



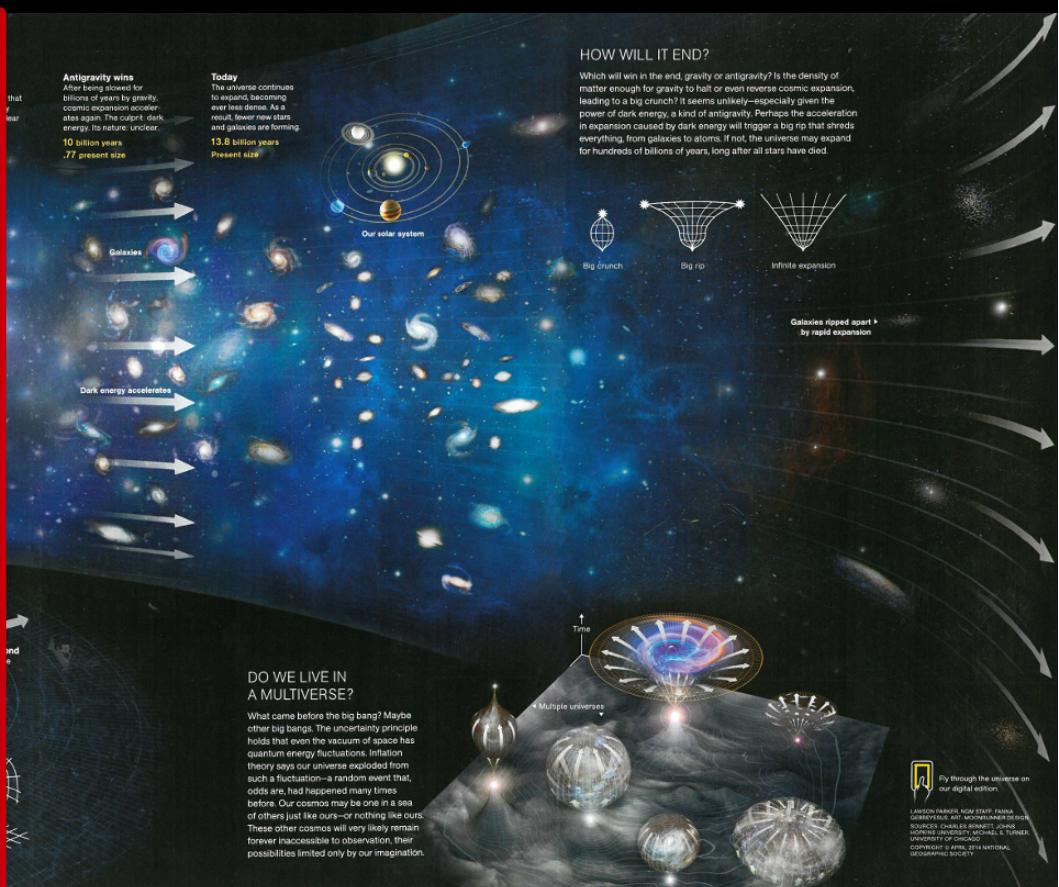
Universidad Nacional de Río Negro

Int. Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2017

- **Unidad** 04 – Relatividad
- **Clase** U04 C01 – 01
- **Fecha** 18 Nov 2017
- **Cont** Modelo estándar – 2da parte
- **Cátedra** Asorey
- **Web**
github.com/asoreyh/unrn-ipac
www.facebook.com/fisicareconocida/

