

Encuentro Nacional de Astronomía

PLANETARIO HUMBOLDT

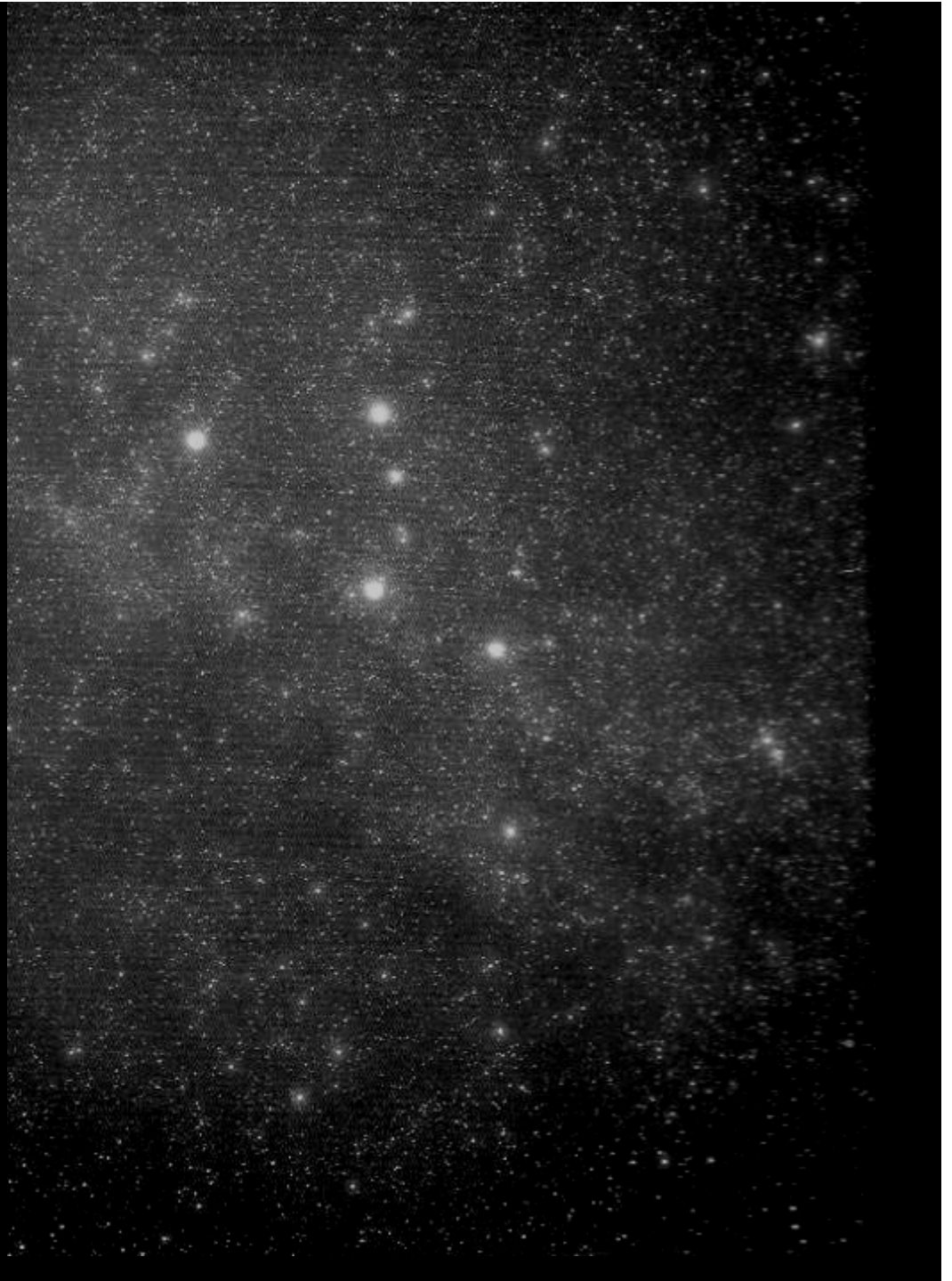
Caracas, Octubre 10, 2009



LA COSMOLOGIA EN EL SIGLO XXI: AVANCES TEORICOS Y OBSERVACIONALES

Dr Nelson Falcón



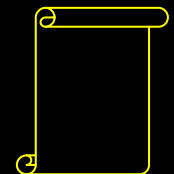




San
Agustin

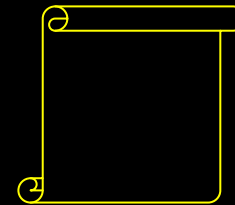
De nova Stella in pede Serpentario

Johannes Kepler (1604)



Advenimiento del Telescopio

Abril 10, 1609

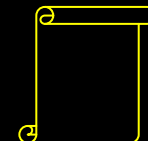
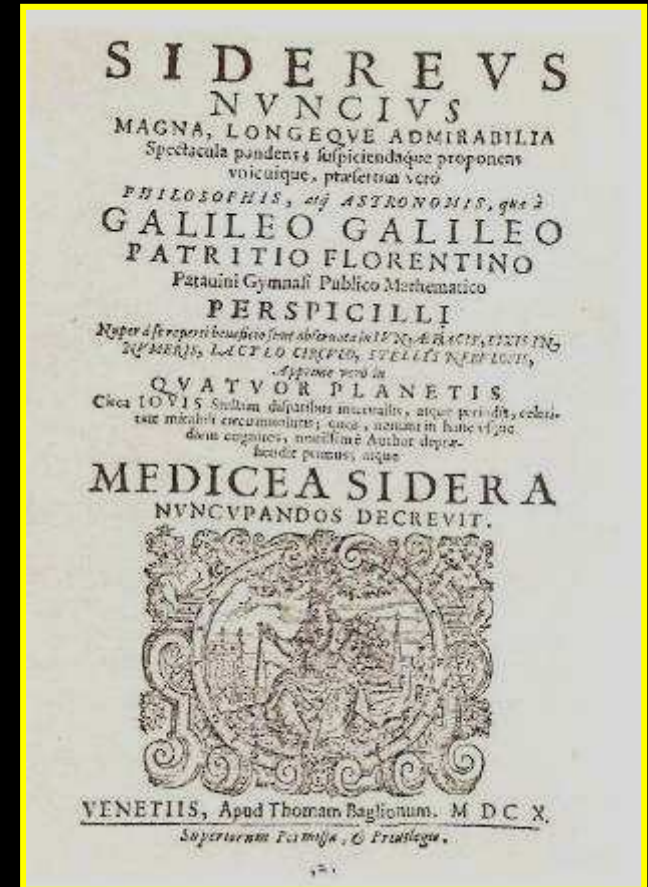
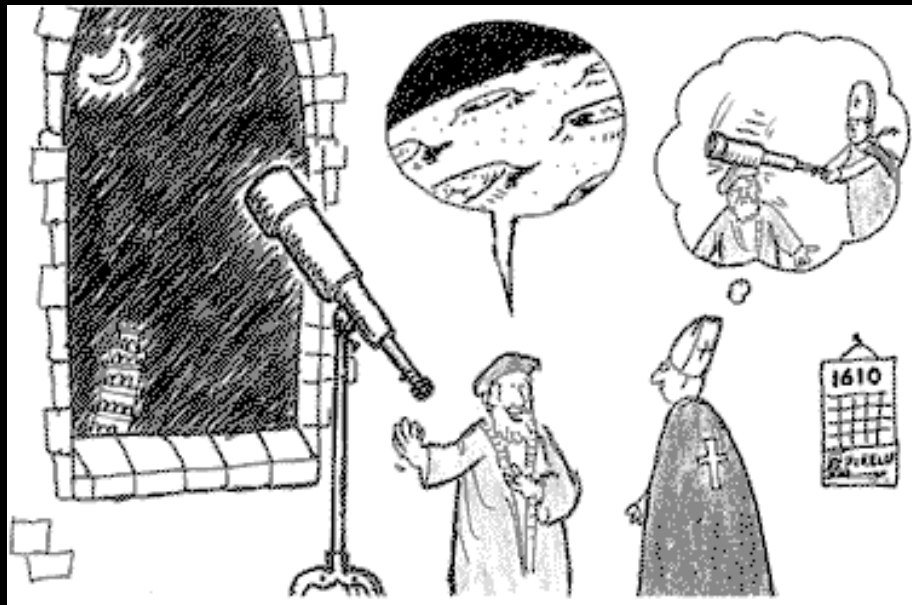




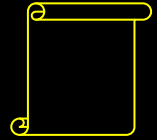
Mensajero de las Estrellas

(Sidereus Nuncius)

Marzo 1610



La Hipótesis de Laplace

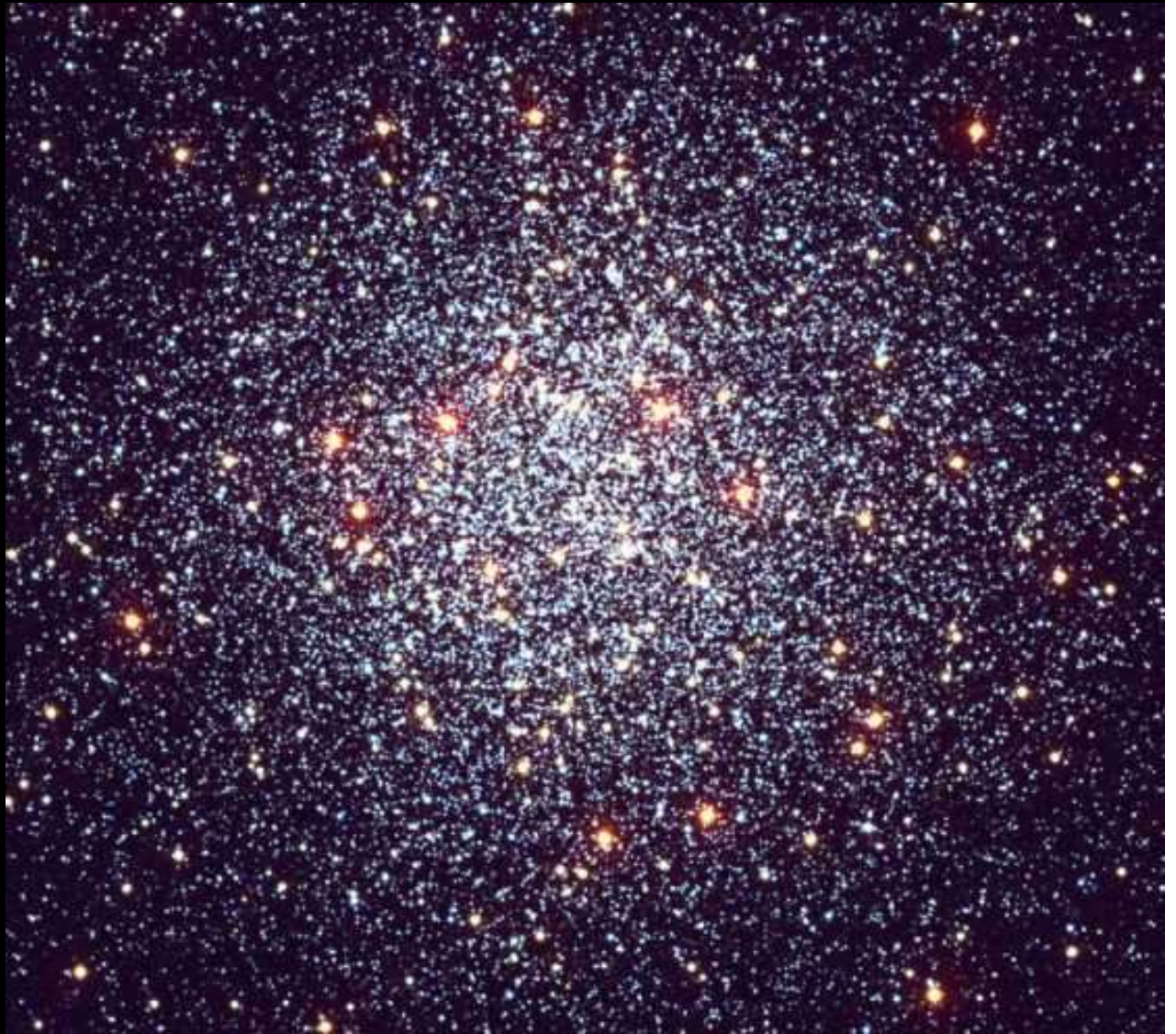


PARADOJA DE OLBERS

⇒ ¿por qué el cielo es oscuro de noche?

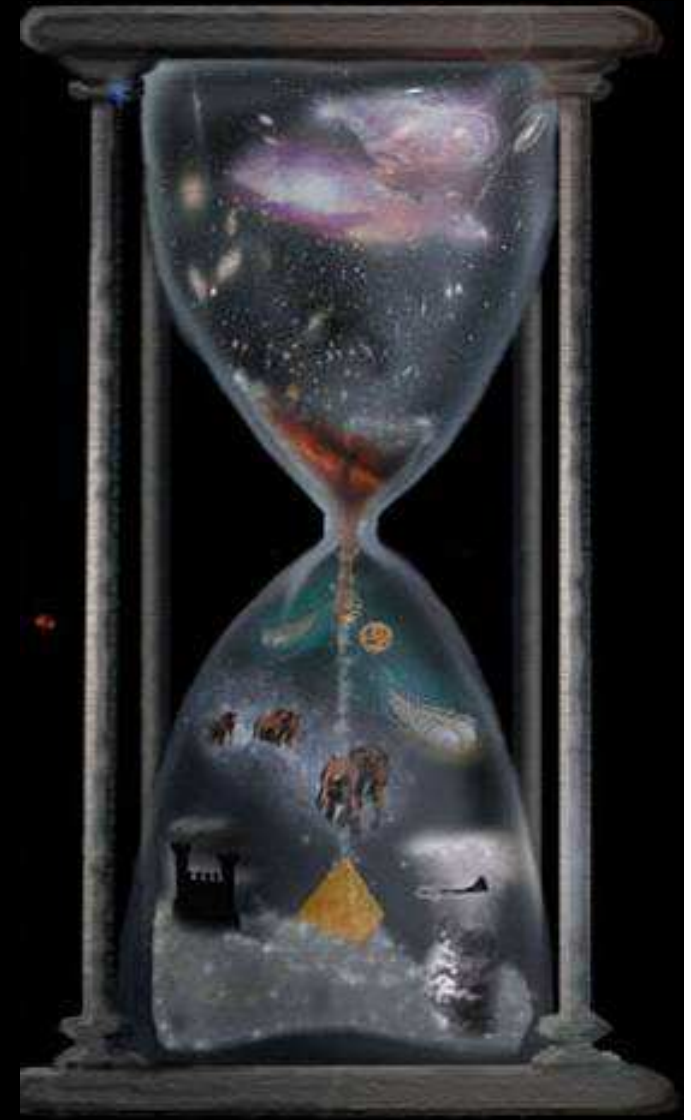
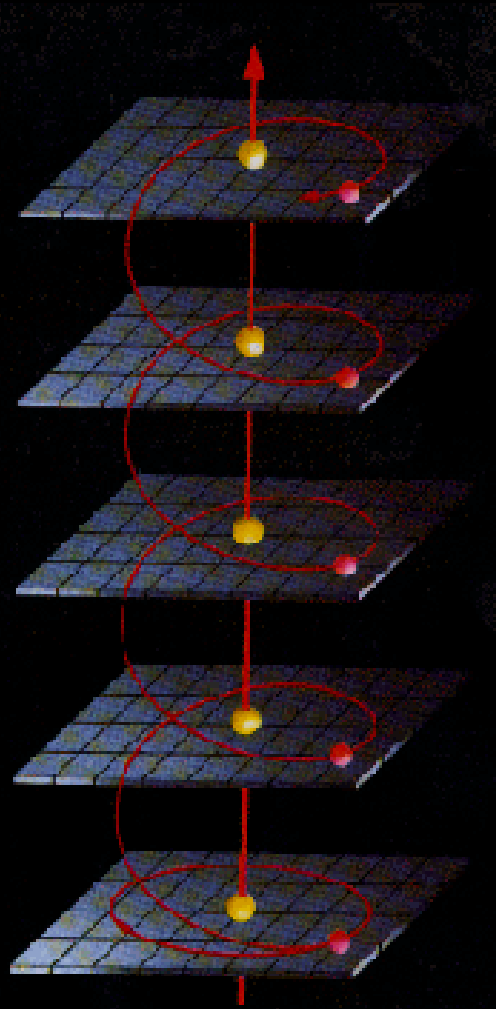


Heinrich Olbers
(1826)



