

Preguntas sobre la Vida, el Universo, y Todo lo Demás

Física de Partículas y Cosmología

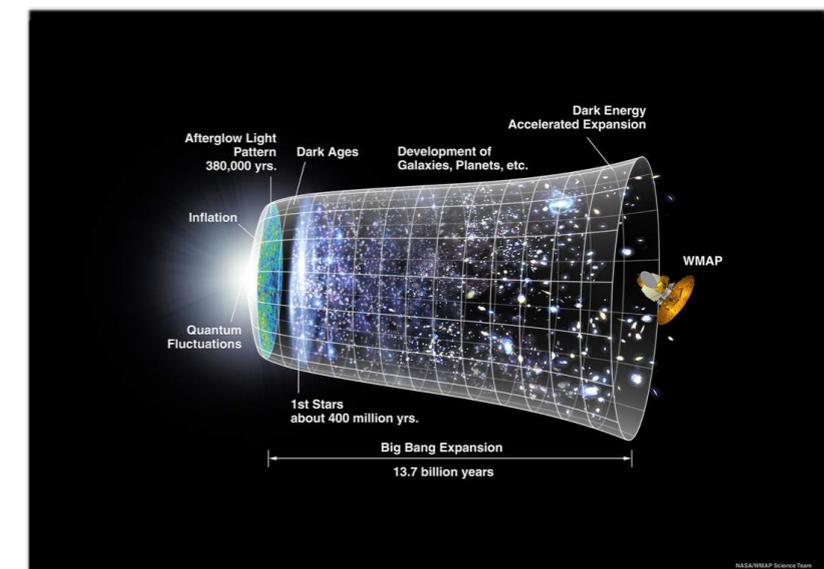
Carlos Pena



Three Generations of Matter (Fermions)				
	I	II	III	
mass→	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name→	u up	c charm	t top	γ photon
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	$\frac{1}{2}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z weak force
Leptons	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	e electron	μ muon	τ tau	W weak force

Bosons (Forces)

IES Cañada Real, Galapagar
04/04/2014





Lo más hermoso que podemos experimentar es el misterio: es la fuente de todo el arte auténtico, y de toda la ciencia. Quien no conoce la emoción de lo misterioso, quien ya no se para a contemplar y a quedarse pasmado, vive como si estuviera muerto: sus ojos están cerrados.

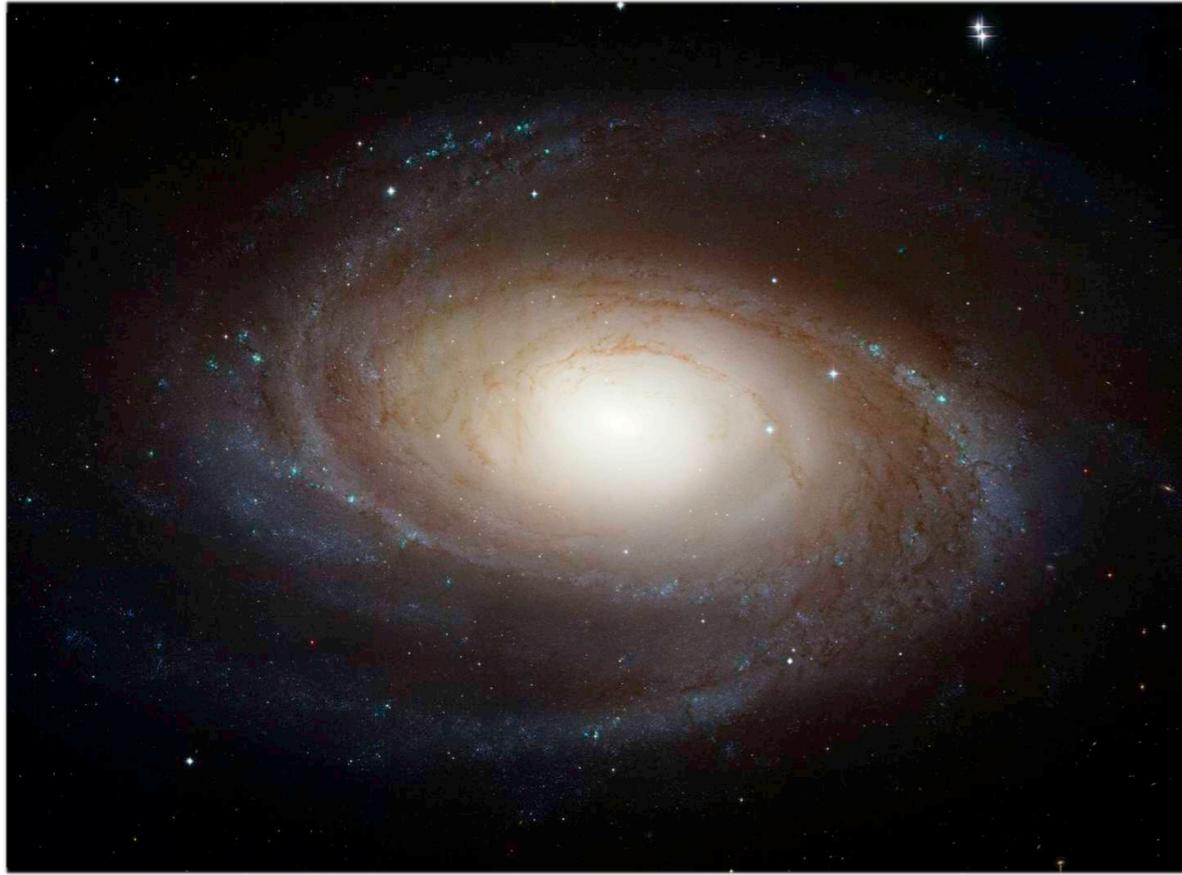
Albert Einstein



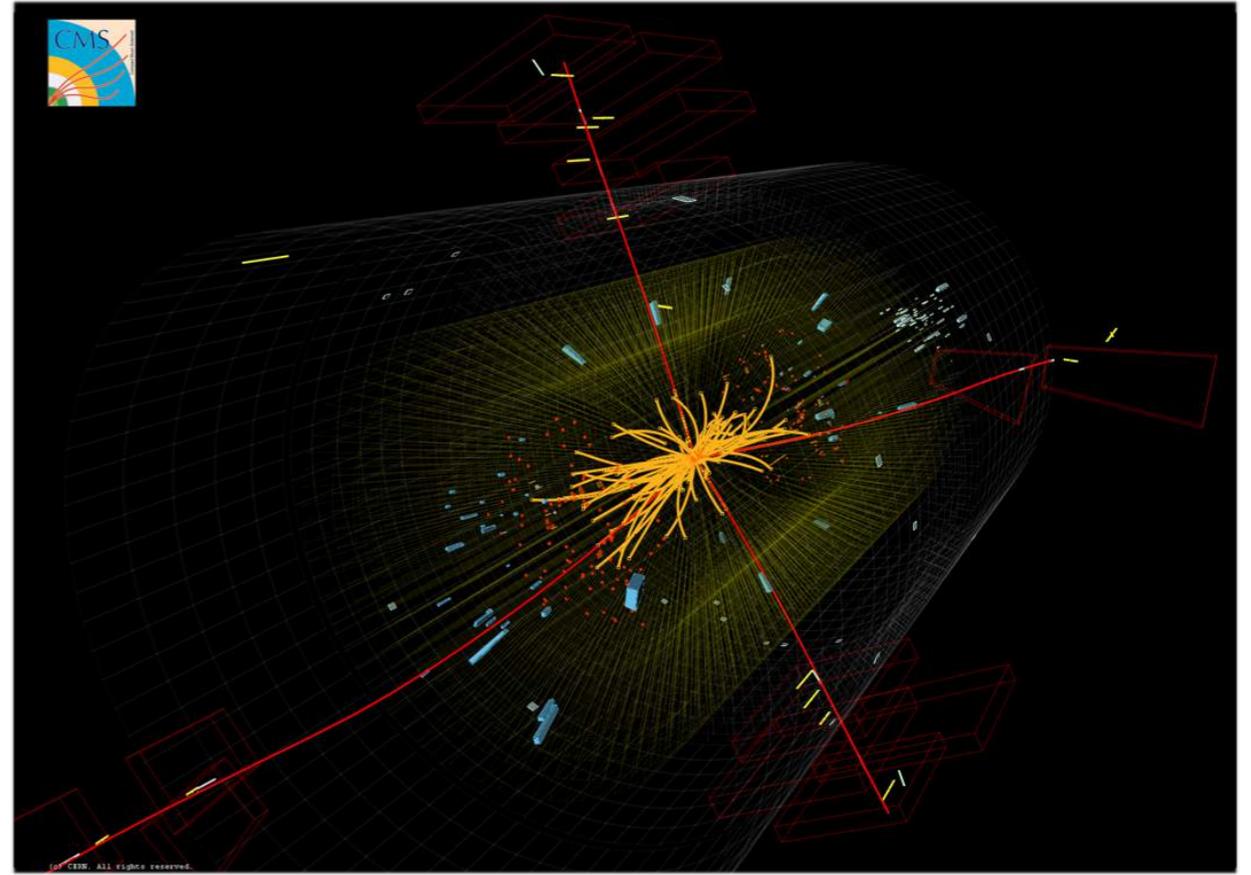
viaje cósmico



cosmología y física de partículas



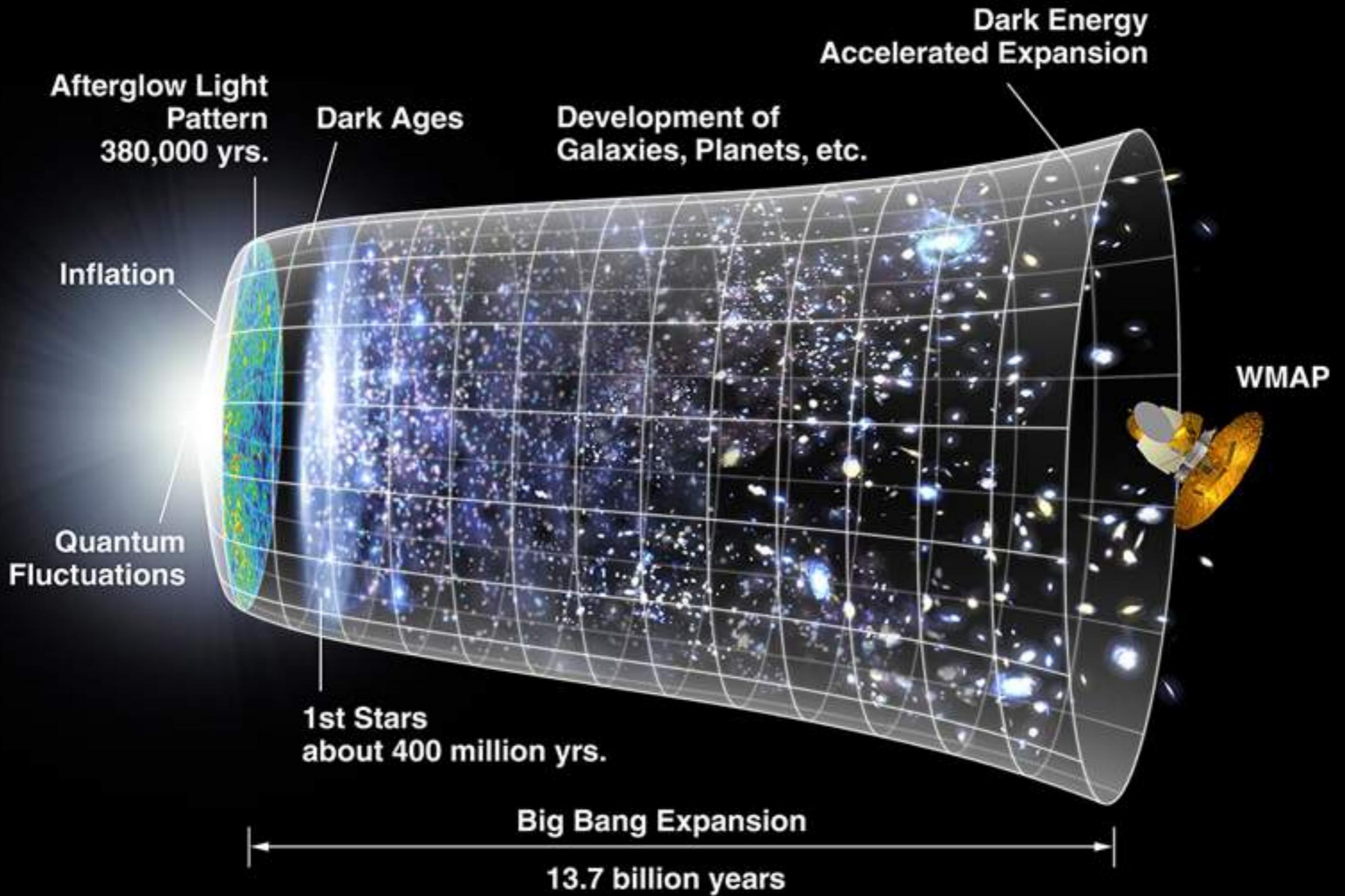
observación



experimento

Cuando tratamos de aislar algo que encontramos en la Naturaleza y considerarlo por sí mismo nos damos cuenta de que está atado, con mil hilos irrompibles, a todo el resto del Universo.

John Muir

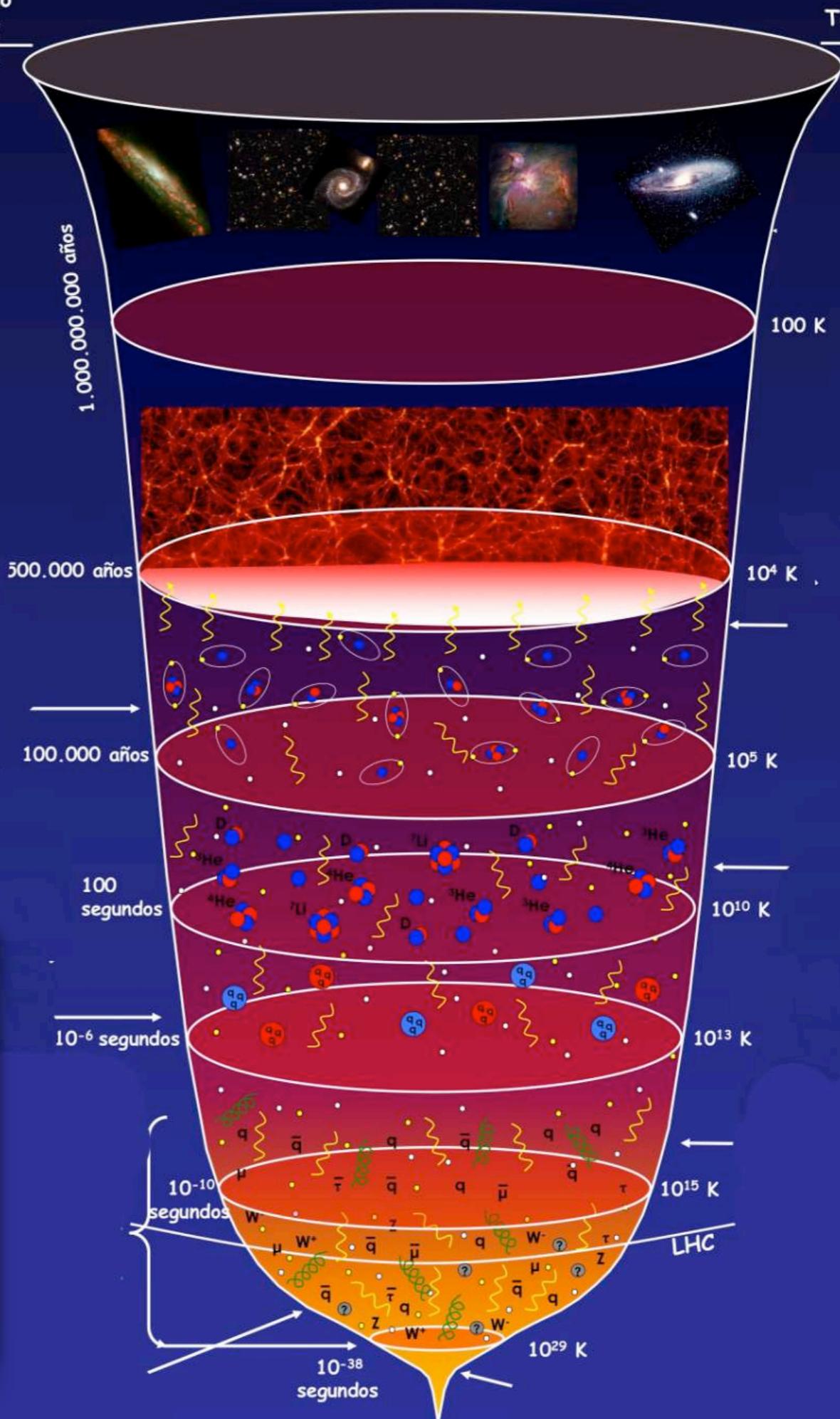


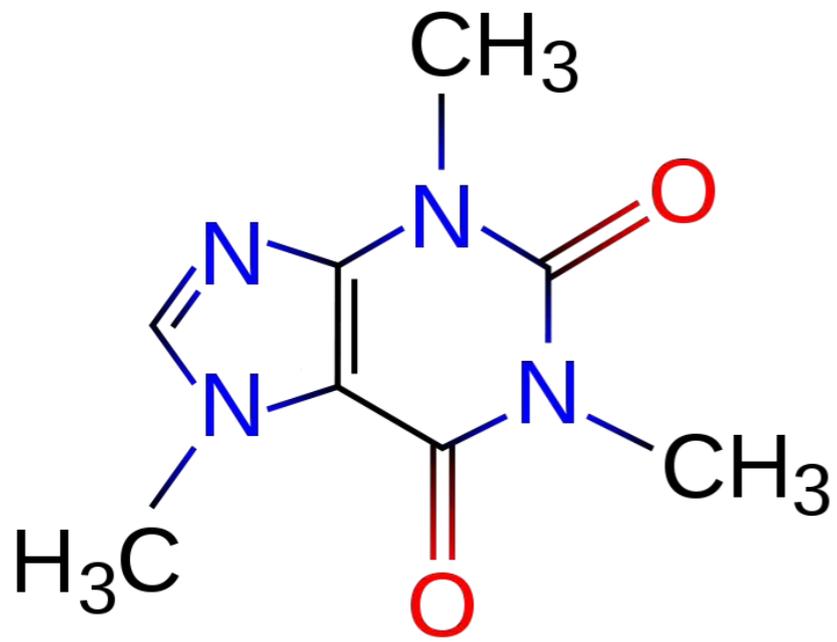
mundo cuántico relativista:
 distancia ~ tiempo ~ 1/energía

$$\lambda = \frac{\hbar c}{E}$$

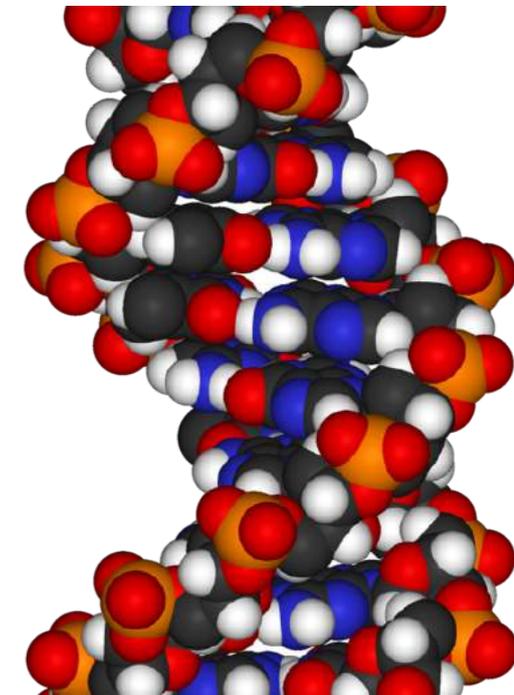
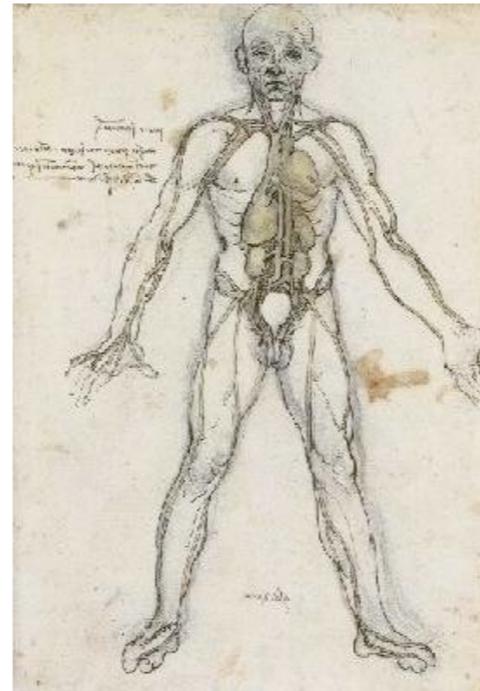
Tiempo transcurrido
 desde el Big Bang
 13.700.000.000 años

Temperatura

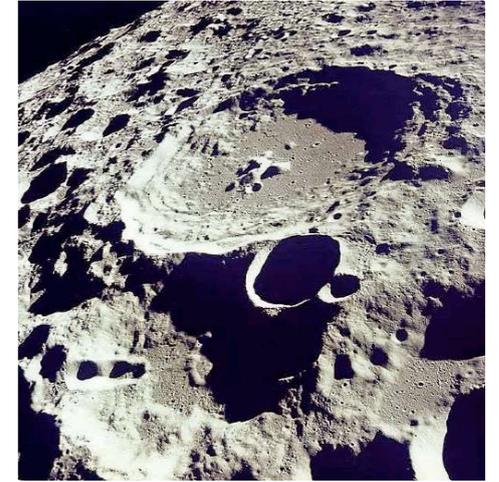
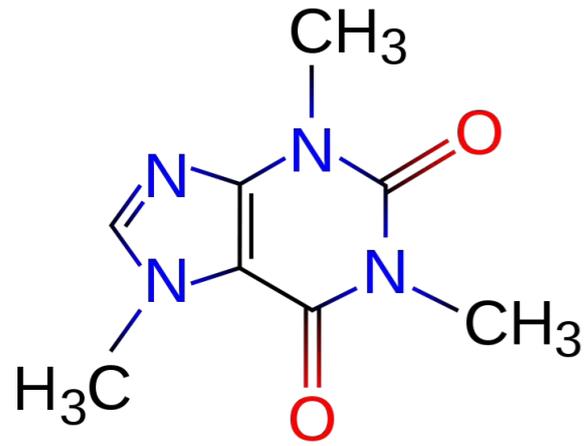




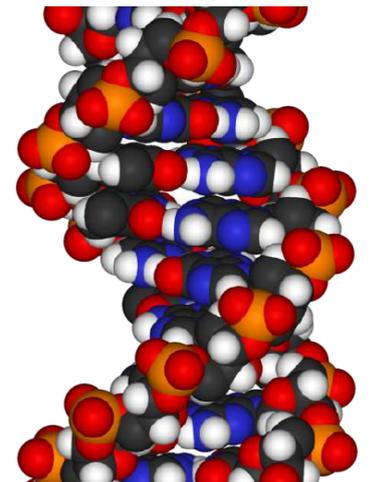
física: ¿cuáles son la estructura y las leyes de la Naturaleza al nivel más fundamental?



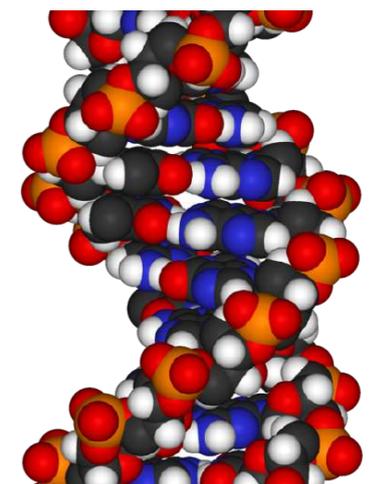
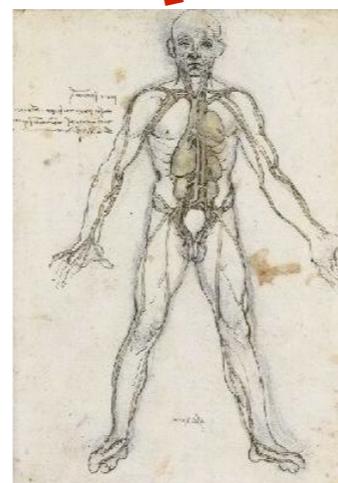
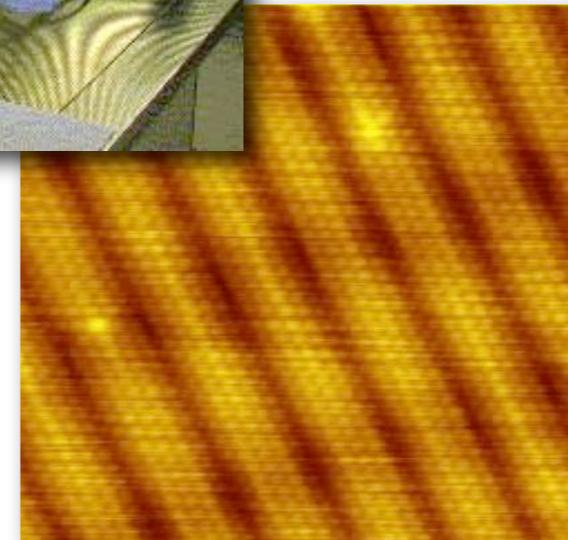
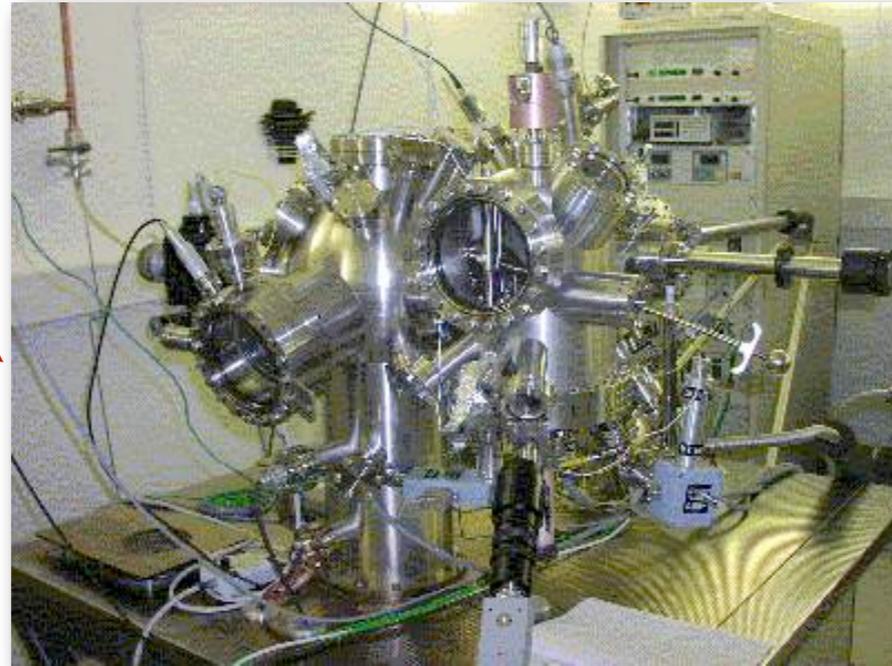
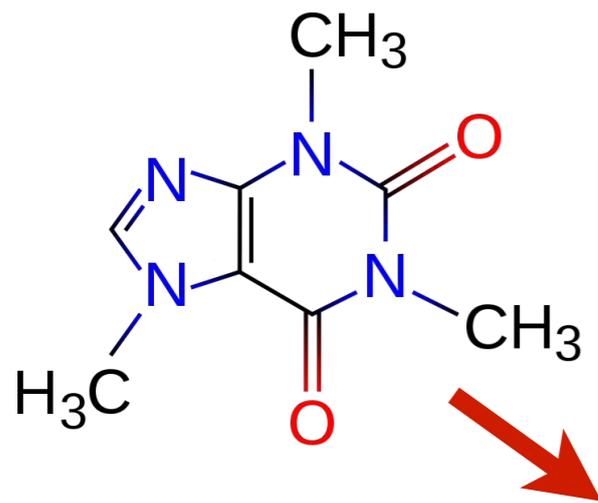
la física de lo muy pequeño



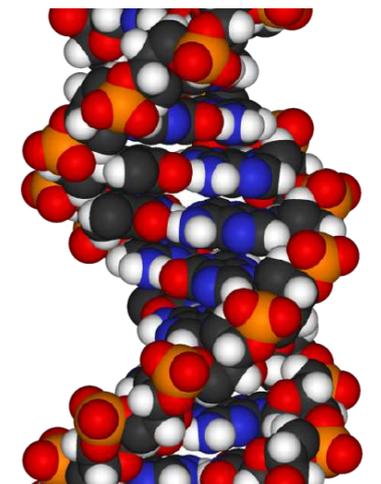
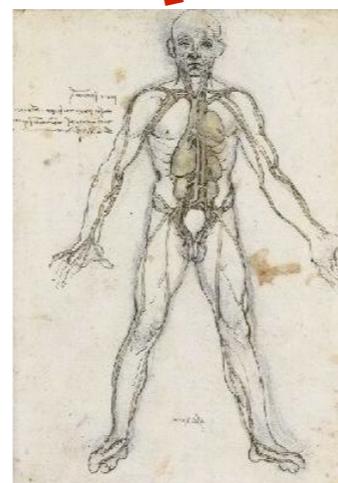
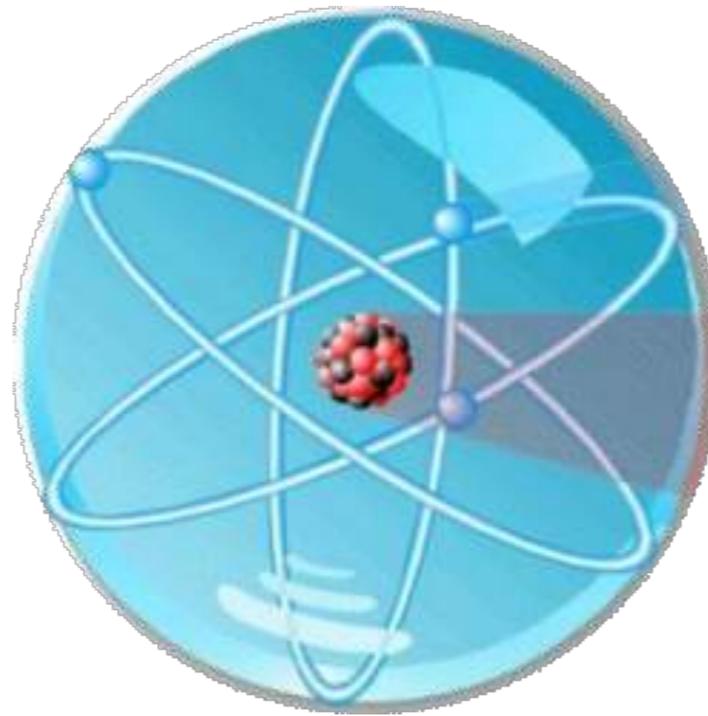
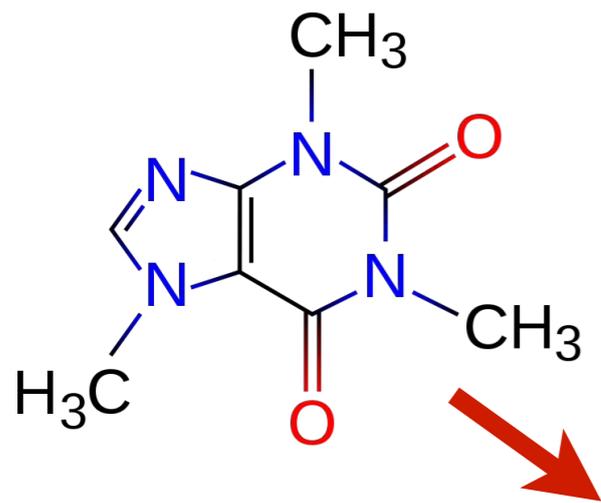
¿por qué hay tantas sustancias y objetos distintos?
¿qué tienen en común?



