

# **Introducción**

**Breve historia de la luz**



- **Aurora de la luz**  
(Edad Antigua: 5000 a.C. ~ 476 d.C.)
- **Luz en la oscuridad**  
(Edad Media: 500 ~ 1500)
- **Revolución de la luz**  
(Edad Moderna: 1500 ~ 1800)
- **Iluminando el mundo**  
(Edad Contemporánea: 1800 ~ ...)

# Aurora de la luz

- La mayoría de avances en el estudio y la comprensión de la luz se producen en la antigua cultura griega.
- Todo comienza con dos grandes preguntas:
  - ¿Cuál es la naturaleza de la luz?
  - ¿En qué consiste el acto de “ver”?

# Aurora de la luz

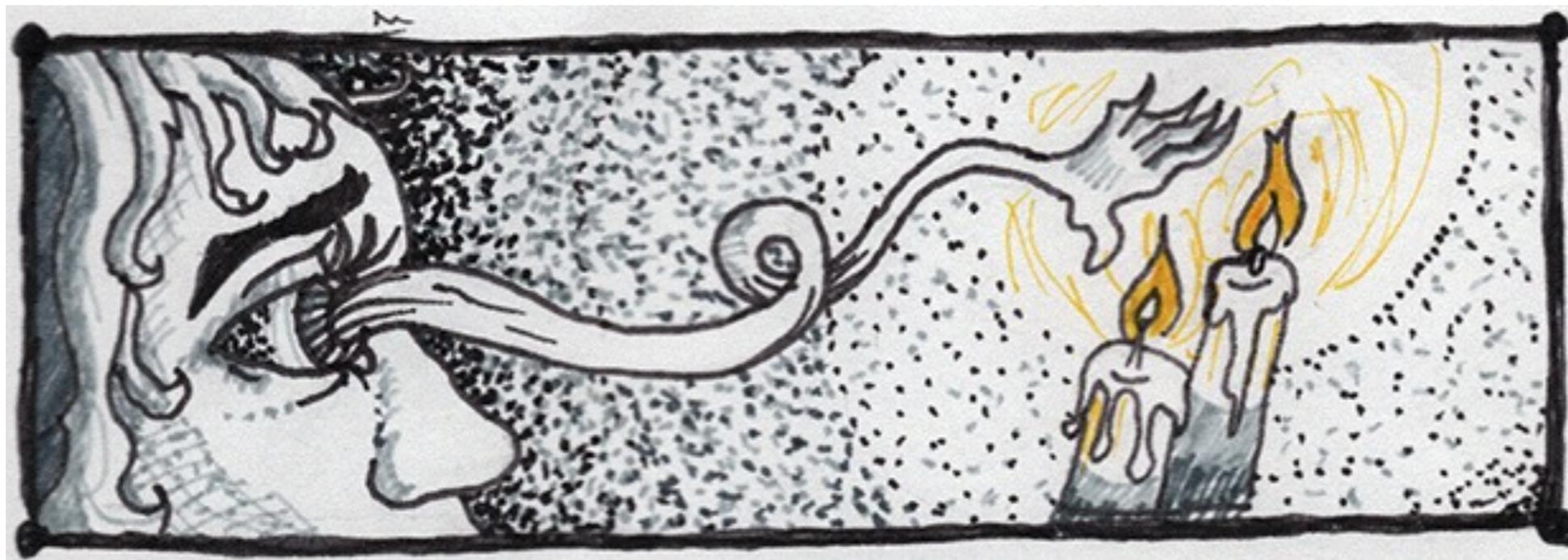
- **Naturaleza de la luz:** Observar cómo cambian las propiedades de la luz en función de la distancia, del ángulo de incidencia, de las condiciones atmosféricas, de la forma de los objetos que ilumina, de las características del medio.
- **Teorías de la visión:** Intentan explicar la conexión entre el objeto y el ojo.
  - **Teoría de la Extramisión:** La percepción visual se produce a través de “rayos visuales” emitidos por el ojo que capturan las propiedades del objeto.
  - **Teoría de la Intramisión:** La percepción visual se debe a “algo” que emite el objeto y se introduce en el ojo.



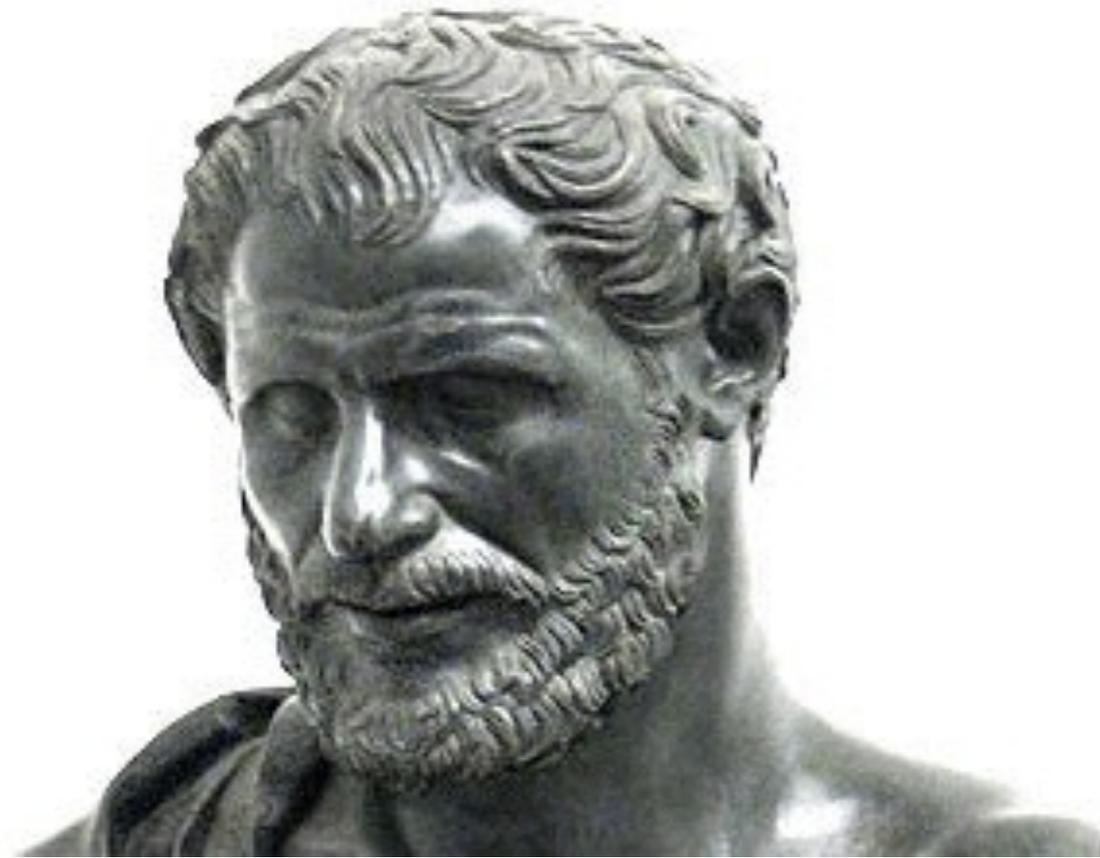
Empedocle's.

- Filósofo y político.
- Teoría de los cuatro elementos: fuego, tierra, aire y agua. El “amor” los une y el “odio” los separa.
- Defensor de la teoría de la Extramisión: Los ojos emiten rayos de luz que tocan los objetos y regresan con información.

