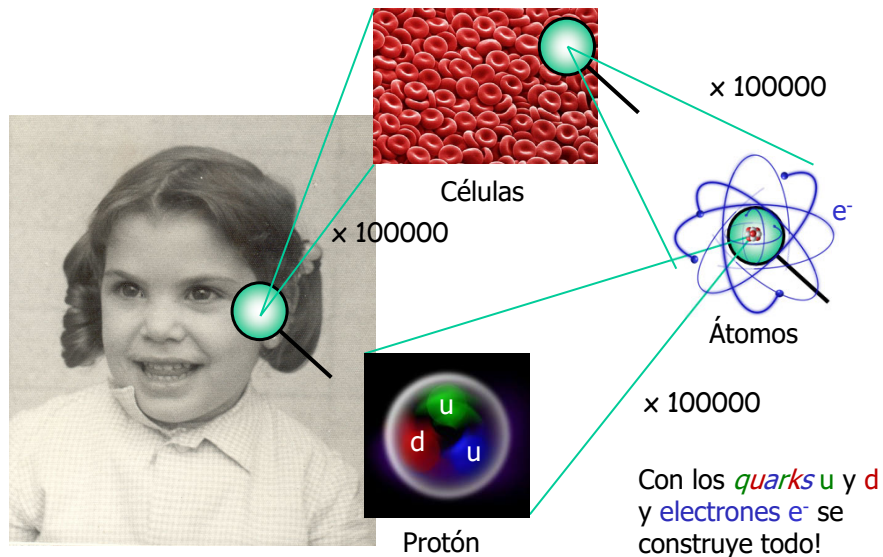
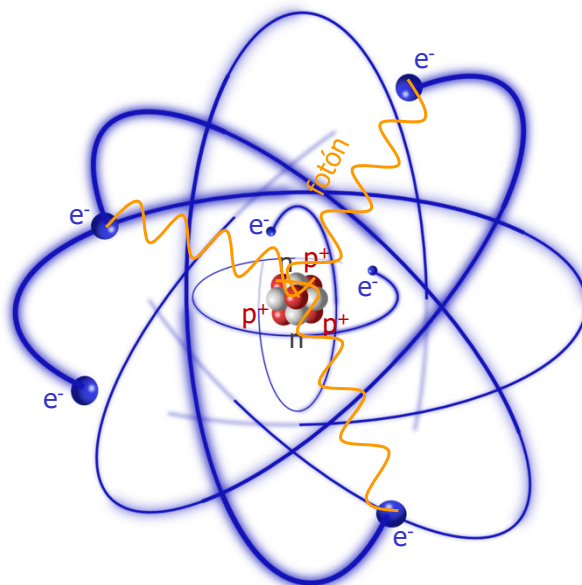


¿De qué estamos hechos?



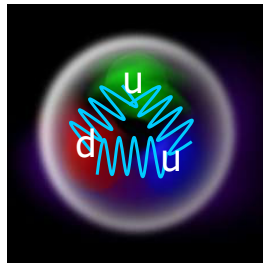
¿Qué mantiene unidos los átomos?



Los *electrones* e^- se mantienen orbitando porque los *protones* p^+ en el núcleo les atraen

La atracción *eléctrica* entre *electrones* e^- y *protones* p^+ se transmite intercambiando *fonones*, las mismas partículas que forman la luz

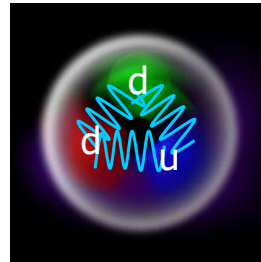
¿De qué estamos hechos?