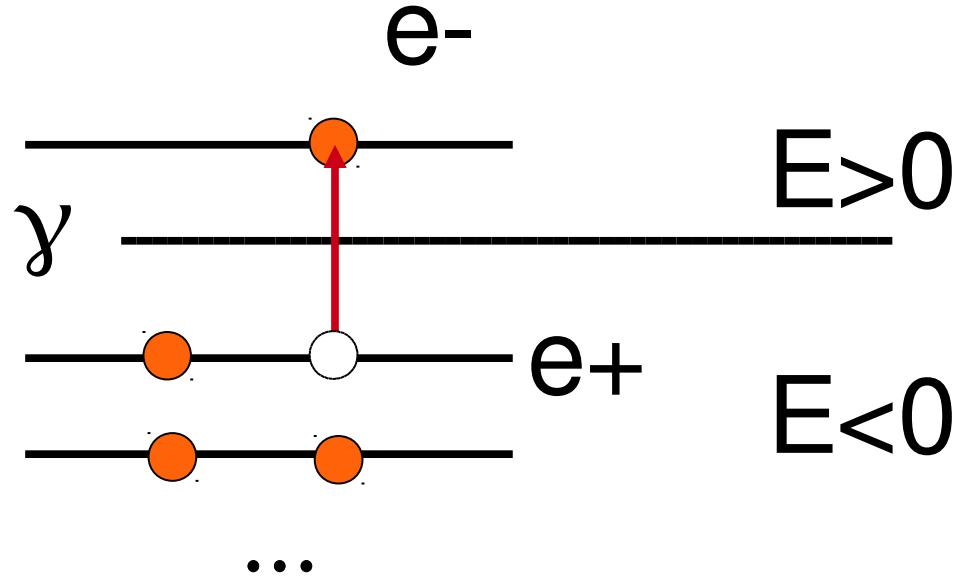


Contenidos: un viaje en el tiempo



Materia-Antimateria

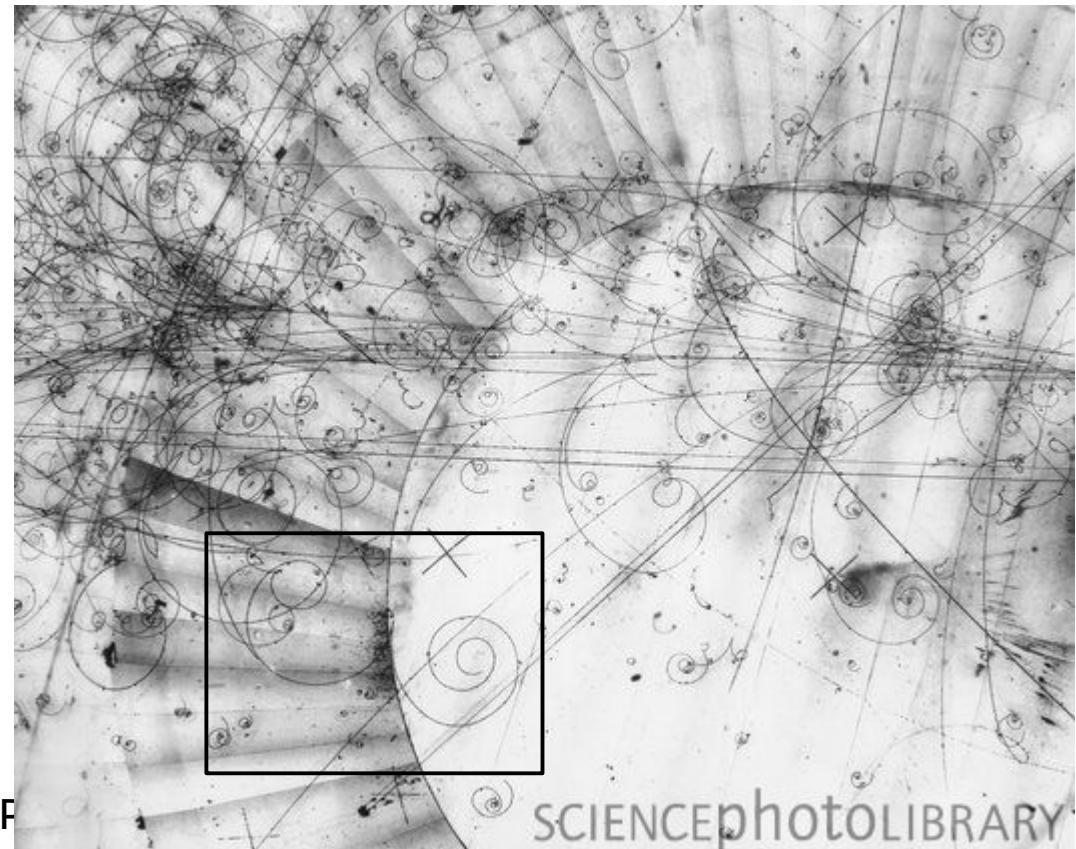
- En una interacción EM (scattering) es posible sacar un electrón del mar
- El “hueco” se ve como un electrón positivo