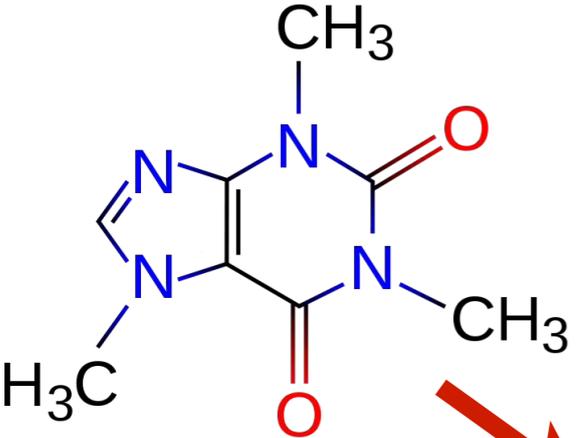
la física de lo muy pequeño



la física de lo muy pequeño



la física de lo muy pequeño



Period	Group																		
	I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	* 57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	** 89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo	
8	119 Uun																		

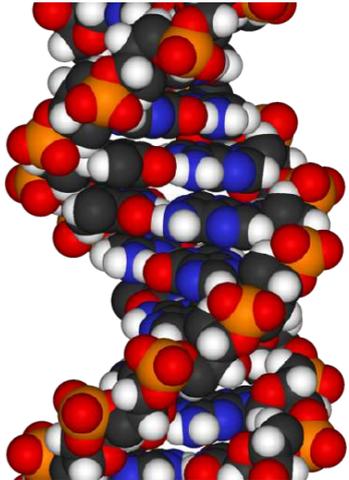
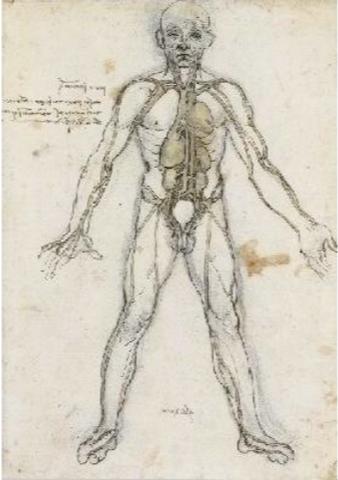
* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Alkali metals	Alkaline earth metals	Lanthanides	Actinides	Transition metals
Poor metals	Metalloids	Nonmetals	Halogens	Noble gases

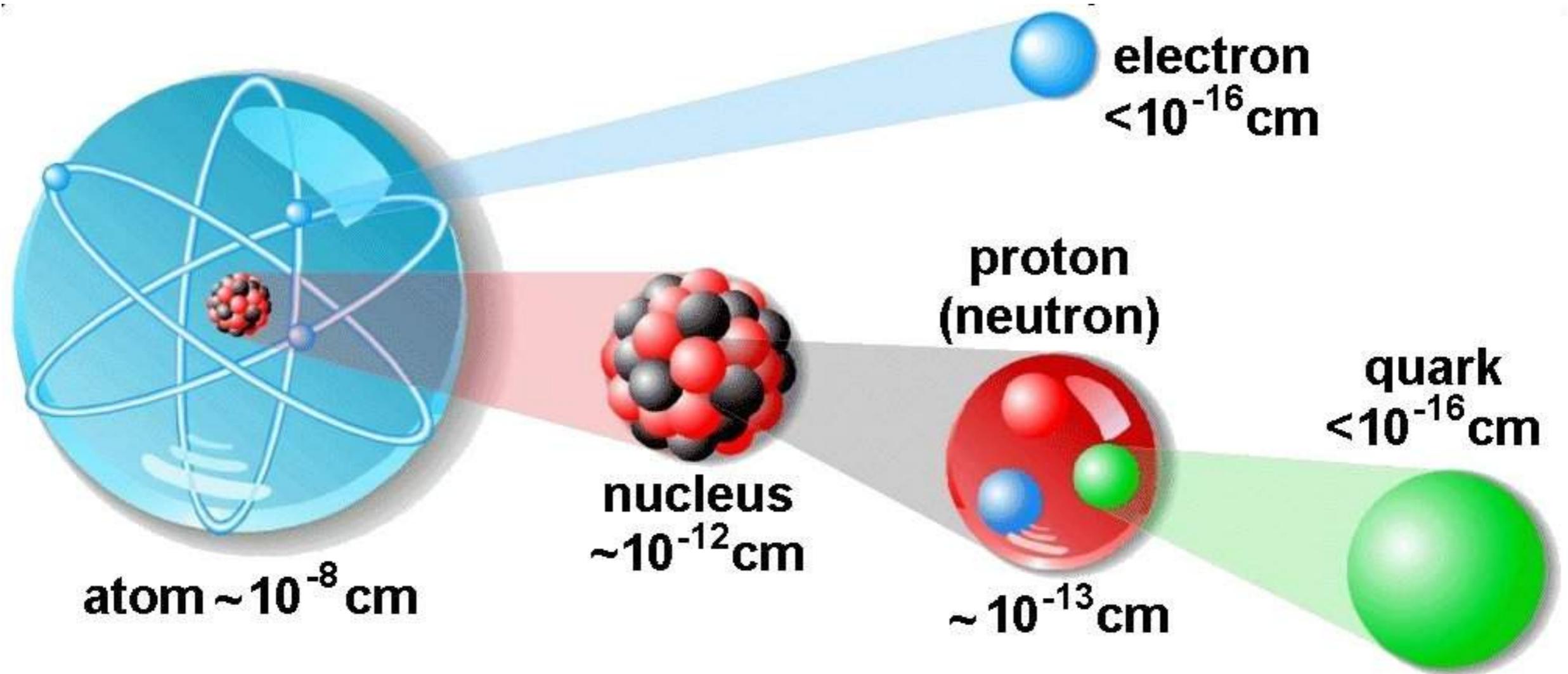
State at standard temperature and pressure

Atomic number in red: gas
 Atomic number in blue: liquid
 Atomic number in black: solid

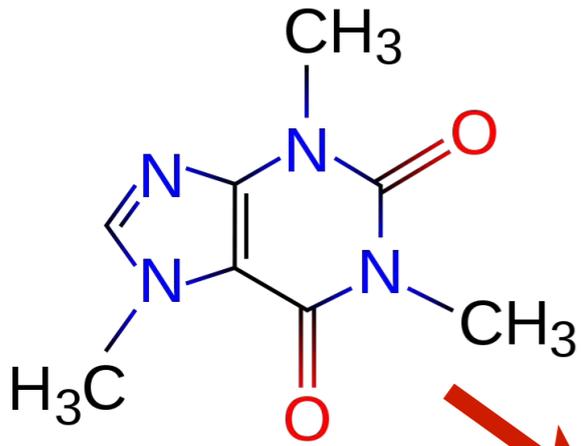
solid border: at least one isotope is older than the Earth (Primordial elements)
 dashed border: at least one isotope naturally arise from decay of other chemical elements and no isotopes are older than the earth
 dotted border: only artificially made isotopes (synthetic elements)
 no border: undiscovered



física de partículas elementales



física de partículas elementales



Period	Group																	
	I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	* 57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	** 89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
8	119 Uun																	

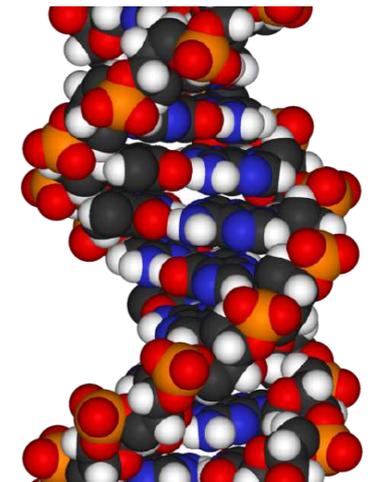
* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Alkali metals	Alkaline earth metals	Lanthanides	Actinides	Transition metals
Poor metals	Metalloids	Nonmetals	Halogens	Noble gases

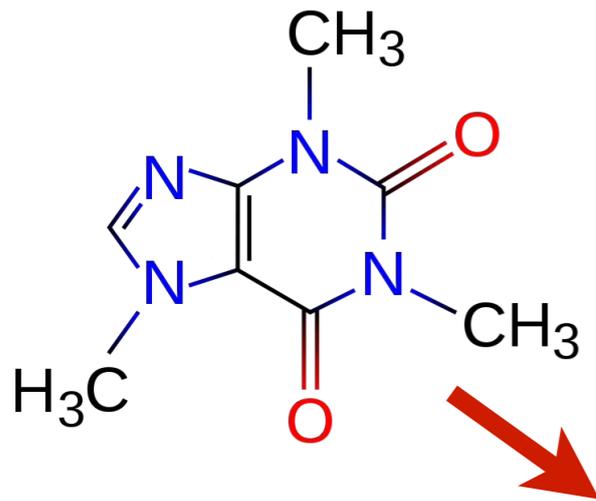
State at standard temperature and pressure

- Atomic number in red: gas
- Atomic number in blue: liquid
- Atomic number in black: solid

- solid border: at least one isotope is older than the Earth (Primordial elements)
- dashed border: at least one isotope naturally arise from decay of other chemical elements and no isotopes are older than the earth
- dotted border: only artificially made isotopes (synthetic elements)
- no border: undiscovered



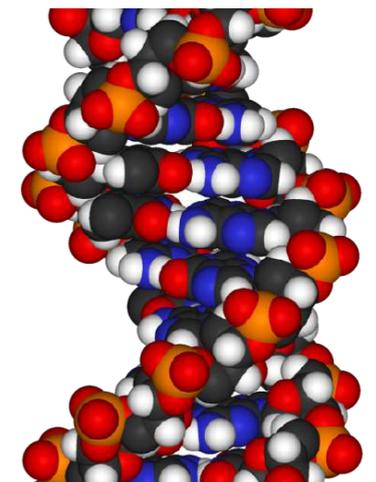
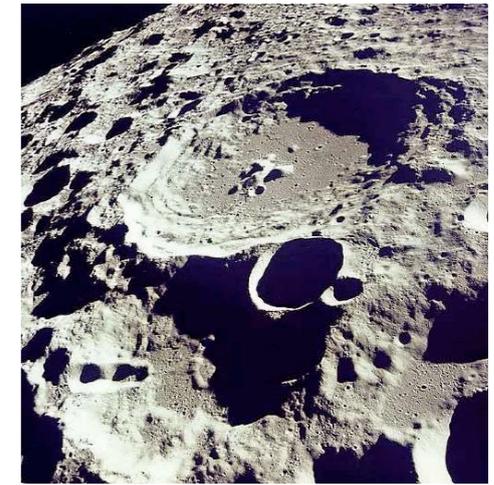
física de partículas elementales



Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	u up	c charm	t top	γ photon
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z⁰ weak force
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptons	e electron	μ muon	τ tau	W[±] weak force

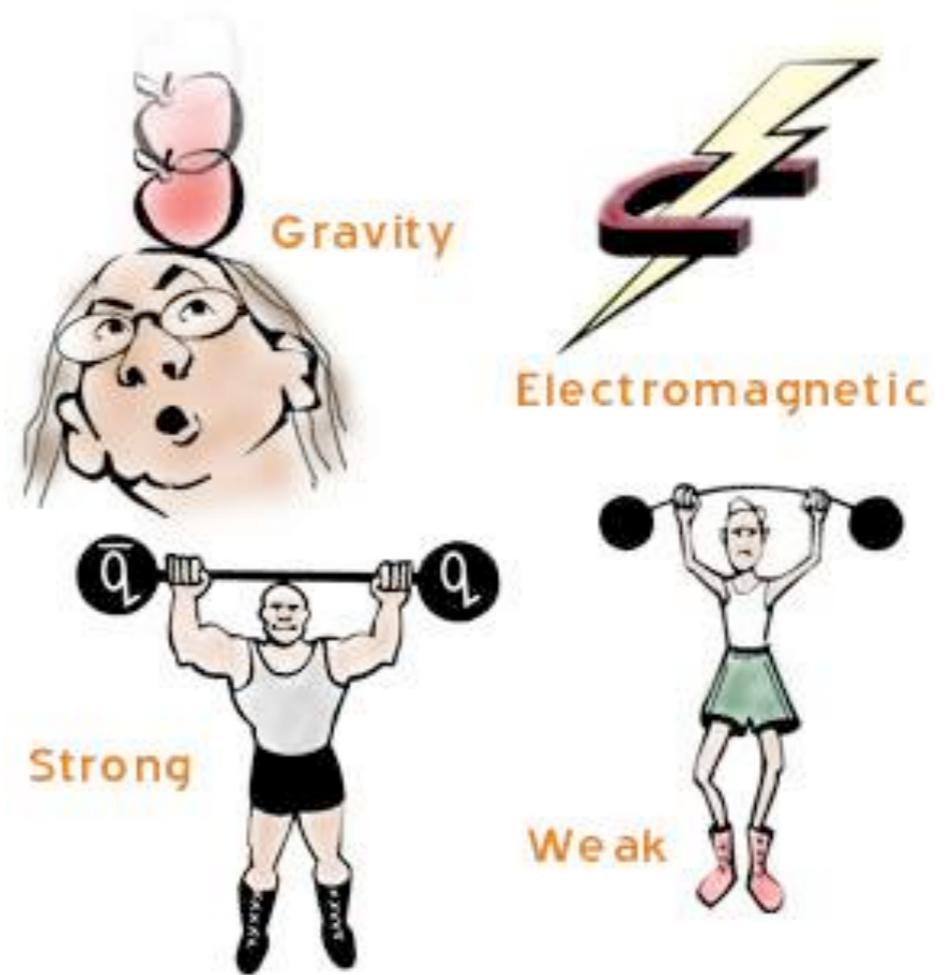
Bosons (Forces)



Modelo Estándar de la física de partículas elementales

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass→	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name→	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	91.2 GeV 0 1 Z⁰ weak force
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W[±] weak force
Leptons				Bosons (Forces)



Gravedad
Gravitón (no observado aún)
Todas

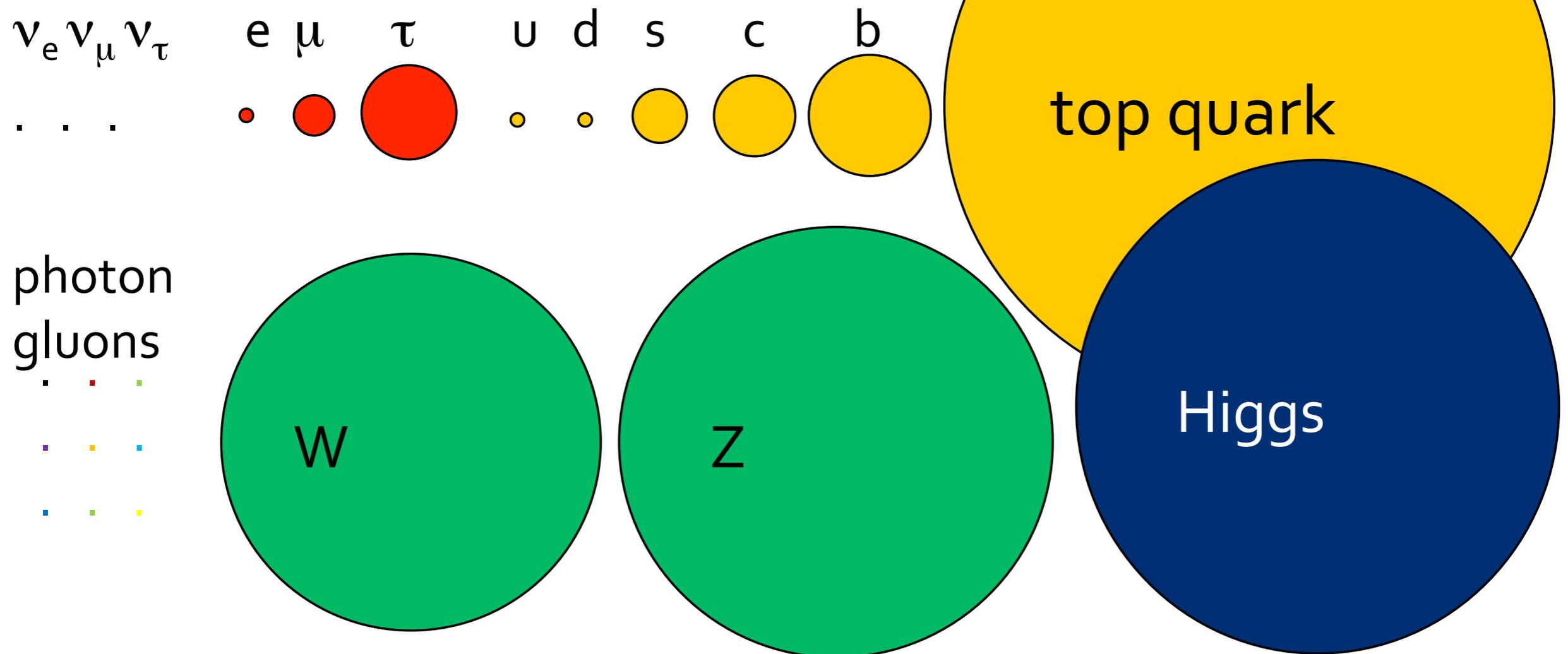
Fuerte
gluón
Quarks y Gluones

Débil	Electromagnética
W+ W- Z	Fotón
Quarks y Leptones	Quarks, Leptones cargados y W+ W- Z

Modelo Estándar de la física de partículas elementales

Particle Masses

Mass proportional to area:



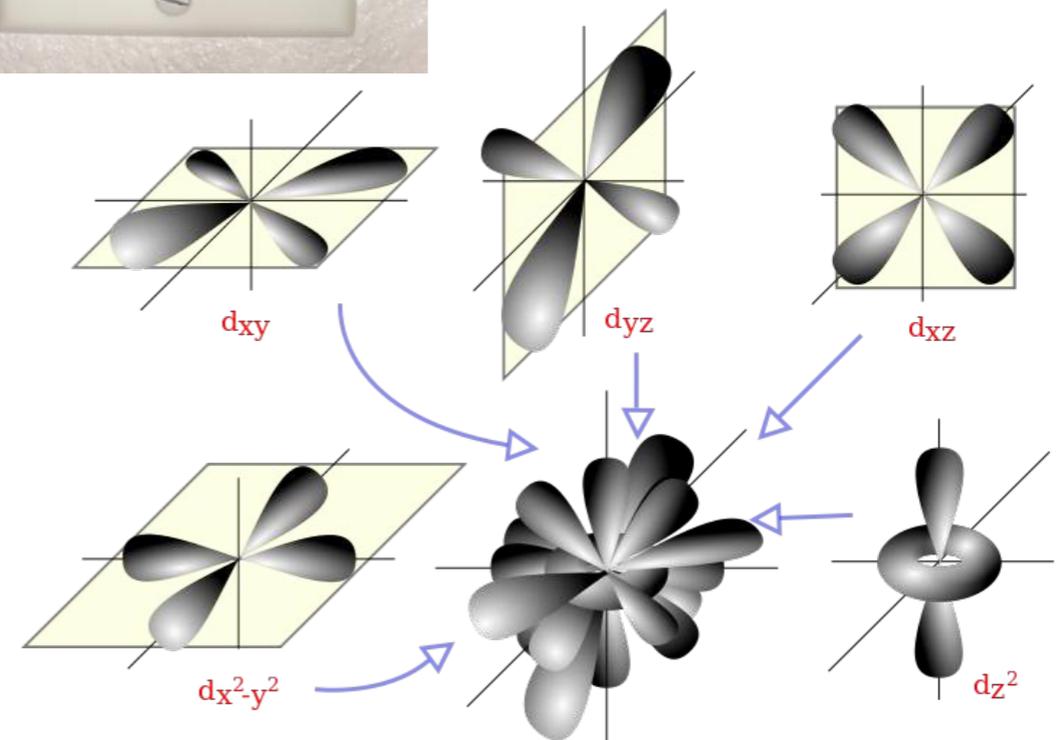
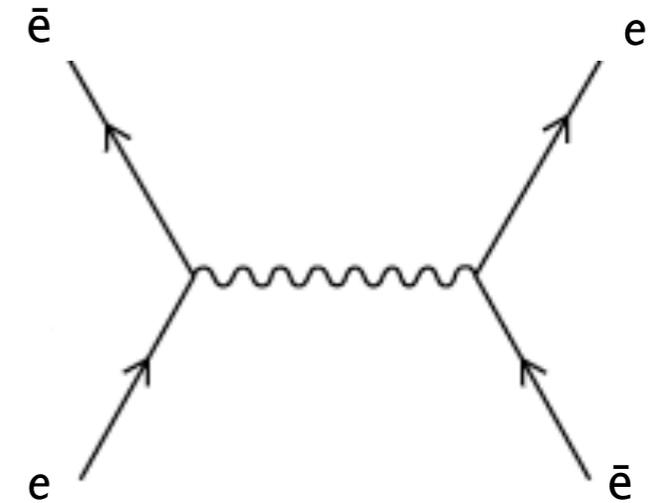
interacción electromagnética

Interacción electromagnética: Electrodinámica Cuántica (QED)

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass→	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name→	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	91.2 GeV 0 1 Z⁰ weak force
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W[±] weak force
Leptons				

Bosons (Forces)

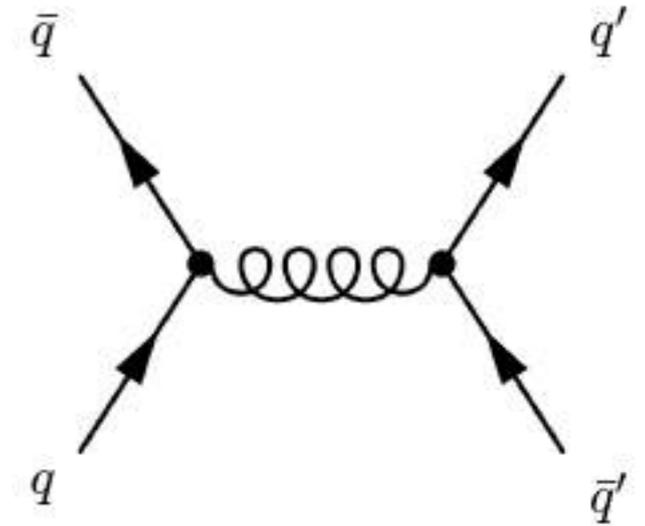
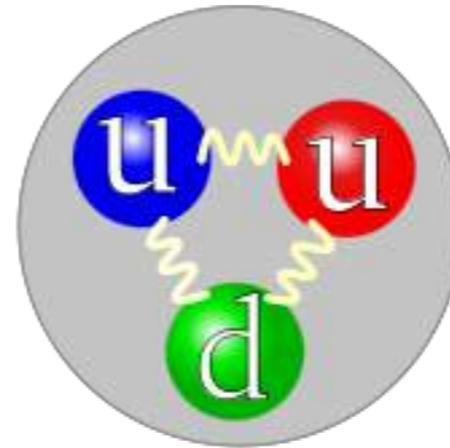


interacción fuerte

Interacción fuerte: Cromodinámica Cuántica (QCD)

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	91.2 GeV 0 1 Z^0 weak force
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W^\pm weak force
Leptons				Bosons (Forces)



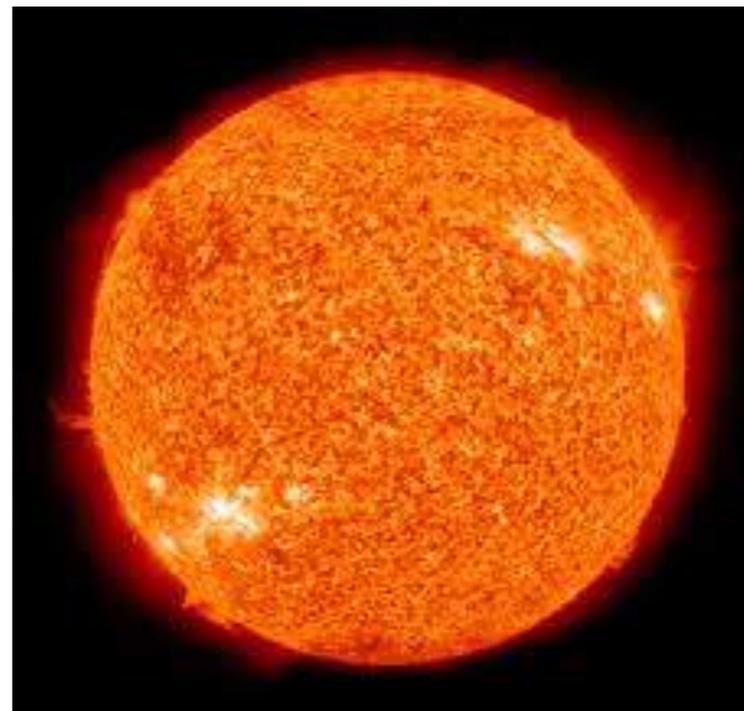
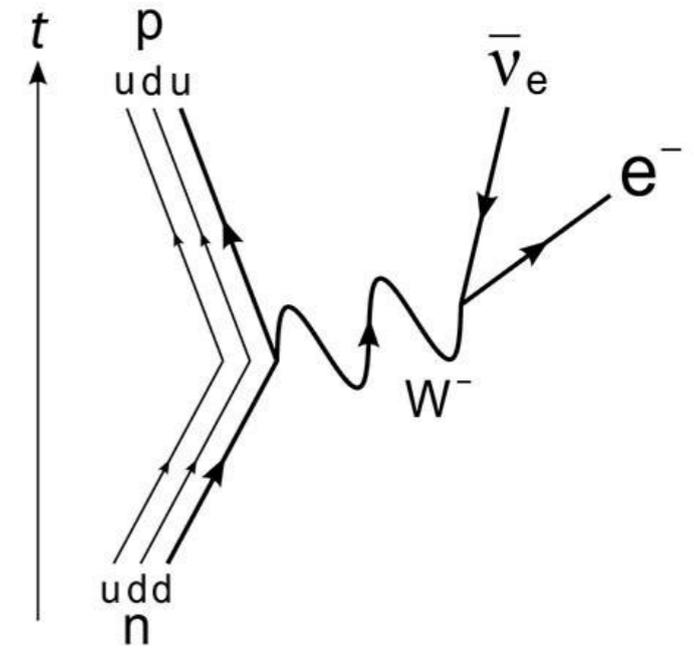
interacción débil

Interacción electrodébil: Modelo Unificado Glashow-Weinberg-Salam

Three Generations of Matter (Fermions)

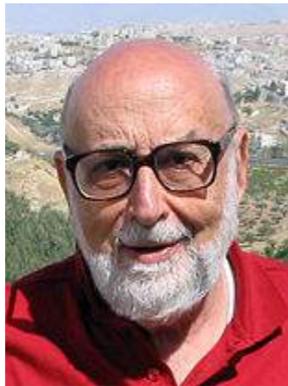
	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	d down	s strange	b bottom	g gluon
Leptons	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z^0 weak force
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	e electron	μ muon	τ tau	W^\pm weak force

Bosons (Forces)

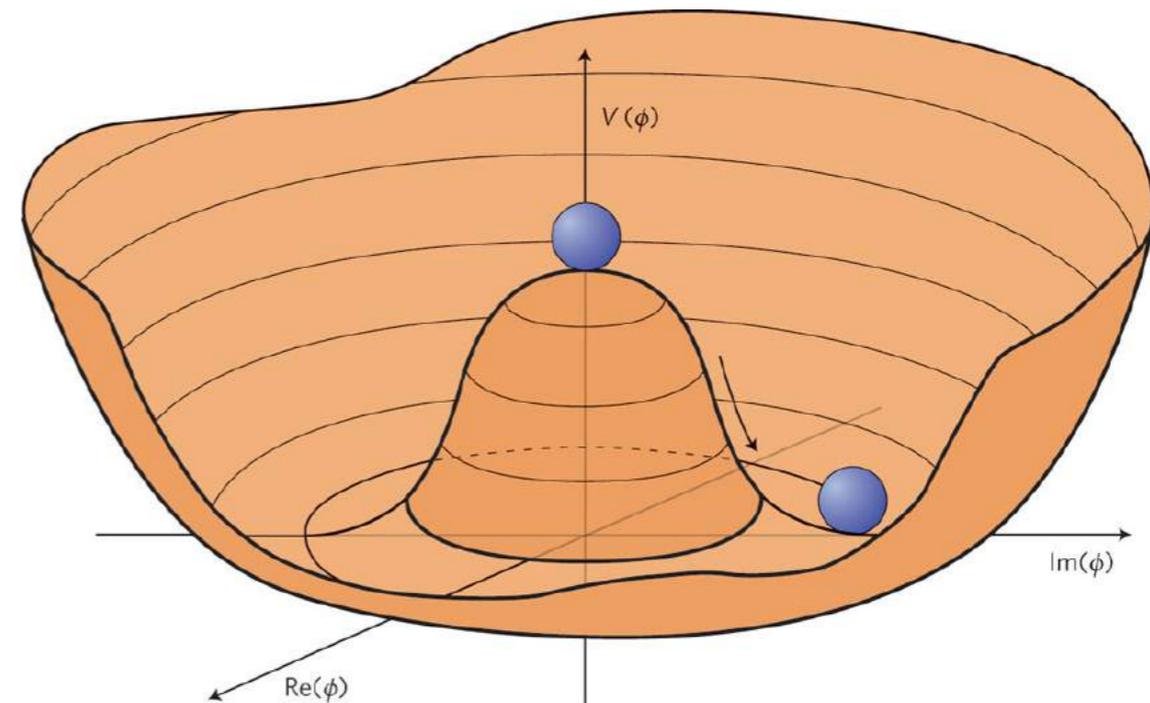


Modelo Estándar de la física de partículas elementales

¿... y por qué las partículas elementales tienen masa?



Englert, Brout, Higgs, Guralnik,
Hagen, Kibble 1963-64



Bosón de Higgs: partícula asociada a la generación de masa.

Modelo Estándar de la física de partículas elementales

Masa del electrón:

$$m_e \simeq 0.511 \text{ MeV}/c^2$$

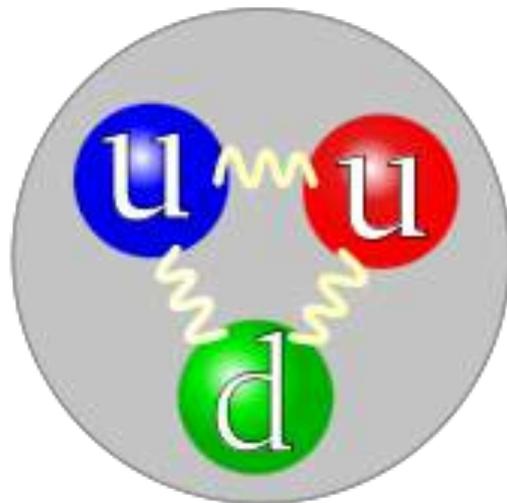
Masa de los quarks up y down:

$$m_q \simeq \text{pocos MeV}/c^2$$

Masa del nucleón:

$$m_N \simeq 940 \text{ MeV}/c^2$$

Casi toda la masa del átomo está en el núcleo

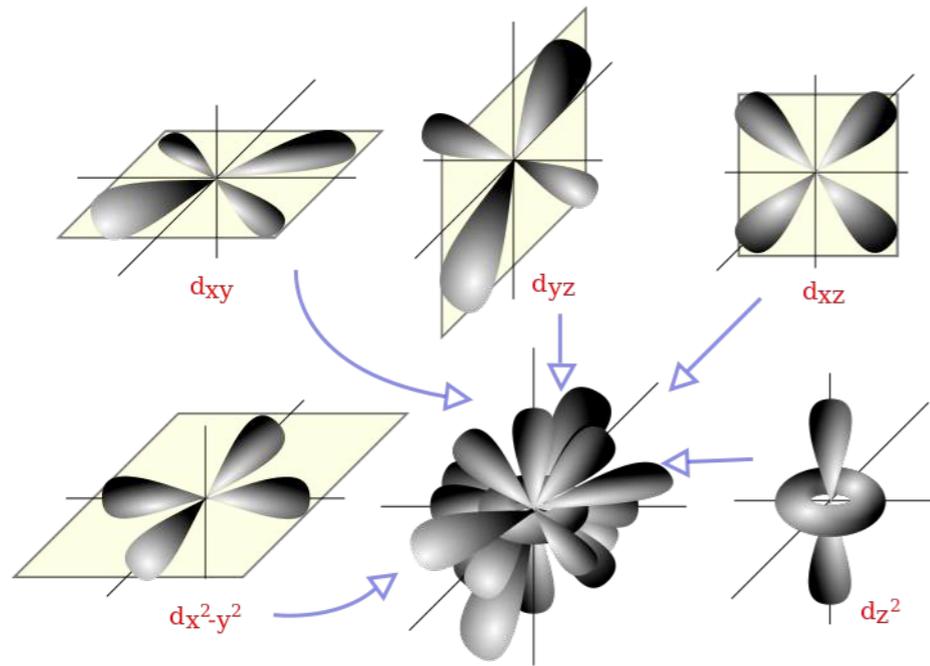


Más del 99% de la masa de la materia ordinaria es energía de ligadura de interacción fuerte entre quarks

teoría cuántica relativista

mecánica cuántica

relatividad especial



teoría cuántica relativista

mecánica cuántica

relatividad especial

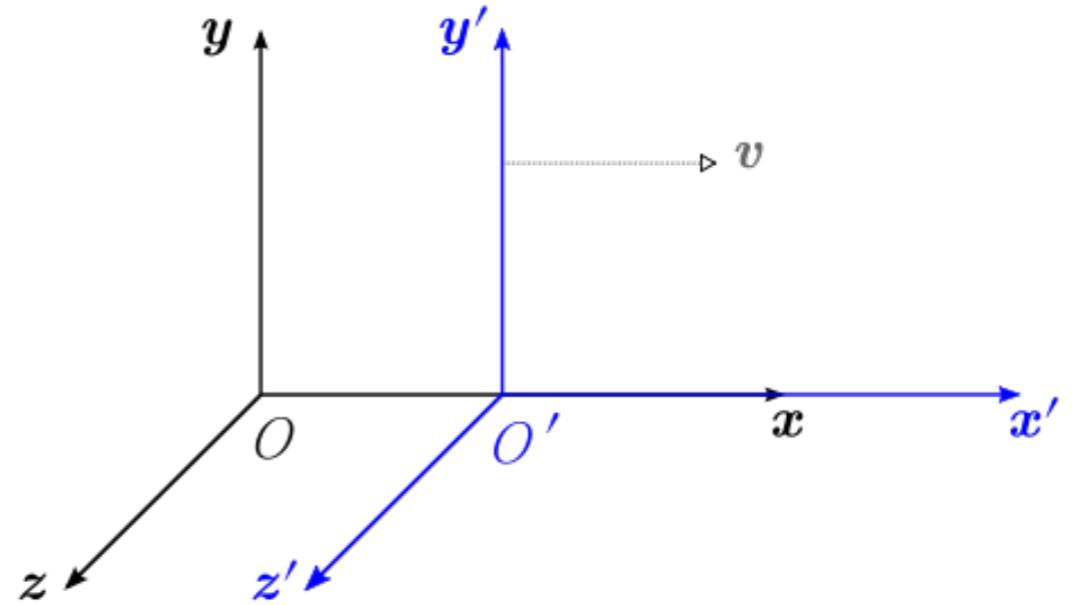


teoría cuántica relativista

mecánica cuántica



relatividad especial



teoría cuántica relativista

mecánica cuántica



relatividad especial

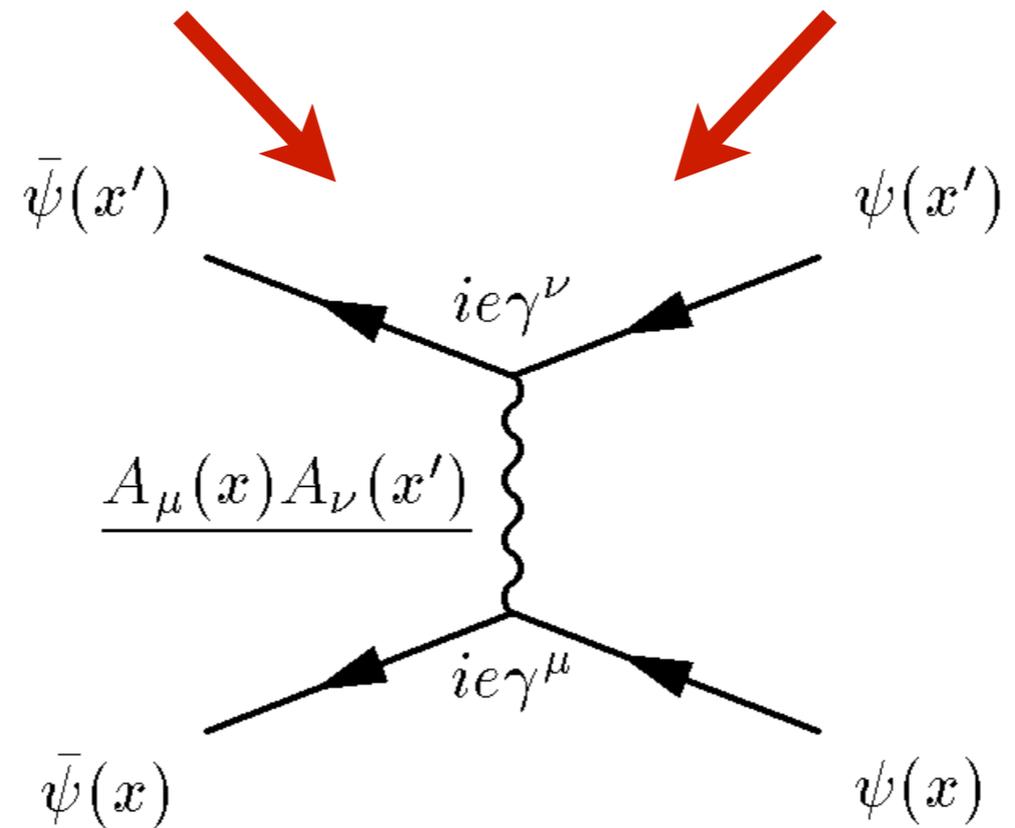
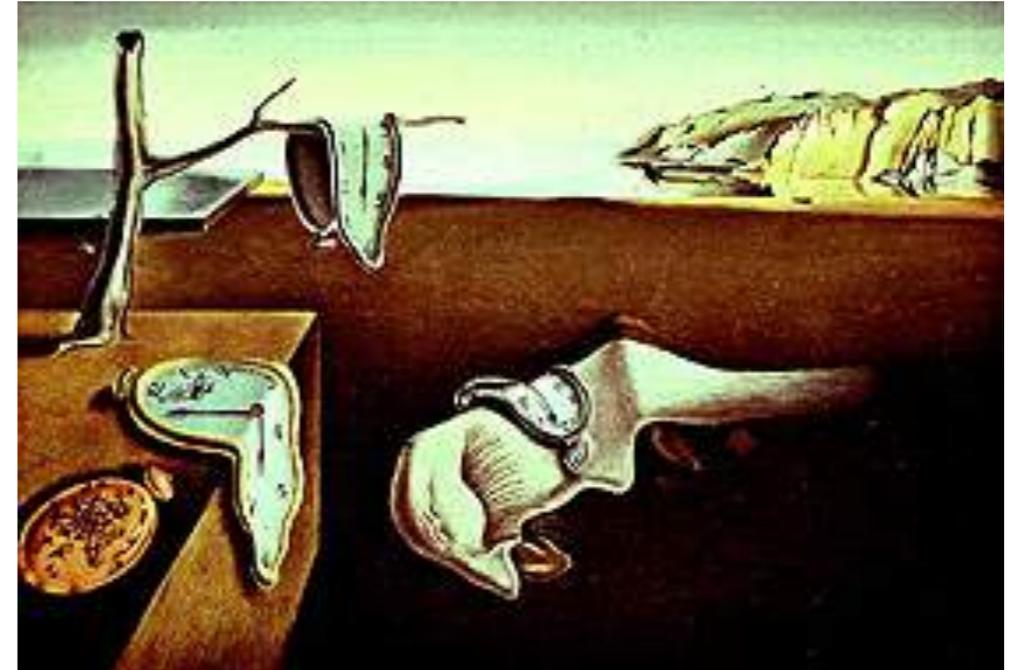