## Empédocles (~495 a. C.)



**“Dedos visuales”**

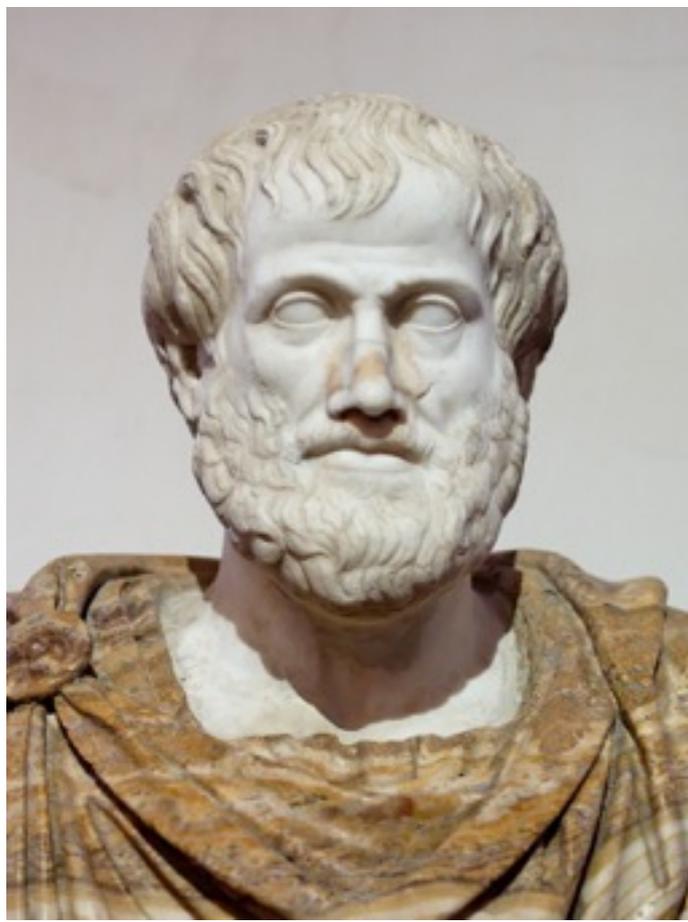


**Demócrito (~460 a. C.)**

- Filósofo y matemático.
- Concepción atomista de la materia.
- La luz tiene naturaleza corpuscular.
- Defensor de la teoría de la Intramisión: La visión es causada por la proyección de las partículas que provienen de los objetos.

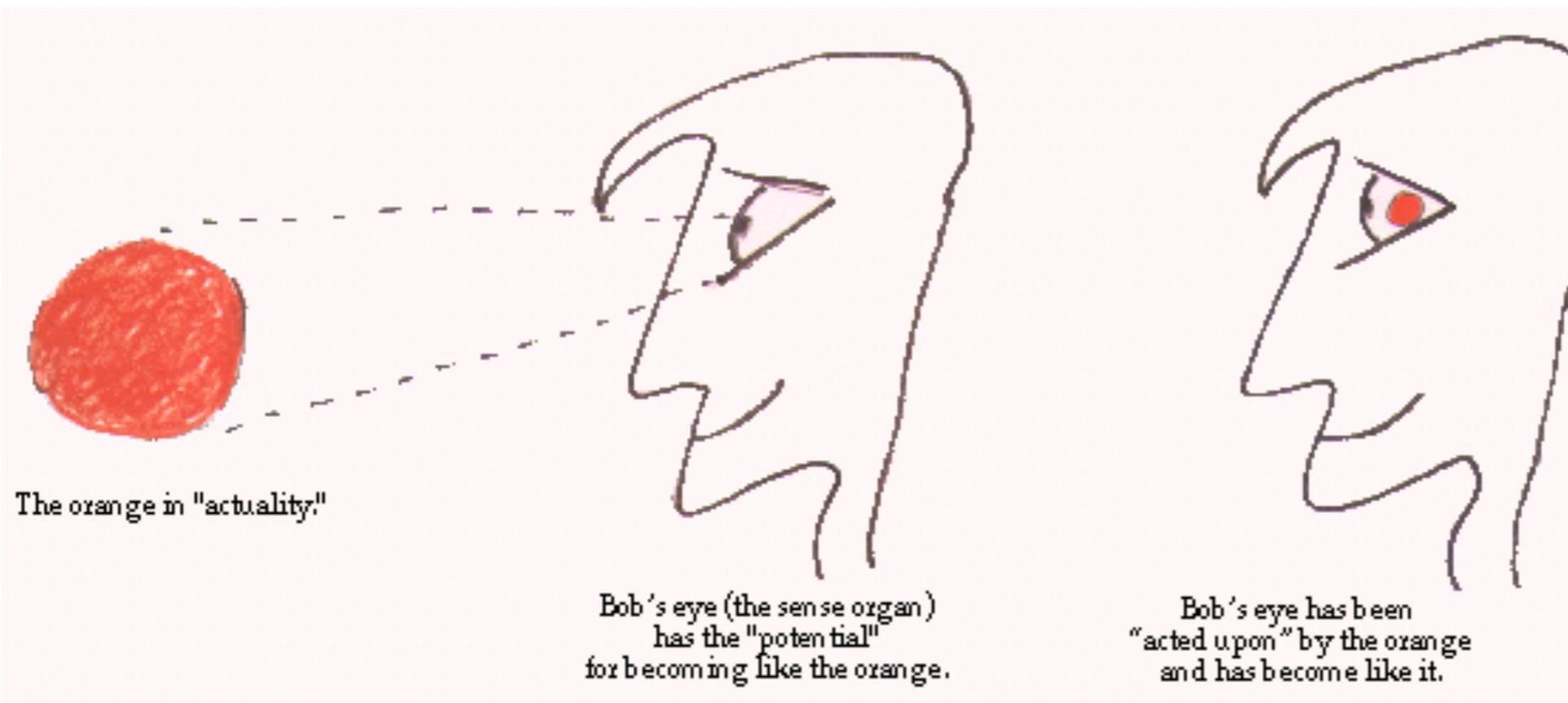


**Esquema de una  
“eidola”**

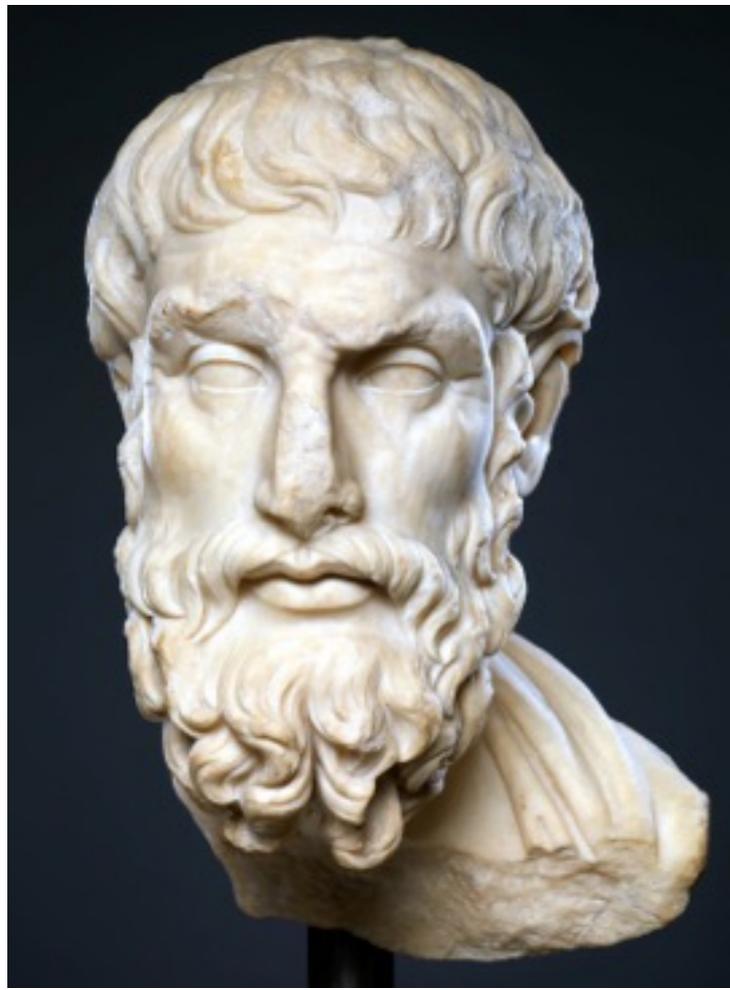


**Aristóteles (~384 a. C.)**

- Filósofo, polímata y científico.
- Tratados de lógica, psicología, biología, física, ciencia política...
- Metafísica: “Preferimos el conocimiento visible a todos los demás conocimientos que nos dan los demás sentidos”.
- Defensor de la teoría de la Intramisión: El aire se “actualiza” en presencia de la luz, sufre el “efecto” de los objetos y lo transmite al observador.



**“Actualización”  
de un objeto  
en el ojo**



**Epicuro (~341 a. C.)**

- Filósofo.
- Fundó la escuela “El Jardín” en Atenas: abierta a todo el mundo sin distinción de raza, sexo o condición social.
- Defendía la teoría atomista de Demócrito y las “eidolas” como mecanismo de la visión.
- ¿La luz de la Luna es propia o refleja la del Sol?
  - Truenos y rayos: la velocidad de la luz es mayor que la del sonido.
  - El arcoiris se produce cuando llueve.