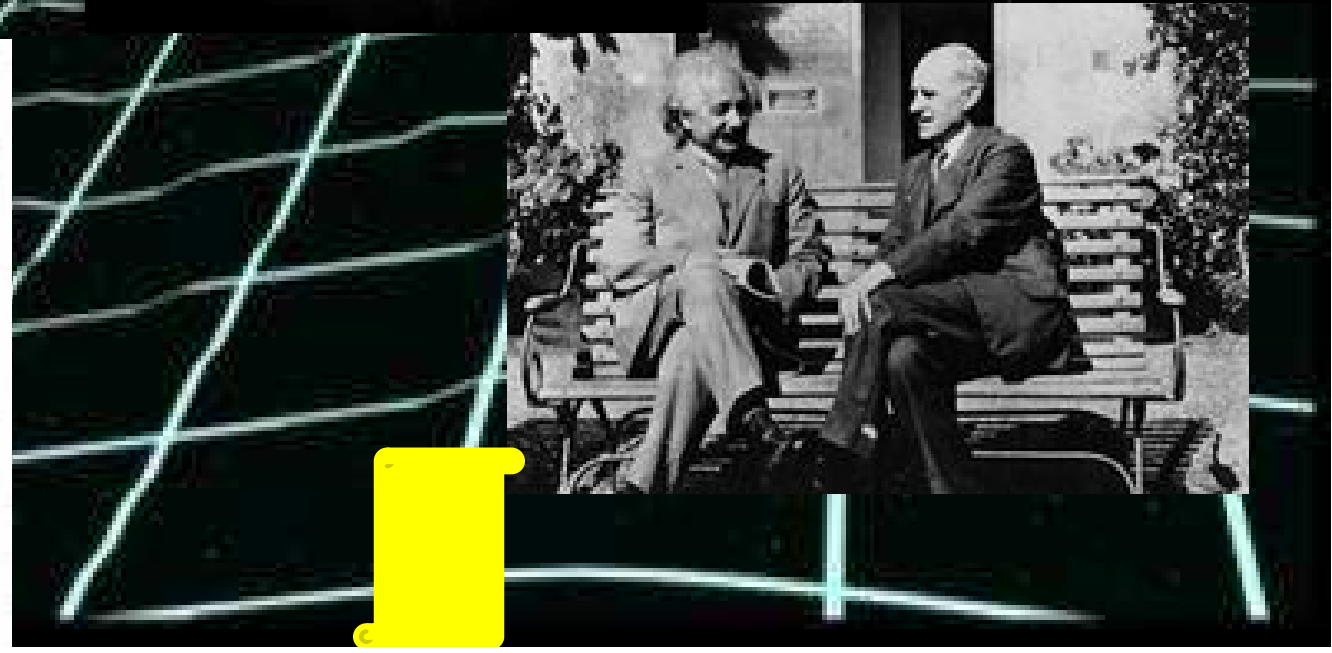
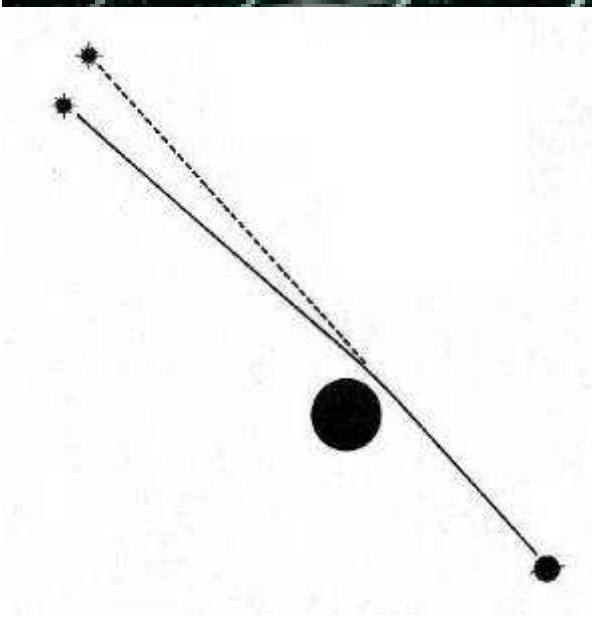
RELATIVIDAD ESPECIAL 1905

Constancia de la Velocidad de la Luz



El Problema de la Gravedad: La Relatividad General

El espacio curvo Eclipse de Sol de 1919

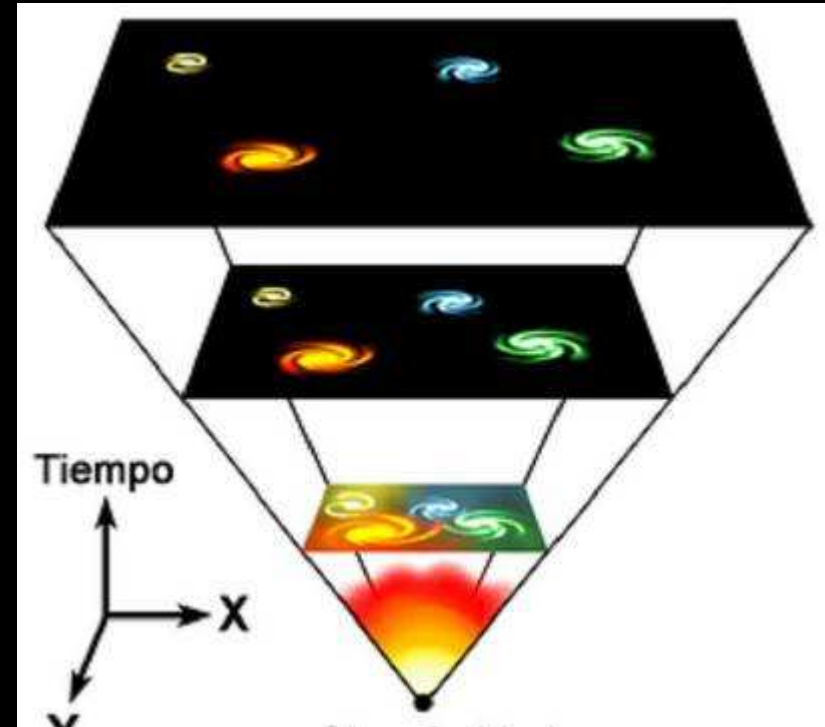
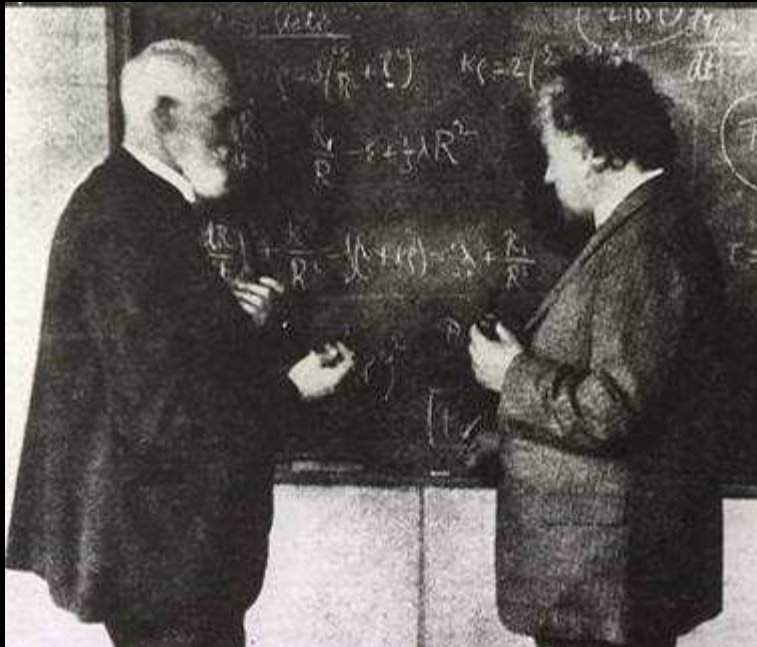


Modelo Einstein De Sitter (1917) (energía nula)

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Curvatura del espacio-tiempo

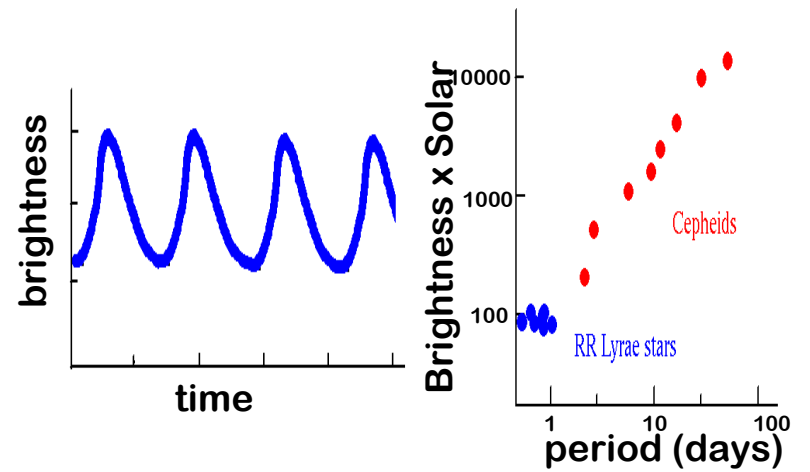
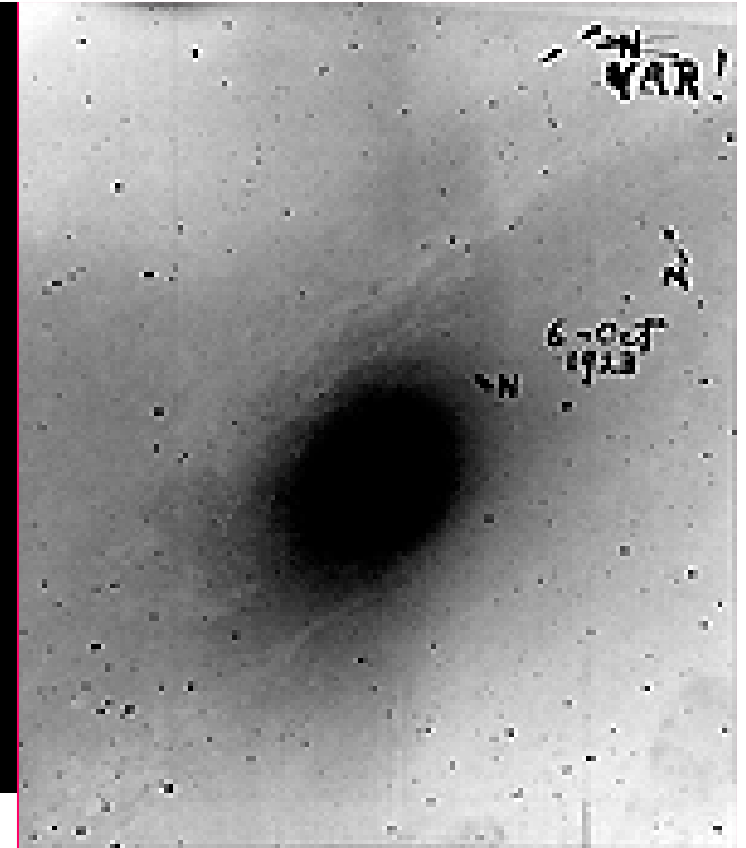
energía



$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} R + \Lambda g^{\mu\nu} = -8\pi \frac{G}{c^4} T^{\mu\nu}$$

Repulsión Cósmica

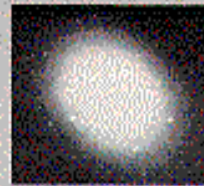
Ley de Hubble 6 Oct 1923



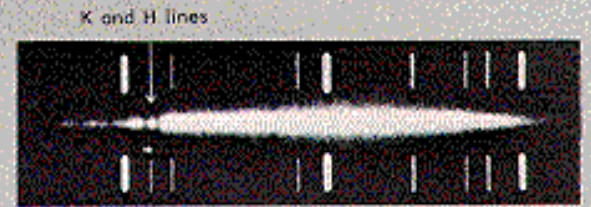


Galaxy In

Redshift



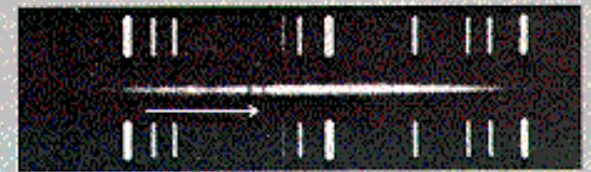
Virgo



Ursa Major



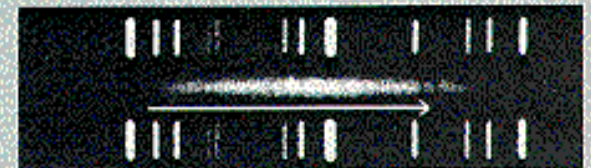
Corona Borealis



Bootes



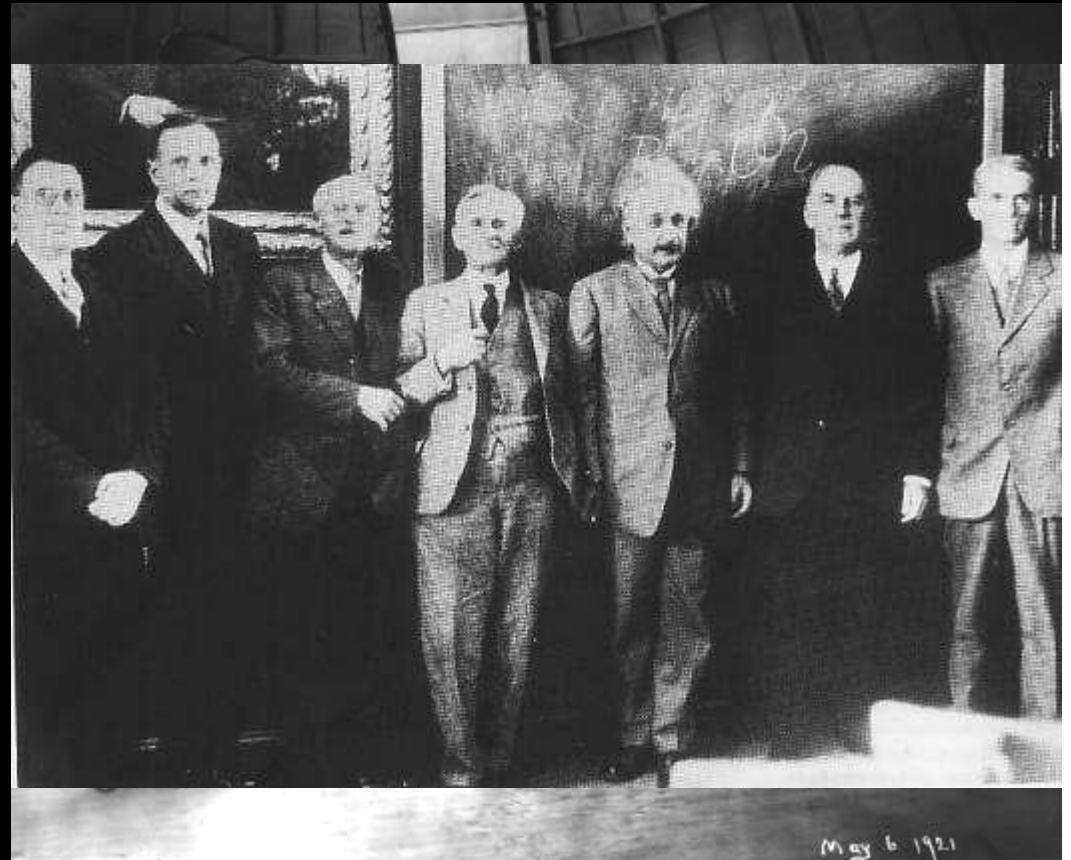
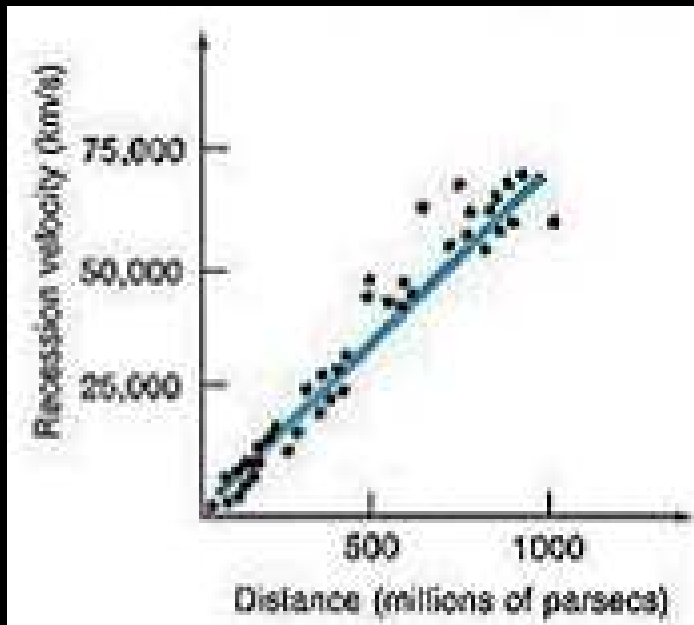
Hydra



a b c d e f g

$$V = Hd$$

recessional velocity (km/s) distance (Mpc)



Universo en Expansión, es “inútil” la constante cosmológica

Hubble y
Hutmanson

Lemaitre (1927):

