

“LA TEORÍA DEL BIG BANG”

Charla presentada a la Asociación
Lareense de astronomía “ALDA”

Dr. Rafael S. Torrealba S

Univ. Centroccidental “Lisandro
Alvarado

¿Qué es la teoría del big bang?



Esto es :

- ▣ **Our whole universe was in a hot, dense state**
Then nearly fourteen billion years ago expansion
started, wait
The earth began to cool, the autotrophs began to
drool
Neanderthals developed tools
We built a wall (we built the pyramids)
Math, science, history, unraveling the mysteries
That all started with the big bang! Hey!



Un poco de Historia

- ▣ En 1915 Einstein publica las ecuaciones y la acción de la Relatividad General, dos años después introduce la constante cosmológica para obtener un Universo estacionario en lugar de uno en expansión. (The biggest bundler)
- ▣ Entre 1917 y 1922 de Sitter realiza un estudio de la geometría de los espacios solución con constante cosmológicas positivas y nulas.
- ▣ Entre 1922 y 1924 Friedmann estudia la solución más general isotrópica y homogénea a las E.E. Hoy conocidas como modelos LFRW (1935)
- ▣ En 1927 el sacerdote G. Lamaître obtiene resultado similar a FRW y propone en 1931 el Universo tiene un inicio en un punto.

ecuaciones del campo de Einstein $G_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$

La métrica FLRW empieza con la suposición de **homogeneidad** e **isotropía**. También asume que el componente espacial de la métrica puede ser dependiente del **tiempo**. La métrica general que cumple estas condiciones es:

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

$$\frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{k}{a^2} - \frac{\Lambda}{3} = \frac{8\pi G}{3} \rho$$

$$2\frac{\ddot{a}}{a} + \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{k}{a^2} - \Lambda = -8\pi G p$$

Donde:

$k \in \{-1, 0, 1\}$ es el signo de la curvatura espacial.

a es el factor de escala, a partir del cual puede calcularse el tamaño del **universo observable**.

