

45 - Introducción a la física nuclear



- La física nuclear es una rama de la física que estudia las propiedades, comportamiento e interacciones de los núcleos atómicos.
- En un contexto más amplio, se define la física nuclear y de partículas como la rama de la física que estudia la estructura fundamental de la materia y las interacciones entre las partículas subatómicas

Núcleos atómicos

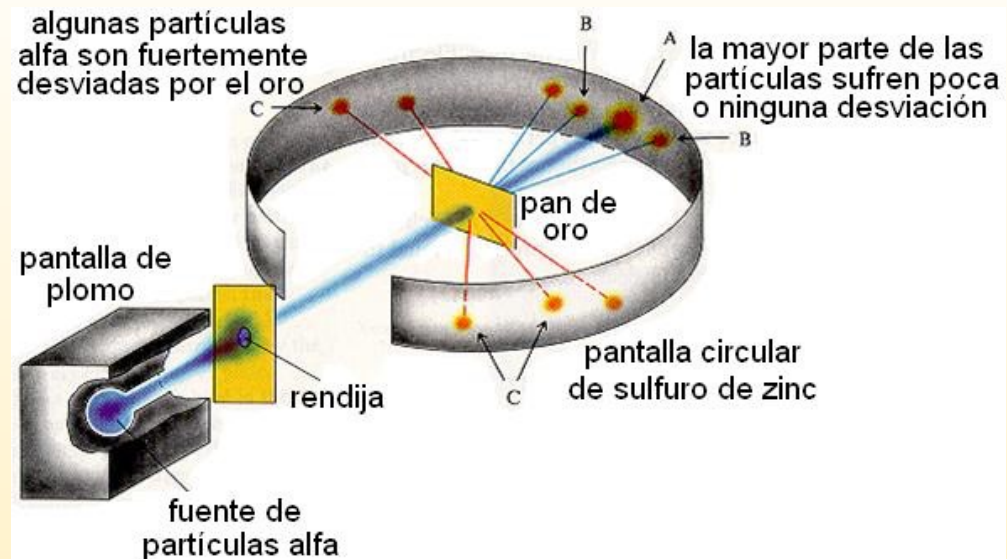
El núcleo atómico es la parte central de un átomo, tiene carga positiva, y concentra más del 99,999 % de la masa total del átomo.

Está formado por protones y neutrones (denominados nucleones) que se mantienen unidos por medio de la interacción nuclear fuerte, la cual permite que el núcleo sea estable, a pesar de que los protones se repelen entre sí (como los polos iguales de dos imanes).

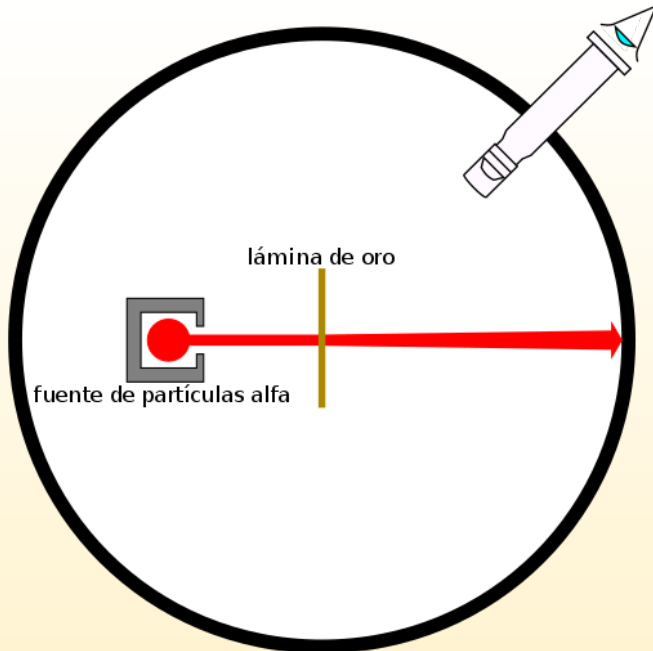
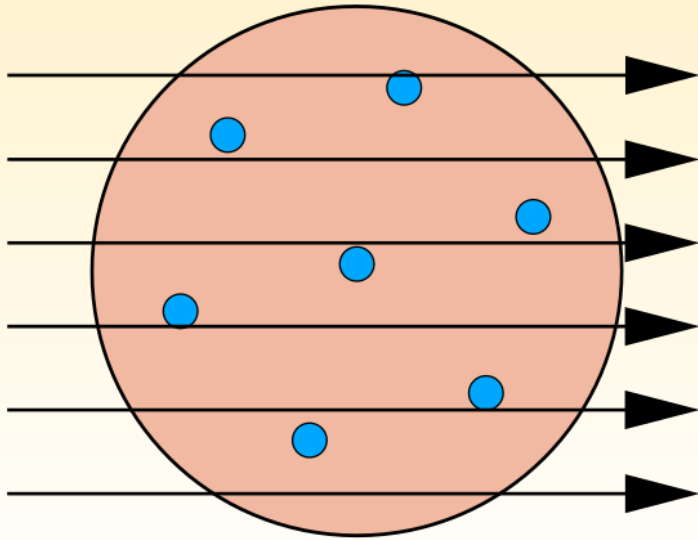
La cantidad de protones en el núcleo (número atómico), determina el elemento químico al que pertenece. Los núcleos atómicos no necesariamente tienen el mismo número de neutrones, ya que átomos de un mismo elemento pueden tener masas diferentes, es decir son isótopos del elemento.

Núcleos atómicos

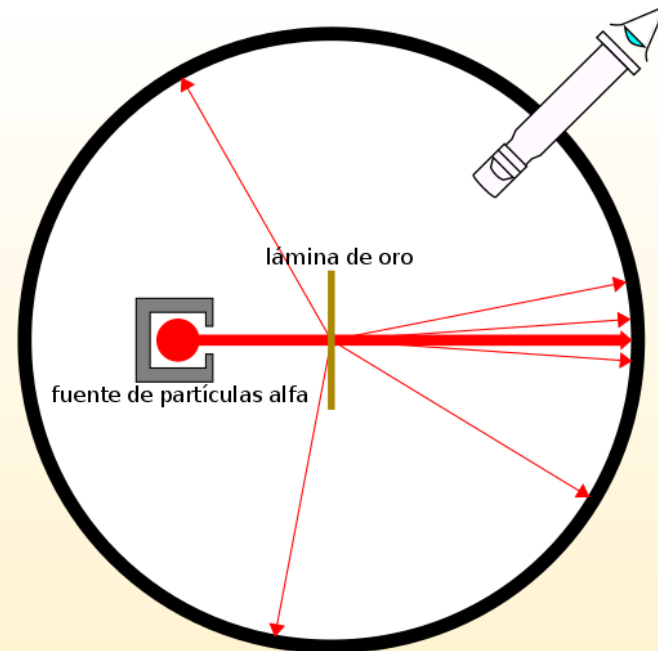
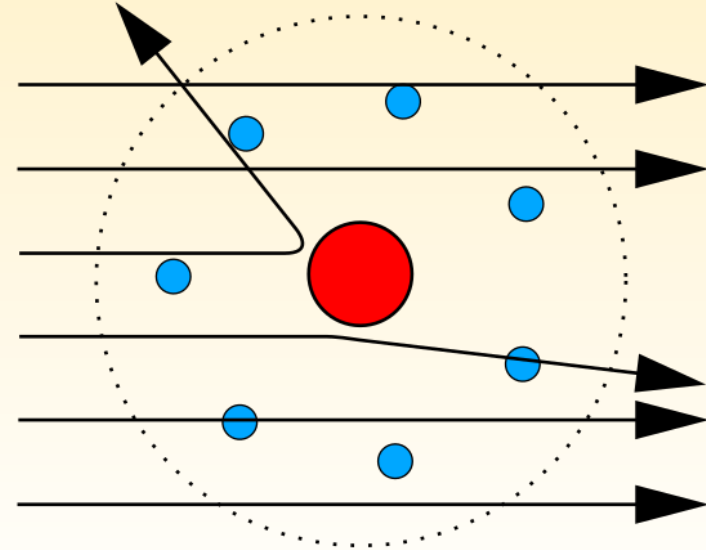
La existencia del núcleo atómico fue deducida del experimento de Rutherford, donde se bombardeó una lámina fina de oro con partículas alfa, que son núcleos atómicos de helio emitidos por rocas radiactivas. La mayoría de esas partículas traspasaban la lámina, pero algunas rebotaban, lo cual demostró la existencia de un minúsculo núcleo atómico.