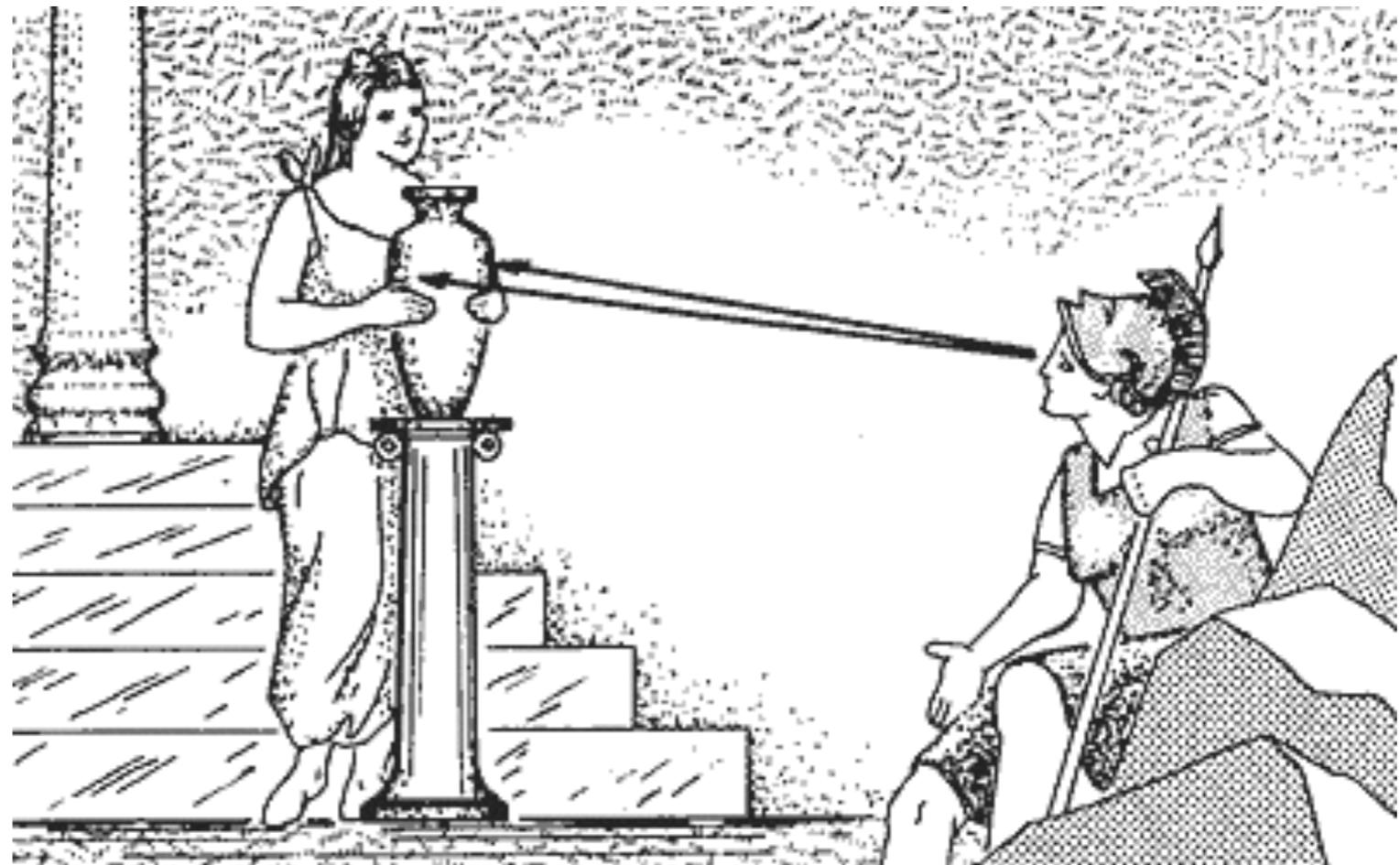




- Matemático y geómetra.
- Autor de “Los Elementos”: Tratado de matemáticas más importante de la historia.
- Defensor de la teoría de la Extramisión: Del ojo del observador salen rayos rectilíneos en forma de cono que determinan qué objetos son visibles.

**Euclides (~325 a. C.)**

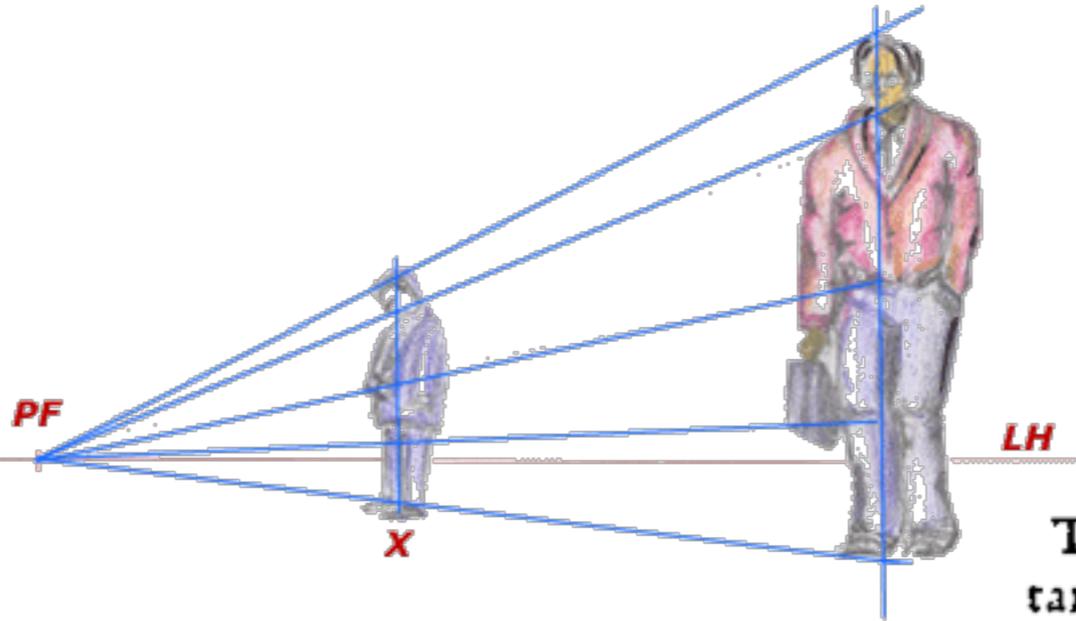
**“Cono visual”:** El vértice está en los ojos del observador y la base del cono sobre el objeto visible





Euclides (~325 a. C.)

- Autor de “Óptica”: Trabajo dedicado a establecer las bases de la geometría de la visión.



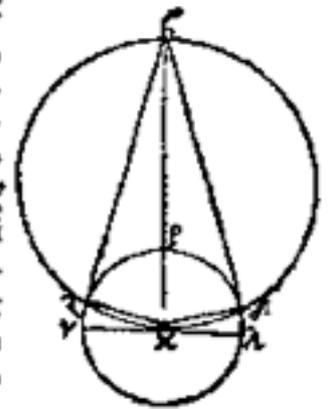
# Perspectiva!!

- Los rayos rectilíneos procedentes del ojo divergen indefinidamente.
- Las cosas que se ven bajo un ángulo mayor aparecen mayores, las que se ven bajo un ángulo menor aparecen menores y las que se ven bajo el mismo ángulo aparecen iguales.

## THEOREMA 31.

Turbinis circulem basim habentis vno tantum oculo spectati, minus dimidia parte cernitur.

