

# Historia de la Astronomía

José A. de Diego

Instituto de Astronomía

Universidad Nacional Autónoma de México

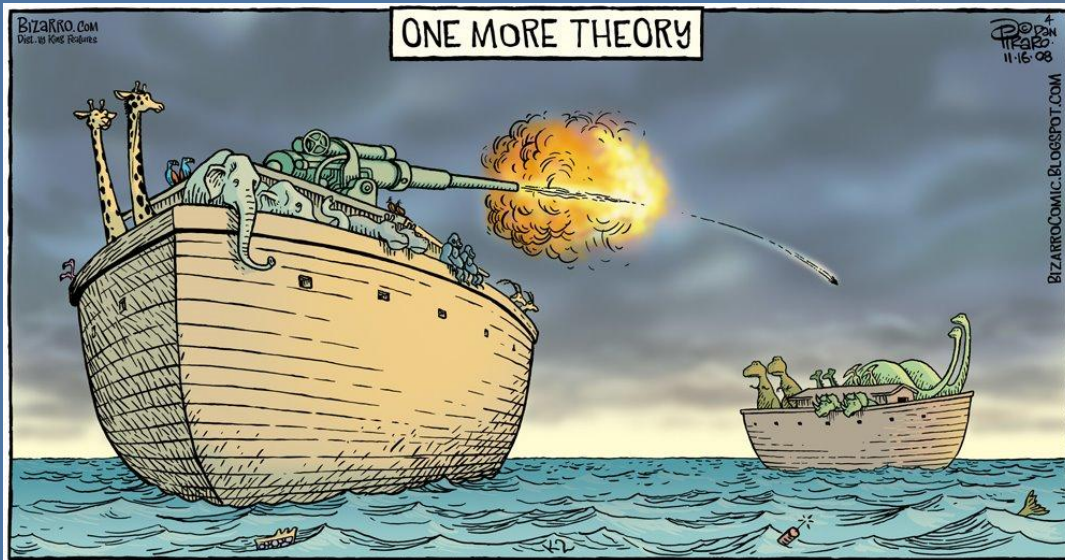


*Pienso que la astrología es una absoluta tontería, pero soy Capricornio, y ya se sabe que somos muy escépticos.*

*Adaptado de Arthur C. Clarke*

# **EL IMPACTO DEL UNIVERSO EN NUESTRA CULTURA**





## La influencia de los cuerpos celestes

- Hasta hace poco tiempo, aparte del Sol y, en menor medida, la Luna, no se aceptaba que los cuerpos celestes tuvieran influencia alguna sobre nuestro planeta.
- En los años 1990 se comprendió que los impactos procedentes del espacio habían tenido un efecto sobre la vida en la Tierra.
- Hoy se especula que el origen de la vida puede ser extraterrestre y haber llegado en cometas.
- Tal vez estamos aquí porque hace 65 millones de años, un asteroide o un cometa erradicó a la competencia... ¡pero hay “teorías” alternativas!



# El mito de la creación



- Casi todas las culturas tienen un mito de la creación que implica la formación simultánea del cielo y la tierra.
  - Excepción: hay 1,028 mitos de la creación en el **hinduismo**, ya que es un proceso cíclico. En ninguno se explica cómo empezó el universo.
- **Génesis:** En el principio creó Dios los cielos y la tierra.
- **Griegos:** En un principio solo existía el Caos. A continuación, Gea (la Tierra) engendró a Urano (el firmamento estrellado).
- **Aztecas** (varios mitos): Quetzalcoatl y Tezcatlipoca partieron por la mitad a la diosa del cielo. Con una mitad hicieron la tierra, y la otra mitad la llevaron al cielo.
- **Fang** (África): Nzame creó el universo y la tierra y le trajo vida.

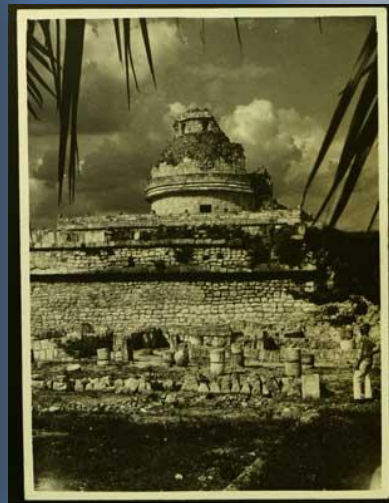
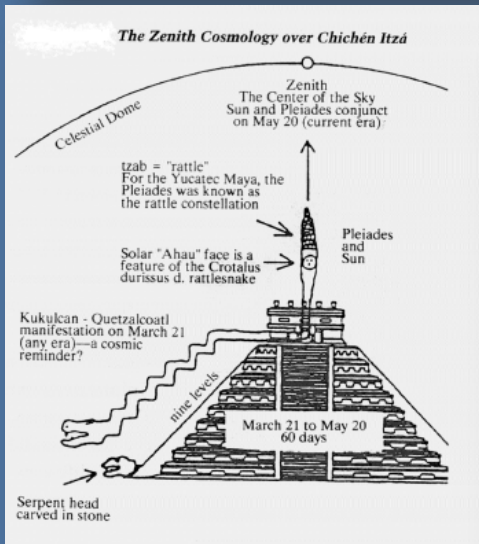
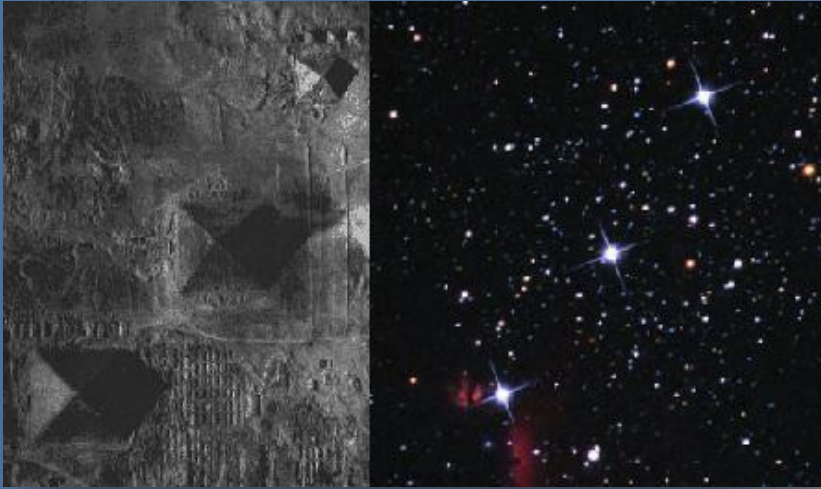
# El firmamento antropomórfico



- La historia de la astronomía es un reflejo de nuestra cultura
  - Poblamos el cielo con deidades
  - Situamos nuestras leyendas sobre mapas del cielo



# El cielo en La Tierra



# El origen del tiempo


## El día de 24h

- Los decanos egipcios
  - 36 estrella (una es Sirio)
  - Intervalos regulares
  - Iban surgiendo antes que el Sol en intervalos de 10 días
  - Solían contar unos 12 decanos nocturnos
  - La noche de 12 h condujo a 12h de luz

## La hora de 60 min y el calendario

- La numeración babilónica
  - Sistema de numeración basado en el 60
  - Razón por la que dividimos la hora en 60 minutos y el círculo en 360 (6x60) grados.
  - Primeros en calcular las posiciones futuras de los planetas
  - Inventores del zodiaco
  - Año de 360 días, en 12 meses de 30 días
  - Inventaron la semana con los nombres del Sol, la Luna y los 5 planetas conocidos





Es el cometa una fanfarronada del Cielo contra los poderosos del mundo: émulo en la aprehensión humana, de la generosa furia del rayo: porque como éste hiera en lo más alto, aquél en lo más noble.

Benito Jerónimo Feijoo (1676-1764)  
Teatro crítico universal, Tomo 1, Discurso 10°

## **CUANDO LOS CIELOS SE ALTERAN LOS COMETAS, AUGURIOS DE DESGRACIAS**

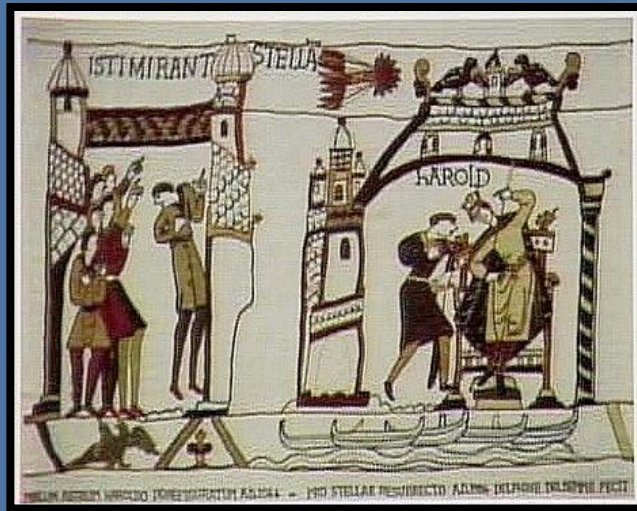


# Los cometas en la antigüedad

- China
  - Rebeliones en provincias
  - Astrónomos ejecutados
- Grecia
  - Cometa 372 a.C.
    - Aristóteles: 60° cielo
    - Diodoro de Sicilia: decadencia de los lacedemonios (Batalla de Leuctra en verano del 371 a.C. en que Esparta es derrotada frente a Tebas)
    - Eforo: destrucción por el mar de las villas de Hélice y Bura en Acaya (terremoto del 373 a.C.)
- Roma
  - Cometa 44 a.C.
    - El alma de Julio César
  - Emperador Vespasiano
    - Reprendido por los médicos por despachar asuntos *de estado estando enfermo*: “*Es necesario que un emperador muera de pie*”
    - Los cortesanos miraron a un cometa y dijo riéndose: “*Esta estrella con cabellera afectará al rey de Partia, que también tiene cabellos. A mí no me va a afectar porque yo soy calvo*”
    - Murió poco después, en el 79 D.C.

