

# Historia de la Astronomía

Jay M. Pasachoff, Magda Stavinschi, Mary Kay Hemenway

*International Astronomical Union*

*Williams College, Williamstown, Massachusetts, USA*

*Instituto Astronómico de la Academia Rumana, Rumania*

*Universidad de Texas, Austin, USA*



# 1) Introducción



- La historia de la astronomía es extensa y compleja, elegimos pues, un momento histórico estelar: la concepción heliocéntrica del Sistema Solar.
- También se dan algunas nociones astronómicas de las grandes culturas del pasado.

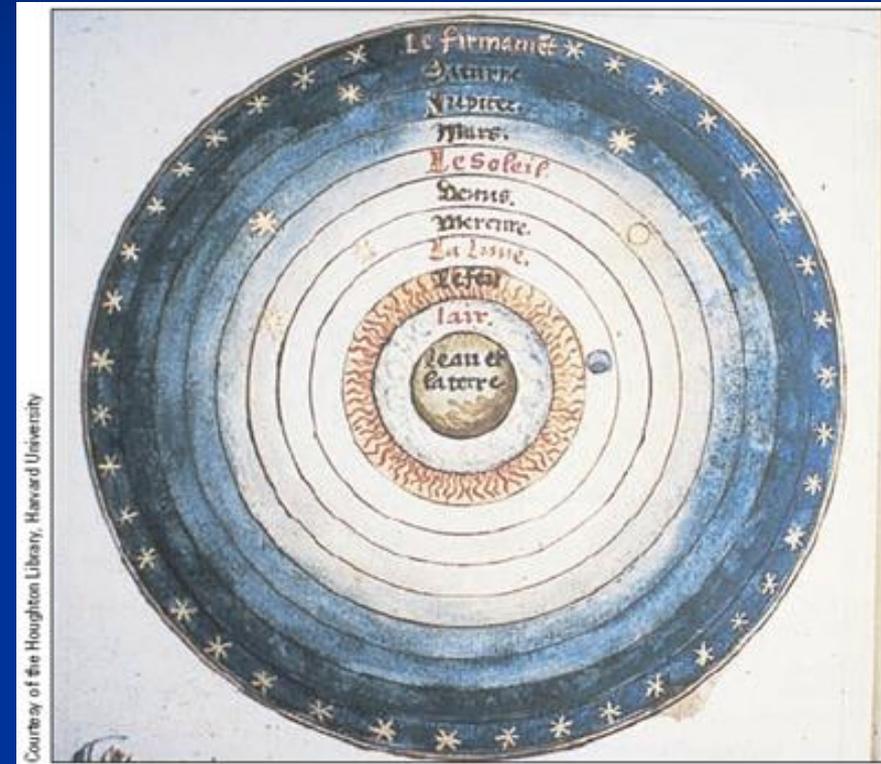
## 2) Astronomía geocéntrica de la Antigua Grecia

- Los planetas parecen moverse un poco más lento en el cielo que las estrellas, se denomina movimiento directo. Pero a veces, un planeta se mueve en la dirección opuesta con respecto a las estrellas, en un movimiento retrógrado.



## 2) Astronomía geocéntrica de la Antigua Grecia

- Los griegos hicieron modelos teóricos del Sistema Solar para explicar el movimiento de los planetas.
- Al comparar los períodos de movimiento retrógrado, fueron capaces de descubrir el orden de la distancia de los planetas.



## 2) Astronomía geocéntrica de la Antigua Grecia

- Aristóteles (350 a.C.) pensaba, y creía que la Tierra era el centro del Universo y pensaba que los planetas, el Sol y las estrellas giraban a su alrededor.
- Según Aristóteles, el Universo estaba formado por un conjunto de 55 esferas celestes ajustadas unas alrededor de otras.

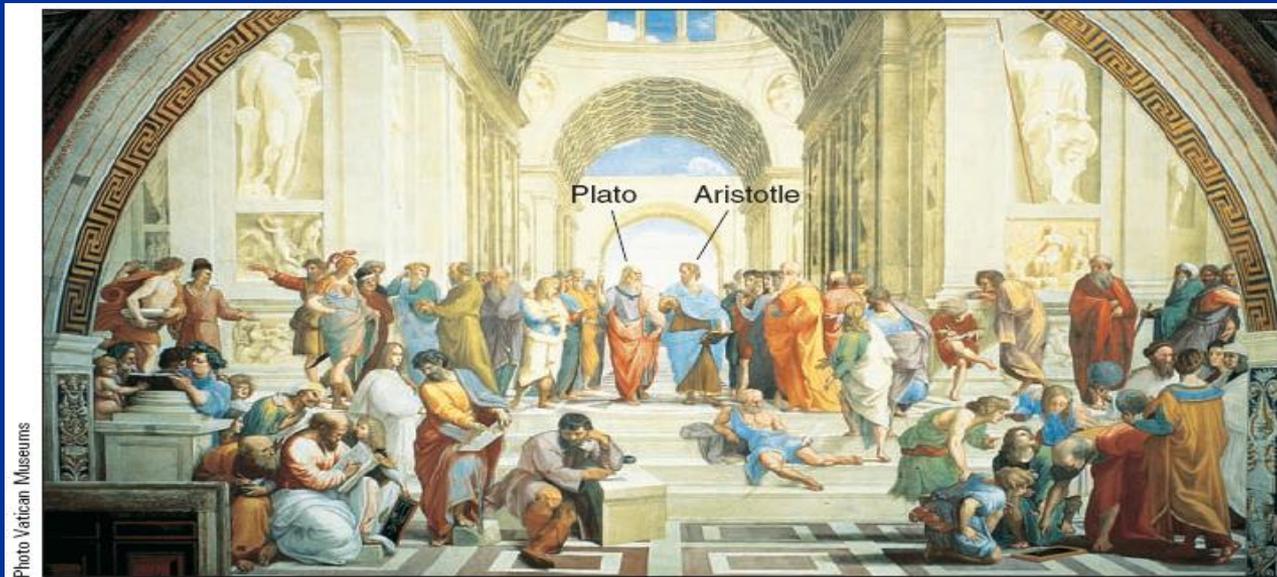
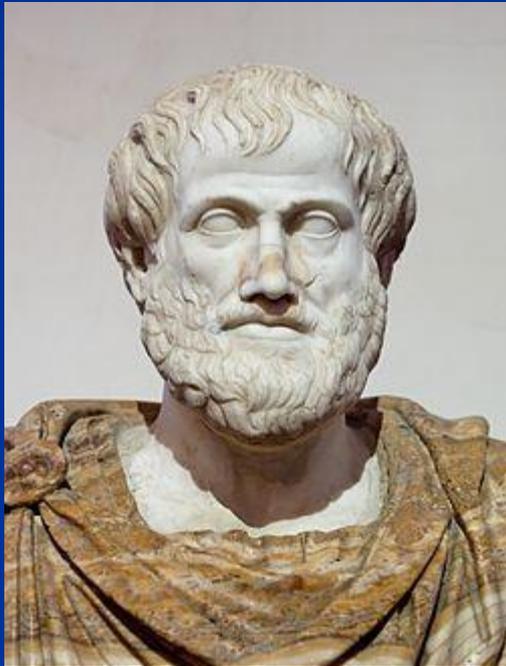


Photo Vatican Museums

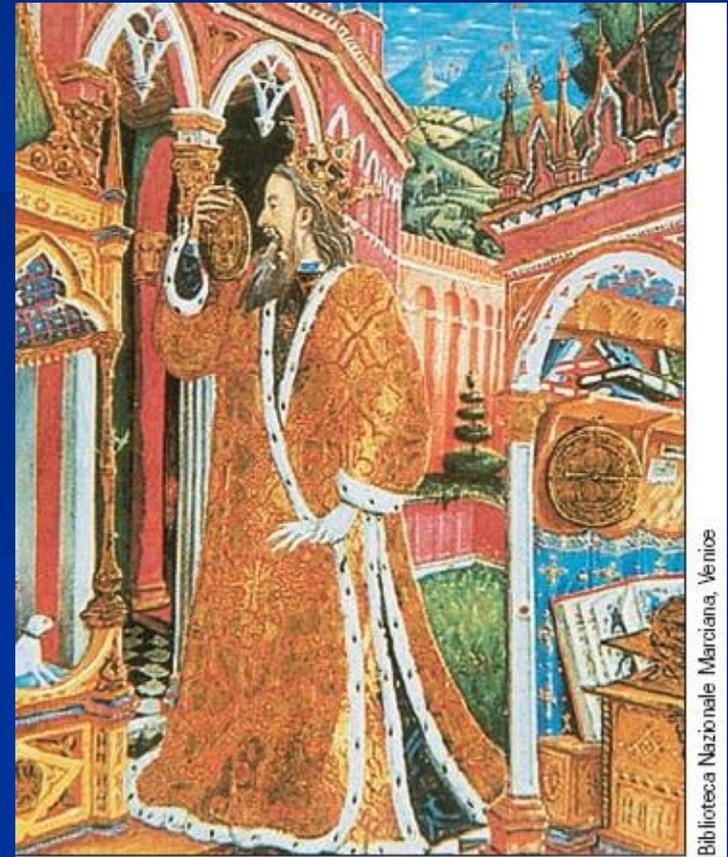
## 2) Astronomía geocéntrica de la Antigua Grecia



- Los planetas se movían en esferas cuyo movimiento de rotación afectaba a las demás explicando el movimiento retrogrado.
- La esfera más externa era la de las estrellas fijas. Fuera de ella estaba “el mecanismo principal” que causaba la rotación de las estrellas.
- La teoría de Aristóteles dominó el pensamiento científico durante 1800 años, hasta el Renacimiento e impidió plantear nuevos modelos.