teoría cuántica relativista

mecánica cuántica



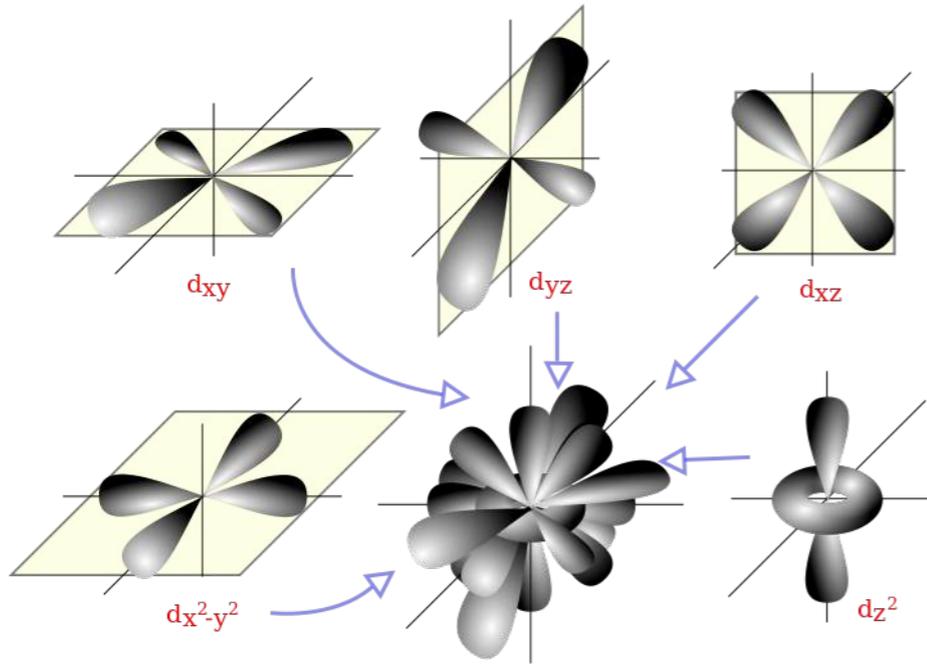
relatividad especial



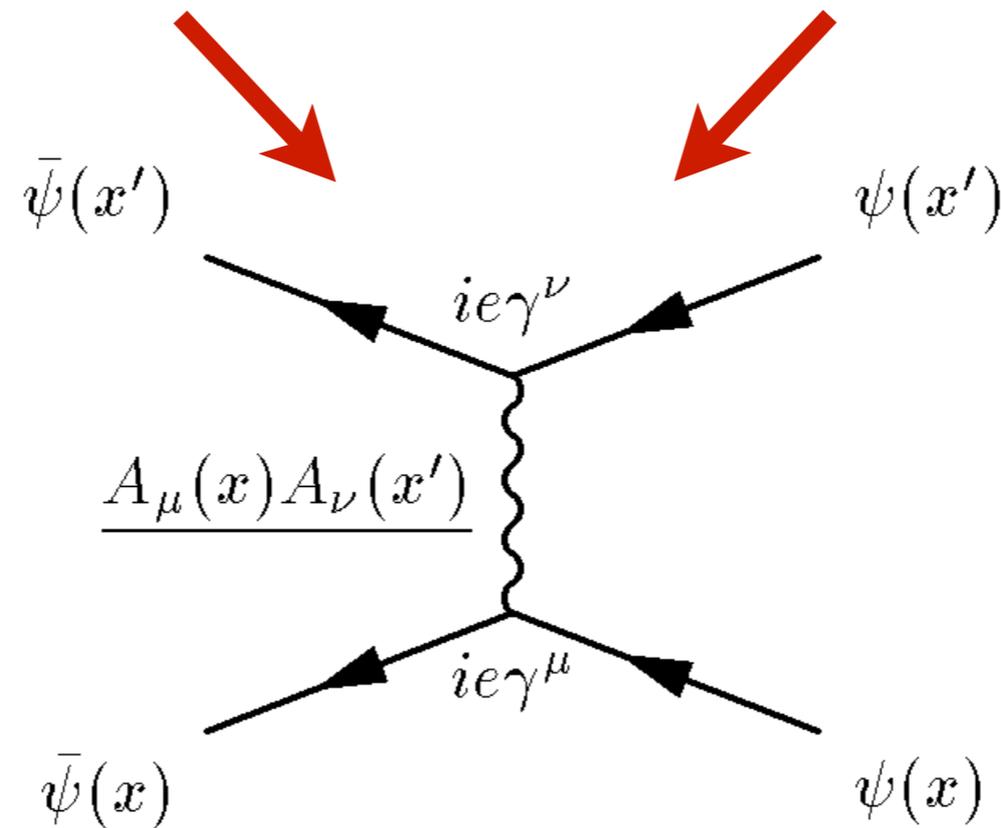
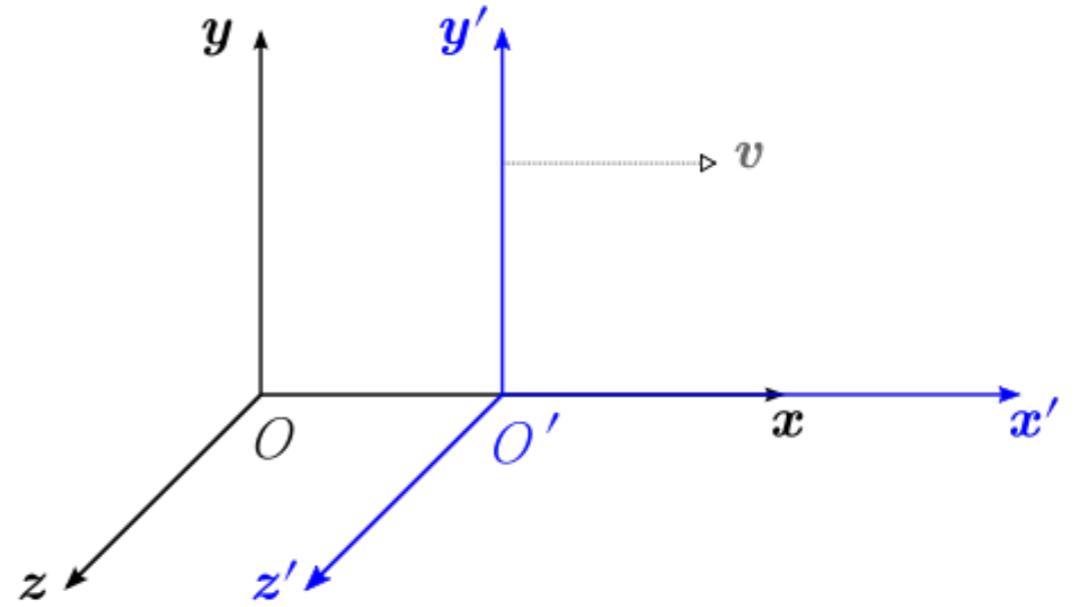
teoría cuántica de campos

teoría cuántica relativista

mecánica cuántica



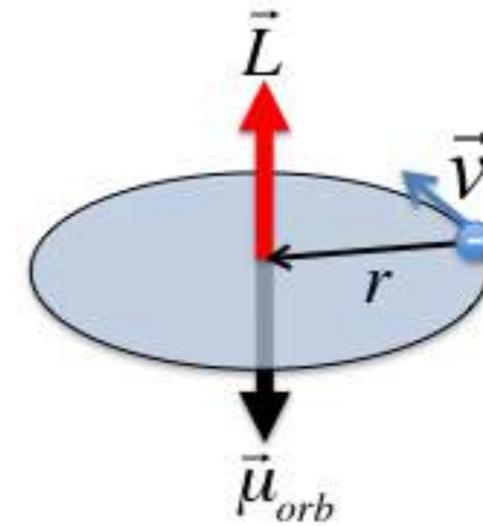
relatividad especial



teoría cuántica de campos

teoría cuántica relativista

momento magnético del electrón:



☞ electromagnetismo de Maxwell: ?

☞ mecánica cuántica:

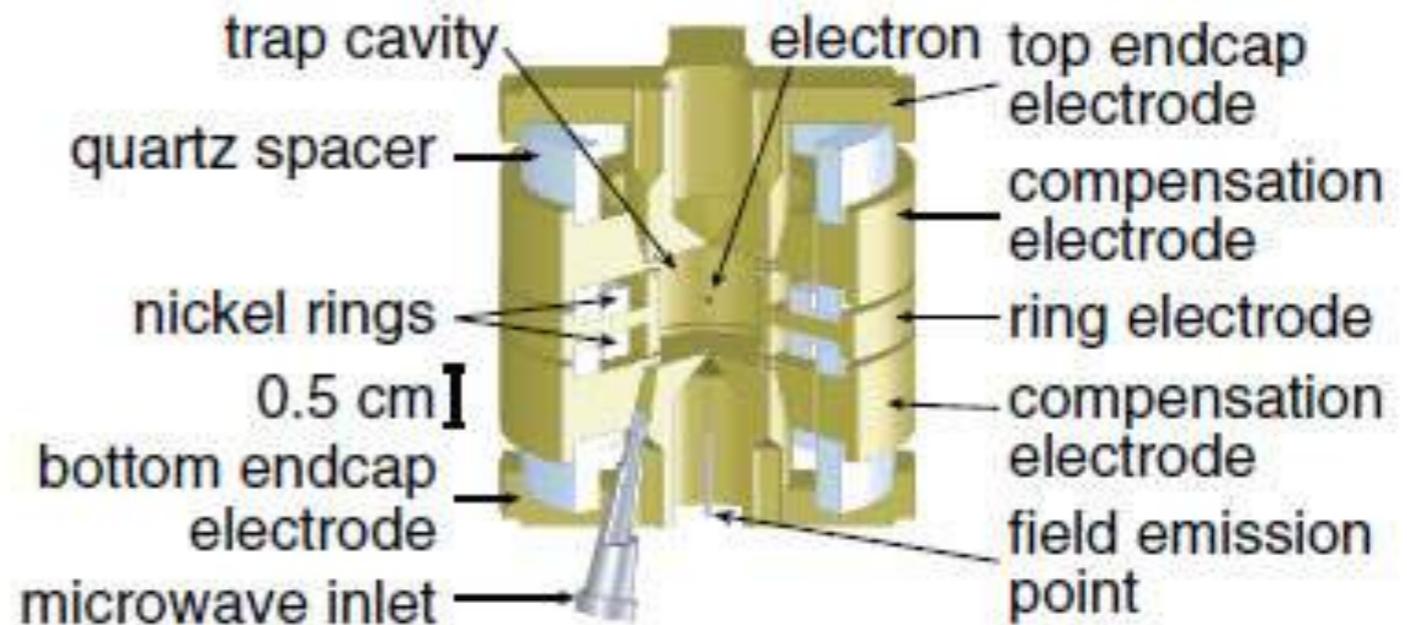
$$g/2 = 1$$

☞ electrodinámica cuántica:

$$g/2 = 1.00115965218113(86)$$

☞ experimento:

$$g/2 = 1.00115965218073(28)$$

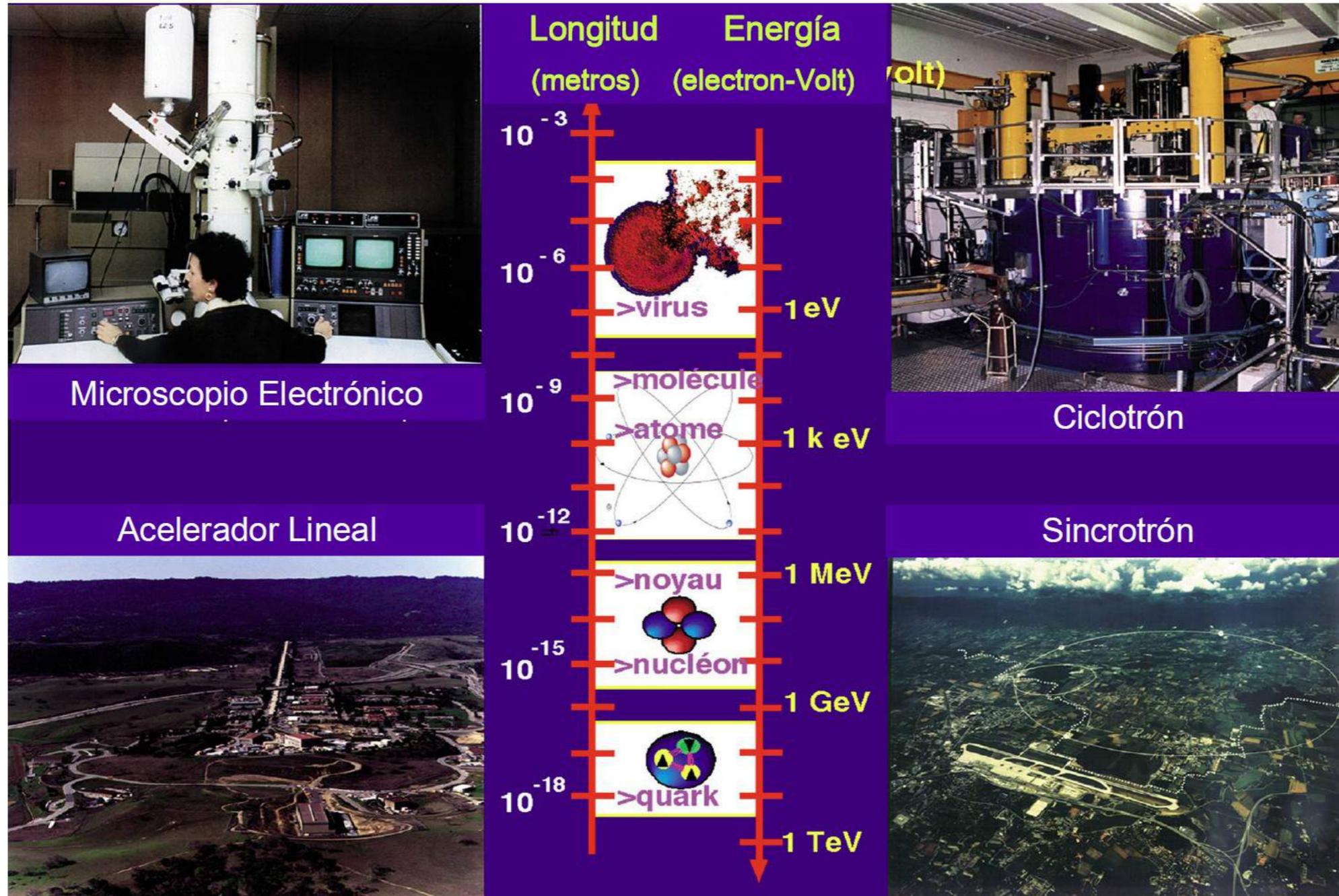


¿cómo se explora el mundo de las partículas?



para explorar la naturaleza de estas fuerzas y partículas necesitamos explorar la estructura de la materia a escalas muy pequeñas

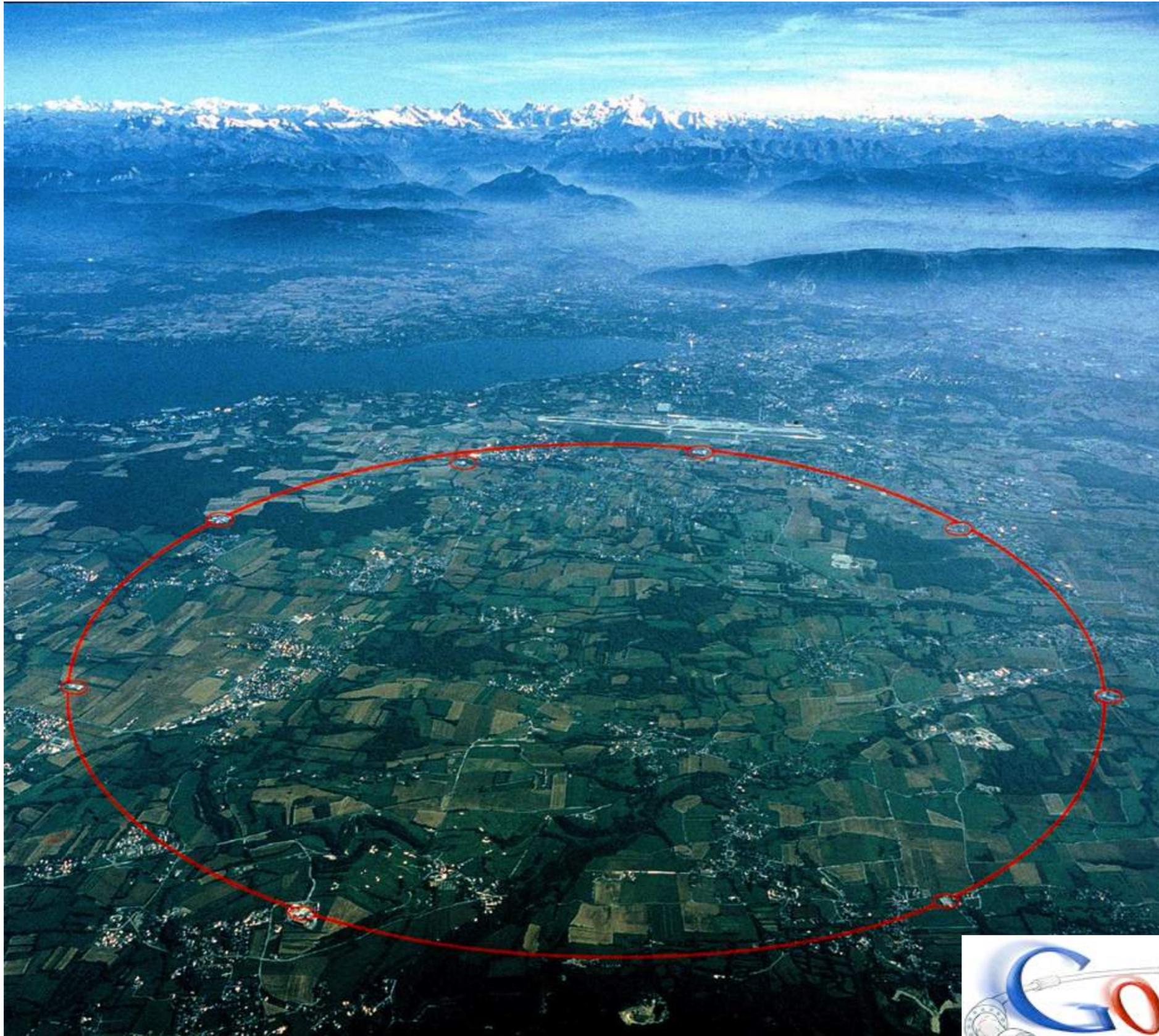
¿cómo se explora el mundo de las partículas?



para explorar la naturaleza de estas fuerzas y partículas necesitamos explorar la estructura de la materia a escalas muy pequeñas = **energías muy grandes**

$$(\Delta E) (\Delta x) \approx \hbar c$$

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)



Laboratorio Europeo para la Física de Partículas

Gran centro Internacional (Más de 10000 personas)



Fundado en 1954 para unificar los esfuerzos europeos de investigación nuclear

Hoy en día nuestro conocimiento del átomo va mucho más allá, por lo que se estudian cosas mucho más pequeñas, pero se ha mantenido el nombre original.



20 países miembros (europeos) + más de 40 observadores/colaboradores
es
La mitad de los físicos de partículas del mundo

5 premios Nóbel

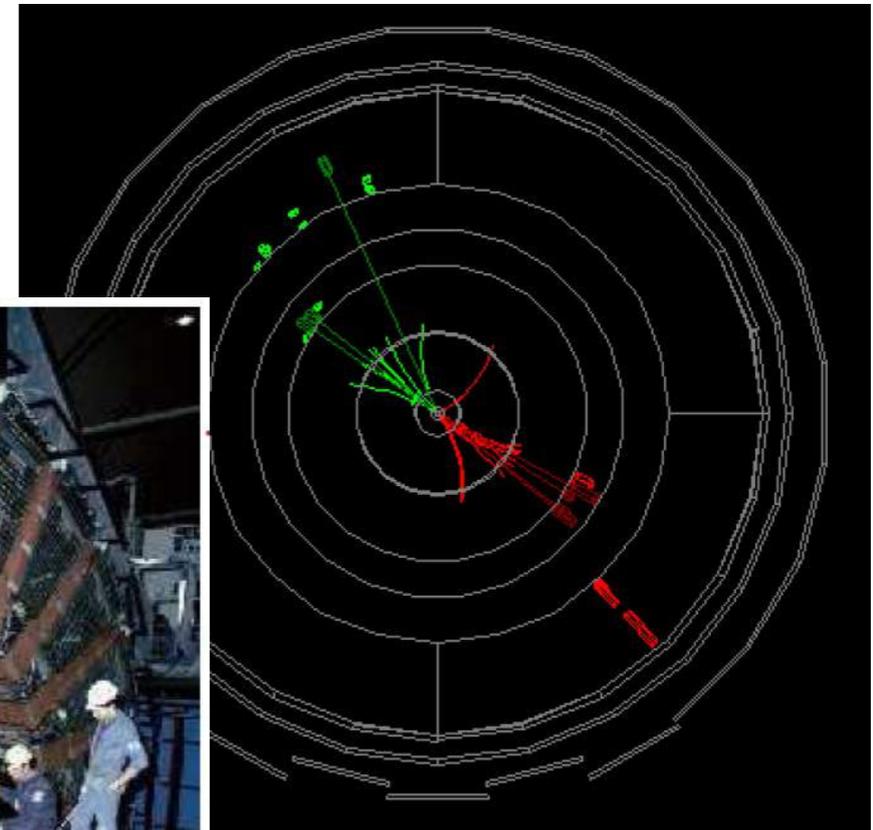
Distintos experimentos y proyectos, principalmente Física de partículas y aceleradores. El último gran acelerador: LEP

España: miembro entre 1961-1968 , y desde 1983.
Hoy es el 5º contribuyente

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

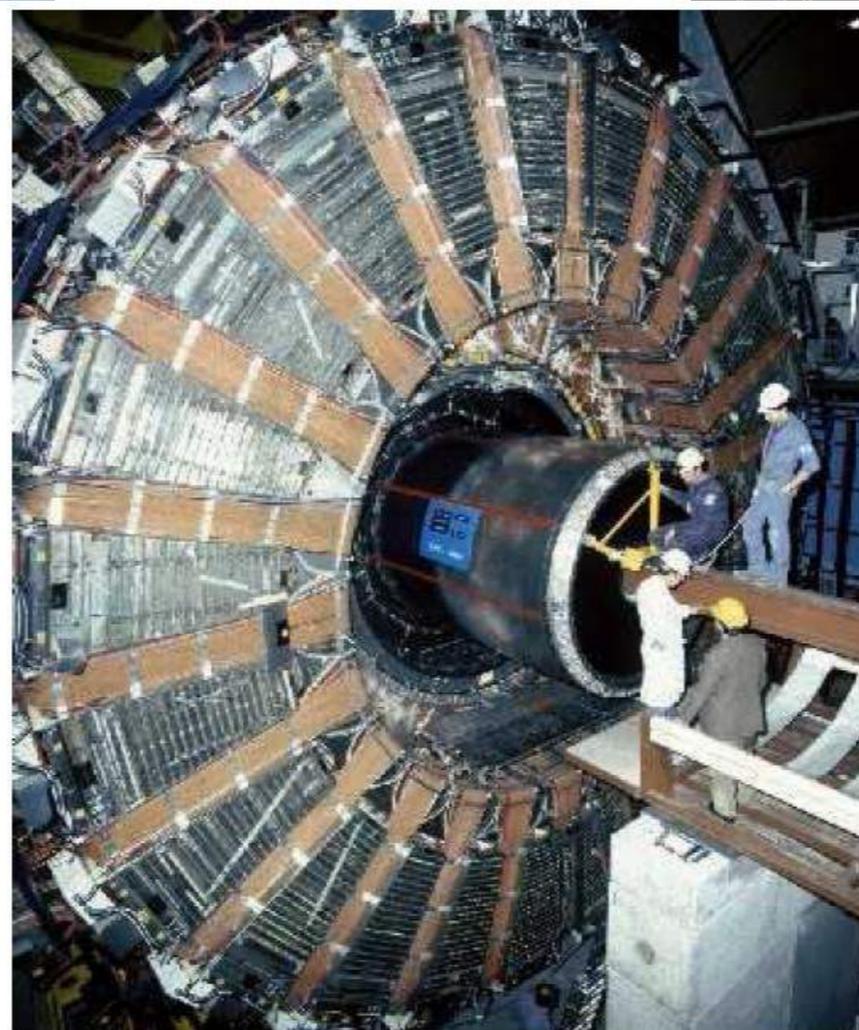
elementos del “microscopio”:

El Acelerador

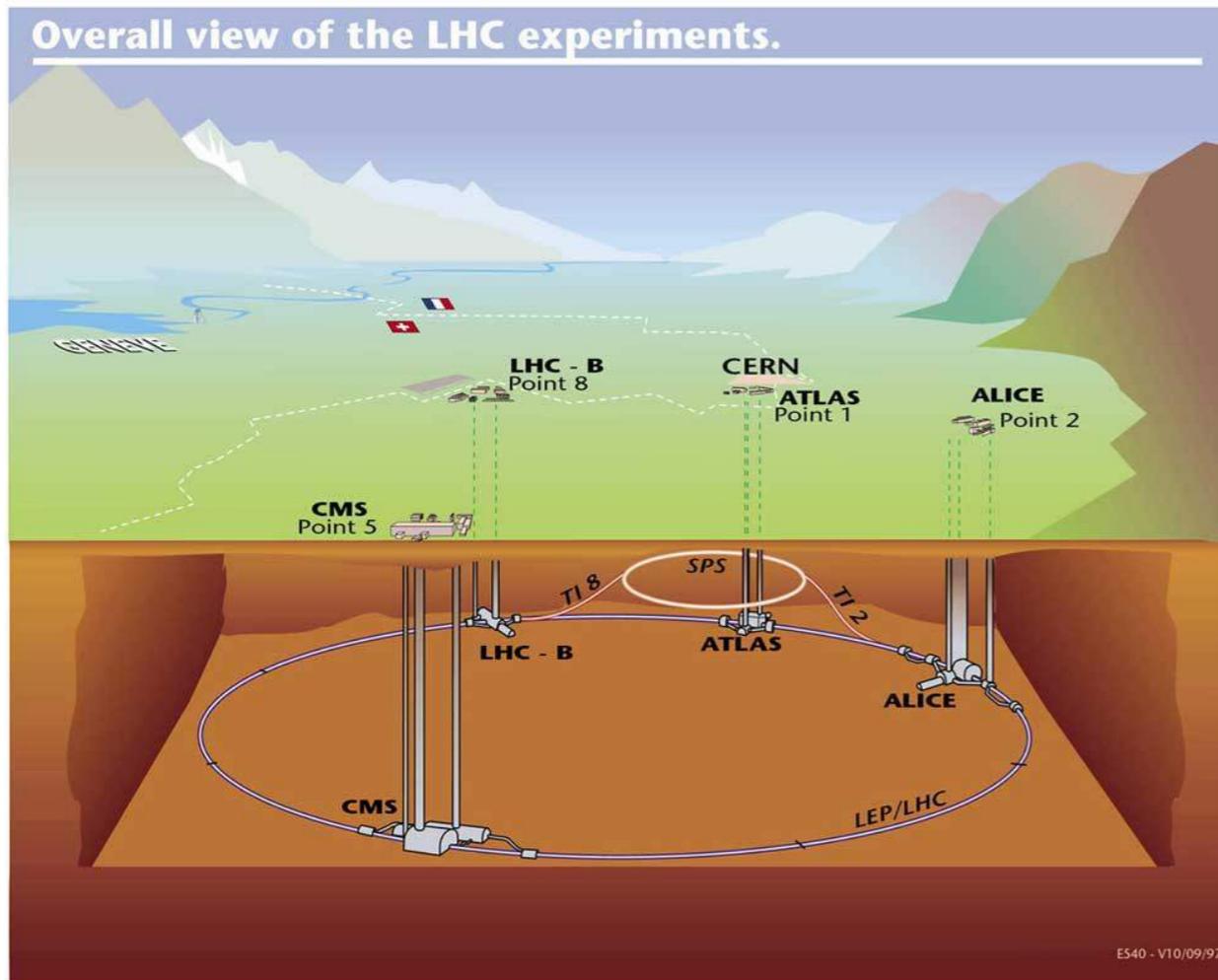


“Fotografía” de la colisión

Los Detectores



El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)



Formado por más de 1600 imanes superconductores (-271°C)

El túnel es el mismo que antes ocupaba el LEP (que aceleraba electrones y positrones)