*Séneca: “...porque nos sorprendería que los cometas, ..... no estén sujetos a leyes bien determinadas ..... llegará el día en que la posteridad se asombrará de que hayamos ignorado cosas que entonces parecerán tan claras”*

# Los cometas en la edad media



- **Cometa de 814**
  - Inexistente, pero necesario para anunciar la muerte de Carlomagno
- **Cometa Halley en 837**
  - Anuncio de la muerte del Luis I El Piadoso de Francia (840)
- **Halley en 1066**
  - Presagio de la derrota y muerte del Rey Harold de Inglaterra frente a Guillermo el Conquistador
- **Halley y el Nacimiento de Jesús**
  - La adoración de los Magos, Giotto en 1301
- **Halley en 1456**
  - Tres años después de la toma de Constantinopla por los turcos
  - Papa calixto III hace un llamamiento a los príncipes cristianos y establece el Angelus al mediodía (en 1318 Juan XXII había establecido que se recitara por la tarde)
- **Cometa de 1664**
  - Paracelso aseguraba que era una advertencia para el Rey Alfonso IV de Portugal

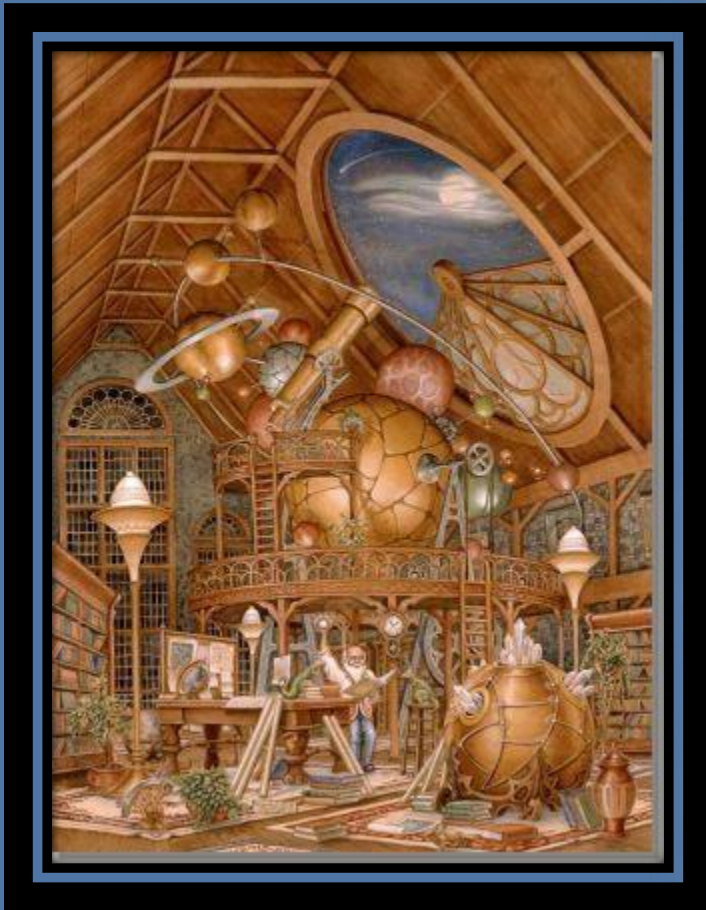


# Los cometas en la era contemporánea



- Choques con la Tierra
  - Pánico en Francia
    - 13 de Junio de 1857
    - 12 de Agosto de 1872
- El Halley en 1910
  - Miles de suicidios
  - Máscaras anti-cometa
- Hale-Bopp en 1997
  - Vendría seguido de una nave extraterrestre
  - Suicidio en masa entre los seguidores de la secta *Puerta del Cielo*
- Hare Krishna
  - Temor ante los cometas
  - Encierro en los templos
  - Recitan el mantra Hare Krishna
  - Su gurú, Srīla Prabhupāda (1896-1977):  
“los cometas son como policías, que sólo deben asustar a las personas malvadas, porque viene a llevárselas”

# Las cuatro revoluciones astronómicas



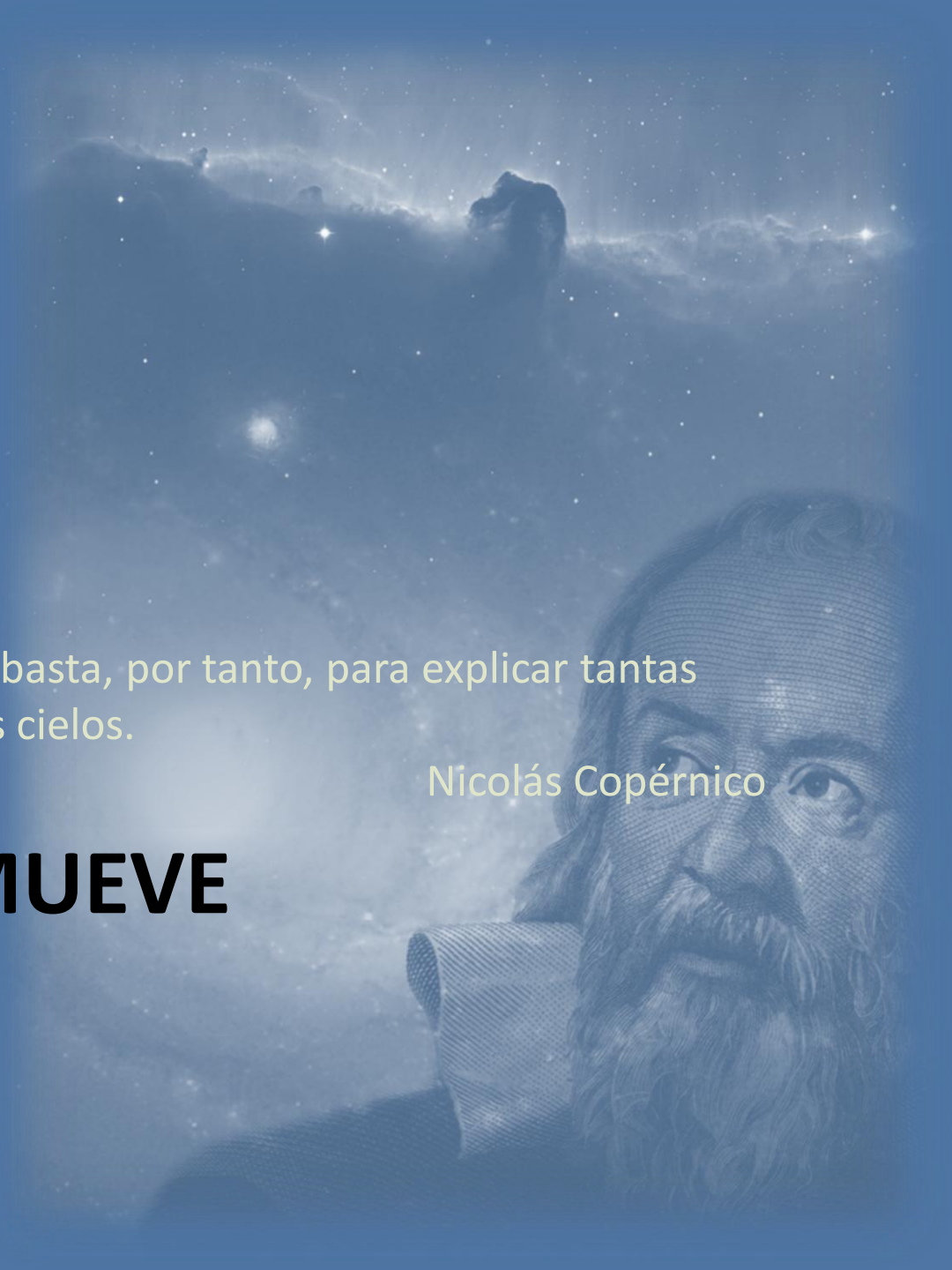
1. La Tierra se mueve
  - Cambio de paradigma
  - El telescopio
2. La fotografía
  - Registros perdurables
  - Mayor profundidad
  - Química del Universo
  - Distancias
3. Las galaxias
  - El Universo se expande
4. Nuevas ventanas
  - Más allá de la luz visible



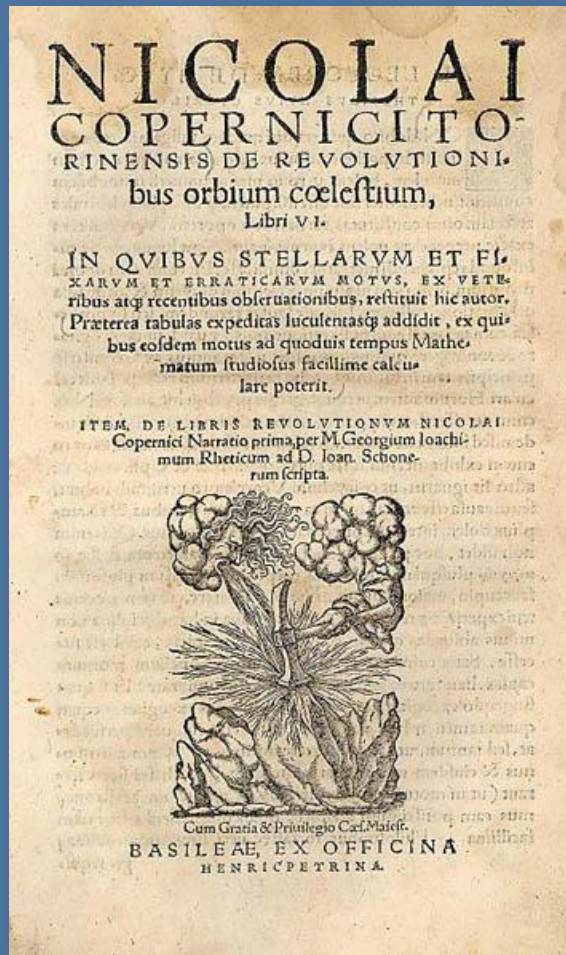
El movimiento de la tierra sola basta, por tanto, para explicar tantas desigualdades aparentes en los cielos.

Nicolás Copérnico

**LA TIERRA SE MUEVE**



# De revolutionibus orbium coelestium



- Georg Joachim Rheticus
  - Padre ejecutado por brujo
  - 2 años para convencer a Copérnico
- Últimas páginas
  - 24-V-1543, luego muere
- Introducción anónima
  - Prefacio (Andreas Osiander)
    - *"no podía, de ningún modo, llegar a las verdaderas causas, podía adoptar cualquier suposición para conseguir que los cálculos reprodujeran correctamente los movimientos [...] y estas hipótesis no tenían por qué ser ni ciertas ni probables"*



# La disputa entre el Sol y la Tierra



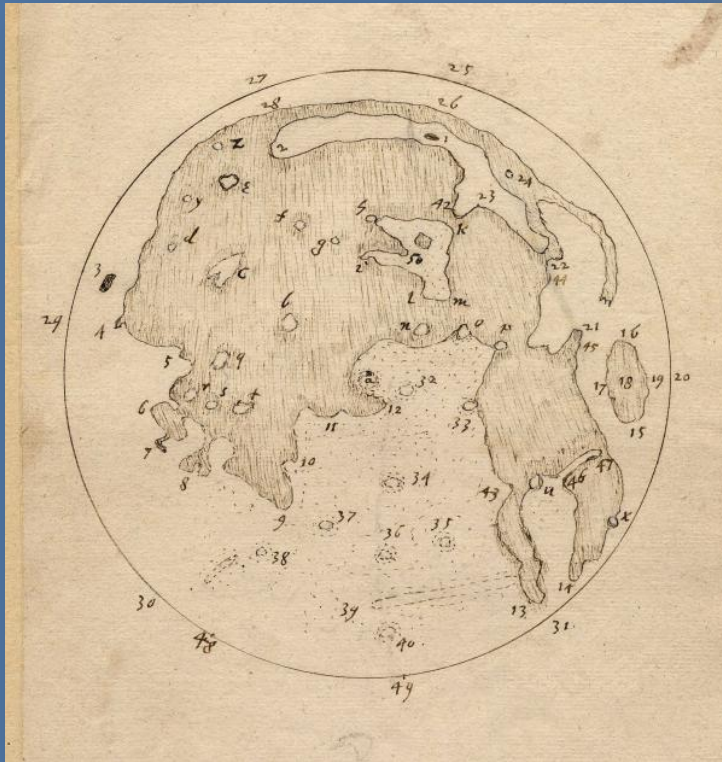
- Pitágoras (S. VI a.C.)
  - Armonía – Quadrivium
  - Aristarco (S. III a.C.)
    - El Sol en el centro
- Claudio Ptolomeo (S. II d.C.)
  - Almagesto (*Mathematike syntaxis*)
    - Gerardo de Cremona (1175)
  - Aristóteles (S. IV a.C.)
    - Tierra en el centro
    - Órbitas circulares
  - Apolonio de Perga (S. III a.C.)
    - Epículos
    - La Tierra en el centro

