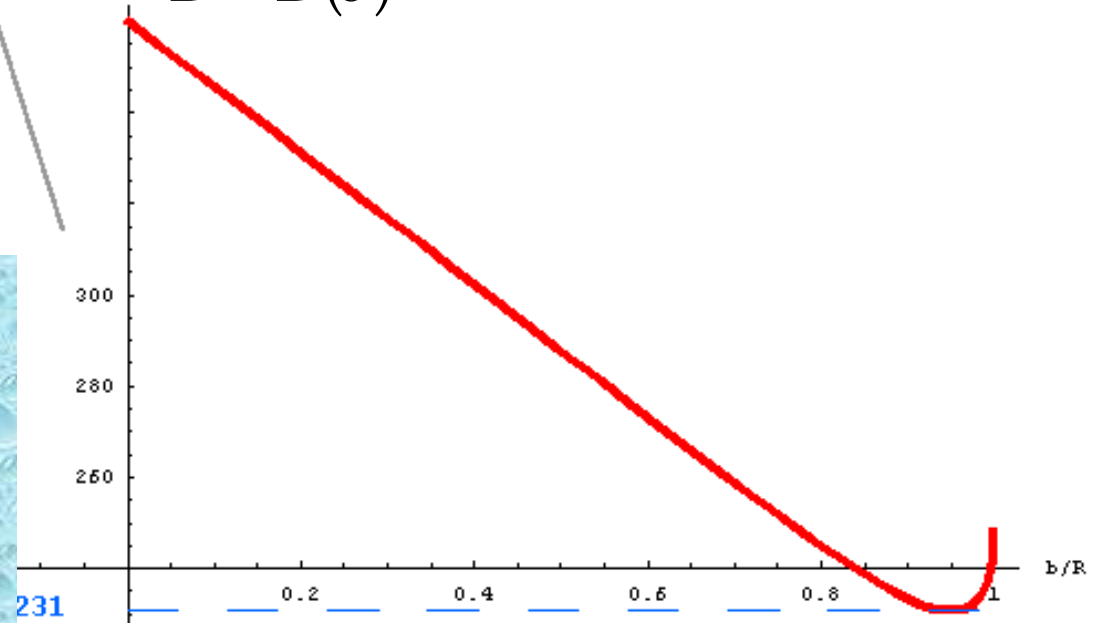
# Arco primario



# Arco secondario



$$D = D(b)$$



231

0.95

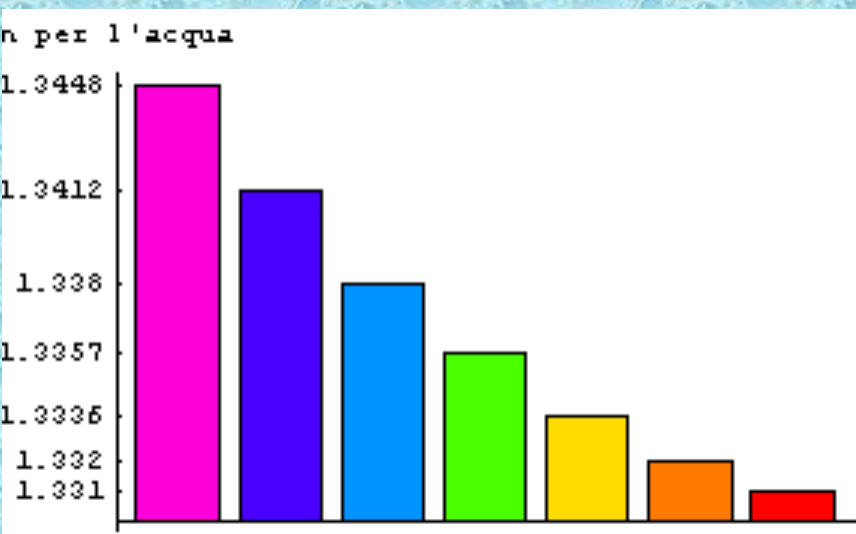


# Dispersione della luce



E così la vera causa [...] non si doveva ad altro che al fatto che la luce non è simile od omogenea, ma consiste di raggi diversi, alcuni dei quali sono più rifrangibili degli altri; cosicché a parità di angolo di incidenza sullo stesso mezzo, alcuni saranno più rifratti di altri [...].