## 2) Astronomía geocéntrica de la Antigua Grecia

- Hacia 140 d.C. Ptolomeo, que trabajaba en Alejandría, presentó un modelo que explicaba el movimiento retrógrado.
- Como se creía que los círculos eran formas perfectas, parecía lógico que los planetas deberían seguir círculos en sus movimientos.



Biblioteca Nazionale Marciana, Venise

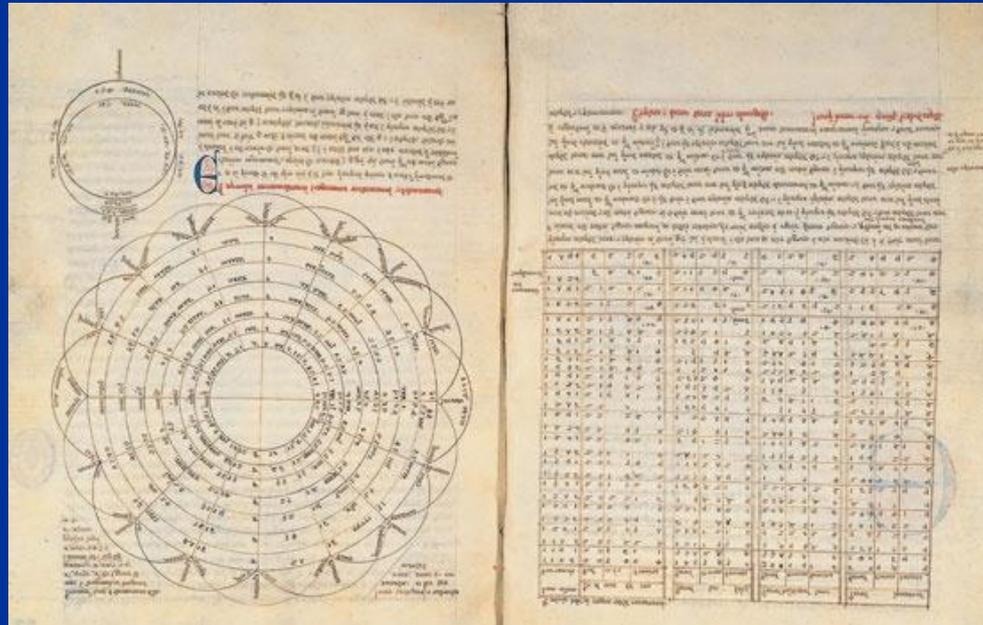
## 2) Astronomía geocéntrica de la Antigua Grecia

- Ptolomeo para explicar el movimiento retrógrado, concibe los planetas viajando a lo largo de pequeños círculos (epiciclos) que se mueven en los círculos más grandes (deferentes) de las órbitas generales de los planetas. El centro de un epiciclo se mueve con una velocidad angular constante relativa al punto llamado ecuante.



## 2) Astronomía geocéntrica de la Antigua Grecia

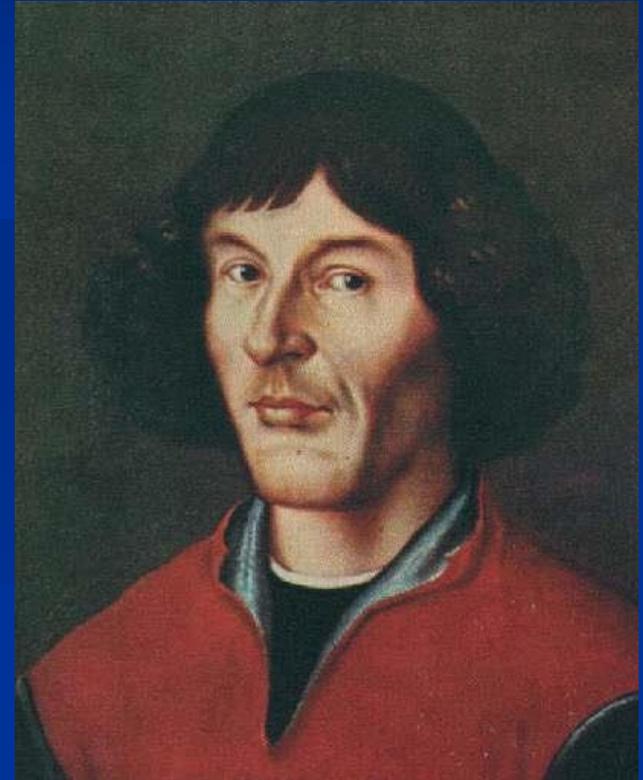
- El *Almagesto* (el mas Grande) de Ptolomeo fue aceptado durante unos 15 siglos. Contenía sus ideas y un resumen de las de sus predecesores. Sus tablas de los movimientos planetarios eran razonablemente precisas.





### 3) Una herejía: el Sol centro del Universo

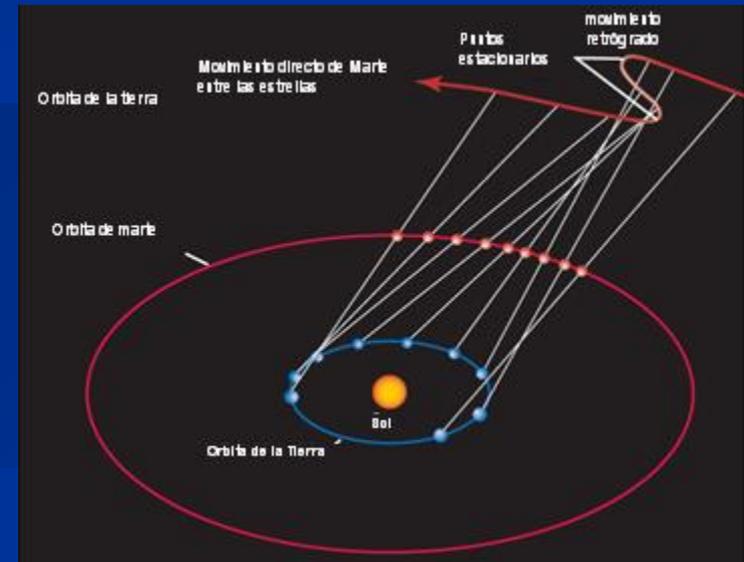
- Copérnico asume que los planetas se mueven en círculos, aunque los círculos no estaban muy centrados en el Sol.
- Copérnico usó algunos epiciclos con el objeto de que sus predicciones se ajustaran mejor con las observaciones (y consiguió eliminar el ecuante).



### 3) Una herejía: el Sol centro del Universo

- El modelo explicaba el movimiento retrógrado de los planetas exteriores, como Marte, por proyección:

\* Como la Tierra sobrepasa a Marte, la proyección de la línea que une la Tierra y Marte, muestra un movimiento aparente de retroceso entre las estrellas, contrario a la dirección real del movimiento.



\* Como la Tierra y Marte continúan moviéndose en su órbita, la proyección de la línea que une a los dos planetas parece moverse nuevamente en el sentido real del movimiento.

### 3) Una herejía: el Sol centro del Universo

- Con la idea de que el Sol estaba aproximadamente en el centro del Sistema Solar, Copérnico :
  - trabajó con las distancias relativas a los planetas.
  - dedujo el tiempo que invertían los planetas en orbitar el Sol a partir de las observaciones.



## 4) Los agudos ojos de Tycho Brahe



A finales del siglo XVI, el noble danés Tycho Brahe comenzó a observar a Marte y otros planetas en su observatorio (Uraniborg).

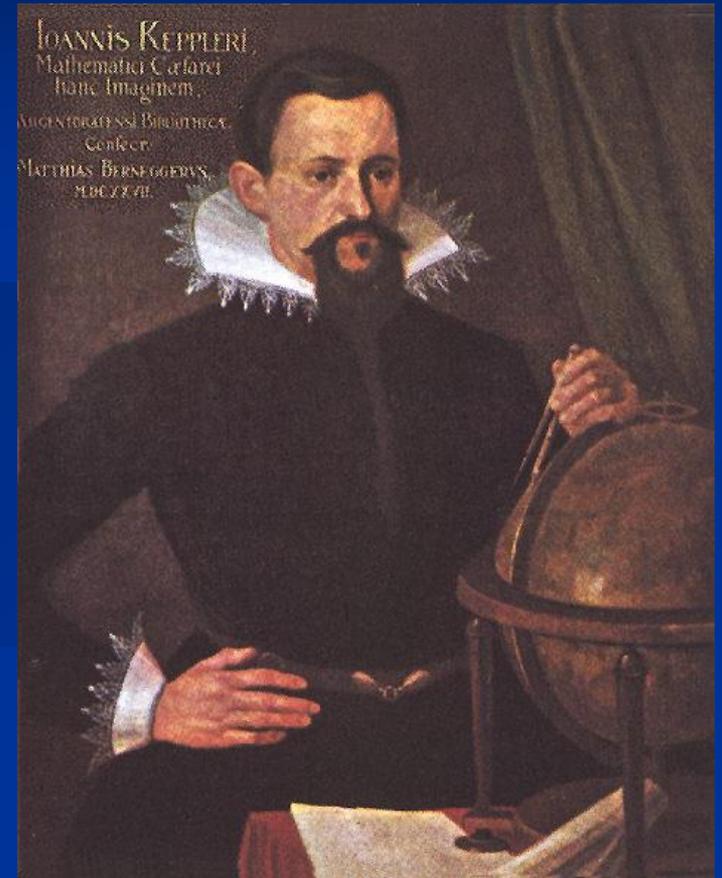
## 4) Los agudos ojos de Tycho Brahe

- Tycho usó instrumentos gigantes para hacer las observaciones sin precedentes en cuanto a exactitud (aún no se había introducido el telescopio).
- A la muerte de Tycho en 1601, Kepler pudo analizar todas sus observaciones.



