

Ciencia y sociedad

Estructura de la materia

Jon Urrestilla

Bilbao, 25 de Noviembre 7 y 20 de Diciembre de 2010

Cuestiones Eternales:

¿De qué está hecho el mundo?



¿De qué está hecho el mundo?

¿Por qué hay tantas cosas que tienen parecidas características?
Líquidos, gases, metales, cosas que arden...

La gente empezó a darse cuenta de que la materia del mundo está
constituida de unos pocos “ladrillos” fundamentales que lo forman todo.

¡La palabra “fundamental” es muy importante!

Por **fundamental**, entendemos que son objetos simples y sin estructura --
es decir, que no están hechos a su vez de nada más.

Ya en las civilizaciones antiguas se empezó a organizar el mundo en elementos **fundamentales**:

Los griegos pensaban que podían ser 4:

tierra, aire, fuego, agua



Los chinos tenían 5 componentes básicos:

fuego, tierra, metal, agua, madera



En india había también 5:

espacio, aire, fuego, agua, tierra

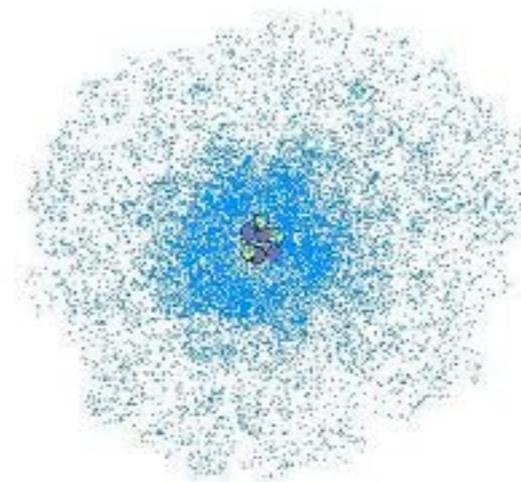
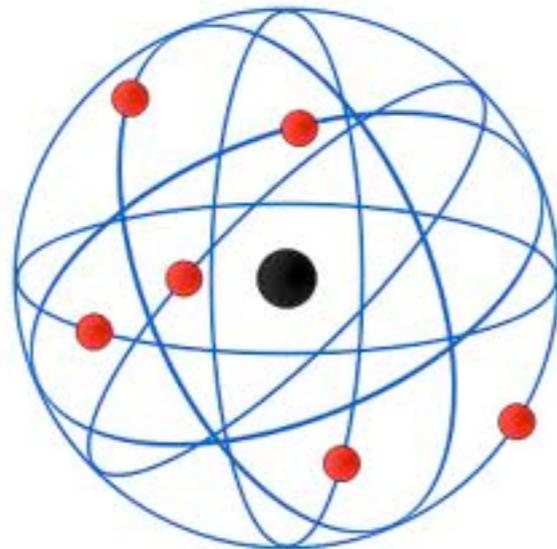
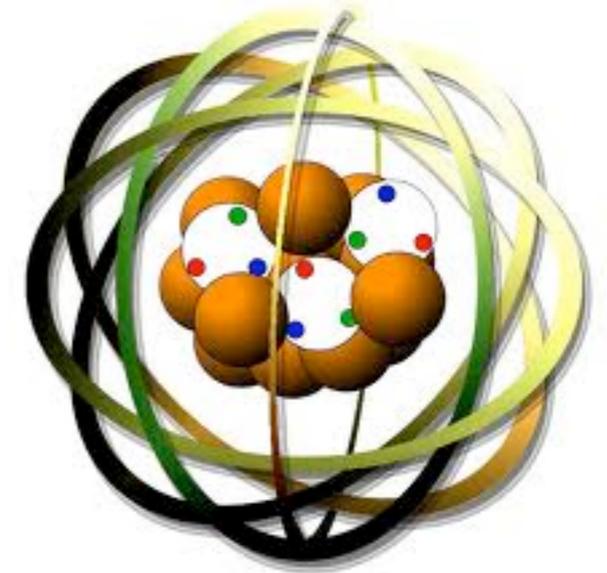
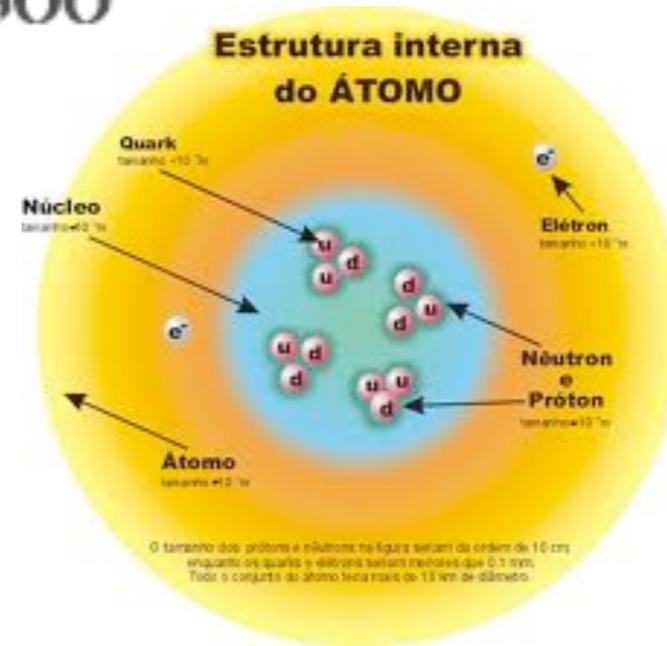
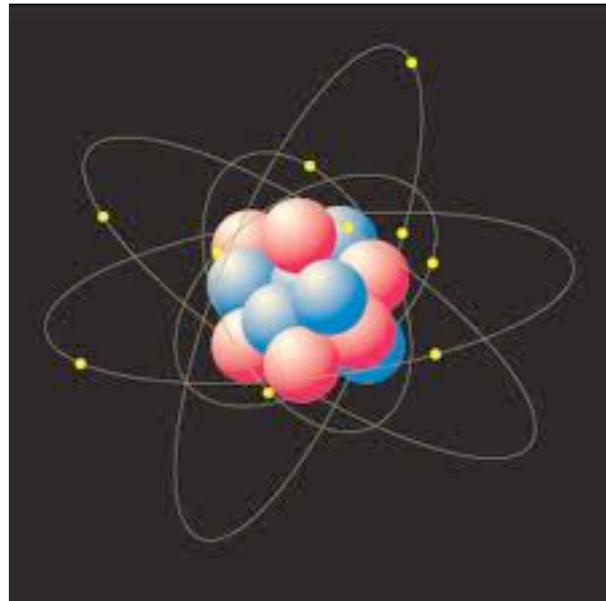
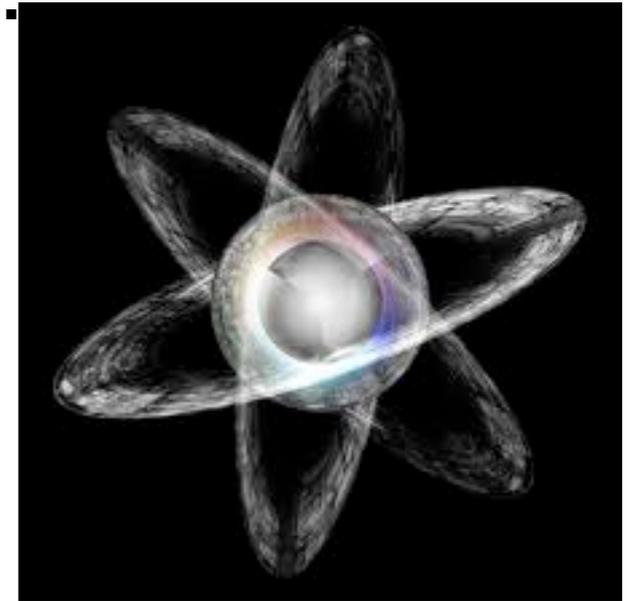


Hoy en día sabemos que existe algo más fundamental que la tierra, el agua, el aire...

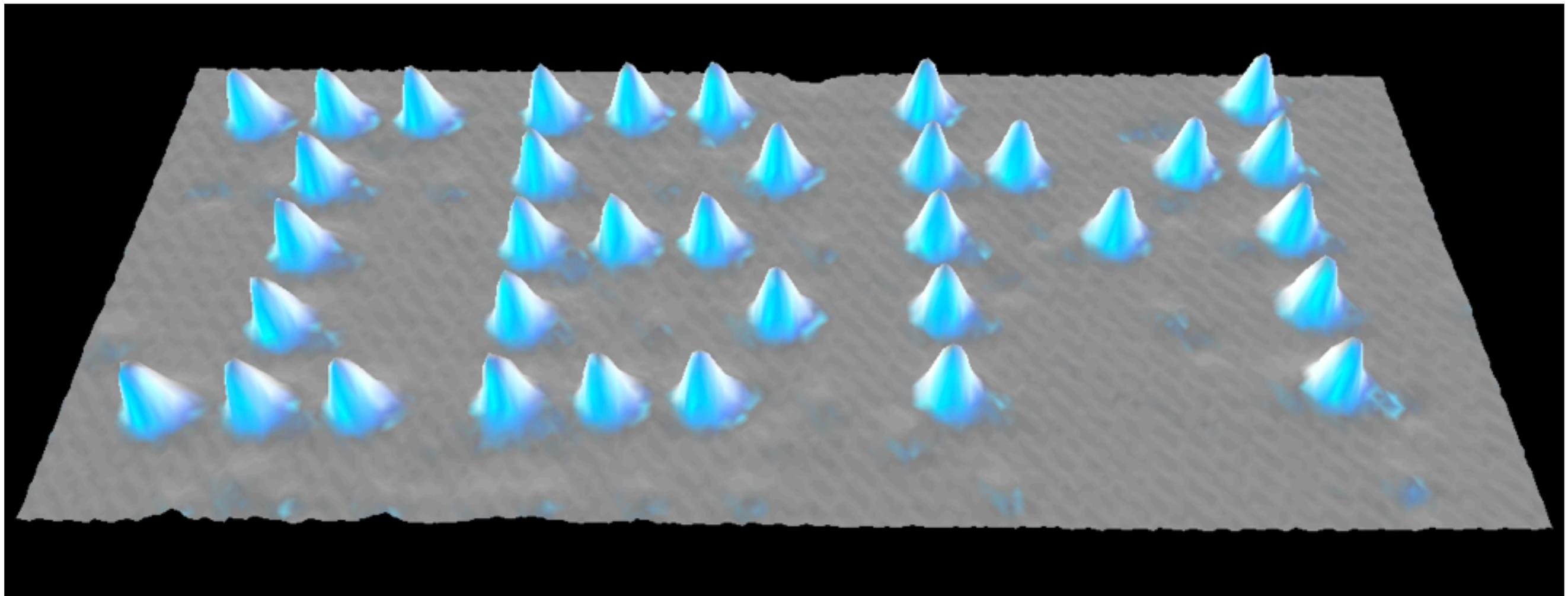
el ÁTOMO



1900



Científicos de IBM descubrieron cómo mover átomos individuales en una superficie de metal con un microscopio de barrido de efecto túnel. La técnica se demostró en 1990 en un instituto de IBM de San Jose, California, donde los científicos crearon la estructura "I-B-M" moviendo átomos uno a uno



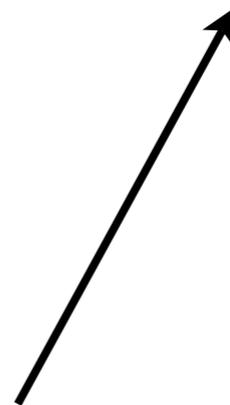
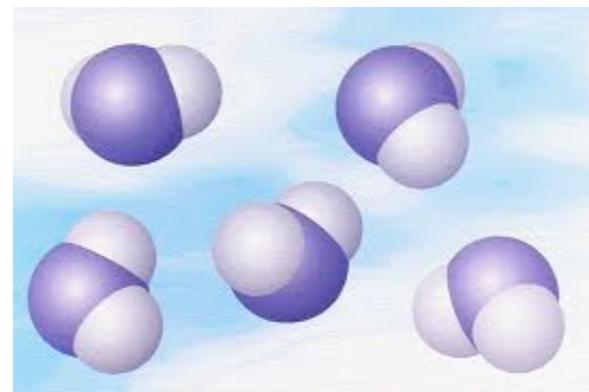
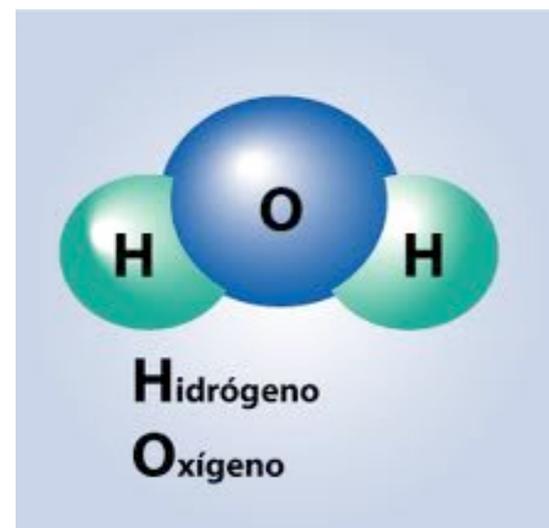
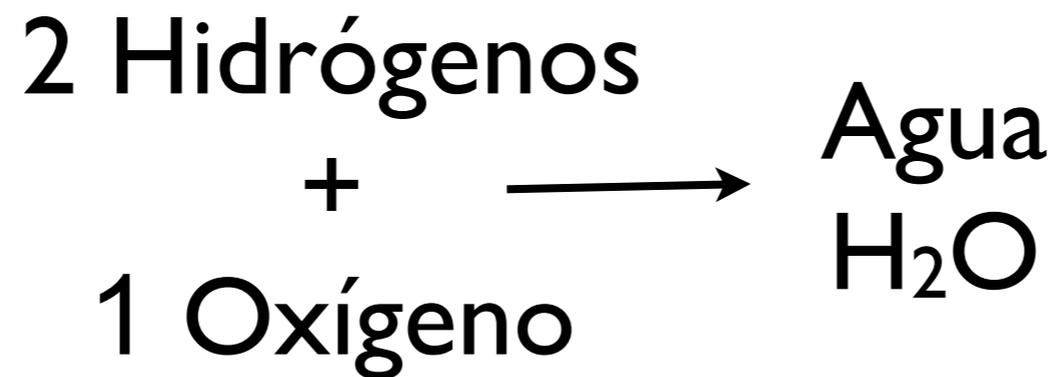
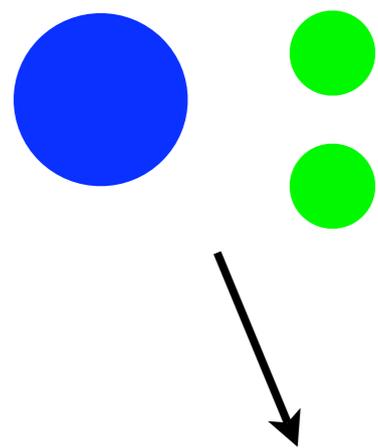
Los átomos están en todas partes y lo forman todo. Mira a tu alrededor: todo* son átomos. No sólo los objetos que sólidos como las paredes, las mesas y las sillas, sino el aire que hay entre ellos. Y están en cantidades inconcebibles.



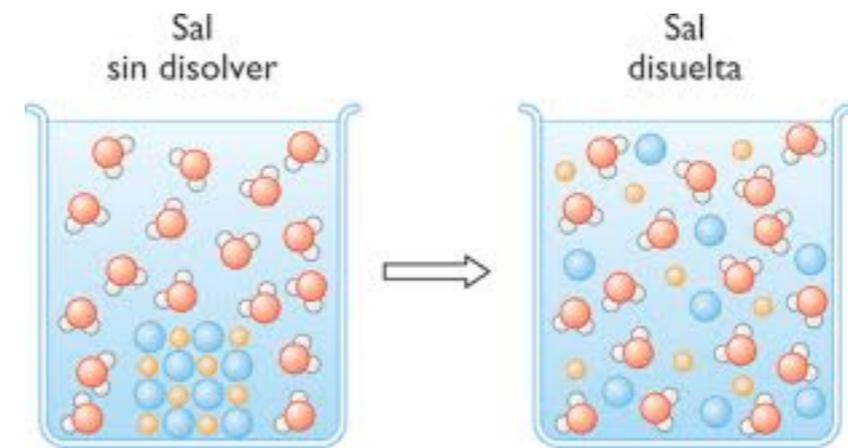
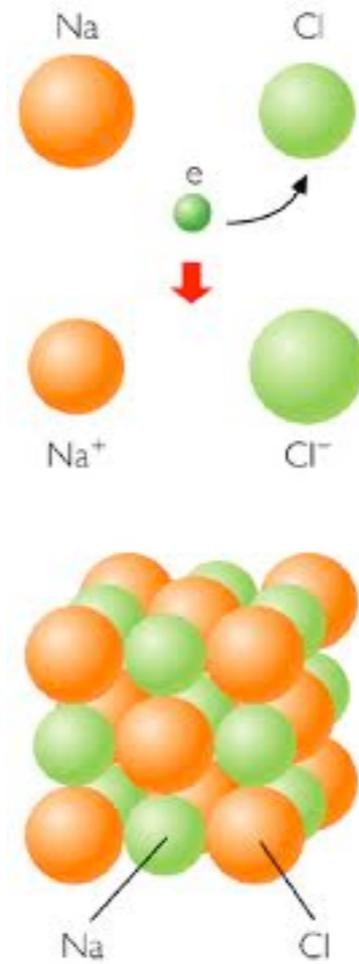
* Todo? Hay una cosa que salta a la vista que no está formada por átomos

La disposición operativa fundamental de los átomos es la molécula: dos o más átomos trabajando juntos en una disposición más o menos estable.