Sit turbo aliquis habens pro basi circulum, cuius centrum est  $x$  & ex  $\zeta$  oculo, ad centrum  $x$  conectatur  $\zeta x$ . à puncto autem  $x$  exciteretur  $\nu x \lambda$ , quæ sit ad angulos rectos ipsi  $\zeta x$ . & circa  $\zeta x$  describatur circulus  $\zeta \delta$ , coniunganturque rectæ  $\zeta \nu$ ,  $\zeta \lambda$ ,  $\zeta \delta$ ,  $\delta x$ . anguli igitur  $\zeta \nu x$ , &  $\zeta \delta x$ , cum sint in semicirculis, recti sunt. Quare in vnico puncto circulum tangunt duæ lineæ  $\zeta \nu$  &  $\zeta \delta$ . radii autem ab oculo  $\zeta$  in circuli circumferentiam pergentes, cadent secundum lineas  $\zeta \nu$  &  $\zeta \delta$ . Quod igitur cernetur, erit  $\zeta \nu \delta$ , quod minus est quam  $\nu \nu \lambda$ . Atqui  $\nu \nu \lambda$  est semicirculus. ergo  $\zeta \nu \delta$  minus est semicirculo. Quare turbinis pars quam cernit oculus, minor est dimidia parte turbinis. Idem demonstrabimus de reliquis circulis qui in turbinis superficie sunt.



## THEOREMA 32.

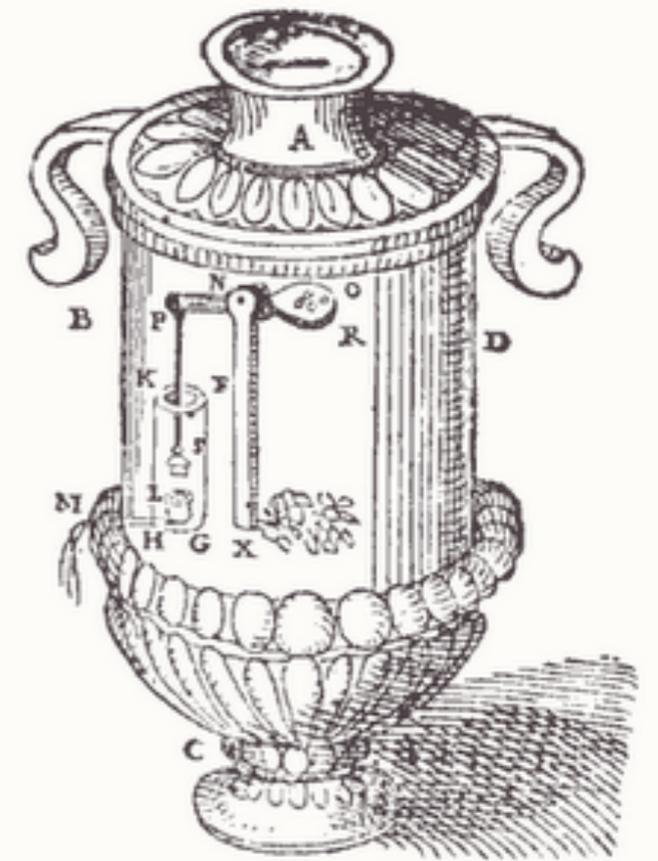
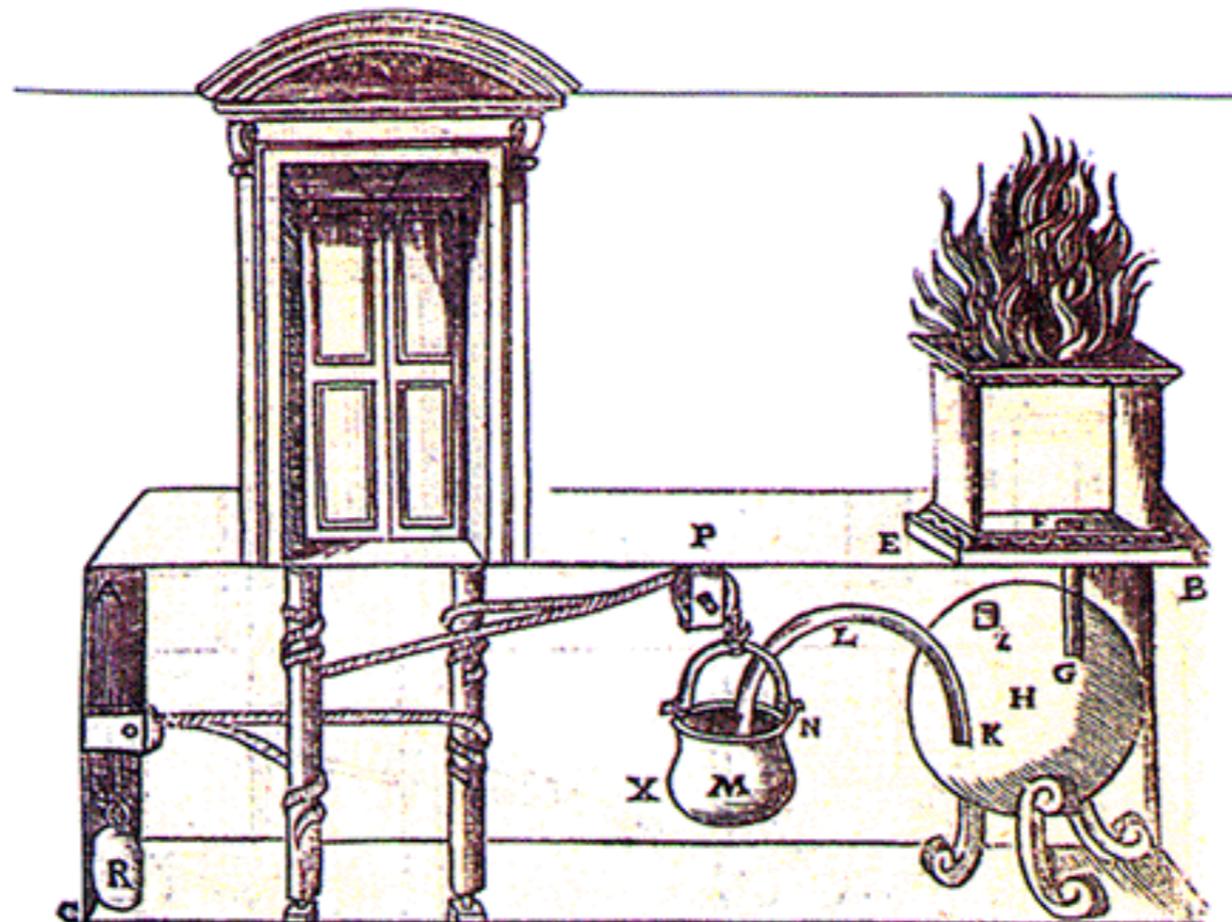
Oculo per idem planum propius id turbinem accedente minor turbinis pars cernetur, quam oculo recedente: maior tamen aspectui apparebit.

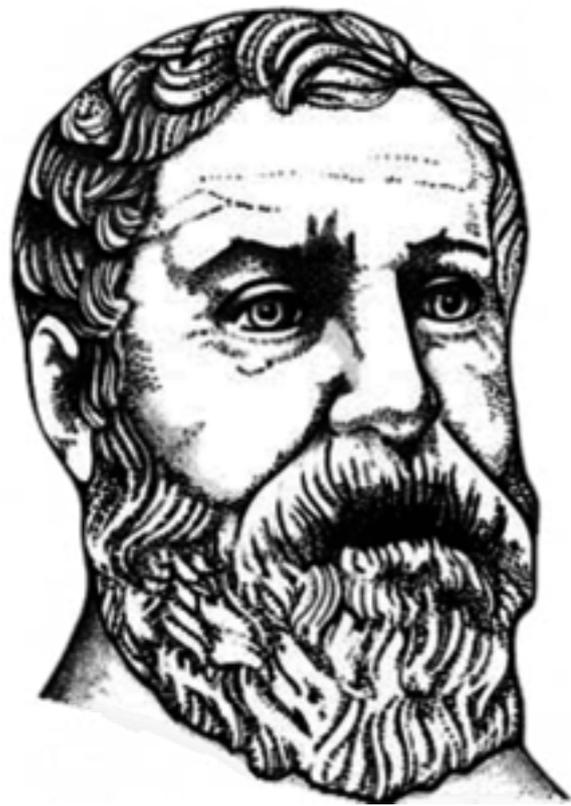
Sit basis conii circulus, cuius centrum  $x$ , oculus autem sit  $a$ , & ex  $a$  ad  $x$  ducatur recta  $ax$ . & à puncto  $x$  exciteretur  $\theta x \zeta$ , quæ sit