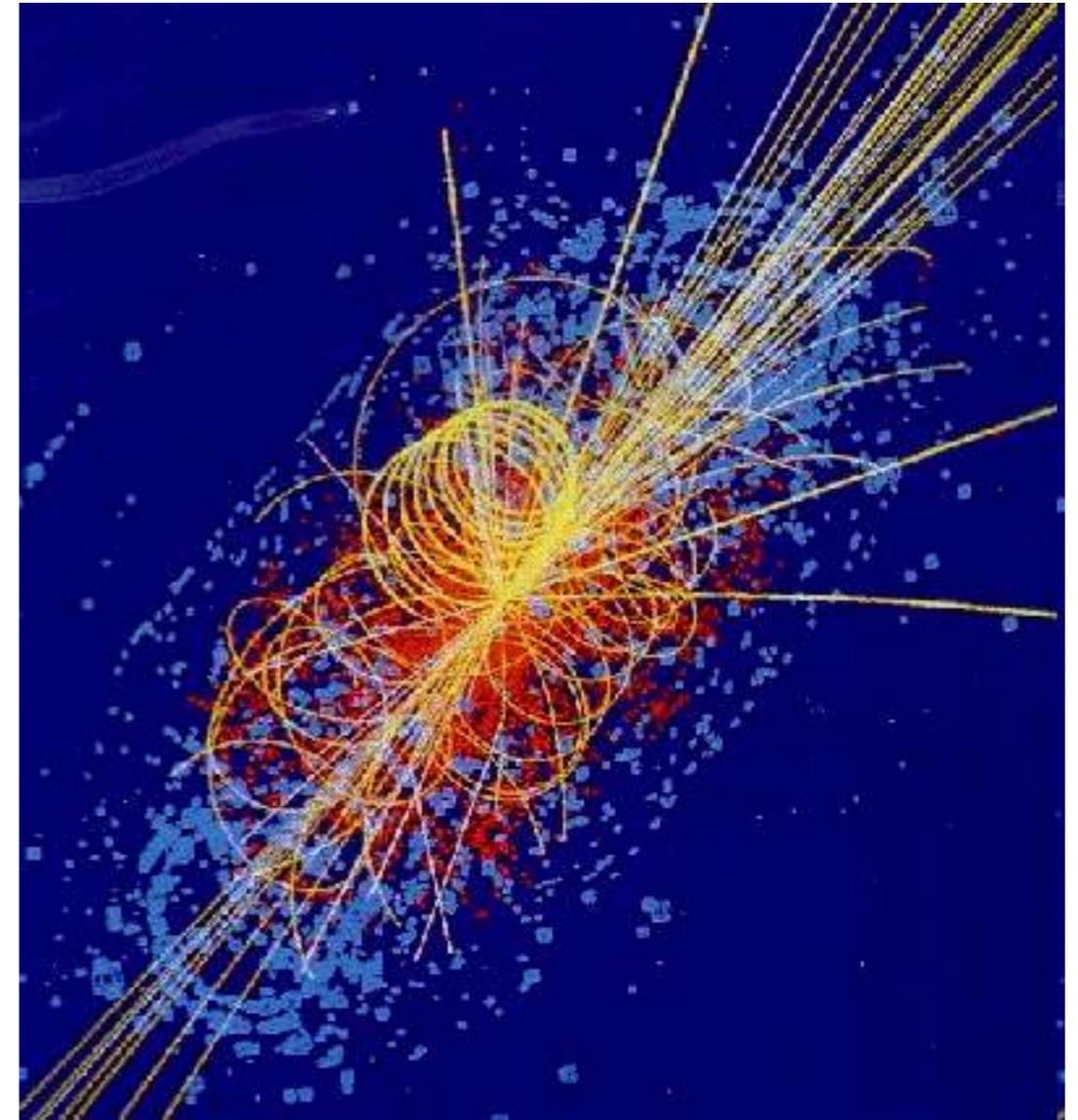
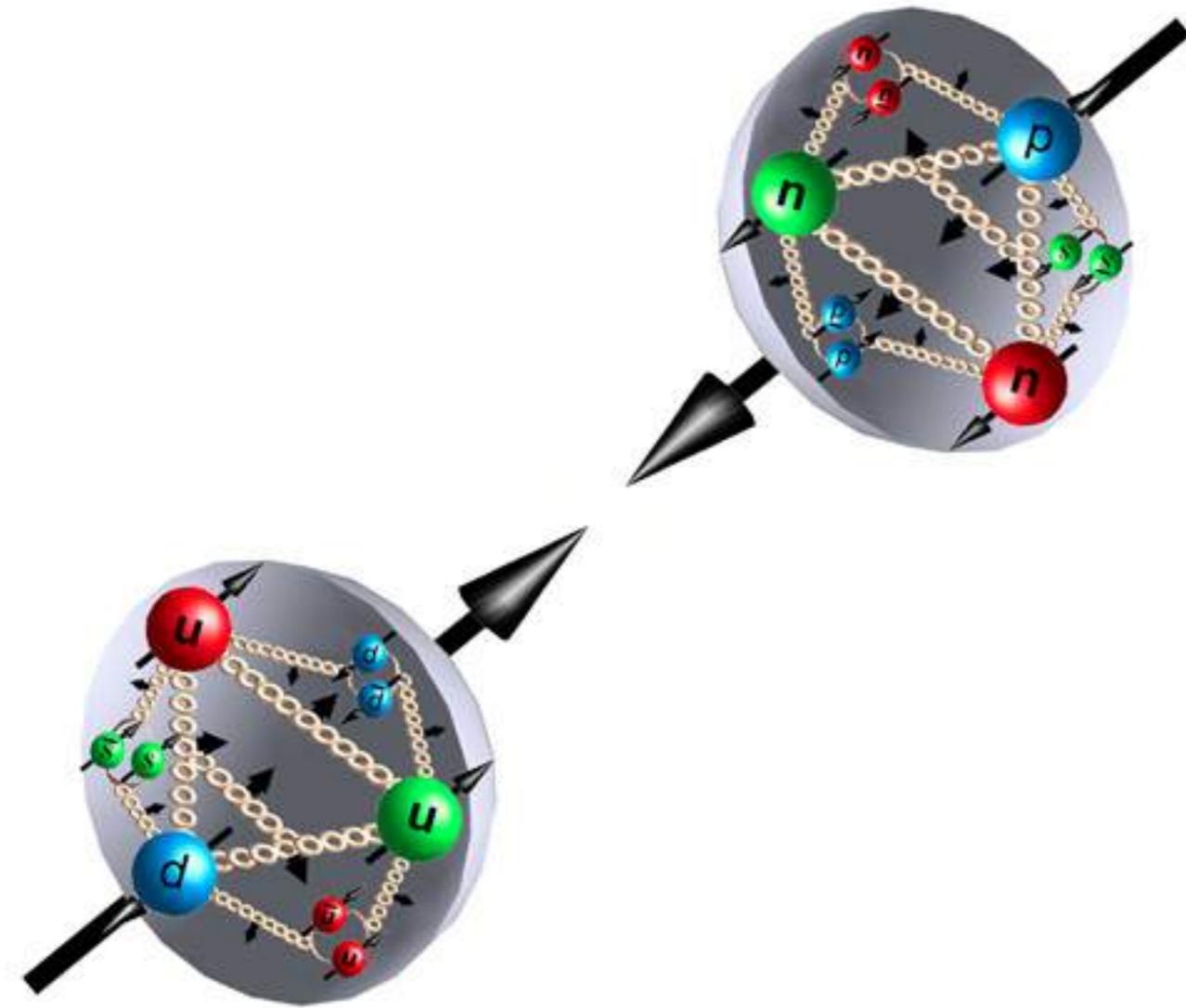
El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

Quantity	number
Circunferencia	26 659 m
Temperatura de los dipolos	1.9 K (-271.3°C)
Número de imanes	9593
Nº de dipolos principales	1232
Nº de cuadrupolos principales	392
Nº de cavidades de radiofrecuencia	8 per beam
Energía nominal (protones)	7 TeV
Energía nominal (iones)	2.76 TeV/u (*)
Intensidad campo magnético (dipolos)	8.33 T
Dist. Mínima entre paquetes	~7 m
Luminosidad nominal	$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Nº de paquetes por haz de protones	2808
Nº de protones por paquete	1.1×10^{11}
Nº de vueltas por segundo	11 245
Nº de colisiones por segundo	600 million

(*) Energía por nucleón

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

LHC acelera protones a altísimas energías



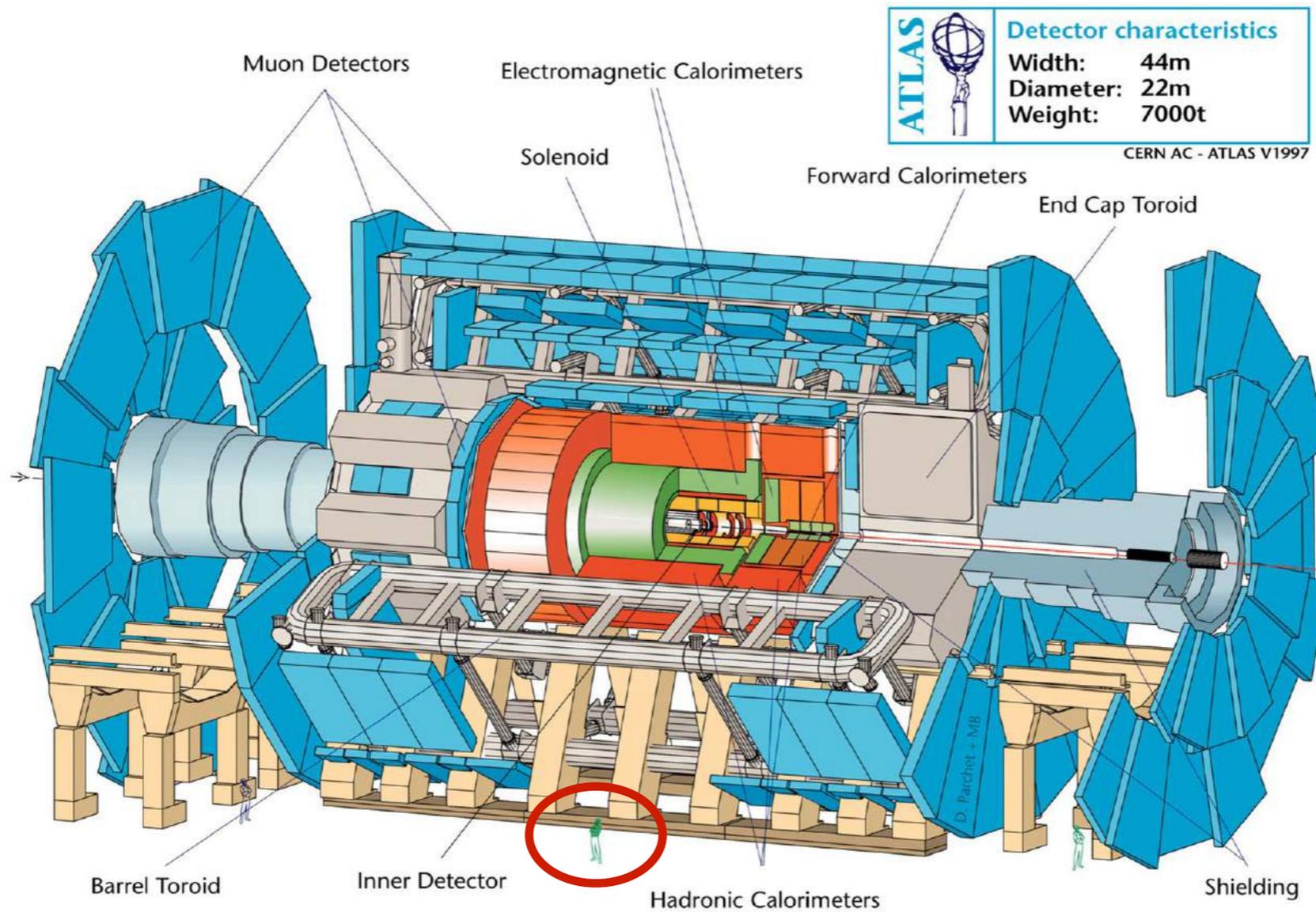
Una colisión típica produce cientos de partículas.

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)



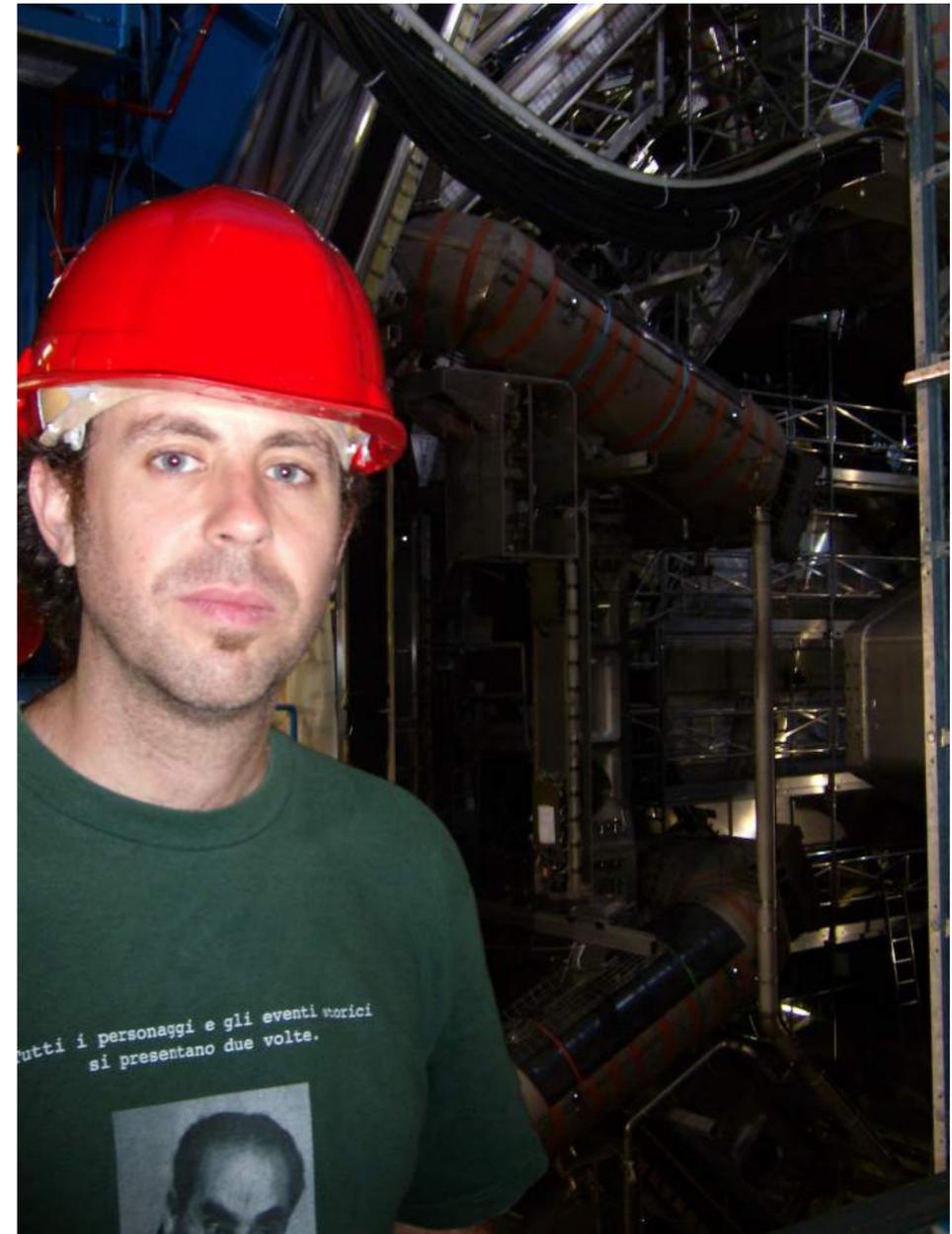
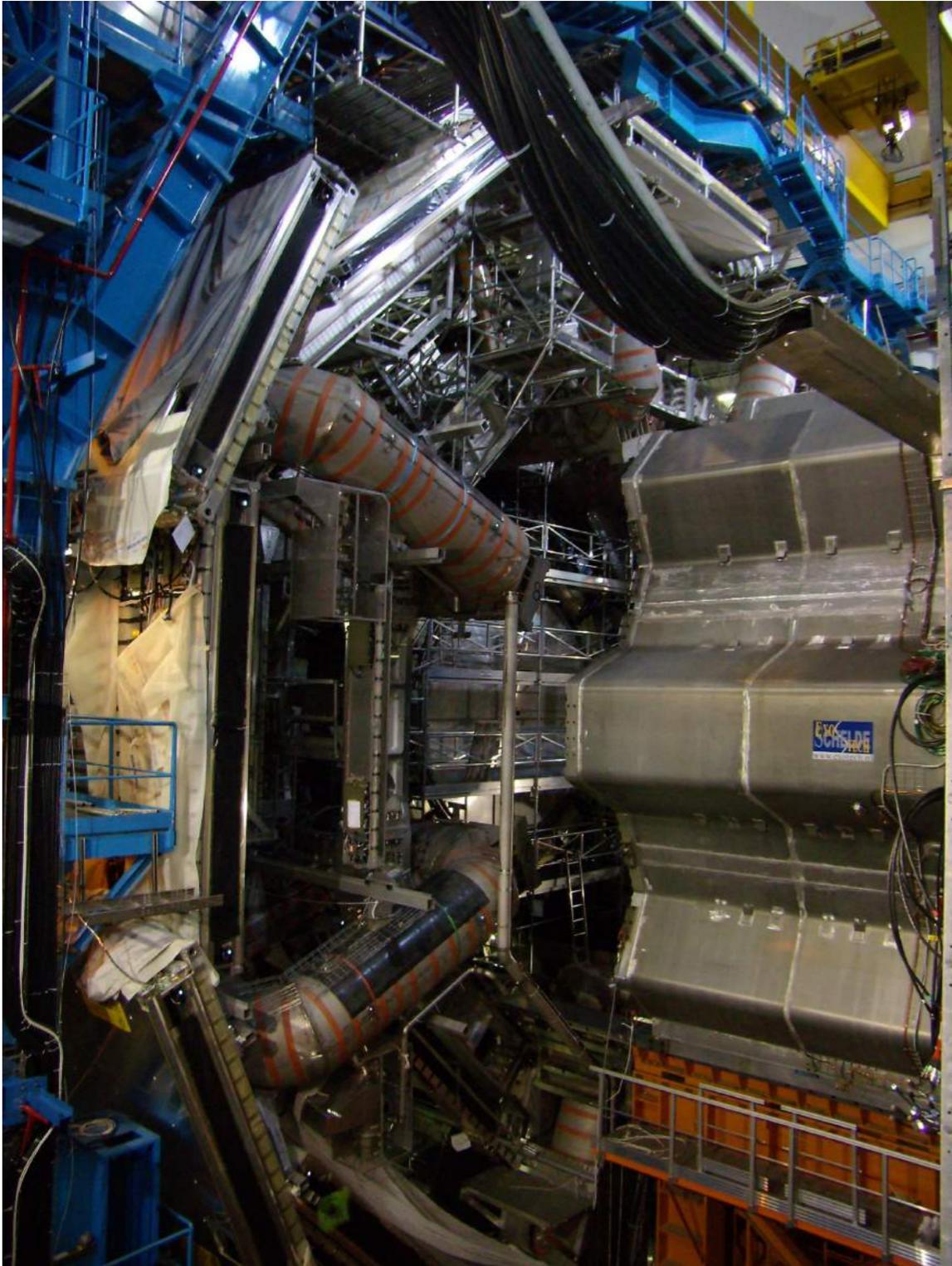
El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

ATLAS



El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

ATLAS

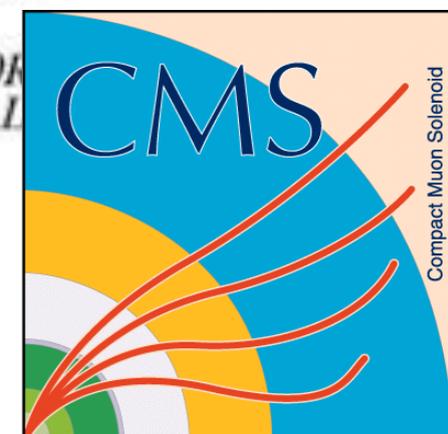
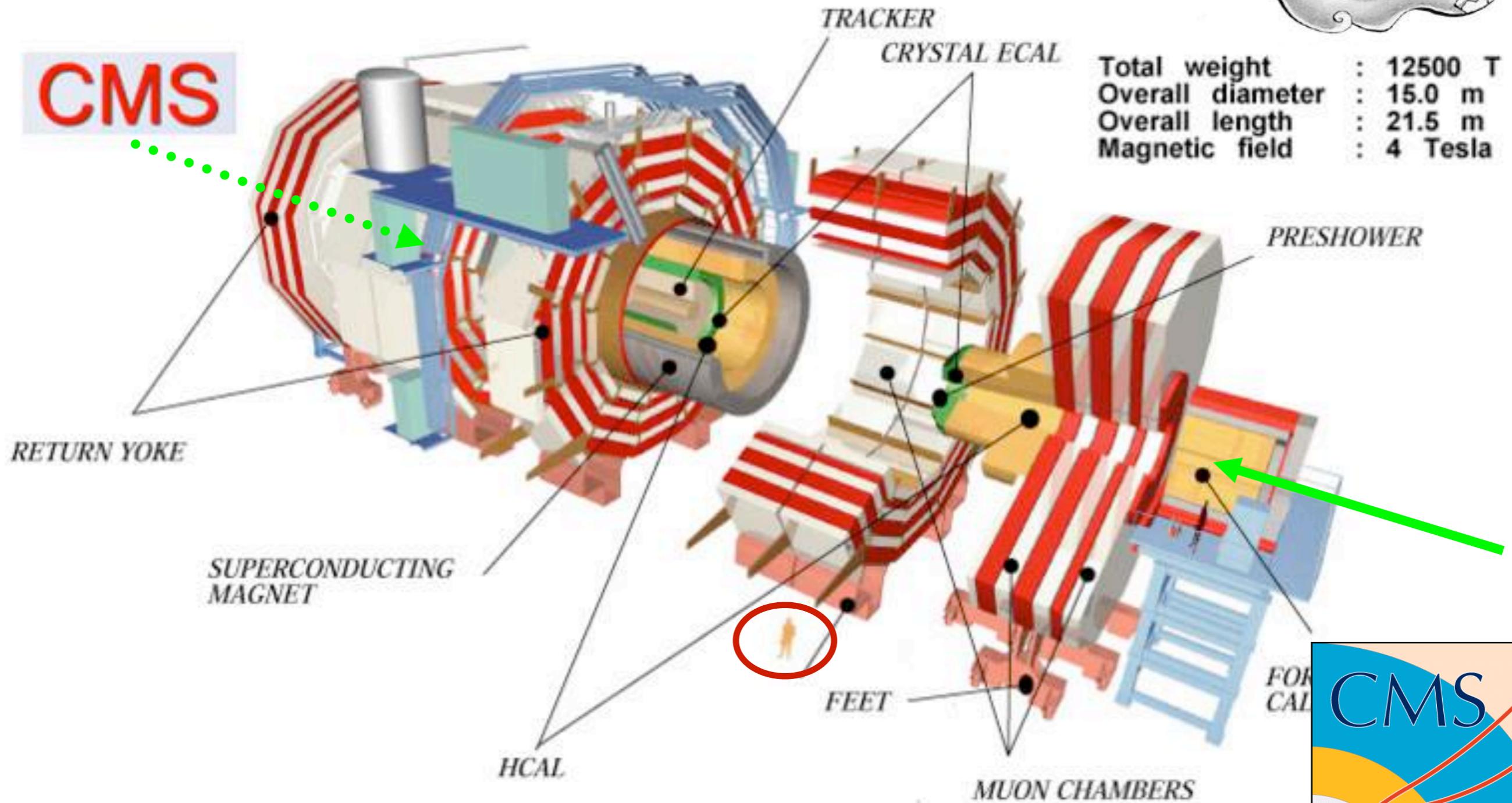


CMS



CMS

Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

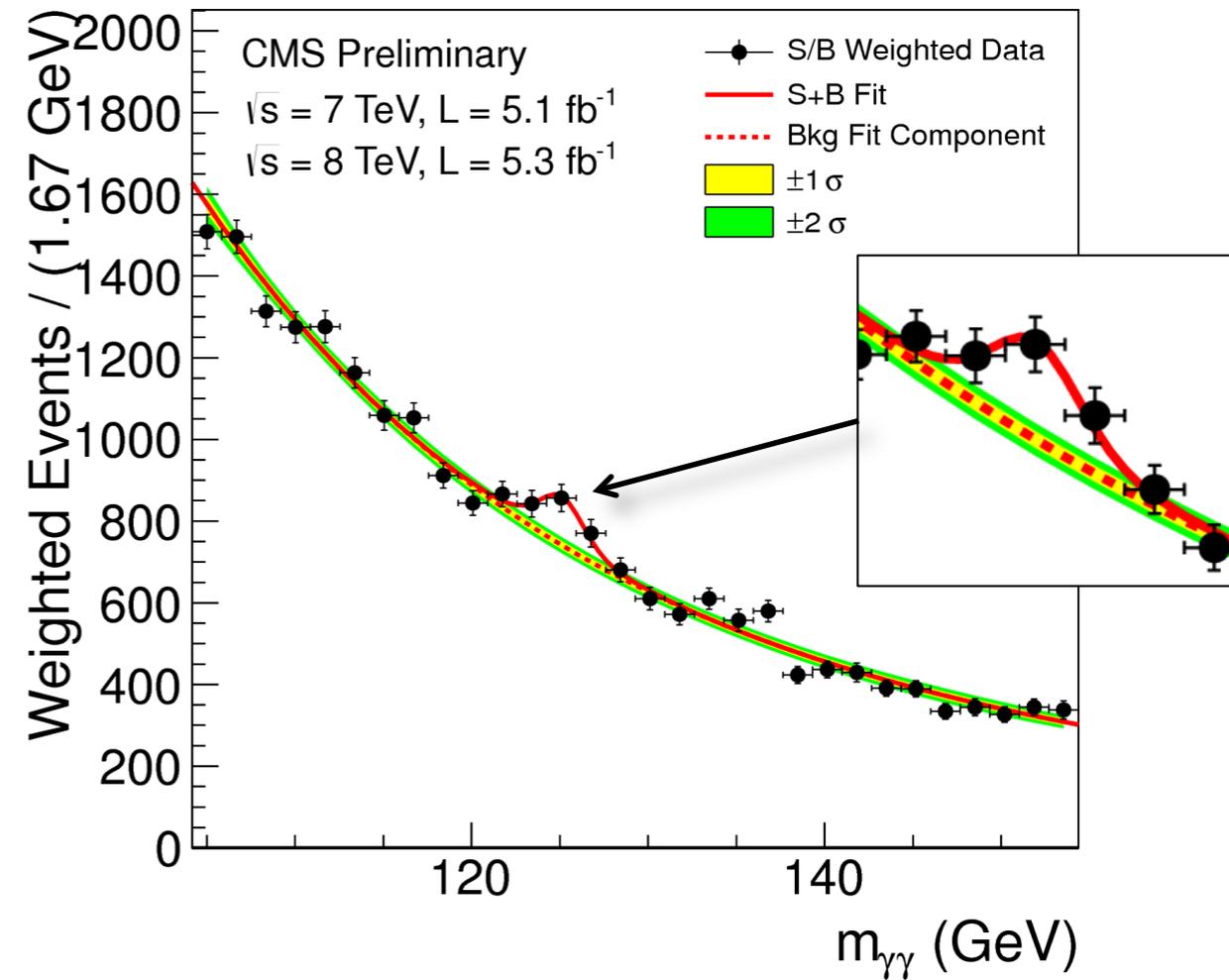
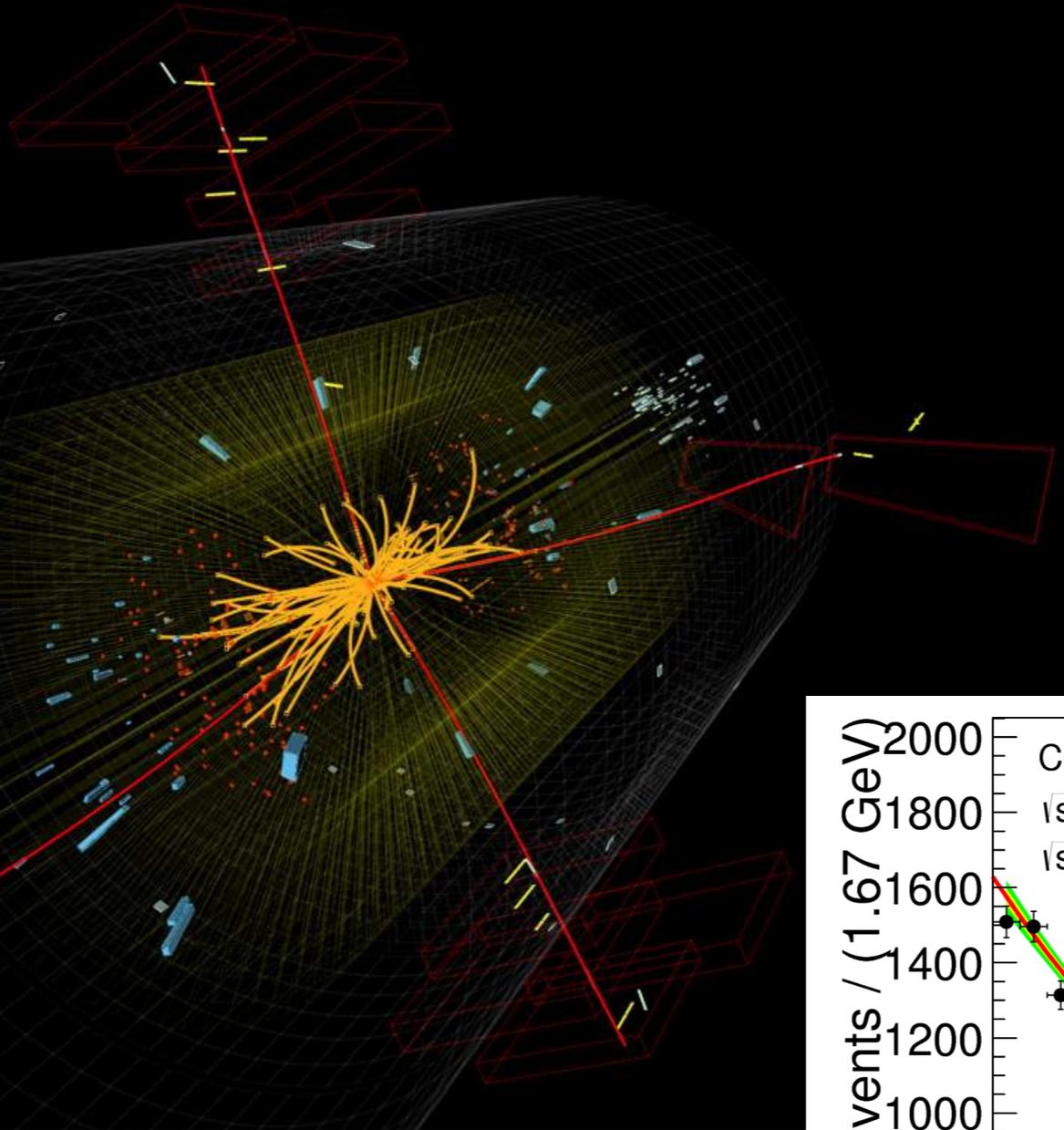