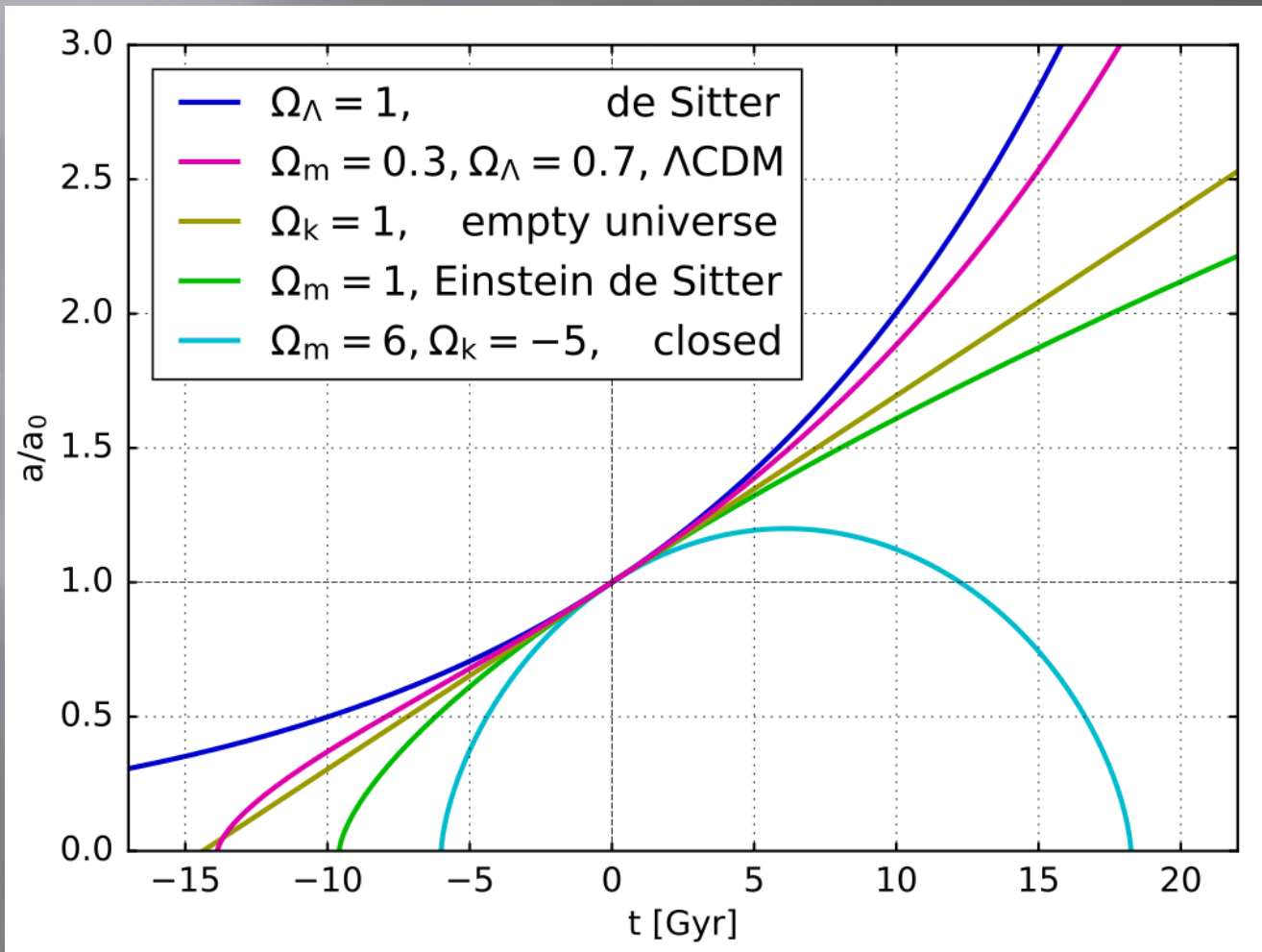
Λ es la **constante cosmológica**

G es la **constante de la gravitación universal**

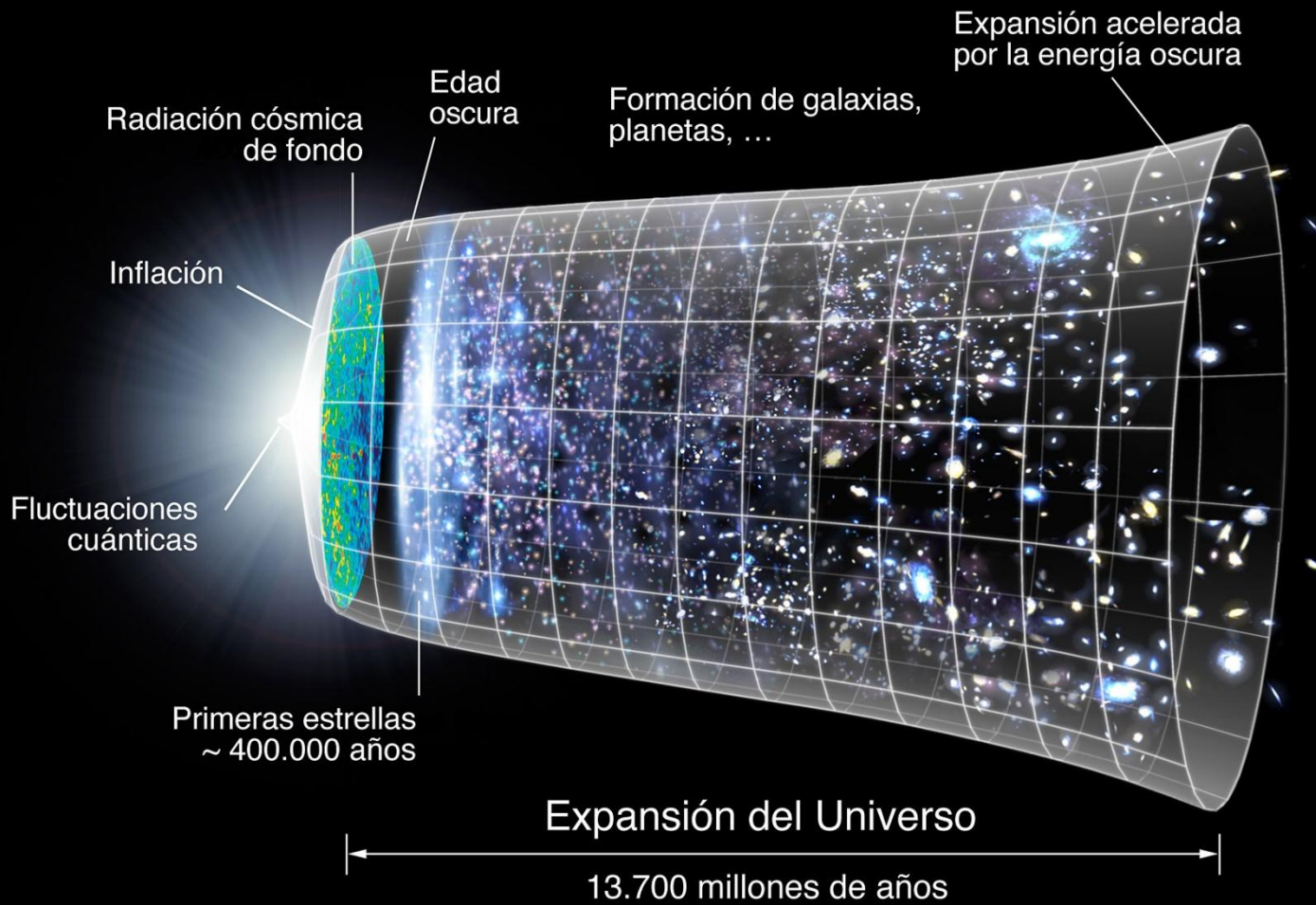
ρ, p son la densidad y la presión de la materia interestelar.