MODELO THOMSON



MODELO RUTHERFORD

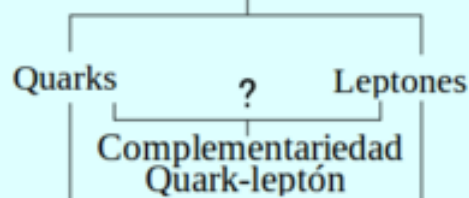


RESULTADO OBSERVADO

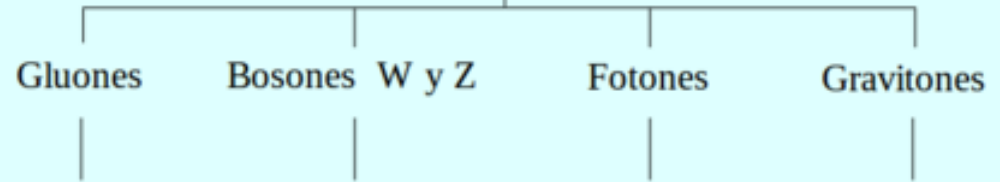
Las fuerzas y partículas de la naturaleza

Partículas Elementales

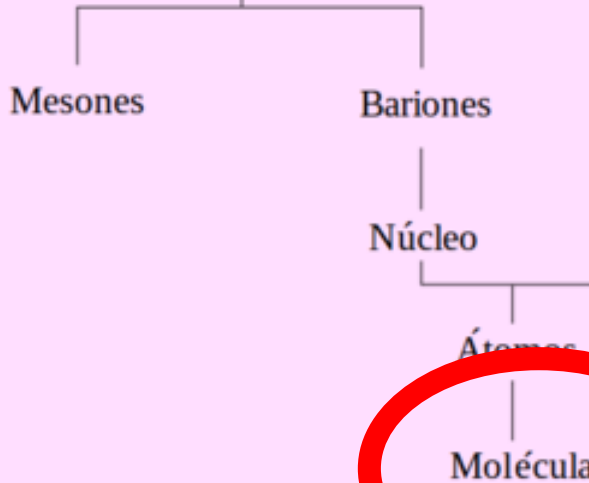
Materia



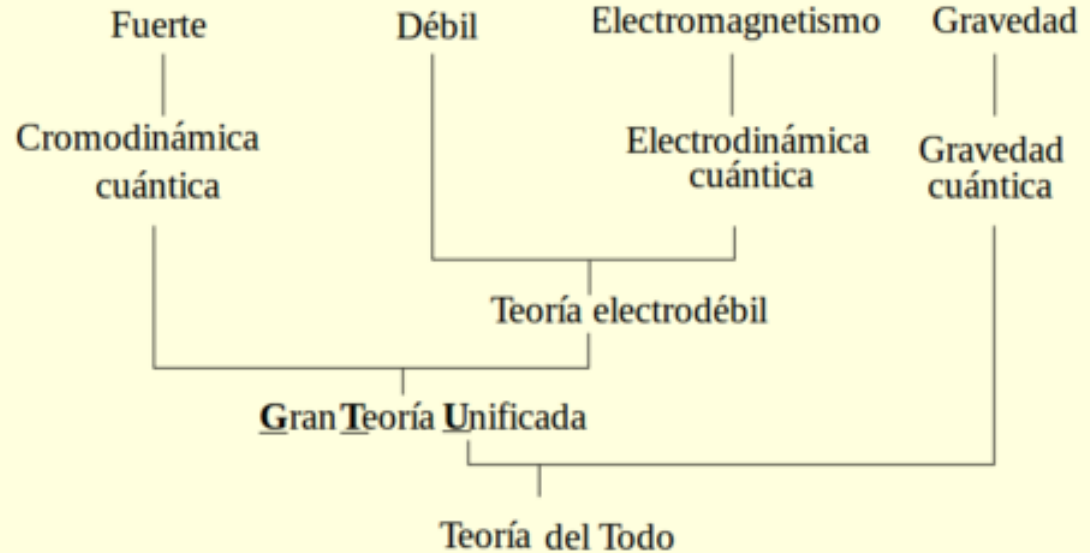
Portadores de Fuerza



Hadrones

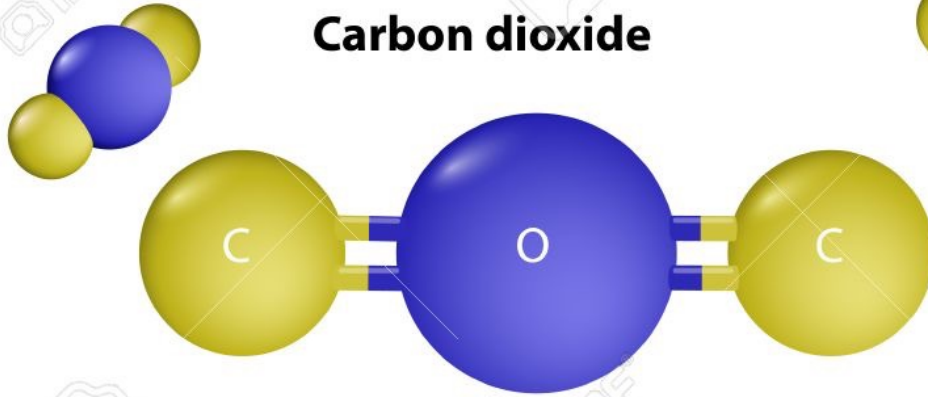


Partículas Compuestas

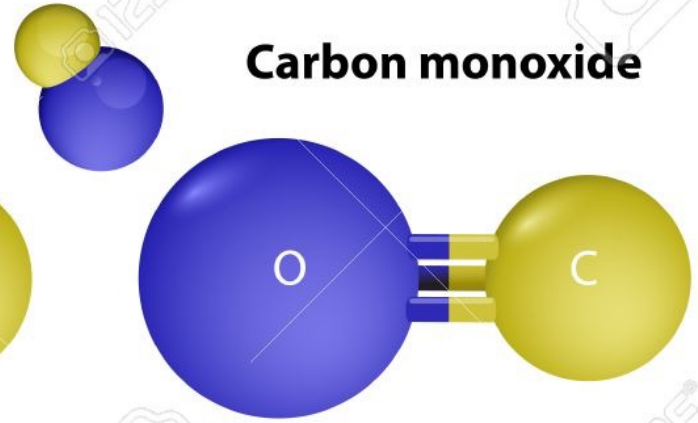


Fuerzas

