

Astrofísica - I Introducción



I - Historia de la Astronomía

Astrofísica - I Introducción

I - Historia de la Astronomía

- La astronomía en la Historia
- Prehistoria
- Babilonia y el antiguo Egipto
- Otras civilizaciones milenarias
- Astronomía en la Grecia clásica
 - Pitágoras, Platón y Aristóteles
 - Alejandría
 - Ptolomeo
- La edad oscura
- El Renacimiento
 - Copérnico
 - Tycho Brahe
 - Kepler
 - Galileo
- Newton
- El desarrollo de la Astrofísica

La Astronomía en la historia

La Astronomía es la más antigua de las ciencias

- * La mayoría de las civilizaciones antiguas practicaban algún tipo de astronomía
- * Primeras aplicaciones matemáticas para entender el mundo natural
- * El curriculum universitario medieval incluía la astronomía
- * Jugó un papel fundamental en la revolución científica del siglo XVII (propició el nacimiento de la Física)

Al contrario que otras disciplinas, la astronomía fue una ciencia casi desde el principio ya que en su desarrollo intervenían:

- ▶ Observaciones precisas
- ▶ Desarrollos matemáticos



Periodos en la historia de la Astronomía

● Prehistoria (antes 500 A.C.)

- Observación de los movimientos cíclicos del Sol, la Luna y las estrellas
- Desarrollos de los calendarios y determinación de orientaciones
- Astrología y religión

● Clásico (500 A.C. – 1400 D.C.)

- Medidas de posiciones y movimientos
- Modelos geométricos del Universo (geocéntricos) para explicar el movimiento de los planetas

● Renacimiento (1400 D.C. – 1650 D.C.)

- Acumulación de datos más precisos
- Mejores modelos (heliocéntricos) para explicar los datos
- Aparece el telescopio

● Moderno (desde 1650 D.C.)

- Modelos físicos y avances matemáticos
- Nacimiento y desarrollo de la astrofísica
- Los avances tecnológicos aceleran el conocimiento

La Astronomía en la historia

A lo largo de la historia la astronomía ha pasado de ser una ciencia aplicada a una ciencia pura



Las primeras motivaciones para el desarrollo de la astronomía fueron:

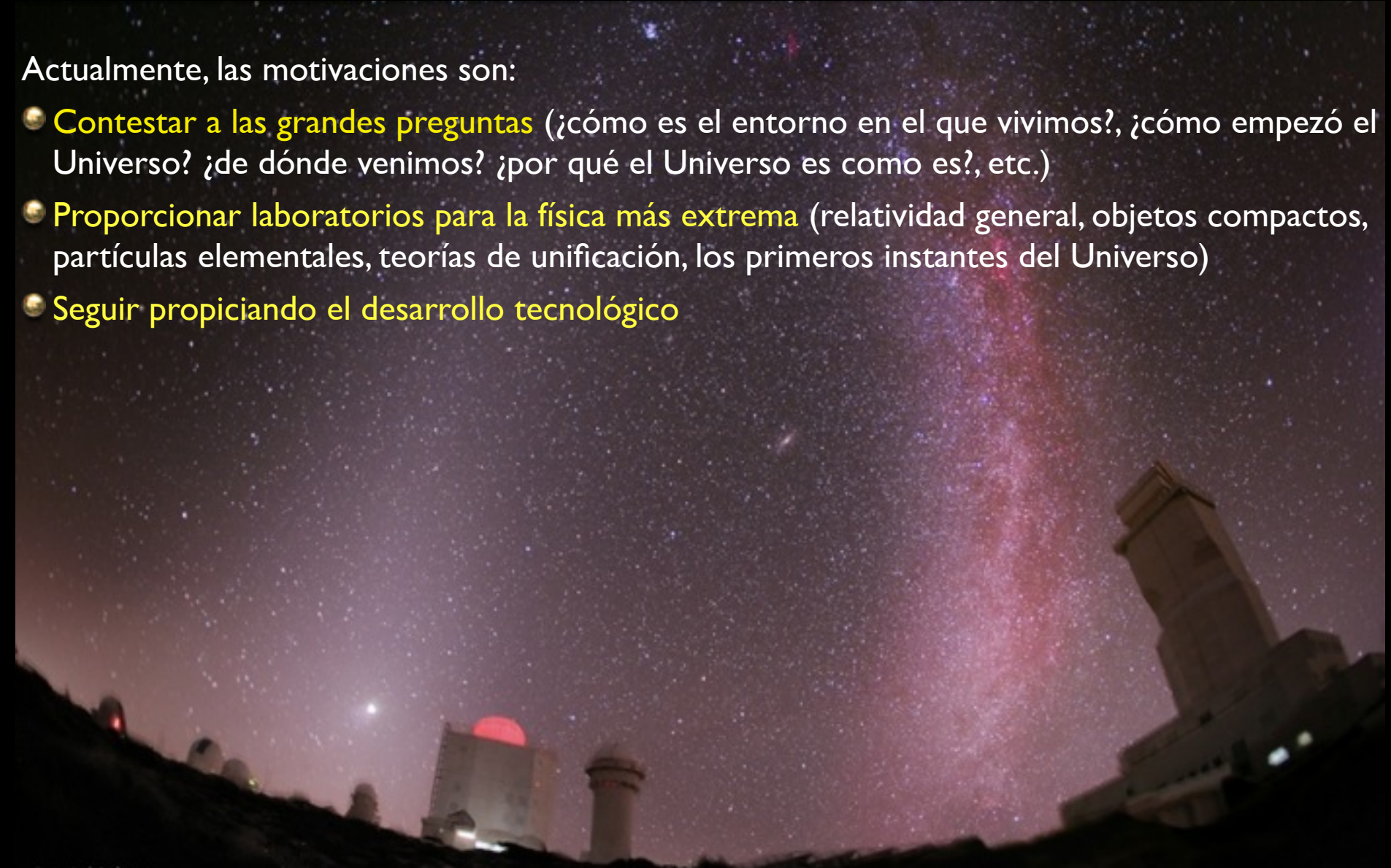
- **Calendario.** Es necesario un fenómeno natural regular y observable (fundamental para el desarrollo de la agricultura)
- **Orientación y navegación.** En navegación no cobró importancia hasta el siglo XVI (cálculo de la longitud)
- **Astrología y religión.** Los fenómenos astronómicos parecían estar asociados con otros fenómenos naturales. La astrología debió morir con la revolución científica (**actualmente, además de un fraude, la astrología es un gran anacronismo**). Aún después de separarse de la religión, la astronomía siguió siendo importante para programar los festivales religiosos.

La Astronomía en la historia

A lo largo de la historia la astronomía ha pasado de ser una ciencia aplicada a una ciencia pura

Actualmente, las motivaciones son:

- **Contestar a las grandes preguntas** (¿cómo es el entorno en el que vivimos?, ¿cómo empezó el Universo? ¿de dónde venimos? ¿por qué el Universo es como es?, etc.)
- **Proporcionar laboratorios para la física más extrema** (relatividad general, objetos compactos, partículas elementales, teorías de unificación, los primeros instantes del Universo)
- **Seguir propiciando el desarrollo tecnológico**



Prehistoria

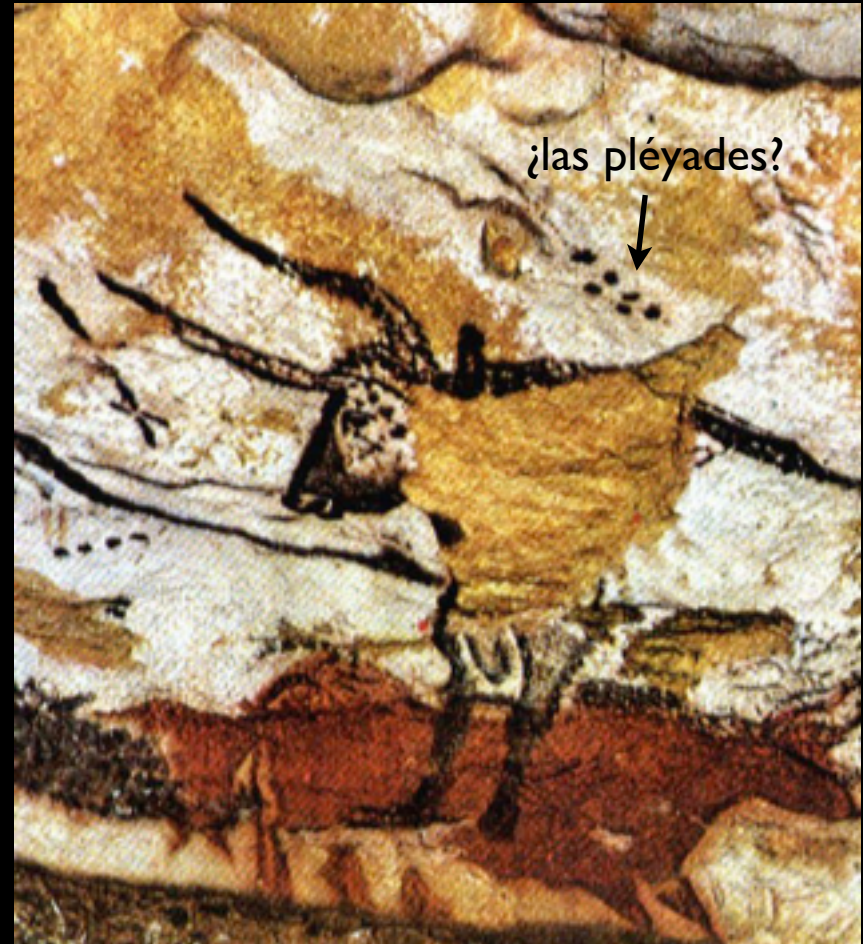
Desconocemos como pensaba el hombre prehistórico y su concepción del firmamento, pero es seguro que era importante para él.

Constata que hay leyes naturales inmutables y probablemente le asigna un significado religioso (cultos al Sol y a la Luna)

Seguramente la astronomía era una **necesidad**:

- ▶ los ciclos naturales del sol y la luna proporcionaron la base para los primeros calendarios rudimentarios
- ▶ método de orientación

Sin registros escritos, los estudios se basan en representaciones en construcciones, pinturas y utensilios encontrados en excavaciones arqueológicas. En muchos casos, de dudosa interpretación



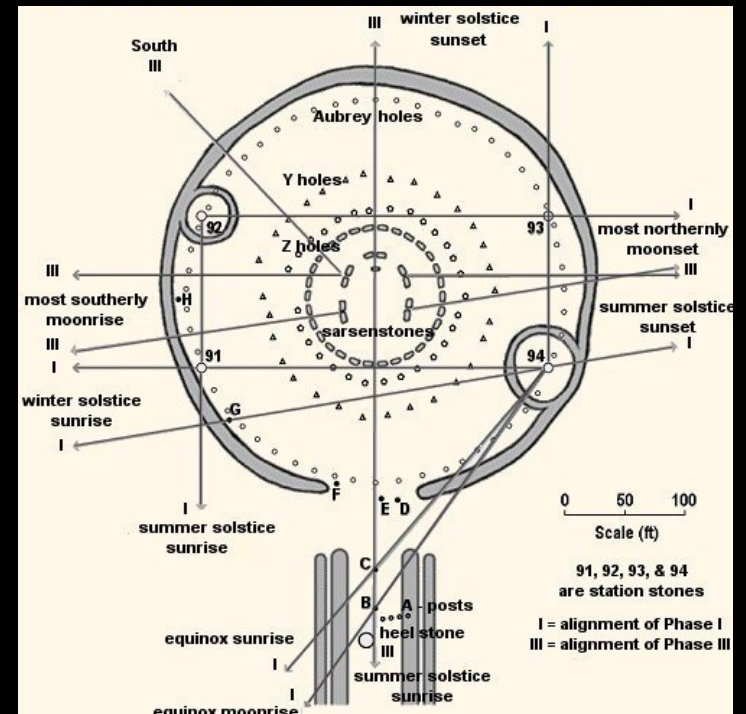
Cueva de Lascaux (17000 años de antigüedad): ¿mapas estelares?

