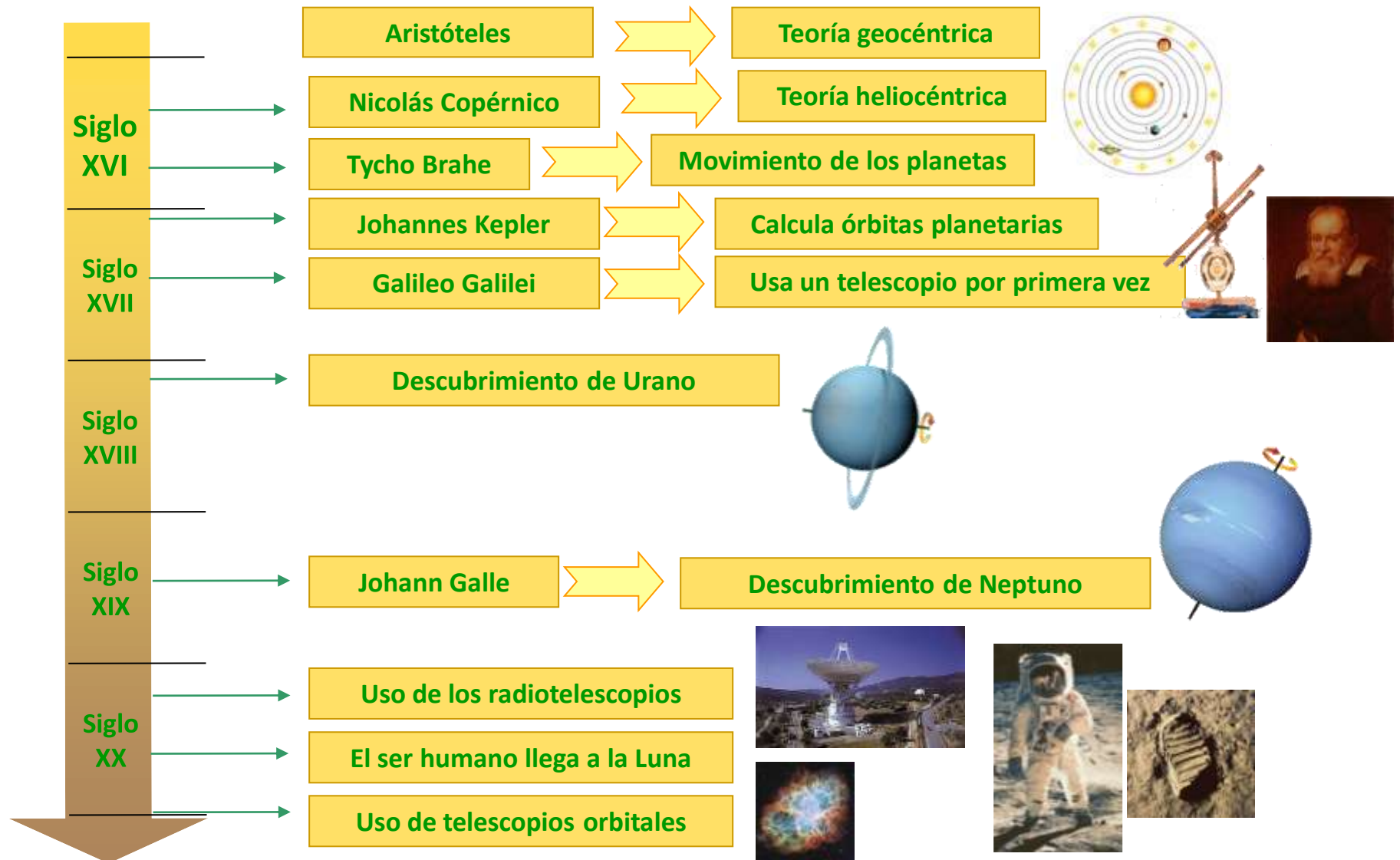


Origen del Universo

The image features a vibrant blue background with a radial burst effect, where numerous thin lines radiate from a central point, creating a sense of expansion and energy. The text 'Origen del Universo' is centered in a bold, orange-yellow font.

CONTEXTO HISTÓRICO



GALILEO GALILEI DEFENDIÓ EL MODELO HELIOCÉNTRICO

Construyó el primer telescopio y descubrió las lunas jovianas que llevan su nombre.

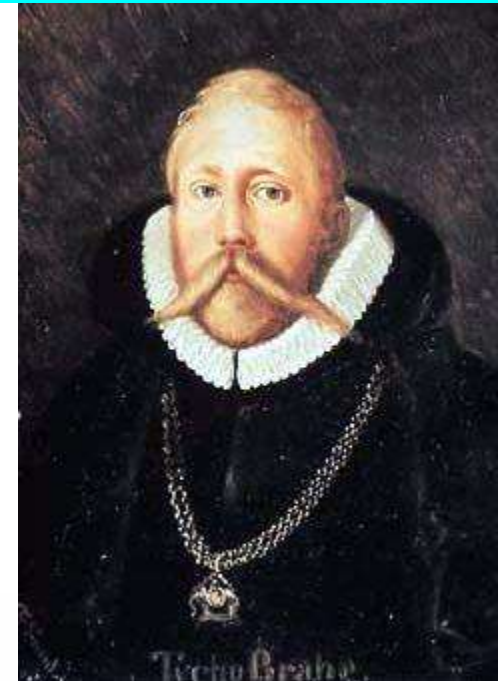
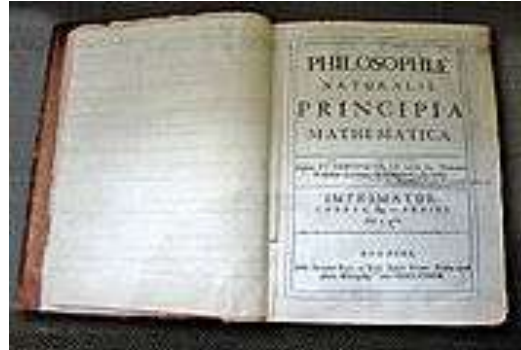


Fue juzgado por sus ideas científicas y obligado a desmentir el modelo heliocéntrico. Pero dice la leyenda que en voz baja dijo: *"Pero se mueve"* (refiriéndose a la Tierra).

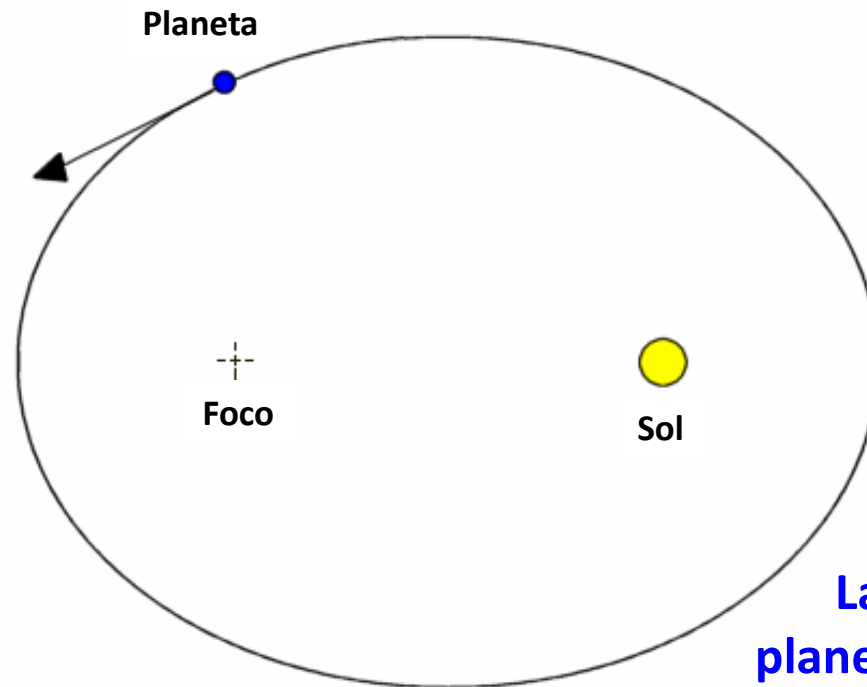
LEYES DE KEPLER (1571-1630)



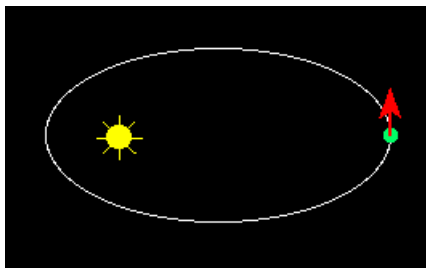
Kepler



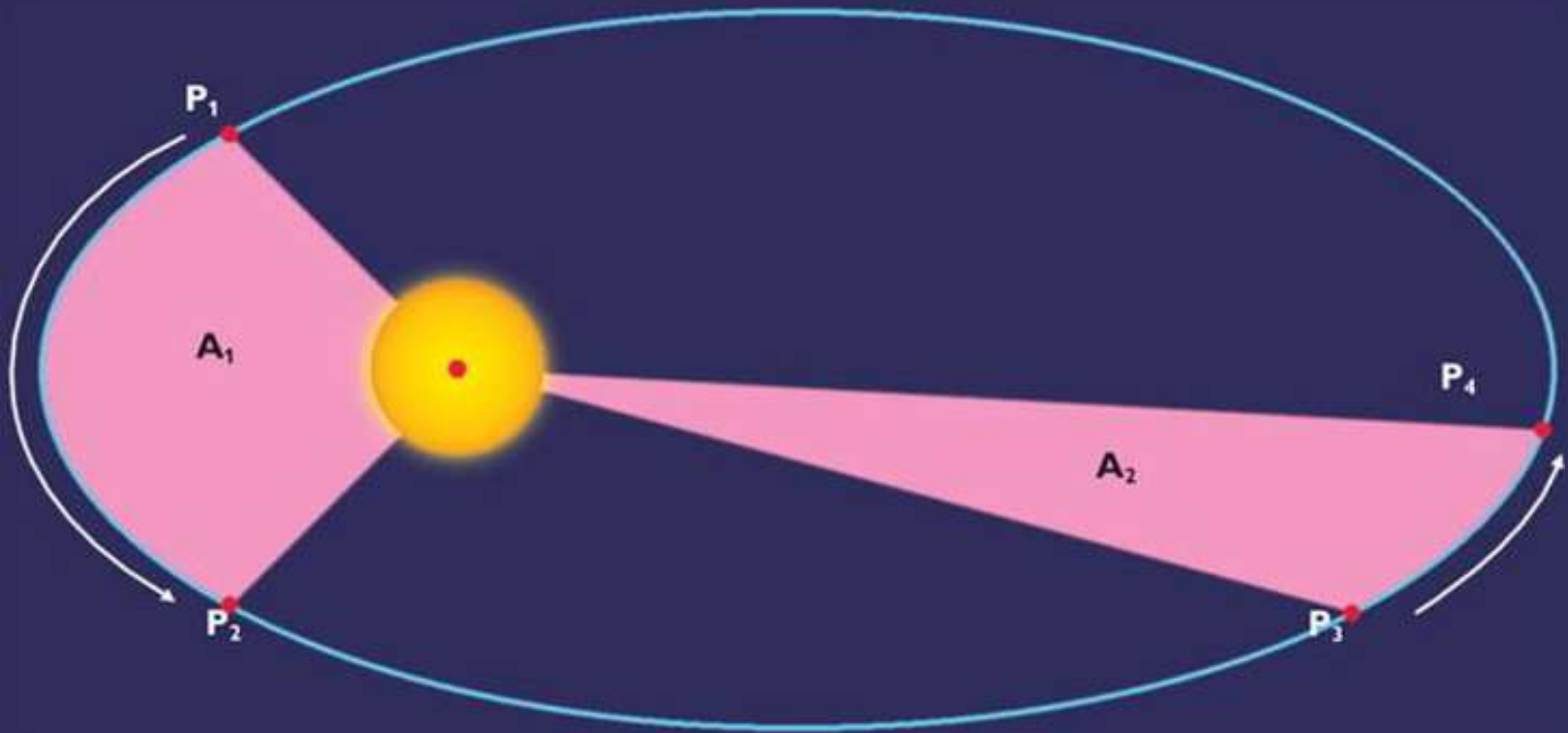
Tycho Brahe



Las órbitas de los planetas son elípticas.



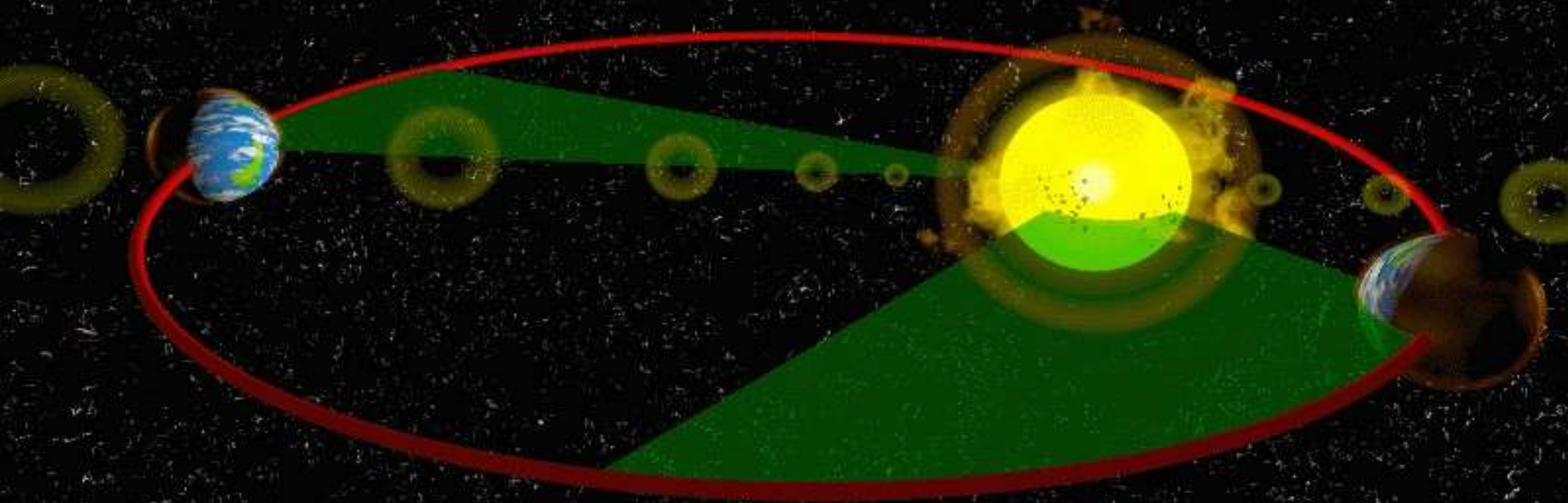
LEYES DE KEPLER (1571-1630)



Los planetas “barren” áreas iguales en tiempos iguales.

LEYES DE KEPLER (1571-1630)

$$P^2 = a^3$$

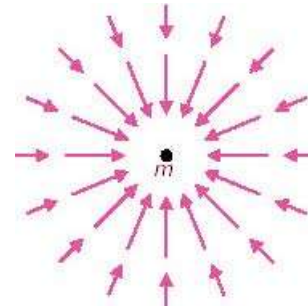
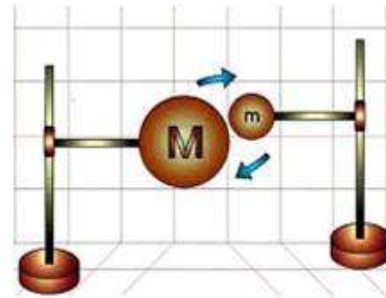


"KEPLER"
BY STEVE SLOAN II
"MATH & PHYSICS"

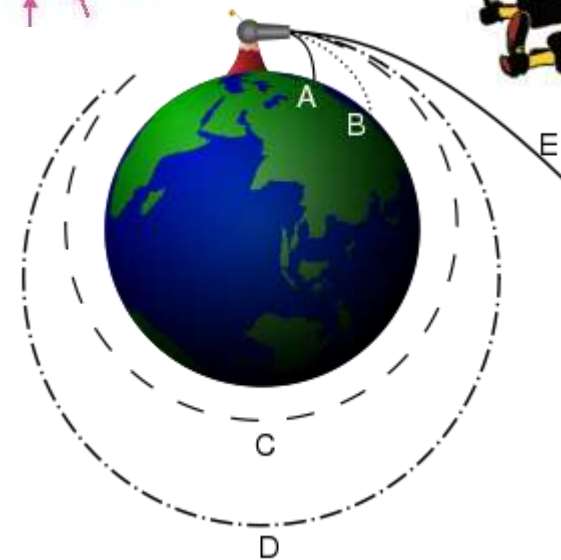
LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL (1667)



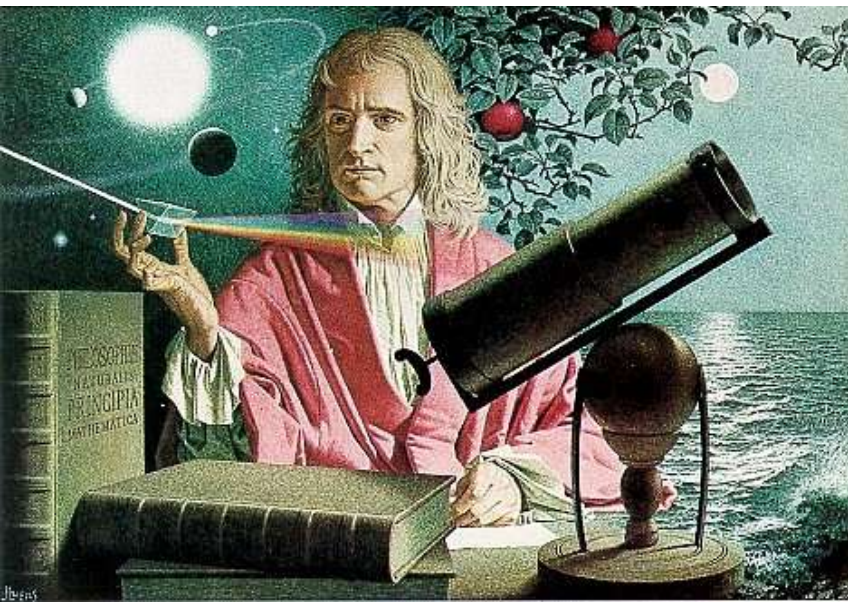
Newton



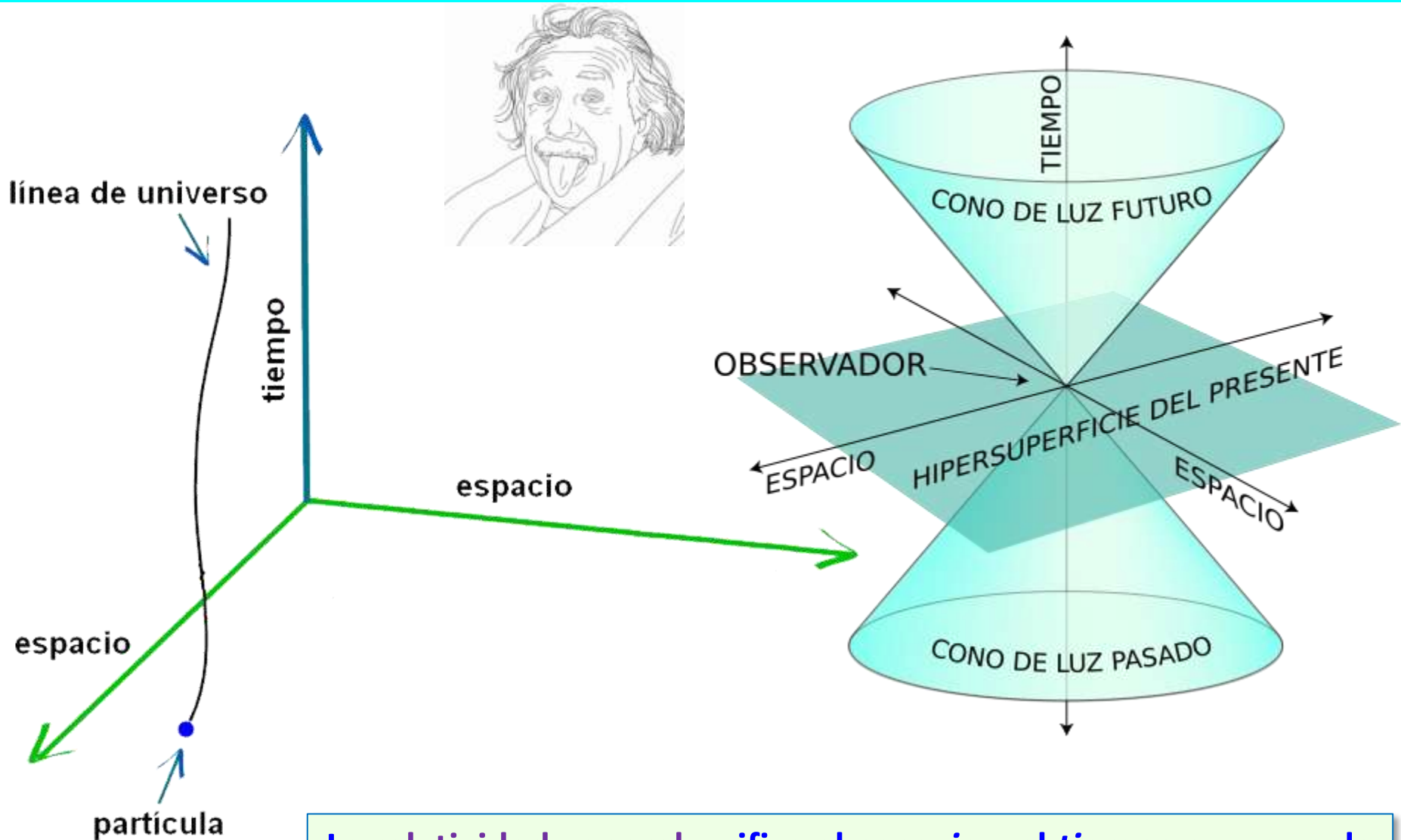
$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{u}$$



A partir de Newton, el modelo heliocéntrico fue aceptado universalmente.



EINSTEIN. TEORÍA DE LA RELATIVIDAD GENERAL



La relatividad general unifica al *espacio* y el *tiempo* en una sola estructura física: el **espacio-tiempo**, que, además, **se deforma con la masa**, con lo cual explica la fuerza de la **gravedad**.

COSMOLOGÍAS MODERNAS



MODELOS DE EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

MODELO DEL UNIVERSO ESTÁTICO

Eterno e infinito, sin expansión
(ha sido ya refutado).

MODELO DEL ESTADO ESTACIONARIO

Universo dinámico e infinito. Admite la expansión,
pero supone la existencia de agujeros blancos,
“creadores de materia” para que la densidad del
universo sea constante.

MODELO DEL BIG-BANG

Universo dinámico y finito en continua expansión.
Supone la existencia de la energía oscura.

MODELO COSMOLÓGICO DE EINSTEIN

Las ecuaciones originales de la relatividad general daban como soluciones un *universo en expansión*. Pero como Einstein creía en un universo eterno y estático, introdujo en ellas la llamada **constante cosmológica**, lo cual resultó un error, pues las pruebas han demostrado que **el universo se expande**.

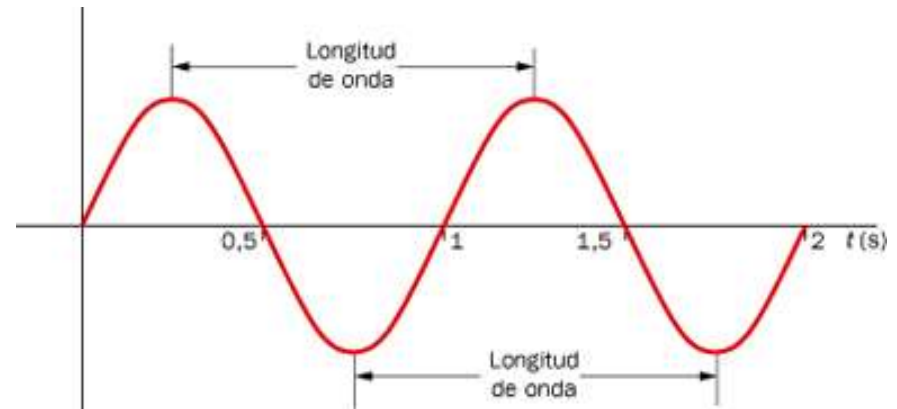


The background of the slide is a dark, deep purple or black space filled with numerous out-of-focus galaxies and nebulae in shades of blue, white, and yellow. In the top-left corner, there is a solid black rectangular box. The title 'Teoría del Big-Bang' is centered in a stylized, glowing purple font.