# 73 años después

- Decreto del Index, 5-III-1616
  - "... También ha llegado a conocimiento de la antedicha congregación que **la doctrina pitagórica -- que es falsa y por completo opuesta a la Sagrada Escritura -- del movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol, que también es enseñada por Nicolás Copérnico en 'De Revolutionibus orbium coelestium', y por Diego de Zúñiga en 'Sobre Job', está difundiéndose ahora en el extranjero y siendo aceptada por muchos... Por lo tanto, para que esta opinión no pueda insinuarse en mayor profundidad en perjuicio de la verdad católica, la Sagrada Congregación ha decretado que la obra del susodicho Nicolás Copérnico, 'De Revolutionibus orbium', y de Diego de Zúñiga, 'Sobre Job', sean suspendidas hasta que sean corregidas.**"

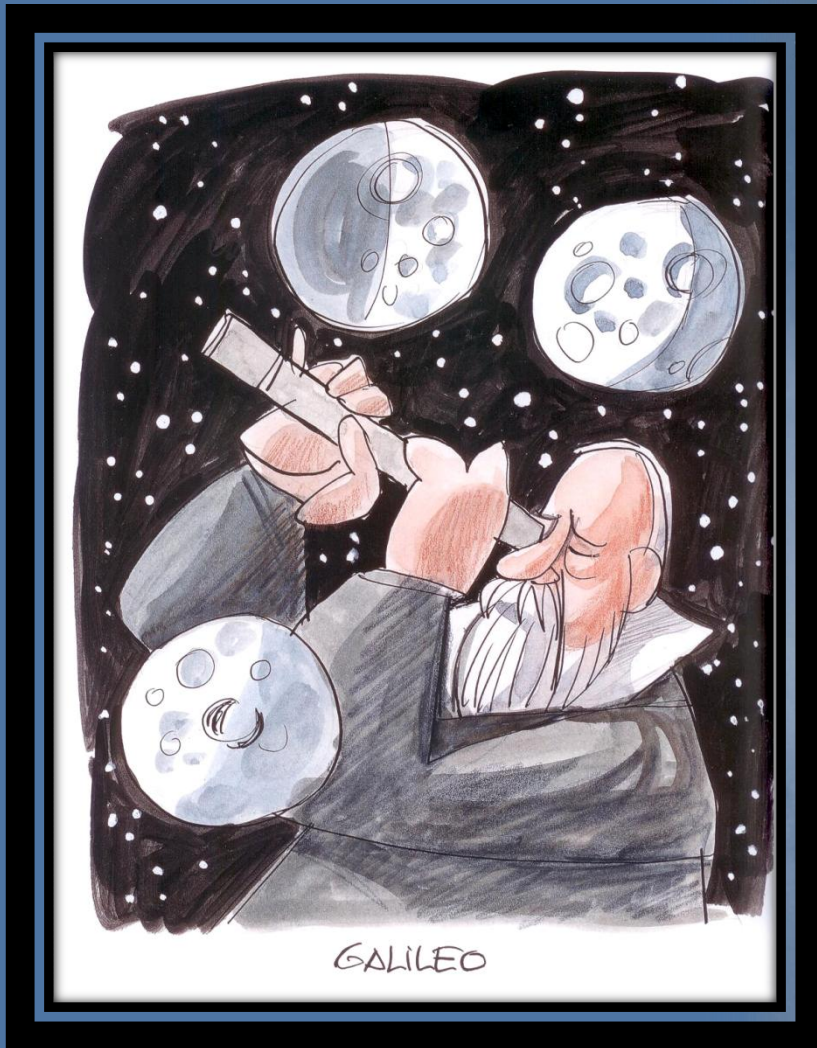


# El telescopio



- Telescopio
  - ¿Leonard Digges (1520-59)?
  - Hans Lipperbey (1608)
- Thomas Harriot (1609)
  - Observa la Luna
    - Se parece a una tarta
- Galileo (1609)
  - Los conoce en Venecia

# Galileo Galilei



- Telescopio de Galileo
  - Lentes cóncava y convexas
    - Imagen derecha
- Observaciones 1609-10
  - Cráteres de la luna
  - Estrellas Vía Láctea
  - Satélites de Júpiter
  - Deformación en Saturno
  - Manchas solares
    - Disputa
      - Christopher Scheiner
        - » Jesuita
  - Fases de Venus



# Los aristotélicos contra Galileo

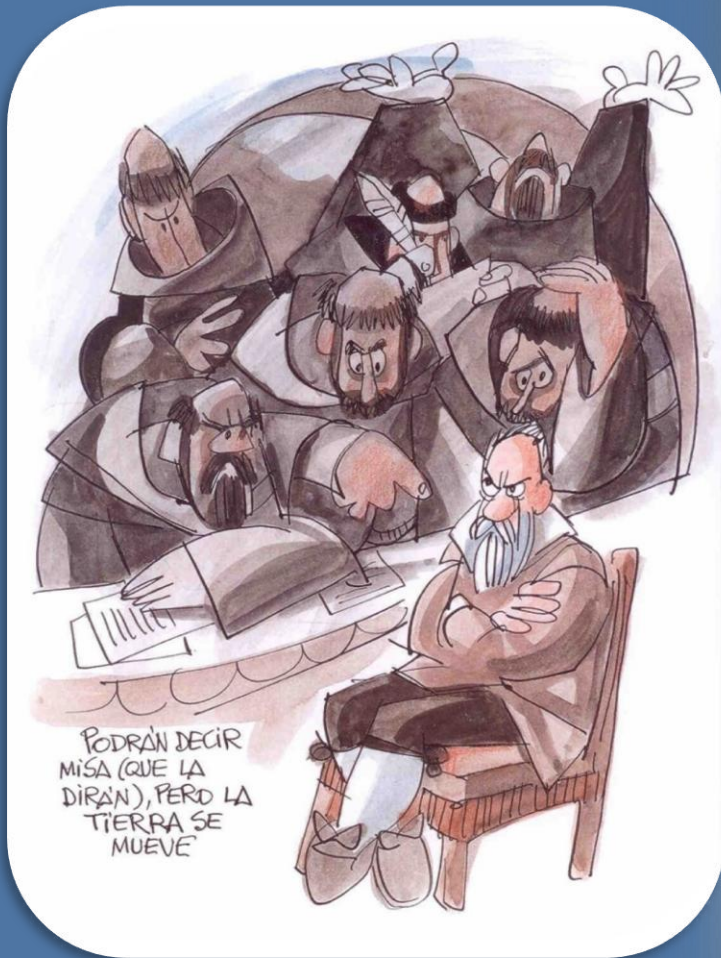
- Conflicto con ideas aristotélicas
  - Experimentos
    - ¿Torre de Pisa?
    - Planos inclinados
    - Los cuerpos más pesados no caen más rápidamente
  - Cráteres en la Luna
    - Mundo supralunar
      - Formas perfectas
      - Órbitas circulares
- Teoría de las mareas
  - Le acerca a las ideas de Copérnico
- Observaciones
  - Satélites de Júpiter
    - Siderus nuncios (Mar 1610)
    - Aristotélicos en su contra
  - Fases de Venus (Sep 1610)
    - Aristóteles: Imposible
    - Copérnico: Natural
- Ataques al *Nuncios*
  - Martin Horky (Jun 1610)
    - Satélites Júpiter
      - No tenidos en cuenta por los astrólogos
      - Dios no crea cosas inútiles
  - Sizzi (Ago 1610)

# La Iglesia toma partido

- Confirmación de las observaciones
  - Colegio romano (24 Abr 1611)
- Ataques sobre la interpretación
  - Ludovico Delle Combe
    - Salmo 93 (92)
      - Tú has fijado la tierra firme e inmóvil
  - Cardenal Belarmino (Giordano Bruno)
    - Investigación discreta (Jun 1611)
  - Dominico Niccolo Lorini
    - Sermón 2 Nov 1612
    - Comienzan ataques religiosos
    - Libro de Josué 10, 12-14
      - Ordena al Sol que se detenga
  - Padre Caccini
    - Florencia (20 Dic 1613)
    - Ciudad de los Medici, protectores de Galileo
    - Ataca violentamente a Galileo
  - Carmelita Paolo Foscarini
    - Carta de apoyo: realidad teoría copernicana
  - Cardenal Belarmino
    - Carta a Foscarini (12 Abr 1614)
    - No encuentra refutación concluyente
    - Condena tesis heliocéntrica
- Carta de Galileo a la Gran duquesa Lorena
  - A favor de la ortodoxia copernicana
  - Señala problemas en pasajes de las escrituras
  - Interpreta la Biblia de manera no textual
  - Cita al bibliotecario del Vaticano
    - La Biblia es un libro sobre cómo comprender el Cielo, no sobre cómo es el Cielo.
- Condena de la teoría copernicana
  - Galileo requerido en Roma
  - Belarmino
    - Galileo no puede interpretar la Biblia
    - Le exonera de haber cometido pecado
    - Affidavit: sobre las ideas de Copérnico
      - No pueden ser defendidas ni sostenidas
  - Santo Oficio (16 Feb 1616)
    - Condena teoría copernicana
  - Ratificación por la Inquisición (25 Feb 1616)
  - Ratificación por el papa Pablo V (26 Feb 1616)
  - Galileo debe
    - Exponer su tesis como hipótesis
    - No como hecho probado
    - Rechazar la equivalencia de las hipótesis
      - Copernicana
      - Ptolemaica