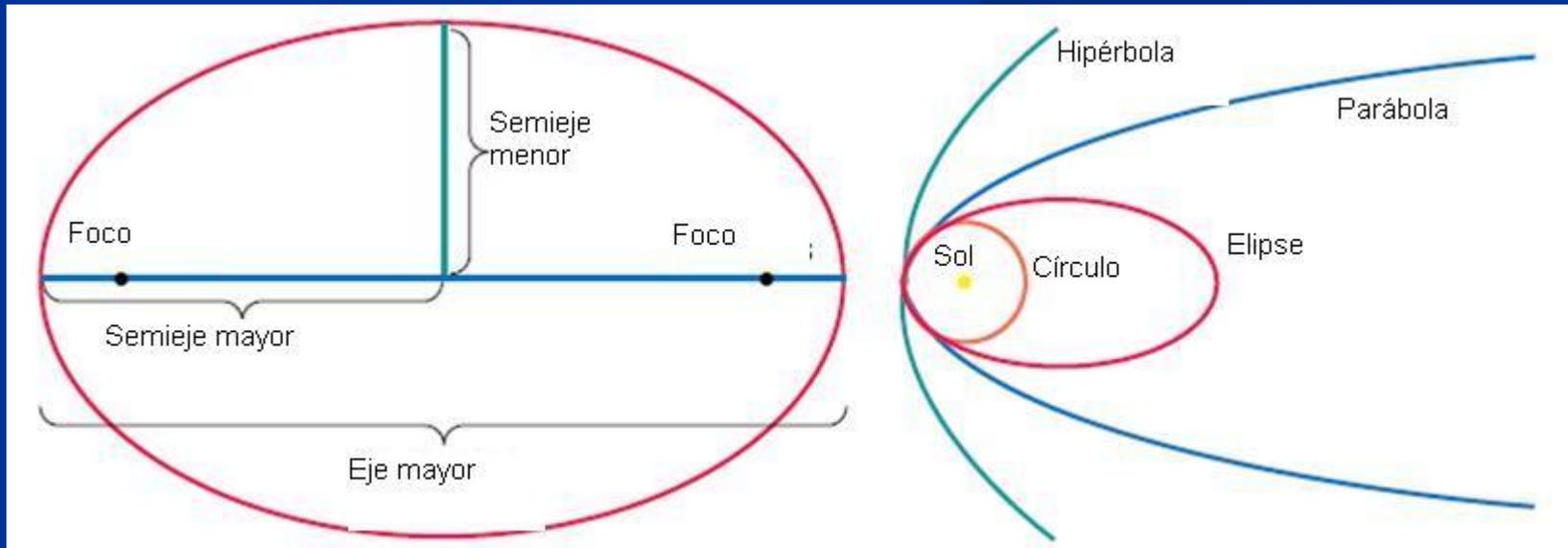
## 5) Johannes Kepler y sus leyes de las órbitas

- Las precisas observaciones de Tycho mostraban inexactitudes en las tablas de posiciones de los planetas, en uso en esos tiempos.
- Kepler desarrolló cálculos detallados para explicar las posiciones planetarias. Primero intentó explicar la órbita de Marte sin abandonar los círculos, pero finalmente establece sus leyes.



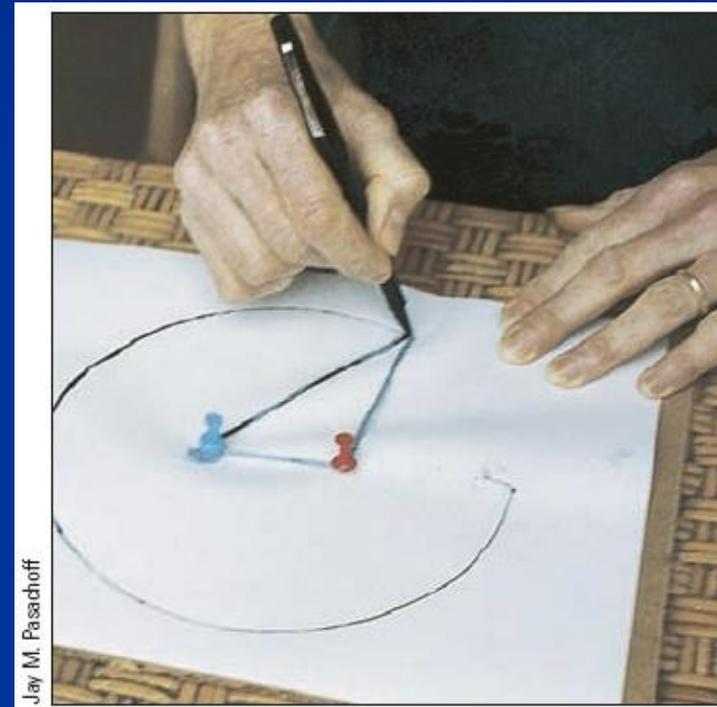
# 5) Primera Ley de Kepler

- Los planetas orbitan en torno del Sol en elipses, con el Sol en uno de los focos.



# 5) Primera Ley de Kepler

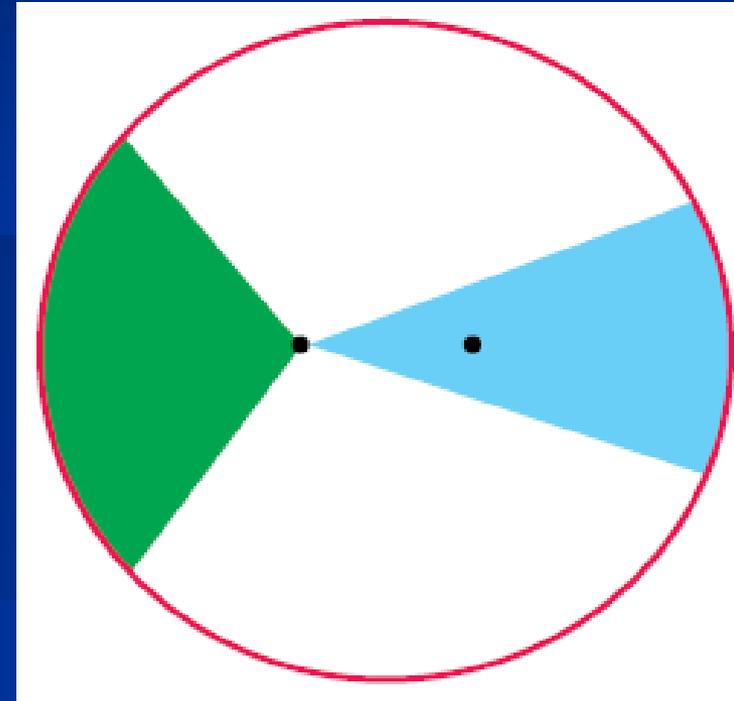
- La distancia entre los focos y una longitud fija para una cuerda definen cada elipse.
- La elipse cambia si se modifica la longitud de la cuerda o la distancia entre los focos.



# 5) Segunda Ley de Kepler

Describe la velocidad de los planetas en sus órbitas.

- Dice que la línea que une un planeta con el Sol, describe áreas iguales en tiempos iguales.
- El planeta se mueve más rápidamente cuando está cerca del Sol.
- También se la conoce como ley de las áreas iguales.



## 5) Segunda Ley de Kepler

- La segunda Ley de Kepler es especialmente útil para los cometas, los cuales presentan órbitas elípticas muy excéntricas (esto es, achatadas).
- Por ejemplo, demostró que el cometa Halley se mueve mucho más lentamente cuando está muy alejado del Sol, puesto que la línea que lo une al Sol es muy larga.



## 5) Tercera Ley de Kepler

- Relaciona el período con una medida de la distancia del planeta al Sol.
- Específicamente, dice que *el cuadrado del período de revolución es proporcional al cubo del semieje mayor de la elipse:*

$$P^2 = ka^3, \text{ donde } k \text{ es una constante}$$

- Esto es, si el cubo del semieje mayor de la elipse aumenta, el cuadrado del período aumenta en el mismo factor.



# 5) Tercera Ley de Kepler

Una aplicación terrestre de la 3ª ley de Kepler se da en los “satélites geoestacionarios,” los cuales están, a gran altura y orbitan mientras que la Tierra rota a la misma



- Parecen que flotarán sobre el ecuador (ver figura, izquierda), y son usados para retransmitir señales de TV y teléfono.