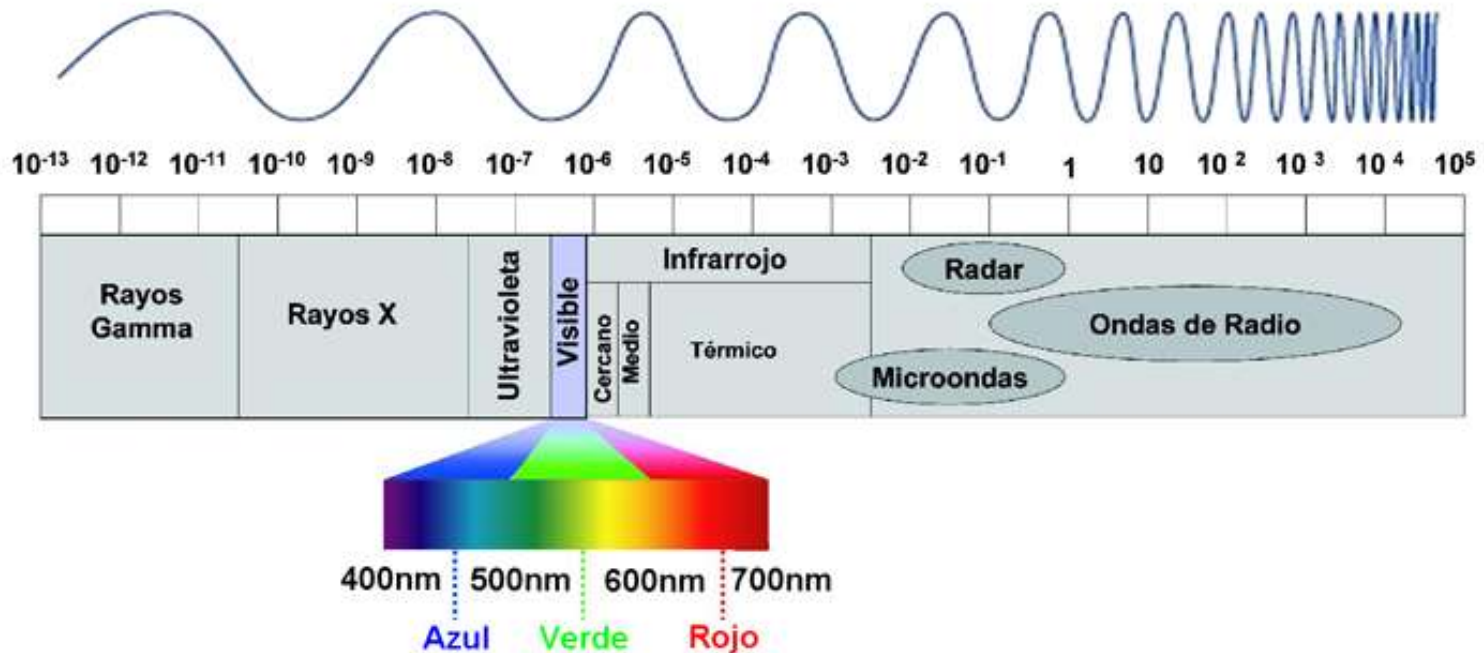
Teoría del Big-Bang

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La luz se comporta como una **onda** y también como una **partícula** llamada **fotón**.

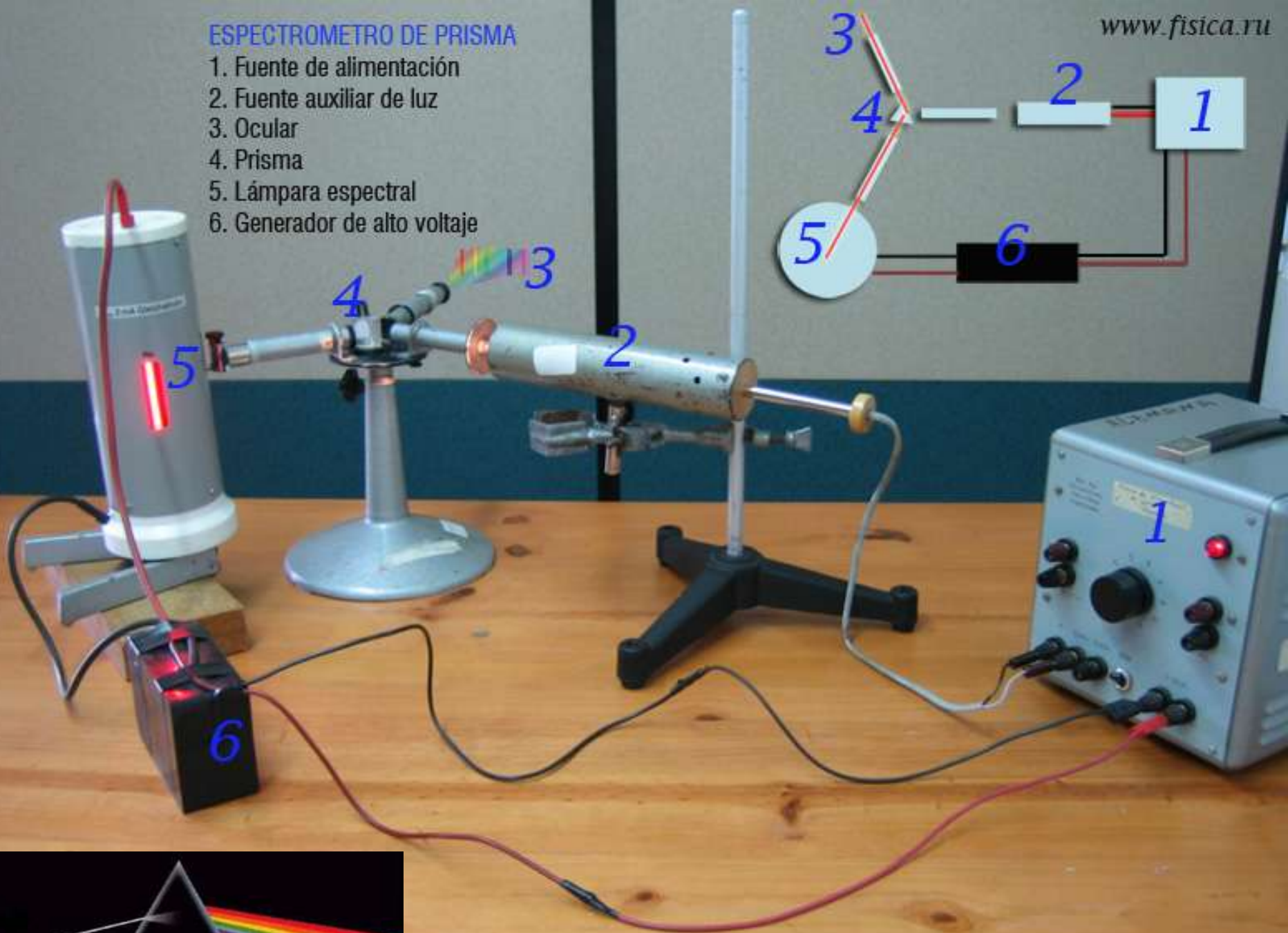


Espectro electromagnético.
Longitud de onda (λ) en metros.

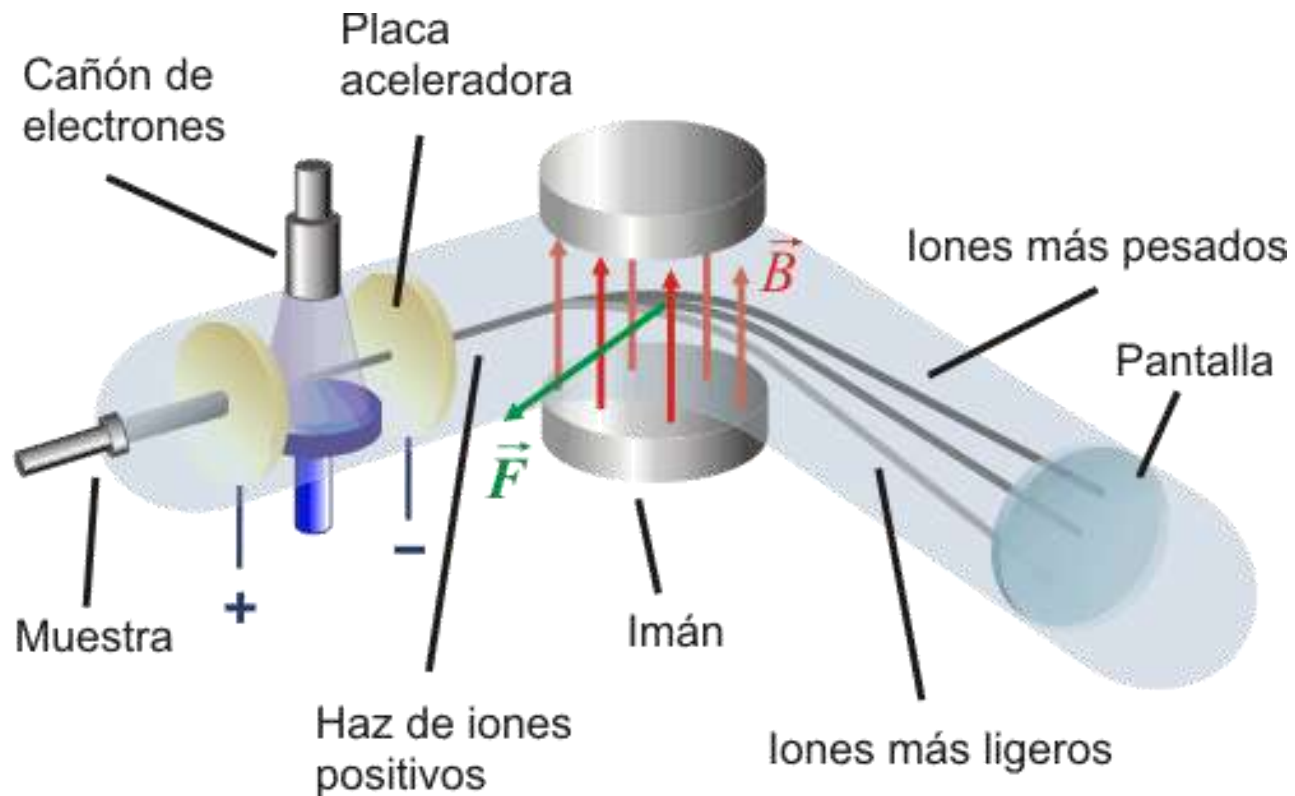
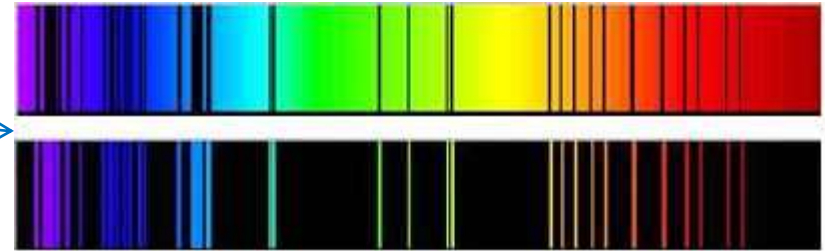
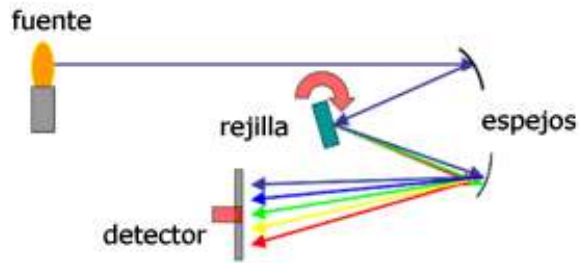


ESPECTROMETRO DE PRISMA

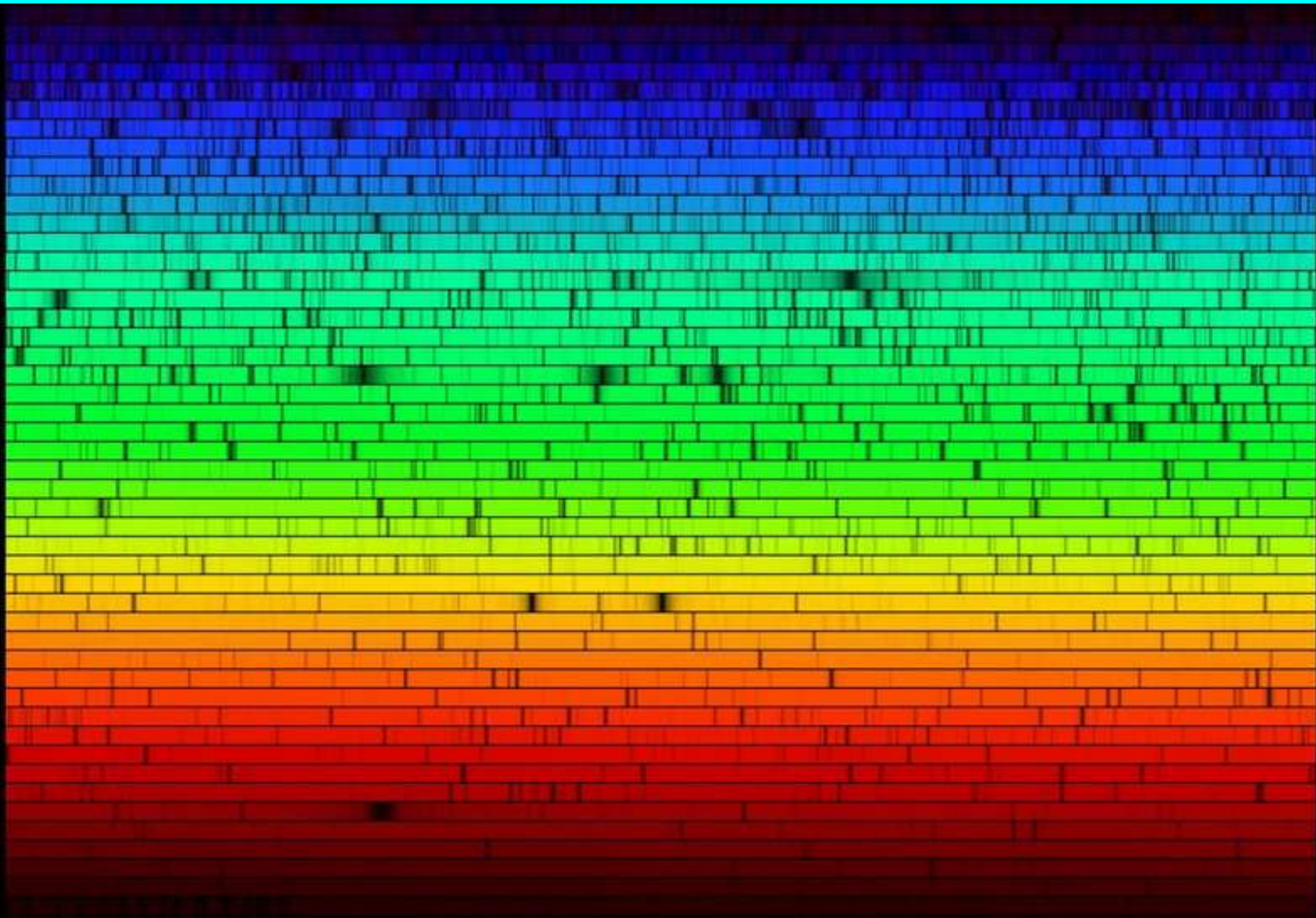
1. Fuente de alimentación
2. Fuente auxiliar de luz
3. Ocular
4. Prisma
5. Lámpara espectral
6. Generador de alto voltaje



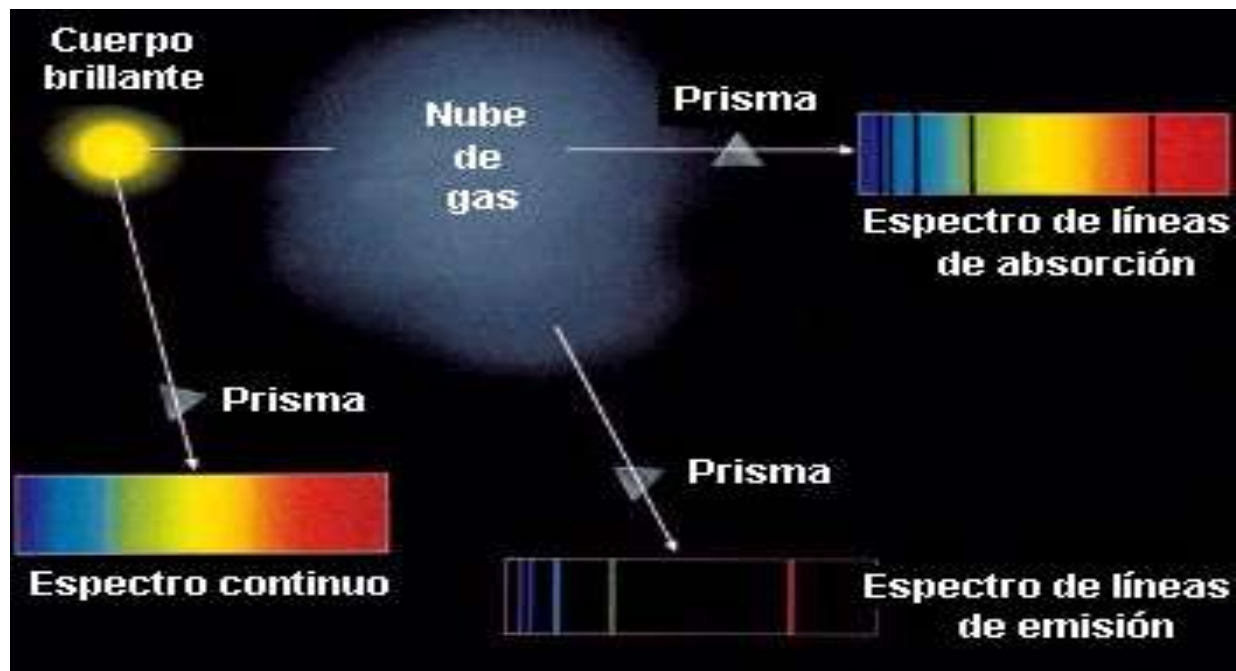
ESPECTRÓMETRO (→ ESPECTROS DE FUENTES LUMINOSAS)



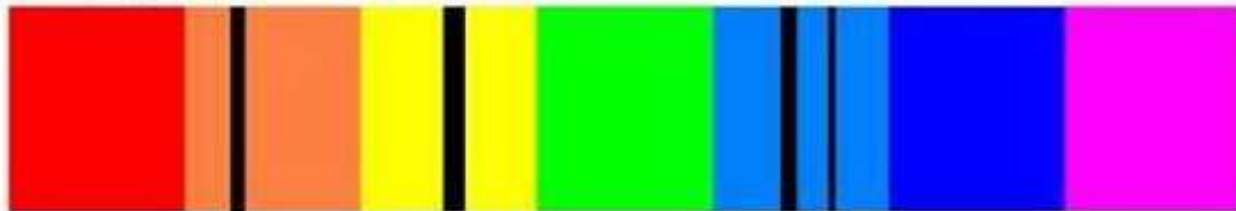
ESPECTRO DEL SOL



ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



Absorción:



Emisión:



EFFECTO DOPPLER EN EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

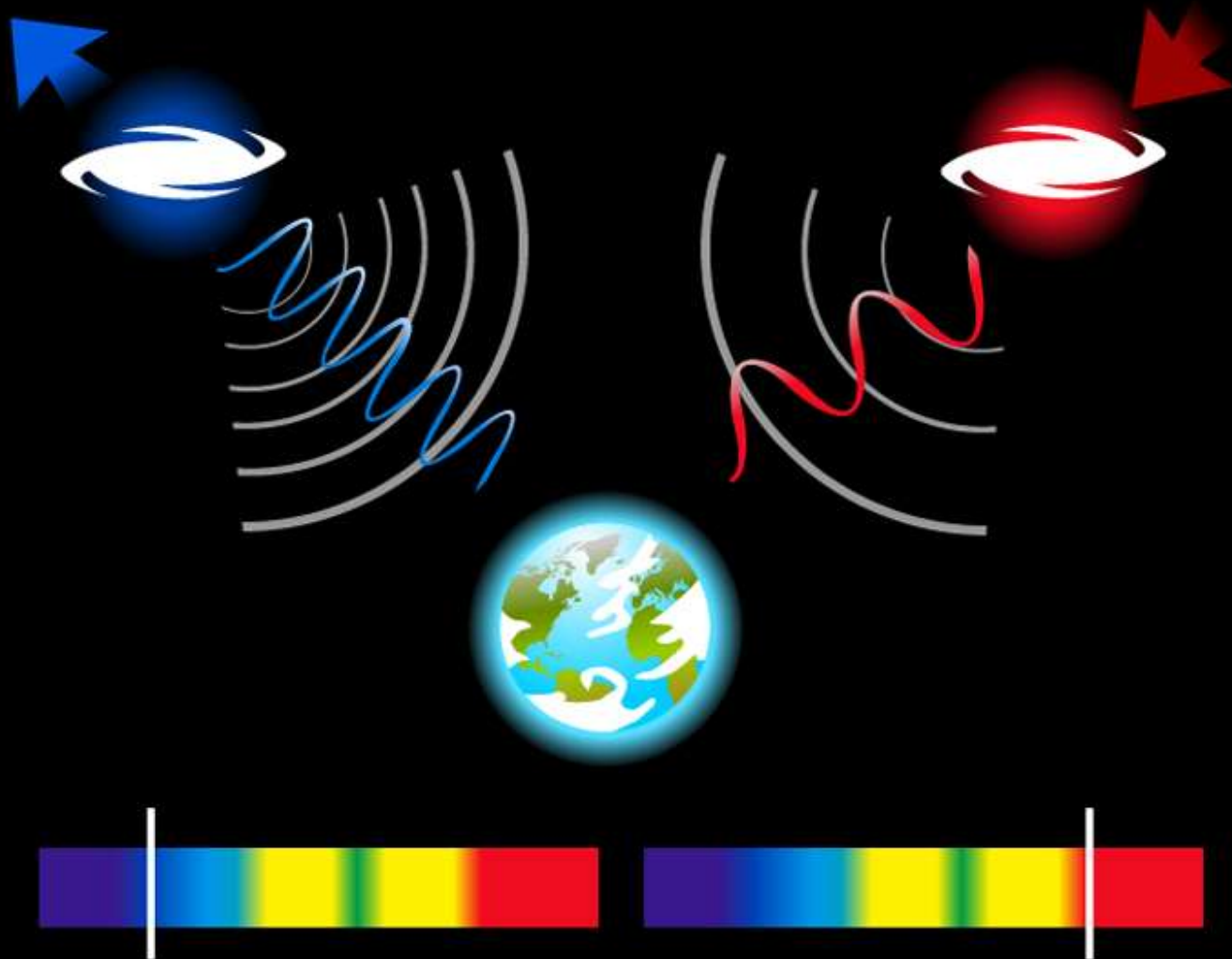
HOST STAR



EXOPLANET



ALEJAMIENTO GENERALIZADO DE LAS GALAXIAS ENTRE SÍ



CUANTO MÁS LEJANA ES UNA GALAXIA MAYOR ES SU v_e

Ley de Hubble: $v_e = H_0 \times D$

V_e = velocidad de expansión de las galaxias

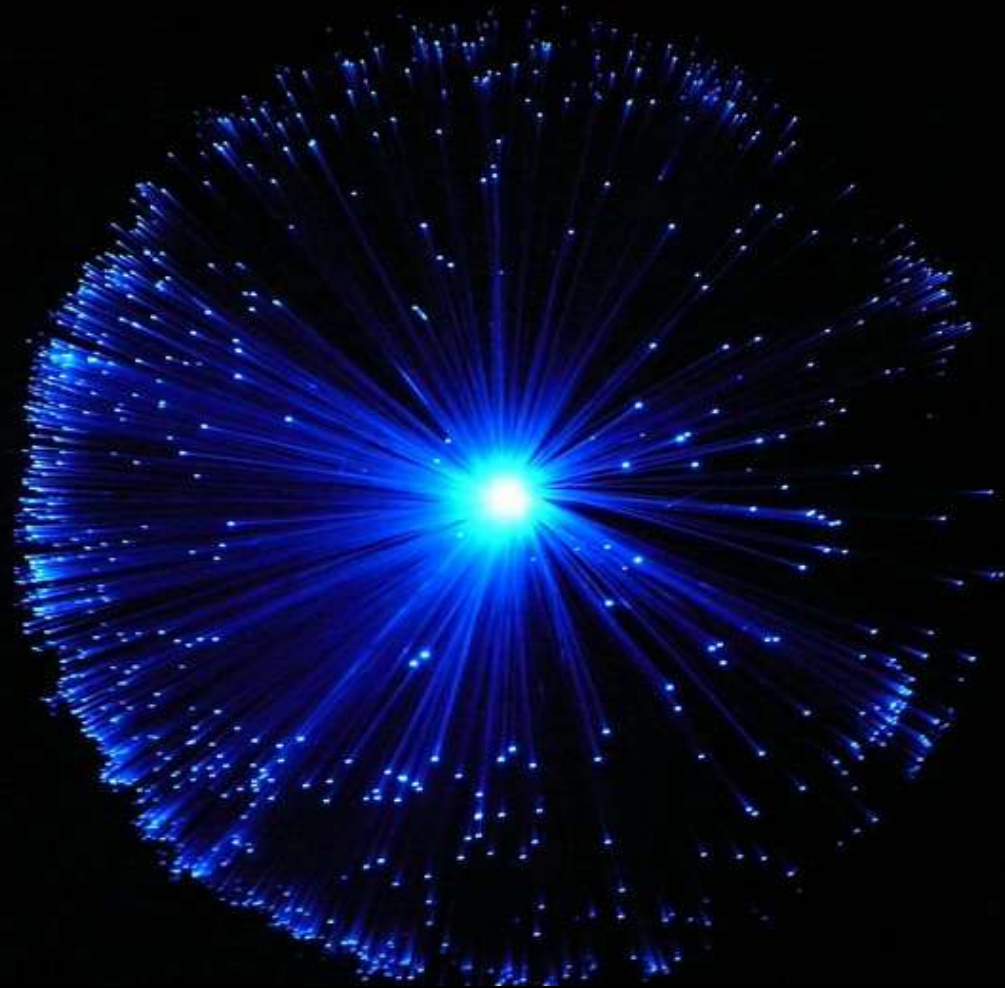
UNIVERSO EN EXPANSIÓN: MODELO DE GLOBO



¿QUÉ OCURRE SI VAMOS HACIA ATRÁS EN EL TIEMPO?

