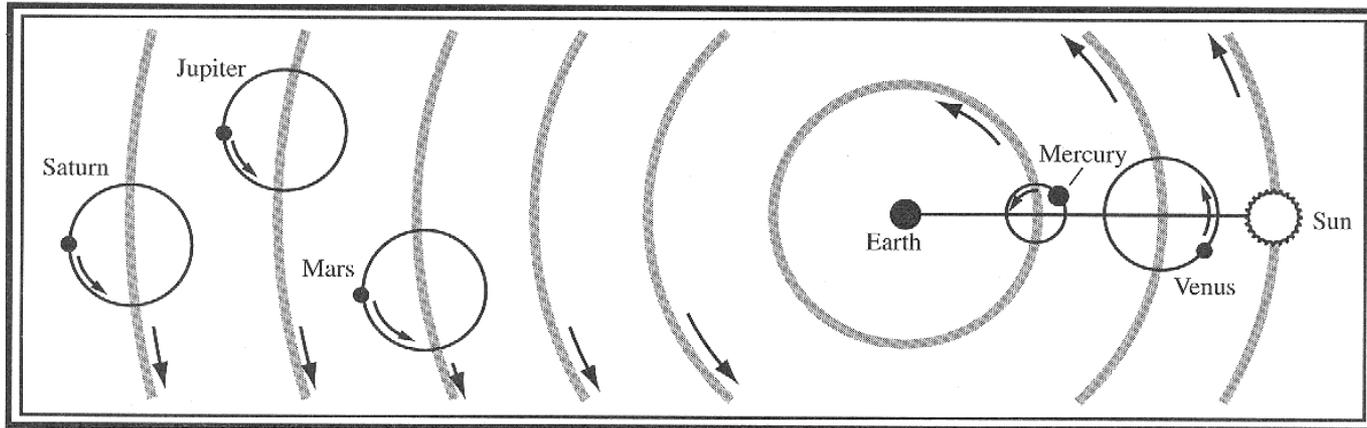


03 - Astronomía de los Griegos Antiguos



Para los griegos, la astronomía era una ciencia matemática.

Desarrollaron modelos matemáticos (geométricos en 3 dimensiones) para los movimientos de las estrellas y los planetas.

Los Griegos absorbieron la cultura e ideas de astrología de Mesopotamia pero “democratizaron” la astrología, afirmando que los planetas influyen el destino de cada persona.

Eudoxo de Cnidos

en griego: Ευδοξος

Cnido, actual Turquía

ca. 390 a.C. - ca. 337 a.C.

fue un filósofo, astrónomo,
matemático y médico griego,
pupilo de Platón.



Nada de su obra ha llegado a nuestros días; todas las referencias con las que contamos provienen de fuentes secundarias, como el poema de Arato sobre astronomía.

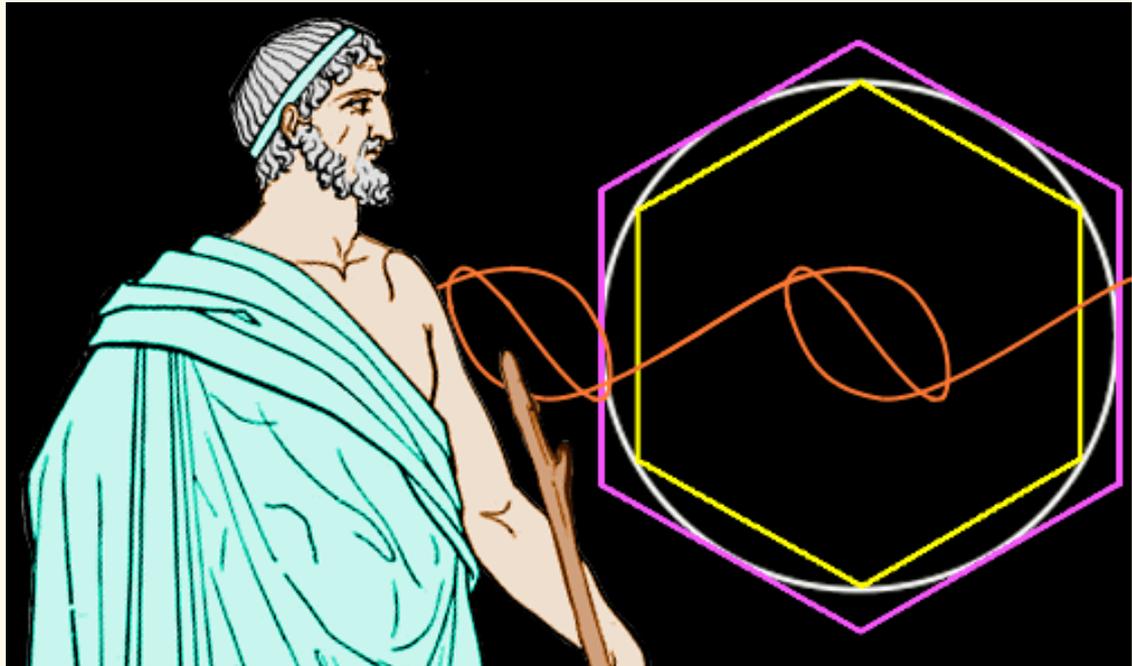
Eudoxo fue el primero en plantear un modelo planetario basado en un modelo matemático, por lo que se le considera el padre de la astronomía matemática.

Se le atribuye el descubrimiento que supone que el año solar tiene 6 horas más que los 365 días.

Además se le considera el primero que establece un sistema que explica los movimientos del Sol y los planetas, intentando dar cuenta de las irregularidades manifiestas de los movimientos planetarios.

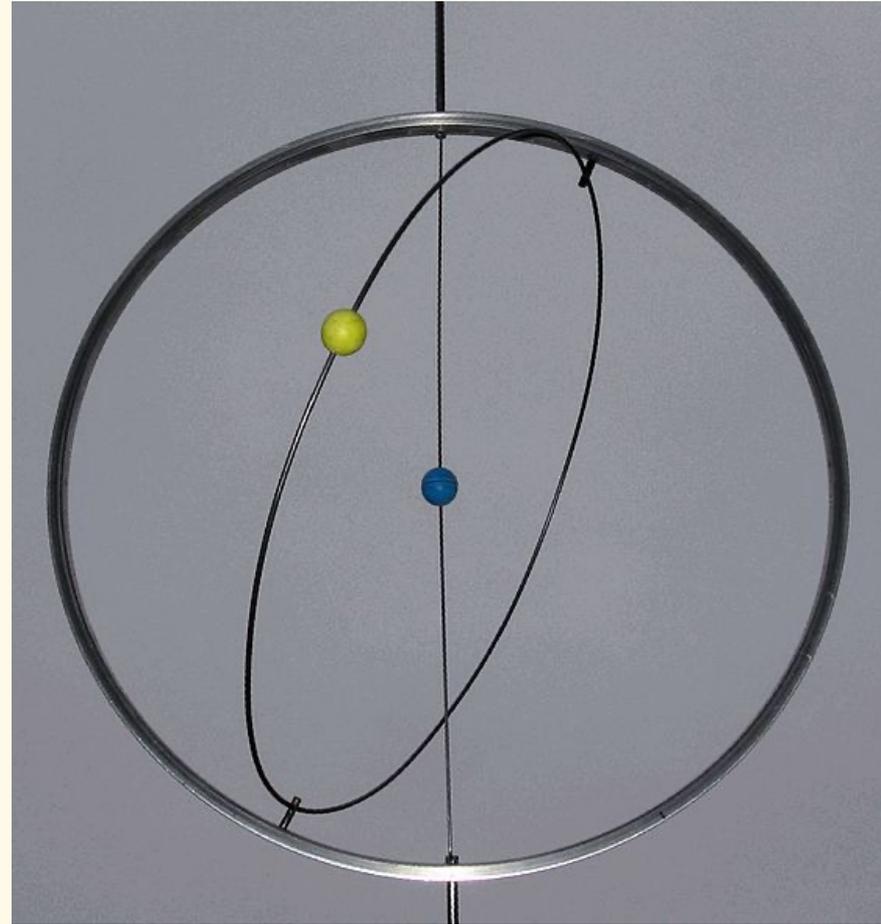
Su modelo: Modelo Geocéntrico

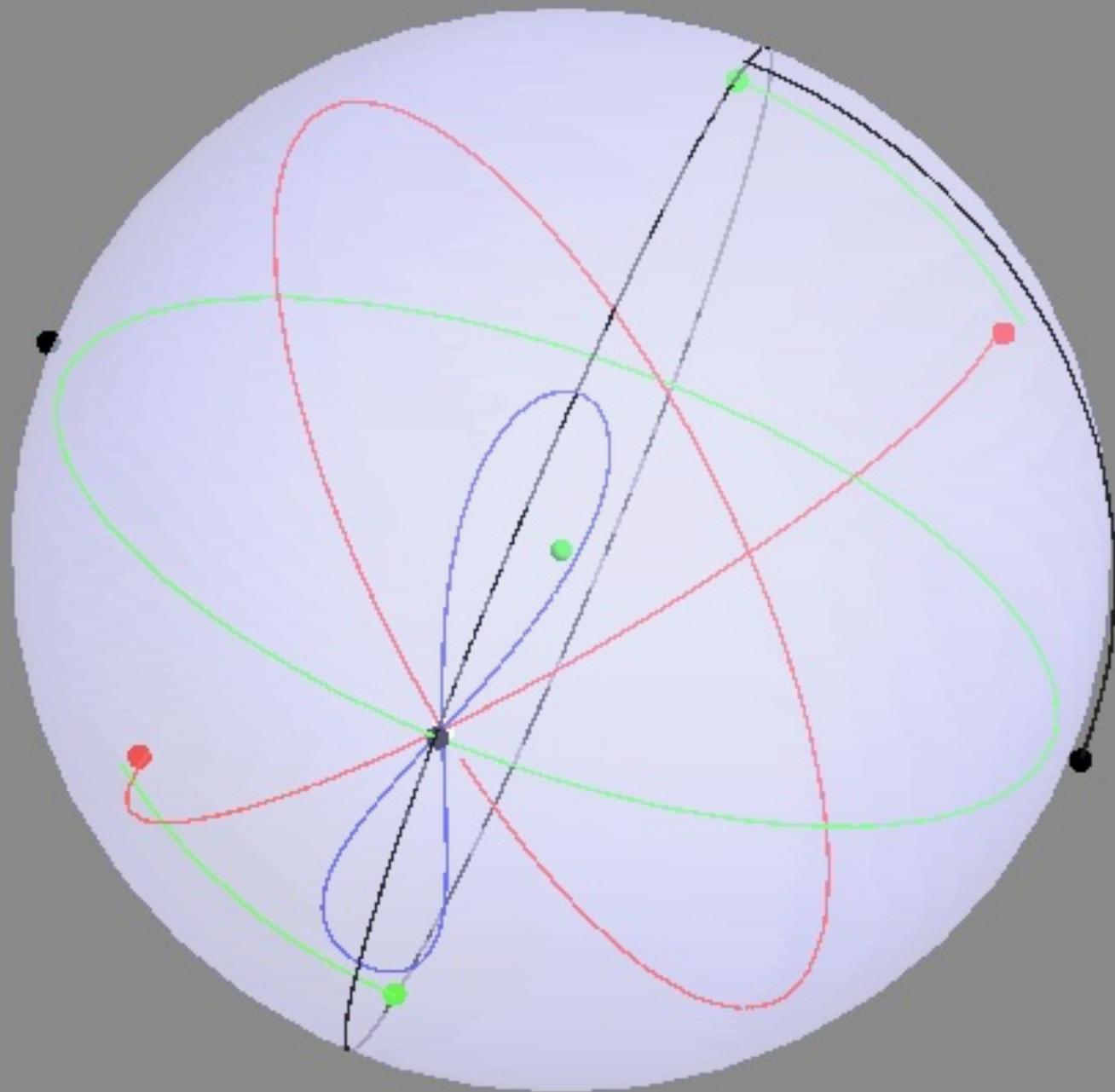
Supone que la Tierra permanece inmóvil en el centro, y el resto de los planetas y el Sol son formas esféricas que ejecutan movimientos circulares alrededor de ella.



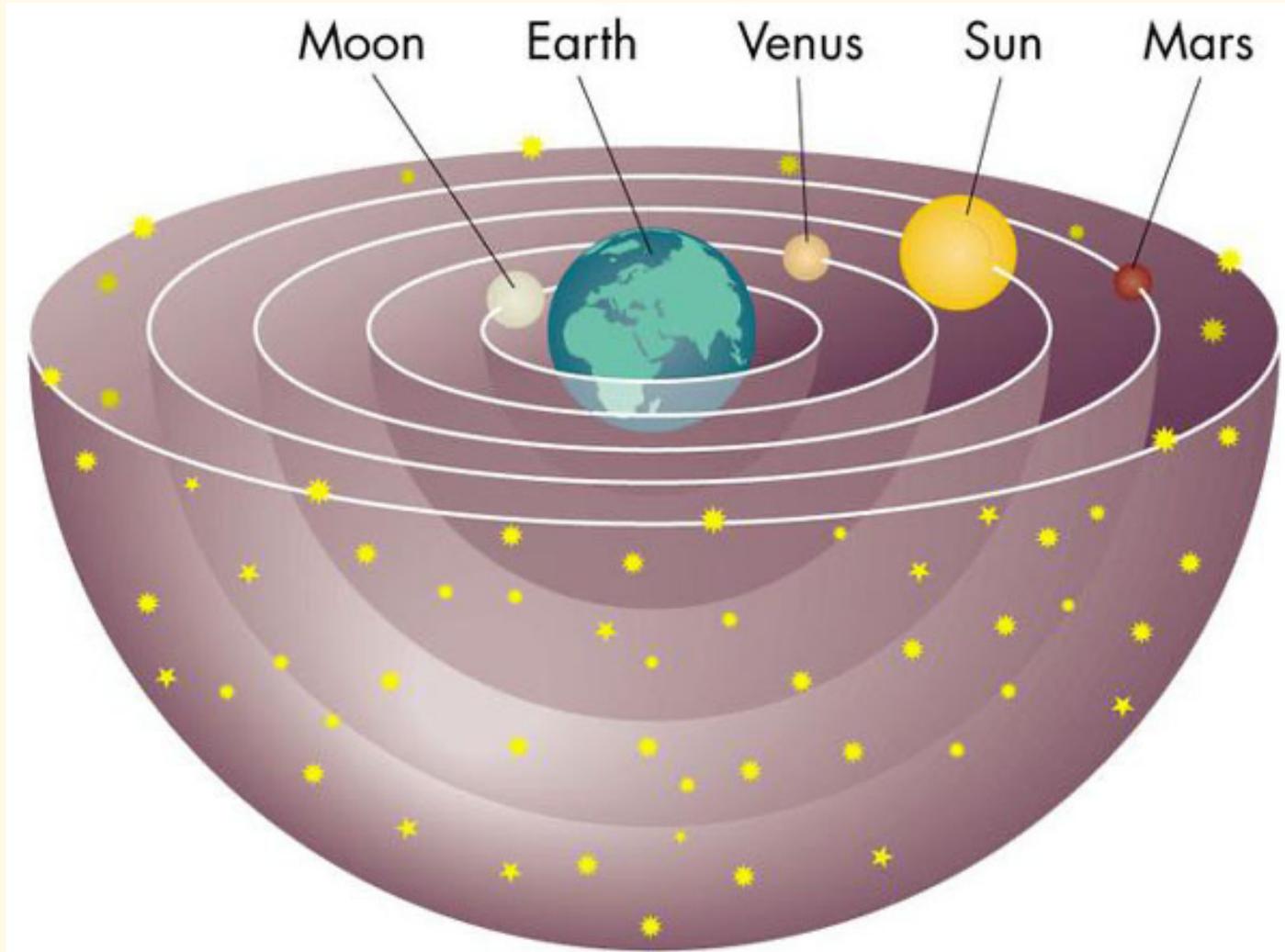
De esta forma considera tres esferas para el Sol y la Luna y cuatro para cada uno de los cinco planetas, con diferentes ejes de giro.

