

# MATERIA OSCURA Y BARIOGÉNESIS

Marisol Alvarez Alvarez; Jose Abraham Arredondo Quintanilla.

Delepine David Yves Ghislain, delepine@ugto.mx

Departamento de Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato 37150



División de Ciencias e Ingenierías  
Departamento de Física

La evolución del universo ha pasado por tres fases: el universo muy primigenio, el universo primigenio y la formación de estructuras.

El proceso físico de bariogénesis tuvo lugar durante el universo primitivo para producir asimetría bariónica, es decir, el desequilibrio de materia (bariones) y antimateria (antibariones) en el universo observado. No se conoce con certeza pero se calcula fue entre  $10^{-32}$  y  $10^{-12}$  seg después del Big Bang.

El universo comenzó en un estado inicial muy denso y muy caliente, desde entonces se está expandiendo y enfriando.

El universo está en continua evolución, cada objeto cambia al igual que nuestras ideas respecto de ellos.

El universo es todo... espacio, materia, energía, tiempo.

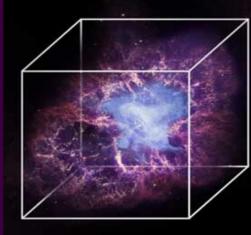
## Éxitos del Modelo del Big Bang (predicciones-verificación)

- Expansión: descubierta en 1936 por E. Hubble.
- Radiación de fondo cósmico: descubierta en 1965 por A. Penzias y R. Wilson.
- Abundancia de elementos ligeros: demostrada a mediados del siglo XX
- Estructura a gran escala: descubierta a fines del siglo XX

## Materia oscura

Actualmente uno de los grandes problemas de la cosmología y astrofísica es saber que es la energía oscura. Se desconoce de qué tipo de materia está constituida.

Materia que no emite ni reflejan luz y no puede ser observada mediante la radiación electromagnética.



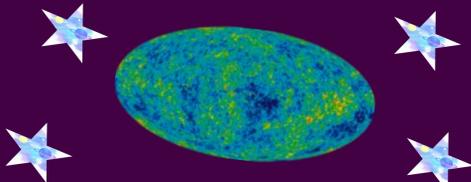
### Condiciones:

Deben interactuar muy débilmente con la radiación electromagnética y deben ser estables en escalas de tiempo cosmológicas.

## Bariogénesis: ¿Por qué no hay antimateria?

El universo está compuesto de materia. Sin embargo, todas las interacciones entre partículas que son medidas en el laboratorio son simétricas entre materia y antimateria.

El número de bariones del universo, que se obtiene de la BBN, es mucho menor que el número de fotones de la CMB,  $n_B / n_\gamma = (6.1 \pm 0.3) \times 10^{-10}$ . Los bariones son un pequeño exceso tras la aniquilación con los antibariones.



### Condiciones de Sakharov:

- Violación de número bariónico;
- Violación de simetría C y simetría CP;
- Interacciones fuera del equilibrio térmico.

Estas condiciones se verifican en el Modelo Estándar pero la violación de CP no es suficiente.

La bariogénesis exige nueva física.

## Darkogénesis

Modelos que generan la asimetría bariónica a través del sector de materia oscura, relacionando simultáneamente la asimetría bariónica con la densidad de materia oscura.



### Modelos

Modelo a baja escala basado en mediación perturbativa a través del operador de violación de bariones.

Modelo de mayor escala que utiliza esfalerones electrodébiles para transferir la asimetría.

### El primer 'bang',

La ciencia no tiene certezas sobre el instante cero. Una bomba de gas concentrado, denso y caliente que hizo pum.

### Época de la gran unificación,

Como el universo se expande y se enfría desde la época de Planck, la gravedad se empieza a separar de las interacciones de gauge: el electromagnetismo y las

### La época Electro débil,

Se cree que todas las partículas fundamentales adquieren masa vía el mecanismo de Higgs en el que los bosones de Higgs adquieren un valor esperado en el vacío. En este momento, los neutrinos se desparejaron y empezaron a viajar libremente a través del espacio.

### Nucleosíntesis,

Los protones (iones de hidrógeno) y neutrones se empiezan a combinar en núcleos atómicos.

### Recombinación,

Los átomos de hidrógeno y helio se empiezan a formar y la densidad del universo disminuye.

### Formación de galaxias, cúmulos y supercúmulos,

Los grandes volúmenes de materia colapsan para formar una galaxia. La

### La expansión del universo parece que se está acelerando.

0 seg

$10^{-43}$  seg

$10^{-36}$  seg

$10^{-33}$  seg

$10^{-12}$  seg

$10^{-6}$  seg

1 s - 3 minutos

70 000 años

300 000 años

250 millones de años

670 millones de años

8000 millones

Hoy, 13 700 millones de años después

### La época de Planck,

El universo se expande y se enfría, el átomo primigenio concentró toda la materia del universo en una amalgama de energía en la cual las 4 fuerzas fundamentales del universo estaban unidas en una super fuerza.

### Época de la Inflación Cósmica,

Durante la inflación, el universo entra en una fase de expansión rápida homogénea e isotrópica, parte de la energía de los fotones se convierten en quarks virtuales e hiperiones.

### La época del Hadrón,

El plasma quark-gluon del que está compuesto el universo en ese momento se enfría hasta formar hadrones, incluyendo bariones como los protones y los neutrones.

### Dominación de la materia,

En este momento, las densidades de materia no-relativista (núcleos atómicos) y radiación relativista (fotones) son iguales.

### Formación de las estrellas,

Las primeras estrellas se formaron y empezaron el proceso de unir (hidrógeno, helio y litio) en elementos más pesados.

### Formación del sistema solar,

Finalmente, se forman los objetos de la escala de

La parte INVISIBLE del universo, 95% de materia oscura y energía oscura, se detecta debido a su acción sobre los objetos VISIBLES.

Para que pueda ocurrir una asimetría materia/antimateria a través del sector oscuro del Universo deben de cumplir las condiciones de Sakharov, para poder ser visible en el Universo y poder resolver el misterio de la asimetría bariónica. Las investigaciones en un futuro nos podrán dar respuestas claras sobre los misterios de hoy en día.

La teoría del Big Bang actual, está confirmada por una enorme cantidad de observaciones. Se basa en: La Teoría de la Relatividad General, El Principio Cosmológico, Física de partículas en el universo temprano.

Exige nueva física. El 95% del contenido del universo son entes exóticos y desconocidos. Energía oscura (68%), Materia oscura (27%), Inflación, bariogénesis y origen del universo.

## Destino final del universo (escenarios posibles)

- Big Crunch (reversión de la expansión)
- Plano, Muerte térmica (detención de la expansión)
- Infinito, plano, en expansión permanente (este es el escenario aceptado hoy)
- Big Rip (Gran desgarramiento)

El futuro del universo depende de lo que contenga, de la masa crítica y de la existencia de la energía oscura.

## REFERENCIAS

- [1] Liddle, R. A. (2008). The Oxford companion to cosmology(1st edition), Londres: Oxford University Press
- [2] Peebles, P. J. E. (1993). Principles of Physical Cosmology(1st edition), Estados Unidos: Princeton University Press's Notable Centenary Titles
- [3] Bertone, G. (2010). Particle Dark Matter(1st edition), Londres: Cambridge University Press
- [4] Amendola, L. (2010) Dark Energy Theory and Observations(1st edition) Estados Unidos: Cambridge University Press

## Forma y Destino del universo