**Heron (~10 d. C.)**

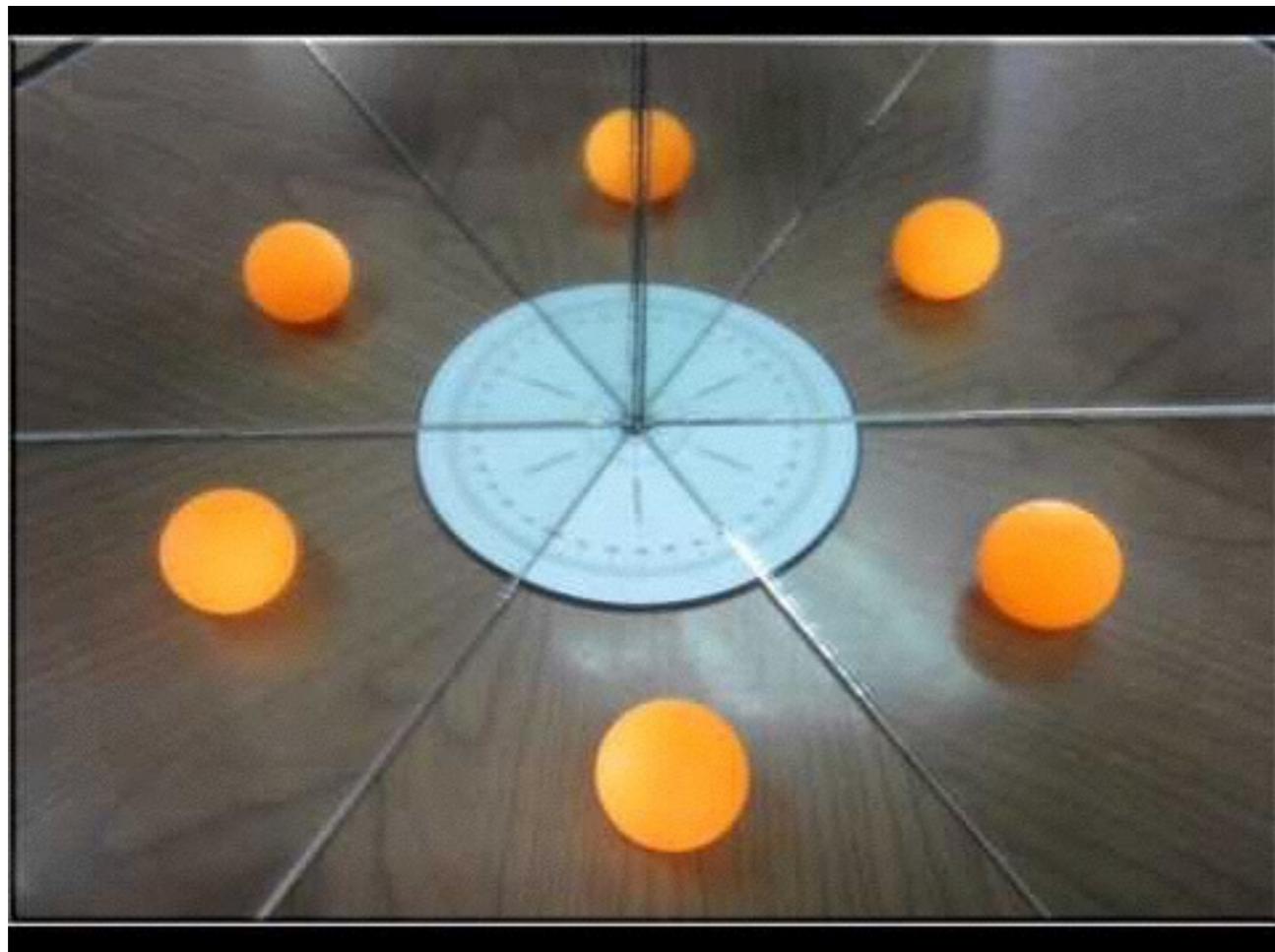
- Ingeniero y matemático.
- Estudió las áreas de las superficies y los volúmenes de los cuerpos.
- Desarrolló técnicas para calcular operaciones como raíces cuadradas.
- Inventor de la eolípila, sistema de puertas automáticas, máquina expendedora...





**Herón (~10 d. C.)**

- Defensor de la teoría de la Extramisión: la visión es debida a rayos de luz emitidos por los ojos y reflejados por el objeto.
- Autor de “Catóptrico”: Obra dedicada a la teoría de los espejos y sus aplicaciones prácticas.
- Estudia la forma en la que los rayos de luz se reflejan en los espejos.



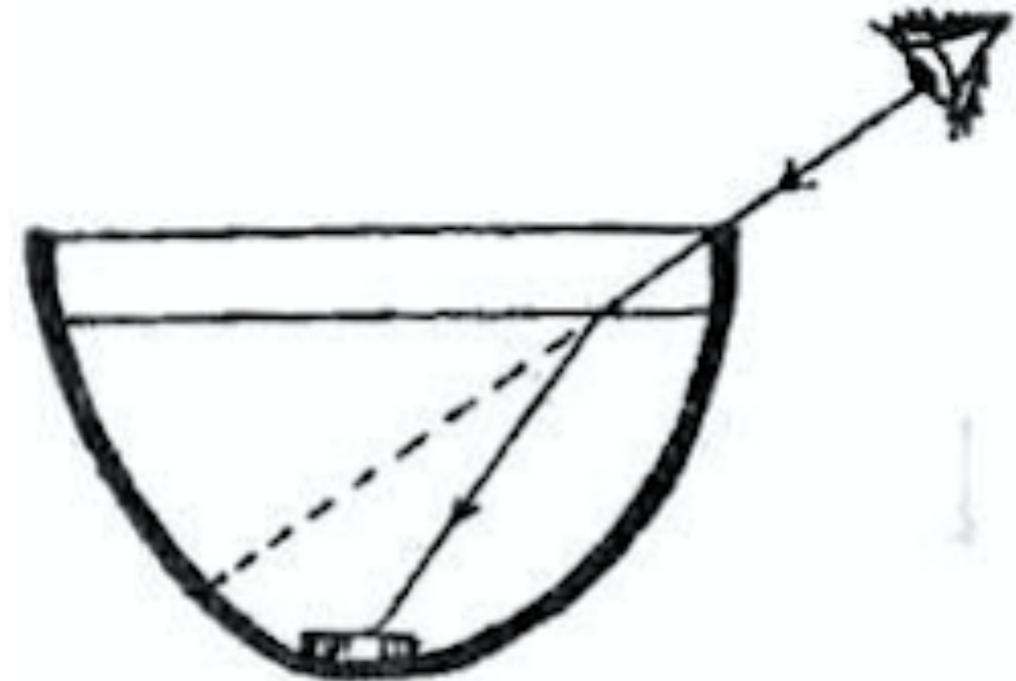
- Los rayos de luz siempre recorren el espacio más corto entre dos puntos.
- La velocidad de los rayos de luz es infinita.



**Ptolomeo (~100 d. C.)**

- Astrónomo, astrólogo, químico, geógrafo y matemático.
- Modelo geocéntrico del universo: la Tierra es el centro alrededor del cual giran los demás cuerpos celestes.
- Defensor de la teoría de la Extramisión: la visión es una radiación que emana del ojo, “pneuma visual”, capaz de percibir al entrar en contacto con los objetos.
- Autor de “Óptica”: Tratado sobre la teoría matemática de las propiedades de la luz.