**I. Newton, "A new theory about light and colours"**



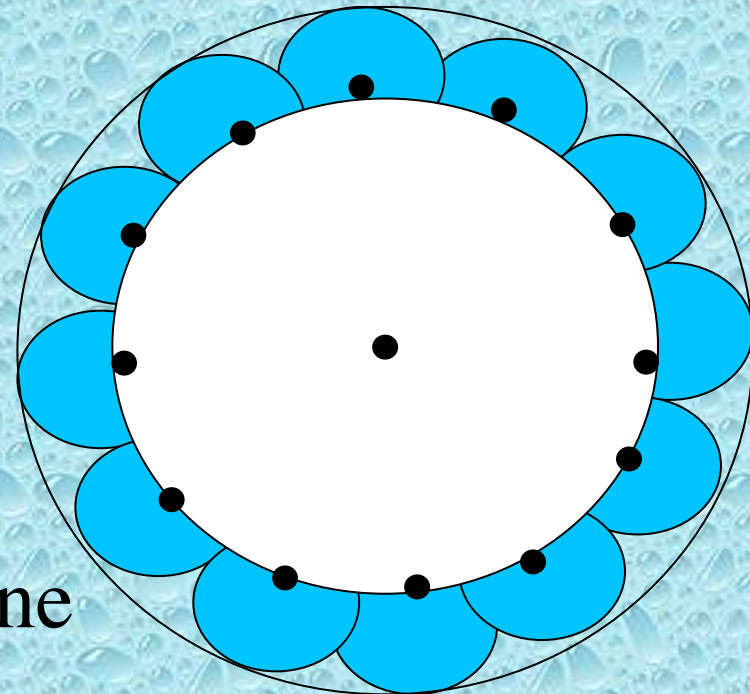
I. Newton (1642-1727): *Optica* (1670)  
Teoria corpuscolare (moderata) della luce

# I Colori come le Note

- Cartesio: corpi luminiferi rotanti
- P. Grimaldi: *Pshyco-Mathesis de lumine, coloribus et iride* (1665), la **Diffrazione**

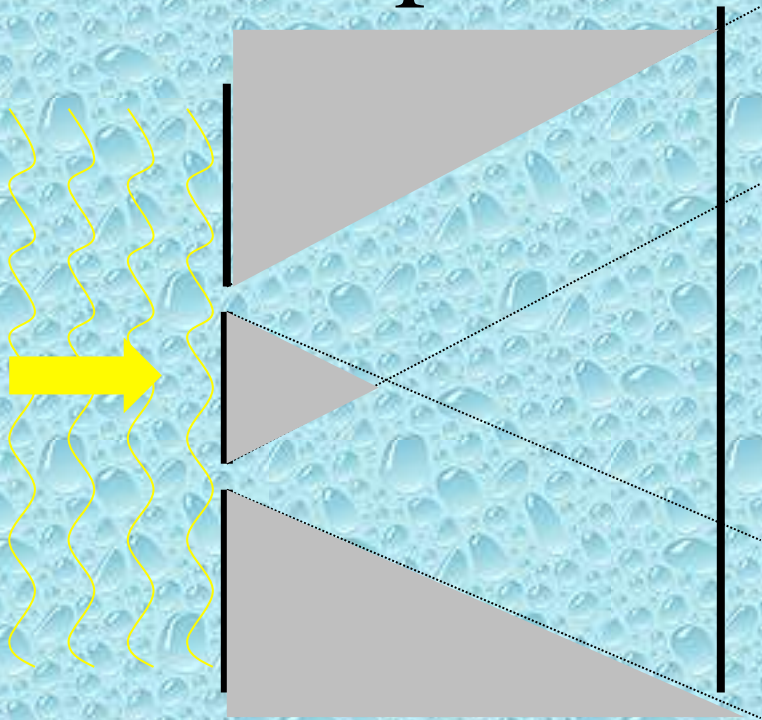
## **Horror Vacui e Etere**

- R. Hooke: *Micrographya*, i Colori corrispondono alle frequenze di oscillazione dell'etere (1667)
- C. Huygens (1629-1625): principio dei fronti d'onda, riflessione e rifrazione