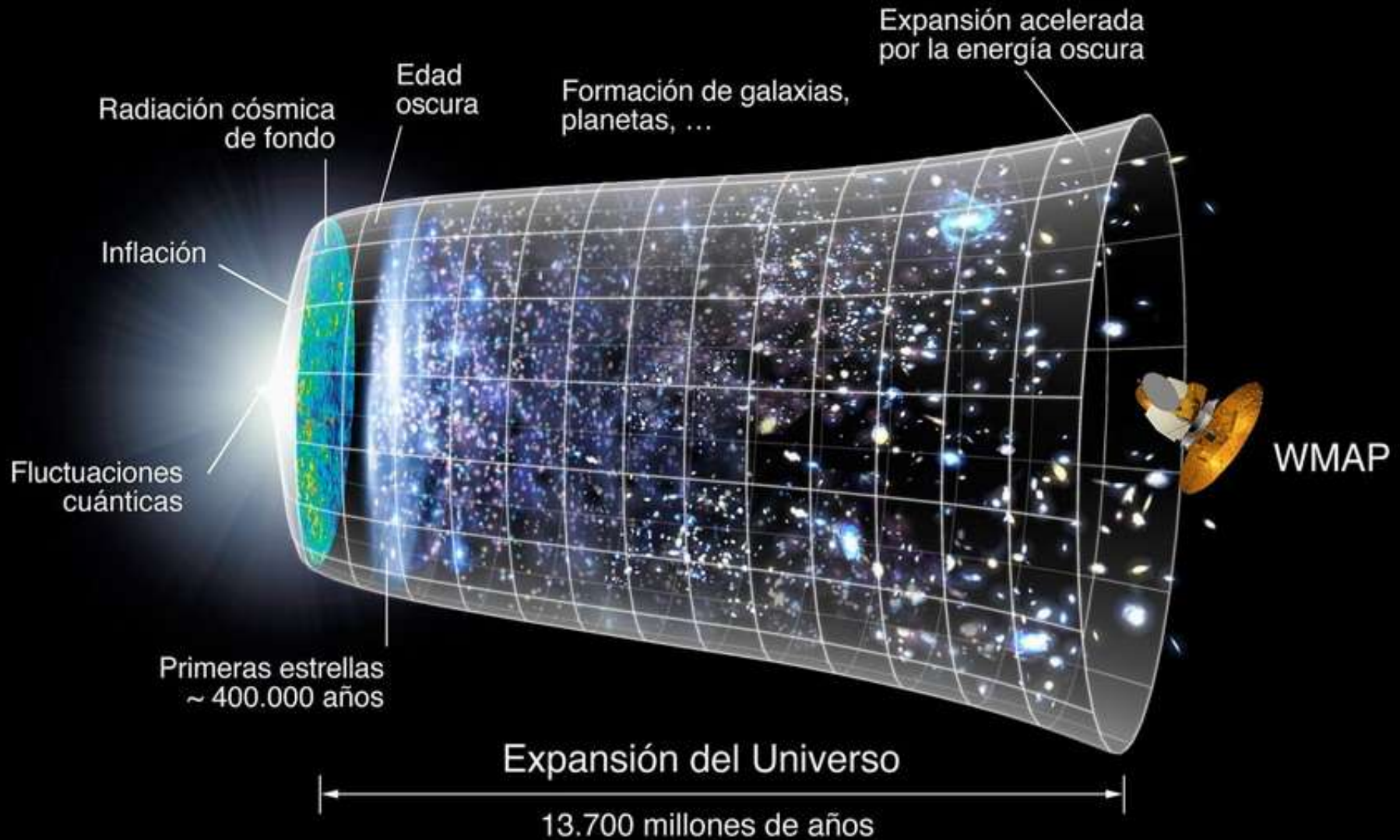


ORIGEN DEL UNIVERSO. EL BIG-BANG



El jesuita belga **George Lemaître** fue el iniciador de la *teoría del Big Bang*, al proponer (entre 1927 y 1930) que el Universo se inició con la **explosión de un átomo primigenio** (cuanto de energía), que se fue dividiendo hasta originar toda la material actual.

CON EL BIG-BANG SURTIÓ EL ESPACIO Y COMIENZO DEL TIEMPO



PRUEBAS QUE APOYAN EL BIG-BANG

Se consideran tres las evidencias que apoyan la teoría del Big Bang.

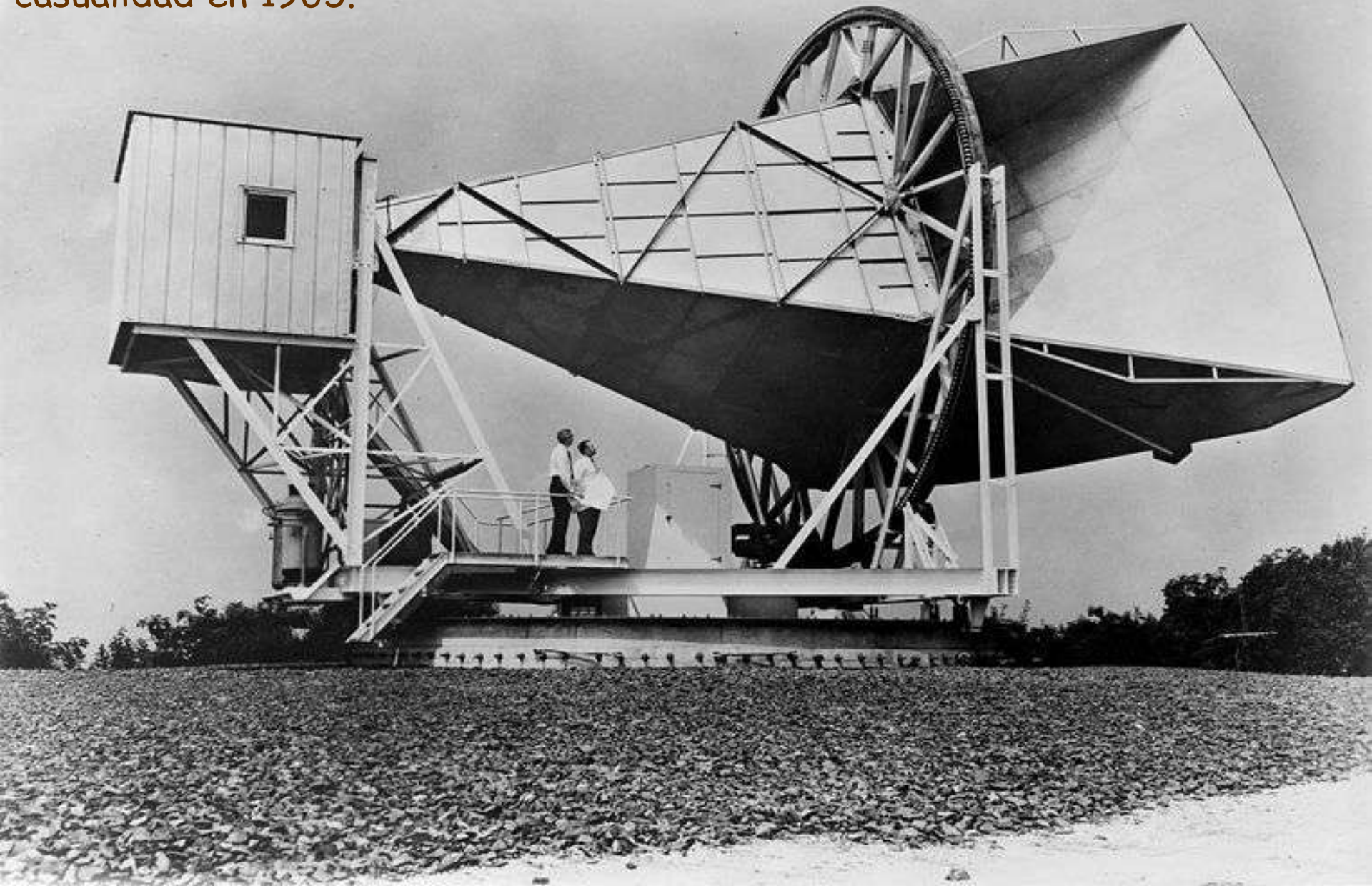
1. La expansión del universo que se expresa en la Ley de Hubble.

2. La radiación cósmica de fondo.

3. La abundancia de elementos ligeros.

RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO $\approx 3^{\circ}\text{K}$

Antena con la que Penzias y Wilson descubrieron la radiación de fondo por casualidad en 1965.



INVESTIGACIÓN DE LA RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO

1965



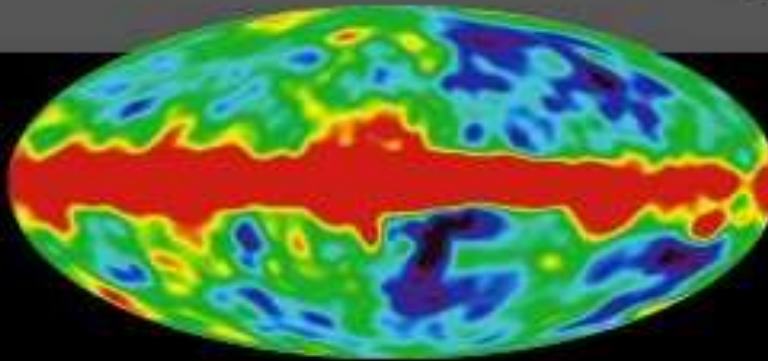
Penzias and
Wilson



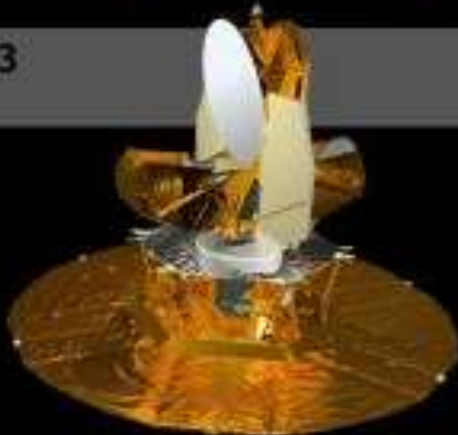
1992



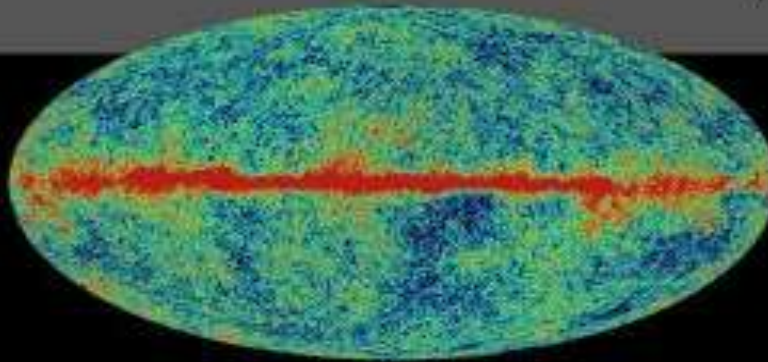
COBE



2003



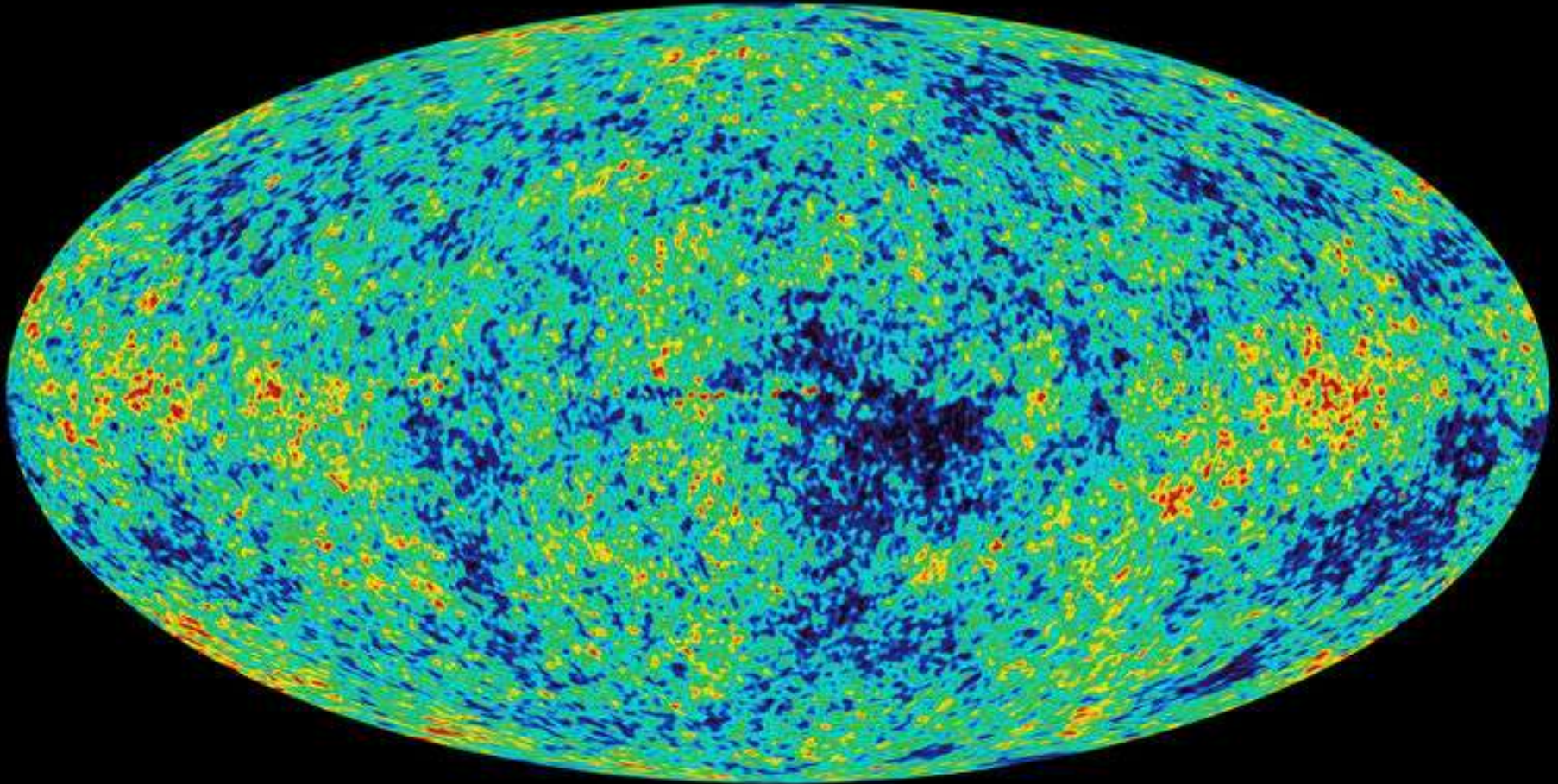
WMAP



La radiación cósmica de fondo medida por el Cobe es de unos 3°K .
Es el residuo que queda del Big-Bang .



La radiación cósmica de fondo fue medida con más precisión por el satélite WMAP.



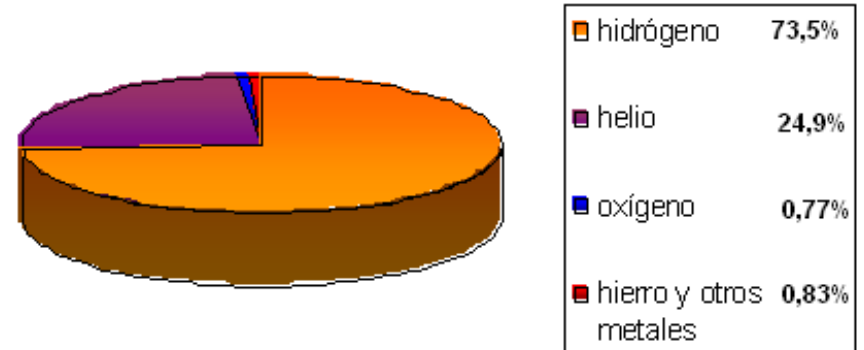
Los **grumos** corresponden a pequeñas fluctuaciones de densidad y de temperatura que hubo en la *Era de la inflación* (10^{-35} s).

ABUNDANCIA DE ELEMENTOS LIGEROS

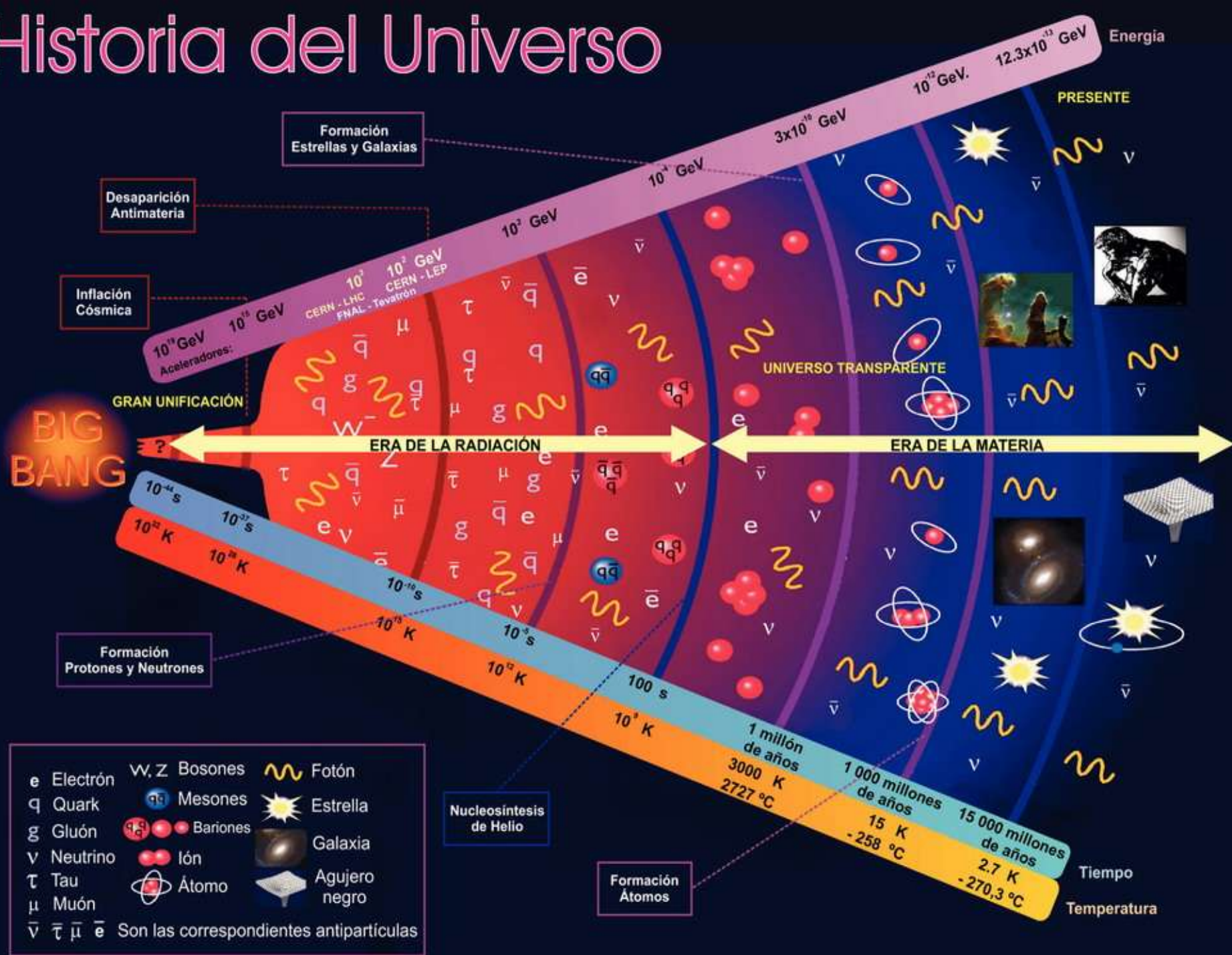
La abundancia de **hidrógeno** y **helio** en el universo concuerdan aproximadamente con las predichas por la **teoría del Big Bang**, lo cual es una prueba sólida a su favor.

De hecho, esta teoría es la única explicación conocida para la abundancia relativa de elementos ligeros.