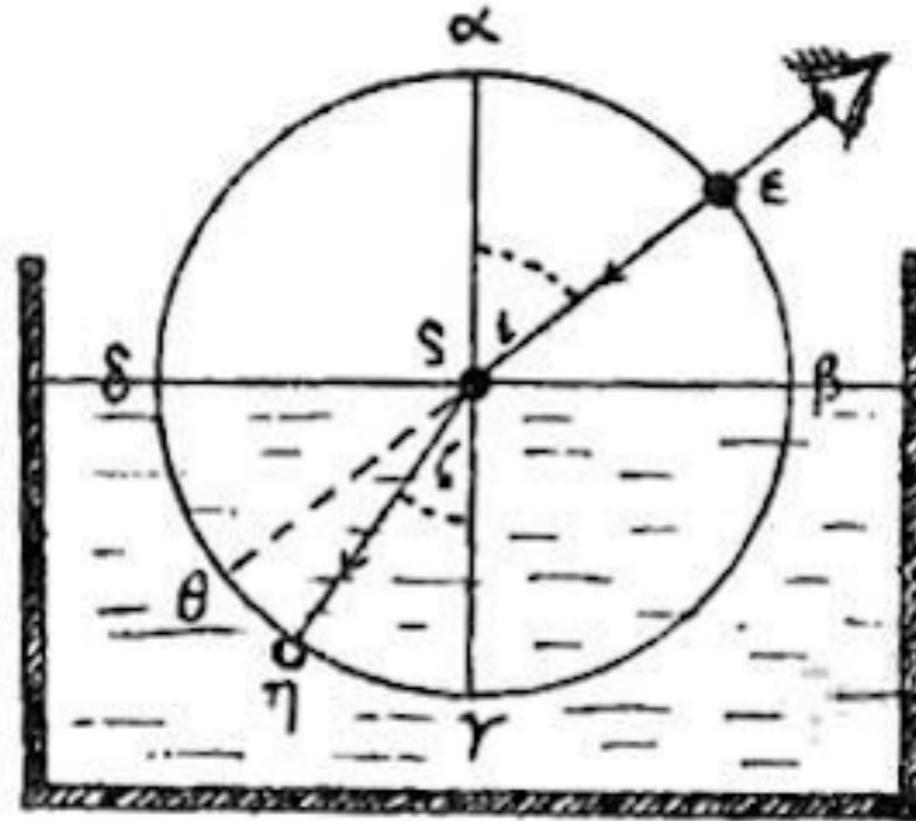
- Los rayos visuales pueden ser alterados de dos maneras: **reflexión** y **refracción**.
- **Reflexión:** Rayos rechazados por objetos que no penetran en ellos.
- **Refracción:** Cambio de dirección de los rayos al entrar en un líquido.





**Ptolomeo (~100 d. C.)**

- Diseñó un experimento para medir el grado de refracción del agua: el ángulo que se desvía un rayo al entrar en agua respecto de su trayectoria de incidencia.



Cuando $\alpha\epsilon$ es	$\gamma\eta$ será	<u>Curvatura</u>
10°	8°	2°
20°	15 ½°	4 ½°
30°	22 ½°	7 ½°
40°	29°	11°
50°	35°	15°
60°	40 ½°	19 ½°
70°	45 ½°	24 ½°
80°	50°	30°

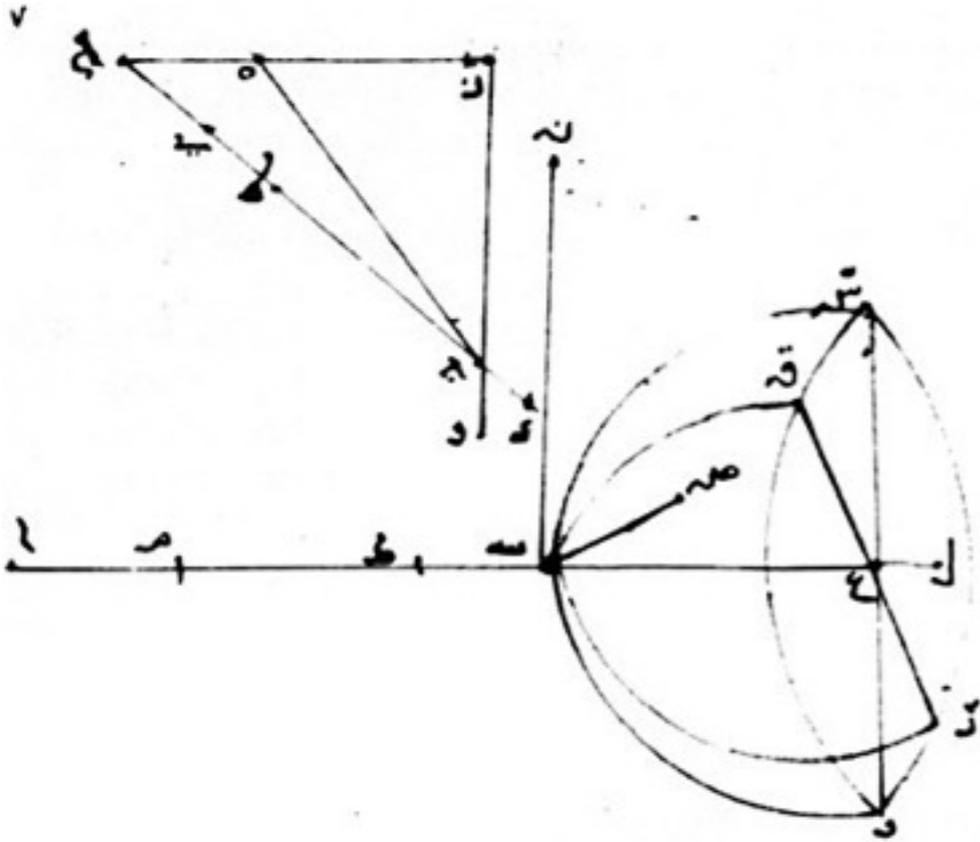
- Medimos el ángulo de incidencia en el aire y el ángulo de refracción en el agua.
- La diferencia entre los dos ángulos será el grado de refracción del agua.

# Luz en la oscuridad

- La mayor parte de la actividad relacionada con el estudio de la luz se concentra en la cultura árabe y solamente en la cultura europea durante la Alta Edad Media.
- Los principales avances se producen en:
  - Estudio de los defectos de la visión.
  - Diseño de lentes y dispositivos ópticos.

# Ibn Sahl (~940)

- Matemático y físico.
- Autor de un tratado sobre óptica que se conserva parcialmente.
- Estudió las propiedades ópticas de espejos curvos y lentes.
- Primera formulación matemática de la ley de la refracción.
- Describió las propiedades de los espejos parabólicos, los espejos elipsoidales y las lentes biconvexas.



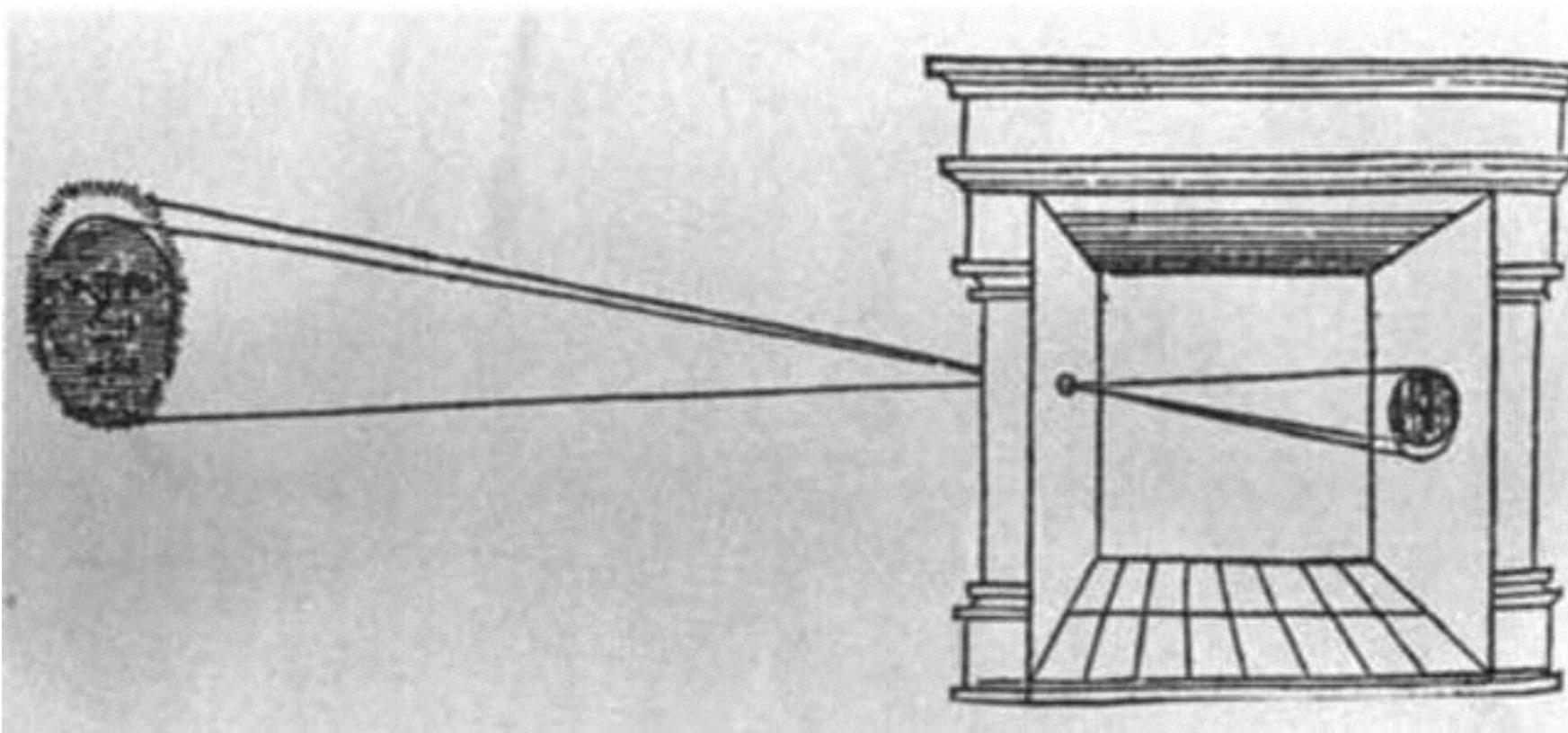
لانه ان ماتد عليها سطح مستوي غيره فلان هذا السطح يقطع سطح بزصر  
على نقطة ب فلا بد من ان يقطع احد خطي ب ن بصر فليكن ذلك  
الخط بصر والفصل المشترك بين هذا السطح وبين سطح قطع ق ر  
خط مبشر فلان هذا السطح يماثل مسيط ب على نقطة ب فخط  
ب شر على سطح قطع ق ب ر على نقطة ب وكذلك خط بصر وهذا محال  
فلا يماثل مسيط ب على نقطة ب سطح مستوي غيره سطح ب ن ص ٥