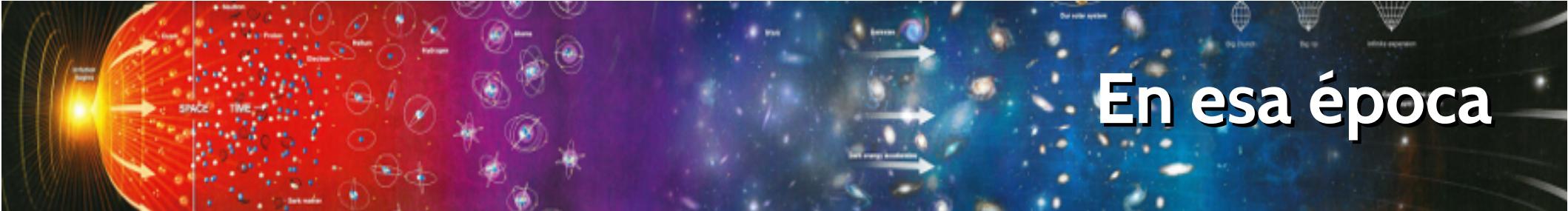


$$E_\gamma \geq 1.022 \text{ MeV}$$

Nov 18, 2017

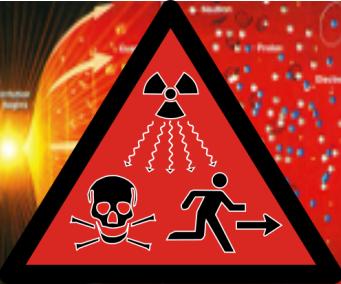
H. Asorey - IF





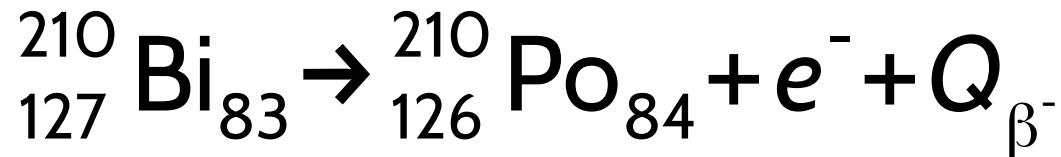
En esa época

- Se conocían cuatro partículas:
 - Protón (+)
 - Electrón (-)
 - Fotón (0) ← interacciones cargadas
 - Neutrón (0)
- Si existía el antielectrón, ¿por qué no un antiproton?
- La idea del antineutrón es más compleja (sin carga)



Decaimiento Beta: Energías

- Propuesta para el decaimiento beta del Bismuto-210



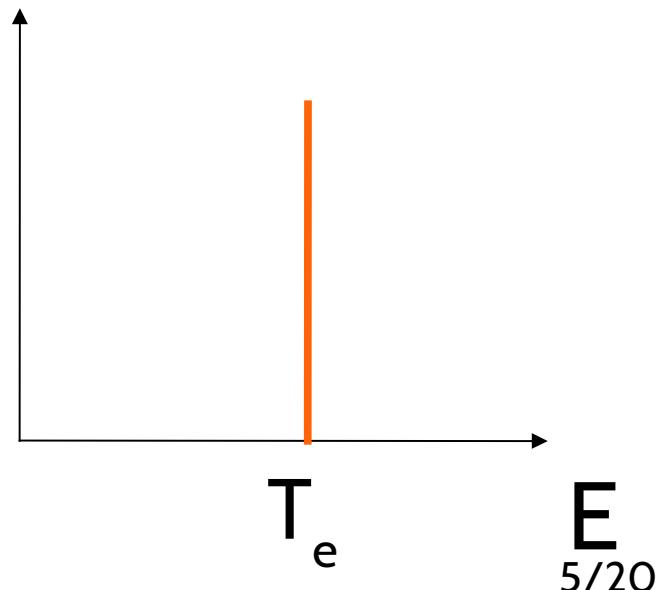
$$\left(n \rightarrow p^+ + e^- + Q_{\beta^-} \right)$$