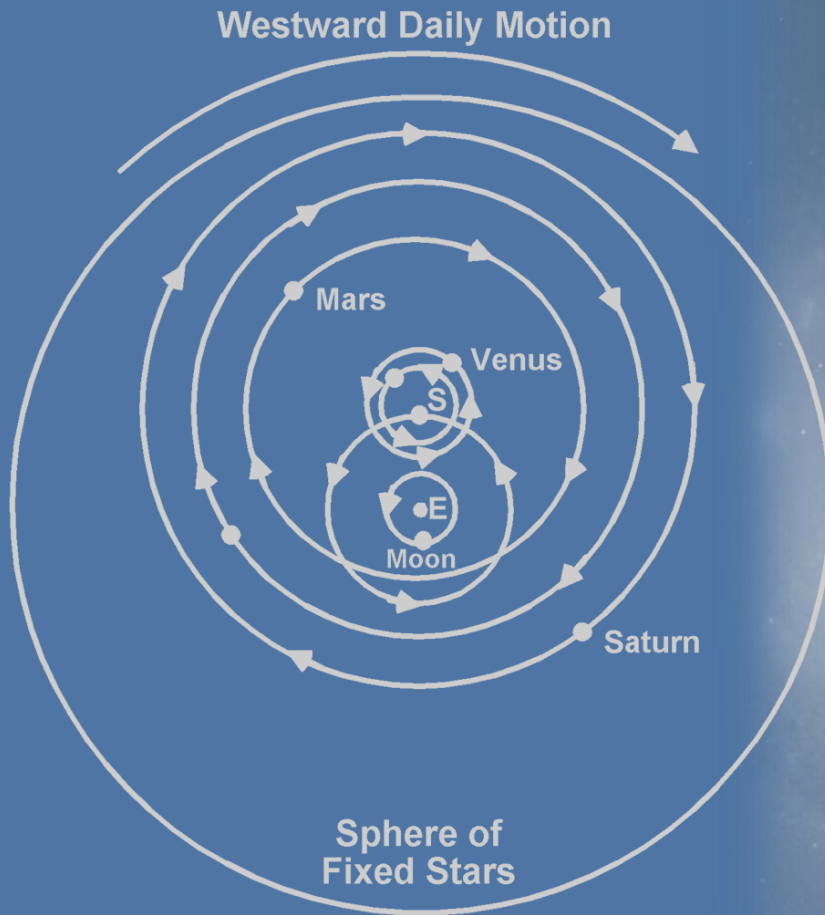
# Condena de Galileo



- Maffeo Barberini – Urbano VIII
  - Le Presenta un nuevo libro
    - Diálogo sobre las mareas
      - Debate entre seguidores de
        - » Aristóteles y Ptolomeo
        - » Copérnico
      - Se le piden pequeños retoques
        - » Cambio de título
        - » Incluir opiniones del papa
    - Diálogo sobre los dos sistemas principales del mundo
      - Comisión del Christopher Scheiner
      - Excesivo apoyo a Copérnico
      - Las palabras del papa las dice Simplicio
    - Caso inquisitorial (Abr 1633)
      - Abjurar de la teoría copernicana
      - Pena de cárcel
        - Conmutada a arresto domiciliario

"La doctrina de que la Tierra no es ni el centro del universo ni inamovible, sino que se mueve incluso con una rotación diaria, es absurda, tanto filosófica como teológicamente falsa, y como mínimo un error de fe."

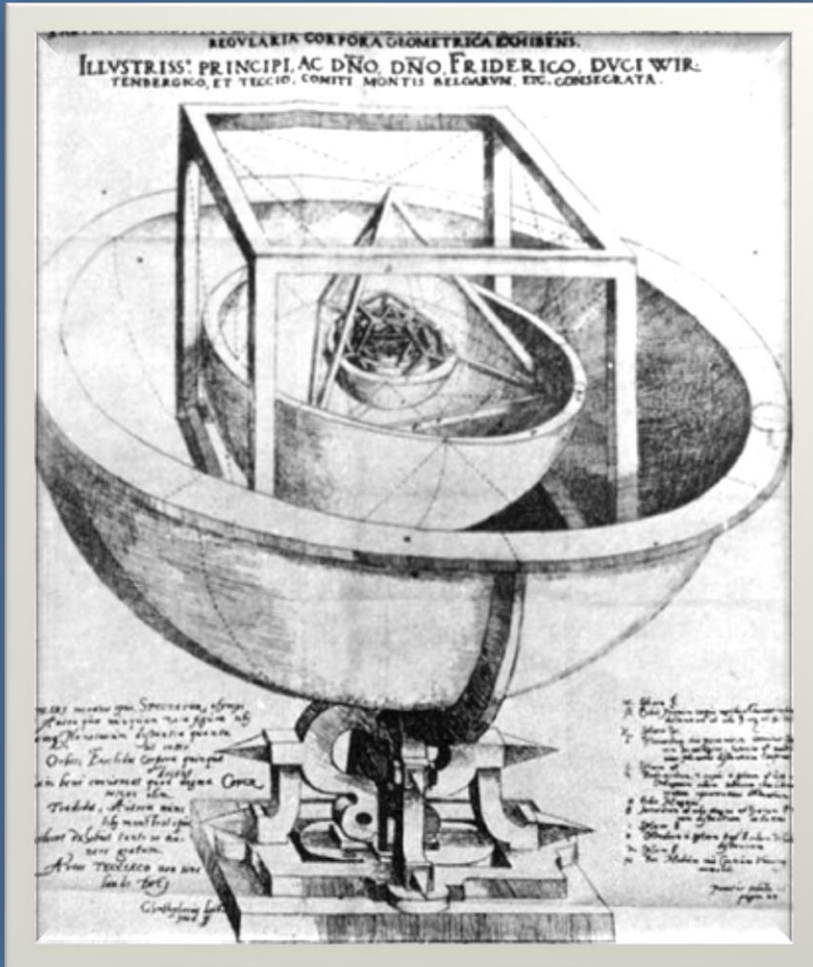
# Tycho Brahe (1546-1601)



- Dinamarca
  - Federico II de
    - Isla de Hven
      - Obsevatorios
        - » Uraniborg
        - » Stjerneborg
      - Presupuesto 1% corona
    - Christian IV
      - Suprime sus rentas
      - Prohíbe heredar
  - Praga
    - Rodolfo II
      - Colabora con Kepler (1599)
  - Combina teorías
    - Geocéntrica y heliocéntrica



# Johannes Kepler (1571-1630)



- *Astronomia nova* (1609)
  - Movimiento de Marte
  - 900 páginas
  - "Si este aburrido método les repugna, deberían compadecerse de mí, que lo he tenido que aplicar, por lo menos, setenta veces"
  - Leyes
    - Órbitas elípticas
    - Ley de las áreas y tiempos
- *Harmonices mundi* (1619)
  - Ideas pitagóricas
    - Música de las esferas
  - Tercera ley
    - Cuadrado de los periodos
    - Cubo distancias
- *Somnium* (1634, obra póstuma)
  - Publicada por su hijo Ludwig
  - Primera novela de Ciencia Ficción

# Cartas entre Kepler y Galileo

## Kepler a Galileo

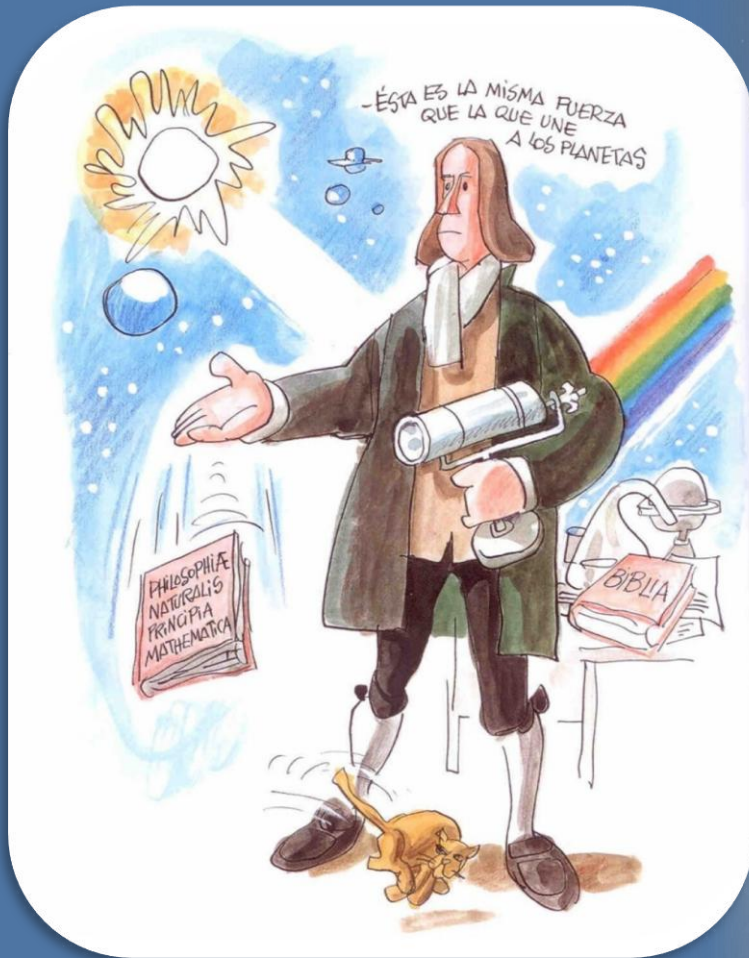
- Envía a Galileo su libro
  - *Mysterium cosmographicum*
  - *“Cuando la afirmación de que la Tierra se mueve ya no puede considerarse como algo nuevo, ¿no sería mejor unir nuestros esfuerzos para alcanzar el objetivo? ¡Ánimo, Galileo, sácalo a la luz!*

## Galileo a Kepler

- Observaciones de Saturno
  - 24 Jul 1610
  - Lo considera un planeta triple
  - Anagrama en latín
    - *“He observado que el planeta más lejano es triple”*
    - Lo envía a Kepler
      - Amante de las adivinanzas
      - Kepler interpreta:
        - » *“Saludos, compañeros gemelos, hijos de Marte”*
      - Deduce que ha encontrado dos satélites de Marte



# Isaac Newton (1643-1727)



- Cálculo
  - Sin publicar
  - Disputa con Leibniz
- Espectro
  - Enemistad con Hooke
- Telescopio reflector
  - Sin aberración cromática
  - Apoyo entusiasta de Huygens
- Teoría de la gravedad
  - Halley le pide un informe
    - Philosophiae naturalis principia mathematica

# El problema de la longitud



- Naufragio del Association
  - Almirante Shovell
  - 22-Oct-1707
  - Tras campaña en el Mediterráneo
    - Guerra de Sucesión Española
  - 4 barcos encallan en las islas Scilly
  - Mueren 2000 marineros

- Cálculo de la posición
  - Latitud
    - Altura de estrellas y Sol
  - Longitud
    - 1714 Comisión
      - Newton & Halley
      - Premio 20,000 libras
      - Alternativas
        - » Bengalas
        - » Lunas de Júpiter
        - » Reloj
        - » La Luna
- Tiempo
  - Tablas lunares
    - Tobias Mayer
    - 1er viaje de James Cook (1768-1771)
      - Tránsito de Venus
  - Reloj de John Harrison
    - 4th Marine timekeeper, H4
    - Reloj con muelles
    - 2º viaje de Cook (1772-1775)

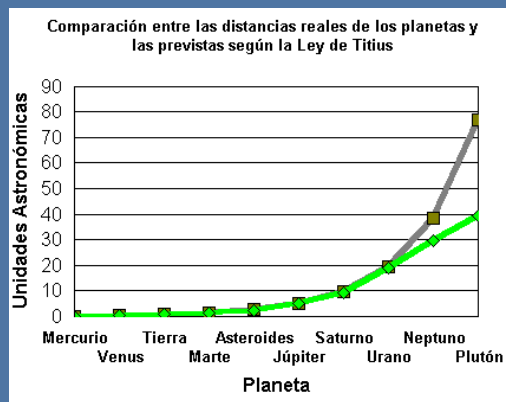
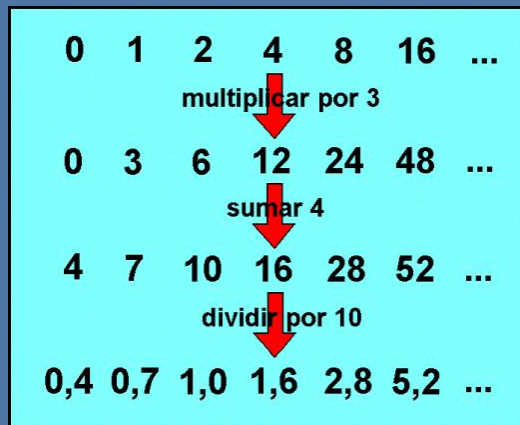