El Universo partió de un
Estado Primigenio: Caliente y
denso



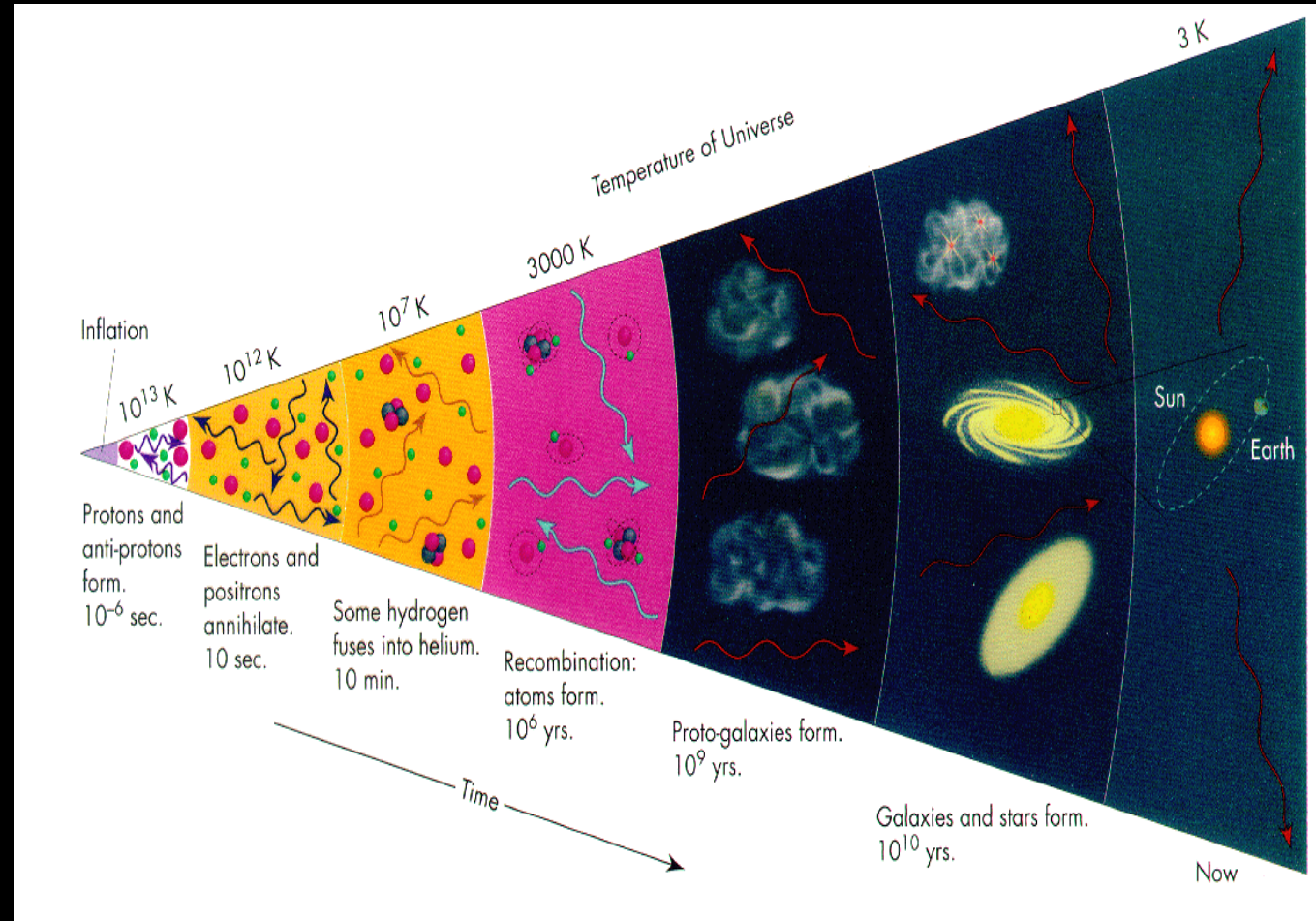
Einstein y

Lemaitre

1927

COSMOLOGIAS RELATIVISTAS

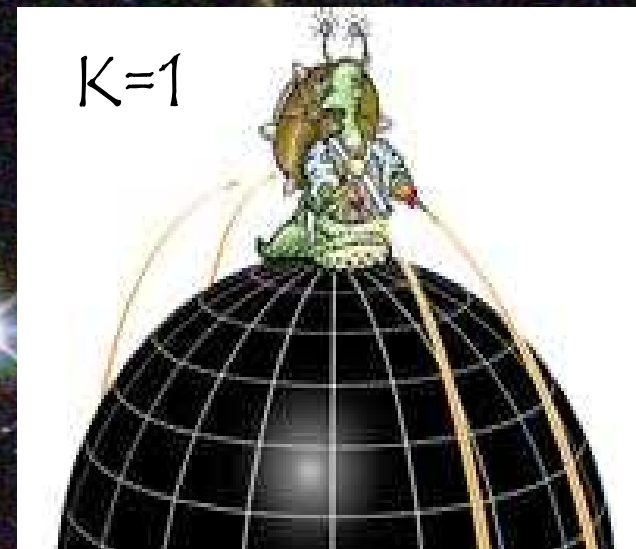
Modelos de Friedmann-Robertson-Walker (1922-1929)



$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} R + \Lambda g^{\mu\nu} = -8\pi \frac{G}{c^4} T^{\mu\nu}$$

Universo isótropo, homogéneo y en expansión con un factor de escala $R(t)$ → métrica del espacio-tiempo

(Robertson, H. 1935; Walker, A.G. 1936)



$$ds^2 = c^2 dt^2 - R^2(t) \left(\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta \cdot d\phi^2 \right)$$

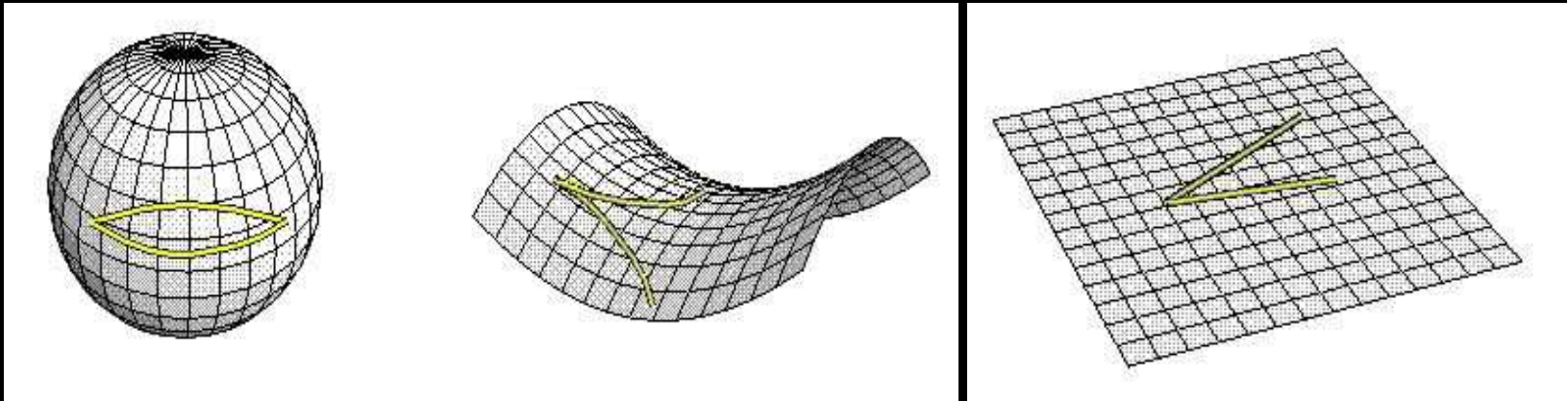
- Si el universo es homogéneo, obtenemos una ecuación para el tamaño $R(t)$ del Universo como función del tiempo

$$\left(\frac{\dot{R}}{R}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{k}{R^2}$$

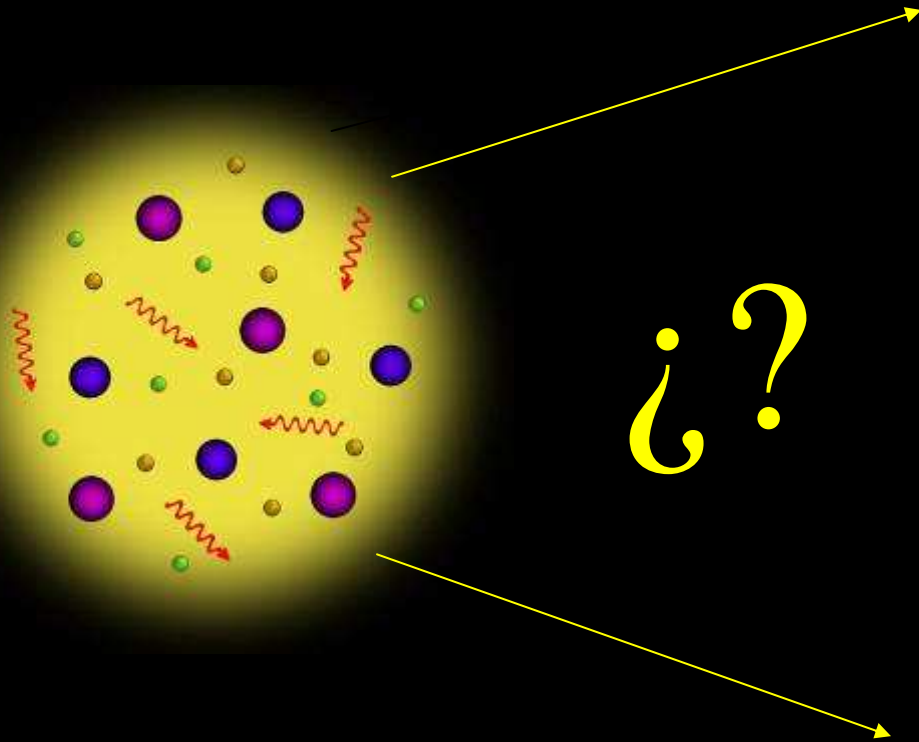
H

densidad de energía

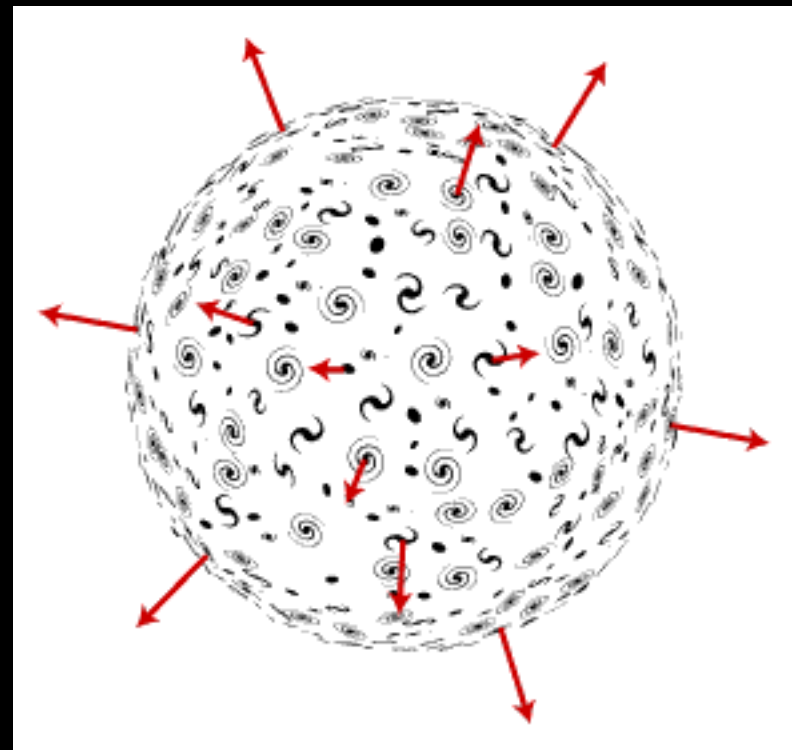
Curvatura (+1,-1, 0)



NUCLEOSINTESIS PRIMORDIAL



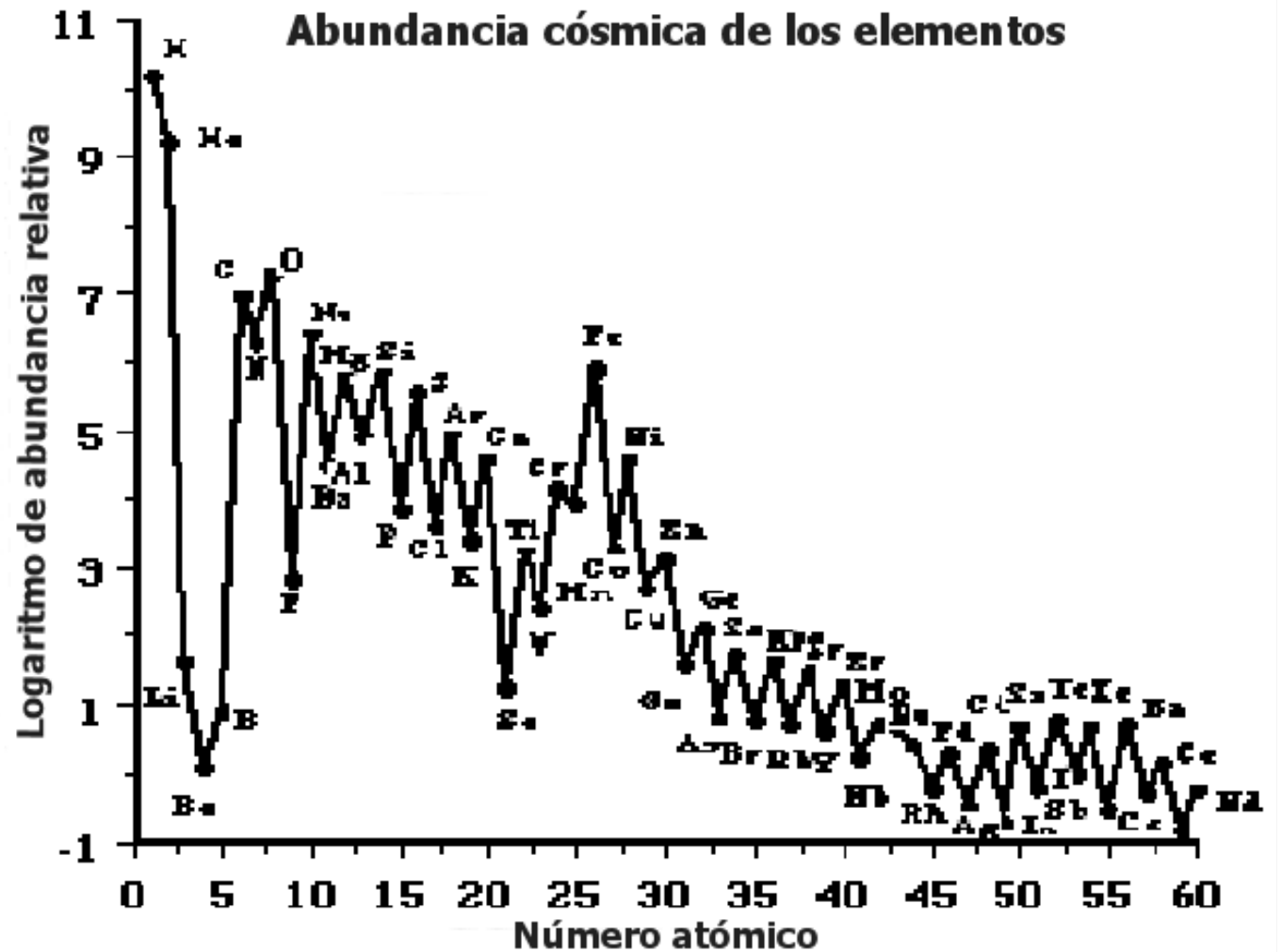
!?