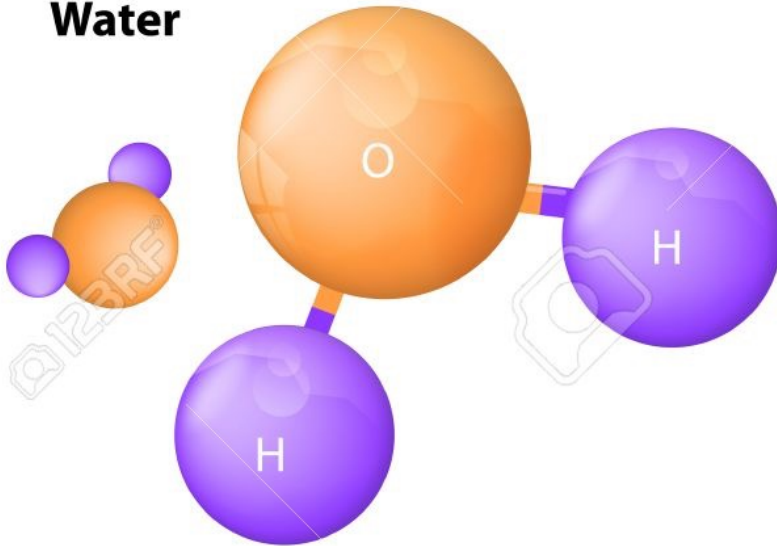
Carbon dioxide



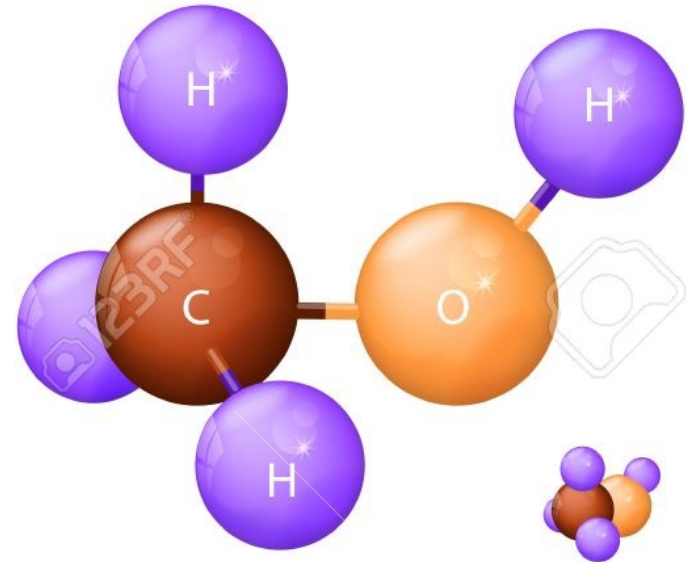
Carbon monoxide



Water

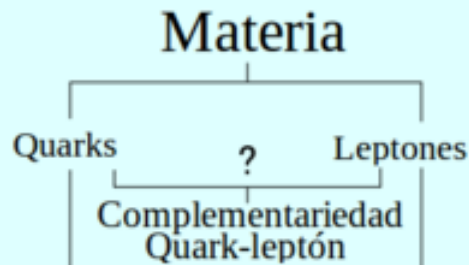


Methanol

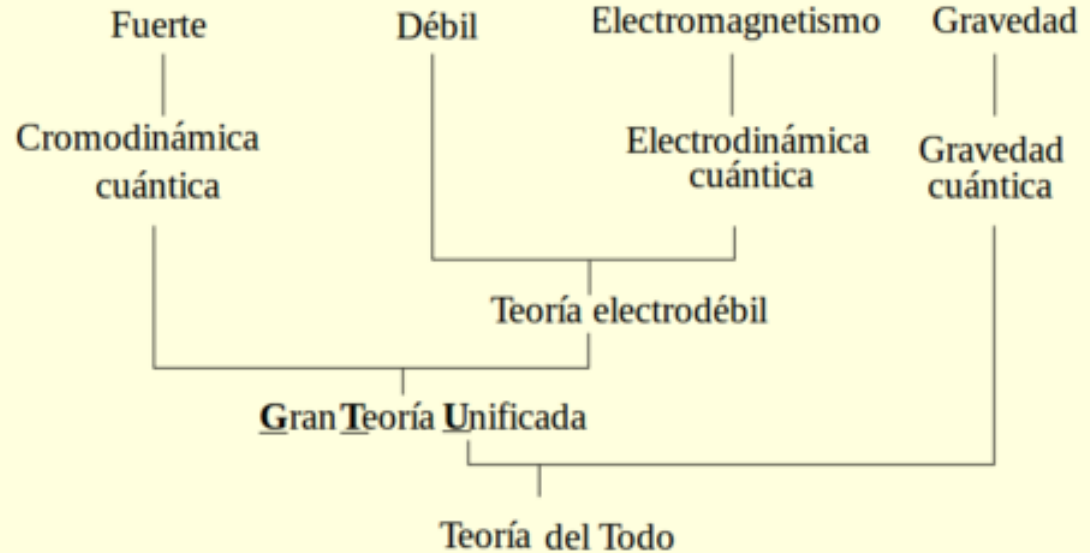
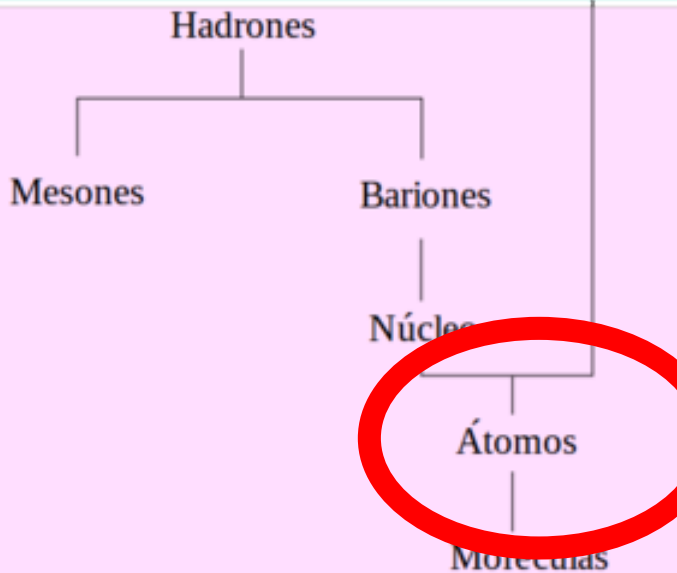
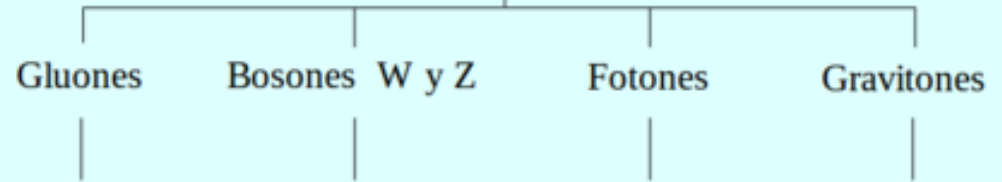


Las fuerzas y partículas de la naturaleza

Partículas Elementales

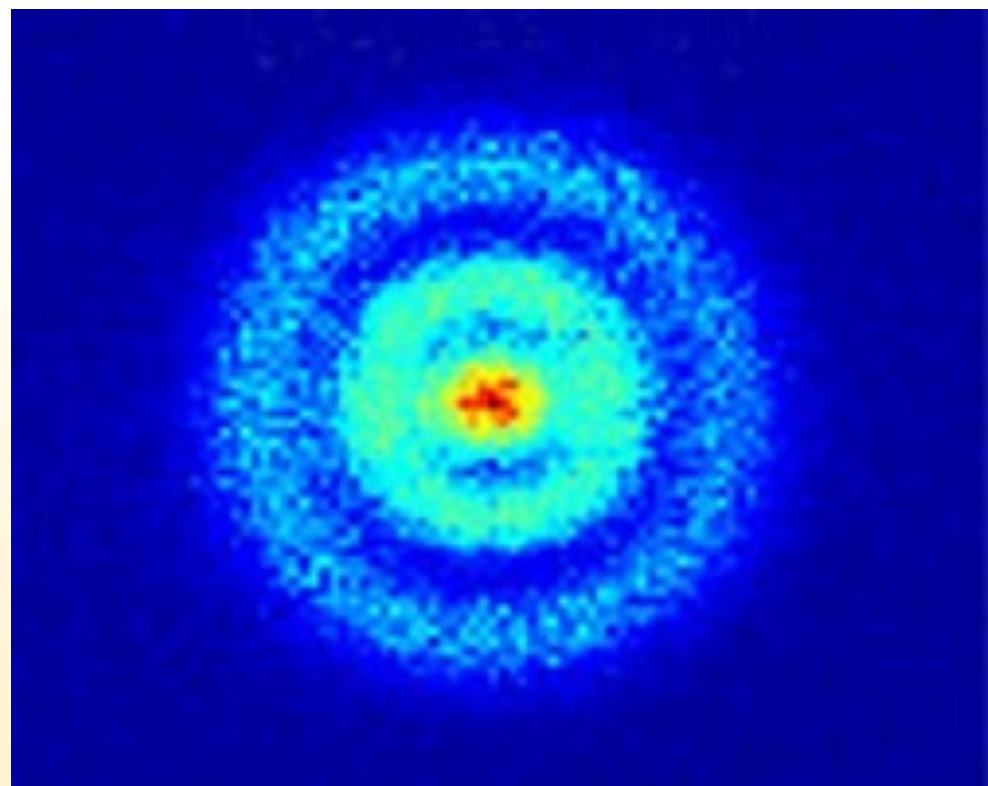
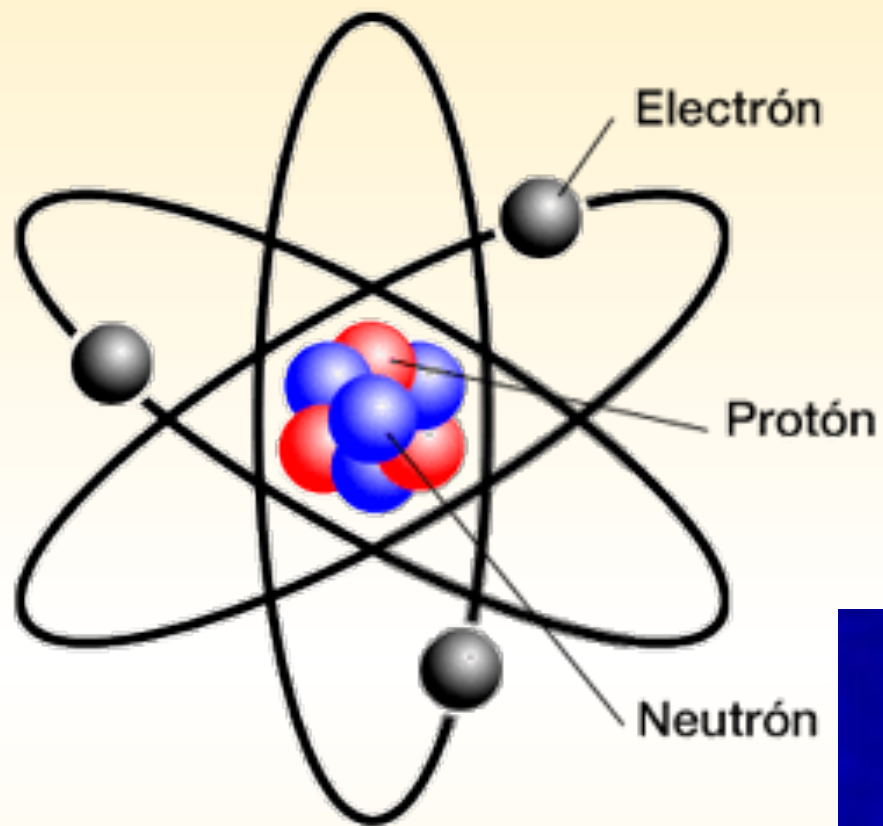