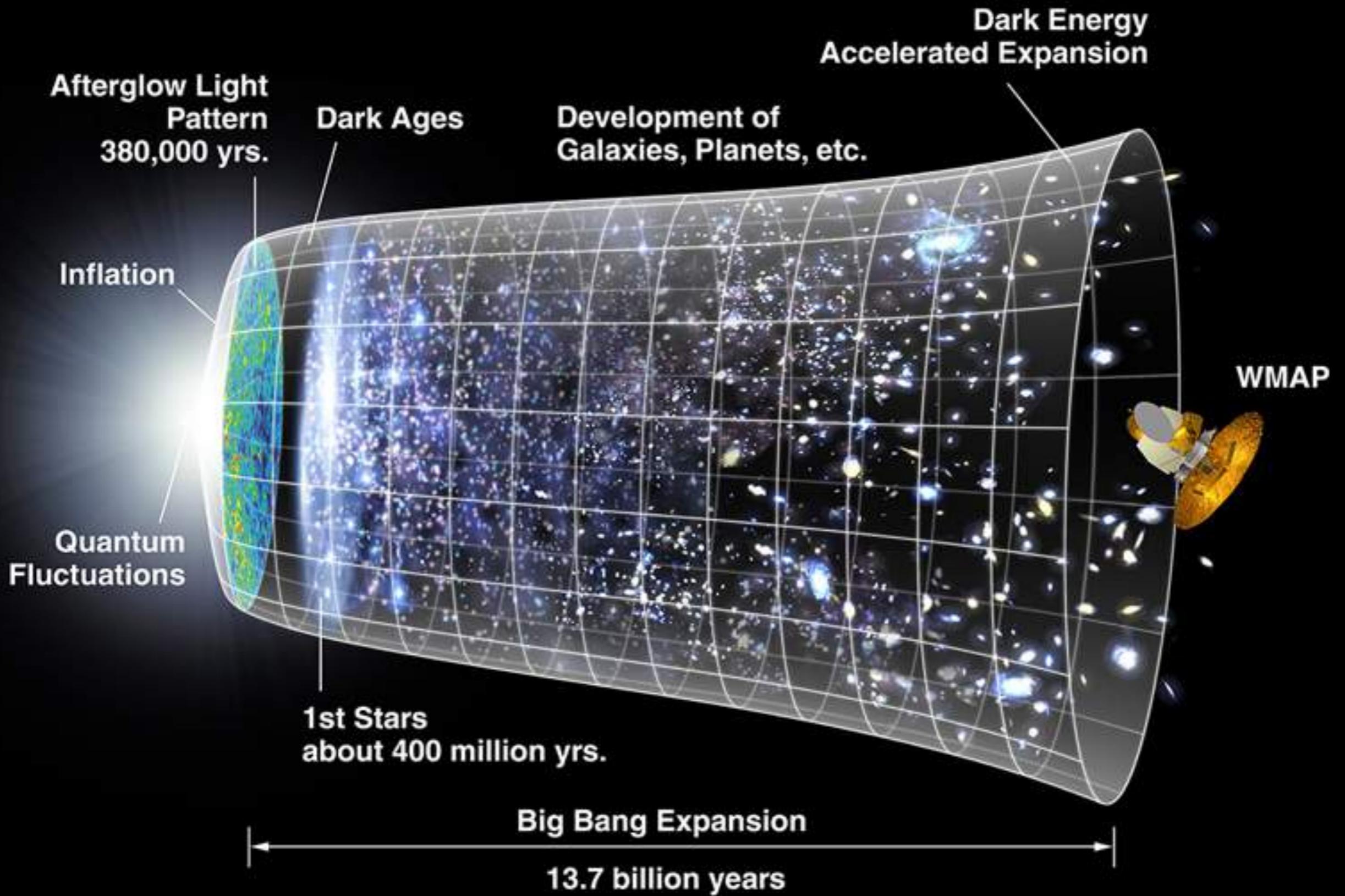
el descubrimiento del bosón de Higgs

04/07/2012

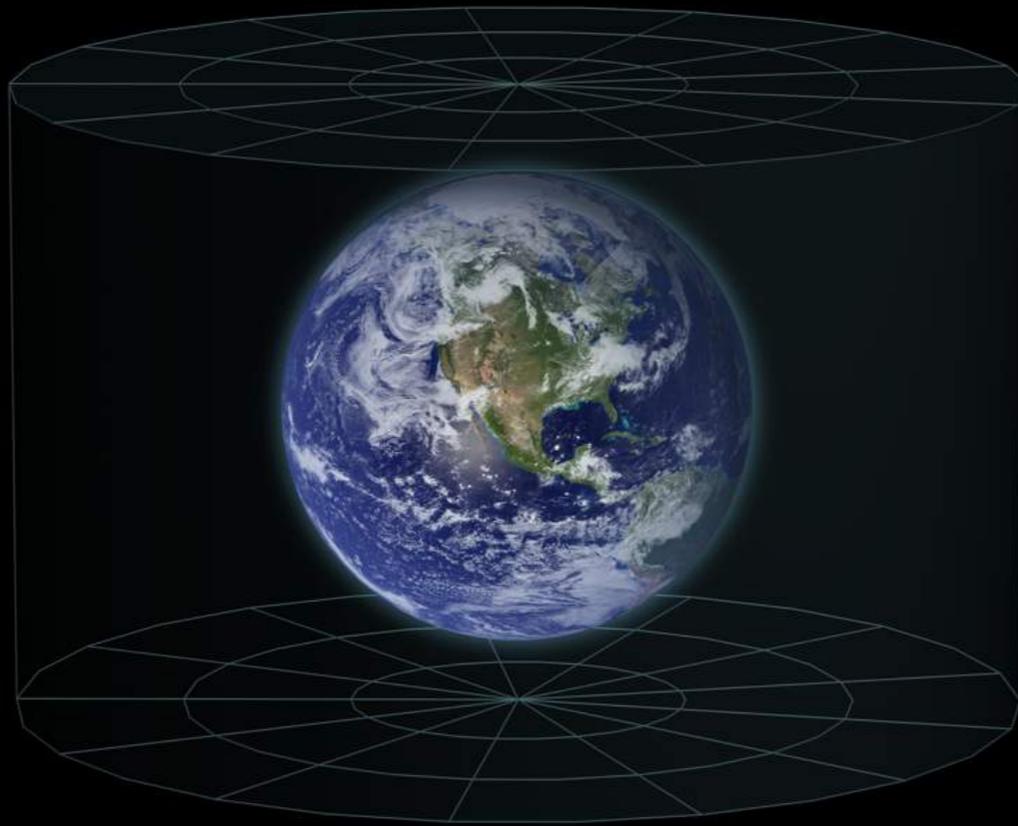


el descubrimiento del bosón de Higgs

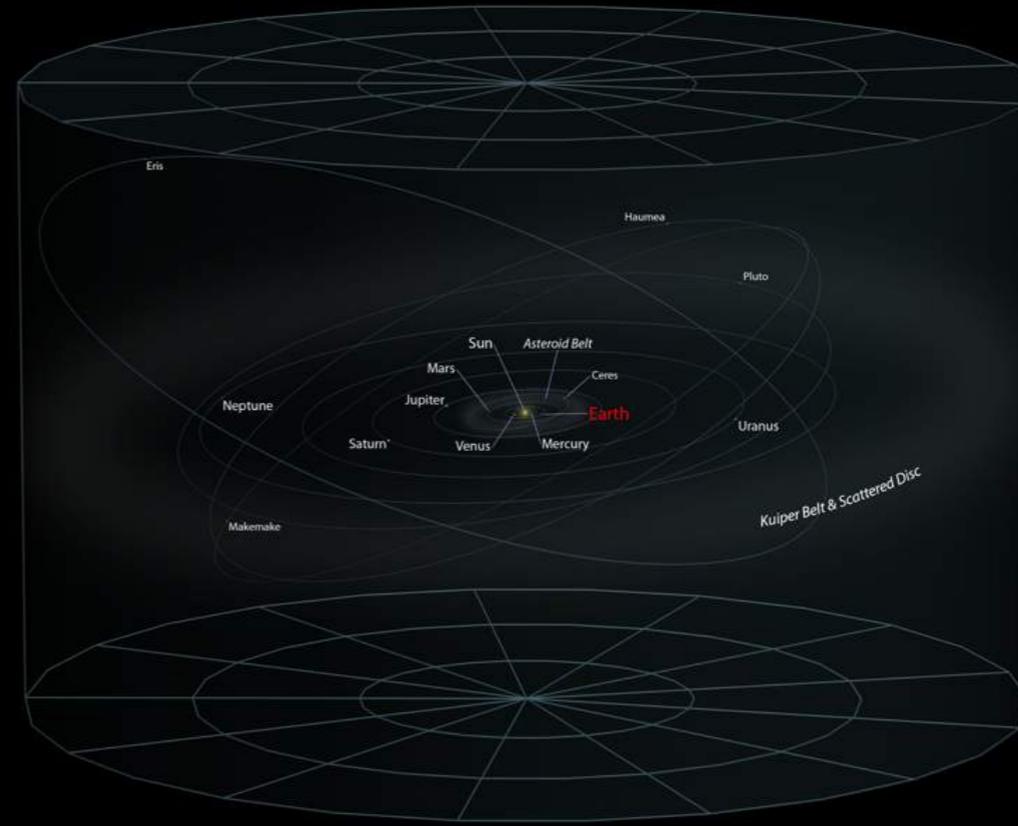




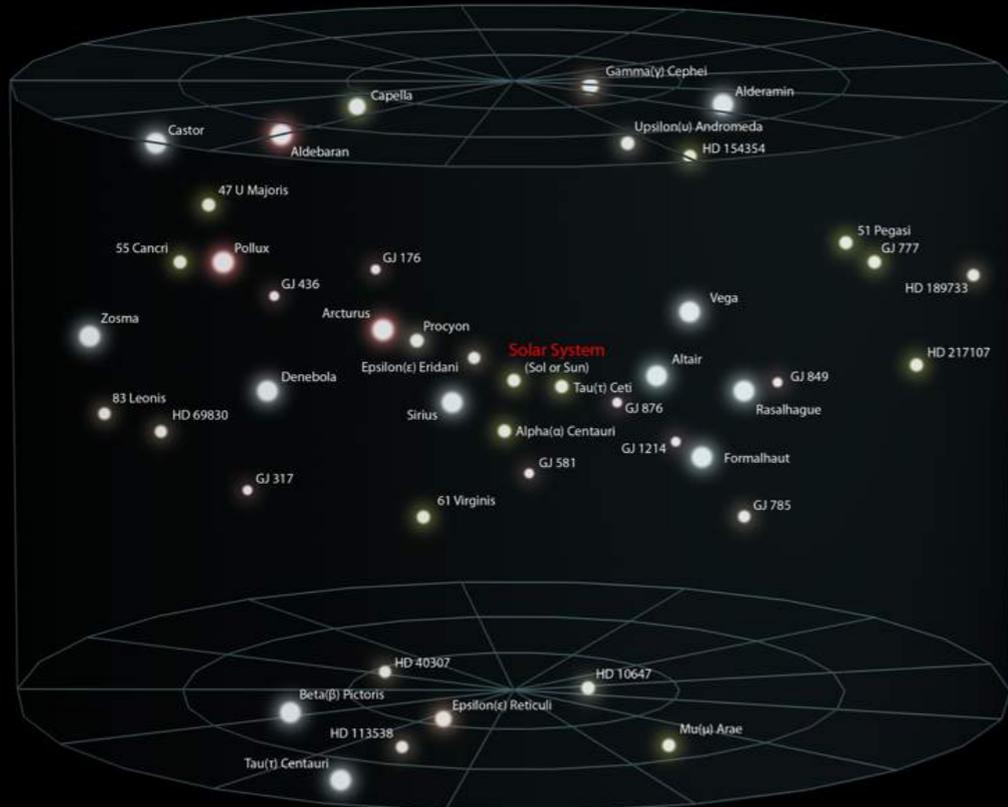
Earth



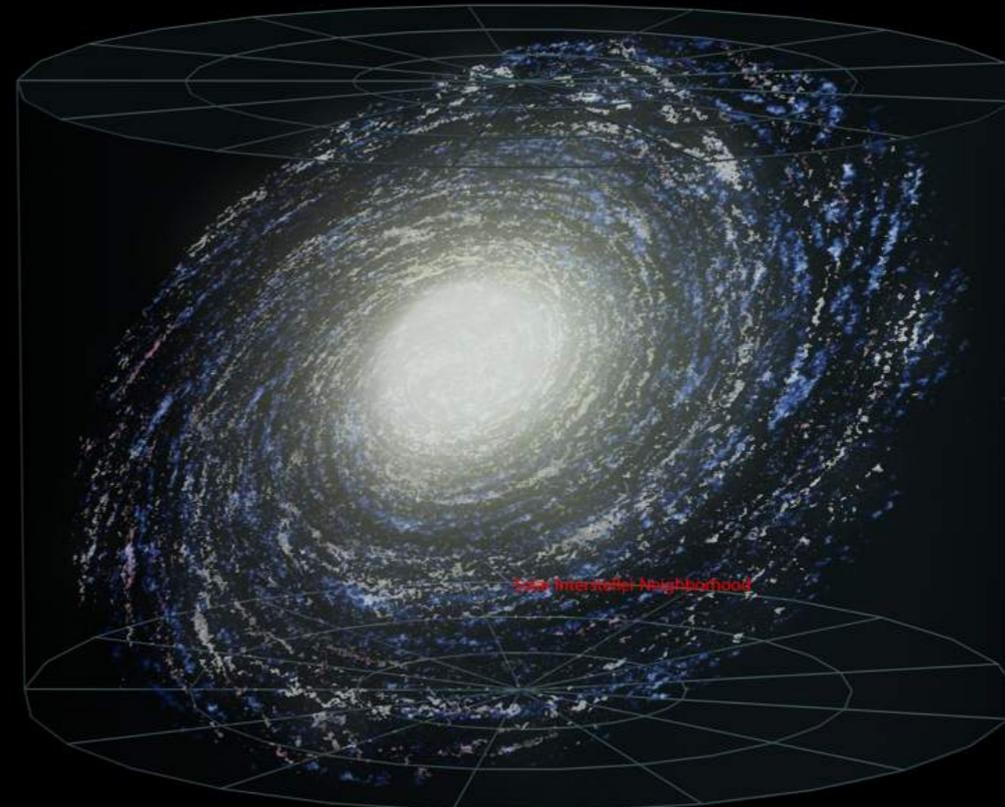
Solar System



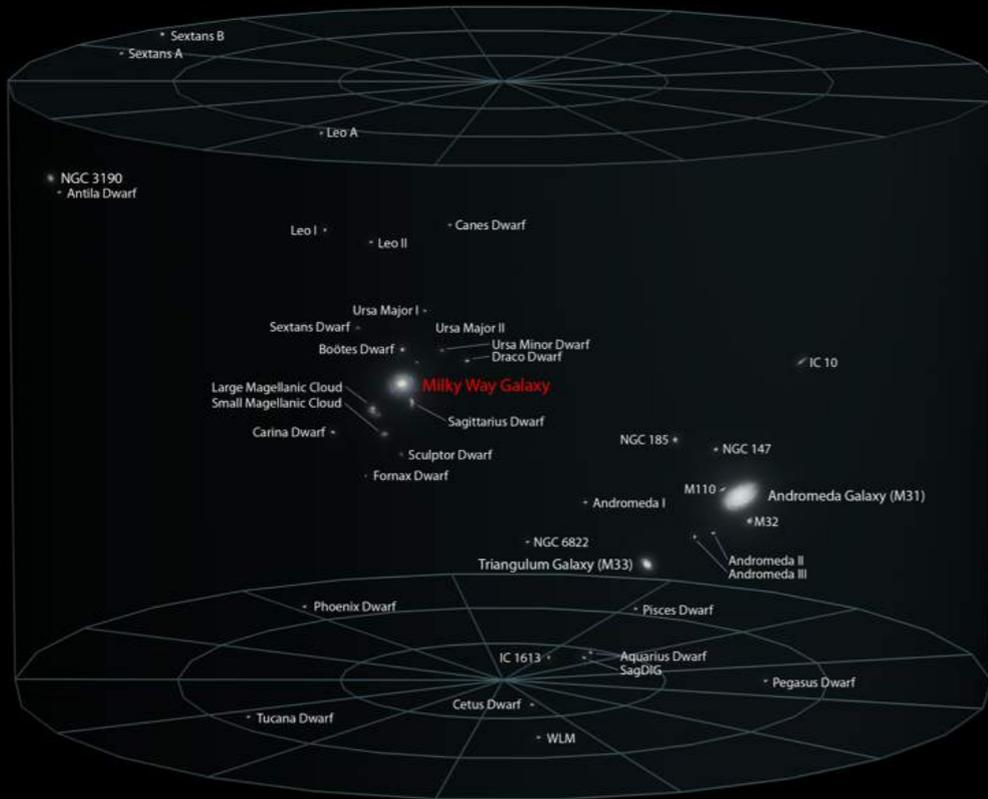
Solar Interstellar Neighborhood



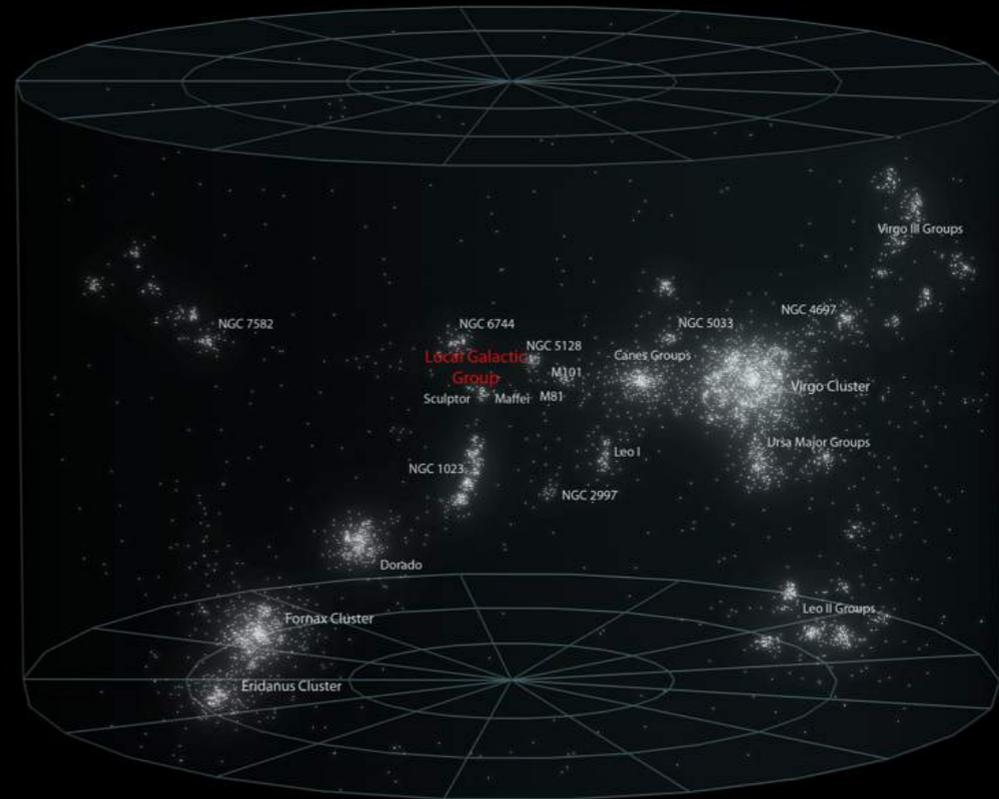
Milky Way Galaxy



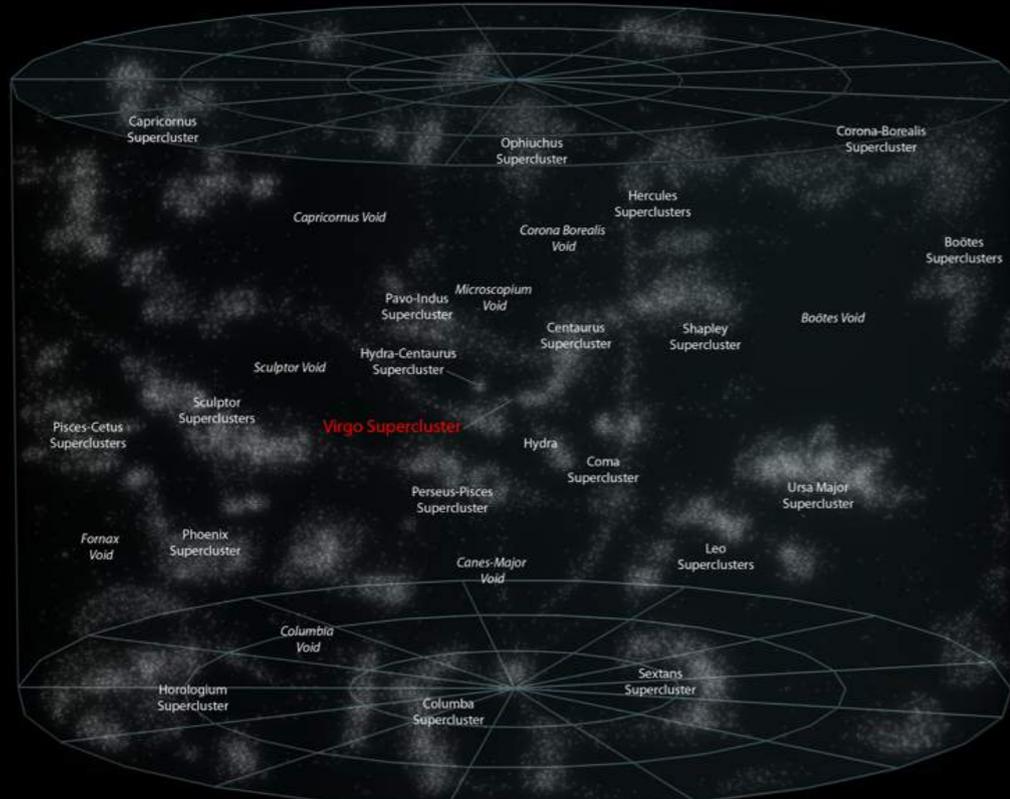
Local Galactic Group



Virgo Supercluster



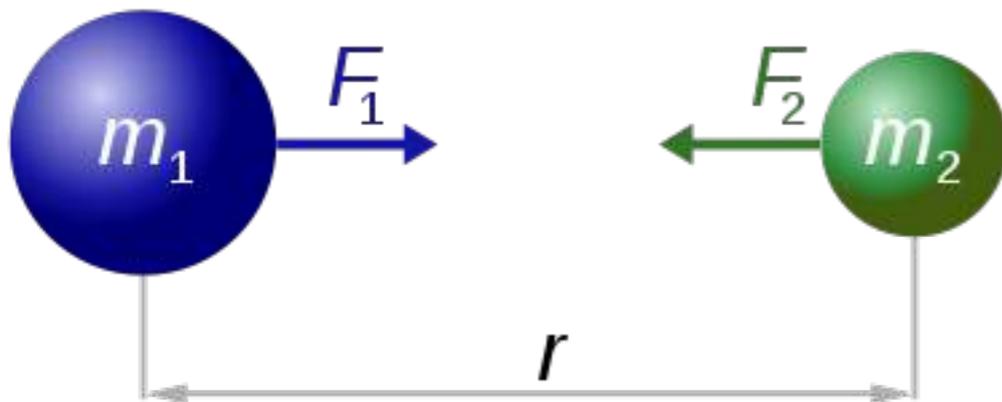
Local Superclusters



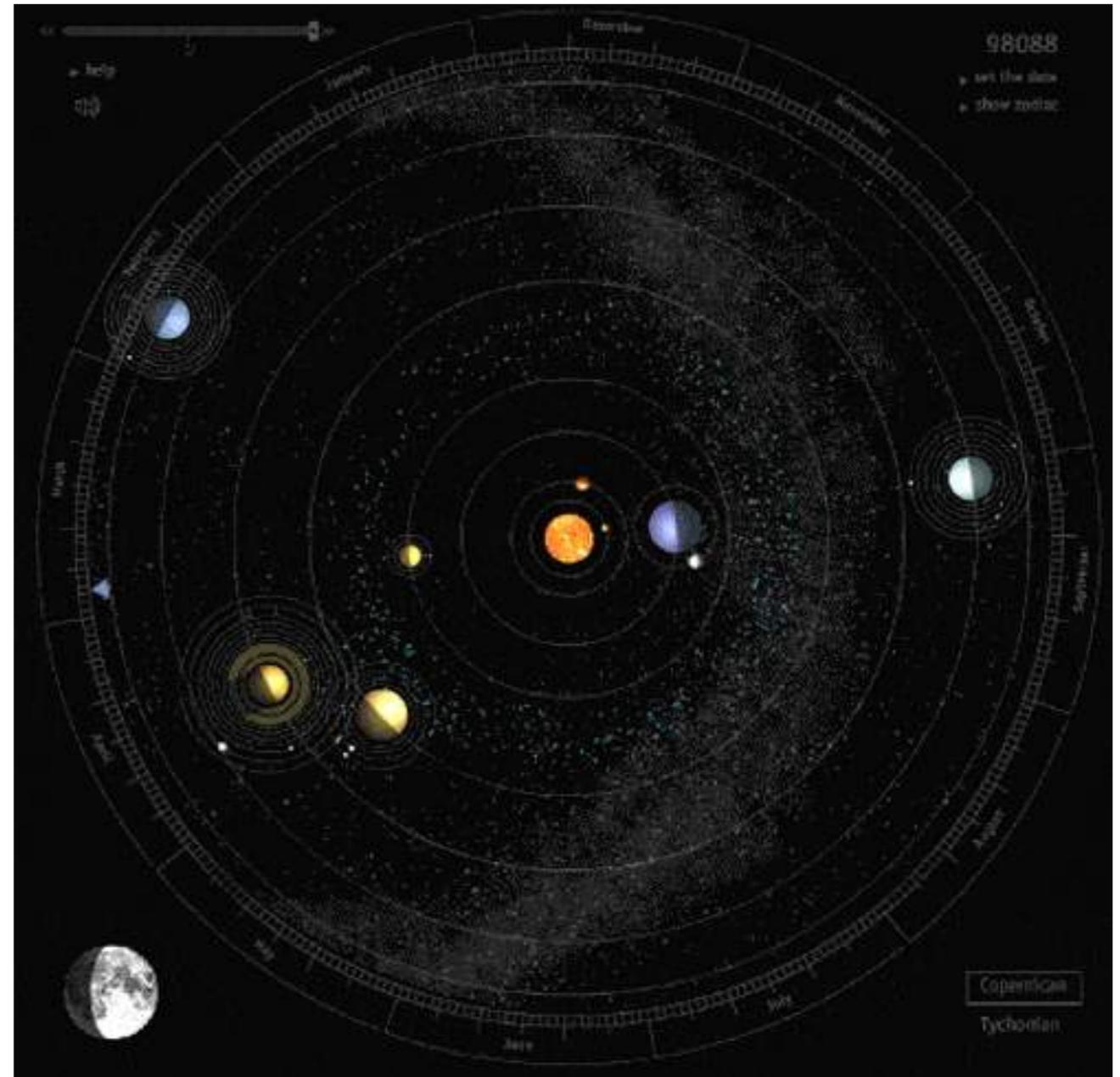
Observable Universe



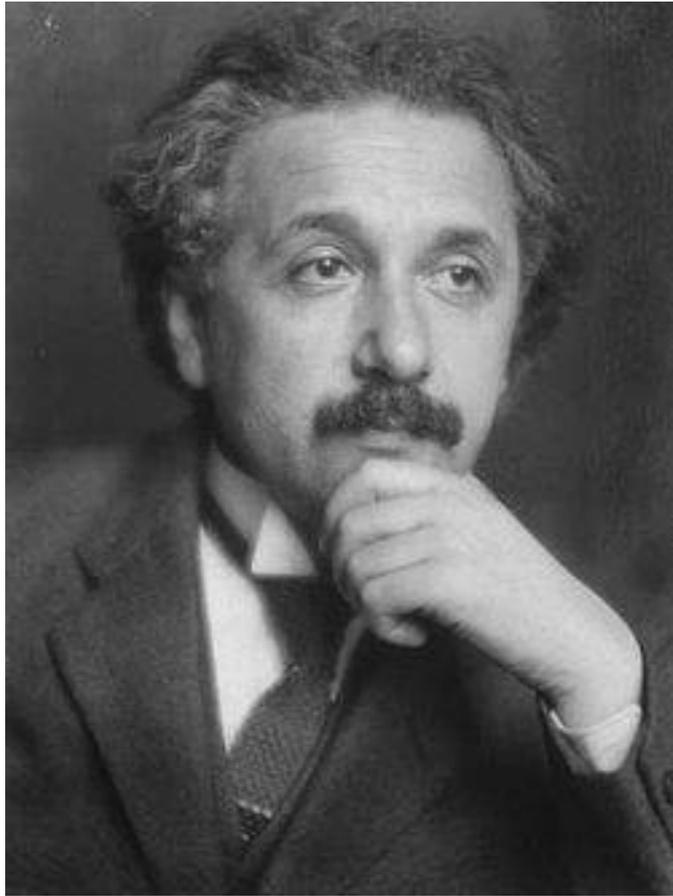
la interacción gravitatoria



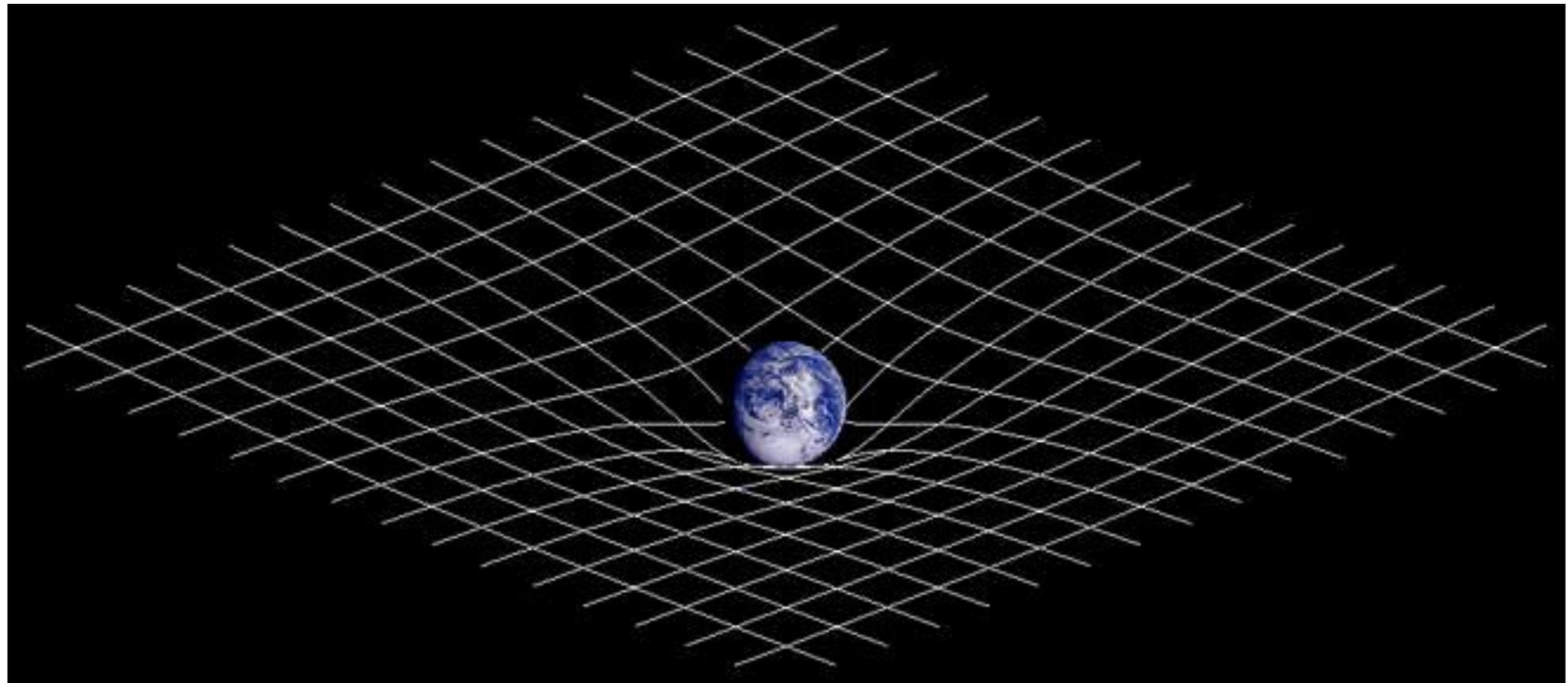
$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



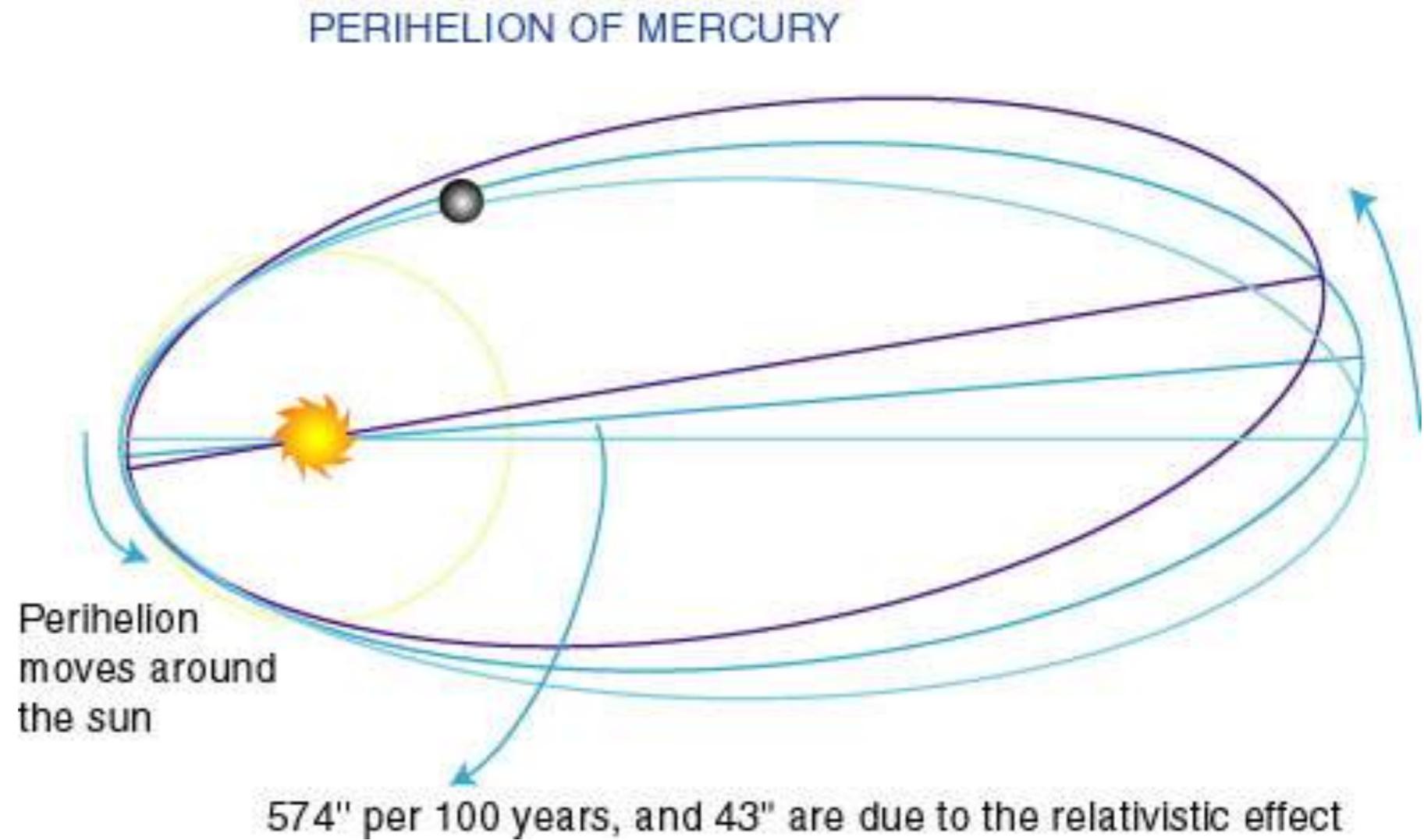
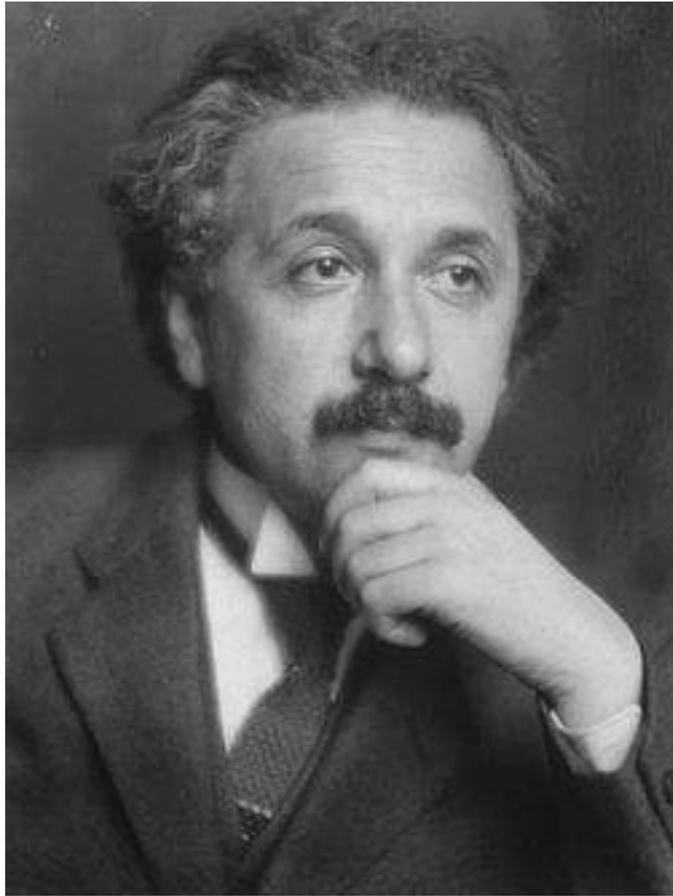
la interacción gravitatoria



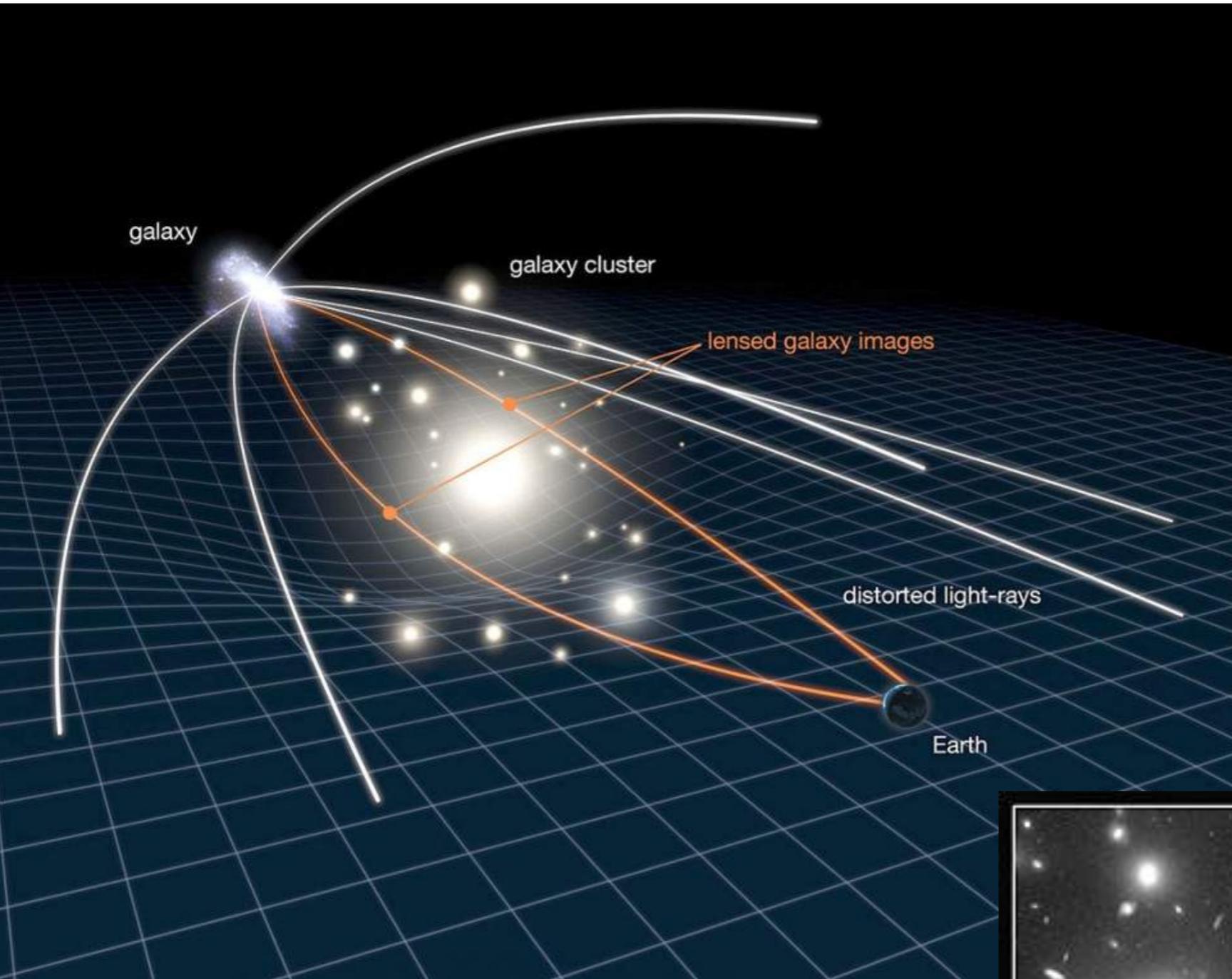
Relatividad general: si la naturaleza de las leyes de la física no depende del estado de movimiento del observador, entonces el espacio y el tiempo se curvan en presencia de objetos muy masivos: **gravedad**.



la interacción gravitatoria



la interacción gravitatoria



Gravitational Lens in Abell 2218

HST · WFPC2

la interacción gravitatoria



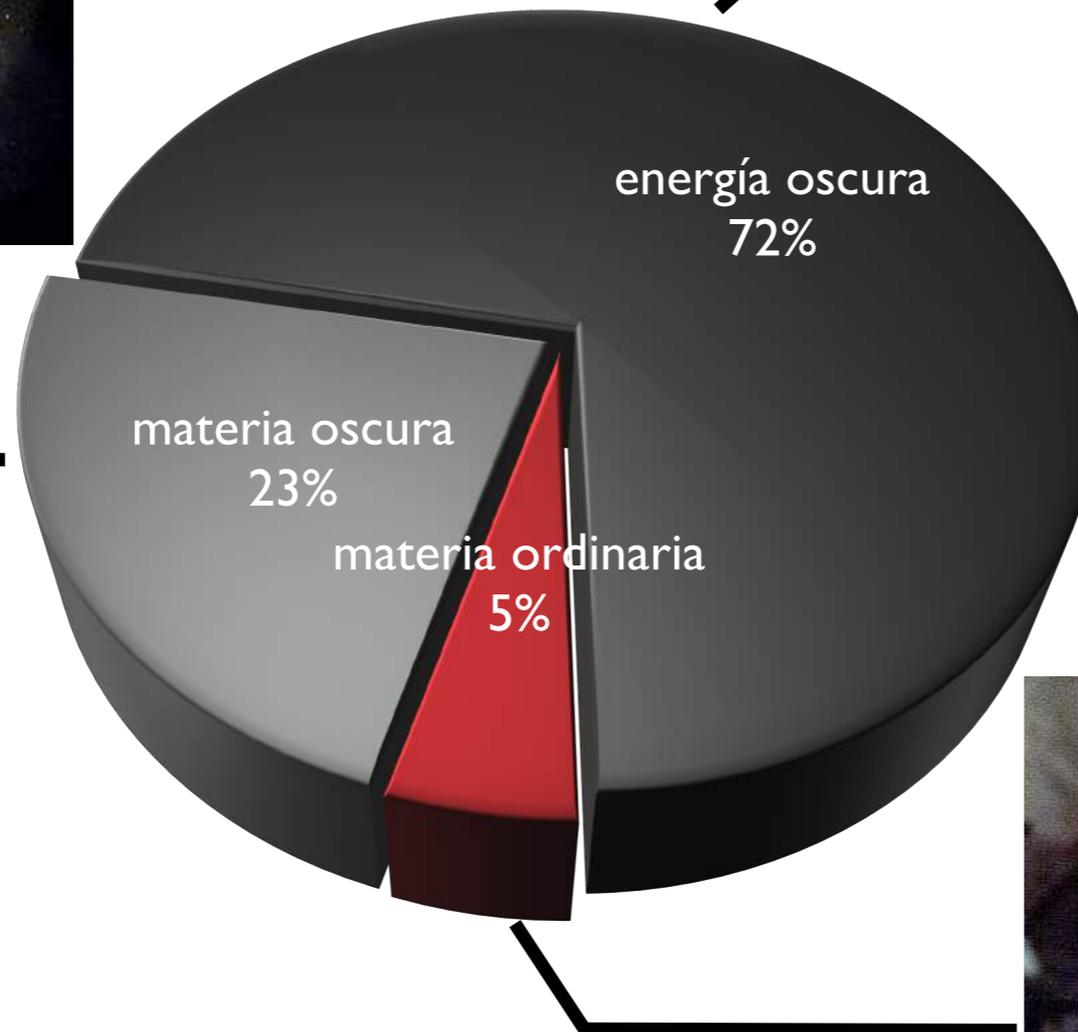
¿de qué está hecho el universo?