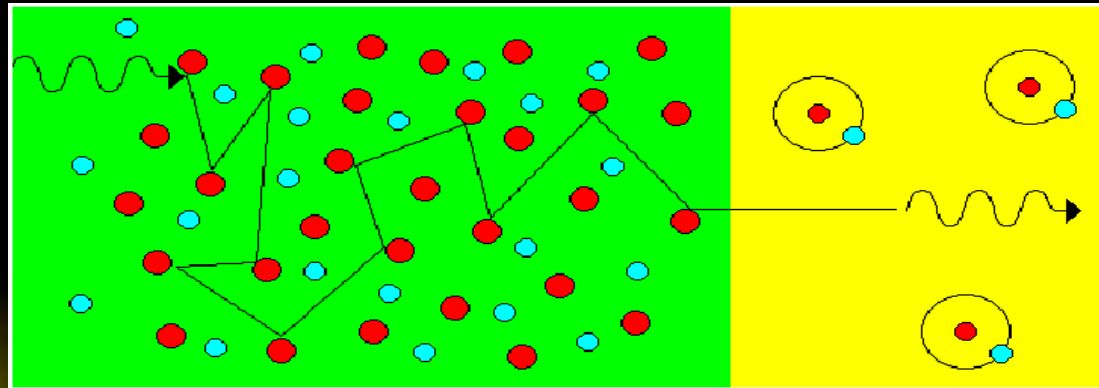


Plasma → átomos → protogalaxias → protoestrellas



G. Gamow (1934)



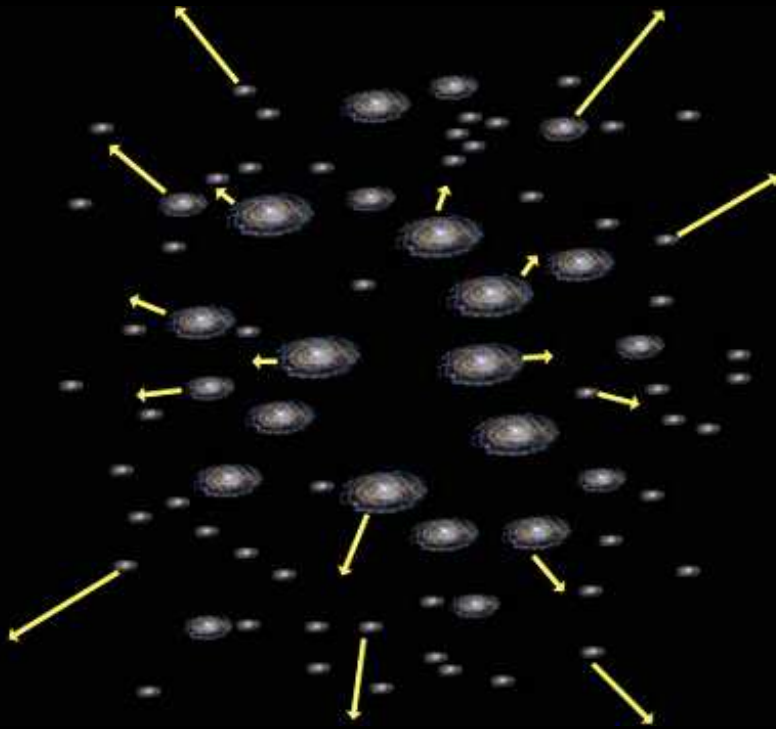


Plasma de Hidrógeno

Hidrógeno atómico



Materia + Radiación

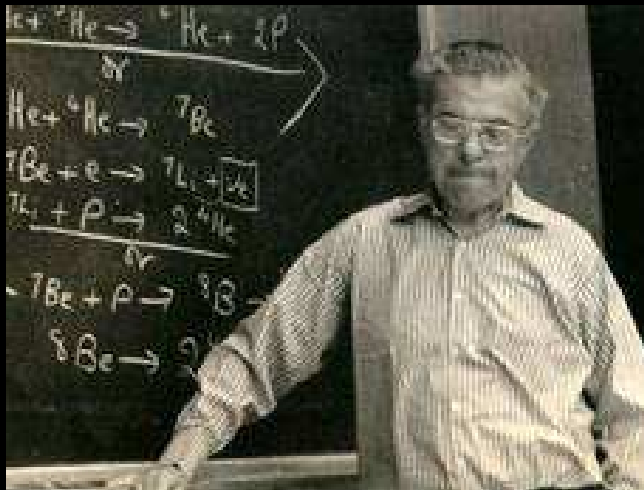


Friedmann-Robertson-Walker

Lemaitre-Einstein-De Sitter

Gamow-Alpher

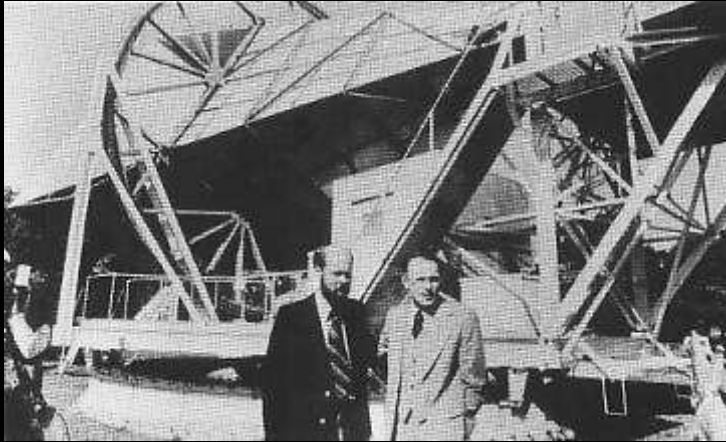
Universo Evolutivo



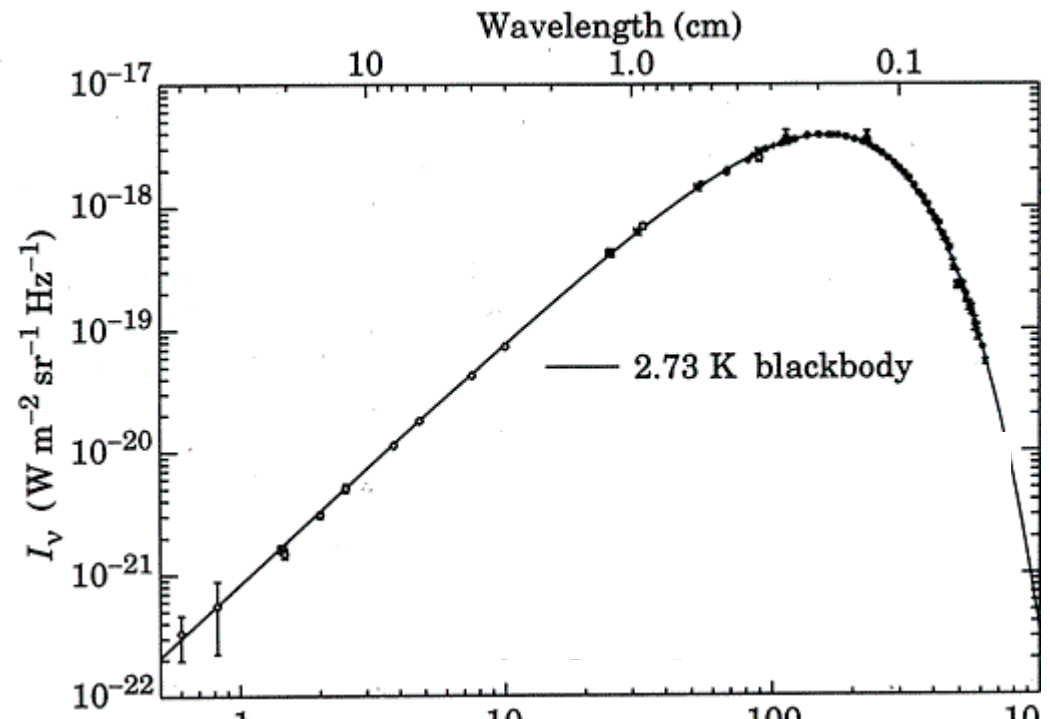
Fred Hoyle

Teoría del Estado Estacionario

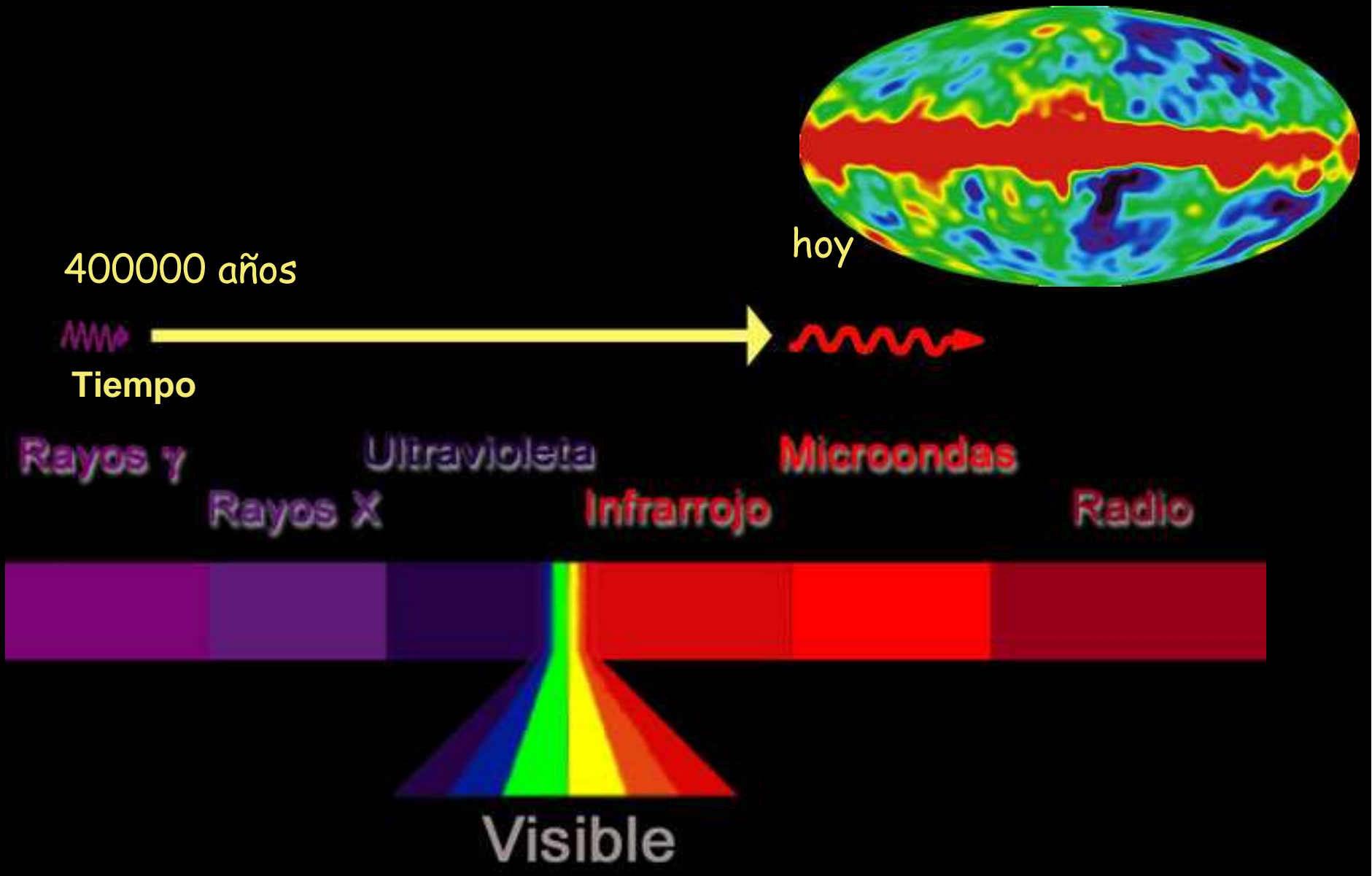
1965 Eco de la Gran Explosión: Radiación Cósmica de Fondo



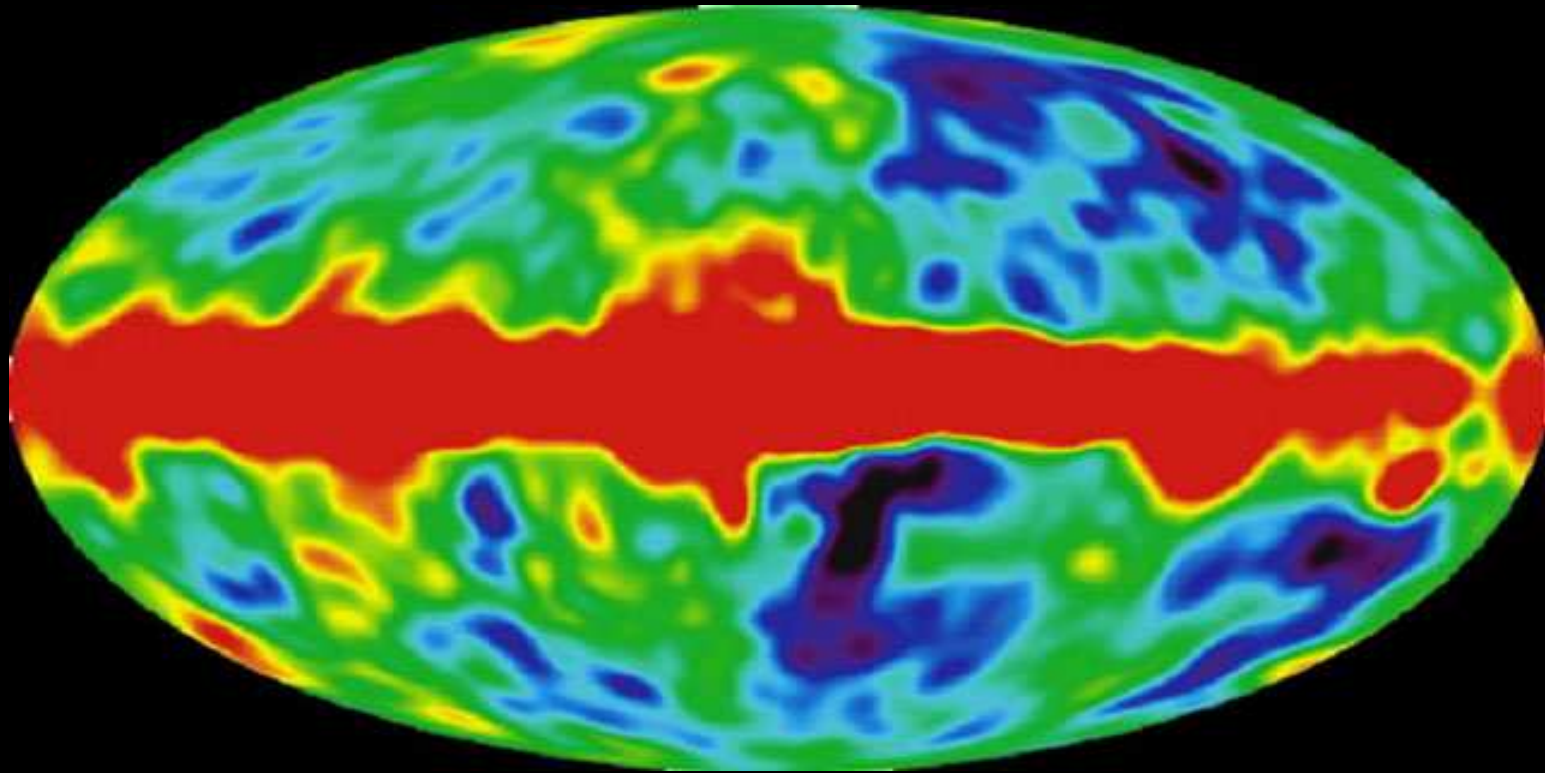
A. Penzias-R. Wilson
(Nobel 1978)



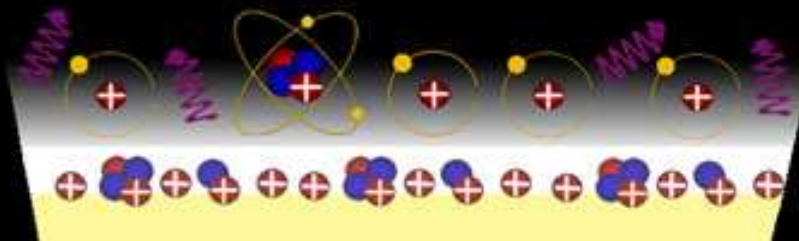
La luz estirada



Recombinación: la formación de los átomos



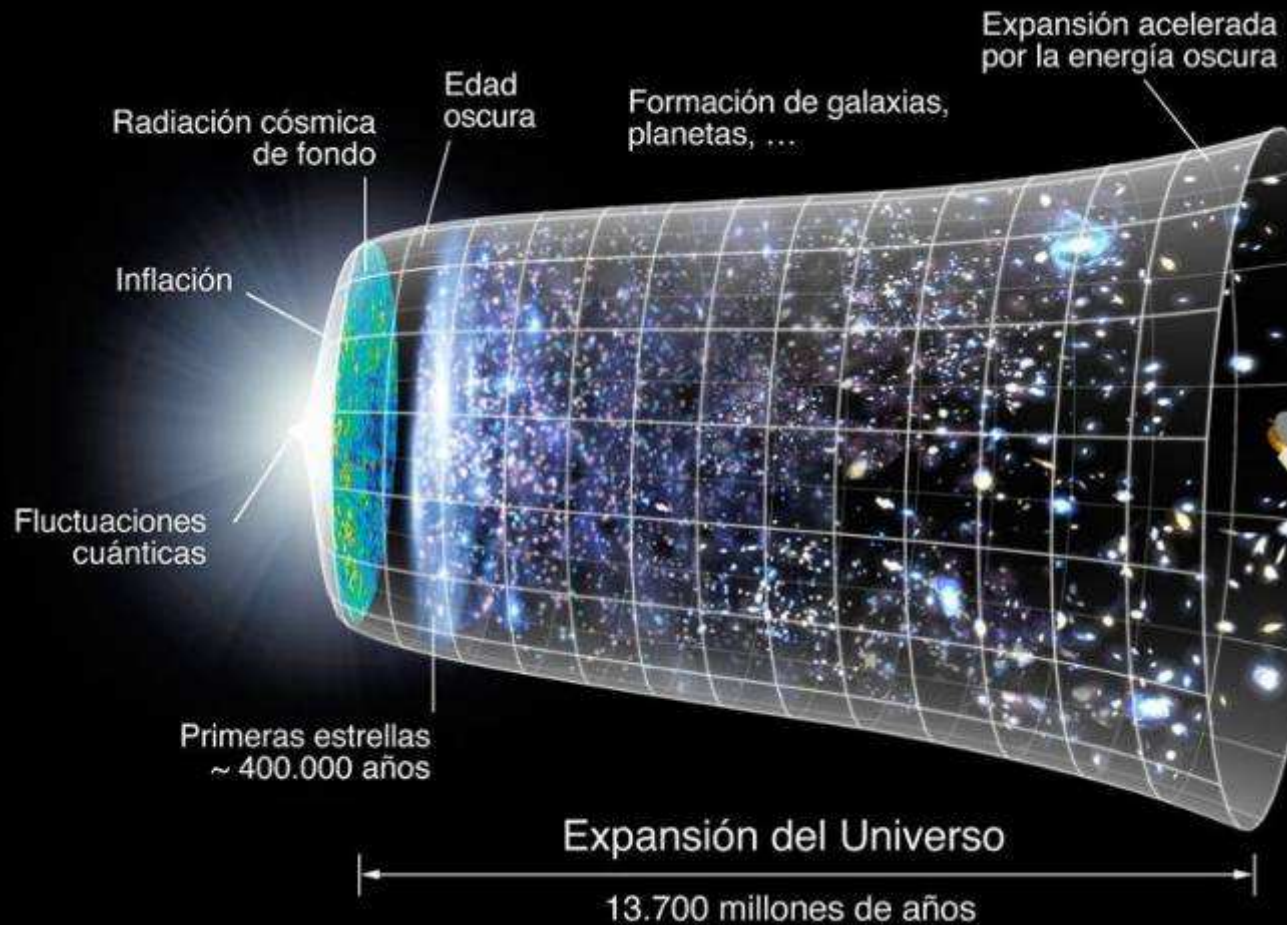
↓
Temperatura



Recombinación

↑
400000 años
3 min
Tiempo

B I G B A N G



1-Expansión (Red shift)

