

CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO

1º BACHILLERATO

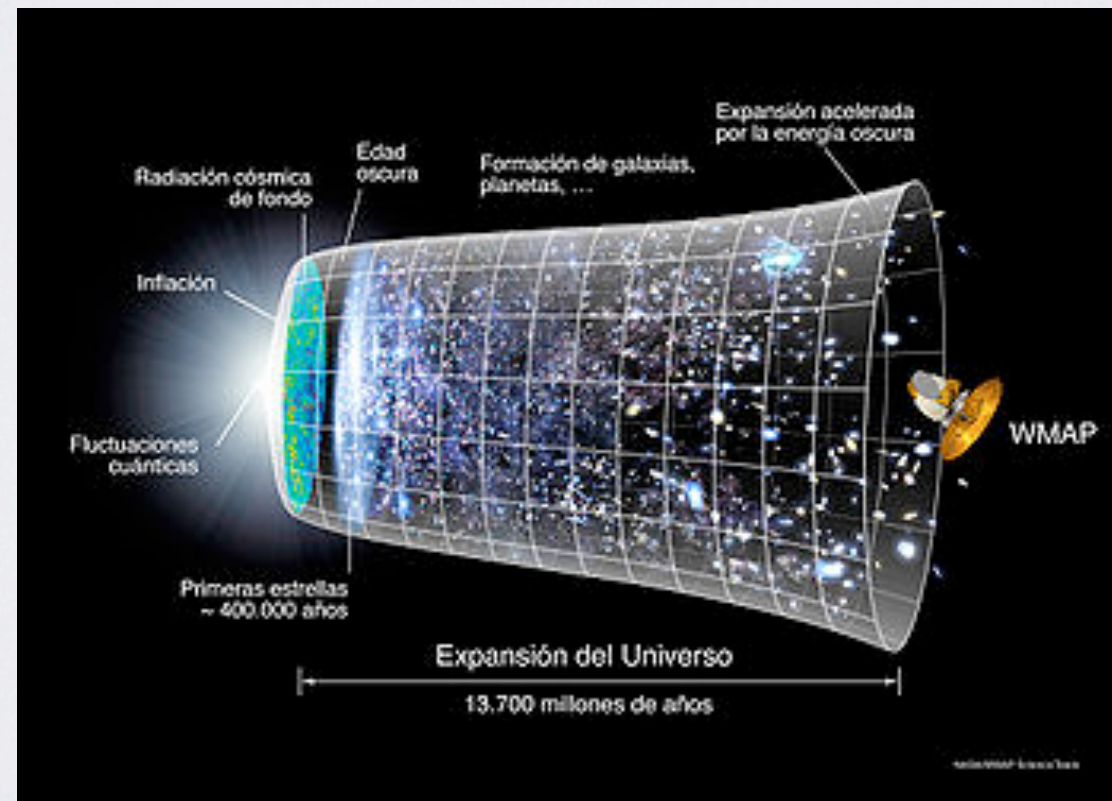
FINALIDADES DE LA ASIGNATURA

- DESARROLLAR LAS CAPACIDADES RELACIONADAS CON EL USO DE LAS ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.
- ACERCAR LA CIENCIA AL ALUMNADO MOSTRANDO QUE EXISTE UN NIVEL DE APROXIMACIÓN Y COMPRENSIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS CIENTÍFICOS DE INTERÉS SOCIAL QUE ESTÁ AL ALCANCE DE UN CIUDADANO O CIUDADANA NO ESPECIALISTA.
- PROPORCIONAR AL ALUMNADO UNA CULTURA CIENTÍFICA QUE LE AYUDE A INTEGRARSE EN UNA SOCIEDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICAMENTE AVANZADA.

TEMA 1:

EL ORIGEN DEL UNIVERSO.

EL SISTEMA SOLAR.



1.1.La cultura griega: el nacimiento de pensamiento científico.

- **Aristóteles** (384-322 a. C.): modelo geocéntrico. Sol, Luna y planetas giran alrededor de la Tierra.
- **Aristarco de Samos** (310 - 230 a. C.): primero en proponer el modelo heliocéntrico. Los astros giran alrededor del Sol.
- **Eratóstenes** (276 - 194 a. C.): Establece la esfericidad de la Tierra y mide sus dimensiones.
- **Hiparco de Nicea** (190 - 120 a. C.): elaboró el primer catálogo estelar (850 estrellas aprox.)
- **Ptolomeo** (100 - 170 d. C.): modificó y mejoró el modelo geocéntrico vigente, heredado de Platón y Aristóteles. Este modelo perduró hasta el final de la edad media en que aparece el modelo copernicano.
- **Copérnico** (1473 - 1543): concibe un modelo heliocéntrico del Universo, con el Sol en el centro y los planetas y estrellas girando alrededor de él, y sólo la Luna girando alrededor de la Tierra. Fue un modelo no aceptado inmediatamente. Fue apoyado por Tycho Brahe y las leyes de Kepler.

1.1.La cultura griega: el nacimiento de pensamiento científico.

- **Tycho Brahe** (1546 - 1601): realiza gran cantidad de cálculos y descubre que la órbita de la Tierra no es circular, sino elíptica. Su obra también fue prohibida por la Iglesia.
- **Galileo** (1564 - 1630):
 - Construye el primer telescopio.
 - Defensa de Teoría Heliocéntrica basada en observaciones experimentales.
 - Entró en conflicto con la Iglesia Católica.
 - Las técnicas de observación aceleran el desarrollo de la Astronomía.
- Tras Copérnico y Galileo, **Isaac Newton** establece la Ley de Gravitación Universal.
- **Edmund Halley** descubre el cometa que lleva su nombre, hace un estudio de estos astros y descubre el movimiento propio de las estrellas.
- Telescopio de Monte Wilson (1917), se descubre que muchas nebulosas observadas hasta entonces eran conjuntos de estrellas agrupadas en galaxias exteriores a nuestra galaxia.
- **Edwin Hubble** observó que las galaxias se alejan unas de otras, lo que lleva a la hipótesis de que el Universo se encuentra en fase de expansión.