- ▣ Entre 1925 y 1929 usando las estrellas Cefeidas se determinan las distancias a las nebulosas comprobando que son otras galaxias.
- ▣ En 1929 Hubble descubre el corrimiento al rojo de los espectros, mostrando que las galaxias se alejan con velocidad proporcional a la distancia
- ▣ En 1931 después de ser criticado por Einstein, Hoyle y otros, Lemaître propone “la explosión de un átomo primigenio” como origen del Universo.
- ▣ Esto fue ridiculizado por Fred Hoyle como la teoría del “Big Bang” en la radio BBC en 1949, sin embargo pasó a la historia.
- ▣ En 1955 George Gamow emprende la tarea de calcular la relación H/He creada por el Big Bang usando las teorías de síntesis de elementos en núcleos estelares. También predijo corrimiento al rojo de un fondo cósmico de microondas a 14°K .

Distintas evoluciones del radio del Universo



- En 1964 Arno Penzias y Robert Wilson trabajando para Bell Lab descubren el fondo cósmico de microondas a 4°K
- En 1970 Tolman desarrolla la teoría del Universo oscilante, Hawking demuestra su inestabilidad para luego retomarlo en los 90 con la teoría de los Baby U.
- En 1981 Alan Guth y en 1982 Andrei Linde proponen la teoría del Universo inflacionario que explica muchos de los problemas del Big Bang.
- En 1992 El grupo del COBE anuncia el descubre la anisotropía del fondo cósmico de microondas.
- En 2003 el WMAP obtiene un mapa preciso de la anisotropía de acuerdo al modelo inflacionario.
- En 2013 El PLANCK obtiene los resultados más precisos que tenemos, aumentando la edad del universo a 13.800 años y midiendo las relaciones ΛCDM