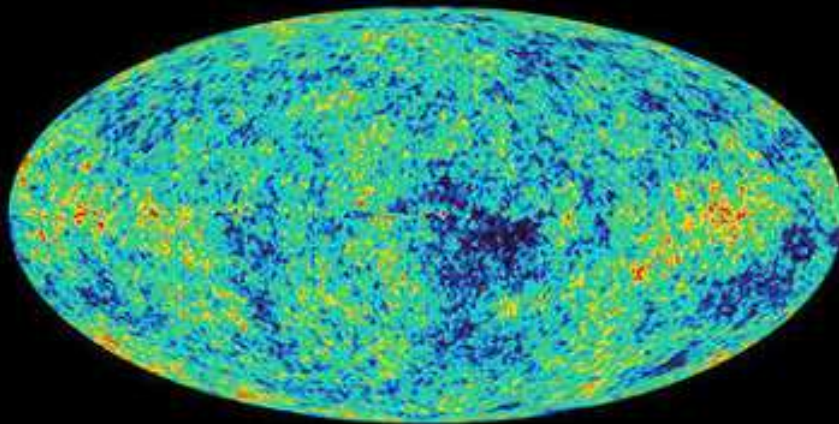
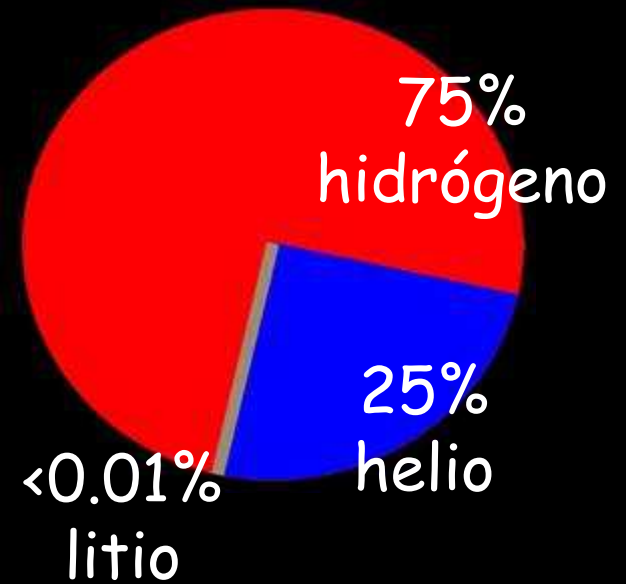
2-Núcleo síntesis Primordial
(abundancias químicas)

3-Radiación Cósmica de Fondo
(CMB)

4-Formación de Estructuras
(Supercumulos - voids)

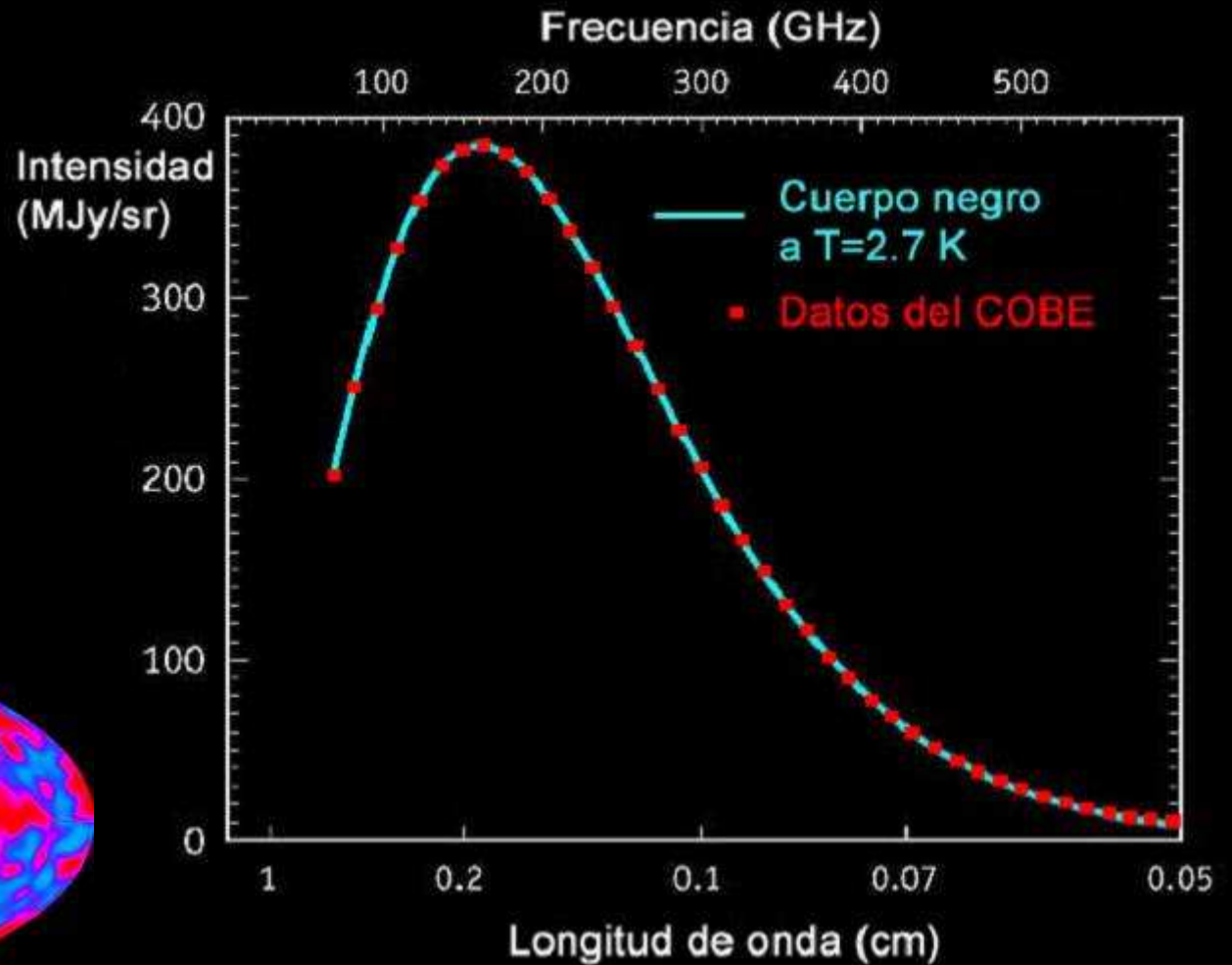
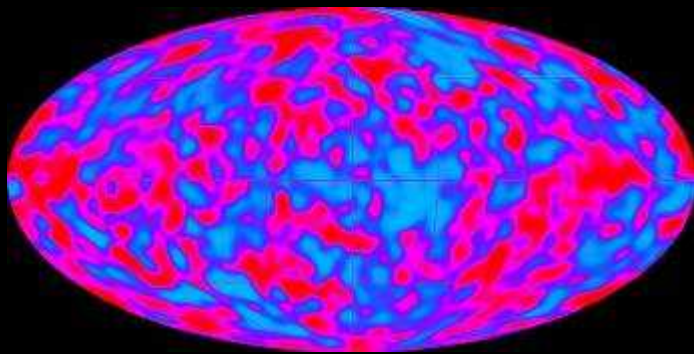
LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

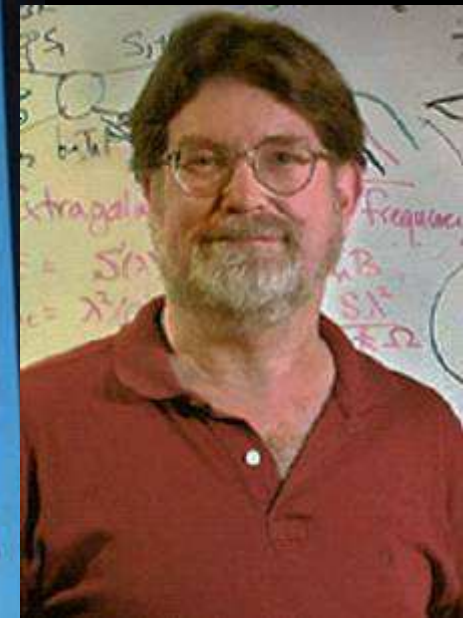
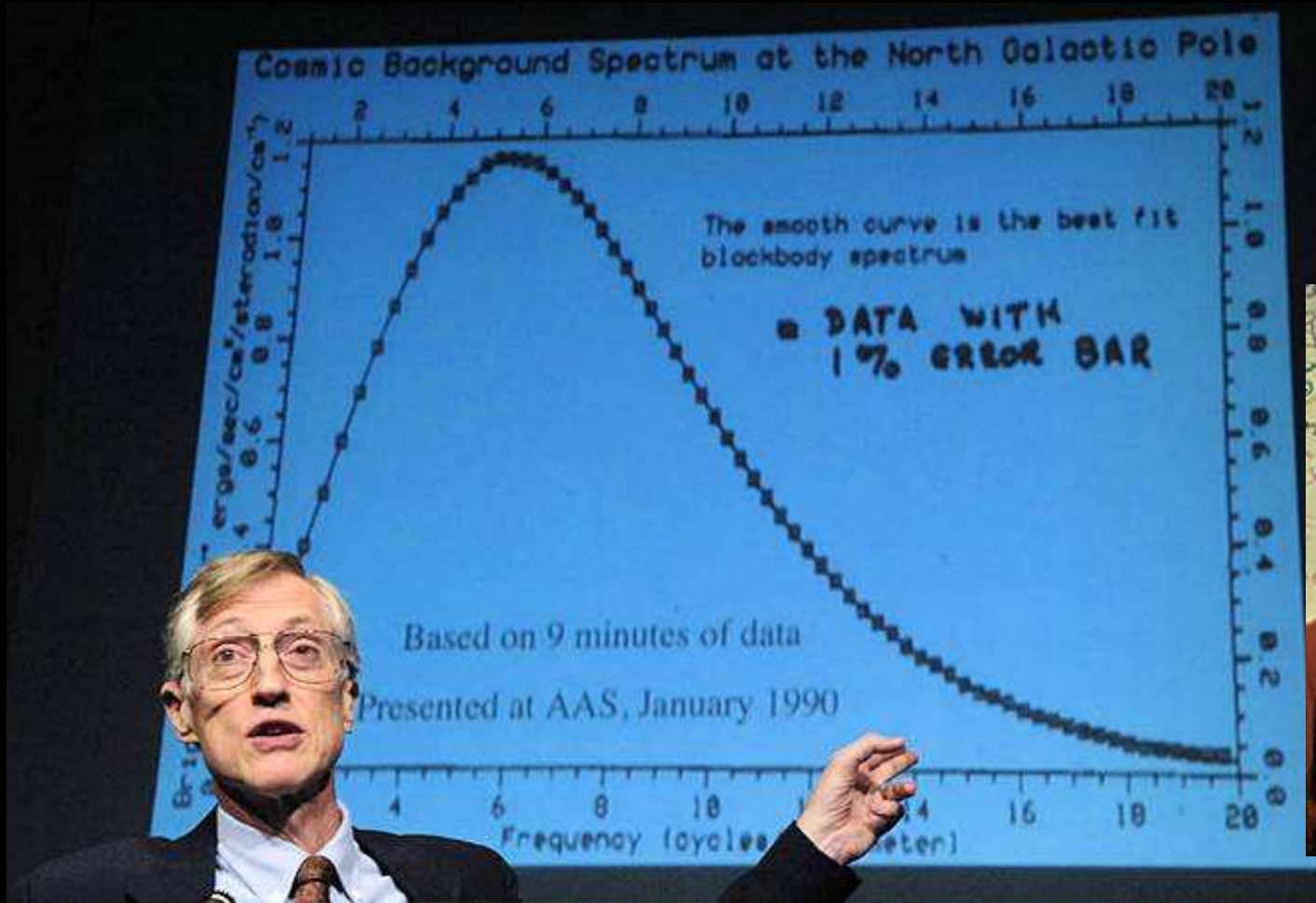
Composición de estrellas antiguas de nuestra galaxia: **hidrógeno** (incluido el **deuterio**) y **helio**



Fondo Cósmico de Microondas
(descubierto en 1964)