2. La cosmología moderna

Principales definiciones

- **COSMOLOGÍA:** es una parte de la astronomía que estudia la estructura, el origen y el desarrollo de la totalidad del Universo, el cosmos.
- **ASTRONOMÍA:** es la ciencia que estudia los astros componentes del Universo a partir de la información que nos llega de ellos: luz visible, infrarrojos, rayos X, etc.
- **ASTROFÍSICA:** es una parte de la Astronomía que aplica las leyes de la física para estudiar la naturaleza de los astros y su comportamiento.

2. La cosmología moderna

Principales definiciones

- **PSUDOCIENCIA:** intenta explicar las influencias malignas o benignas de los astros sobre los humanos. Astrología y horóscopos.

Modelos del Universo

- Modelo estático e infinito.
- Modelo dinámico y finito: el Big Bang.
- Modelo dinámico e infinito: el estado estacionario.

2. La cosmología moderna

Modelos del Universo

- **Estático e infinito** : aceptado a principios del siglo XX. Universo sin comienzo ni fin. En 1917, Einstein expone la Teoría de la Relatividad general, que proporciona la descripción matemática más completa del Universo hasta entonces. Sus ecuaciones predice un Universo en expansión. Introdujo la constante cosmológica para obligar a su modelo a permanecer estático.

2. La cosmología moderna

Modelos del Universo

- **Dinámico y finito:** modelo con el que la mayoría de los cosmólogos están de acuerdo. Hacer referencia a un Universo que se creó en una explosión a partir de un punto inmaterial infinitamente denso y caliente, hace 13700 millones de años.

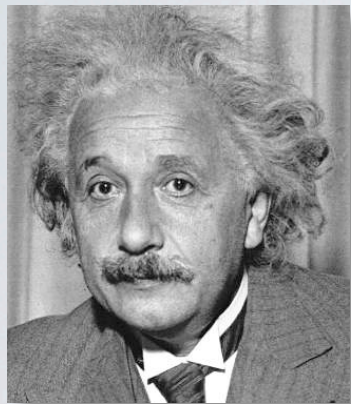
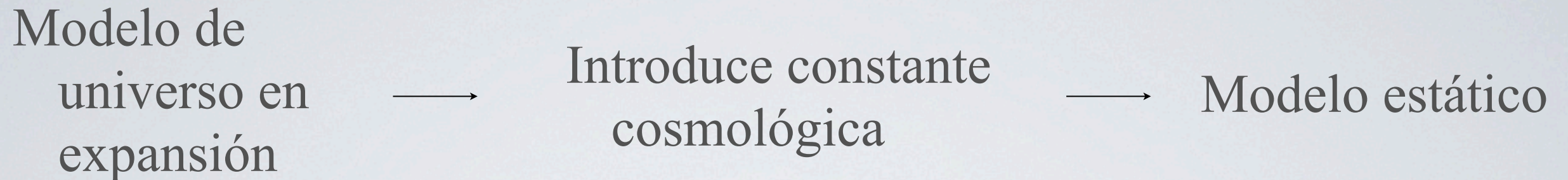
Hubble demostró experimentalmente que unas galaxias se alejan unas de otras y que el Universo está en expansión. Si se expande quiere decir que hubo un momento inicial en que “todo” estaba muy próximo, y que, por tanto, el Universo tuvo un origen.

2. La cosmología moderna

Modelos del Universo

- **Dinámico e infinito: el estado estacionario:** concibe un Universo infinito, que no tiene un principio definido, en el que se genera materia de manera continua mediante mecanismos desconocidos. Propuesto en 1948, admite la expansión del Universo.
- *Hoyle fue quien bautizó despectivamente al modelo anterior con el nombre de Big Bang y defendió este otro modelo alternativo, no sin controversia por parte de la mayoría de los cosmólogos.*

2. La cosmología moderna



Teoría de la Relatividad General
1915

Albert Einstein

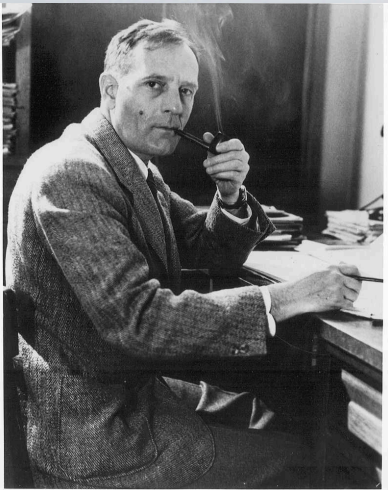


Modelo del universo dinámico y finito.
1927

Georges Lemaître

- Modelo de átomo primigenio o primitivo.
- Precursor del modelo del Big Bang

2. La cosmología moderna



- Demuestra experimentalmente la expansión del universo.
- Ley de Hubble: cuanto más lejana está la galaxia a mayor velocidad se aleja.

1929

Edwin Hubble

¿Cómo mide Hubble la velocidad de alejamiento de las galaxias?



Desplazamiento hacia el rojo de las líneas del espectro. Efecto Doppler.

2. La cosmología moderna



- Modelo cosmológico del Big Bang (versión actualizada del modelo de Lemaître).

1948

George Gamow

Modelo que predice la radiación de fondo de microondas.



Se identifica en 1965 por Arno Penzias y Robert Wilson. Ambos premio Nobel en 1978.



Este descubrimiento acabará con el modelo de Hoyle.

2. La cosmología moderna



1948

Fred Hoyle

- Teoría del estado estable o estado estacionario.

Modelo alternativo al Big Bang.

Propone que el universo ha existido siempre y no tiene fin.
UNIVERSO ESTÁTICO.