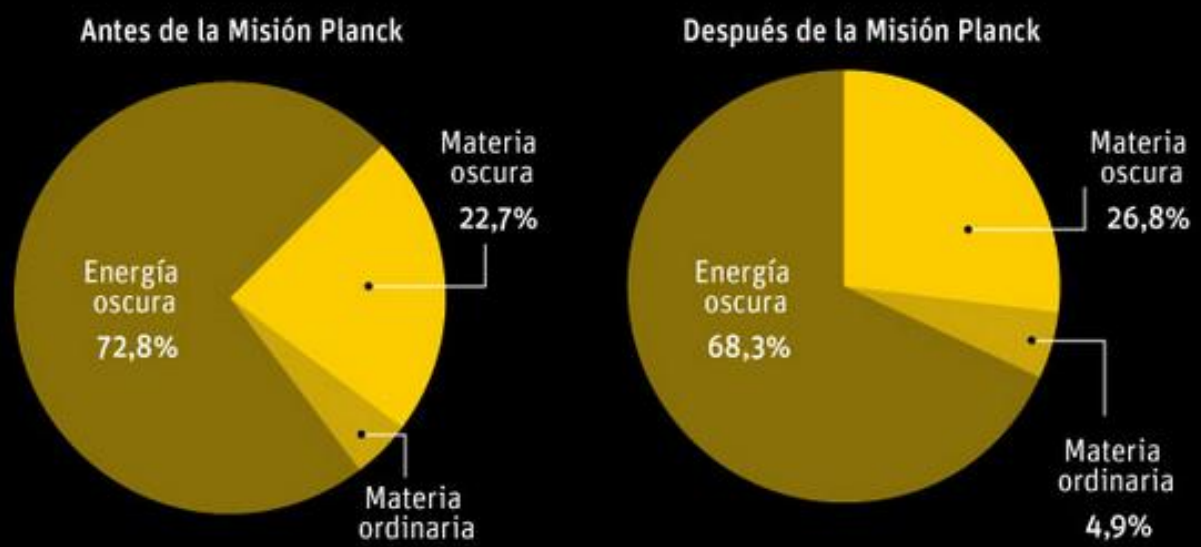


Modelo Λ CDM

- Λ indica la constante cosmológica como parte de un término de la energía oscura que permite conocer el valor actual de la expansión acelerada del Universo que se inició hace unos 6 mil millones de años. La constante cosmológica se describe en términos de Ω_{Λ} , la fracción de densidad de energía de un universo plano. En la actualidad, $\Omega_{\Lambda} = 0.70$, lo que implica que equivale al 70% de la densidad de energía del presente universo.
- La materia oscura fría (CDM) es el modelo de materia oscura en el que la velocidad de sus partículas es muy inferior a la velocidad de la luz, de ahí el adjetivo "fría". La materia oscura fría es no-bariónica, a diferencia de la materia bariónica normal con la que no interacciona excepto mediante la gravedad. Este componente constituye el 26% de la densidad de la energía del actual universo. El 4% restante es toda la materia y energía (materia bariónica), que componen los átomos y los fotones que son los bloques que construyen los planetas, las estrellas y las nubes de gas en el universo.
- El modelo supone un espectro de casi invariancia de escala de perturbaciones primordiales y un universo sin curvatura espacial. También asume que no tiene ninguna topología observable, de modo que el universo es mucho más grande que el horizonte observable de la partícula. Se dan predicciones de inflación cósmica.