Modelo con dos esferas (aquí anillos) para la representación de los movimientos del Sol con relación a la Tierra





Estas esferas estaban situadas unas dentro de otras, todas ellas concéntricas con la Tierra.



Aristóteles



Aristóteles (en griego antiguo Ἀριστοτέλης, *Aristotélēs*) (384 *a.C.* – 322 *a.C.*) fue un filósofo, lógico y científico de la Antigua Grecia cuyas ideas han ejercido una enorme influencia sobre la historia intelectual de Occidente por más de dos milenios.

Aristóteles fue discípulo de Platón y de otros pensadores (como Eudoxo) durante los veinte años que estuvo en la Academia de Atenas, luego fue maestro de Alejandro Magno en el Reino de Macedonia, y finalmente fundó el Liceo en Atenas, donde enseñó hasta un año antes de su muerte.

Aristóteles escribió cerca de 200 tratados (de los cuales sólo nos han llegado 31) sobre una enorme variedad de temas, incluyendo lógica, metafísica, filosofía de la ciencia, ética, filosofía política, estética, retórica, física, astronomía y biología.

Aristóteles transformó muchas, si no todas, las áreas del conocimiento que tocó. Es reconocido como el padre fundador de la lógica y de la biología, pues si bien existen reflexiones y escritos previos sobre ambas materias, es en el trabajo de Aristóteles donde se encuentran las primeras investigaciones sistemáticas al respecto.

Modelo de Aristóteles

Establece que la Tierra está quieta y el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas se mueven en órbitas circulares y con velocidad uniforme alrededor de ella, ya que el movimiento circular, al ser el más perfecto que existe, es el que debe gobernar los cielos.

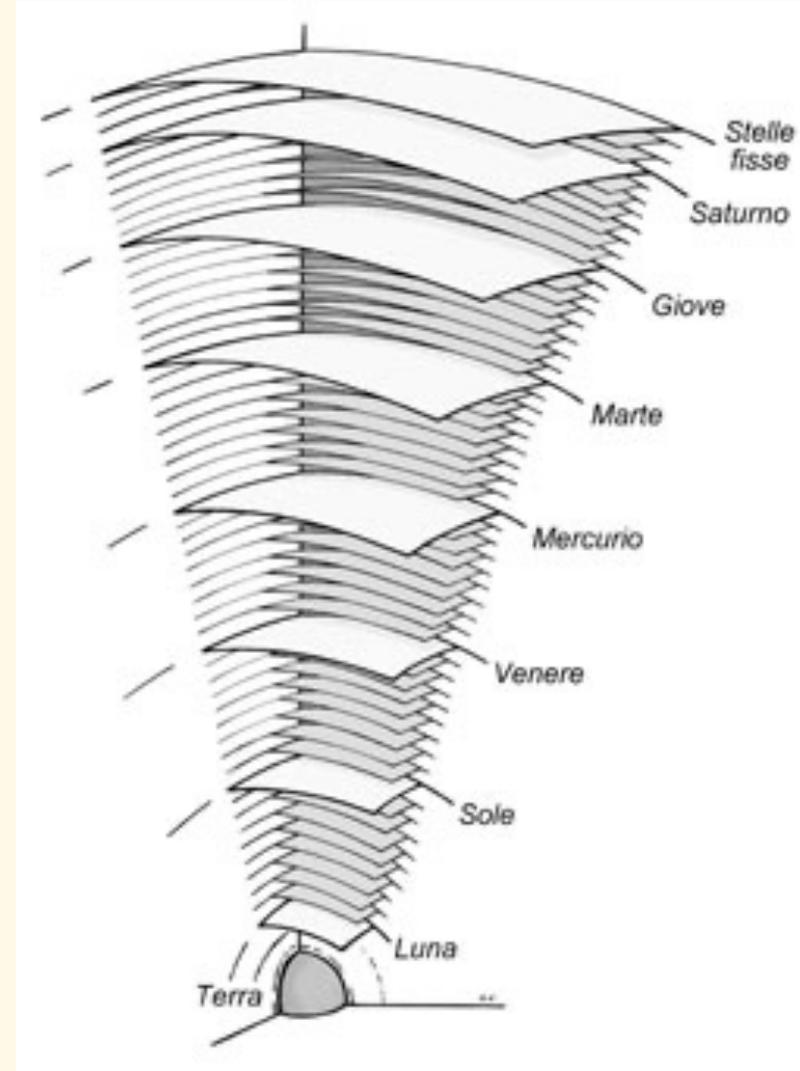
Sus argumentos sobre la condición y posición de la Tierra le llevan a pensar que no pueden ser simple consecuencia del movimiento de los cielos: la circunferencia de un círculo determina las propiedades de su centro; el cosmos es esférico, luego la Tierra ha de ser esférica.

Además argumenta que la Tierra es el centro del Universo de la siguiente manera: los cuerpos pesados no caen en líneas paralelas, sino en líneas que convergen en su centro.

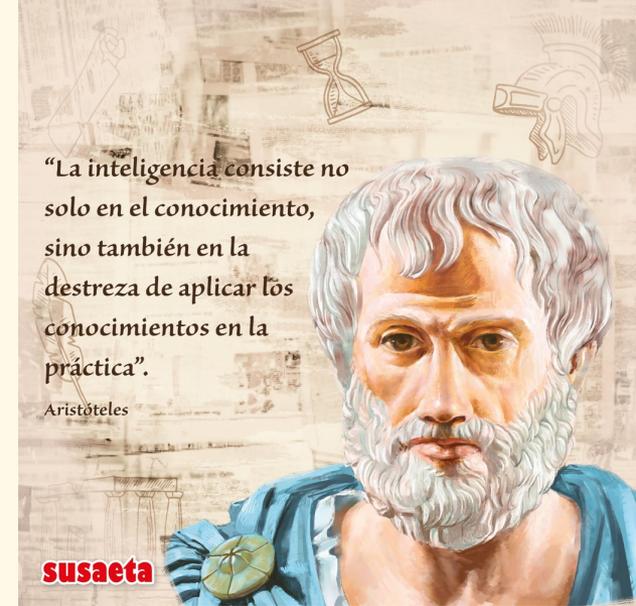
Los cuerpos que se proyectan directamente hacia arriba caen hacia abajo al punto del cual partieron, por tanto, la Tierra ni está en movimiento ni está en ningún sitio que no sea el centro.

Esferas Cristalinas

Además para Aristóteles las esferas de Eudoxo tienen existencia real: el hecho de ser inteligibles garantizaba su existencia y consideraba a estas esferas como cuerpos cristalinos tridimensionales, partes de la maquinaria física que mantenía en movimiento los cuerpos celestes.



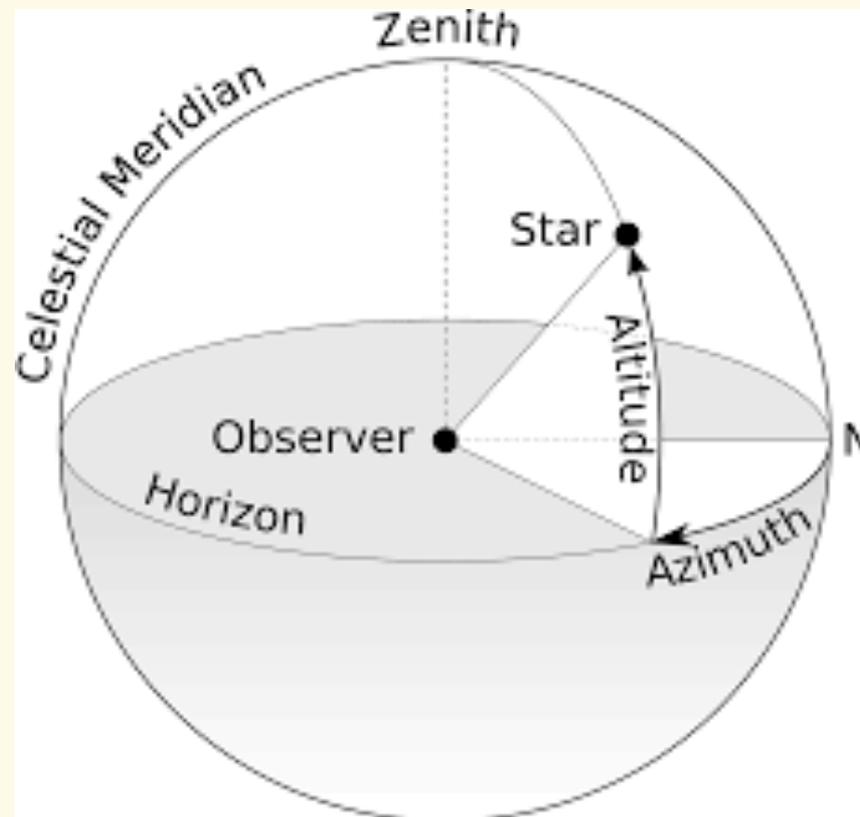
Aristóteles afirma que la Tierra es redonda y no plana y da tres argumentos a favor de esta tesis



1. En los eclipses lunares siempre se observa que la sombra de la Tierra sobre la Luna tiene forma de arco de circunferencia.



2. La diferencia en la posición aparente de la estrella Polar entre Grecia y Egipto, que incluso le permite hacer un cálculo del tamaño de la Tierra en 400.000 estadios, aproximadamente unos 80.000 km de circunferencia (el doble del tamaño real).



3. En el mar cuando un barco aparece en el horizonte se ven primero las velas y posteriormente el casco del barco.



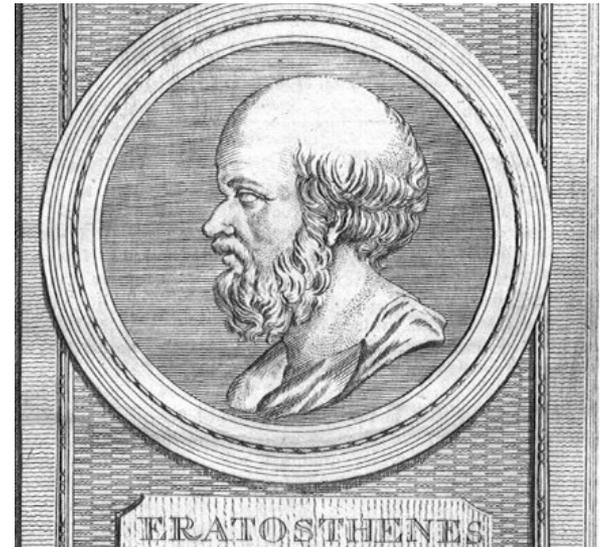
Eratóstenes

Griego: Ἐρατοσθένης

Cirene, 276 a.C. –

Alejandría, 194 a.C.

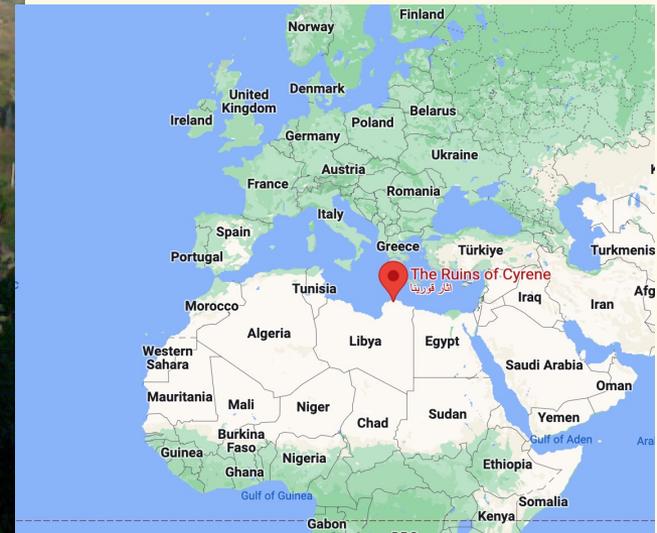
fue un matemático, astrónomo y geógrafo



Eratóstenes nació en Cirene en el año 276 a.C.



Cirene fue una antigua ciudad griega en la actual Libia, fundada sobre el 632 a. C.