Portadores de Fuerza



Partículas Compuestas

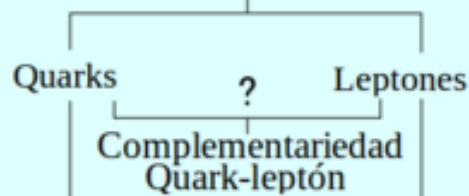
Fuerzas



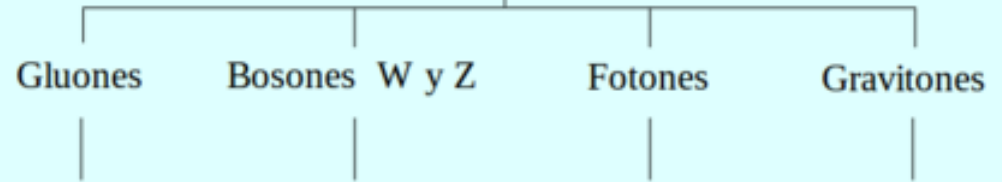
Las fuerzas y partículas de la naturaleza

Partículas Elementales

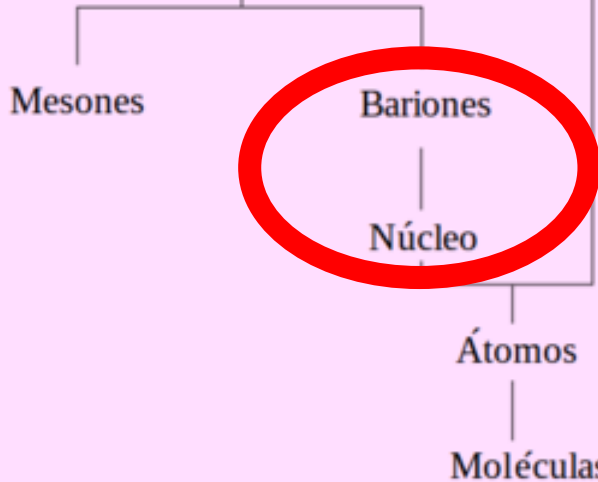
Materia



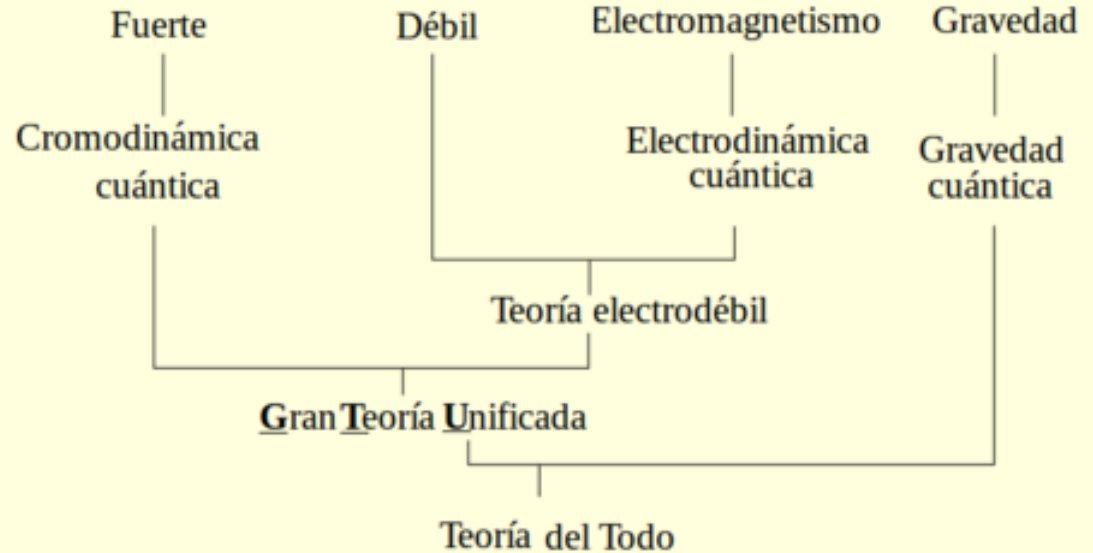
Portadores de Fuerza



Hadrones

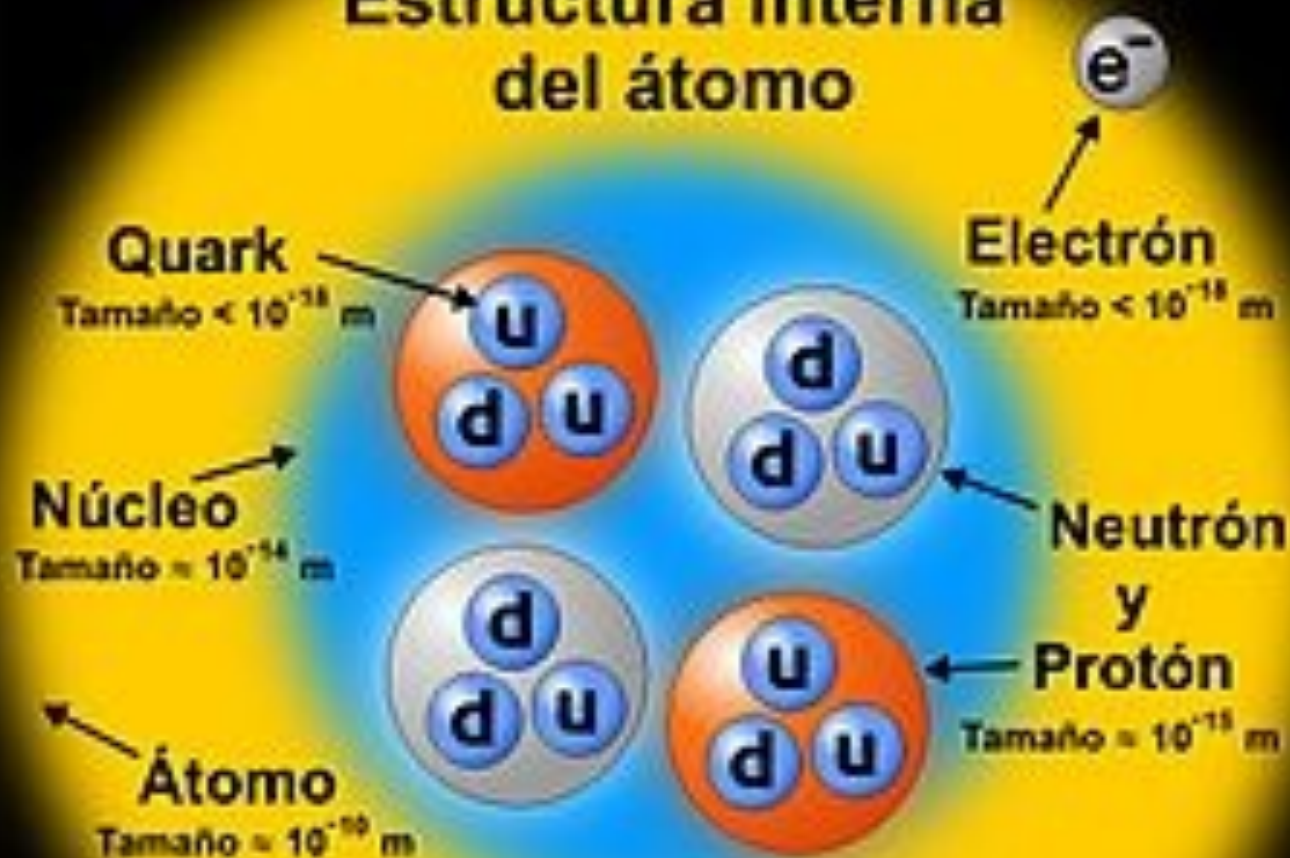


Partículas Compuestas



Fuerzas

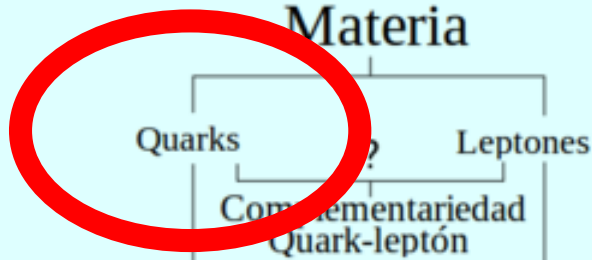
Estructura interna del átomo



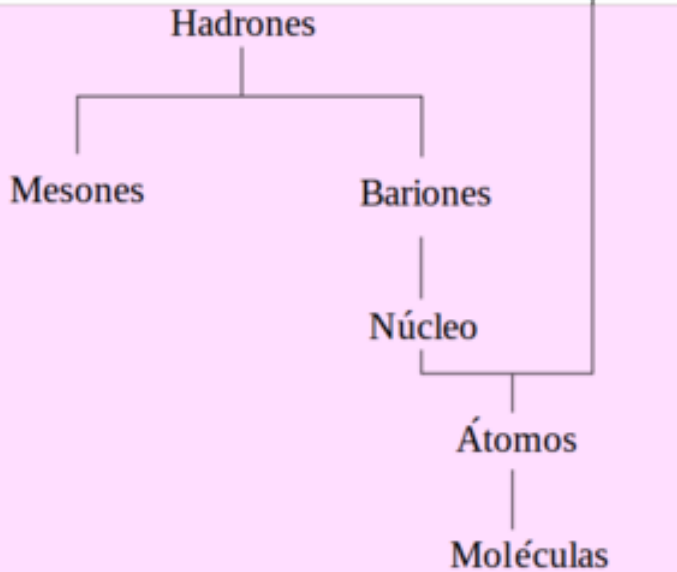
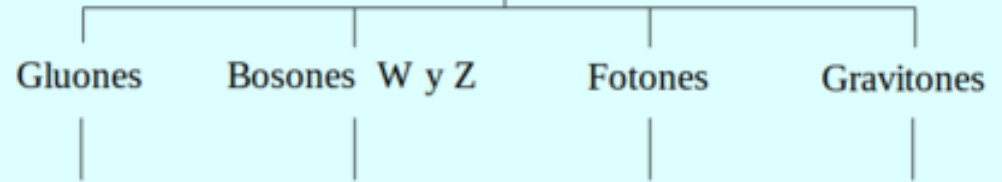
Si la imagen estuviera a escala y los protones y neutrones midieran 10 cm entonces los quarks y electrones medirían 0,1 mm y el átomo 10 km.