Monumentos megalíticos

Construcciones de finales del neolítico en la que se encuentran alineamientos astronómicos

Stonehenge: construido en diferentes fases desde 3000 a 1350 A.C. Existe un claro alineamiento en la dirección de la salida del Sol en el solsticio de verano y, quizás, algún alineamiento lunar. Se han hecho demasiadas especulaciones sobre su uso como observatorio astronómico

Probablemente estas construcciones tenían una **finalidad ritual**, no astronómica



Se desconoce la concepción del Cosmos de sus constructores pero eran conscientes y les interesaban las variaciones en las posiciones del Sol y la Luna

Arqueoastronomía

Estudio de cómo los pueblos de la antigüedad entendían y usaban los fenómenos celestes y qué papel jugaban éstos en su cultura. Combinación de la astronomía (cuyas herramientas utiliza) y la arqueología, antropología e historia (disciplinas a las que sirve)

Íntimamente relacionada con la etnoastronomía (estudio de las culturas a través de sus prácticas astronómicas)

Usa métodos científicos y ha de huir de la especulación

Entre sus principales métodos destaca el uso de:

- ▶ Estadística (ej. para buscar alineamientos reales)
- ▶ Información histórica y etnográfica (escrita o recogida en el acervo popular)
- ▶ conocimientos de astronomía de posición.



Dolmen de Cubilejo de Lara (Burgos)

Babilonia

La **cuna de la astronomía occidental** está en Mesopotamia, en los reinos de Sumeria, Asiria y **Babilonia**

La astronomía, reservada a los sacerdotes, era una práctica fundamental para la sociedad

Desarrollo de la astrología

Definición de las **constelaciones** (Zodiaco)

Desde ~2000 A.C. registraron muchas observaciones, cada vez más precisas (catálogo Mul-Apin)

Identificación de los 5 planetas, conocimiento detallado de sus movimientos y descripción matemática (**sistema de numeración sexagesimal**)

Desarrollo de un **calendario lunar** (12 meses de 29-30 días) y modificación posterior a uno **lunisolar** (ciclo de 19 años solares (= 235 meses lunares) con 7 años de 13 meses, en lugar de 12)

Registraron y predijeron eclipses

Sentaron las bases astronómicas para la astronomía griega, india, islámica y europea



tablilla con predicciones para las posiciones de los planetas

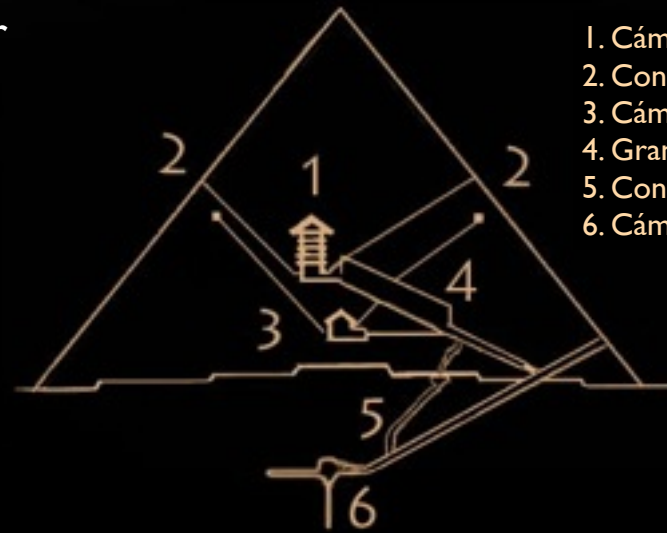
Antiguo Egipto

No avanzaron tanto como los babilonios, al tener un sistema numérico rudimentario y ser más pragmáticos

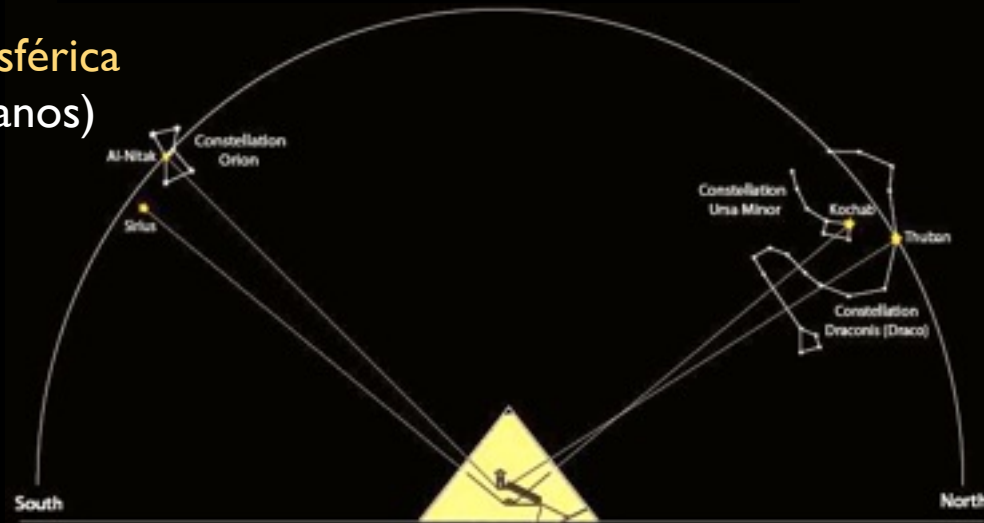
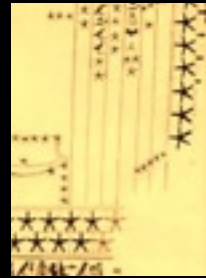
Clara conexión entre sus vidas y los fenómenos celestes

Principales aportaciones:

- **Calendario solar:** año de 365 días dividido en 12 meses de 30 días más 5 días adicionales. El año comienza con el orto heliaco de Sirio (~ primeras inundaciones del Nilo)
- Desarrollaron el concepto de una **Tierra esférica** (sombra circular en los eclipses, barcos lejanos)



1. Cámara del rey
2. Conductos ventilación
3. Cámara de la reina
4. Gran galería
5. Conducto auxiliar
6. Cámara subterránea



Alineamientos:

- ▶ Pirámides de Giza alineadas N-S con gran precisión (¡aunque la estrella Polar no marcaba el N!)
- ▶ Estudio estadístico de la orientación de los templos.

Otras civilizaciones milenarias

China

Desarrollo inicial independiente de la astronomía occidental

Primeros registros astronómicos en ~1300 A.C.

Grandes observadores. En ~300 A.C. existía un mapa de ~1500 estrellas que más tarde se perdió

Al contrario que en occidente, gran interés en fenómenos no cíclicos como las apariciones de **cometas o supernovas** (registros muy útiles)



Imperio Maya

Grandes avances astronómicos y un buen conocimiento de los ciclos del Sol, la Luna y los planetas

Calendario sofisticado y muy preciso

Especial interés en Venus (dios de la guerra)



El Caracol (en Chichen Itza)

Astronomía en la Grecia clásica

Con la filosofía natural griega nace la ciencia: lo importante es la comprensión de la Naturaleza,

- El objetivo es entender la Naturaleza sin acudir a explicaciones sobrenaturales. Para ello desarrollan gran cantidad de ideas y modelos.
- Tales de Mileto (s VI A.C.): Hay un orden natural en el Universo y se puede explicar a través del pensamiento racional.
- Las observaciones precisas son imprescindibles para comprobar los modelos. Se fomenta el debate
- Las matemáticas son la herramienta fundamental para desarrollar sus ideas y modelos

Nacimiento de la astronomía moderna



La Escuela Pitagórica

Pitágoras (560-480 A.C.)

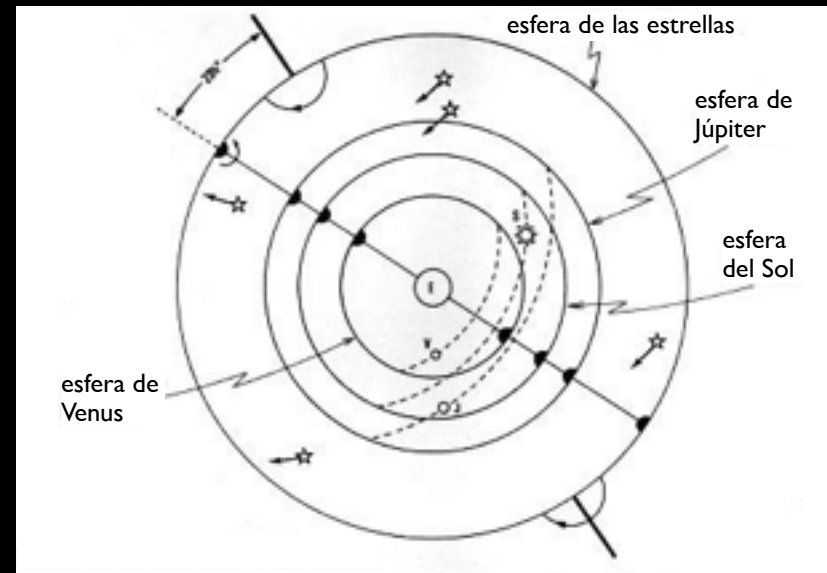
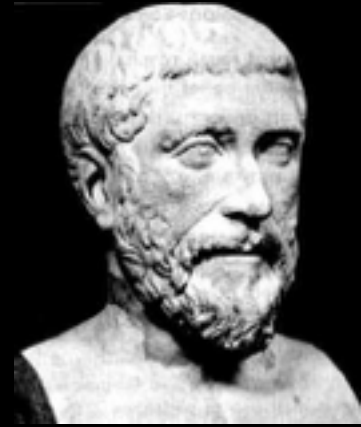
La Tierra es esférica (ej. eclipse de Luna)

Está flotando en el centro de un sistema de esferas concéntricas

Los demás astros se mueven en círculos perfectos (formas geométricas perfectas) alrededor de la Tierra

Las **matemáticas** son la base de la realidad (no sólo una descripción de la realidad)

La armonía del Universo debe ser coherente con los números y las armonías musicales → desarrolla reglas matemáticas para los radios de las esferas (proporcionales a las longitudes de onda de los diferentes sonidos de una cuerda: **música de las esferas**)