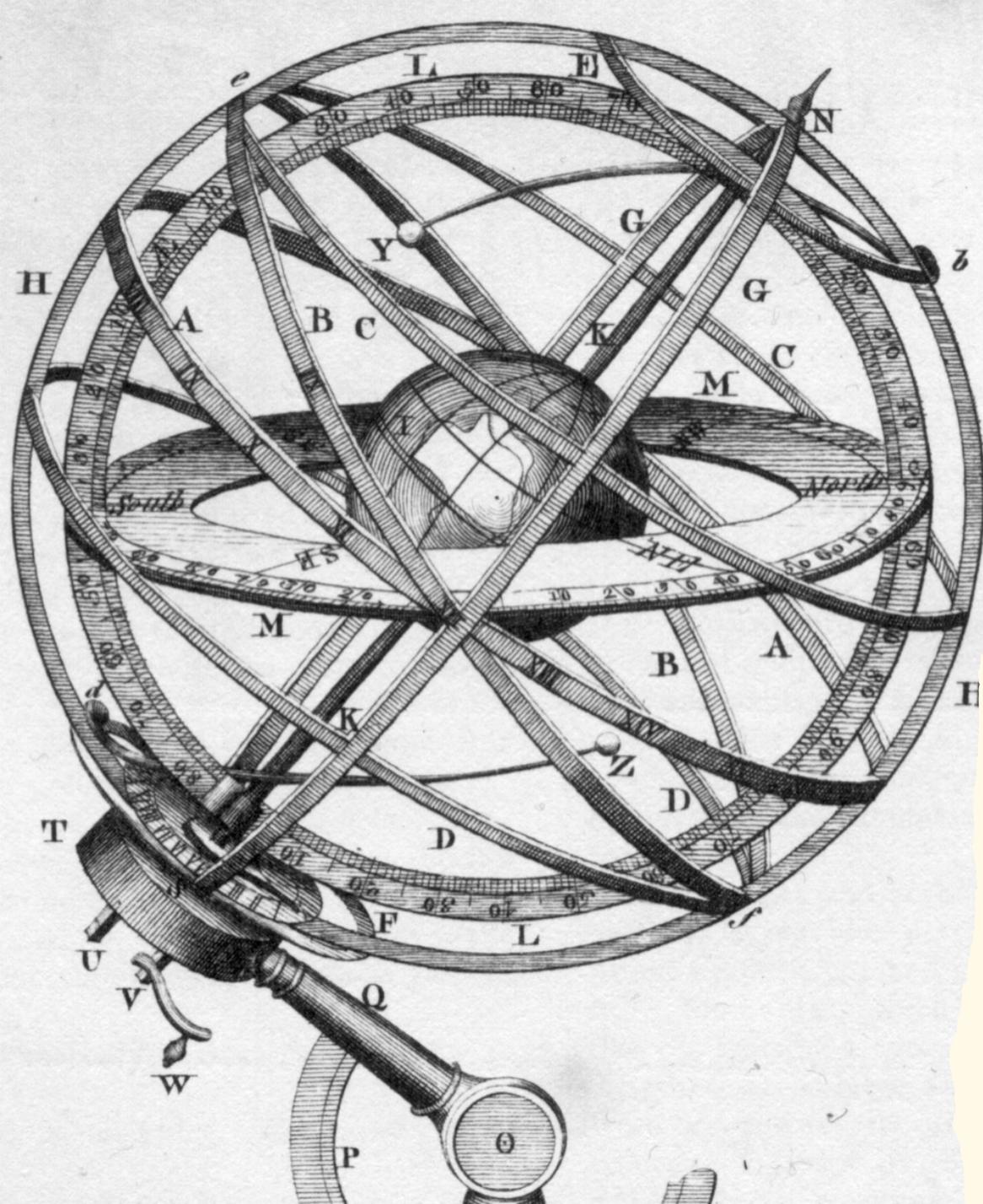
Estudió en
Alejandría y Atenas.

Alejandría es una ciudad del norte de Egipto, fundada por Alejandro Magno en el año 331 a.C. Se convirtió en pocos años en el centro cultural del mundo antiguo.

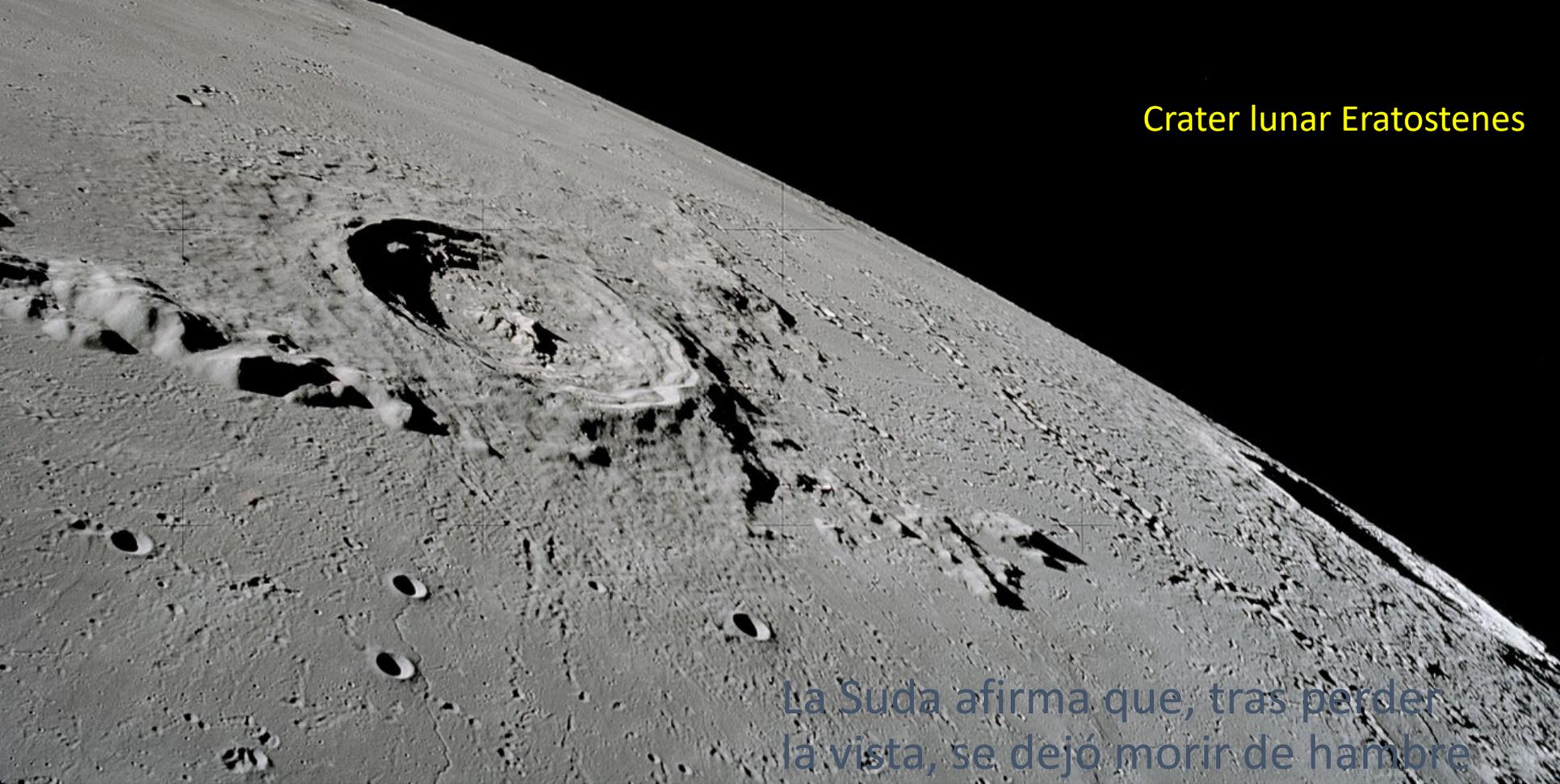




En el año 236 a. C.,
Ptolomeo III lo llamó para
que se hiciera cargo de la
Biblioteca de Alejandría,
puesto que ocupó hasta el
fin de sus días.



Hacia el 255 a.C. inventó la esfera armilar.

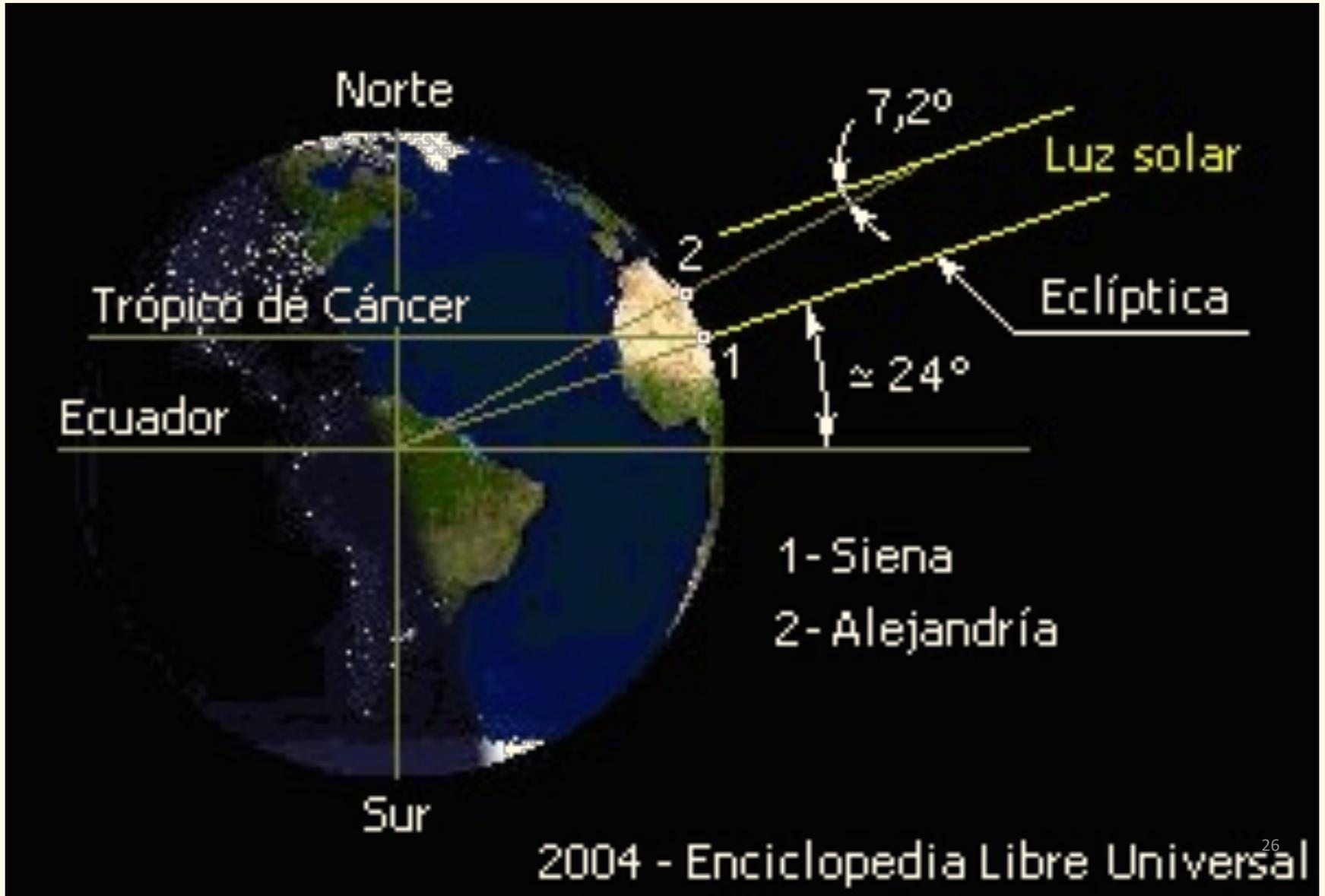


Crater lunar Eratostenes

Eratóstenes murió en el año 194 a.C. en Alejandría.

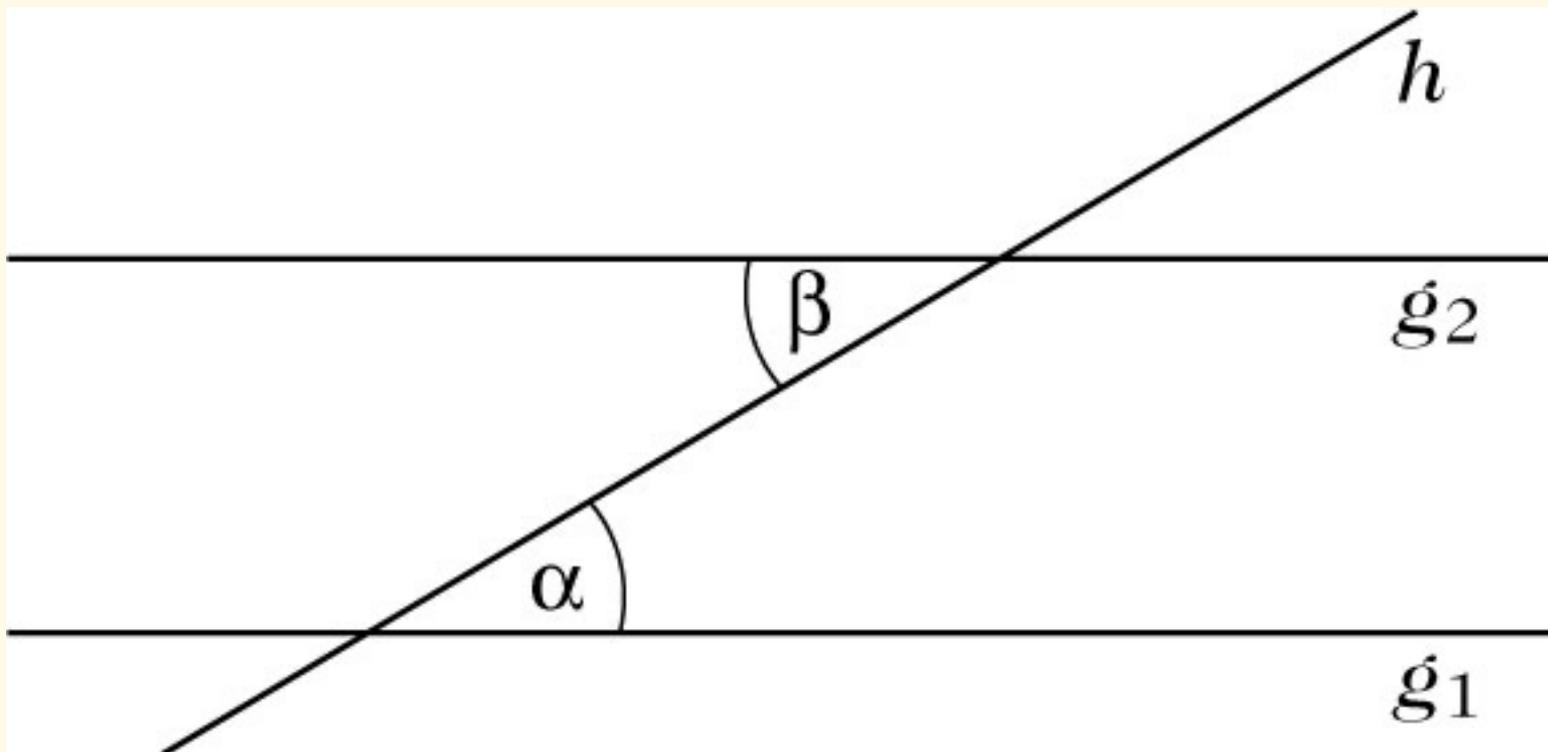
La Suda afirma que, tras perder la vista, se dejó morir de hambre a la edad de 80 años; sin embargo, Luciano de Samosata dice que llegó a la edad de 82 años, también Censorino sostiene que falleció cuando tenía 82 años.