Las fuerzas y partículas de la naturaleza

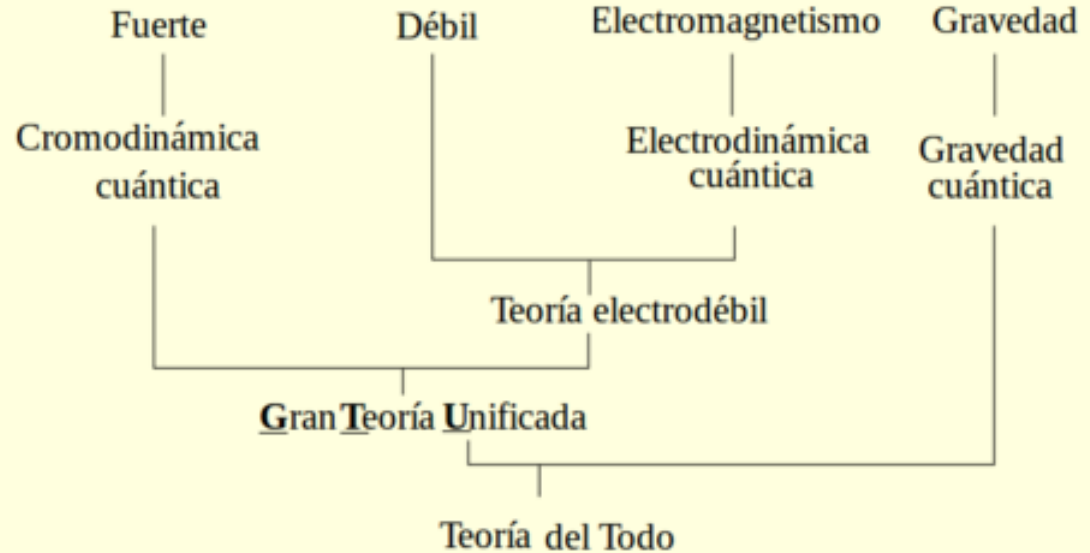
Partículas Elementales



Portadores de Fuerza

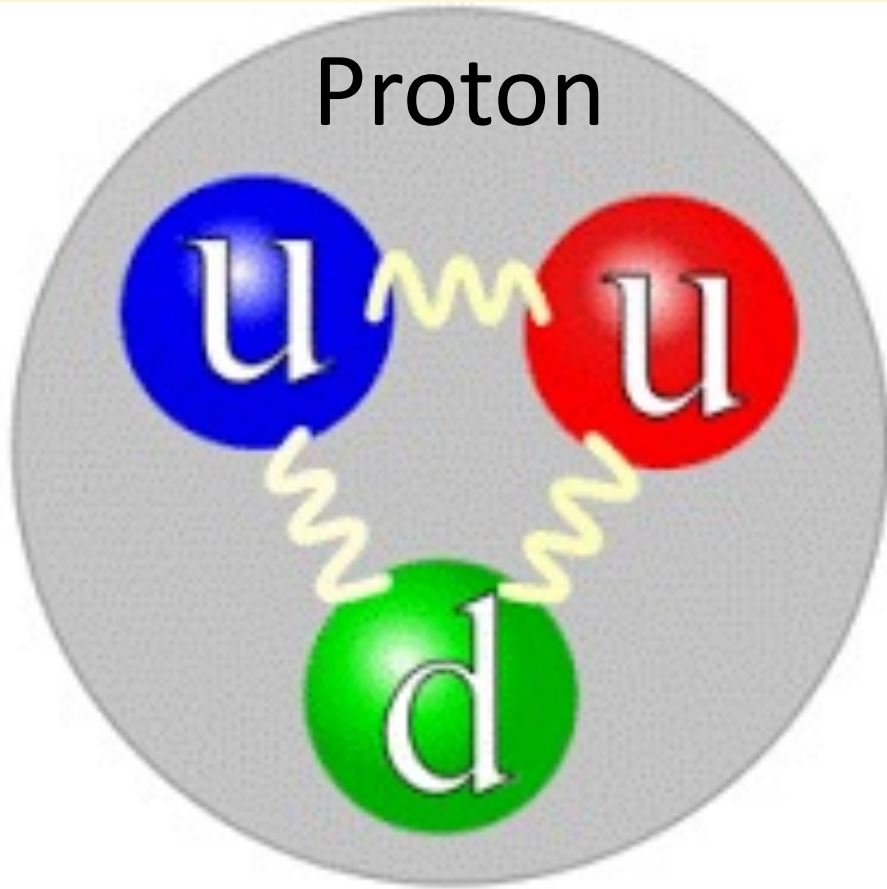


Partículas Compuestas

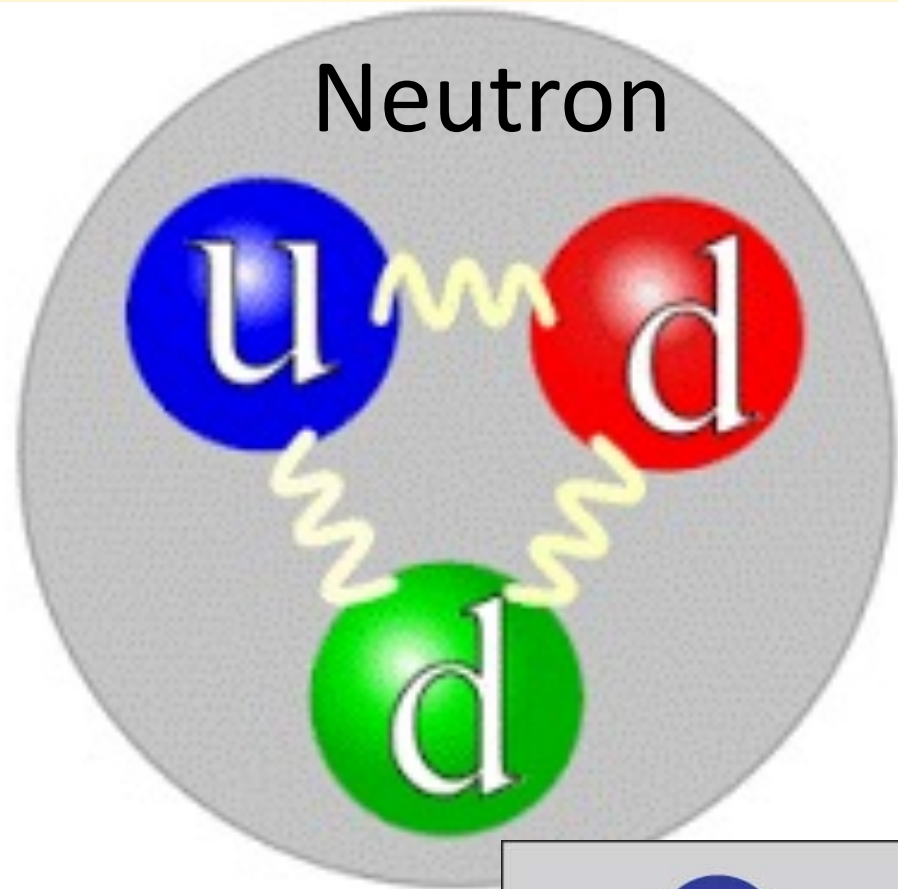


Fuerzas

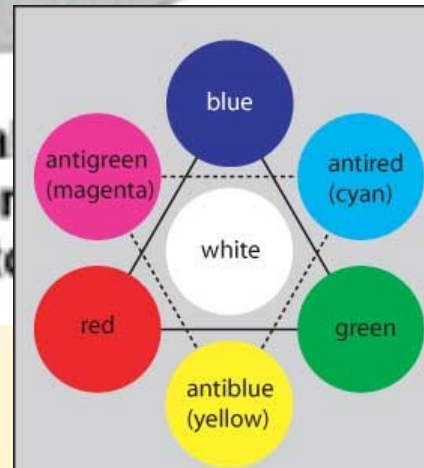
Proton



Neutron

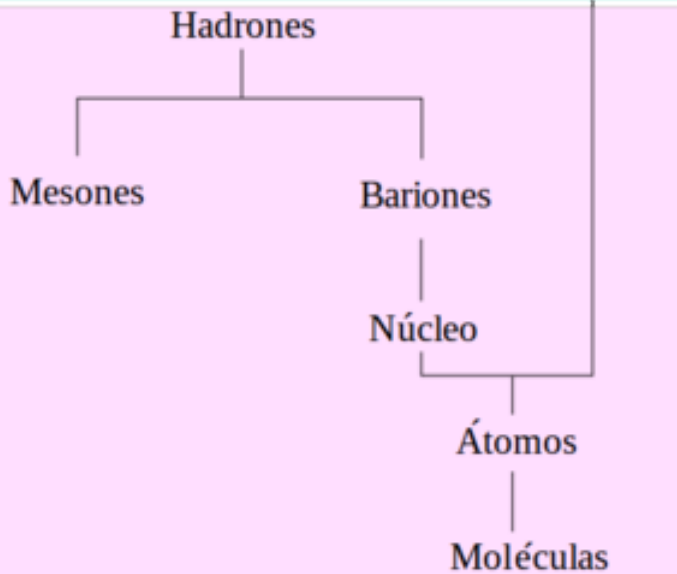
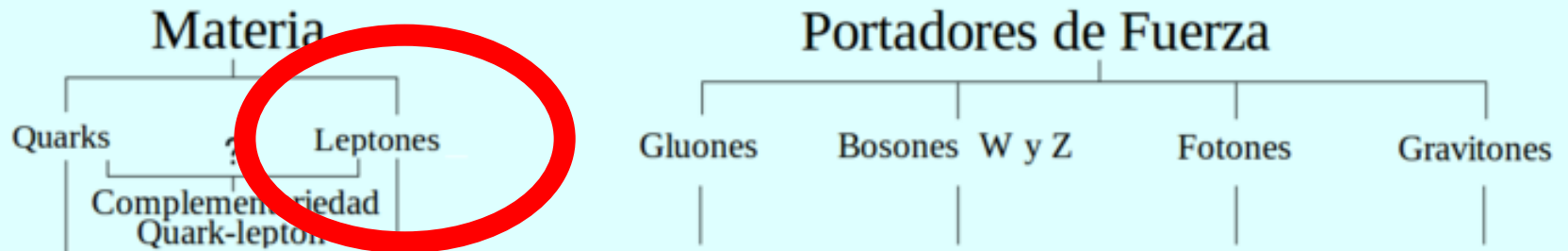


Estructura quárkica del protón (dos arriba, uno abajo) y del neutrón (dos abajo, uno arriba). El electrón es una partícula fundamental en si mismo (un leptón).

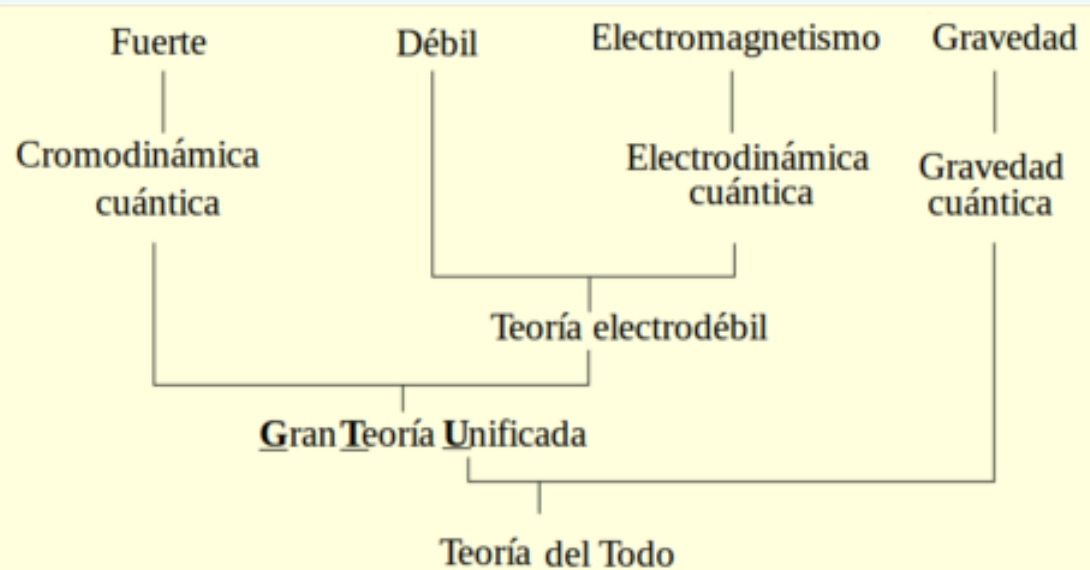


Las fuerzas y partículas de la naturaleza

Partículas Elementales



Partículas Compuestas



Fuerzas

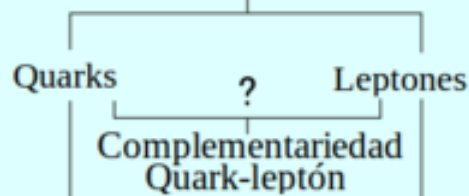
Modelo estándar de partículas elementales y gravedad

	tres generaciones de materia (fermiones)			interacciones / partículas portadoras de fuerza (bosones)		
	I	II	III			
masa	$\approx 2.4 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 172.44 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.09 \text{ GeV}/c^2$	0
carga	2/3	2/3	2/3	0	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0	2
nombre	up	charm	top	gluon	higgs	graviton
QUARKS	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	SCALAR BOSONS	HYPOTHETICAL TENSOR BOSONS
	-1/3	-1/3	-1/3	0		
	1/2	1/2	1/2	1		
	down	strange	bottom	photon		
LEPTONS	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.67 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS	
	-1	-1	-1	0		
	1/2	1/2	1/2	1		
	electron	muon	tau	Z boson		
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 1.7 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$			
0	0	0	± 1			
1/2	1/2	1/2	1			
electron neutrino	muon neutrino	tau neutrino	W boson			