- Luego, la energía liberada debería ser

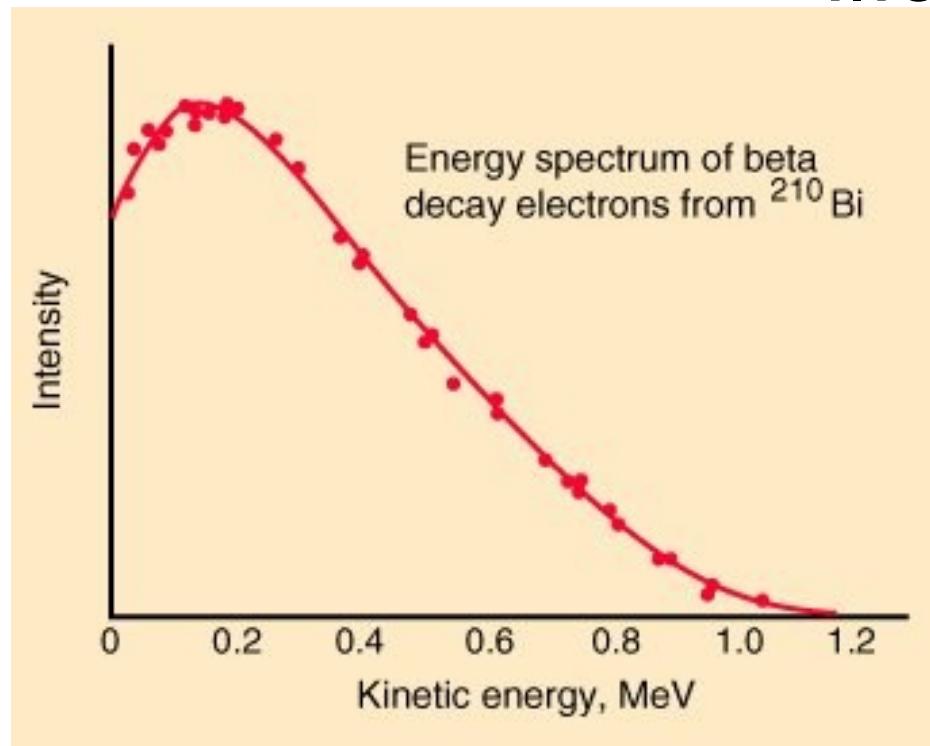
$$m_{\text{Bi}} c^2 = (m_{\text{Po}} + m_e) c^2 + Q \quad \#_e$$

$$Q = (m_{\text{Bi}} - m_{\text{Po}} - m_e) c^2 \approx T_e$$

$$T_e \approx 1.16 \text{ MeV}$$

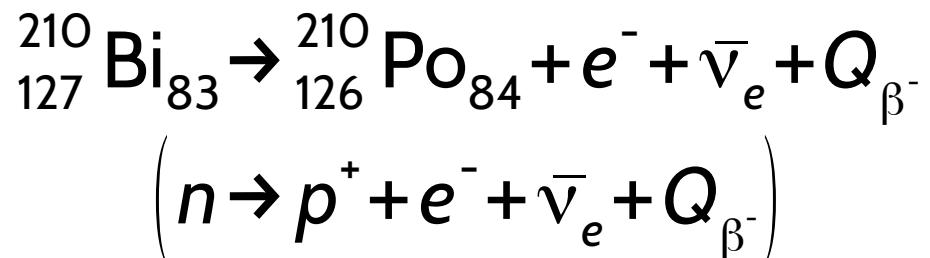


La medición



- Bohr: “La energía no se conserva”
- Pauli: La energía se conserva si existe otra partícula: **“neutrino”**

- Decaimiento beta correcto:



$$Q = (m_{\text{Bi}} - m_{\text{Po}} - m_e - m_{\bar{\nu}_e}) c^2$$

$$Q \approx T_e + T_{\bar{\nu}}$$

Mientras tanto, en la atmósfera...