protón p^+ carga +1

Los **protones** p^+ y los **neutrones** n están formados por 3 **quarks** u y d

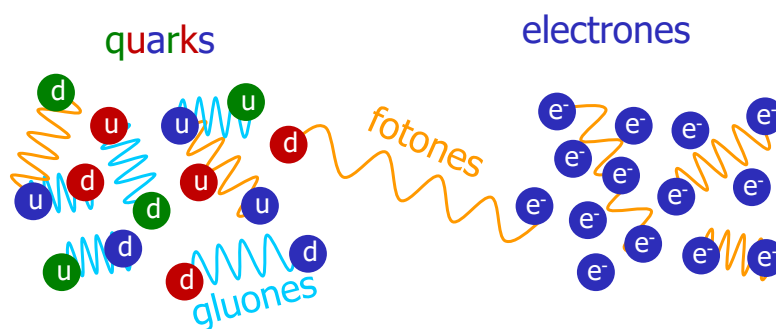
u carga $+2/3$ d carga $-1/3$



neutrón n carga 0

La **fuerte** atracción entre **quarks** se transmite intercambiando **gluones**, que también mantienen unidos en el núcleo a los **protones** p^+ y los **neutrones** n

El zoo de partículas



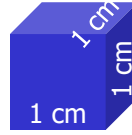
¿No hay nada más?

Por cada **electrón** e^- y **quark** en el Universo hay

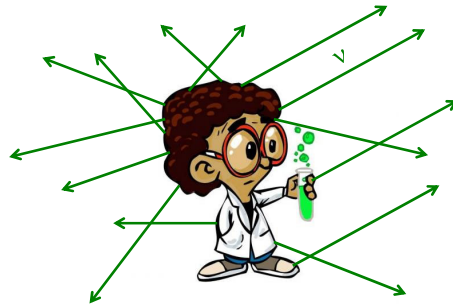
10 000 000 000 **neutrinos** ν !!!

El Universo está lleno de ν !!!

En cada cm^3 del Universo hay unos 300 ν reliquias del Big Bang

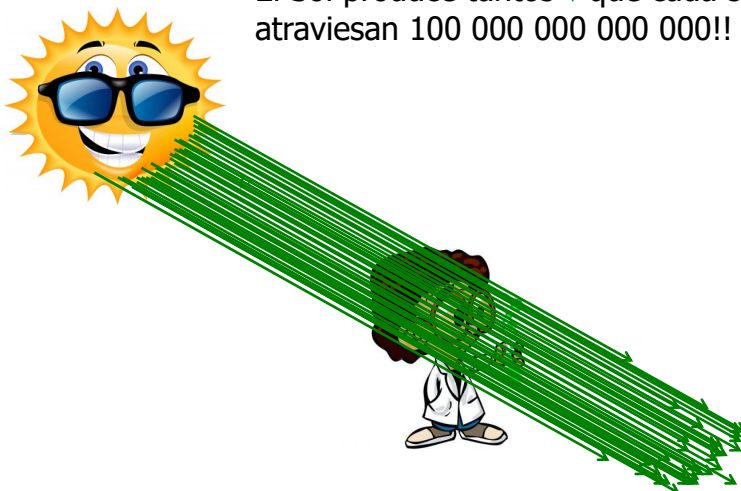


Nuestros cuerpos producen cientos de millones de ν al día!



El Universo está lleno de ν !!!

El Sol produce tantos ν que cada segundo nos atraviesan 100 000 000 000 000!!



Los neutrinos, partículas fantasmas

Si hay tantos neutrinos

¿por qué no los vemos??

