

# De la Tierra Plana al Universo 3D

Version 2018

Tabaré Gallardo

IFFC - UdelaR

[www.fisica.edu.uy/~gallardo](http://www.fisica.edu.uy/~gallardo)

# La Sociedad de la Tierra Plana

<http://theflatearthsociety.org/>

<h2>Flat Earth News</h2>	
International Flat Earth Research Society \$10.00 yearly to Associate Members only.	Box 2533, Lancaster, California 93539-2533 Phone: (805) 946-1595
Quarterly Charles K. Johnson, President	RESTORING THE WORLD TO SANITY Marjory Waugh Johnson, Secretary

Issue No. 40  
DECEMBER, 1981

# **Ships Sail on Flat Sea Railroads Roll on Flat Land The World Is Flat!**

### RAILWAYS

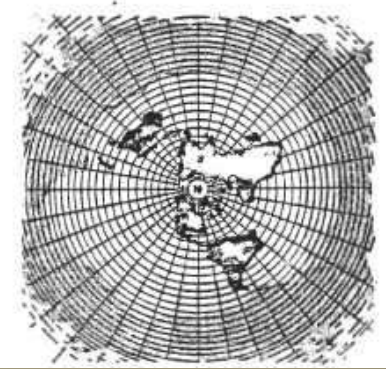
In projecting railways on a globe, the datum line would be the arc of a circle corresponding to the latitude of the place. That the datum line for railway projections is always a horizontal line, proves that the general configuration of the world is horizontal. To support the globe theory, the gentlemen of the observatories should call upon the surveyors to prove that "curvature" allows the necessary amount for "curvature." But this is what the learned men dare not do, as it is wellknown that the allowance for the supposed curvature is never made.

### REAL ENGINEERS SPEAK

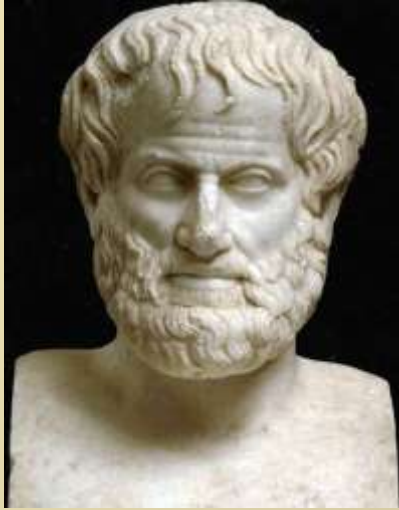
I am thoroughly acquainted with the theory and practice of civil engineering. However, I regret some of

indeed as represented, the central stations at Rugby or Warwick ought to be close upon three miles higher than a chord drawn from the two extremities. If such was the case there is not a driver within the Kingdom that would be found to take charge of the train. . . . We can only laugh at those of your readers who seriously give us credit for such venturesome exploits, as crossing trains round spherical curves. Horizontal curves on levels are dangerous enough, vertical curves would be a thousand times worse, and with our rolling stock constructed as at present physically impossible. There are several other reasons why such locomotion on iron rails would be AS IMPRACTICABLE AS CARRYING THE TRAINS THROUGH THE AIR."

A CIVIL ENGINEER, UK

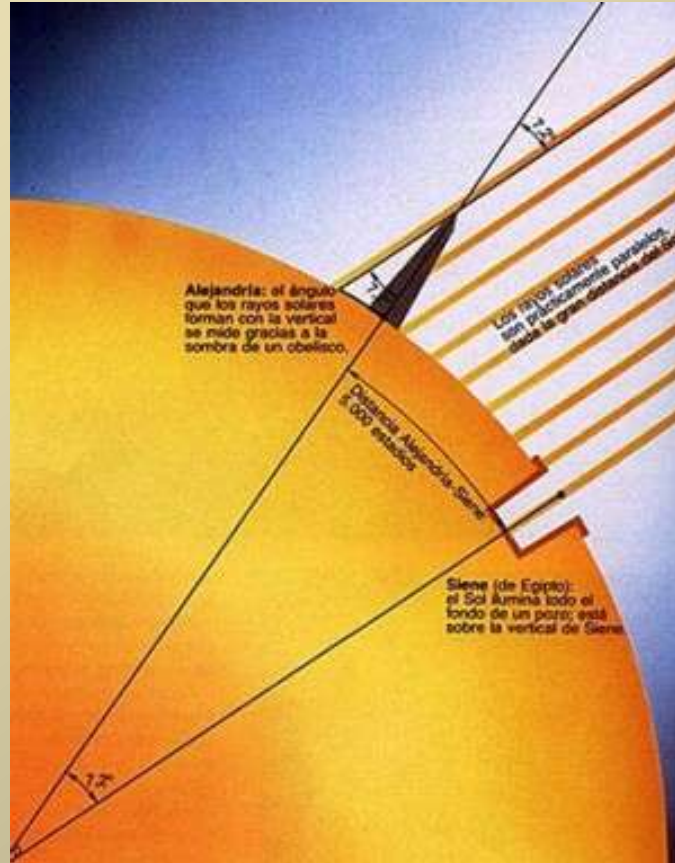


350 AC: Arístóteles



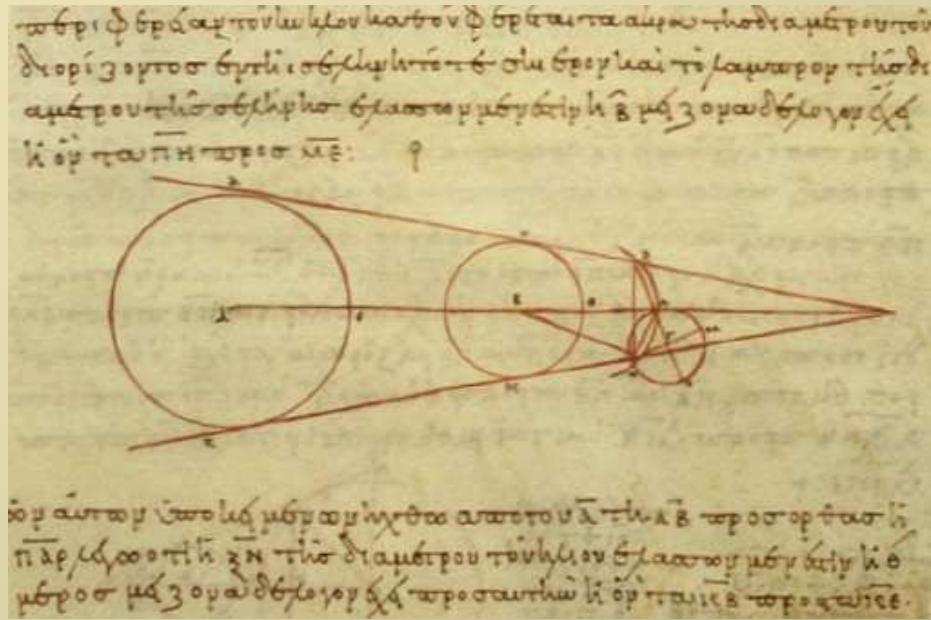
La sombra de la Tierra en la Luna corresponde a la de una esfera

# 240 AC: Eratóstenes mide radio Tierra



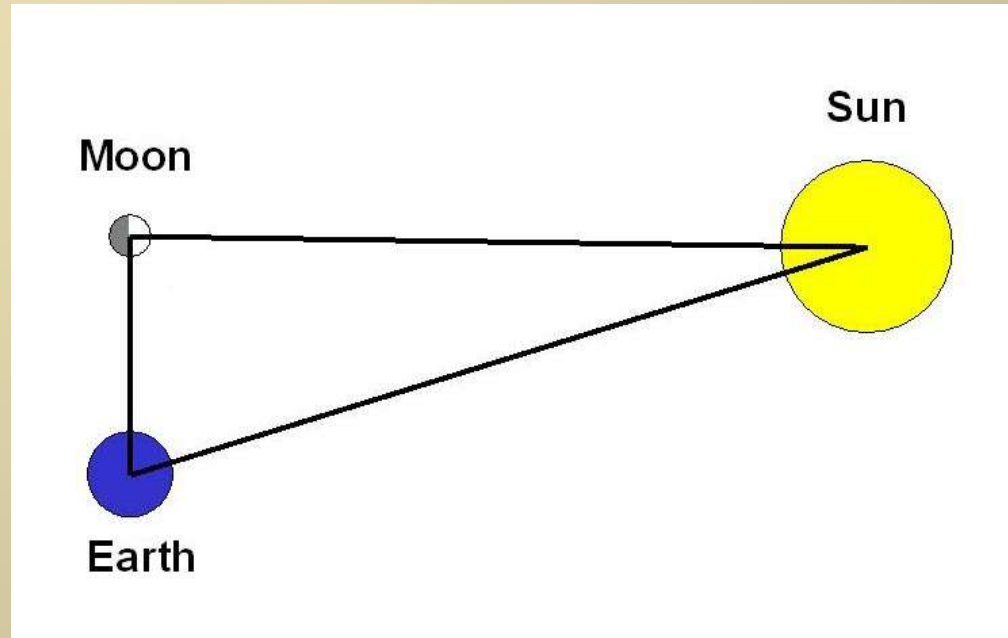
por esos años los chinos observaron un cometa (el Halley)

# 270 AC. Arístarco: tamaño de la Luna y distancia



con el diámetro lineal y el angular (0.5 grados)  
 obtenemos la distancia: 60 radios terrestres

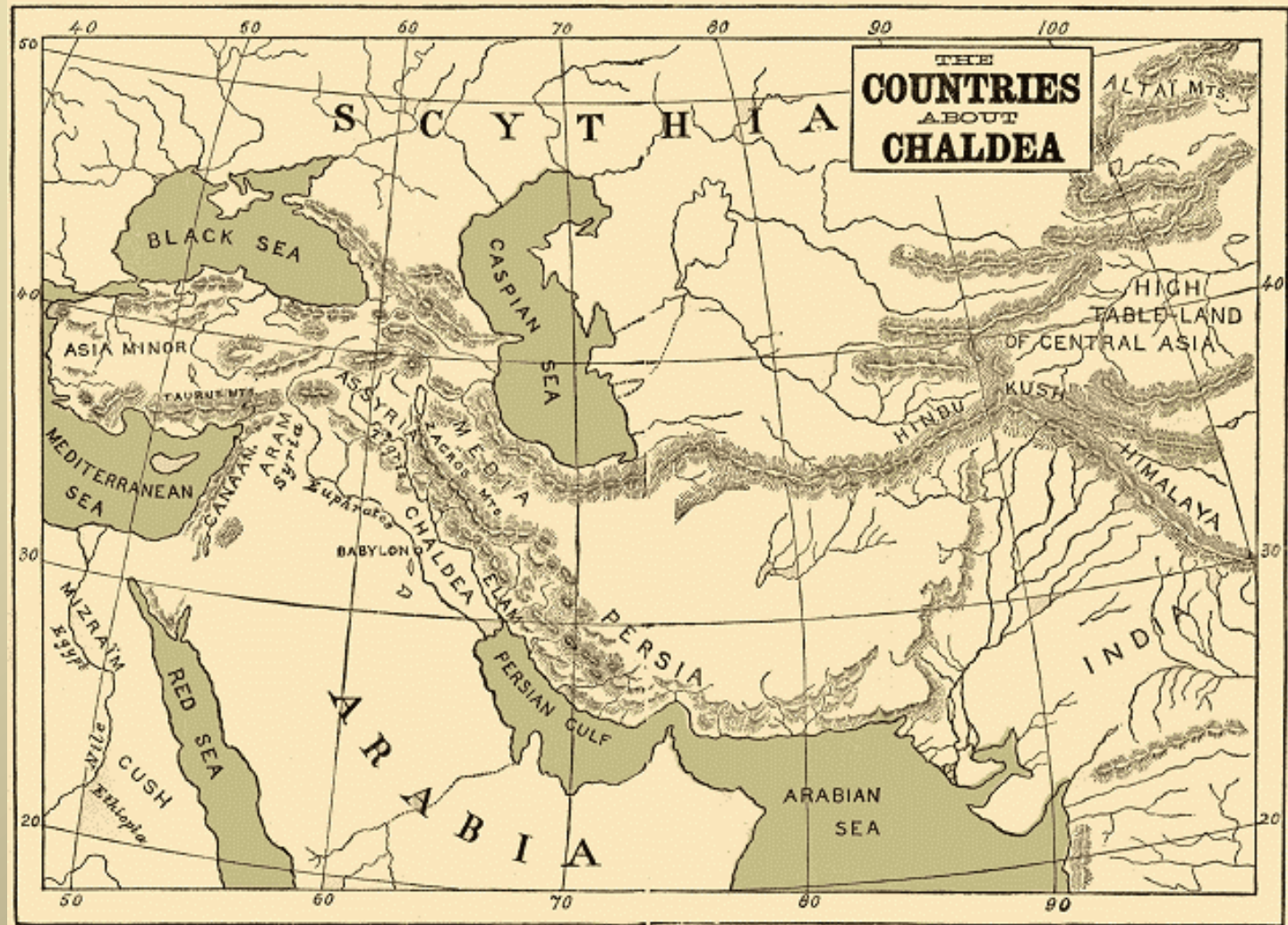
# Arístarco: distancia al Sol



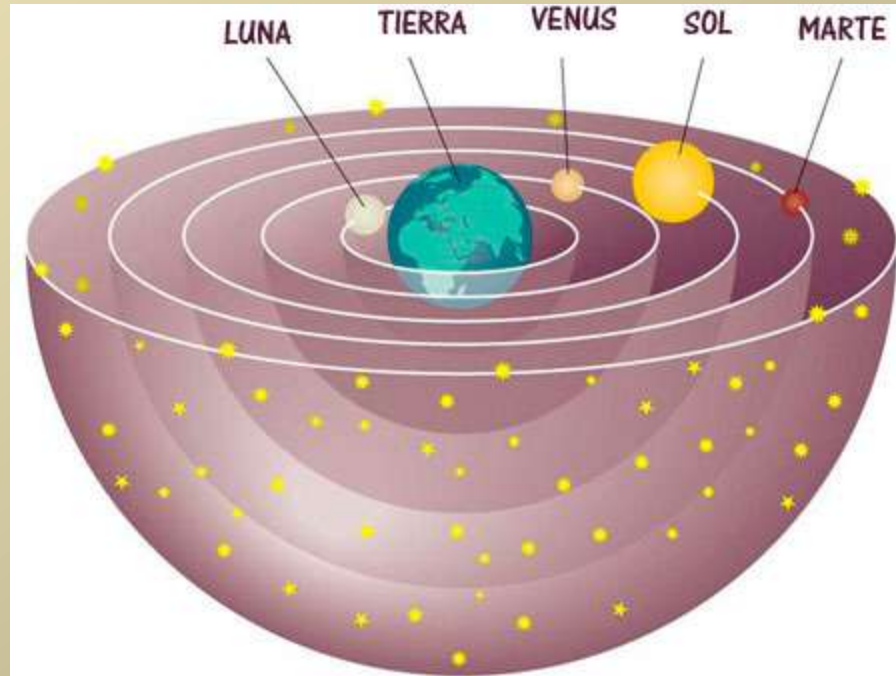
muy buen método, pero pésimos datos para obtener un valor aceptable de la distancia al Sol



Siglo VI - V AC: Caldeos descubren ciclo de 223 lunaciones (Saros), los eclipses se predicen



# Modelo de universo geocéntrico de Aristóteles

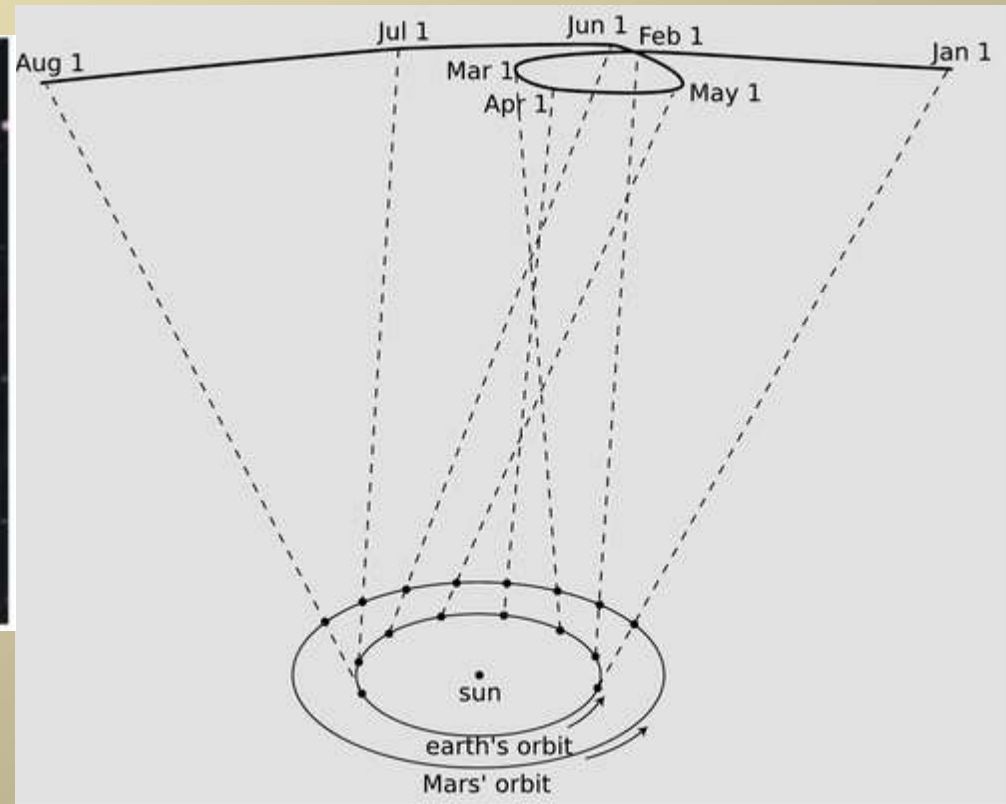
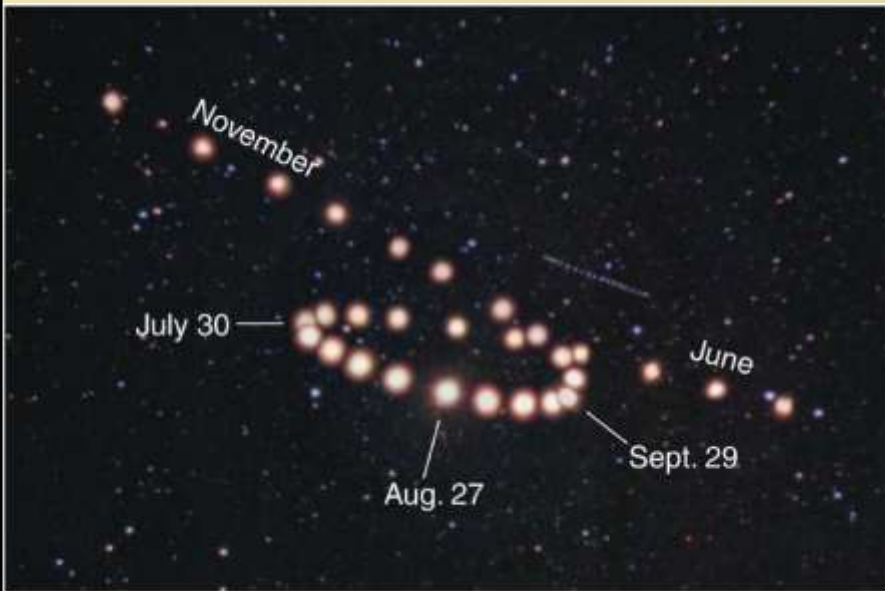






Para Aristarco la Tierra rota y el Sol es el centro del universo.  
Además, el sistema geocéntrico tenía un problema...