Porcentaje de los elementos del universo



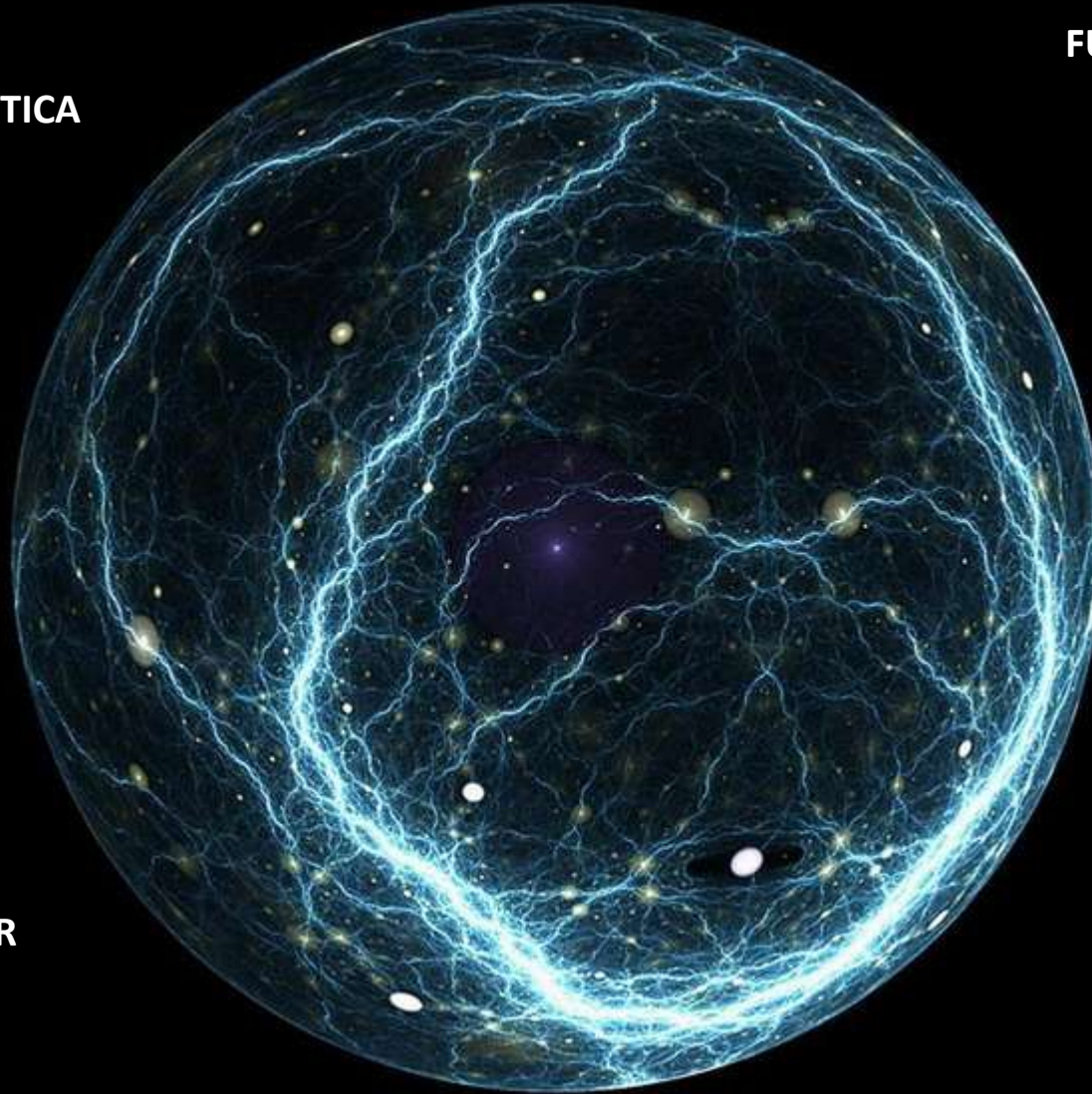
Historia del Universo



1. ERA DE PLANCK ($t=0$ hasta 10^{-43} s) ($\rightarrow$ singularidad)

FUERZA
ELECTROMAGNÉTICA

FUERZA NUCLAR
DÉBIL



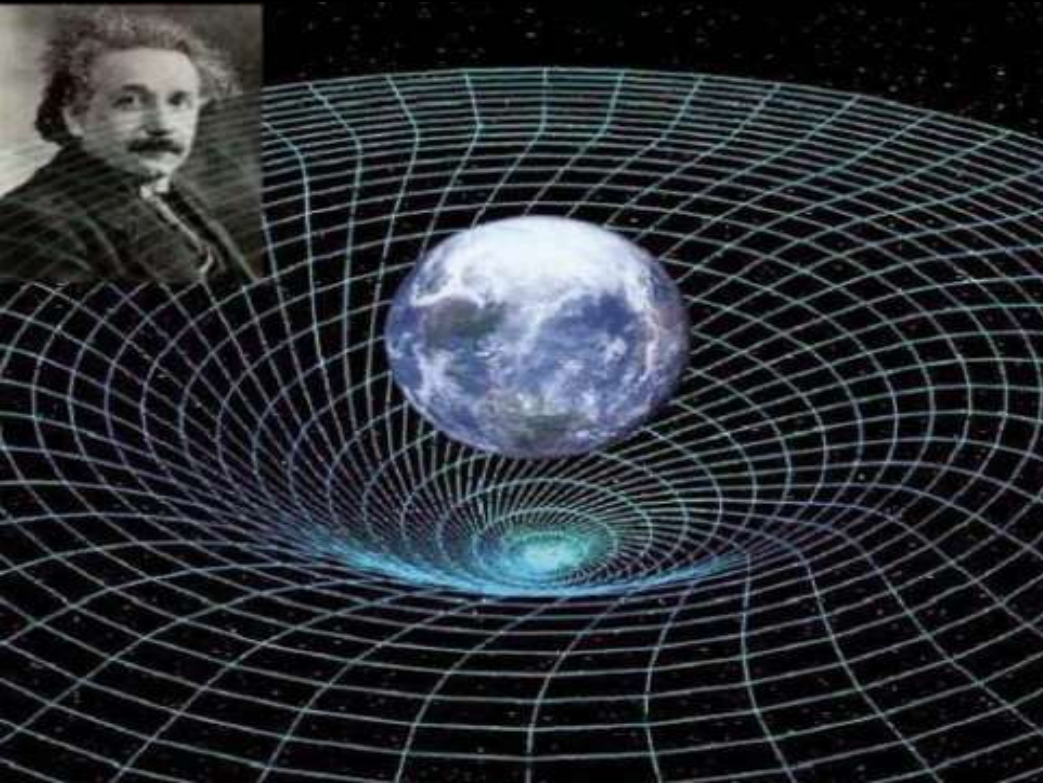
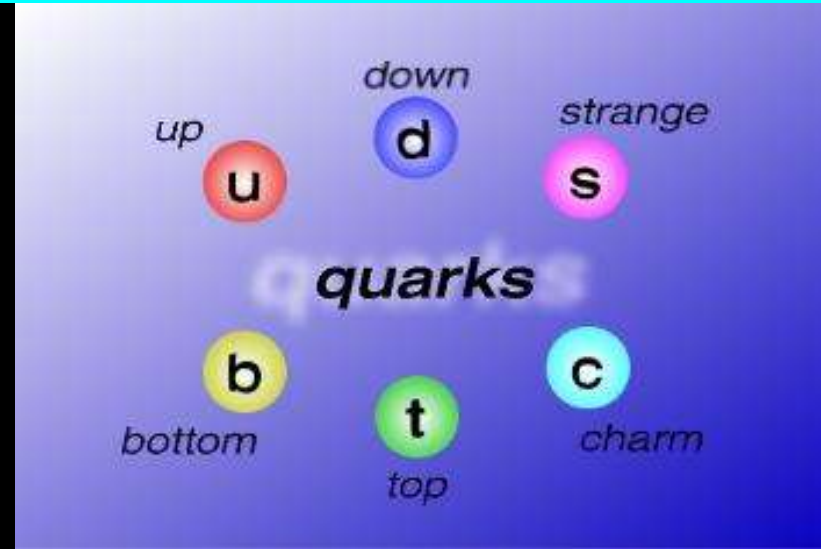
FUERZA NUCLAR
FUERTE

FUERZA
GRAVITATORIA

Las cuatro fuerzas básicas estaban agrupadas en una única superfuerza, la **electronuclear gravitatoria**. Toda la materia se hallaba bajo la forma de energía.

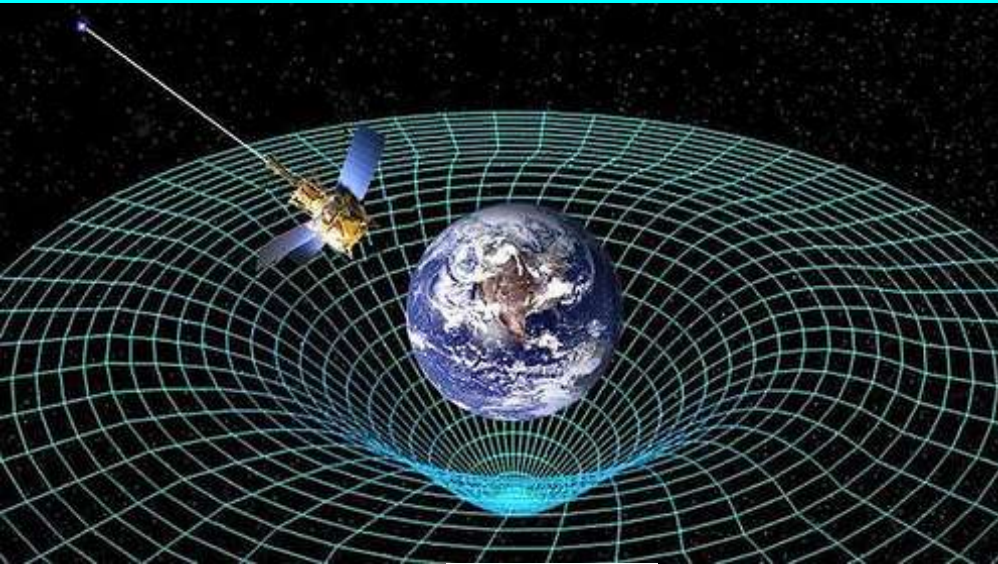
MECÁNICA CUÁNTICA Y RELATIVIDAD GENERAL

La **mecánica cuántica** (→ **modelo estandar**) describe las partículas elementales y las fuerzas fundamentales *electromagnética*, *nuclear débil* y *nuclear fuerte*, pero no puede explicar la **fuerza gravitatoria**.

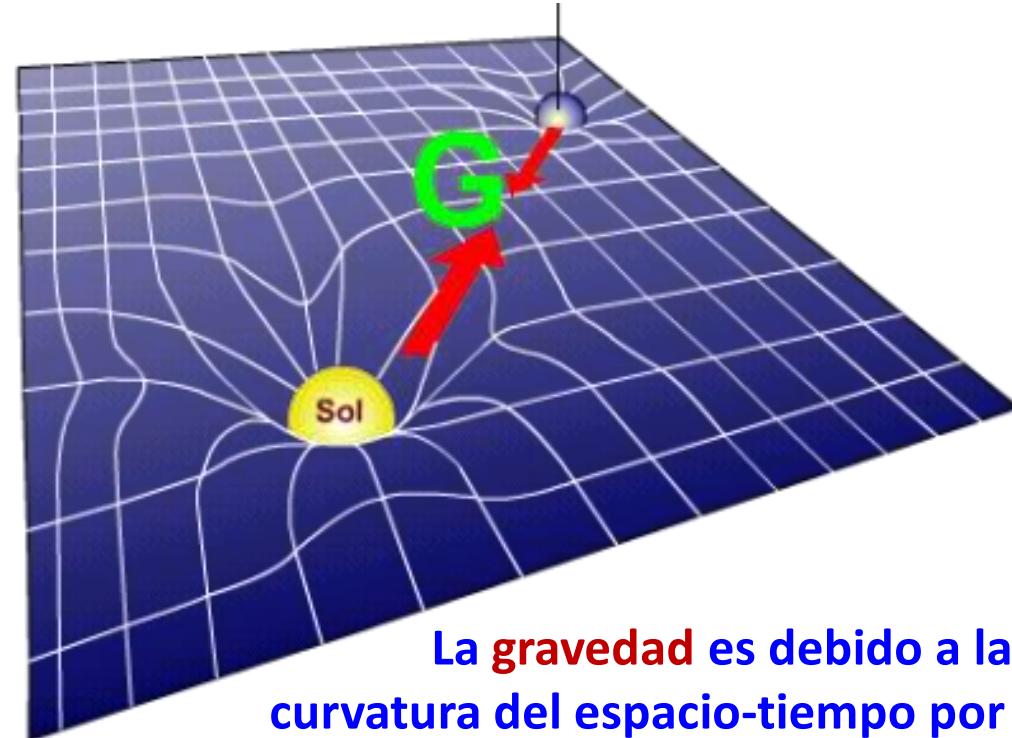
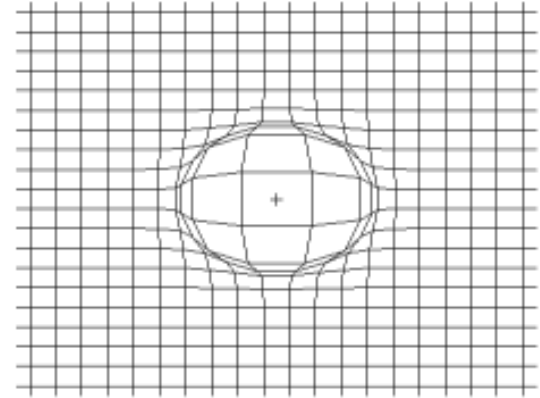


La **gravedad** es explicada por la **teoría de la relatividad general**.

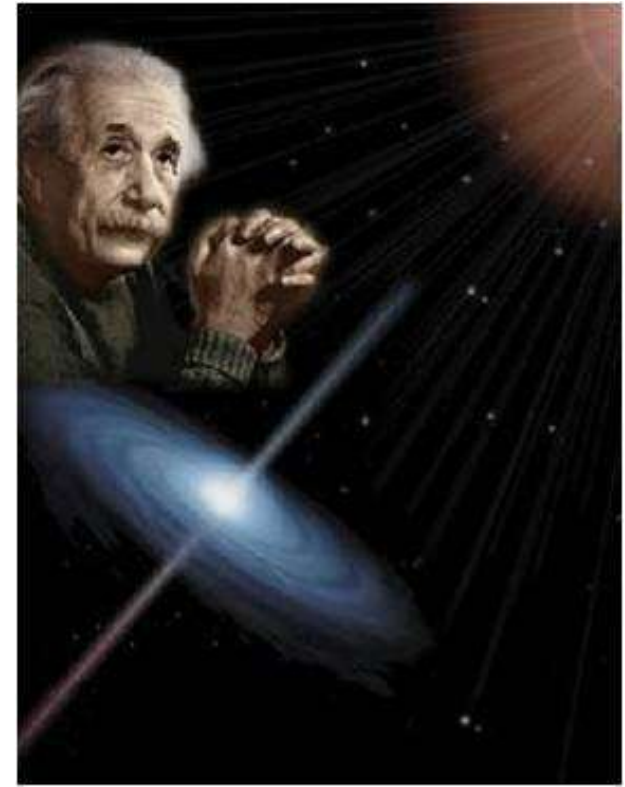
LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD EXPLICA LA GRAVEDAD



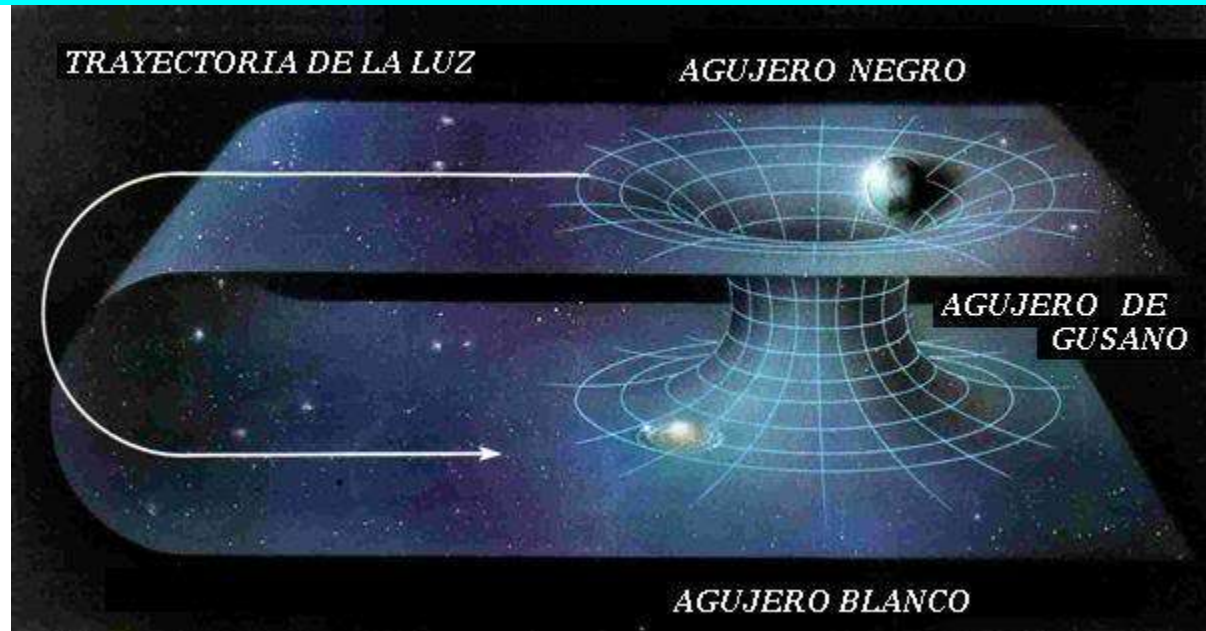
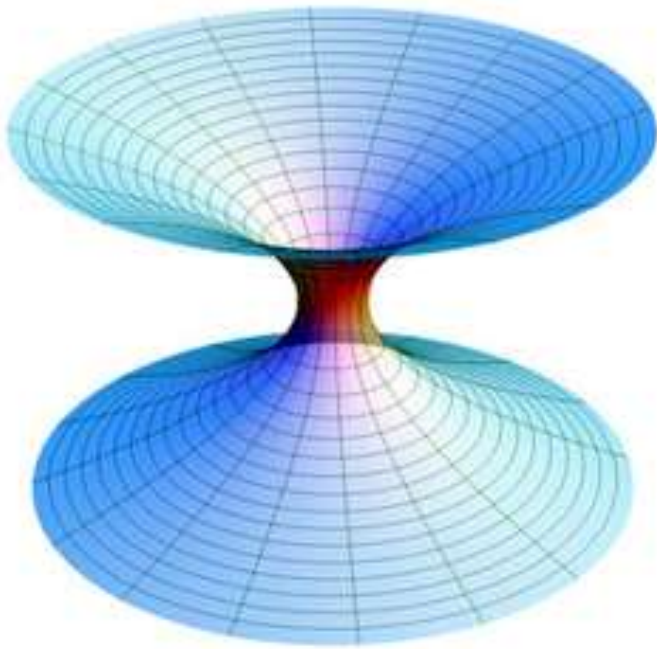
La Tierra



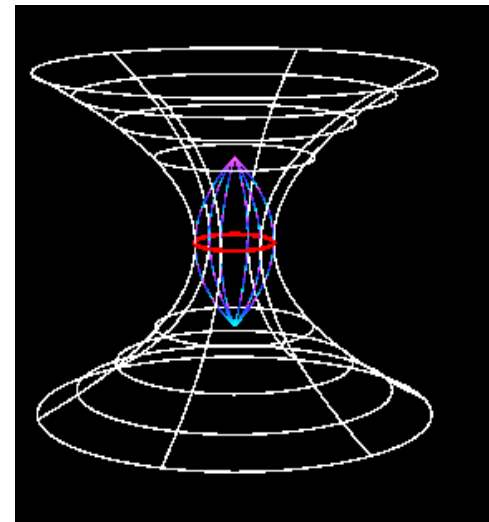
La **gravedad** es debido a la curvatura del espacio-tiempo por la masa

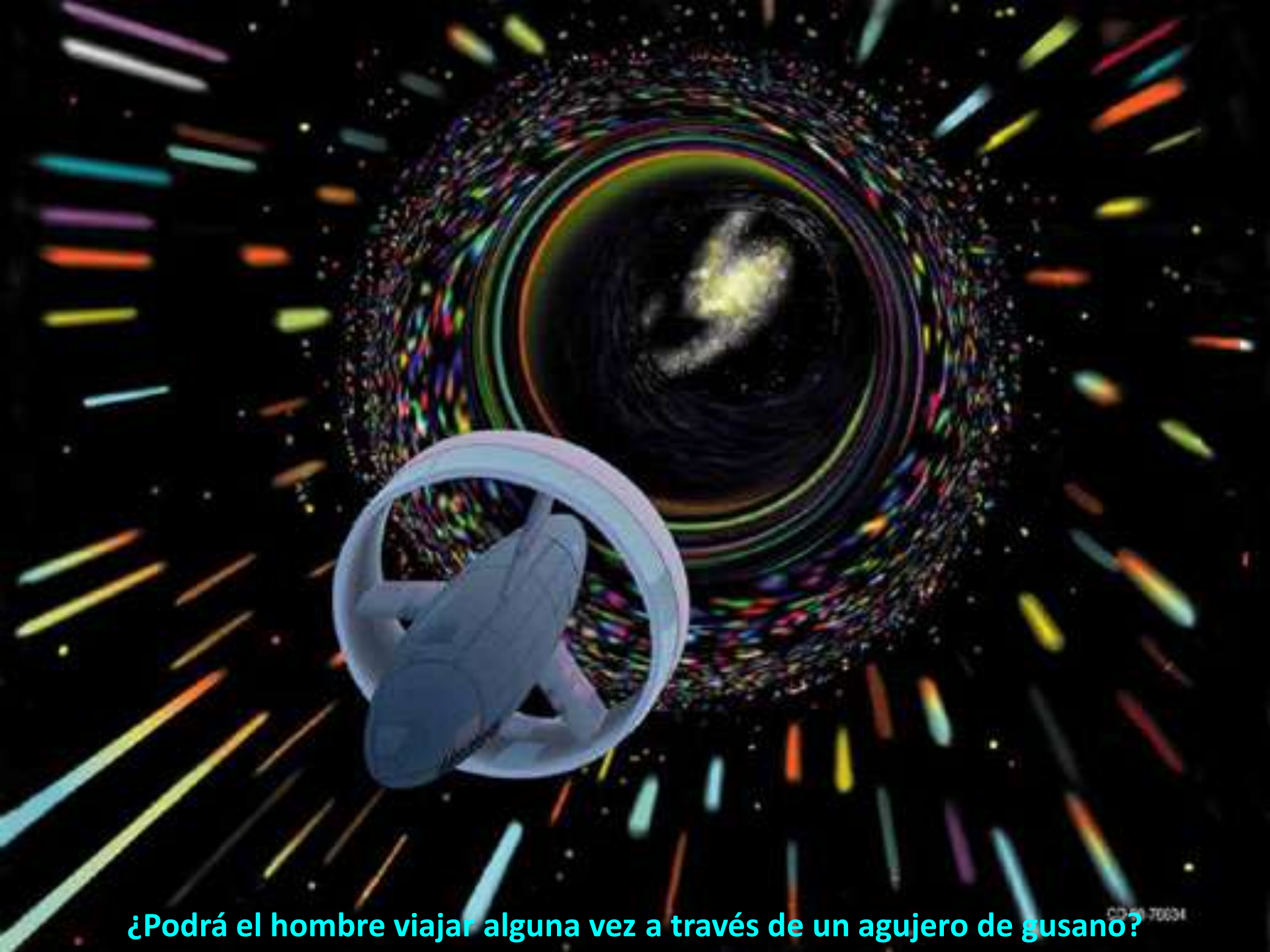


AGUJEROS DE GUSANO O PUENTES DE EINSTEIN-ROSEN



Son una hipotética característica topológica del espacio-tiempo. Supondría un “atajo” a través del espacio y el tiempo. Tiene por lo menos dos extremos, conectados a una única "garganta", pudiendo la materia *'viajar'* de un extremo a otro pasando a través de ésta.





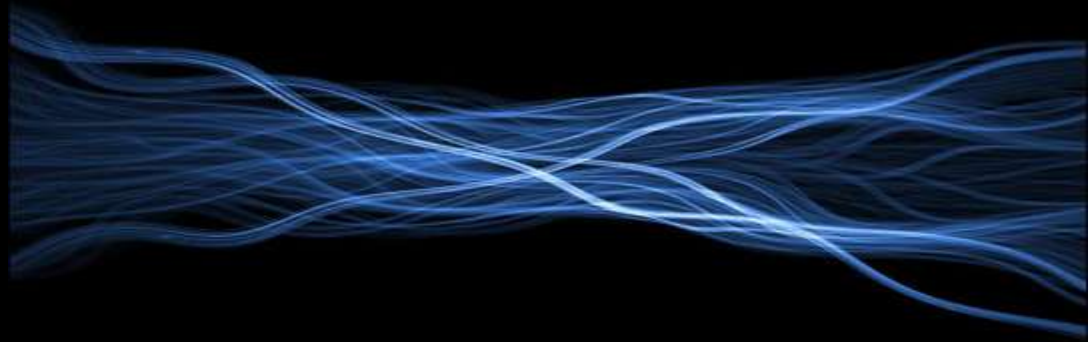
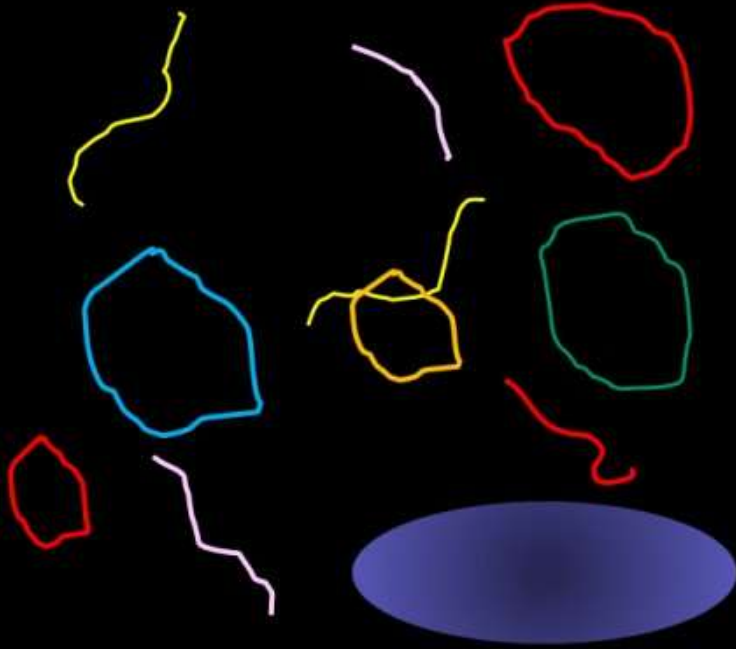
¿Podrá el hombre viajar alguna vez a través de un agujero de gusano?

TEORÍA DE LAS CUERDAS

Intenta ser la **Teoría del Todo**,
unificando la mecánica cuántica y la
relatividad general.

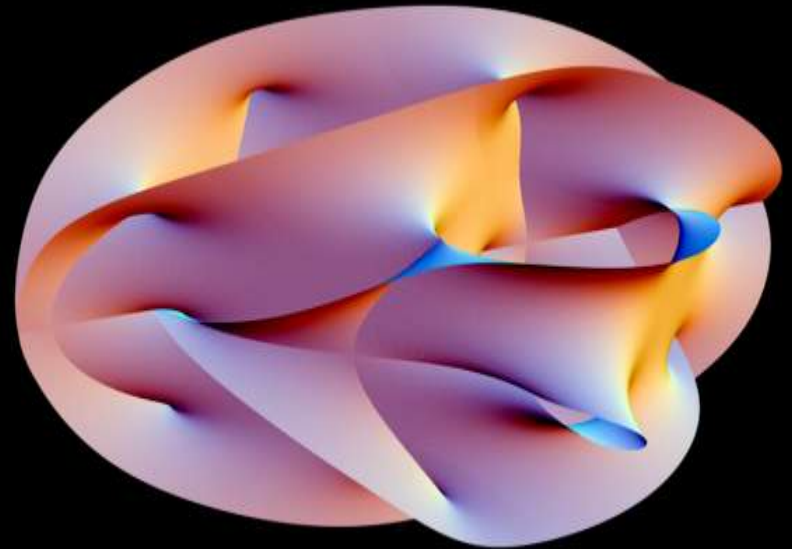


LAS CUERDAS SON UN TIPO DE ENERGÍA OSCILATORIA



Según **oscilen** las *cuerdas*, veríamos electrones, fotones,... y el resto de las partículas.