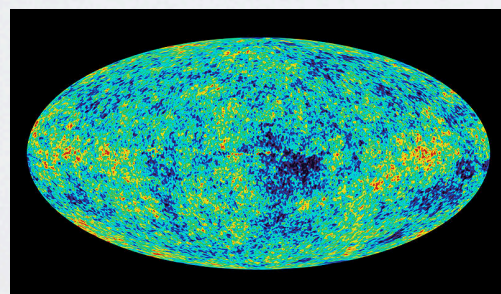
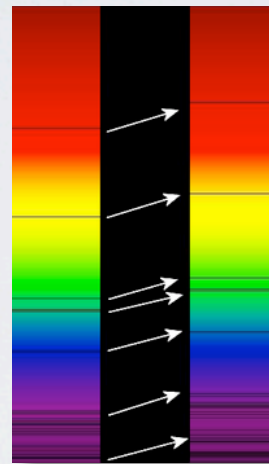
- Se formuló sobre una teoría del origen de los elementos.
- Hoyle propone que la nucleosíntesis ocurre en el núcleo de las estrellas calientes.
- El hidrógeno y el helio y existía, siempre había existido.
- La densidad media no cambia. Esto va en contra de la dilución que ocurre cuando el universo se expande. ¿Solución? En algún lugar del universo se está formando materia constantemente. Esta idea no convence a los físicos.

2. La cosmología moderna

- ¿Qué modelo es correcto?

George Gamow

Modelo cosmológico del Big Bang



Fred Hoyle.

Modelo de estado estacionario



3. La expansión del Universo

- El universo se expande.
- Hay métodos para calcular este hecho.

Ley de Hubble

Establece que la velocidad de alejamiento de una galaxia es directamente proporcional a su distancia.

$$V = H_0 D$$

V es la velocidad de alejamiento de una galaxia (km/s)

D es la distancia entre la galaxia y la Tierra (Mpc, en megaparsec)

H₀ es la constante de proporcionalidad de Hubble (70 km/s/Mpc)

¿Cómo sabemos que las galaxias se están alejando?

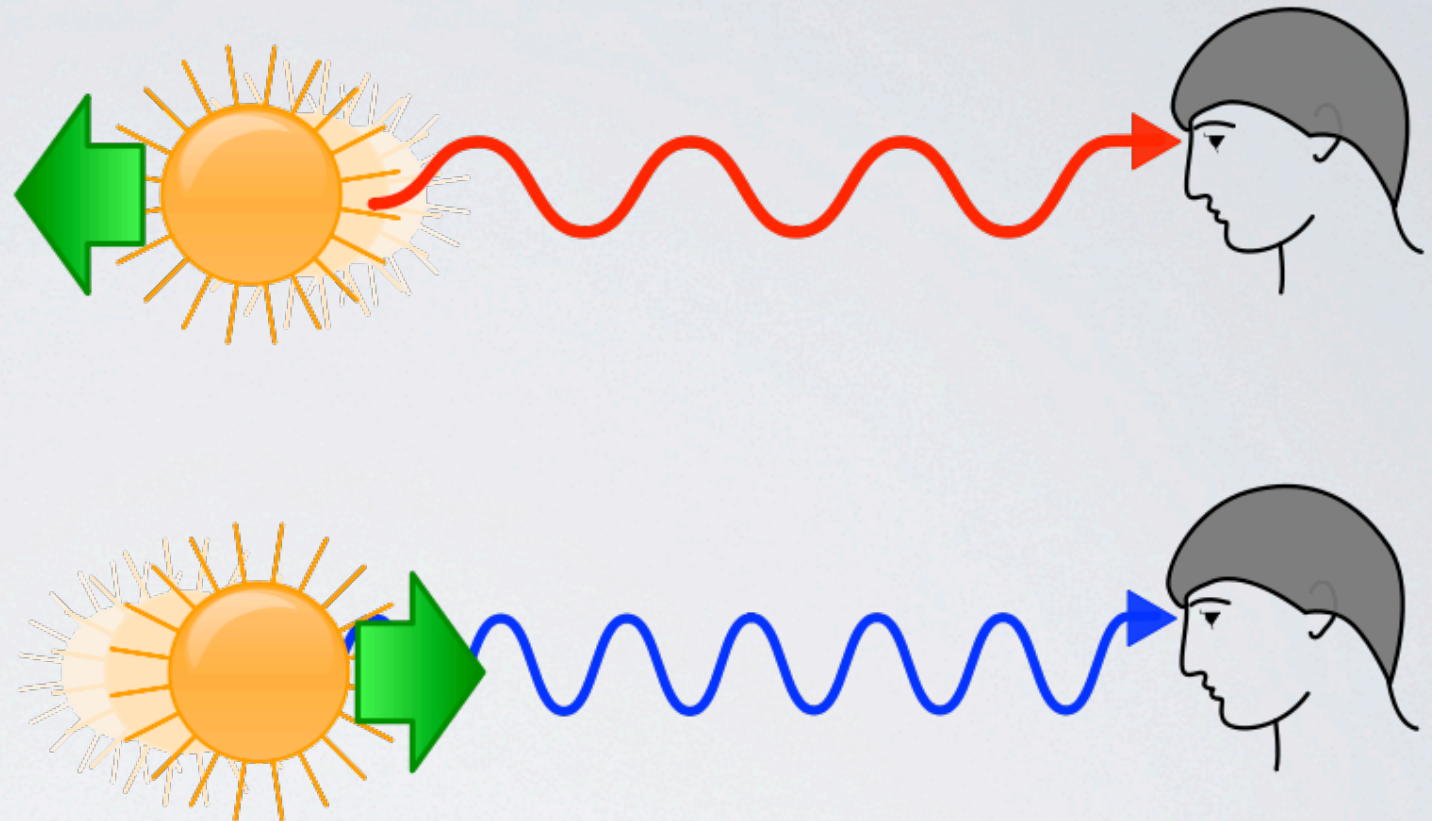
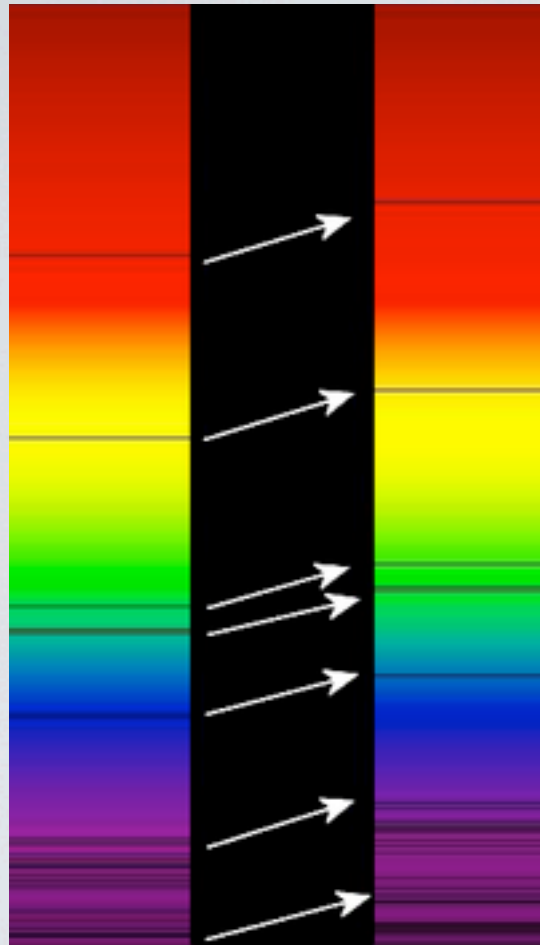
Cuando un cuerpo emite ondas sonoras y está en movimiento, estas sufren una distorsión. Si el emisor se acerca, la onda se comprime (longitud de onda más corta), y si se aleja la onda se estira (longitud de onda más larga). A este fenómeno se le llama efecto Doppler. Este fenómeno ocurre tanto en el sonido como en una onda electromagnética.