**Alhacén (~965)**

- Matemático, físico y astrónomo.
- Por primera vez separa el ojo, el objeto y la luz como elementos independientes.
- Teoría de la visión: Los objetos reflejan la luz del Sol y llega a nuestros ojos, donde se produce la visión.
- Cámara oscura: Instrumento crucial para la revolución de la óptica y la observación astronómica.
- Las imágenes de la cámara oscura aparecen invertidas.

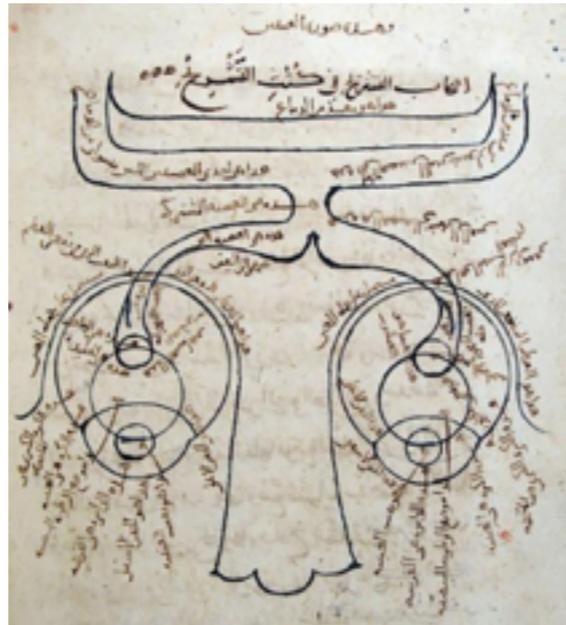


- Los rayos de luz viajan en línea recta.
- La velocidad de la luz es finita.

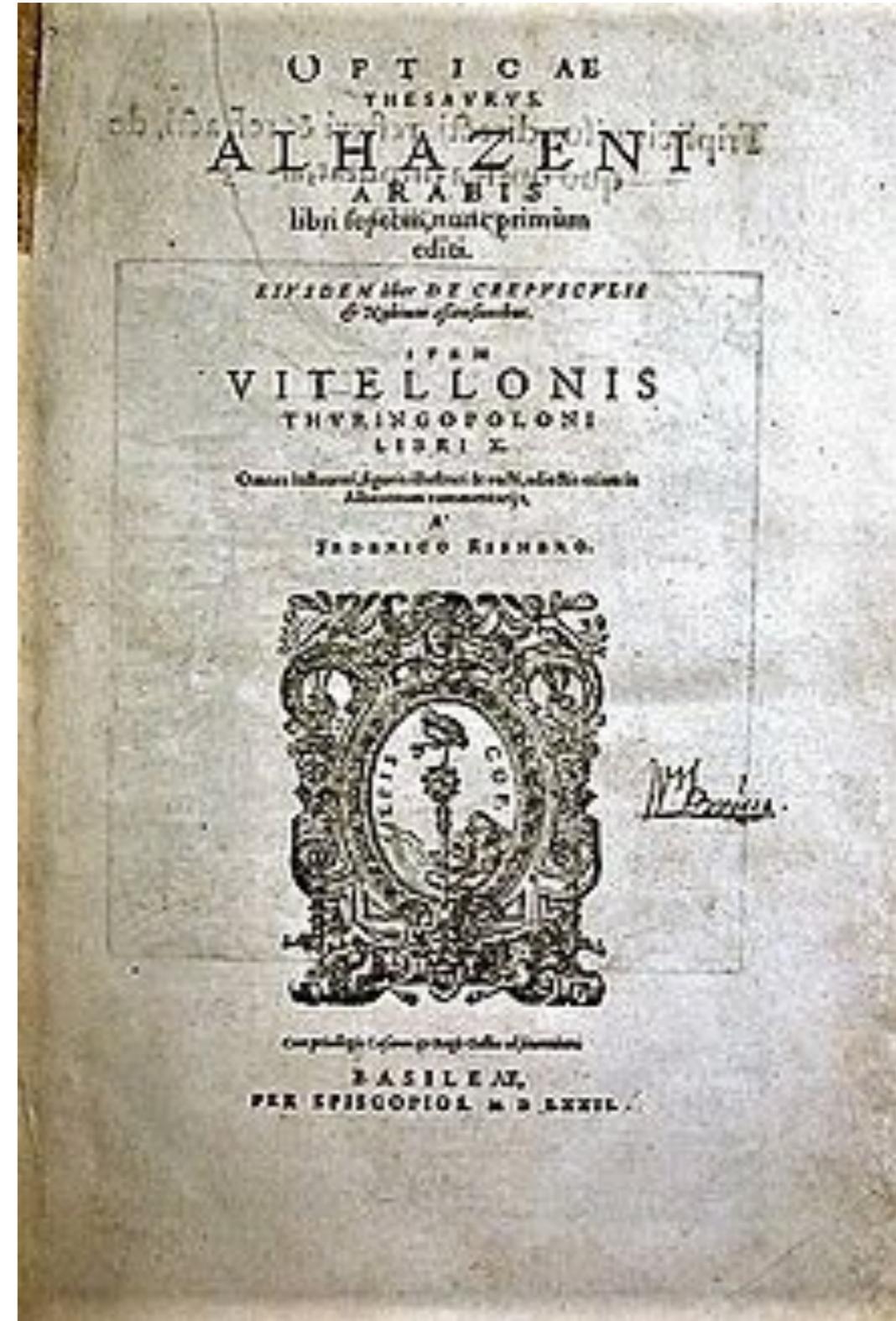


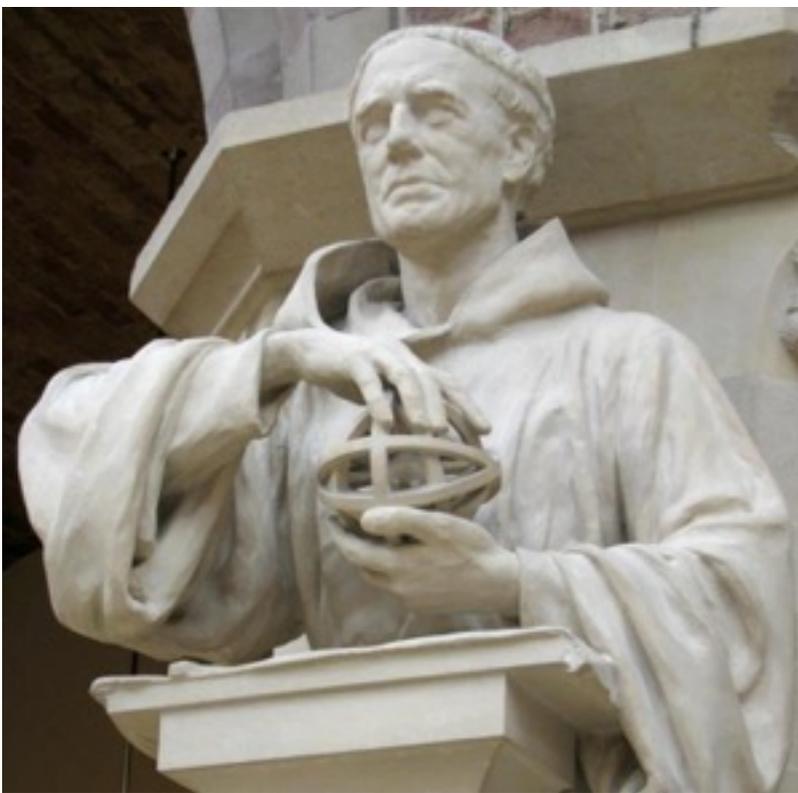
Alhacén (~965)