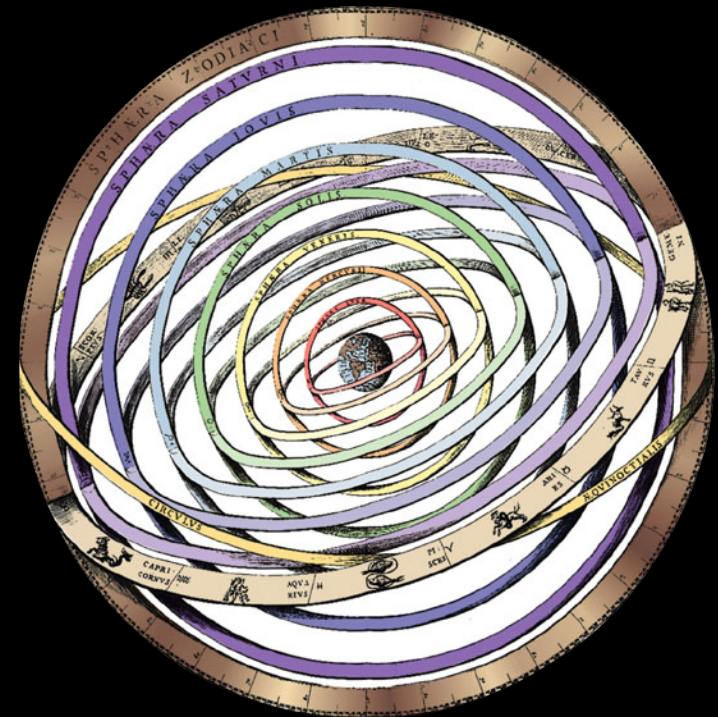
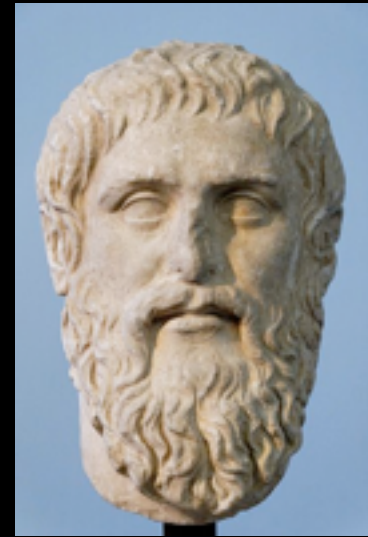


La Escuela Platónica

Platón (428-348 A.C.)

El Universo es perfecto, las observaciones son imperfectas y, por lo tanto, no son necesarias

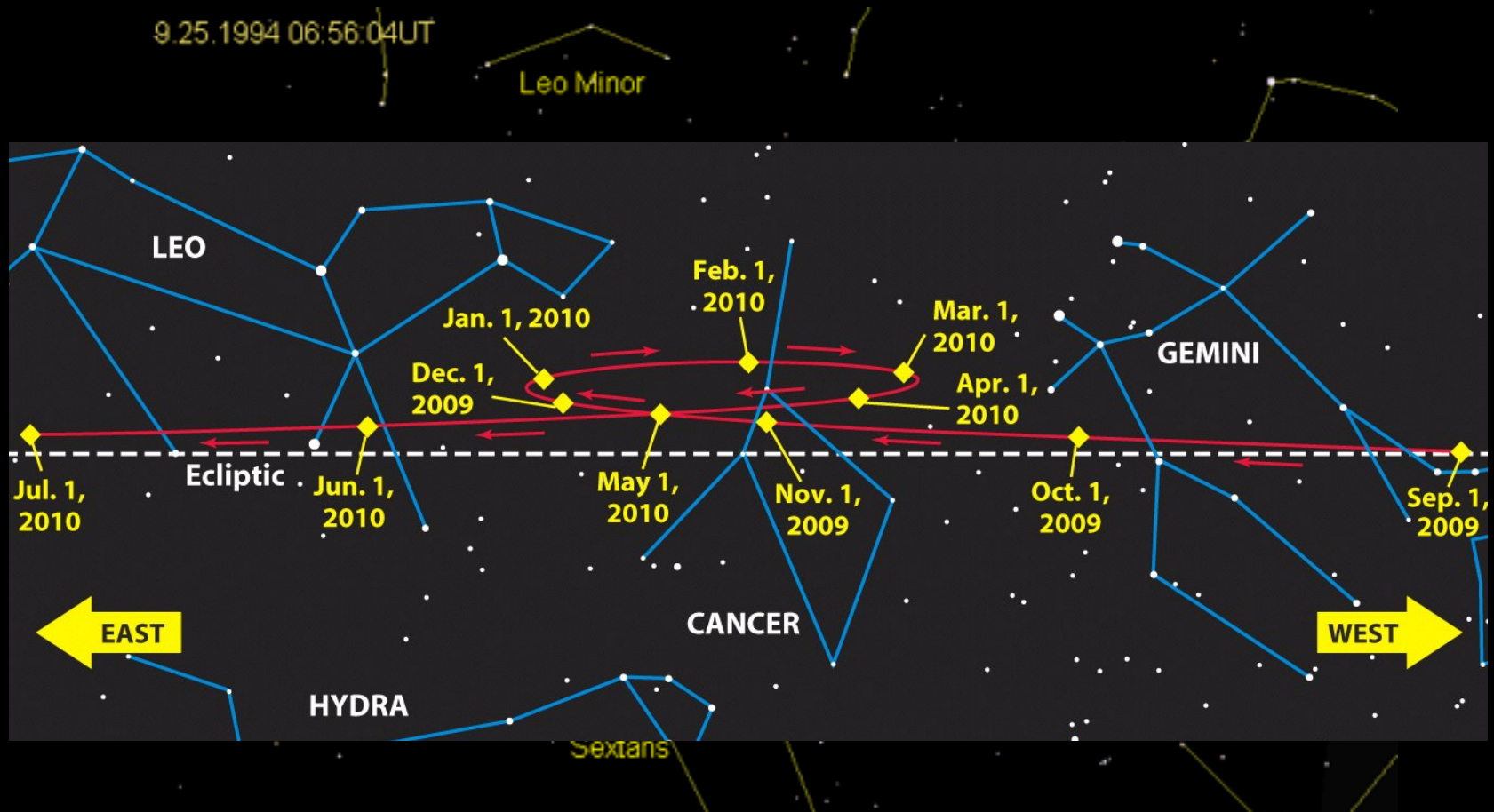
La geometría es la clave: los astros se mueven con velocidad constante en un universo construido con esferas y círculos (formas perfectas) con la Tierra en el centro



Complicaciones en el movimiento planetario

Los griegos eran conscientes de que los modelos necesitaban explicar:

- 1) Ni el Sol ni la Luna se mueven con velocidad aparente constante respecto a las estrellas
- 2) El brillo de los planetas varía de forma periódica con el tiempo
- 3) El **movimiento retrógrado** de algunos planetas (ej. Marte)

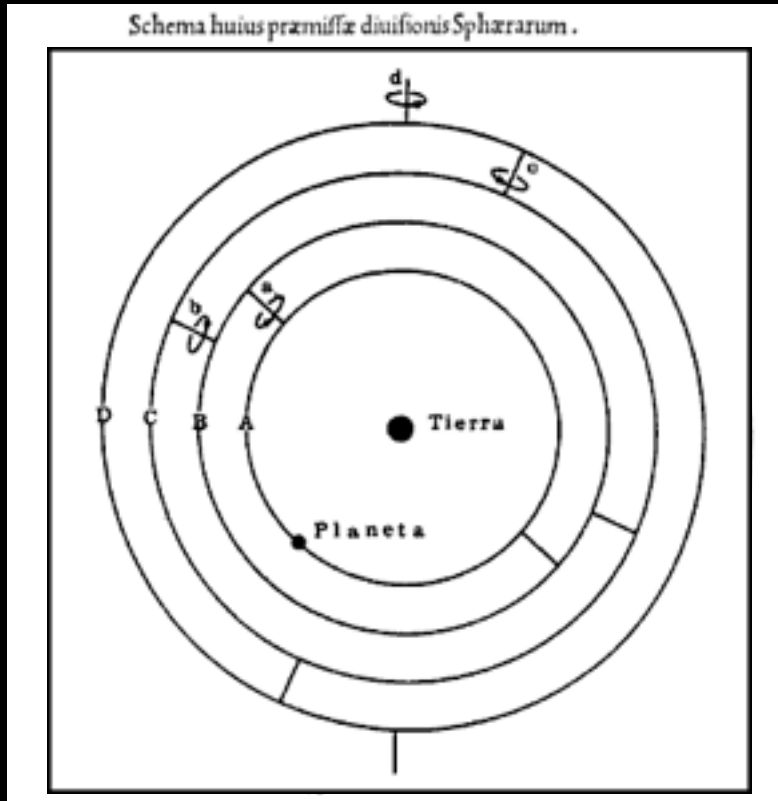


La Escuela Platónica

Platón (428-348 A.C.)

El Universo es perfecto, las observaciones son imperfectas y, por lo tanto, no son necesarias

La geometría es la clave: los astros se mueven con velocidad constante en un universo construido con esferas y círculos (formas perfectas) con la Tierra en el centro



Eudoxo (408-357 A.C.)

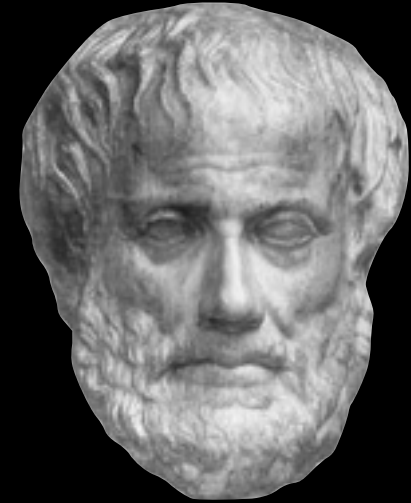
Primero modelo matemático serio para explicar el movimiento peculiar de los planetas

Sistema de esferas concéntricas (no reales) con \odot que giran a su vez llevados por esferas mayores

Añade hasta 27 esferas pero no consigue explicar con exactitud el movimiento retrógrado ni las variaciones de brillo

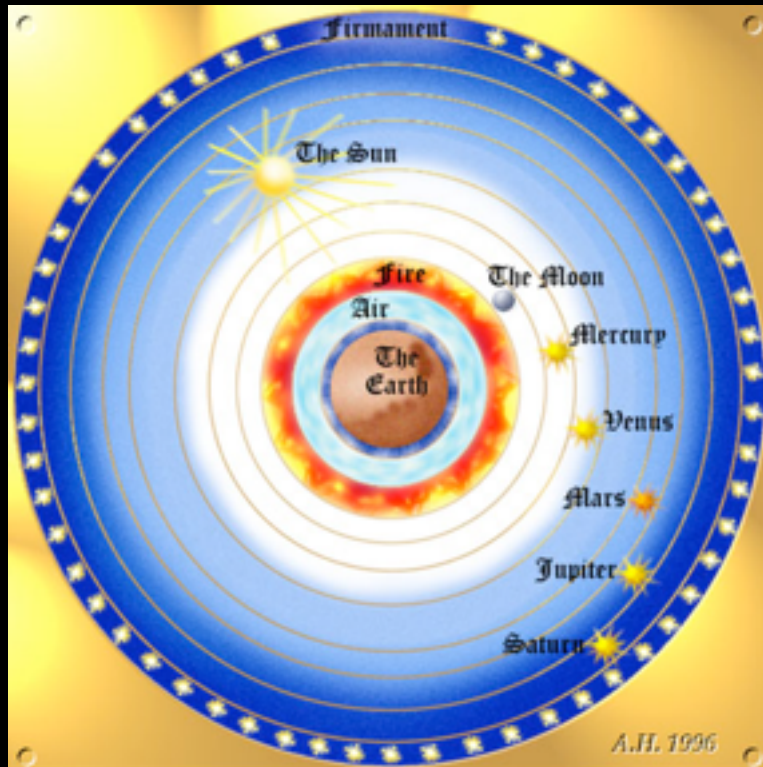


Aristóteles (384-322 A.C)