Las fuerzas y partículas de la naturaleza

Partículas Elementales

Materia



Portadores de Fuerza

Glucos, Bosones W y Z, Fotones, Gravitones

Fuerte, Débil, Electromagnetismo, Gravedad

Cromodinámica cuántica, Teoría electrodébil, Gravedad cuántica

Gran Teoría Unificada

Teoría del Todo

Hadrones

Mesones

Bariones

Núcleo

Átomos

Moléculas

Partículas Compuestas

Fuerzas

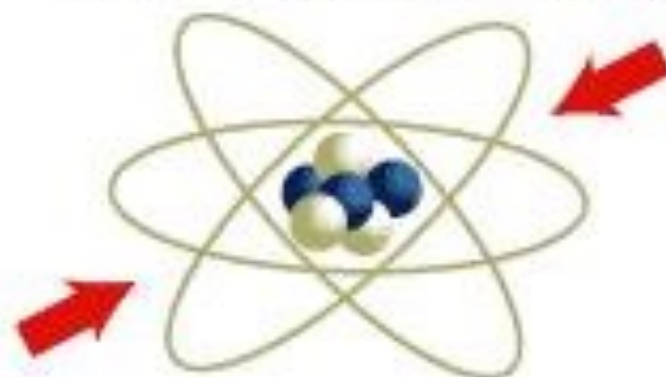
FUERZA NUCLEAR FUERTE

Partícula de intercambio: gluón
Acción: mantiene unido el núcleo atómico



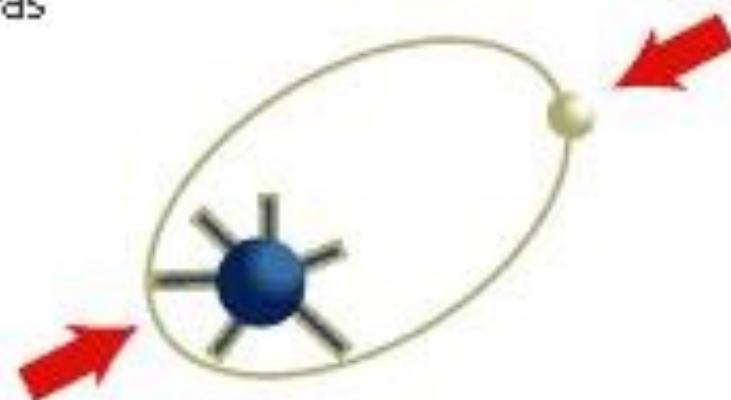
FUERZA ELECTROMAGNÉTICA

Partícula de intercambio: fotón
Acción: mantiene el átomo unido



FUERZA GRAVITATORIA

Partícula de intercambio: gravitón
Acción: rige el movimiento de los planetas



FUERZA NUCLEAR DÉBIL

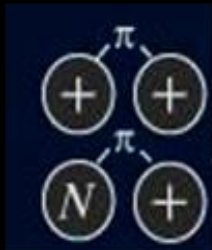
Partícula de intercambio: partículas W^{\pm} y Z^0
Acción: provoca desintegraciones radiactivas



Fuente: CERN, Ginebra

Fuerzas Fundamentales

Fuerte



Fuerza que mantiene al núcleo unido

Intensidad Relativa

10^{38}

Alcance (m)

10^{-15}

Diametro de un núcleo de tamaño mediano

Particula

Gluones

Electro-magnética



10^{36}

∞

Infinito

Fotones

Débil



La interacción de los neutrinos induce el decaimiento beta

10^{25}

10^{-18}

0.1% del diametro de un proton

Bosones W y Z

∞

Infinito

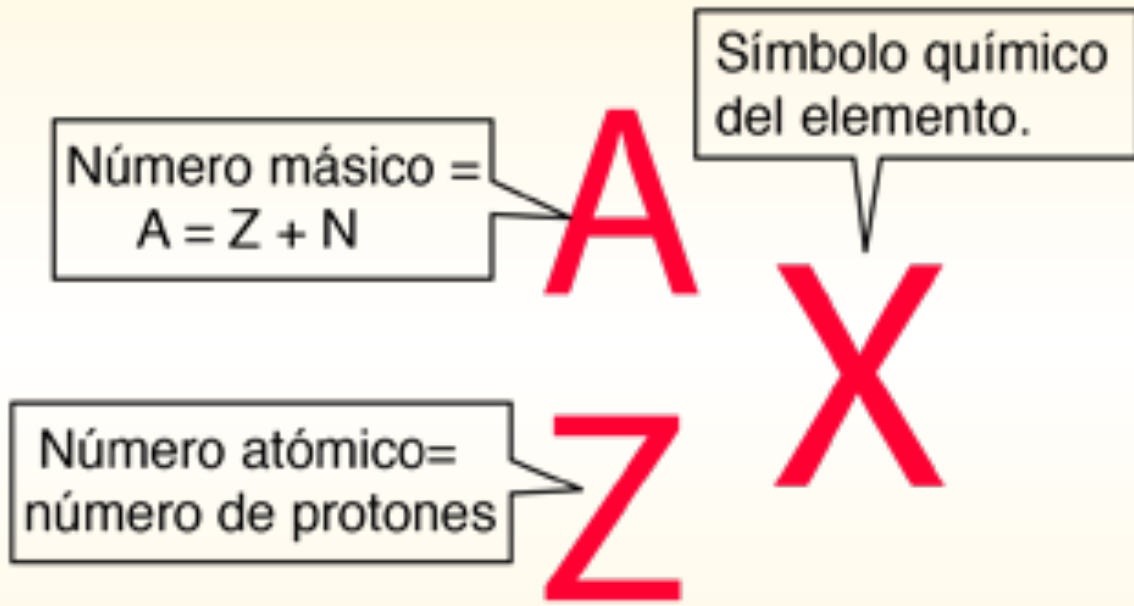
Gravitones (Hipotético)