La luz es una onda electromagnética. Las estrellas de las galaxias emiten luz, y nosotros en la Tierra podemos captarla para estudiarla. Para ello necesitamos un espectroscopio, que es un aparato que nos permite estudiar la luz de una región del espectro electromagnético, por ejemplo en la zona del visible.

¿Qué podemos estudiar en esa zona del espectro? La luz que nos llega contiene todos los colores de la luz blanca pero faltan las líneas espectrales correspondientes a la absorción de los elementos químicos presentes en el gas interestelar de la galaxia. Hubble midió la posición de las bandas espectrales de distintas galaxias a distintas distancias de la Tierra, y los comparó con los espectros obtenidos en un laboratorio con los mismos elementos químicos. ¿Qué descubrió en la comparación? Observó que las líneas de absorción experimentaban desplazamientos hacia longitudes de onda mayores (hacia el rojo), y el efecto era más acusado cuanto más alejadas estaban las galaxias.

Este fenómeno se llama desplazamiento hacia el rojo de las líneas del espectro, y son debidas al efecto Doppler. Esto demuestra que las galaxias están alejándose de la Tierra.

Desplazamiento hacia el rojo (efecto Doppler)

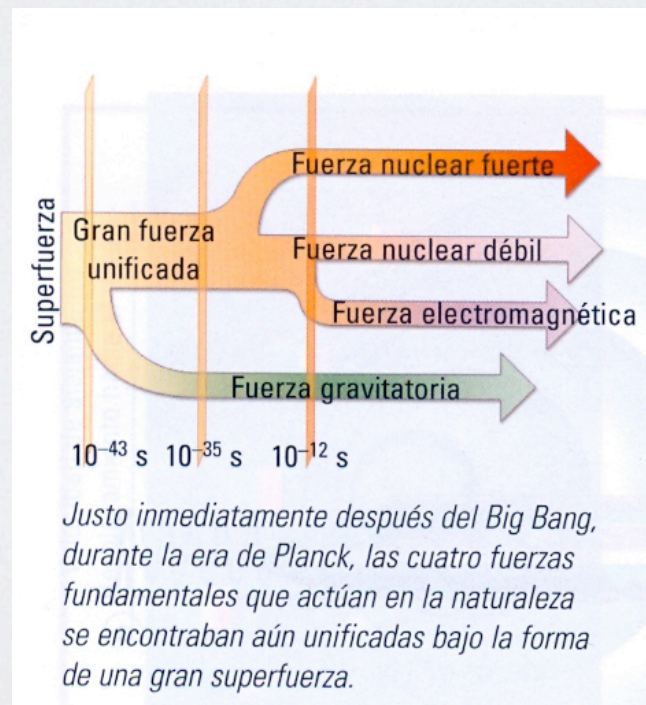


El Big Bang: la gran explosión

- Si el universo se expande, si retrocedemos en el tiempo hubo un momento en el que toda la energía y materia que existe hoy día en el universo estuvo en un mismo punto en el mismo instante. Se dice que ese punto es una singularidad del espacio-tiempo.
- ¿Qué características posee esa singularidad? debió ser un punto inmaterial infinitamente denso y caliente, de radio nulo. Las leyes de la Física actual no pueden definirlo.
- El ritmo de expansión del universo cifra en 13.700 millones de años el inicio del universo.
- La evolución del universo es estudia en distintas etapas, algunas muy cortas en el tiempo y otras muy amplias.
 - Era de Planck.
 - Era de la gran unificación.
 - Era de la inflación.
 - Era electrodébil o de los quarks.
 - Era hadrónica.
 - Era leptónica.
 - Era de la nucleosíntesis.
 - Era de los átomos y de la radiación.
 - Era de las galaxias.

Era de Planck

- Tiempo comprendido entre $t=0$ y $t=10^{-43}$ s.
- El universo tendría un tamaño del orden de 100 trillones más pequeño que un átomo.
- La temperatura sería del orden de 10^{32} grados.
- Las cuatro fuerzas fundamentales estaban unificadas.
- No existían partículas elementales.
- La mecánica cuántica establece que no tiene sentido hablar de un tiempo más corto que un tiempo de Planck, ni de una longitud de Planck (distancia que recorre un fotón viajando a la velocidad de la luz en un tiempo de Planck = $1,61 \cdot 10^{-35}$ m).
- El tiempo de Planck es el intervalo de tiempo más pequeño que puede ser medido.
- Para describir físicamente esta era se necesita una teoría cuántica de la gravedad , y esta aún no se ha desarrollado.