Molécula, del latín “masa pequeña”

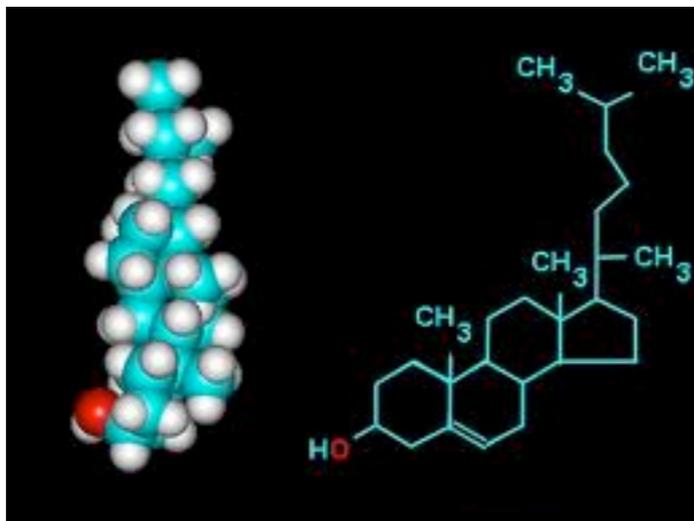


Los átomos también se pueden organizar en cristales

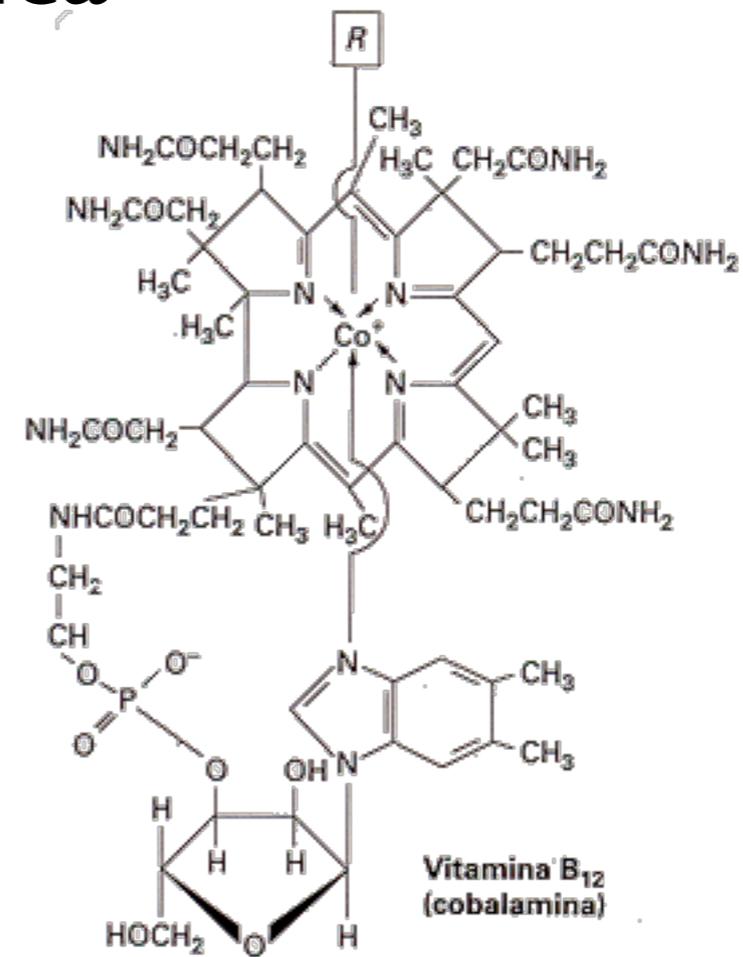


NaCl - Cloruro de Sodio

Las moléculas que contienen carbono pueden ser muuuuy complicadas: la química de la vida, la bioquímica



Cholesterol



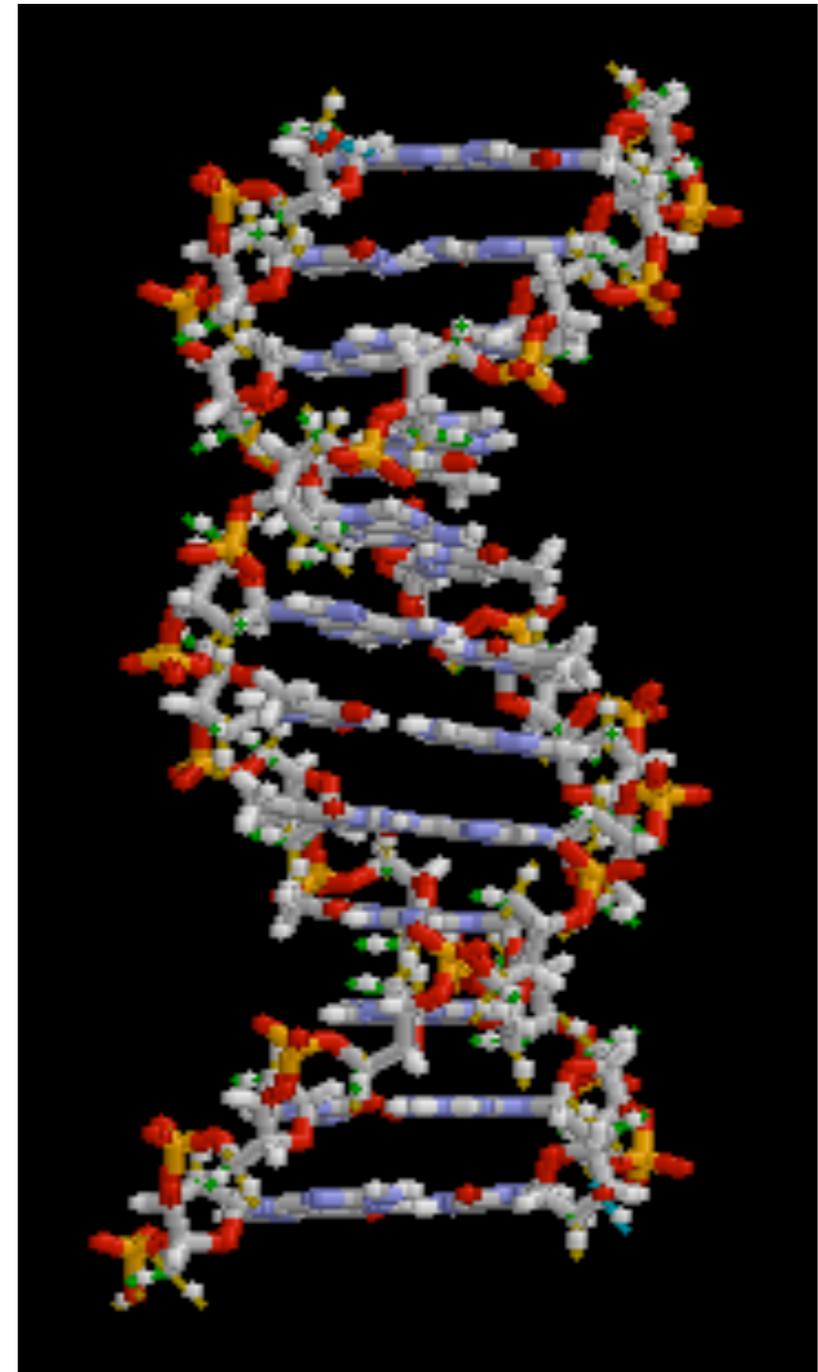
Vitamina B₁₂

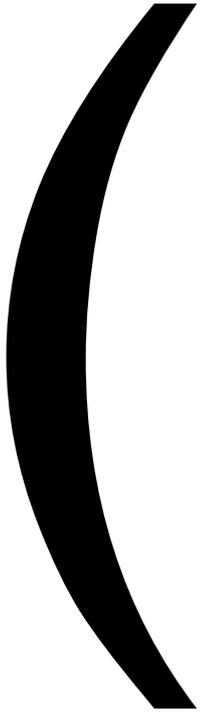


Pero que muy complicadas

Por ejemplo: ADN

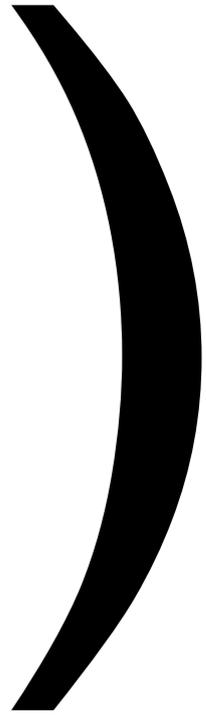
Los cromosomas
humanos tienen
más de 1000 millones
de átomos





Los físicos suelen ser despectivos con respecto a otras ciencias, quizá en especial con la química, considerándola como una hermana menor

Ya no hablaremos más de moléculas ni de química, sino que de átomos y partículas fundamentales



¿Cuánto mide un átomo?

Los átomos son muy pequeños:
la escala de los átomos es de
una diezmillonésima de milímetro

La escala típica es $0.1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ mm} = 10^{-10} \text{ m}$
¡nanómetro!

$$10^{-10} \text{ m} = 0.0000000001 \text{ m}$$

¿Cuánto mide un átomo?

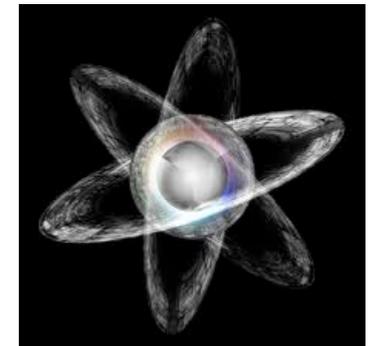
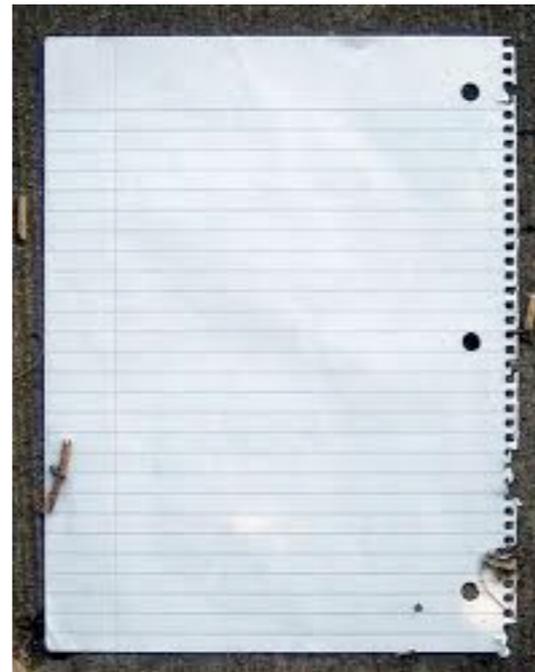
¿Qué quiere decir realmente 0.1 nm?

Medio millón de átomos alineados son
más estrecho que el grosor de un cabello
humano



¿Cuánto mide un átomo?

¿Qué quiere decir realmente 0.1 nm?



443.4 metros

¿Cuántos átomos?

En 1 cm³ de aire
(el tamaño de un terrón de
azúcar) hay



100.000.000.000.000.000 = 10^{17} átomos

¿Cuántos terrones de azúcar hacen falta
para llenar esta habitación? Y, ¿el aire de
fuera? Y, ¿el Universo?

Los átomos son MUY abundantes

Los átomos son duraderos: en general, no se destruyen

Cada uno de los átomos de cada uno de nosotros seguro que ha pasado por varias estrellas y ha formado parte de millones de organismos antes de ser nosotros.

Un átomo de Carbono es un átomo de Carbono en nosotros, en una hoja o en el CO_2 de los coches.

Los átomos se reciclan siempre

Tenemos tantos átomos y nos reciclamos con tanto vigor al morir que un número muy significativo de nuestros átomos (unos mil millones) pertenecieron a



y cualquier otro personaje **histórico**

Los átomos:

Lo forman todo



0.1 nm

Son muy pequeños

Son MUY abundantes



Son duraderos

¿Hay muchos átomos distintos? (átomo = elemento químico)

¿Se conocen todos los tipos?



Magnesio (Mg)

Sodio (Na)

Cloro (Cl)



Uranio (U)

Oro (Au)

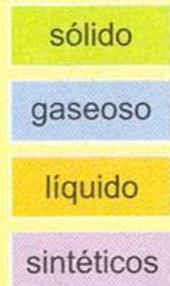
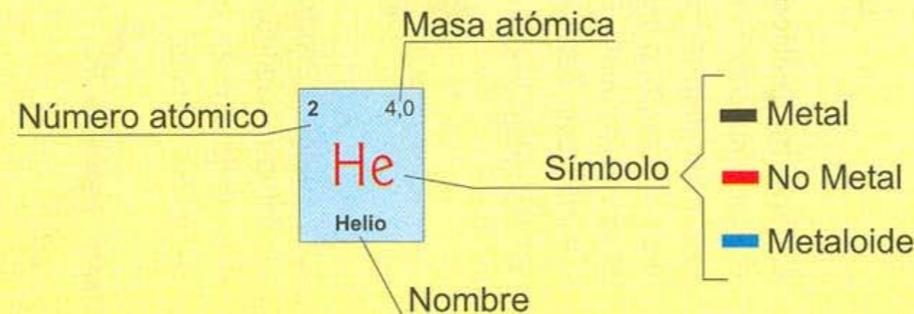


Plata (Ag)

Helio (He)

SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS

I																		18																	
1 1,0 H Hidrógeno																	2 4,0 He Helio																		
3 6,9 Li Litio	4 9,0 Be Berilio																	5 10,8 B Boro	6 12,0 C Carbono	7 14,0 N Nitrógeno	8 16,0 O Oxígeno	9 19,0 F Flúor	10 20,2 Ne Neón												
11 23,0 Na Sodio	12 24,3 Mg Magnesio																	13 27,0 Al Aluminio	14 28,1 Si Silicio	15 31,0 P Fósforo	16 32,1 S Azufre	17 35,5 Cl Cloro	18 39,9 Ar Argón												
19 39,1 K Potasio	20 40,1 Ca Calcio	21 45,0 Sc Escandio	22 47,9 Ti Titanio	23 50,9 V Vanadio	24 52,0 Cr Cromo	25 54,9 Mn Manganeso	26 55,8 Fe Hierro	27 58,9 Co Cobalto	28 58,7 Ni Niquel	29 63,5 Cu Cobre	30 65,4 Zn Cinc	31 69,7 Ga Galio	32 72,6 Ge Germanio	33 74,9 As Arsénico	34 79,0 Se Selenio	35 79,9 Br Bromo	36 83,8 Kr Criptón																		
37 85,5 Rb Rubidio	38 87,6 Sr Estroncio	39 88,9 Y Itrio	40 91,2 Zr Circonio	41 92,9 Nb Niobio	42 95,9 Mo Molibdeno	43 (99) Tc Tecnecio	44 101,1 Ru Rutenio	45 102,9 Rh Rodio	46 106,4 Pd Paladio	47 107,9 Ag Plata	48 112,4 Cd Cadmio	49 114,8 In Indio	50 118,7 Sn Estaño	51 121,8 Sb Antimonio	52 127,6 Te Teluro	53 126,9 I Yodo	54 131,3 Xe Xenón																		
55 132,9 Cs Cesio	56 137,3 Ba Bario	57 138,9 La Lantano	72 178,5 Hf Hafnio	73 180,9 Ta Tantalo	74 183,8 W Volframio	75 186,2 Re Renio	76 190,2 Os Osmio	77 192,2 Ir Iridio	78 195,1 Pt Platino	79 197,0 Au Oro	80 200,6 Hg Mercurio	81 204,4 Tl Talio	82 207,2 Pb Plomo	83 209,2 Bi Bismuto	84 (210) Po Polonio	85 (210) At Astatio	86 (222) Rn Radón																		
87 (223) Fr Francio	88 (226) Ra Radio	89 (227) Ac Actinio	104 (261,1) Rf Rutherfordio	105 (262,1) Db Dubnio	106 (263,1) Sg Seaborgio	107 (264,1) Bh Bohrio	108 (265,1) Hs Hassio	109 (268) Mt Meitnerio	110 (269) Uun Ununnilio	111 (272) Uuu Ununonio	112 (272) Uub Ununbio	113 Uut Ununtrio	114 (285) Uuq Ununcuadio	115 Uup Ununpentio	116 (289) Uuh Ununhexio	117 Uus Ununseptio	118 (293) Uuo Ununoctio																		
Lantánidos			58 140,1 Ce Cerio	59 140,9 Pr Praseodimio	60 144,2 Nd Neodimio	61 (147) Pm Prometio	62 150,3 Sm Samario	63 152,0 Eu Europio	64 157,2 Gd Gadolinio	65 158,9 Tb Terbio	66 162,5 Dy Disprobio	67 164,9 Ho Holmio	68 167,3 Er Erbio	69 168,9 Tm Tulio	70 173,0 Yb Iterbio	71 175,0 Lu Lutecio																			
Actínidos			90 232,0 Th Torio	91 (231) Pa Protactinio	92 238,0 U Uranio	93 (237) Np Neptunio	94 (242) Pu Plutonio	95 (243) Am Americio	96 (247) Cm Curio	97 (247) Bk Berquellio	98 (251) Cf Californio	99 (252) Es Einstenio	100 (257) Fm Fermio	101 (256) Md Mendelevio	102 (259) No Nobelio	103 (262) Lr Laurencio																			



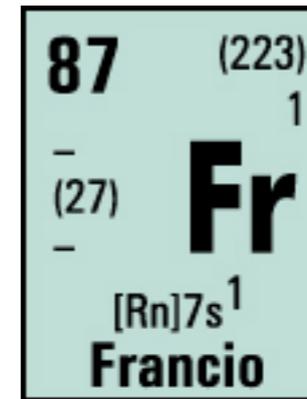
La **tabla periódica** de los elementos clasifica, organiza y distribuye los distintos **elementos químicos**, conforme a sus propiedades y características.



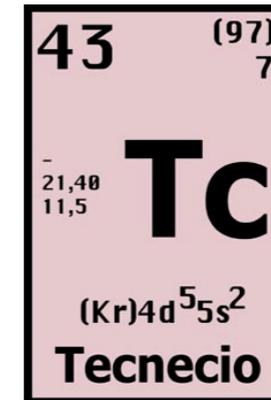
	Group							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Period 1	H							
Period 2	Li	Be	B	C	N	O	F	
Period 3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
Period 4	K Cu	Ca Zn	* *	Ti *	V As	Cr Se	Mn Br	Fe Co Ni
Period 5	Rb Ag	Sr Cd	Y In	Zr Sn	Nb Sb	Mo Te	* I	Ru Rh Pd

El gran mérito de Mendeléevev consistió en pronosticar la existencia de elementos. Dejó casillas vacías para situar en ellas los elementos cuyo descubrimiento se realizaría años después. Incluso pronosticó las propiedades de algunos de ellos: el **galio (Ga)**, el **germanio (Ge)**, el **escandio (Sc)** y el **tecnecio (Tc)**.

El último elemento que se encontró en la Naturaleza antes de ser sintetizado fue el **Francio (Fr)** en 1939



El **Tecnecio (Tc)** se sintetizó en el laboratorio en 1937, se encontró después en la Naturaleza



Aún se siguen sintetizando nuevos elementos en el laboratorio. Estos nuevos elementos tienen vidas medias muy pequeñas (mucho menos que un segundo)

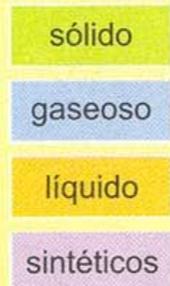
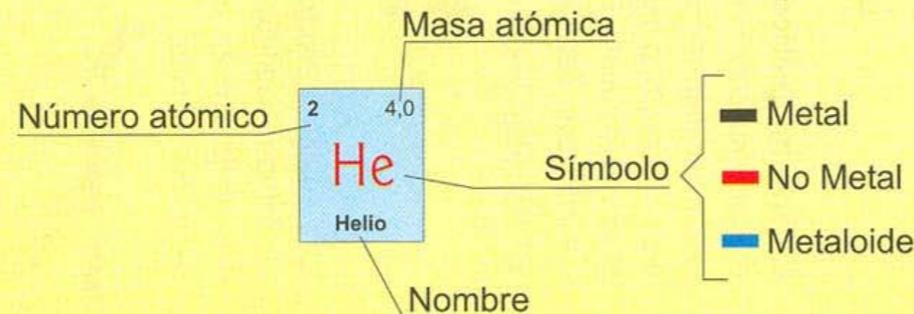
Cuando se sintetiza un elemento nuevo, se le da un nombre técnico temporal. Por ejemplo, el elemento 111 se llamó **Ununium (Uuu)**. Cuando su descubrimiento se reconoce por el IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), se le da al grupo descubridor el honor de darle nombre. El grupo alemán que lo descubrió lo llamo Roentgenio (Rg), en honor a Wilhelm Conrad Roentgen.