Es necesaria la observación (a diferencia de Platón)

Adopta el modelo de Eudoxo (con 56 esferas). Las esferas son reales, están interconectadas y son transparentes



Existen dos mundos (divididos por la esfera de la Luna):

- ♦ el **terrestre**, imperfecto, compuesto por las 4 esencias (tierra, agua, aire, fuego), con la Tierra inmóvil en el centro. Todas las cosas caen a su lugar natural, el centro (primera teoría gravitatoria)
- ♦ el **celeste**, perfecto, compuesto por un elemento divino (la quintaesencia, o el éter)

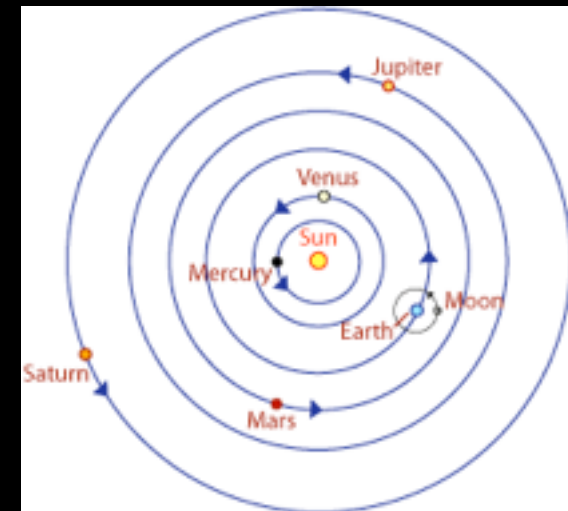
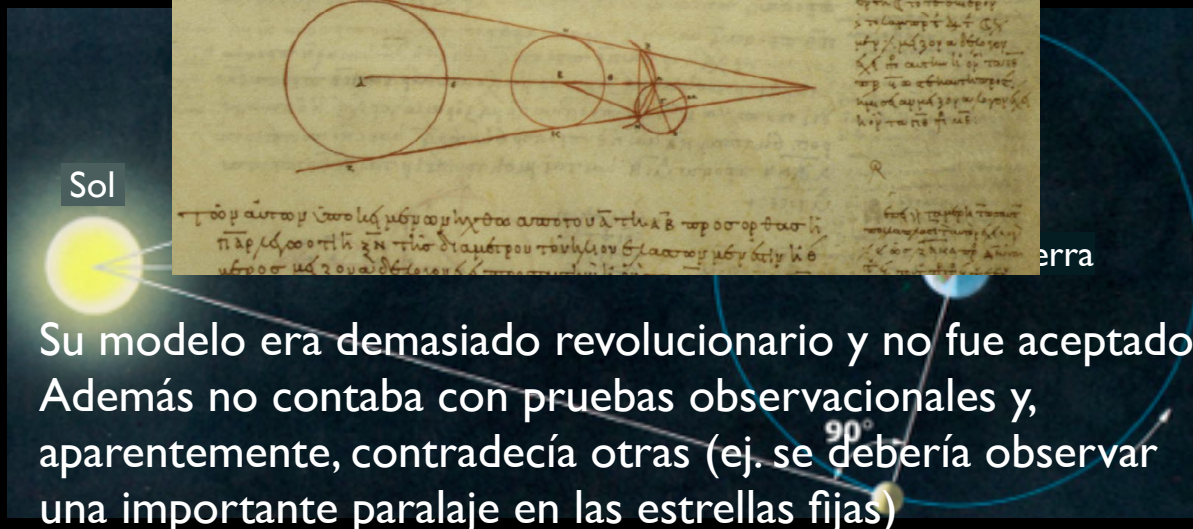
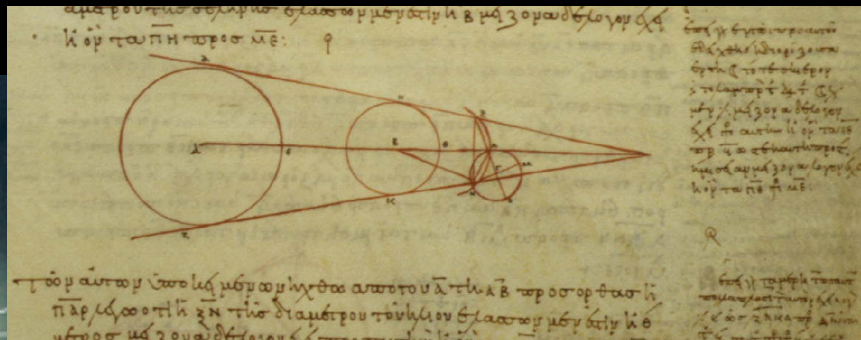
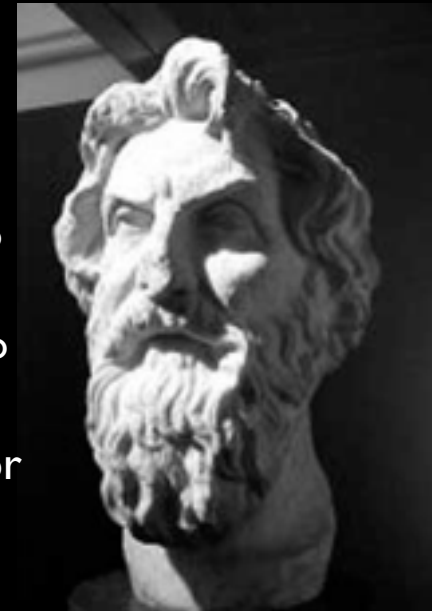
Modelo posteriormente adoptado por la Iglesia (tierra y cielo) y completamente aceptado como dogma durante casi 2000 años

Aristarco de Samos (310-230 A.C.)

Aplicación de argumentos geométricos:

- ▶ De la sombra en los eclipses de Luna estimó el diámetro de la Luna respecto a la Tierra (0.36, frente al valor real de 0.27)
- ▶ A partir del ángulo Sol-Tierra-Luna en los cuartos creciente y menguante (obtuvo un valor de $\alpha = 87^\circ$) calculó que el Sol estaba 20 veces más lejos que la Luna.
- ▶ Como sus diámetros angulares son iguales, el Sol es 20 veces mayor que la Luna, o ~7 veces mayor que la Tierra (el valor real es 109)

Un cuerpo de mayor tamaño no puede girar alrededor de uno menor y por lo tanto el Sol está en el centro y la Tierra gira a su alrededor (primer **modelo heliocéntrico**)



Su modelo era demasiado revolucionario y no fue aceptado. Además no contaba con pruebas observacionales y, aparentemente, contradecía otras (ej. se debería observar una importante paralaje en las estrellas fijas)

Hiparco (194-120 A.C.)

El **gran observador** de la antigüedad. Medidas precisas

Catálogo de posiciones y brillos de ~850 estrellas

Introduce el **sistema de magnitudes** para el brillo de las estrellas

Estudio detallado del movimiento no uniforme del Sol y la Luna y los movimientos retrógrados de los planetas

Descubre la **precesión** del eje de la tierra (periodo de 26000 años)

Descubre una nova (o SN?): el universo no es inmutable

Combinación de observaciones y modelos. **Las observaciones tienen preferencia** sobre el dogma

El modelo de las esferas de Eudoxo y Aristóteles no era lo suficientemente preciso



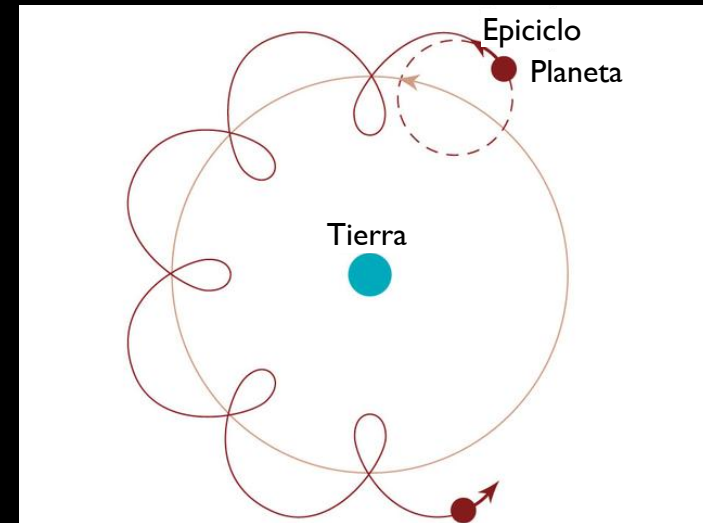
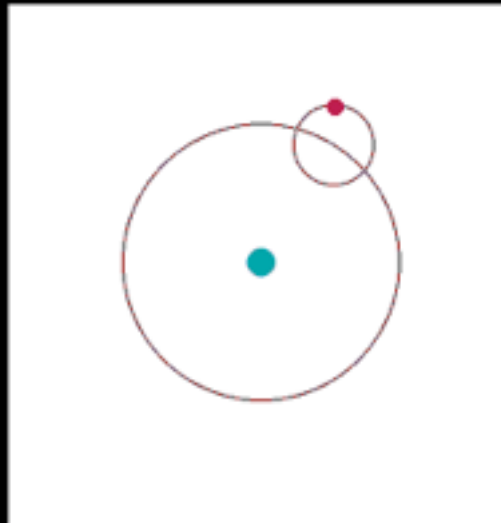
Excéntricas, epiciclos y deferentes



Para explicar el movimiento no uniforme del Sol, Hiparco sitúa el centro de su órbita fuera de la Tierra (**excéntrica**). La Tierra ya no es el centro del Universo

Para la Luna hace una construcción similar pero haciendo que el centro de su excéntrica gire además alrededor de la Tierra

Otro sistema conocido en la época: **epiciclos** sobre **deferentes**



(combinación de dos movimientos circulares uniformes)

Ptolomeo (100-170 D.C.)

