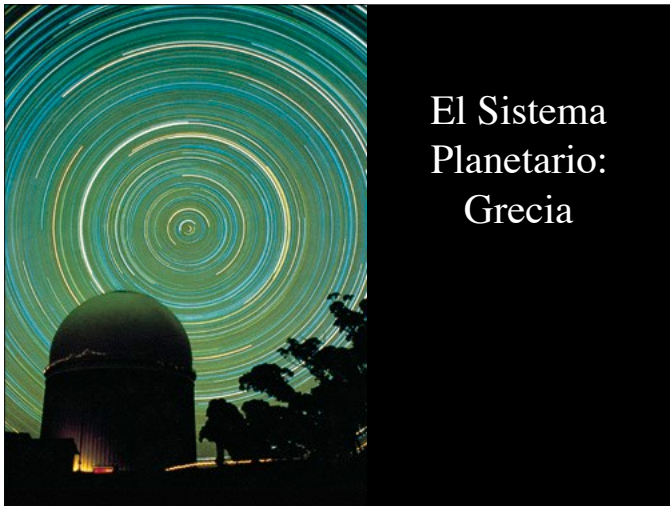




El Sistema Planetario: Grecia

Observaciones Fundamentales

1. Estrellas giran hacia el Oeste cada día manteniendo idénticas sus posiciones relativas (esfera de estrellas fijas) y su brillo aparente.
2. Planetas se mueven generalmente hacia el Este c/r a las estrellas fijas. Planetas son 7: Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno.
3. Los planetas ocasionalmente invierten el sentido de su movimiento (movimiento retrógrado).
4. El brillo aparente de los planetas es variable, siendo máximo durante el movimiento retrógrado.
5. Sol y Luna no tienen movimiento retrógrado ni varían su brillo aparente.

Observaciones Fundamentales (2)

1. Todos los planetas se mueven muy cerca de la Eclíptica
2. Mercurio y Venus nunca se alejan demasiado del Sol, en particular nunca están en oposición. Elongación máxima de Mercurio es 28° (≈ 2 horas) y de Venus es 47° (≈ 3 horas).
3. De repente hay cometas (impredecible).

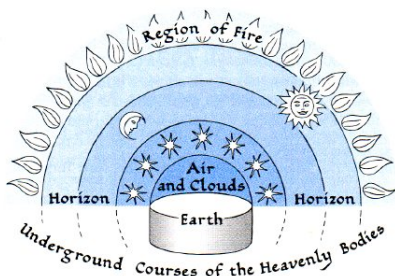
Inicios de la Astronomía Griega

- Pitágoras, Tales de Mileto, Anaxímenes, Anaximandro, Heráclito, Parménides, etc.
 - Inicios de la Matemática, Cosmología, Filosofía.
 - Intentos de explicar la naturaleza en términos de leyes “simples” (en vez de divinidades).
 - Matemática tiene un rol privilegiado como sentido filosófico de perfección.
 - Cosmología separa “terrenal” de “celeste”
 - Tierra esférica y estaciones debidas y “latitud” del Sol; uso del **Gnomon**.
 - Entienden fases y eclipses lunares.

Anaximandro (580 ac)

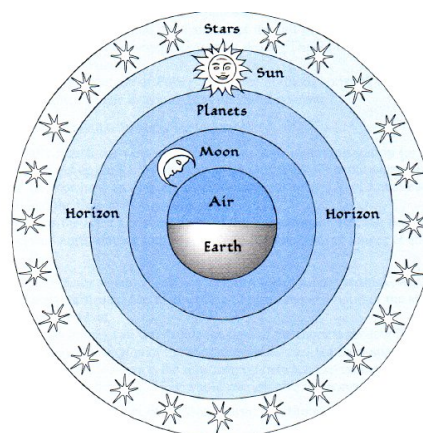
Tierra Cilíndrica

Esfera de estrellas fijas muy cercanas, a pesar de que la Luna oculta estrellas durante su movimiento.



Leucipo (480 ac)

Tierra aun es cilíndrica pero ahora estrellas fijas son muy distantes.