Ununtrio es el nombre temporal para el elemento sintético de la tabla periódica cuyo símbolo temporal es **Uut** y su número atómico es **113**. Fue descubierto en el 2004 por un equipo de científicos rusos y estadounidenses. También un grupo en Japón lo sintetizó meses después que el grupo ruso-americano. Hay no tiene nombre oficial, pero los japoneses quieren que se llame Japonium (Jp) or Rkenium (Rk) [el laboratorio japonés se llama Riken]

SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS

I																		18																	
1 1,0 H Hidrógeno																	2 4,0 He Helio																		
3 6,9 Li Litio	4 9,0 Be Berilio																	5 10,8 B Boro	6 12,0 C Carbono	7 14,0 N Nitrógeno	8 16,0 O Oxígeno	9 19,0 F Flúor	10 20,2 Ne Neón												
11 23,0 Na Sodio	12 24,3 Mg Magnesio																	13 27,0 Al Aluminio	14 28,1 Si Silicio	15 31,0 P Fósforo	16 32,1 S Azufre	17 35,5 Cl Cloro	18 39,9 Ar Argón												
19 39,1 K Potasio	20 40,1 Ca Calcio	21 45,0 Sc Escandio	22 47,9 Ti Titanio	23 50,9 V Vanadio	24 52,0 Cr Cromo	25 54,9 Mn Manganeso	26 55,8 Fe Hierro	27 58,9 Co Cobalto	28 58,7 Ni Niquel	29 63,5 Cu Cobre	30 65,4 Zn Cinc	31 69,7 Ga Galio	32 72,6 Ge Germanio	33 74,9 As Arsénico	34 79,0 Se Selenio	35 79,9 Br Bromo	36 83,8 Kr Criptón																		
37 85,5 Rb Rubidio	38 87,6 Sr Estroncio	39 88,9 Y Itrio	40 91,2 Zr Circonio	41 92,9 Nb Niobio	42 95,9 Mo Molibdeno	43 (99) Tc Tecnecio	44 101,1 Ru Rutenio	45 102,9 Rh Rodio	46 106,4 Pd Paladio	47 107,9 Ag Plata	48 112,4 Cd Cadmio	49 114,8 In Indio	50 118,7 Sn Estaño	51 121,8 Sb Antimonio	52 127,6 Te Teluro	53 126,9 I Yodo	54 131,3 Xe Xenón																		
55 132,9 Cs Cesio	56 137,3 Ba Bario	57 138,9 La Lantano	72 178,5 Hf Hafnio	73 180,9 Ta Tantalo	74 183,8 W Volframio	75 186,2 Re Renio	76 190,2 Os Osmio	77 192,2 Ir Iridio	78 195,1 Pt Platino	79 197,0 Au Oro	80 200,6 Hg Mercurio	81 204,4 Tl Talio	82 207,2 Pb Plomo	83 209,2 Bi Bismuto	84 (210) Po Polonio	85 (210) At Astatio	86 (222) Rn Radón																		
87 (223) Fr Francio	88 (226) Ra Radio	89 (227) Ac Actinio	104 (261,1) Rf Rutherfordio	105 (262,1) Db Dubnio	106 (263,1) Sg Seaborgio	107 (264,1) Bh Bohrio	108 (265,1) Hs Hassio	109 (268) Mt Meitnerio	110 (269) Uun Ununnilio	111 (272) Uuu Ununonio	112 (272) Uub Ununbio	113 Uut Ununtrio	114 (285) Uuq Ununcuadio	115 Uup Ununpentio	116 (289) Uuh Ununhexio	117 Uus Ununseptio	118 (293) Uuo Ununoctio																		
Lantánidos			58 140,1 Ce Cerio	59 140,9 Pr Praseodimio	60 144,2 Nd Neodimio	61 (147) Pm Prometio	62 150,3 Sm Samario	63 152,0 Eu Europio	64 157,2 Gd Gadolinio	65 158,9 Tb Terbio	66 162,5 Dy Disprobio	67 164,9 Ho Holmio	68 167,3 Er Erbio	69 168,9 Tm Tulio	70 173,0 Yb Iterbio	71 175,0 Lu Lutecio																			
Actínidos			90 232,0 Th Torio	91 (231) Pa Protactinio	92 238,0 U Uranio	93 (237) Np Neptunio	94 (242) Pu Plutonio	95 (243) Am Americio	96 (247) Cm Curio	97 (247) Bk Berquellio	98 (251) Cf Californio	99 (252) Es Einstenio	100 (257) Fm Fermio	101 (256) Md Mendelevio	102 (259) No Nobelio	103 (262) Lr Laurencio																			





El Meitnerio es el elemento químico con número atómico 109

Se sintetizó por primera vez en 1982 por un grupo alemán mediante la reacción



Bi: protones 83
neutrones 126

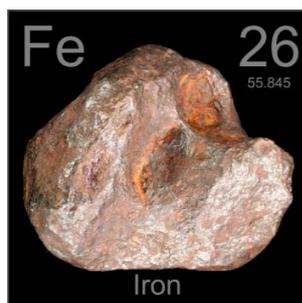
Mt: protones 109
neutrones 157

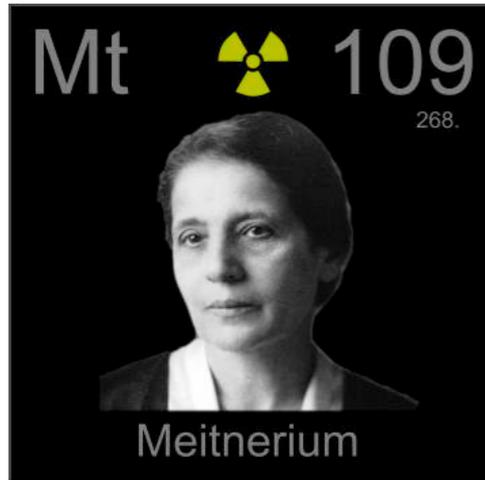
Fe: protones 26
neutrones 32

n: protones 0
neutrones 1

Total: protones 109
neutrones 158

Total: protones 109
neutrones 158





El Meitnerio es el elemento químico con número atómico 109



Lisa Meitner (1878-1968)

Física nacida austríaca, nacionalizada sueca

Formó parte del grupo de descubrió la fisión nuclear

Su colega Otto Hans recibió el Nobel de química por el descubrimiento en 1944

Algunos historiadores han documentado el descubrimiento, y afirman que el Nobel debería haber sido compartido con Lisa Meitner; muchas veces se nombra a Meitner como ejemplo abrumador de hito científico hecho por una mujer que el comité Nobel “pasó por alto”

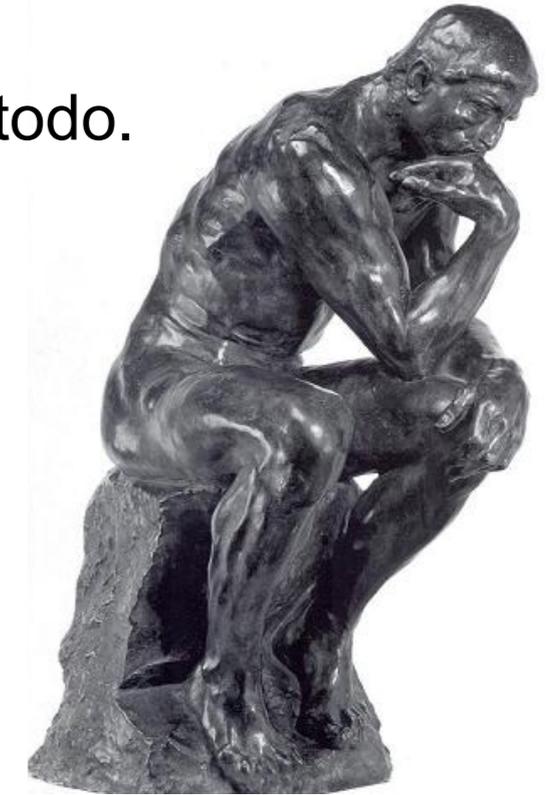
Group→ ↓Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
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		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		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
	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

Recordemos: buscamos partículas **fundamentales**, que lo forman todo.

Los átomos lo forman todo.... ¿pero son fundamentales?

ατομον

La raíz griega para la palabra átomo (atomos) quiere decir “que no se puede dividir”. Pero, ¿los átomos se pueden dividir o son fundamentales?



Hay muchos átomos (más de 100)

Los clasificamos en familias porque tienen propiedades similares

Parece que tienen estructura interna, que están hechos de cosas....

En realidad, los átomos están formados por partículas más elementales

Un núcleo muy masivo y pequeño, que tiene

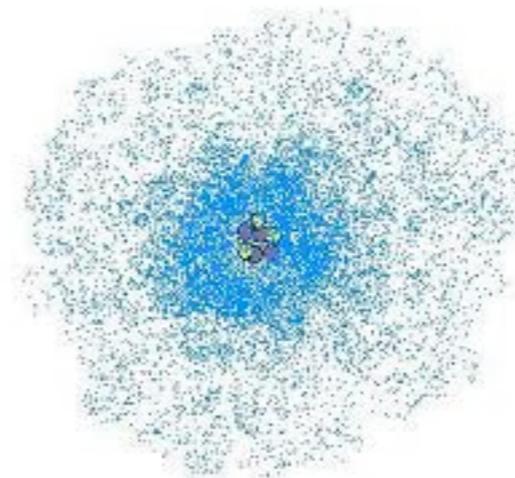
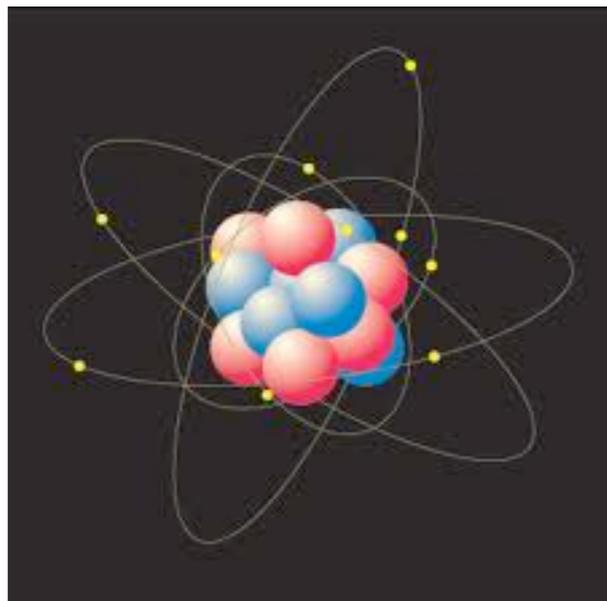
Protones, de carga positiva



Neutrones de carga neutra



Una nube de electrones (de carga negativa) alrededor del núcleo



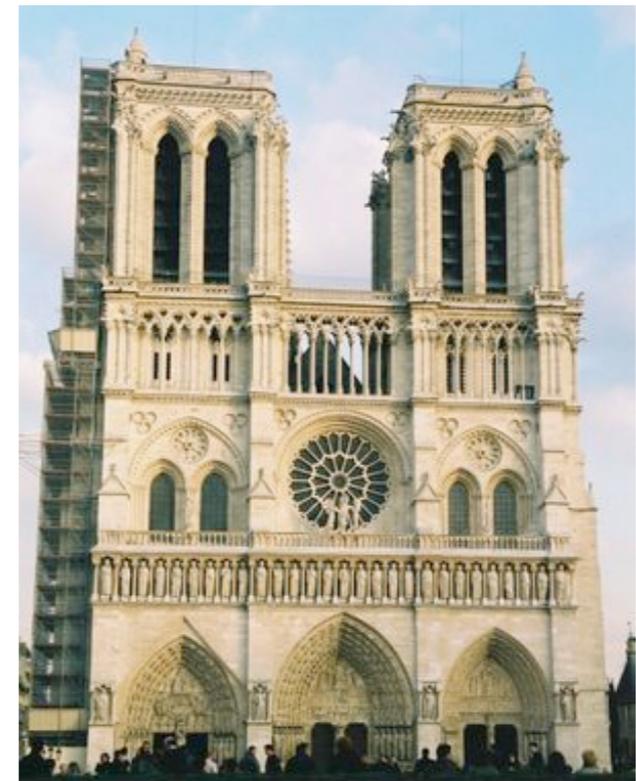
Un núcleo muy masivo y **pequeño**

El átomo ya es **pequeñísimo**



... pues el núcleo es **pequeñísimo**

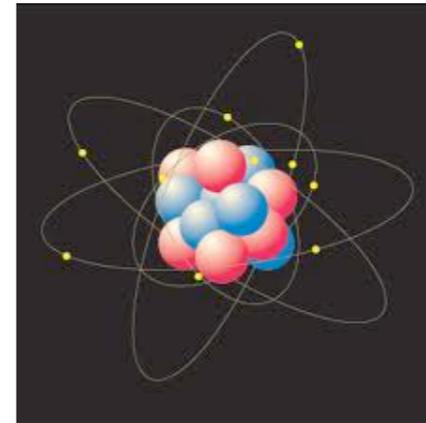
Si un átomo fuera tan grande como una **CATEDRAL**



el núcleo sería como.... una **MOSCA**



Así que un átomo tiene un núcleo muy pequeño formado por **protones** y **neutrones**, y casi toda la masa está en el núcleo.
Al rededor, una nube de electrones



El número de **protones** le da carácter al átomo. (Tabla periódica)



Todos los átomos que tienen 11 **protones** son átomos de sodio, independientemente de cuantos **neutrones** o electrones tenga.

La masa está dada por la suma de **protones** y **neutrones**

Cu

29

63.546



Copper

Fe

26

55.845



Iron

Zr

40

91.224



Zirconium

Rb

37

85.468



Rubidium

P

15

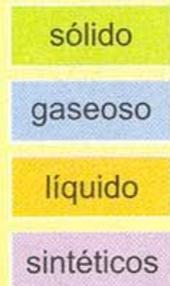
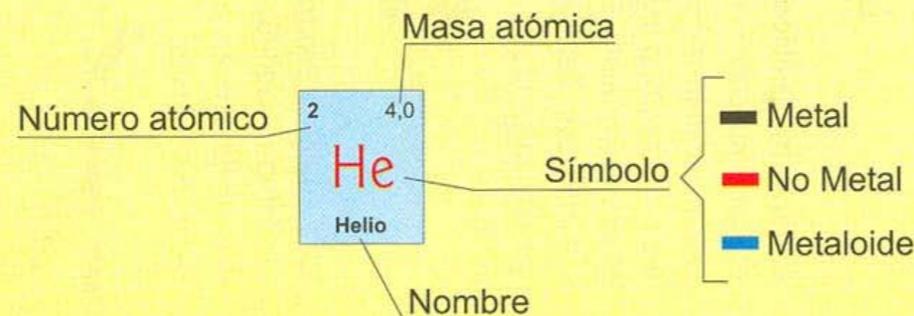
30.974



Phosphorus

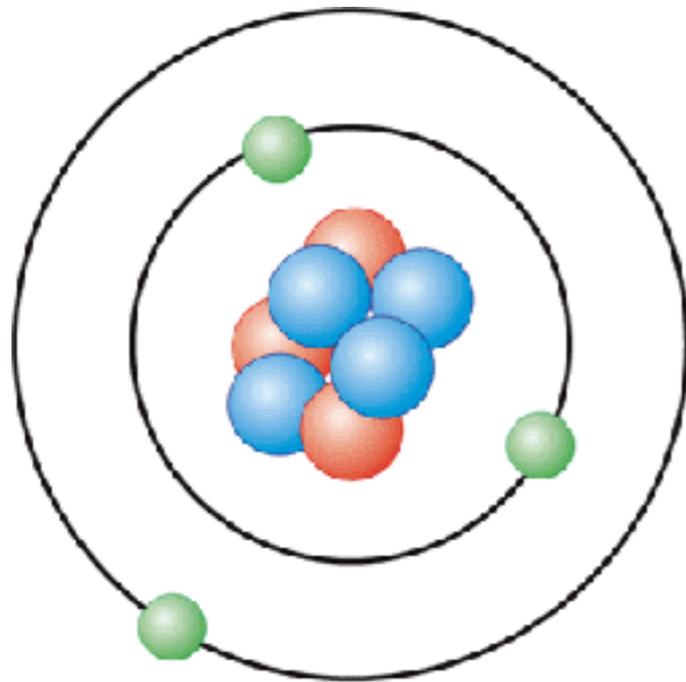
SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS

I																		18																	
1 1,0 H Hidrógeno																	2 4,0 He Helio																		
3 6,9 Li Litio	4 9,0 Be Berilio																	5 10,8 B Boro	6 12,0 C Carbono	7 14,0 N Nitrógeno	8 16,0 O Oxígeno	9 19,0 F Flúor	10 20,2 Ne Neón												
11 23,0 Na Sodio	12 24,3 Mg Magnesio																	13 27,0 Al Aluminio	14 28,1 Si Silicio	15 31,0 P Fósforo	16 32,1 S Azufre	17 35,5 Cl Cloro	18 39,9 Ar Argón												
19 39,1 K Potasio	20 40,1 Ca Calcio	21 45,0 Sc Escandio	22 47,9 Ti Titanio	23 50,9 V Vanadio	24 52,0 Cr Cromo	25 54,9 Mn Manganeso	26 55,8 Fe Hierro	27 58,9 Co Cobalto	28 58,7 Ni Niquel	29 63,5 Cu Cobre	30 65,4 Zn Cinc	31 69,7 Ga Galio	32 72,6 Ge Germanio	33 74,9 As Arsénico	34 79,0 Se Selenio	35 79,9 Br Bromo	36 83,8 Kr Criptón																		
37 85,5 Rb Rubidio	38 87,6 Sr Estroncio	39 88,9 Y Itrio	40 91,2 Zr Circonio	41 92,9 Nb Niobio	42 95,9 Mo Molibdeno	43 (99) Tc Tecnecio	44 101,1 Ru Rutenio	45 102,9 Rh Rodio	46 106,4 Pd Paladio	47 107,9 Ag Plata	48 112,4 Cd Cadmio	49 114,8 In Indio	50 118,7 Sn Estaño	51 121,8 Sb Antimonio	52 127,6 Te Teluro	53 126,9 I Yodo	54 131,3 Xe Xenón																		
55 132,9 Cs Cesio	56 137,3 Ba Bario	57 138,9 La Lantano	72 178,5 Hf Hafnio	73 180,9 Ta Tantalo	74 183,8 W Volframio	75 186,2 Re Renio	76 190,2 Os Osmio	77 192,2 Ir Iridio	78 195,1 Pt Platino	79 197,0 Au Oro	80 200,6 Hg Mercurio	81 204,4 Tl Talio	82 207,2 Pb Plomo	83 209,2 Bi Bismuto	84 (210) Po Polonio	85 (210) At Astatio	86 (222) Rn Radón																		
87 (223) Fr Francio	88 (226) Ra Radio	89 (227) Ac Actinio	104 (261,1) Rf Rutherfordio	105 (262,1) Db Dubnio	106 (263,1) Sg Seaborgio	107 (264,1) Bh Bohrio	108 (265,1) Hs Hassio	109 (268) Mt Meitnerio	110 (269) Uun Ununnilio	111 (272) Uuu Ununonio	112 (272) Uub Ununbio	113 Uut Ununtrio	114 (285) Uuq Ununcuadio	115 Uup Ununpentio	116 (289) Uuh Ununhexio	117 Uus Ununseptio	118 (293) Uuo Ununoctio																		
Lantánidos			58 140,1 Ce Cerio	59 140,9 Pr Praseodimio	60 144,2 Nd Neodimio	61 (147) Pm Prometio	62 150,3 Sm Samario	63 152,0 Eu Europio	64 157,2 Gd Gadolinio	65 158,9 Tb Terbio	66 162,5 Dy Disprobio	67 164,9 Ho Holmio	68 167,3 Er Erbio	69 168,9 Tm Tulio	70 173,0 Yb Iterbio	71 175,0 Lu Lutecio																			
Actínidos			90 232,0 Th Torio	91 (231) Pa Protactinio	92 238,0 U Uranio	93 (237) Np Neptunio	94 (242) Pu Plutonio	95 (243) Am Americio	96 (247) Cm Curio	97 (247) Bk Berquellio	98 (251) Cf Californio	99 (252) Es Einstenio	100 (257) Fm Fermio	101 (256) Md Mendelevio	102 (259) No Nobelio	103 (262) Lr Laurencio																			



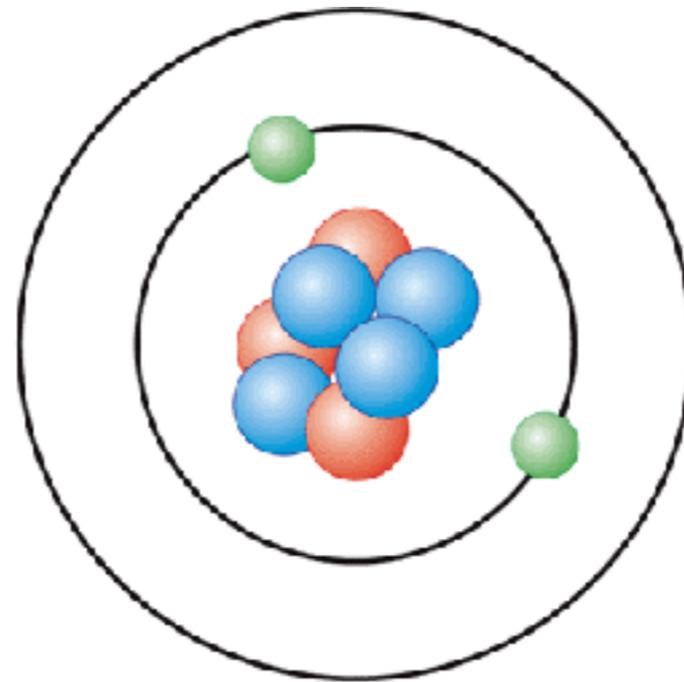
¿Qué pasa si tienen mismo número de **protones** pero diferente número de electrones?

IONES



3 protones (carga positiva +3)
3 electrones (carga negativa -3)

Átomo de Litio neutro



3 protones (carga positiva +3)
2 electrones (carga negativa -2)

Átomo de Litio cargado +1
Li⁺

3 protones:
los dos son átomos
de Litio (Li)

¿Qué pasa si tienen mismo número de **protones** pero diferente número de electrones?

IONES

Los iones con carga positiva se llaman **cationes**

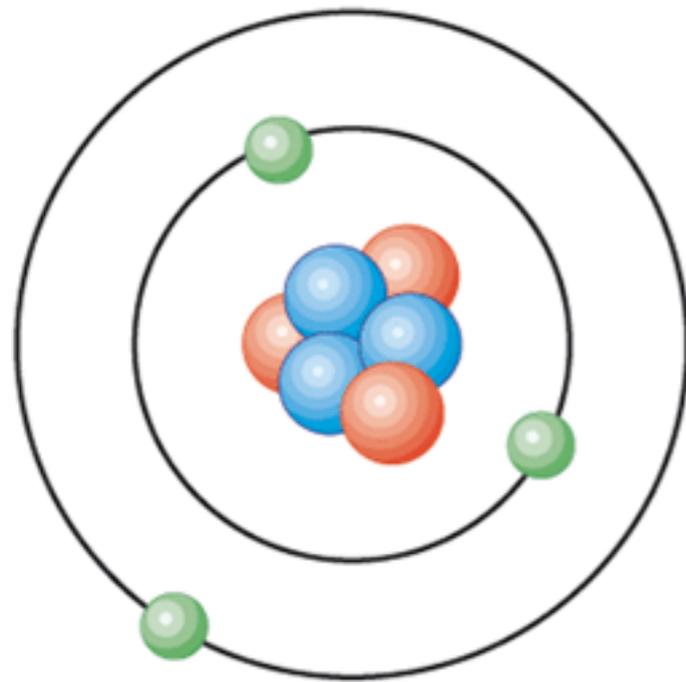
Los iones con carga negativa se llaman **aniones**

Los iones están por todas partes y son importantes para casi todo: desde su importancia vital en la vida, hasta el papel que juegan en detectores de humos.

Algunos **cationes**: Sodio Na^+ , Potasio K^+ , Calcio Ca^{2+}

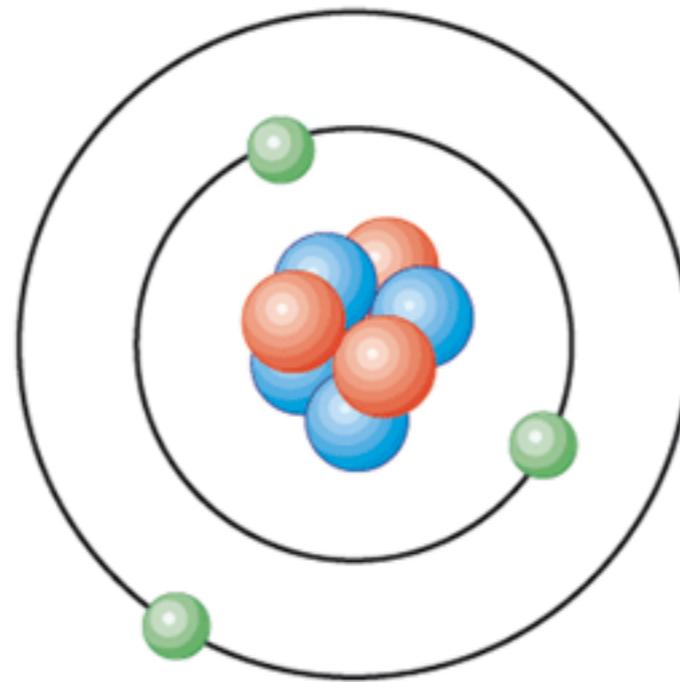
Algunos **aniones**: Cloruro Cl^- , Bromuro Br^- , Oxido O^{2-} , Nitruro N^{3-}

¿Qué pasa si tienen mismo número de **protones** pero diferente número de **neutrones**?



3 protones
3 neutrones
3 electrones

${}^6\text{Li}$



3 protones
4 neutrones
3 electrones

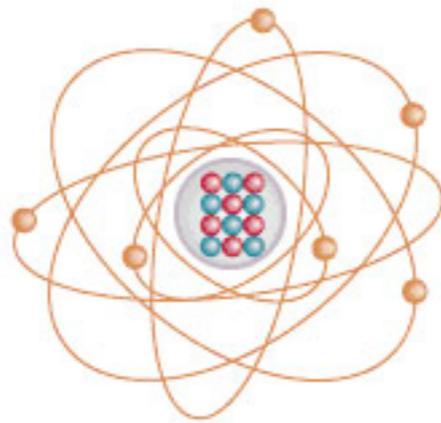
${}^7\text{Li}$

ISOTOPOS

3 protones:
los dos son átomos
de Litio (Li)

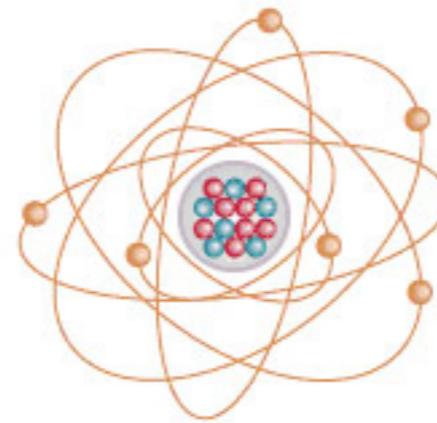
ISOTOPOS

Mismo número de **protones** y diferente número de **neutrones**



Carbono 12
estable

6 protones
6 neutrones



Carbono 14
inestable (radiactivo)

6 protones
8 neutrones

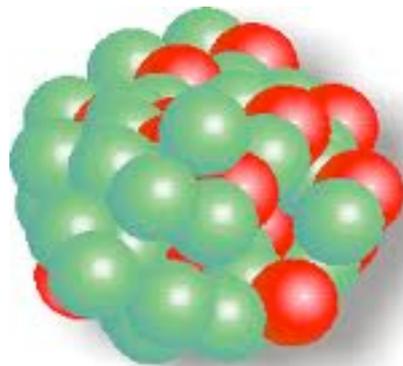


6 protones:
los dos son átomos
de Carbono (C)

Algunos isótopos son
inestables y decaen a otros
átomos

ISOTOPOS

Mismo número de **protones** y diferente número de **neutrones**



uranio
238

92
protones

146
neutrones

Todos los isótopos del Uranio son inestables (unos más que otros)



92 protones + 143 neutrones = núcleo de uranio 235



92 protones + 146 neutrones = núcleo de uranio 238

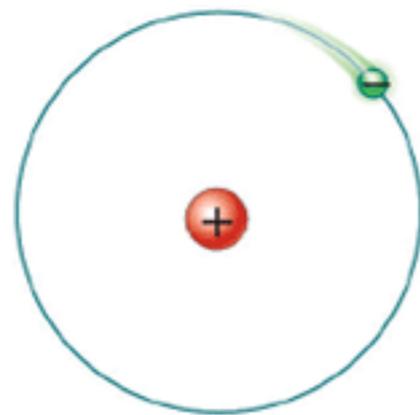
Masa atómica:

La masa de los átomos está dada por el núcleo, es decir, el número de **protones** y **neutrones**

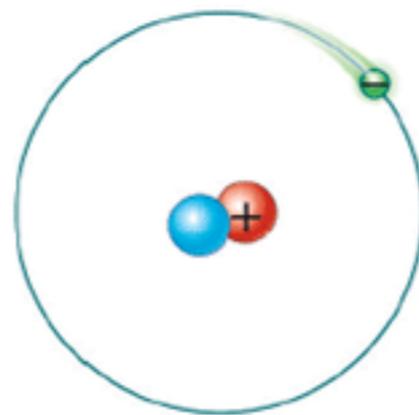
Así, los distintos isótopos de un mismo elemento tienen diferente masa atómica

Masa del protón = 1.0073

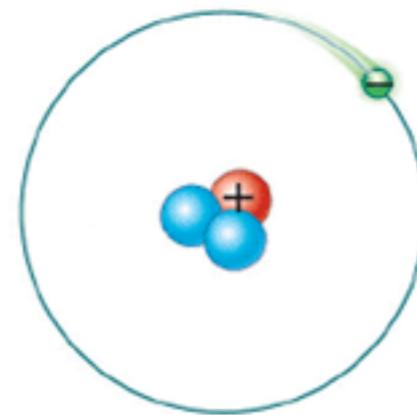
Masa del neutrón = 1.0087



Hidrógeno ${}^1_1\text{H}$

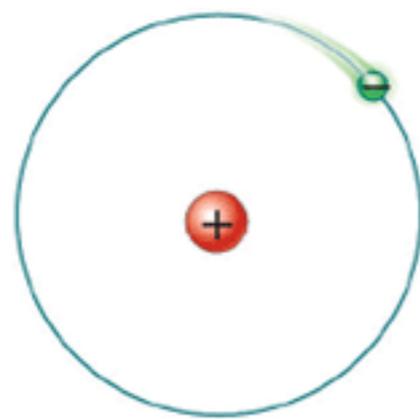


Deuterio ${}^2_1\text{H}$

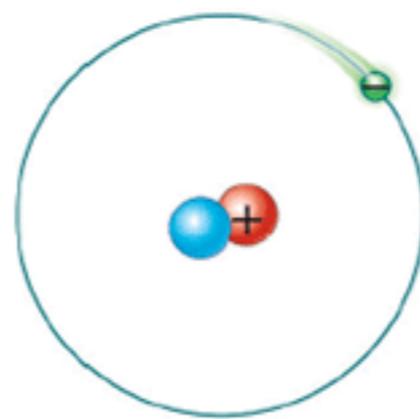


Tritio ${}^3_1\text{H}$

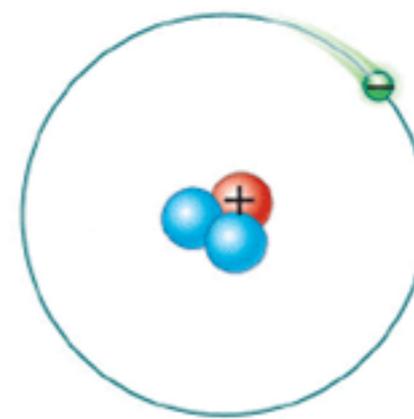
Masa del Hidrógeno = Masa del protón = 1.0073



Hidrógeno ${}^1_1\text{H}$



Deuterio ${}^2_1\text{H}$



Tritio ${}^3_1\text{H}$

Masa del Deuterio = Masa del protón + Masa del neutrón =

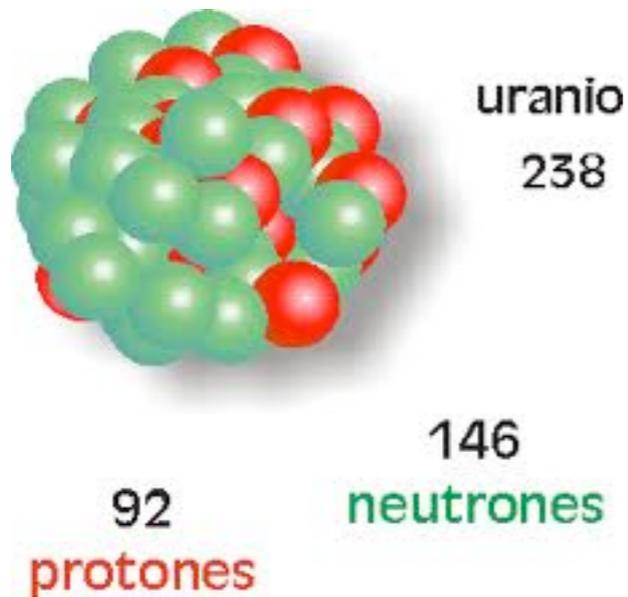
Masa del Deuterio = $1.0073 + 1.0087 = 2.0160$ más o menos

¡más o menos es MUY importante!

La Masa REAL del Deuterio = 2.0136

es más pequeña que el número que ha salido antes

Otro ejemplo: el Uranio

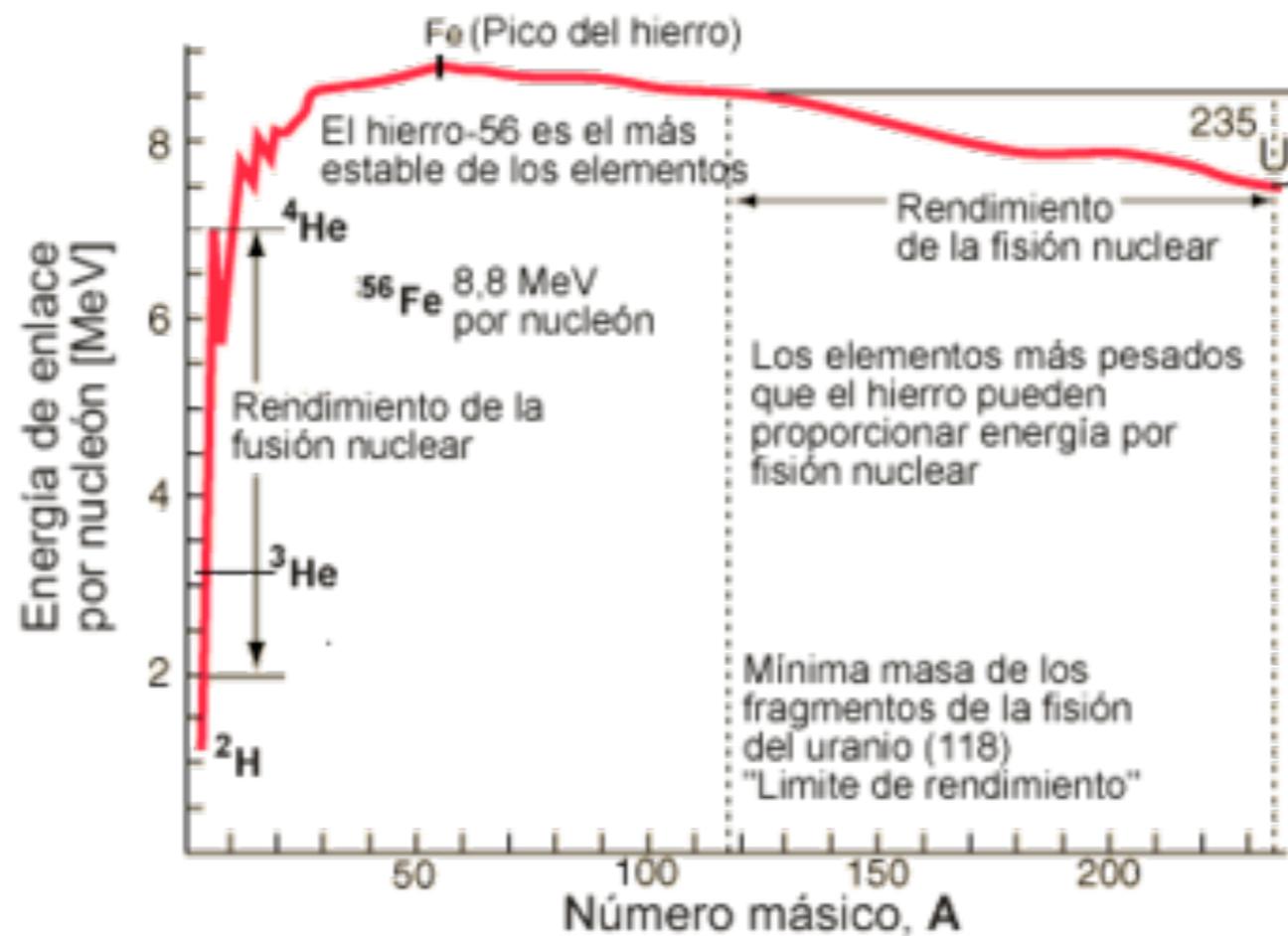


El ^{238}U tiene 92 protones y 146 neutrones:

$$92 \times 1.0073 + 146 \times 1.0087 = 240.2775$$

La Masa REAL del Uranio = 238.03

es más pequeña que el número que ha salido antes



Energía de enlace = Suma de protones + neutrones
 - masa real del átomo

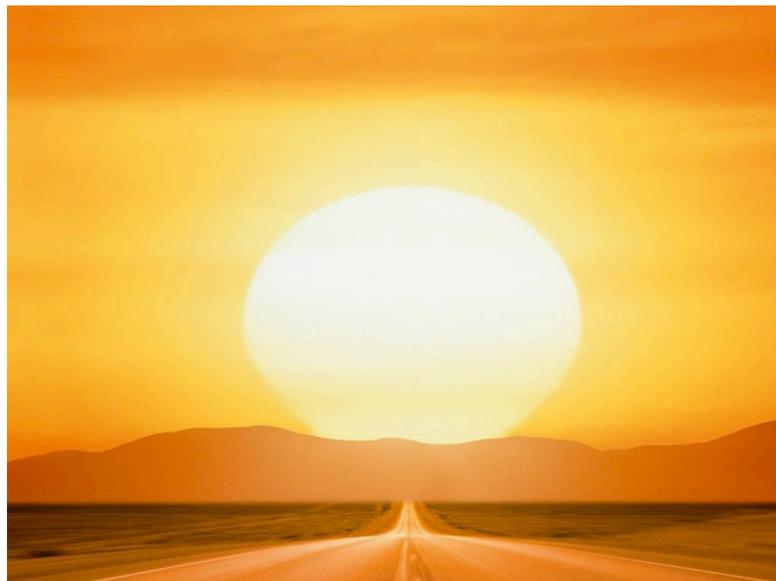
La diferencia es pequeña

en el Deuterio = $2.0160 - 2.0136 = 0.0024$

en el Uranio = $240.2775 - 238.05 = 2.2275$

pero muy importante

Para lo bueno



Y lo malo



Los átomos:

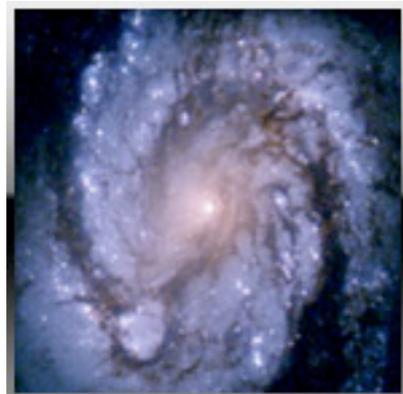
Lo forman todo



0.1 nm

Son muy pequeños

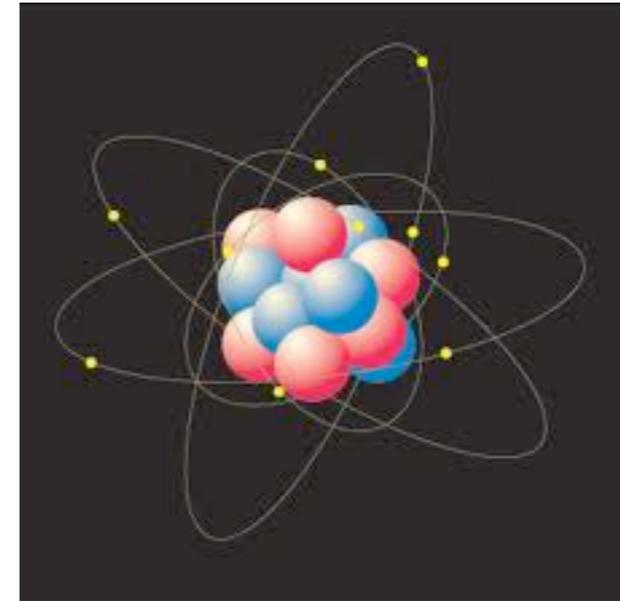
Son MUY abundantes



Son duraderos

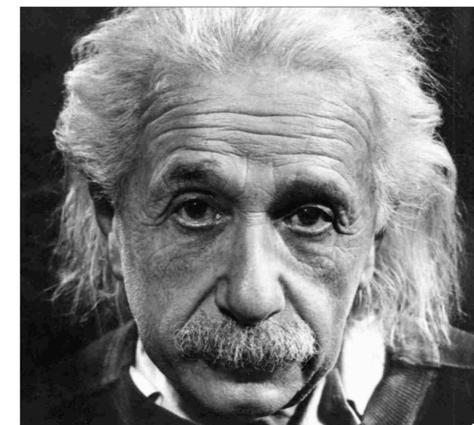
Los átomos:

Están formados por un núcleo
(con protones y neutrones)
y una nube de electrones



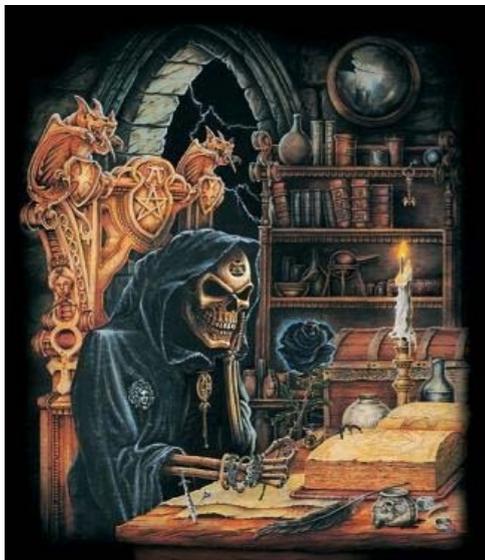
Los núcleos son **pequeñísimos**

Las reacciones nucleares dan **MUCHA energía**

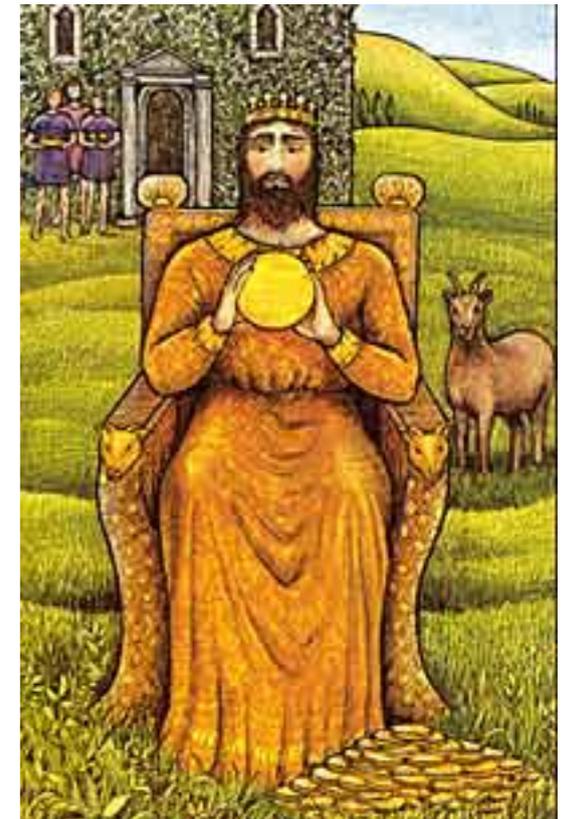


Reacciones Nucleares:

Unos núcleos atómicos se convierten en otros por medio de la radioactividad, la fusión o la fisión



El sueño de los alquimistas hecho realidad: se puede convertir cualquier átomo en oro como el Rey Midas



Reacciones Nucleares:

Radiactividad:



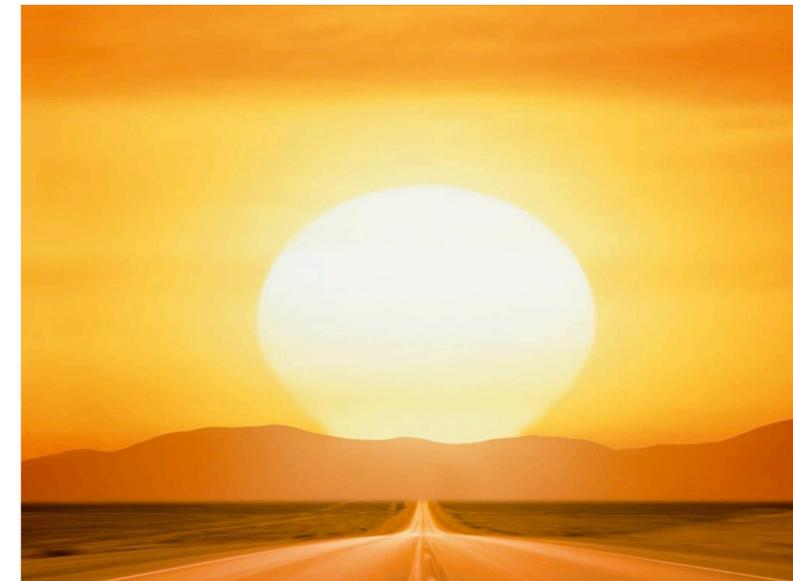
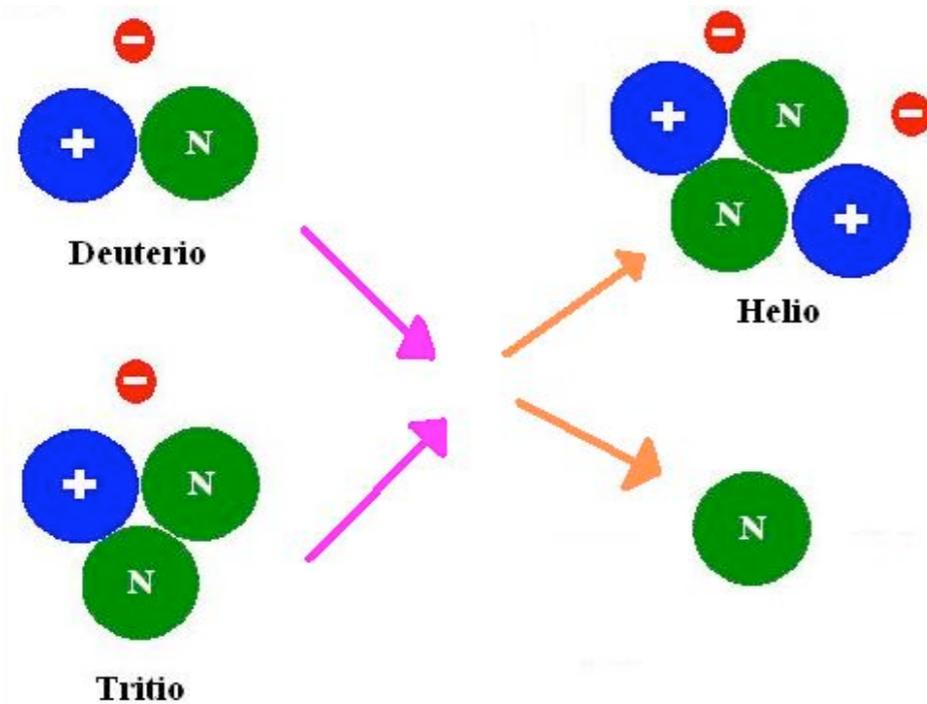
Se utiliza para muchas cosas, por ejemplo en medicina (el escáner)



Reacciones Nucleares:

Fusión:

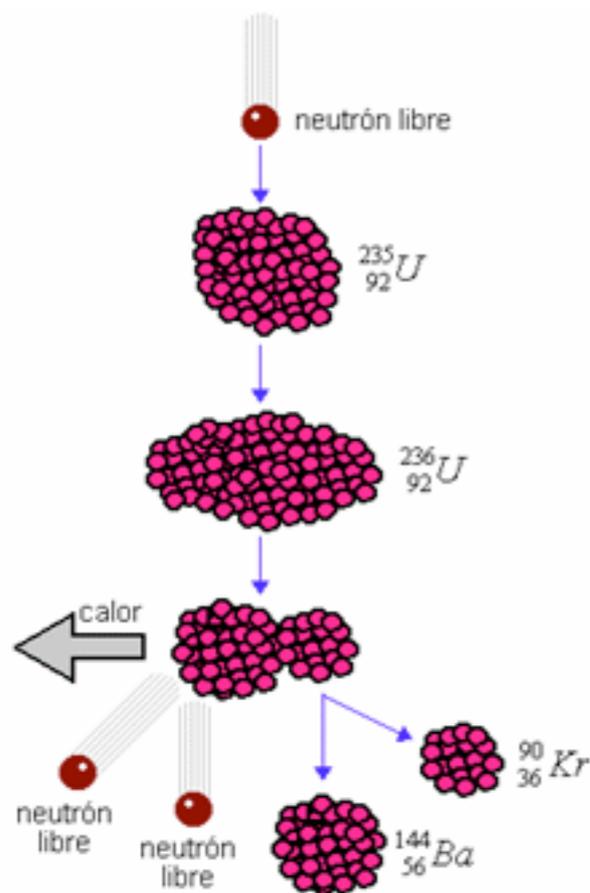
Cuando dos átomos ligeros se juntan para crear un átomo más pesado



Reacciones Nucleares:

Fisión:

Cuando un átomo pesado se rompe en dos más ligeros



Central nuclear
pero también bombas atómicas

¿Por qué pasa esto?
¿Por qué sale energía de estos procesos?



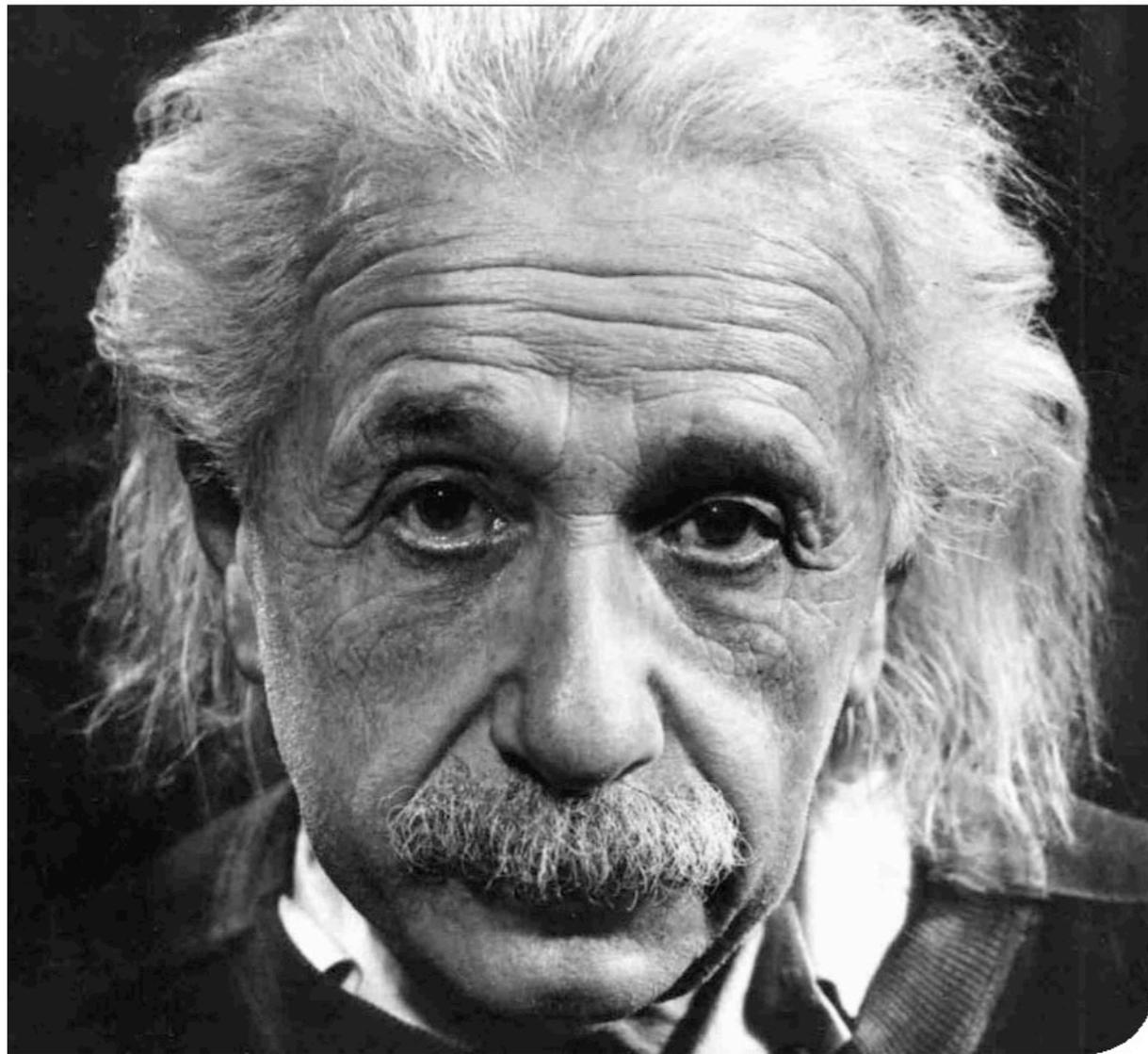
masa ${}^6\text{Li}$ = 6.0151
masa ${}^1_0\text{n}$ = 1.0087
masa total = 7.0238

masa ${}^3_1\text{H}$ = 3.0160
masa ${}^4_2\text{He}$ = 4.0026
masa total = 7.0186

diferencia $7.0238 - 7.0186 = 0.0052$

diferencia $7.0238 - 7.0186 = 0.0052$

en la reacción hemos perdido masa, pero

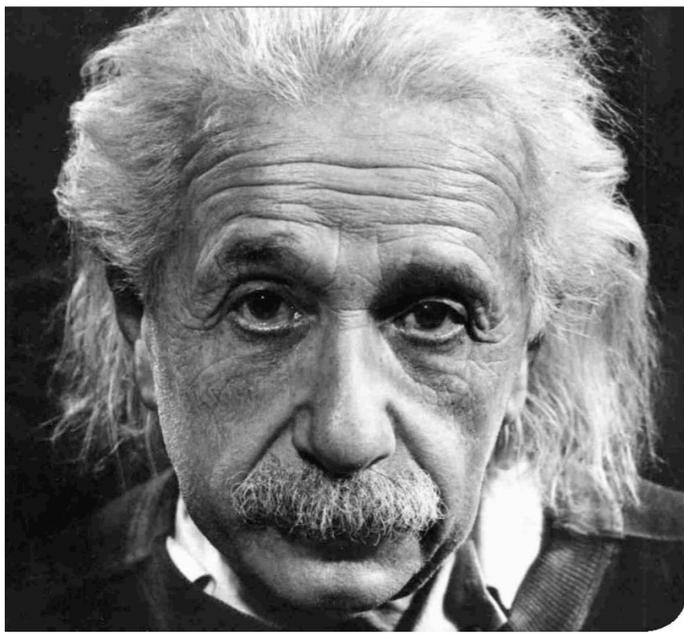


$$E=mc^2$$



Equivale a 4.86 MeV por cada átomo

MUCHISIMA ENERGIA



Equivale a 4.86 MeV por cada átomo

MUCHISIMA ENERGIA



1 tanque de gasolina
a la semana



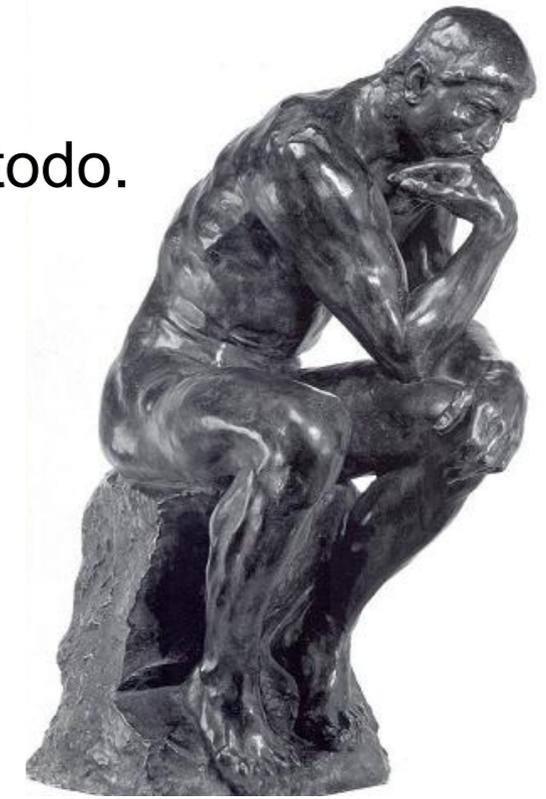
1 tanque de litio cada...