...algunos "planetas" describen bucles:

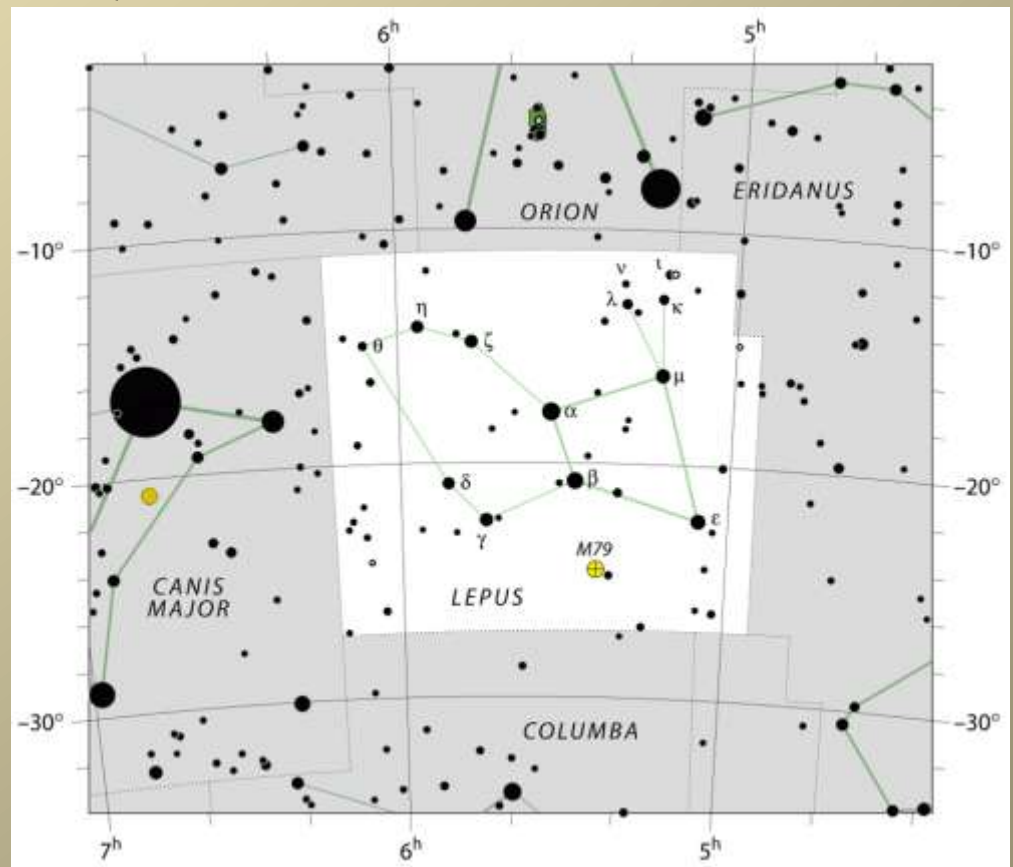


Pero por otro lado, si la Tierra se mueve... ¿por qué no vemos paralaje en las estrellas?

"Planetas":

Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno.

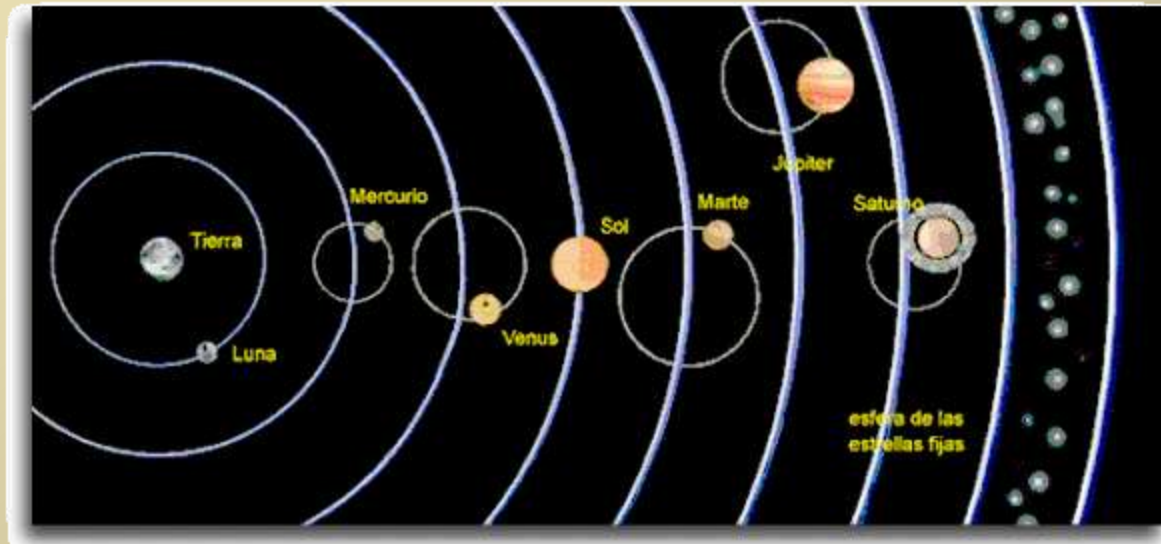
Para definir la trayectoria de los planetas se necesitaba un catálogo estelar.



129 AC: Hípparco. Primer catálogo estelar.



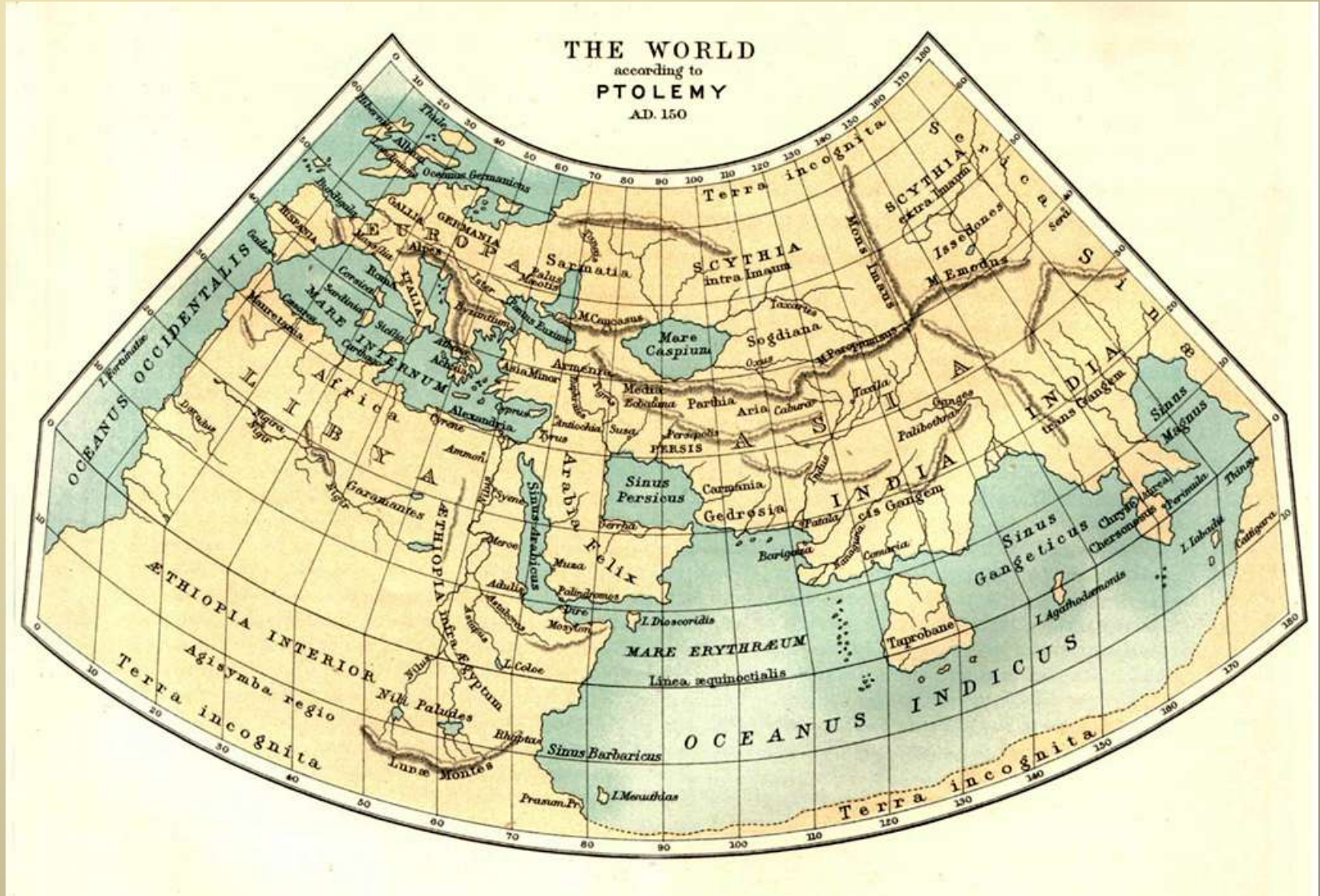
# 150 DC: Ptolomeo ofrece solución geocéntrica



Además, escribe "Síntaxis Matemática", siglos después traducido al árabe como "Almagesto" ("La Obra Magna"), obra que se divulga por toda Europa.



# El Mundo según Ptolomeo

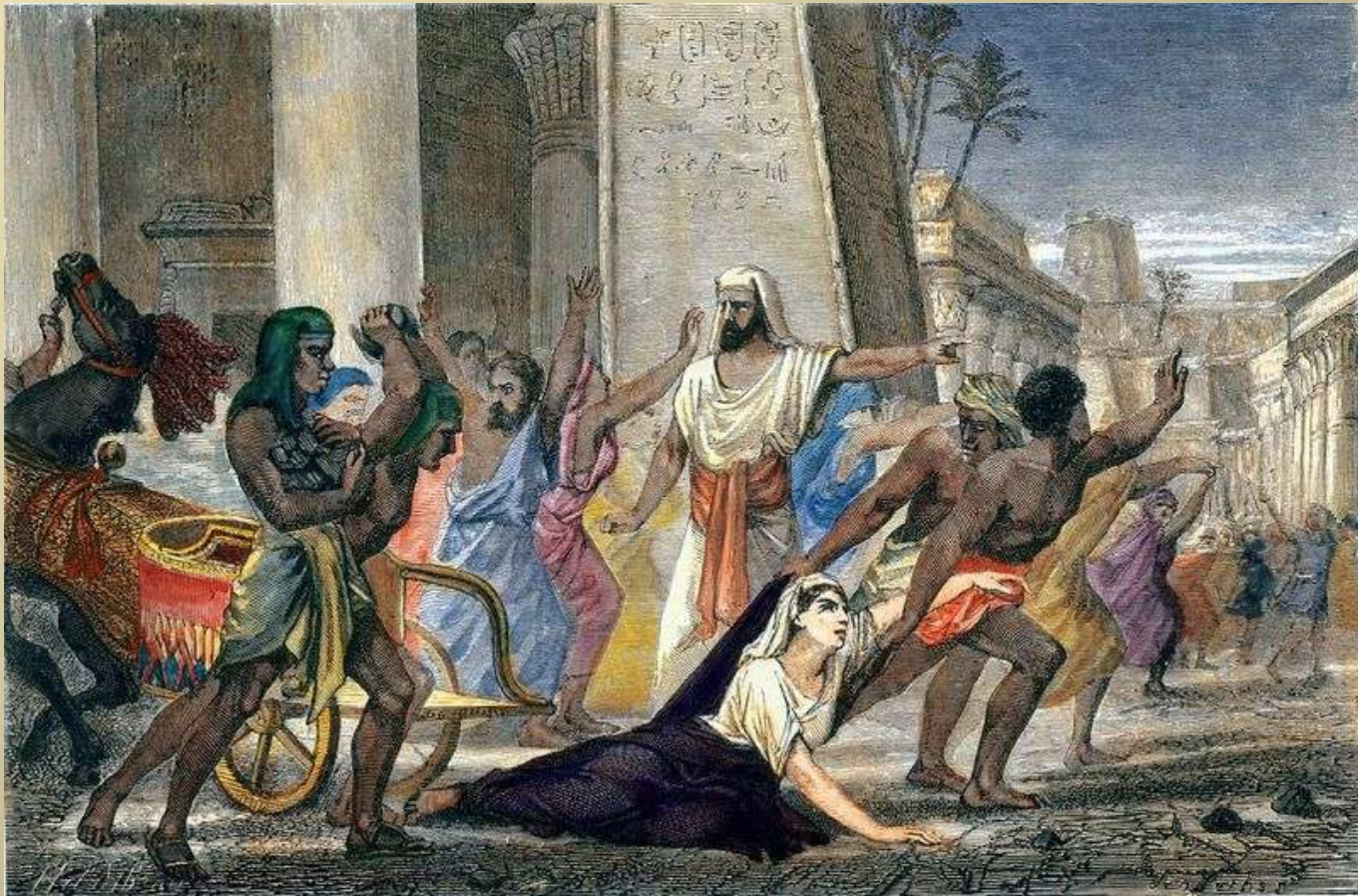


# Expansión del Cristianismo



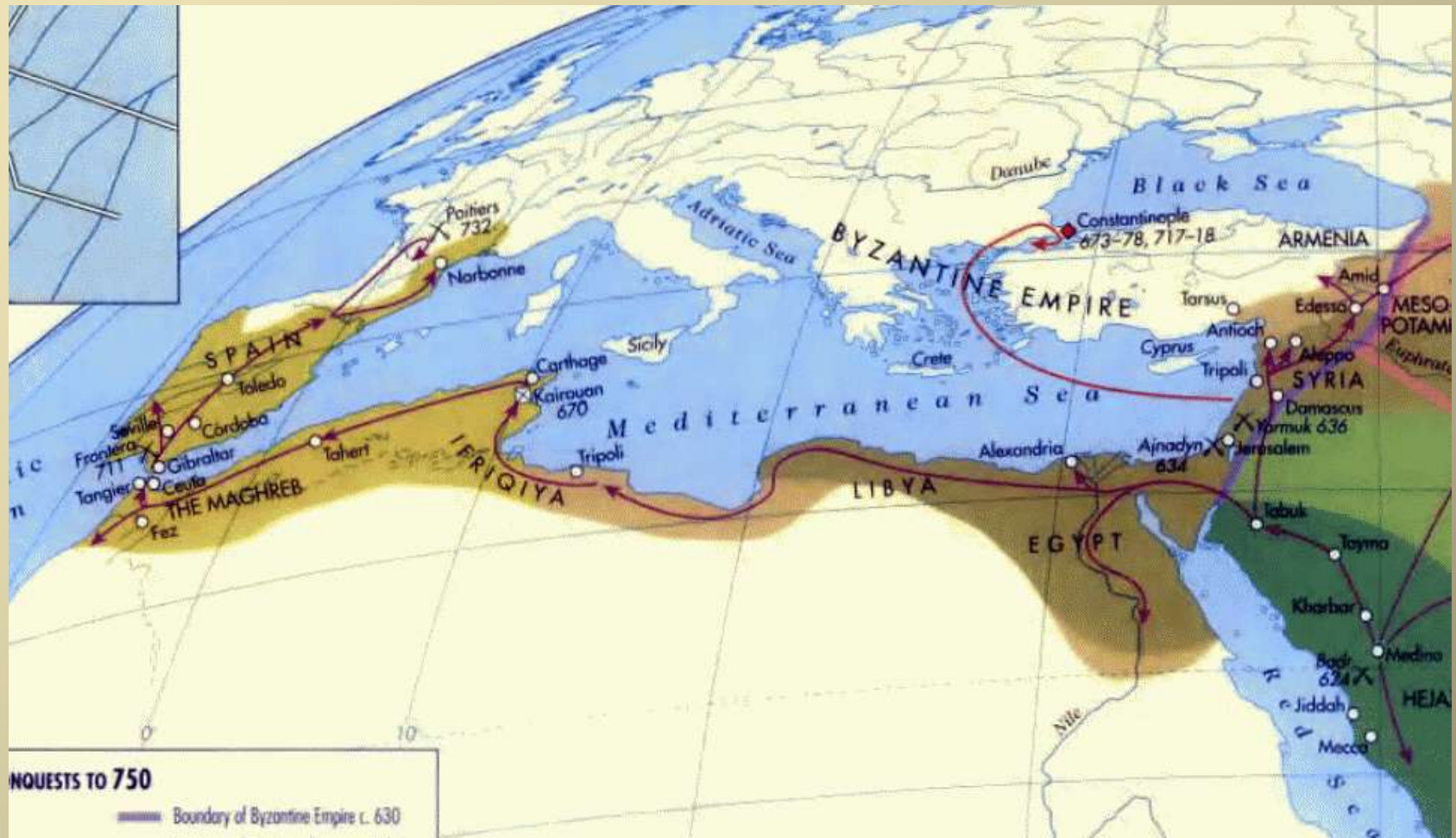


451: linchamiento de Hypatía en Alejandría  
Primera "científica", matemática y astrónoma.





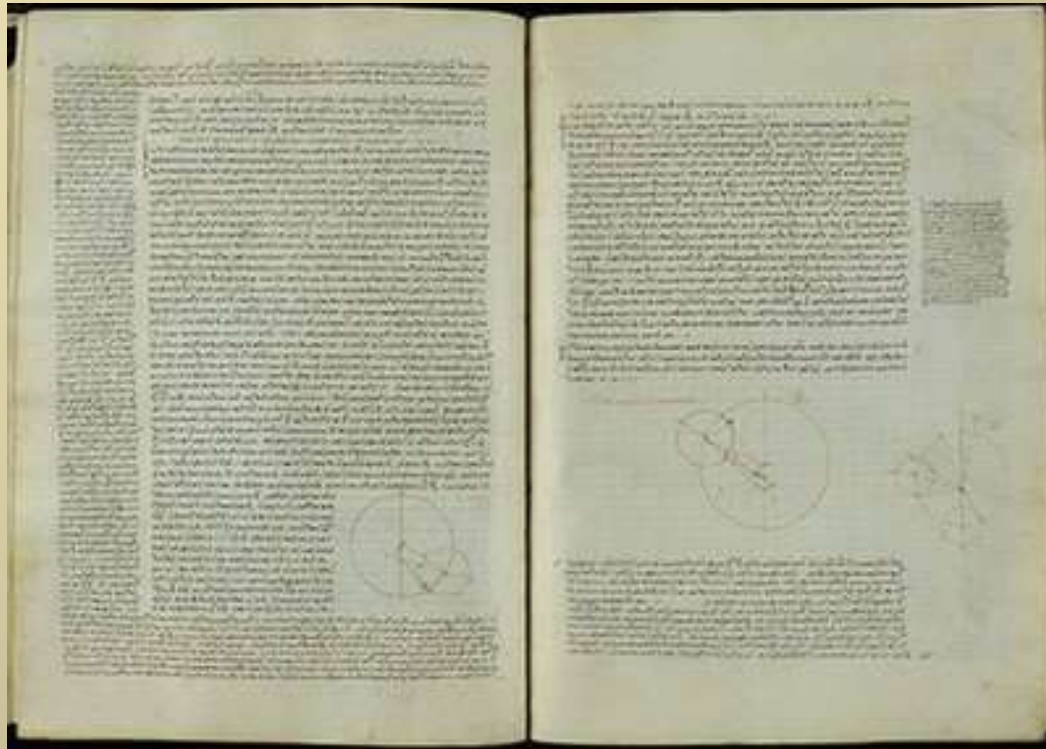
# Expansión de los árabes



En América: apogeo Maya.

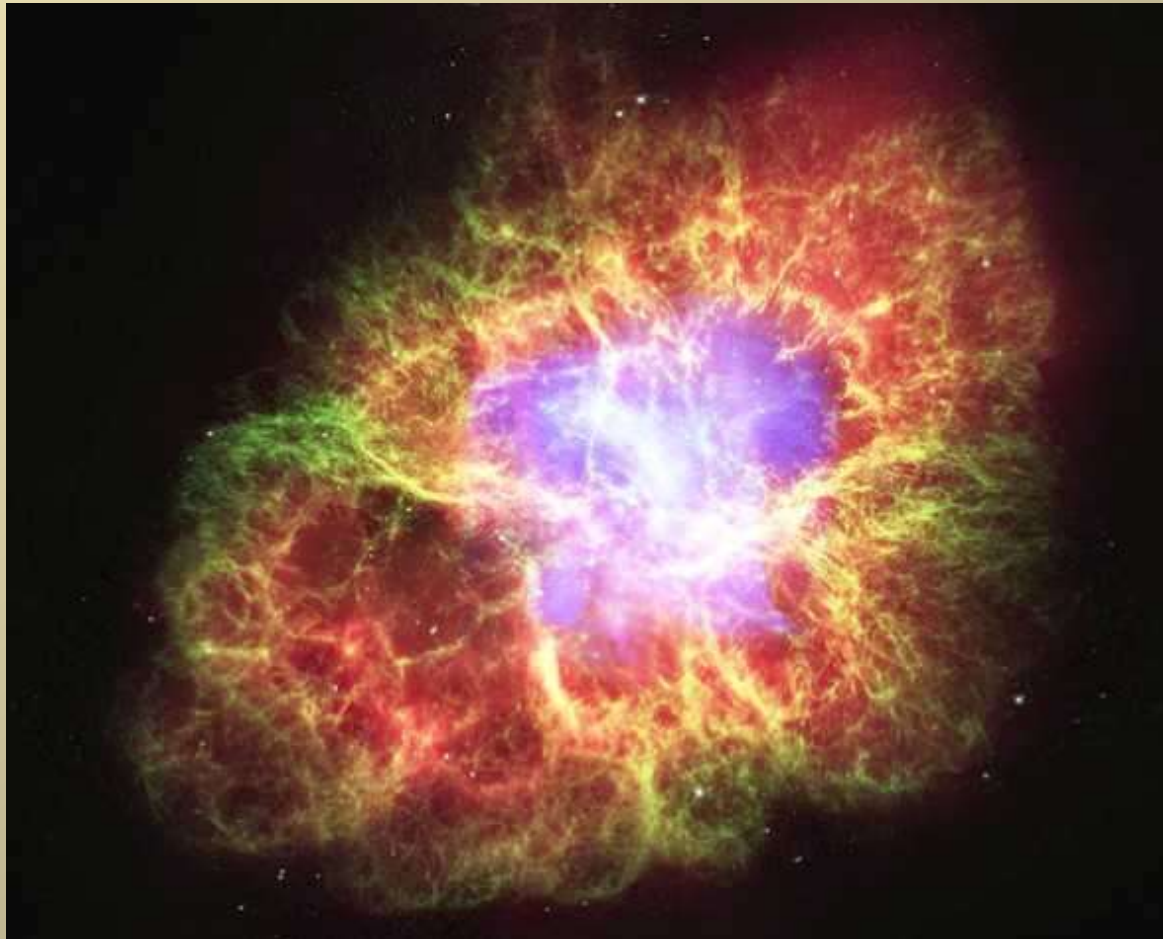


por más de 1000 años no surge alternativa al  
"Almagesto"



copias del griego al árabe y luego del griego y árabe al latín

1054. Durante 22 meses brilla a simple vista una supernova en la constelación del Toro.  
Ningún europeo la registra.



Europa: Cristianismo (teología) + Aristóteles (filosofía).  
Síntesis de Tomas de Aquino.



1277: condena del Papa a los  
"219 execrables errores".

Desajustes en las ideas de Aristóteles a la  
doctrina cristiana.

Esto despierta algunas críticas.



# Tablas Alfonsinas de 1252: efemérides construidas a partir del Almagesto y observaciones árabes

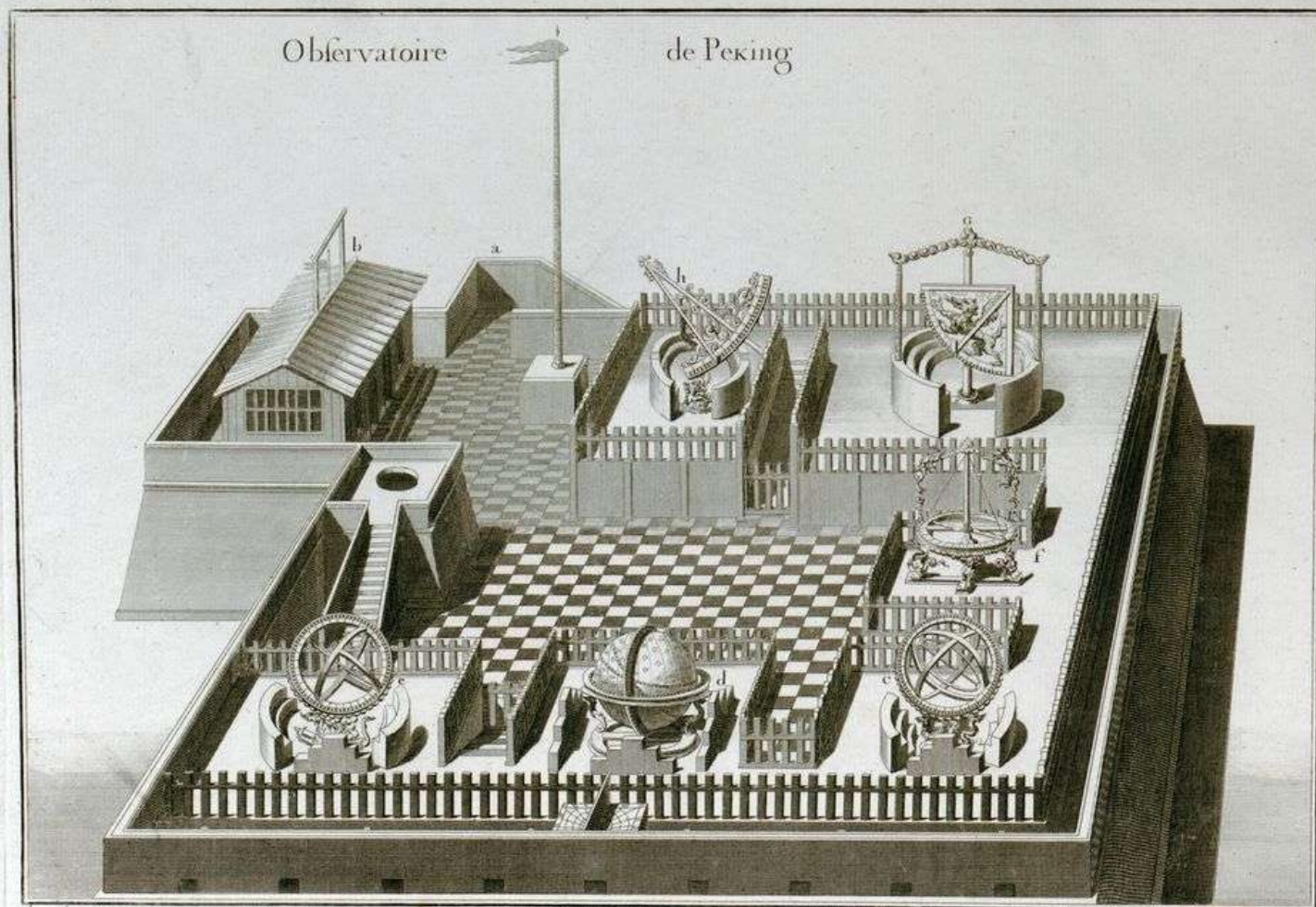
(desde la Escuela de Traductores de Toledo)

The image displays two pages from the Alfonsine Tables, a medieval astronomical work. The left page is titled 'Tablas Alfonsinas' and contains a table with columns for 'Anno', 'Mensis', 'Diebus', 'Horis', 'Minutis', and 'Secundis'. The right page is titled 'Tablas Alfonsinas de los Planetas' and contains a table with columns for 'Planeta', 'Anno', 'Mensis', 'Diebus', 'Horis', 'Minutis', and 'Secundis'. Both tables contain numerical data representing astronomical observations and calculations.

1267: Roger Bacon, observación y experimentación.

1328: Ockham, navaja.

# 1279: Observatorio de Pekín, determinación del año 365.2425 días



a. Escalier pour monter à l'observatoire.  
b. Salle où se retirent les observans;  
c. Sphère Equinoxiale.  
d. Globe Céleste.  
e. Sphère Zodiacale.  
f. Horizon azimut.  
g. Quart de Cercle.  
h. Sextant.

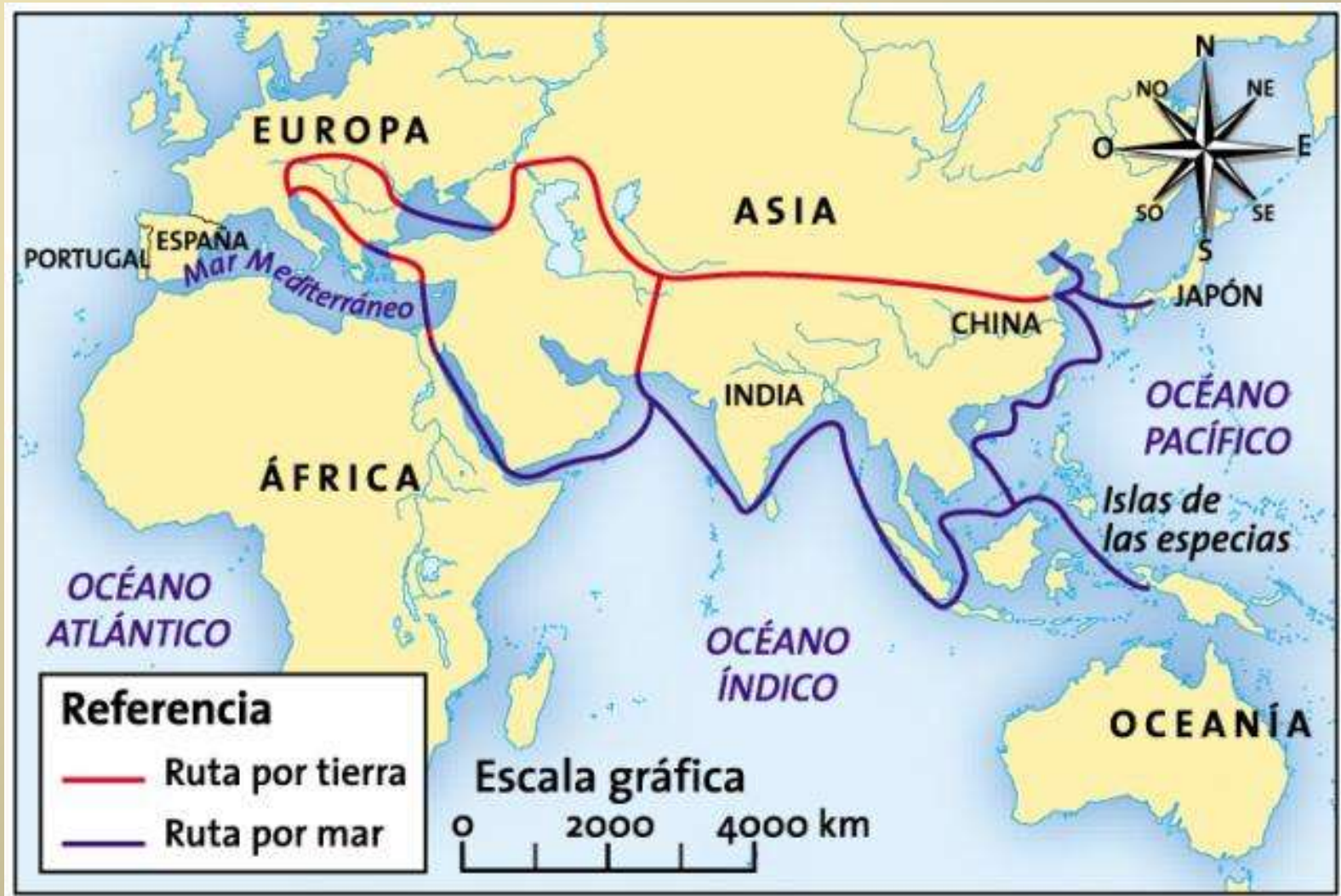


# Universidades europeas en la edad media.



Universidades europeas en las siglos XII, XIII, XIV y XV <sup>(12)</sup>

# Ruta a las Indias





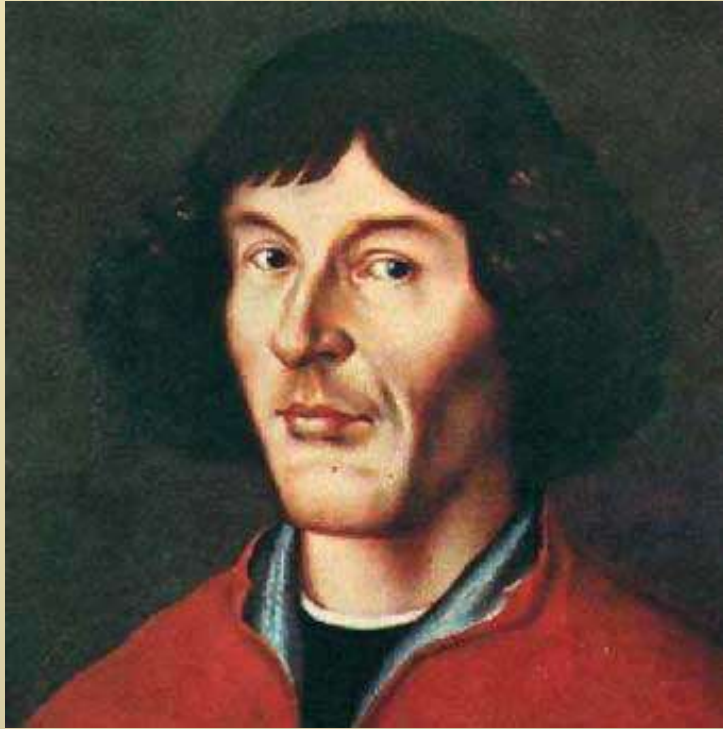
1454. Imprenta

1488. África separada de la "terra incognita".

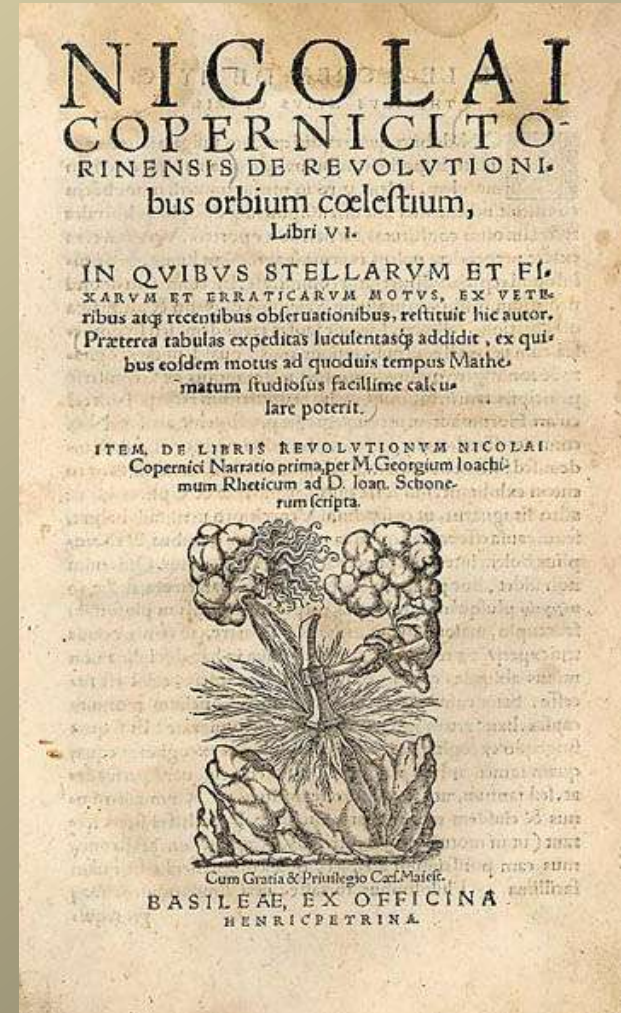
1496. Regiomontanus (Muller) desarrolla trigonometría, relojes solares y publica libro que comenzó Peurbach "Epítome in Almagestum"... (un apéndice!)



# El Epítome influye en la idea heliocéntrica de Copérnico (Mikolaj Kopernik)



1543. "De Revolutionibus Orbium Coelestium" (con el generoso prefacio de Oslander...)





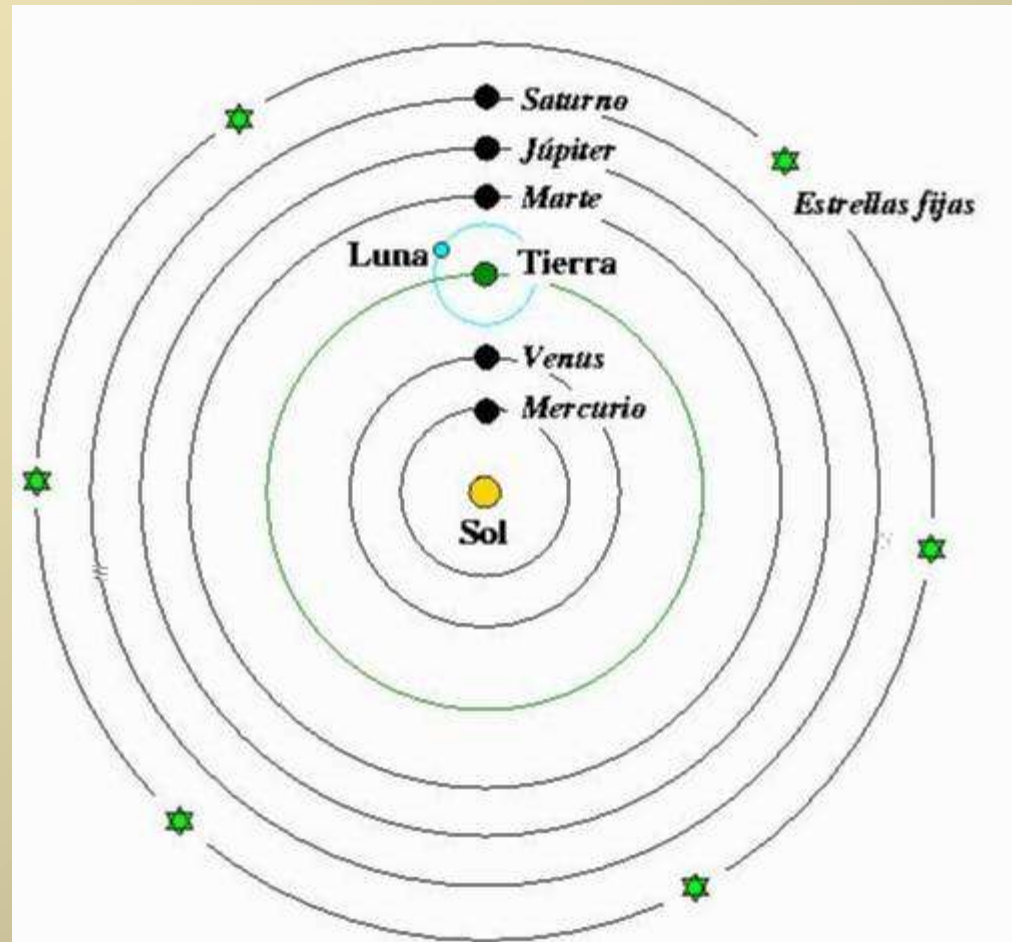
1543. Vesalius (Andries van Wesel) "De Humani Corporis Fabrica" (antecedente: Da Vinci)

1540. Matemático Recorde introduce símbolos:

$+$ ,  $-$ ,  $=$ .

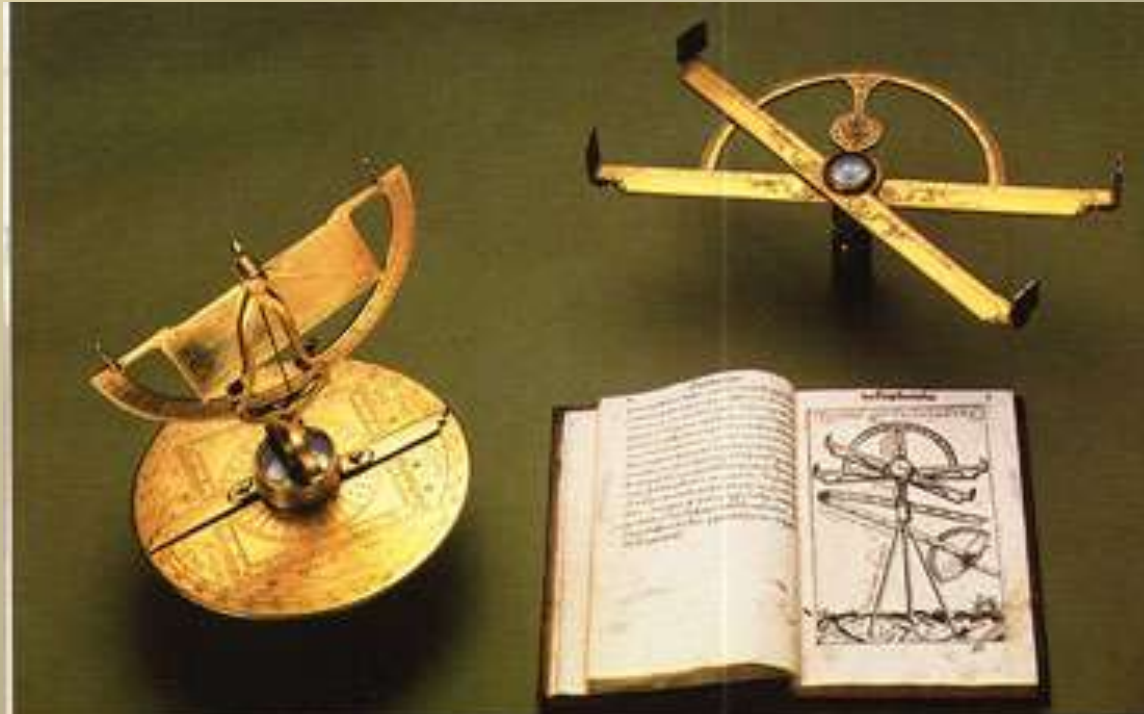






Modelo heliocéntrico, pero... ni idea de las distancias.

1553. Leonard Digges publica libro divulgación "A General Prognostication" (algo así como el almanaque del BSE). Inventó teodolito en 1551 y tal vez también el telescopio reflector y refractor.



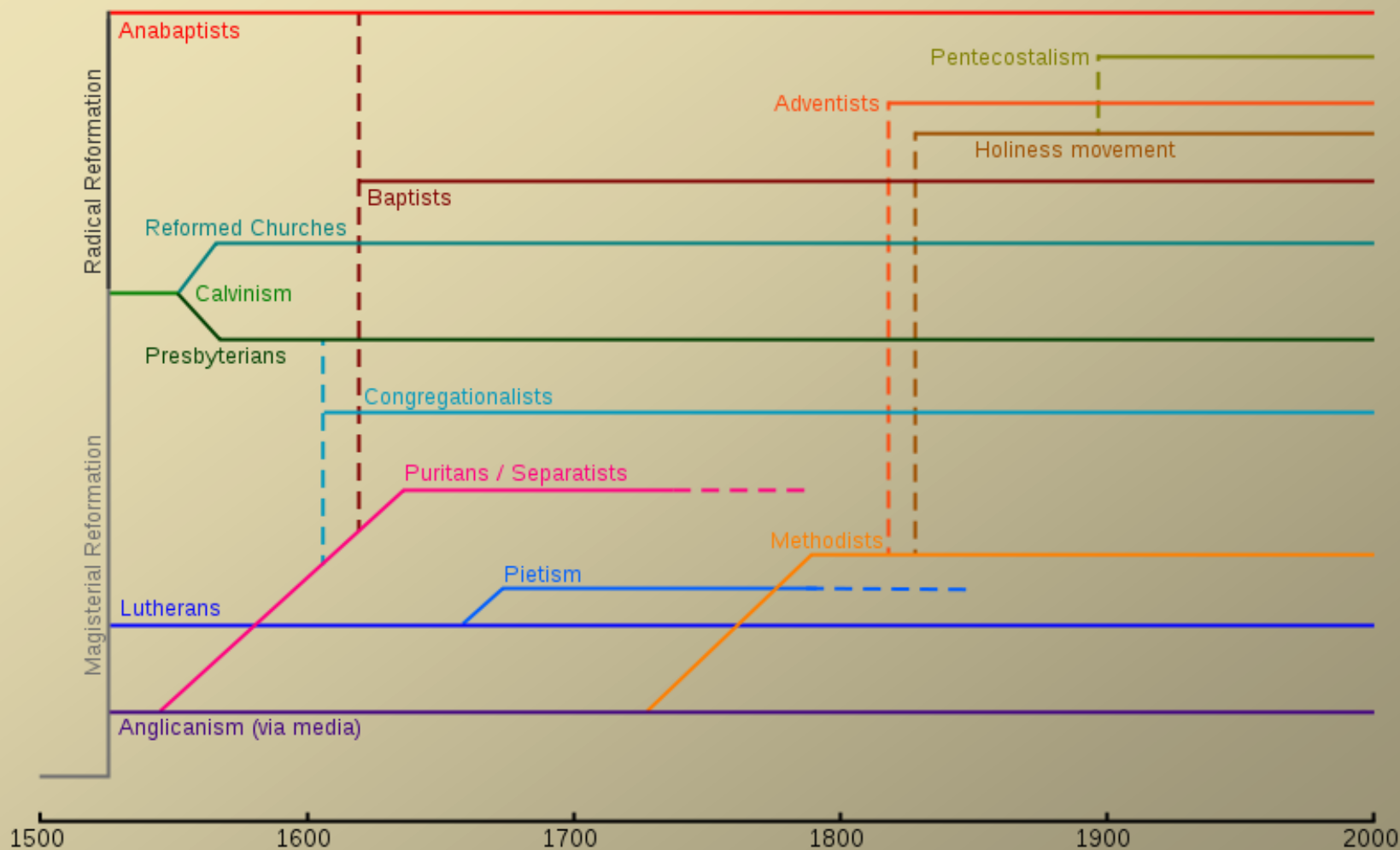


# Europa al 1500-1600



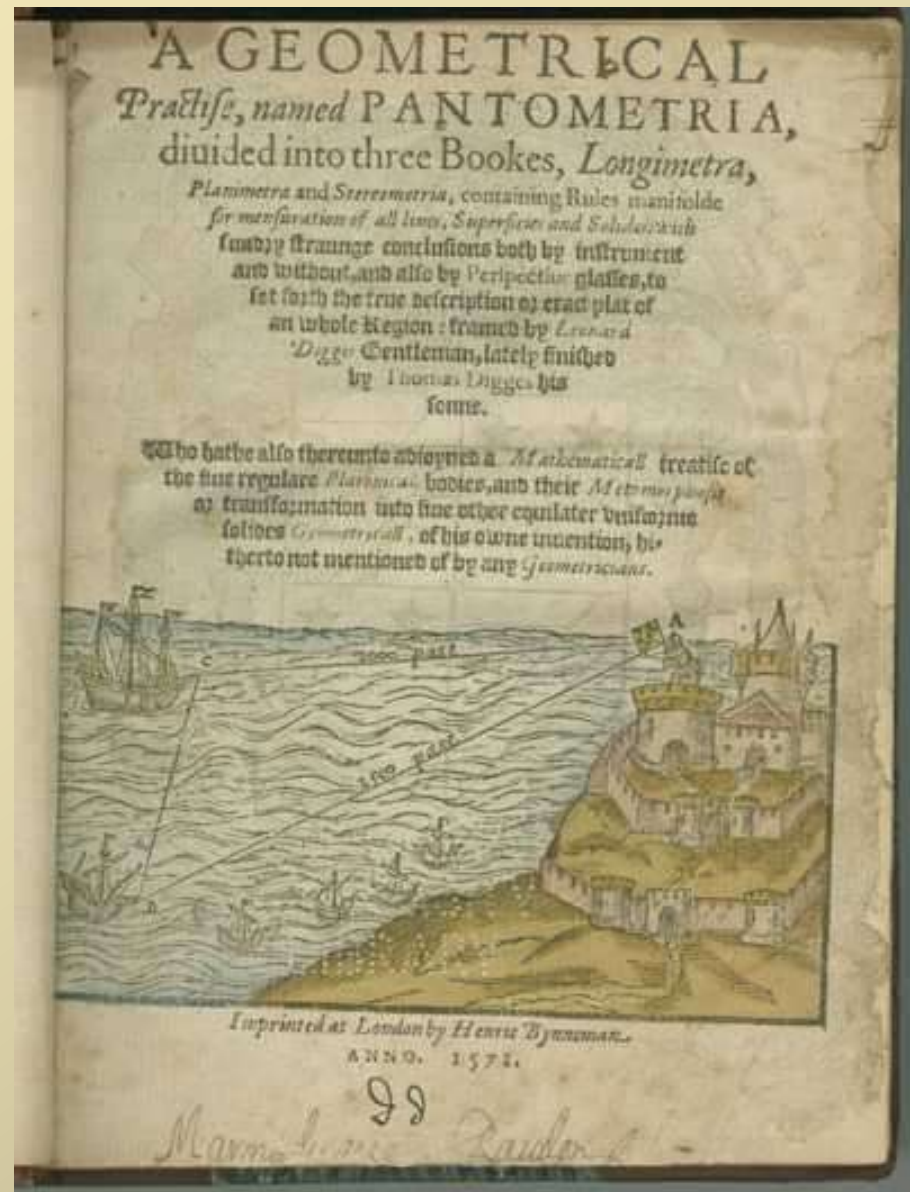


# La Iglesia se complica...



hay más motivos para ser perseguido (Digges, Kepler, ...).

1571. Thomas Digges publica "Pantometría" y declara que su padre invento algo con lentes que permite ver muy cerca cosas que están muy lejos.



John Dee

1573. Tycho publica "De nova stella" por la supernova de 1572 en Casiopea.



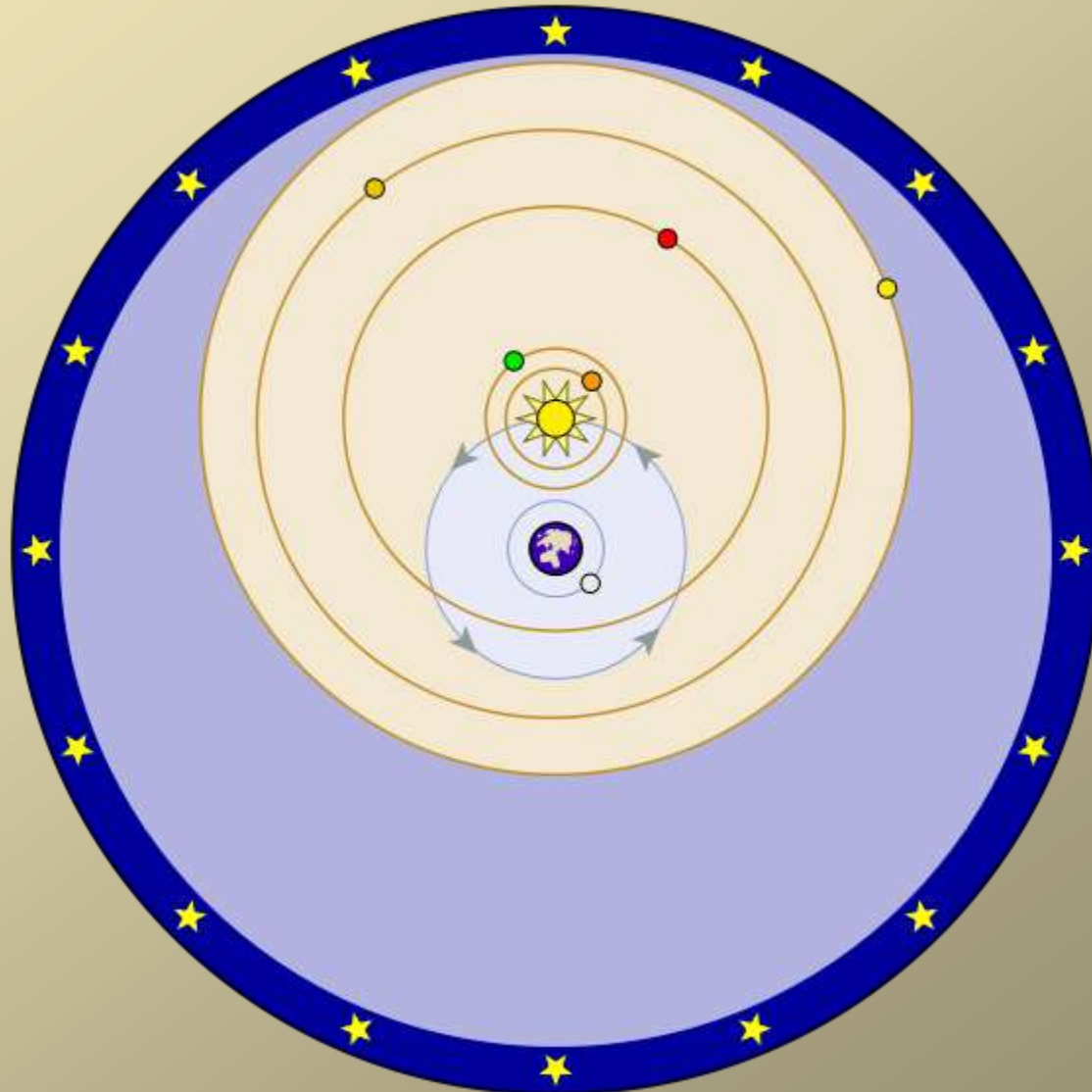
si la esfera de estrellas no es inmutable... que seguirá después?



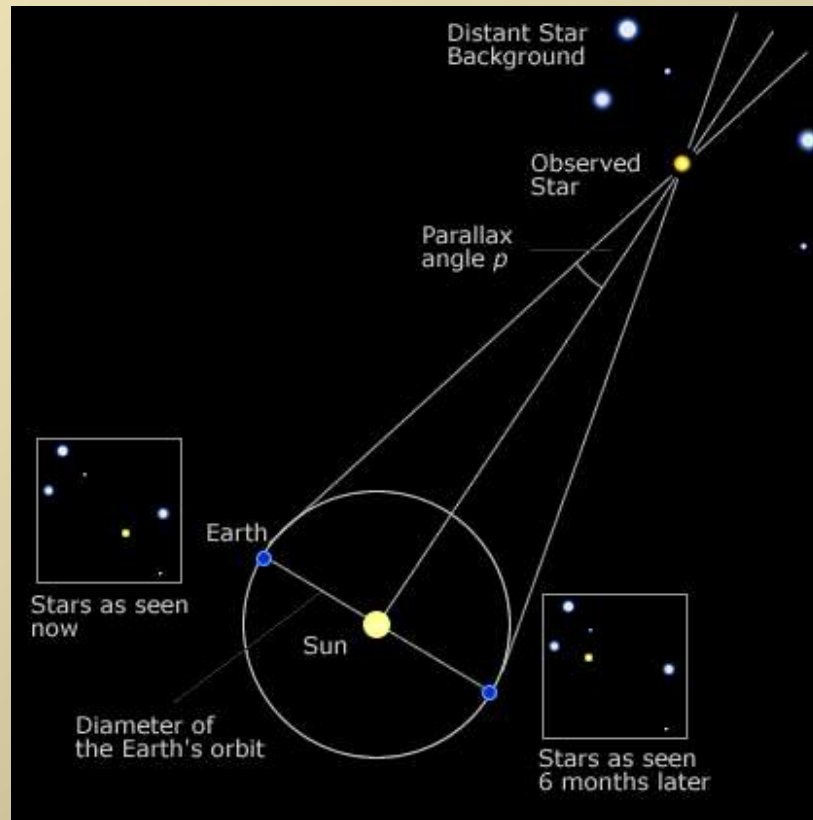
# Tycho Brahe



# El sistema de Tycho Brahe...



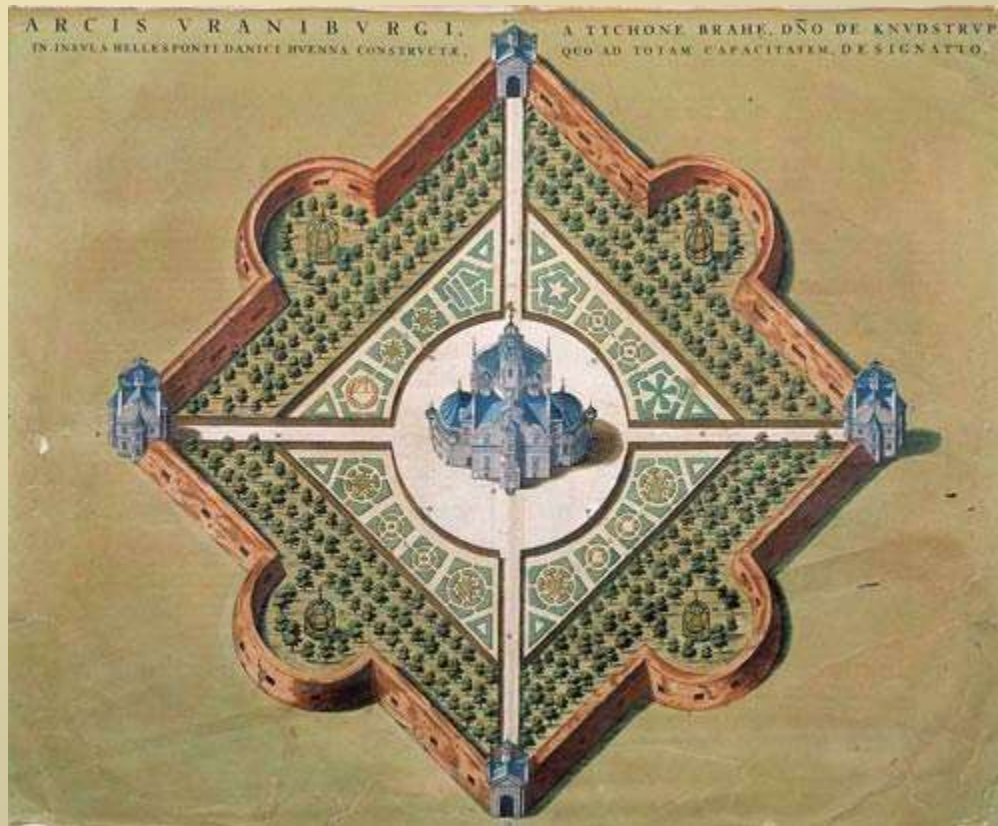
¿Si la Tierra se mueve, por qué no hay paralaje?



Tycho calcula que las estrellas deberían estar al menos 700 veces más lejos que el planeta más lejano: vacío inconcebible! ... y estrellas serían objetos enormes. Inaceptable.

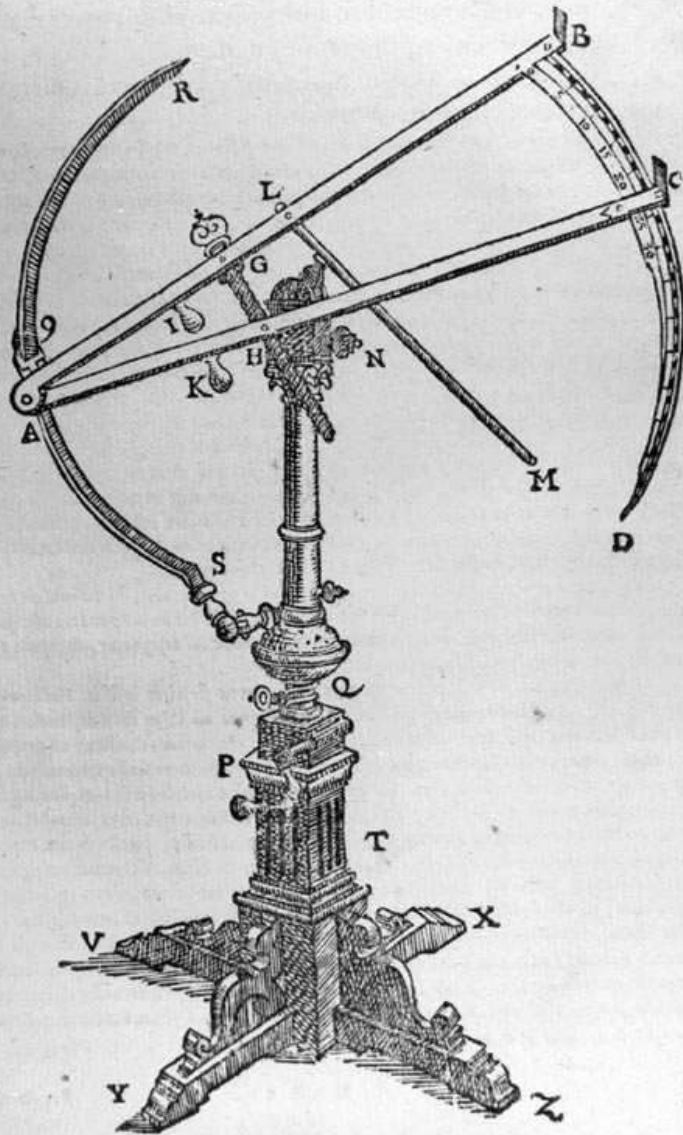


Uraniborg: un completo osservatorio... sin telescopio!



1576. Digges habla de universo infinito y heliocéntrico. ¿Habrá observado telescópicamente la vía Láctea?

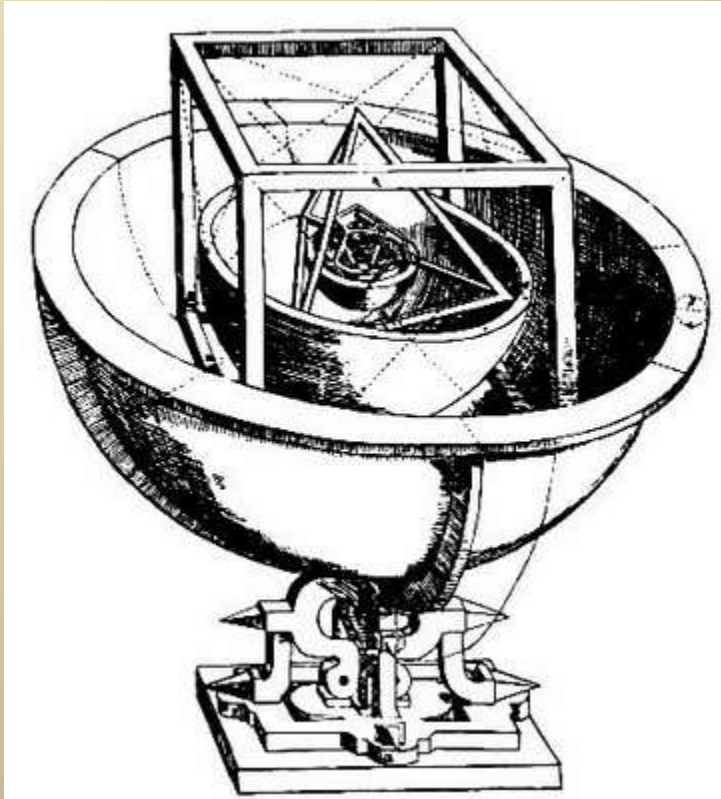
1582. Reforma Gregoriana del calendario: jueves 4 octubre - sábado 15



1587. Tycho publica "Introducción a la Astronomía Moderna" con catalogo de 777 estrellas. Poco después prueba que los cometas son extra-atmosféricos.

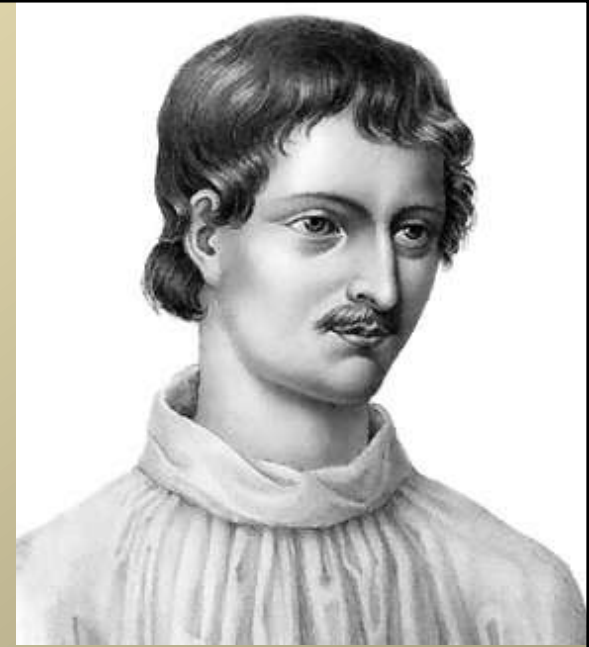


1596. Kepler publica "Mysterium  
Cosmographicum": planetas se mueven por  
"vigor" solar que disminuye con distancia.



1600

Bruno ("existen infinitud de mundos habitados") es quemado por hereje ( «Tembláis más vosotros al anunciar esta sentencia que yo al recibirla»). Como defendía a Copérnico la iglesia pone en el Index "De Revolutionibus" en 1616.



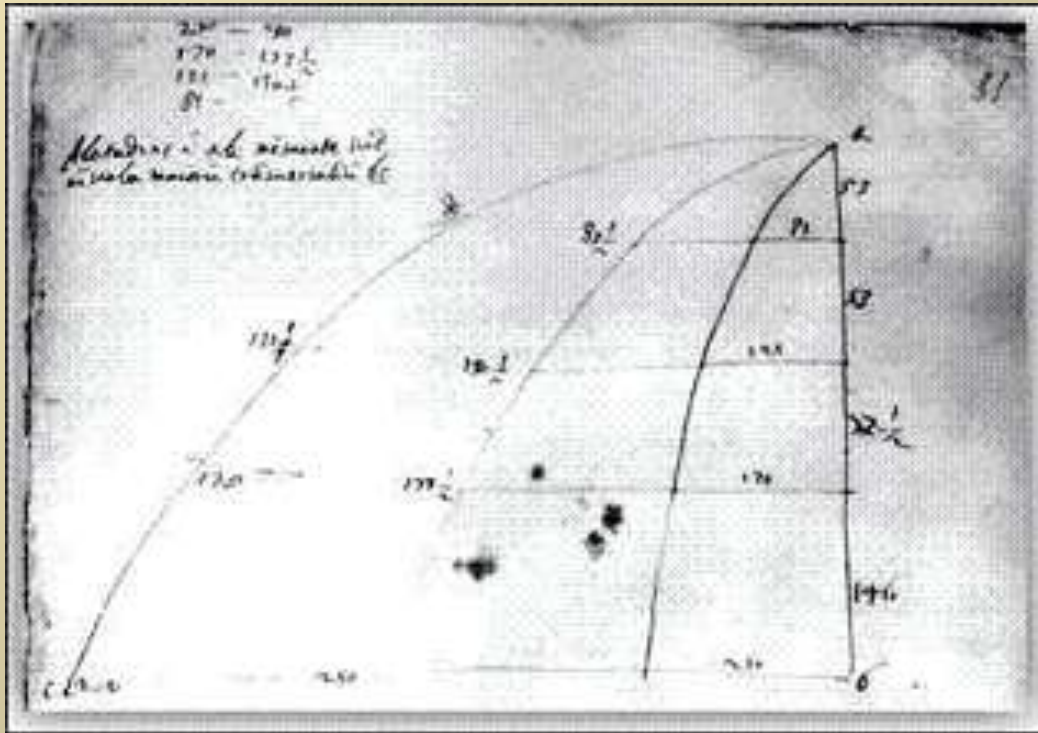
Gilbert publica "De Magnete". Defiende Copérnico, aboga por la experimentación.

Tycho y Kepler (expulsado de Austria) se encuentran en Praga

(Tycho: "que no se diga que he vivido en vano").

1602. Galileo (en Padua) estudia péndulo y caída de los cuerpos

recorrido es proporcional a  $t^2$





AD VITELLIONEM  
PARALIPOMENA,  
Quibus  
**ASTRONOMIÆ  
PARS OPTICA  
TRADITVR;**

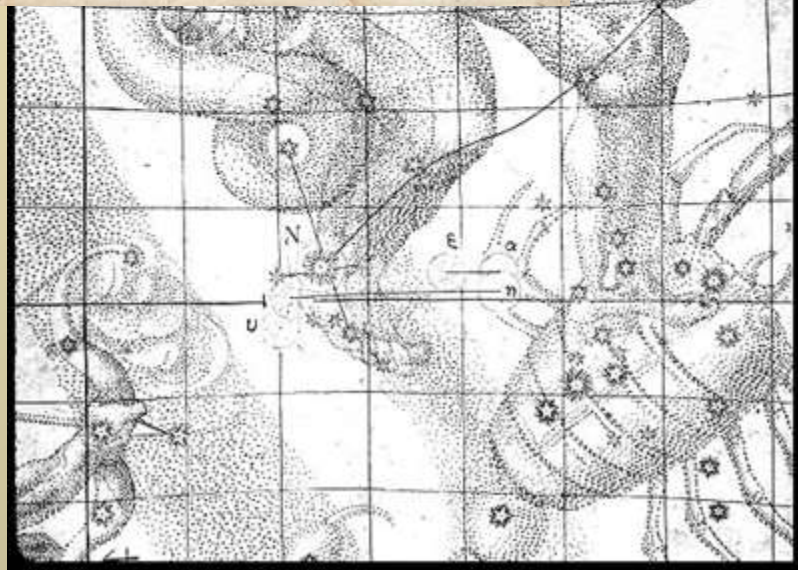
Perissimum  
DE ARTIFICIOSA OBSERVATIO-  
NE ET ÆSTIMATIONE DIAMETRO-  
RVM deliquiorumq; Solis & Lunæ.  
CVM EXEMPLIS INSIGNI-  
SSIMIS ECLIPSIVM.

Habes hoc libro, Lector, inter alia multa noua,  
Tractatum luculentum de modo visionis, & humorum oculi  
usu, contra Opticos & Anatomicos,

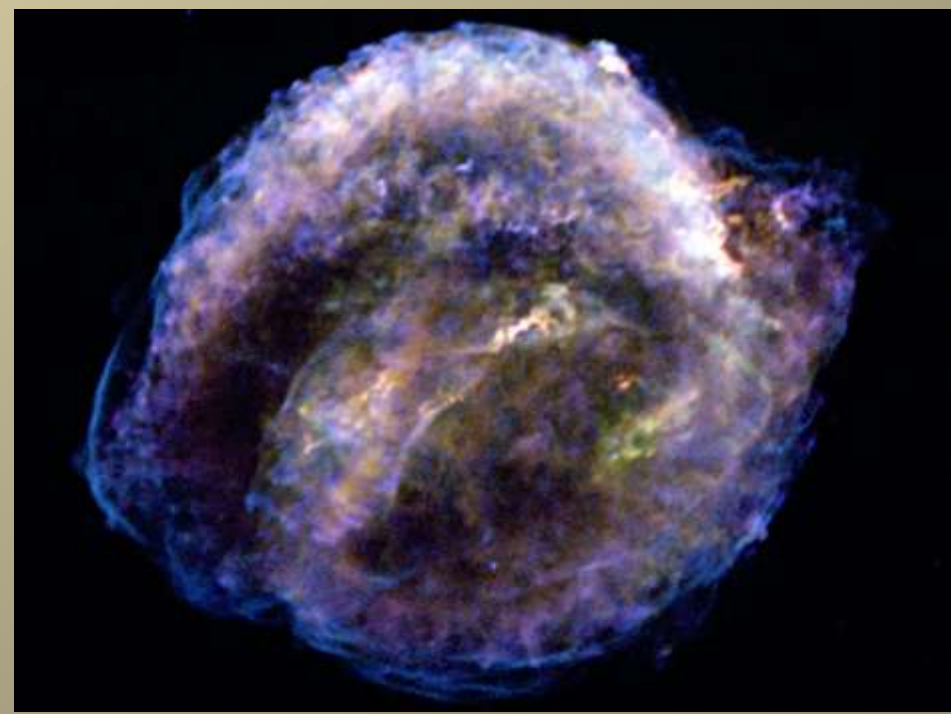
AVTHORE  
IOANNE KEPLERO, S. C. M<sup>o</sup> *Auctoris  
Dannati*  
Mathematico. *Opus Germanicum*



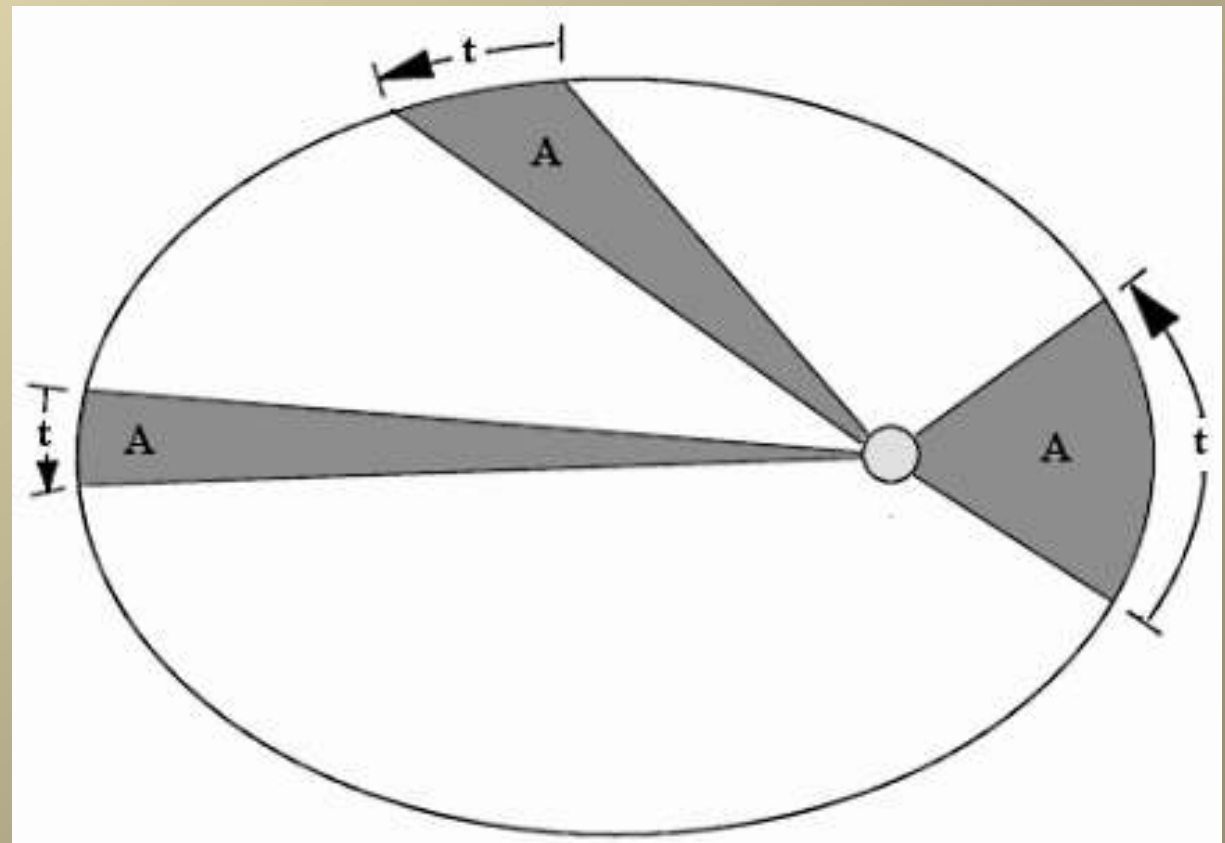
FRANCOVRTI,  
Apud Claudium Marnium & Heredes Ioannis Aubrii  
Anno M. DCIV.  
Cum Privilegio S. C. Aulicæ Majestatis.



1604. Kepler observa  
supernova (Ofiuco) y  
publica libro  
"Astronomiæ Pars  
Óptica" explicando  
refracción y ojo humano.



1609. Kepler: los planetas tienen órbitas elípticas, no están en esferas fijas como sugería Copérnico, se acercan y alejan del Sol (¿cómo es posible?). Galileo nunca aceptó esto.



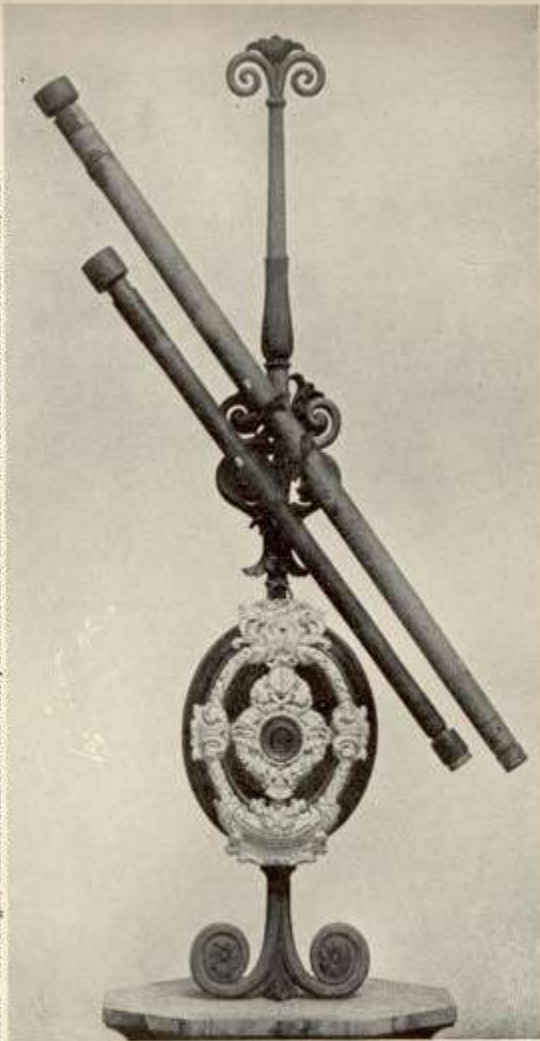
distancia a  
los  
planetas



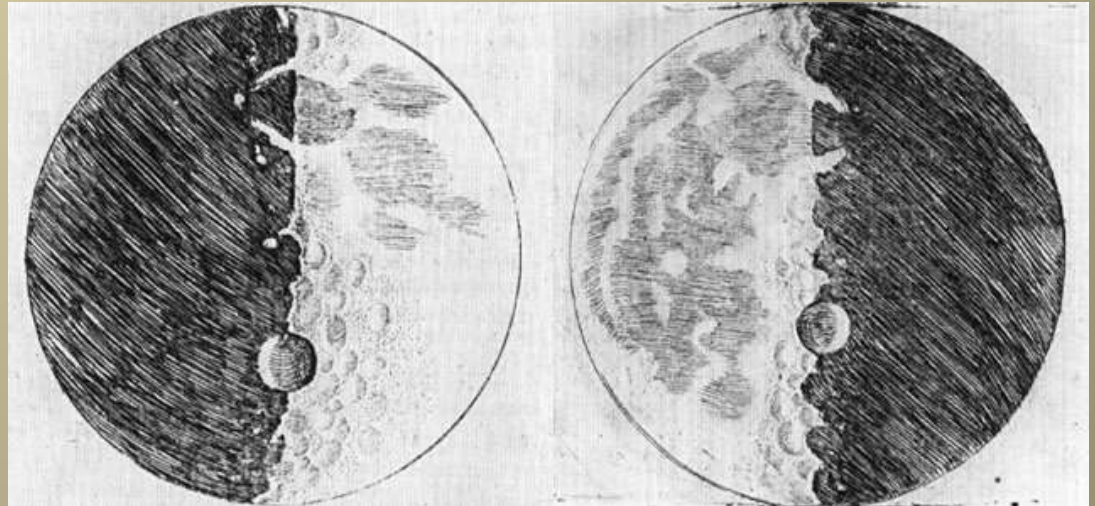
# TELESCOPIO AL FIN!

1609. aparece Lippershey con un telescopio de 3x y Galileo construye uno de 9x. Gana prestigio y... observa!

PUBLIC DOMAIN - from Singer, Charles. Studies in the History and Method of Science. Vol. II. Oxford: At the Clarendon Press, 1921.



Galileo's Telescopes  
The cracked lens is mounted in centre





S I D E R E V S  
N U N C I U S

MAGNA, LONGEQUE ADMIRABILIA  
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens  
vnicuique, præfertim verò

PHILOSOPHIS, atq; ASTRONOMIS, quæ à  
GALILEO GALILEO  
PATRITIO FLORENTINO  
Patauini Gymnasij Publico Mathematico  
PERSPICILLI

Nuper à se reperi beneficio sunt obseruata in LUNA, ÆRACIE, FIXIS IN-  
NUMERIS, LACTEO CIRCVLO, STELLIS NEBVLOSIS,  
Apprime verò in  
QVATVOR PLANETIS  
Circæ IOVIS Stellam disparibus interuallis, atque periodis, celesti-  
tate mirabili circumuolutis; quos, nemini in hanc vsque  
diem cognitos, nouissime Author depex-  
hendit primus, atque

MEDICEA SIDERA  
NVNCVPANDOS DECREVIT.



VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M D C X.

Superiorum Permissu, & Privilegio.

Al. M. H. sig. Gabriel Piobrerer.  
Galileo Galilei

1610. Galileo publica  
"Siderius Nuncius":

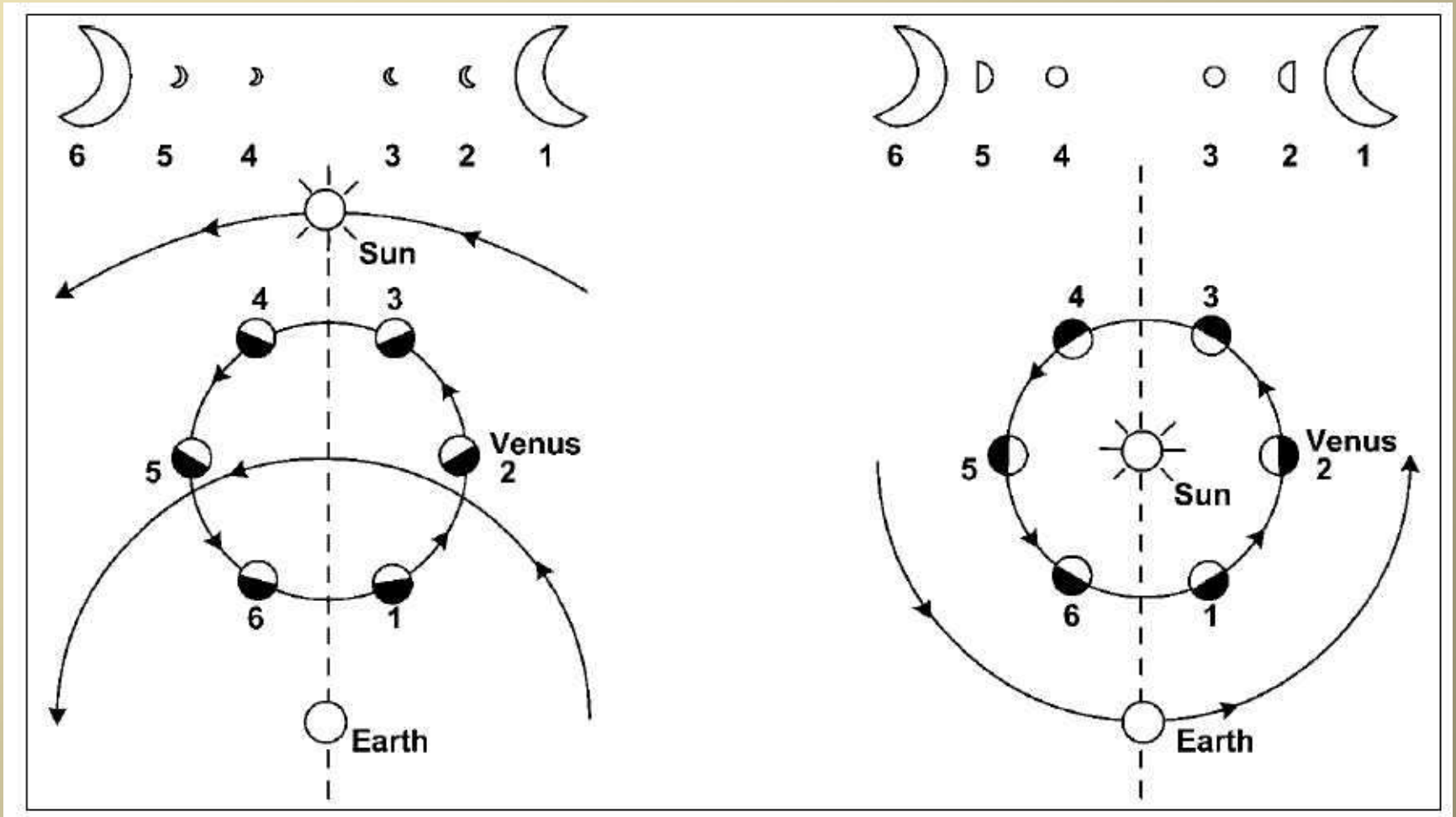
cráteres lunares,  
manchas solares,

Saturno (?),

planetas esféricos con  
fases,

satélites de Júpiter, miles  
de estrellas.

Las fases de Venus no pueden ser explicadas por el modelo geocéntrico.



## Papel del Astrónomo.

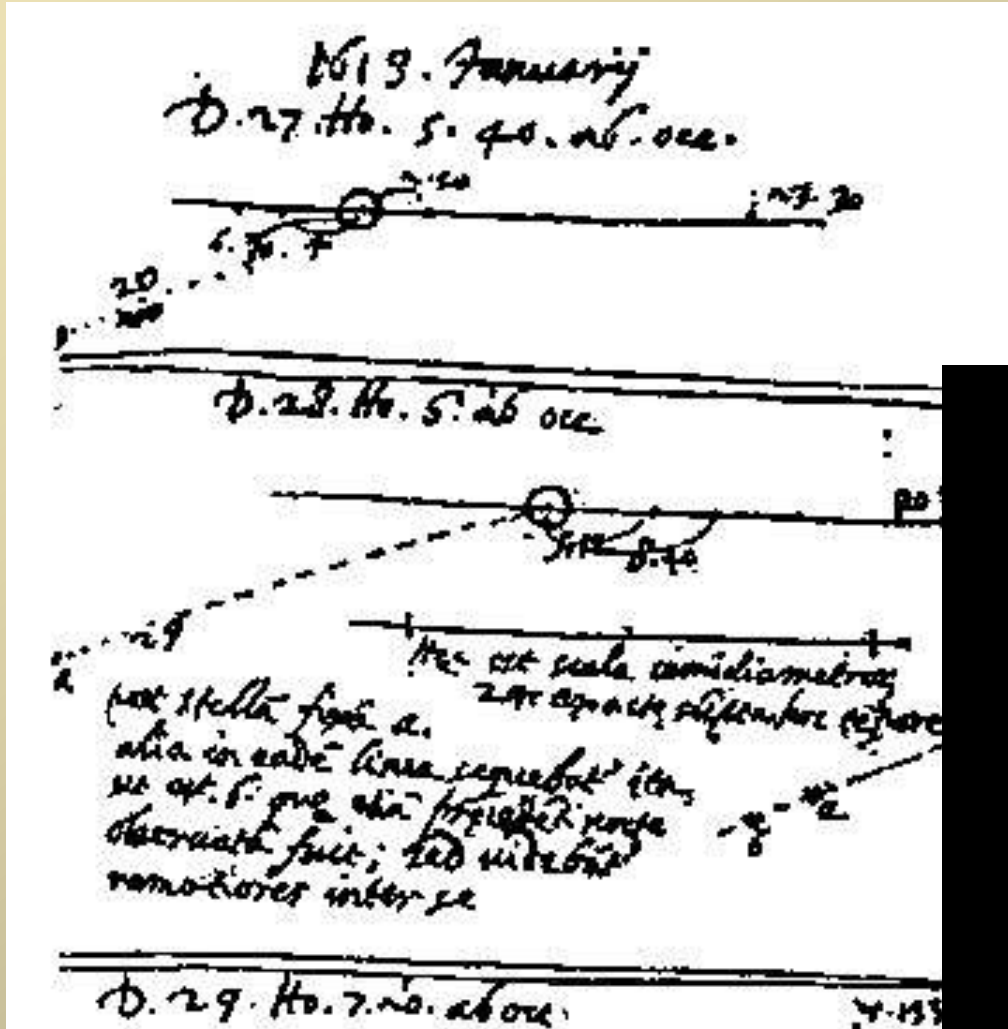
Época Copérnico: debe proveer un mecanismo (probablemente ficticio) sencillo de cálculo para planetas sin interesarse en la real estructura del universo.

Época Galileo: debe aceptar el desafío de descubrir la real estructura del universo.

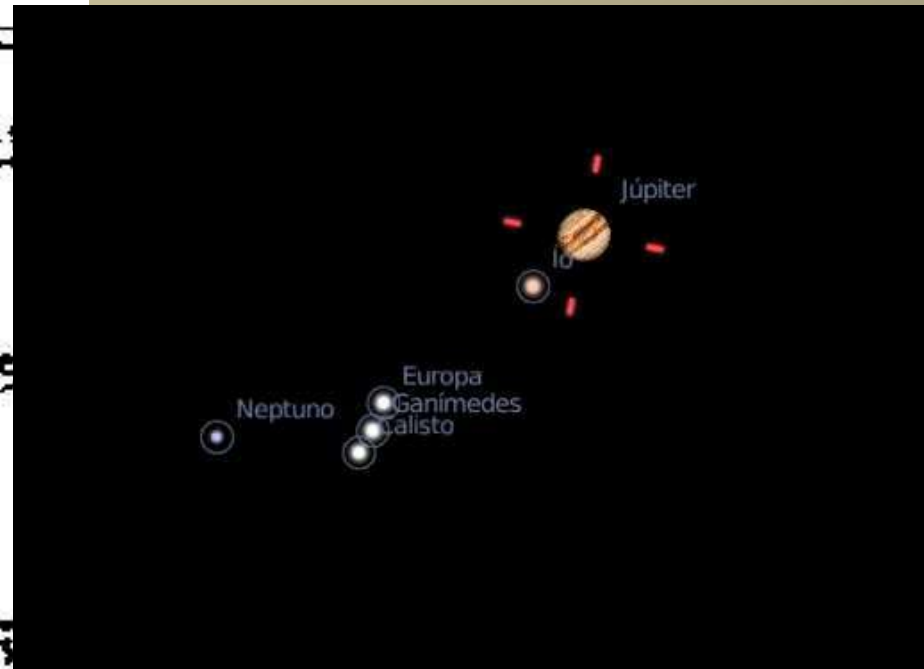
"La Biblia nos enseña cómo ir al cielo,  
no cómo los cielos van".



# 1612. Galileo observa pero no descubre Neptuno! (catálogos!)



Años más tarde  
 Flamsteed registra a  
 Urano como estrella

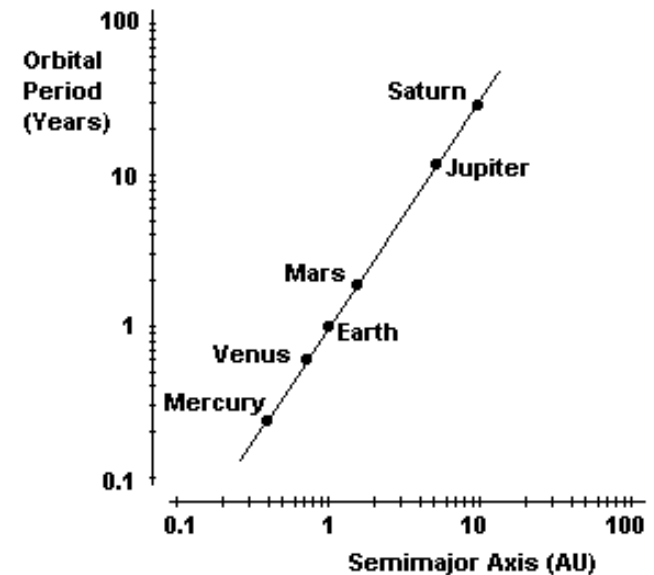


1614. Napier inventa y publica logaritmos.

1619. Kepler publica "Harmonía Mundi" con la 3ra ley.

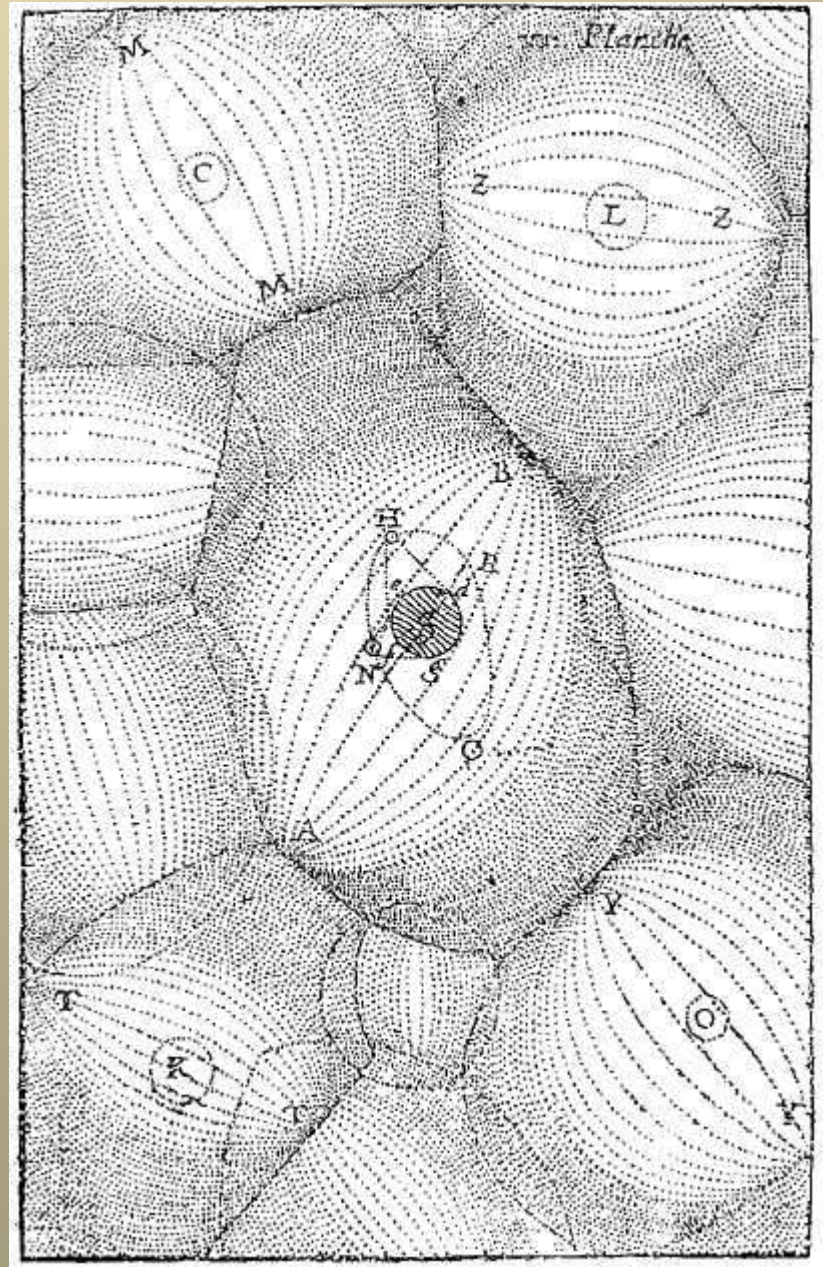
$$a^3 = T^2$$

(según su mentor, acerca de los logaritmos: "no es conveniente que el profesor de matemáticas se complazca puerilmente con cualquier simplificación de los cálculos")



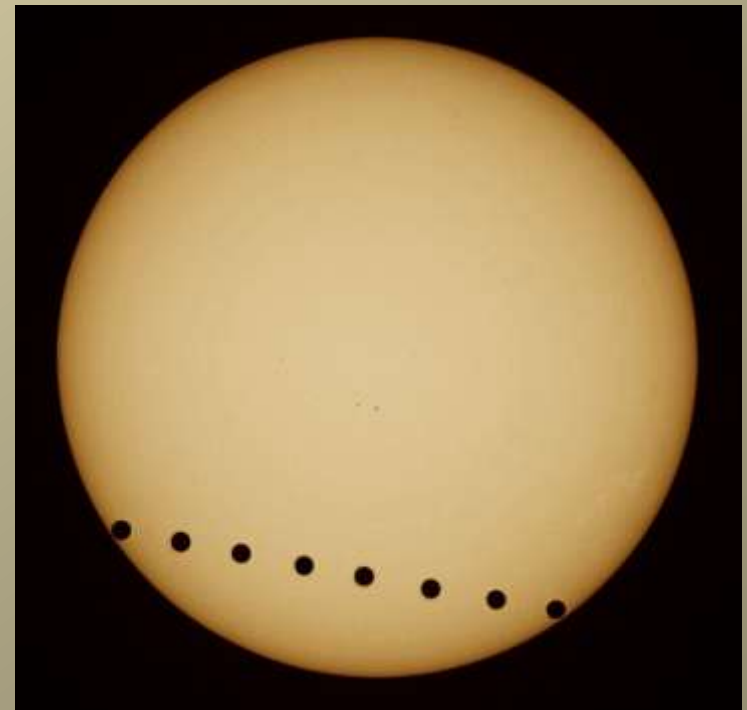
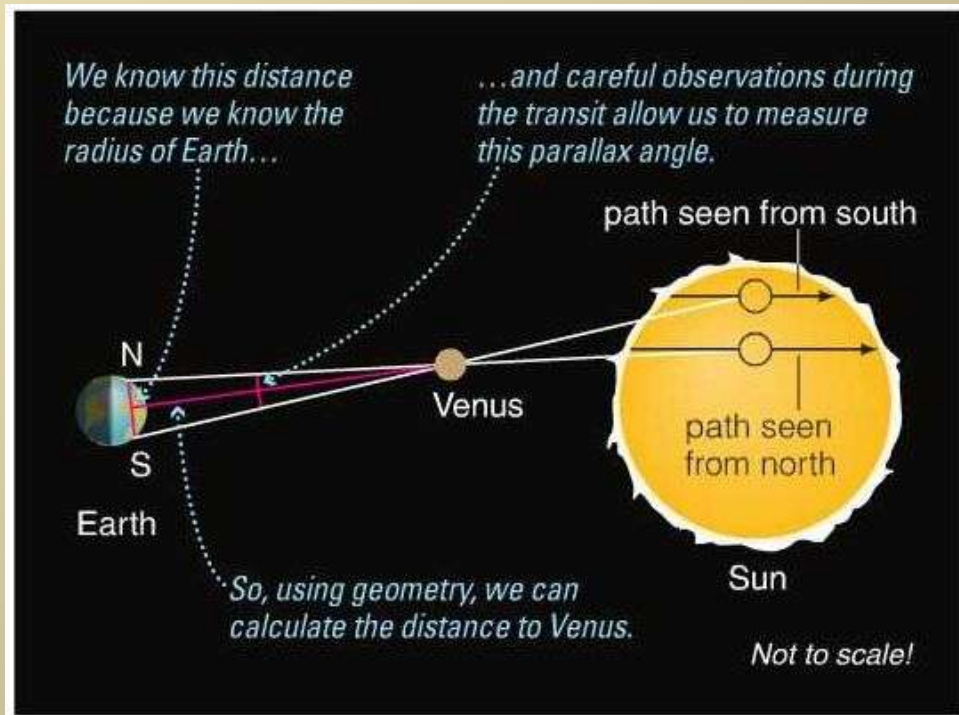
1619. Descartes (viendo una mosca) propone sistema cartesiano. Notación potencial ( $x^3$ ).

No existe el vacío: los planetas son movidos por flujos, vórtices.





1627. Kepler publica "Tabulae Rudolphine" (efemérides de planetas) y descubre que deben producirse tránsitos.



10 de Noviembre de 1973,  
Observatorio de Montevideo



1631. 1er tránsito de Mercurio  
(y Venus) predicho por Kepler  
y observado por Gassendi

1631. Galileo publica "Diálogos  
de 2 mundos" (helio versus  
geo) y comienzan sus  
problemas. La Iglesia lo pone  
en Index, abjura  
+ prisión domiciliaria.





1637. "Discurso del método" Descartes  
(filósofo y matemático).

1638. Galileo. Se publica en  
Holanda "Diálogos Acerca De  
Dos Nuevas Ciencias"  
(mecánica y dinámica)



- No admitir jamás cosa alguna como verdadero sin haber conocido con evidencia que así era.
- Dividir cada una de las dificultades que examínare, en tantas partes fuere posible y en cuantas requiriese su mejor solución.
- Conducir con orden mis pensamientos, empezando por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ascender poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más compuestos,
- ...

1639. Horrocks: la Luna en órbita elíptica.

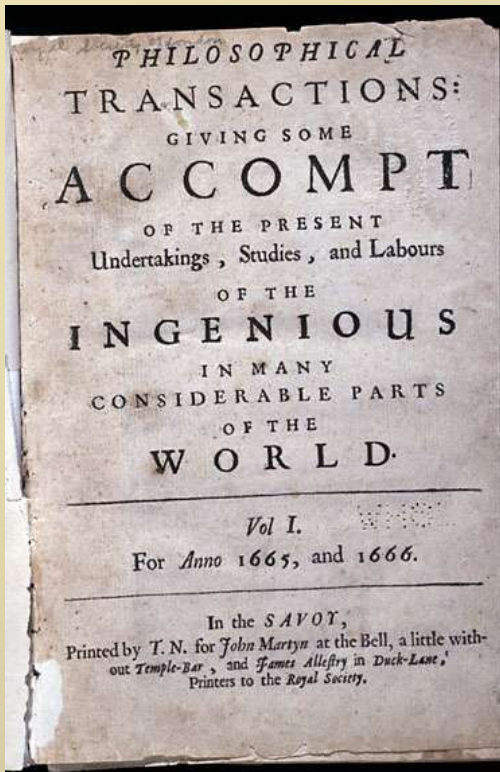
1640. Gassendi experimenta con inercia usando barcos.

1643. Torricelli mostro la existencia de presión atmosférica.

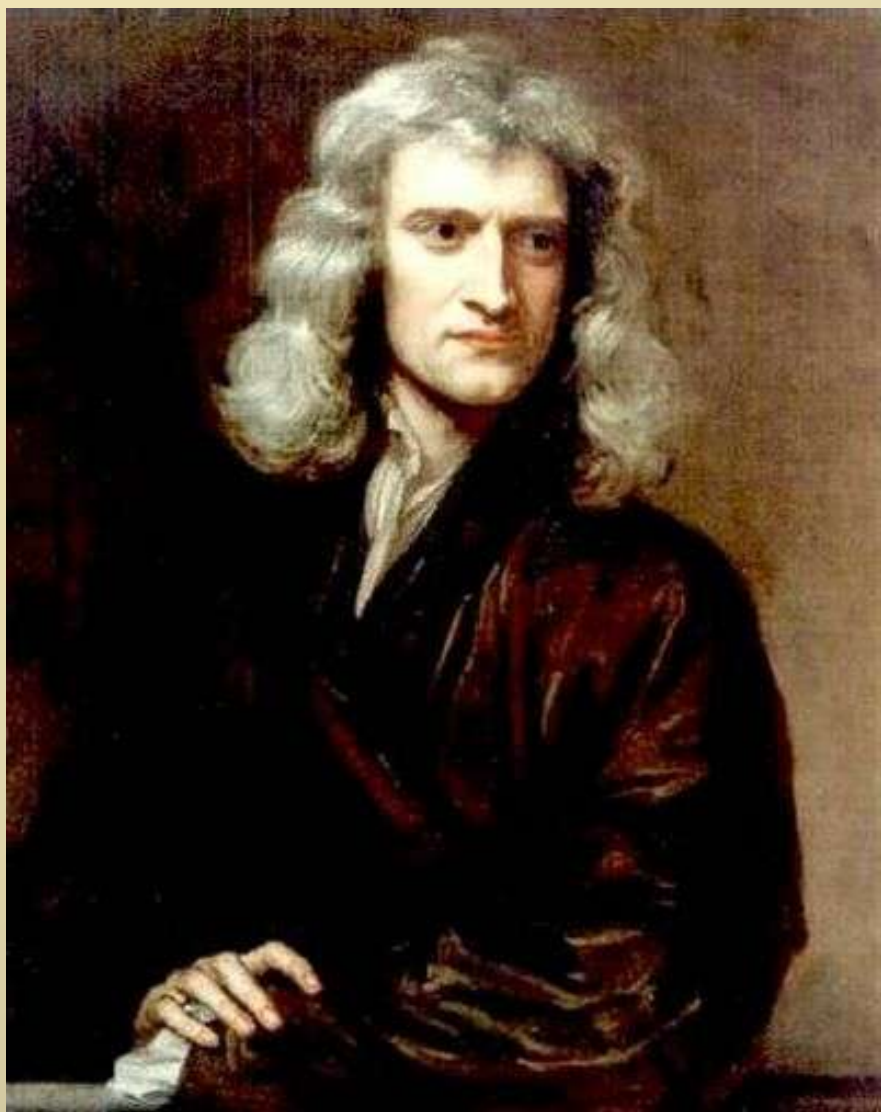
1656: Huygens inventa el Reloj de péndulo en base a trabajos de Galileo.



1660: fundación de la Royal Society. Its official foundation date is 28 November 1660, when a group of 12 met at Gresham College after a lecture by Christopher Wren, then the Gresham Professor of Astronomy ([royalsociety.org](http://royalsociety.org)).



1666: Academia de Ciencias de París. Colbert choisit un petit groupe de savants qui s'assemblèrent le 22 décembre 1666 dans la bibliothèque du roi



1663-1668: casi toda  
la obra de Newton la  
hace secretamente en  
estos años. Inventa el  
"calculus" ("fluxiones")

y poco después lo  
reíntenta mejor  
Leibnítz.

1665 - 1666

Gran Plaga de Londres: 20% de Londres muere.

5 see over

# LONDONS

## LORD HAVE MERCY UPON US.

A true Relation of Seven modern *Plagues* or *Visitations* in *London*, with the number of those that were Buried of all Diseases; *viz* The first in the year of *Queen ELIZABETH*. Anno 1592. The second in the year 1603 the third in (that never to be forgotten year) 1625. The fourth in Anno 1630. The fifth in the year 1636. The sixth in the year 1647. and 1648. The seventh this present year. 1665.

*An exact and true relation of the number of those that were buried in London and the Liberties of all Diseases, from the 17 of March 1592. to the 22 of December, 1665.*

	total	Pl.
March 17	251	31
March 24	269	29
March 31	307	27
April 7	303	25
April 14	292	23
April 21	310	21
April 28	250	19
May 5	319	18
May 12	300	16
May 19	210	14
May 26	40	12
June 2	441	11
June 9	389	9
June 16	401	108
...	...	...

*Certain approved Medicines for the Plague, both to prevent that contagion, and to expel it after it be taken; as have been Approved in Anno 1629. as also in this present Visitation, 1665.*

*A cheap Medicine to keep from infection.*

**T**ake a pint of new Milk, and cut two cloves of Garlick very small, put it in the milk, and drink it mornings fasting, and it

*Buried in London and the Liberties, of all Diseases, the number as followeth, total. Pl.*

April 7 1592	3	
April 14 1603	4	
This Week was added to the City parishes		
S. Marg. Westminster, Lambeth.		
S. Mary Newington		
Redriff parish.		
S. Mary Abington.		
Stepney parish.		
Hackney parish.		
April 21	294	14
April 28	259	13
May 5	247	10
May 12	308	11
May 19	295	11
May 26	270	6
June 2	337	67
June 9	245	87
June 16	381	103
...	...	...



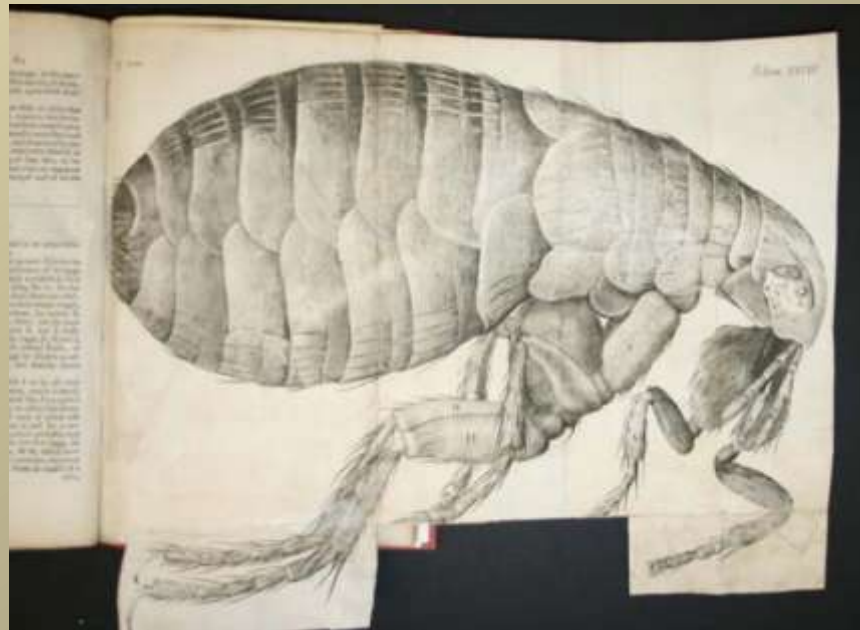
1666

## Gran incendio de Londres



Reconstrucción a cargo de Wren, Hooke.

1665. Hooke experimenta con microscopios y publica "Micrographia". Propone idea de fósil y que la luz es una onda. Descubre las células. ve aberración cromática y esto estimulará a Newton a estudiar la luz. Antes Malpighi vio la sangre y Leeuwenhoek los microorganismos en agua.



# Pequeña Edad del Hielo

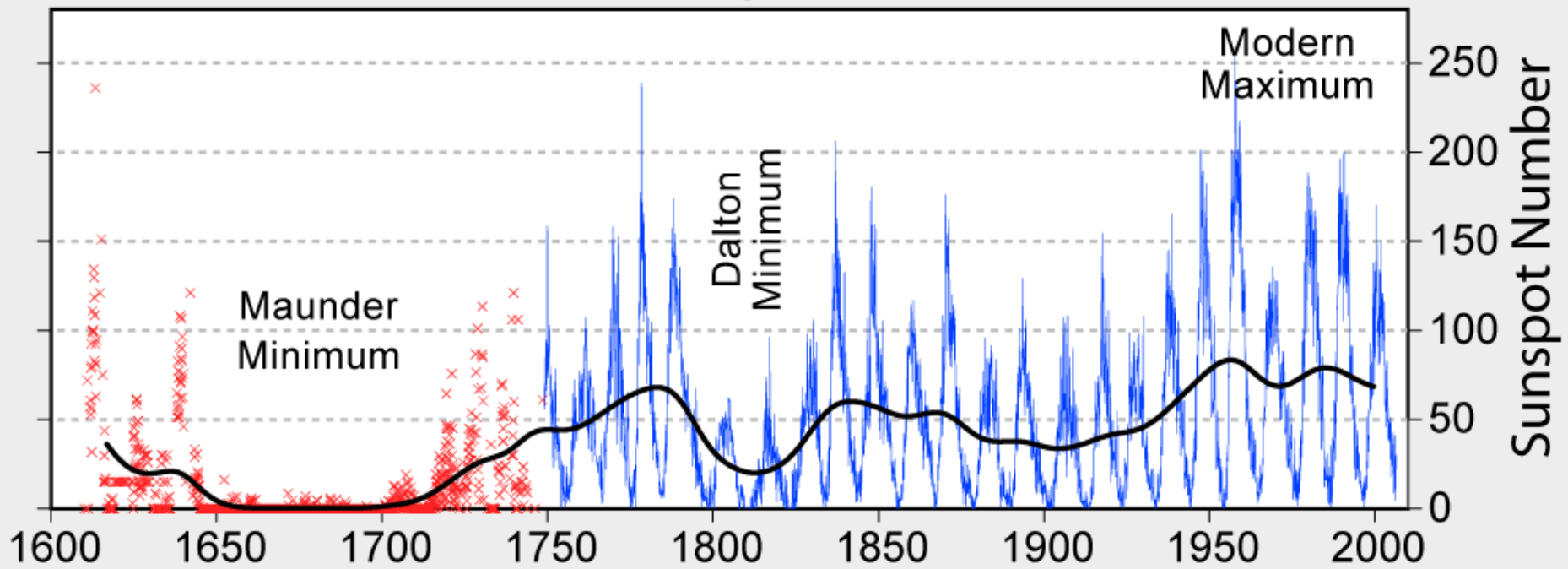


Congelamiento del Támesis

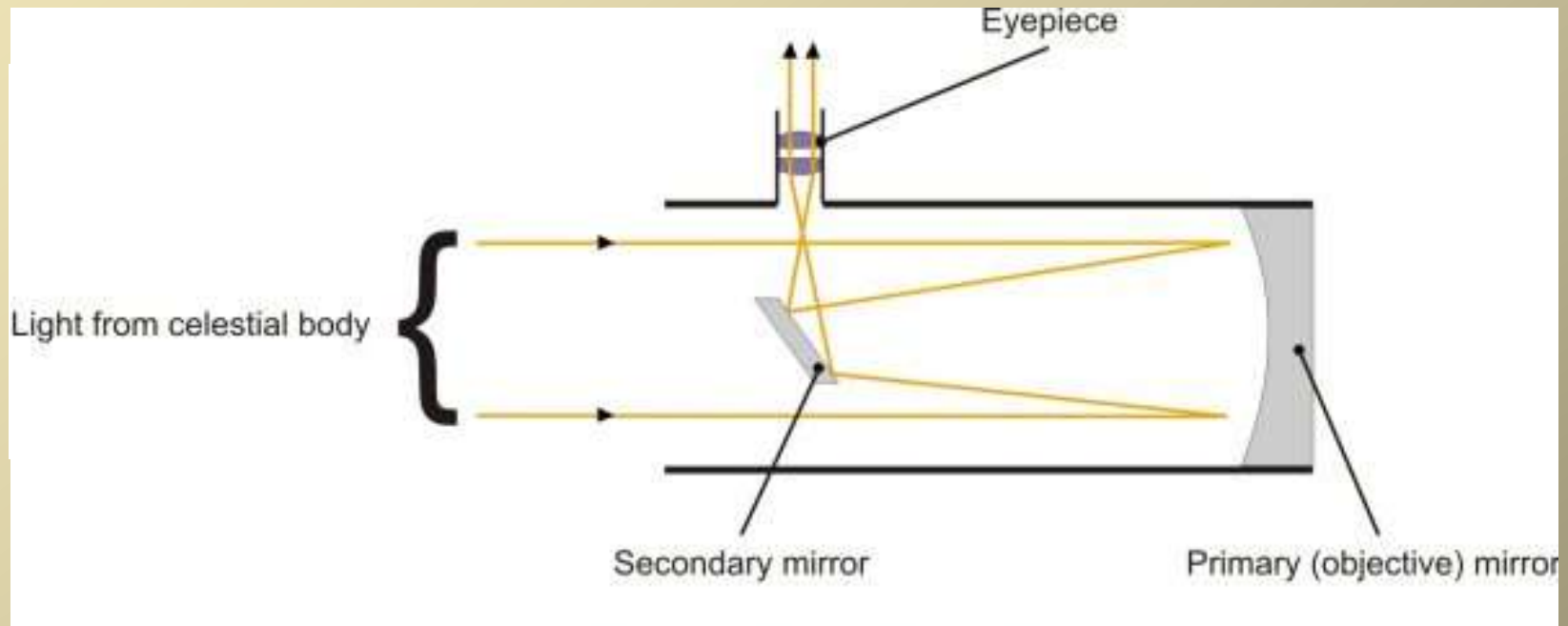


# Mínimo de Maunder

## 400 Years of Sunspot Observations



1671. Newton reinventa telescopio reflector y construye varios. Trabajos sobre la luz.



Discusión ácida con Hooke sobre la luz: "sí ví mas lejos fue porque me apoyé en las espaldas de Gigantes"

# LA CARRERA POR LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL

1666-1684:

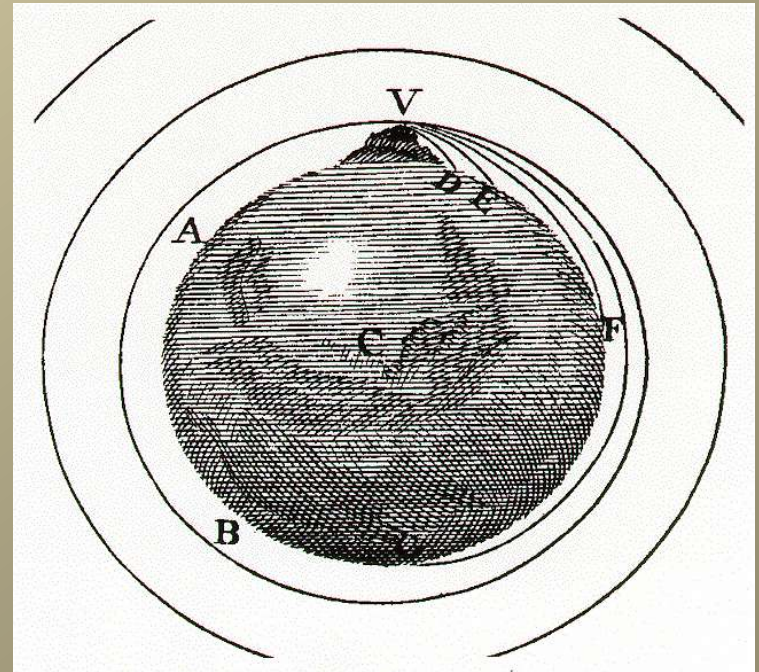
Huygens, Hooke, Newton,  
(Leibniz, Wren, Halley)



# LOS PASOS HACÍA LA G.U.

- concepto de aceleración centrífuga
- cálculo aceleración centrífuga planetas ( $1/r^2$ )
- equilibrio con fuerza solar
- gravedad terrestre  $1/r^2$
- mov. orbital = atracción solar + inercia
- todos los cuerpos se atraen
- gravedad terrestre y solar son lo mismo
- trayectorias: cónicas

1666. Dice Newton que en este año  
calculó la fuerza necesaria para  
contrarrestar la centrífuga  
de la luna y comparando con la  
gravedad superficial encontró que la  
gravedad terrestre va con  $1/r^2$   
(episodio manzana).





1673. Huygens:

$$\text{empuje centrífugo} = v^2/r$$

Caso planetas: por 3ra Ley Kepler

$$T^2 = r^3$$

o también:  $(2\pi r/v)^2 = r^3$

de donde:  $v^2/r = 1/r^2$

o sea, la centrífuga se balancearía  
con  $1/r^2$

pero no es obvio que exista una fuerza "solar" que la equilibre



1674.

Hooke en una conferencia propone que todos los cuerpos se

atraen mutuamente

hacia su centro

hasta el límite de su "esfera de actividad".

Propone gravedad terrestre proporcional a  $1/r$  y discute con Newton sobre si es  $1/r$  o

$1/r^2$

# INERCIA

1674. Hooke propone que el mov.

Luna es el resultado de mov.

rectilíneo inercial más la gravedad  
terrestre (no es debido al "equilibrio"  
de 2 fuerzas)



1674. El Obs. París dice que puede determinar la hora usando la luna. Flamsteed dice que solo sería viable si se elabora un catalogo preciso estelar y si se construyen tablas lunares por 18 años. La corona decide construir Greenwich para elaborar catalogo estelar norte.





1676. Sale Halley a Sta Helena  
para hacer catalogo Sur.

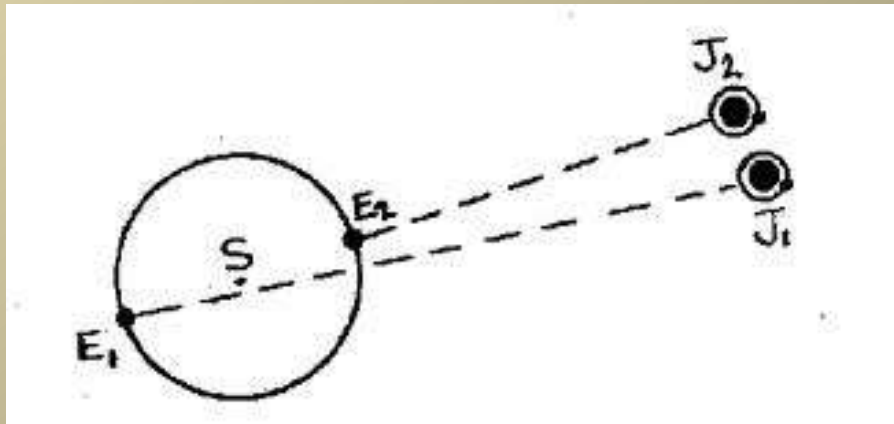
Paralelamente Hevelius trata de  
mejorar

el catalogo Tycho.

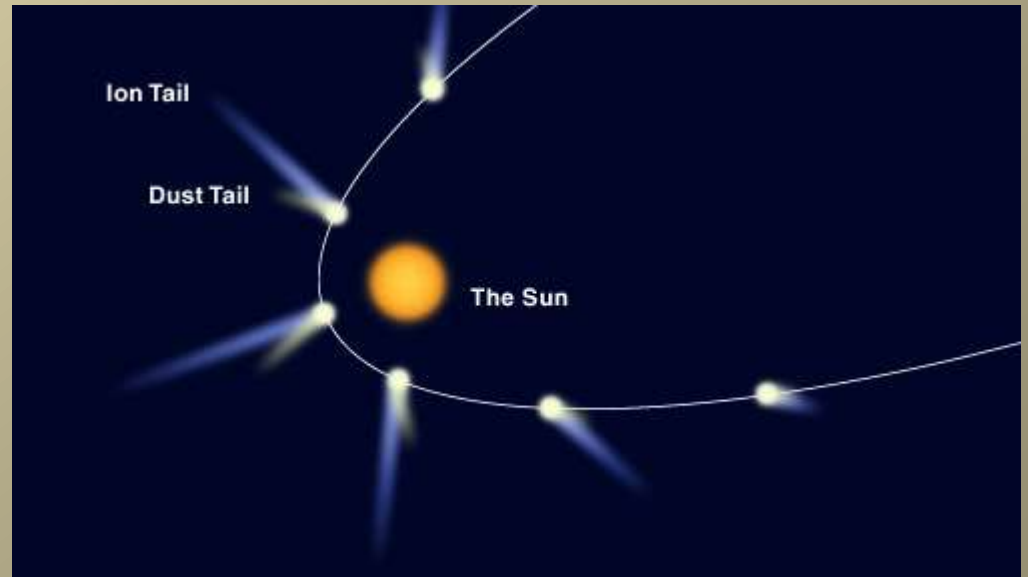
# ACCIÓN A DISTANCIA

1679. Hooke consulta a Newton sobre la posibilidad de "acción a distancia", Newton adopta la idea.

Roemer calcula la velocidad de la luz. Se encuentra con Newton, Halley, Flamsteed.



1680 y 1681 se observan 2 cometas.  
Flamsteed sugiere que es el mismo  
antes y después del perihelio. Al  
principio el Sol lo "atrae" y luego lo  
"rechaza".





1682. Aparece un cometa. Años más tarde Halley propone que es periódico, el mismo de los chinos.

Los cometas tienen órbitas muy alargadas.

¿se podrán aplicar las mismas leyes que a los planetas?



1684. encuentro de Wren, Hooke y Halley: no hay dudas, la fuerza centrífuga de los planetas debe ser cancelada con una fuerza solar proporcional a  $1/r^2$ .

Con esa fuerza Hooke intentó pero no logró probar que las órbitas deben ser elipses.

Halley visita a Newton, conversa,

Newton dice

"sin duda elipses"

pero no encuentra la demostración.

Halley le insiste "publica eso!". Newton

le envía un artículo con la ley de

Gravitación Universal ("On the

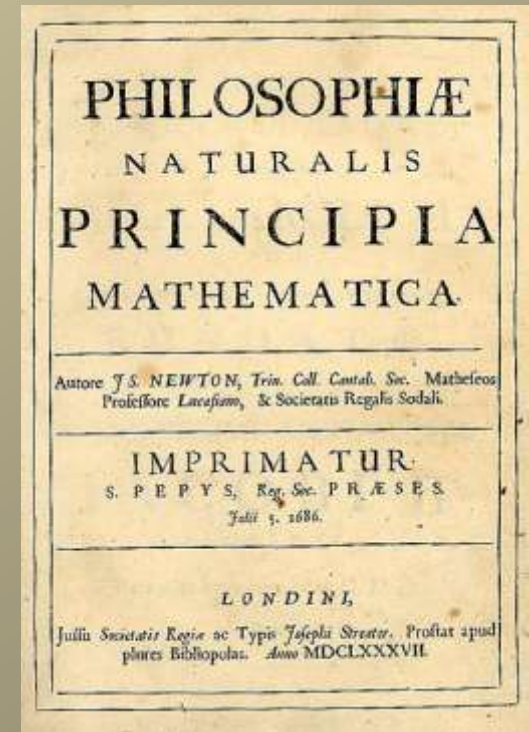
motion of bodies in orbit").



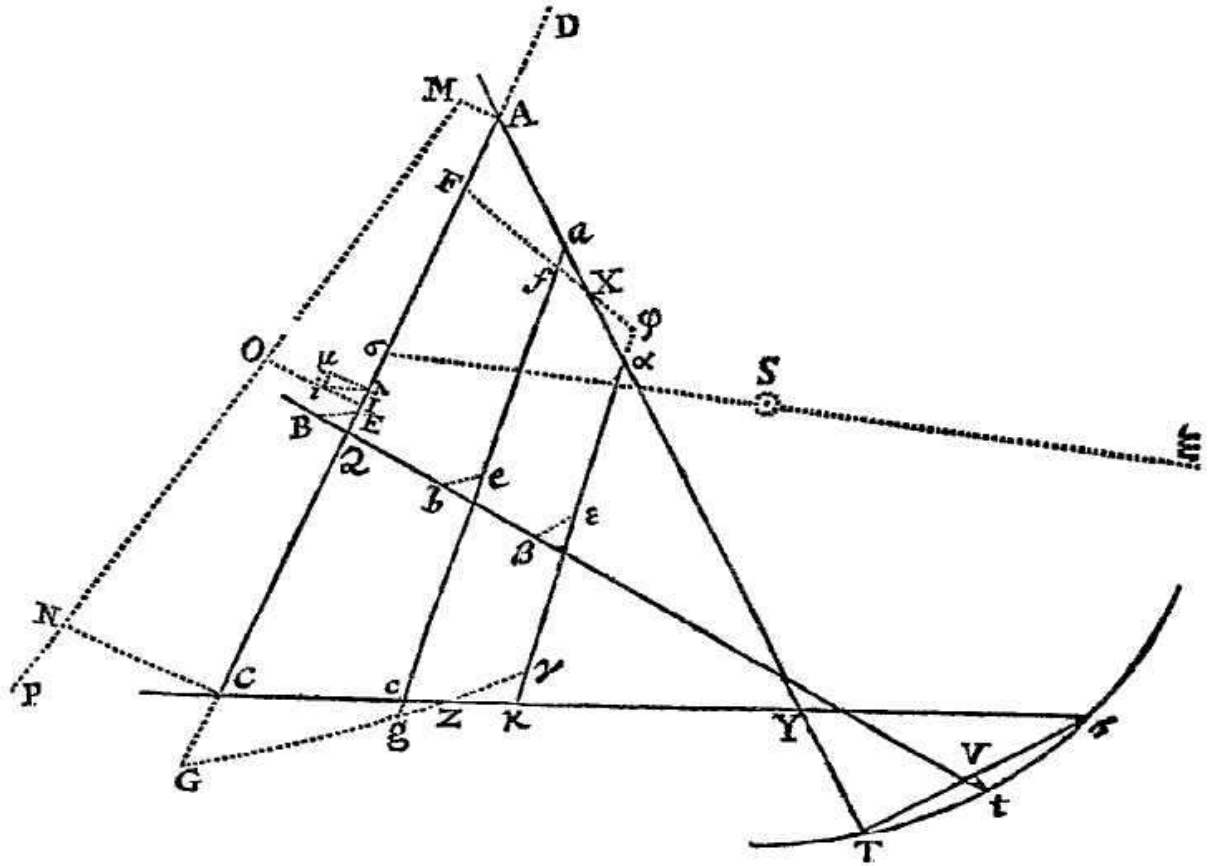


A esta altura se impone el modelo de reloj para el universo, sólo se necesita el impulso inicial, luego funciona por sí mismo.

1687. Newton publica Principia ("Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica").



Newton posee una técnica poderosa de cálculo pero usa un lenguaje mas convencional para dirigirse a sus colegas.





1691. Halley: tránsito de Venus permitirá hallar distancia Tierra - Sol por paralaje.

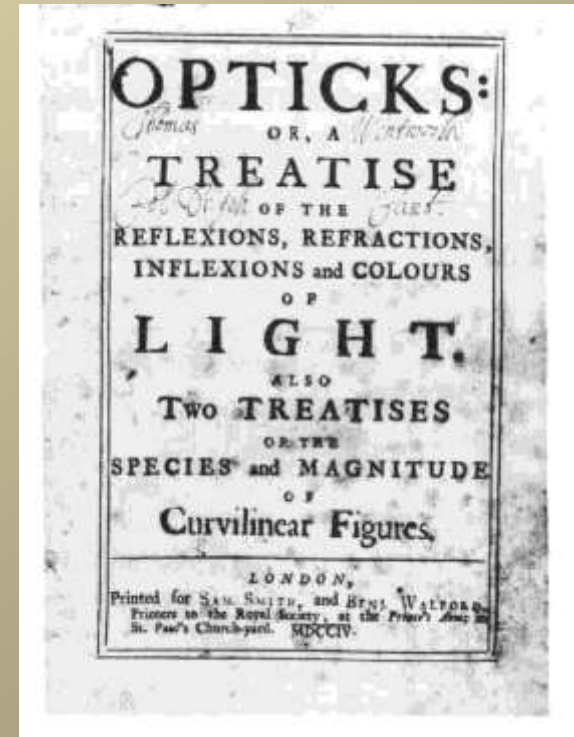
Siguiendo leyes

de Kepler se determinan las distancias a los planetas.

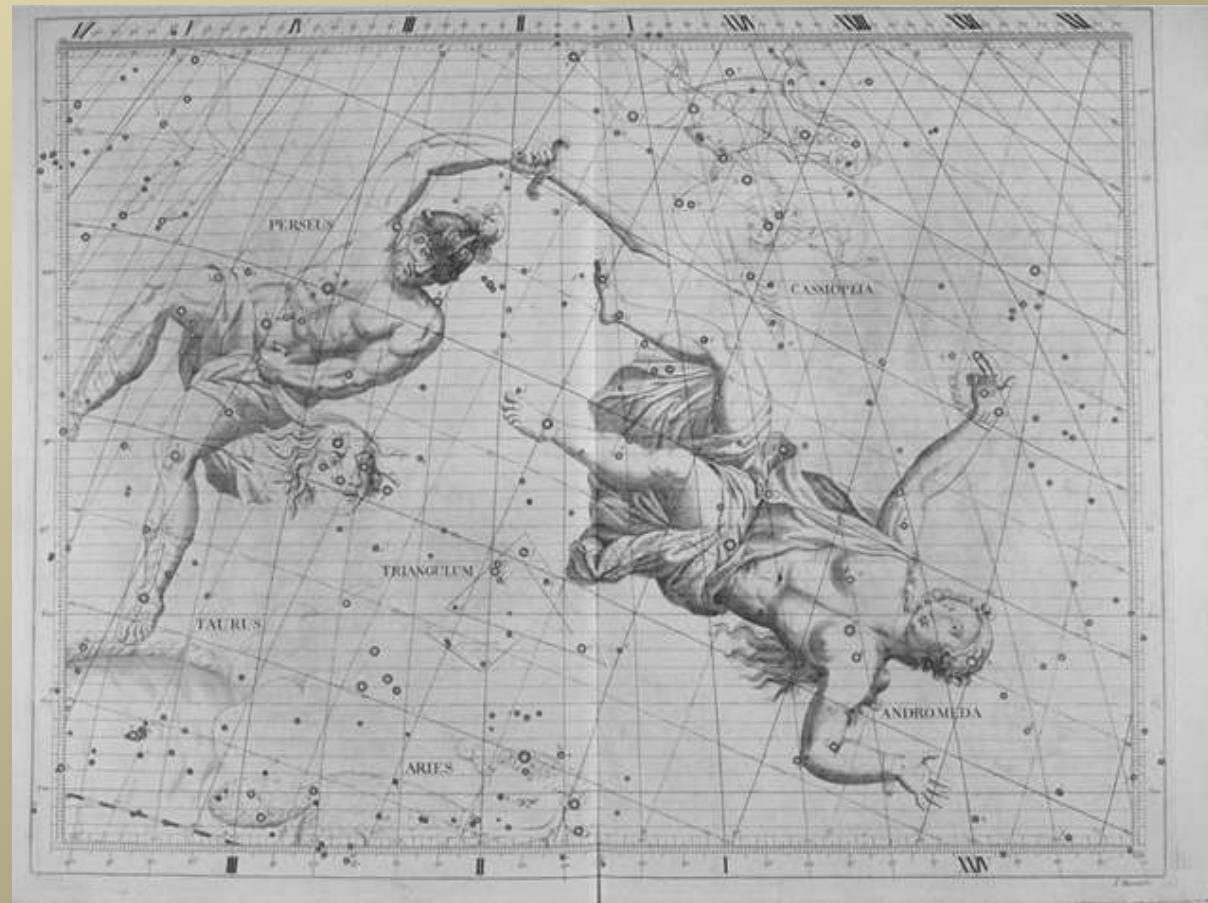
Hooke intenta calcular el tamaño de los átomos.

1704. Newton publica su "Optica"  
con sus trabajos de 30 años  
antes.

1705. Halley publica "Synopsis  
Astronomía Cometicae"



1712. Flamsteed publica su primera versión de catalogo ("Historia Coelestis Britannica") con 3000 estrellas de precisión 10".

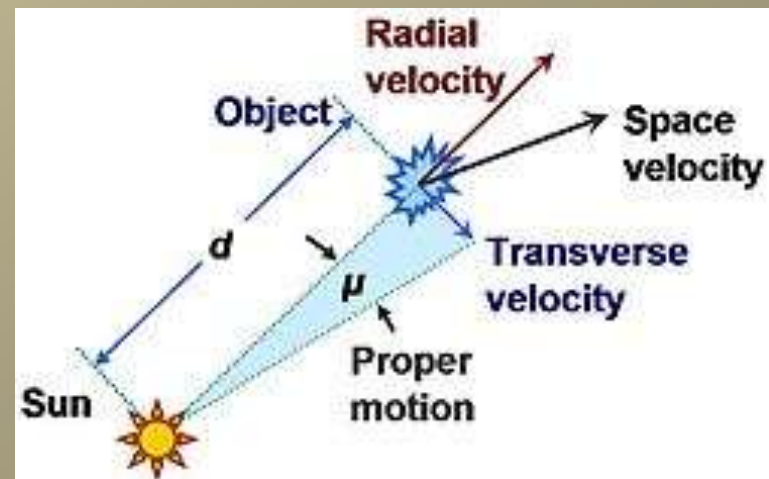




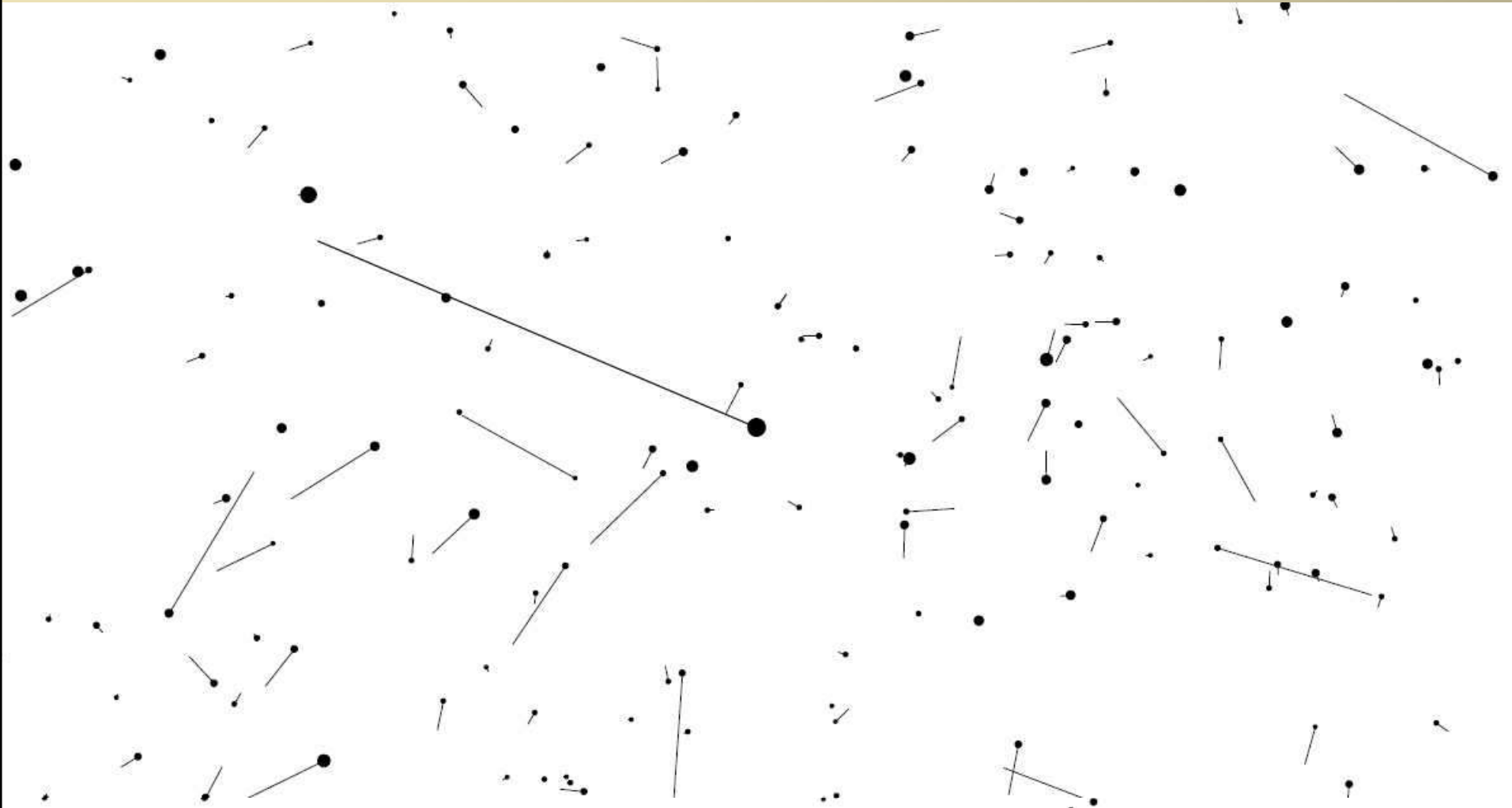
1718. Halley encuentra diferencias muy grandes (casi 1 grado en el caso de Arcturus) con las posiciones de Hiparco.

Las estrellas se mueven!

No existe esfera fija, las estrellas se mueven en el espacio 3D a enormes distancias. El universo es 3D.



# El Sol navega entre un enjambre de estrellas



View point: Right Ascension 5 hours, Decl. 20 degrees, Distance 0  
Looking towards: Right Ascension 5 hours, Decl. 20 degrees Distance 99999  
Time since present: 7500 yr



Distant Worlds Star Mapper  
<http://www.waltherastronexus.com>

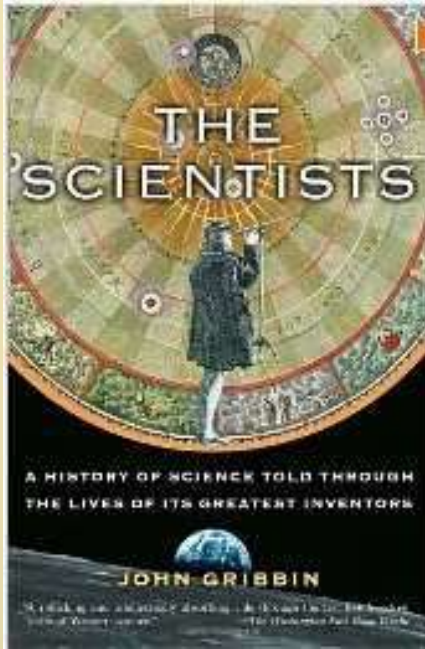


# Epílogo

1735: Harríson construye el primer cronómetro.

1838. finalmente se mide la distancia a una estrella

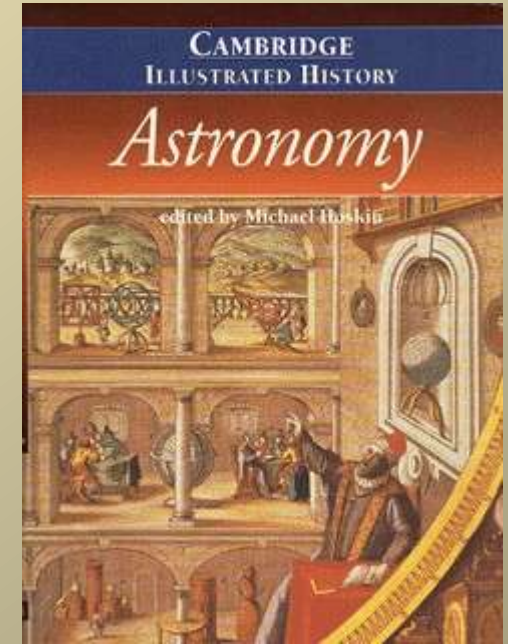
# Bibliografía



John Gribbin

Michael Hoskin

Steven Weinberg



# Bibliografía

<http://arsenailna.cie.uma.es/~ccriado/posters.htm>