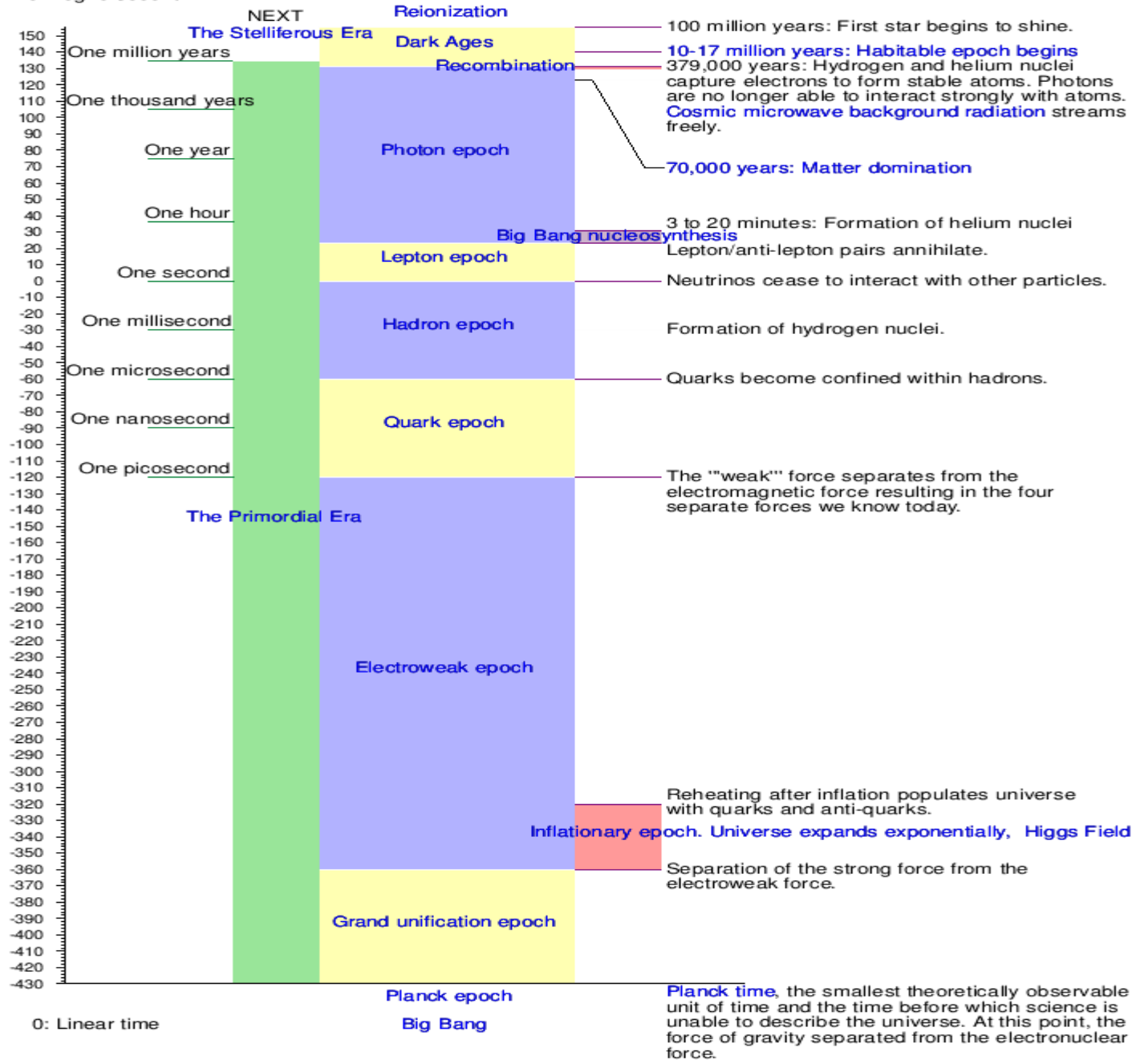
LO QUE HEMOS DESCUBIERTO



Cronología del Big Bang

- ▣ **T=0.** Nace el UNIVERSO: **Gran Explosión.** ¿Choque de branas?, ¿Teoría M-Teoría de Cuerdad?, ¿Gravedad Cuántica?
- ▣ **T < 10⁻⁴³ Seg:** **Era de Planck.** Desacople de Gravedad -GUT **10¹⁹ GeV**
- ▣ **T ~ 10⁻³⁶ Seg:** **Ruptura de SU(3) con EW.** **E > 10¹⁶ GeV**
- ▣ **T ~ 10⁻³⁵ Seg a 10⁻³² Seg** **Era Inflacionaria.** El universo aumenta 10²⁶ Veces su tamaño hasta alcanzar 100 cm. El Inflatón decae poblando el Universo de una sopa de quarks -antiquarks-gluones
- ▣ **T ~ 10⁻³⁵ Seg a 10⁻¹² Seg.** **Era Electro débil.** La interacción débil se separa del Electromagnetismo, pero los quarks están muy calientes para formar hadrones.
- ▣ **T ~ 10⁻¹² Seg a 10⁻⁶ Seg.** **Era de Quarks.** Final se forman Hadrones
- ▣ **T ~ 10⁻⁶ Seg a 1 Seg.** **Era Hadrónica.** Aniquilación Barionica, gana la materia por 1 en 100 millones. **E > 1 MeV**
- ▣ **T ~ 1 Seg.** **Cesa la interacción de los neutrinos con la materia** al bajar la densidad.