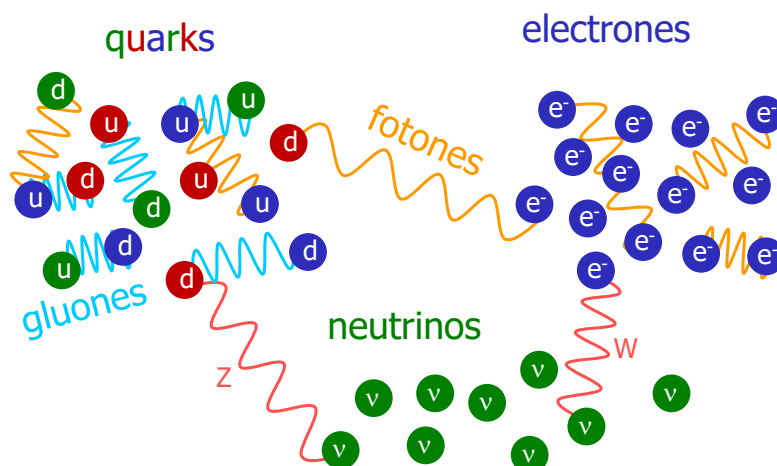
¿por qué no los sentimos???

Los neutrinos son como fantasmas! De todos los que nos llegan del Sol sólo 1 de cada 100 000 000 000 000 000 interactúa con nuestro cuerpo y son tan ligeros que no lo sentimos

A parte de los neutrinos, los electrones son las partículas con menos masa y los neutrinos son más de un millón de veces mas ligeros

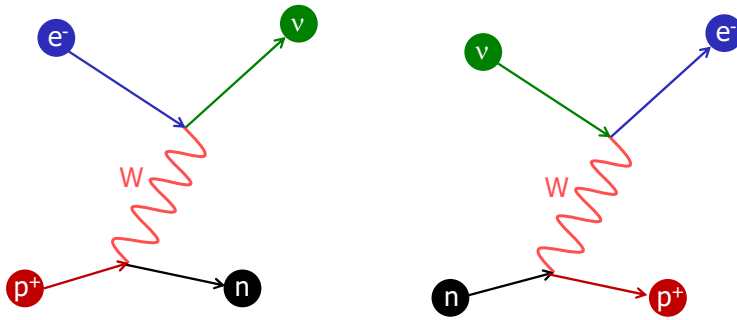
Los neutrinos, partículas fantasmas

Los neutrinos solo interactúan muy muy débilmente mediante partículas llamadas W y Z



La interacción débil

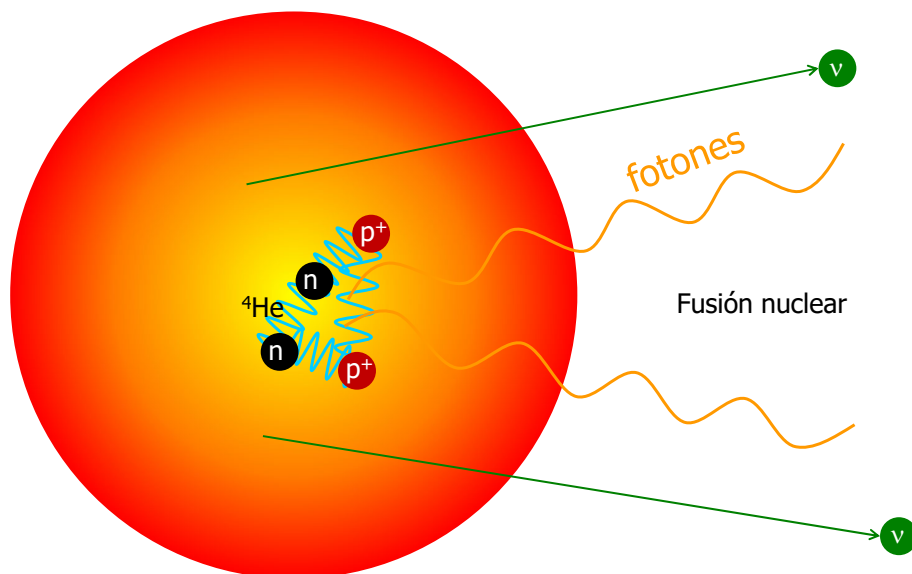
A pesar de ser tan **débil**, la interacción de los **W** es muy importante porque puede transformar unas partículas en otras



Un **protón** se convierte en un neutrón y un **electrón** en un **neutrino**

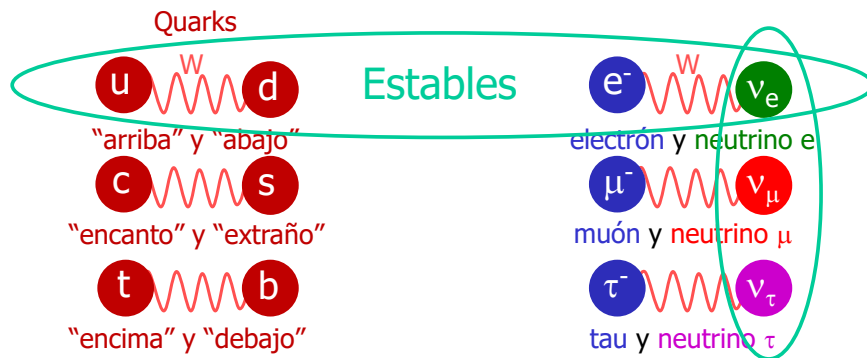
Un **neutrino** se convierte en un **electrón** y un neutrón en un **protón**

Así es como brillan el Sol y las estrellas



Generaciones o "sabores"

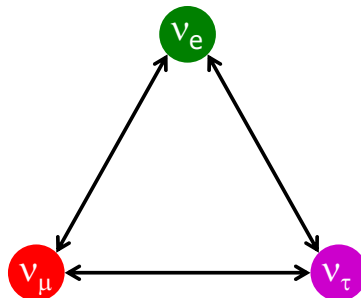
Todas las partículas que forman la materia vienen repetidas en tres generaciones o "sabores"



Las tres generaciones son idénticas en todo pero con masas cada vez mayores

Oscilación de neutrinos

Si los neutrinos tienen masa, aunque sea pequeña, pueden cambiar de tipo mediante la "oscilación de neutrinos"



Fue propuesto en 1957 por [Bruno Pontecorvo](#) y ha sido observado en las dos últimas décadas en multitud de experimentos: [Homestake](#), [RENO](#), [SAGE](#), [MINOS](#), [NUSEX](#), [Gallex](#), [Frejus](#), [GNO](#), [OPERA](#), [Soudan](#), [IMB](#), [Kamiokande](#), [KamLAND](#), [SK](#), [Icecube](#), [SNO](#), [Nova](#), [K2K](#), [Daya Bay](#), [T2K](#), [Double CHOOZ](#),...

Antimateria

Además por cada tipo de partícula hay una antipartícula

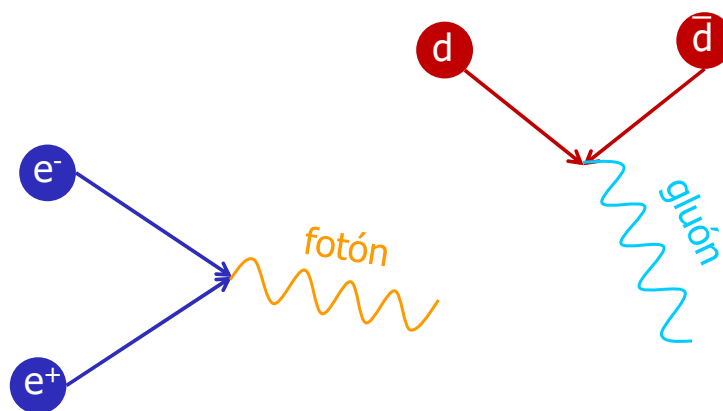
Materia



Las antipartículas son idénticas en todo a sus partículas correspondientes excepto en su carga, que es la opuesta

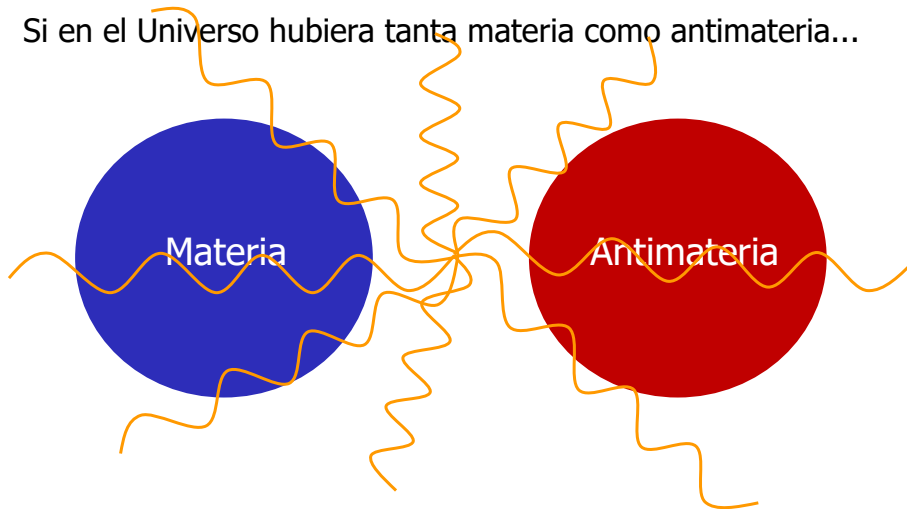
Antimateria

Las partículas y antipartículas se aniquilan cuando chocan



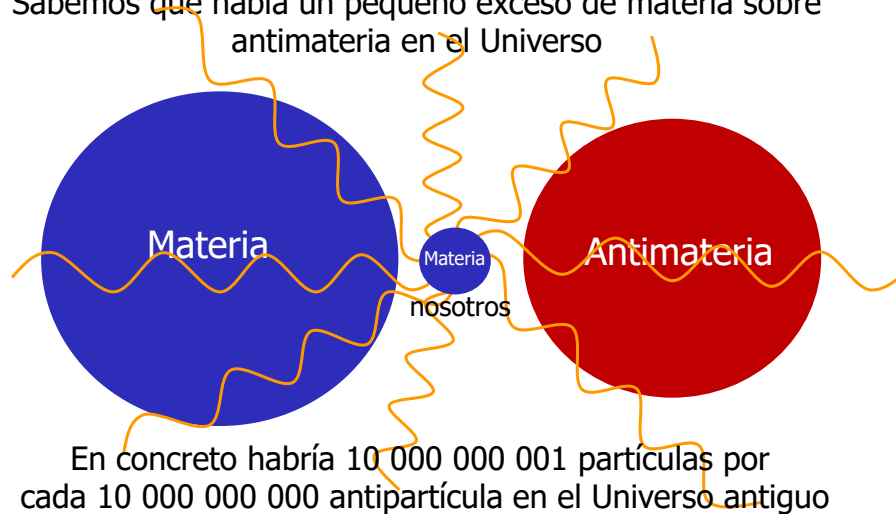
Antimateria

Si en el Universo hubiera tanta materia como antimateria...



Antimateria

Sabemos que había un pequeño exceso de materia sobre antimateria en el Universo



En concreto habría 10 000 000 001 partículas por cada 10 000 000 000 antipartícula en el Universo antiguo

Las partículas elementales

mass →	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$	0
charge →	$2/3$	$2/3$	$2/3$	0
spin →	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1
	u up	c charm	t top	g gluon
	d down	s strange	b bottom	γ photon
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson
	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	$91.2 \text{ GeV}/c^2$
	-1	-1	-1	0
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1
	0	0	0	± 1
	$-2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1

QUARKS (left side labels)

LEPTONS (left side labels)

GAUGE BOSONS (right side label)

Conclusiones

Con los *quarks* **u** y **d** y electrones **e⁻** se construye todo!

Los *neutrinos* son de las partículas más numerosas del Universo.