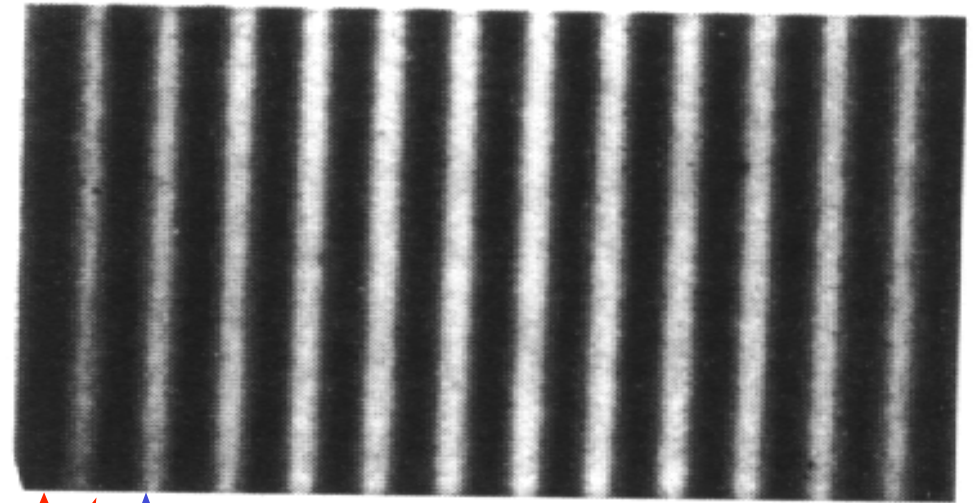




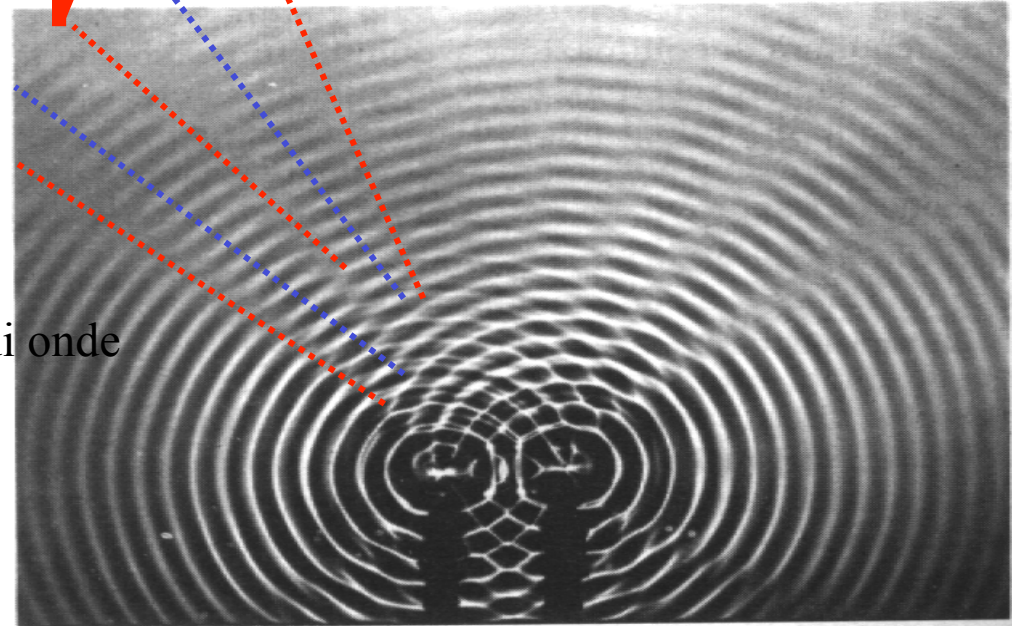
# Ipotesi ondulatoria della luce



Linee nodali



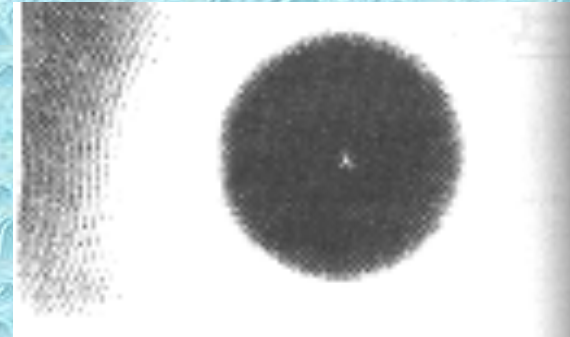
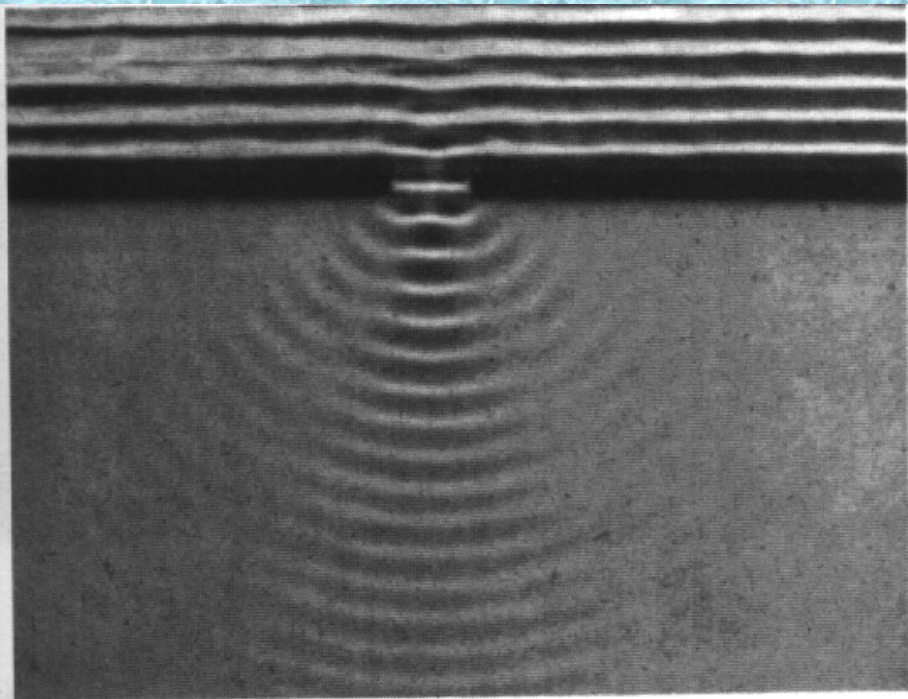
Linee di interferenza  
costruttiva