Logarithmic time:
 $10 \cdot \log_{10}$ second



0: Linear time

- **T~ 1 a 10 Seg. Era Leptónica.** Aniquilación leptónica, relación protones/neutrones 6 a 1. Temperatura 10 millardos °K. El Universo crece de 10 a 100 A.L.
- **T~ 10 a 1000 Seg. NUCLEOSINTESIS.** La aniquilación deja de ser dominante, empieza el proceso de fusión nuclear que da origen al Helio el Deuterio y el Litio. El universo tiene 300 AL y Temp 10^7 °K
- **T~ 20 min a 380.000 años. Era Fotónica.** Hay 2 millardos de fotones por nucleón en equilibrio de cuerpo negro. El universo se enfría hasta 4000°K
- **T~ 380.000 a 480.000 años. Recombinación.** La temperatura cae a 3500 grados. Los electrones y protones se combinan formando átomos de hidrógenos y la radiación se desacopla de la materia hasta que nace el Fondo Cósmico de Microondas. La superficie del último scattering tiene 42 millones de A.L. de radio.
- **T>150.000.000 años. Primeras Estrellas.** Empieza la edad estelar.

Evidencias del Big Bang

- ▣ Ley de Hubble, el tiempo de Hubble es muy cercano al momento inicial del Big Bang. La constante ha sido calculada por RX, Telescopios WMAP, PLANCK y más reciente Ondas Grav.
- ▣ Abundancia de elementos primordiales, es la única teoría que predice la relación de Hidrógeno, Helio, Deuterio, Litio en nubes de gas primordiales El ajuste no es perfecto sin embargo.
- ▣ Es la explicación más plausible al fondo cósmico de microondas de 2.725 °K.
- ▣ La planitud ($k = 0$ en FRW) observada por la homogeneidad a más de dos grados es consecuencia del “estiramiento” del espacio tiempo durante la Inflación.
- ▣ La anisotropia del MCB corresponde con para el crecimiento de fluctuaciones esperado para el modelo inflacionario.
- ▣ La homogeneidad de temperaturas de regiones causalmente desconexas es explicado por la “termalización” inflacionaria.
- ▣ Corresponde con la edad de las estrellas y cuasares más antiguos

Problemas no resueltos del Big Bang

- El problema de la entropía inicial del Universo increíblemente baja (10^{-120} Teoría de Cuerdas en Multiverso en combinación con el principio antrópico podría explicarlo).
- La densidad del Universo es curiosamente cercana a la densidad crítica. No se tiene una explicación satisfactoria para esto.
- Aunque el cálculo detallado de la abundancia de Deuterio parece indicar la necesidad de Materia oscura, no se sabe que es.
- La expansión actual del Universo no es continuación de la Inflación, y hasta el momento ignoramos que es la energía oscura.
- Los resultados de Planck confirman la existencia de una “mancha fría” de anisotropía en el fondo cósmico de microondas que no es predicha por el modelo.
- El valor de la constante cosmológica es extremadamente pequeño, sin embargo las teorías de campo en que se basa la inflación y GUT y cuerdas predicen un valor enorme.

Modelos Alternativos al Big Bang

- ▣ Modelo de velocidad de la luz variable Maguiejo en la Universidad de Londres, explica los problemas de planitud y horizonte
- ▣ Baby Universe de Smolin y Hawking, explica la pequeña constante cosmológica.
- ▣ Bouncing Universe, de Poplawsky el Universo es un agujero negro que no tiene singularidad, rebota en espuma cuántica de strings.
- ▣ Modelo eclíptico de branas, escenario RS con Hot Dark Matter y choques periódicos que elimina la singularidad y es semejante a inflación
- ▣ Cosmología de Gravedad Cuántica de Loops, de Ashtekar, Rovelli, Gambini.

Final del Universo

- ❑ El modelo de inflación-Big Bang es consistente con muerte térmica y de continuar la aceleración con un Big Rip, o gran desgarrón.
- ❑ Los modelos oscilantes rebotantes etc, que sumen una densidad mayor a la crítica se vuelven a contraer en lo que se llama el Big Crunch, contrario al proceso de gran explosión.
- ❑ Los modelos de multiverso, tienen más de un gogolplex de estados posibles, pueden tener choques con Universo actualmente ocultos tras el Horizonte del Big Bang.
- ❑ Los modelos de cuerdas pueden finalizar o iniciar de espuma cuántica que es una sopa de strings evitando la singularidad
- ❑ Los Modelos de Branas pueden concluir en colisiones de branas que crearían nuevos Universo incluso, nuevas dimensiones



BAZINGA!