¡460 años!

Recordemos: buscamos partículas **fundamentales**, que lo forman todo.

Los átomos lo forman todo.... pero son no fundamentales

Los átomos están formados por protones, neutrones y electrones



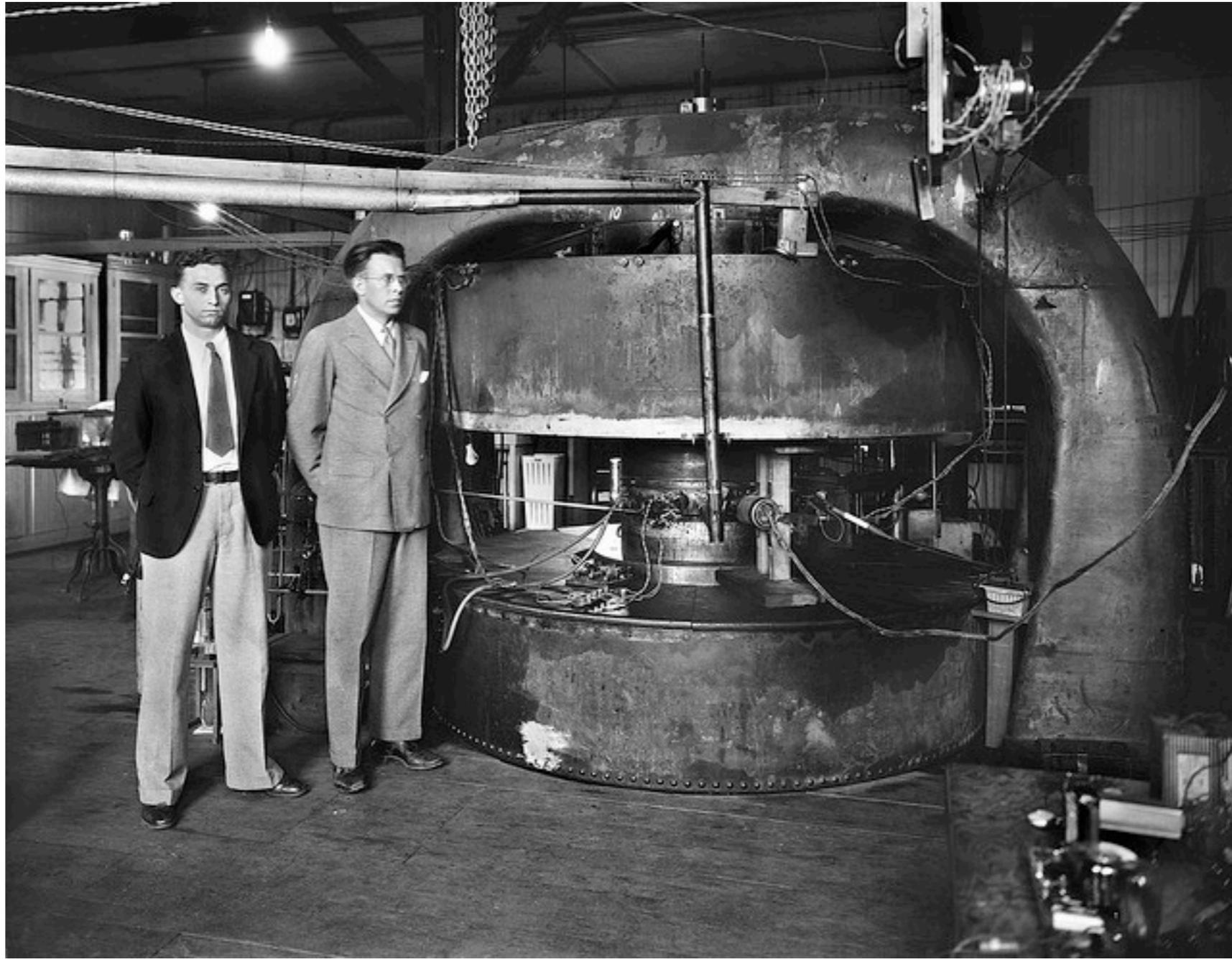
¿Son los protones, neutrones y electrones **fundamentales**?

¿Son los protones, neutrones y electrones **fundamentales**?

Para responder a esta pregunta, los físicos empezaron a inventar aceleradores de partículas:

Básicamente, se acelera un protón (u otra partícula cargada) hasta una velocidad elevadísima, se hace chocar con otra partícula, y se ve qué sale volando

(Un procedimiento no muy sutil, pero eficaz)



**E. Lawrence y M.S Livingston, con el ciclotrón
que ellos construyeron (1934)**

Con el ciclotrón y otras máquinas más modernas y potentes, empezaron a aflorar multitud de partículas nuevas:

μ^-

π^-

π^0

K^+

Σ^0

K^-

Δ^0

π^+

Σ^+

Δ^-

Ξ^0

Δ^{++}

Σ^-

Ξ^-

K^0

Δ^+

etc...

Demasiadas partículas, un verdadero zoo:
había que organizarlas de alguna manera

Estas partículas tenían propiedades como
masa

carga eléctrica

spín (matemáticamente análogo a una “rotación”)

...

Partícula	Símbolos		Quarks		Spin	Masa en reposo (MeV/c ²)	S	C	B	Vida media (s)	Desintegraciones más importantes
Pión cargado	π^+	π^-	$u\bar{d}$	$\bar{u}d$	0	139,6	0	0	0	$2,60 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ 99,98% $\pi^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$ 0,02%
Pión neutro	π^0		$\frac{u\bar{u} - d\bar{d}}{\sqrt{2}}$		0	135,0	0	0	0	$0,84 \cdot 10^{-16}$	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ 98,8% $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$ 1,2%
Kaón cargado	K^+	K^-	$u\bar{s}$	$\bar{u}s$	0	493,7	+1	0	0	$1,24 \cdot 10^{-8}$	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ 63,39% $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ 21,03%
Kaón neutro	K^0	\bar{K}^0	$d\bar{s}$	$\bar{d}s$	0	497,7	+1	0	0	Oscilación	---
Kaón corto	K_S^0		$\frac{d\bar{s} - s\bar{d}}{\sqrt{2}}$		0	497,7	(*)	0	0	$0,89 \cdot 10^{-10}$	$K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ 68,95% $K_S^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ 31,05%
Kaón largo	K_L^0		$\frac{d\bar{s} + s\bar{d}}{\sqrt{2}}$		0	497,7	(*)	0	0	$5,2 \cdot 10^{-8}$	$K_L^0 \rightarrow \pi^\pm + e^\mp + \nu_e$ 40,40% $K_L^0 \rightarrow \pi^\pm + \mu^\mp + \nu_\mu$ 26,96%
Eta	η		$\frac{u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s}}{\sqrt{6}}$		0	547,75	0	0	0	$5 \cdot 10^{-19}$	$\eta \rightarrow \gamma + \gamma$ 39,42% $\eta \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$ 32,56%
Eta prima	η'		$\frac{u\bar{u} + d\bar{d} + s\bar{s}}{\sqrt{3}}$		0	957,78	0	0	0	$3 \cdot 10^{-21}$	$\eta' \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \eta$ 44,3% $\eta' \rightarrow \rho^0 + \gamma$ 29,5%
Rho cargado	ρ^+	ρ^-	$u\bar{d}$	$\bar{u}d$	1	776	0	0	0	$0,4 \cdot 10^{-23}$	$\rho^\pm \rightarrow \pi^\pm + \pi^0$ 100%
Rho neutro	ρ^0		$u\bar{u}, d\bar{d}$		1	775,8	0	0	0	$0,4 \cdot 10^{-23}$	$\rho^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ 100%
Omega neutra	ω^0		$u\bar{u}, d\bar{d}$		0	782,65	0	0	0	$0,4 \cdot 10^{-23}$	$\omega^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ 89,1% $\omega^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma$ 8,9%
Phi	φ		$s\bar{s}$		1	1.019,46	0	0	0	$16 \cdot 10^{-23}$	$\varphi \rightarrow K^+ + K^-$ 49,2% $\varphi \rightarrow K_L^0 + K_S^0$ 34,0%
D cargado	D^+	D^-	$c\bar{d}$	$\bar{c}d$	0	1.869,3	0	+1	0	$1,04 \cdot 10^{-12}$	$D^+ \rightarrow K^0 + \bar{K}^0 + \dots$ \approx 61% $D^+ \rightarrow K^- + \dots$ \approx 27,25%

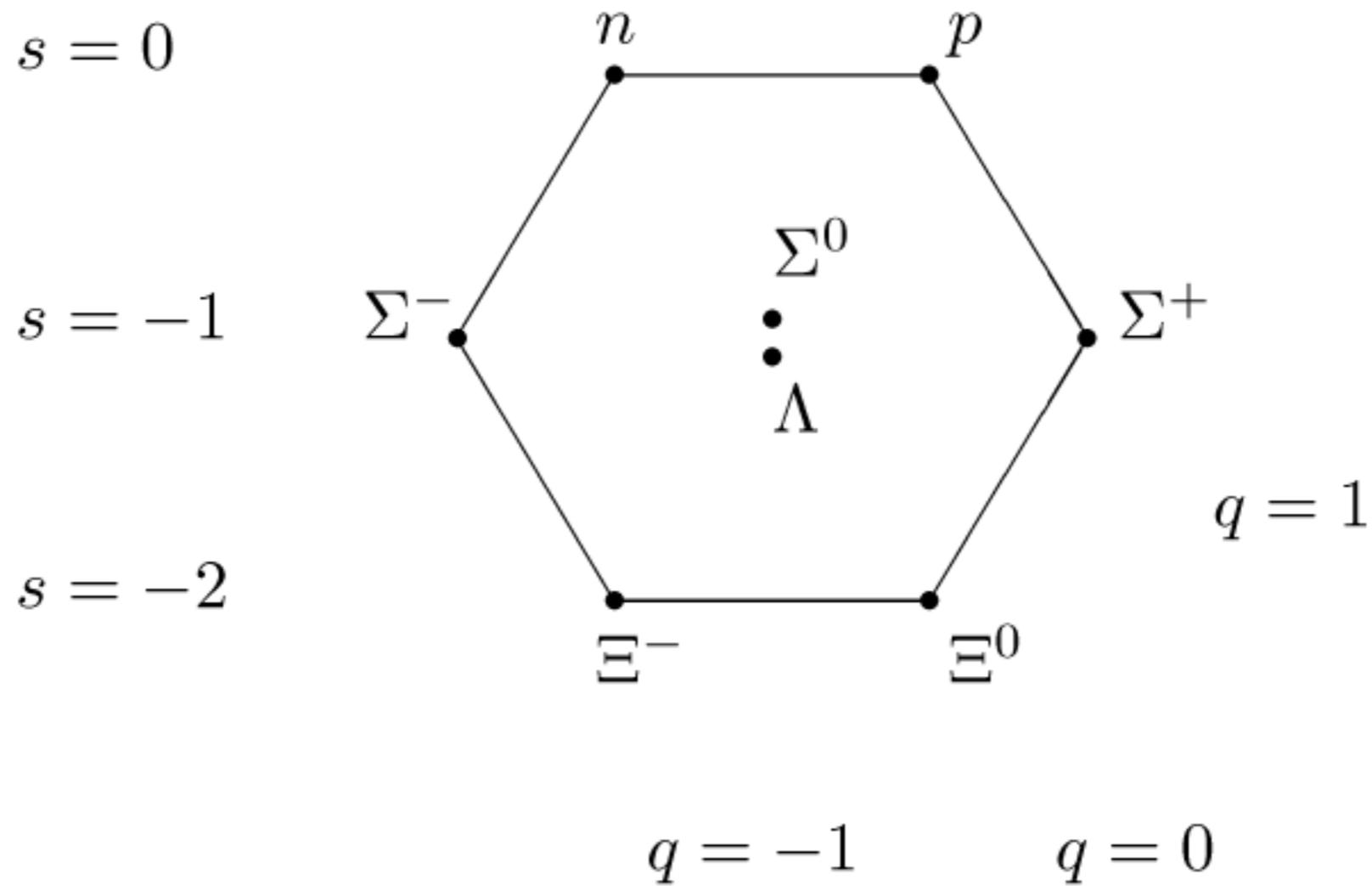
Partícula	Símbolo ^[1]	Quarks ^[2]	Spin	Masa en reposo (MeV/c ²)	S	C	B	Vida media (s)	Desintegraciones más importantes
Protón	p	uud	$\frac{1}{2}$	938,27	0	0	0	Estable ^[3]	---
Neutrón	n	udd	$\frac{1}{2}$	939,56	0	0	0	885,7 ^[4]	$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ 100%
Delta doble positiva	Δ^{++}	uuu	$\frac{3}{2}$	≈ 1.232	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\Delta^{++} \rightarrow p + \pi^+$ 100%
Delta positiva	Δ^+	uud	$\frac{3}{2}$	≈ 1.232	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\Delta^+ \rightarrow \text{Nucleón} + \text{pión}$ 100%
Delta neutra	Δ^0	udd	$\frac{3}{2}$	≈ 1.232	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\Delta^0 \rightarrow \text{Nucleón} + \text{pión}$ 100%
Delta negativa	Δ^-	ddd	$\frac{3}{2}$	≈ 1.232	0	0	0	$6 \cdot 10^{-24}$	$\Delta^- \rightarrow n + \pi^-$ 100%
Lambda neutra	Λ^0	uds	$\frac{1}{2}$	1.115,68	-1	0	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ 63,9% $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$ 35,8%
Sigma positiva	Σ^+	uus	$\frac{1}{2}$	1.189,37	-1	0	0	$8,01 \cdot 10^{-11}$	$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ 51,57% $\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+$ 48,31%
Sigma neutra	Σ^0	uds	$\frac{1}{2}$	1.192,64	-1	0	0	$7,4 \cdot 10^{-20}$	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$ 100%
Sigma negativa	Σ^-	dds	$\frac{1}{2}$	1.197,45	-1	0	0	$1,48 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$ 99,84% $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ 0,1%
Xi neutra	Ξ^0	uss	$\frac{1}{2}$	1.314,83	-2	0	0	$2,90 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$ 99,52% $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^0 + \gamma$ 0,33%
Xi negativa	Ξ^-	dss	$\frac{1}{2}$	1.321,31	-2	0	0	$1,64 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$ 99,88%
Omega	Ω^-	sss	$\frac{3}{2}$	1.672,45	-3	0	0	$8,21 \cdot 10^{-11}$	$\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$ 67,8% $\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$ 23,6%
Omega encantada	Ω_c^0	ssc	$\frac{1}{2}$	2.697,5	-2	+1	0	$6,90 \cdot 10^{-14}$	$\Omega_c^0 \rightarrow \Sigma^+ + K^- + \pi^+$?? % $\Omega_c^0 \rightarrow \Xi^0 + K^- + \pi^+$?? %
Xi positiva encantada	Ξ_c^+	usc	$\frac{1}{2}$	2.468	-1	+1	0	$4,42 \cdot 10^{-13}$	$\Xi_c^+ \rightarrow \Xi^0 + \pi^+ + \pi^0$?? % $\Xi_c^+ \rightarrow \Xi^0 + e^+ + \nu_e$?? %