Interferenza di onde  
meccaniche

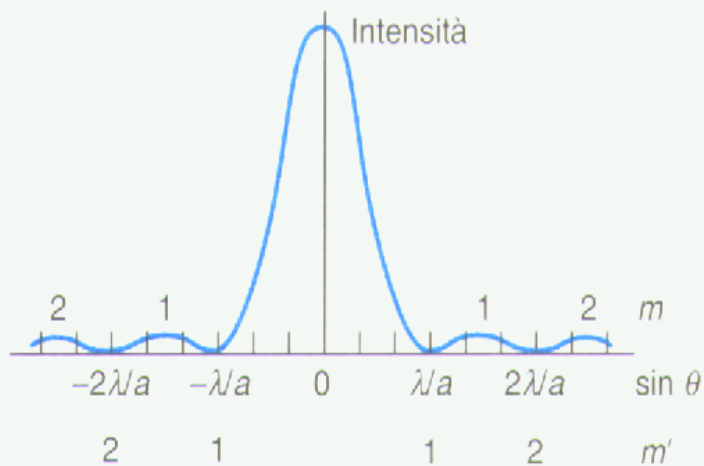
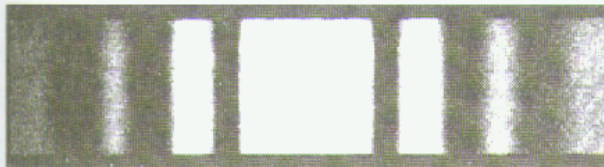
Esperienza di Young (1803)

# Diffrazione

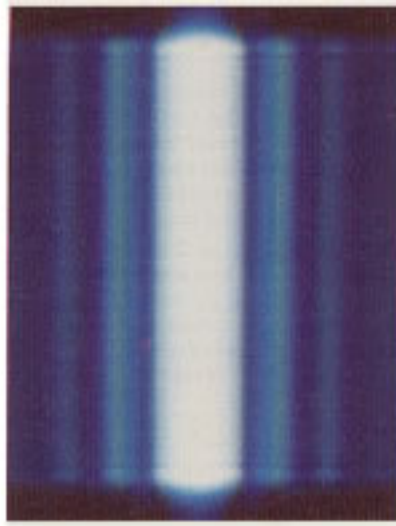
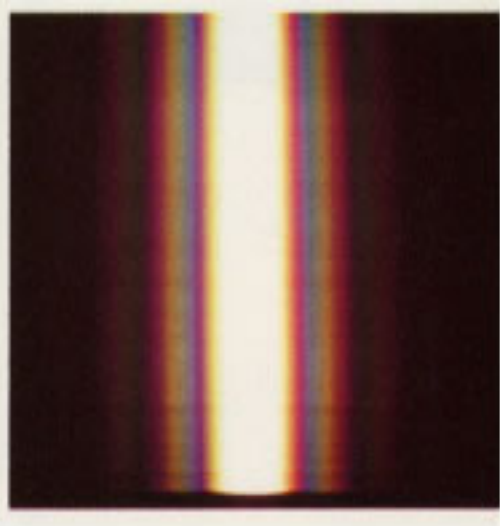


A.J. Fresnel (1788 – 1827)