- Autor de “Kitab al-Manazir” (Libro de Óptica): Compuesto por siete libros donde se recogen todas sus investigaciones sobre la luz y fenómenos como la reflexión y la refracción.



- **Libro I:** Teorías de la luz, el color y la visión.
- **Libro II:** Teorías de la percepción visual.
- **Libros III y VI:** Errores en la percepción visual y errores relacionados con la reflexión.
- **Libros IV y V:** Evidencias experimentales de las teorías de la reflexión.
- **Libro VII:** Descripción del fenómeno de la refracción.





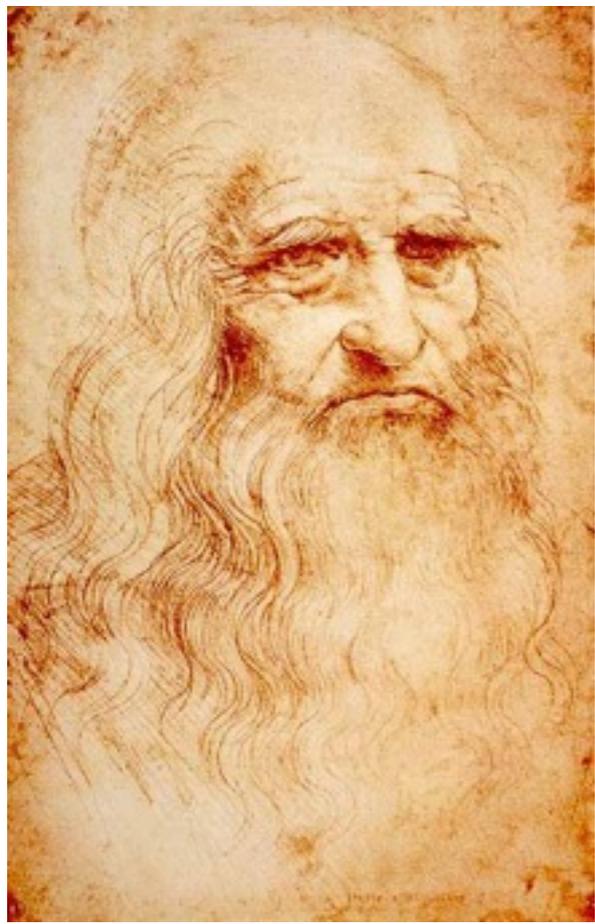
**Roger Bacon (~1214)**

- Filósofo y teólogo.
- Estudió la luz y el ojo y experimentó con lentes y espejos.
- Describió el arcoiris como resultado de la reflexión y la refracción de la luz sobre gotas de lluvia.
- Autor de “Opus Maius”: Parte de la obra se dedica a las matemáticas, la óptica y la ciencia experimental.



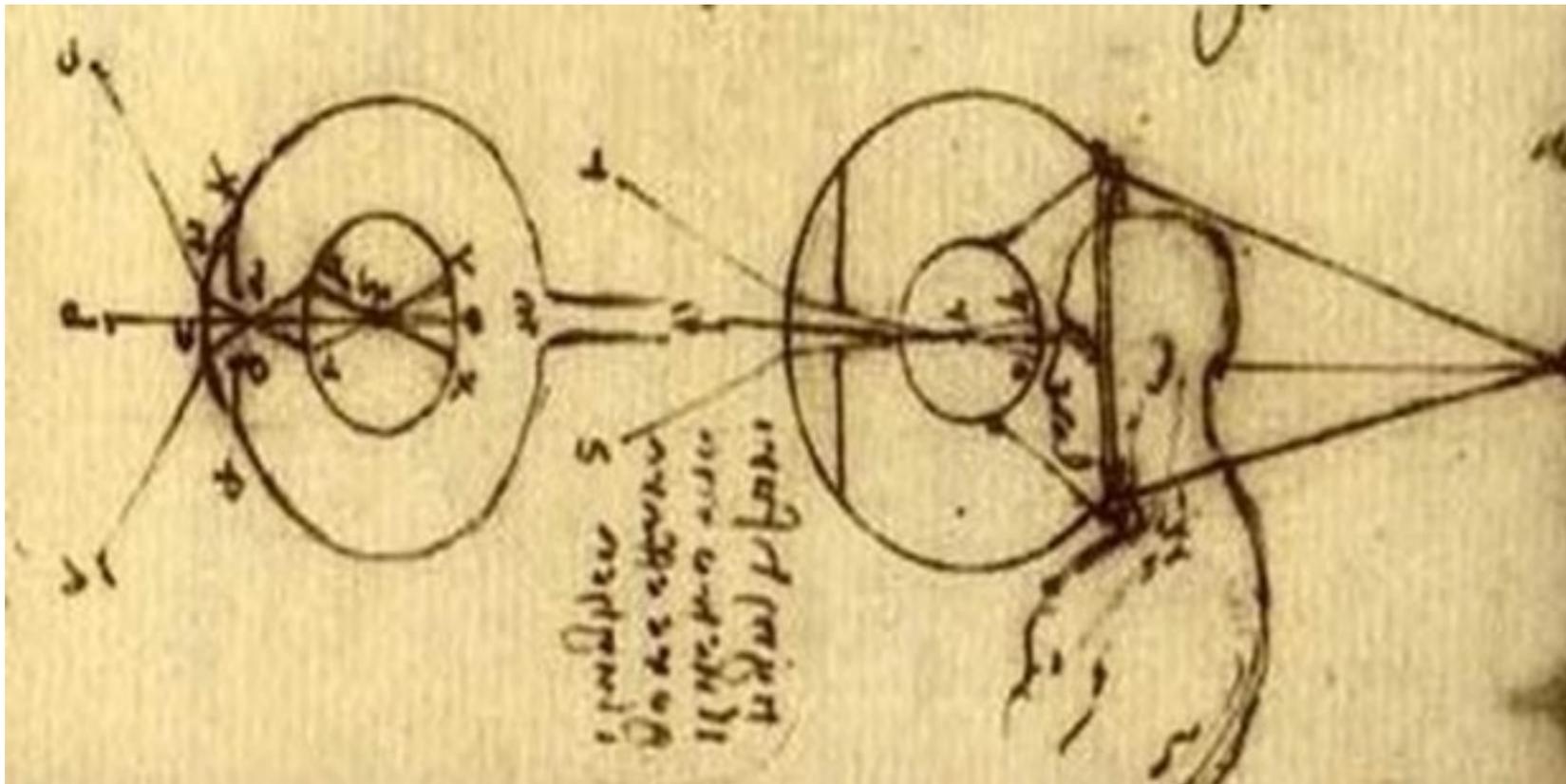
**Witelo (~1237)**

- Filósofo natural, teólogo, físico y matemático.
- Autor de “Perspectiva”: Obra sobre la óptica influenciada por Alhacén.



- Polímata: Pintor, anatomista, arquitecto, escultor, músico, ingeniero, inventor, científico...
- Estudió la estructura y el funcionamiento del ojo.
- Formuló una teoría de la visión en la que comparaba el ojo con una cámara oscura.
- Diseñó dispositivos para tallar espejos y construir lentes de gran radio de curvatura.

**Leonardo  
da Vinci (1452)**



- Como artista estudió en profundidad la teoría de la perspectiva.