El bosón de Higgs **aportaría** la masa.



Forma de las dimensiones extras de las supercuerdas

LAS VARIACIONES DE GRAVEDAD VIAJARÍAN COMO ONDAS

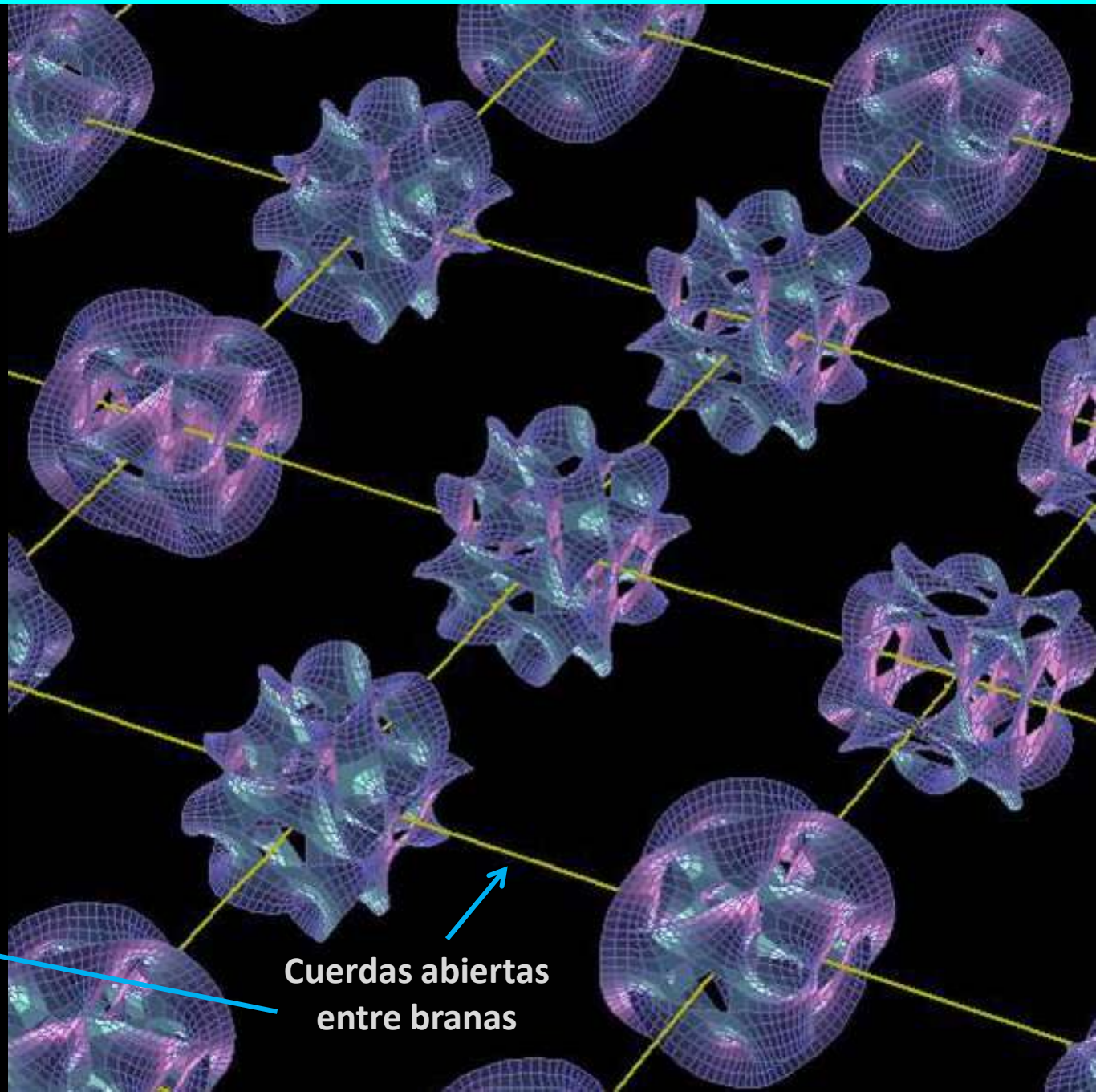
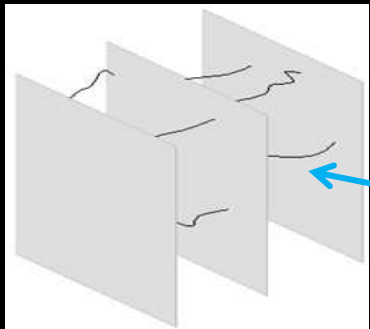
Según la mecánica cuántica, la gravedad viajaría por el espacio en forma de ondas.



Pero las ondas gravitatorias aún no se han detectado... si es que existen.

TEORÍA DE LAS CUERDAS: LAS D-BRANAS (membranas)

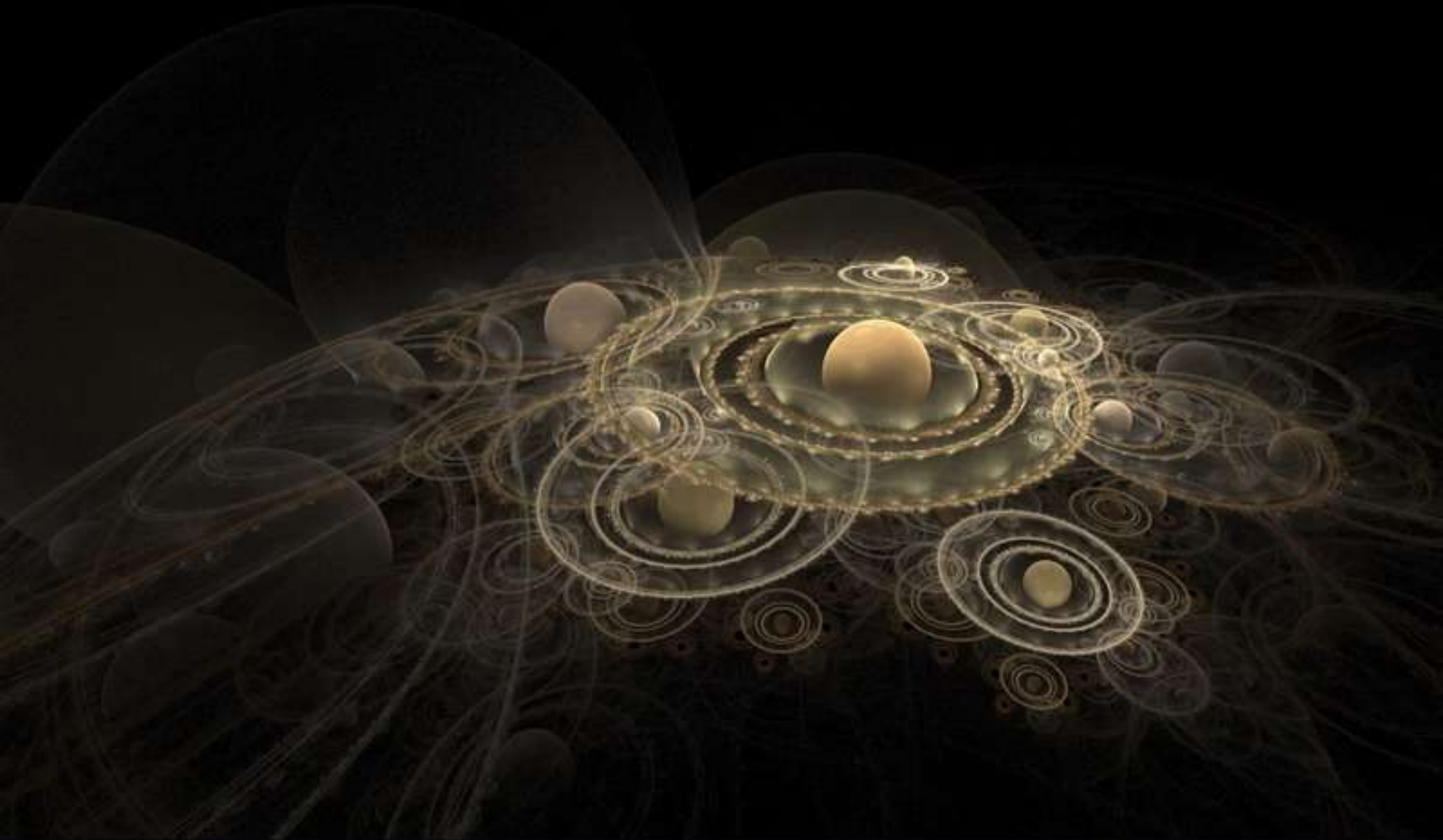
Para que fluya la energía, las supercuerdas acaban en las D-branas, entidades físicas que quizás sean el origen de las cuerdas, y, por lo tanto, de todas las partículas.



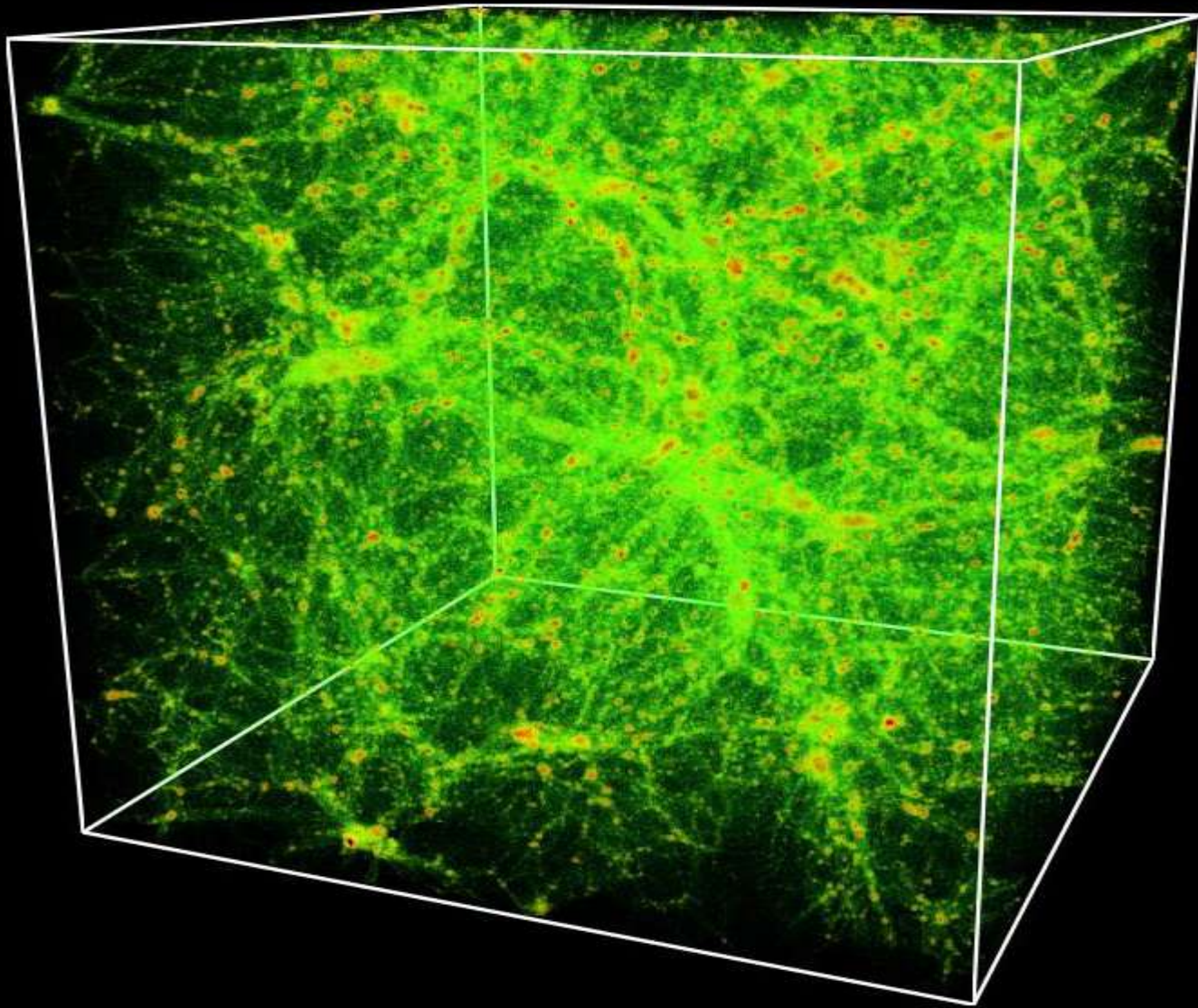
Cuerdas abiertas
entre branas

TEORÍA DE LAS CUERDAS: LAS D-BRANAS (membranas)

La *Teoría de cuerdas* necesita, para ser correcta, la existencia de **11 dimensiones** (o sea un *multiverso* de mundos paralelos...).

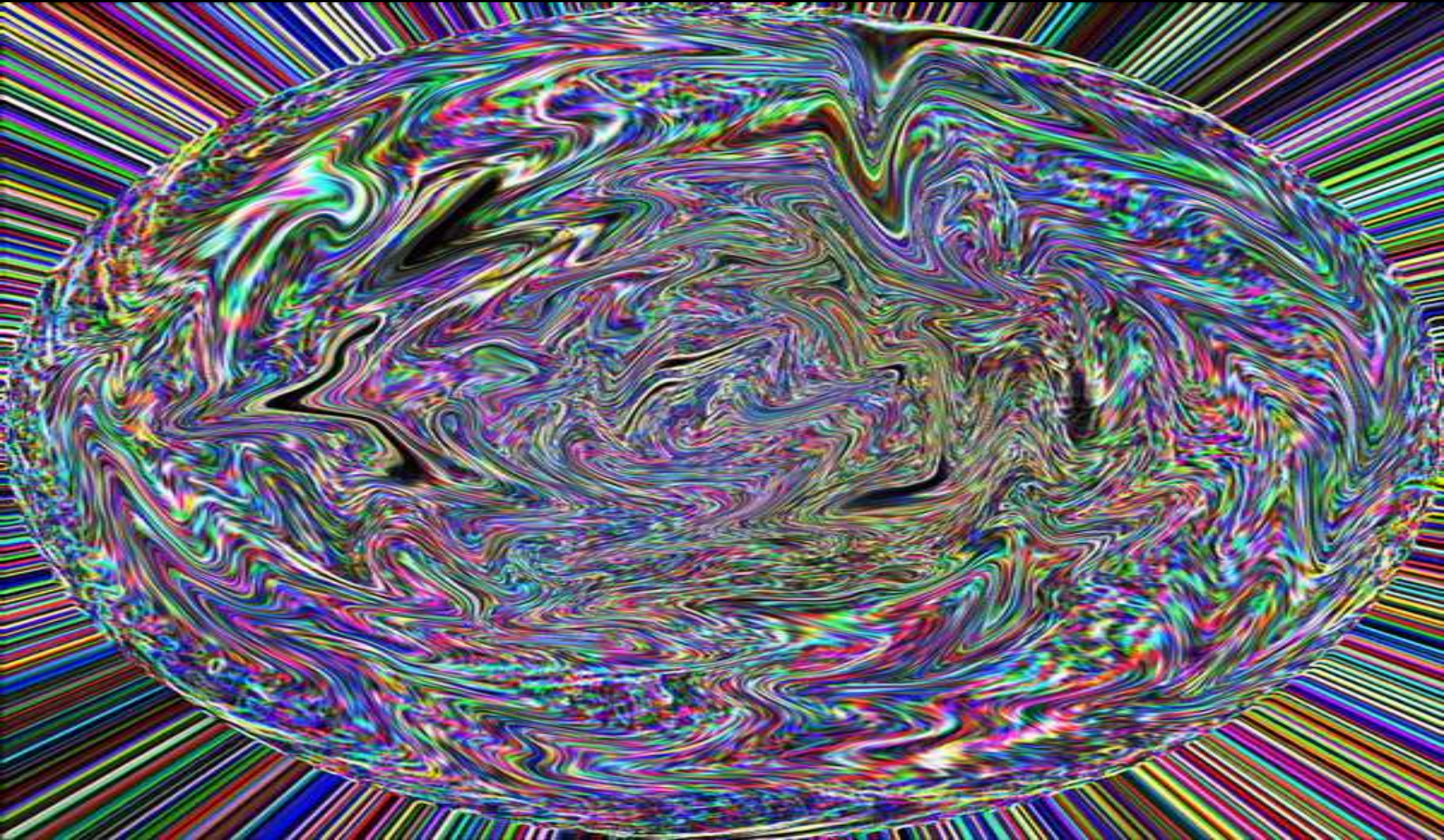


EL UNIVERSO EN LA ERA DE PLANCK SEGÚN LA Tª DE CUERDAS



2. ERA DE LA GRAN UNIFICACIÓN (10^{-43} a 10^{-35} s)

Se separó la **fuerza de la gravedad**, quedando las tres fuerzas restantes unidas bajo la forma de la **gran fuerza unificada**.

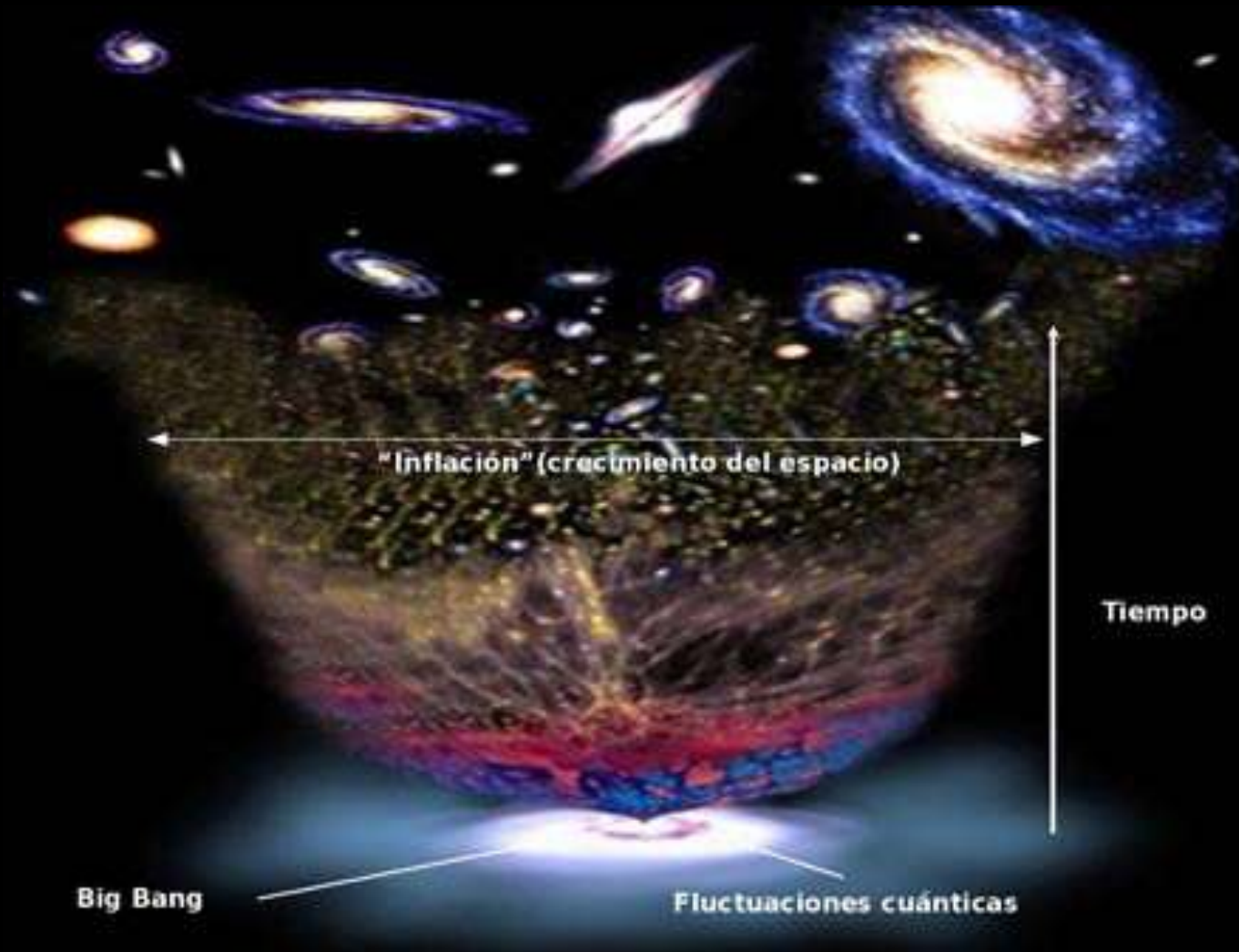


3. ERA DE LA INFLACIÓN CÓSMICA (10^{-35} a 10^{-32} s)



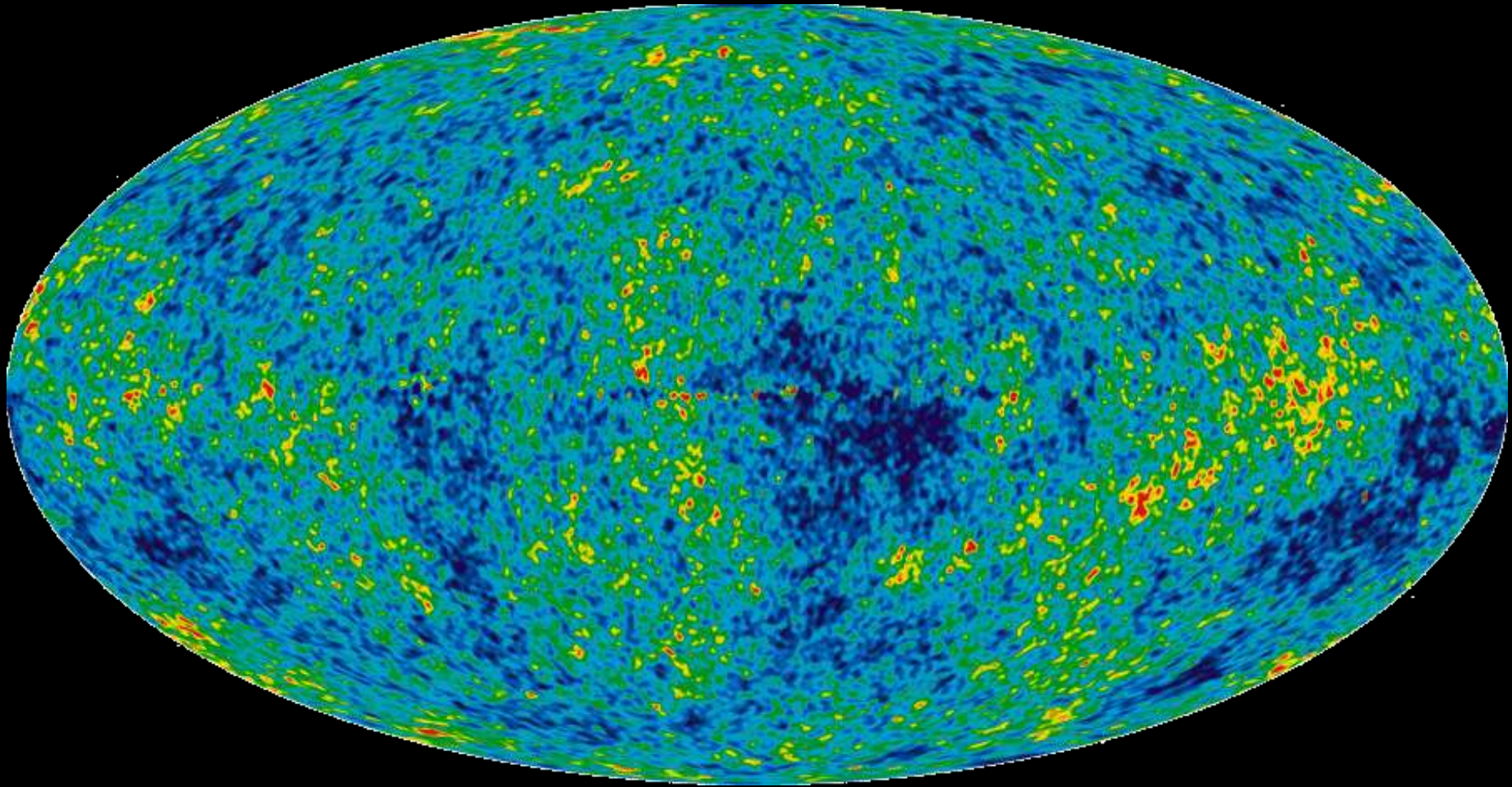
La inmensa energía desprendida por esta separación provocó la **gran inflación cósmica** del Universo, aumentando su tamaño unas 10^{100} veces.