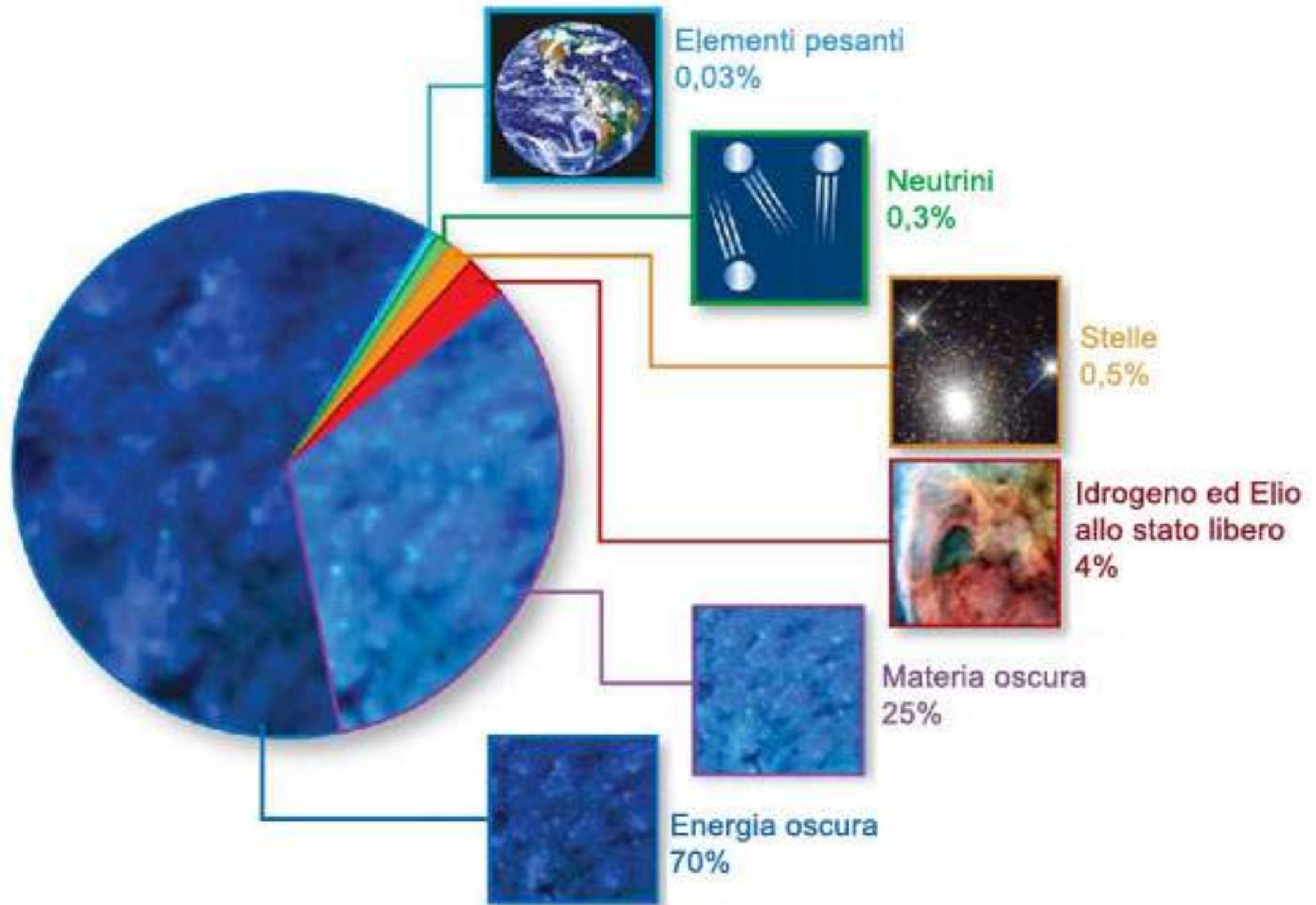
???



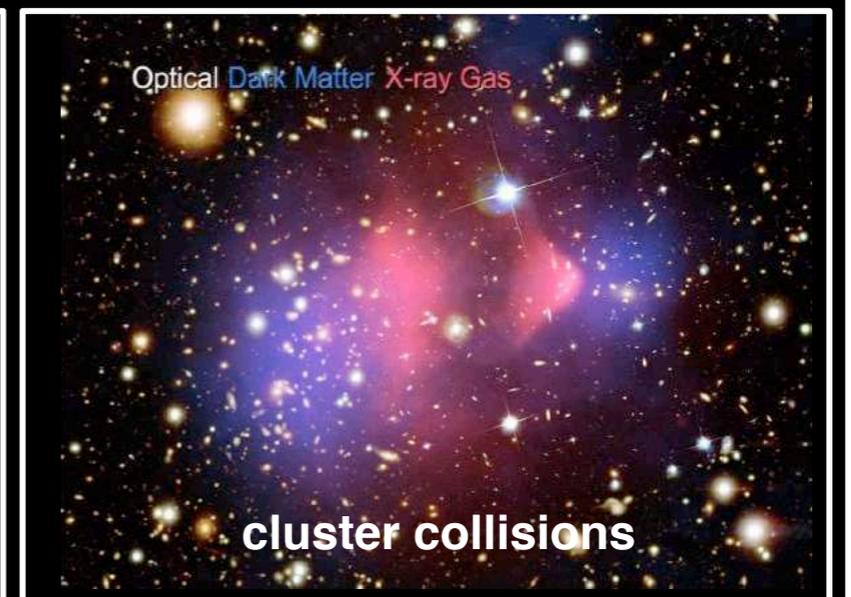
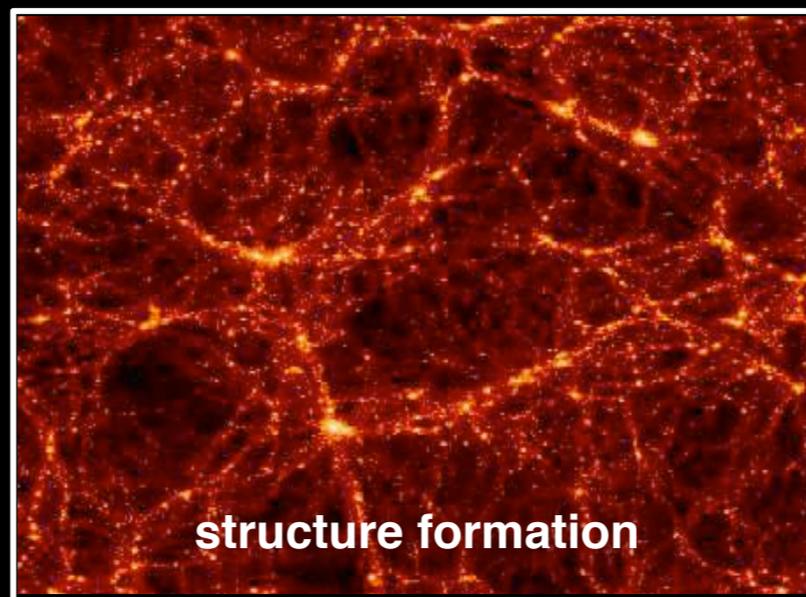
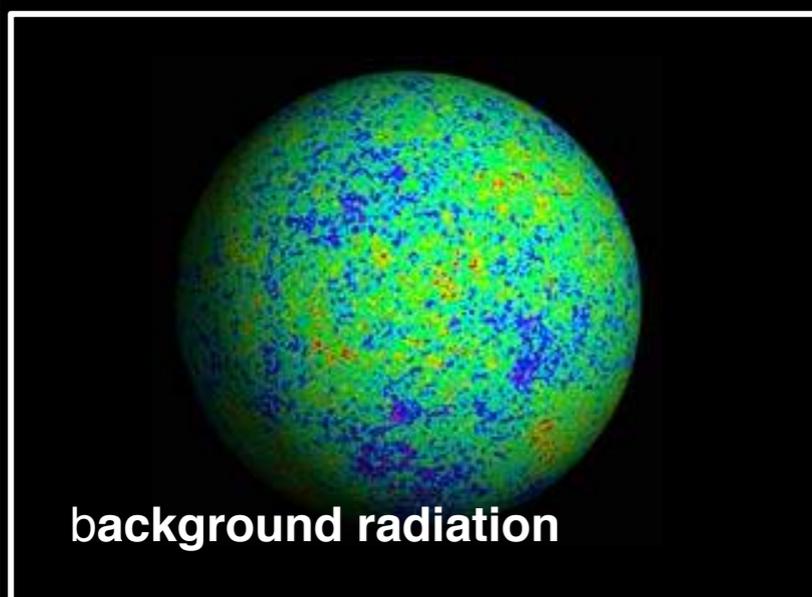
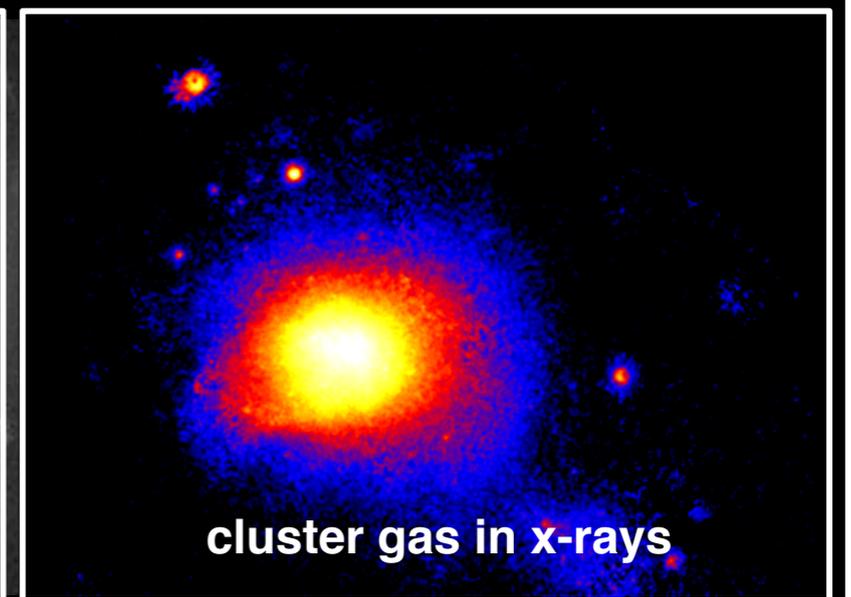
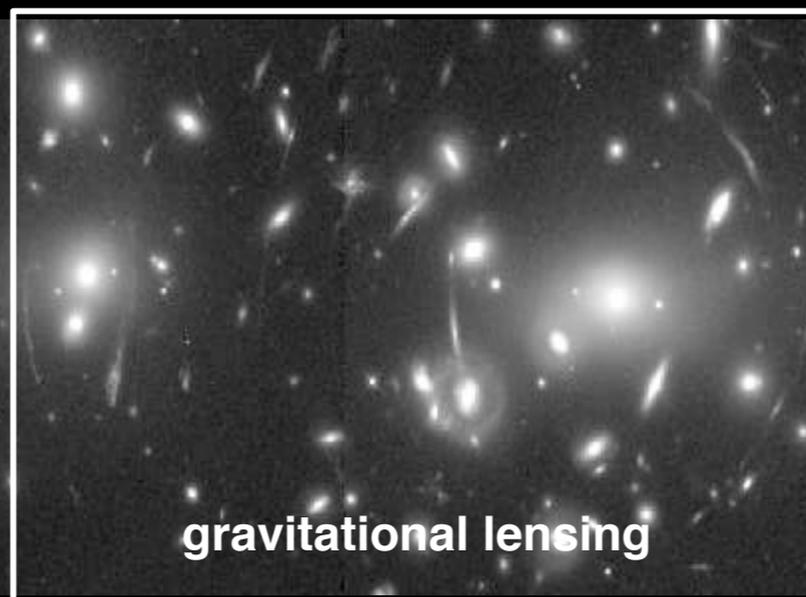
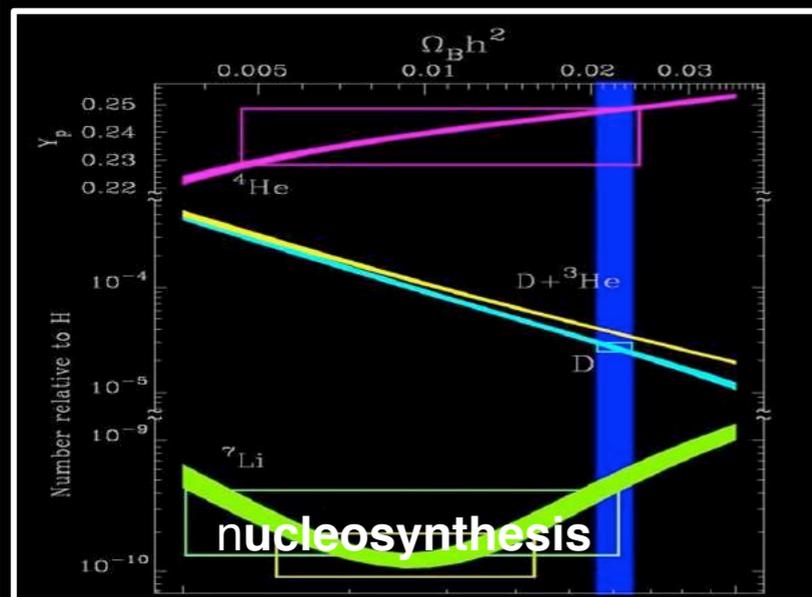
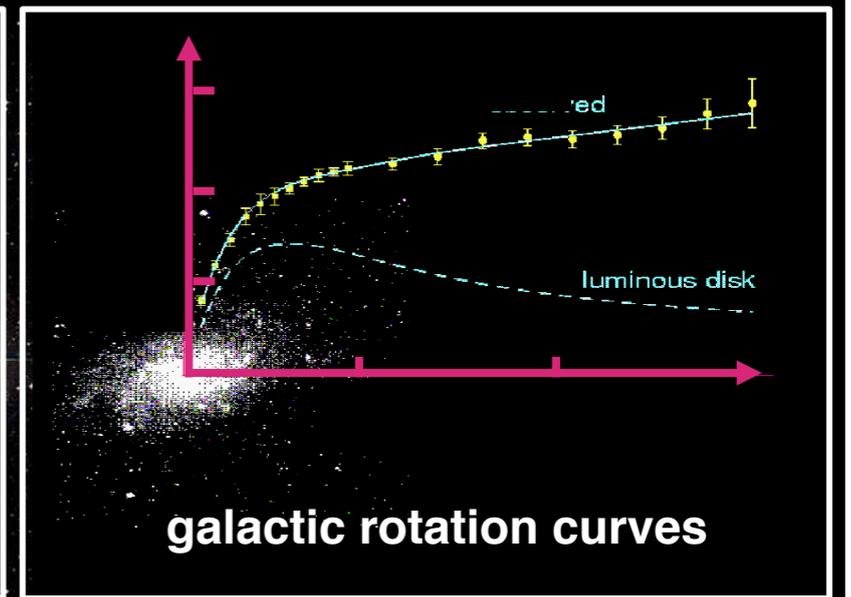
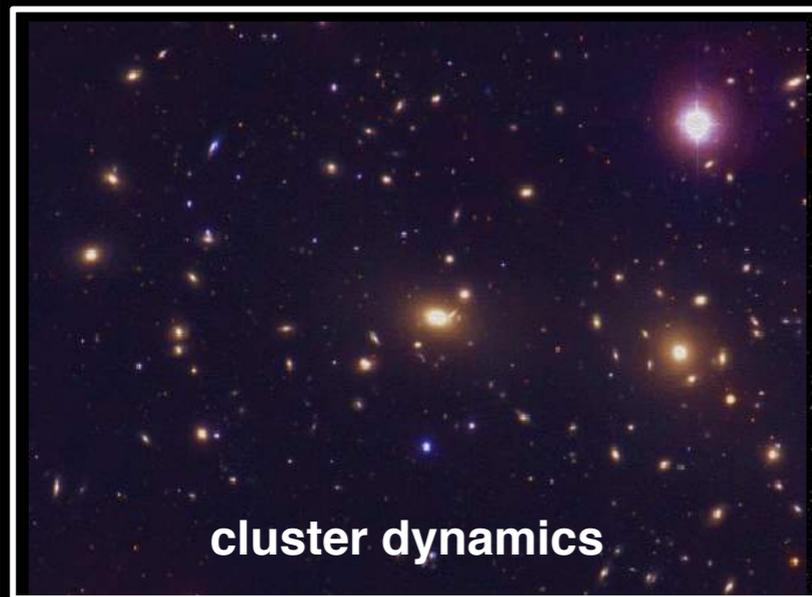
??????



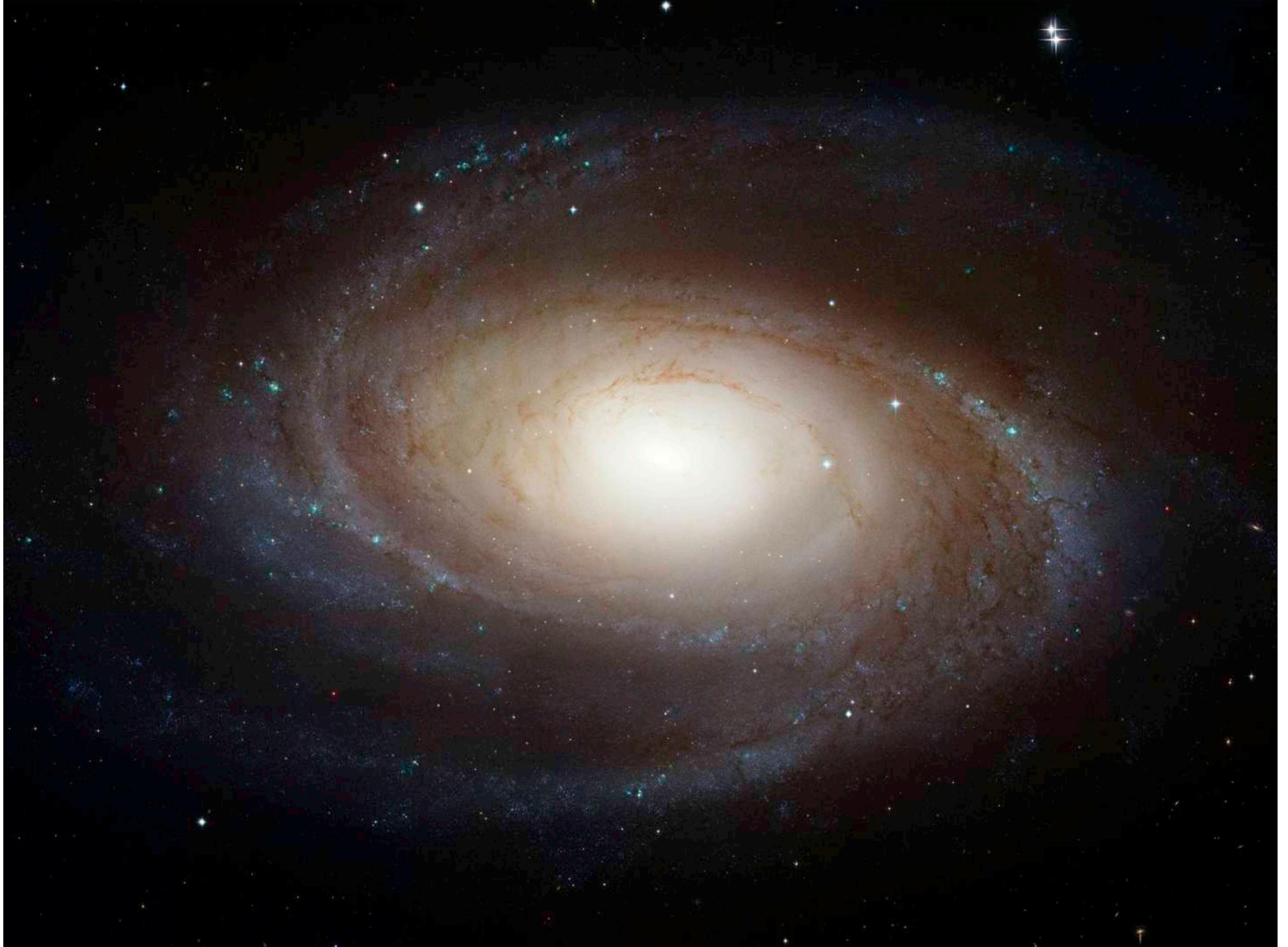
¿de qué está hecho el universo?