Confirmación vía satélite COBE (1989-1995) Universo: cuerpo negro muy frío



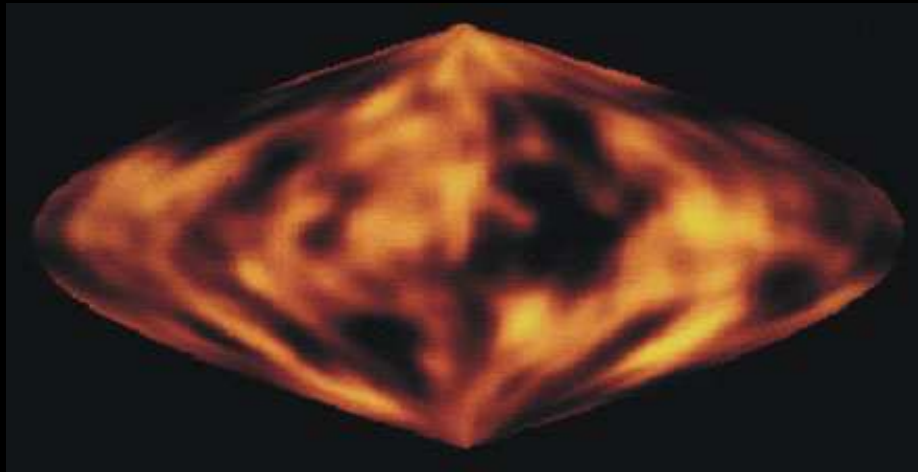


John C. Mather

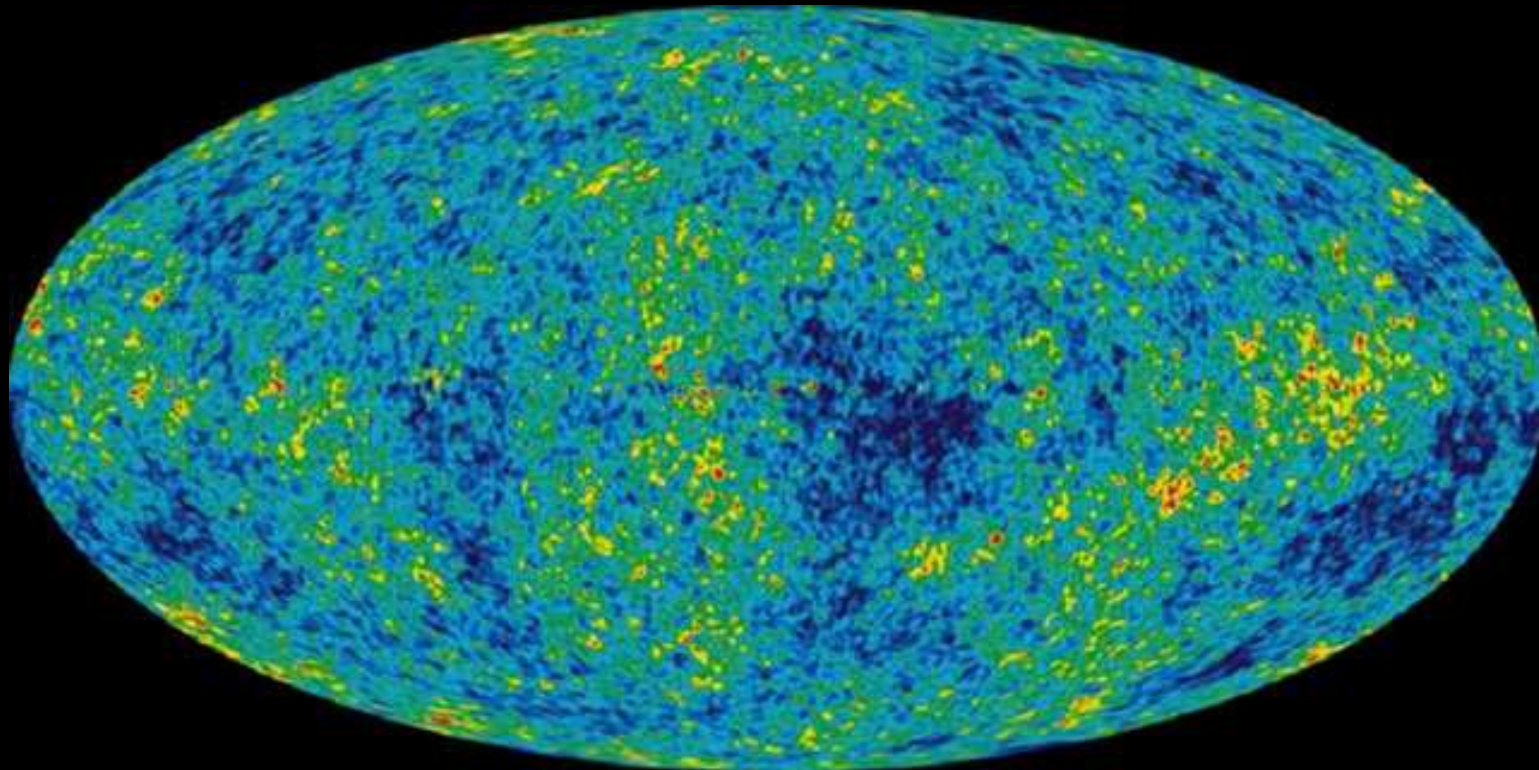
George F. Smoot

Premio Nobel de Física 2006

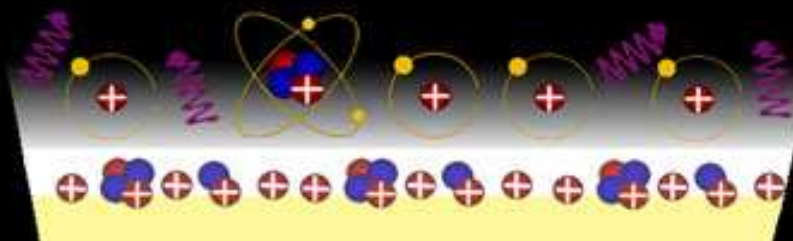
Experimento Tenerife



¿QUÉ PASÓ DESPUÉS DEL BIG BANG?



↓
Temperatura

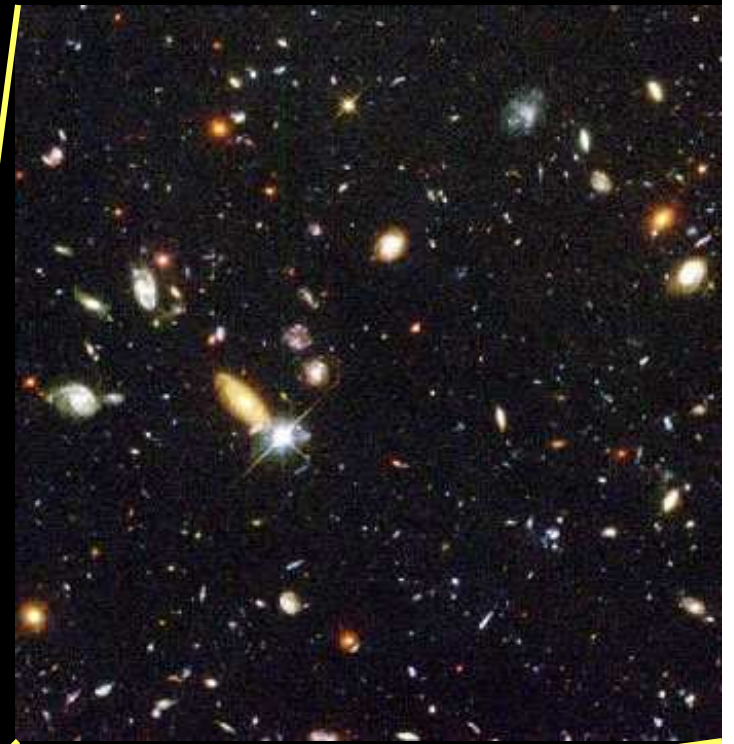
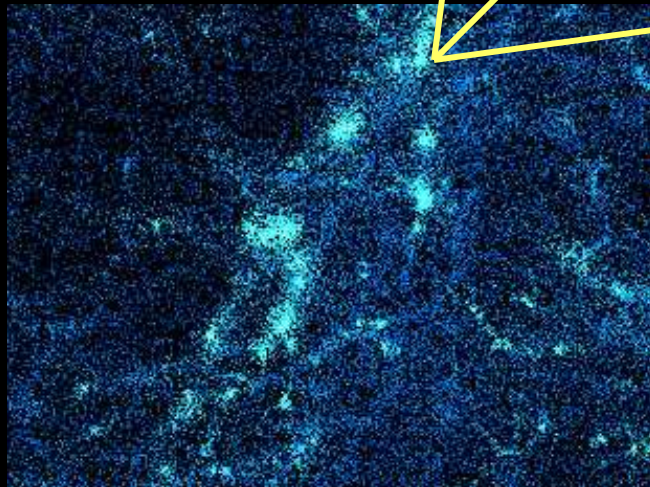
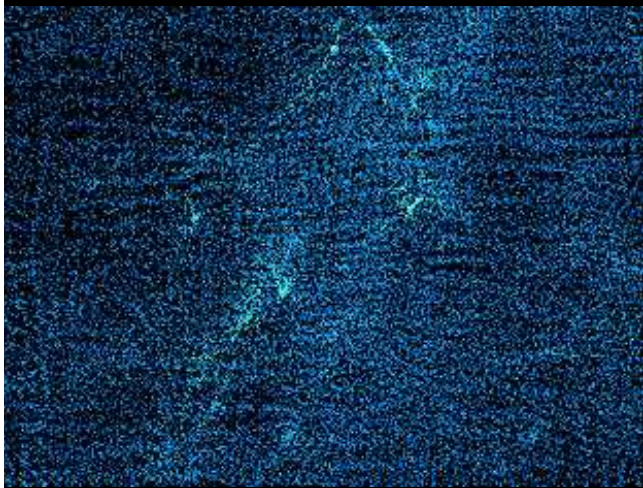
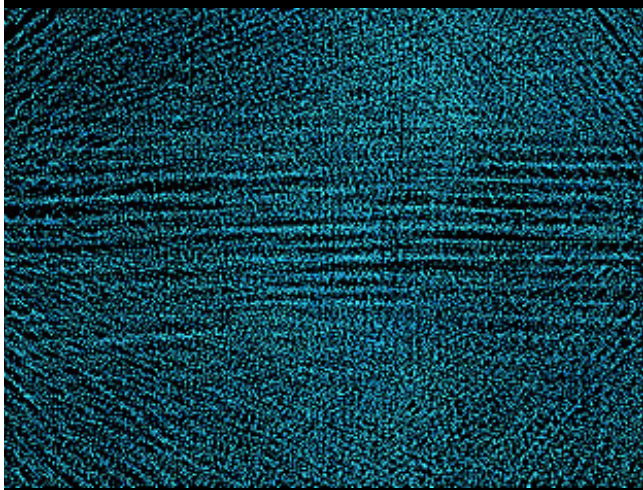


Recombinación

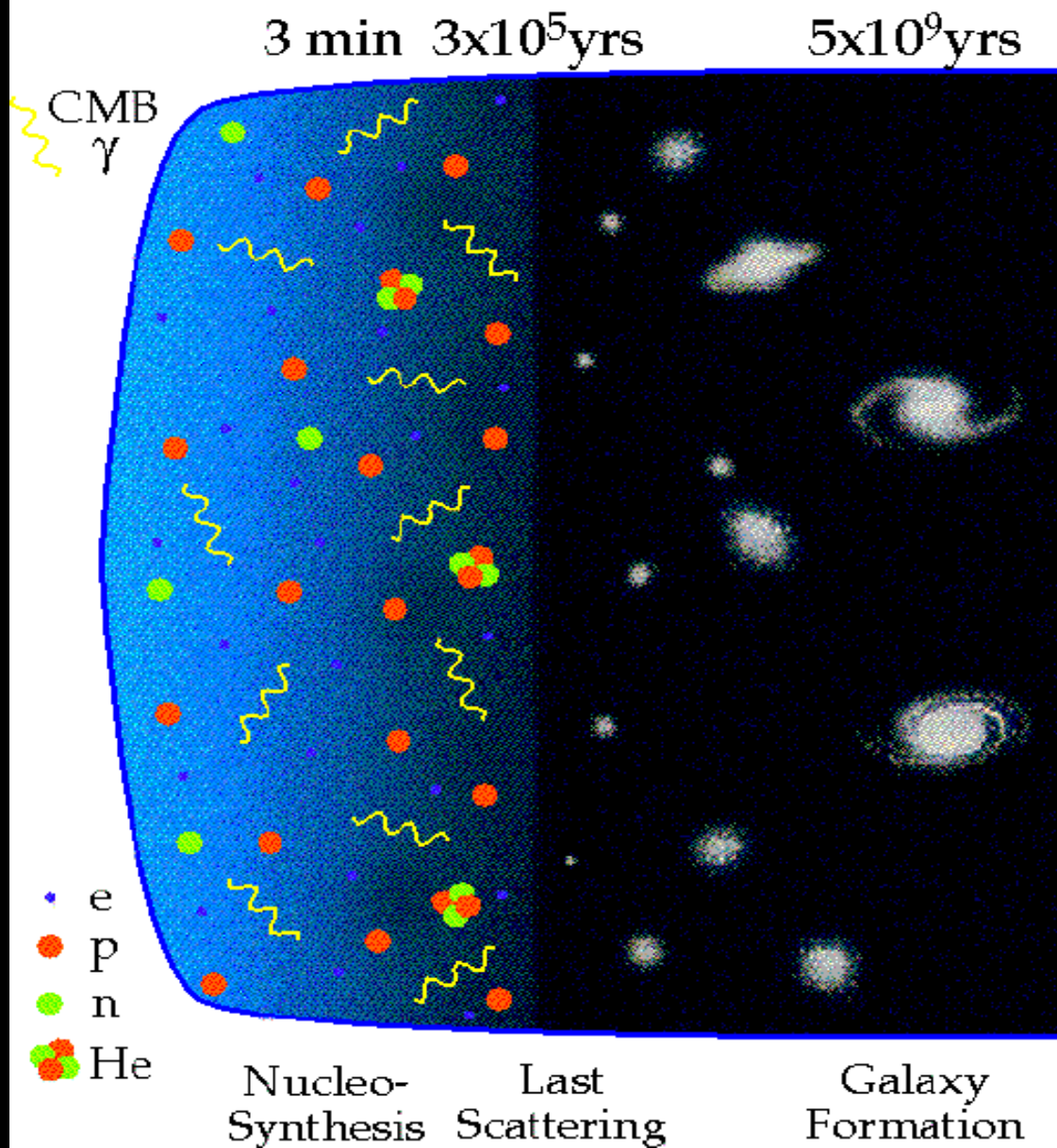
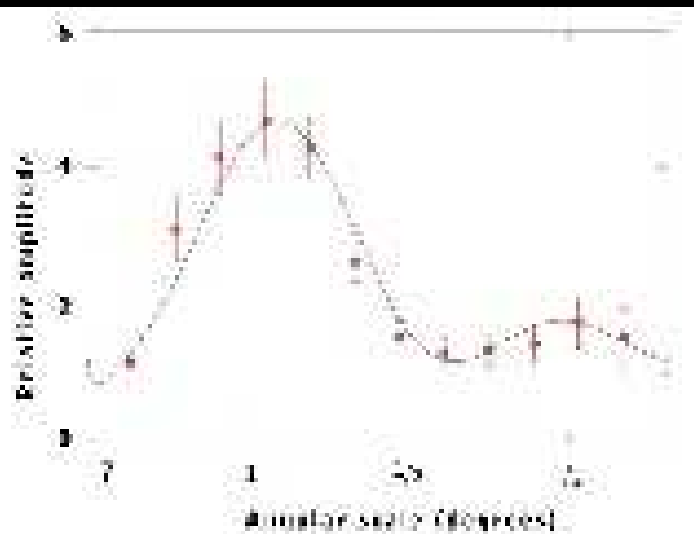
400000 años

↑
Tiempo
3 min

Grupos de materia = gérmenes de galaxias



Hace 13.000 millones de años



1er Máximo: $\sim 1^\circ$ Planitud $\rho \equiv \rho_{crítica}$



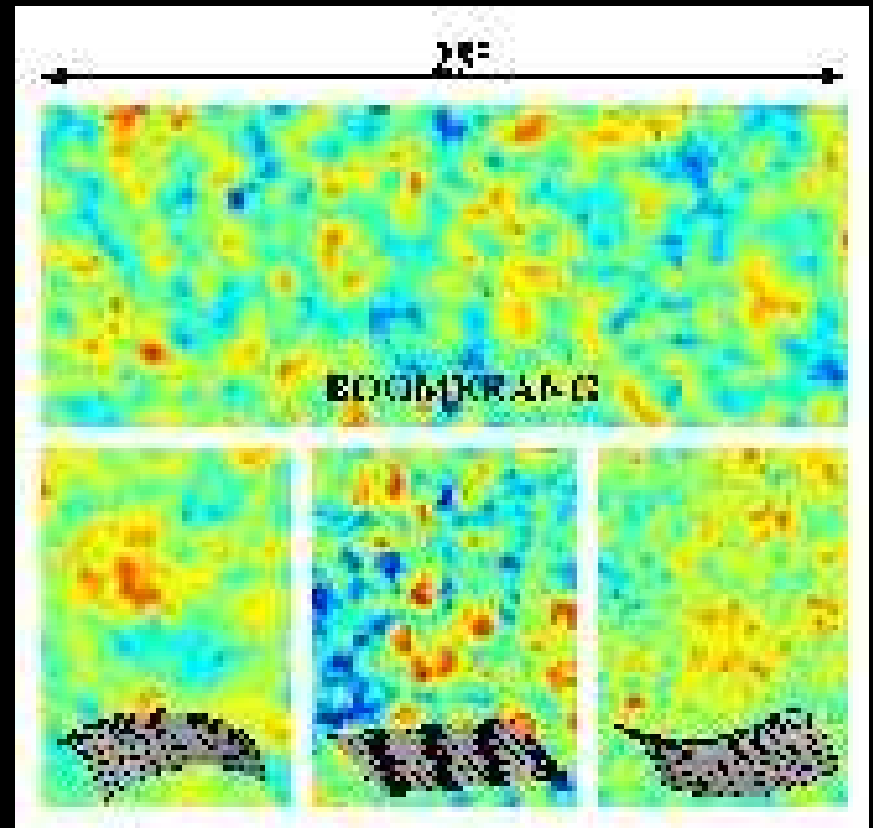
BOOMERANG 2000-2001

$$0 = \frac{kc^2}{R^2(t)} = H^2 (\Omega_{Total} - 1)$$

Confirma:

Universo Plano ($k=0$)