3. ERA DE LA INFLACIÓN CÓSMICA (10^{-35} a 10^{-32} s)



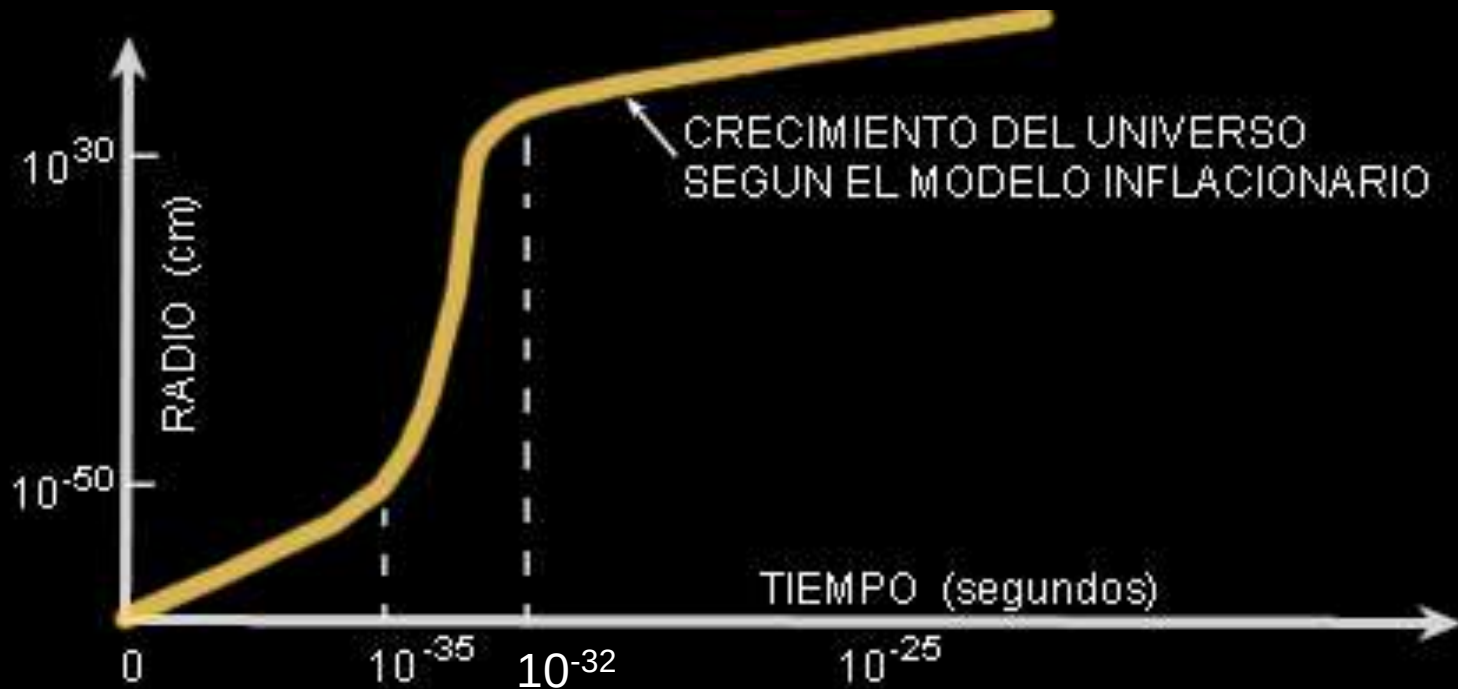
Este gran crecimiento hizo que surgieran **fluctuaciones** (unas zonas crecieron algo más rápido que otras), lo que provocó irregularidades o **arrugas** en el cosmos debidas a leves diferencias de temperatura y densidad. Estas "arrugas" fueron el germen de las futuras galaxias y de la misma estructura actual del Universo.

3. ERA DE LA INFLACIÓN CÓSMICA (10^{-35} a 10^{-32} s)



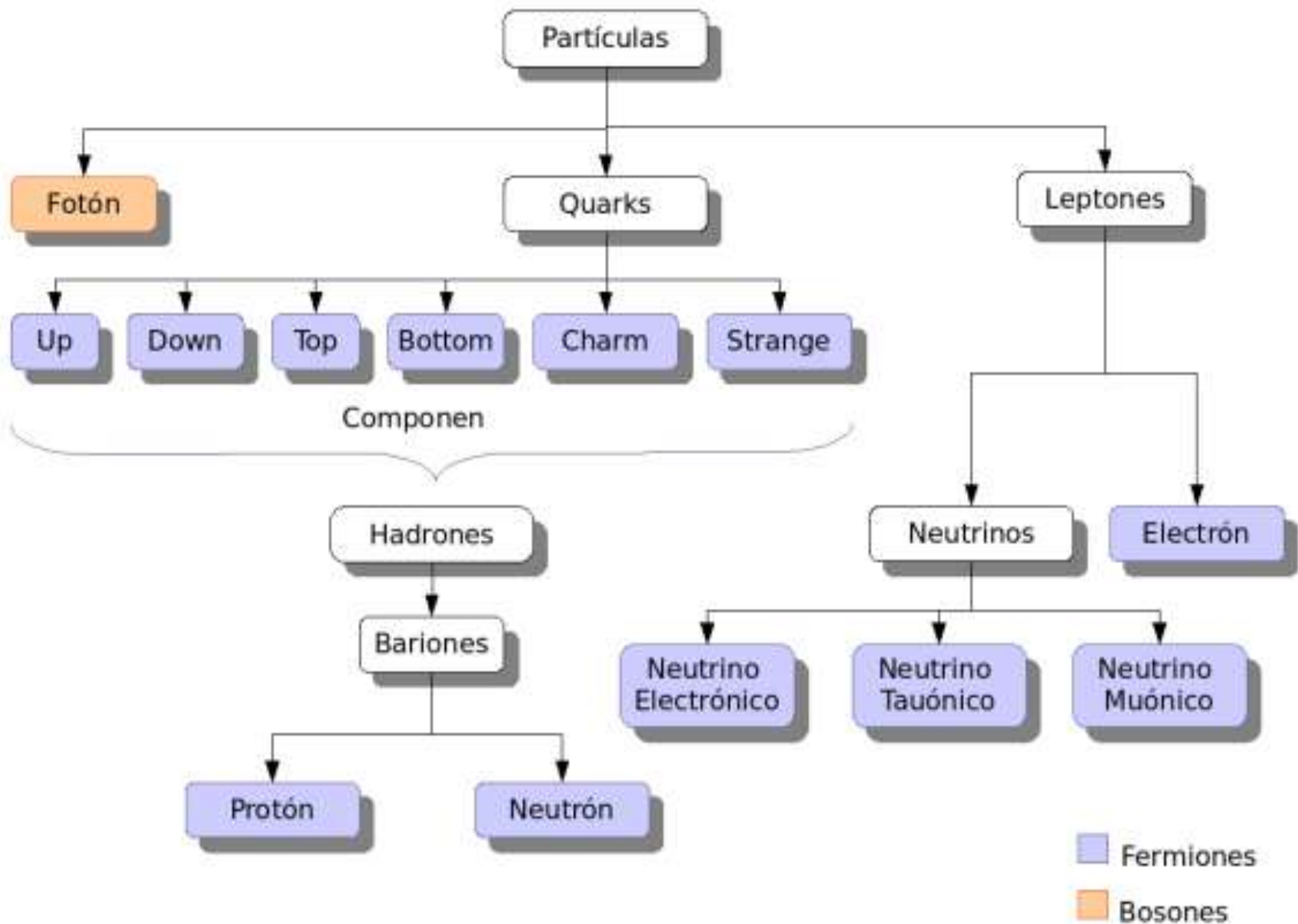
Estos **grupos** de la radiación cósmica de fondo captados por el WMAP corresponden a las pequeñas diferencias de densidad y de temperatura que hubo en la *Era de la inflación cósmica*.

3. ERA DE LA INFLACIÓN (10^{-35} a 10^{-32} s)



Al terminar esta era el universo ya contenía **partículas**: gluones, quarks, electrones, neutrinos y fotones, interaccionando con la **gravedad**, la **fuerza nuclear fuerte** y la **fuerza electrodébil**.

PARTÍCULAS ELEMENTALES (para consultar)



VOCABULARIO "CUÁNTICO" (para consultar)

Bosones

Son partículas elementales (junto con los **fermiones**). Son partículas portadoras de las interacciones fundamentales. Los **fotones** de luz son un ej. de bosones. También son bosones los **gluones**.

Gluones

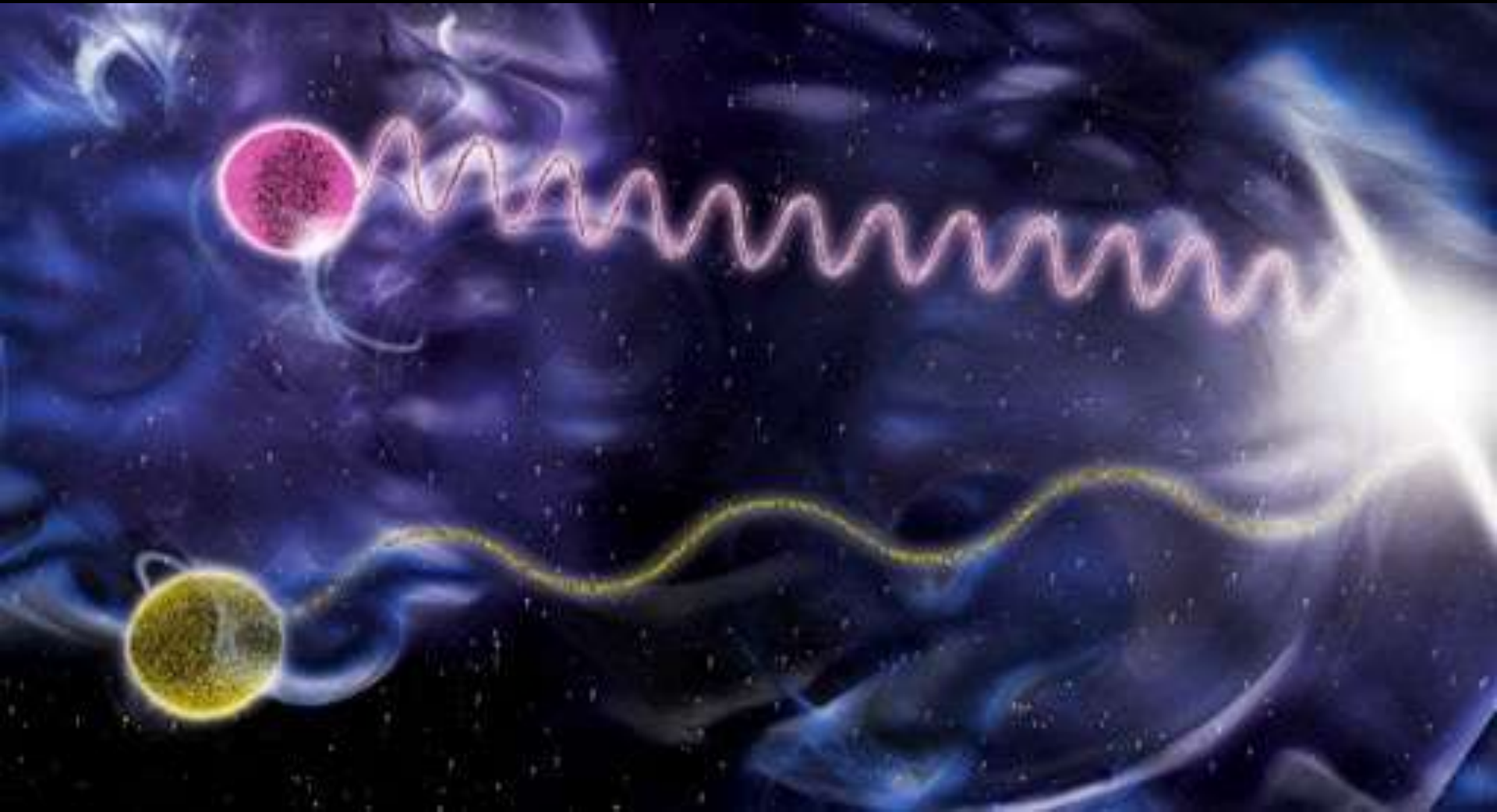
Son los **bosones** portadores de la interacción nuclear fuerte. No posee masa ni carga eléctrica, pero transmiten, y sufren, la interacción fuerte.

Quarks

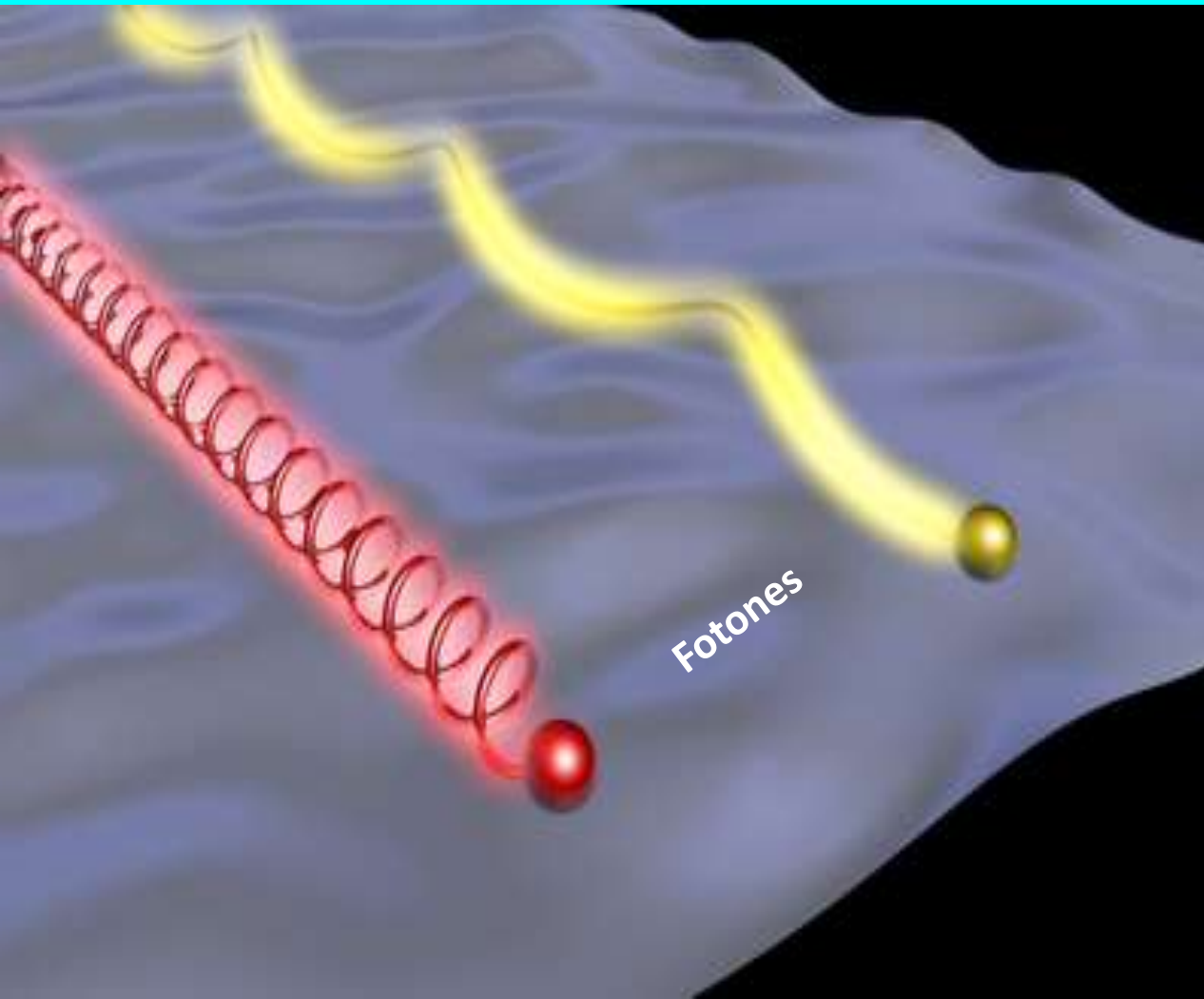
Son un tipo de **fermiones**. Son, junto a los **leptones**, (**electrones**,...) los constituyentes fundamentales de la materia visible. Son las únicas partículas fundamentales que interactúan con las cuatro fuerzas fundamentales. No hay quarks aislados; éstos siempre se encuentran en grupos, llamados **hadrones**, de dos o tres quarks, conocidos como **mesones** (piones,...) y **bariones** (**protones**, **neutrones**,...), respectivamente.

4. ERA ELECTRODÉBIL (10^{-32} a 10^{-12} s) (energía $\rightarrow$ materia)

Al separarse las fuerzas, se liberó una inmensa cantidad de energía fotónica, y al enfriarse el Universo a 10^{27} °K, los fotones se materializan y dan lugar a los **quarks** y a los **antiquarks**. Estos chocaban y daban lugar a nuevos **fotones**.



4. ERA ELECTRODÉBIL (10^{-32} a 10^{-12} s) (energía $\rightarrow$ materia)

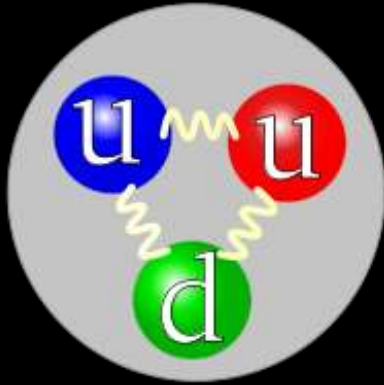


Al disminuir más la temperatura por la expansión, los fotones ya no podían materializarse en pares de quarks-antiquarks, pero éstos seguían colisionando generando fotones.

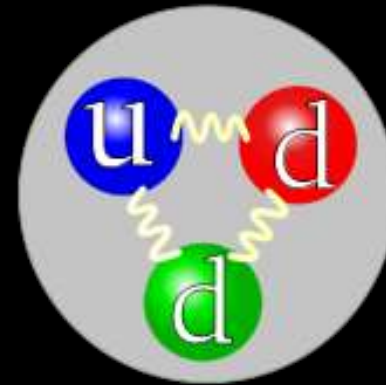
Pero hubo una asimetría de las leyes físicas: por cada 10^9 antiquarks, surgían $10^9 + 1$ quarks. Estos quarks “supervivientes” conforman la materia actual del Universo.

5. ERA HADRÓNICA (10^{-12} a 10^{-3} s)

El enfriamiento hizo que la fuerza nuclear fuerte actuase sobre los **quarks**. Éstos fueron confinados por los **gluones**, permitiendo la formación de **partículas bariónicas** (una subclase de **hadrones**): protones y neutrones (y sus correspondientes *antipartículas*), que más tarde formarían los núcleos de los primeros elementos químicos.



Protón



Neutrón

6. ERA LEPTÓNICA (10^{-3} a 1 s)

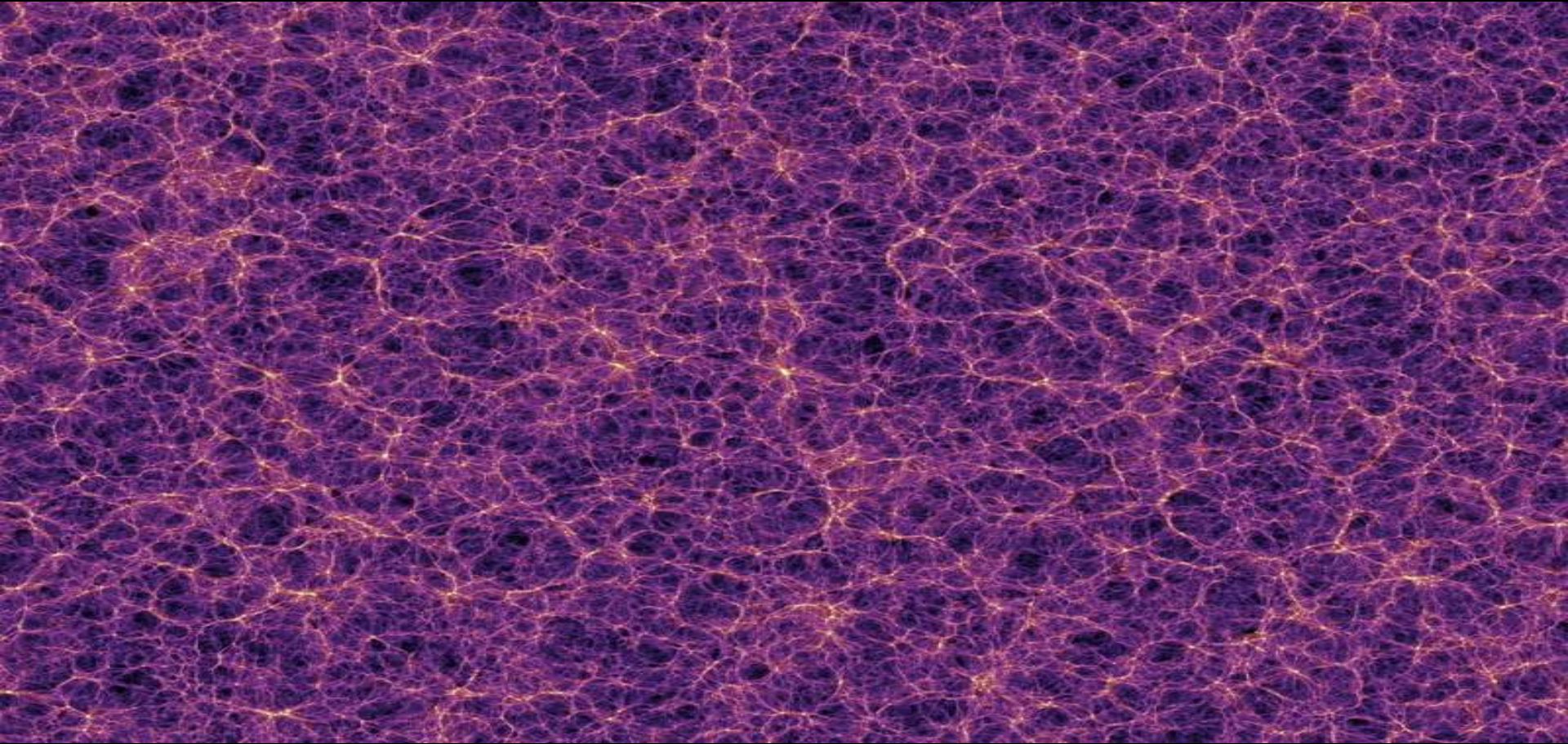
La temperatura era suficientemente baja para que la energía de la radiación fotónica se materializase en pares de **leptones-antileptones** (electrones,...) hasta que al final cesó la generación de más pares de materia y antimateria.

Leptons	<2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.19 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<18.2 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	106 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.78 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau

Al final de esta era toda la antimateria había desaparecido, produciendo una gran cantidad de energía radiante de fotones. Su residuo actual constituye la **radiación cósmica de fondo de microondas**.

7. ERA DE LA NUCLEOSÍNTESIS (1 s a 300.000 años)

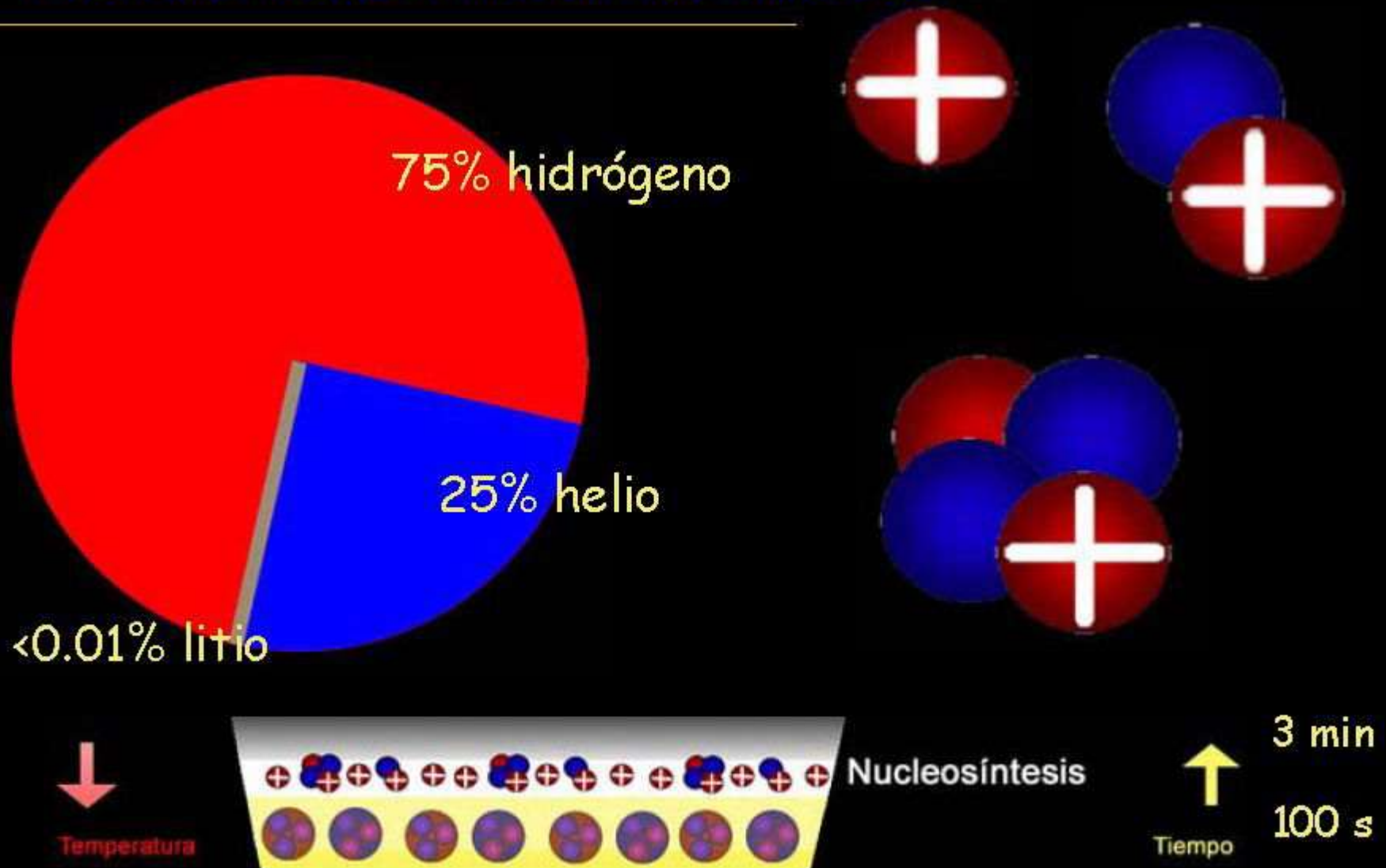
La temperatura era lo suficientemente baja para permitir la unión entre protones y neutrones, formándose núcleos de H, He y algo de Li.



Toda la materia estaba suspendida en un océano de luz en forma de plasma muy denso, donde los núcleos de los átomos están dissociados en sus electrones. Al no haber fotones libres debido a la alta densidad, el universo era oscuro.

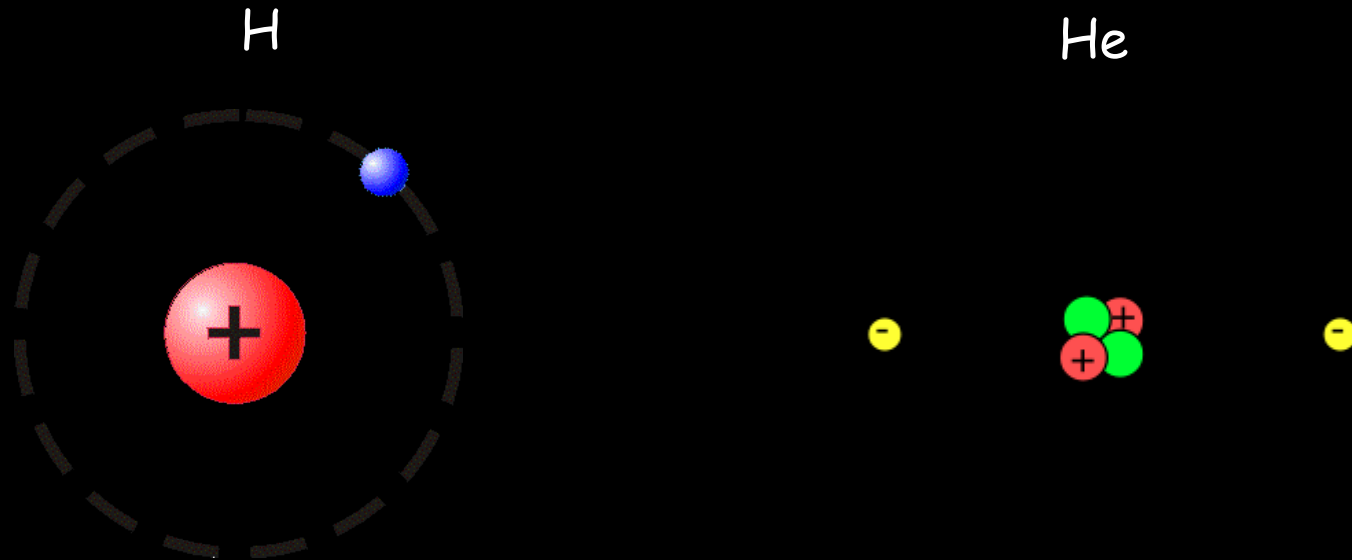
7. ERA DE LA NUCLEOSÍNTESIS (1 s a 300.000 años)

Nucleosíntesis: nacen los núcleos



8. ERA DE LOS ÁTOMOS (Universo transparente) (300.000 a 10^6 años)

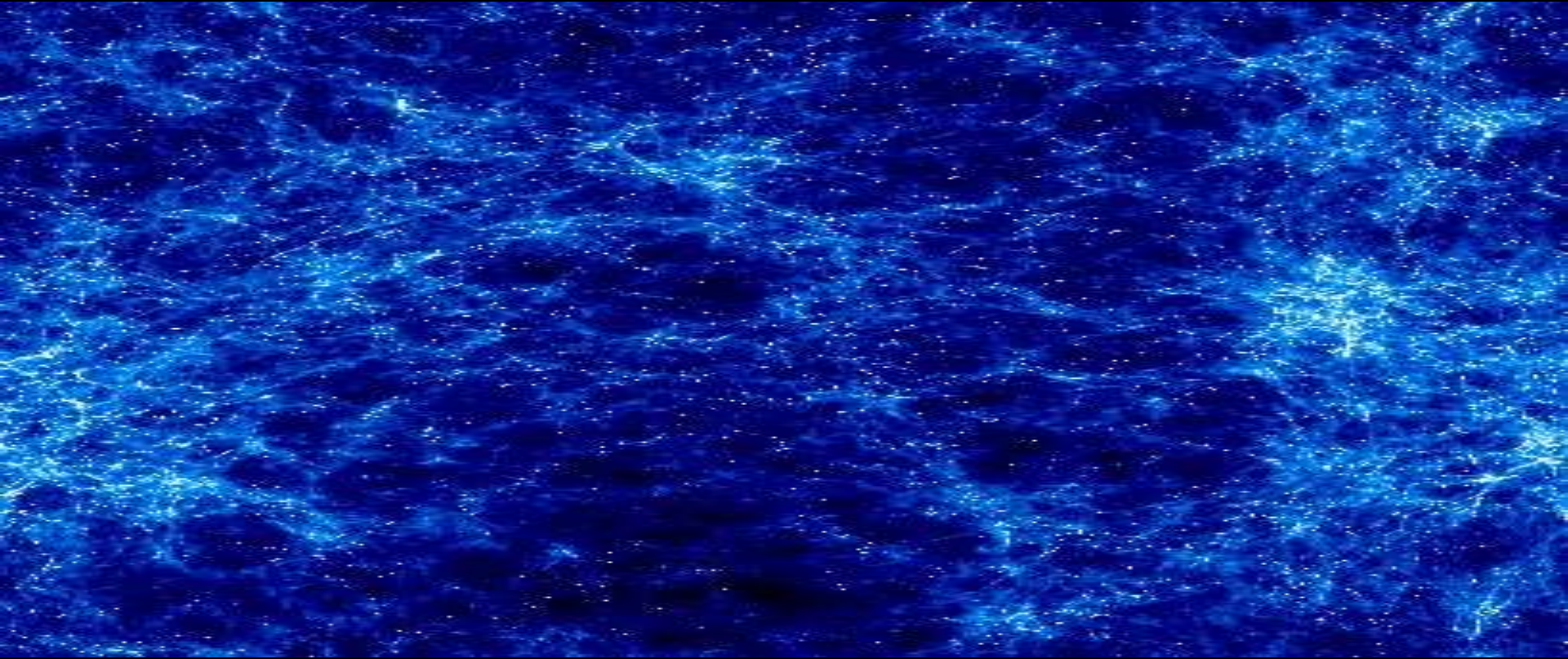
Al llegar a los 6000 °K, la fuerza electromagnética actúa haciendo estable la asociación entre los núcleos (+) y los electrones (-), surgiendo así los primeros átomos de H, He y algo de Li.



Al combinarse los electrones con los núcleos, la densidad de las partículas disminuyó enormemente, y dejaron de interactuar con los fotones, aclarándose la niebla cosmológica. El universo se volvió transparente.

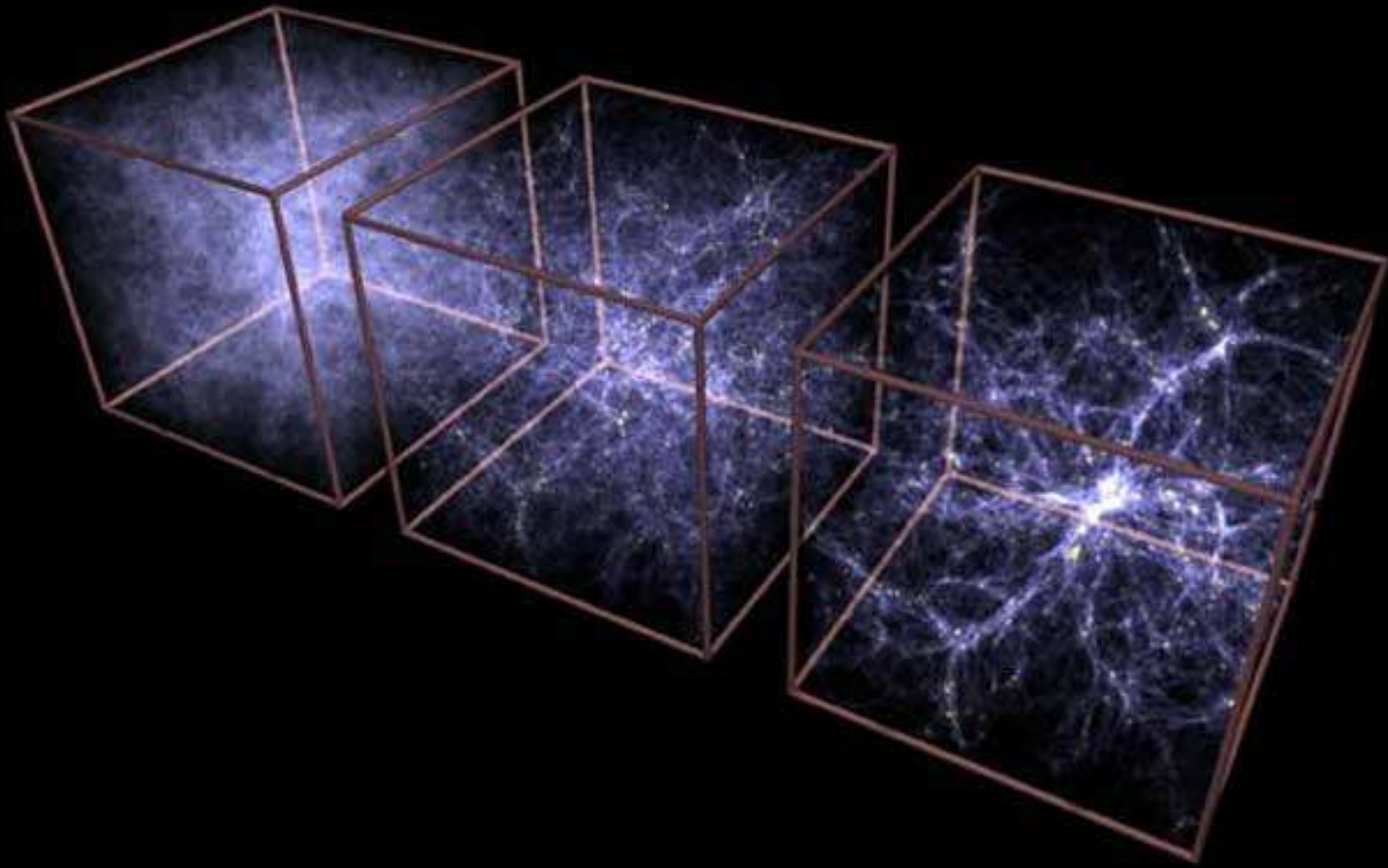
9. ERA DE LAS GALAXIAS (10^6 años a la actualidad)

La temperatura es de unos 18 °K. Los átomos de H, He y Li formaron una inmensa **nebulosa primordial** a partir de la cual, se formaron las **galaxias** .

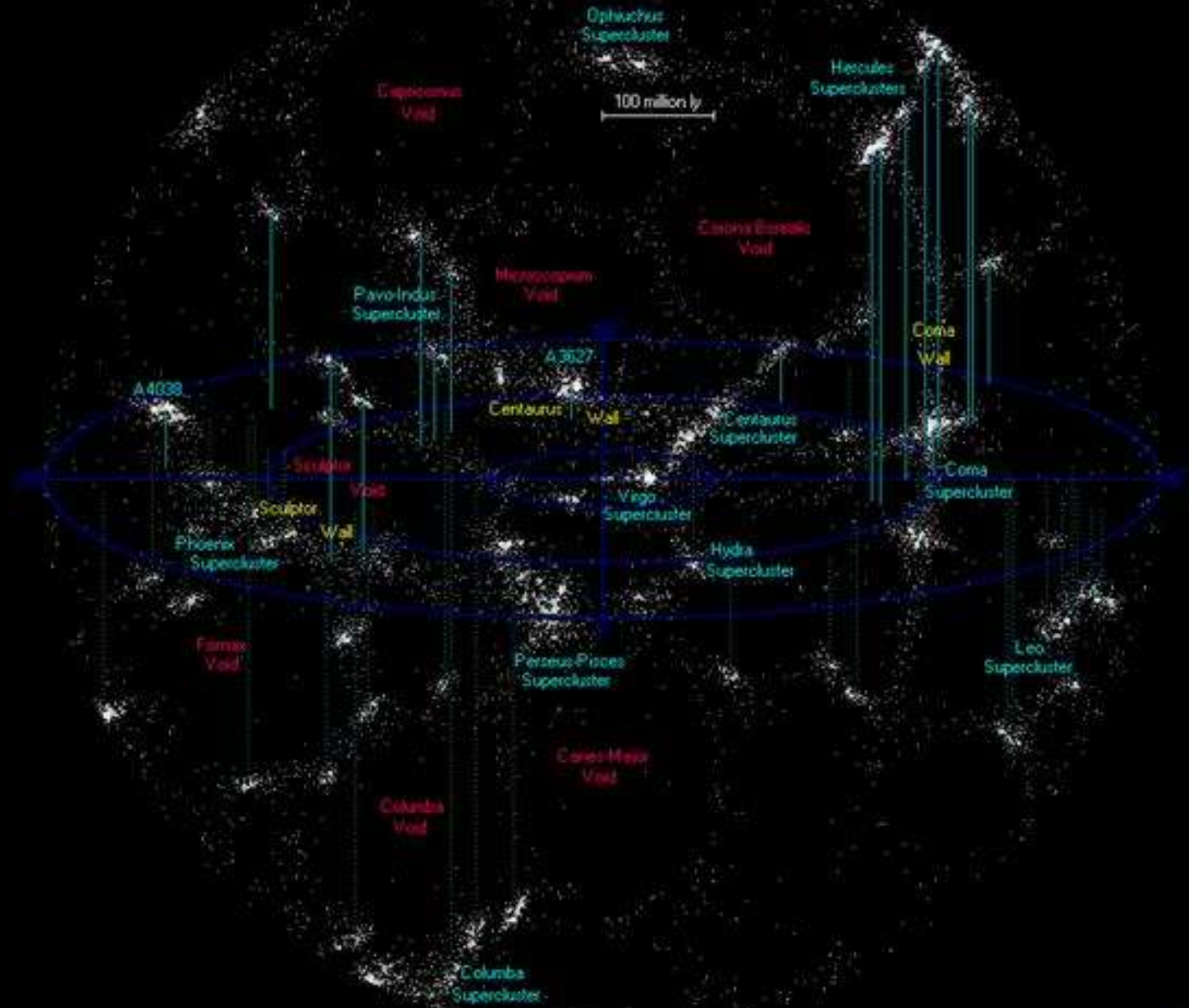


La gravedad actuó sobre las fluctuaciones iniciales en la densidad y temperatura de la materia, generadas durante la *inflación del Universo*, desgajando en **filamentos y grumos** la nebulosa primordial. Por ello, las galaxias se agrupan en cúmulos, supercúmulos y filamentos, dando al Universo un aspecto esponjoso.

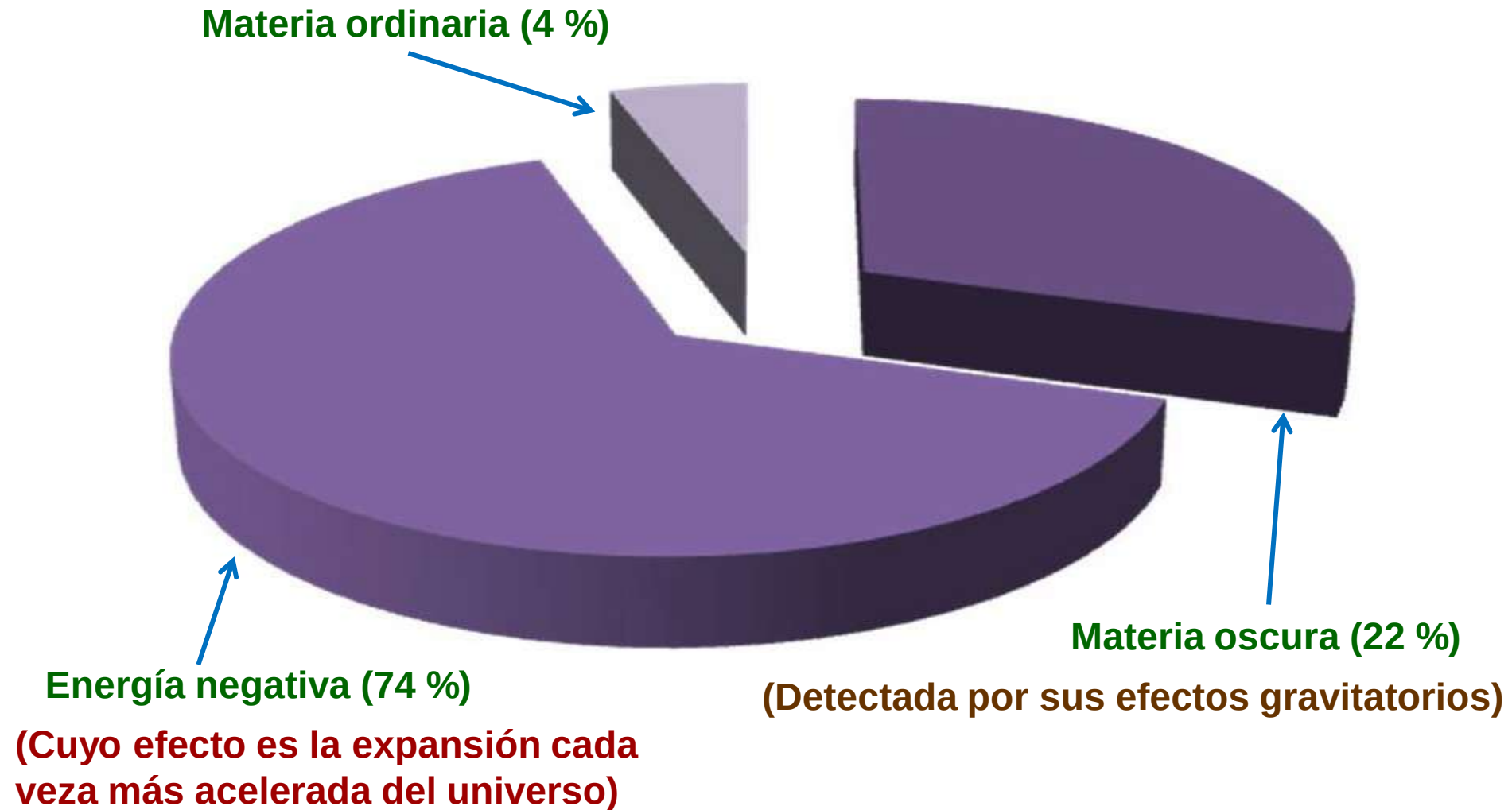
EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO HASTA LLEGAR AL ACTUAL



ASPECTO BURBUJEANTE DEL UNIVERSO ACTUAL

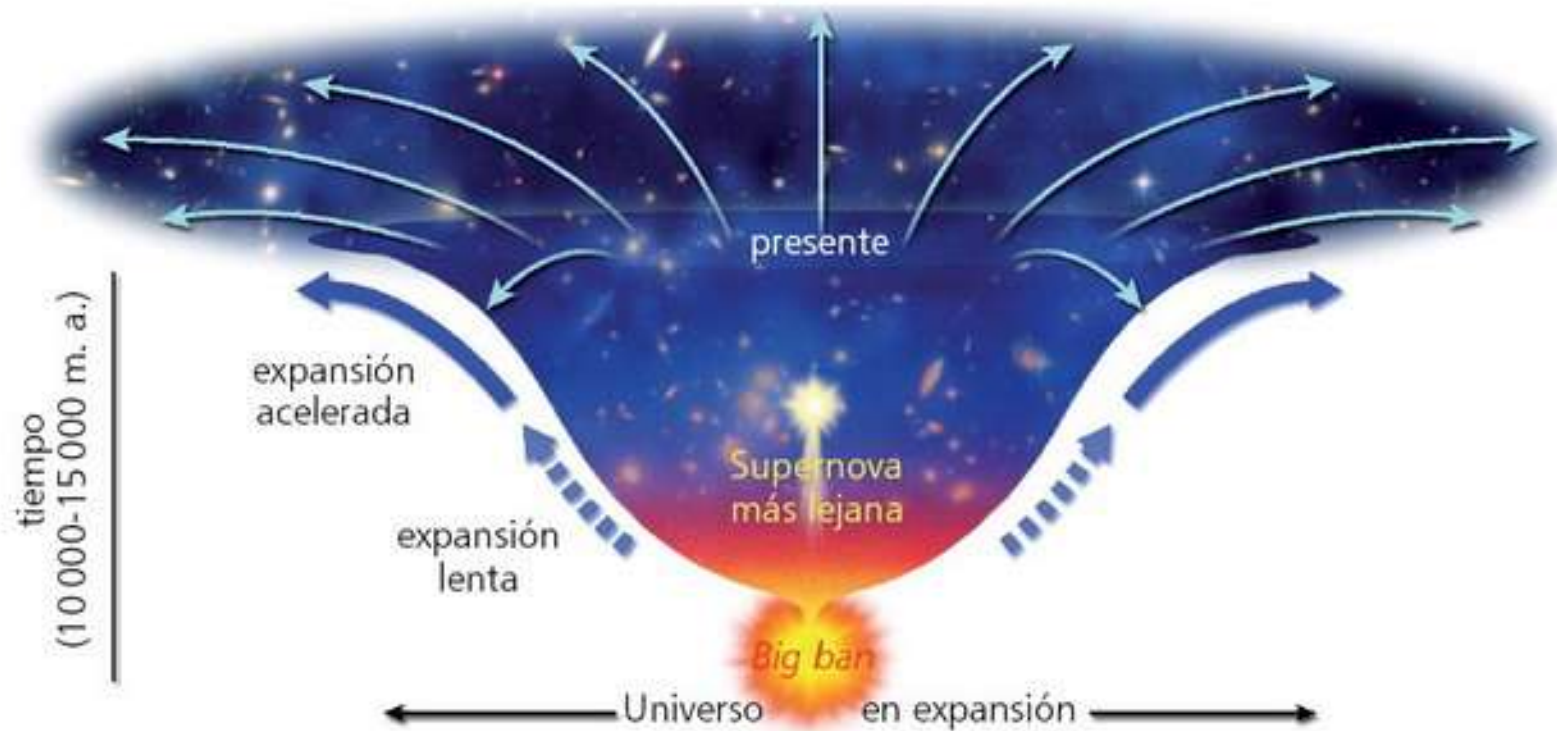


MATERIA OSCURA Y ENERGÍA NEGATIVA



Los porcentajes se refieren a la densidad de materia-energía del Universo.

PROBLEMAS QUE PRESENTA LA TEORÍA DEL BIG-BANG



La teoría del Big-Bang no explica la naturaleza de la materia oscura ni la de la energía oscura. Tampoco se comprende bien por qué se produce la inflación cósmica.

MODELOS DEL FUTURO DEL UNIVERSO

(A)



Big Crunch (Gran Contracción) / Universo pulsante

Universo cerrado donde se supera la densidad crítica y la gravedad invierte la expansión, hasta alcanzar la singularidad inicial. Podría haber infinitos ciclos de expansión-comprensión.