Era de la gran unificación

- Tiempo comprendido entre $t=10^{-43}$ s y $t=10^{-35}$ s.
- La fuerza de la gravedad se separa y permanecen unidas las otras tres fuerzas: fuerza electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil.
- La Física a esta escala se puede describir por la teoría de la gran unificación.

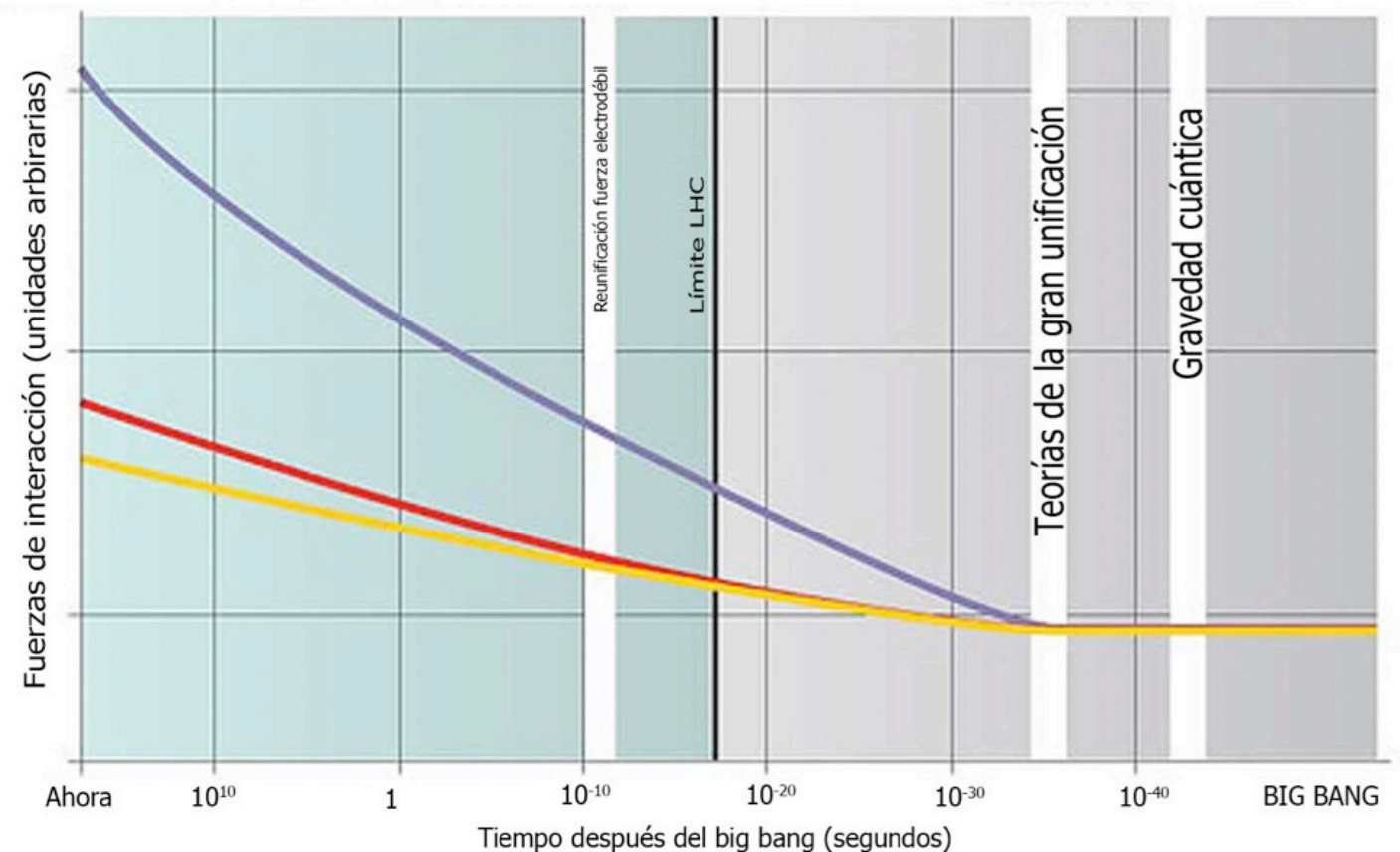
Tres fuerzas a partir de una.

Las fuerzas que conocemos hoy tienen diferentes potencias. Pero si se pudiera dar marcha atrás en el tiempo hasta el Bigbang o simular las condiciones dentro de un acelerador de partículas se podría ver como todas parten con una potencia similar y se transforman en una superfuerza.

● Fuerza fuerte
Mantiene el núcleo atómico junto
Bosón: 8 Gluones
Rango: 10^{-25} m

● Fuerza electromagnética
Mantiene a los átomos juntos
causa el magnetismo
Bosón: Fotón
Rango infinito

● Fuerza débil
Causa radioactividad
Decaimiento Beta
Bosones: W^+ , W^- , Z^0
Rango: 10^{-23} m



Era de la inflación

- Tiempo comprendido entre $t=10^{-35}$ s y $t=10^{-32}$ s.
- Cambio brusco de tamaño del universo (expansión ultrarrápida del universo) y enfriamiento.
- Se separa la fuerza nuclear fuerte, y permanecen unidas la nuclear débil y la electromagnética.
- La teoría de la inflación fue propuesta por Allan Guth en 1981.
- En esa expansión hubo unas regiones que crecieron algo más rápidamente que otras: estas irregularidades provocaron pequeñas diferencias de temperatura y densidad de unas zonas a otras. Esto fue el germen de las galaxias y de las estructuras del universo.
- La sonda WMAP se lanza por la NASA en 2001 para medir la radiación cósmica de fondo de microondas. Esta radiación es el “eco” que llena todo el universo es anisotrópica.