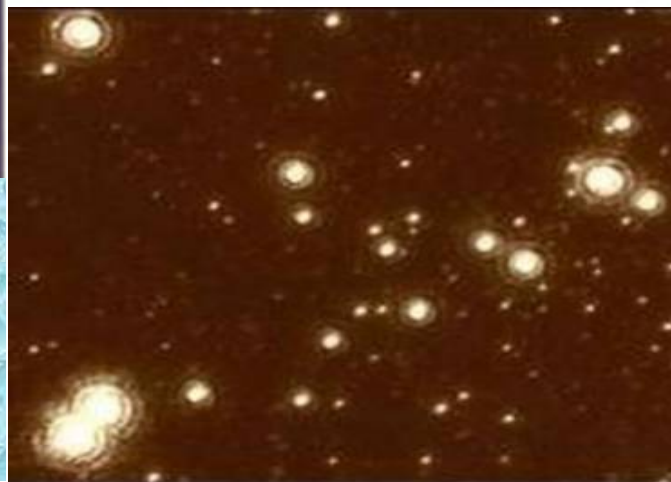
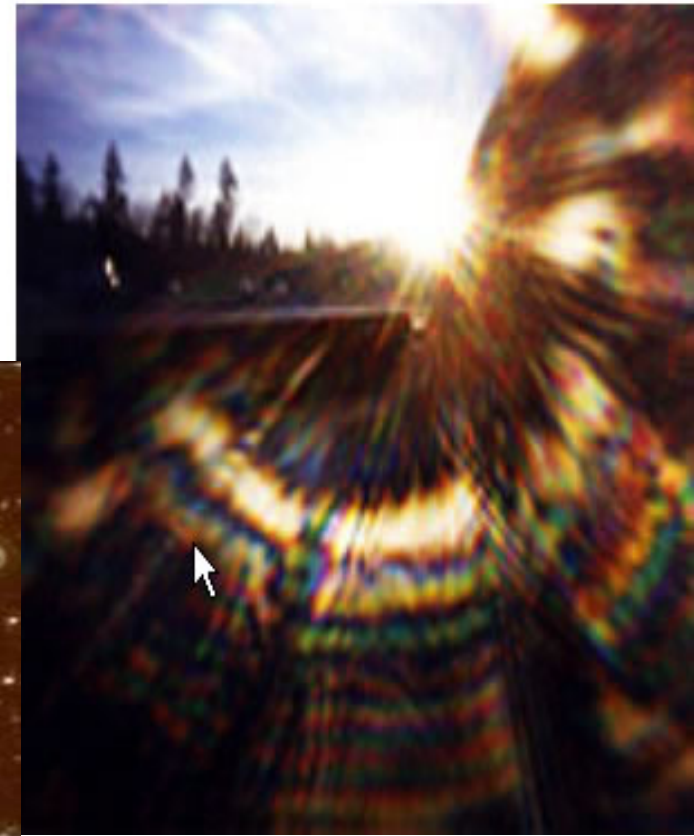
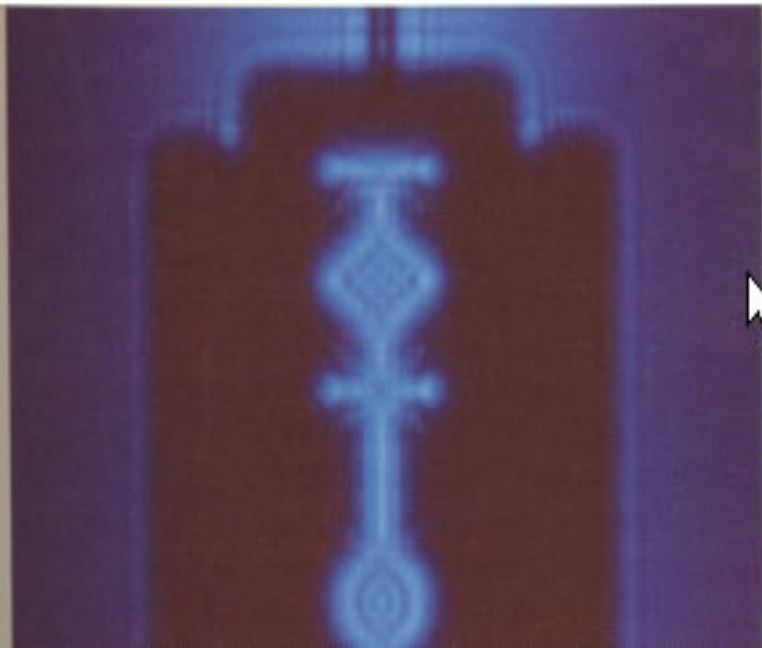
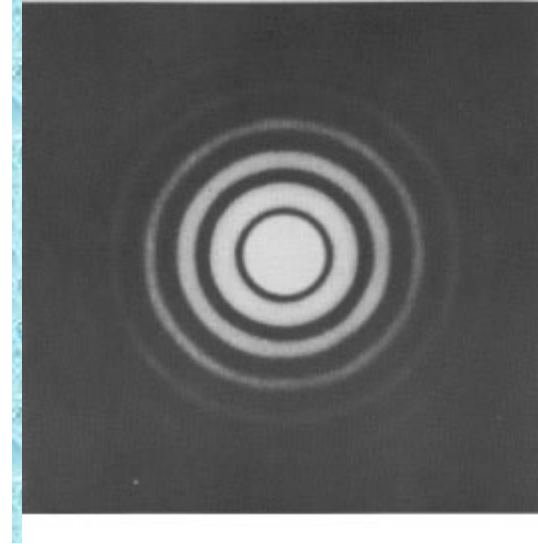
F. Fraunhofer