Publica el **Almagesto**: síntesis en 13 libros de toda la astronomía matemática hasta la fecha (griega y anterior)

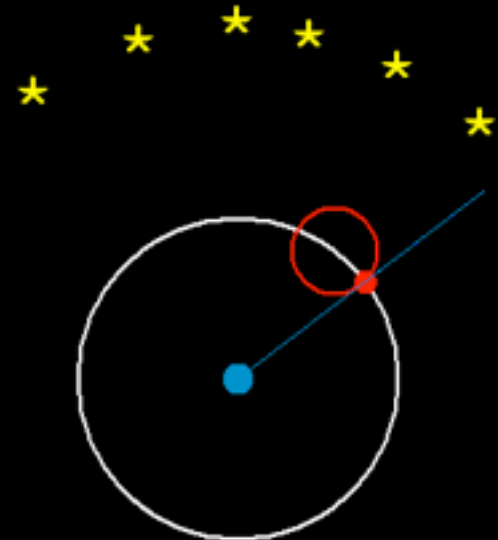
La contribución más importante es el estudio del movimiento de los planetas. Abandona el modelo de las esferas de Eudoxo



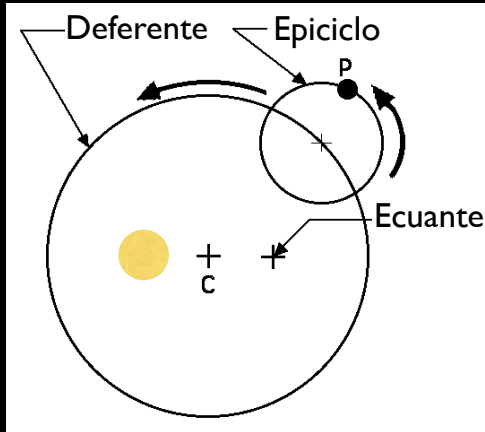
Argumenta por qué la Tierra debe estar cerca del centro y construye un complicado modelo basado en epiciclos

Sitúa Mercurio y Venus entre las órbitas del Sol y la Luna

Explica el movimiento retrógrado de los planetas

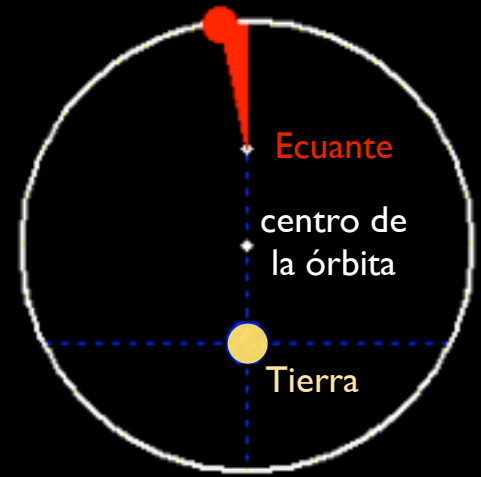


Ptolomeo (100-170 D.C.)

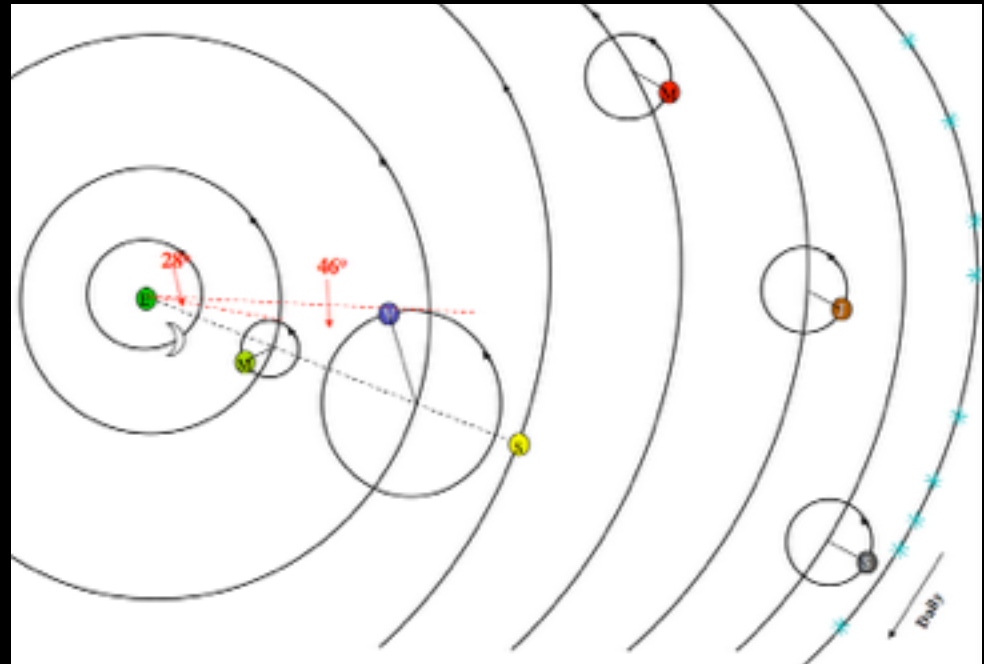
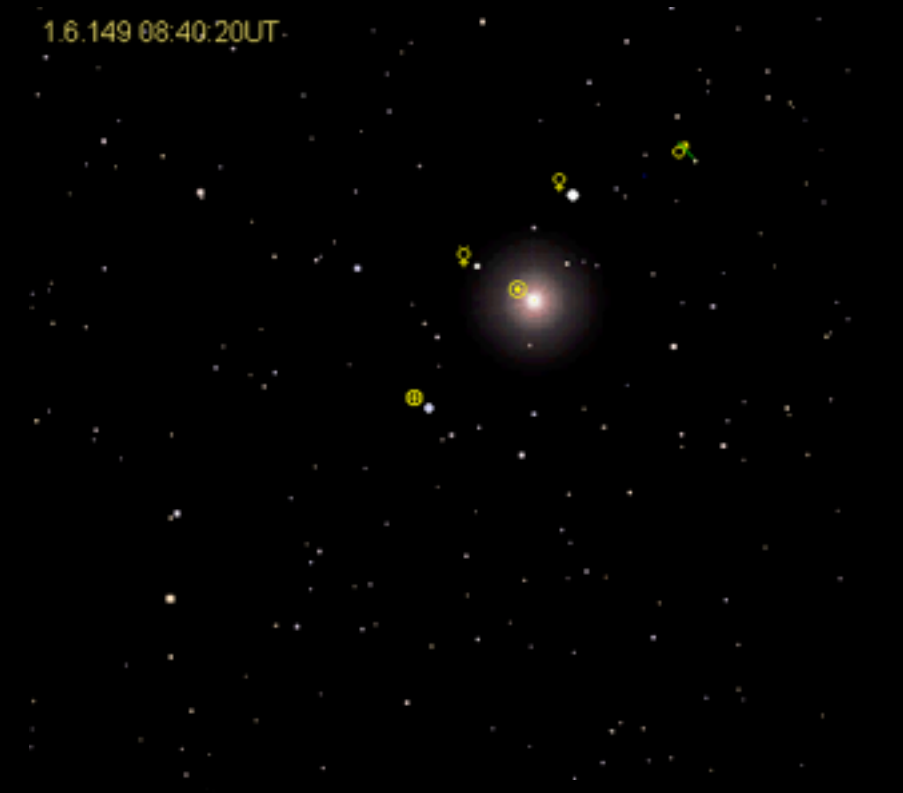


Introduce el **ecuante**: punto simétrico a la Tierra respecto al centro. El centro del epiciclo se mueve con velocidad constante respecto al ecuante

Reproduce los movimientos de todos los astros con cierta precisión

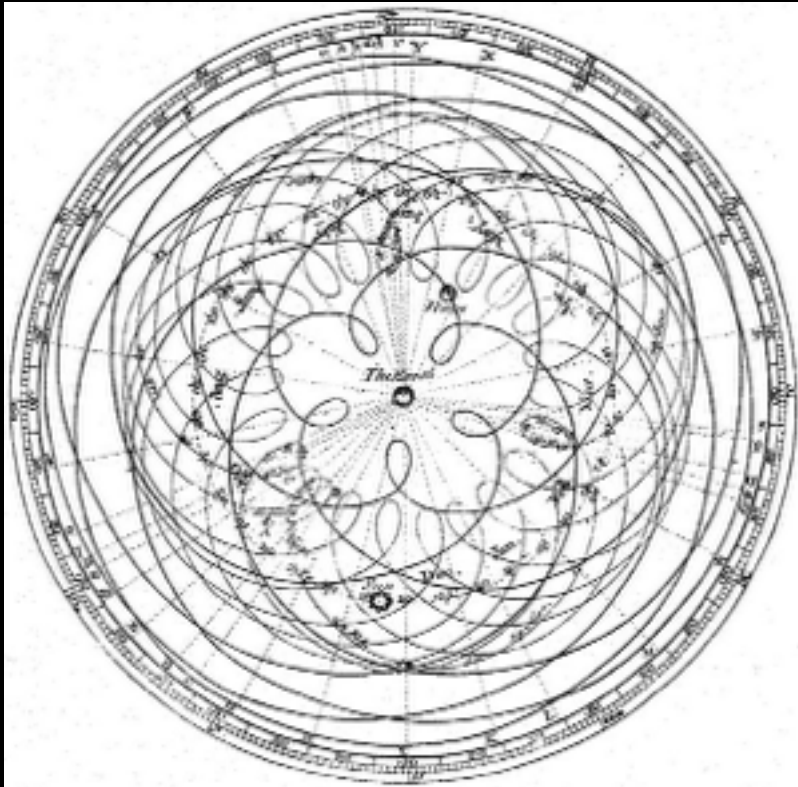


1.6.149 08:40:20UT



Ptolomeo (100-170 D.C.)

El Almagesto de Ptolomeo es la culminación del geocentrismo y la obra de referencia durante 13 siglos. Aunque en un principio es rechazado por la iglesia católica, finalmente (siglo XIII) es reconocido como verdadero y adoptado como dogma. El modelo de una Tierra inmóvil en el centro del Universo es concordante con el antropocentrismo



170 - 1500 D.C.: Edad oscura



Astronomía islámica

This image shows a page from an Arabic astronomical manuscript. The top portion contains a large table with multiple columns and rows of text, likely representing astronomical data or calculations. Below the table are several small circular diagrams, each containing geometric lines and points, possibly illustrating celestial models or instruments.