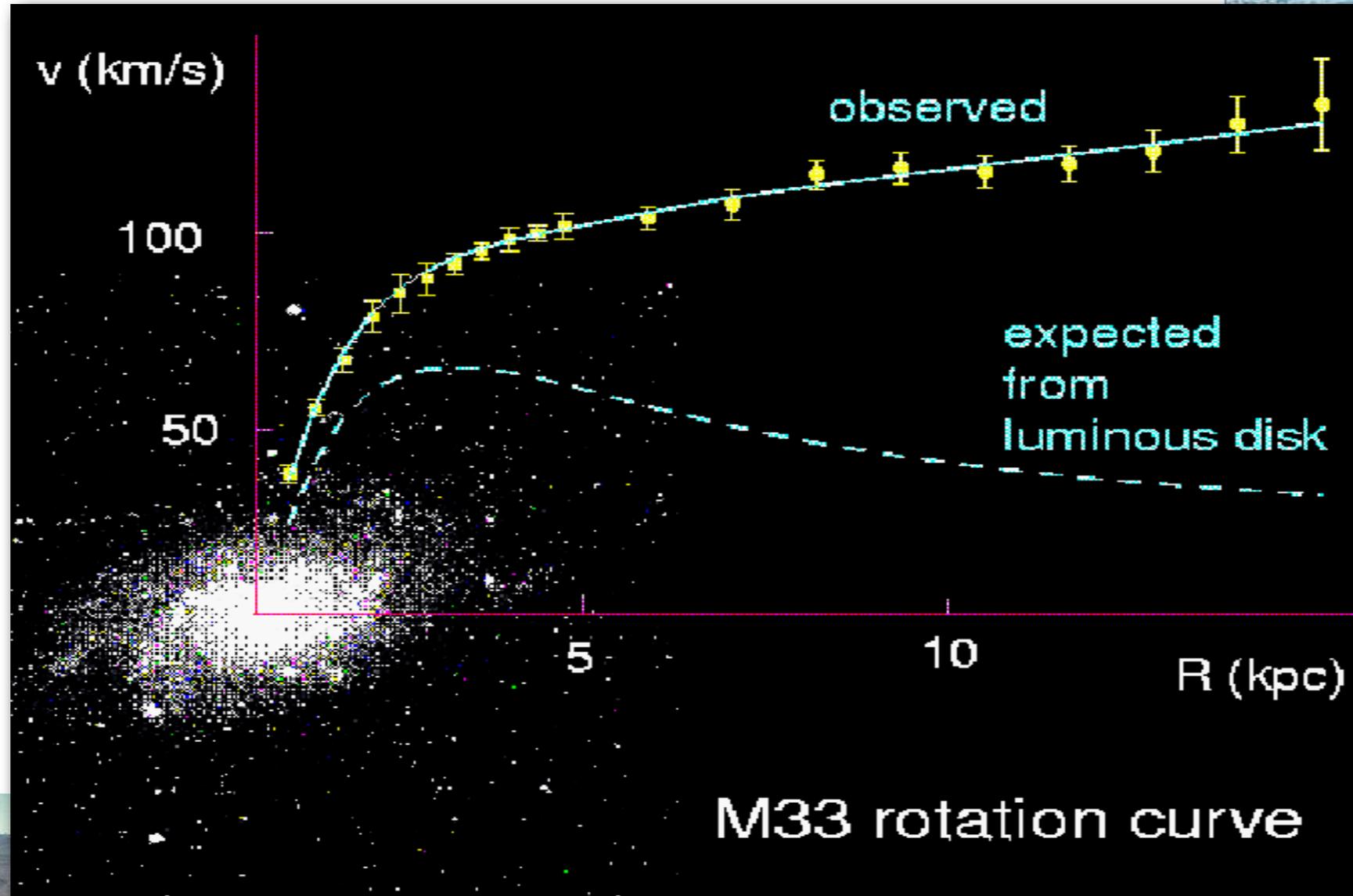
materia oscura



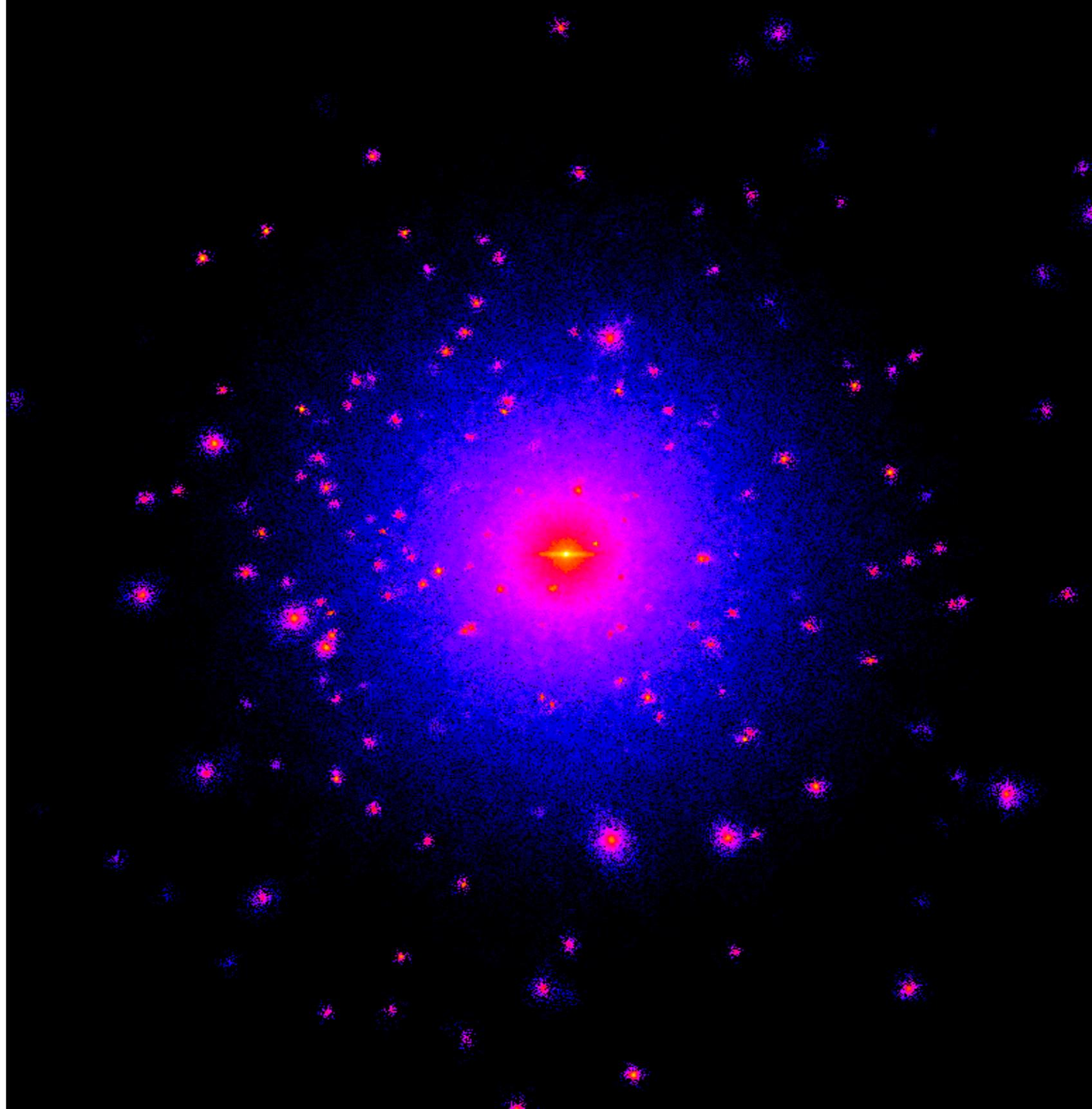
materia oscura



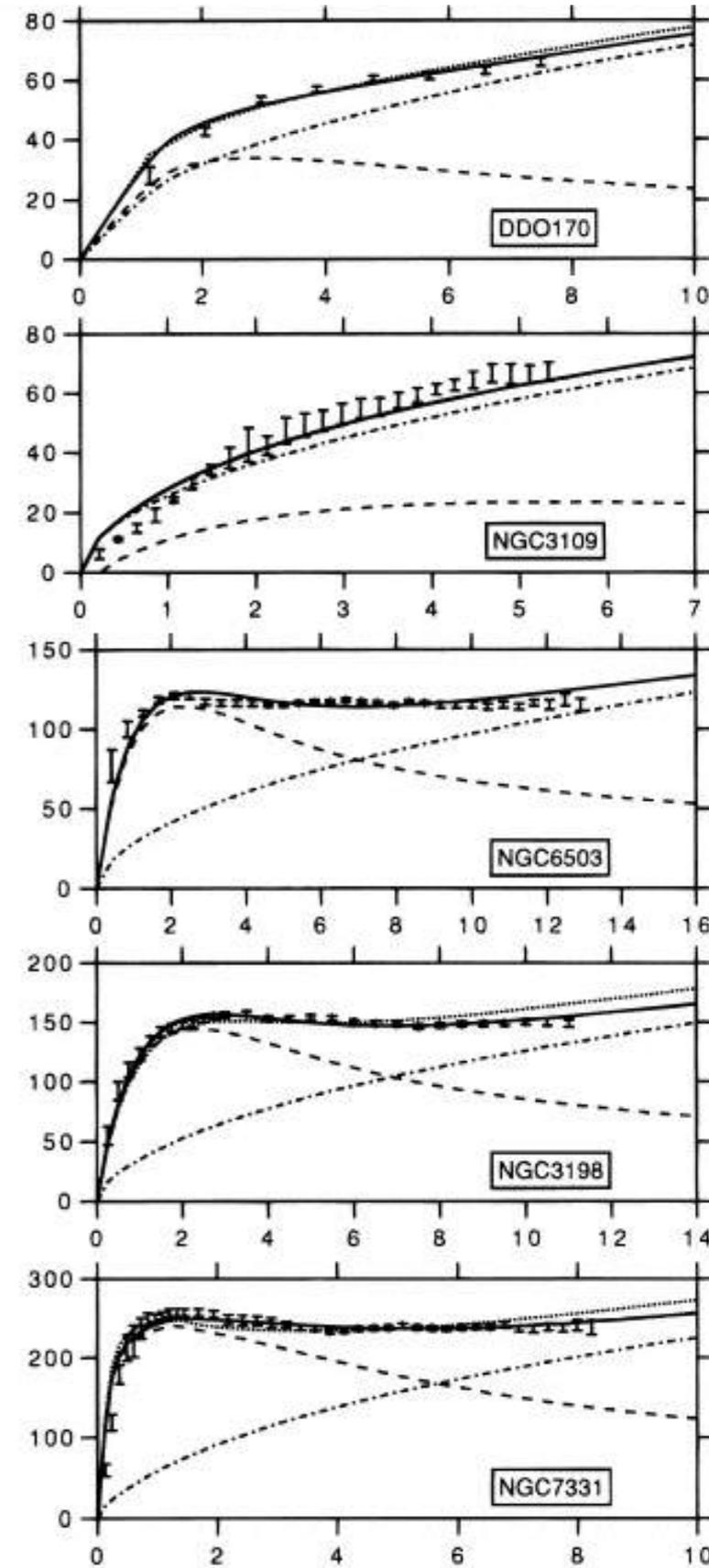
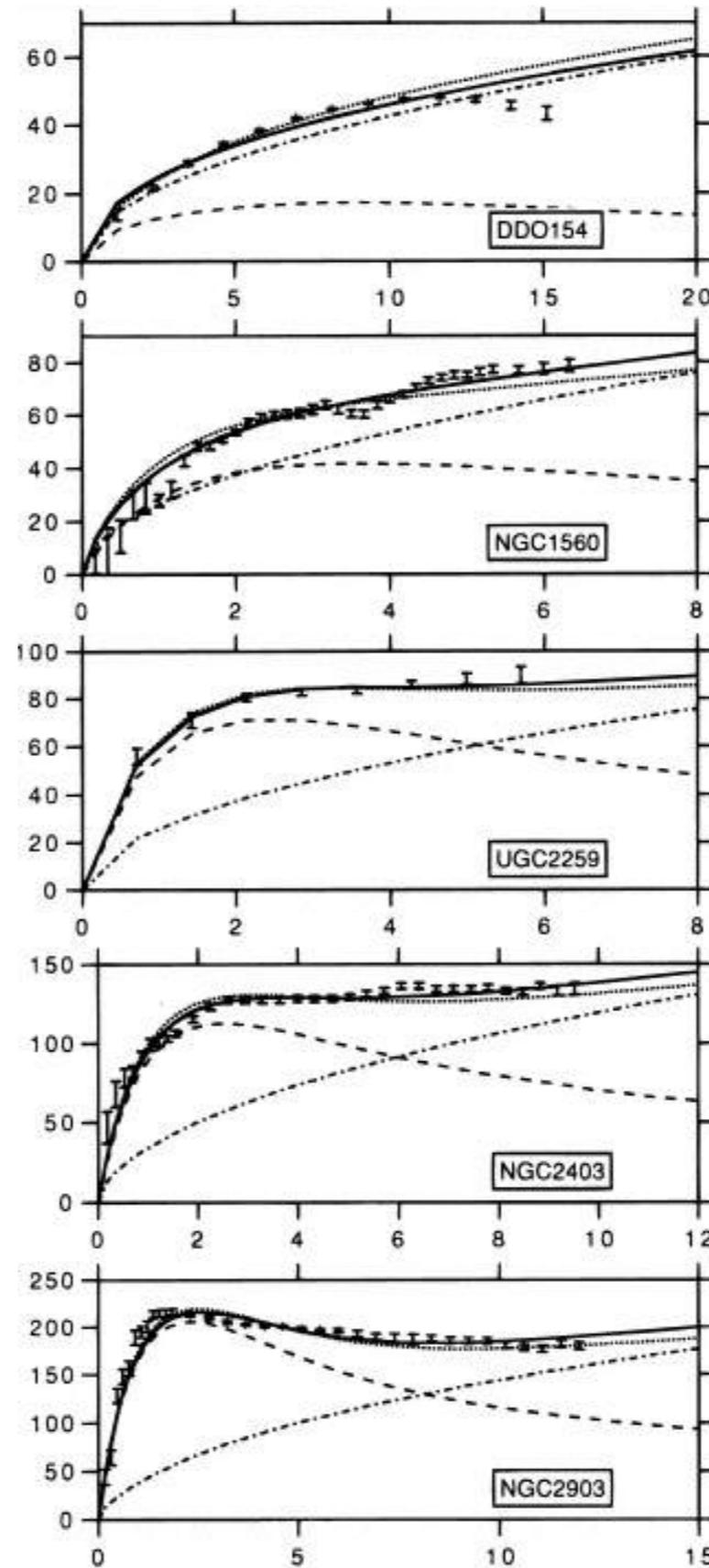
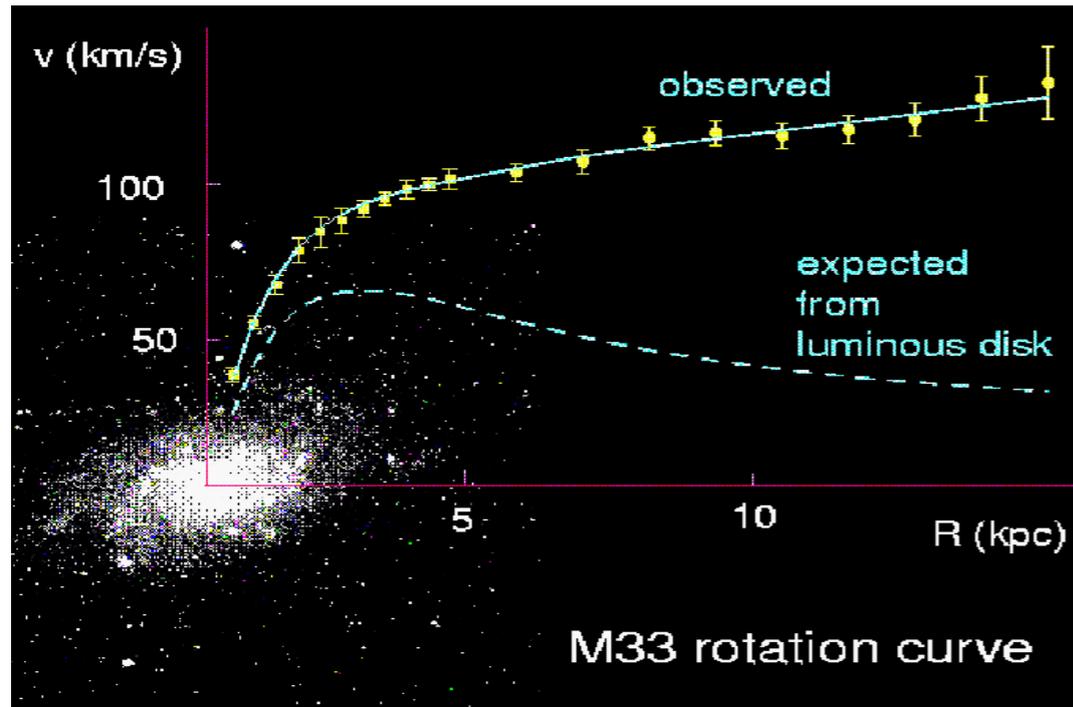
materia oscura



materia oscura



materia oscura



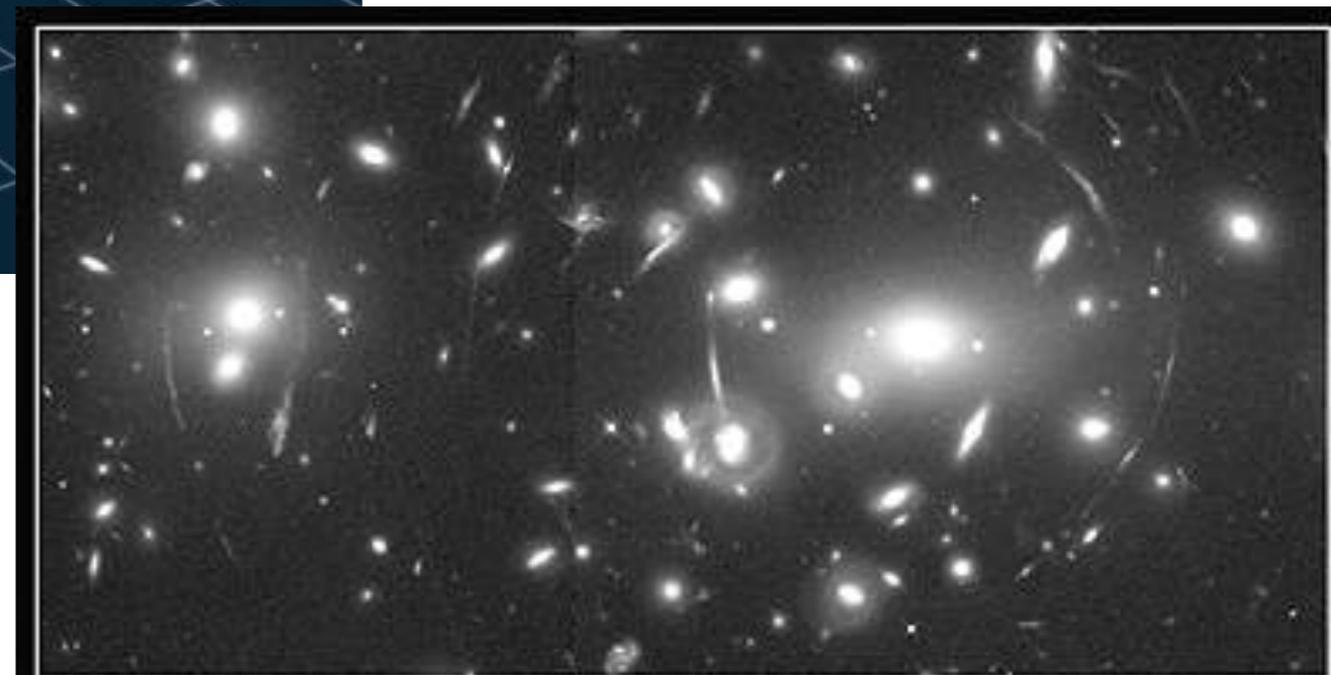
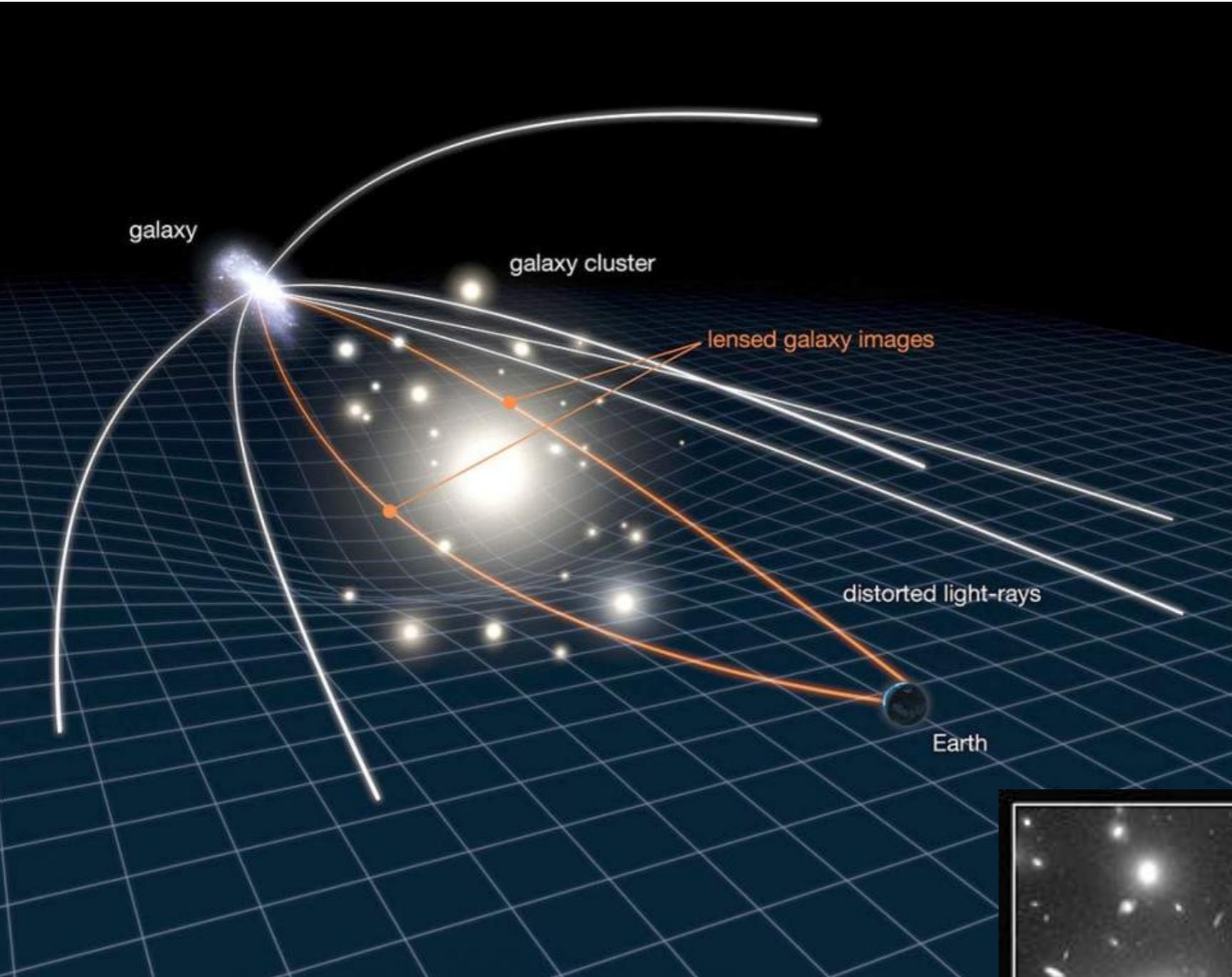
el 80% de la materia de las galaxias no emite luz

¿no entendemos bien la gravedad?

¿objetos grandes? (estrellas frustradas, planetas, agujeros negros, ...)

¿nuevo(s) tipo(s) de partículas elementales?

materia oscura

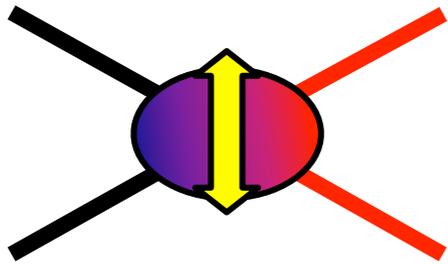


Gravitational Lens in Abell 2218

HST · WFPC2

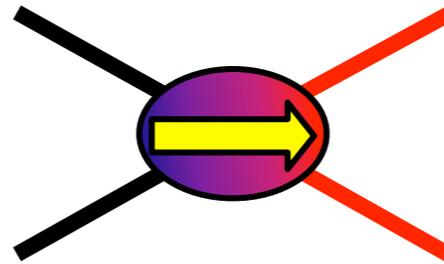
en busca de la materia oscura

WIMP + SM \longrightarrow WIMP + SM



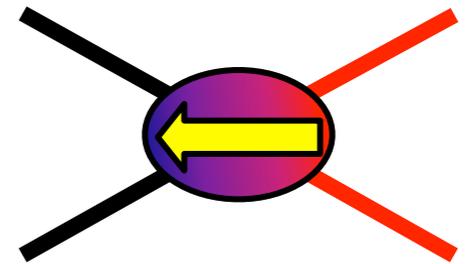
Direct Detection

WIMPs \longrightarrow SMs

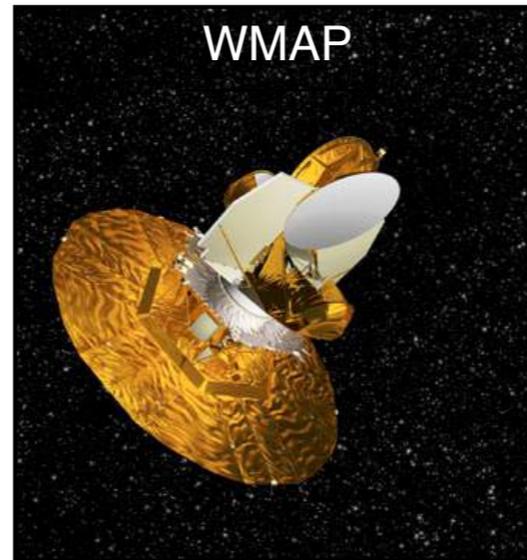


Indirect Detection

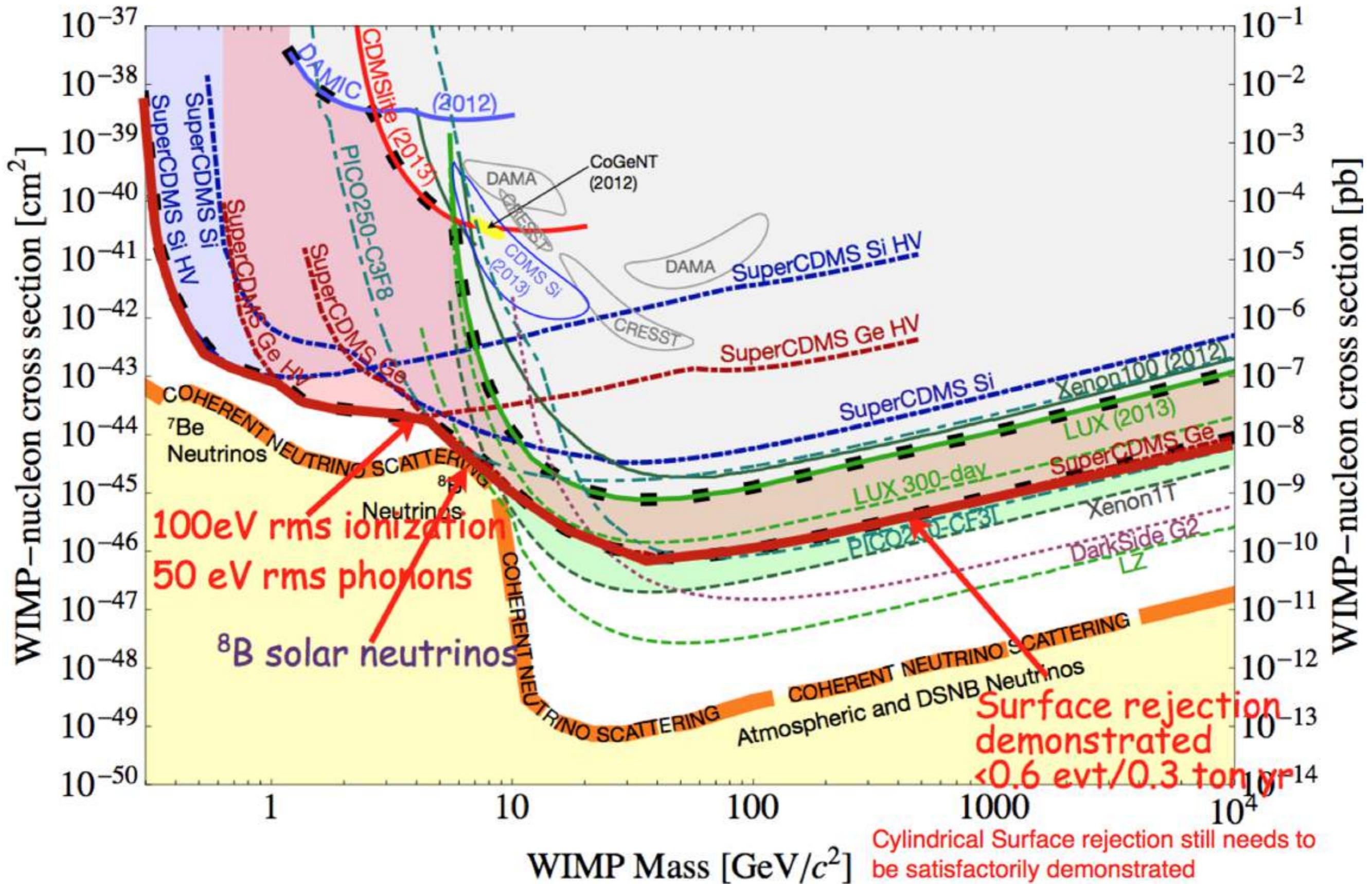
SMs \longrightarrow WIMPs



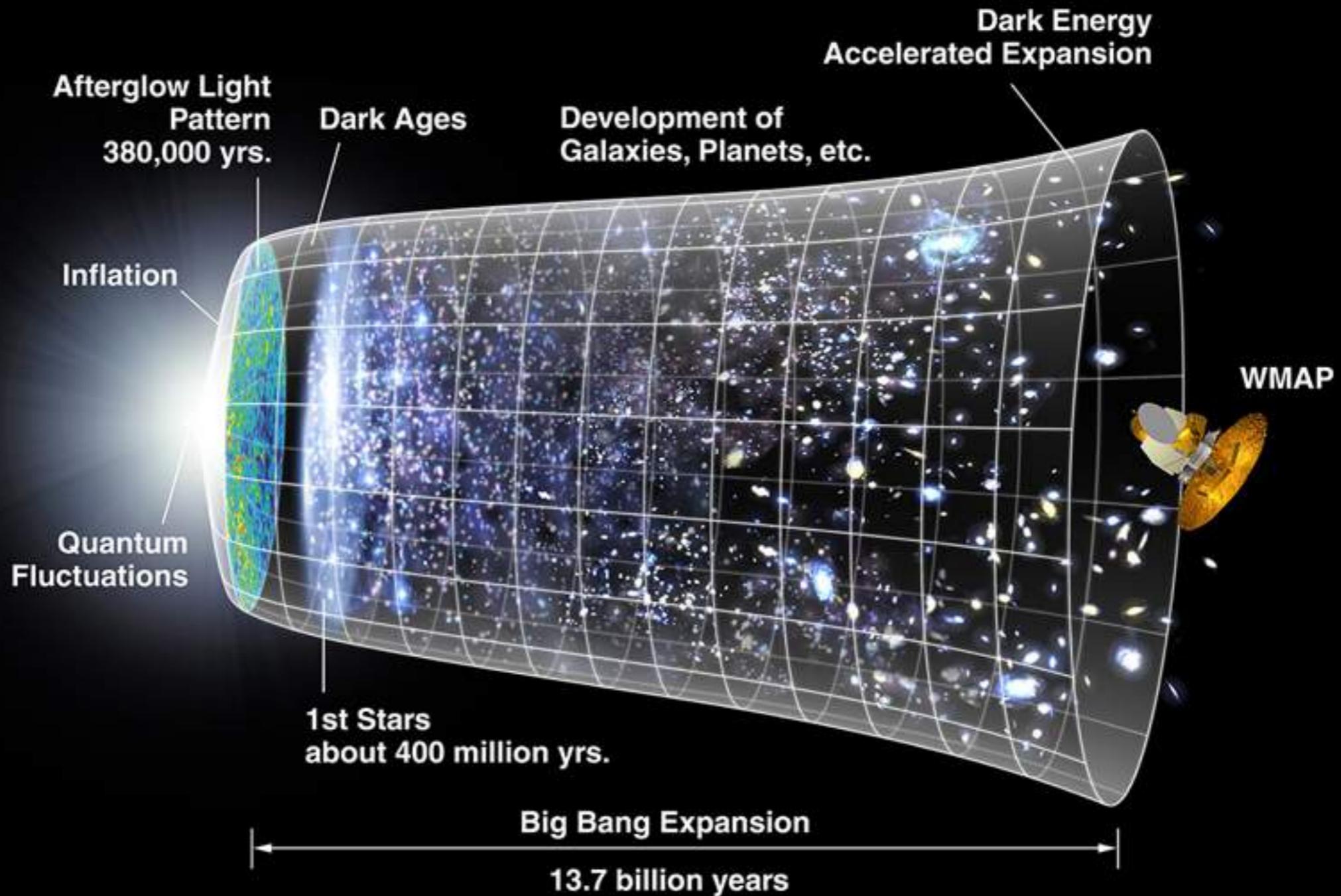
Collider Production



en busca de la materia oscura



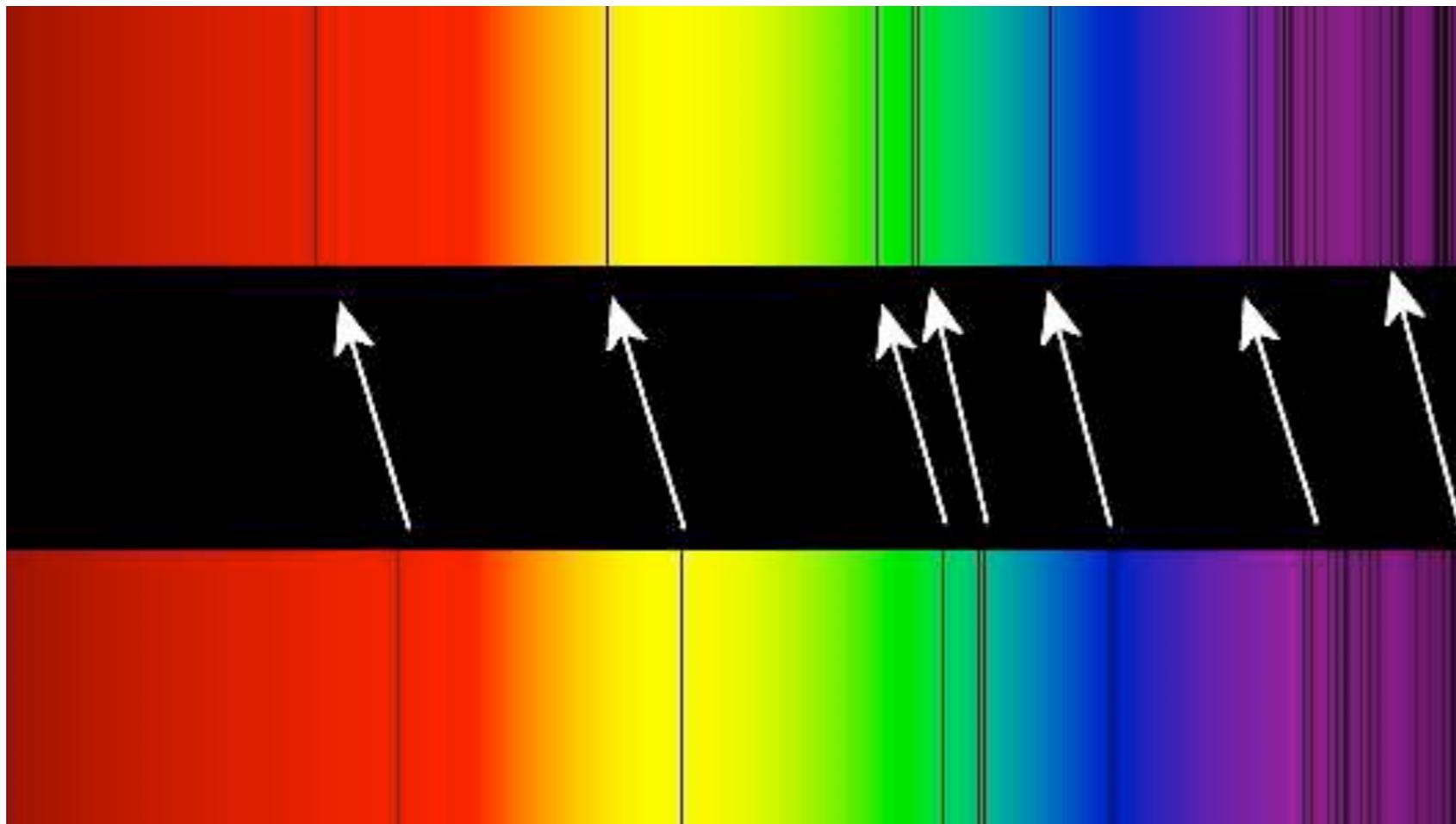
el Universo en expansión



el Universo en expansión



efecto Doppler

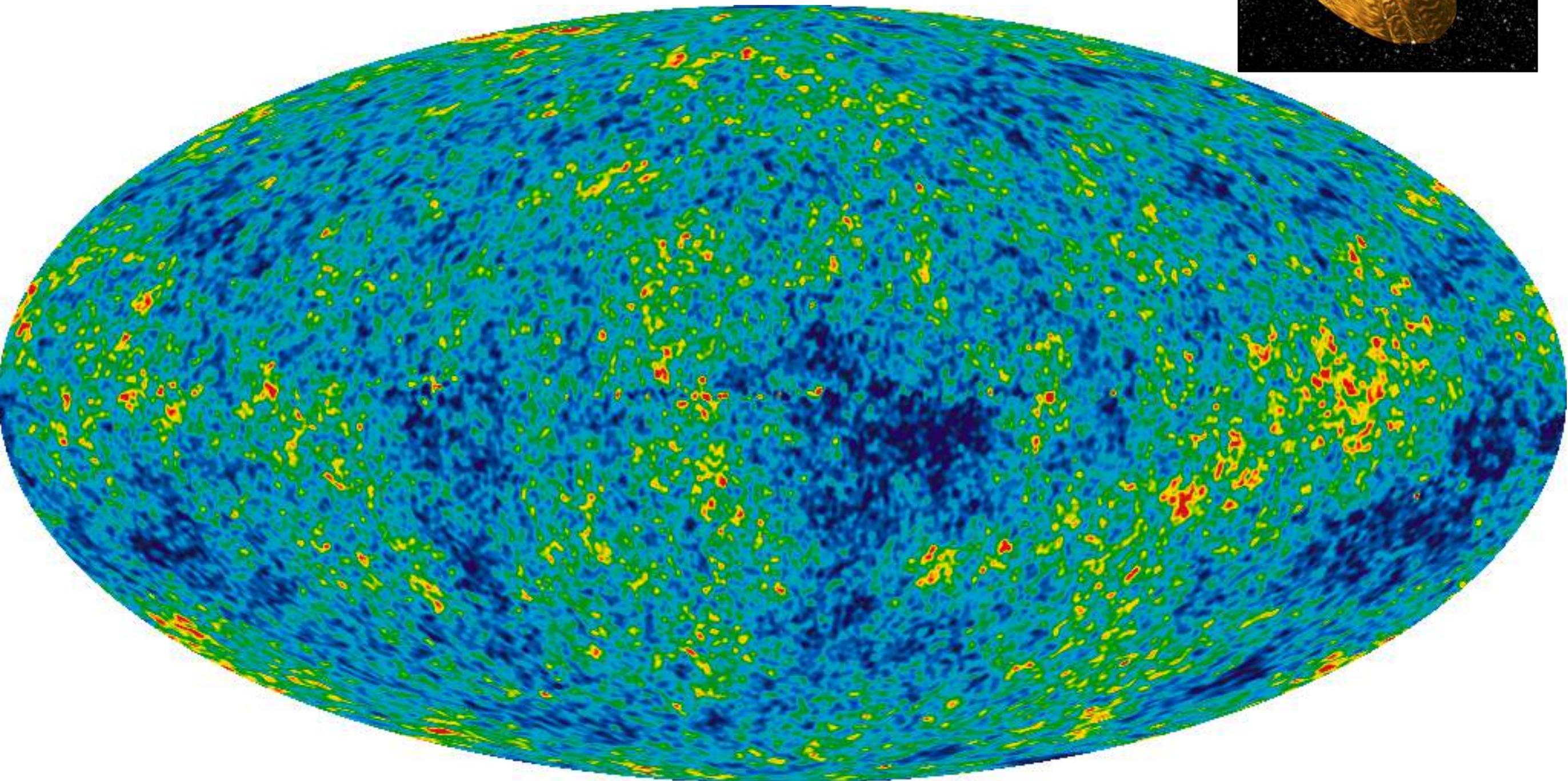
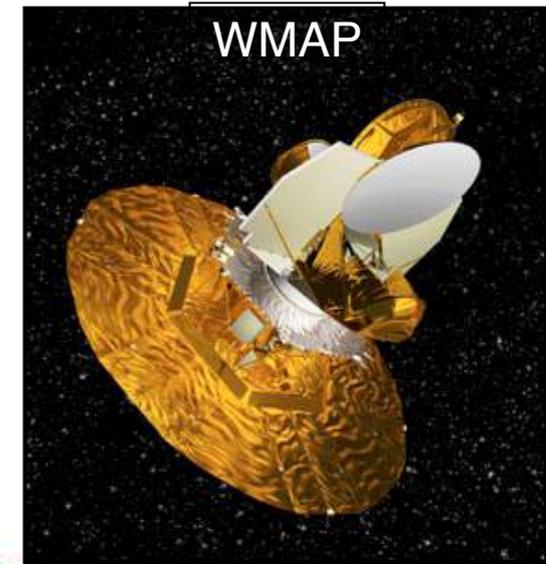


redshift
(desplazamiento al rojo)



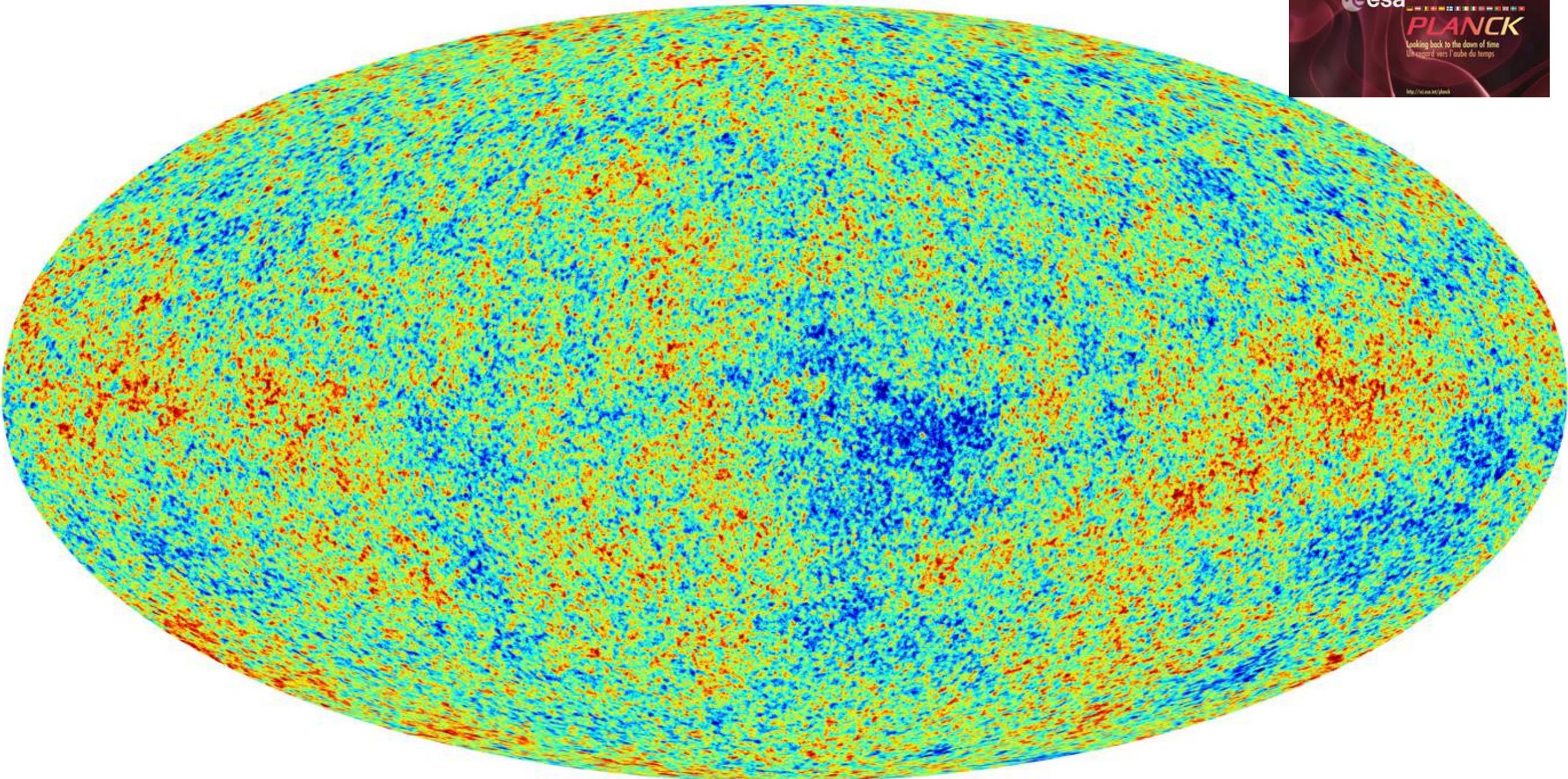
fotos del Universo primitivo: el Fondo Cósmico de Microondas

una fotografía del Universo cuando sólo tenía 380000 años ...