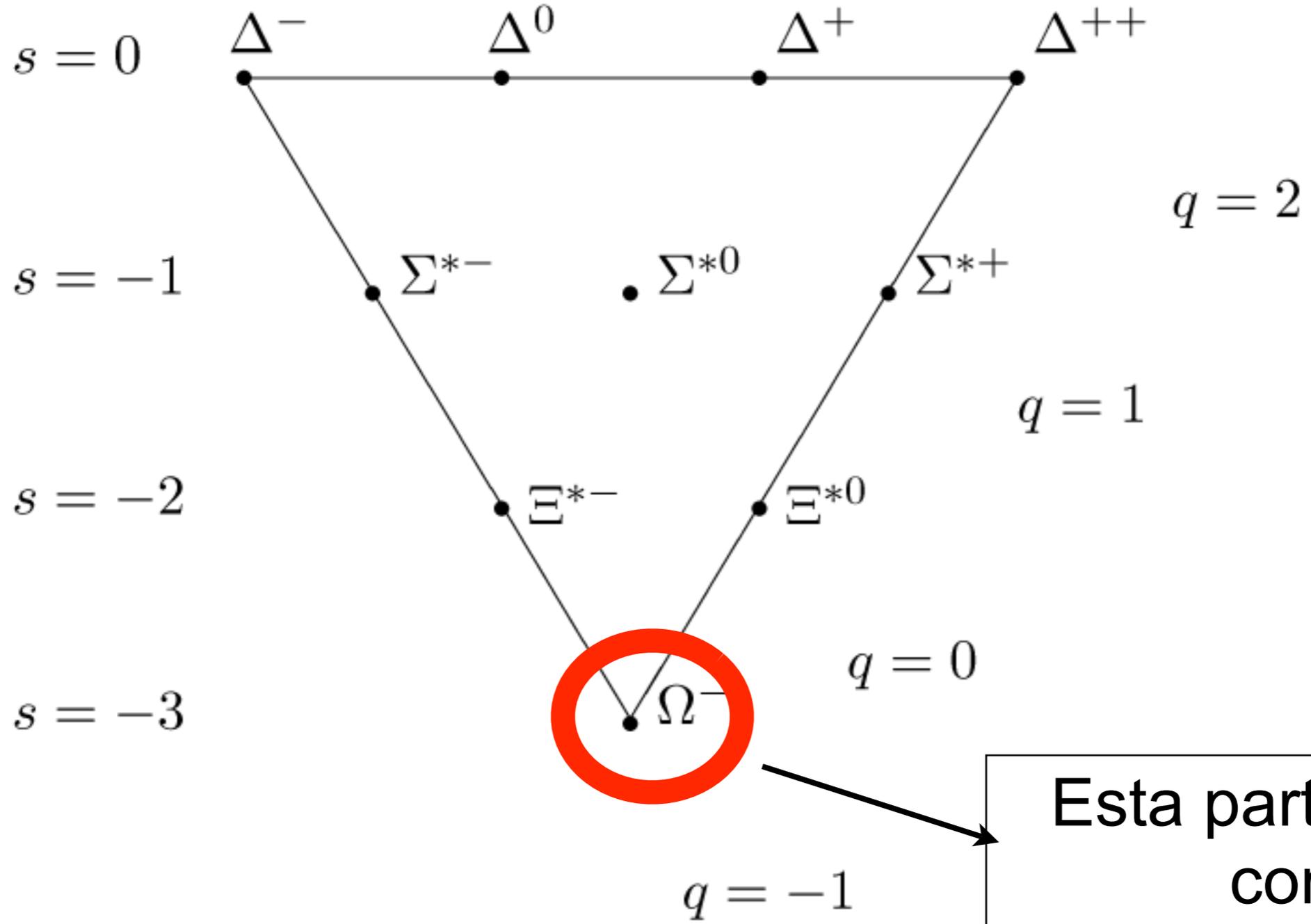
En 1964, Murray Gell-Mann, George Zweig, Yuval Ne'eman propusieron (independientemente) una clasificación que conllevó un avance enorme en el entendimiento de las partículas “fundamentales”



Se inventaron una
propiedad: extrañeza
(strange)

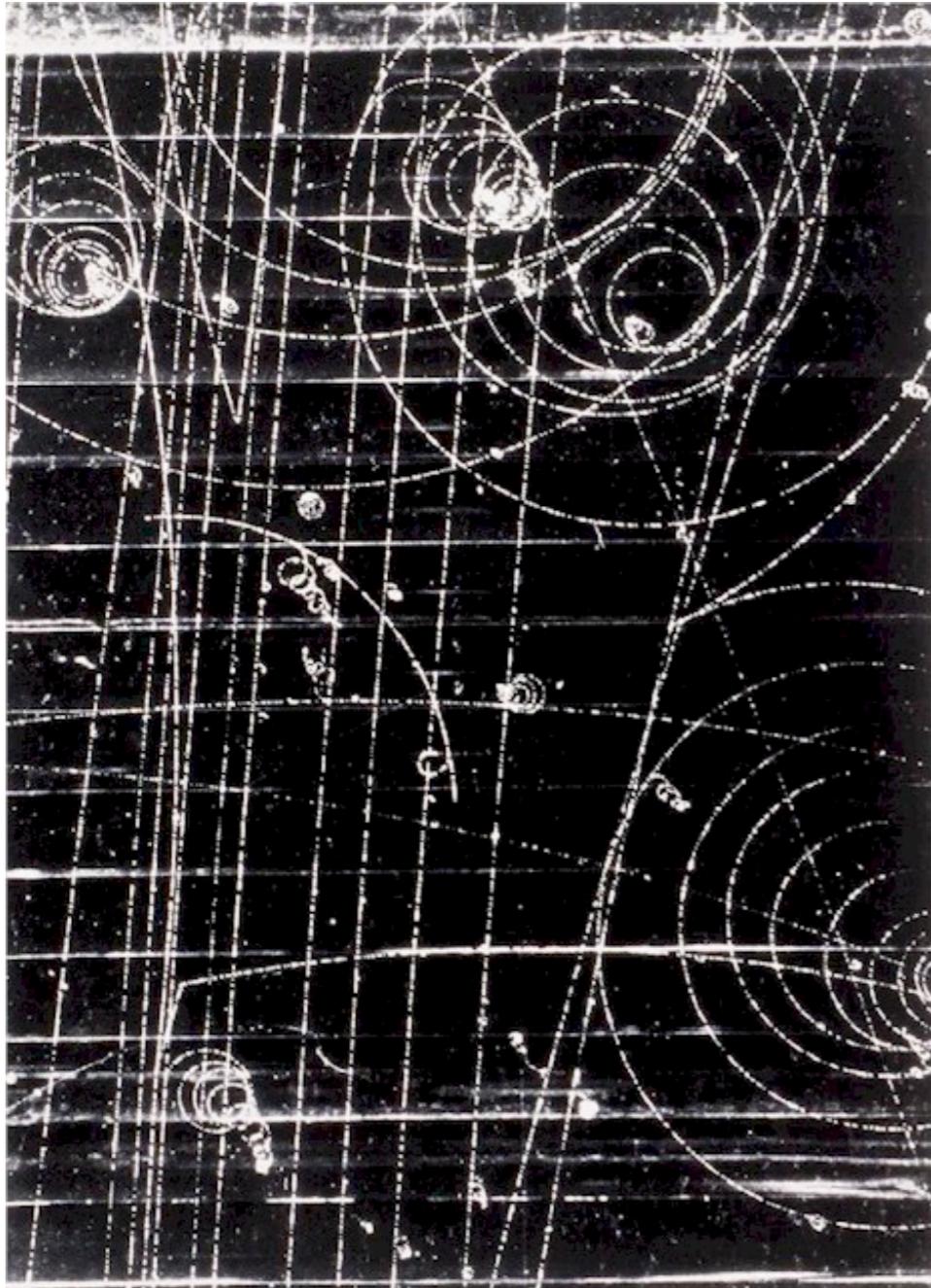
Partículas con spín 1/2





Esta partícula no se conocía pero hacía falta para que el esquema casara

El 11 de febrero de 1964, un grupo de Brookhaven National Laboratory descubrió la partícula Ω^-



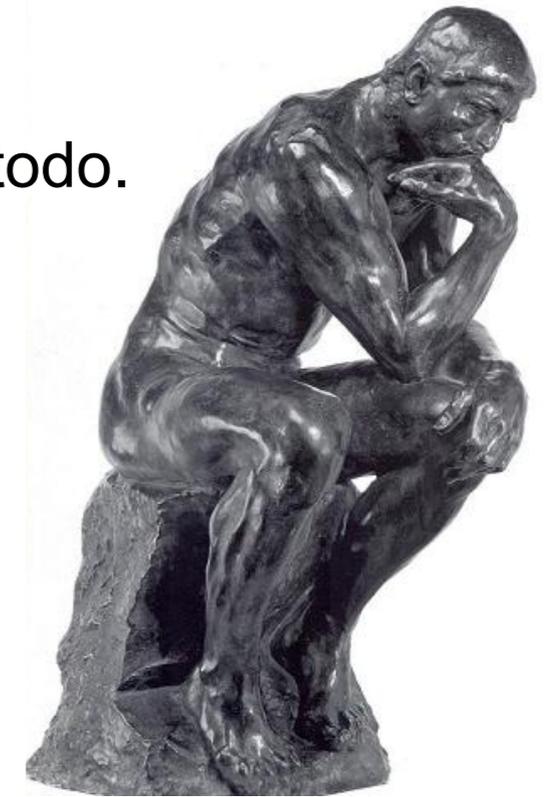
¡El esquema de Gell-Mann y compañía funcionaba!



Recordemos: buscamos partículas **fundamentales**, que lo forman todo.

Los átomos lo forman todo.... pero son fundamentales

Los átomos están formados por protones, neutrones y electrones



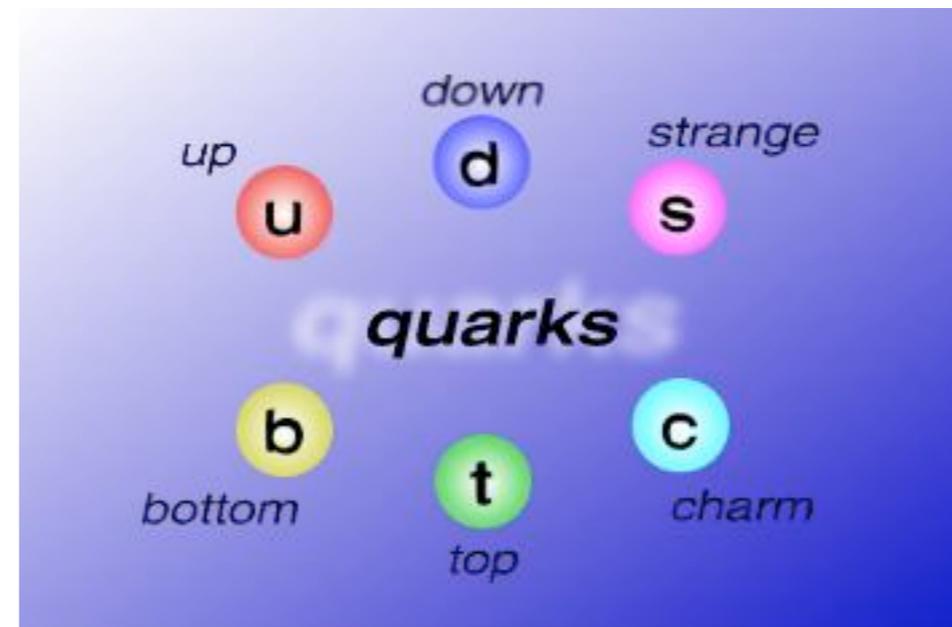
¿Son los protones, neutrones y electrones **fundamentales**?

NO. Los protones y neutrones están formados por unidades más pequeñas aun, los **quarks**

El zoo de partículas elementales en realidad está formado por quarks:

Hay 6 quarks, con nombres raros y propiedades exóticas

up (arriba), down (abajo), charm (encantado), strange (extraño), top (cima), bottom (fondo)



Quarks:

¿Y este nombre tan raro? Murray Gell-Mann dice que al principio se le ocurrió el nombre como sonido (como el que hacen los patos), sin ortografía. Después, leyó unos versos de un libro de James Joyce (Finnegans Wake)

Three quarks for Muster Mark!
Sure he has not got much of a bark
And sure any he has it's all beside the mark.

¿Y los nombres individuales de los Quarks?

Up (arriba) y down (abajo) por una propiedad (isospín)

Strange (extraño) porque aparece en las partículas extrañas

Charmed (encantado) porque sus descubridores estaban encantados de la simetría que introdujo en el modelo cuando lo propusieron

Top (encima) y Bottom (debajo) por su alusión a up (arriba) y down (abajo)

[hubo un tiempo que se hablaba de truth (verdad) y beauty (belleza), pero están en desuso]

Razón de peso: se pueden escribir como

u,d,s,c,t,b

es decir, no se repite ninguna letra inicial

Hay 6 quarks, con nombres raros y propiedades exóticas

u,d,c,s,t,b

Al principio, se pensaba que habia solo 3 (Gell-Mann et al)

Después se predijo el c en 1970, y se descubrió en 1974

El último par t,b se predijo en 1973

y se descubrieron en 1977 (el bottom)

y en 1995 (el top) ¡Exito del modelo!

Hay 6 quarks, con nombres raros y propiedades exóticas

u,d,c,s,t,b

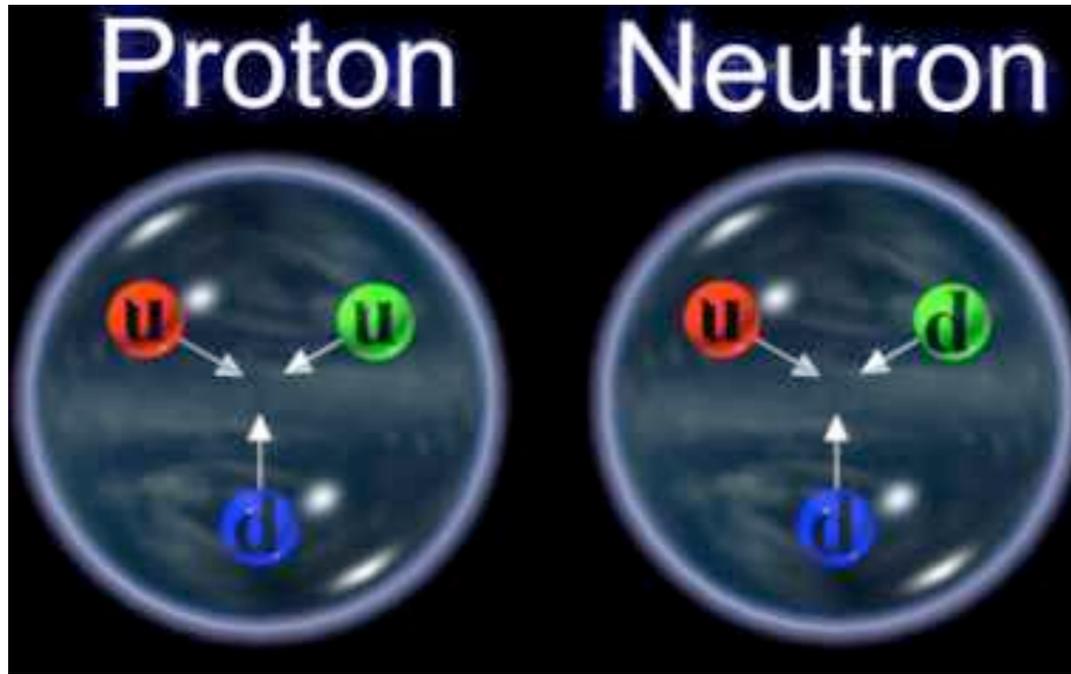
mass→	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV
charge→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
name→	u up	c charm	t top
Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	d down	s strange	b bottom

Los quarks tienen cargas fraccionarias

Nunca están solos, están en pares o en tríos

Tienen una propiedad nueva llamada “color”:

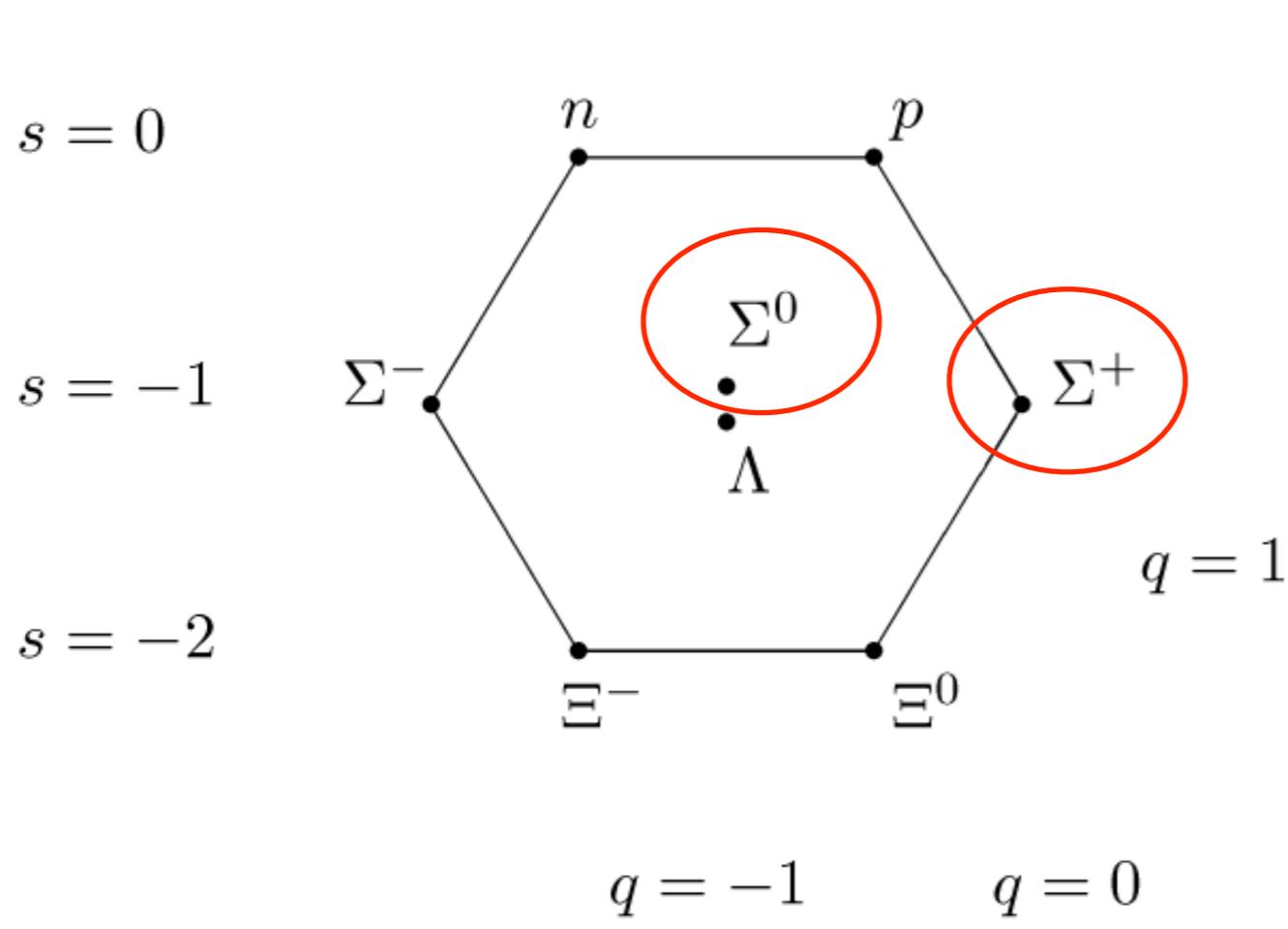
los quarks pueden ser rojos, verdes o azules



mass→	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV
charge→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
name→	u up	c charm	t top
Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
	d down	s strange	b bottom

Un protón = dos up y un down
 Un neutrón = dos down y un up

Carga del protón = $2 * (\frac{2}{3}) - \frac{1}{3} = 1$
 Carga del neutrón = $\frac{2}{3} - 2 * (\frac{1}{3}) = 0$