Del siglo VII al XV el mundo islámico jugó un papel fundamental, conservando y transmitiendo la cultura griega y manteniendo encendida la llama de la **Astronomía (y la Ciencia)**

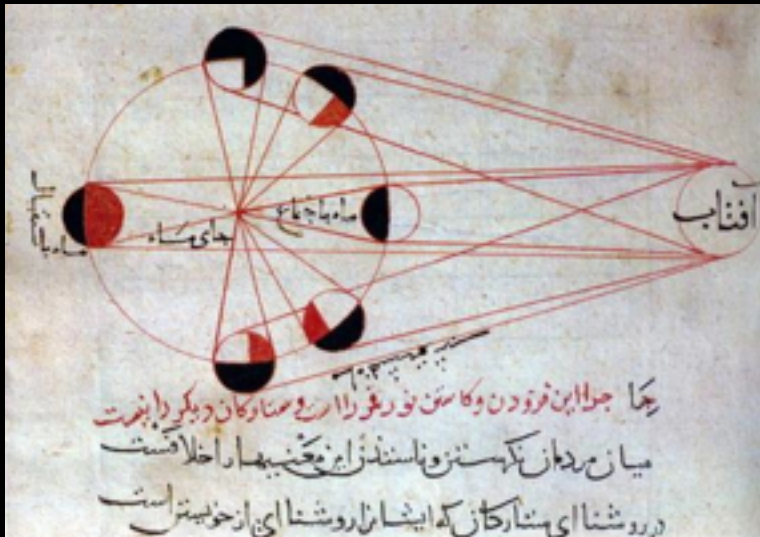
Tradujeron los textos griegos (Almagesto) al árabe y, posteriormente al latín

Contribuciones cruciales en matemáticas (importando el sistema decimal de India, trigonometría, álgebra)

Hicieron observaciones muy precisas, construyendo catálogos de estrellas (nombres en árabe) y tablas del movimiento de los planetas

Su principal centro intelectual fue Bagdad y, a partir del siglo X, Córdoba

Con la Reconquista en la Península Ibérica, la astronomía griega e islámica entra en Europa, lo que conducirá al renacimiento de la astronomía



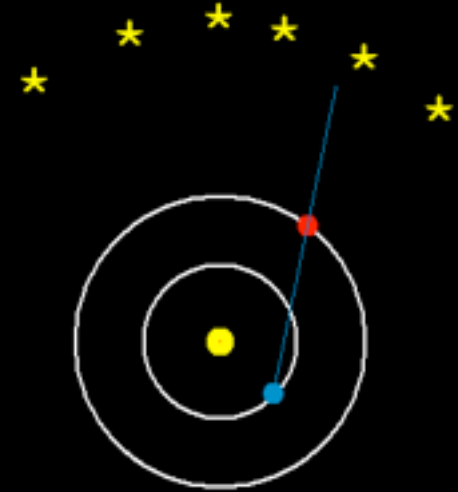
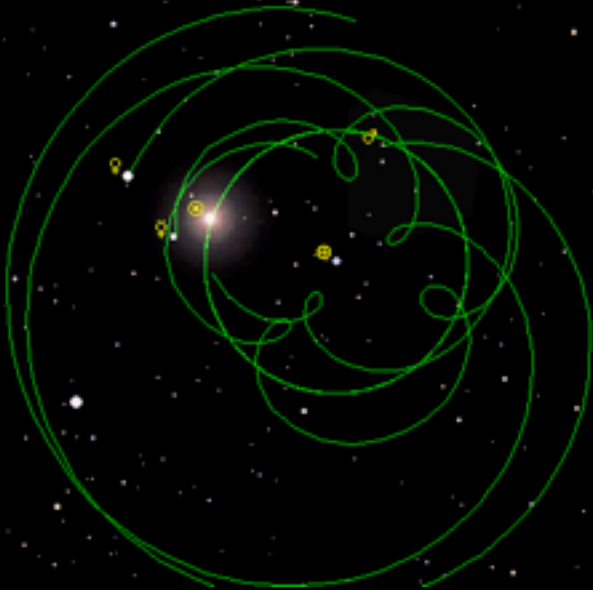
Copérnico (1473-1543)

Con Copérnico comienza la gran **revolución científica** durante el Renacimiento Europeo

Gran matemático. Descontento con el modelo de Ptolomeo decidió probar el sistema de Aristarco, desarrollando mucho los detalles matemáticos

Las motivaciones no fueron científicas sino filosóficas (el ecuante viola el movimiento circular uniforme; es “natural” que la Tierra gire; para los cielos, mucho más grandes que la Tierra, es “más noble” que estén en reposo, etc.)

5.7.1546 11:43:30UT



→ **Modelo heliocéntrico.** Todos los planetas, incluida la Tierra, giran alrededor del Sol (casi)

Copérnico refuta las objeciones clásicas al modelo (no observación de paralajes en las estrellas fijas)

Conceptualmente más sencillo. Explica elegantemente el movimiento retrógrado y los cambios de brillo

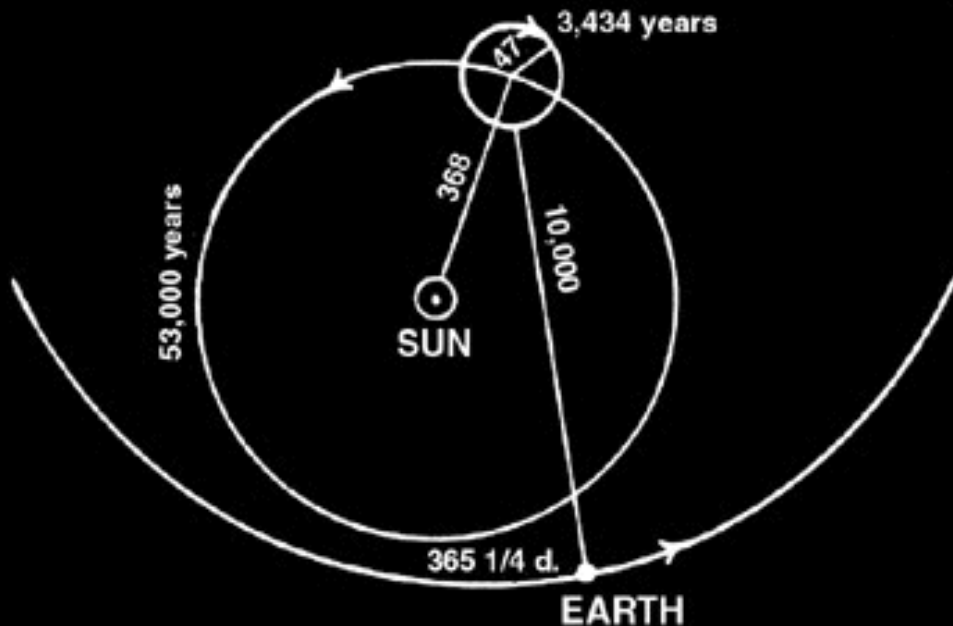
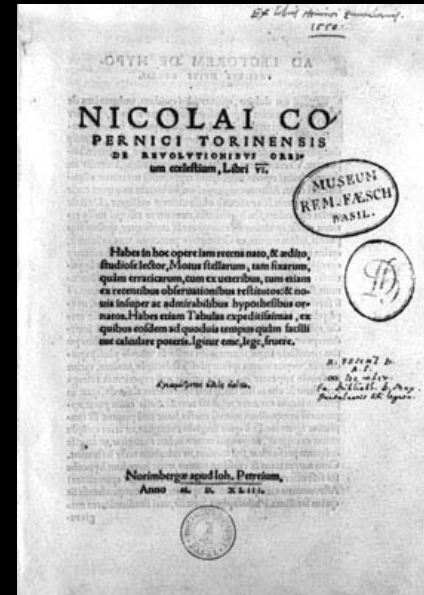
Además: los periodos de los planetas aumentan con los tamaños relativos de las órbitas (en el sistema de Ptolomeo no había relación entre los movimientos de los diferentes planetas)

Copérnico (1473-1543)

En 1543 se publica *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Aunque se difunde, no es aceptado por la mayoría

El problema es que Copérnico se aferra al principio de movimiento circular uniforme.

Para intentar reproducir las observaciones tiene que introducir epiciclos sobre epiciclos (aunque no ecuantas). En total 34 círculos diferentes (3 para el movimiento de la Tierra). Cada planeta tiene un centro de movimiento ligeramente diferente. Estrictamente no es heliocéntrico



El modelo de Copérnico no es ni más sencillo ni explica mejor las observaciones que el de Ptolomeo.

El dramático cambio filosófico (la Tierra es un planeta más y el hombre no está en el centro del Universo) que implica no parece justificado

Pero abre el camino para futuras observaciones y modelos

Tycho Brahe (1546-1601)

1572: observa una supernova, sin paralaje, más allá de la Luna. Los astros no son inmutables

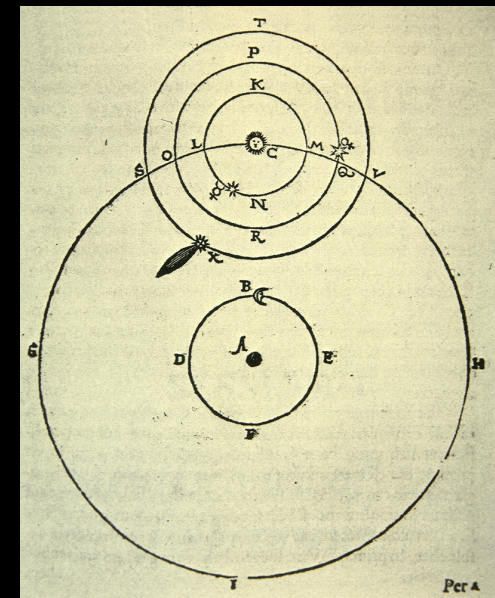
Las observaciones con las que trabajaba Copérnico no eran precisas



Desde su palacio-observatorio, construye durante 20 años las mejores **tablas observacionales** (estrellas, planetas) de la historia. Precisión de 1' (a simple vista)

Descarta el modelo de Copérnico por a) no medía paralaje estacional en las estrellas, y b) si están tan lejos, las estrellas deberían ser demasiado grandes

Modelo **semiheliocéntrico**: los planetas giran alrededor del Sol, el cual gira alrededor de la Tierra, que está inmóvil



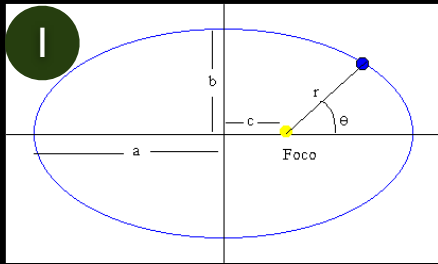
Sus observaciones precisas (ej. Marte) fueron decisivas para el trabajo de uno de sus ayudantes: Kepler

Kepler (1571-1630)

Intento explicar las observaciones de Tycho. Adoptó el sistema copernicano.

Órbita de Marte: en principio trabajó con órbitas circulares y explicó su movimiento a lo largo de la eclíptica con una precisión $< 2'$, pero había un error de $8'$ en los movimientos N-S. No lo pasó por alto.