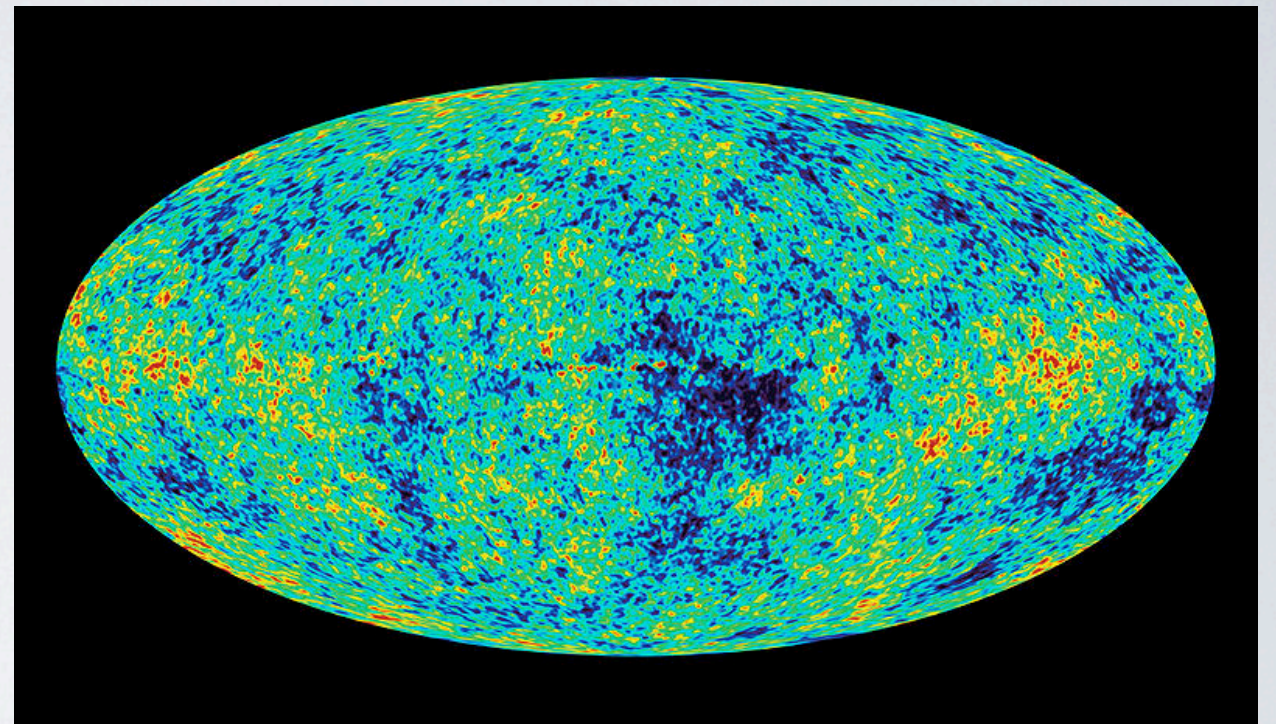
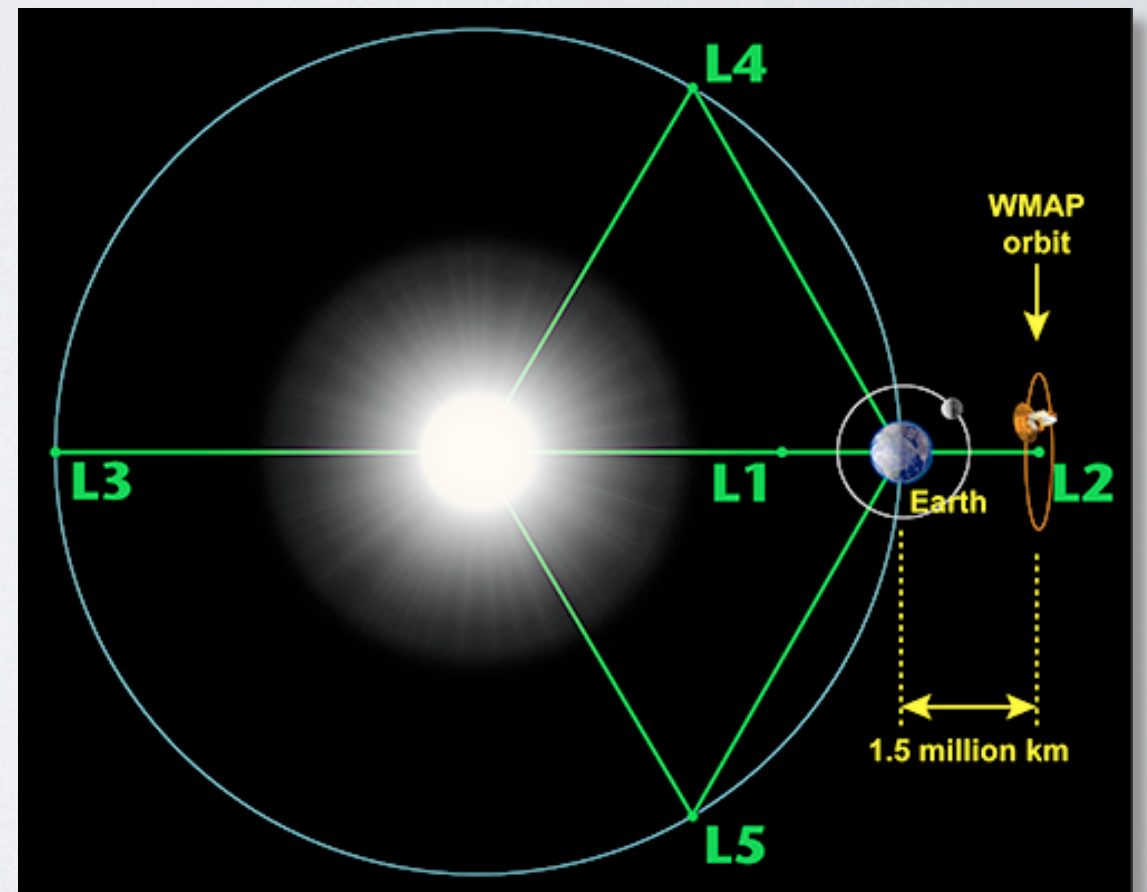
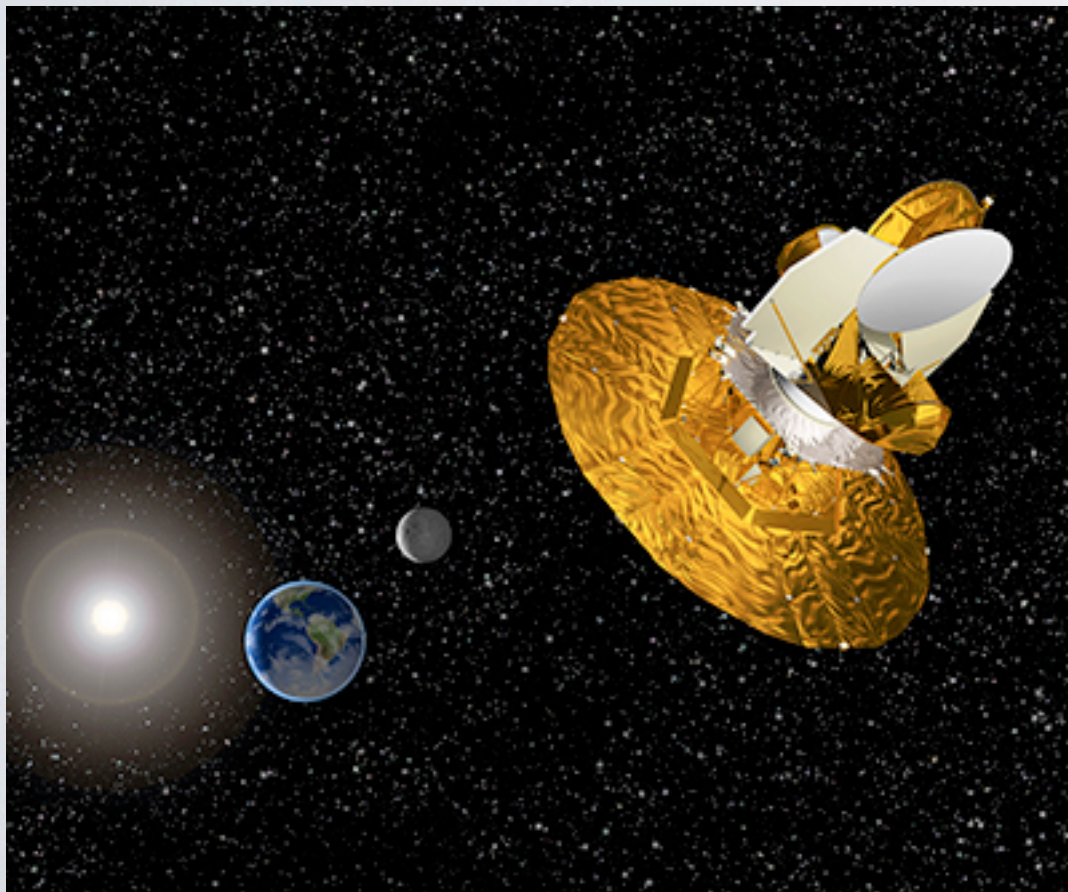