# Ampliando el Sistema Solar

## Detecciones azarasas

Ley de Titus-Bode  
(1768-1772)



- Urano
  - Sir William Herschel (1781)
    - Georgius sidus
      - 13 Mar 1781
    - Titania y Oberón
      - 1787
- Cinturón de asteroides
  - Ceres
    - Giuseppi Piazzi (1801)
    - Herschel: asteroide
    - Tesis de Hegel: 7 planetas
  - Pallas, Juno y Vesta
  - Hoy, más de 300,000

# Ampliando el Sistema Solar

## Detecciones por perturbaciones

### Neptuno

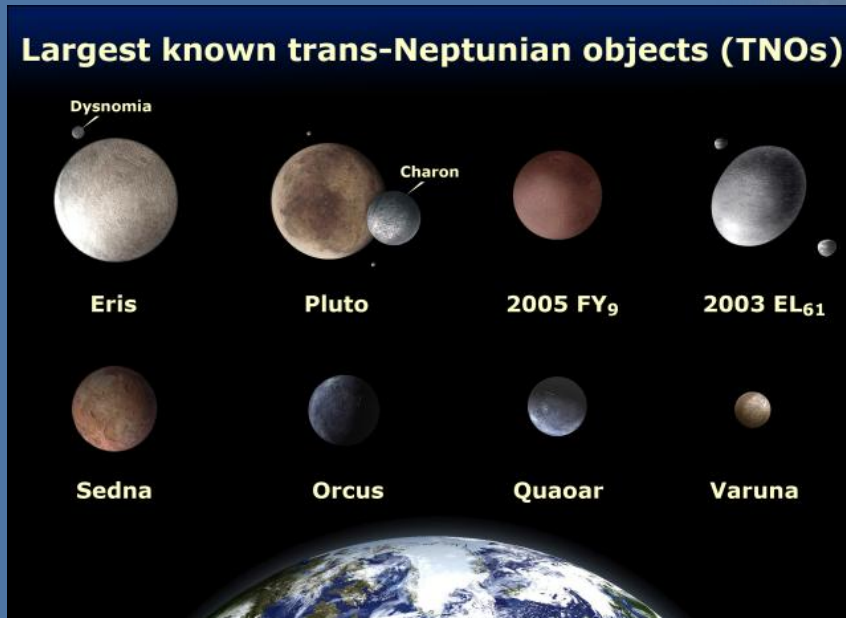
- Alexis Bouvard (1821)
  - Perturbaciones en Urano
- John Adams (1845)
  - Calcula la posición
  - James Challis no lo detecta
- Urbain Le Verrier
  - Publica posición el 1 Jun 1846
  - Nadie en Francia le hace caso
  - Escribe al Obs. Berlín
    - Johann Galle
      - 23 Sep 1846
- John Herschel
  - Reconcilia a Adams y Leverrier

### Plutón

- Percival Lowell
  - Banquero
  - Encontrar planeta X
  - Funda Observatorio Lowell
- Vesto Slipher
  - Director: Obs. Profesional
- Clyde Tombaugh
  - 18 Feb 1930
  - Anuncio Tombaugh & Slipher
    - 13 Mar 1930
    - Justo 149 años de Urano
    - Percival cumpliría 75

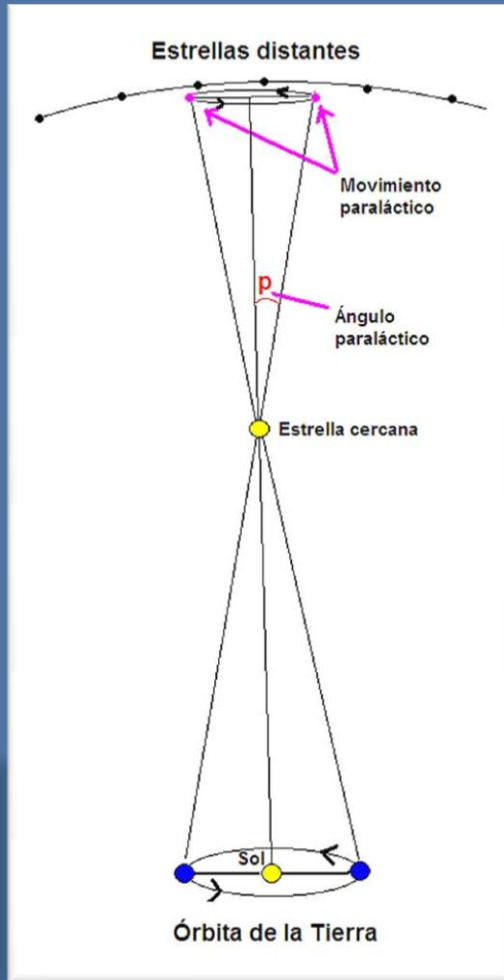


# La pérdida del estatus planetario



- Cinturón de Kuiper
  - Kennet Edgeworth (1943)
  - Gerard Kuiper (1950s)
  - Dane Jewitt & Jane Luu
    - 1992: primer transneptuniano
    - 1999: 186 objetos
    - Actualmente: más de 800
  - Mike Brown (2005)
    - Eris (*Xena* y *Gabrielle*)
      - *Xena*: La princesa guerrera
      - Eris: Diosa griega de la discordia
  - Ceremonia de clausura IAU en Praga
    - 24 Ago 2006
    - 424 astrónomos degradan a Plutón
- Historia paralela
  - Ceres, Pallas, Juno y Vesta
  - En Plutón y asteroides
    - Más objetos
    - Mismas características
    - Misma región

# La distancia a las estrellas



- Friedrich Bessel
  - Alemania
  - 61 Cygni (1838)
    - Rápido movimiento propio
    - 11 años luz
- Thomas Henderson
  - Suráfrica
  - Alfa Centauri (1839)
    - 4.3 años luz
- Friedrich Struve
  - Rusia
  - Vega (1840)
    - 26 años luz



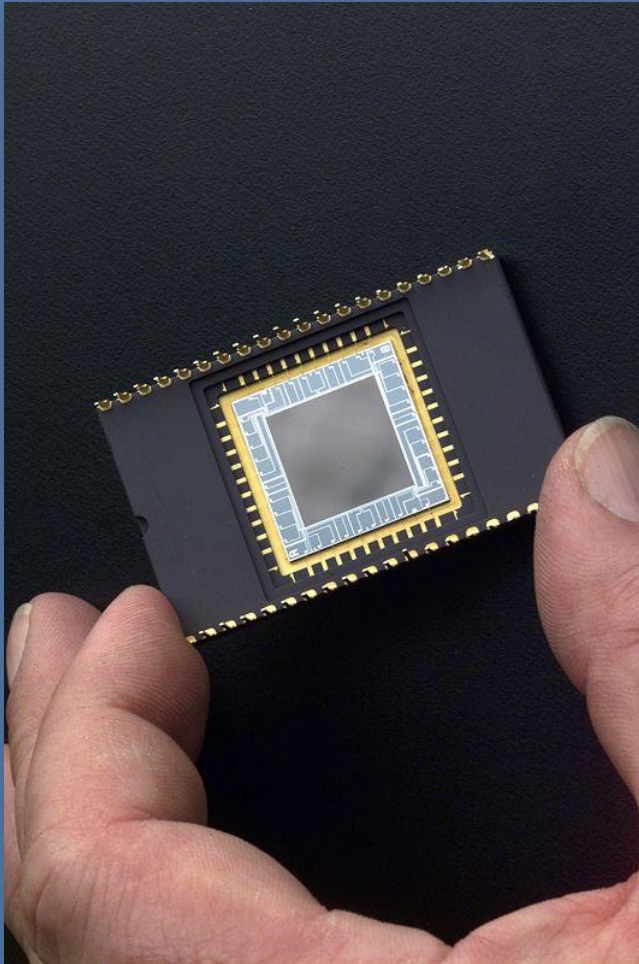
*“Si tus fotografías no son buenas es porque no te acercaste lo suficiente”*

Robert Capa

# LA FOTOGRAFÍA



# CCDs y fotografía digital



- Laboratorios Bell (1969)
  - Williard Boyle
  - George Smith
- Jet Propulsion Laboratory
  - Inicia programa científico
  - CCDs grandes
- Fairchild 100x100
  - Primera imagen astronómica con CCD
- NASA (1974-1979)
  - Cámara móvil CCD
  - Nuevos descubrimientos
- Tel. 1-m Kitt Peak (1979)
  - RCA 320x512
- Hoy en día
  - Conjuntos de 2048x2048 pixeles
- Primera cámara comercial (1988)
  - Fuji DS-1P