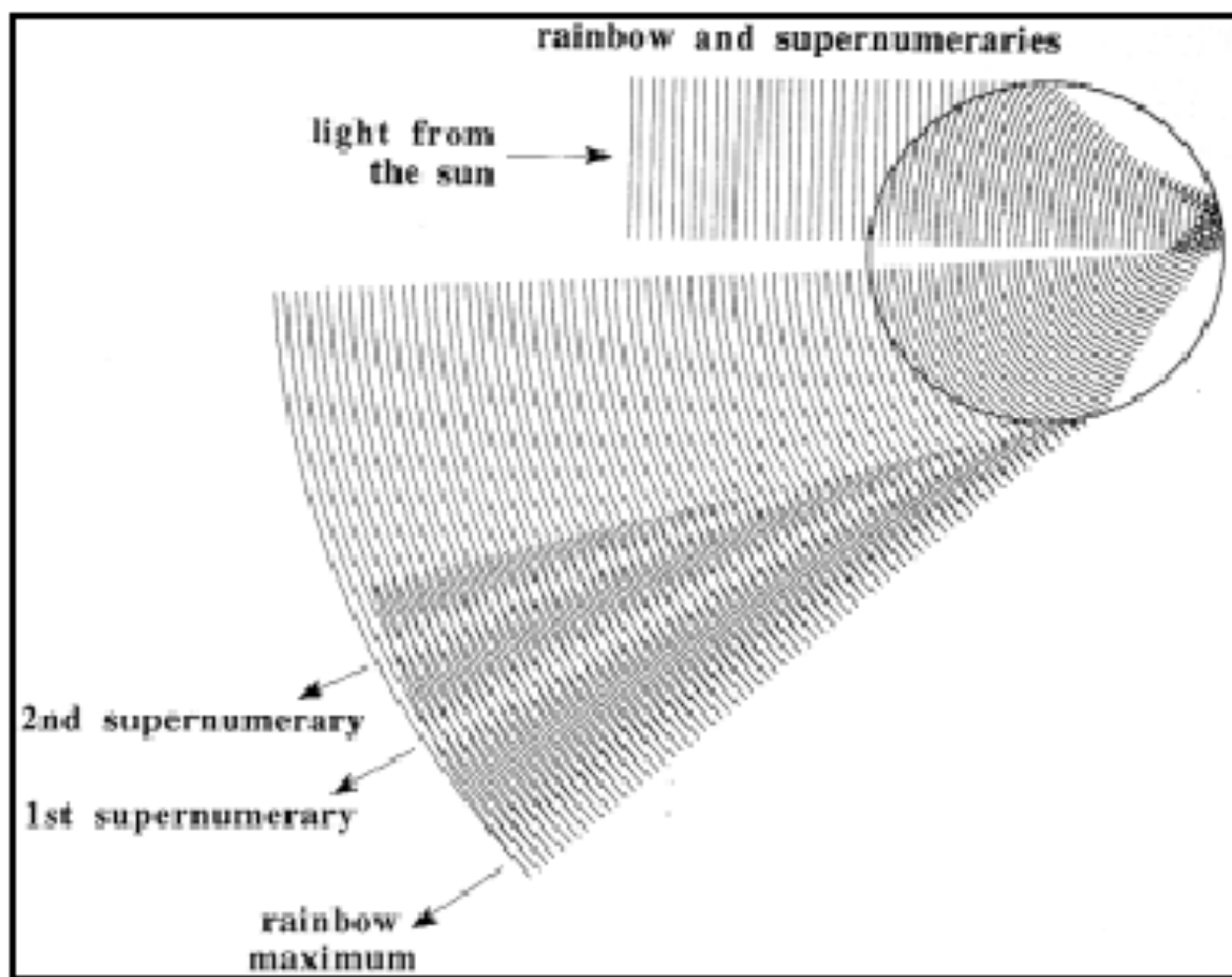


Diffrazione di  
luce bianca e  
blu



$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{a}$$

# Archi sovranumerari e altro...



G.B. Airy (1801-1892)

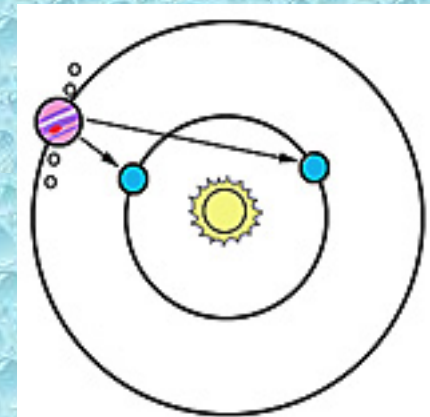




# Misura della velocità della luce



1670, Ole Roemer



300000 km/sec

# Misura della velocità della luce

Metodo di Foucault -  
Michelson  
relazione dei punti coniugati

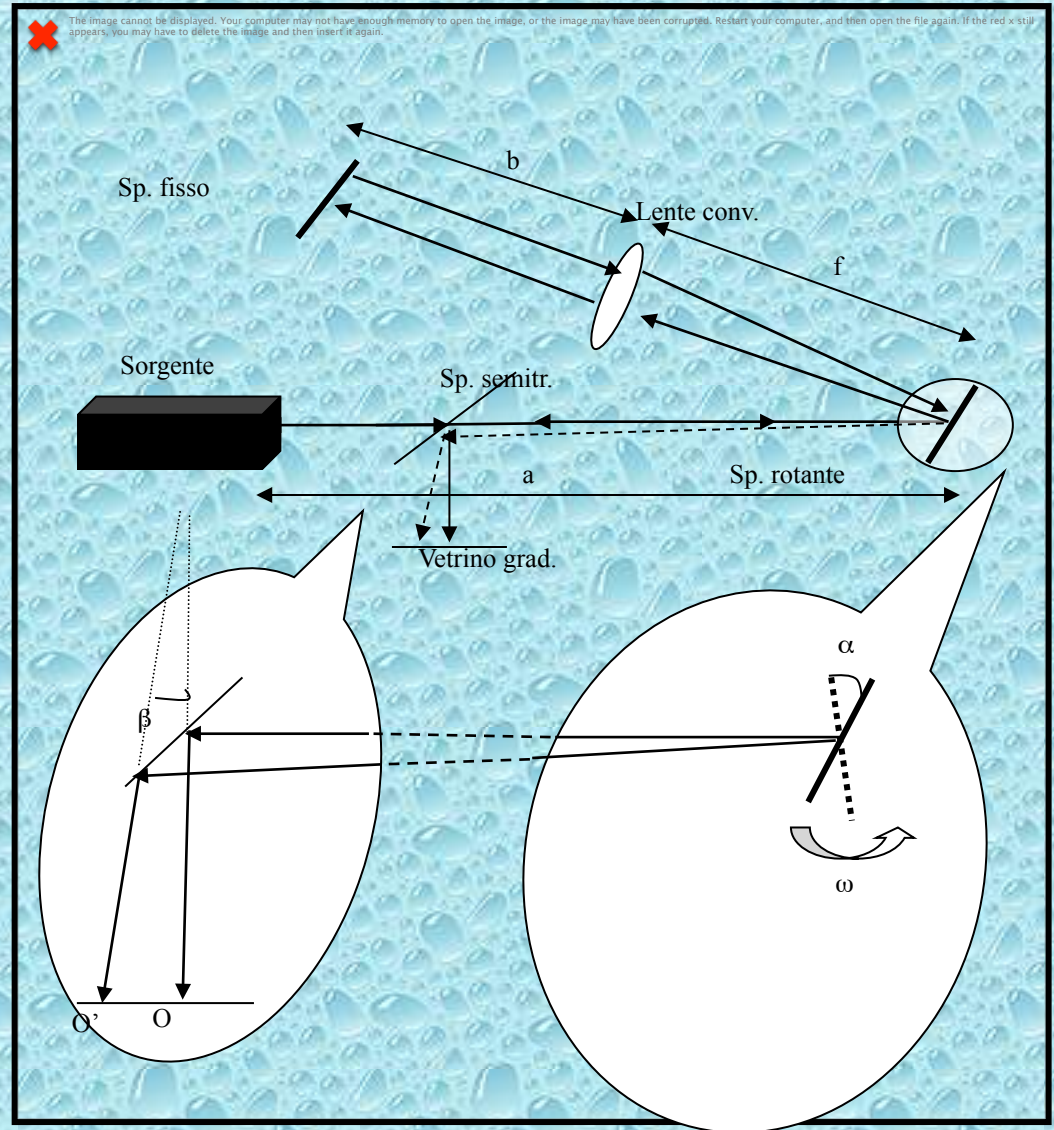
$$\frac{1}{a+f} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \Delta s = 2(b+f)$$