Imagen del WMAP de la anisotropía de la temperatura de la radiación de fondo de microondas.

Era de la inflación

- ¿Qué otras conclusiones sacó la sonda WMAP?
 - El universo está en un estado de expansión acelerada.
 - En el universo existe un tipo de energía que produce una fuerza repulsiva, ahora llamada energía oscura. Su naturaleza es desconocida, y representa el 74% de la materia-energía total del universo.
 - Esta energía oscura actúa como fuerza repulsiva en contra de la gravedad.



Era electrodébil

- Era en la que la energía se convierte en materia.
- Una enorme cantidad de energía se libera como consecuencia de la separación de las fuerzas fundamentales (radiación fotónica).
- Comienza en este período una parcial conversión de energía en materia. Como consecuencia aparecen una variedad de partículas.
- Hoy sabemos que es posible la conversión de energía y materia (ecuación de Einstein, $E = mc^2$).
- Esto sucede cuando ha transcurrido sólo 10^{-34} s desde el instante inicial hasta 10^{-12} s
- En ese instante la temperatura ha descendido hasta 10^{27} K.
- Los fotones se materializan en partículas, pares de partículas de materia y de antimateria.
 - Se forman los quarks y los antiquarks.
 - Las colisiones de estas partículas volvían a convertirlas en fotones (energía). Equilibrio radiación y materia.
 - Existe una producción neta de partículas frente a antipartículas pues existe una asimetría en el proceso de aniquilación. Este proceso se llama Bariogénesis.
 - Esto explica el predominio en el Universo actual de la materia a la antimateria.
 - Por cada mil millones de quarks que se aniquilan con el mismo número de antiquarks queda uno que no se aniquila.

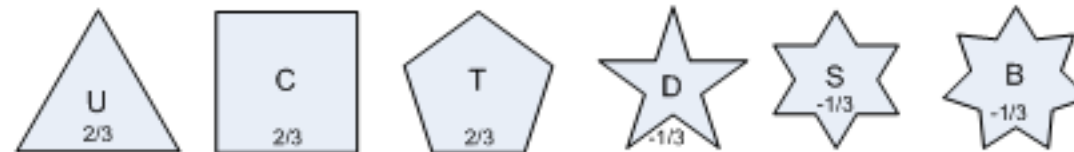
Era hadrónica

- Período comprendido entre 10^{-12} s y 10^{-3} s.
- La fuerza nuclear fuerte, ya separada previamente, actúa sobre los quarks y comienzan a aparecer grupos estables de partículas, los hadrones y los mesones. Esto es posible debido a que ocurrió un descenso de temperatura.