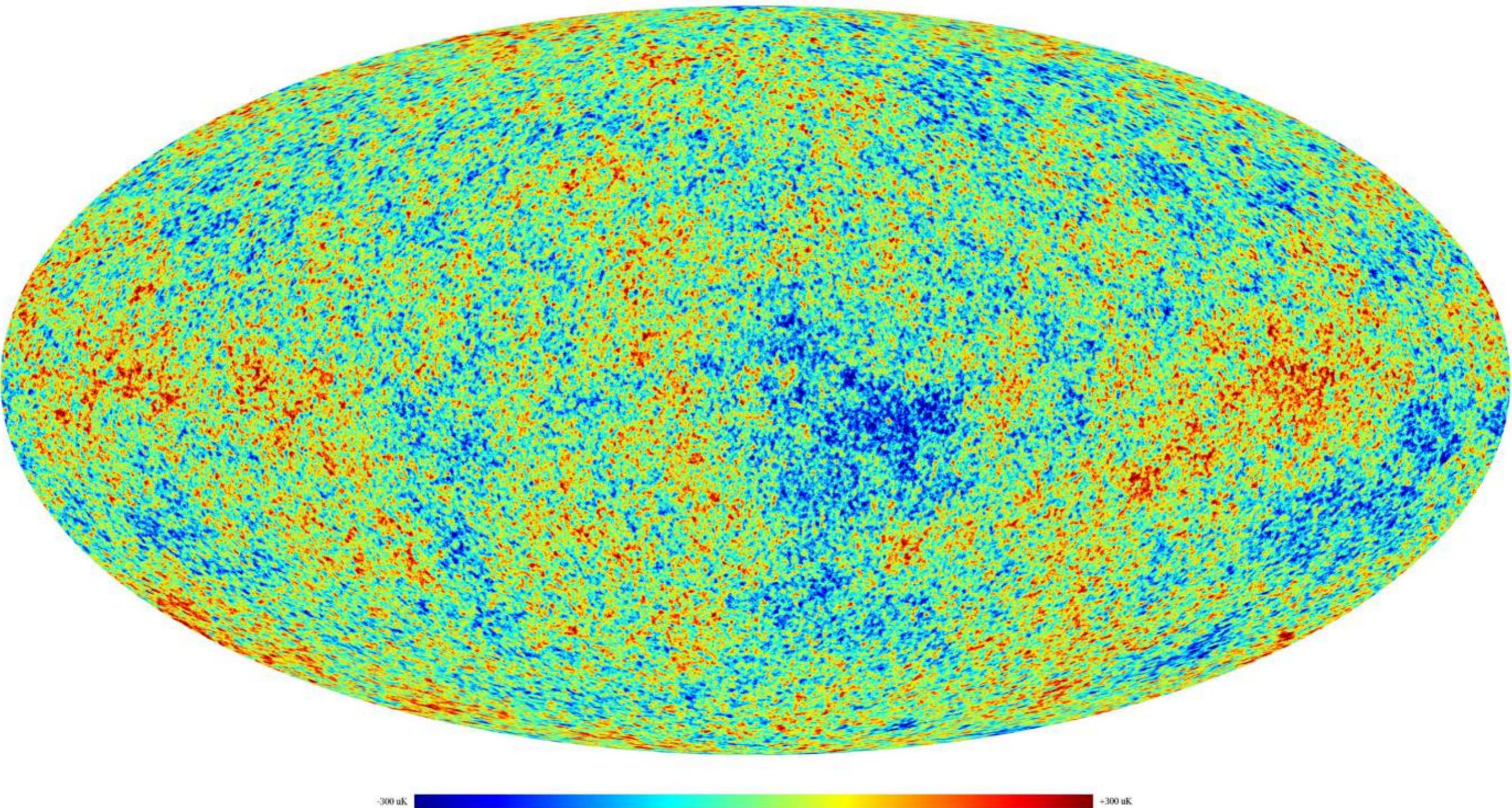
fotos del Universo primitivo: el Fondo Cósmico de Microondas

una fotografía del Universo cuando sólo tenía 380000 años ...



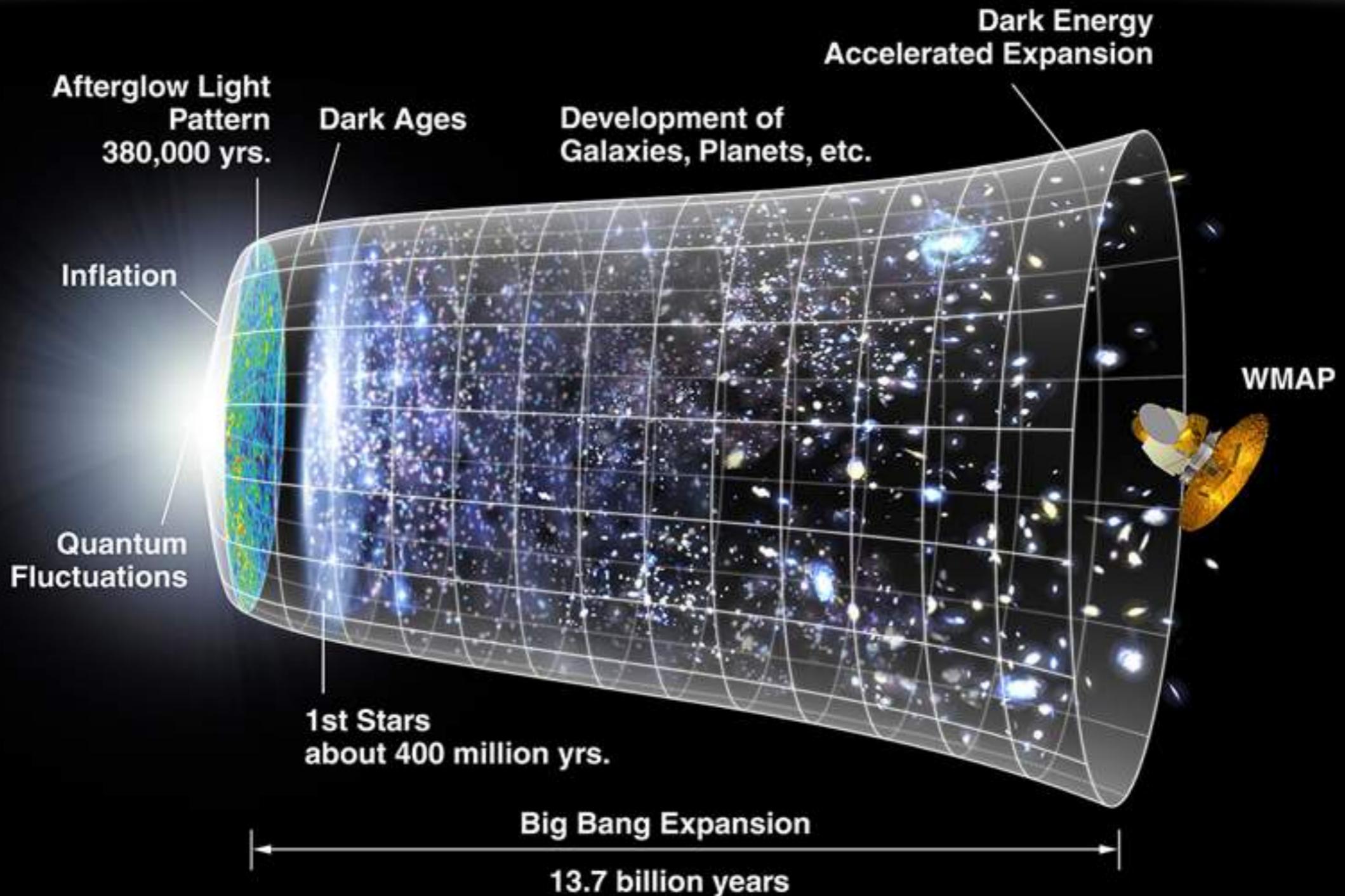
inflación

el Universo es plano y considerablemente uniforme: ¿por qué?



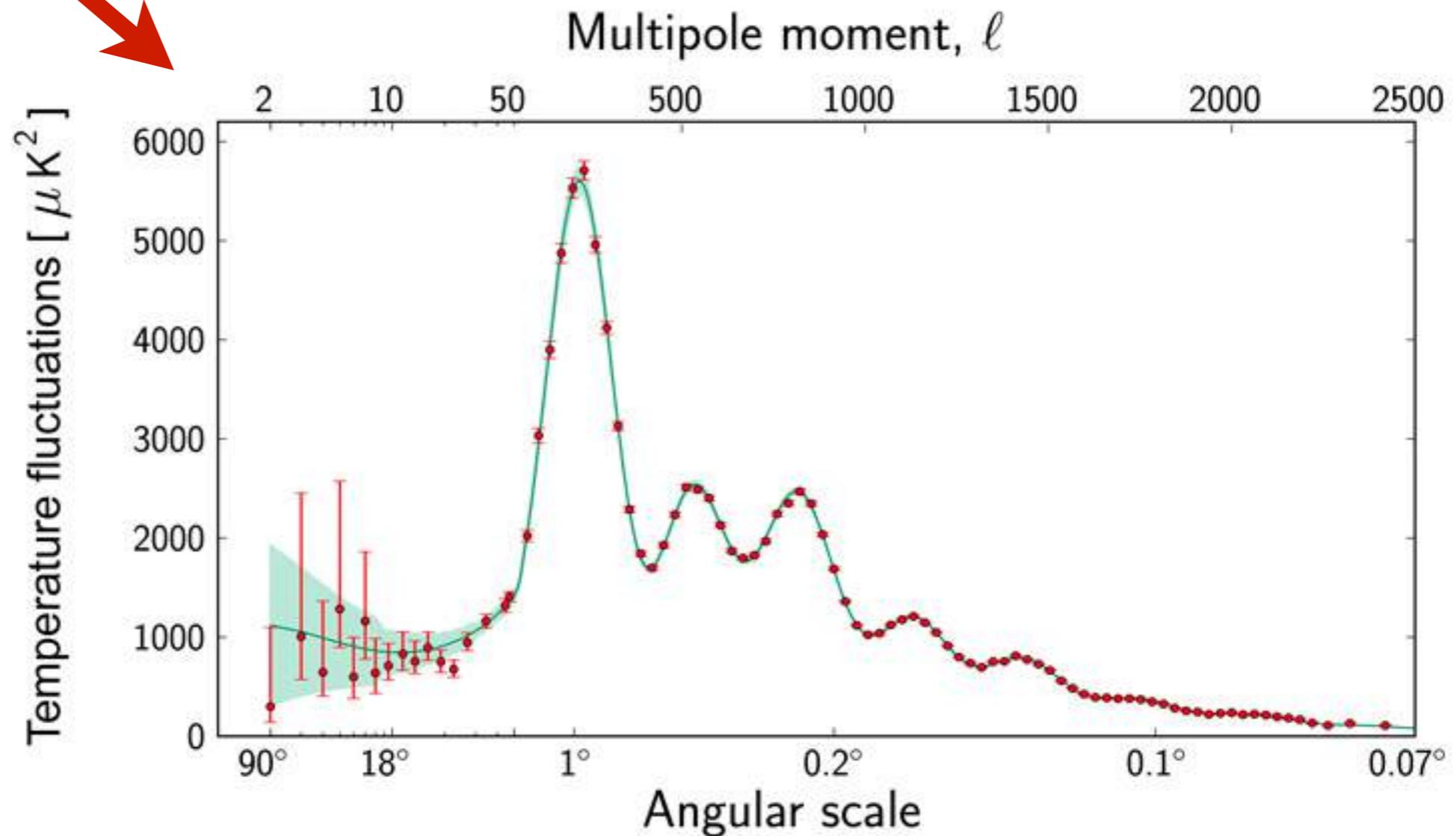
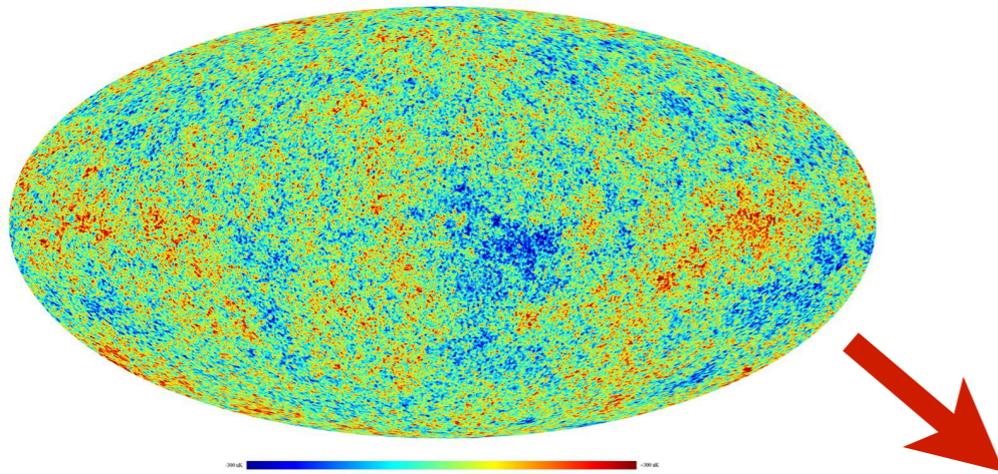
inflación

inmediatamente después del Big Bang, el Universo sufrió una fase de expansión extremadamente rápida (exponencial)



inflación

esto ha sido comprobado con una enorme precisión con las medidas del Fondo de Microondas

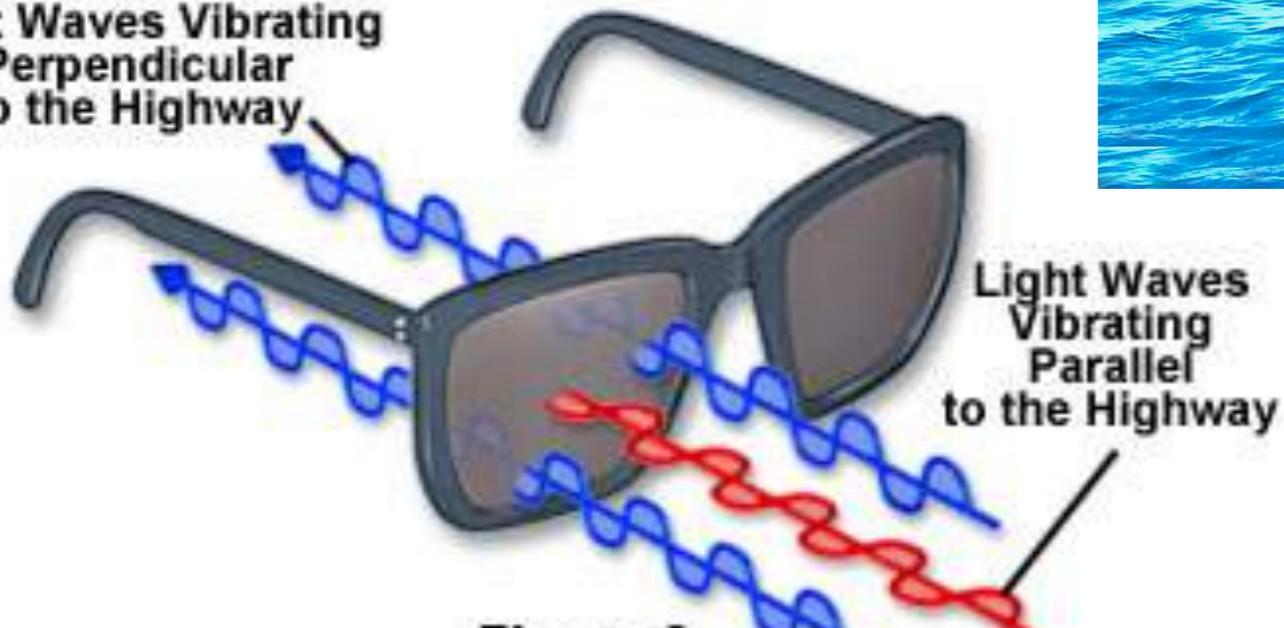


inflación en las noticias

la última gran predicción de la inflación que quedaba por comprobar era la generación de ondas gravitacionales primordiales \Rightarrow **polarización CMB**



Light Waves Vibrating Perpendicular to the Highway



Light Waves Vibrating Parallel to the Highway

inflación en las noticias



EDITION: INTERNATIONAL | U.S. | MÉXICO | ARABIC
TV: CNN | CNN en Español
Set edition preference

Home Video World U.S. Africa Asia Europe Latin America Middle East Business W

Big Bang breakthrough announced; gravitational waves detected

By Elizabeth Landau, CNN
March 18, 2014 -- Updated 1437 GMT (2237 HKT) | Filed under: **Innovations**

BICEP2 B-mode signal

Click to play

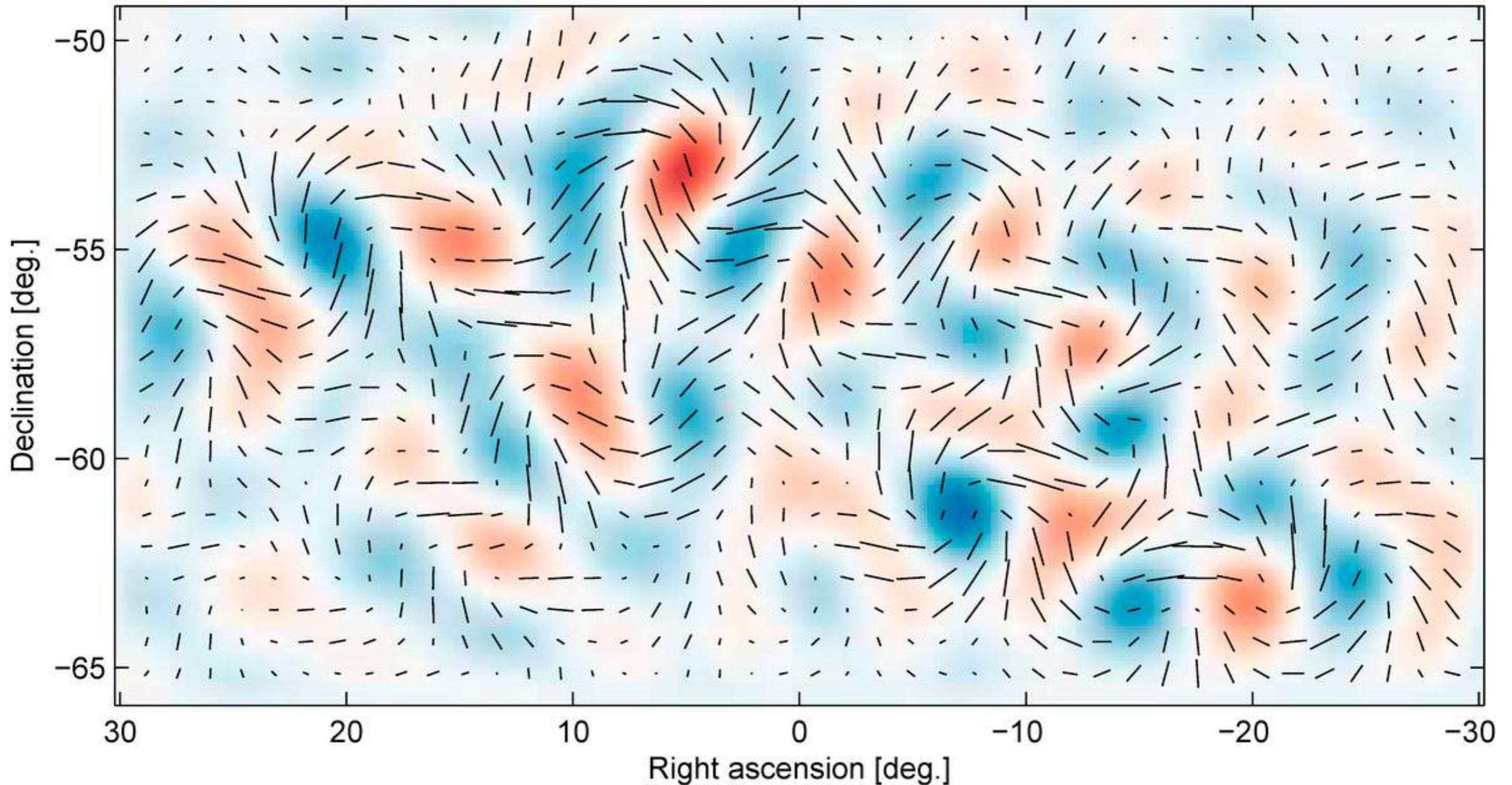
Ripples in space-time revealed



inflación en las noticias

la última gran predicción de la inflación que quedaba por comprobar era la generación de ondas gravitacionales primordiales \Rightarrow **polarización CMB**

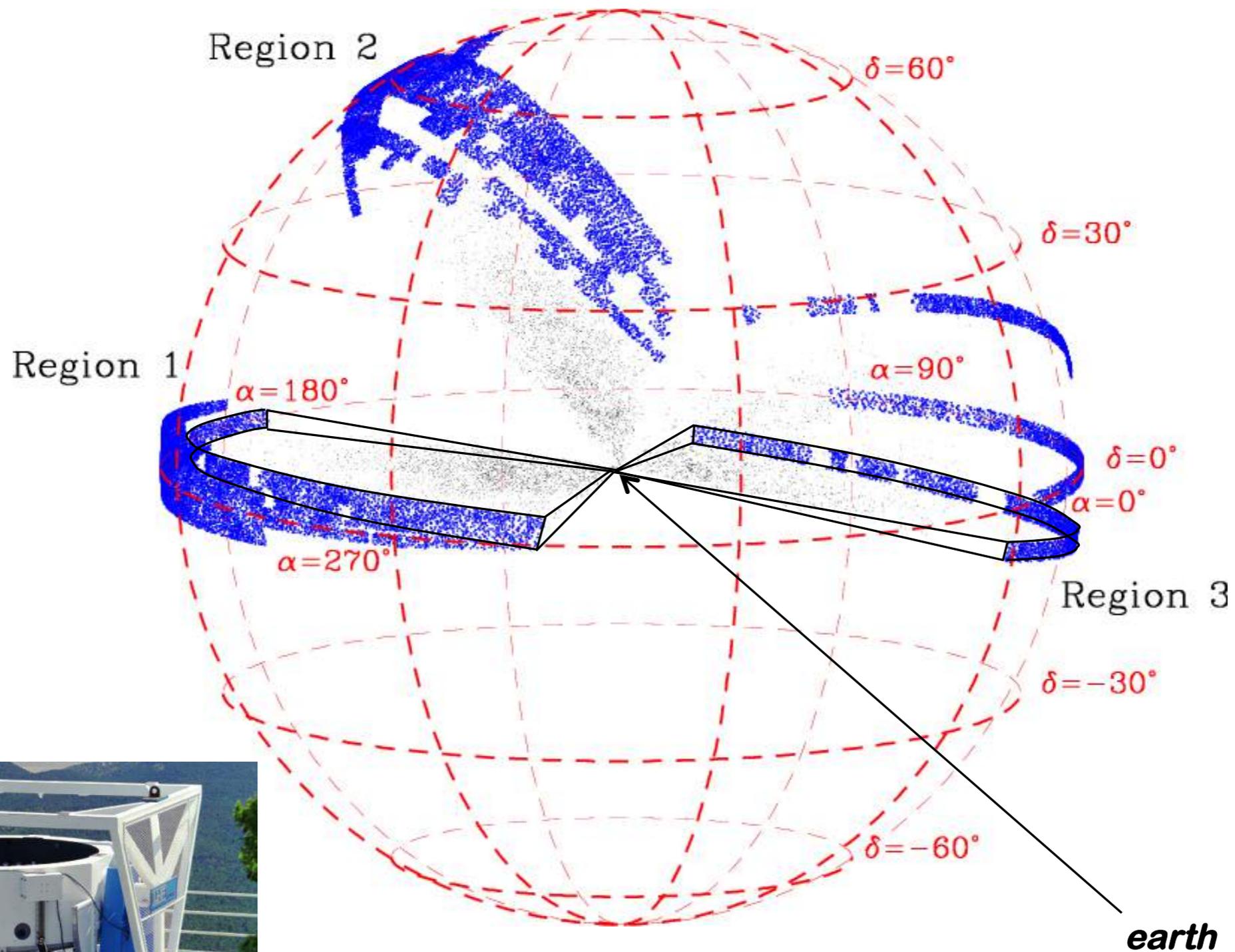
BICEP2 B-mode signal



inflación



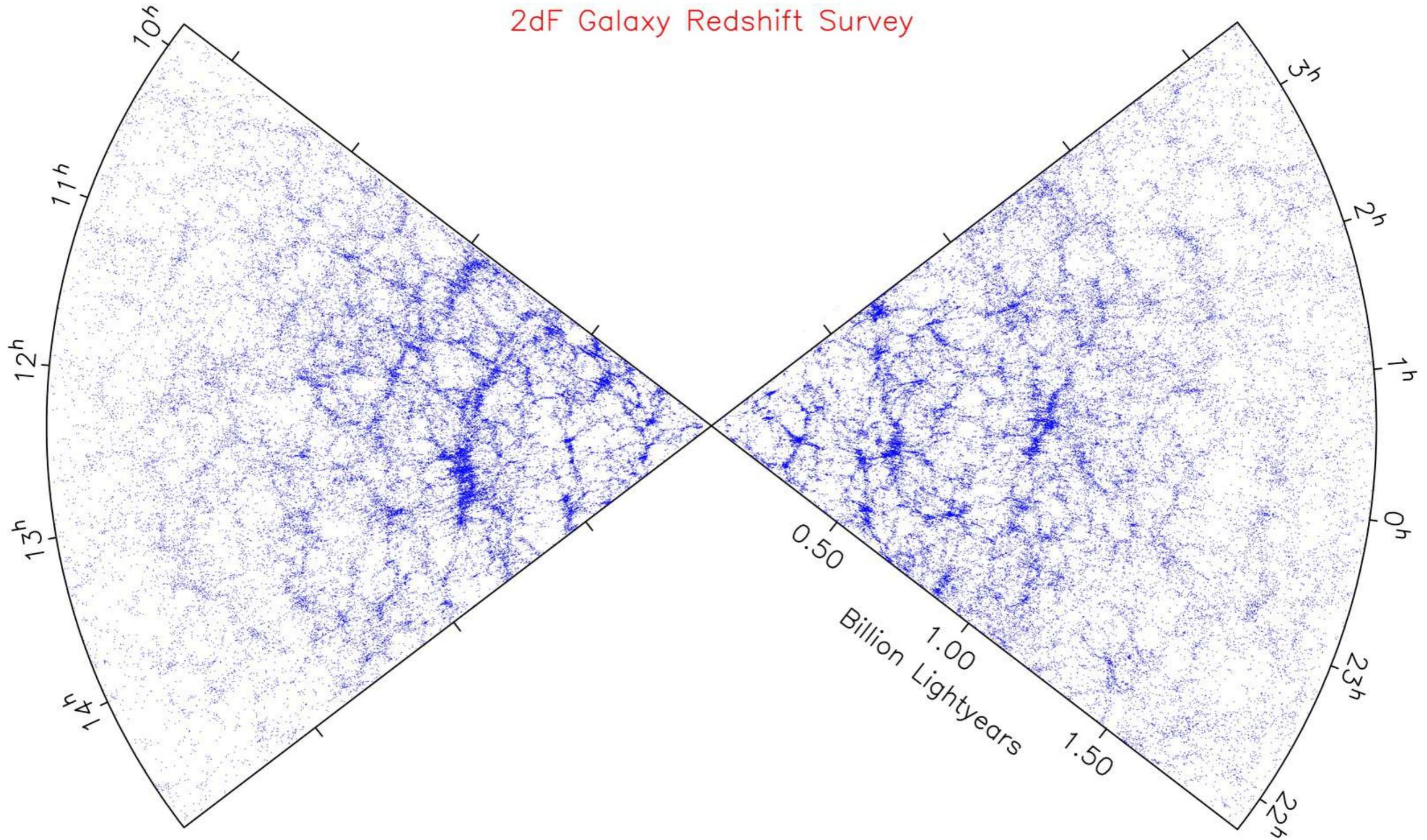
fotos del Universo actual: galaxy surveys



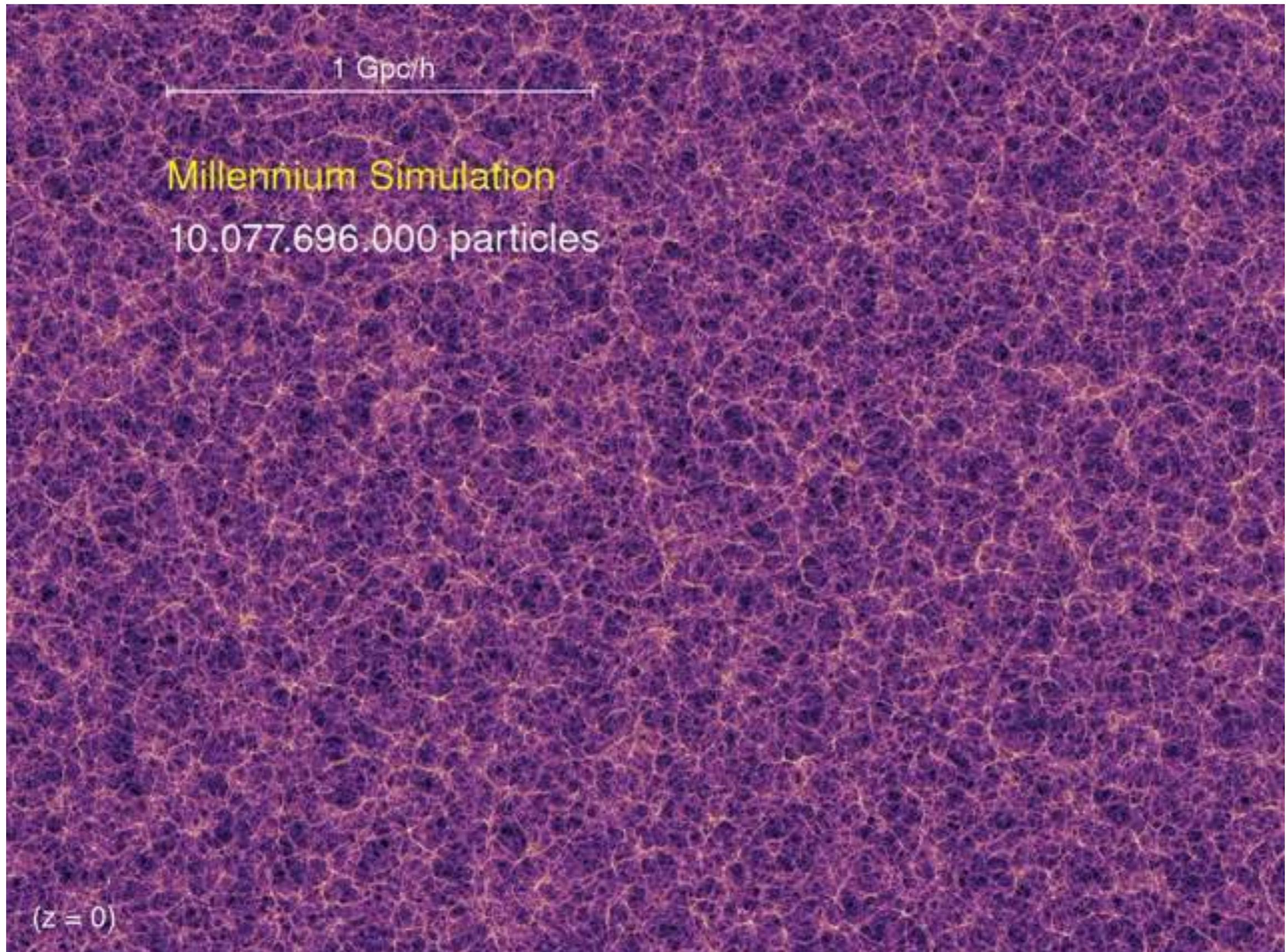
Sloan Digital Sky Survey

fotos del Universo actual: galaxy surveys

2dF Galaxy Redshift Survey



fotos del Universo actual: Millenium Simulation



energía oscura

Uniendo todas las observaciones, se concluye que la expansión del Universo **se está acelerando**

⇒ una parte de la energía contenida en el Universo es “antigravitatoria”: **como si el espaciotiempo se repeliera a sí mismo.**



 The Nobel Prize in Physics 2011
Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt, Adam G. Riess

The Nobel Prize in Physics 2011

Saul Perlmutter

Brian P. Schmidt

Adam G. Riess

Photo: Roy Kaltschmidt. Courtesy: Lawrence Berkeley National Laboratory

Saul Perlmutter

Photo: Belinda Pratten, Australian National University

Brian P. Schmidt

Photo: Homewood Photography

Adam G. Riess

The Nobel Prize in Physics 2011 was divided, one half awarded to Saul Perlmutter, the other half jointly to Brian P. Schmidt and Adam G. Riess "for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae".

energía oscura



donde se unen lo muy grande y lo muy pequeño ...

nuestras teorías, sostenidas por experimentos y observaciones, explican la naturaleza con una precisión asombrosa a una cantidad de escalas casi inimaginable: desde una fracción del tamaño de un quark hasta el tamaño del Universo

pero quedan muchas preguntas fundamentales por comprender.. y las respuestas quizás nos harán entender que estábamos equivocados!



- ¿Cuál es la naturaleza del campo de Higgs?
- ¿Por qué el Universo no es del tamaño de un balón de fútbol?
- ¿Qué es la energía oscura?
- ¿Cuál es la naturaleza de la materia oscura? ¿Serán nuevas partículas elementales?
- ¿Cómo se explican los parámetros del Modelo Estándar? (masas de las partículas, interacciones entre las generaciones, ...)
- ¿Cómo es la gravedad a nivel cuántico?
- ¿Cómo se inició el Big Bang?
-