$$\alpha = \omega \Delta t \quad \beta = 2\alpha$$

$$|OO'| = 2\alpha a$$

$$c = \frac{4\omega(b+f)a}{|OO'|}$$





| Date | Author              | Method                    | Result (km/s) | Error    |
|------|---------------------|---------------------------|---------------|----------|
| 1676 | Olaus Roemer        | Jupiter's satellites      | 214,000       |          |
| 1726 | James Bradley       | Stellar Aberration        | 301,000       |          |
| 1849 | Armand Fizeau       | Toothed Wheel             | 315,000       |          |
| 1862 | Leon Foucault       | Rotating Mirror           | 298,000       | + -500   |
| 1879 | Albert Michelson    | Rotating Mirror           | 299,910       | + -50    |
| 1907 | Rosa, Dorsay        | Electromagnetic constants | 299,788       | + -30    |
| 1926 | Albert Michelson    | Rotating Mirror           | 299,796       | + -4     |
| 1947 | Essen, Gorden-Smith | Cavity Resonator          | 299,792       | + -3     |
| 1958 | K. D. Froome        | Radio Interferometer      | 299,792.5     | + -0.1   |
| 1973 | Evanson et al       | Lasers                    | 299,792.4574  | + -0.001 |
| 1983 |                     | Adopted Value             | 299,792.458   |          |

## speed of light in vacuum

Value **299 792 458 m s<sup>-1</sup>**

Standard uncertainty (**exact**)

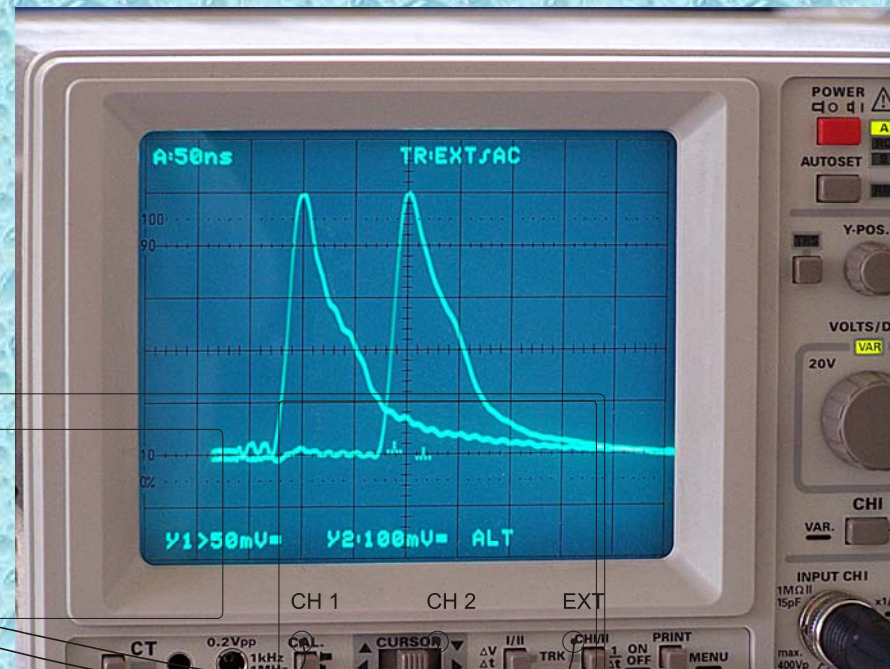
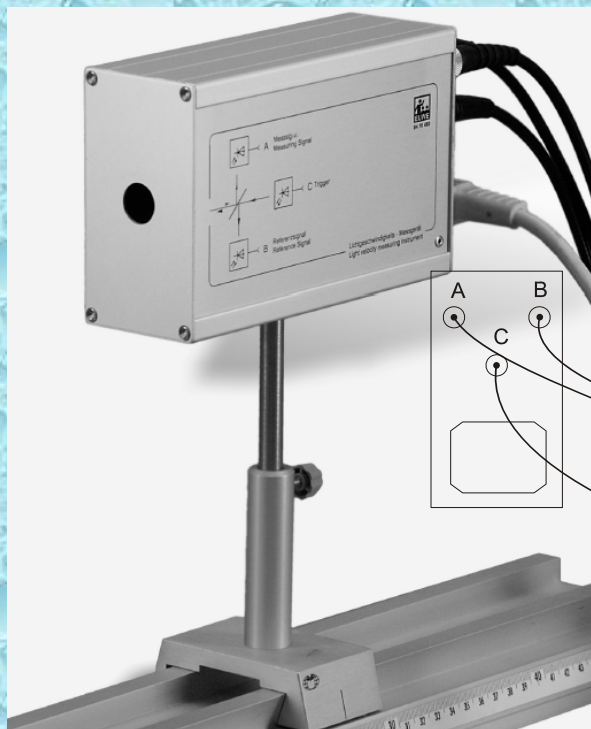
Relative standard uncertainty (**exact**)