Los nombres de las partículas formadas por quarks

Hadrones - partículas con carga entera

Es cualquier partícula compuesta por quarks, es decir, todas las partículas excepto los leptones y los portadores de fuerza

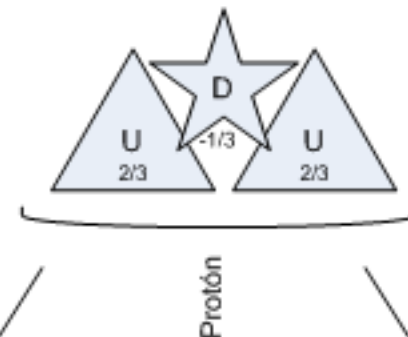


Ejemplo, uud es un protón. Es decir, up,up,down= $2/3+2/3-1/3=+1$ de carga

La masa del protón no es solo la dada por los quarks. Es más la mayor parte de la masa de un hadrón no viene de la congelada energía (masa) de los quarks sino de la **energía cinética y potencial** del protón. Así se puede expresar que:

$$U + U + D = \text{protón}$$

$$0.003 + 0.003 + 0.006 \neq 0.938 = \text{protón}$$

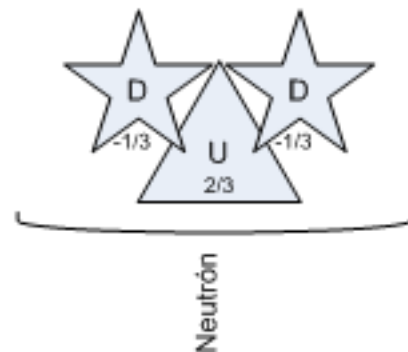


Protón

Bariones

Los Bariones son Hadrones compuestos por tres quarks para conseguir la carga entera

Ejemplo, udd es un neutrón. Es decir, up, up, down = $+2/3+1/3-1/3=0$ de carga, el protón también es un Hadrón bariónico



Hay dos formas de conseguir la carga entera, sumando tres quarks o usando la antimateria en duos

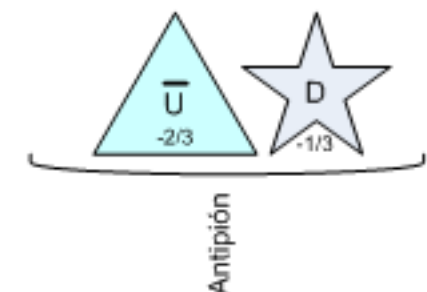
Mesones

Los Mesones son Hadrones compuestos por un quark y un antiquark para conseguir la carga entera

Ejemplo, $u\bar{d}$ es un pión π^+ . Es decir, up,antidown= $+2/3+1/3=+1$ de carga



La antipartícula de un mesón se forma cuando se aplica la barra a ambos miembros. Un antipión π^- . Es decir, antiup,down= $-2/3-1/3=-1$ de carga



Como los mesones están formados por partícula-antipartícula, son muy inestables. Se aniquilan muy rápido.

Era leptónica

- Período comprendido entre 10^{-3} s y 1 s.
- Se forman unas nuevas partículas fundamentales, los leptones. Se forman pares leptones-antileptones (materia y antimateria).
- El enfriamiento causado por la expansión hace ya imposible la conversión de más energía en materia.
- Al final de esta era toda la antimateria formada había desaparecido, convirtiéndose en una enorme cantidad de fotones (energía radiante). Estos fotones son los restos de toda la antimateria primordial.

Era de la nucleosíntesis

- A medida que el Universo seguía su expansión la temperatura continuaba disminuyendo. Esto permitió la unión de protones y neutrones. En poco tiempo se formaron los núcleos de los elementos químicos más simples: hidrógeno, helio y litio.
- La secuencia podría ser, ganando los núcleos neutrones (n^0) y protones (p^+), la siguiente:
 - H-1 ($1 p^+$), H-2 ($1 p^+ + 1 n^0$), He-3 ($2 p^+ + 1 n^0$), He-4 ($2 p^+ + 2 n^0$), Li-7 ($3 p^+ + 4 n^0$).
- Este período se extiende desde 1 s después del inicio hasta 300.000 años.

Era de los átomos y de la radiación

- En esos primeros 300.000 años de vida del Universo, existiría lo que los físicos llaman un plasma, es decir, núcleos de átomos ligeros, los electrones (leptones) y una intensa radiación luminosa (fotones de luz) que no podía escapar de ese plasma.
- La temperatura continua bajando hasta unos 2700 °C, y entonces esta permite que se establezcan los primeros átomos, pues la fuerza electromagnética actúa entre núcleos (carga +) y electrones (carga -). Así aparecen los primeros átomos de hidrógeno, helio y litio.
- Cuando los electrones libres del plasma se combinan con los núcleos para formar átomos, dejan de interactuar con los fotones y el Universo se vuelve transparente (se separa la luz de la materia). Esa luz (radiación electromagnética) es la que hoy podemos detectar como radiación cósmica de fondo.
- Esta era va desde los 300.000 años hasta el millón de años.

Era de las galaxias

- Comienza cuando el Universo tenía 1 millón de años hasta la actualidad.
- Al inicio de esta era había unas inmensas nebulosas primordiales de hidrógeno, helio y pequeñas cantidades de litio. A partir de estas se formaron las galaxias por un mecanismo de inestabilidad gravitatoria.
- La materia de esas nebulosas tendría irregularidades en densidad y temperatura, generadas durante la inflación del Universo. Esto hizo actuar a la fuerza gravitatoria, y la consiguiente aparición de las primeras galaxias.
- Hoy agrupamos las galaxias en cúmulos, y estos en supercúmulos, y estos en filamentos, dando el típico aspecto al Universo esponjoso.
- La sonda WMAP estableció que la energía oscura representa el 74% de la densidad de materia-energía, un 22% corresponde a materia oscura y sólo un 4% a materia ordinaria formada por átomos.