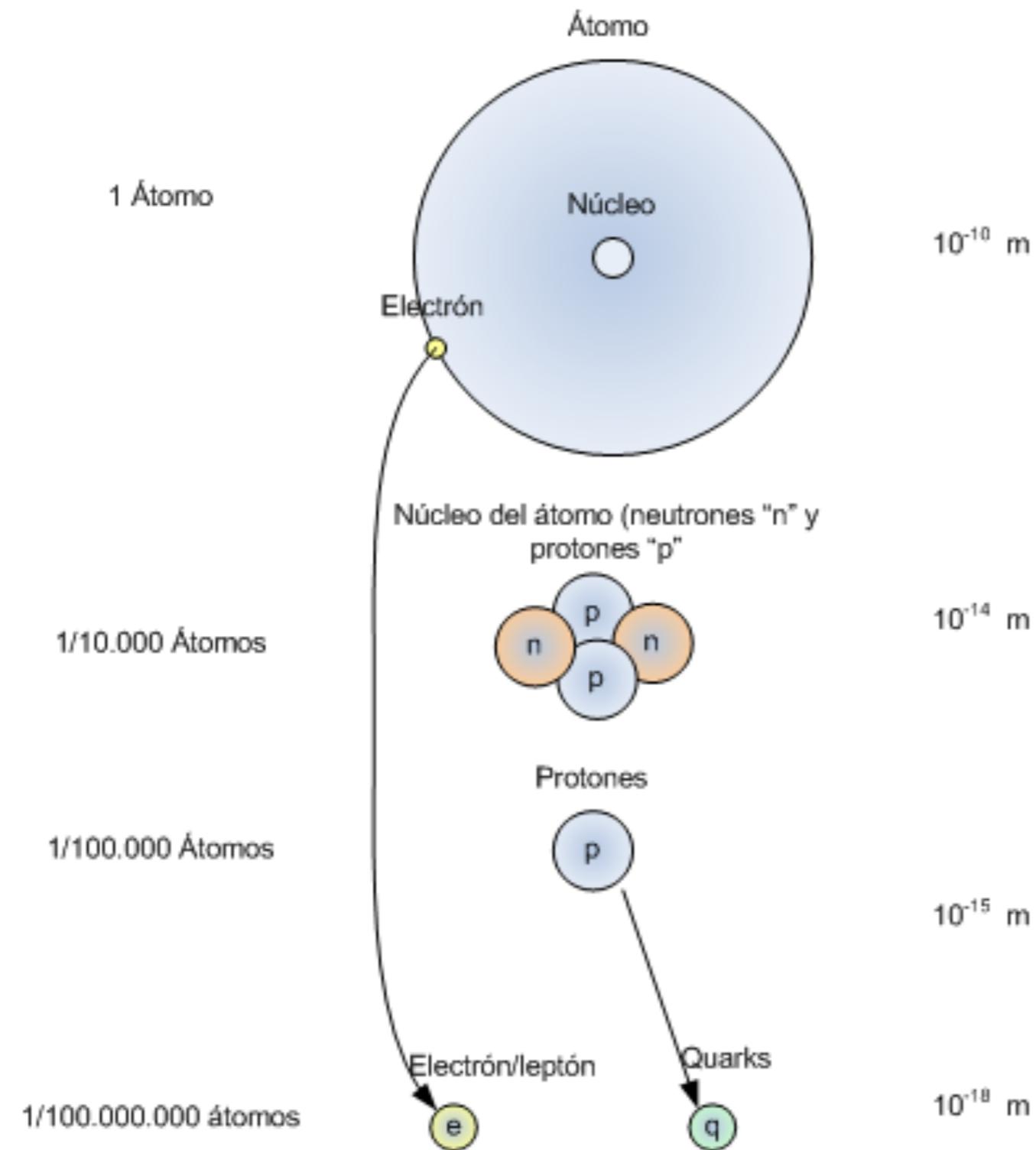
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
name →	u up	c charm	t top
Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	d down	s strange	b bottom

$$\Sigma^+ = uus$$

$$\Sigma^0 = uds$$

Tamaño en átomos

Tamaño en metros



Tamaño de los quarks:

Si representa un átomo a una escala en la que los neutrones y protones tuviesen 10 cm de diámetro, los quarks y electrones tendrían menos de 1 mm de diámetro mientras que el átomo llegaría a tener 10 km de diámetro.

Modelo standard de partículas

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	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
	e electron	μ muon	τ tau	W[±] weak force

Son fermiones, constituyentes de la materia

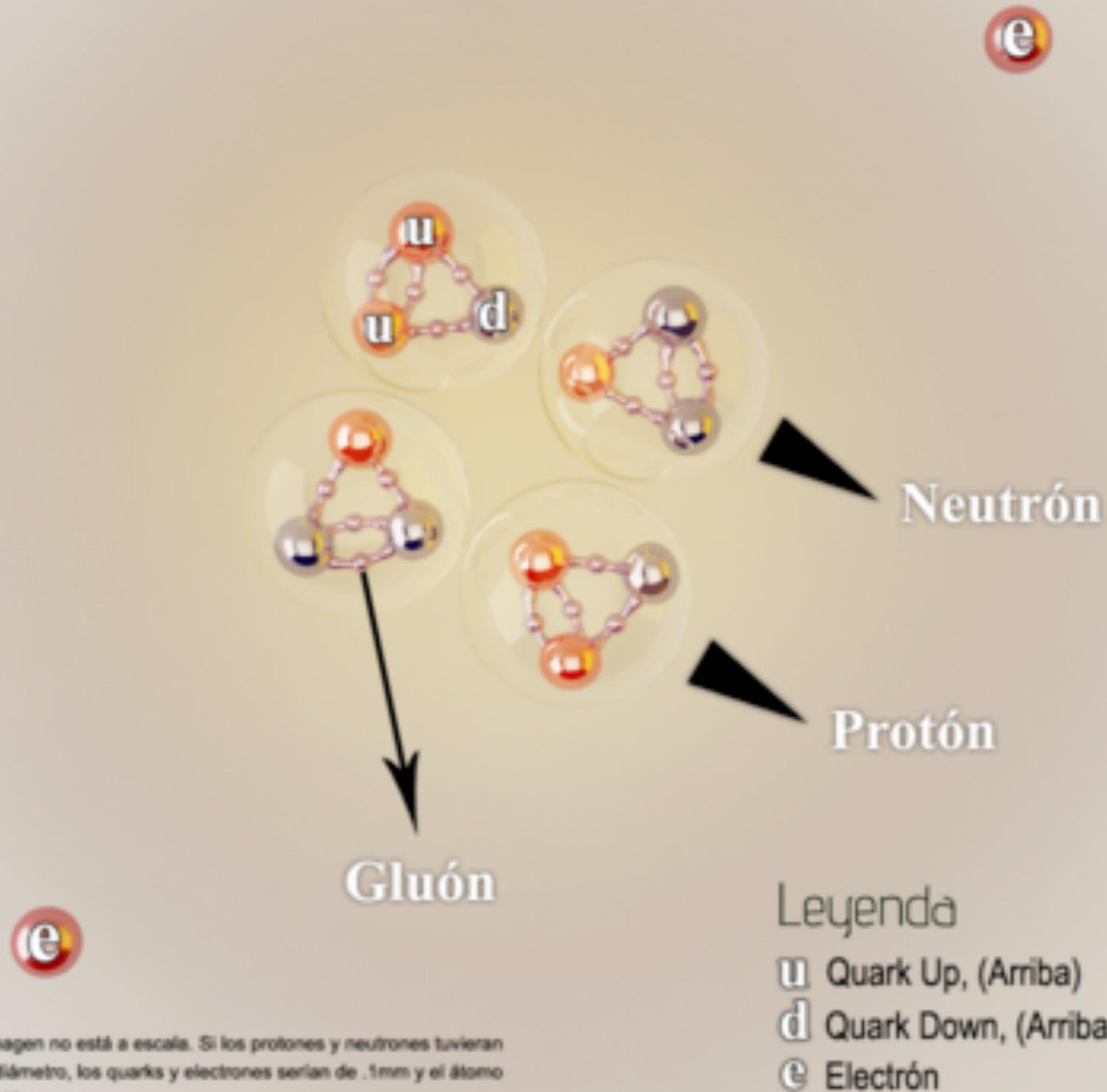
Los **quarks** forman hadrones

Los electrones y sus congéneres se llaman **leptones**

Los **bosones** son responsables de las fuerzas

Bosons (Forces)

Átomo de Helio 4 según el Modelo Estándar de Partículas



Nota: La imagen no está a escala. Si los protones y neutrones tuvieran 10 Cm de diámetro, los quarks y electrones serían de .1mm y el átomo sería de 10 Km.

Modelo standard de partículas

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	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
	e electron	μ muon	τ tau	W[±] weak force

Bosons (Forces)

+ HIGGS

El boson de Higgs es el que da masa a las partículas, y es el ingrediente que nos falta por descubrir

CERN (LHC)



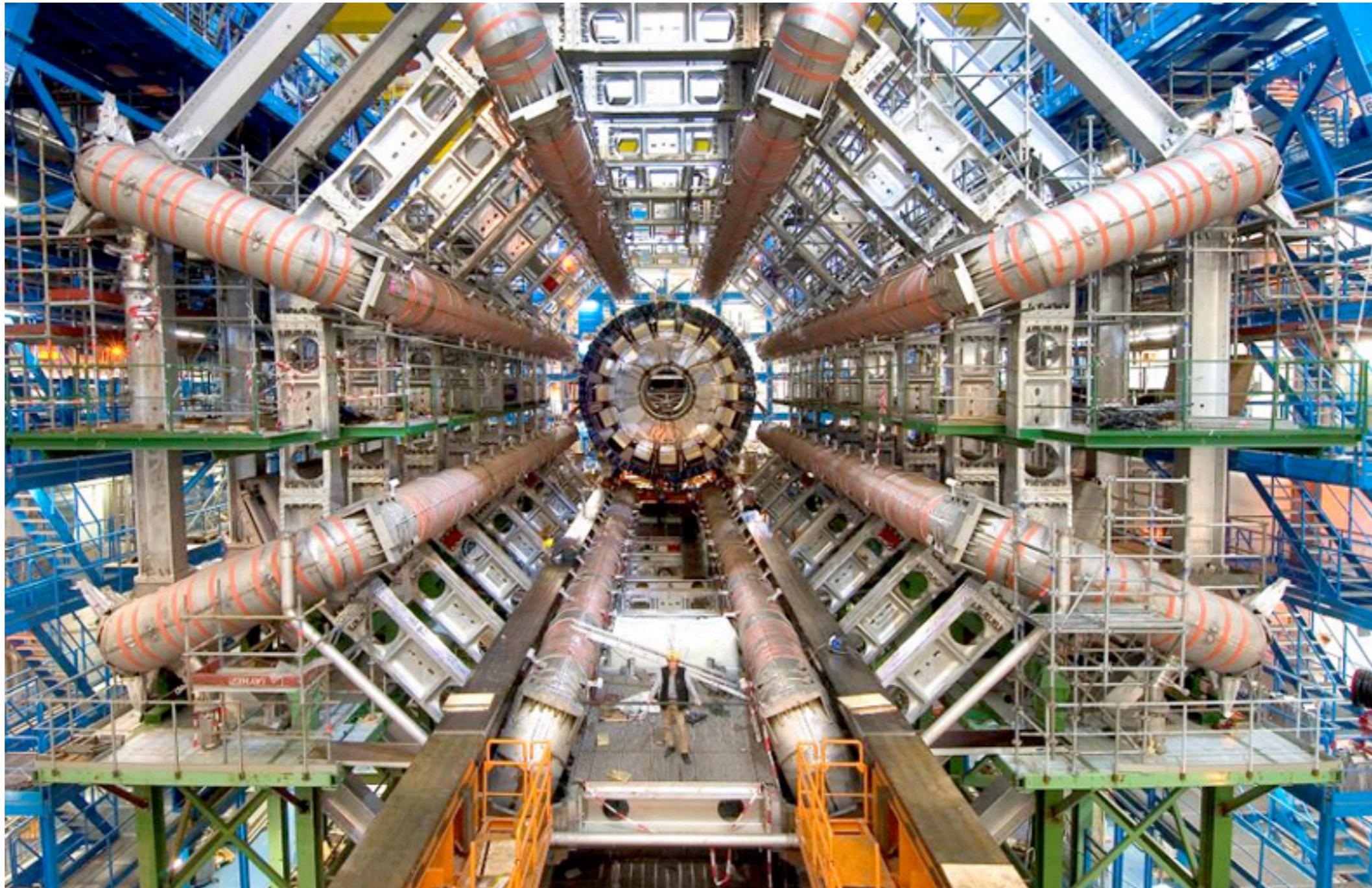
Tunel circular de 27 km de circunferencia
Enterrado unos 100m bajo tierra
en la frontera franco-suiza

En estos momentos haciendo pruebas
para poder medir el Higgs
(y si no lo encuentran, para darnos un problema
muy complejo e interesante)

En los 80s, en el CERN se inventó.....

¡INTERNET!

CERN (LHC)



Recordemos: buscamos partículas **fundamentales**, que lo forman todo.

Los átomos lo forman todo.... pero son fundamentales

Los átomos están formados por protones, neutrones y electrones

Los protones y neutrones están formados por quarks



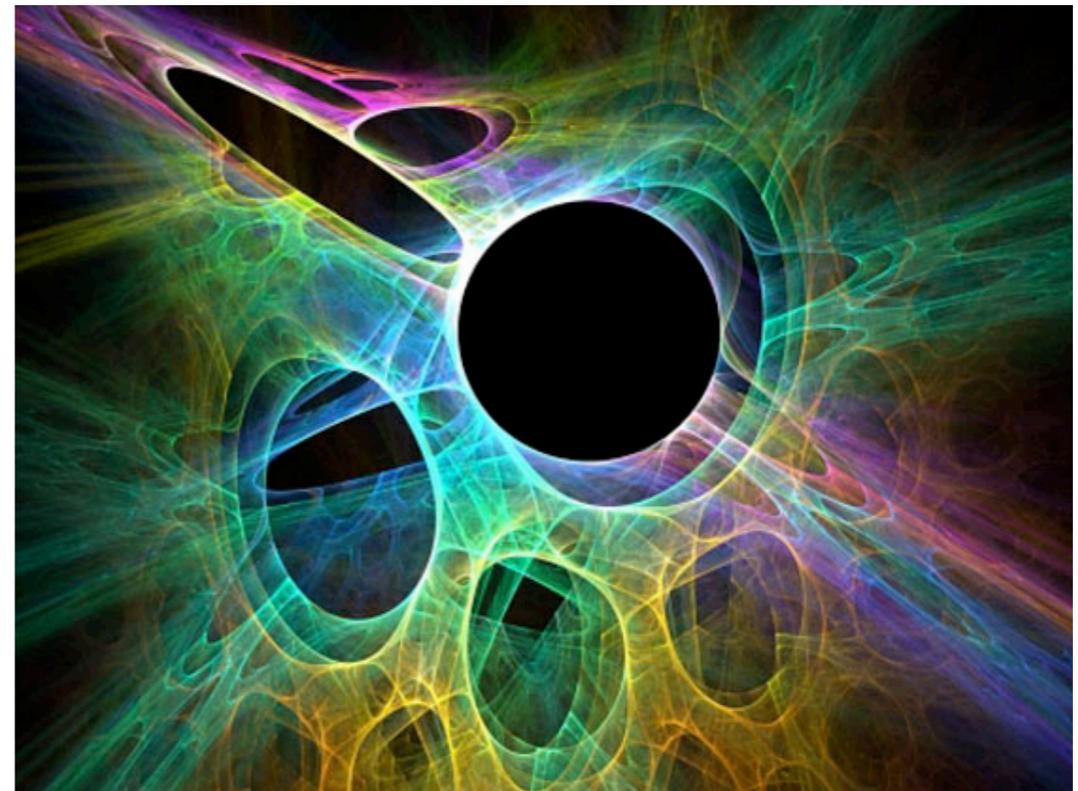
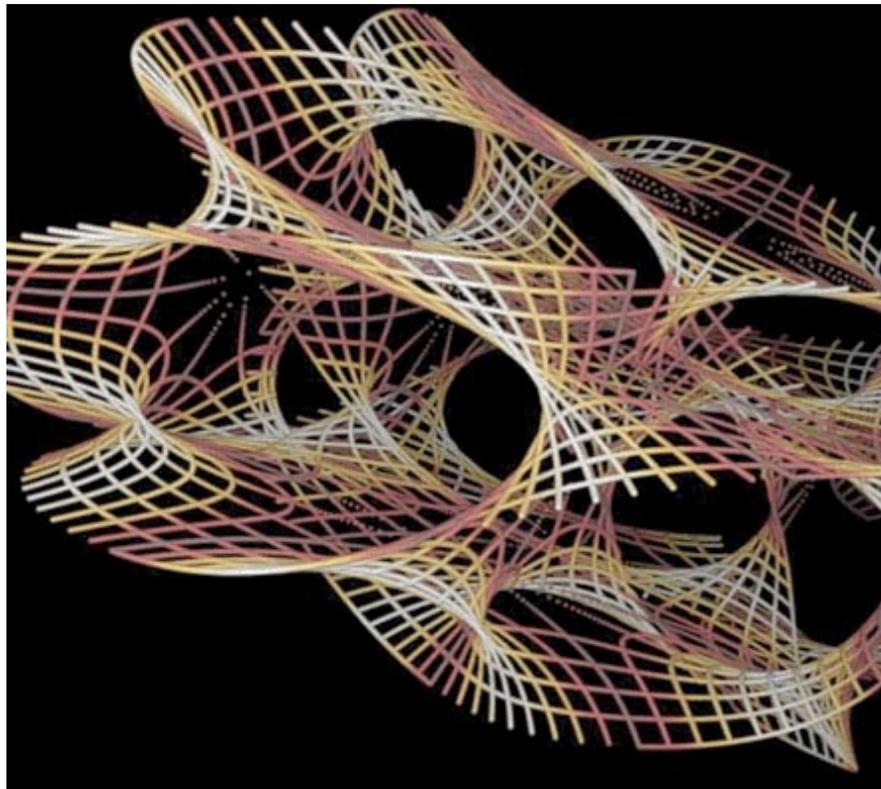
¿Son los quarks **fundamentales**?

No lo sabemos, aunque hay una teoría que intenta ser la teoría del TODO, y por lo tanto fundamental

La teoría de supercuerdas

Todo está formado por cuerdas minúsculas (10^{-33} cm) que vibran. Y todo es todo, partículas y fuerzas.

Las supercuerdas viven en 10 dimensiones (3+1+6)



Ciencia y sociedad

Estructura de la materia

Jon Urrestilla

"Gaizki esanak barkatu, ondo esanak
gogoan hartu."

Bilbao, 25 de Noviembre 7 y 20 de Diciembre de 2010