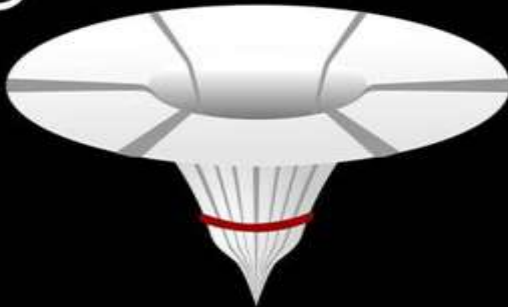
(B)



Big Chill (Gran Enfriamiento)

Universo abierto donde no se supera la densidad crítica y la gravedad no puede frenar la expansión. El espacio se expandiría indefinidamente en medio del frío y la oscuridad más absoluta.

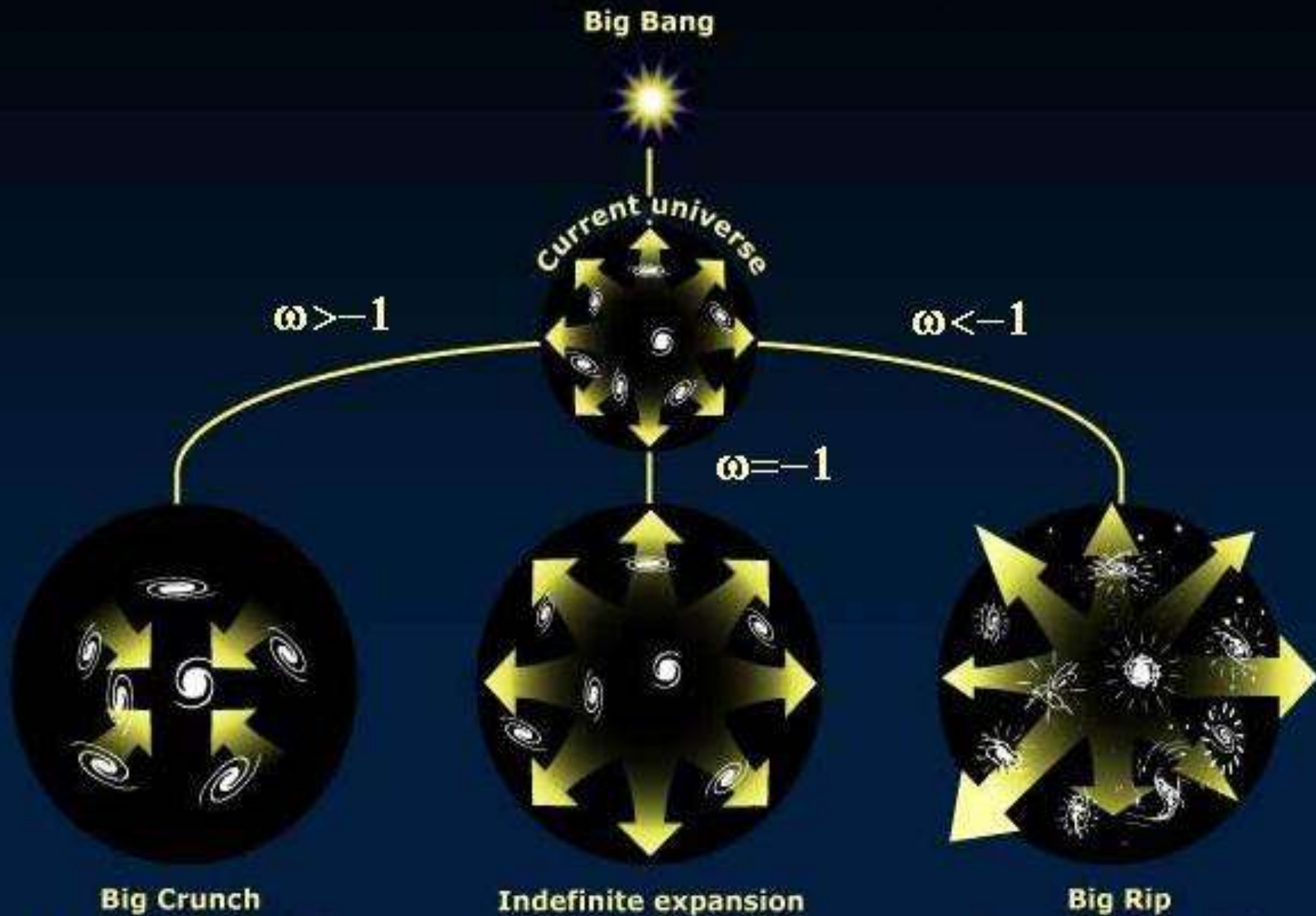
(C)



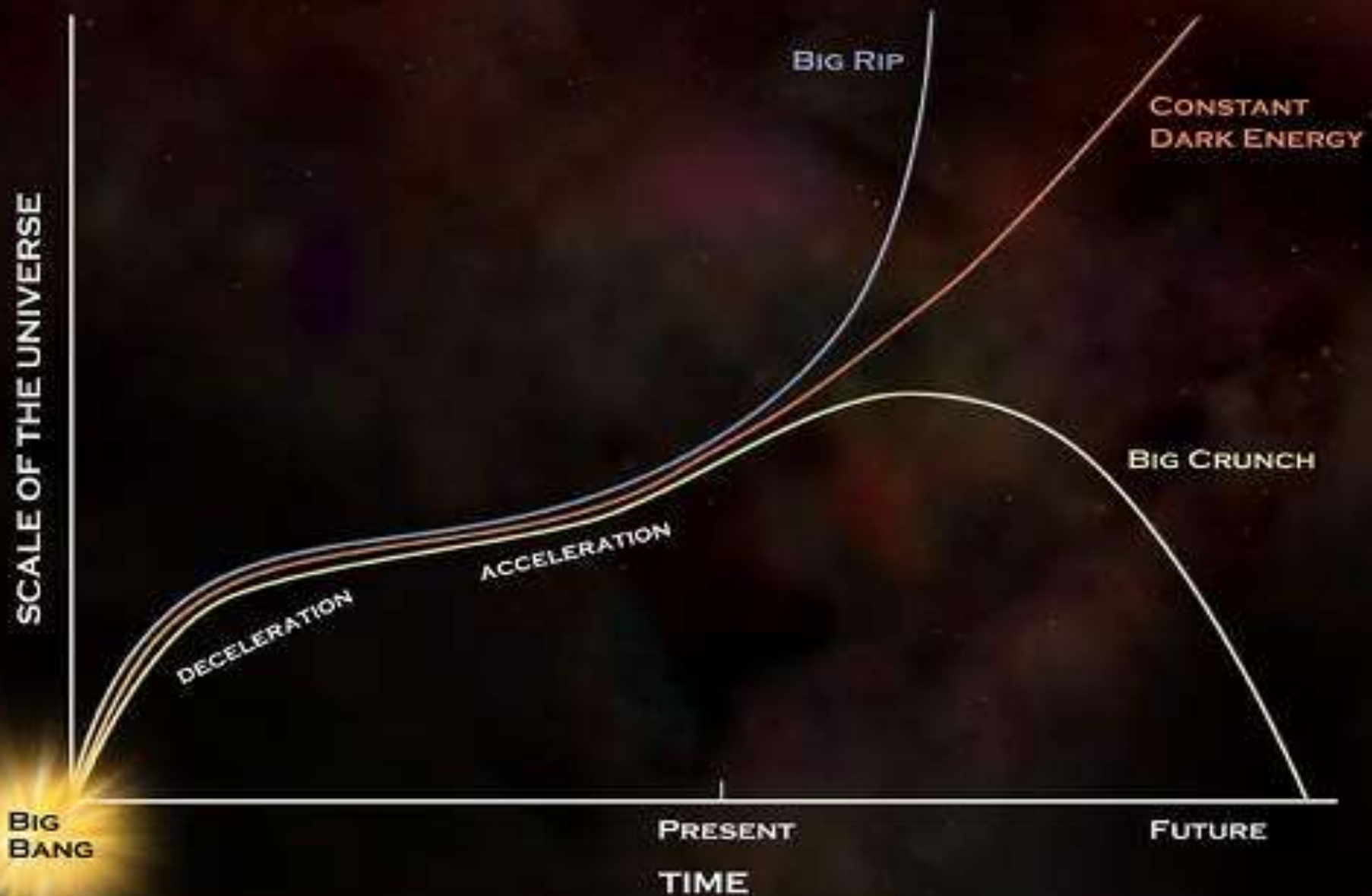
Big Rip (Gran Desgarramiento)

Universo próximo a la densidad crítica, pero la fuerza repulsiva de la energía oscura superaría a la gravedad. Una expansión tan acelerada provocaría el desgarramiento del Universo y su evaporación.

MODELOS DEL FUTURO DEL UNIVERSO

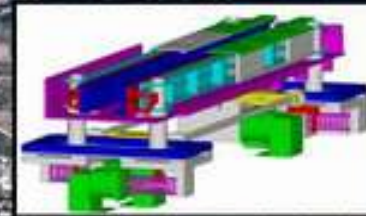
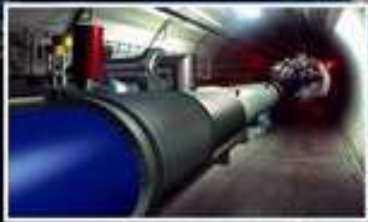


MODELOS DEL FUTURO DEL UNIVERSO

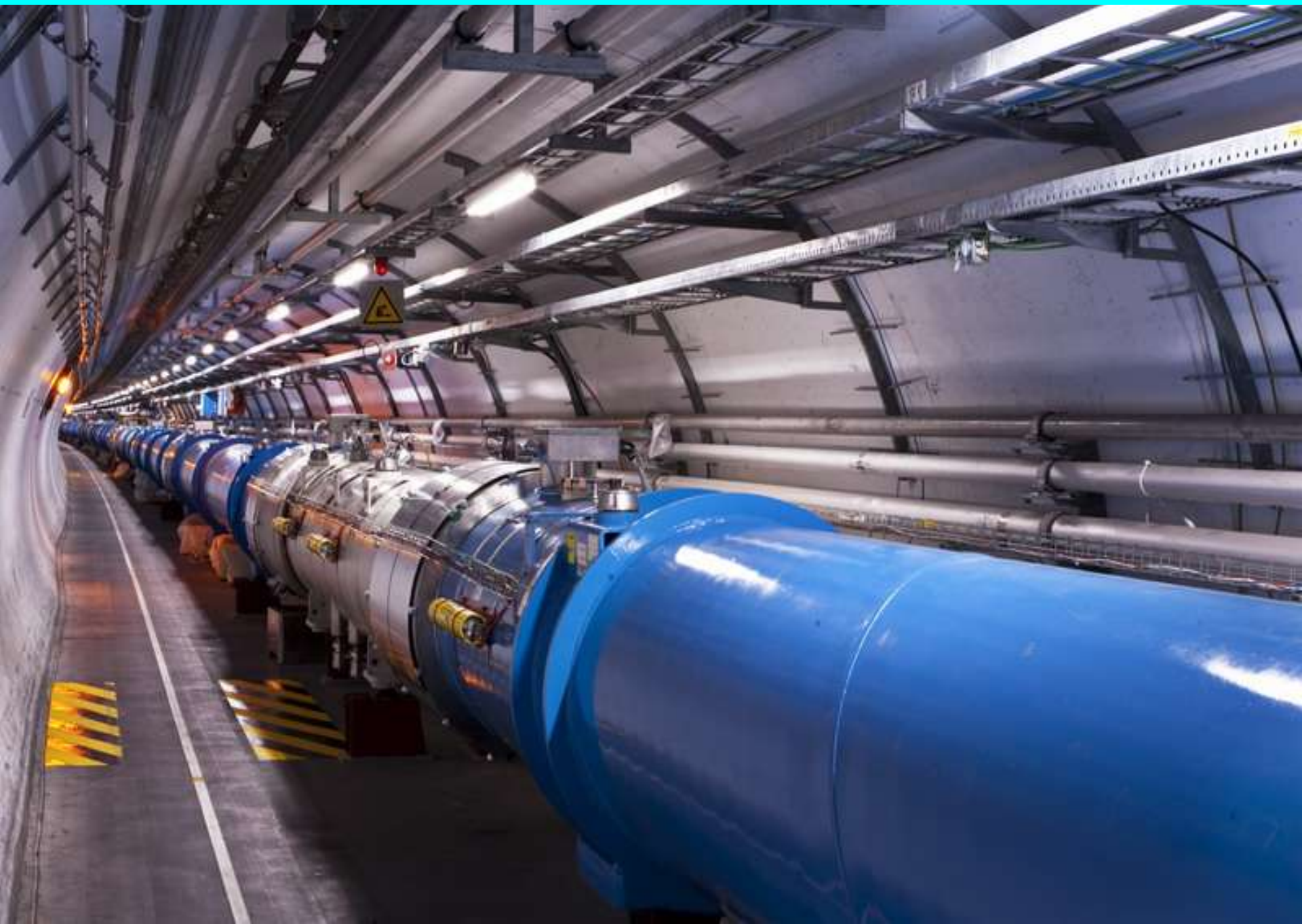


COLISIONADOR LHC DEL CERN

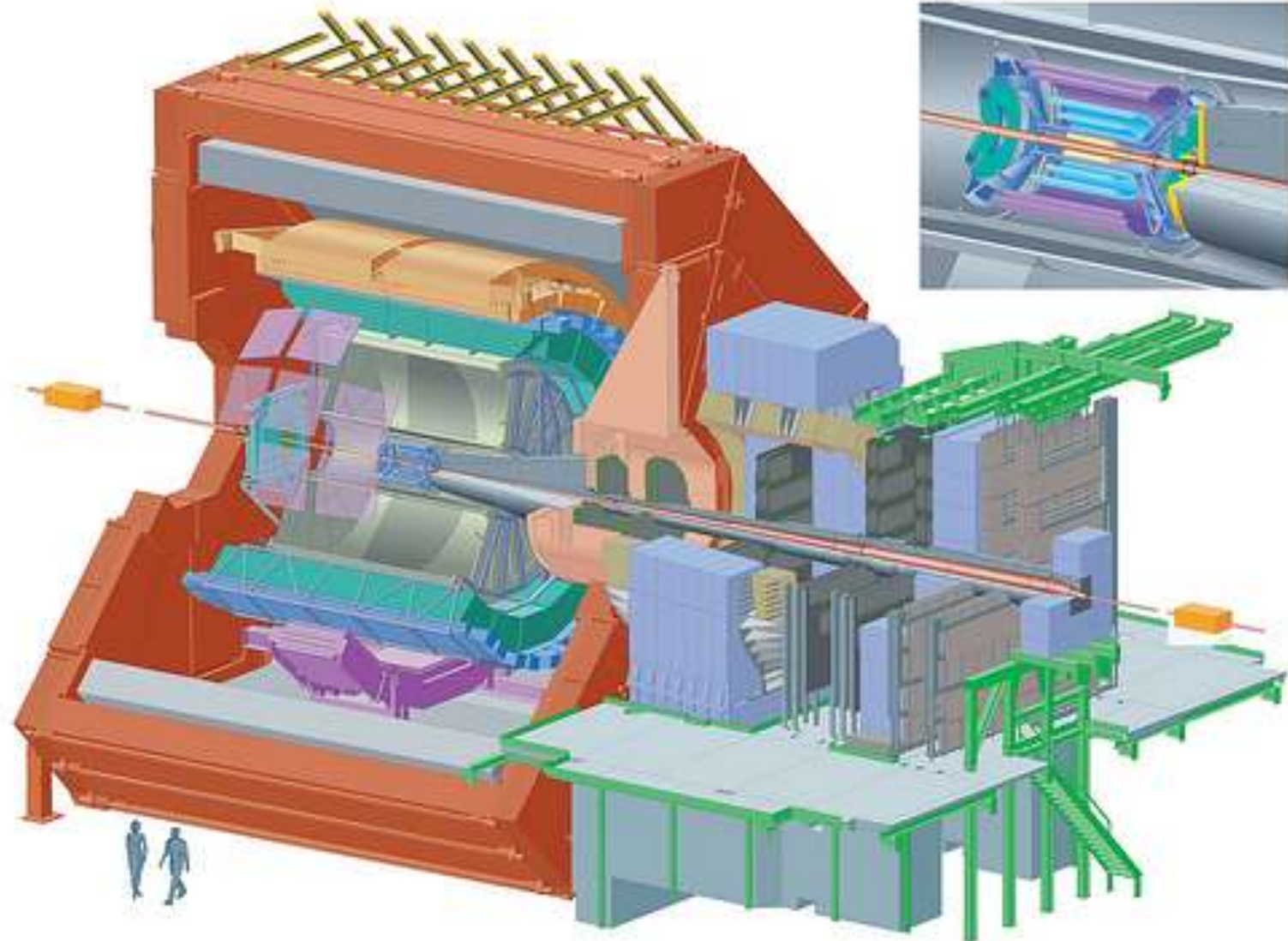
Aquí se estudian las partículas que componen la materia-energía del Universo



COLISIONADOR LHC DEL CERN



DETECTOR DE PARTÍCULAS



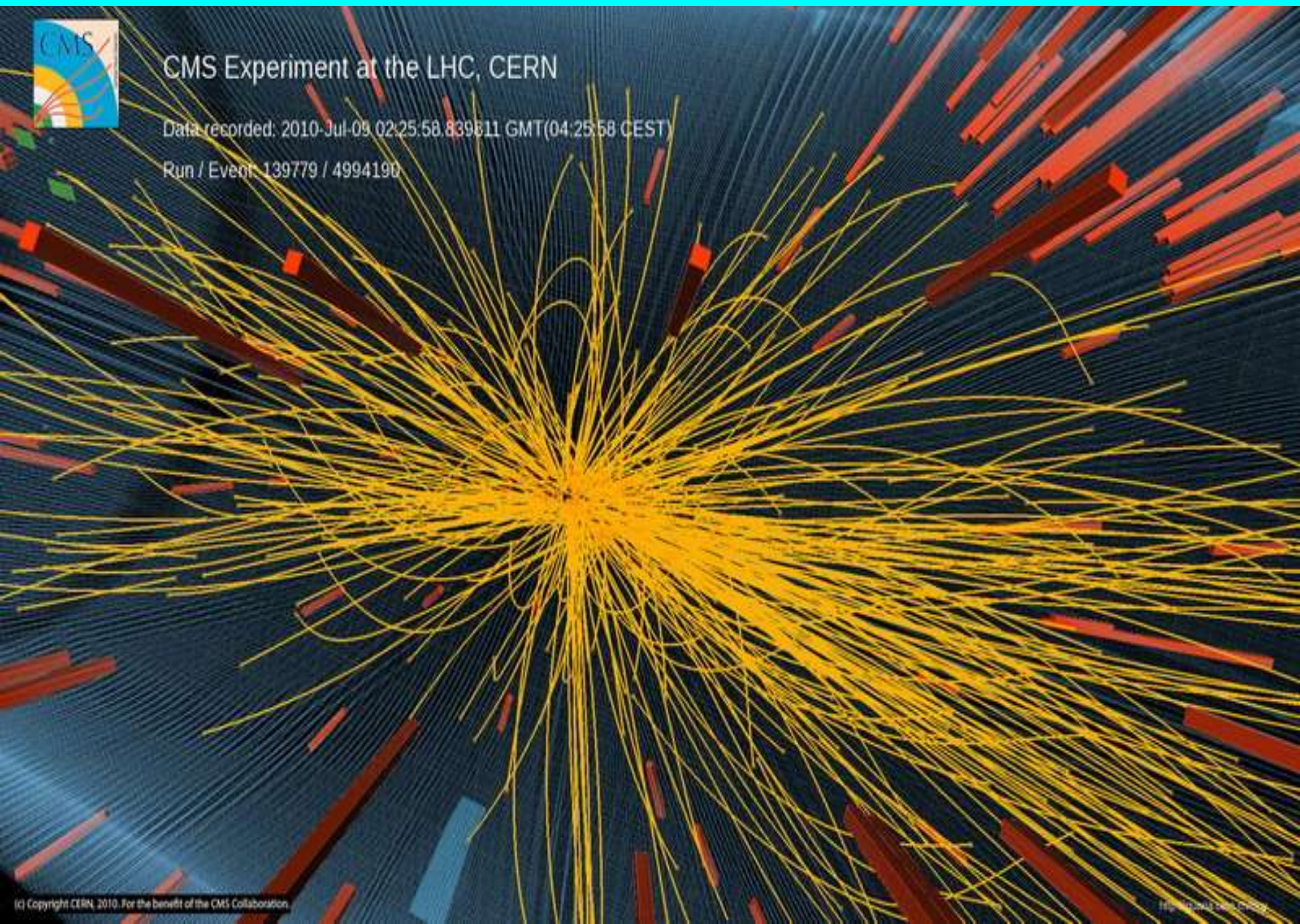
RASTROS DEJADOS POR LAS PARTÍCULAS SUBATÓMICAS



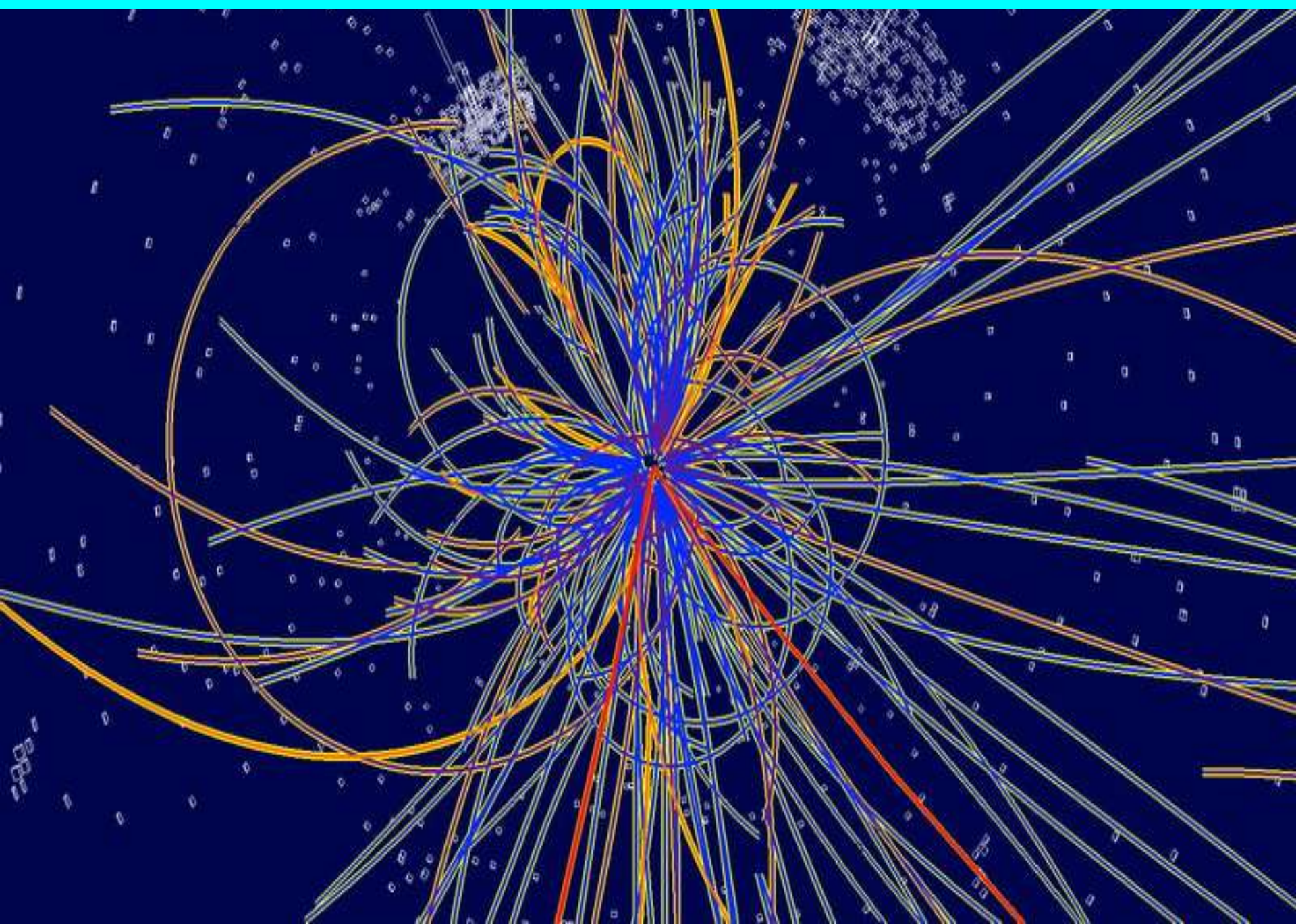
CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2010-Jul-09 02:25:58.839811 GMT(04:25:58 CEST)

Run / Event: 139779 / 4994190



RASTROS DEJADOS POR LAS PARTÍCULAS SUBATÓMICAS





FIN