Abandonó las órbitas circulares y probó con elipses. Después de un trabajo inmenso, todo encajó

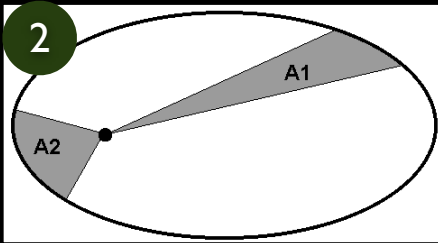


1609: *Astronomia Nova*, dos primera leyes

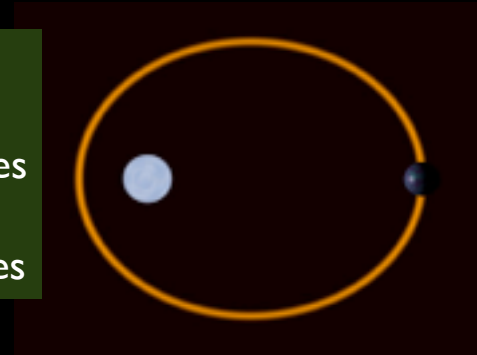
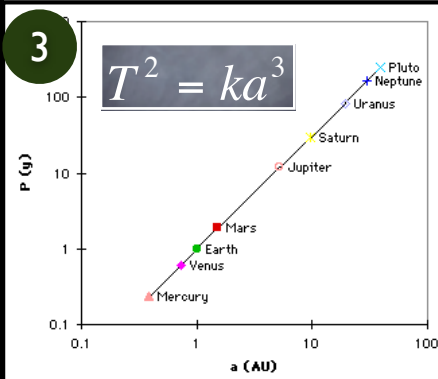
1619: *Harmonices Mundi libri*, 3ª ley

Consigue una precisión mayor que Ptolomeo con un modelo conceptualmente mucho más simple (la navaja de Occam)

Supone la confirmación del modelo heliocéntrico

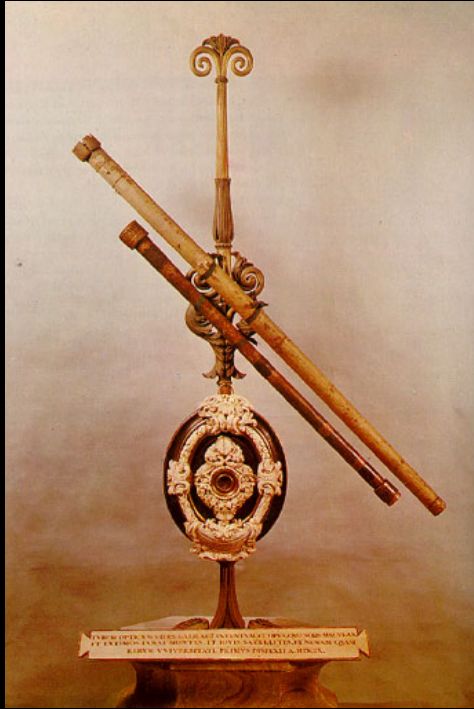


- 1) Todos los planetas se mueven en órbitas elípticas en uno de cuyos focos está el Sol
- 2) Los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales
- 3) Los cuadrados de los periodos de las órbitas son proporcionales a los cubos de los semiejes mayores



Puesto que los planetas más lejanos al Sol se mueven más despacio, Kepler intuyó que el Sol es la causa del movimiento e incluso propuso una fuerza física basada en el magnetismo

Galileo Galilei (1564-1642)

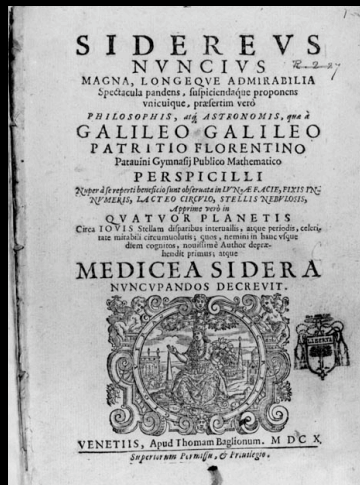


El telescopio acaba de ser inventado (1609, Lippershey?)

Galileo mejora considerablemente el telescopio y, por primera vez, lo usa para observar el cielo (1609)

Sus observaciones cambian para siempre nuestra concepción del Universo y abren una nueva era en la Astronomía

Con sus observaciones, Galileo defiende el modelo de Copérnico de órbitas circulares (aunque conocía los trabajos de Kepler, contemporáneos, no hubo influencias entre ellos)

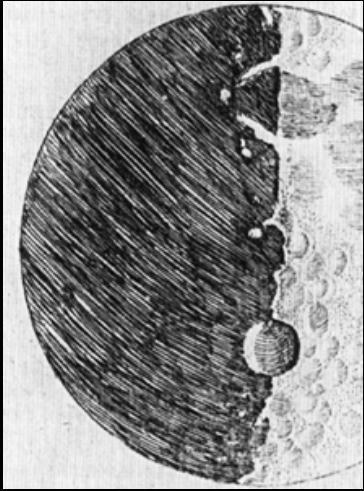


Presenta argumentos muy sólidos en contra de las principales objeciones al modelo heliocéntrico:

- No se detectaba el movimiento de la Tierra (principio de inercia)
- La perfección de los cielos (detalles de los astros observados con el telescopio)
- No se medía paralaje estelar (obs. de la Vía Láctea)

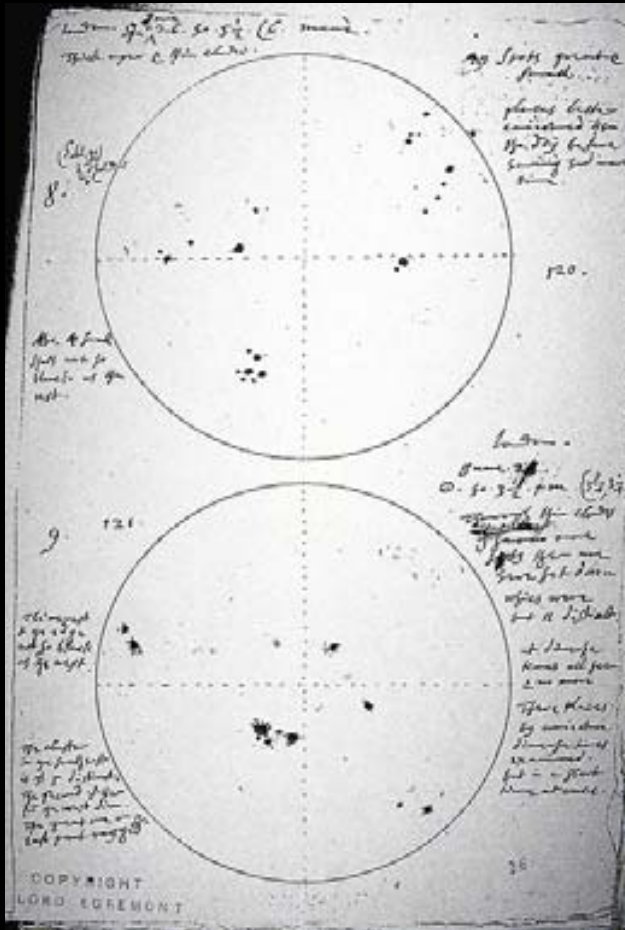
Problemas con la Iglesia Católica. El juicio a Galileo





Montañas, cráteres y valles en la Luna

Un mundo que se suponía perfectamente esférico tenía irregularidades como la Tierra

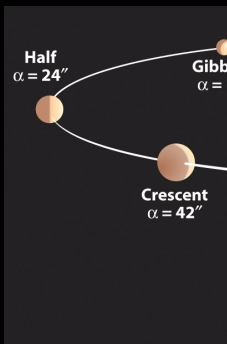


Manchas en el Sol

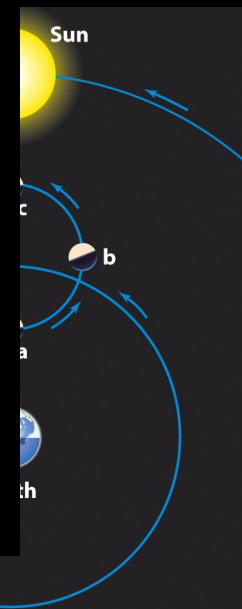
Imperfecciones en un astro divino

Las fases de Venus

Explicables en el modelo heliocéntrico, pero no en el geocéntrico

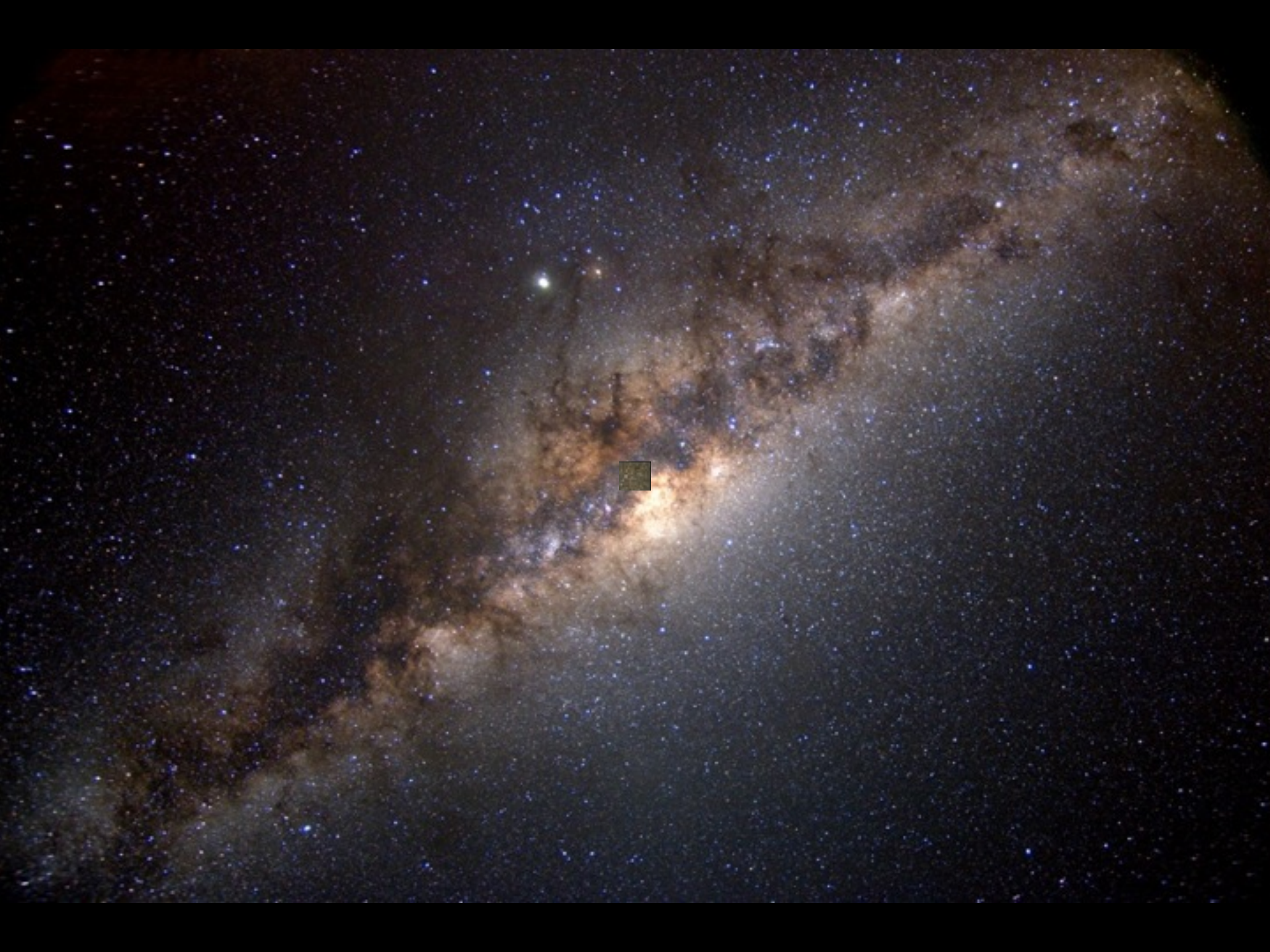


modelo heliocéntrico



modelo geocéntrico







La Vía Láctea está llena de estrellas

Las estrellas están más lejos de lo que se pensaba. La supuesta relación entre brillo y tamaño angular (Tycho) era falsa

Isaac Newton (1643-1727)