Método de Eratóstenes



Geometría

$$\alpha = \beta$$





Galapagos, 2018

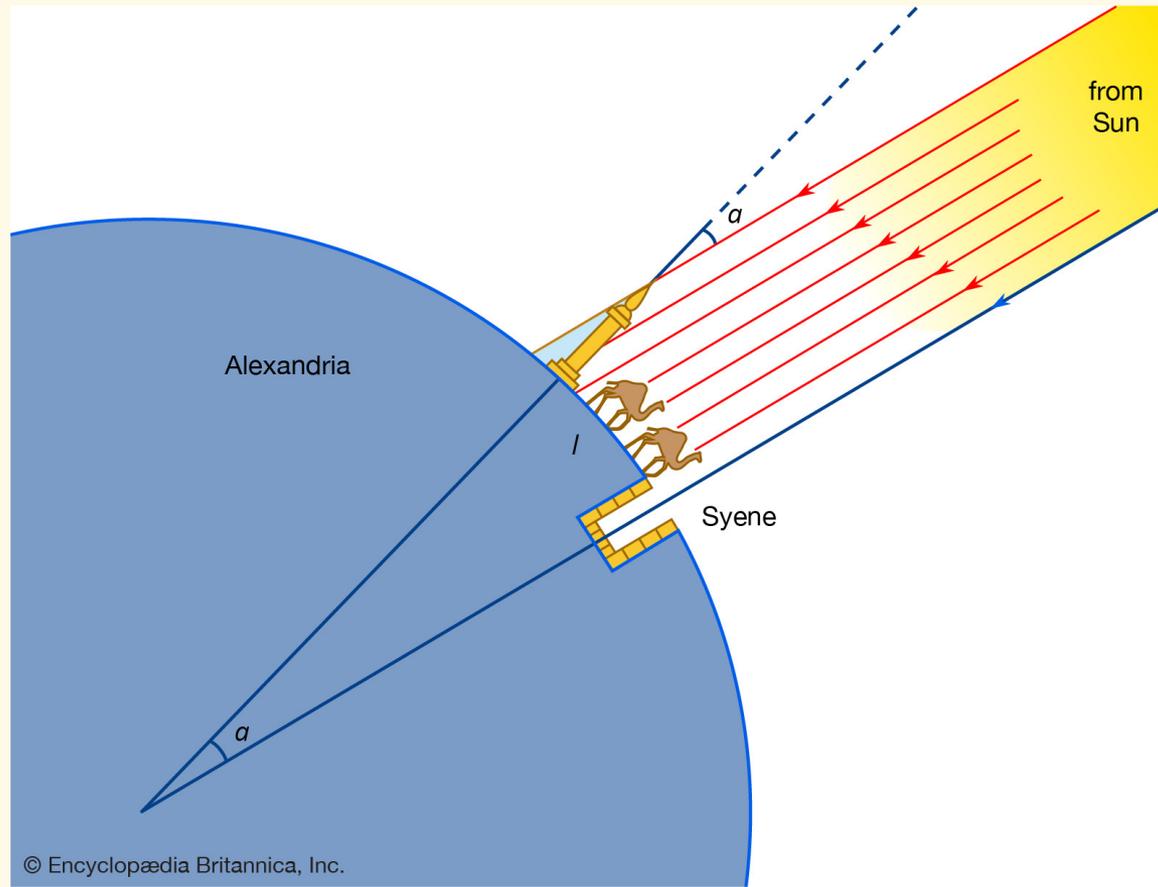
En lugares en el ecuador (o cerca del ecuador) tenemos 2 días por año en los que el Sol está directamente en la parte superior del cielo (cenit) durante el mediodía.

En estos días las cosas en el suelo no tienen sombra.



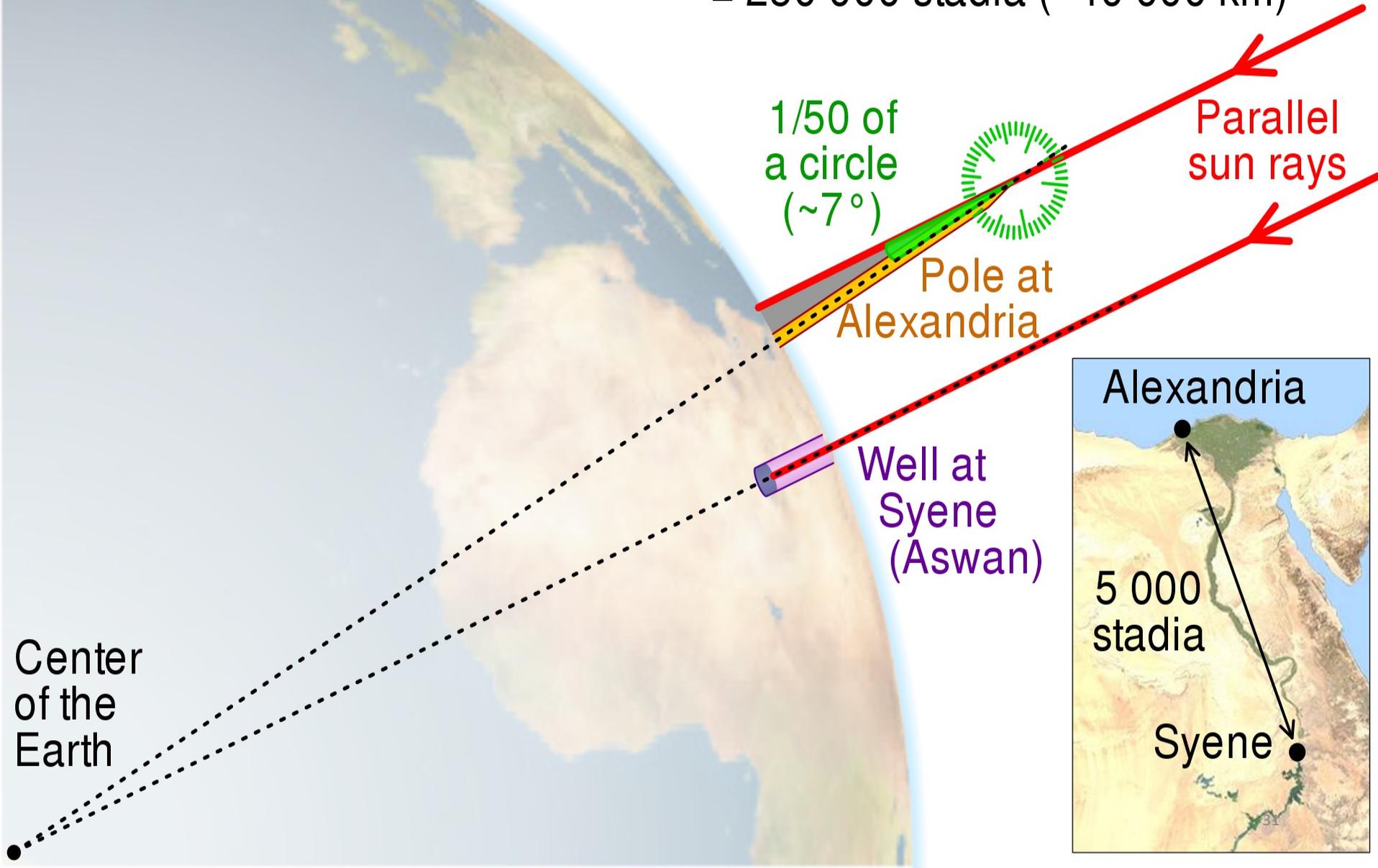
Sienna en el sur de Egipto es uno de esos lugares.

En Alejandría, más al norte, midiendo la altura de un edificio y la longitud de la sombra que proyecta, se puede determinar el ángulo formado con el plano de la eclíptica, en el que se encuentran el Sol y la ciudad de Siena.



$1/50$ of a circle \leftrightarrow 5 000 stadia (~ 800 km)

\therefore 1 circle \leftrightarrow $50 \times 5\,000$ stadia
 $= 250\,000$ stadia ($\sim 40\,000$ km)



El ángulo que es precisamente la diferencia de latitud entre ambas ciudades.

Conocida ésta, basta medir el arco de circunferencia y extrapolar el resultado a la circunferencia completa (360°).

Ahora tenemos que medir la distancia entre Alejandría y Siene.



Admitiendo que Eratóstenes usó el estadio de 185 m, el error cometido fue de 6.616 kilómetros (alrededor del 17%).

Sin embargo, hay quien defiende que usó el estadio egipcio (300 codos de 52,4 cm), en cuyo caso la circunferencia polar calculada hubiera sido de 39.614,4 km, frente a los 40.008 km considerados en la actualidad, es decir, un error de menos del 1%.





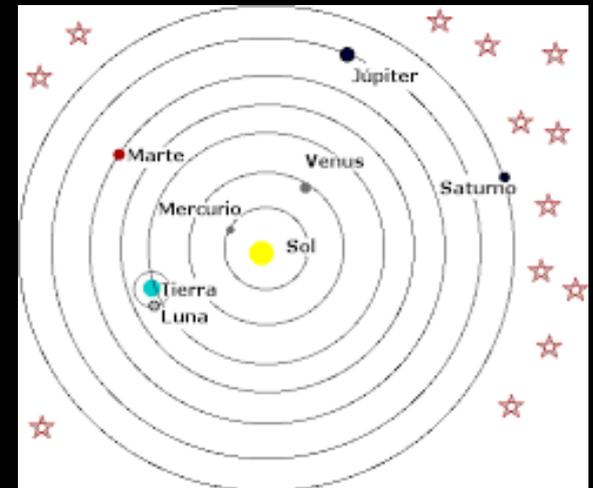
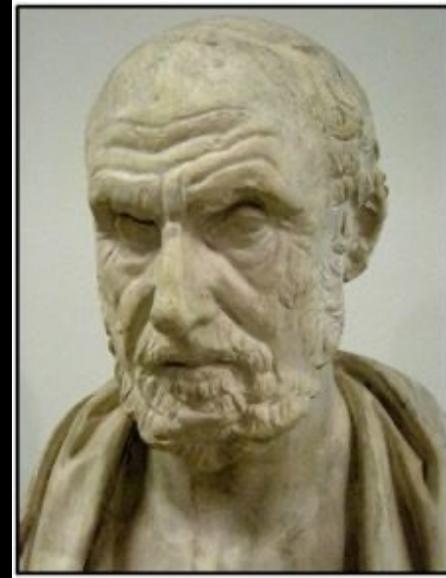
Aristarco de Samos

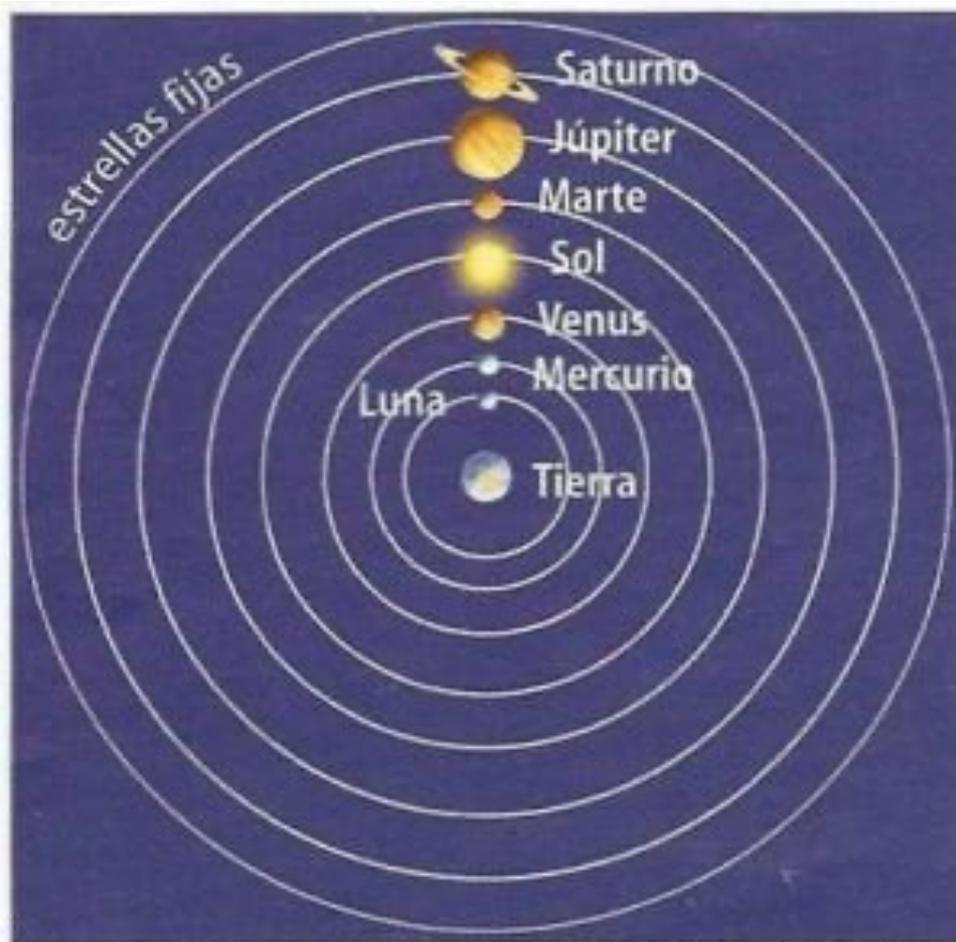
Astrónomo griego

nacido en la isla de Samos en 310 a.C.
muerto alrededor del 230 a.C.

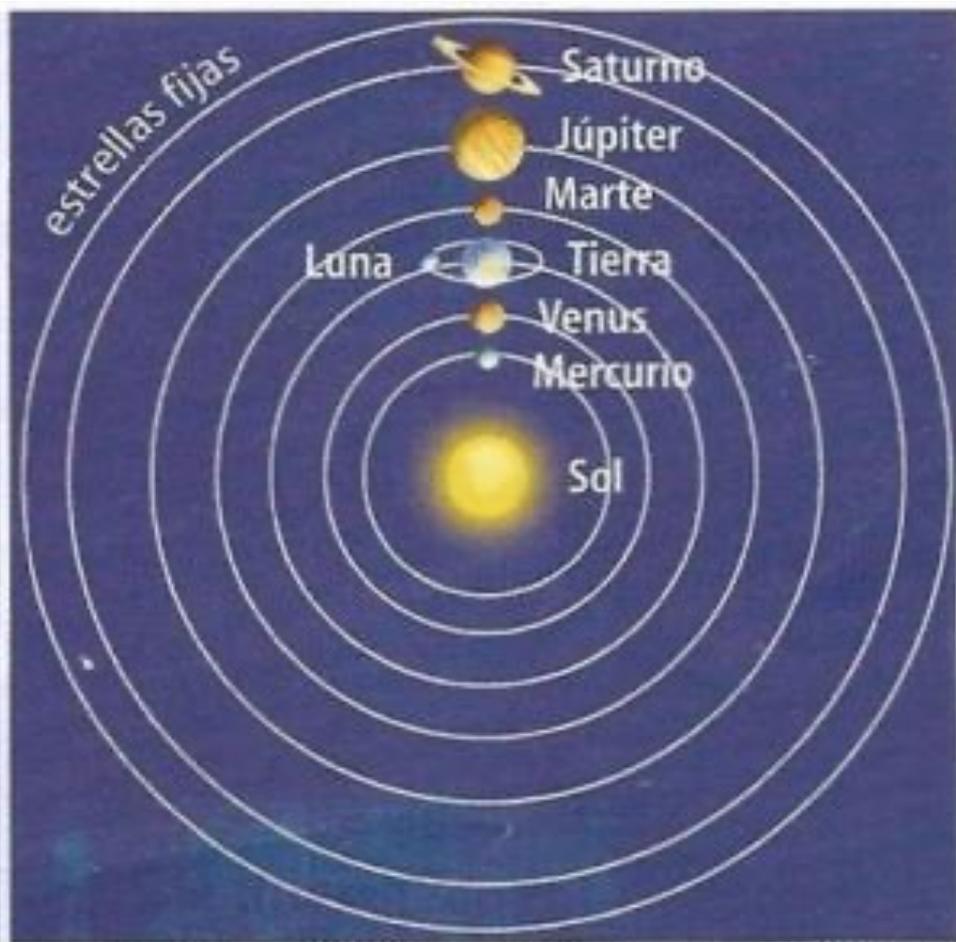
Modelo Heliocéntrico

Aristarco fue seguramente el primer astrónomo conocido que defiende una idea heliocéntrica del Universo: la Tierra y los planetas giran alrededor del Sol. Las estrellas están muy distantes y no se mueven.





Modelo geocéntrico.



Modelo heliocéntrico.

Aristarco no conocía las distancias de la Tierra a la Luna y al Sol, pero fue capaz de calcular su proporción.

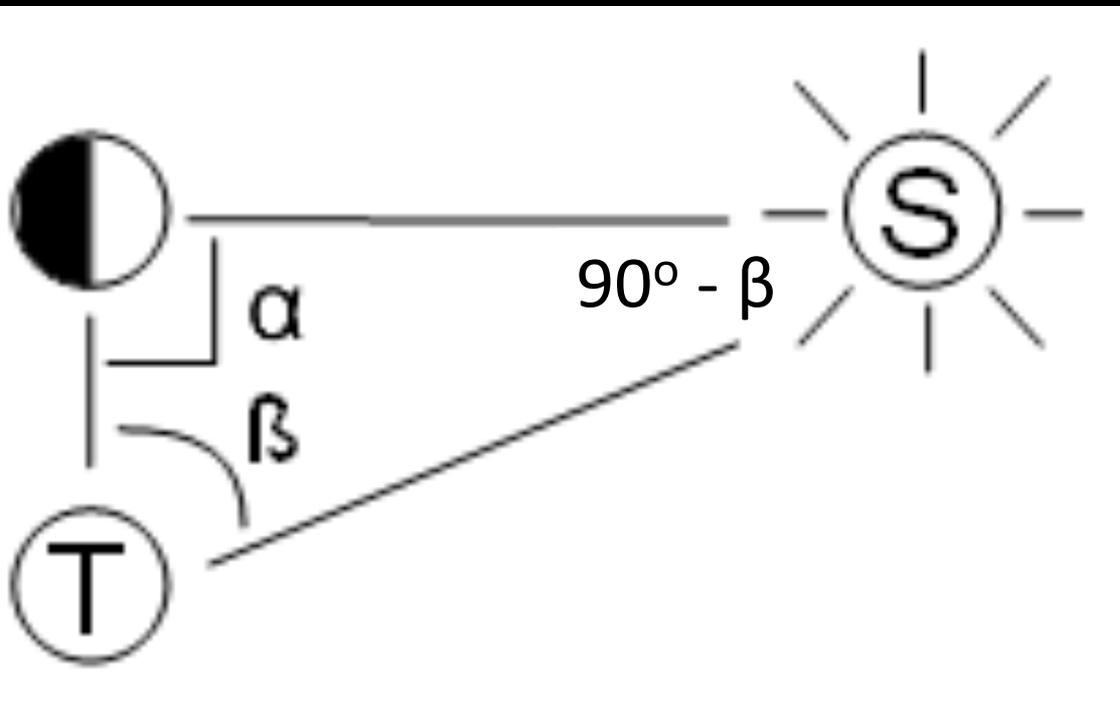
Su idea está basada en cómo se producen las fases de la Luna: ésta no tiene luz propia sino que la recibe del Sol y la refleja hacia nosotros, de tal forma que sólo se ilumina una mitad de su superficie esférica mientras que la otra mitad permanece en la oscuridad



Aristarco argumentó que el Sol, la Luna, y la Tierra forman un triángulo recto en el momento del cuarto creciente o menguante. Estimaba que el ángulo era de 87° .

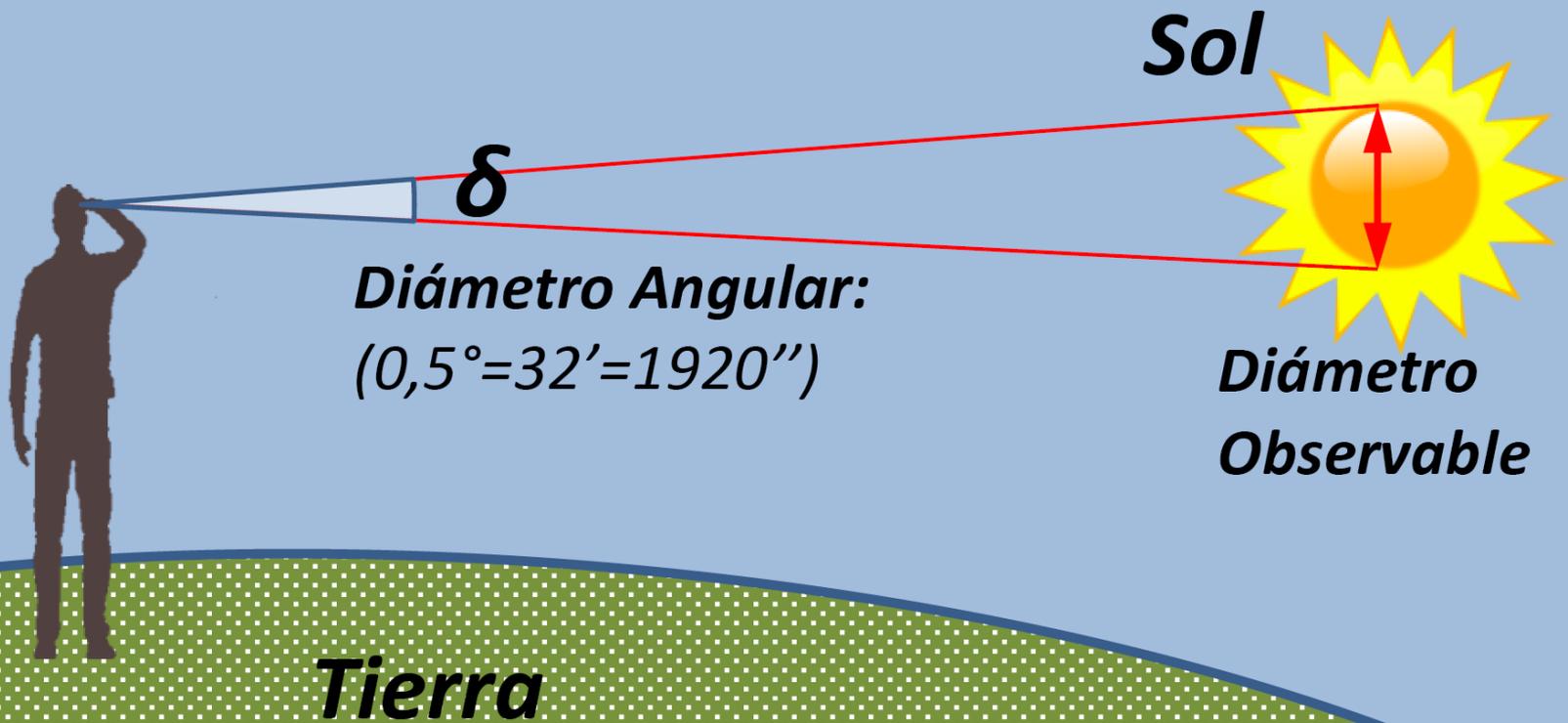
Trigonometría:

$\cos \beta = \text{distancia hacia la Luna} / \text{distancia hacia el Sol}$

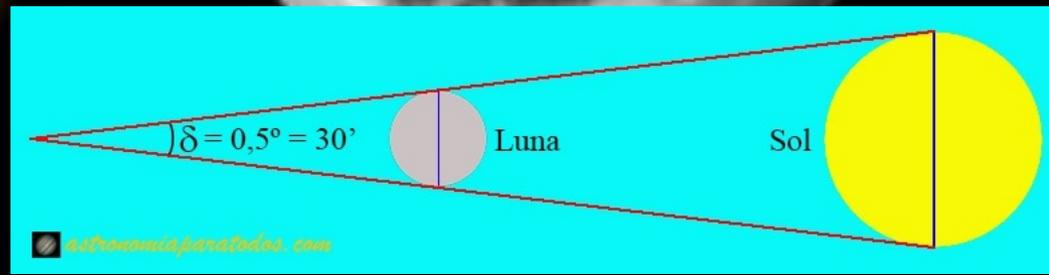


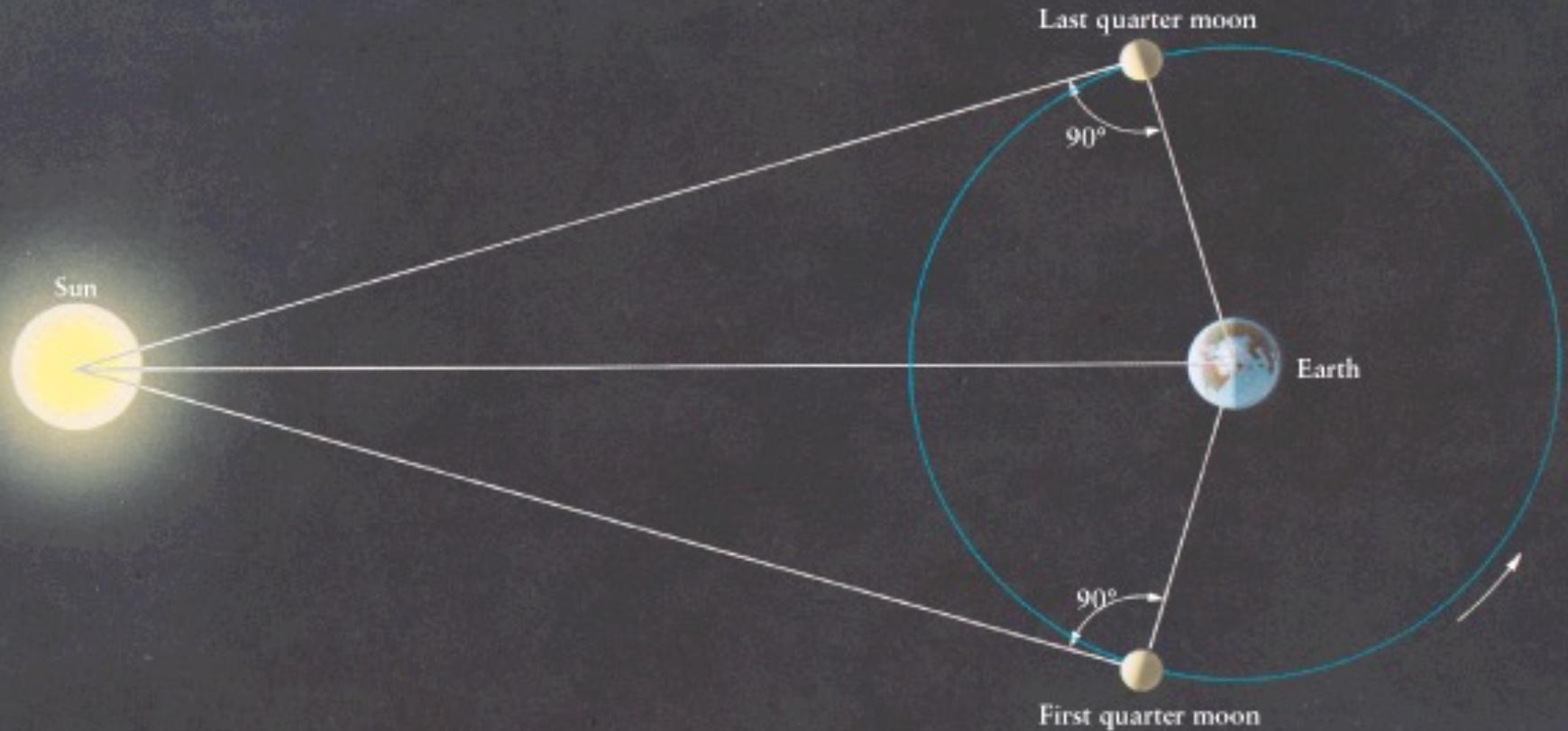
Aristarco concluyó que el Sol estaba 20 veces más lejos que la Luna.

Tamaño angular



Precisó que dado que la Luna y el Sol tienen casi igual tamaños angulares aparentes, sus diámetros deben estar en proporción con sus distancias a la Tierra. Concluyó así que el diámetro del Sol era 20 veces más grande que la Luna.



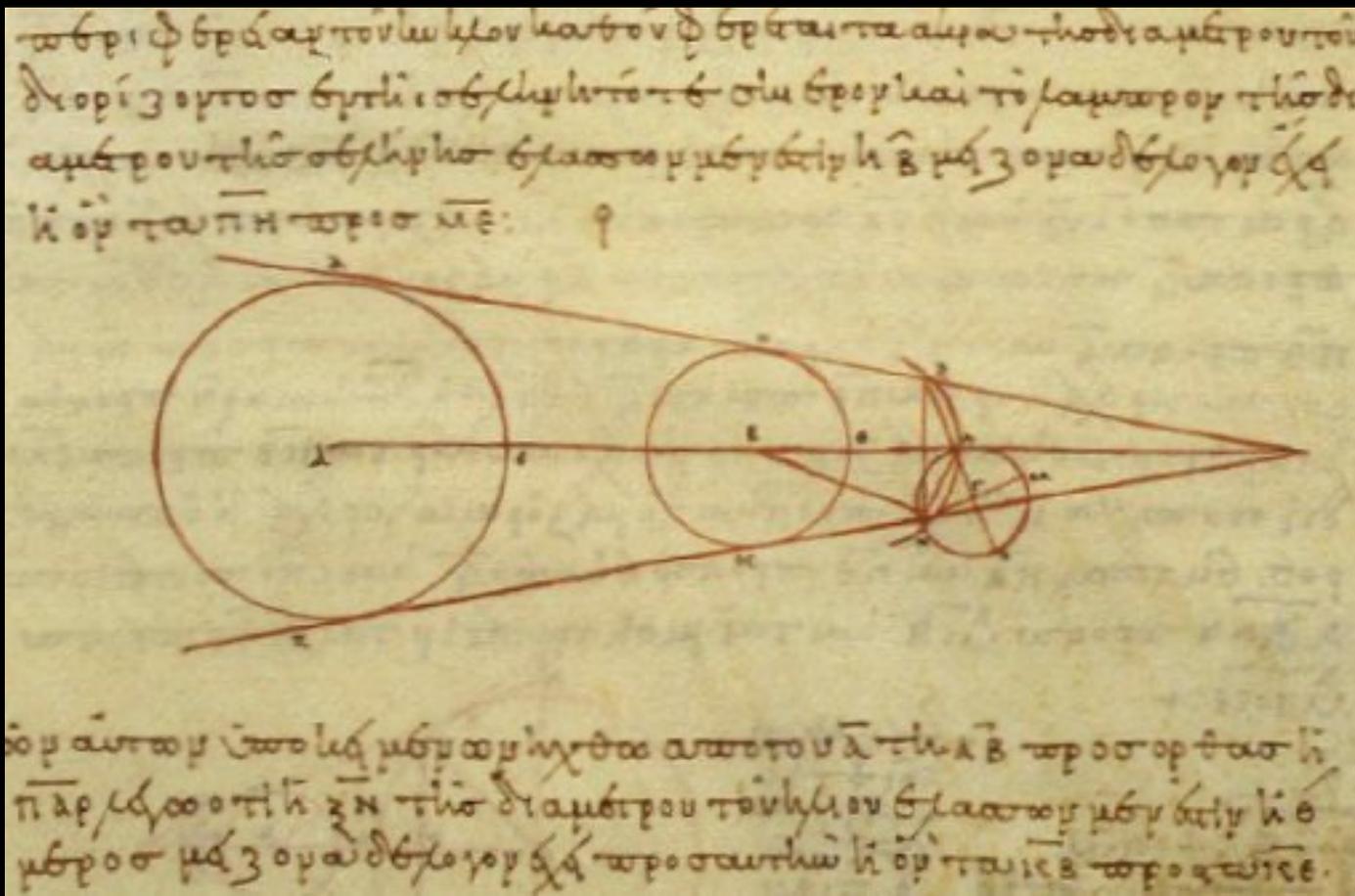


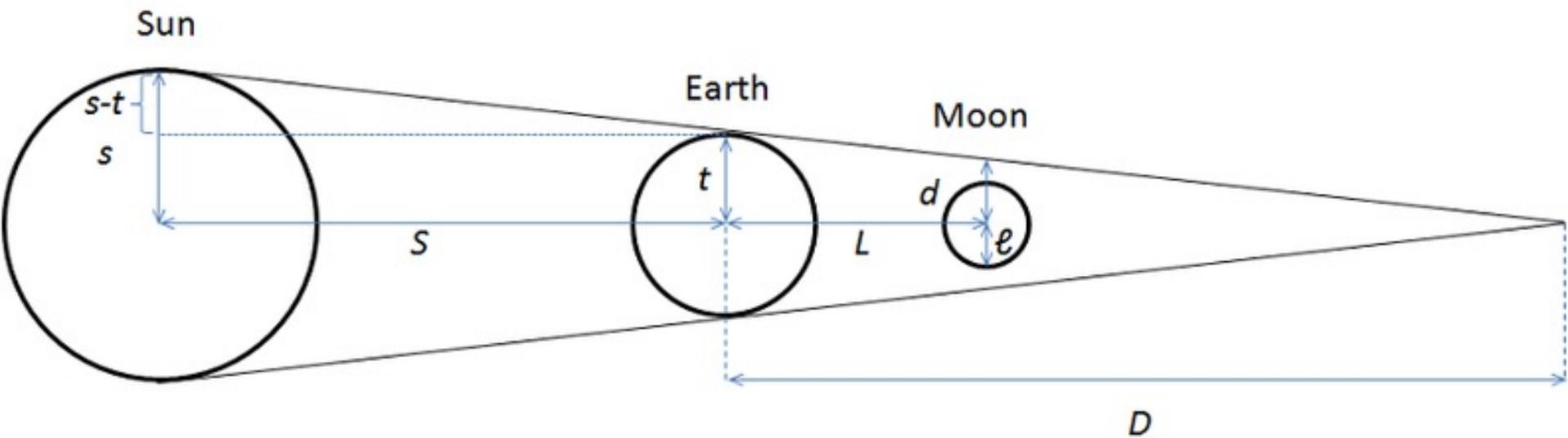
Sin embargo, actualmente conocemos que el angulo esta 89.9° y el Sol esta **389** veces mas lejos de la Tierra que la Luna.



El Sol es 389 veces más grande que la Luna.

Por otra parte, Aristarco dedujo, a partir del tamaño de la sombra de la Tierra sobre la Luna durante un eclipse lunar, que el Sol tenía que ser mucho mayor que la Tierra y que además tenía que estar a una distancia muy grande.





con un 'poco' más de matemáticas:

Cantidad	Relación	Griegos	Actual
s/t	Radio del Sol en radios de la Tierra	7	109
t/l	Radio de la Tierra en radios de la Luna	3	4
L/t	Distancia Tierra-Luna en radios terrestres	20	60
S/t	Distancia Tierra-Sol en radios terrestres	380	23500

El cráter lunar Aristarco,
el planeta menor 3999 Aristarco
y el telescopio Aristarco
llevan su nombre



La Tierra



- Radio $R_E = 6400$ km
- Masa $M_E = 6 \times 10^{24}$ kg
- Período de rotación (1 día)
24 h
- Período orbital 1 año =
365.256 días
- 1 satélite (la Luna)

La Luna ☾



- Distancia promedio entre Tierra y Luna = 380000 km (~1.3 segundos de luz)
- Radio $R_{\text{D}} = 1700$ km
- Masa $M_{\text{D}} = 7.3 \times 10^{22}$ kg
- Período de rotación = período orbital 27.3 días
- $M_{\text{E}}/M_{\text{D}} = 81$
- $R_{\text{E}}/R_{\text{D}} = 4$

El Sol ☉



- Distancia de la Tierra $1.5 \times 10^{11} \text{ m} = \sim 8.5$ minutos de luz = 1 UA (Unidad Astronómica)
- Radio $R_{\odot} = 7 \times 10^5 \text{ km}$
- Masa $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Temperatura de superficie: 6000 K
- Período de rotación: 25.4 días
- 8 planetas
- $M_{\odot}/M_E = 3 \times 10^5$
- $R_{\odot}/R_E = 110$

Imagínense la Tierra es una calabaza de 30 cm.

Entonces la Luna tendría el tamaño de una manzana y sería de 8 m distancia de la calabaza - la Tierra.

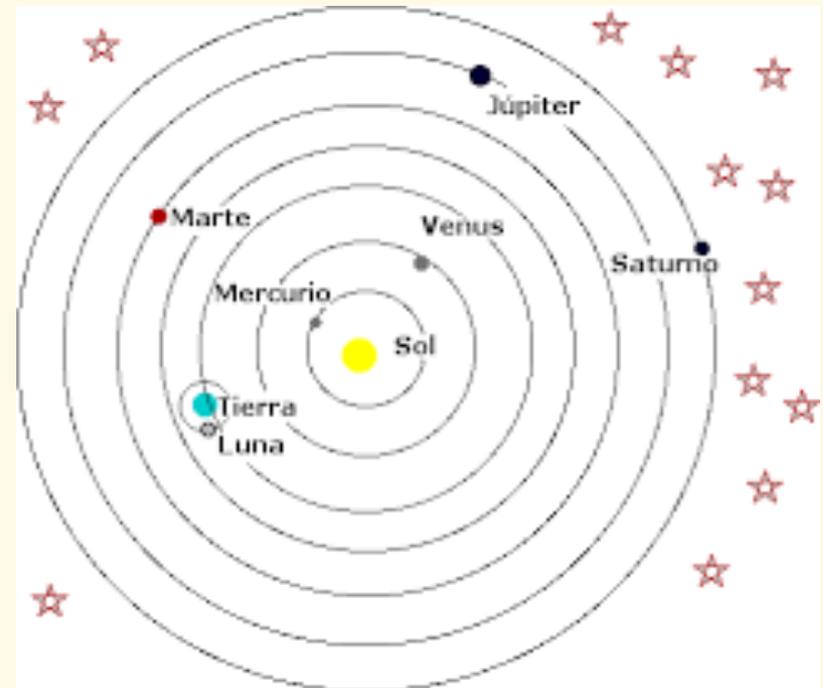
El Sol sería una bola gigante de 33 m en diámetro y estaría a una distancia de 3,5 km!



Modelo Heliocéntrico

Aristarco fue seguramente el primer astrónomo conocido que defiende una idea heliocéntrica del Universo:

la Tierra, los planetas y mucho más lejos las estrellas giran alrededor del Sol.



Hiparco de Nicea



Hiparco fue un astrónomo, geógrafo y matemático griego (nacido en Nicea alrededor de 190 a.C. - y muere alrededor de 120 a.C.).

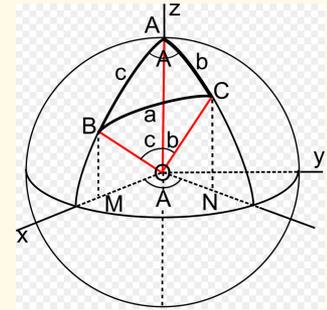
Nace dos años antes de la muerte de Eratóstenes, del que fue sucesor en la dirección de la Biblioteca de Alejandría.



Entre sus aportaciones cabe destacar:

- el primer catálogo de estrellas
- la división del día en 24 horas de igual duración (hasta la invención del reloj mecánico en el siglo XIV las divisiones del día variaban con las estaciones)
- el descubrimiento de la precesión de los equinoccios
- la distinción entre año sidéreo y año trópico
- mayor precisión en la medida de la distancia Tierra-Luna
- la oblicuidad de la eclíptica
- invención de la trigonometría (por lo cual es considerado el padre de la trigonometría) y de los conceptos de longitud y latitud geográficas.

Invencción de la Trigonometría



Por otra parte, Hiparco es el inventor de la trigonometría, para cuyo objeto consiste en relacionar las medidas angulares con las lineales. Las necesidades de ese tipo de cálculos es muy frecuente en Astronomía. Hiparco construyó una tabla de cuerdas, que equivalía a una moderna tabla de senos. Con la ayuda de dicha tabla, pudo fácilmente relacionar los lados y los ángulos de todo triángulo plano.

Ahora bien, los triángulos dibujados sobre la superficie de la esfera celeste no son planos sino esféricos constituyendo la trigonometría esférica.

The image shows the Hipparcos satellite in space. The satellite is a black, boxy structure with several large, rectangular solar panels extended from its sides. A prominent feature is a large, black, cylindrical telescope or camera lens mounted on the front. The background is a deep blue, starry sky with numerous bright stars and a pattern of concentric, curved lines, suggesting a long-exposure photograph or a simulated view of the star field. The text is overlaid on the right side of the image.

El satélite Hipparcos:
Catálogo de más de
1,000,000 estrellas

Claudio Ptolomeo

en griego, Κλαύδιος Πτολεμαῖος,
Klaudios Ptolemaios

Tolemaida, Tebaida, c. 87 –

Cánope, c. 170

trabajó en Alejandría la mayor parte de su vida.

Astrónomo, químico, geógrafo y matemático greco-egipcio, llamado comúnmente en español Ptolomeo (o Tolomeo)

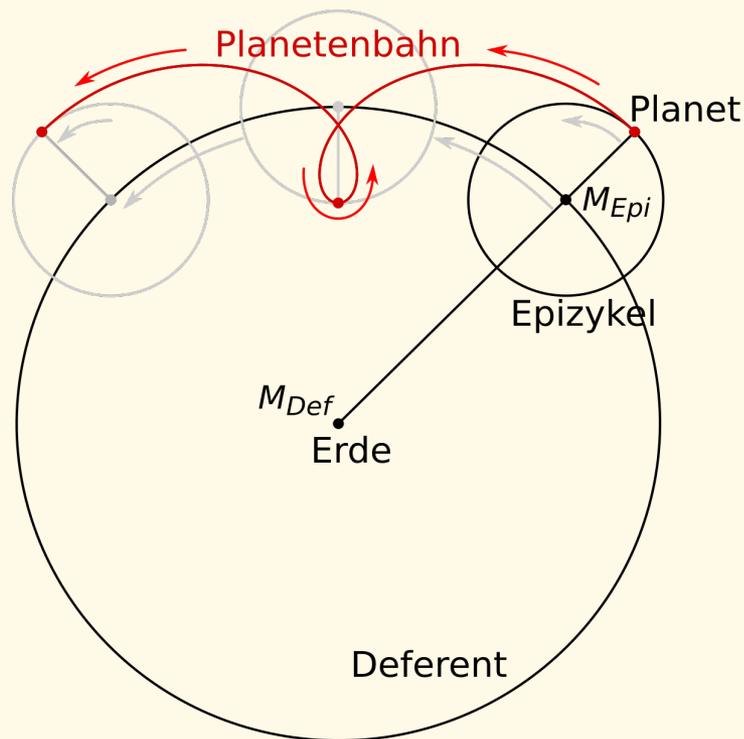


Compiló todo el saber astronómico de su época en los trece tomos de su *Mathematike syntaxis*, más conocida por *Megale syntaxis*. Escrita en griego originalmente, es traducida al árabe (*al-Majisti*) y posteriormente transcrita al latín en la Europa medieval con el nombre de *Almagesto*.



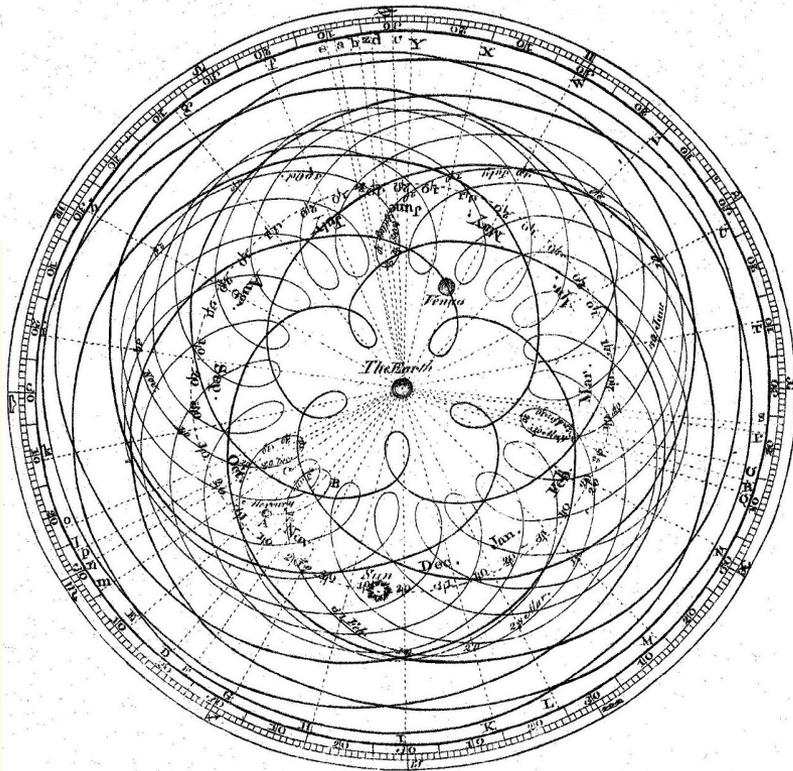
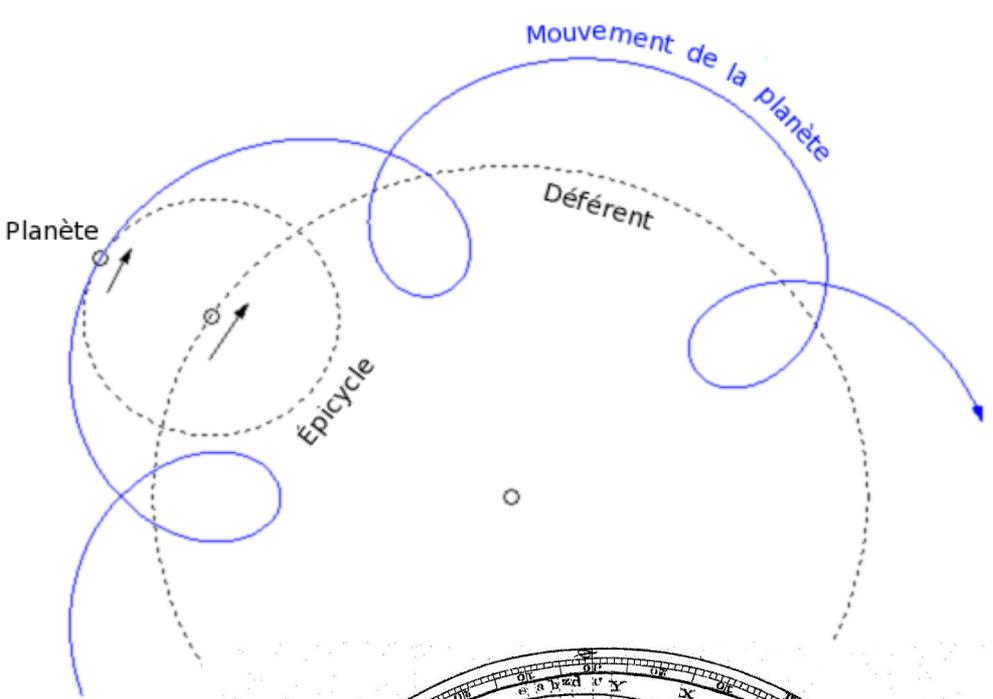
Biblioteca de Alejandría

Modelo de Hiparco y Ptolomeo: Epiciclos



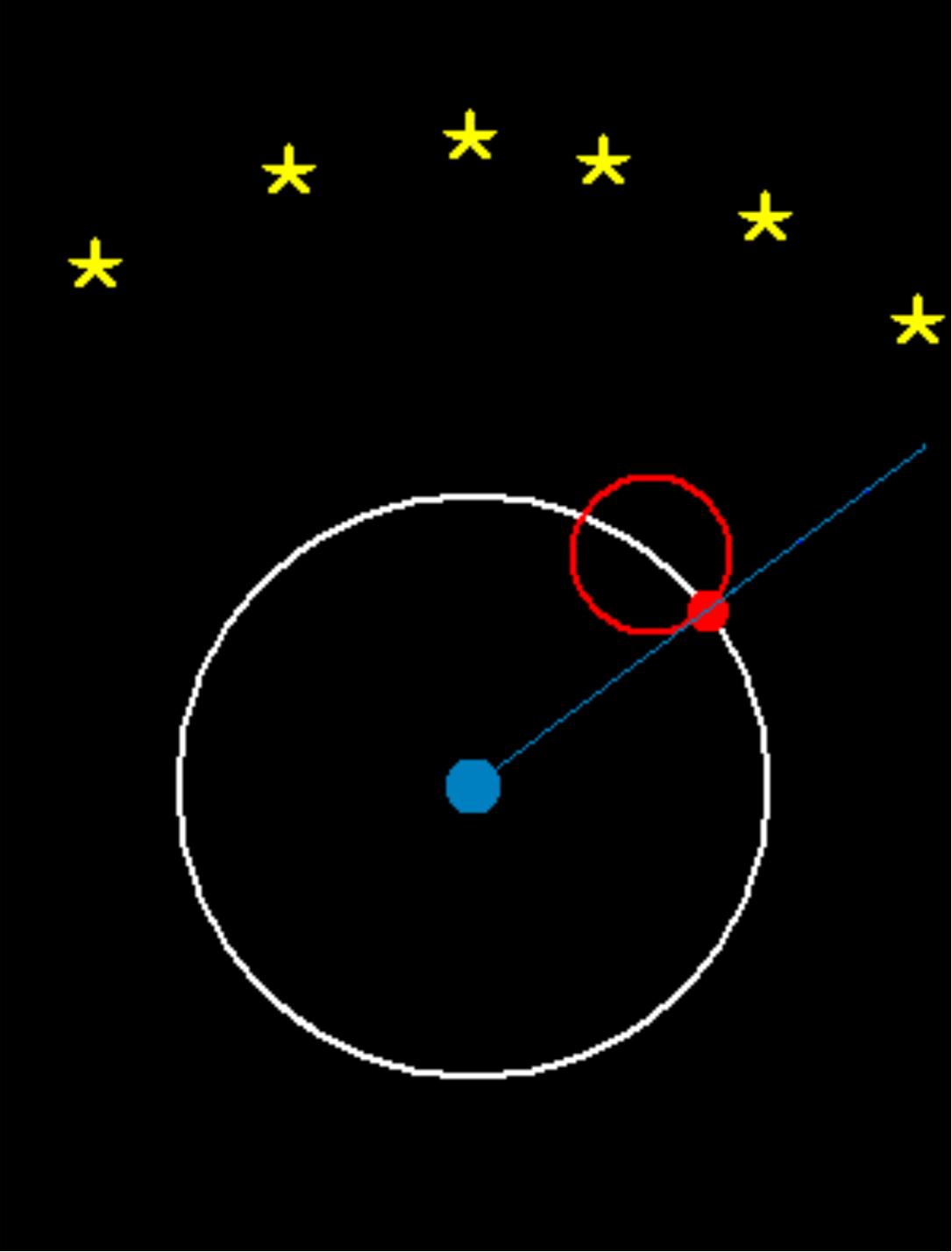
El epiciclo (del griego, epi, sobre, y kyklos, círculo, que significa sobre el círculo) fue la base de un modelo geométrico ideado por los antiguos griegos para explicar las variaciones en la velocidad y la dirección del movimiento aparente de la Luna, el Sol y los planetas.

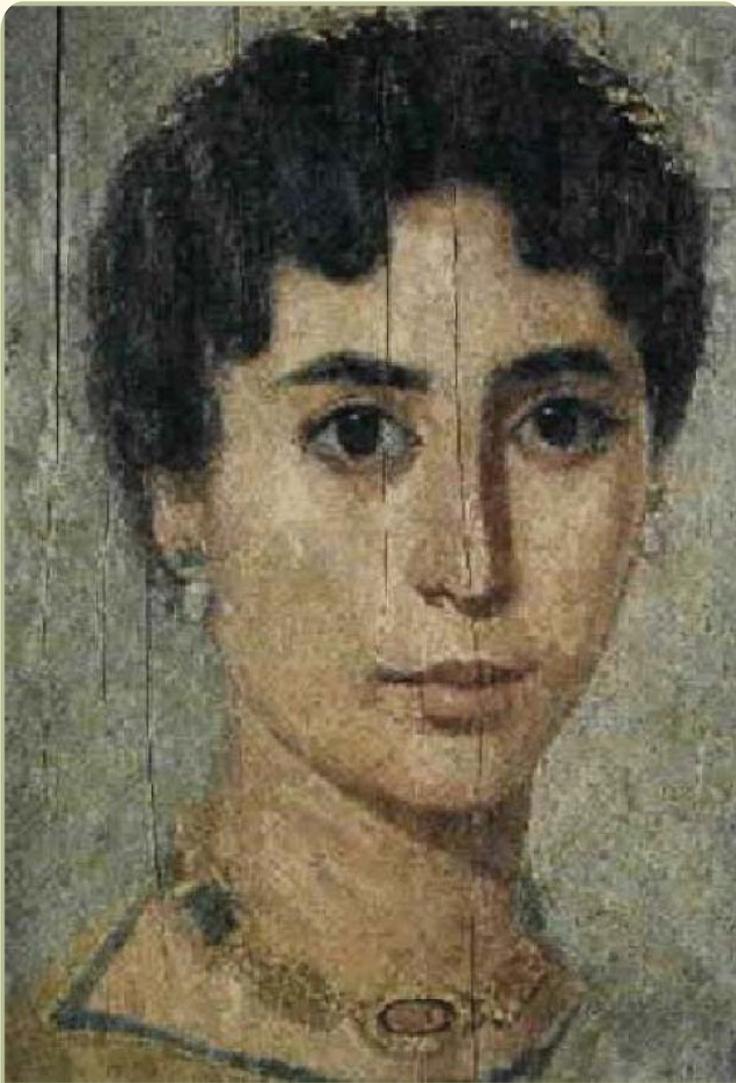
Fue propuesto por primera vez por Apolonio de Perga a finales del siglo II a. C. y usado ampliamente en el siglo II a. C. por Hiparco de Nicea. Casi tres siglos después, el también astrónomo griego Claudio Ptolomeo se basó en él para elaborar su versión de la teoría geocéntrica conocida ahora como sistema ptolemaico.



Con la mejora de las observaciones en los siglos siguientes, fue necesario ir añadiendo cada vez más círculos al modelo para adecuarlo a los hechos, llegando a ser impracticable. Con el advenimiento de la teoría heliocéntrica de Nicolás Copérnico y la explicación del movimiento planetario en órbitas elípticas por Johannes Kepler, el modelo de los epiciclos quedó obsoleto.

Movimiento de las Planetas en el Modelo geocentrico





Defiende tu derecho a pensar, porque incluso pensar de manera errónea es mejor que no pensar. HIPATIA

Hipatia de Alejandria

Alejandria 355/370 - 415/416

Filósofa, matemática y
astrónoma

Está considerada como una pionera en la historia de las mujeres en la ciencia.

Escribió sobre geometría, álgebra y astronomía, mejoró el diseño de los primitivos astrolabios.

asesinato

Una turba de cristianos bajo el liderazgo de un lector llamado Pedro, asaltó el carruaje de Hipatia mientras viajaba a casa. La arrastraron a un edificio conocido como Kaisarion, que había sido convertido en una iglesia cristiana. Allí, la mafia desnudó a Hipatia y la asesinó usando ostraka, que puede traducirse como "tejas" o "conchas de ostra". También le cortaron los globos oculares. Le destrozaron el cuerpo y arrastraron sus extremidades por la ciudad hasta un lugar llamado Cinarion, donde les prendieron fuego.



papel de San Cirilo

Aunque nunca se descubrió ninguna evidencia concreta que vinculara definitivamente a Cirilo con el asesinato de Hipatia, se creía ampliamente que él lo había ordenado. Incluso si Cyril no hubiera ordenado directamente el asesinato, su campaña de desprestigio contra Hipatia lo había inspirado.



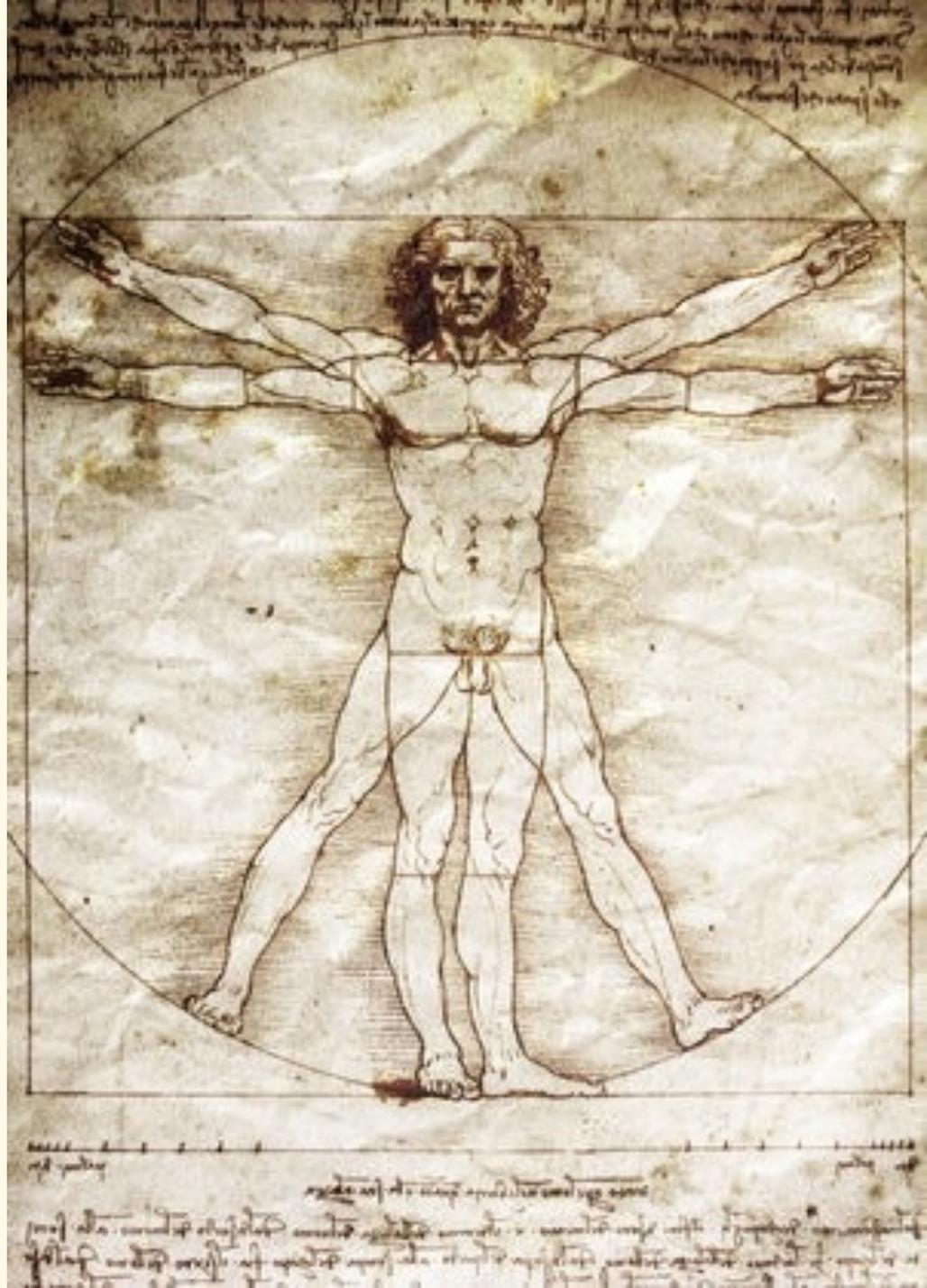
Laboratorio para la casa

- Mira la película "Agora" (2009).