# La placa fotográfica

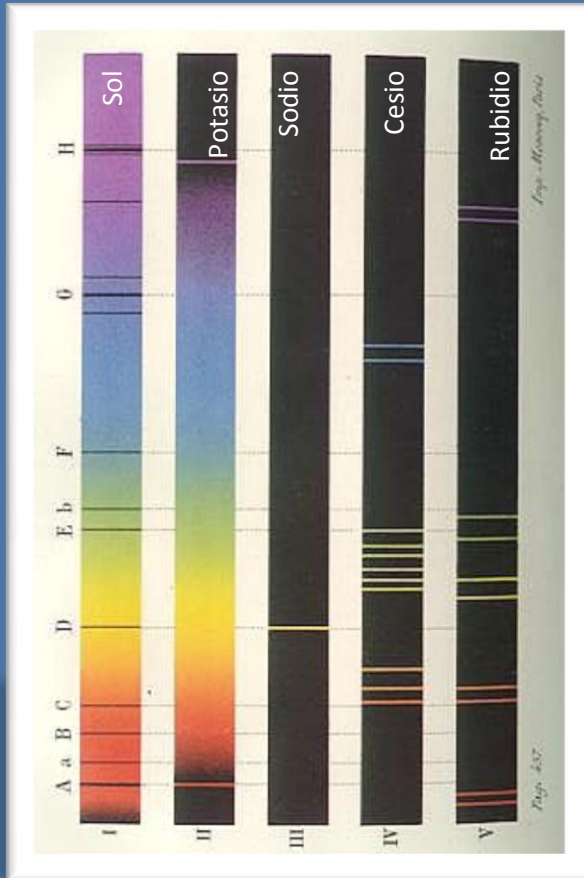


- William Talbot (1835)
  - Sales de plata



- Sir John Herschel
  - Fotografía astronómica
  - Desarrolla fijador

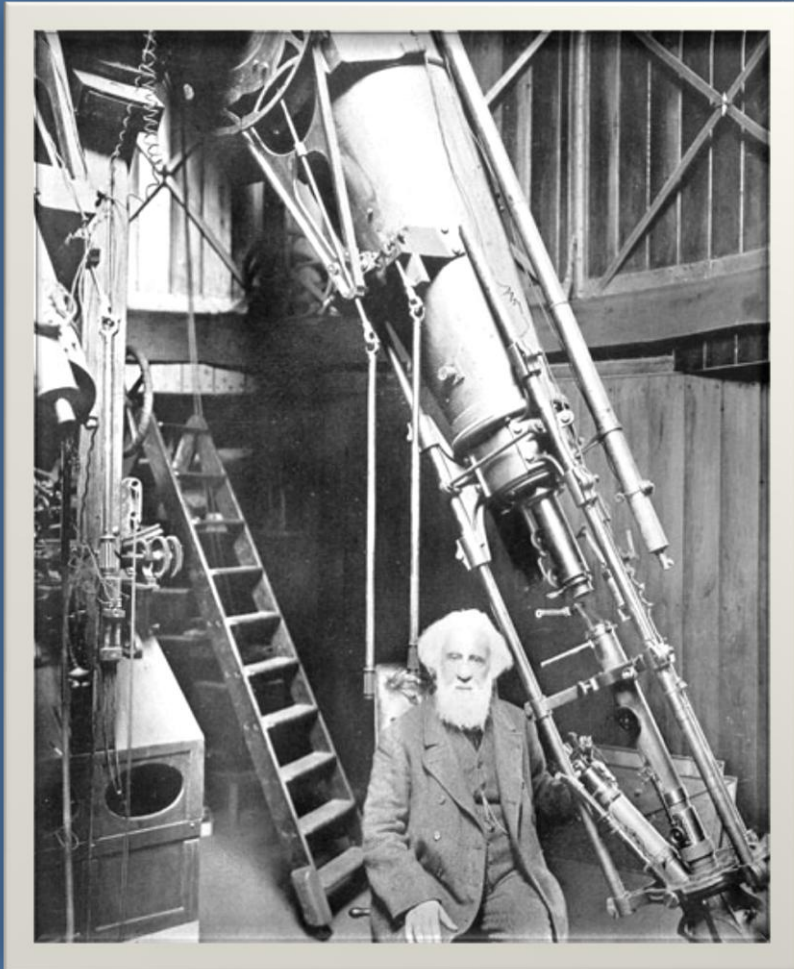
# La química del Sol



- Joseph von Fraunhofer
  - Inventa
    - Espectroscopio
    - Red de difracción
  - Espectro solar
    - Líneas de Fraunhofer
- Robert Bunsen & Gustav Kirchhoff
  - Identifican líneas espectrales con elementos
  - Leyes de Kirchhoff para gases
    - Iluminados: emisión
    - Luz de fondo: absorción
- El He y los eclipses de 1868
  - *No hay que llegar primero...*
    - Pierre Janssen (Ago 1868)
      - Nadie le cree
    - Joshep Lockyer (Oct 1868)



# La química del Universo



- William Huggins (1824-1910)

- Nebulosas

1. Espectro gaseoso

1. Líneas de emisión

2. Orión

2. Especto estelar

1. Líneas de absorción

2. Andrómeda

- Margaret Murry

- Detecta O en Orión



- *“Querido William: el espectro que tomaste anoche era un poco espantoso. Por favor, intenta mejorarlo esta noche.”*

# Los catálogos estelares



Atlas Farnesio

- Antigüedad
  - Hyparcos
    - Magnitudes estelares
    - 850 estrellas
  - Tycho Brahe
    - 1000 estrellas
- General Catalogue (1864)
  - William y John Herschel
    - 5097 objetos
  - Revisión de Dreyer (1888)
    - New General Catalogue
    - 7840 objetos



# Catálogo espectroscópico



PLATE 8. The Harvard College Observatory was known in the 1890s for the many women it employed to classify stellar spectra. Among those shown here in 1892 are Henrietta S. Leavitt (third from left), Williamina P. Fleming (standing), and Annie Jump Cannon (far right). (*New England Magazine*, n.s. 6 [1892]:166.)

- Henry Draper (1837-1882)
  - Catálogo espectros
  - Muere a los 45 años
    - Viuda dona a Harvard
  - Publicado en 1880
    - 10,000 estrellas
  - Edward C. Pickering
    - HD Catalogue Extension
    - 225,000 estrellas
    - Las computadoras
      - Más eficientes
      - Menor sueldo

- Las Computadoras
  - Williamina Fleming
    - Jefe
  - Henrietta Leavitt
    - Relación Período-Luminosidad Cefeidas
  - Antonia Maury
    - Sobrina de Henry Draper
    - Sistema de clasificación anchura de líneas
  - Annie Jump Canon
    - Descubre 300 estrellas variables
    - Primera mujer AAS
    - Sistema de Harvard: OBAFGKM

# La energía de las estrellas

- Cecilia Payne (1925)
  - Tesis doctoral
  - Proporciones de H y He
    - En el Sol mucho mayores
- Henry Norris Russell
  - Al principio escéptico con Payne
  - Publica art. 71 páginas en ApJ
    - *On the composition of the Sun's atmosphere*
    - Todo el crédito a Payne
- Arthur Eddington (1927)
  - Independientemente Jean B. Perrin
  - Centro del Sol
    - Millones de grados
    - Fusión
    - H fuente de energía
- Fred Hoyle
  - Nucleosíntesis (1957)
  - Autores B<sup>2</sup>FH
    - Goffrey Burbidge
    - Margaret Burbidge
    - William Fowler
    - Fred Hoyle
  - Estrellas crisol de elementos
  - Sol nació hace 5000M años
  - Reacciones en el núcleo
    - 10M K
  - Al acabar el H, quema He
    - Fowler encuentra proceso
  - Estrellas tipo Sol
    - Expulsión de capas externas
    - Enana blanca
  - Estrellas masivas
    - Queman C, Ne, Mg, Si...
    - Hasta llegar al Fe
    - Supernovas
    - Enriquecimiento medio interestelar



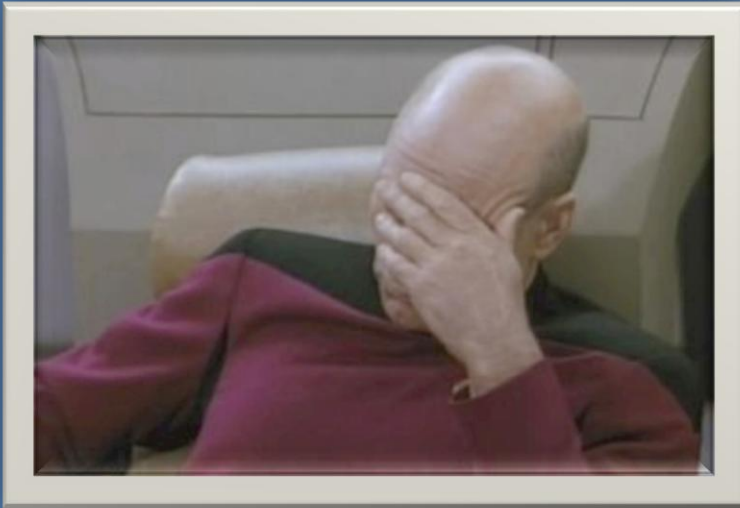
Esta noticia es viejísima, esto pasó hace 5.400 millones de años...

Anónimo sobre una colisión de galaxias en un Blog de Astronomía

# LAS GALAXIAS



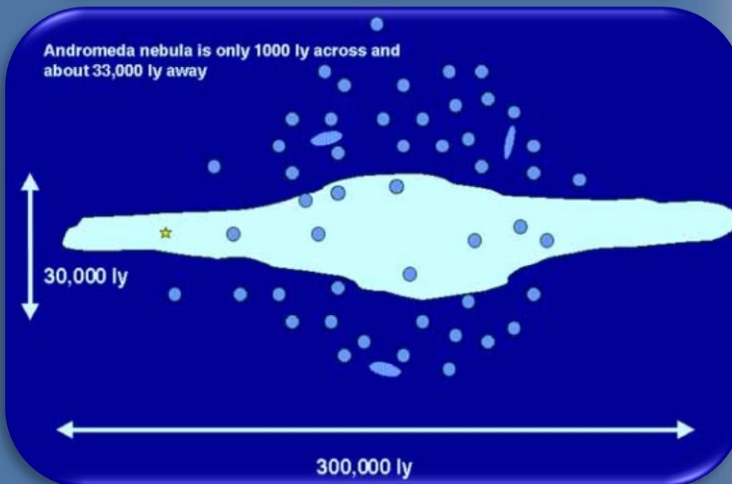
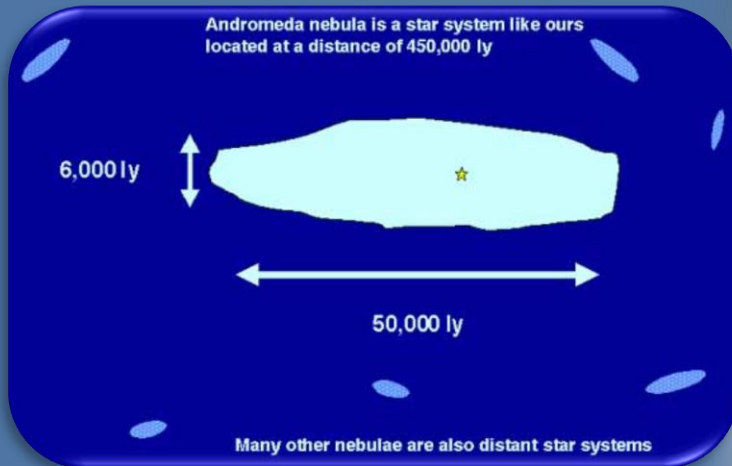
# El origen del Universo



- Cálculos consistentes
  - Antiguo Testamento
    - Entre 3,483 y 6984 a.C.
  - Rabino Hillel (258 d.C.)
    - 3,760 a.C.
  - Beda el Venerable (672-735)
    - 18 Mar 3,952 a.C.
  - James Usher (1581-1656)
    - 23 Oct 4004 a.C. – 9 a.m.

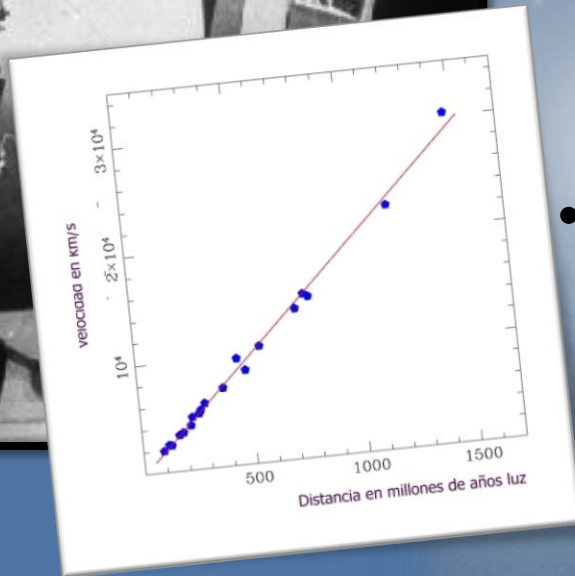
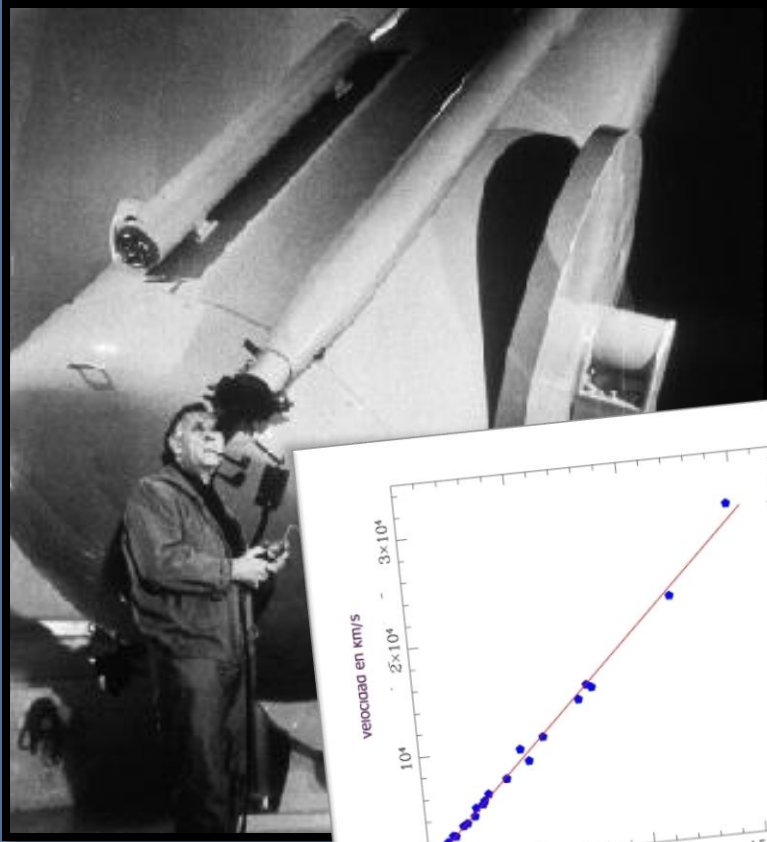


# La naturaleza de las galaxias



- Debate por radio
  - 26 Abr 1920
  - Academia Ciencias EEUU
  - Herber D. Curtis
    - Sol en el centro de la VL
    - Universo isla
      - Jacobus Kapteyn
  - Harlow Shapley
    - Sol no está en el centro
    - Vía Láctea = Universo
      - Harlow Shapley

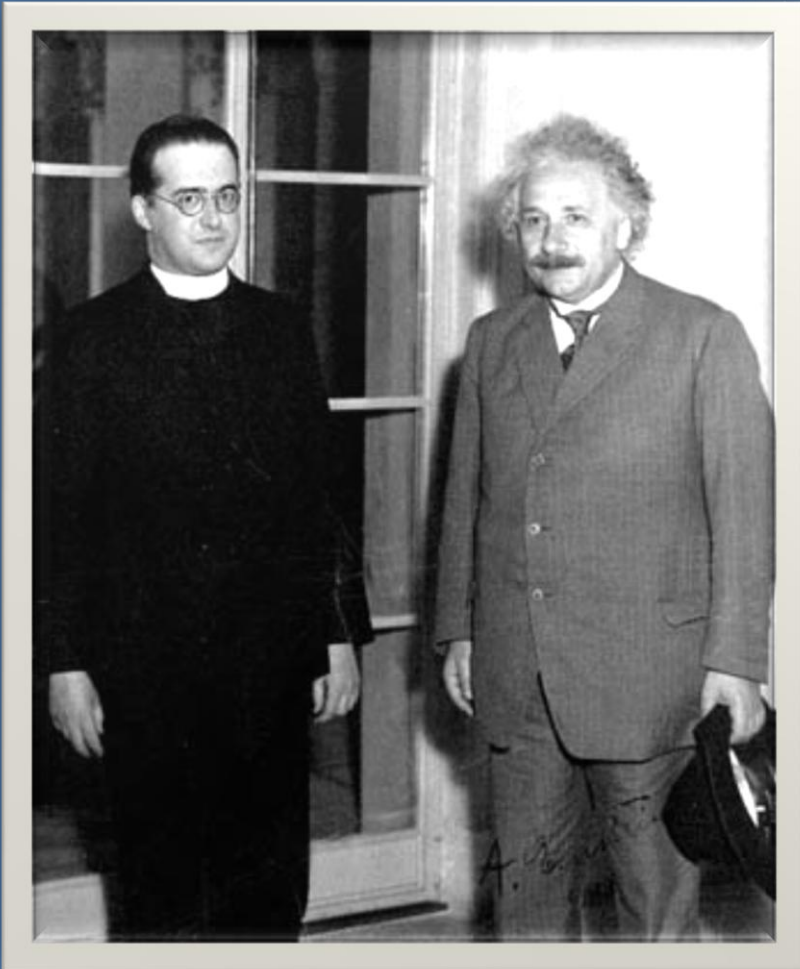
# Edwin Hubble (1889-1953)



- Dos tipos de Nebulosas
  - Gaseosas
  - Estelares
- Distancias
  - Cefeidas
- Clasificación
  - Elípticas
  - Espirales
- Corrimiento al rojo
  - Vesto Slipher & Carl Wirtz
    - Todas se alejan
  - Hubble
    - $v = D H_0$

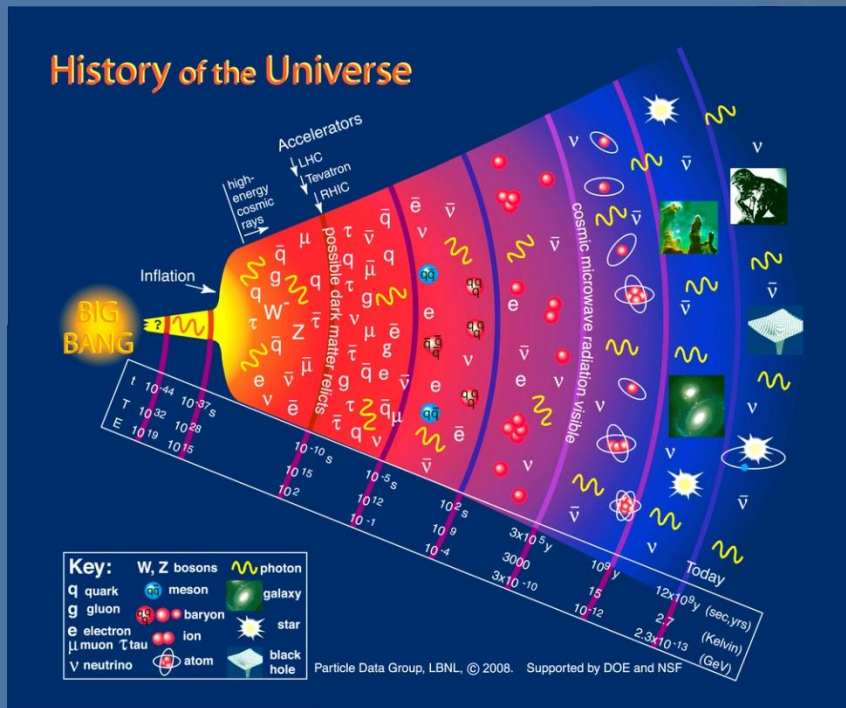


# Georges Lemaître



- Causa del alejamiento
  - ¿Cinemática?
  - ¿Cansancio de fotones?
- Solución Ec. Einstein
  - Antes las había resuelto
    - Alexander Friedman
  - Sugiere expansión (1927)
- Átomo primigenio
  - Nature (1931)
  - Apoyo de Einstein (1935)

# El Big Bang



- Modelo

- Origen: 13,700M años

- Se crean

- Espacio

- Tiempo

- Materia

- Aparición espontánea

- Concentración de energía

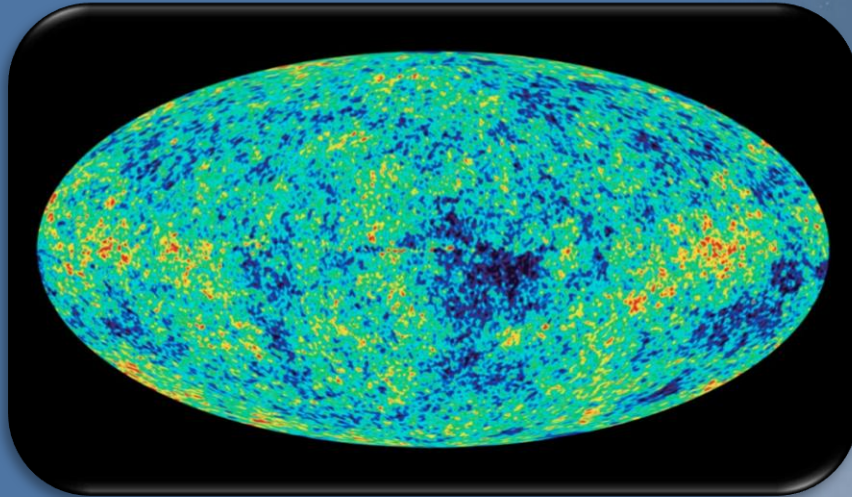
$$- E = mc^2$$

- Inflación ( $10^{-34}$ s)

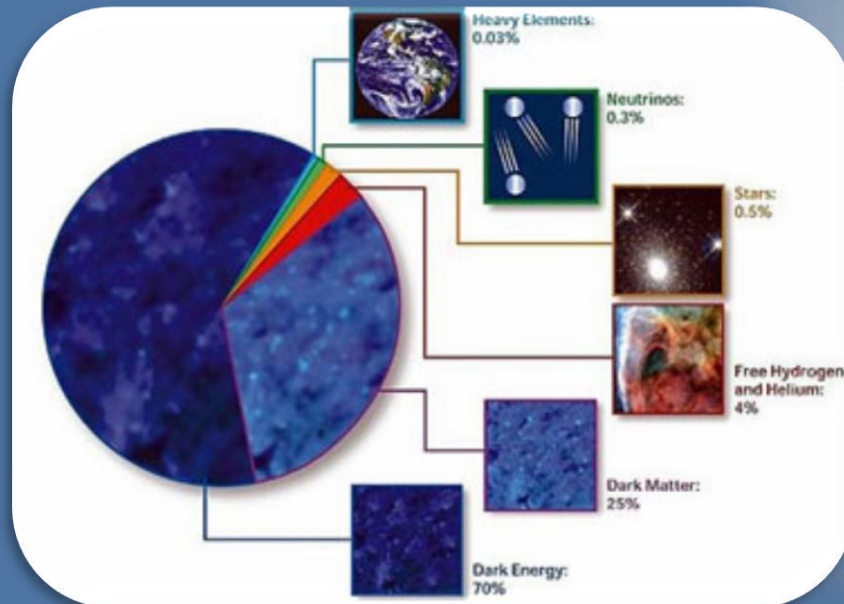
- Alan Guth (1980)



# El fondo de microondas



- George Gamow (1948)
  - Artículo alfa-beta-gamma
    - Ralph Alpher
    - Hans Bethe (espúreo)
    - George Gamow
  - Elementos ligeros
  - Resplandor de fondo
    - 300,000 años del Big Bang
    - Universo transparente
    - Temperatura 5 K
- Detección (1978)
  - Arno Penzias
  - Robert Wilson
- Inhomogeneidades
  - COBE (1990s)
  - WMAP (2000s)



...quizá los objetos más masivos del Universo podían ser invisibles a nuestros ojos.