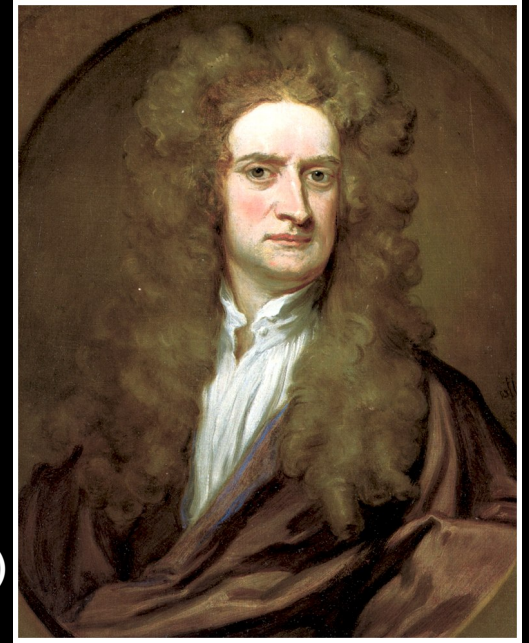
Nacimiento de la Física. Las tres leyes del movimiento (*Principia*, 1687)

A partir de éstas, e inventando el cálculo por el camino, Newton busca una explicación para las leyes de Kepler:



Ley de la Gravitación Universal

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$



Las mismas leyes que explican el movimiento de los cuerpos en la Tierra gobiernan el movimiento de los planetas (la luna y la manzana)

Newton demuestra que las leyes de Kepler son una consecuencia de leyes más fundamentales de la Naturaleza

(Ej. 3ª ley de Kepler)

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{G(M + m)} \right) a^3$$

Abre la puerta a una nueva era en la comprensión del Cosmos. La complejidad del Universo se basa en unos pocos y simples principios físicos

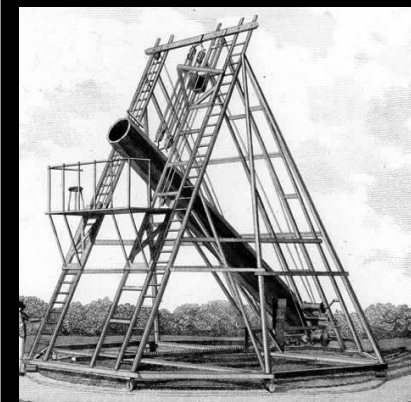
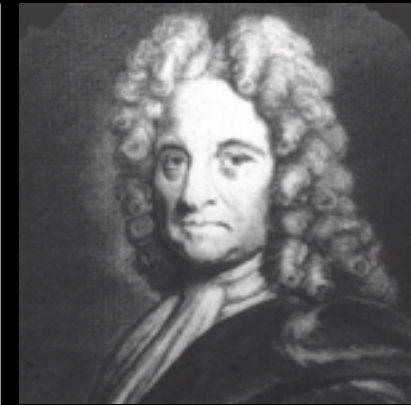
La Astronomía se convierte en Astrofísica

Otros avances astronómicos:

- ▶ Teoría sobre la naturaleza de la luz (origen de la espectroscopía)
- ▶ Diseño de un nuevo y mejorado tipo de telescopio (reflector)
- ▶ Cálculo de las masas relativas de los planetas
- ▶ Explicación de las mareas oceánicas
- ▶ Explicación de la forma achatada de la Tierra
- ▶ Explicación de la precesión del eje terrestre
- ▶ Interpretación de las órbitas de los cometas

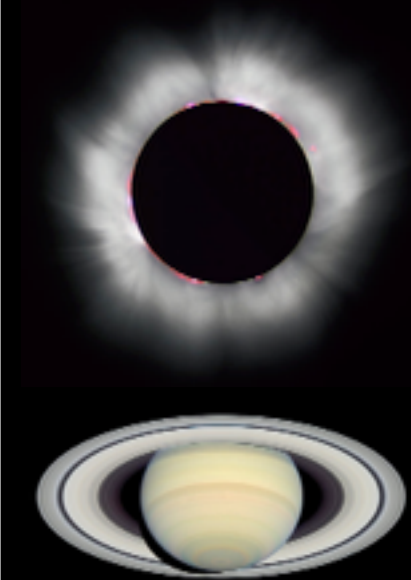
Desarrollo de la Astrofísica (siglos XVII y XVIII)

1631	Tránsito de Mercurio, predicho por Kepler
1639	Huygens interpreta los anillos de Saturno
1672	Cassini mide la paralaje de Marte y descubre 4 lunas en Saturno
1676	Descubrimiento de la velocidad finita de la luz por Roemer
1685	Halley reconoce la periodicidad de los cometas
1700-1800	Rápido desarrollo del telescopio
1750-5	Kant y Wright: primeras especulaciones sobre la Vía Láctea y las galaxias
1761	Observación del tránsito de Venus
1767	Michell descubre la existencia de estrellas binarias y cúmulos
1781	Catálogo de Messier para los objetos no estelares
1781	Herschel descubre Urano
1782-86	Catálogo de nebulosas y estrellas dobles de Herschel
1783-85	Telescopios de Herschel
1785	Mapa de la Galaxia por Herschel
1796	Hipótesis nebular de Laplace para el origen del Sistema Solar
1798	Cavendish mide la masa de la Tierra



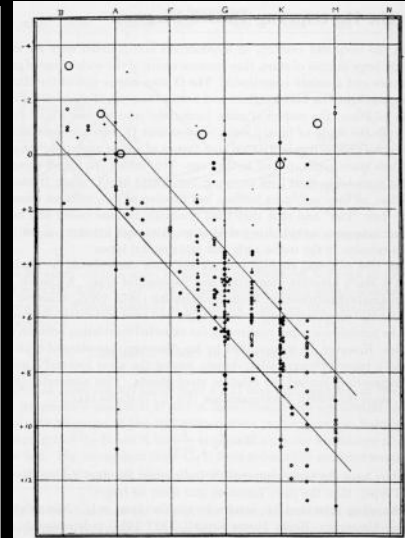
Desarrollo de la Astrofísica (siglo XIX)

1800-1900	Desarrollo del telescopio y la instrumentación astronómica
1801	Piazzi descubre Ceres
1814	Fraunhofer observa el espectro del Sol
1823	La paradoja de Olbers
1838	Primeras mediciones de paralajes por Bessel
1842	Se observan las prominencias solares y la corona durante un eclipse
1846	Descubrimiento de Neptuno
1852	Alexander sugiere que la Galaxia tiene forma espiral
1857	Maxwell analiza la dinámica de los anillos de Saturno
1862	Kelvin presenta una estimación para la edad de la Tierra
1864	Secchi estudia los espectros de 4000 estrellas y encuentra diferencias
1872	Draper fotografía el espectro de Vega
1880	Comienza el trabajo de clasificación espectral en Harvard
1882	Michelson y Morley miden la velocidad de la luz
1895	Wolf y Barnard interpretan las nubes oscuras de la Vía Láctea como nebulosas de gas y polvo



Desarrollo de la Astrofísica (siglo XX)

1900-1950	El desarrollo de la Física y la nueva instrumentación impulsan el desarrollo de la Astrofísica moderna
1905	Hertzsprung identifica las estrellas gigantes
1906	Modelo de la Galaxia por Kapteyn
1910	Shapley estima el tamaño de la Galaxia
1911-13	Hertzsprung y Russell presentan el diagrama H-R
1912	Cannon culmina el sistema de clasificación espectral
1912	Henrietta Levy encuentra la relación periodo-luminosidad para las cefeidas
1914	Slipher encuentra nebulosas con corrimiento al rojo
1916	Relatividad general de Einstein
1917	Modelo cosmológico por de Sitter (relatividad general)
1918-24	Publicación del catálogo estelar de Henry-Draper
1919	Eddington confirma con la observación de un eclipse la relatividad general
1920	Debate Shapley-Curtis sobre la naturaleza de las nebulosas espirales
1922	Friedmann resuelve las ecuaciones de Einstein y presenta un modelo para el Universo en expansión



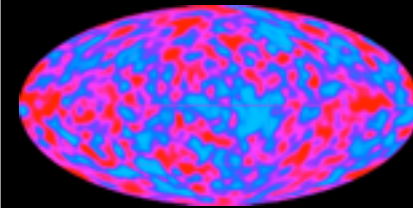
Desarrollo de la Astrofísica (siglo XX)

1923	Hubble establece la existencia de galaxias externas (cefeidas)
1923	Clasificación de galaxias por Hubble
1926	Eddington publica la <i>Constitución Interna de las Estrellas</i>
1927	Oort mide la rotación de la Galaxia
1927	Modelo del universo en expansión de Lemaitre
1929	Hubble encuentra la relación corrimiento al rojo - distancia para las galaxias. La expansión del Universo
1930	Descubrimiento de Plutón
1930	Lemaitre propone que el Universo se originó en una gran explosión
1931	Teoría para las enanas blancas de Chandrasekhar
1932	Con Jansky se inicia la radioastronomía
1939	Bethe propone una teoría para la fusión del hidrógeno
1944	Baade introduce el concepto de poblaciones estelares
1948	Alpher y Gamov explican la nucleosíntesis primordial y predicen la radiación cósmica de fondo
1948	Teoría del estado estacionario por Bondi, Gold y Hoyle
1954	Descubrimiento de las radiogalaxias



Desarrollo de la Astrofísica (siglo XX)

1955	Hoyle y Schwarzschild: primeras trazas evolutivas estelares
1958	Sandage calcula que la edad del Universo es de 13×10^9
1962	Comienza la exploración espacial del Sistema Solar
1963	Schmidt descubre los cuasáres
1965	Penzias y Wilson: descubrimiento de la radiación de fondo
1968	Jocelyn Bell descubre los púlsares
1969	El hombre en la Luna
1971	Descubrimiento del primer agujero negro (Cygnus X-1)
1975	La sonda Viking I se posa en Marte
1980	Geller y otros: estructura del Universo a gran escala
1981	Guth propone el universo inflacionario
1989	COBE mide las fluctuaciones en la radiación de fondo
1990	Comienza la misión del Hubble Space Telescope
1993	Primer telescopio gigante (Keck)
1995	Descubrimiento del primer planeta extrasolar
1998	Resultados de las supernovas la a alto corrimiento al rojo
2000	Modelo concordante del Universo (energía oscura)



Enlaces y referencias

Libros:

- “El desafío del Universo”, 2007, por T. Fernandez y B. Montesinos, Gran Austral, ed. Espasa-Calpe
- “Historia de la Astronomía”, 2007, por H. Couper y N. Henbest, ed. Paidós
- “Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano”, 1632, por Galileo Galilei (edición de Alianza Editorial)
- “Coming of Age in the Milky Way”, 1988, por Timothy Ferris, Harper-Collins ebooks
- “Shifting the Earth”, 2011, por Arthur Mazer, ed. Wiley
- “The Power of Stars”, 2011, por Bryan E. Penprase, ed. Springer
- “A More Perfect Heaven”, 2011, por Dava Sobel, ed. Walker Pub. Co.
- “History of Astronomy” por George Forbes (<http://www.gutenberg.org/ebooks/8172>)

Vídeos:

<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast161/Movies/>

<http://www.youtube.com/watch?v=QVuU2YCwHjw> (no te lo pierdas)

<http://www.youtube.com/watch?v=UkDpZm7oOYk>

Animaciones:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/marsorbit.html>