\Rightarrow Materia Oscura



Mapa Fondo Cósmico de Microondas: WMAP

1965



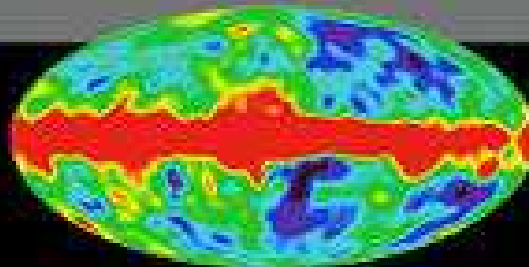
Penzias y Wilson



1992



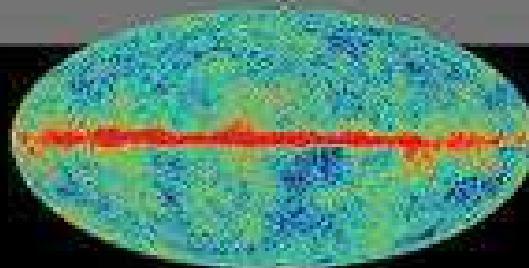
COBE



2003



WMAP



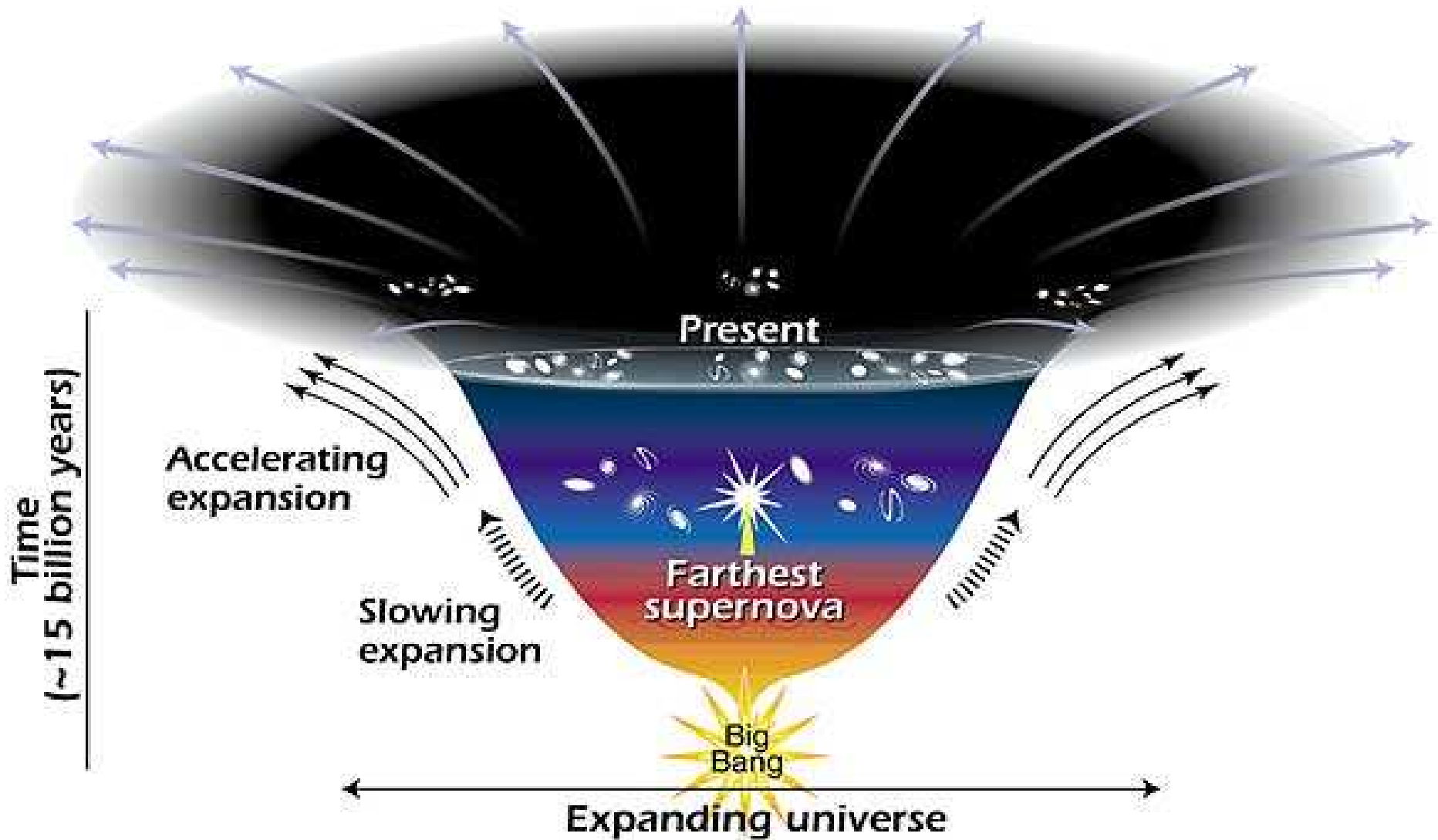
Confirma:

Universo Plano ($k=0$)

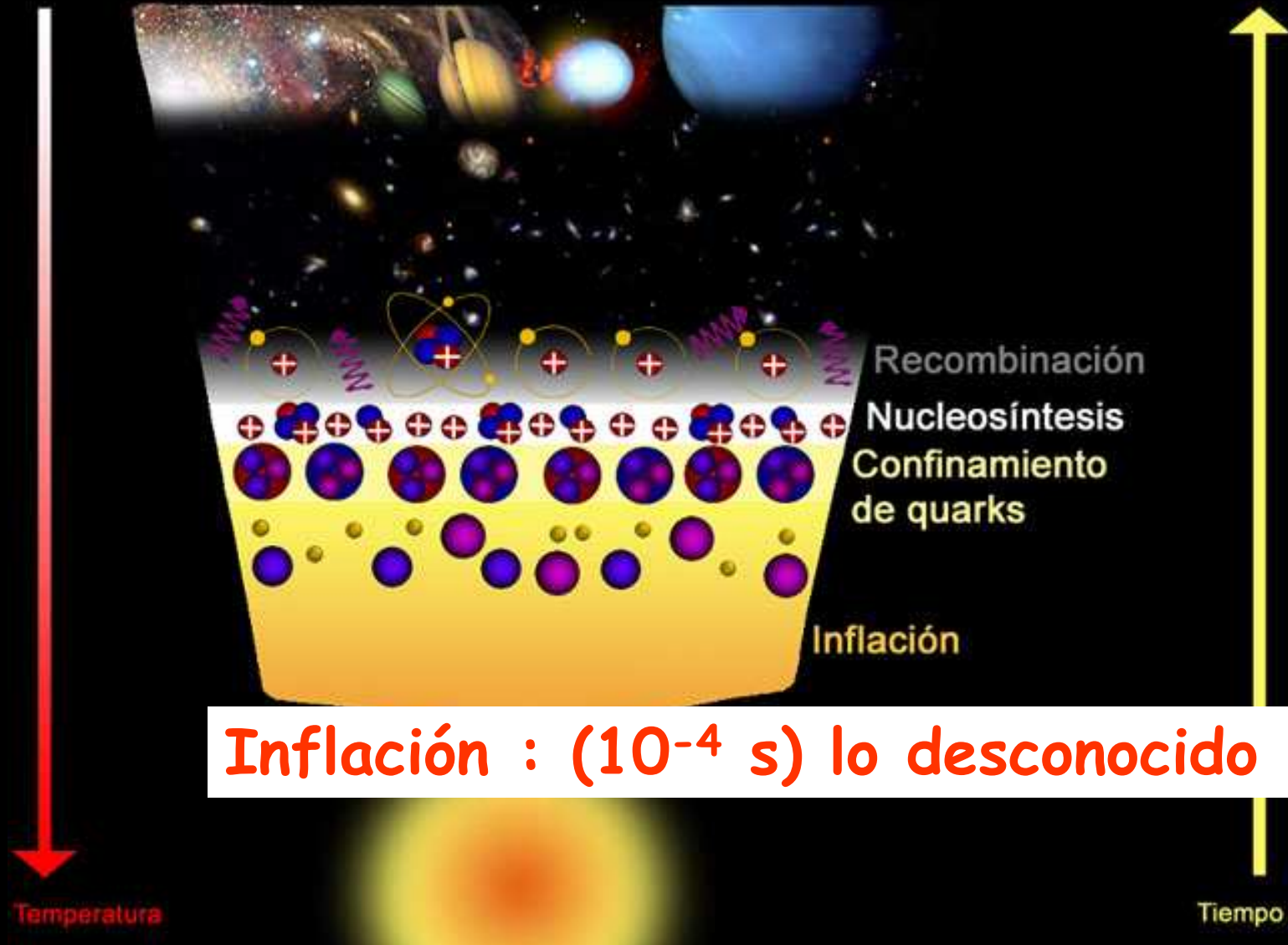
\Rightarrow Materia Oscura

El Problema del Horizonte

Modelo de inflacion (A. Guth 1979)

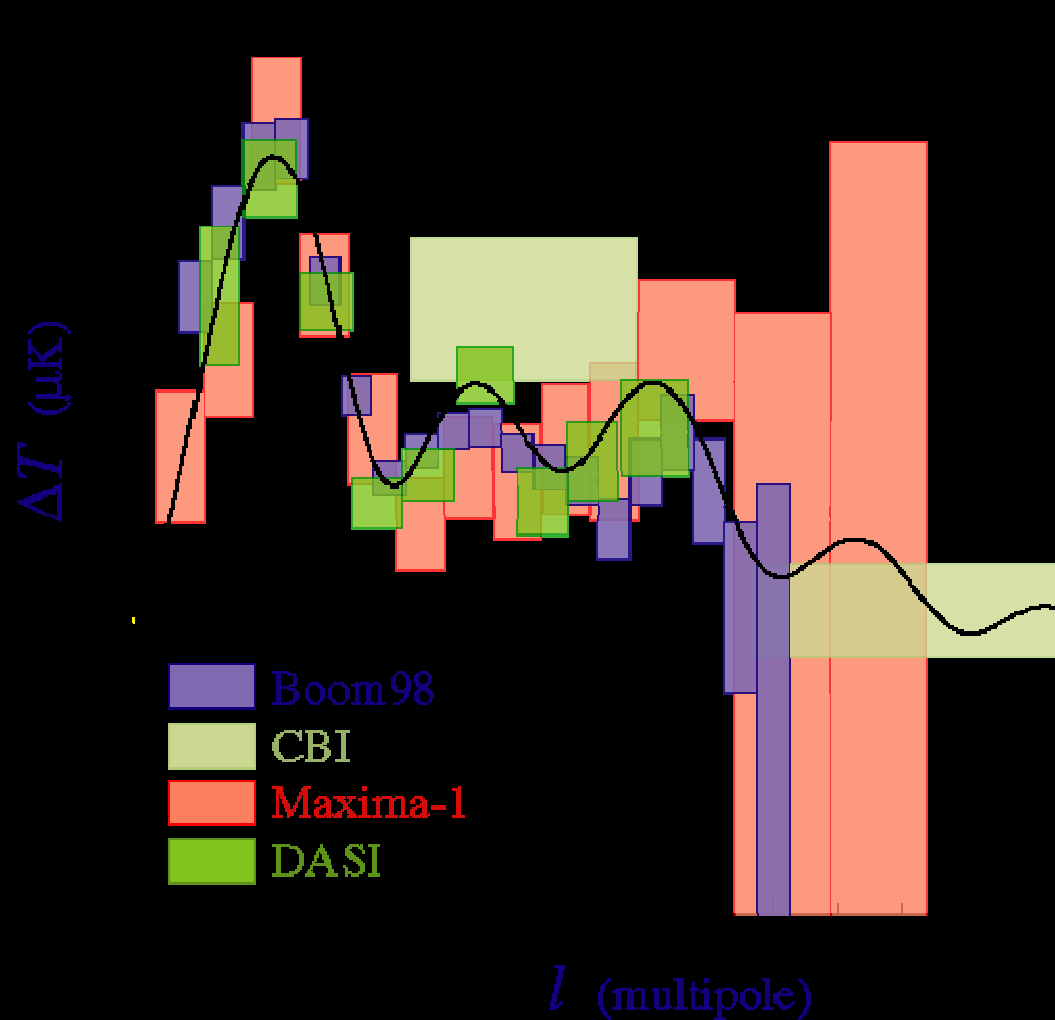


EL MODELO DEL BIG-BANG



Inflación : (10^{-4} s) lo desconocido

"Picos" Acusticos del Fondo de Microondas (CMB)



$$\Omega_m = 0.27 \pm 0.04$$

$$H = 71 \text{ km/s Mpc} \pm 0.04$$

(Spergel et al 2003)

Materia Oscura (Dark Matter)

$$\Omega \equiv \frac{\rho}{\rho_c} = \frac{8\pi G\rho}{3H_0^2}$$

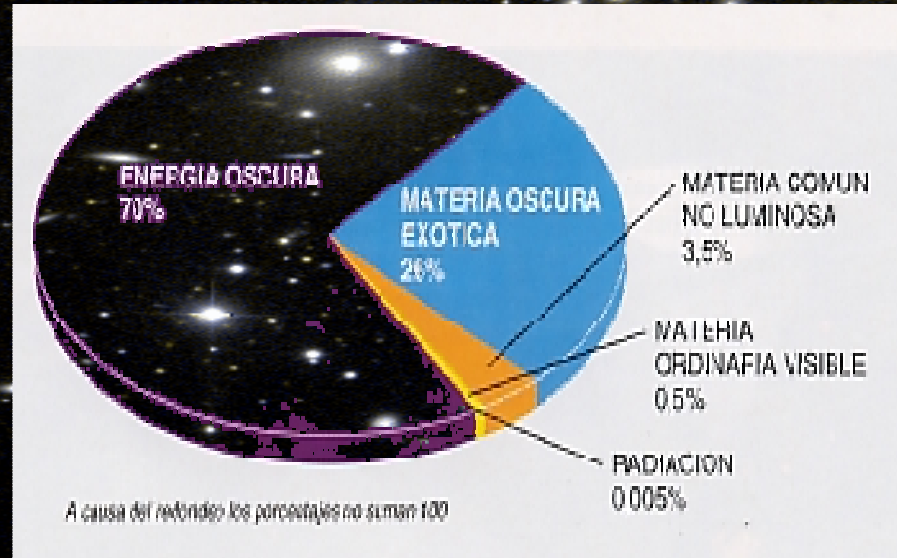


$$\rho_c \approx 1.88 \cdot 10^{-29} h^2 \text{ gcm}^{-3}$$

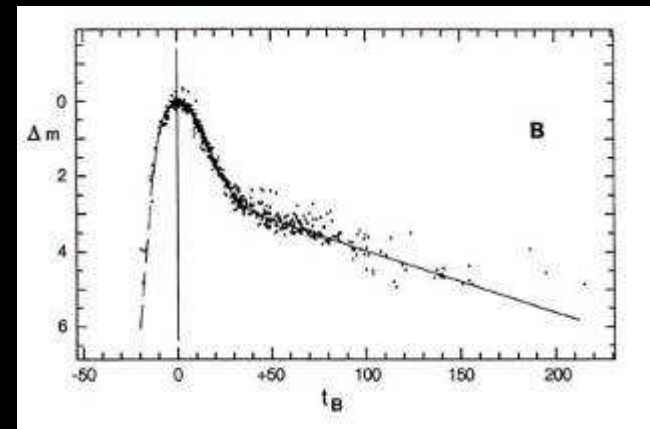
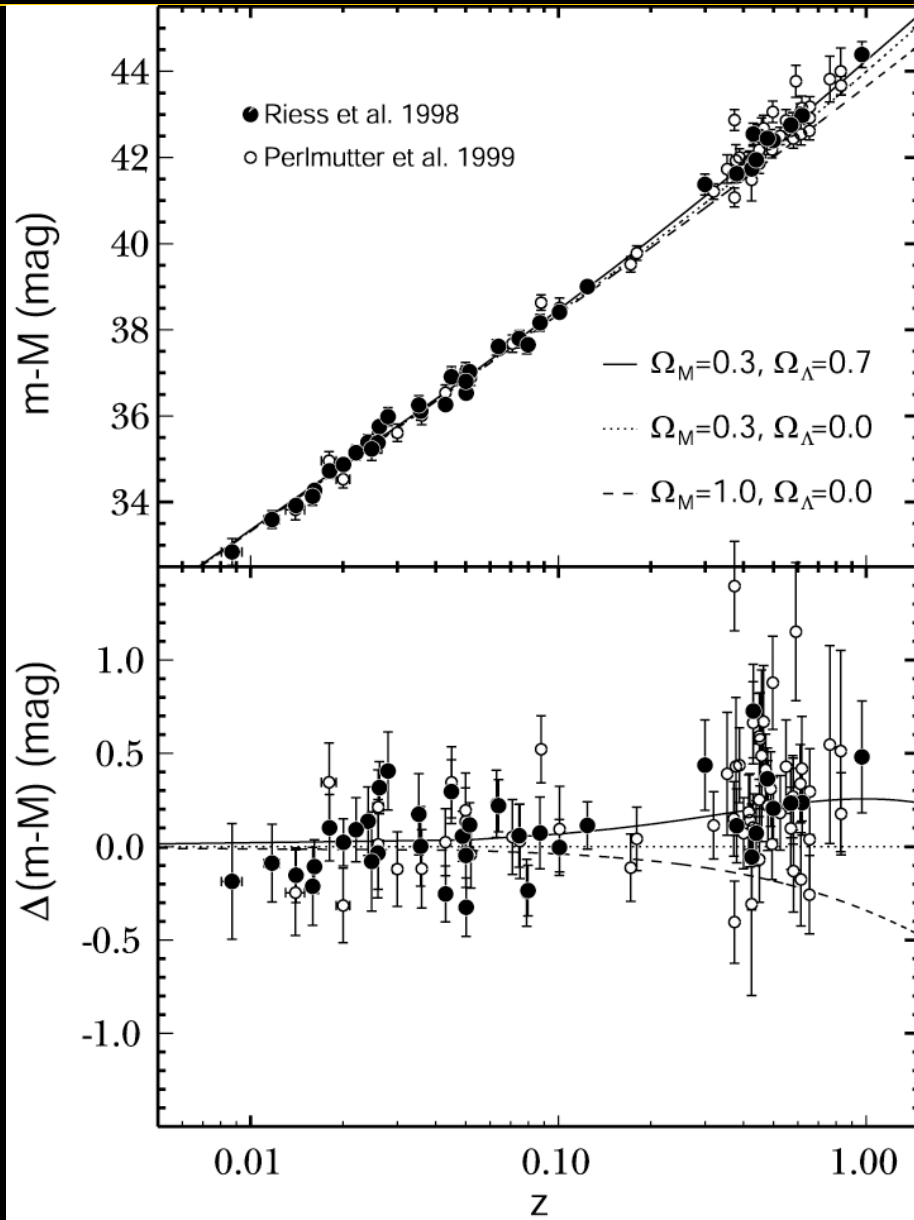
$$\frac{kc^2}{R^2 H^2} = 0 = \Omega_{\text{materia}} + \Omega_{\Lambda} - 1$$



$$\Omega_{\text{lum}} \approx 0.005 \Rightarrow \Omega_t \gg \Omega_{\text{lum}}$$