## 6) Caída del modelo Ptolomeico:Galileo

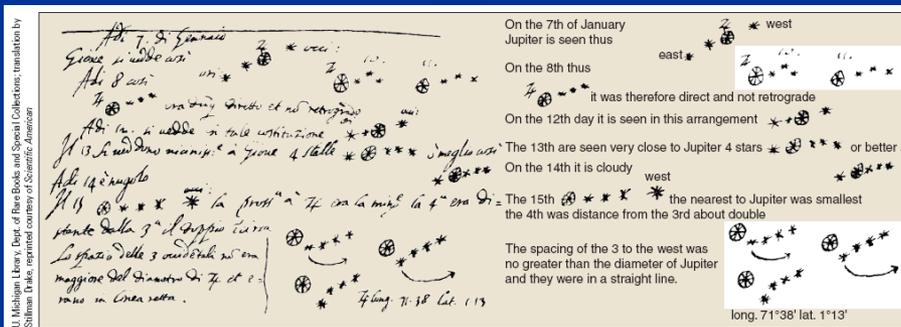
- A fines de 1609, Galileo fue el primero en usar un telescopio para estudios astronómicos sistemáticos.



# 6) Caída del modelo Ptolomeico: Galileo

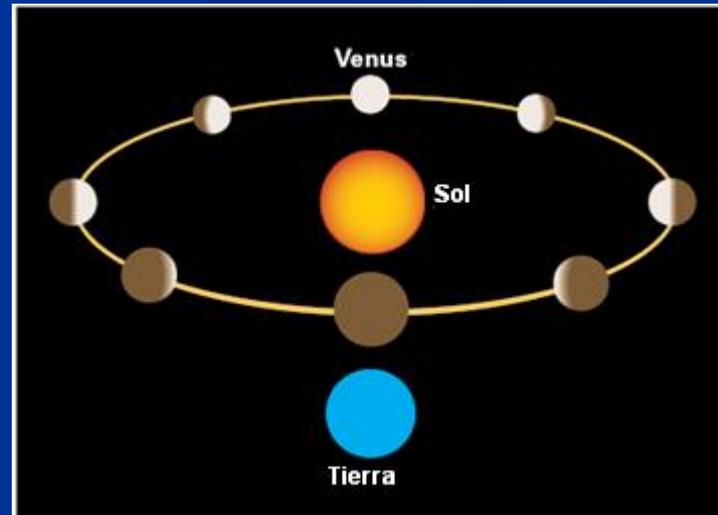
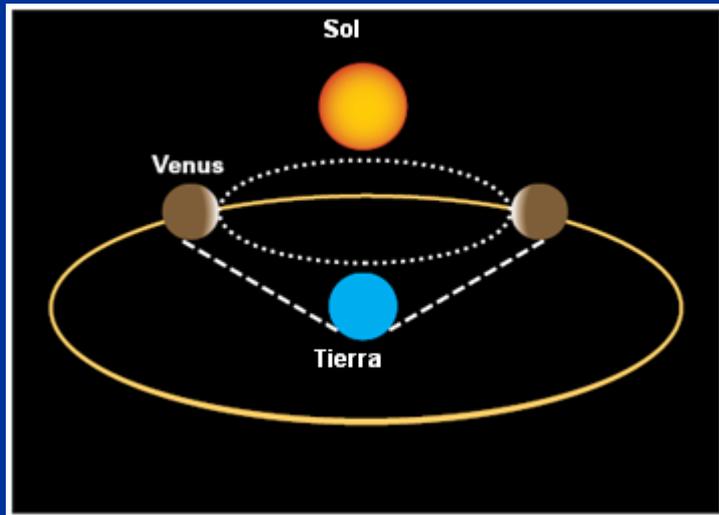
En 1610, publicó que con su telescopio, pudo ver:

- Muchas más estrellas que a ojo desnudo.
- La Vía Láctea contenía muchas estrellas individuales.
- Montañas, cráteres y los oscuros “mares” lunares.
- 4 pequeños cuerpos que orbitaban en torno de Júpiter (por tanto no todos los cuerpos giran en torno de la Tierra) y las 4 lunas no “quedaban atrás” mientras Júpiter se movía (sugiriendo que la Tierra debía comportarse igual, sin dejar a los objetos detrás de ella)

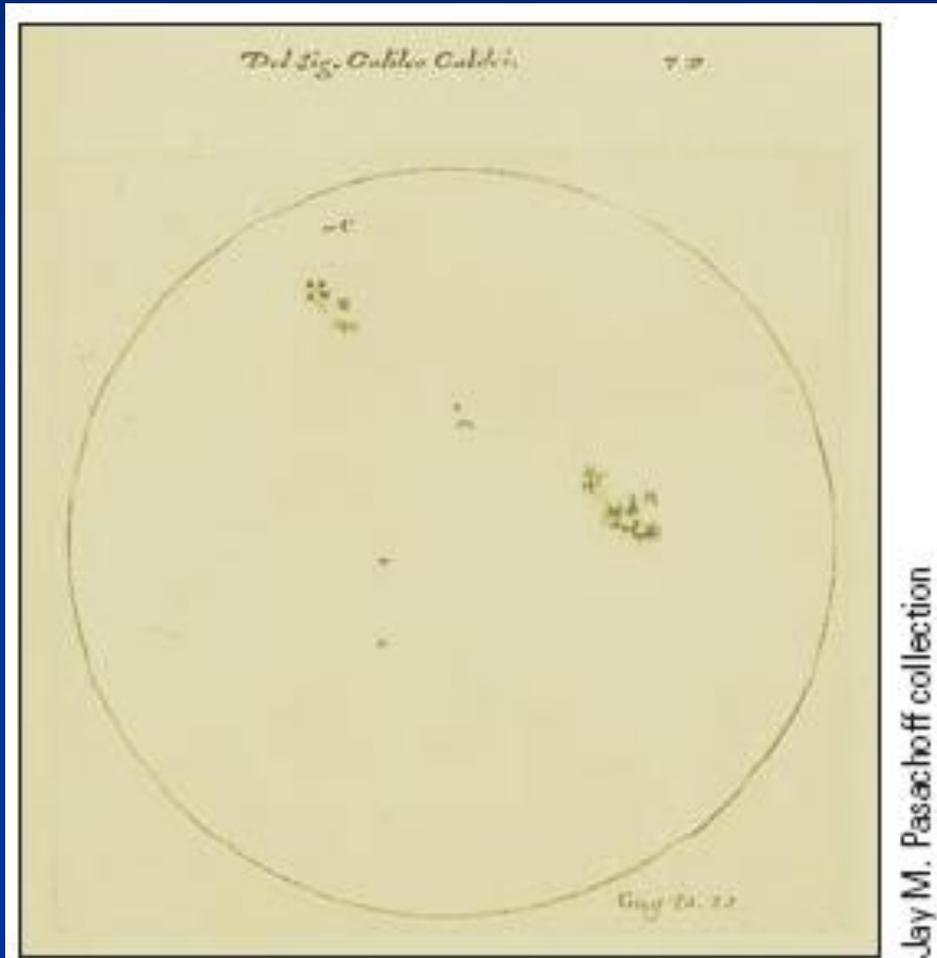


## 6) Caída del modelo Ptolomeico: Galileo

- Para el modelo heliocéntrico, fue fundamental el descubrimiento de Galileo de que Venus presentaba un juego completo de fases, que no se explicaba con el sistema Ptolomeico.

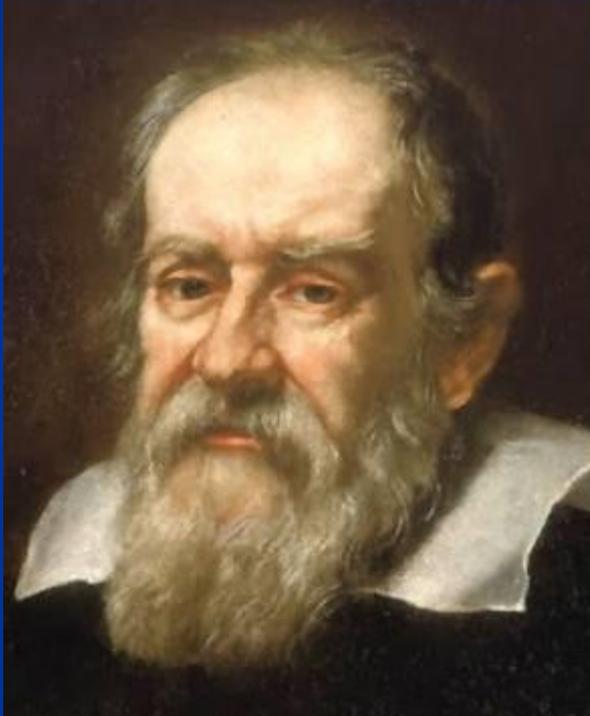


## 6) Caída del modelo Ptolomeico: Galileo



- En 1612, Galileo describió manchas solares, (una evidencia de que los objetos celestes no eran perfectos) mostrando que rotaban junto con la superficie del Sol.

## 6) Caída del modelo Ptolomeico:Galileo



- Ahora, cuatrocientos años después de que Galileo hizo sus descubrimientos y de que Giordano Bruno fue quemado en la hoguera en parte, al menos, por su visión de mundos que debían existir más allá del Sistema Solar, reina la paz entre la iglesia y los científicos y el Vaticano mantiene un moderno observatorio y varios respetados astrónomos.



# 7) A hombros de gigantes: Isaac Newton

- Hay que esperar a Isaac Newton, 60 años más tarde, para conocer el “por qué” de las leyes empíricas de Kepler.
- Newton nació en Inglaterra en 1642, en año en que muere Galileo. Es el mayor científico de su tiempo y tal vez de todos los tiempos por sus trabajos sobre:
  - *la descomposición de la luz visible en su espectro.*
  - *la invención del telescopio reflector.*
  - *el movimiento de objetos en la Tierra y en el espacio.*
  - *la ley de gravedad (tuvo que inventar el cálculo).*



# 7) A hombros de gigantes: Isaac Newton

Los Principia (1687) contienen las Tres Leyes del Movimiento:

- Primera ley (inercia): los cuerpos en movimiento tienden a permanecer en movimiento, en una línea recta con velocidad constante, a menos que sobre ellos actúe una fuerza externa (descubierta por Galileo).
- Segunda ley: relaciona una fuerza con su efecto sobre la aceleración de una masa. ( $F = ma$ , donde  $F$  es la fuerza,  $m$  la masa, y  $a$  la aceleración).



## 7) A hombros de gigantes: Isaac Newton

- Tercera ley: para cada acción, hay una reacción igual y de sentido contrario.  
Movimiento de un cohete es sólo uno de muchos fenómenos explicados por esta ley.
- El Principia también incluye la ley de la gravedad.  
Una aplicación de la Ley de la Gravedad de Newton es el concepto de peso.

# 7) A hombros de gigantes: Isaac Newton

Una de las historias más famosas de la ciencia es la de la manzana que cayó sobre la cabeza de Newton.

El mismo Newton contó, años más tarde, que él vio una manzana caer y se dio cuenta que así como la manzana cae hacia la Tierra, la Luna está cayendo hacia la Tierra, y su movimiento la mantiene lejos de nosotros. (la distancia que la Luna viaja hacia la Tierra es compensada por la distancia que la Luna describe hacia adelante; el resultado a lo largo del tiempo es una órbita estable, en lugar de colisionar con la Tierra)

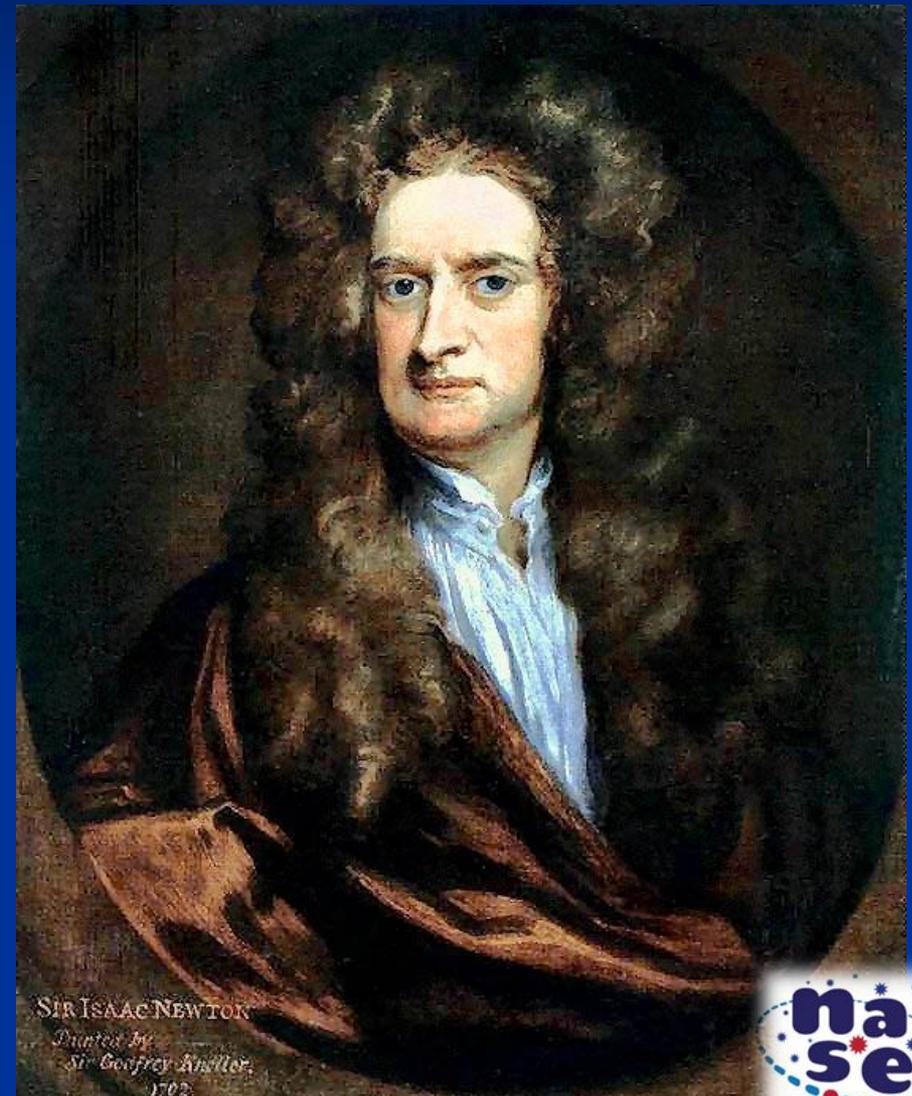


Jay M. Paschoff



# 7) A hombros de gigantes: Isaac Newton

- La más famosa frase de Newton es, “Si he podido ver tan lejos, es porque me he subido sobre hombros de gigantes” .



# Diapositivas Opcionales



## 8) Las raíces de la astronomía : BABILONIA

En Caldea se encuentran las raíces de la astronomía occidental, la matemática utilizaba el sistema de numeración sexagesimal que, al ser un sistema de notación posicional (muy parecido al actual sistema decimal, pero en base 60), facilitó el desarrollo de un álgebra y aritmética tempranas; de aquí se derivan por ejemplo la división del círculo en 360 grados, o la de una hora en 60 minutos y estos en 60 segundos.

|      |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 𐎶 1  | 𐎵 11  | 𐎴𐎶 21 | 𐎳𐎶 31 | 𐎲𐎶 41 | 𐎱𐎶 51 |
| 𐎷 2  | 𐎶𐎵 12 | 𐎵𐎶 22 | 𐎴𐎷 32 | 𐎳𐎷 42 | 𐎲𐎷 52 |
| 𐎸 3  | 𐎷𐎵 13 | 𐎶𐎷 23 | 𐎵𐎸 33 | 𐎴𐎸 43 | 𐎳𐎸 53 |
| 𐎹 4  | 𐎸𐎵 14 | 𐎷𐎸 24 | 𐎶𐎹 34 | 𐎵𐎹 44 | 𐎴𐎹 54 |
| 𐎺 5  | 𐎹𐎵 15 | 𐎸𐎹 25 | 𐎷𐎺 35 | 𐎶𐎺 45 | 𐎵𐎺 55 |
| 𐎻 6  | 𐎺𐎵 16 | 𐎹𐎺 26 | 𐎸𐎻 36 | 𐎷𐎻 46 | 𐎶𐎻 56 |
| 𐎼 7  | 𐎻𐎵 17 | 𐎺𐎻 27 | 𐎹𐎼 37 | 𐎸𐎼 47 | 𐎷𐎼 57 |
| 𐎽 8  | 𐎼𐎵 18 | 𐎻𐎼 28 | 𐎺𐎽 38 | 𐎹𐎽 48 | 𐎸𐎽 58 |
| 𐎾 9  | 𐎽𐎵 19 | 𐎼𐎽 29 | 𐎻𐎾 39 | 𐎺𐎾 49 | 𐎹𐎾 59 |
| 𐎿 10 | 𐎾𐎵 20 | 𐎽𐎾 30 | 𐎼𐎿 40 | 𐎻𐎿 50 |       |

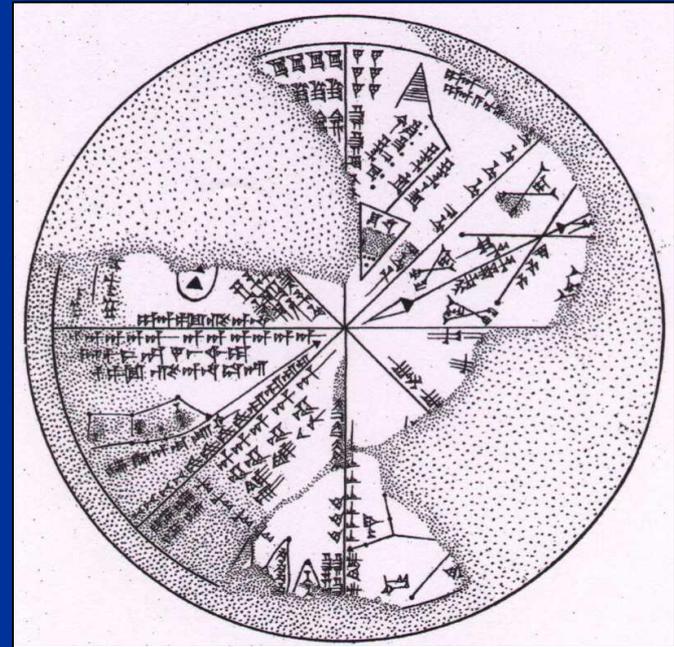


## 8) Las raíces de la astronomía : BABILONIA

Los caldeos observaron eclipses lunares y propusieron las series *Saros* para predecir su ocurrencia. Aunque sólo fueron utilizadas para lunares, son también aplicables a eclipses solares.



Carta dirigida al rey Asurbanipal en donde se describe un eclipse lunar



Planisferio, de la biblioteca del rey Asurbanipal en Nínive (800 a. C.)

# 8) Las raíces de la astronomía : BABILONIA

## Los cinco planetas conocidos por los caldeos

Códice de Amurabi



| Nombre        | Significado     | Planeta  |
|---------------|-----------------|----------|
| Neberu        | El pivote       | Júpiter  |
| Delebat       | La que proclama | Venus    |
| Sithu, Ishtar | El Saltador     | Mercurio |
| Kayamanu      | El Constante    | Saturno  |
| Salbatanu     | El enrojecido   | Marte    |

# 8) Las raíces de la astronomía : EGIPTO

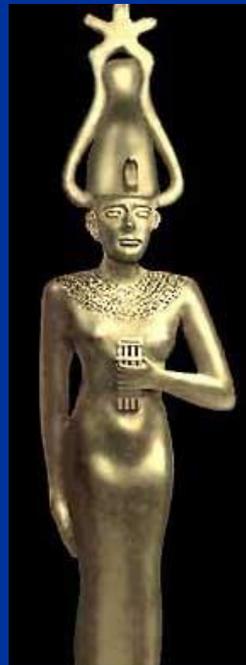


Nut, el cielo, deidad femenina, rodea a la Tierra, representada por Geb, deidad masculina.

A su vez, separa el mundo de los vivos del de los muertos.

# 8) Las raíces de la astronomía : EGIPTO

Los egipcios notaron que cuando Sirio (denominada Sotis) se levantaba (salida heliaca), justo antes que el Sol, esto coincidía con el inicio de la inundación del río Nilo. El desierto se hacía fértil, por eso Sirio se asociaba con la diosa Isis, la fertilidad.



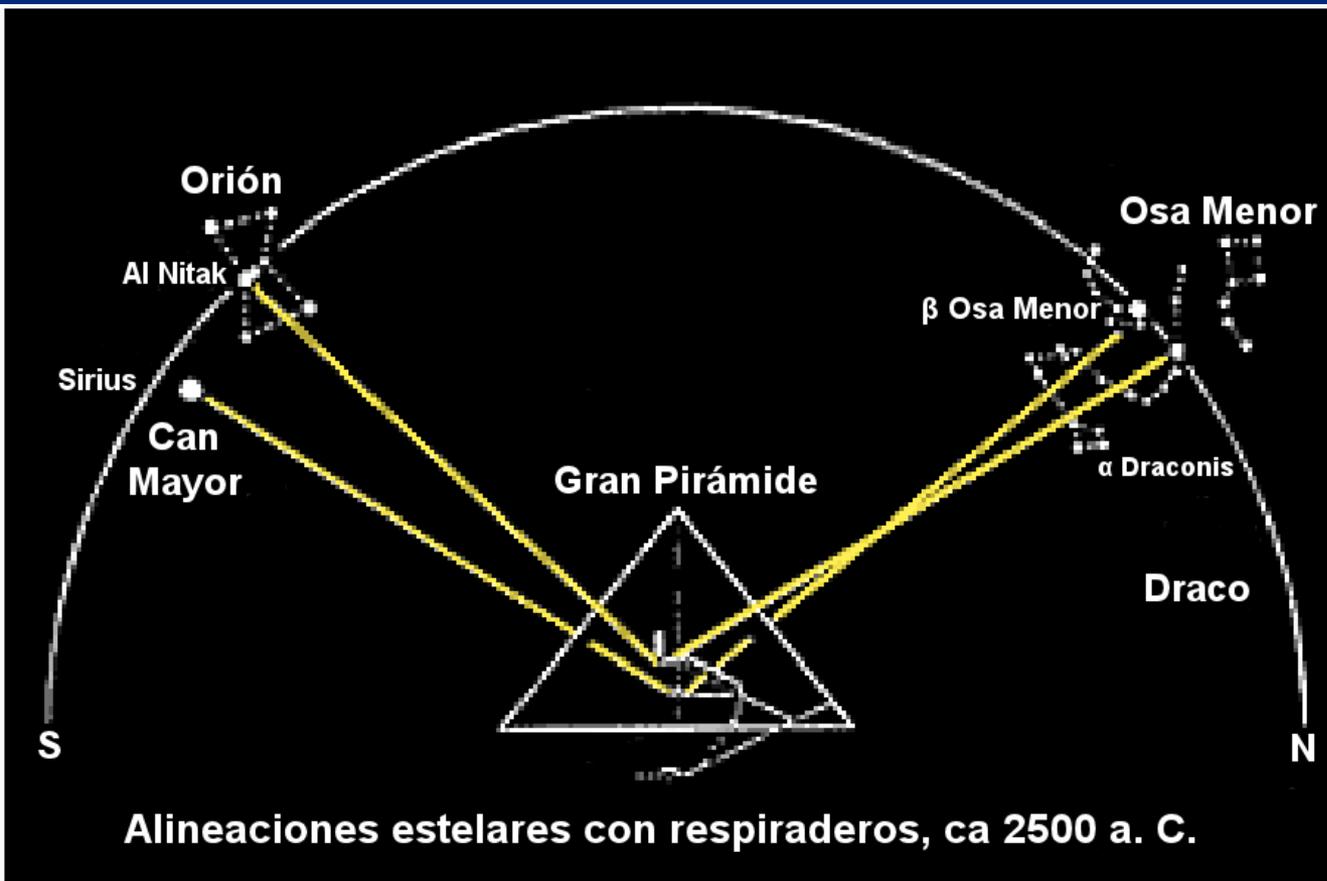
## 8) Las raíces de la astronomía : EGIPTO



En el techo del templo de Hathor en Denderah, Egipto, se encuentran las constelaciones egipcias en el período helénico. Muchas de ellas han desaparecido en la actualidad, como el cocodrilo o el hipopótamo.



# 8) Las raíces de la astronomía : EGIPTO



Los Egipcios orientaban sus edificios según posiciones del Sol y de ciertas estrellas significativas para el rito.

# 8) Las raíces de la astronomía : INDIA

El primer texto con contenido astronómico se da en la literatura religiosa de la India (segundo milenio antes de Cristo).

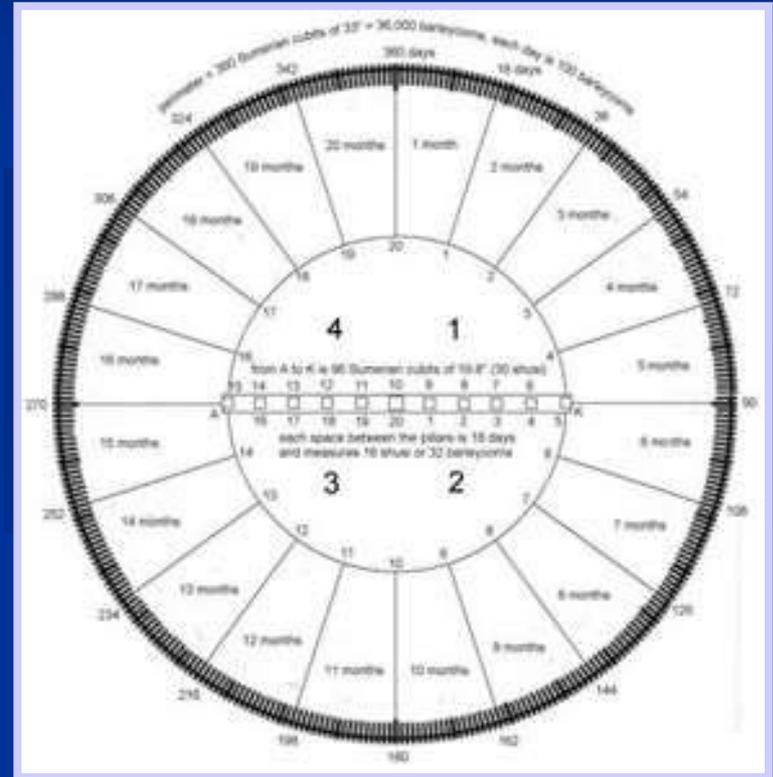
Durante los siglos siguientes una serie de astrónomos indios estudiaron diversos aspectos astronómicos.



# 8) Las raíces de la astronomía: ÍNDIA

El calendario hindú de la antigüedad ha sufrido muchos cambios en el proceso de regionalización. Hoy en día, hay varias calendarios indígenas regionales, así como un calendario nacional indio.

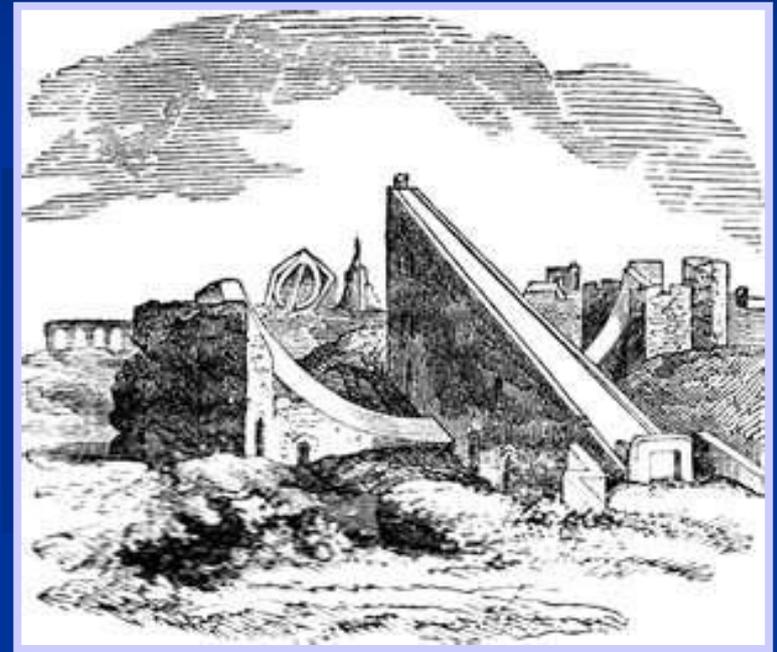
En el calendario hindú, el día comienza con la salida del Sol. Se le asignan cinco “propiedades” llamadas *angas*.



## 8) Las raíces de la astronomía: INDIA

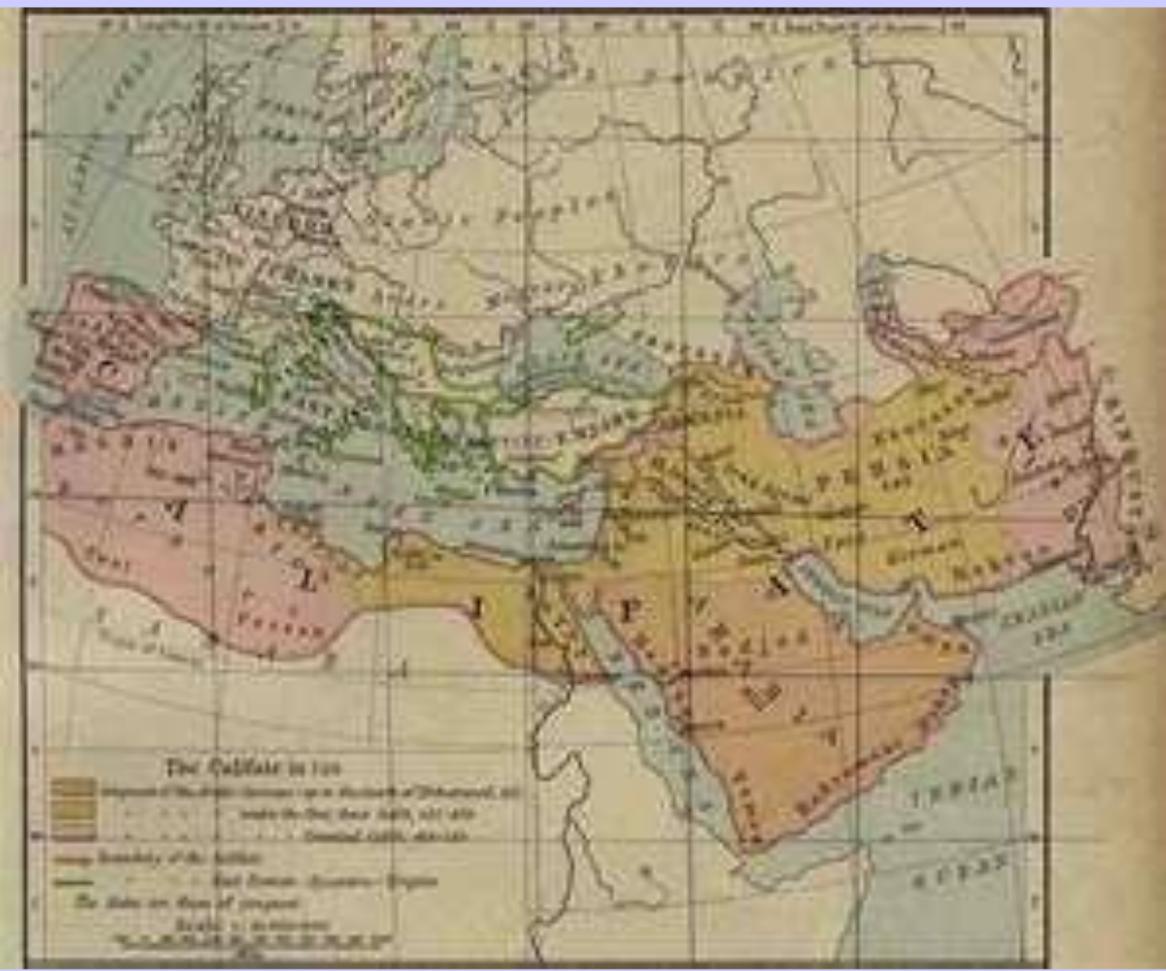
La eclíptica se divide en 27 nakshatras, que se llama indistintamente casas lunares o asterismos. Estos reflejan el ciclo de la Luna contra las estrellas fijas, los días 27 y 7 horas  $\frac{3}{4}$ , la parte fraccionaria de ser compensada por un nakshatra intercalar 28a.

El cómputo nakshatra parece haber sido bien conocido en el segundo - primer milenio a.C.



# 8) Las raíces de la astronomía: **ARABES**

La mayoría del desarrollo astronómico realizado por los árabes tiene lugar en los siglos VIII – XV en Oriente Medio, Asia Central, Al-Andalus, el norte de África, y más tarde en el Lejano Oriente y la India.



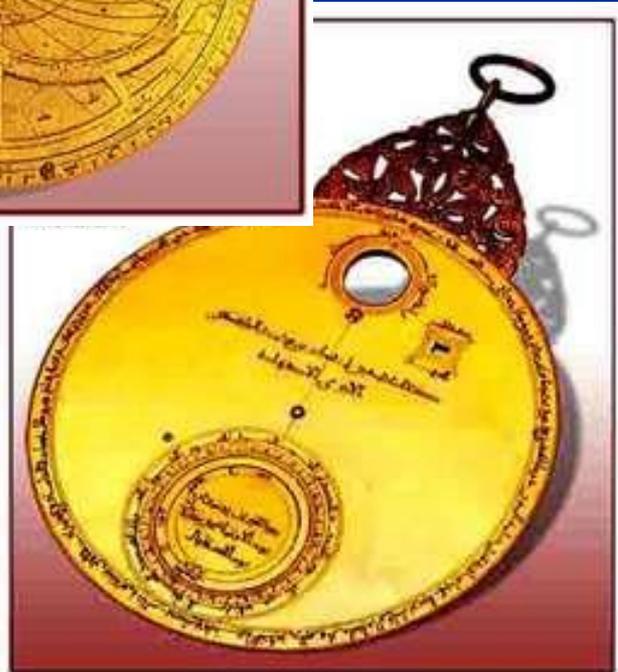
# 8) Las raíces de la astronomía: **ÁRABES**



Las primeras observaciones sistemáticas tuvieron lugar bajo el patrocinio de Al-Mamun (786-833) en muchos observatorios de Damasco a Bagdad:

- midieron los grados de meridiano,
- establecieron parámetros solares,
- y realizaron observaciones detalladas del Sol, la Luna y los planetas.

# 8) Las raíces de la astronomía: **ÁRABES**



Gran número de estrellas en el cielo, como Aldebarán y Altair, y términos, tales como alidada, azimut, almicantarat, son todavía citados por su nombre árabe.

## INSTRUMENTOS

- Globos celestes
- Esferas armilares
- Astrolabios
- Relojes de Sol
- Cuadrantes



## 8) Las raíces de la astronomía : MAYAS

Los mayas estaban muy interesados en los pasajes cenitales, cuando el Sol pasa directamente por encima de la cabeza. Los mayas tenían un Dios para esta posición: “Dios Descendente”.



La latitud de la mayoría de sus ciudades hacía que estos pasajes cenitales se produjeran dos veces al año equidistantes de los solsticios.

## 8) Las raíces de la astronomía : MAYAS

Venus era el objeto astronómico más importante para los mayas, incluso más que el Sol.



Demuestran conocimientos sobre la Nebulosa de Orión como objeto difuso (no como estrella puntual).



# 8) Las raíces de la astronomía : MAYAS

Aunque el calendario mesoamericano no se originó con los mayas, sus posteriores ampliaciones y mejoras mayas fueron muy sofisticadas.

Junto con los de los aztecas, los calendarios mayas son los mejor documentados y los más comprensibles.



# 8) Las raíces de la astronomía: AZTECAS

Desde el siglo XIII el Valle de México fue el corazón de la civilización Azteca. Eran grupos étnicos del centro de México, en particular los grupos que hablaban el idioma náhuatl dominaron gran parte de Mesoamérica en los siglos XIV, XV y XVI, un período conocido como el último período posclásico mesoamericano



## 8) Las raíces de la astronomía: AZTECAS

El calendario azteca (aprox. 1479) es circular con cuatro círculos concéntricos. En el centro esta el rostro de Tonatiuh (Dios Sol) sosteniendo un cuchillo en la boca.



Las cuatro eras anteriores, están representadas por figuras cuadradas que flanquean el Sol central. El círculo exterior tiene 20 áreas que representan los días de cada uno de los 18 meses que constaba el calendario azteca. Para completar los 365 días del año solar, incorporaban 5 días aciagos o nemontemi.



# 8) Las raíces de la astronomía: AZTECAS



Los aztecas agruparon las estrellas brillantes en constelaciones: Mamalhuaztli (Cinturón de Orión), Tianquiztli (las Pléyades), Citlaltlachtli (Géminis), Citlalcolotl (Escorpión) y Xonecuilli (La Osa Menor, o la Cruz del Sur para otros), etc.

Los cometas fueron denominados "las estrellas que humean".



## 8) Las raíces de la astronomía : INCAS



La Inca es una civilización pre-colombina del Grupo Andino. Se inicia a principios del siglo XIII en la cuenca del Cuzco en Perú y luego se extiende a lo largo del Océano Pacífico y los Andes, cubriendo la parte occidental de América del Sur.

En su apogeo, se extiende desde Colombia hasta Argentina y Chile, a través de Ecuador, Perú y Bolivia.

## 8) Las raíces de la astronomía : INCAS

Los incas utilizaban un calendario solar para la agricultura y otro lunar para las fiestas religiosas.

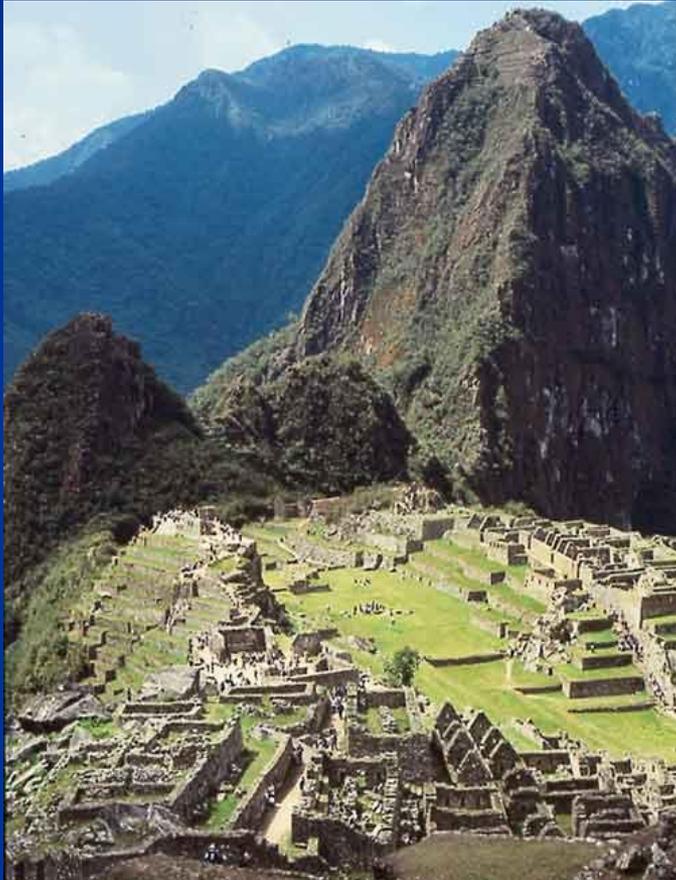


Según las crónicas de los españoles, en las afueras de Cuzco había un gran calendario público constituido por 12 pilares de 5 metros de altura, que se podía ver a mucha distancia que permitía establecer la fecha en la que estaban.

Celebraban dos fiestas principales, el Inti Raymi y el Capac Raymi, los solsticios de verano y de invierno respectivamente.



## 8) Las raíces de la astronomía : INCAS



Los incas consideraban su Rey, Sapa Inca, el "hijo del Sol".

Las ciudades más importantes estaban trazadas siguiendo alineamientos celestes y usando los puntos cardinales.

Identificaron varias áreas oscuras o nebulosas oscuras de la Vía Láctea como animales, y asociaron su apariencia con las lluvias estacionales.



## 8) Las raíces de la astronomía : INCAS

Las constelaciones, como Yutu, el sapo celeste, y la Llama del Cielo, se utilizaron para seguir el paso de las estaciones y para marcar los eventos sagrados.



*Por ejemplo: En el antiguo Perú, sacrificios de llamas multicolores y negras estaba previsto para abril y octubre, cuando los 'ojos de la llama' "alfa y beta Centauri" estaban opuestas al Sol.*



## 8) Las raíces de la astronomía: CHINA



Los chinos son considerados los observadores más persistentes y precisos de los fenómenos celestes antes de los árabes. Registros detallados de observaciones astronómicas se iniciaron en el siglo IV a. C.

Elementos de astronomía india llegaron a China con la expansión del budismo al final de la dinastía *Han* (25-220 dC), pero la incorporación más detallada del pensamiento astronómico indio se produjo durante la dinastía de Tang (618-907).

# 8) Las raíces de la astronomía: CHINA

La astronomía se revitalizó bajo el estímulo de la cosmología y la tecnología occidental al establecer sus misiones jesuitas.

## INSTRUMENTOS

Esfera armilar

Globo celeste

Esfera de acondicionamiento hidráulico

Torre globo celeste

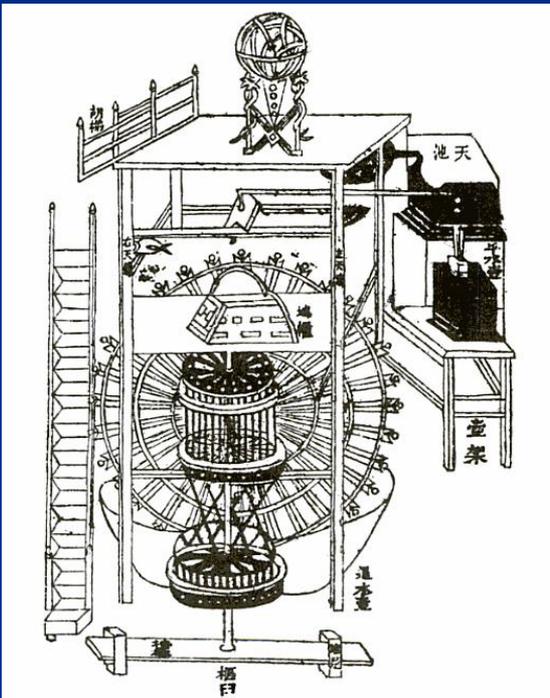


Fig. 651. General diagram of the works (*Hsin I Huang Fa Yao*, ch. 3, p. 4a). On the right, the upper reservoir tank (*thien chih*) with the constant-level tank (*ping shui hu*) beneath it. In the centre, foreground, the 'earth horizon' box (*ti hui*) in which the celestial globe is mounted; below, the time-keeping shaft and wheels supported in the mortar-shaped end-bearing (*shu chiu*). Behind, the main driving-wheel with its spokes and scoops; above, the left and right upper locks (*tsu yu thien so*) with the upper balancing lever and upper link, curiously drawn, still higher.

El telescopio se introdujo en el XVII



# 8) Las raíces de la astronomía: CHINA

El científico chino Shen Kuo (1031-1095) fue el primero en:

- describir la brújula magnética de aguja.
- hacer una medición precisa de la distancia entre la polar y el norte verdadero para ser utilizada en navegación.



# 8) Las raíces de la astronomía: CHINA



Shen Kuo y Pu Wei establecieron un proyecto de observación astronómica nocturna en un período de cinco años consecutivos, un trabajo que podría rivalizar las observaciones de Tycho Brahe.



Para este proyecto también trazaron las coordenadas exactas de los planetas en un mapa de estrellas y crearon teorías del movimiento planetario, incluyendo la retrogradación.



# 8) Las raíces de la astronomía: CHINA

La astronomía china se centró en la observación. Tenían datos desde el año 4.000 a.C. (explosión de supernovas, eclipses y aparición de cometas).

- en el 2.100 a.C. registraron un eclipse de Sol.
- en el 1.200 a.C. describieron "*motas oscuras*" en el Sol.
- en el 532 a.C. dejaron constancia de la aparición de una *estrella* supernova en la constelación del Águila
- en el 240 y 164 a.C. el paso del *cometa Halley*.



# 8) Las raíces de la astronomía: CHINA

En nuestra era:

- determinaron la *precesión de los equinoccios* en  $1^\circ$  cada 50 años.
- observaron que la cola de los cometas apunta siempre en dirección contraria a la posición del Sol.
  - en el año 1006, anotaron la aparición de una supernova tan brillante que se podía observar de día (la más brillante de la que se tiene noticia).
  - en el 1054, observaron la explosión de una supernova, que posteriormente daría origen a la *nebulosa del cangrejo*.



¡Muchas Gracias  
por su atención!