Concise form **299 792 458 m s<sup>-1</sup>**

The NIST Reference on  
Constants, Units, and Uncertainty

Fundamental Physical Constants

# Apparecchiatura per la misura della velocità della luce





### 3. Technical data

#### Basic unit

Light emitter: LED  
Pulse rate: 30 kHz approx.  
Power input: 3 W approx.  
Voltage: 115/230 V, 50/60 Hz  
Dimensions: 103 x 56 x 175 mm<sup>3</sup>  
Stem: 150 mm x 10 mm diam.  
Weight: 1 kg approx.

#### Lens

Fresnel lens:  $f = 375$  mm  
Lens surface: 245 mm x 245 mm  
Dimensions: 285 mm x 285 mm  
Stem: 54 mm x 10 mm diam.  
Weight: 200 g approx.

#### Mirror

Design: Micro-prism mirror  
Mirror diameter: 100 mm approx.  
Dimensions: 170 x 170 x 40 mm<sup>3</sup>  
Stem: 54 mm x 10 mm diam.

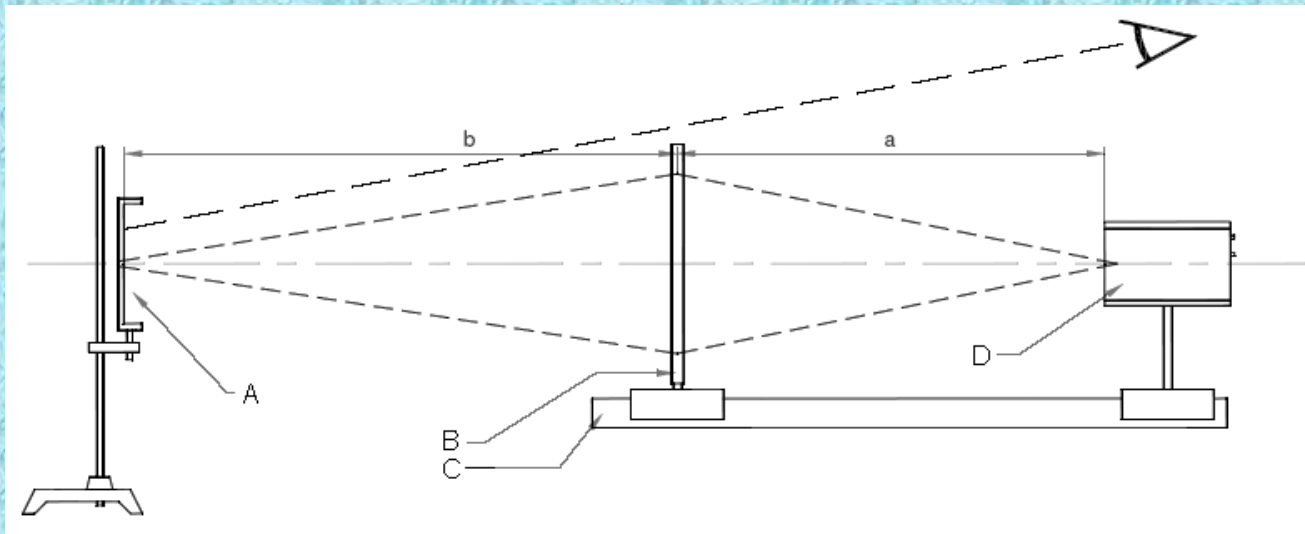


Fig. 1: Experiment set-up: A Microprism mirror, B Fresnel lens, C Optical bench, D Basic unit