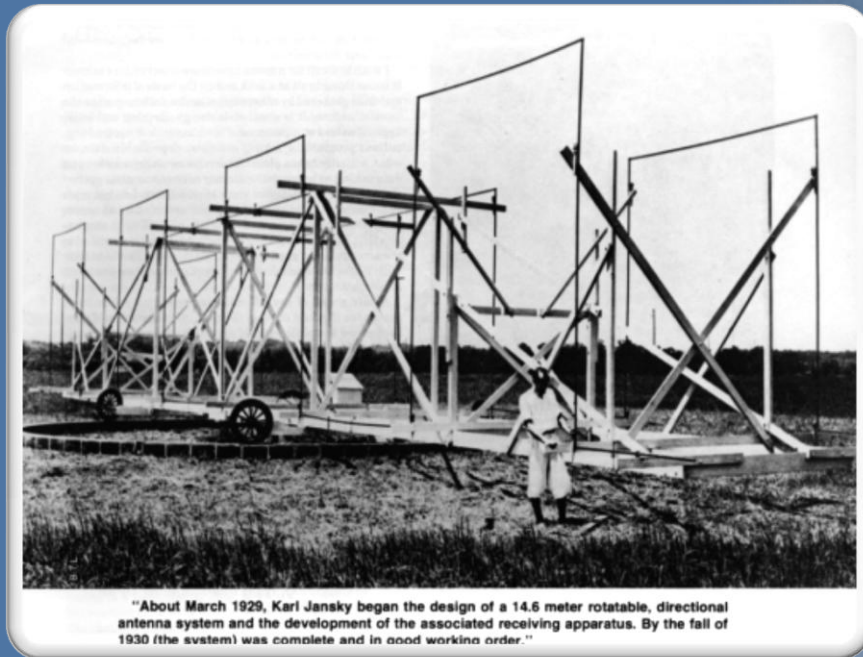
Rev. John Michell

# NUEVAS VENTANAS



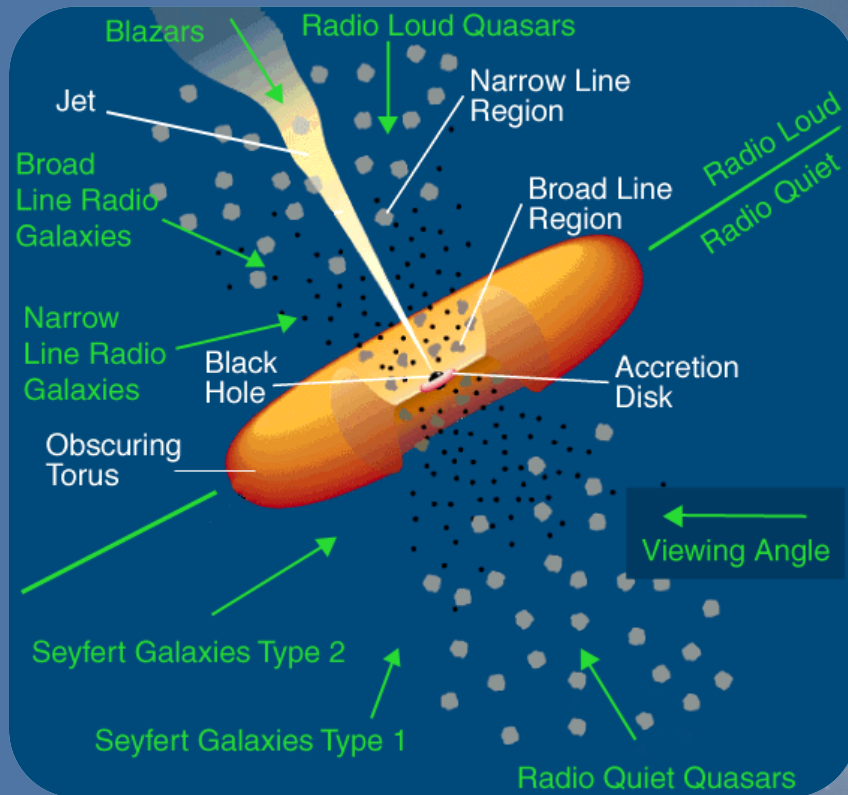


# Inicio de la radioastronomía



- Karl Jansky (1931)
  - Radiación del centro VL
- Grote Reber (1944)
  - Mapa de la VL en radio
- Stanley Hey (1942)
  - Emisión en radio del Sol
    - RGO confirma manchas
  - Cygnus A
    - Emite 1M VL
  - Meteoritos
    - Ecos de radar

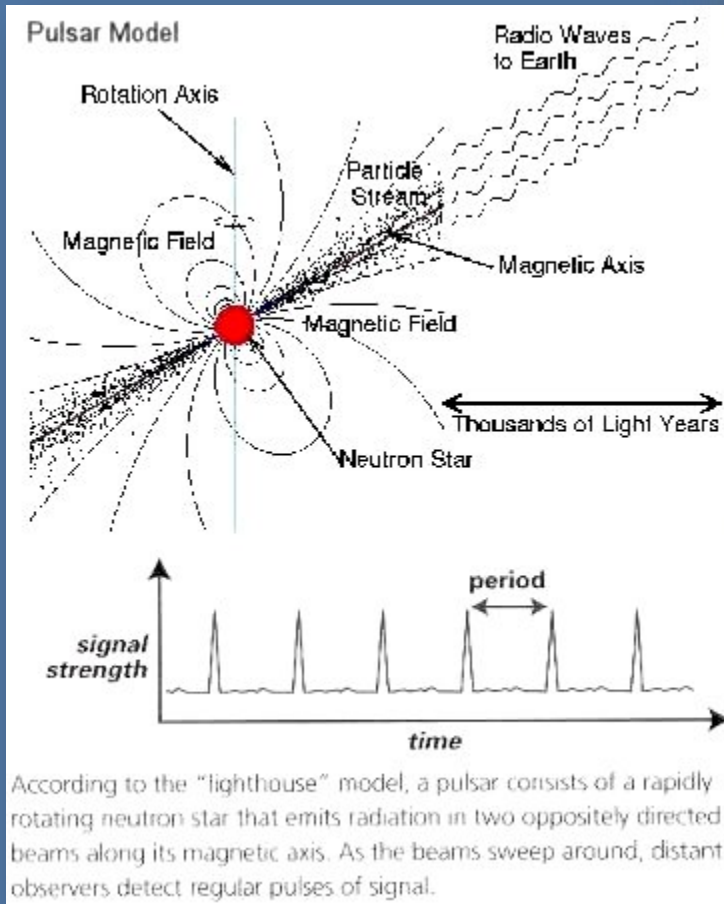
# Quasars



- Maarten Schmidt
  - 3C273 (1963)
    - Aspecto estelar
    - Espectro óptico extraño
      - Líneas anchas desconocidas
    - Identifica serie Balmer H
      - Desplazamiento 16%
      - 2,500M km
      - Luminosidad 40 galaxias
- Actualmente
  - QSRs y QSOs
  - Otros AGN
  - Emisión Radio a R. gamma
  - Modelo unificado

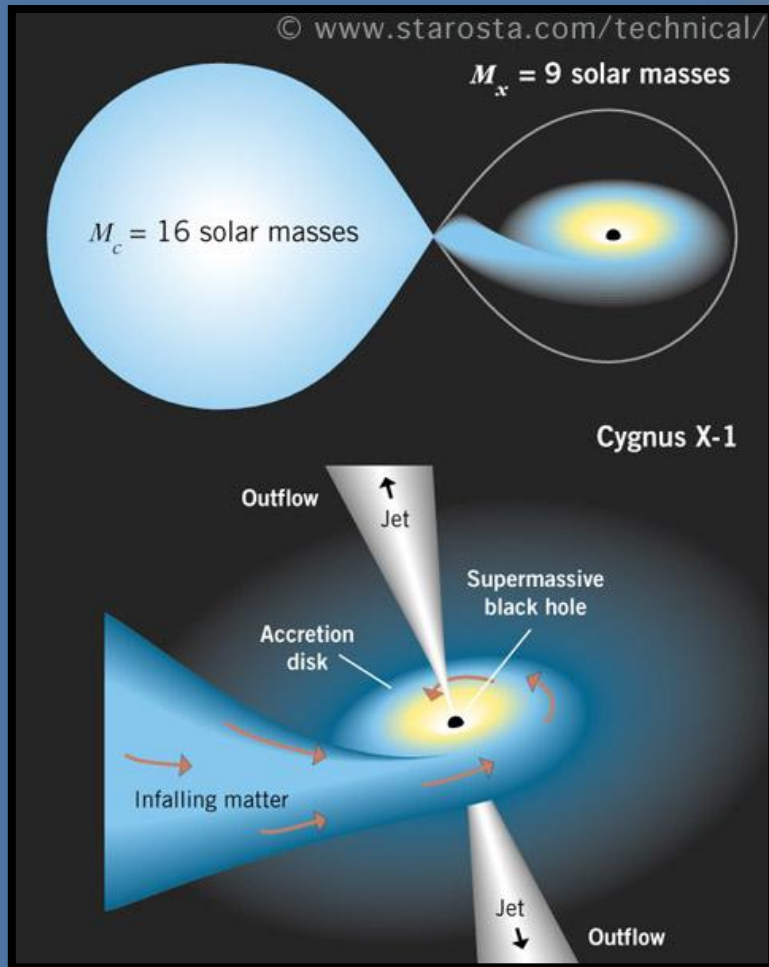


# Pulsars



- Jocelyn Bell
  - Estudia parpadeo QSRs
    - Director Tony Hewish
  - Detecta ruido
    - Señal periódica 1.337s
    - ¿Civilización alienígena?
  - Denominan a la fuente
    - LGM-1 (*Little Green Man*)
    - Encuentran otras fuentes
- Franco Pacini
  - Acababa de publicar
    - *The Energy Emission from Neutron Stars*
  - Se pone en contacto con Bell

# Hoyos negros



- Rev. Joh Michell (1783)
- Pierre-Simon Laplace (1796)
- Cygnus X-1
  - Fuente rayos X (1964)
  - Pulsaciones rayos X
    - M. Oda (1971)
    - Período 73ms
  - Estrella doble
    - Gigante azul  $\sim 20M_{\odot}$
    - BH  $\sim 10M_{\odot}$



# Astronáutica



- Exploración espacial
  - Sputnik I (4-Oct-1957)
  - Sputnik II (Laika, 1957)
  - Vostok 1 (Yuri Gagarin, 1961)
  - Apollo 11 (Neil Armstrong, 1969)
  - Estación Espacial Internacional
- Vertiente Científica
  - Observatorios
  - Sondas planetarias
    - Mariner
    - Pioneer
    - Voyager
    - Viking...
- Vertiente Económica
  - Tecnología
    - Plásticos
    - Combustibles
    - Instrumentos
    - Telecomunicaciones
  - Medicinas
  - Explotación recursos
    - Base lunar

# Conclusiones sobre la astronomía



- Siempre ha estado presente en la cultura humana
- Ha permitido revoluciones culturales, científicas y tecnológicas
- Ha cambiado nuestro paradigma antropocéntrico
- Nos permite entender el funcionamiento del Universo
- Abre nuevas posibilidades al futuro de nuestra especie



Muchas gracias

