

Descubriendo el Universo

(De Stonehenge a Newton)

Curso Astronomía General
(Versión Dinámica Orbital)

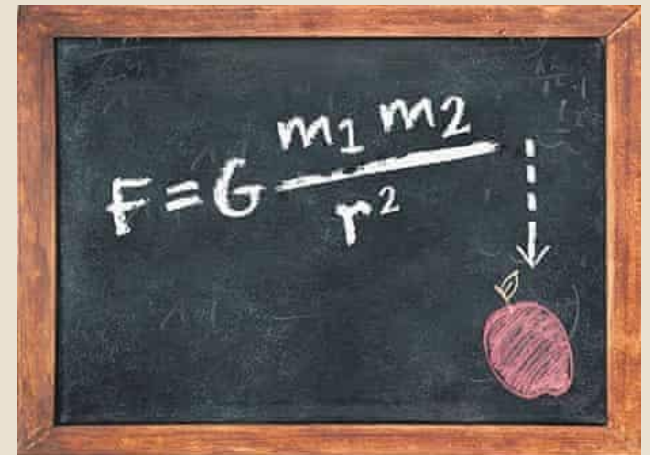
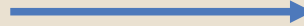
Tabaré Gallardo



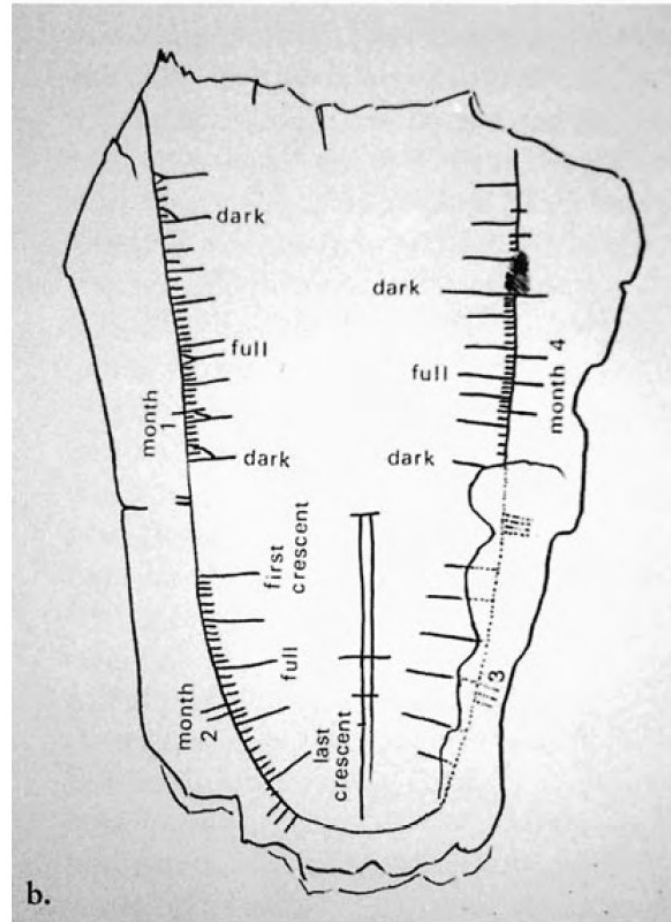
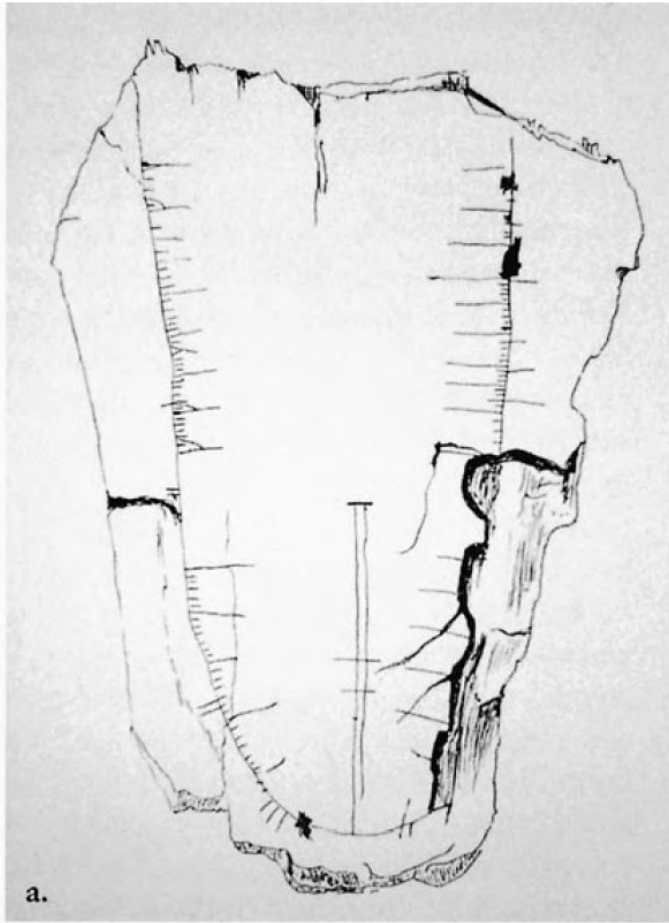
¿Cómo fue este proceso?



?

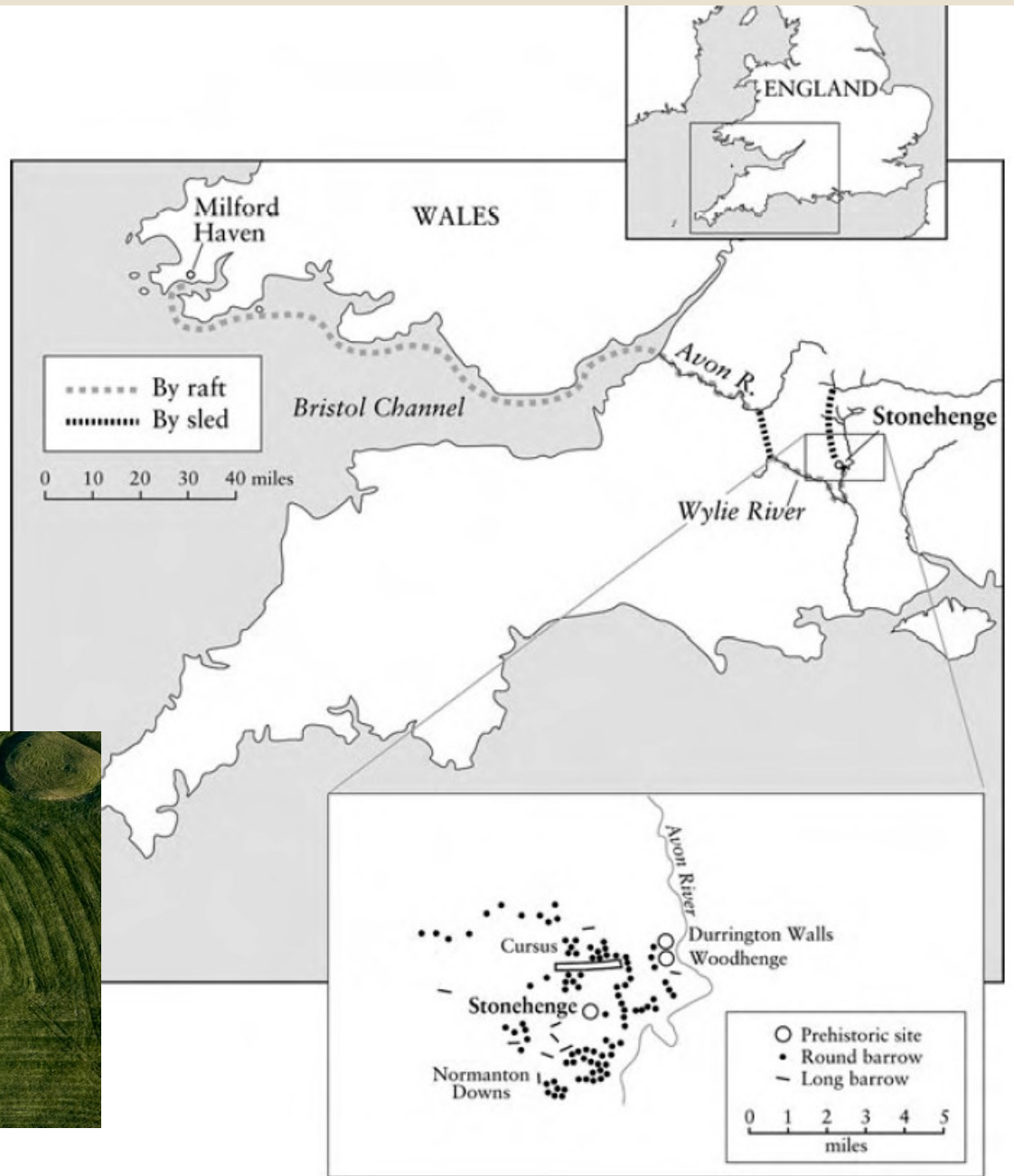


Fases lunares en huesos

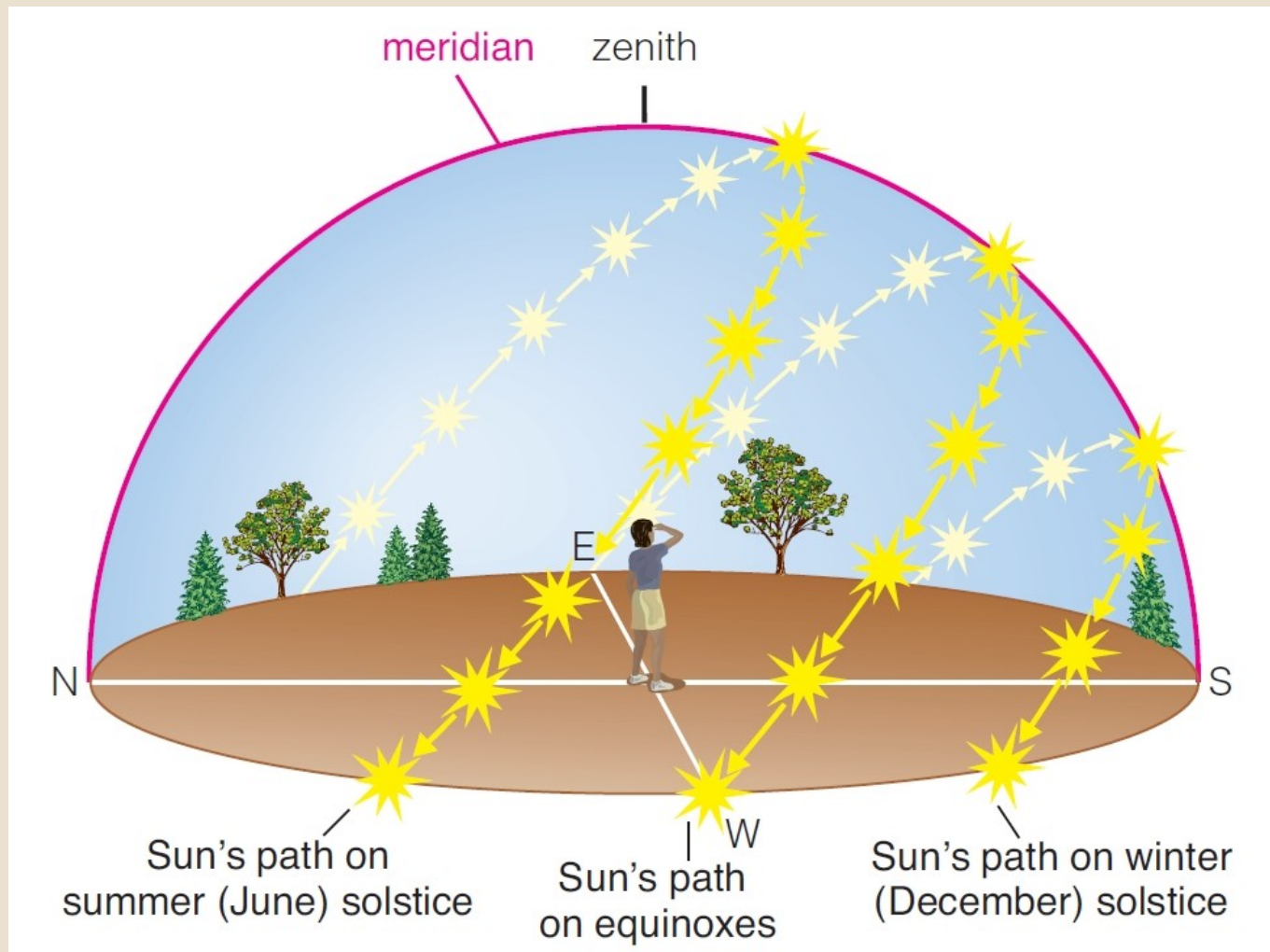


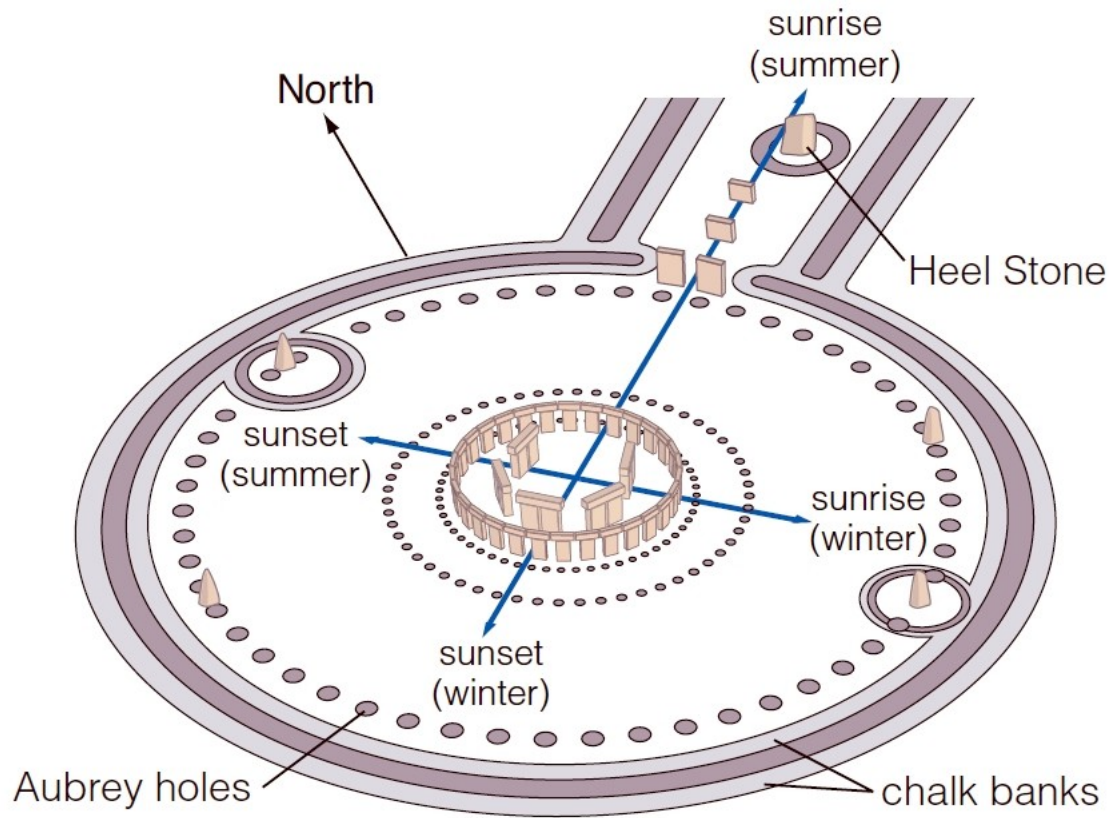
Grabado en colmillo de mamut (30.000 - 15.000, Ucrania)

Sítios neolíticos
próximos a
Stonehenge
(3100 ac - 1500 ac).
Anterior a los celtas.

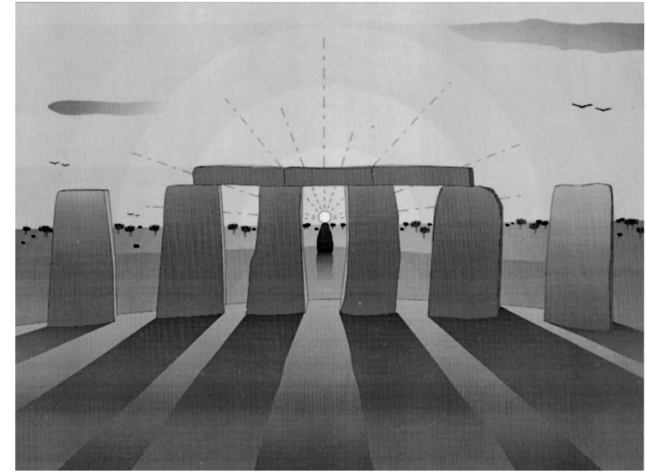


Mientras, en Egipto se construían pirámides.





b This sketch shows how archaeologists believe Stonehenge looked upon its completion in about 1550 B.C. Several astronomical alignments are shown as they appear from the center. For example, the Sun rises directly over the Heel Stone on the summer solstice.



Las direcciones de los SOLSTICIOS eran tanto o mas relevantes que los puntos cardinales.

Cazadores-recolectores:

mareas, tiempo.

Mes lunar $\sim 29,5$ días



Agríultores:

estaciones, cultivos, tiempo.

Año $\sim 365,25$ días



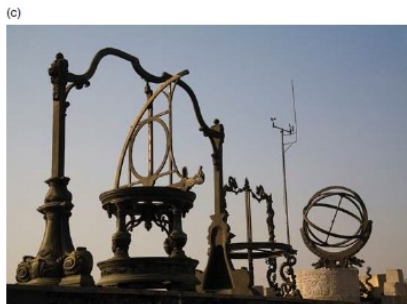
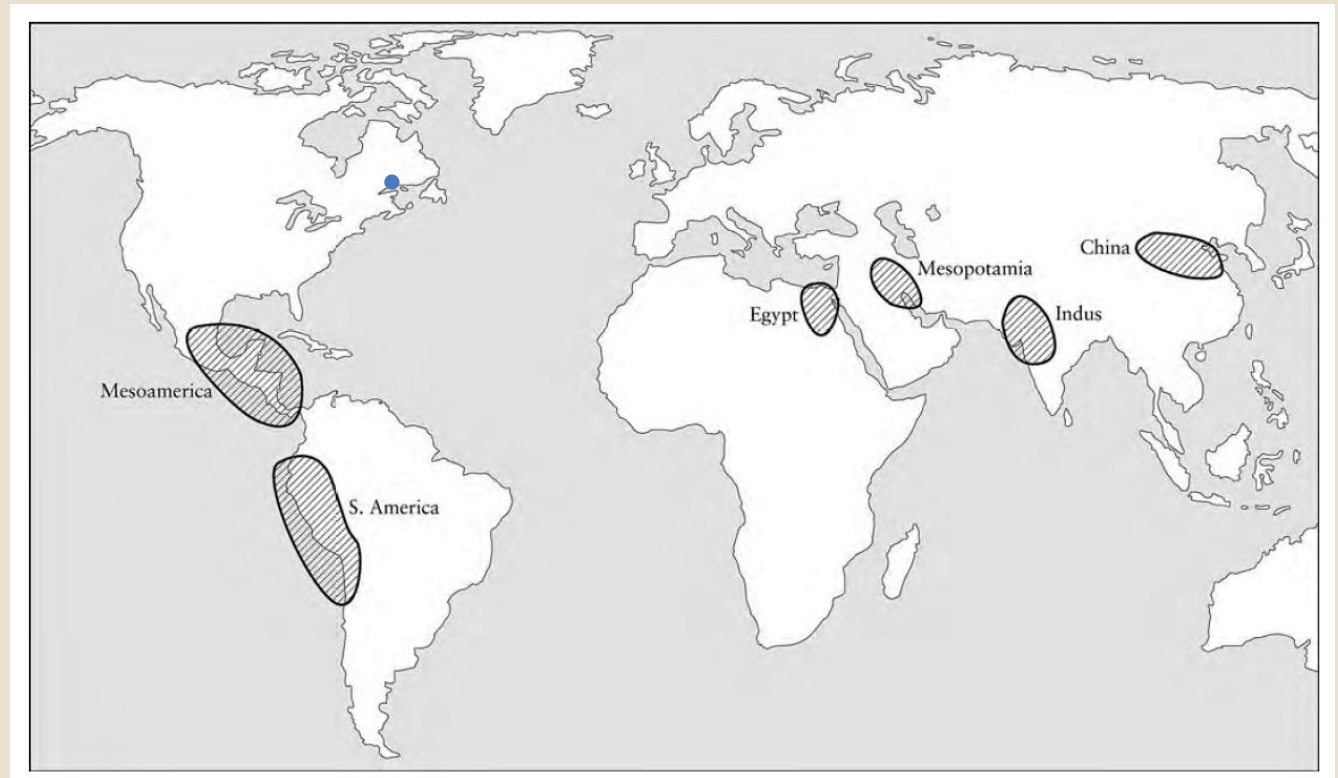


FIGURE 2.2 (a) Stonehenge is an ancient construction in the English countryside. One of its suspected uses 4,000 years ago was to keep track of celestial events. (b) Chichén Itzá observatory in Mexico. (c) Beijing Ancient Observatory in China.



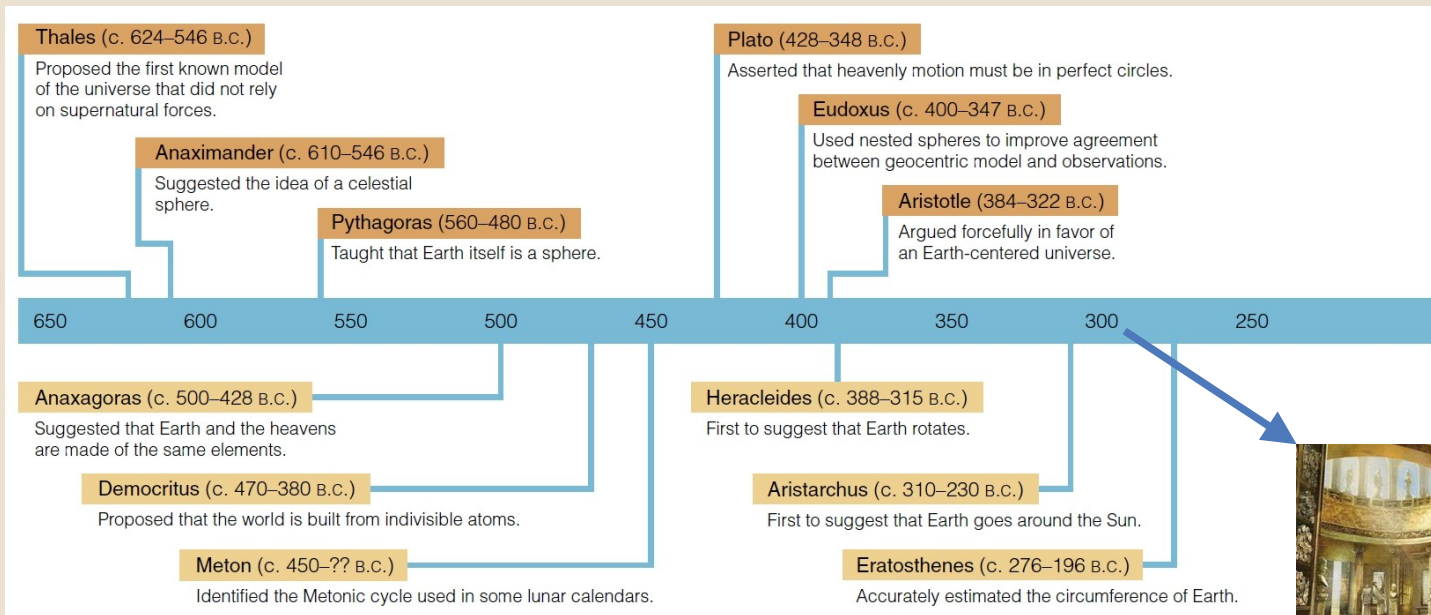
Transición neolítico - agricultura intensa. Ocurre en diferentes épocas. Grandes construcciones con orientación astronómica. Calendarios.

Siglo VI - V AC: Caldeos descubren ciclo de 223 lunaciones = $223 \times 29.53 \sim 6585$ días (Saros), los eclipses son predecibles

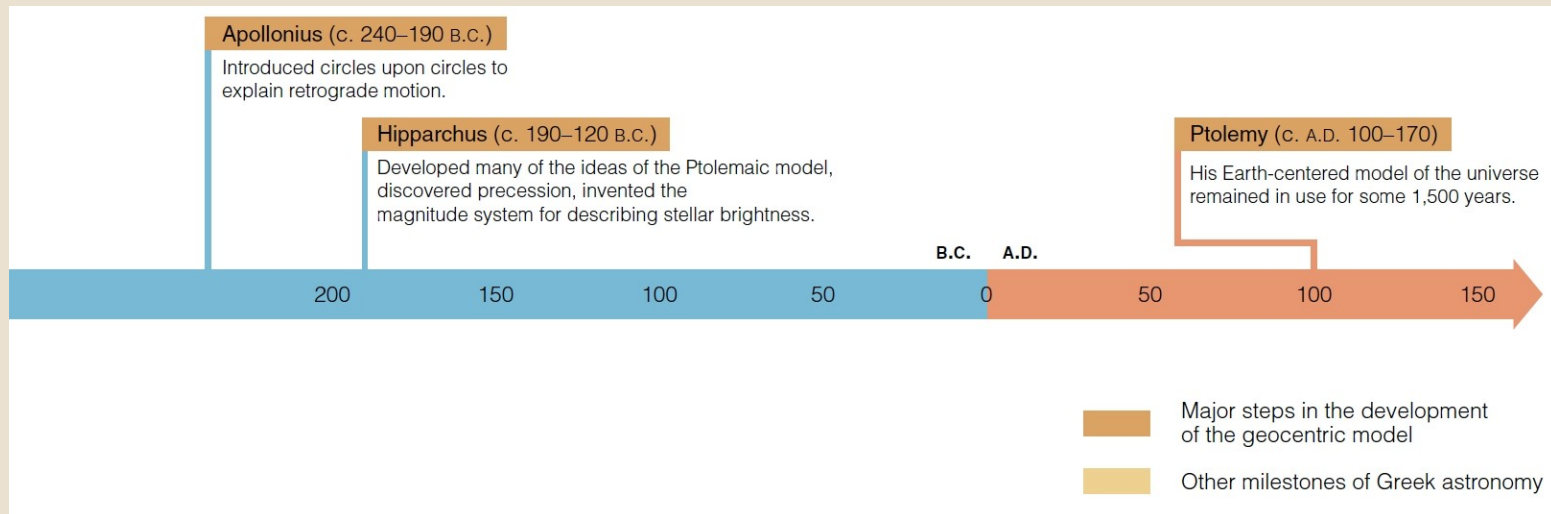


Siglo VI ac: los filósofos griegos, desde Thales.



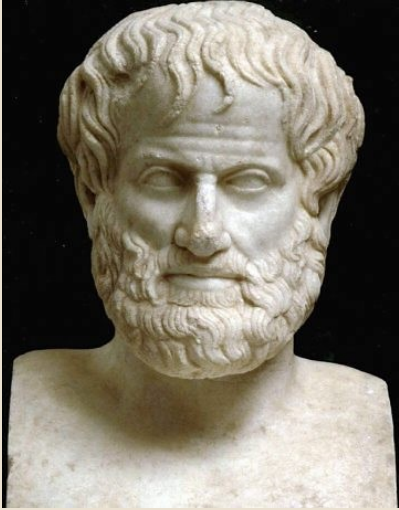


Biblioteca Alejandría



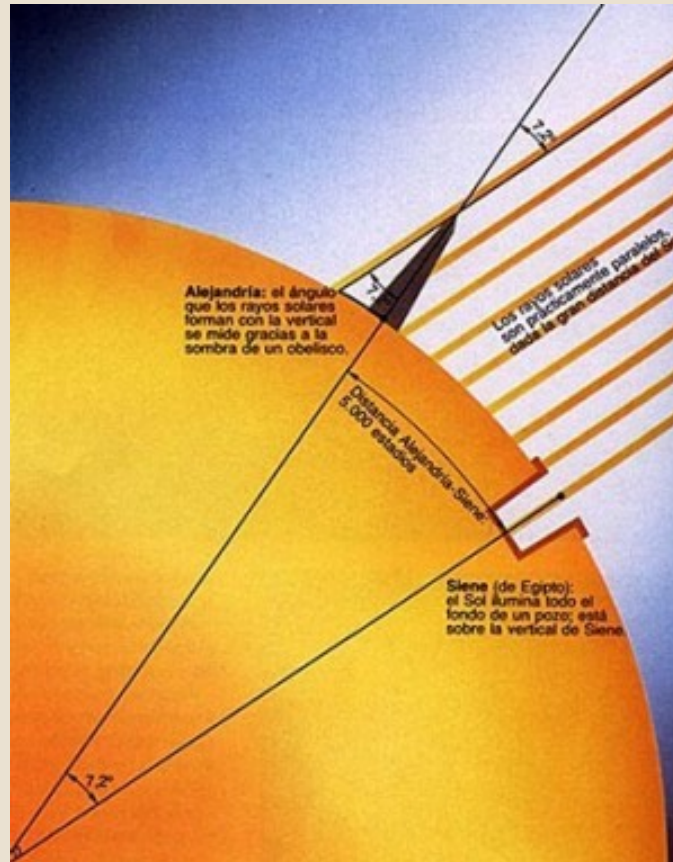
- Major steps in the development of the geocentric model
- Other milestones of Greek astronomy

350 AC: Arístóteles
(filósofo "natural")



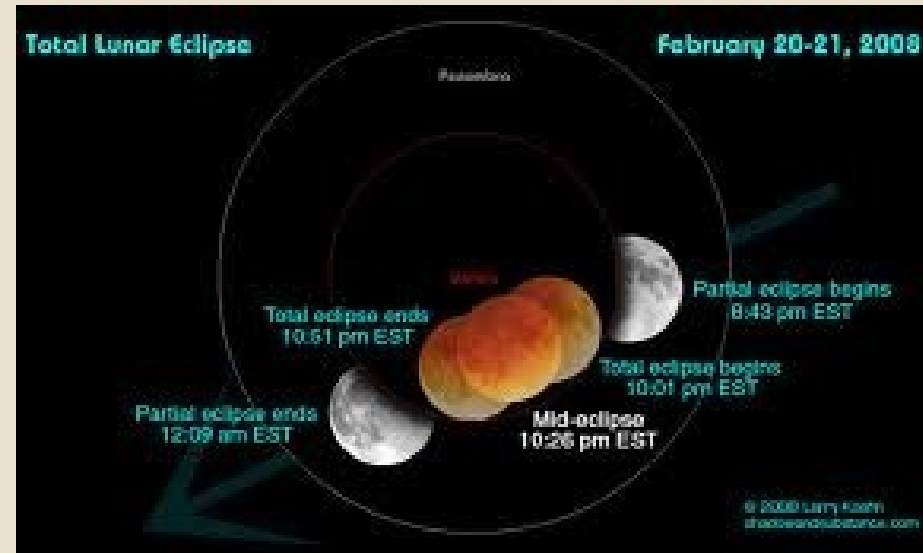
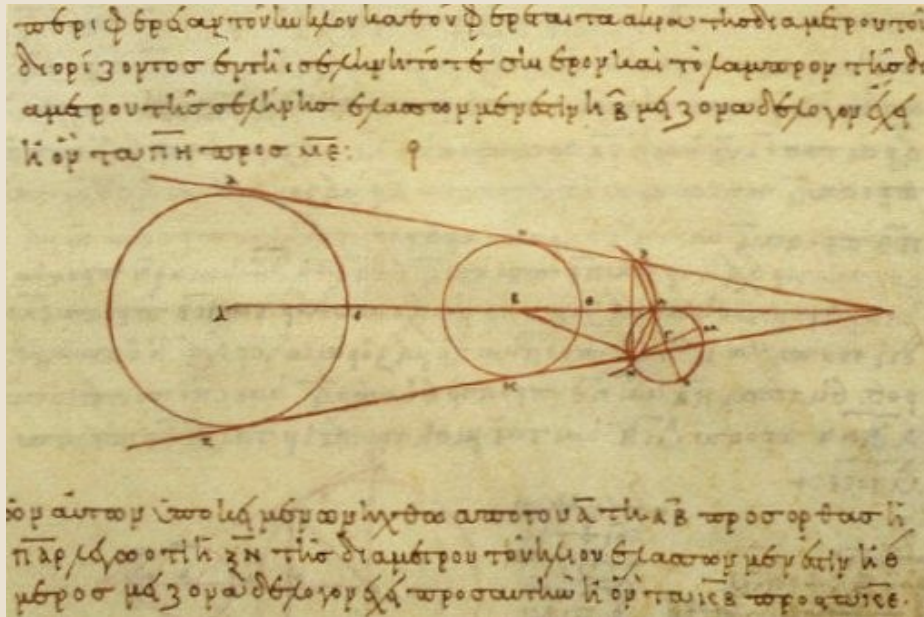
la sombra de la Tierra en la Luna corresponde a la de una esfera

240 AC: Eratóstenes mide radio Tierra

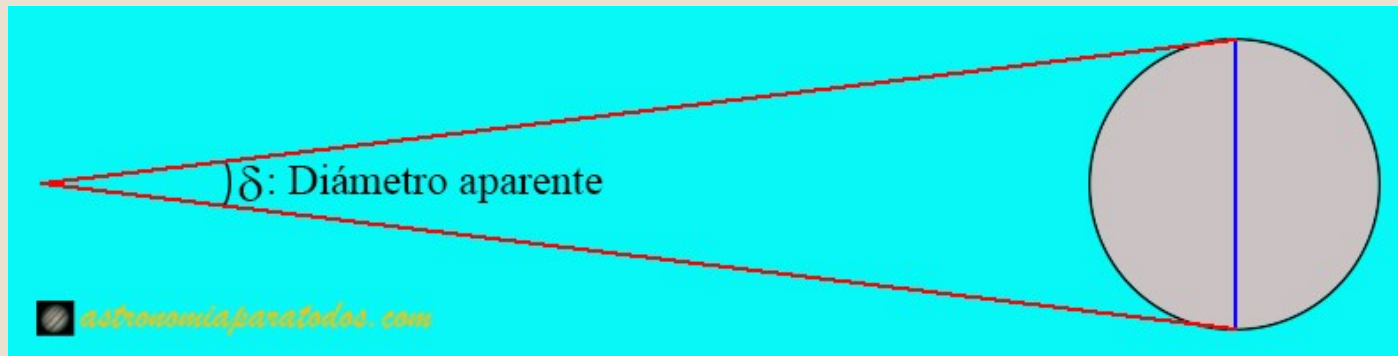


por esos años los chinos observaron un cometa (el Halley)

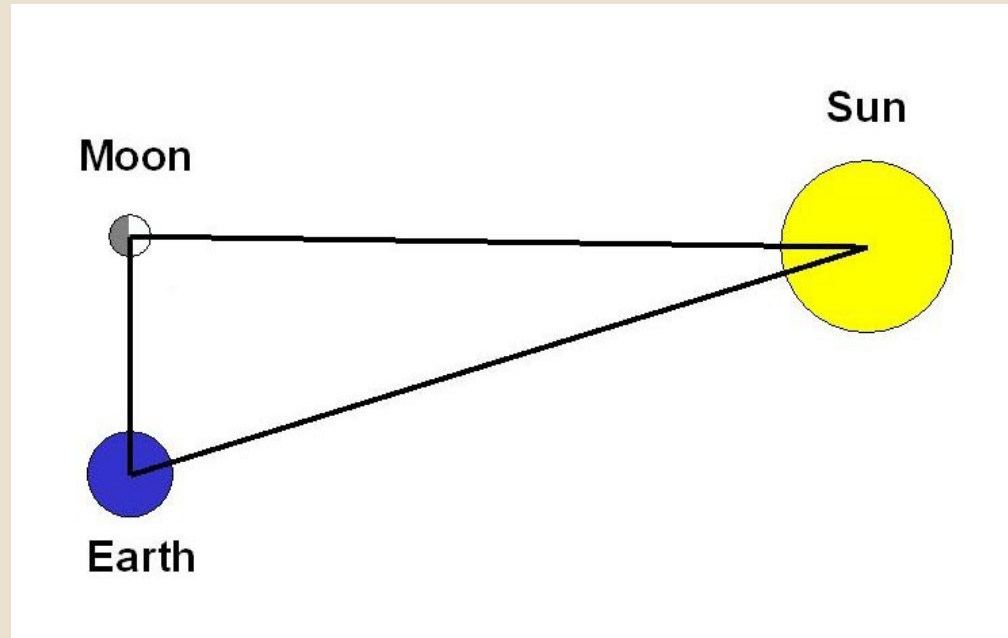
270 AC. Arístarco: tamaño de la Luna y distancia



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

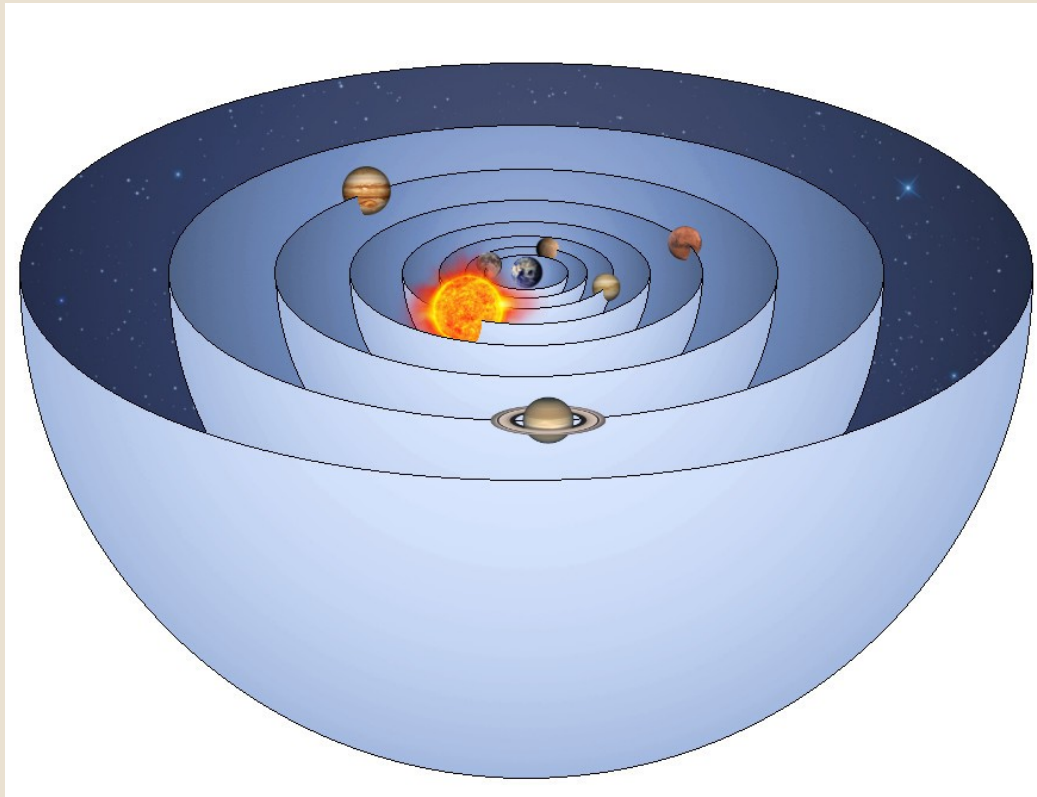


Arístarco: distancia al Sol



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

Modelo de universo geocéntrico de Aristóteles



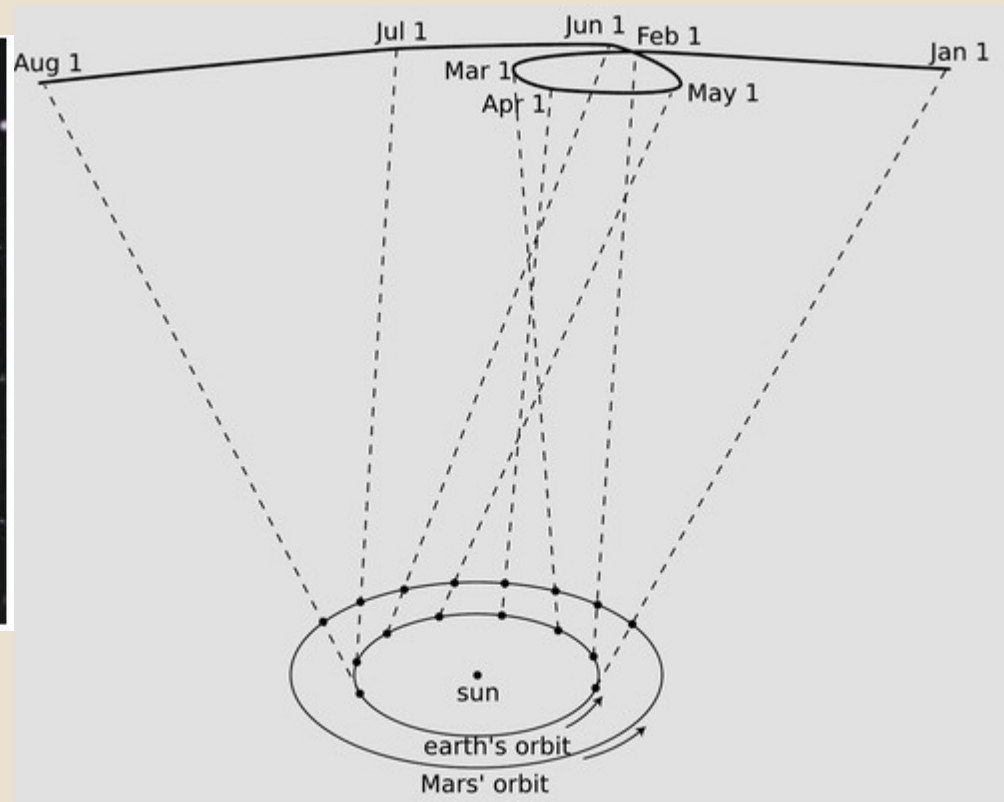
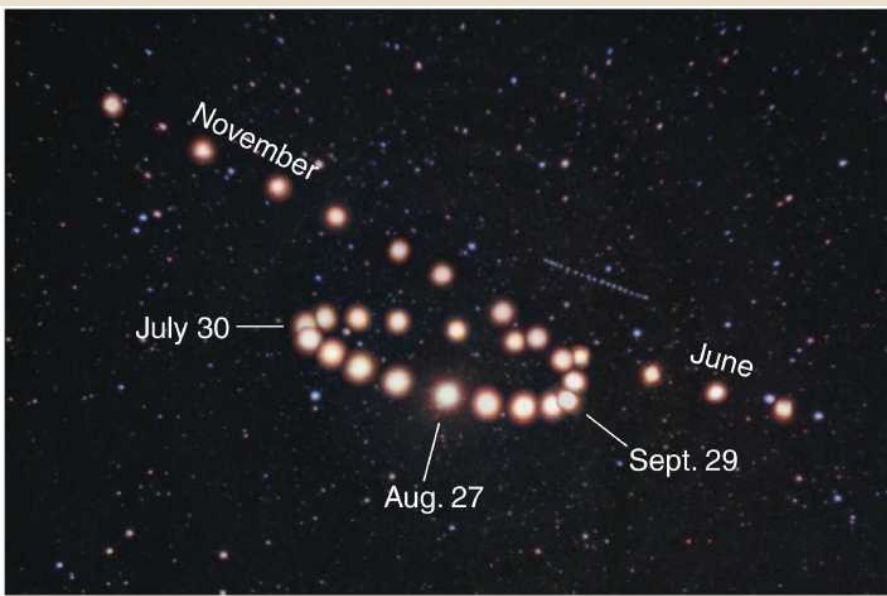
Esferas celestes materiales: quintaesencia.

Cometas son "fenómenos atmosféricos".



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

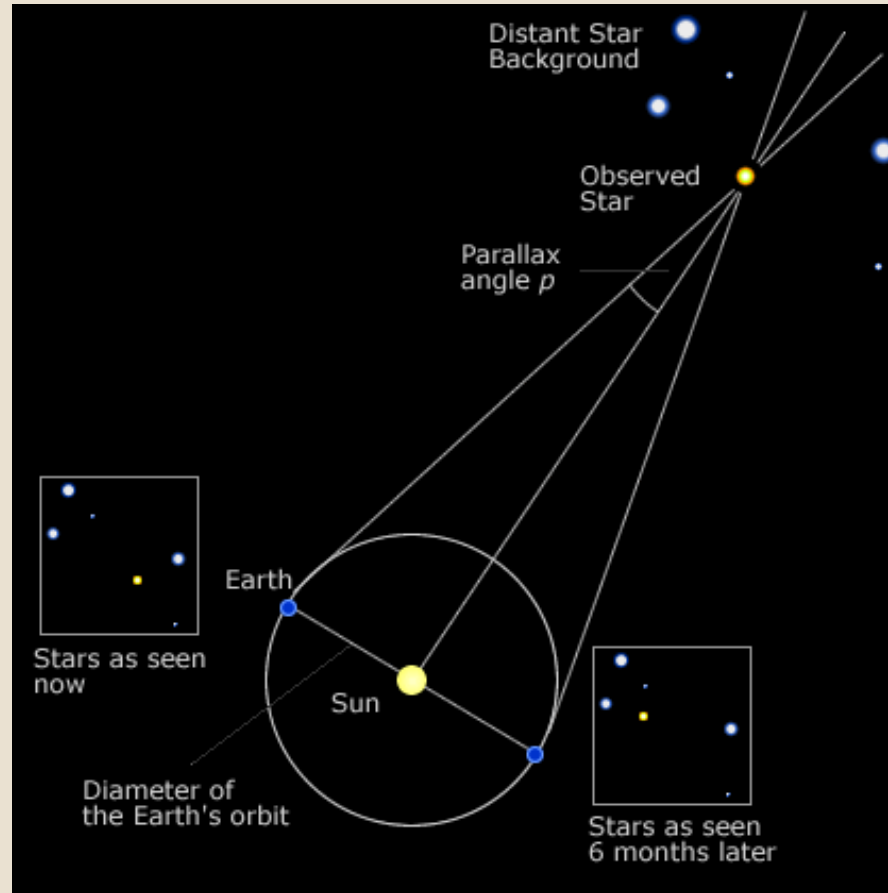
...algunos "planetas" describen bucles:



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

EL PROBLEMA DE LA PARALAJE

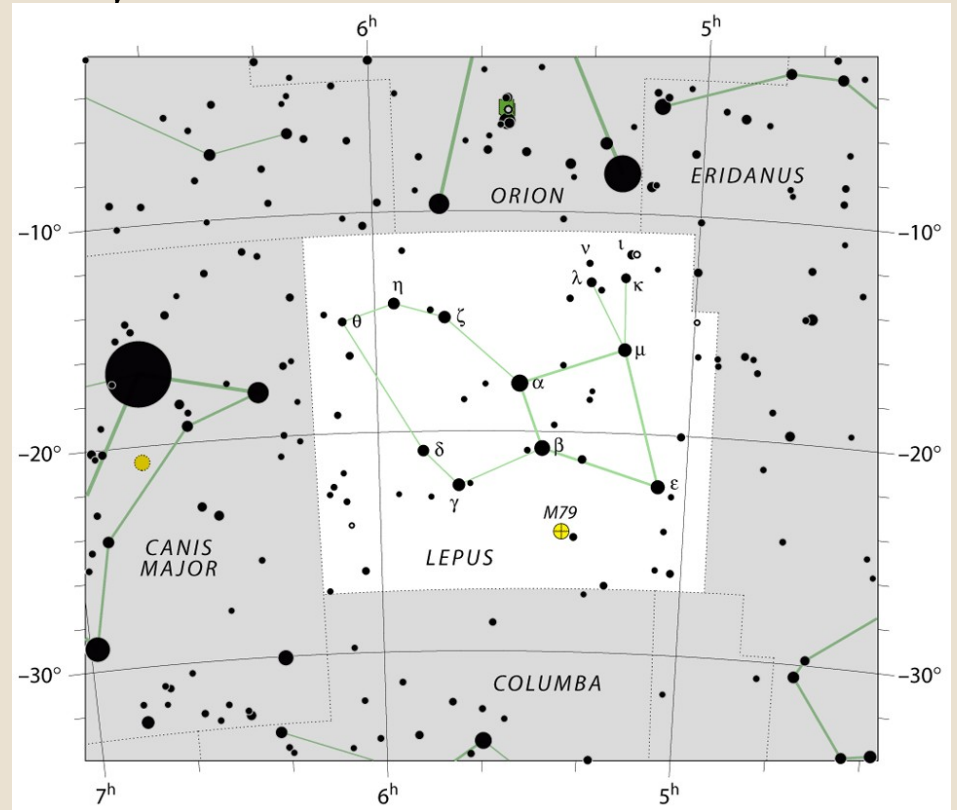
¿si la Tierra se mueve, por qué no hay paralaje estelar?



“Planetas”:

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

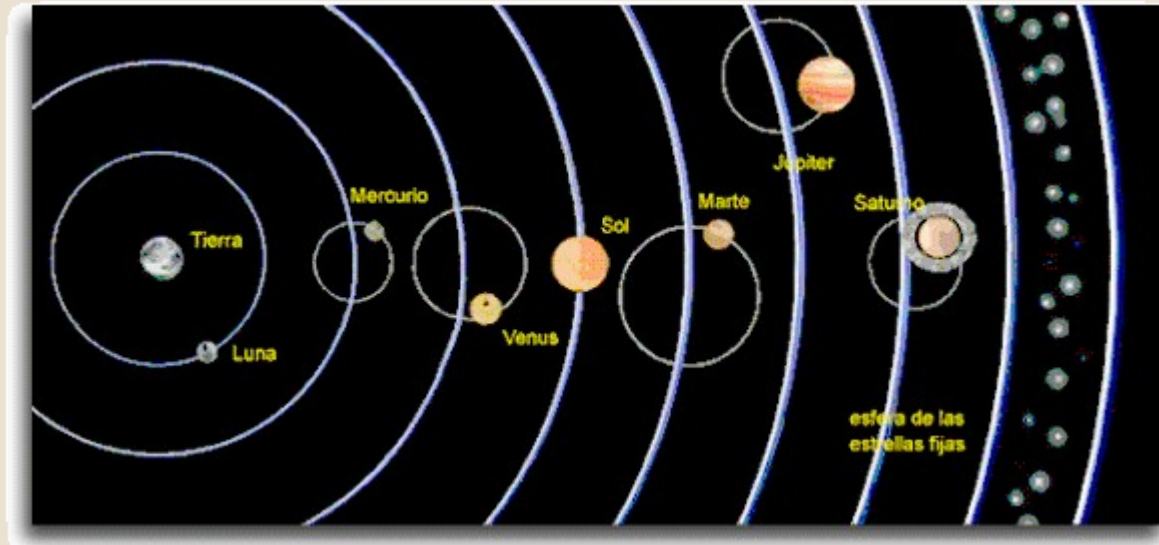
Para definir la trayectoria de los planetas se necesitaba un catálogo estelar.



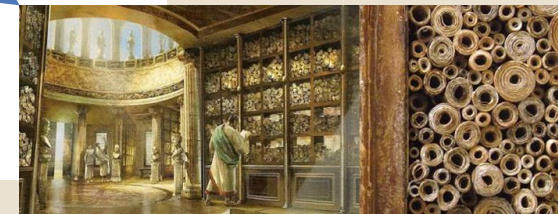
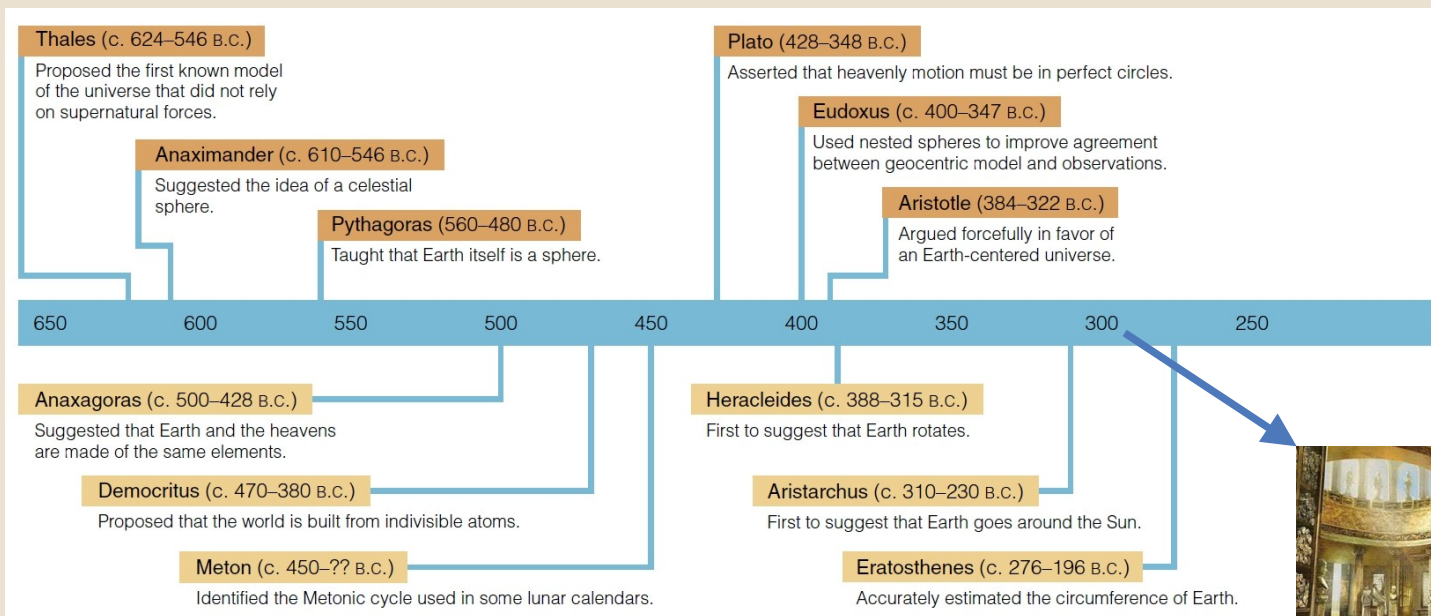
129 AC: Hípparco. Primer catálogo estelar
(850 estrellas).

ASTROLOGÍA: los planetas tienen cierto poder sobre las estrellas pues se mueven, están asociados a dioses, ¿nos tratan de decir algo?

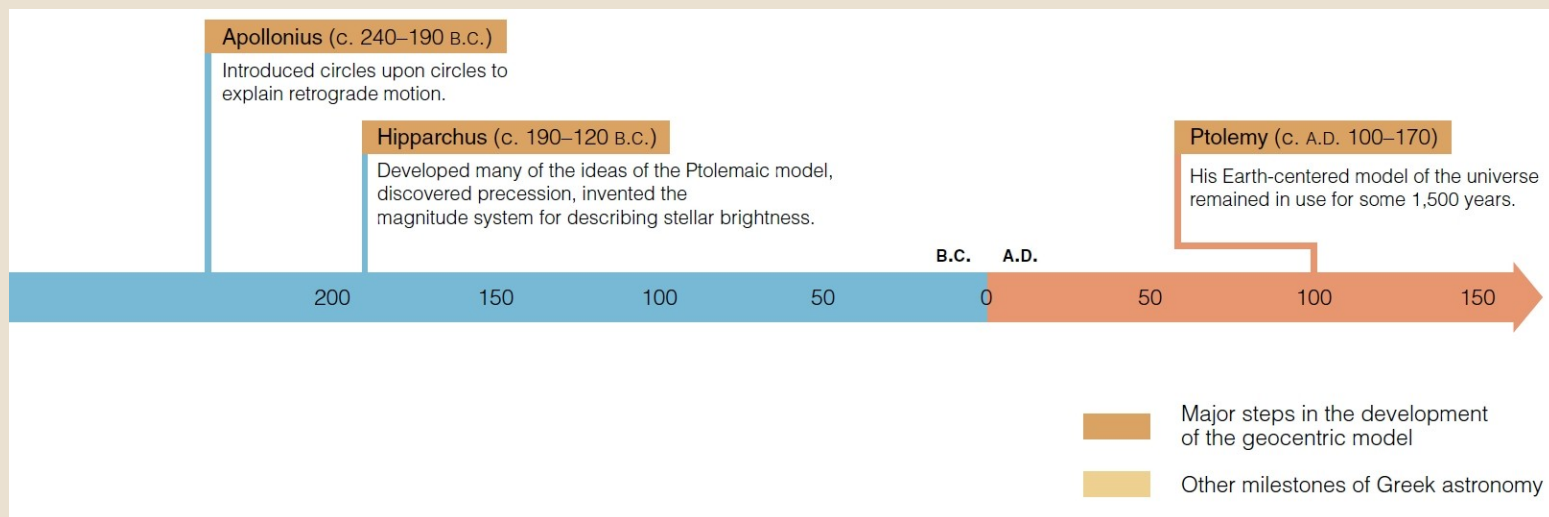
150 DC: Ptolomeo (desde Egipto, biblioteca de Alejandría) ofrece solución geocéntrica (epíclculos)



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



Biblioteca Alejandría



El Mundo según Ptolomeo



Expansión del Cristianismo y choques con los paganos: destrucción de la biblioteca de Alejandría



415: cristianos linchan a Hypatía en Alejandría. Matemática y astronomía.



La Biblioteca sufrió varios incendios (también los árabes).



Pero luego: expansión de los árabes



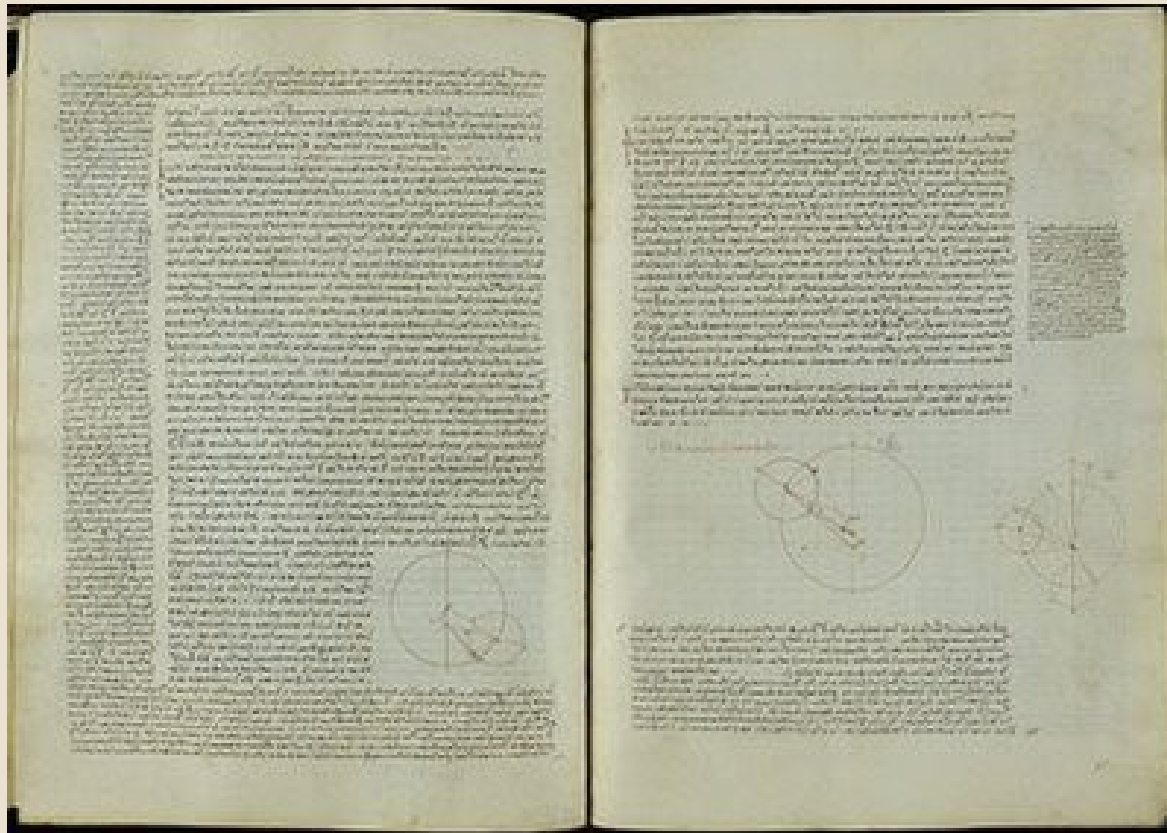
En América: apogeo Maya.

Ciencia árabe-islámica

- Astrolabios
- Álgebra y geometría
- Al-Haítam: Refracción de la luz, óptica
- Al Biruní: tabla de tangente, determinación de coord. geográficas, mov. Heliocéntrico
- Omar Khayyam: poeta, matemático y astrónomo

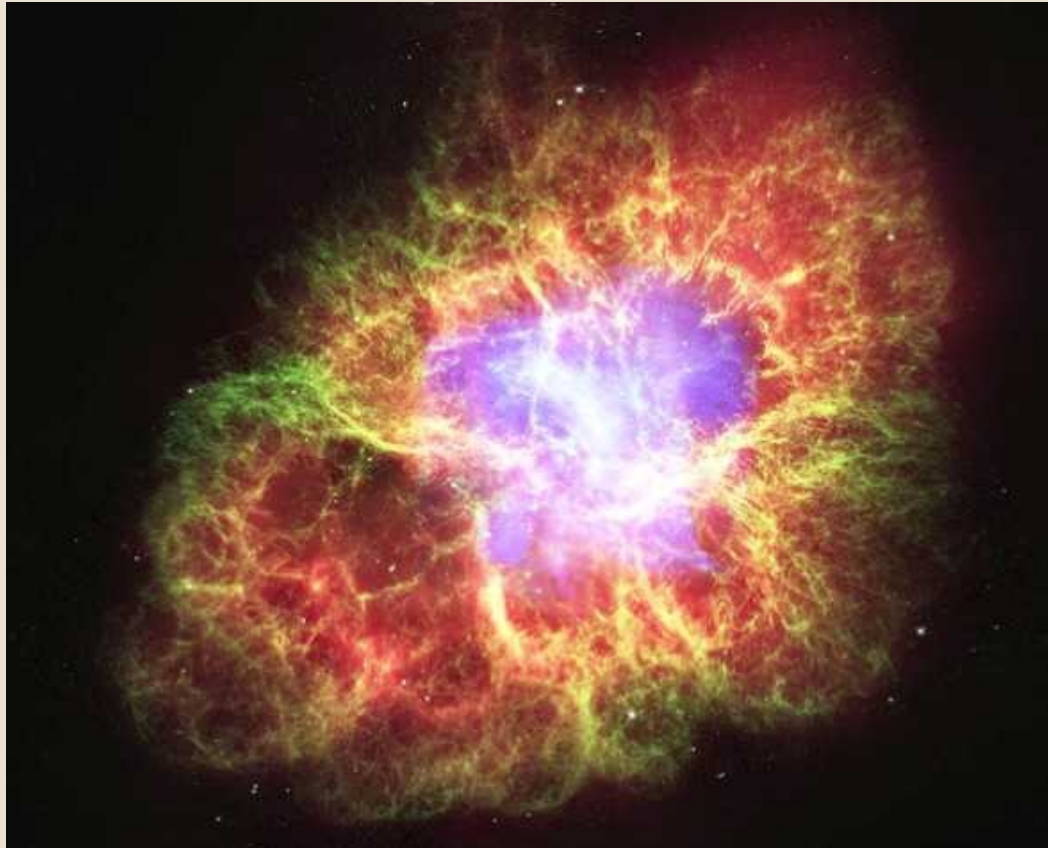
Basada en el Koran y los manuscritos griegos.

Rescatan la "Síntaxis Matemática" de Ptolomeo y la llaman "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.



La efervescencia árabe contrasta con la apatía
europea.

Edad Media

- Monasterios
- Catedrales
- Escuelas adjuntas a las catedrales: Orleans, Reims, Utrecht, Toledo, Chartres, París
- Religión, gramática, lógica y retórica
- Aritmética, geometría, astronomía y música.
- Universidades

Universidades europeas en la edad media.



Universidades europeas en los siglos XII, XIII, XIV y XV (18)

Bolonía: derecho.

París: lógica y teología.

Oxford:
matemáticas y ciencias naturales.

Bolonía: primer universidad.

Oxford

Grosseteste (~ 1230) y luego Roger Bacon:
indagar en la naturaleza del conocimiento
mas alla de las recetas. Observar,
experimentar, aplicar matemáticas.

Europa ~ 1200



Tablas Alfonsinas de 1252: efemérides construïdas 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 pages are filled with dense Arabic script and numbers, organized into columns and rows. The text is written in a clear, elegant hand, typical of the period. The numbers are arranged in a way that suggests they are part of a larger table or list of data. The pages are aged and show some wear, with visible creases and discoloration. The overall layout is highly structured, reflecting the systematic nature of the astronomical data presented.

1267: Roger Bacon, observación y experimentación.
1328: Ockham, navaja.

Europa: Cristianismo (teología) + Aristóteles (filosofía).
Síntesis de Tomas de Aquino (~ 1260).



Tomas de Aquino: hay una ley natural que puede captarse a través de la razón.

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

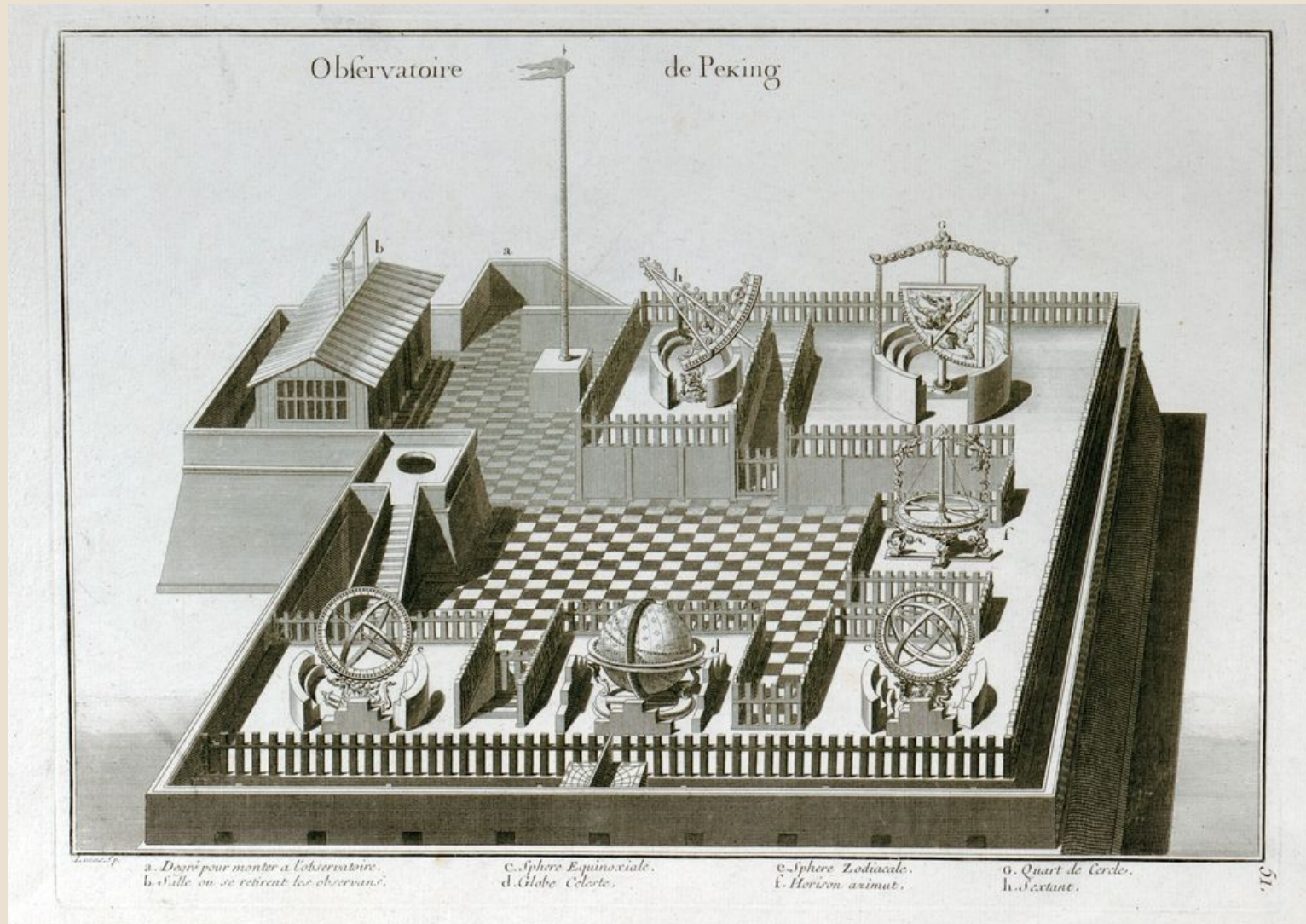
Desajustes en las ideas de Aristóteles a la doctrina cristiana.

Esto despierta algunas críticas...

La "cuantificación"

- En el período 1275 a 1325 en Europa se empieza a hablar de medidas al cuantificar.
- En el resto del mundo y previo a esta época todo es pequeño, grande, mediano...

1279: Observatorio de Pekín, determinación del año 365.2425 días



Ruta a las Indias



Enrique el Navegante et al. ~ 1400



Necao en el 600 a.c.? (Herodoto)

Leonardo 1452 - 1519



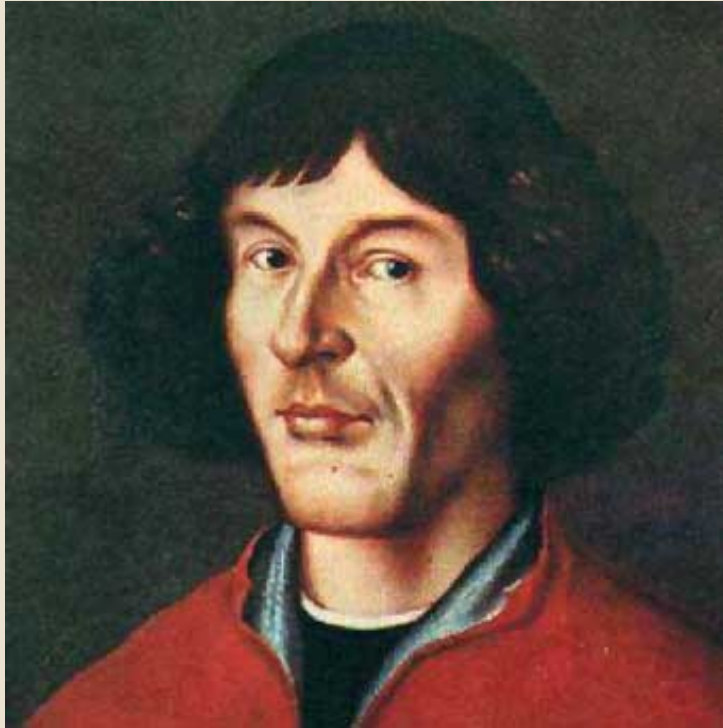
Precursor de la ciencia.
Carecía de
conocimientos
matemáticos.

1454. Imprenta

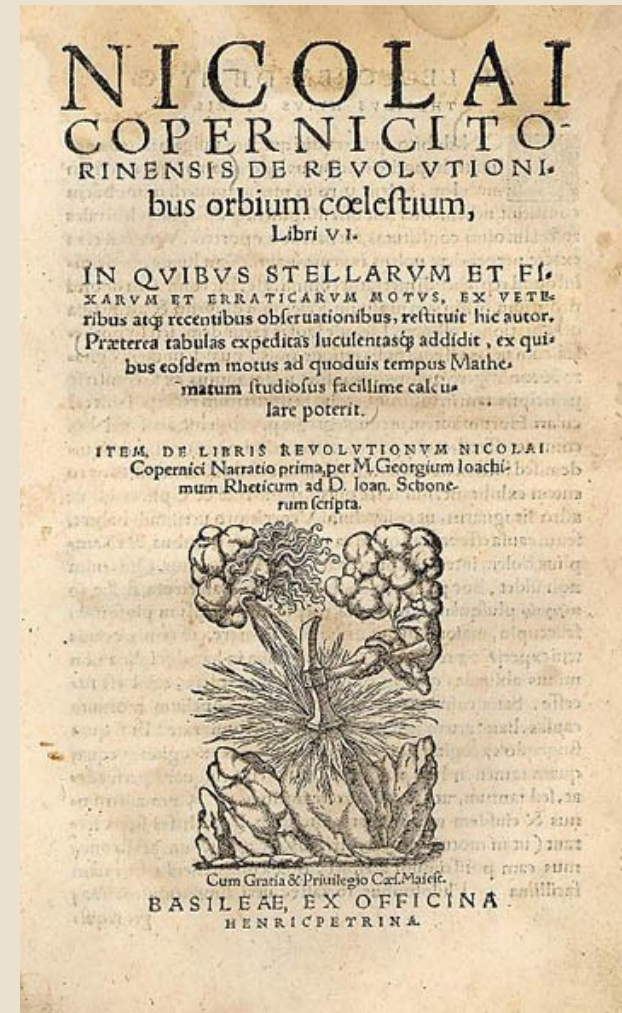


1496. Regiomontanus (Müller)
desarrolla trigonometría, relojes
solares y publica libro que
comenzó Peurbach "Epítome in
Almagestum"... (un apéndice!)

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



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

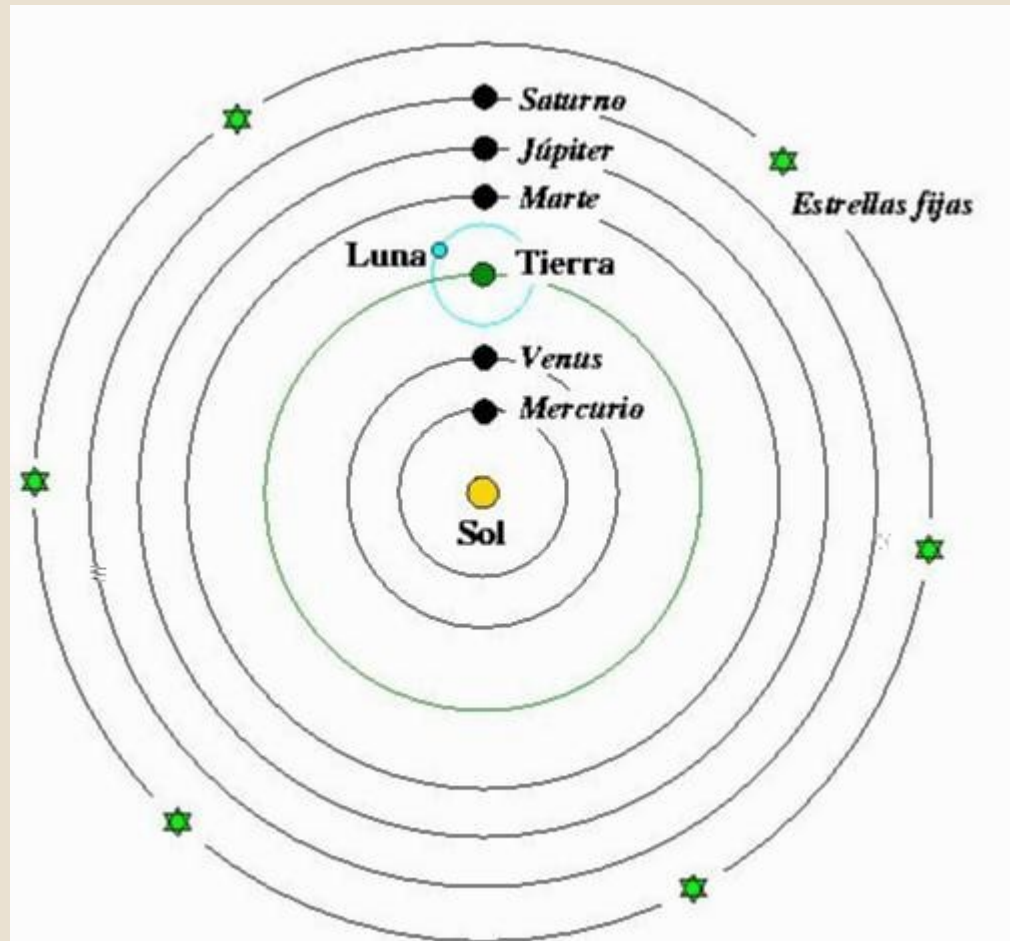


El prologo de Osíander

"Y no espere nadie, en lo que respecta a las hipótesis, algo cierto de la astronomía, pues no puede proporcionarlo; para que no salga de esta disciplina más estúpido de lo que entró, si toma como verdad lo imaginado para otro uso."

1540. Matemático Recorde
introduce símbolos:
 $+, -, =$.





COPERNICO: Modelo heliocéntrico, pero... ní idea de las distancias.

1553. Leonard Dígges 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.



Católicos versus protestantes

about 200 huguenot leaders resulting in Paris for her daughter's wedding. Catholic mobs were on a rampage, killing thousands more huguenots.

Reformation in Europe

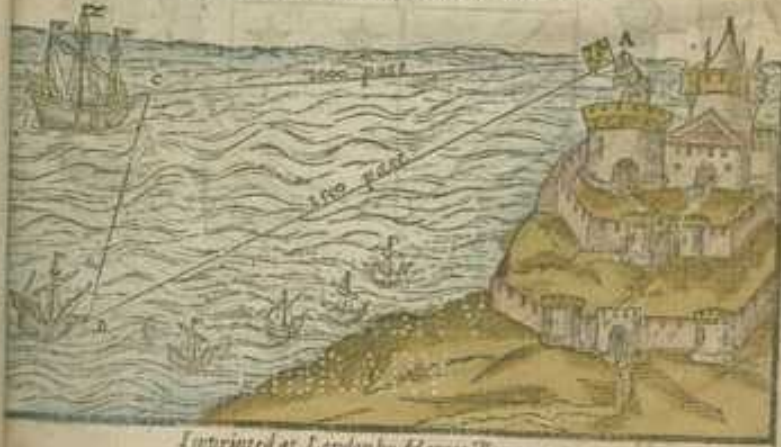
By 1600 the religious map of Europe was largely settled. Lutheran churches were well established in Germany and Scandinavia, and Calvinist churches in Switzerland, the Netherlands, and Scotland. The Anglican religion was established in England and Wales. France, Spain, Portugal, Italy, southern Germany, and Poland were largely Catholic, although Calvinist beliefs were strong in south and west France, while Austria was evenly split.



A GEOMETRICAL
Practise, named PANTOMETRIA,
divided into three Bookes, *Longimetra*,

Planimetria and *Stereometria*, containing Rules manifolde
for mensuration of all lines, Superficies and Solids, with
 sundry strange conclusions both by instrument
and without, and also by Perspective glasses, to
set forth the true description of exact plat of
an whole Region: framed by Leonard
Digges Gentleman, lately finished
by Thomas Digges his
sonne.

Who hath also therunto adjoyned a *Mathematicall* treatise of
the true regulare *Planimetrical* bodies, and their *Metamorphoses*
or transformation into fine other equilater *Uniforme*
solides *Geometrical*, of his owne invention, hitherto
not mentioned of by any *Geometricians*.

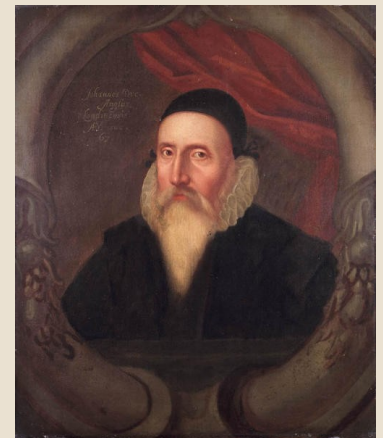


Imprinted at London by Henrie Byneman.
ANNO. 1571.

99

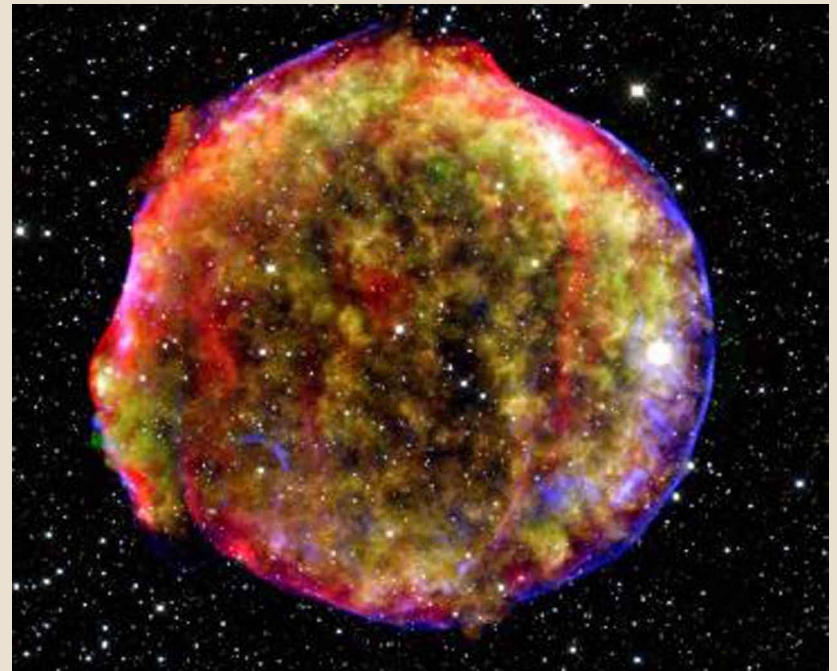
Marmaduke Randon

1571. Thomas Dígges
publíca "Pantometría" y
declara que su padre
inventó 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.

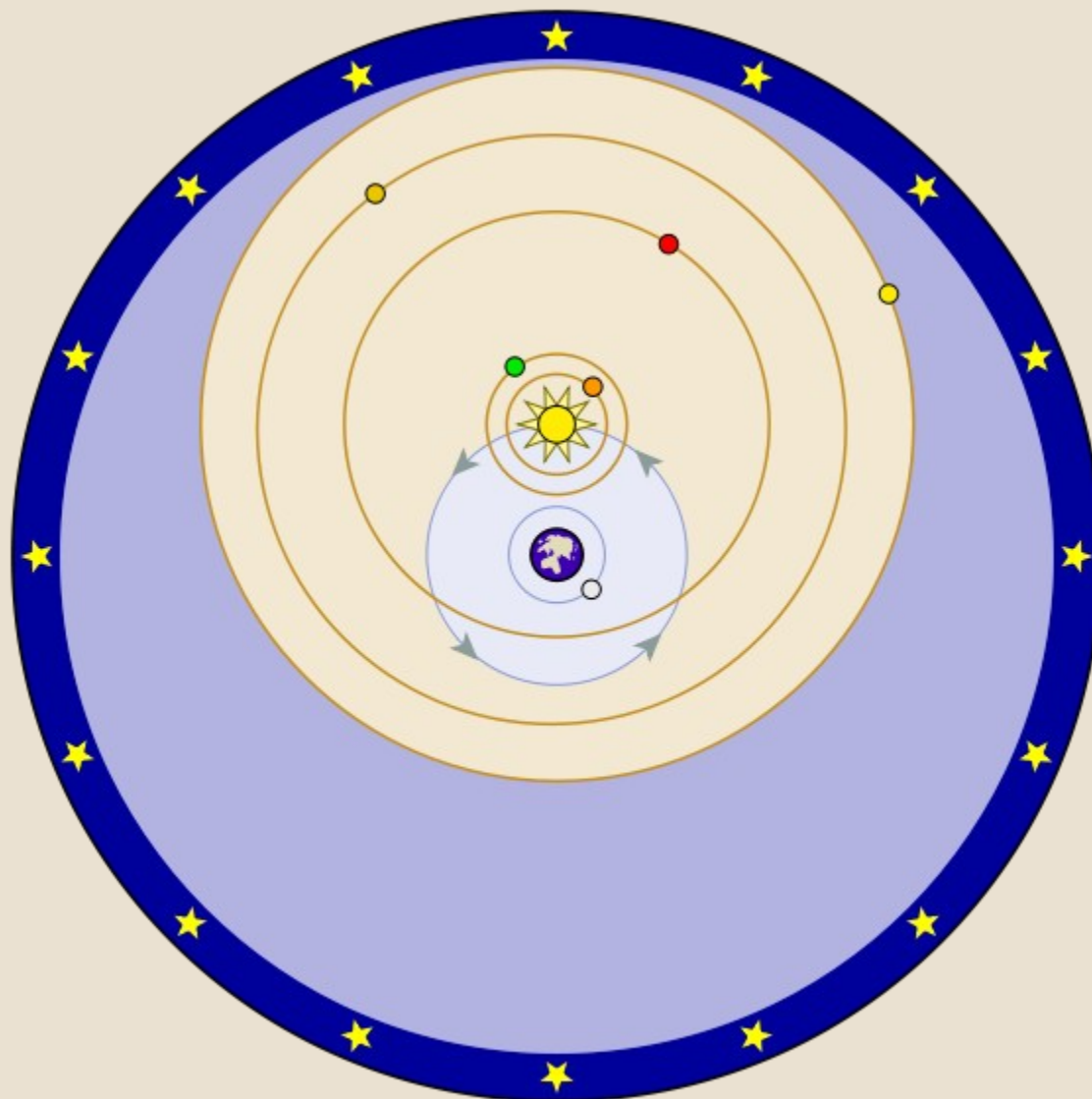


sí la esfera de estrellas no es inmutable... que seguirá después?

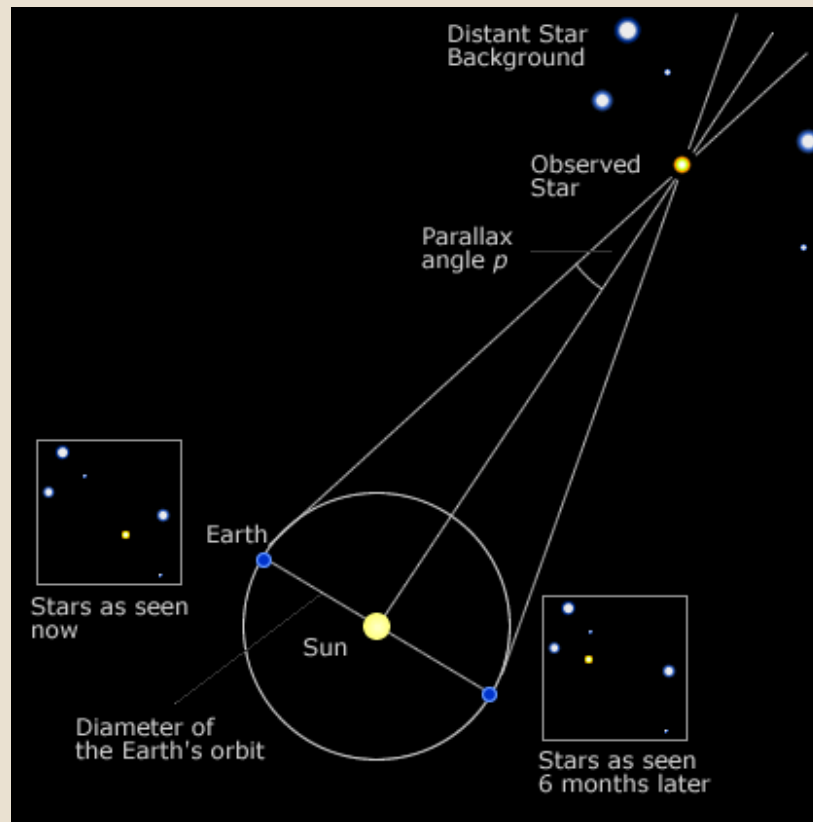
Tycho Brahe (danes)



El sistema de Tycho Brahe...



sí la Tierra se mueve, por qué no hay paralaje?



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

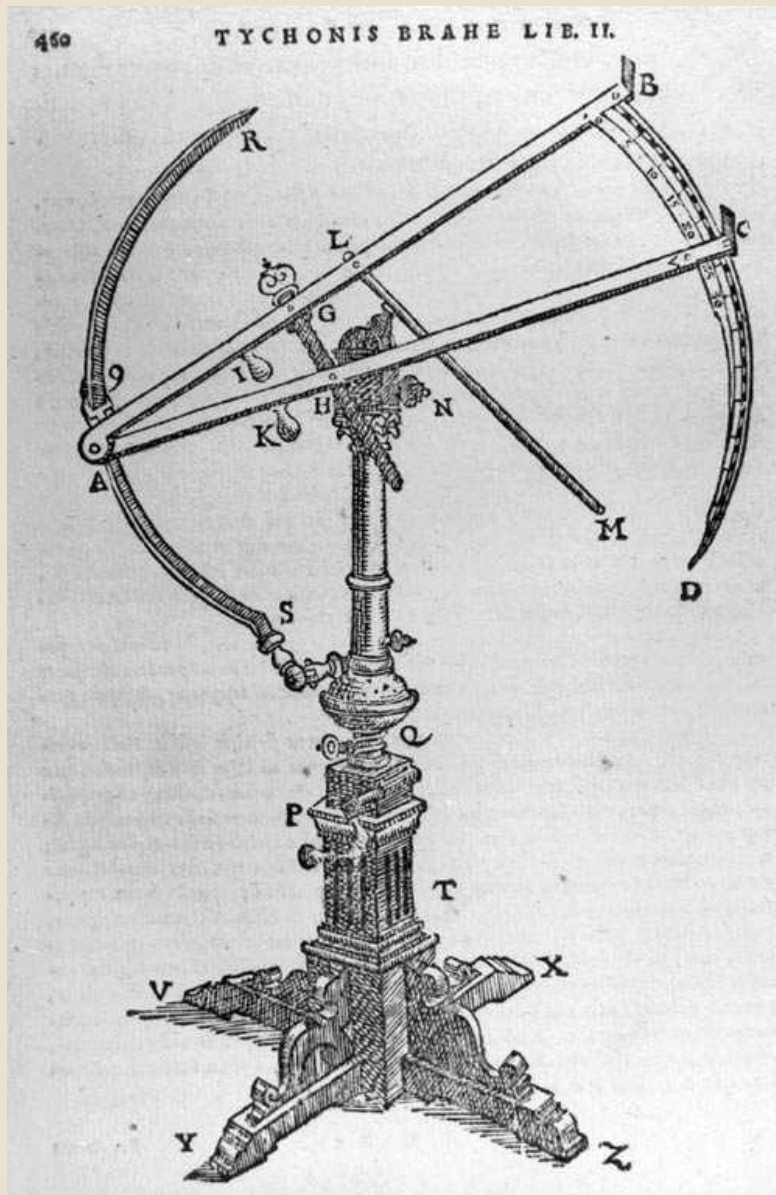
URANIBORG: un completo observatorio... sin telescopio!



Nuevo catalogo estelar: esencial para medir los planetas

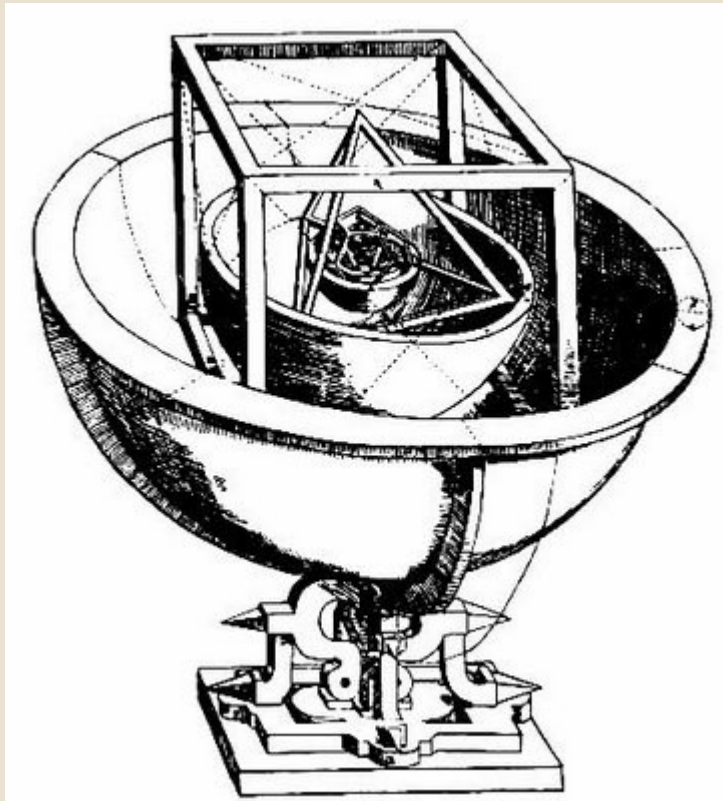
1576. Digges habla de universo infinito y heliocéntrico. ¿Habrá observado telescópicamente la Vía Láctea?

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



1587. Tycho
pública
"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.



AD VITELLIONEM
PARALIPOMENA,
Quibus
ASTRONOMIÆ
PARS OPTICA
TRADITVR;

Potissimum
DE ARTIFICIOSA OBSERVATIO-
NE ET ÆSTIMATIONE DIAMETRORVM
deliquiorumq; Solis & Lunæ.

CVM EXEMPLIS IN SIGNVM 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^o Mathematico.

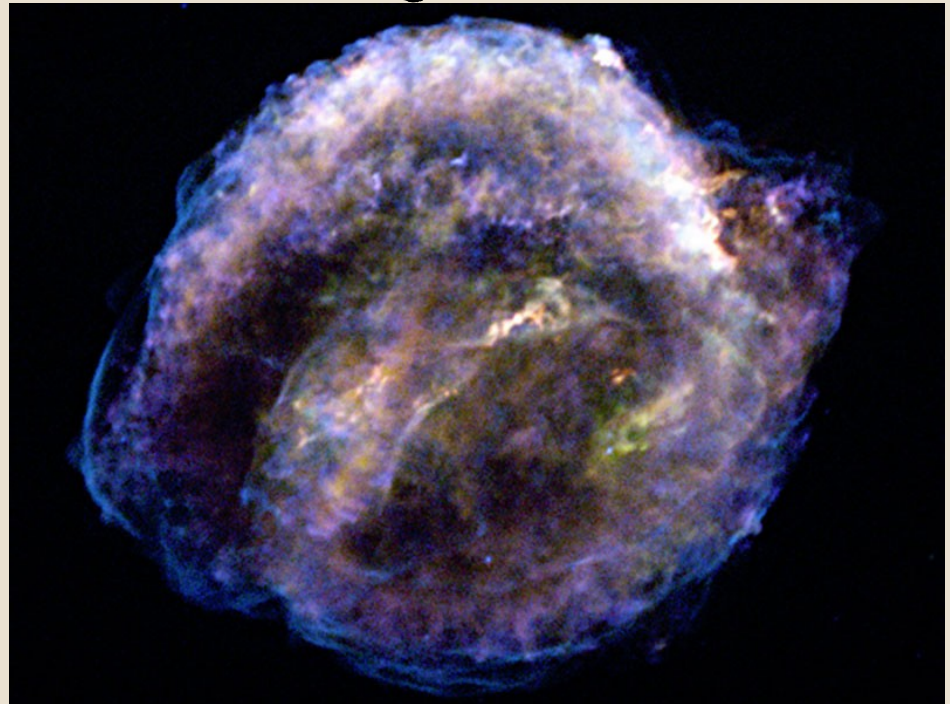


FRANCOVRTI,
Apud Claudium Marnium & Hæredes Ioannis Aubrii

Anno M. DCIV.

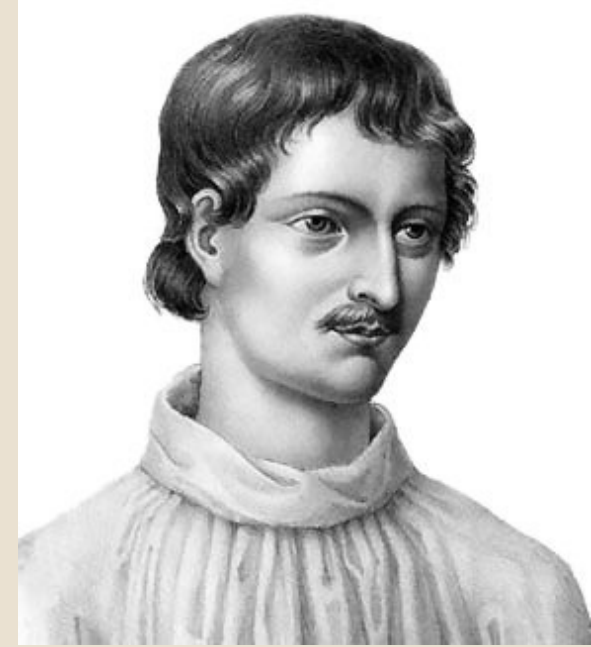
Cum Privilegio S. C. Maiestatis.

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



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 y hasta 1835.



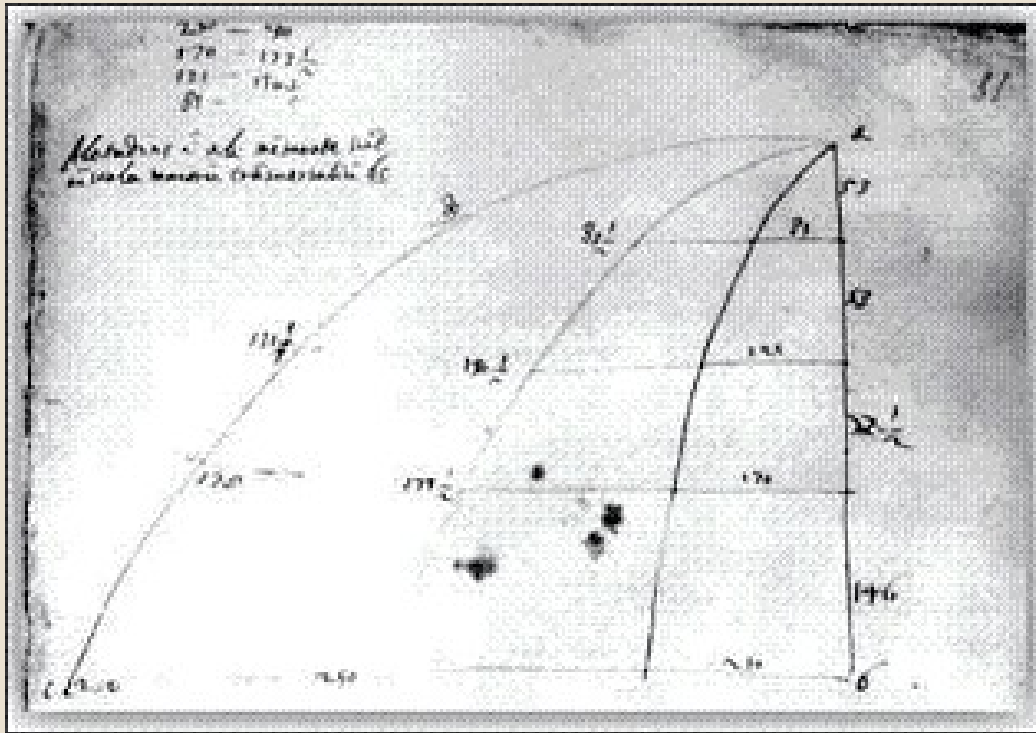
Gilbert publica "De Magnete". Defiende Copérnico, aboga por la experimentación. Acción a distancia?

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

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

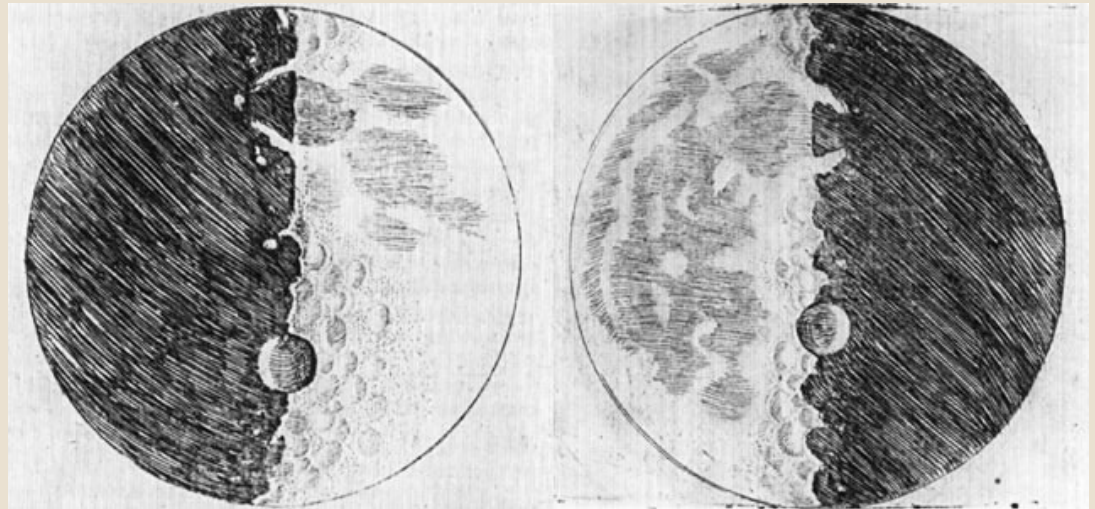
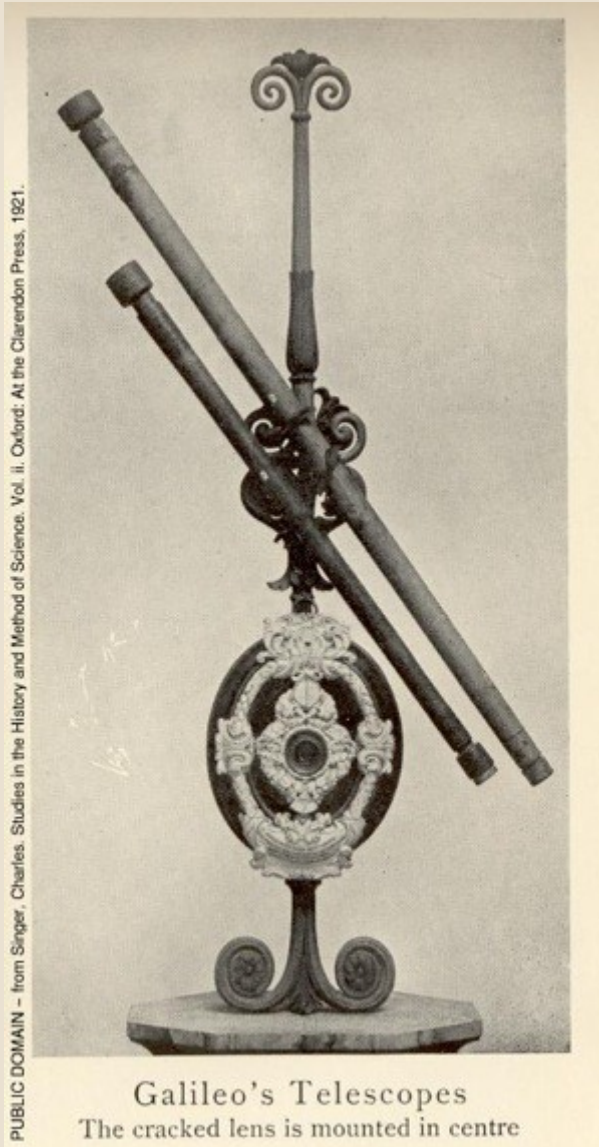
1602. Galileo (en Padua) estudia péndulo y caída de los cuerpos

recorrido es proporcional a t^2



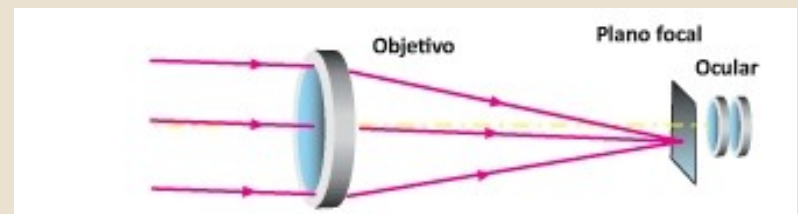
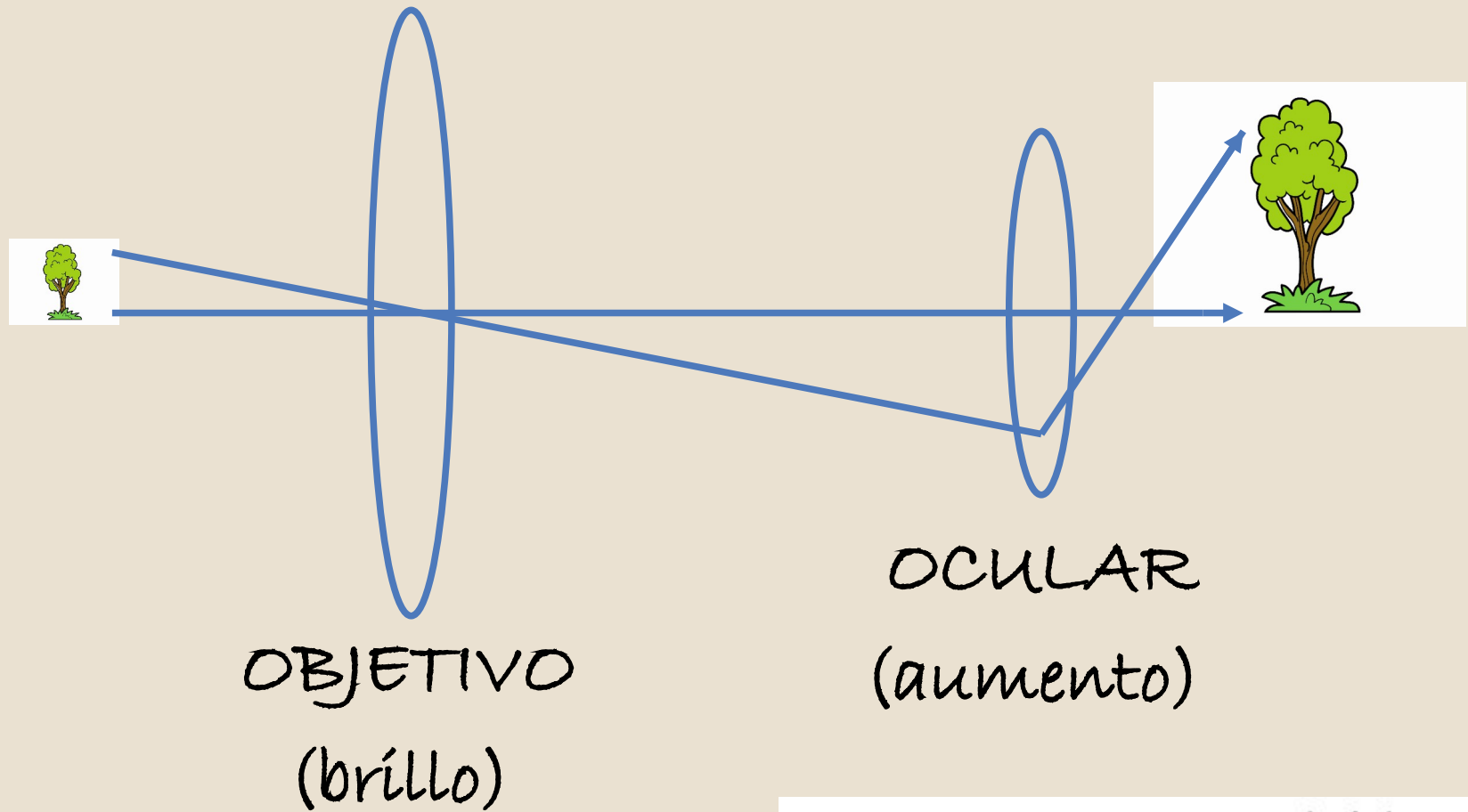
TELESCOPIO AL FIN!

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



La Luna tiene imperfecciones

TELESCOPIO



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

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

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

Nuper à se reperti beneficio sunt obseruata in LUNÆ FACIE, FIXIS IN-
NUMERIS, LACTEO CIRCULO, STELLIS NEBULOSIS,
Apprime verò in

QVATVOR PLANETIS
Circæ IOVIS Stellam disparibus intervallis, atque periodis, celesti-
tate mirabili circumuolutis; quos, nemini in hanc usque
diem cognitos, nouissimè Author depre-
hendit primus, atque

MEDICEA SIDERA
NUNCVPANDOS DECREVIT.



VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. MDCX.

Superiorum Permissu, & Privilegio.

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

1610. Galileo publica
"Siderius Nuncius":

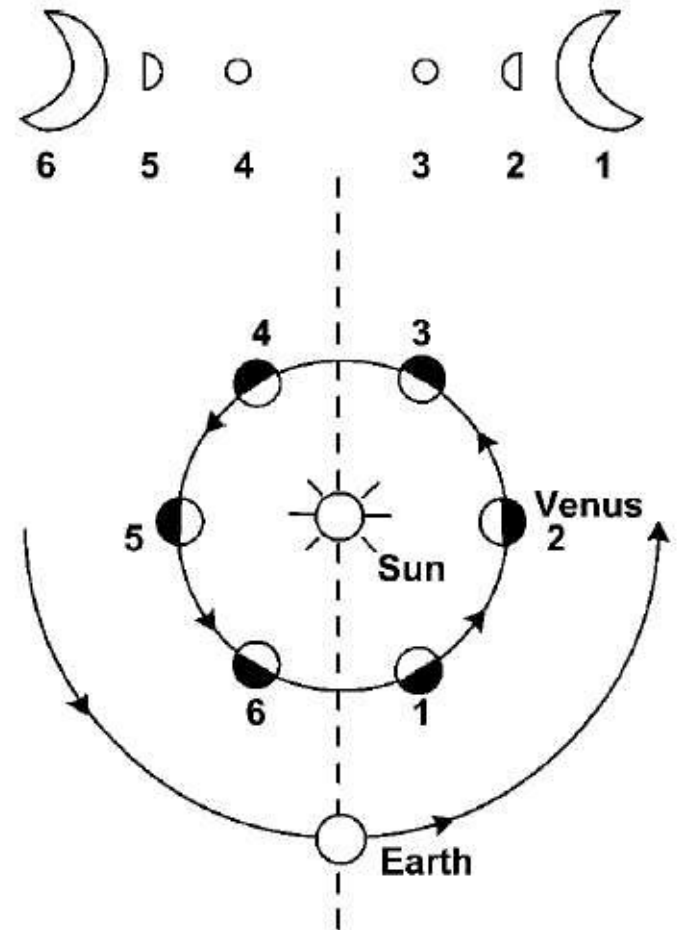
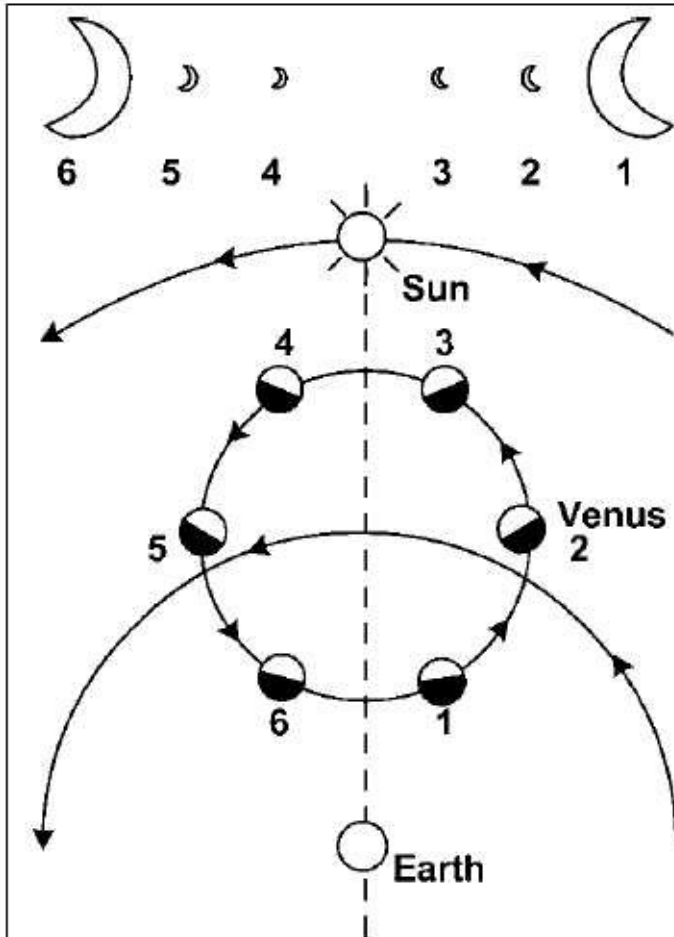
cráteres lunares,
manchas solares,

Saturno (?),

planetas esféricos con
fases,

satélites de Júpiter, miles
de estrellas.

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



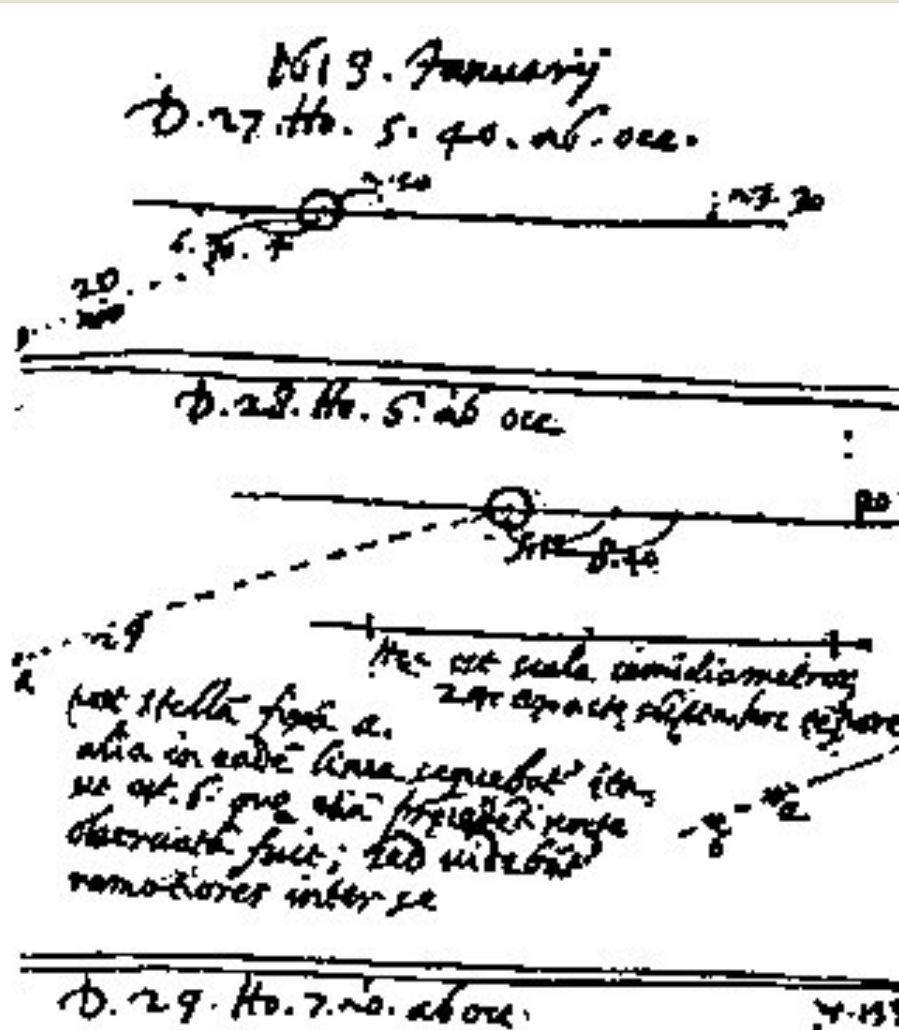
Papel del Astrónomo.

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

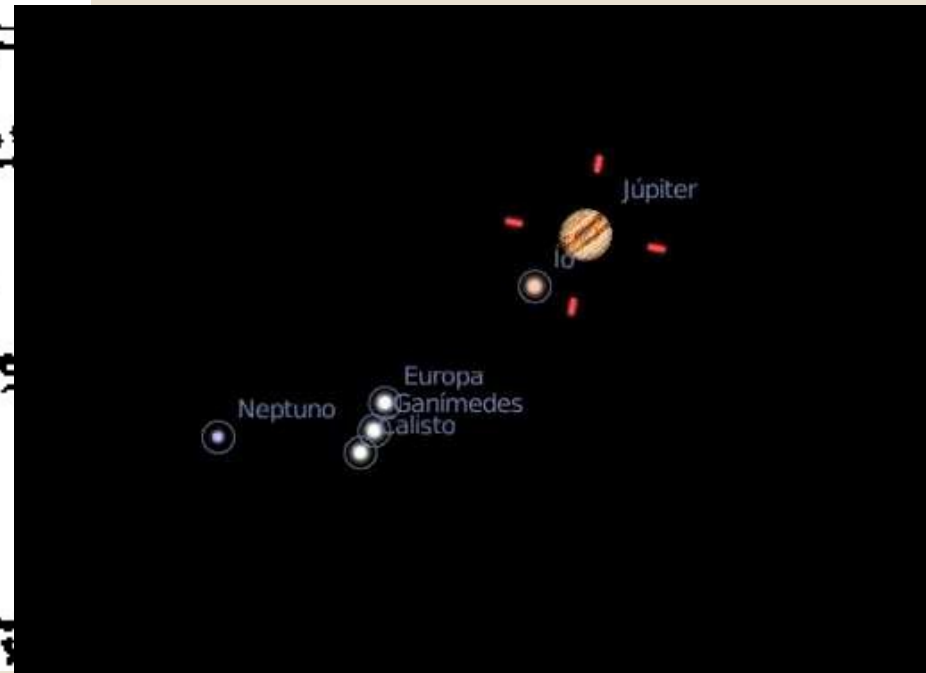
Época Galileo: debe aceptar el desafío de descubrir la real estructura del universo.

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

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



Años más tarde
Flamsteed registra a
Urano como estrella





stellarium

la última versión es 0.21.1



Linux
fuente



Linux
snap



Linux
64 bit;
AppImage



Mac OS X
10.12+; 64
bit



Windows
32 bit



Windows
64 bit



Stellarium
Web

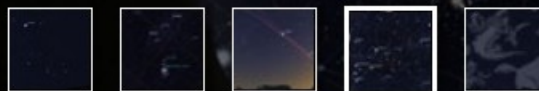


Guía del
Usuario
0.21.1-1

Stellarium es un planetario de código abierto para su computadora. Muestra un cielo auténtico en 3D, tal como lo que ve a simple vista, con binoculares o un telescopio.



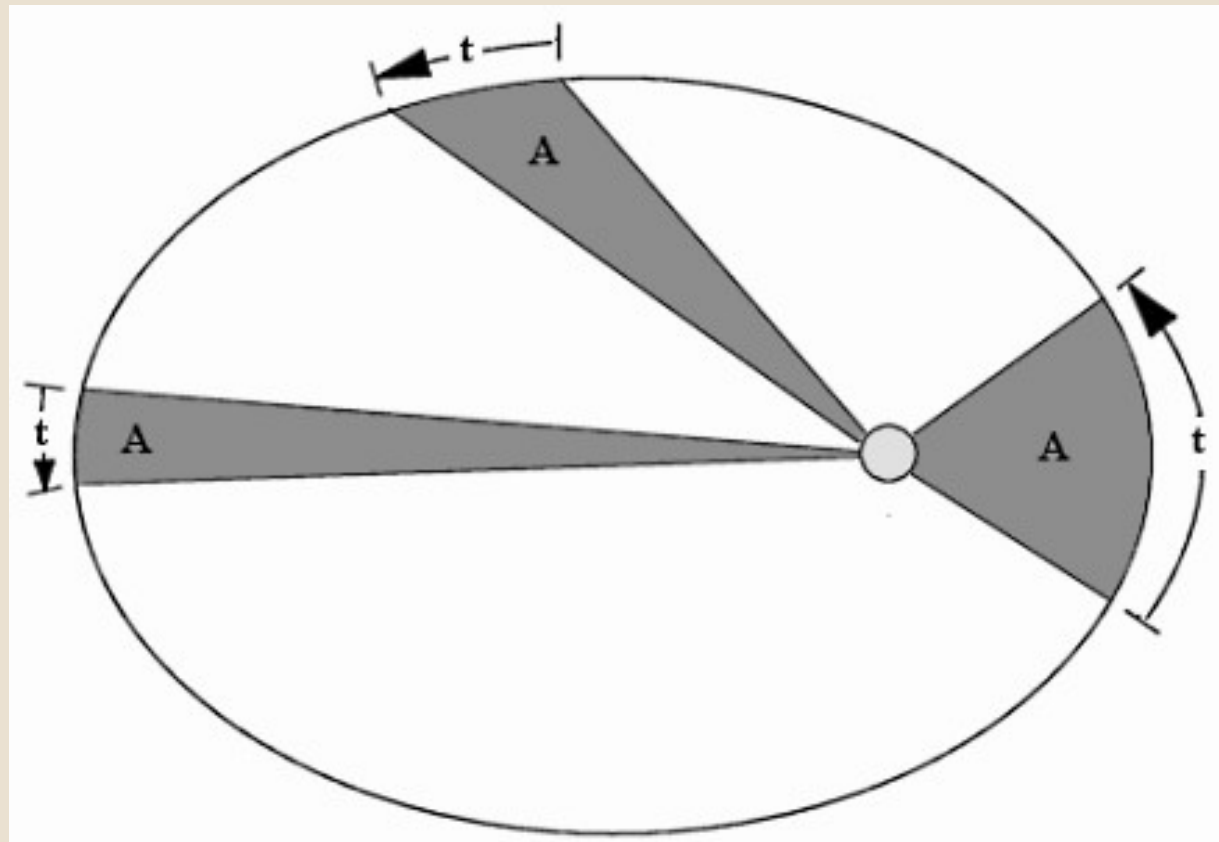
**Prueba la
versión
web**



Vista completa celeste de las constelaciones,
sus límites, la Vía Láctea.

[ver capturas de pantalla »](#)

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.

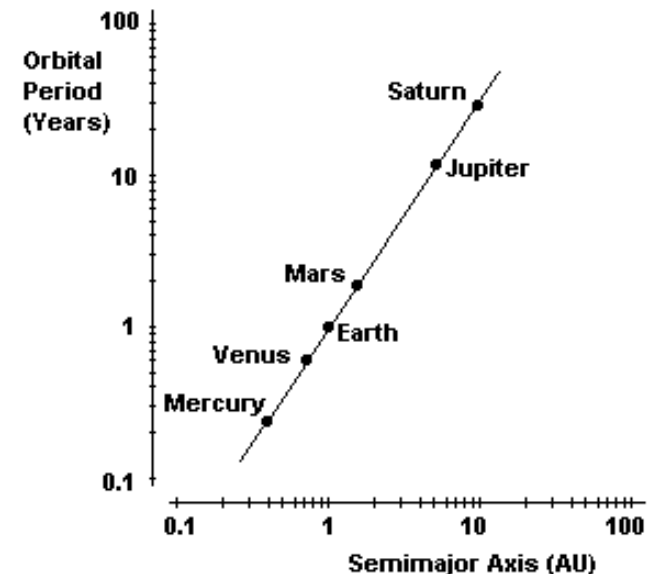


1614. Napier inventa y publica logaritmos.

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

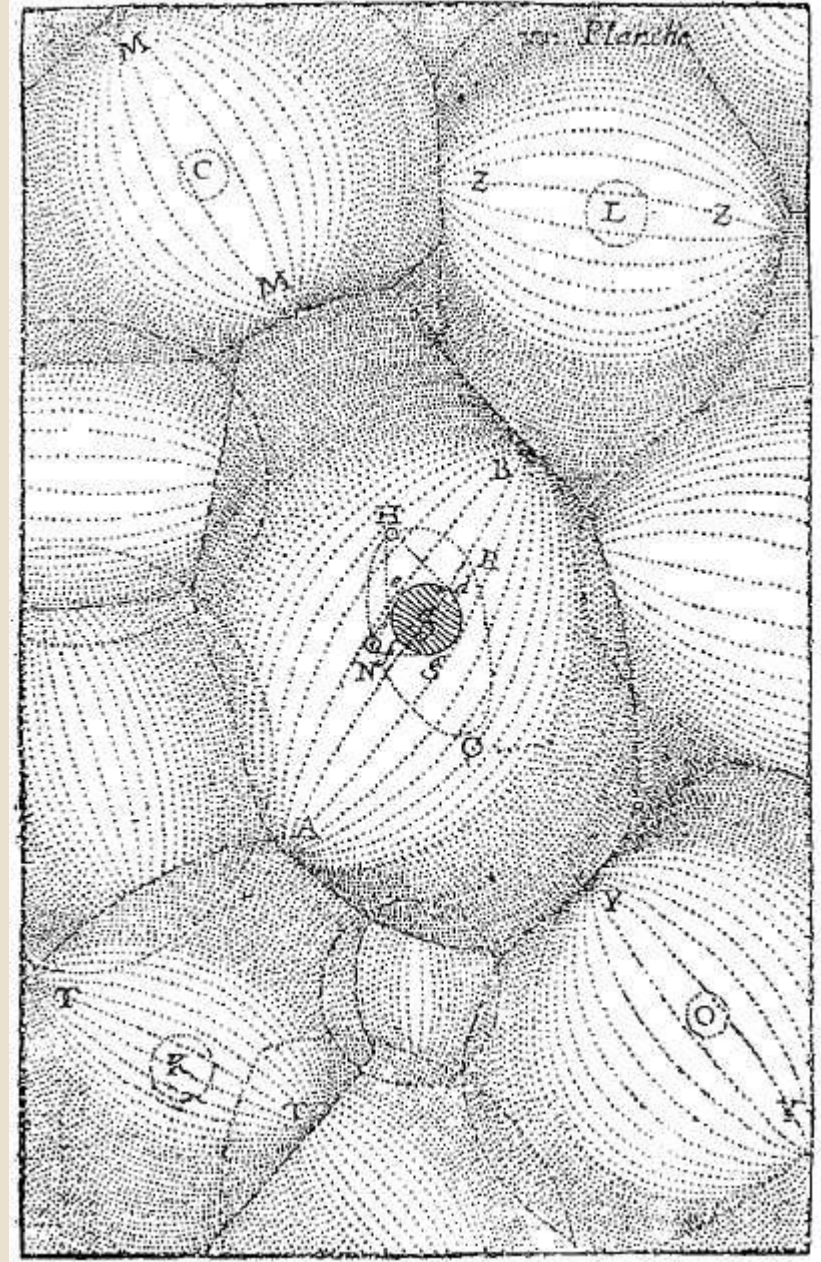
$$a^3 = T^2$$

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

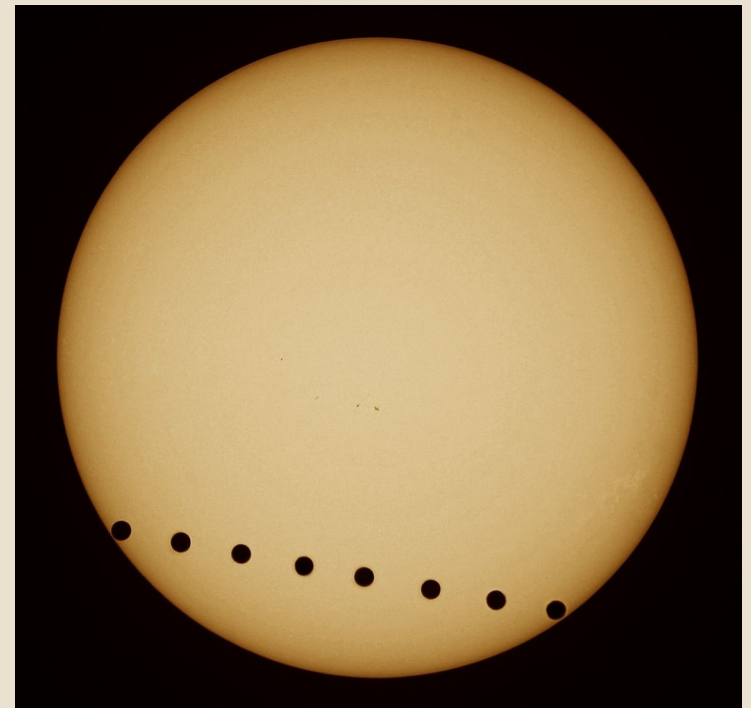
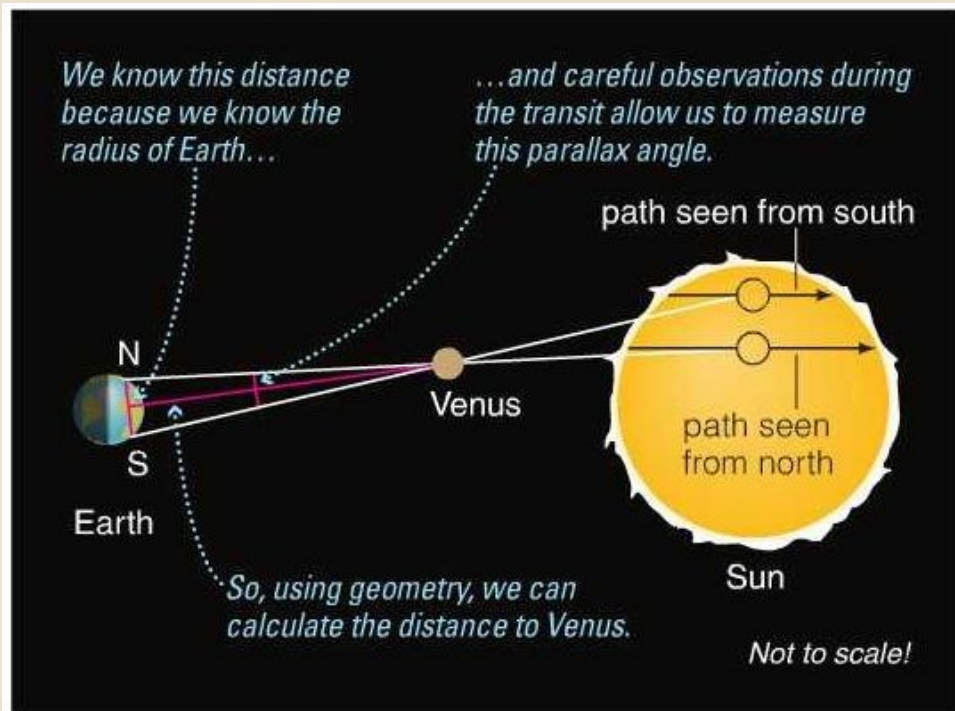


1619. Descartes

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, Obs. de Montevideo



Uruguay: rector y decanos presos.

1631. Galileo publica "Diálogos de 2 mundos" (helio versus geo) y comienzan sus problemas. La Iglesia lo pone en Index, abjura
+ prisión domiciliaria. Será rehabilitado en 1992.



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

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



DESCARTES

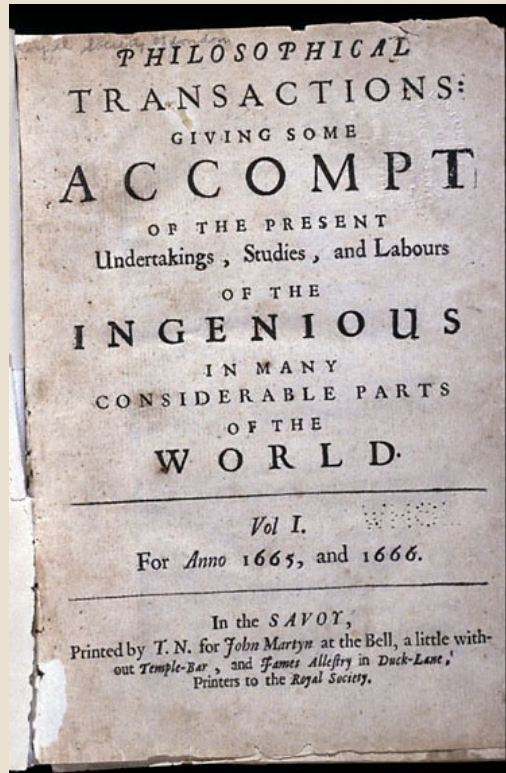
- No admitir jamás cosa alguna como verdadero sin haber conocido con evidencia que así era.
- Dividir cada una de las dificultades que examínare, en tantas partes fuere posible y en cuantas requiriese su mejor solución.
- Conducir con orden mis pensamientos, empezando por los objetos más simples y más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

1639. Horrocs: la Luna en órbita elíptica.

1643. Torricelli mostro la existencia de
presión atmosférica.

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

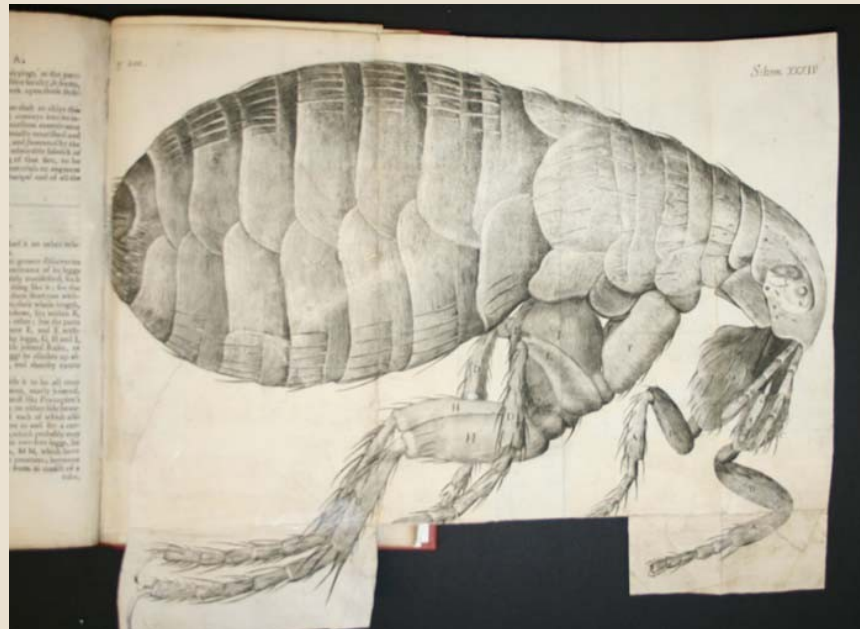
1660: fundación de la Royal Society. Its official foundation date is 28 November 1660, when a group of 12 met at Gresham College after a lecture by Christopher Wren, then the Gresham Professor of Astronomy (royalsociety.org).



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

1665. Hooke experimenta con microscopios y publica "Micrographía". 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 Malpíghí vio la sangre y Leeuwenhoek los microorganismos en agua.



1665 - 1666

Gran Plaga de Londres: 20% de Londres muere.

(5) see over

L O N D O N S

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, 1625.

	total	Pl.
March 17	351	31
March 24	269	19
March 31	307	27
April 7	303	23
April 14	292	21
April 21	310	24
April 28	250	18
May 5	319	28
May 12	300	24
May 19	210	18
May 26	40	6
June 2	441	61
June 9	379	59
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 1625. as also in this present Visitation, 1665.

A cheap Medicine to keep from infection.

Take 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

1626.
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

1636.
Buried in London, and the Liberties, this year of all Diseases, Of the Plague, 1434

1647.
Buried in London, and the Liberties, this year of all Diseases, Of the Plague, 1155

1648.
Buried in London, and the Liberties, this year of all Diseases, Of the Plague, 693

1665.
Buried in London and the Liberties, of all diseases, the number as followeth, total. Pl.

April 21	294	14
April 28	259	17
May 5	247	10
May 12	308	55
May 19	295	15
May 26	370	62
June 2	337	67
June 9	245	87
June 16	381	103
June 23	204	79

1666: Gran incendio de Londres



El Rey convoca a la Royal Society para su reconstrucción.
(antecedente de nuestro GACH!)

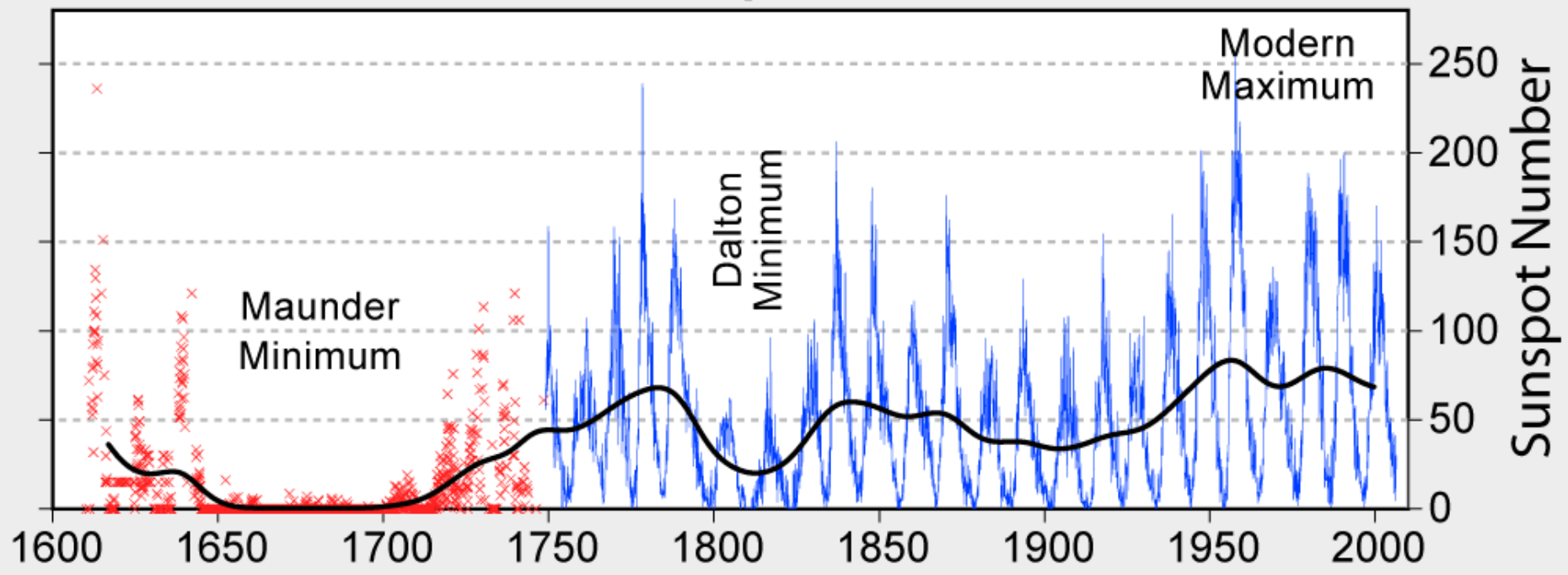
Pequeña Edad del Hielo

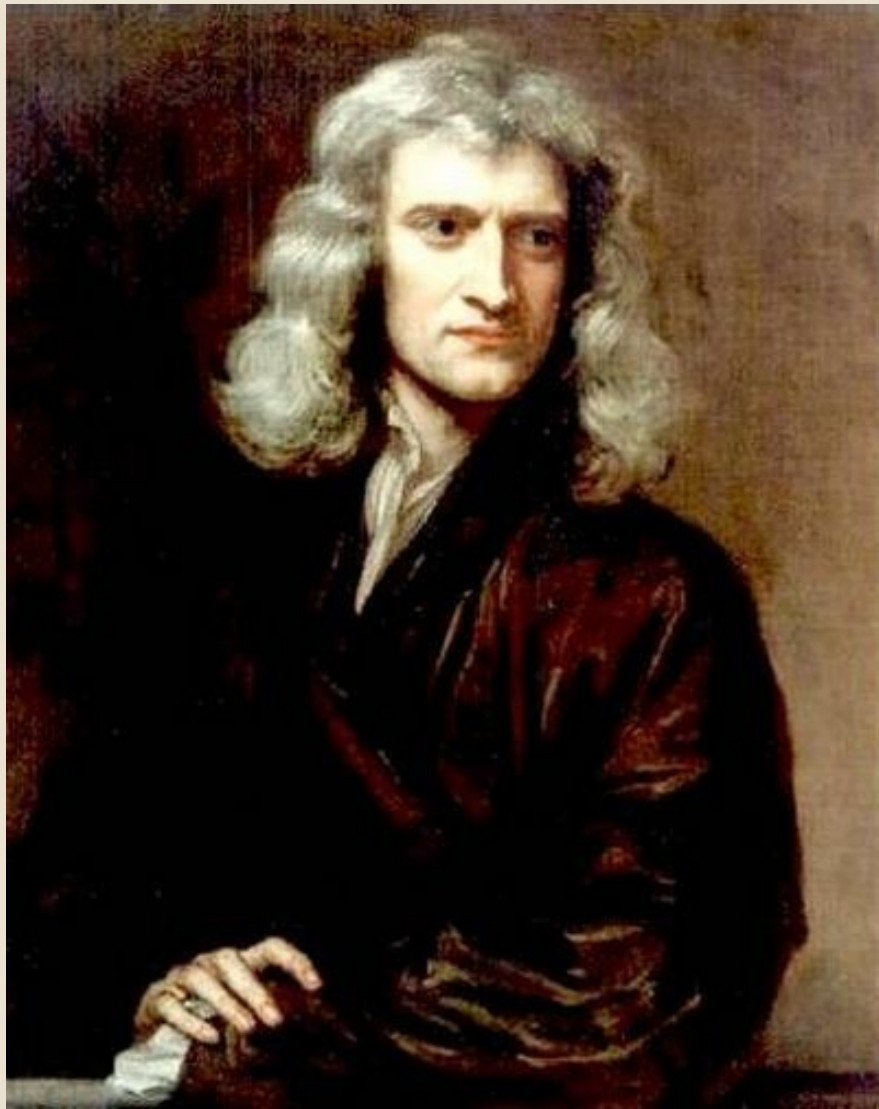


Congelamiento del Thamesís

Mínimo de Maunder

400 Years of Sunspot Observations

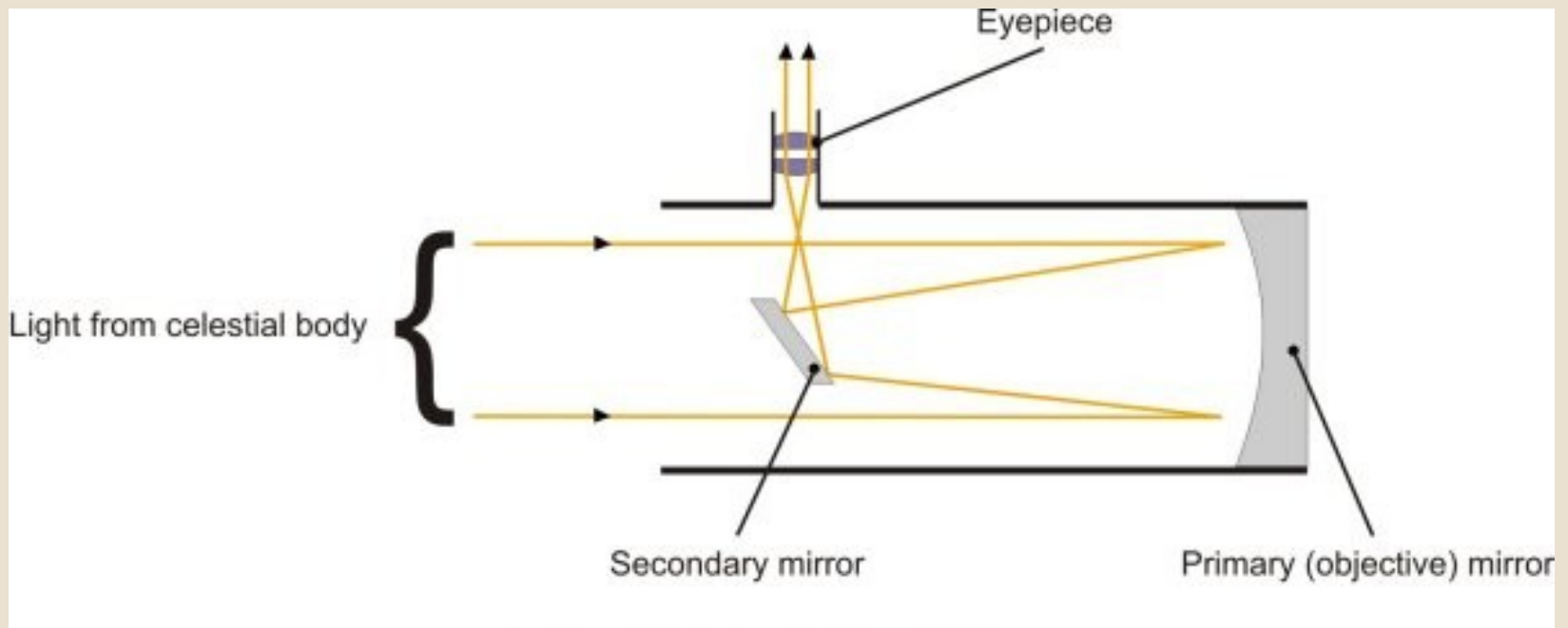




1663-1668: casi toda
la obra de Newton la
hace solitariamente en
estos años. Inventa el
"calculus" ("fluxiones")

y poco después lo
reínventa Leibnítz.

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



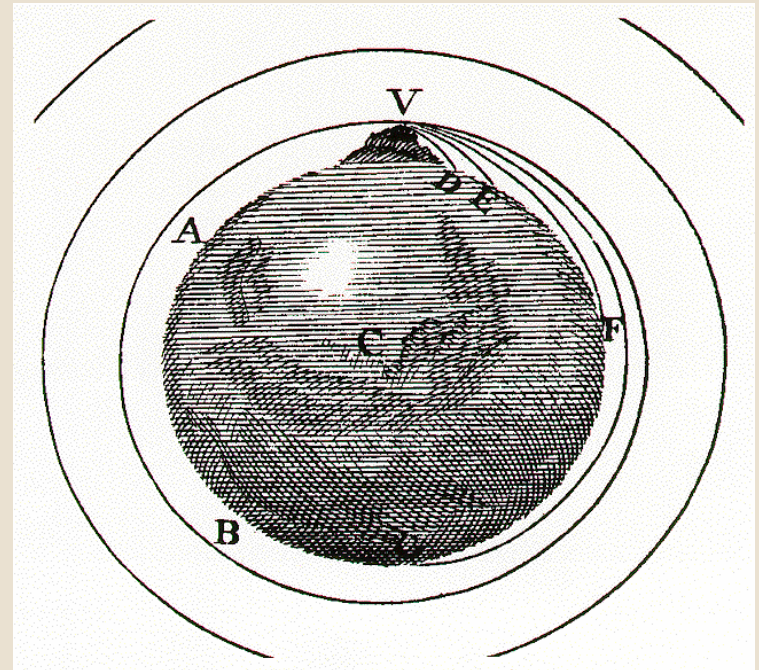
LA BÚSQUEDA DE LA LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

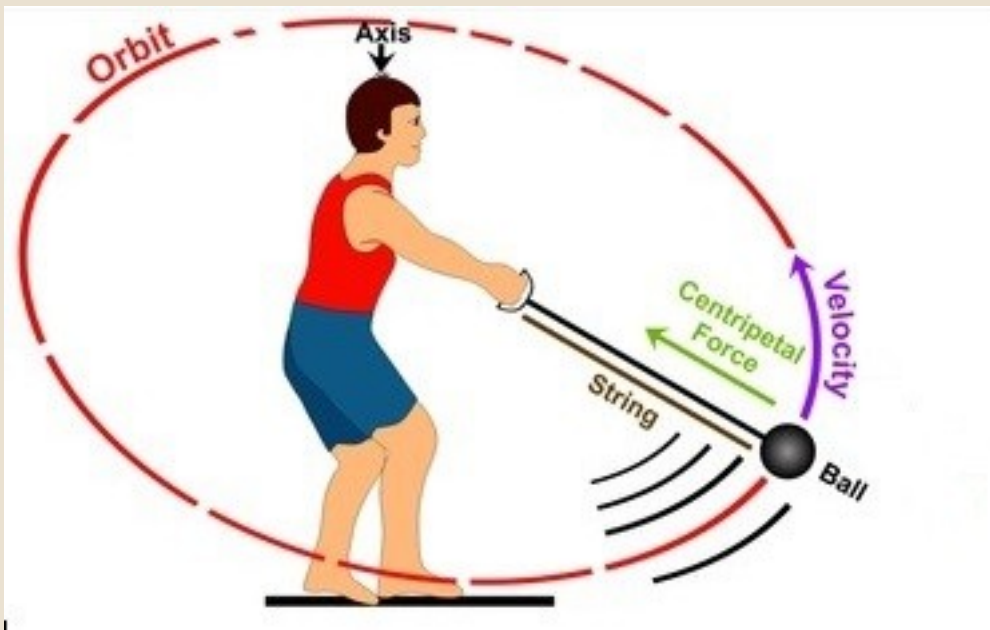
1666-1684:

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

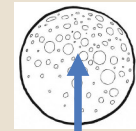
1666. Dice Newton que en este año
calculó la fuerza necesaria para
igualar la centrípeta

de la luna y comparando con la
gravedad superficial encontró que la
gravedad terrestre va con $1/r^2$
(episodio manzana).



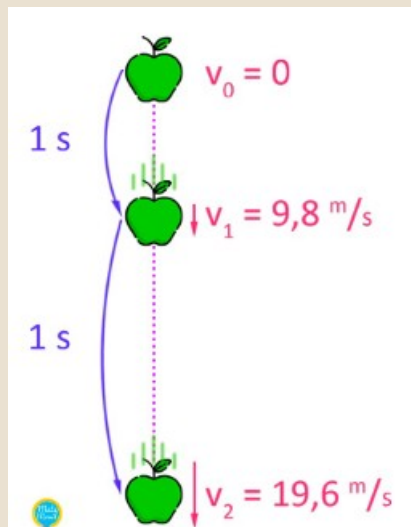


Aceleración
en la Luna



r

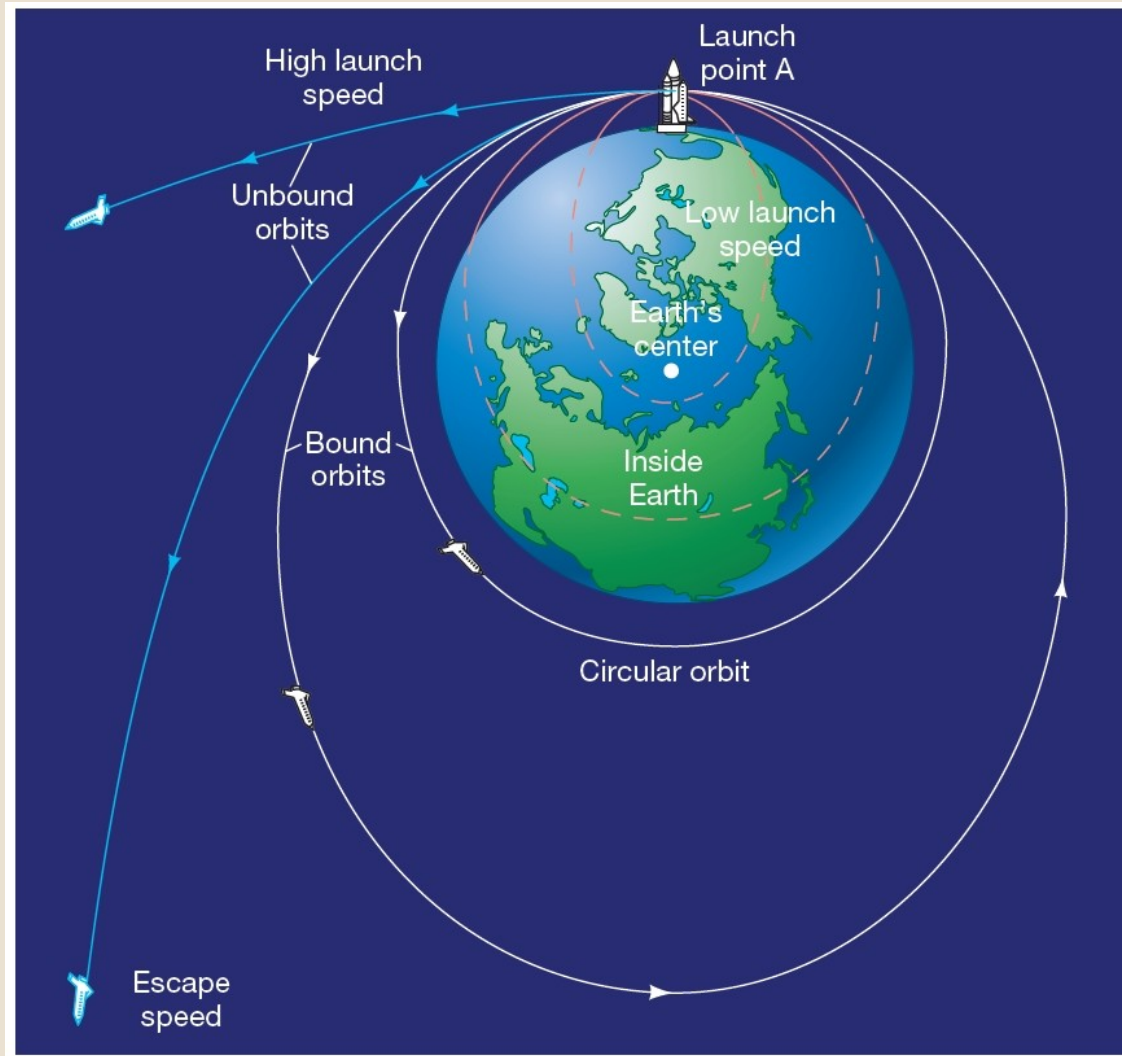
$$1/r^2$$



Aceleración en
superficie
(Galileo)



Caída de cuerpos y movimiento orbital es un mismo fenómeno





1673. Huygens:

empuje centrífugo = v^2/r

Caso planetas: por 3ra Ley Kepler

$$T^2 = r^3$$

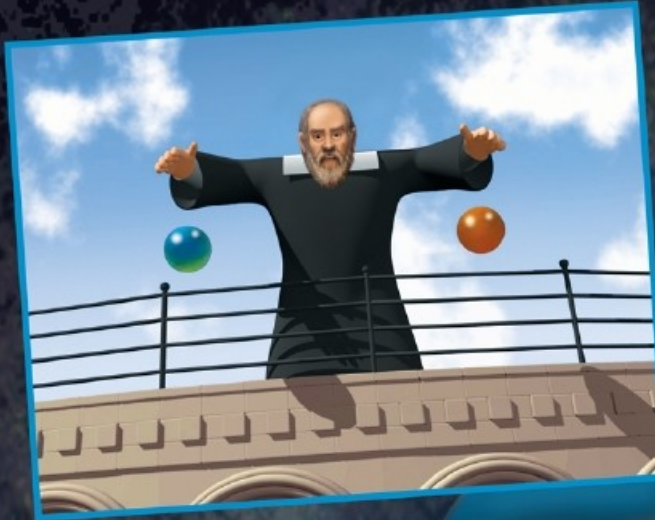
o también: $(2\pi r/v)^2 = r^3$

de donde: $v^2/r \propto 1/r^2$

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

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

Aceleración independiente de la masa.



Galileo determined that all objects have the same gravitational acceleration.

Newton's law of universal gravitation extended this observation to the Solar System.

Apollo 15 commander David Scott tested the law with a feather and a hammer on the Moon. With no air resistance, the feather and the hammer fell at the same rate.



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.

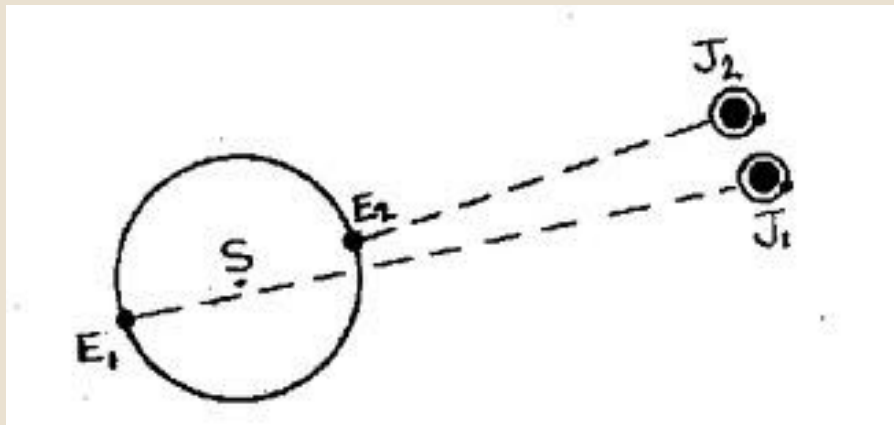


1676. Sale Halley a Sta Helena
para hacer catalogo Sur.
Paralelamente Hevelíus trata de
mejorar
el catalogo Tycho.

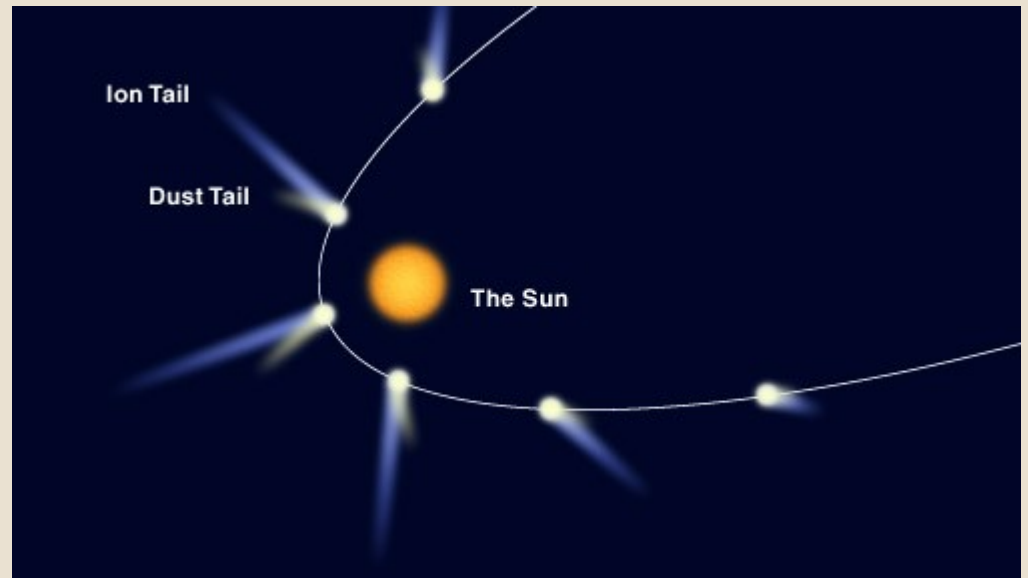
ACCIÓN A DISTANCIA

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

Roemer calcula la velocidad de la luz.



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
mas 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.

Newton dice:

"sin duda elipses"

pero no encuentra la demostración.

Halley le insiste en publicar sus hallazgos.

Newton le envía un artículo con la ley de Gravitación Universal ("On the motion of bodies in orbit").

Todos los cuerpos cumplen las leyes de Kepler

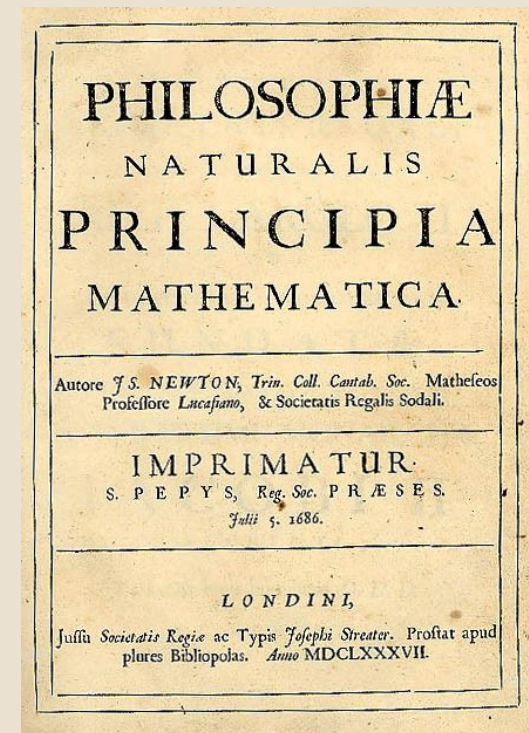
Todos cumplen la ley de gravitación

Todos se atraen

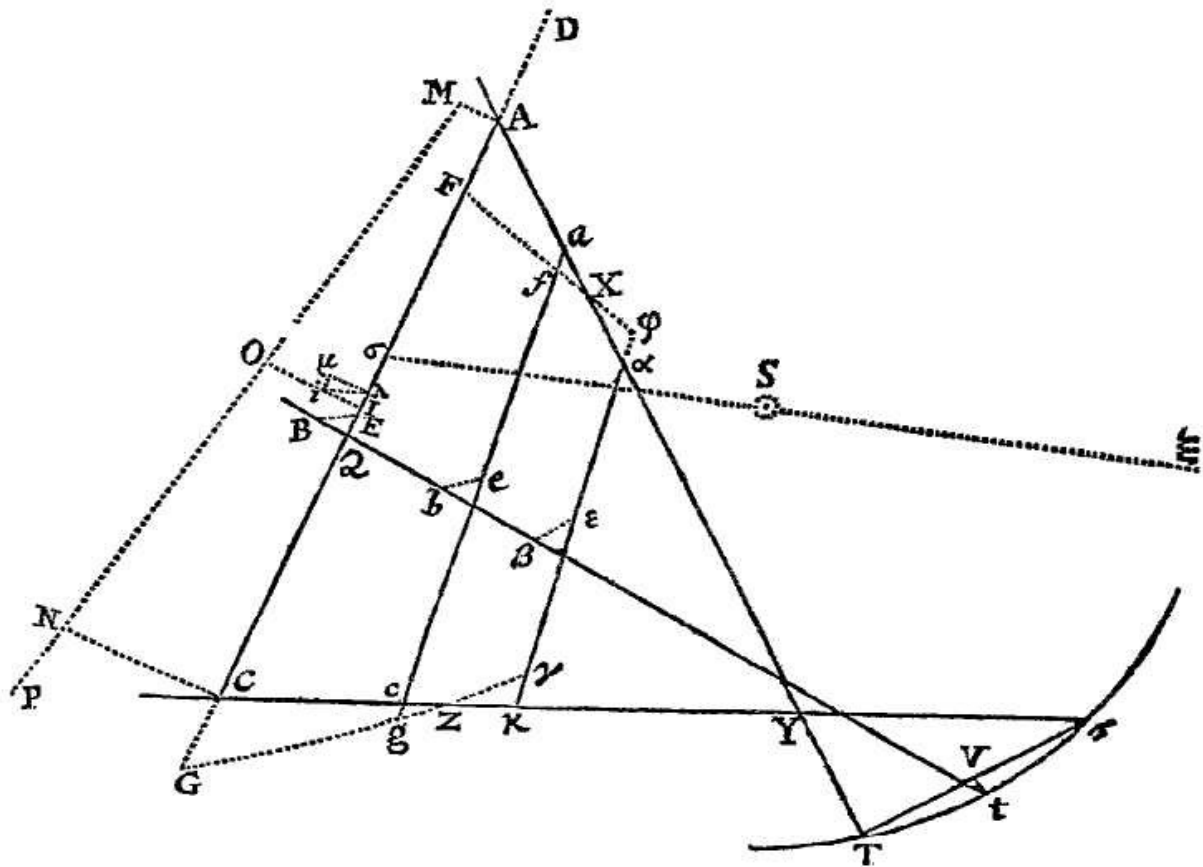
Descripción matemática

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.



Newton: ensayo y error...

Regula Differentiarum

[illegible]

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

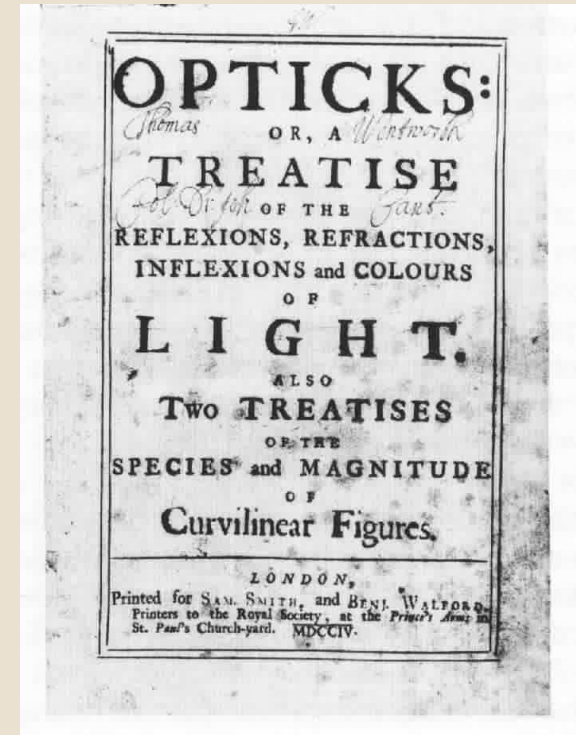
Siguiendo leyes

de Kepler se determinan las distancias a los planetas.

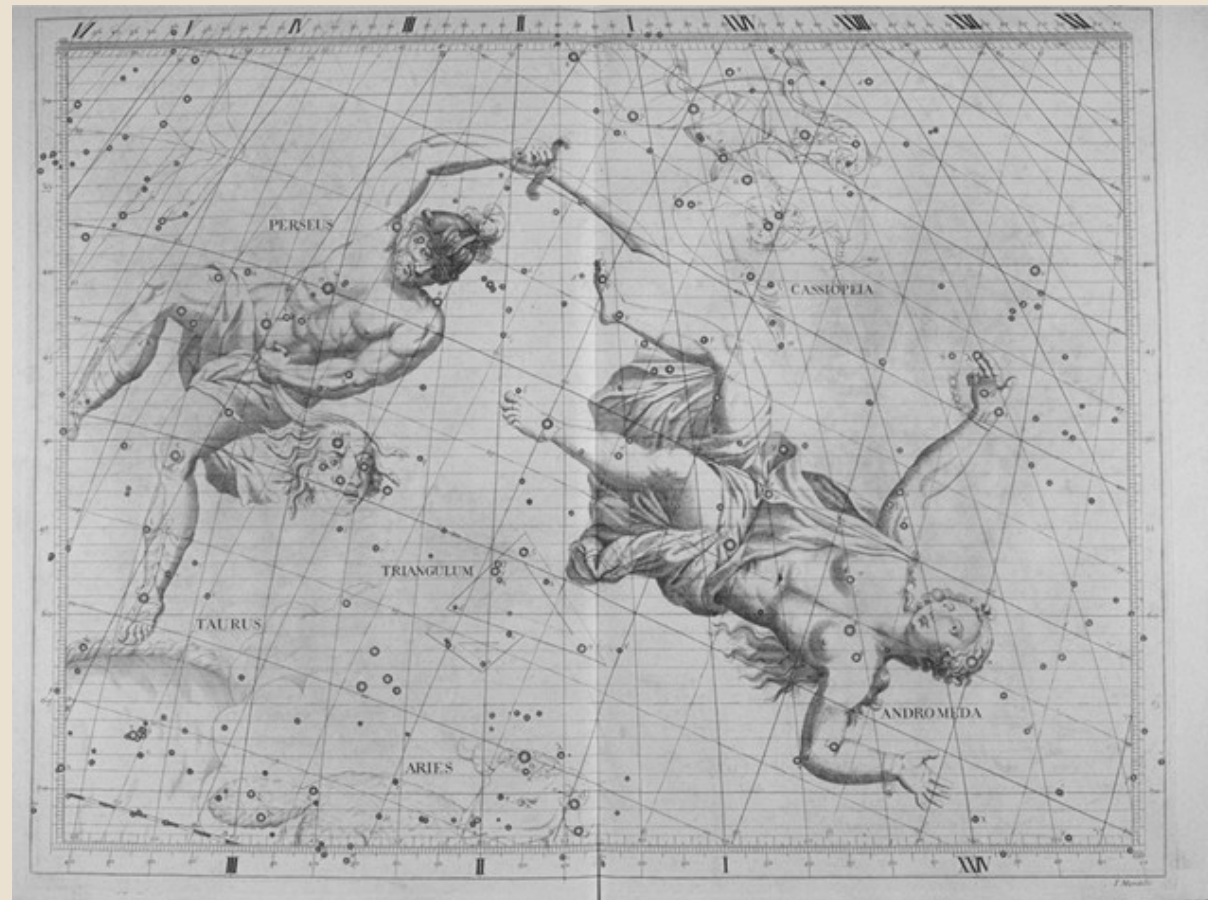
Hooke intenta calcular el tamaño de los átomos.

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

1705. Halley publica "Synopsis
Astronomía Cometicae"



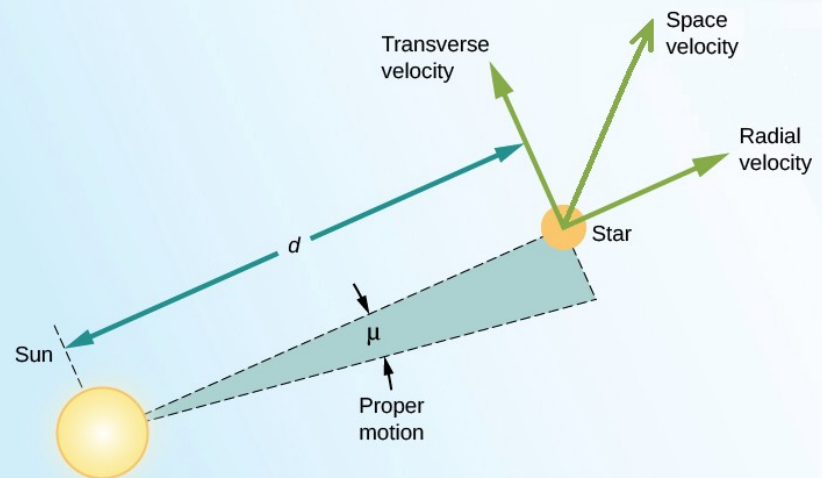
1712. Flamsteed publica su primera
versión de catalogo ("Historia
Coelestis Britannica") con 3000
estrellas de precisión 10".



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

Las estrellas se mueven!

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



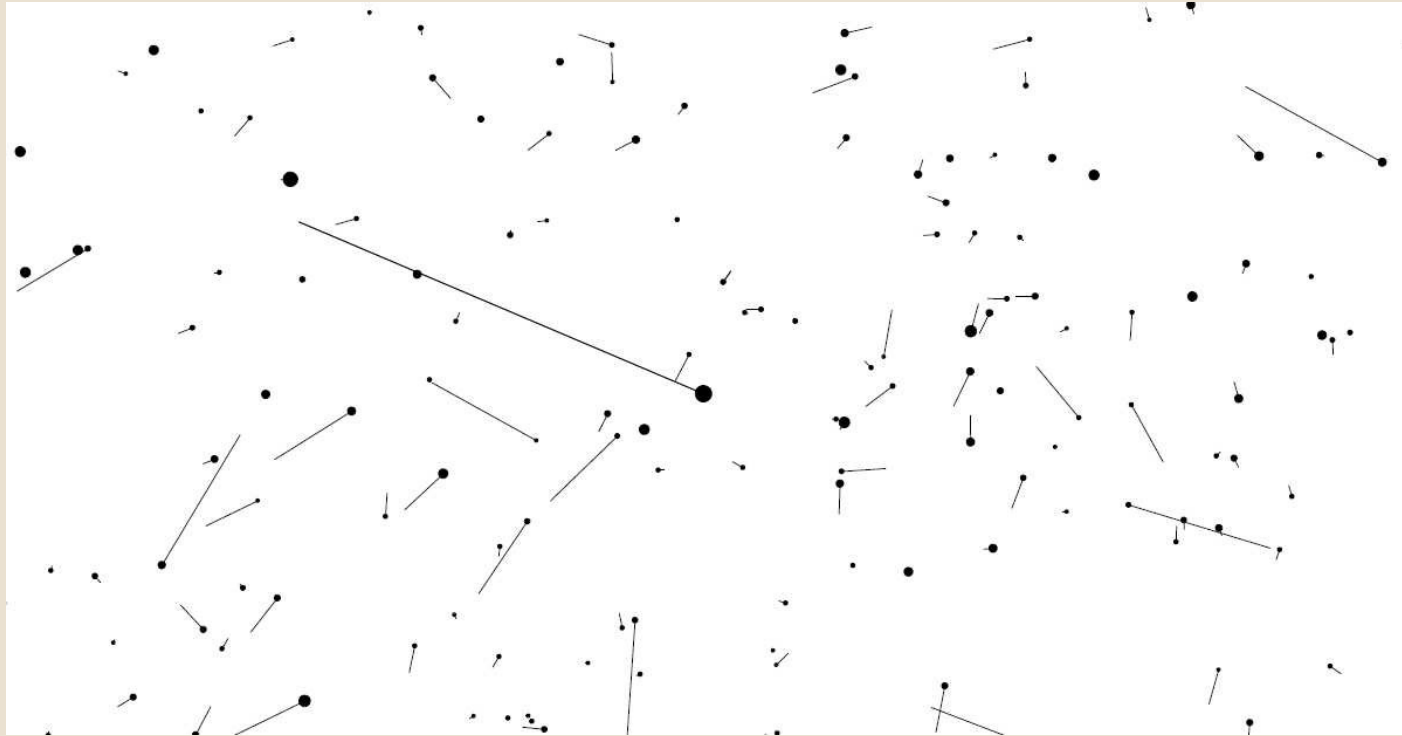
Proper Motion and Velocity of a Star

1718. Halley: las estrellas se mueven!



<https://youtu.be/TXWuZSWtDPE>

El Sol navega entre un enjambre de estrellas



1838. finalmente se mide la paralaje y la distancia a una estrella

Epílogo

1735: Harríson construye el primer
cronómetro.

1838. finalmente se mide la distancia a
una estrella

Los pasos hacia 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

Algunos personajes

- Neolítico: movimientos de Luna y Sol
- Arístóteles y Eratóstenes: tamaños
- Ptolomeo (Egipto): modelo geocéntrico
- Copernico (Europa): heliocéntrico
- Tycho y Kepler: movimiento elíptico
- Galileo: observación telescópica
- Newton: gravitación universal

Algunas etapas

- Determinación de distancias
- El sistema del mundo
- Catalogos estelares
- Telescopio
- Leyes de movimiento
- Metodo científico
- Acción a distancia

Según Newton:

La masa:

“...es lo que se obtiene de multiplicar la densidad por el volumen...”

Las estrellas: “...tal vez sean soles...”

Bibliografía