Gravitatoria




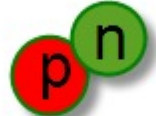
1

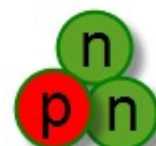
Notación Nuclear



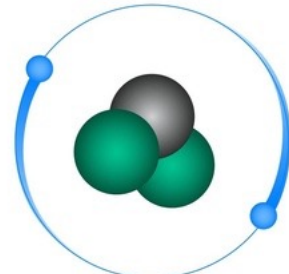
N = número de neutrones

${}^1_1\text{H}^+$  **protón**

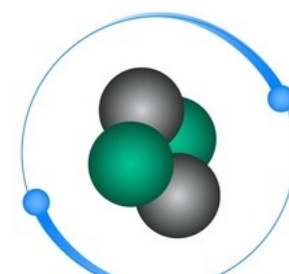
${}^2_1\text{H}^+$  **deuterón**

${}^3_1\text{H}^+$  **tritón**

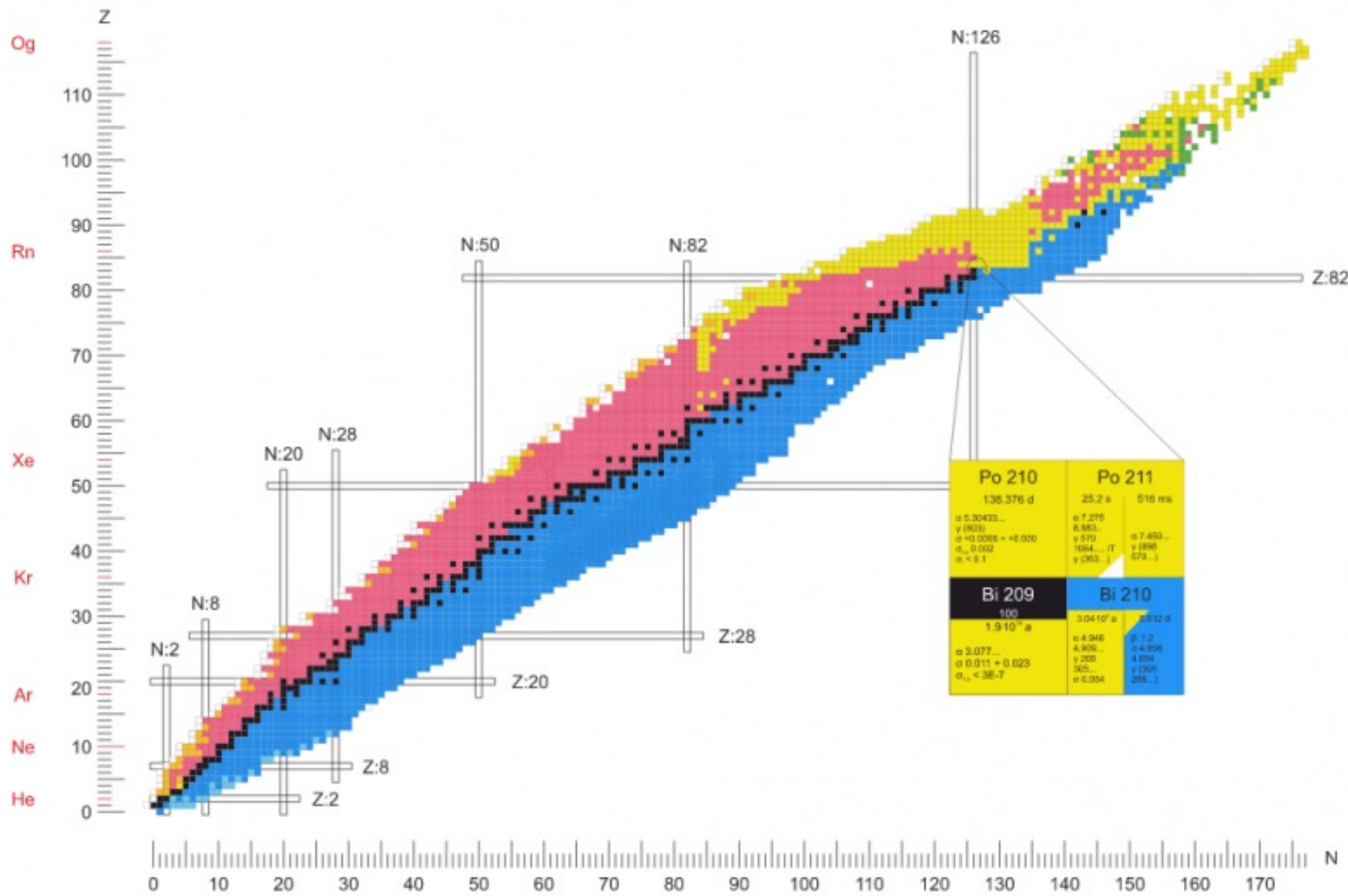
Variedades de hidrón, H^+



Helium-3
2 protons, 1 neutron



Helium-4
2 protons, 2 neutrons

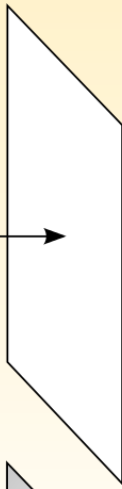
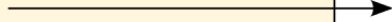


Radiactividad



La radiactividad (también conocida como radioactividad, radiación nuclear o desintegración nuclear) es el proceso por el cual un núcleo atómico inestable pierde energía mediante la emisión de radiación, como una partícula alfa, partícula beta con neutrino o solo un neutrino en el caso de la captura electrónica, o un rayo gamma o electrón en el caso de conversión interna. Un material que contiene estos núcleos inestables se considera radiactivo. Ciertos estados nucleares de vida corta altamente excitados pueden decaer a través de emisión de neutrones, o más raramente, emisión de protones.

α



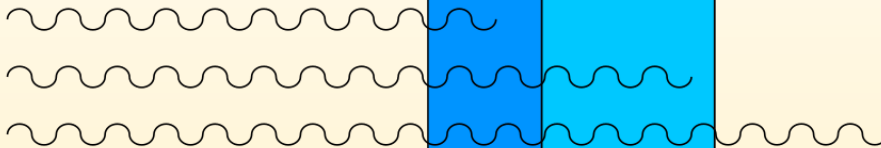
Partícula alfa: Son flujos de partículas cargadas positivamente compuestas por dos neutrones y dos protones (núcleos de helio).

β



Desintegración beta: Son flujos de electrones (beta negativas) o positrones (beta positivas) resultantes de la desintegración de los neutrones o protones del núcleo.

γ



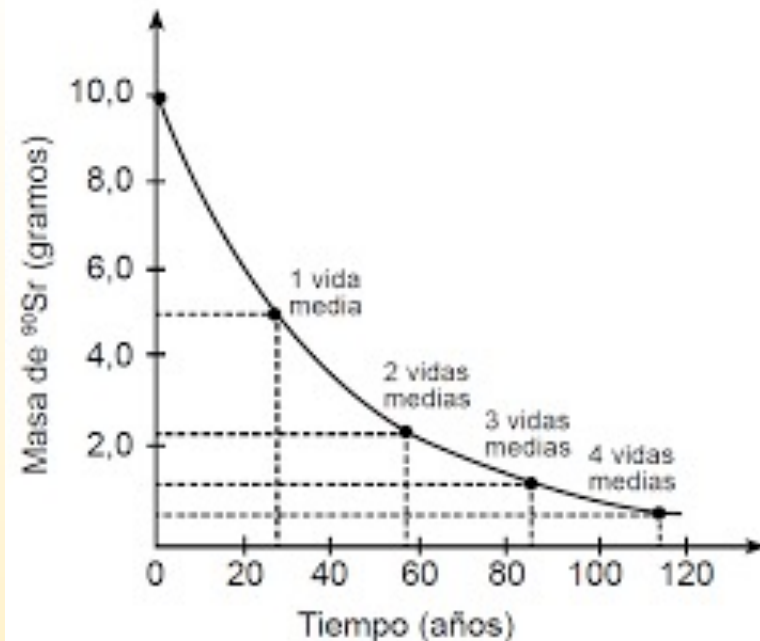
Radiación gamma: Se trata de ondas electromagnéticas. Es el tipo más penetrante de radiación.

Periodo de semidesintegración $t_{1/2}$

En física nuclear y radioquímica se define el período de semidesintegración (half life) o constante de semidesintegración, también llamado semivida o hemivida, como el tiempo necesario para que se desintegren la mitad de los núcleos de una muestra inicial de un radioisótopo. Se toma como referencia la mitad de ellos debido al carácter aleatorio de la desintegración nuclear.

$$N(t_{1/2}) = 0.5 \cdot N_0$$

$$N(t) = N_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$



Vida media τ

El período de semidesintegración no debe confundirse con la vida media.

La vida media es el promedio de vida de un núcleo o de una partícula subatómica libre antes de desintegrarse. Se representa con la letra griega τ .



$$t_{1/2} = \tau \ln 2$$

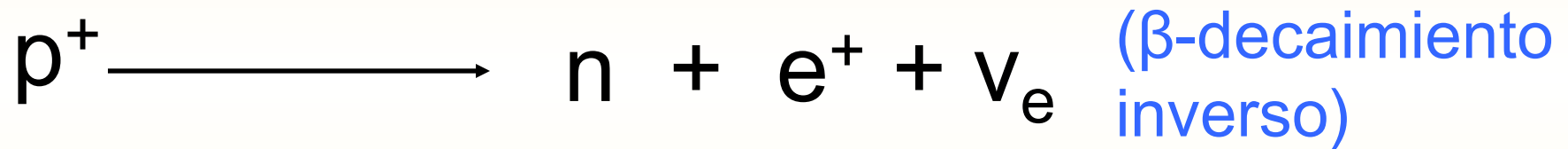
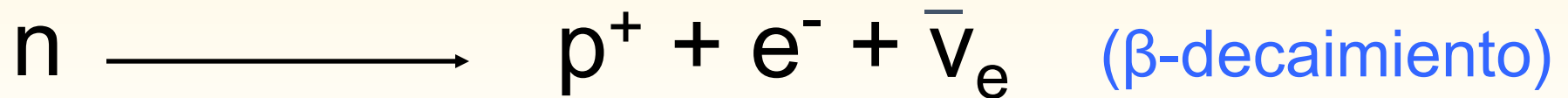
Reacciones nucleares

Los procesos nucleares son procesos de combinación y transformación de las partículas subatómicas y núcleos atómicos. Las reacciones nucleares pueden ser endotérmicas o exotérmicas, atendiendo a si precisan energía para producirse o a si la desprenden respectivamente.

Al igual que las reacciones químicas, tienen que tener el mismo número de componentes en ambos lados. Ambos lados deben tener la misma carga eléctrica, la misma cantidad de bariones y la misma cantidad de leptones.

Neutrones

Los neutrones no son estables! No existen por mucho tiempo (vida media 885.7 s) !



ν_e es un neutrino - una partícula que interactúa débilmente, que casi no tiene masa y viaja a casi la velocidad de la luz.

Los protones son estables y no existe un decaimiento de protones libres (vida media $> 10^{40}$ años).

Ejemplos:

