

LAS ETAPAS DE LA ASTRONOMIA

5e.1b Astronomía Griega II

Aristarco de Samos

Astrónomo griego nacido en la isla de Samos en el 310 a.C. y muerto alrededor del 230 a.C., contemporáneo de Euclides.

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.

Aristarco no conocía las distancias de la Tierra a la Luna y al Sol, pero para su mente analítica no existían problemas, sino posibles soluciones, aún cuando pudiera equivocarse.

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**.

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, por consiguiente, tenía que estar a una distancia mayor: ¿Cuánto mayor?.

El Sol, al estar tan lejos, ilumina a la Luna prácticamente con un haz de rayos paralelos, sin embargo la luna lo oculta a veces a duras penas. (Eclipses Anulares), por consiguiente el tamaño era sin duda algo asombroso, por no hablar de su distancia.

No olvidemos que eran épocas en que distancias de unos diez mil kilómetros definían el mundo conocido.

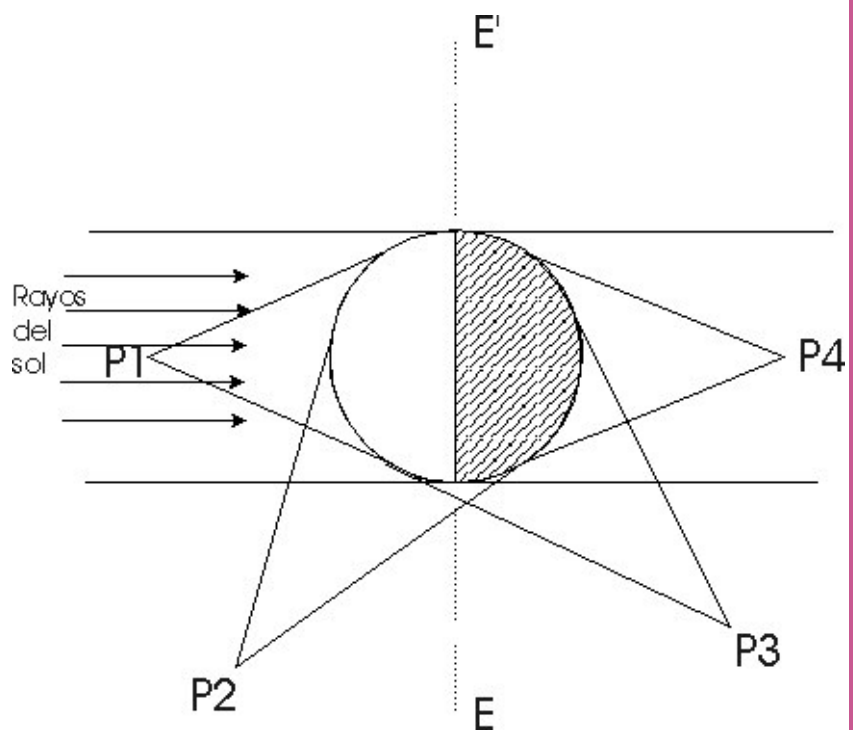
Analicemos en qué fase de la Luna ven distintos observadores en la Tierra según su posición:

En P1 el observador ve toda la parte iluminada de la Luna, es decir, está viendo la luna llena.

En P2 ve bastante parte iluminada y un poco no iluminada, es decir, esta última invisible para este observador.

En P3 ve poca parte iluminada y bastante sin iluminar.

En P4 no ve nada en absoluto, puesto que sólo ve parte no iluminada de la Luna, es decir, está viendo la luna nueva.

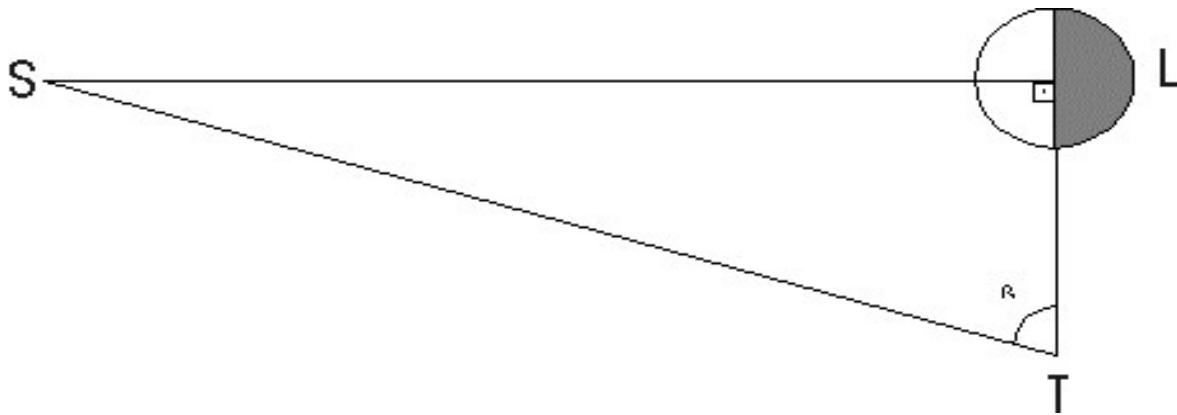


Podemos preguntarnos, ¿en qué posición el observador ve una media luna?: cuando tenga en su campo de visión una mitad del hemisferio iluminado y una mitad del hemisferio sin iluminar, es decir, cuando esté en algún punto de la línea EE'.

En fin, un observador en la Tierra ve una media luna sólo cuando el ángulo $\angle TLS$ sea un ángulo recto.

Para medir este ángulo hay que observar a la vez el Sol y la Luna cuando ésta es visible de día, especialmente cerca de la puesta del sol o de su salida.

Algunas veces, en estas condiciones, la Luna está en fase de media luna (cuarto creciente o cuarto menguante), entonces medimos $\angle TLS$, que llamaremos β (beta) a partir de ahora.



La primera observación de Aristarco, **sin realizar medida alguna**, fue muy curiosa: puesto que la hipotenusa de un triángulo rectángulo es el lado más grande, dedujo que el Sol está más lejos de la Tierra que la Luna, lo que a posteriori resulta muy claro, pero no olvidemos el tiempo. También dedujo que el Sol debía ser mucho más grande que la Luna, ya que estando más lejos tenía el mismo tamaño aparente desde la Tierra, como ya lo dijimos.

Al medir β , se determina el tercer ángulo (el complementario de β), de forma que se conoce la figura pero no el tamaño del triángulo $\triangle TLS$.

Por tanto, aunque la longitud verdadera de cualquier lado no está determinada, la proporción de cualquier par de lados sí que lo está.

La proporción de las distancias LT(Luna-Tierra) / ST(Sol-Tierra) nos la da el coseno del ángulo β :

$$\frac{LT}{ST} = \cos \beta$$

Aristarco midió un ángulo β de 87° , con lo que:

$$\frac{LT}{ST} = 0.052$$

$$ST = \frac{LT}{0.052}$$

$$ST = 19 \cdot LT$$

Es decir, Aristarco dedujo que el **Sol está 19 veces más lejos** de nosotros que la Luna.

Sin embargo, actualmente se conoce que el Sol está 389 veces más lejos de la Tierra que la Luna.

¿Por qué fue entonces tan inexacto el resultado de Aristarco?. Seguramente por dos razones:

- 1. β es casi de 90° , y para este ángulo un pequeño error es crítico.** (Es conveniente aquí que hables con tu profesor de matemáticas y consultes tu tabla de logaritmos o tu calculadora). Además usando la ballestilla y tres elementos que formen un triángulo rectángulo puedes hacer el experimento. Proponlo en clase de Astronomía o matemáticas. Te sorprenderá el resultado y entenderás mucho mejor el poder de la trigonometría con asombrosa y enorme facilidad.
- 2. A simple vista no puede establecerse con precisión cuándo está la Luna en la fase de media luna, así como localizar con exactitud los centros del sol y la luna.**

En definitiva, no importa tanto el que Aristarco utilizase datos imprecisos y consiguiera respuestas imperfectas. Lo que realmente sí asombra es que su método fuese tan sencillo, claro y correcto; de manera que si luego se disponía de mejores observaciones podrían darse respuestas más precisas.

Hiparco

Astrónomo griego de Nicea, (190-120 a.C.), conocido principalmente por su catálogo de más de 1000 estrellas. Además estudiando observaciones muy anteriores, descubre la **precesión de los equinoccios**.

Descubre así mismo la distinta duración de las estaciones, lo que le lleva a pensar en la idea de una velocidad variable del Sol en su movimiento alrededor de la Tierra, y observa también que la velocidad de la Luna era a su vez variable en las cuadraturas.

Para explicar la variación en la duración estacional, utiliza los modelos de Apolonio, con dos argumentos distintos: el uso de epiciclos y el uso de excéntricas. Estas explicaciones son de carácter predictivo, con un margen de error de 1º.

Ptolomeo

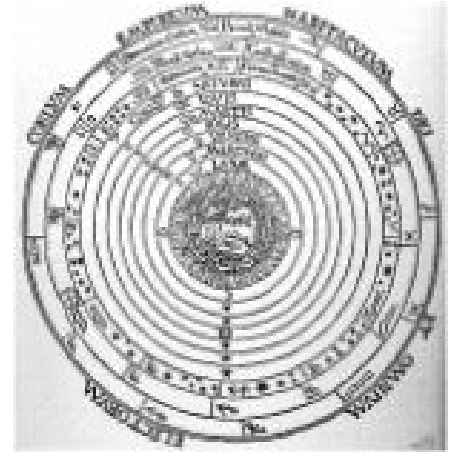
Nació en Grecia (87-170 d.C.) y trabajó en Alejandría la mayor parte de su vida. Compiló todo el saber astronómico de su época en los trece tomos de su *Mathematike Syntaxis*, más conocida por *Megale Syntaxis*. Escrita en griego originalmente, es traducida al árabe (*al-Majisti*) y posteriormente transcrita al latín en la Europa medieval con el nombre de *Almagesto*.

Utiliza el modelo geocéntrico heredado de Aristóteles:

La Tierra en el centro y ocho esferas rodeándola. En ellas estarían la Luna, el Sol, las estrellas y los cinco planetas conocidos en aquel tiempo: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno.

Los planetas se movían en círculos más internos engarzados a sus respectivas esferas. La esfera más externa era la de las estrellas fijas, las cuales siempre permanecían en las mismas posiciones relativas, las unas con respecto a las otras, girando juntas a través del cielo.

En la ilustración adjunta, apenas visible por su antigüedad, vemos a la tierra en el centro en orden de distancia, la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno.



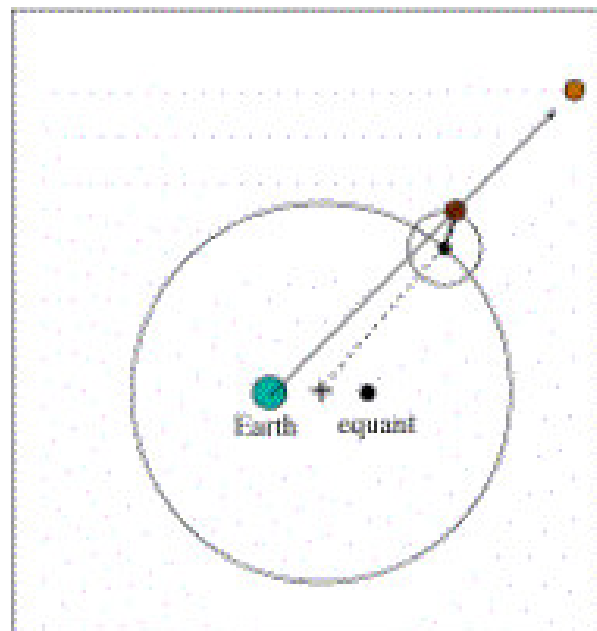
Este modelo no describía con claridad que había detrás de la última esfera, pero desde luego no era parte del universo observable por el ser humano.

Utiliza el sistema de epiciclos iniciado por Hiparco y Apolonio. Como resultado de la combinación de epiciclos y deferentes, obtiene una curva que explica los puntos estacionarios y las retrogradaciones.

Para que el movimiento esté conforme con la observación, es necesario escoger el tamaño relativo del epiciclo y el deferente; y cuando sea necesario, las velocidades relativas de rotación de ambos círculos.

Basa sus cálculos en el plano de la eclíptica y para acomodar ciertas variaciones en latitud, inclina los planos orbitales de las deferentes de Marte, Júpiter y Saturno.

Para Ptolomeo la Tierra no tiene necesariamente que encontrarse en el centro del deferente, de tal forma que éste podría ser excéntrico.



Por otra parte, introduce el mecanismo del "ecuante", necesario para explicar los cambios aparentes de velocidad en las órbitas de los planetas.

El sistema de Ptolomeo presenta algunas dificultades:

- I. La explicación del movimiento de la Luna, sobre todo con el tamaño aparente que debería presentar en las cuadraturas: Ptolomeo debía suponer que la Luna seguía un camino que la situaba en algunos instantes dos veces más cerca de la Tierra que en otras, por lo que habría veces que la Luna debería aparecer con tamaño doble del que realmente tiene.
- II. Aceptaba la suposición arbitraria de que los centros de los epiciclos de Venus y Mercurio estaban permanentemente fijos en una línea trazada desde la Tierra al Sol; o sea, los deferentes de ambos planetas, al igual que el sol, se movían una vez cada año alrededor de la Tierra.
- III. Las predicciones de las posiciones planetarias se apoyaban en medidas de ángulos, no de distancias. Por todo ello, Ptolomeo no se comprometió con la cuestión de la existencia de los epiciclos y deferentes de los cielos, así consideraba su sistema, A diferencia de lo sucedido con Aristóteles, como un modelo del funcionamiento del Universo y no como su verdadera imagen.