Supernovas Ia de elevado corrimiento al rojo



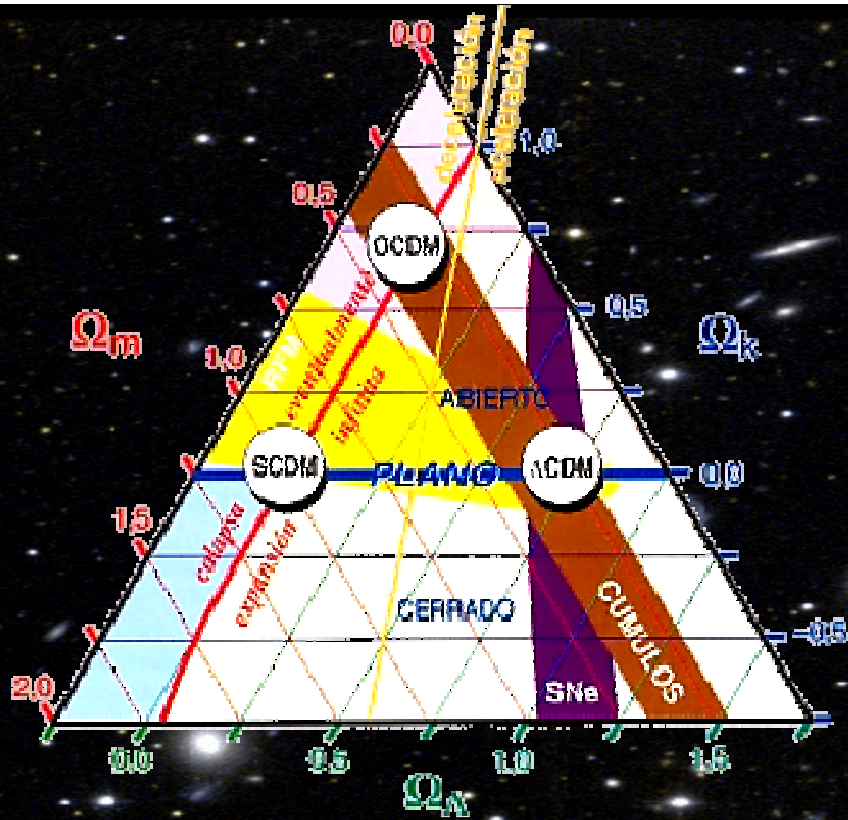


Universo Acelerado

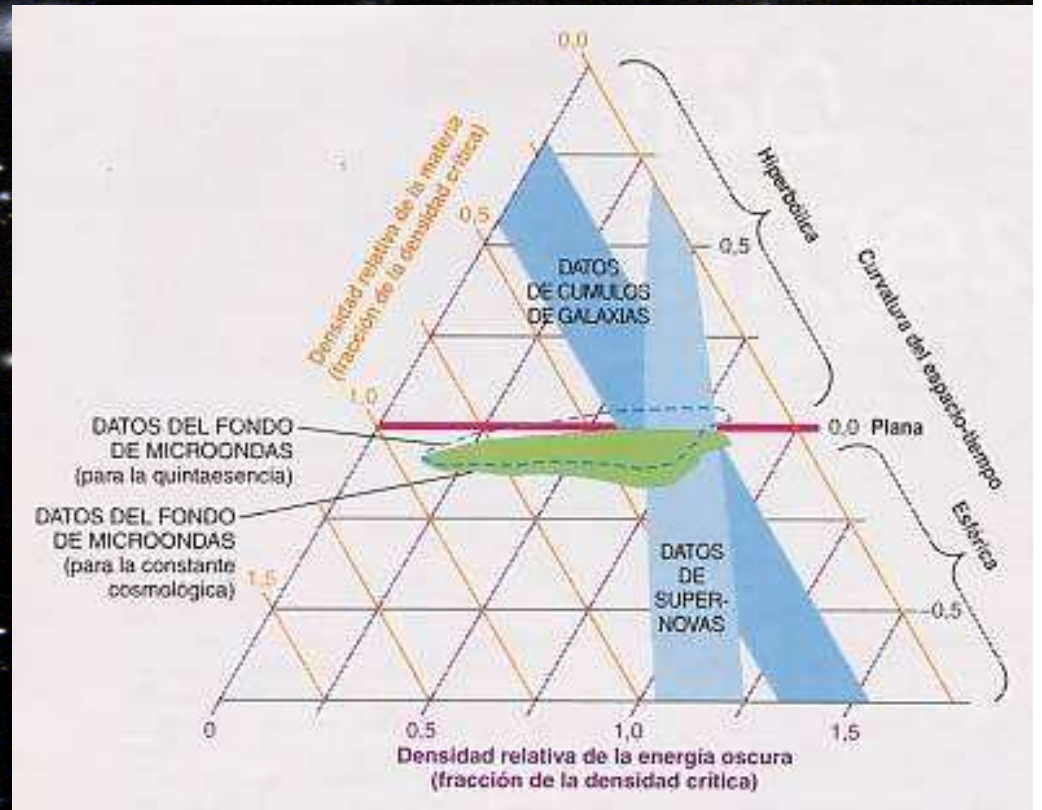


$\Lambda \neq 0$ (*Energía Oscura*)

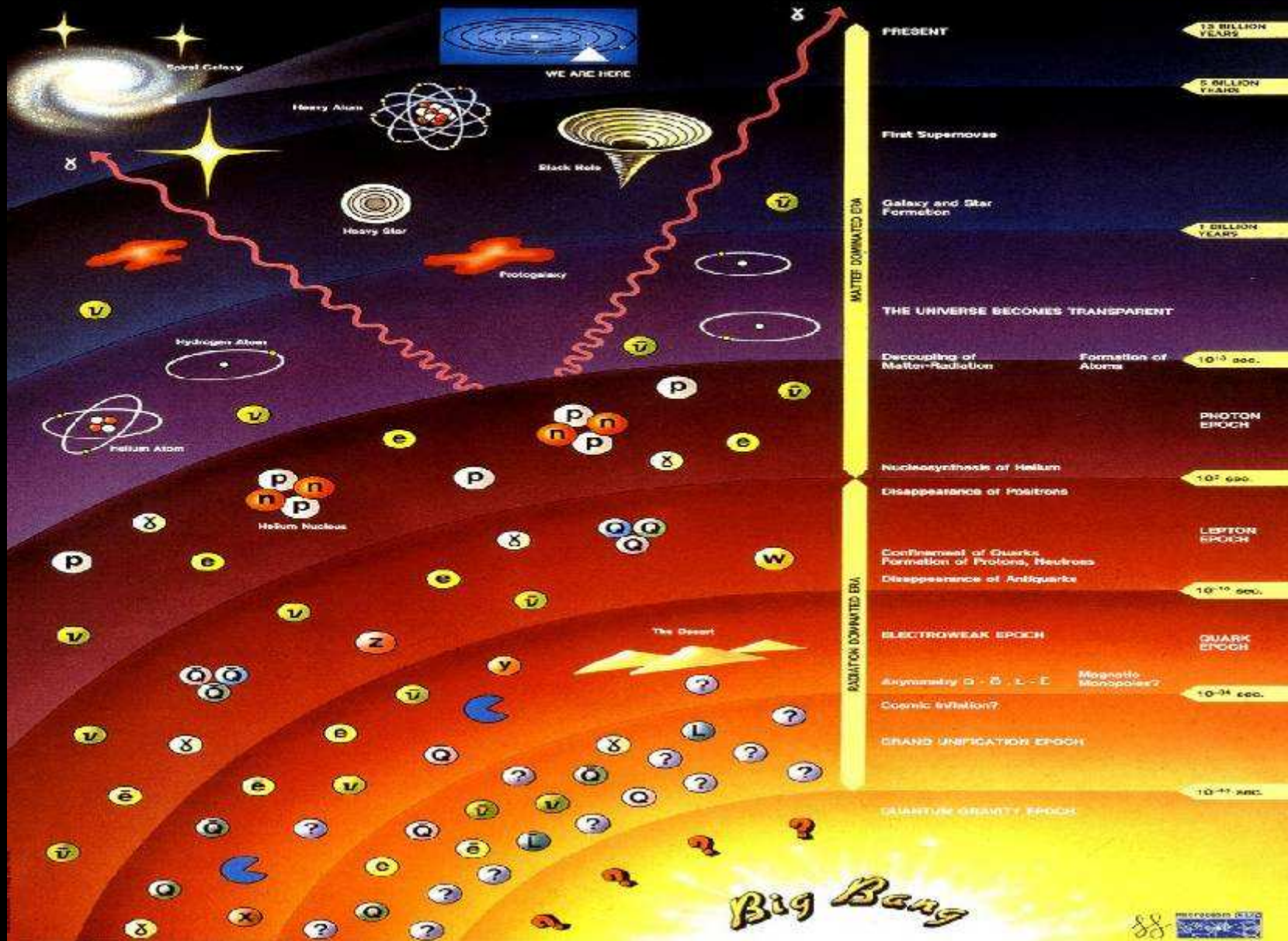
$$\Omega_{\Lambda} = 2/3$$



Triángulo Cósmico



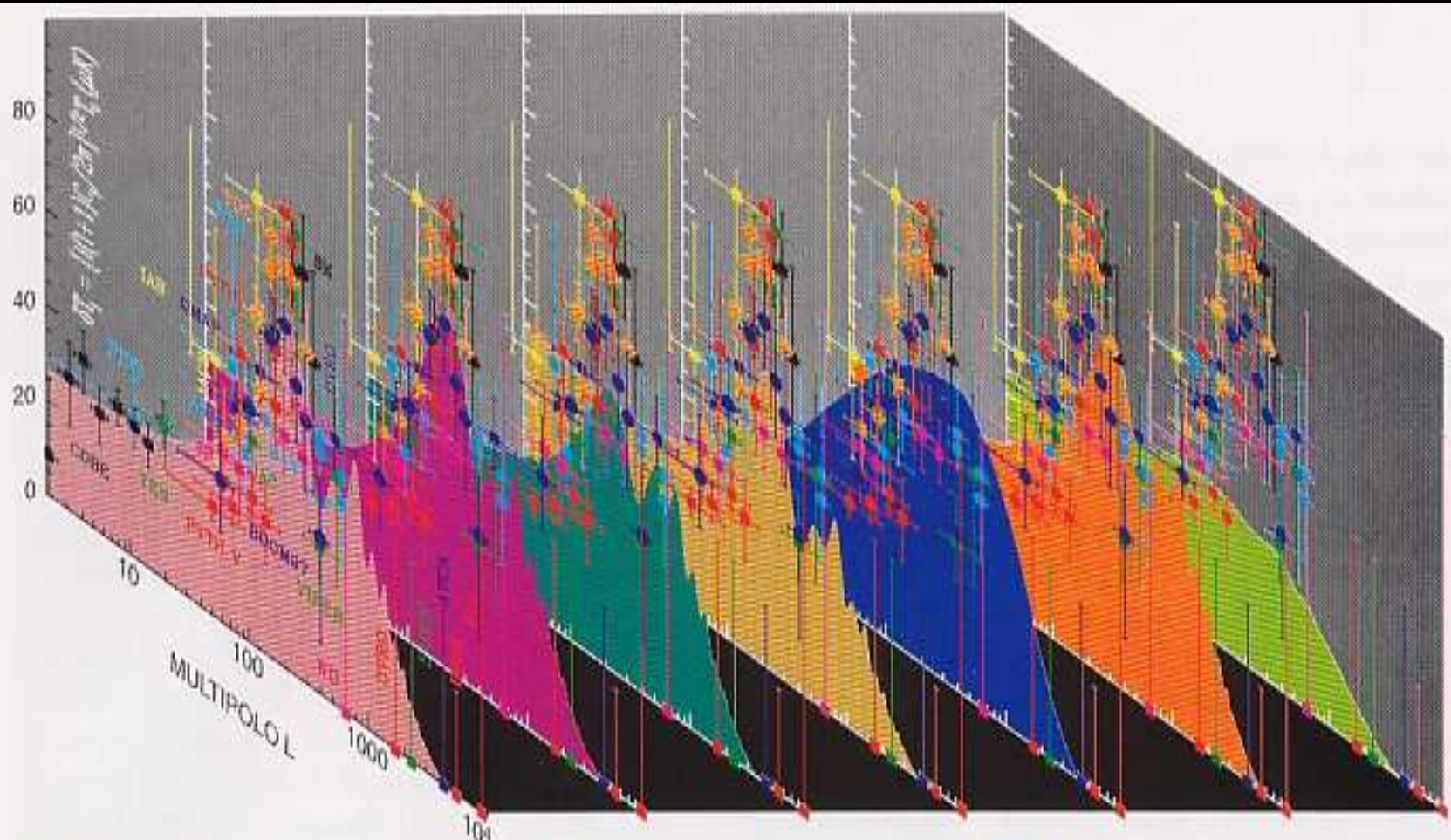
History of the Universe



PROBLEMAS ABIERTOS



¿materia oscura?



- | | | |
|---|---|--|
| <p>MODELO I (CHDM):
MATERIA OSCURA FRIA + CALIENTE
(0,7, 0,1, 0,2,0)</p> <p>MODELO II (ΛCHDM):
MATERIA OSCURA FRIA + CALIENTE + Λ
(0,2825, 0,05, 0,0175, 0,65)</p> <p>MODELO III (SCDM):
MATERIA OSCURA FRIA "SIMPLE"
(0,95, 0,05, 0, 0)</p> | <p>MODELO IV (TCDM):
MATERIA OSCURA FRIA INCLINADO
(0,9, 0,1, 0, 0)</p> <p>MODELO V (ΛSTRINGS):
CUERDAS COSMICAS + Λ
(0,25, 0,05, 0, 0,7)</p> | <p>MODELO VI (OCDM):
MATERIA OSCURA FRIA DE BAJA DENSIDAD
(0,45, 0,05, 0, 0)</p> <p>MODELO VII:
TEXTURAS GLOBALES
(0,95, 0,05, 0, 0)</p> |
|---|---|--|

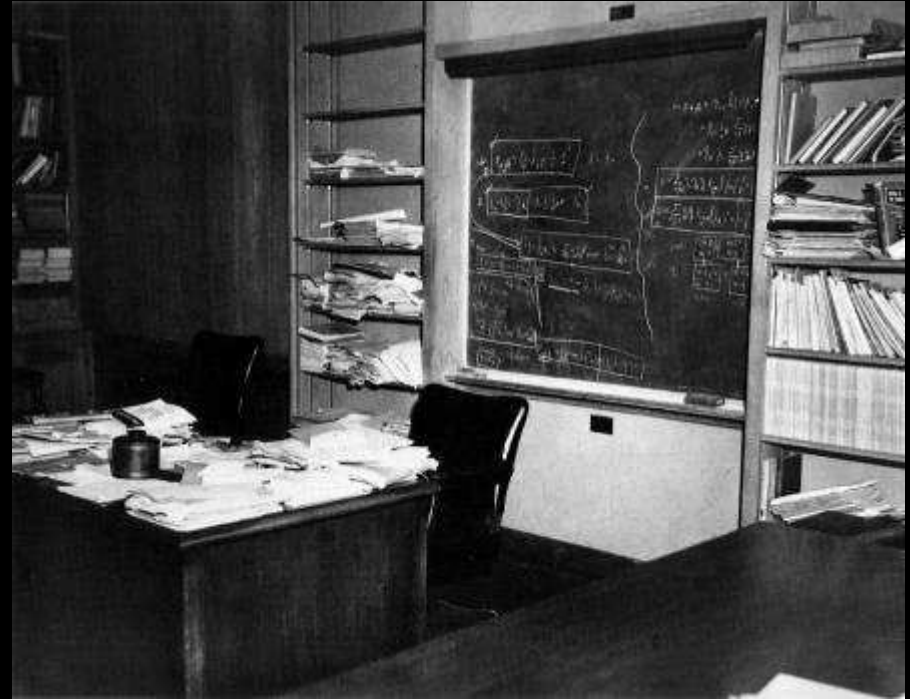
3. ESPECTRO ANGULAR de potencias de las anisotropías en la temperatura de la RFM para siete modelos cosmológicos representativos, junto con datos ex-

A manera de Conclusión:

Hoy parece existir consenso entre los Astrónomos y Cosmólogos en que:

- el Universo es plano, está expandiéndose aceleradamente
- es tan viejo como 12-15 mil millones de años
- contiene una muy baja densidad de materia ($\Omega_m \sim 0,28$)

y existe, además de la gravedad, una “repulsión cósmica” ($\Omega_\Lambda \neq 0$), como lo intuyó Einstein a través de la constante cosmológica.



Gracias
por su atención