Inicios de la Astronomía Griega (2)

- Empédocles (450 ac):
 - 4 Elementos fundamentales: tierra, agua, aire, fuego.
- Platón (380 ac):
 - Mundo de las ideas “paralelo” al real (perfección).
 - “Guarden los datos” (teorías deben explicar las observaciones)
 - Matemática tiene un rol privilegiado como sentido filosófico de perfección (Pitagórico).
 - Ordena los planetas de acuerdo a las sucesiones 1,2,4,8 y 1,3,9,27 del siguiente modo: Luna 1, Sol 2, Venus 3, Mercurio 4, Marte 8, Jupiter 9, Saturno 27.

Eudoxio

- Diseña un sistema de cuatro esferas homocéntricas por planeta para reproducir el movimiento retrógrado observado.
 1. Esfera externa gira en 24 horas y su eje es paralelo al Eje del Mundo (NS).
 2. Esfera siguiente gira con el Período Sideral (año) del planeta, y su eje es perpendicular al plano de la eclíptica.
 3. La tercera y cuarta esferas tienen sus ejes sobre la eclíptica (pero no paralelos) y giran con la misma velocidad angular pero en sentido contrario. De este modo reproducen el movimiento retrógrado de los planetas.
 4. El planeta se encuentra sobre el ecuador de la esfera interna.
- 27 esferas en total: 1 para las Estrellas fijas; 20 para los cinco planetas; 6 para el Sol y la Luna.

Eudoxio

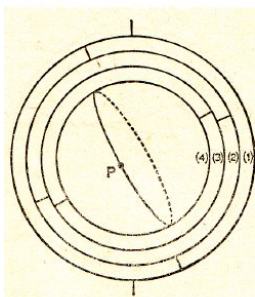


DIAGRAMA 6. La teoría de Eudoxio sobre las esferas concéntricas. El planeta (P) se halla en el ecuador de la esfera (4), fuera del plano del resto del diagrama.

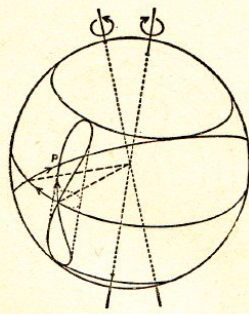


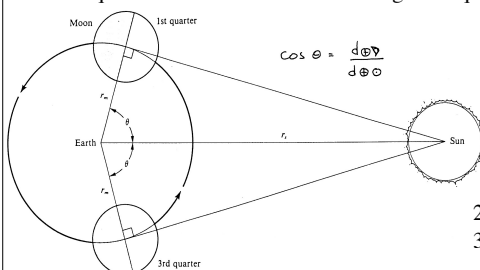
DIAGRAMA 7. Ilustración de la "hipótesis" de Eudoxio. De la Scripta Mathematica de Neugebauer, número 19 (1953), p. 229.

Aristóteles

- Gran discípulo de Platón; sin embargo se acerca a la filosofía a través principalmente de la observación (en oposición al mundo ideal teórico de Platón).
- Leyes físicas distintas en el cielo y la tierra:
 - Cielo es **inmutable**, éter, esférico.
 - Tierra es cambiante, tierra-agua-aire-fuego. Movimiento se explica por la tendencia natural de los cuerpos de buscar su equilibrio entre estos 4 elementos.
- Universo de esferas cristalinas de Eudoxio. Ya no es un modelo **abstracto** sino uno **mecánico** y por lo tanto para cada esfera de Eudoxio agrega una contraesfera que restablece el “reposo” para el planeta que sigue.

Aristarco de Samos (270 ac)

1. Mide la razón entre las distancias al Sol y a la Luna formando un triángulo rectángulo en el cuarto creciente (o menguante).
 - Encontró ángulo = 87° , o bien $d_{\text{Luna}}:d_{\text{Sol}} = 1:19$
 - Como tamaño angular del Sol y la Luna son iguales, concluye que el Sol debe ser 19 veces más grande que Luna.

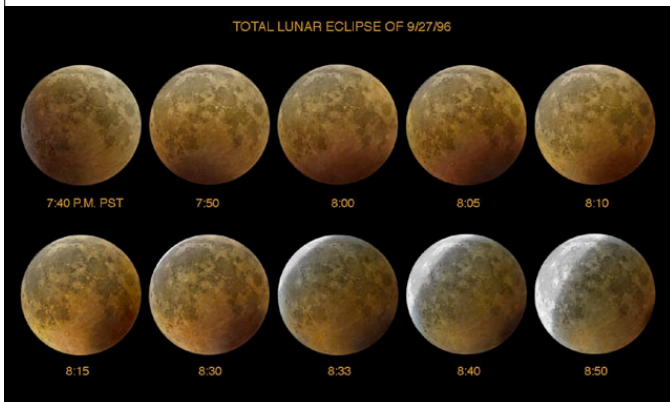


$$\begin{aligned} 2\theta &= 14 \text{ días} \\ 360^\circ - 2\theta &= 15 \text{ días} \\ \therefore \theta &= 87^\circ \end{aligned}$$

Aristarco de Samos (2)

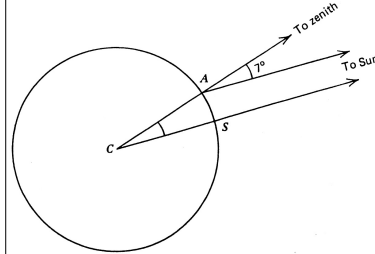
- Pero además midiendo la sombra de la Tierra proyectada sobre la Luna durante un eclipse total de Luna determina que la Tierra debe ser 3 veces más grande que la Luna, lo cual implica que el Sol es 6 veces más grande que la Tierra.
- Si tamaño angular de Luna es 2° , entonces concluye que $d_{\text{Luna}} = 20R_{\text{Tierra}}$ y $d_{\text{Sol}} = 390R_{\text{Tierra}}$
- Luego propone sistema centrado en el Sol:
 - Movimiento diurno se debe a rotación de la Tierra
 - Año se debe a traslación de la Tierra
- Sin embargo “se da cuenta” que la rotación terrestre debe causar enormes vientos O-E que no se observan. Además la traslación de la tierra debiera causar paralajes anual que no se observan. Luego desecha el sistema Heliocéntrico del mundo.

Eclipse total de Luna, notar forma de la sombra terrestre



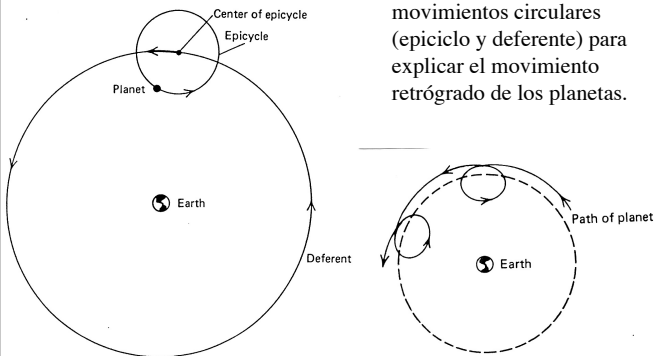
Eratóstenes (250 ac)

- Mide el radio terrestre, al darse cuenta que cuando el Sol está sobre el cenit en Siena (hoy Asuán), se encuentra a 7° del cenit en Alejandría, ubicada a 5000 estadios de distancia.
- Supone la tierra esférica y el Sol muy lejos (rayos paralelos) y concluye que el radio terrestre debe ser de 41000 estadios.



Apolonio (320 ac)

Utiliza el mecanismo de una combinación de dos movimientos circulares (epiciclo y deferente) para explicar el movimiento retrógrado de los planetas.

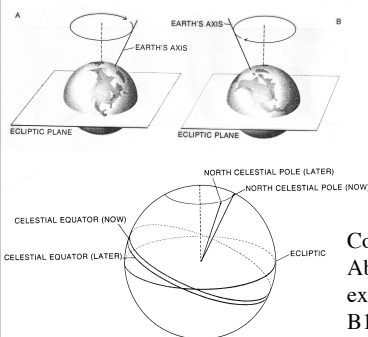


Hiparco (100 ac)

- Determina $d_{\text{Luna}} = 60 R_{\text{Tierra}}$ usando el tamaño angular de la Luna como 0.5° , luego concluye que $d_{\text{Sol}} = 2550 R_{\text{tierra}}$
- Clasifica estrellas por su brillo en magnitudes 1 a 6 (brillantes a débiles).
- Demuestra que es equivalente:
 - El Sol describe un círculo de radio r centrado a una distancia e_r de la tierra en un año
 - El Sol se mueve en un epiciclo de radio e_r en dirección EO mientras el epiciclo describe un círculo de radio r en dirección opuesta.
- Desplaza el centro del Deferente Solar del centro de la tierra de modo de reproducir el largo desigual de las estaciones:
 - Verano 89.0d, Otoño 92.9d, Invierno 93.7d, Primavera 89.6d

Hiparco: Precesión

- Descubre la **Precesión de los Equinoccios**:
 - Movimiento del eje del mundo en torno el Polo Eclíptico con un período de 25800 años.



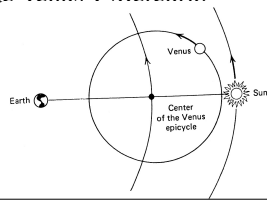
Coordenadas Ecuatoriales Absolutas varían, por ello se explicita el año al cual se refieren: B1950.0, J2000.0

Table 1-1
The 13 Constellations of the Zodiac

Constellation	Dates of Sun's Passage Through
Pisces	March 13–April 20
Aries	April 20–May 13
Taurus	May 13–June 21
Gemini	June 21–July 20
Cancer	July 20–August 11
Leo	August 11–September 18
Virgo	September 18–November 1
Libra	November 1–November 22
Scorpius	November 22–December 1
Ophiuchus	December 1–December 19
Sagittarius	December 19–January 19
Capricorn	January 19–February 18
Aquarius	February 18–March 13

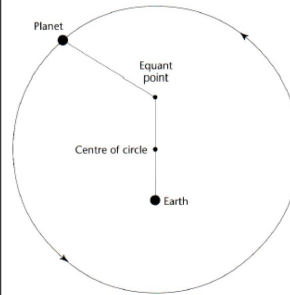
Ptolomeo (150 dc)

- Modelo Geocéntrico del mundo.
 - Planetas giran en torno a la tierra en movimientos circulares compuestos de un Deferente y un Epiciclo.
 - Deferente NO está centrado en la tierra sino algo desplazado.
 - El centro de los epiciclos de Venus y Mercurio siempre apuntan al Sol



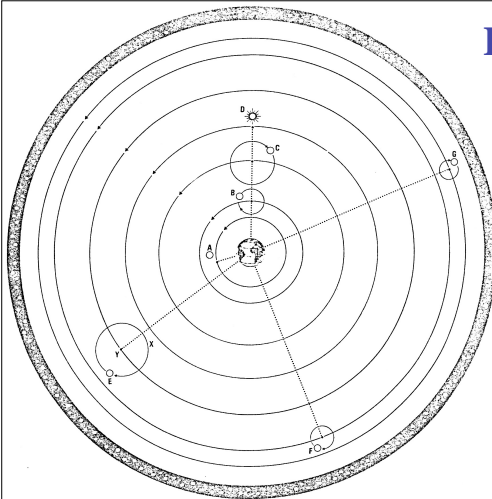
Ptolomeo

- Introduce punto **Ecuante**, opuesto (equidistante) a la tierra del centro del Deferente.
- Velocidad angular de un planeta es constante visto desde el Ecuante; esto es una buena aproximación a la Ley de las áreas de Kepler!



Almagesto (El grande en árabe) es el primer libro con una descripción detallada matemática (geométrica) y predictiva de las posiciones de los planetas en cualquier fecha.

Ptolomeo



A= Luna
B= Mercurio
C= Venus
D= Sol
E= Marte
F= Júpiter
G= Saturno

Ptolomeo: primer mapa con Lat-Long