Nicolás Copérnico

Modelo Heliocentrico





Astronomía y el concepto del universo en la edad medieval?

Nicolás Copérnico

en polaco **Mikołaj Kopernik**, en latín *Nicolaus Copernicus* , nació en Toruń, Prusia, Polonia, 19 de febrero de 1473 - murió en Frombork, Prusia, Polonia, 24 de mayo de 1543)



El fue el astrónomo que estudió la primera teoría heliocéntrica del Sistema Solar. Su libro, "De revolutionibus orbium coelestium" (de las revoluciones de las esferas celestes), es usualmente concebido como el punto inicial o fundador de la astronomía moderna, además de ser una pieza clave en lo que se llamó la Revolución Científica en la época del Renacimiento.

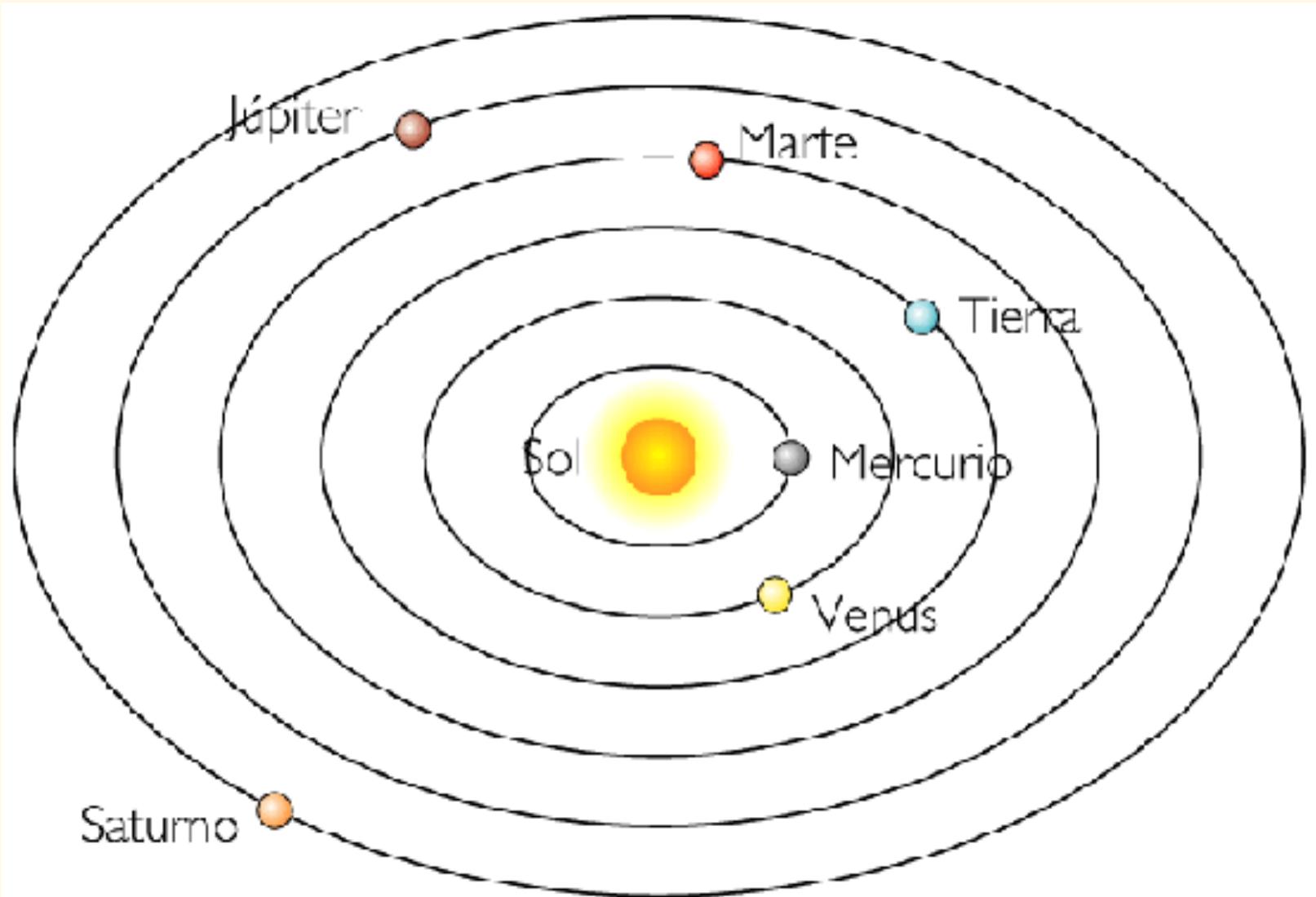
Copérnico pasó cerca de veinticinco años trabajando en el desarrollo de su modelo heliocéntrico del universo. En aquella época resultó difícil que los científicos lo aceptaran, ya que suponía una auténtica revolución.

Copérnico era matemático, astrónomo, jurista, físico, clérigo católico, gobernador, administrador, líder militar, diplomático y economista. Junto con sus extensas responsabilidades, la astronomía figuraba como poco más que una distracción.

Por su gran contribución en el campo de la astronomía, en 1935 se decidió en su honor llamarle Copernicus a un cráter lunar visible con la ayuda de binoculares, ubicado en el Mare Insularum.



El modelo heliocéntrico es considerado como una de las teorías más importantes en la historia de la ciencia occidental.



Las hipótesis fundamentales de la Teoría Copernicana:

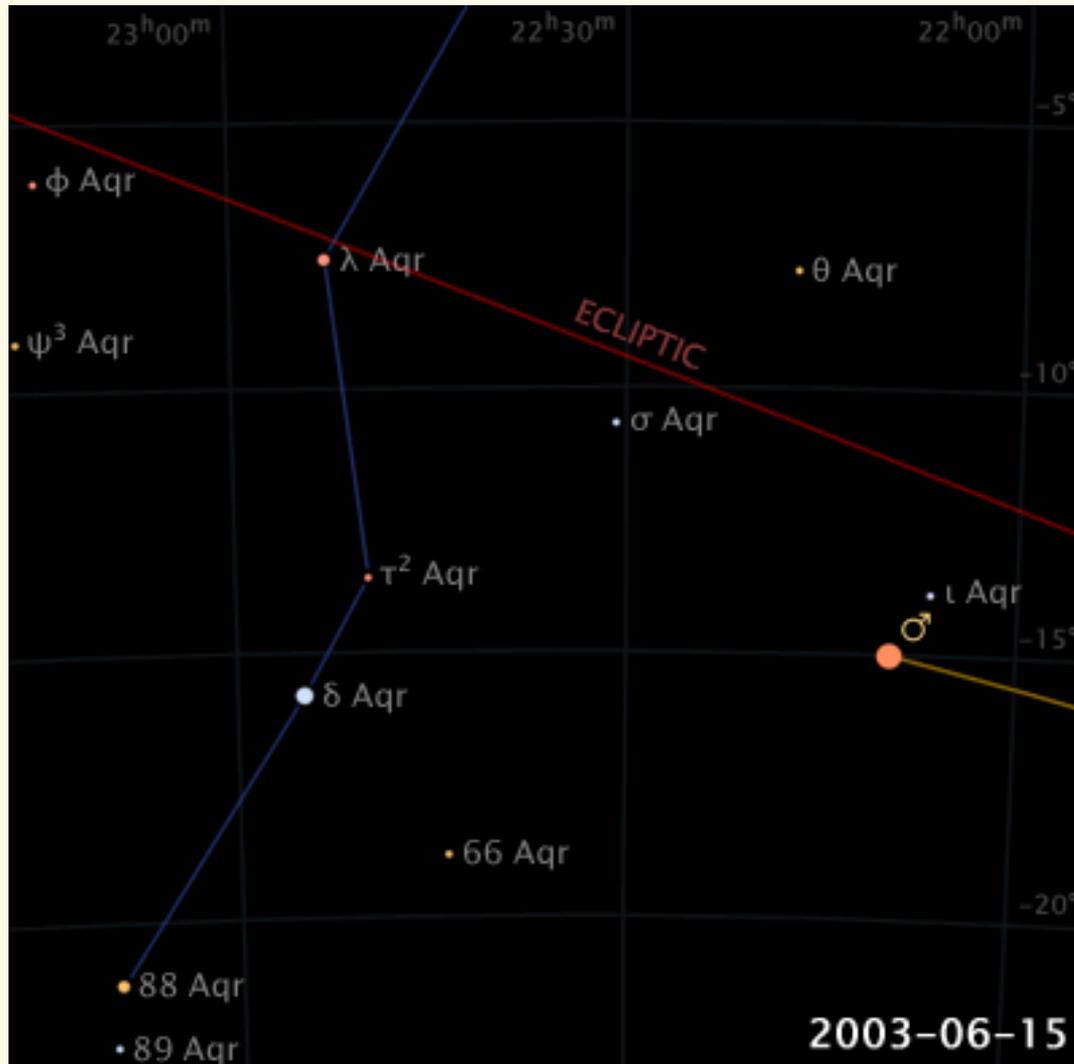
- El universo es redondo.
- La Tierra también es circular.
- El movimiento de los cuerpos celestes es uniforme, perpetuo y circular o compuesto por movimientos circulares. (epicyclos)

- El cielo es inmenso respecto a la magnitud de la Tierra.
- El orden de las órbitas celestes. Tras criticar el orden que la astronomía ptolemaica asignaba a los planetas, da el orden correcto de su alejamiento del Sol.

Se distinguen varios tipos de movimientos:

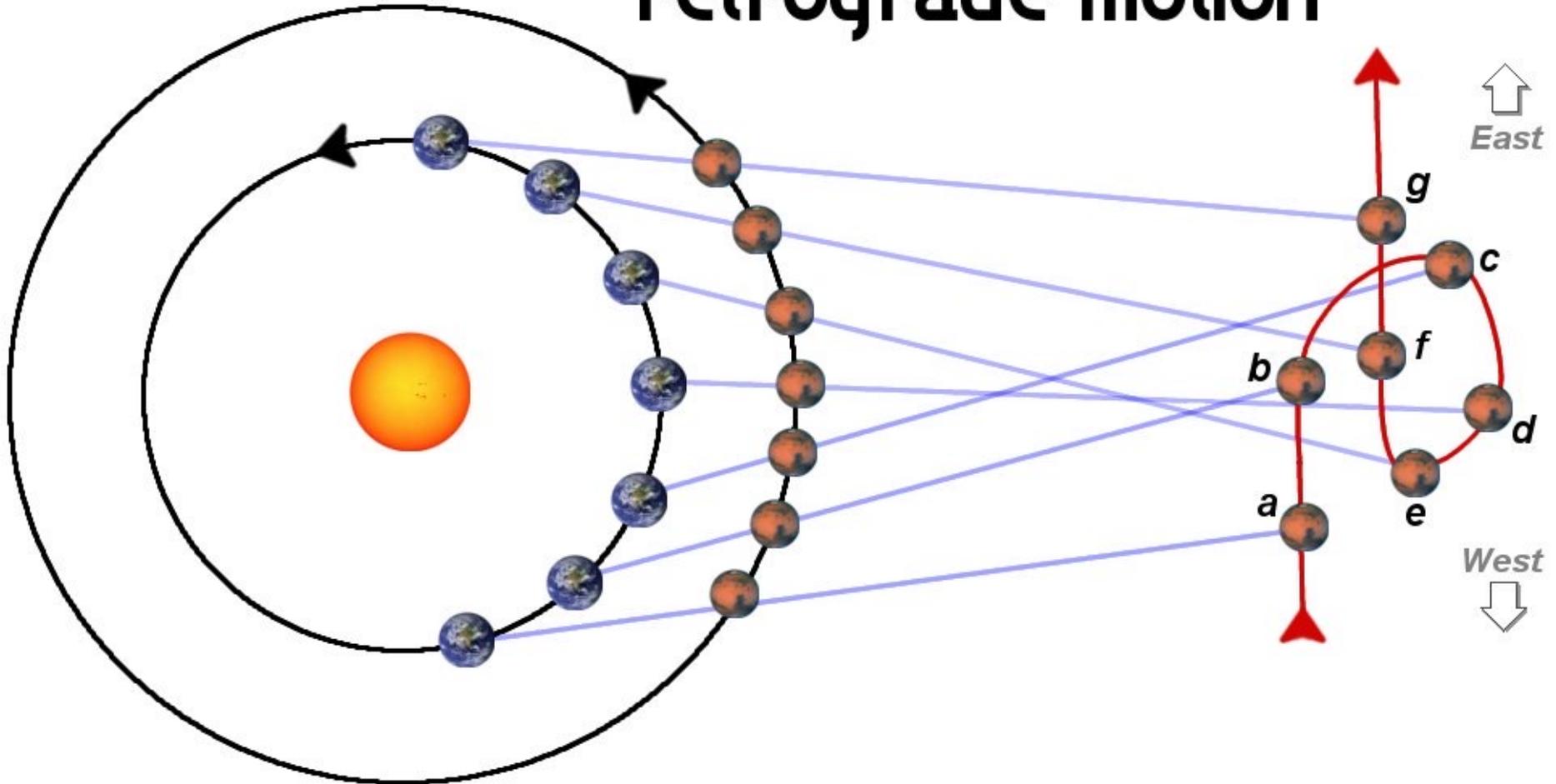
1. Movimiento diurno: Causado por la rotación de la Tierra en 24 horas y no de todo el universo.
2. Movimiento anual del Sol: Causado por la traslación de la Tierra alrededor del Sol en un año.
3. Movimiento mensual de la Luna alrededor de la Tierra.
4. Movimiento planetario: Causado por la composición del movimiento propio y el de la Tierra. La retrogradación del movimiento de los planetas no es más que aparente y no un movimiento verdadero, y es debido al movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol.

Movimiento retrogradación



Movimiento retrogradación

retrograde motion



Movimiento de las planetas en el modelo heliocéntrico

<https://www.youtube.com/watch?v=zqaMIKf9IDA>

Laboratorio para la casa

- Haz un Sol y los planetas y construye un modelo geocéntrico y luego heliocéntrico y juega con él.