- ... caen rayos cósmicos
- Anderson descubre una partícula $m/q \sim 200 m_e/e$

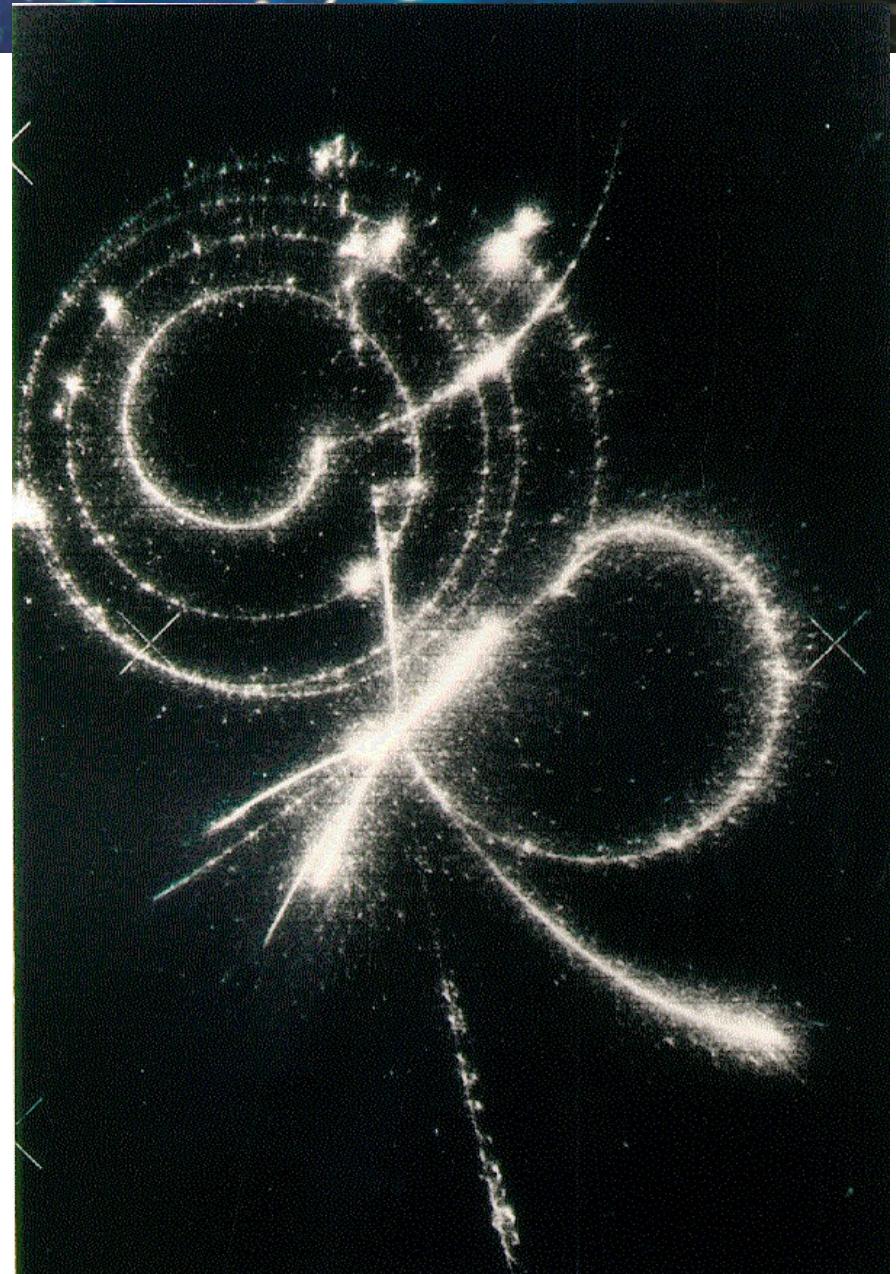
$$\rightarrow m \sim 100 \text{ MeV}$$

- Luego, se observa

$$\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm$$

que también violaba la E

$$\Rightarrow \pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu_\mu$$



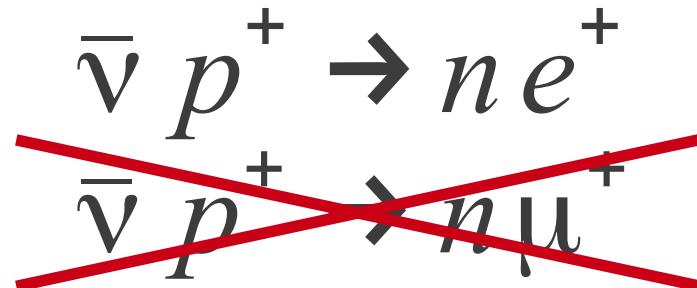
Probemos esto

- Sección eficáz neutrinos

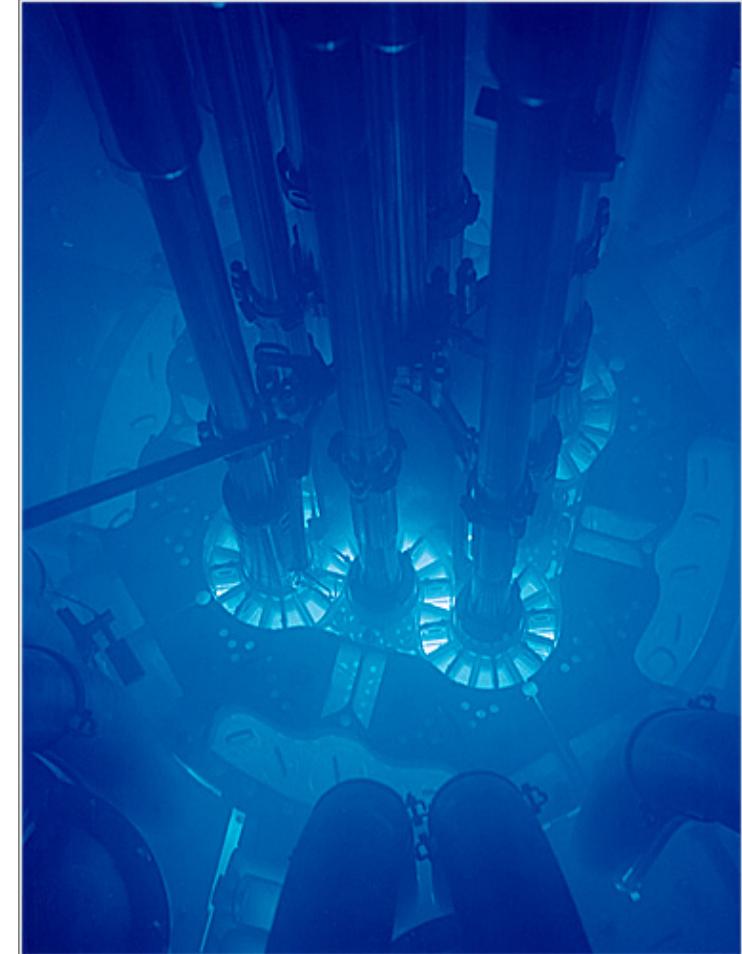
$$\sigma_\nu \simeq 10^{-44} \text{ cm}^2$$

~250 años luz de agua ($\sim 2 \times 10^{20}$ cm)

- Usemos 10^{20} neutrinos en 1 cm de agua



- Tiempos “largos”: Corto alcance. Interaccion Débil



$$p^+ \rightarrow n e^+ \nu_e$$

$$\pi^+ \rightarrow n \mu^+ \nu_\mu$$



Hasta aquí tenemos:

- Sin fuerza fuerte: e , μ , ν_e , ν_μ , \leftarrow Leptones
- Con fuerza fuerte: p , n , π , \leftarrow Hadrones
- Y sus antipartículas. **Total: 14** (empezamos con **2**)
- Fuerzas: γ , g , W , (G) \leftarrow Mediadores (Calibre)



Con los aceleradores





Con los aceleradores



beensof.com



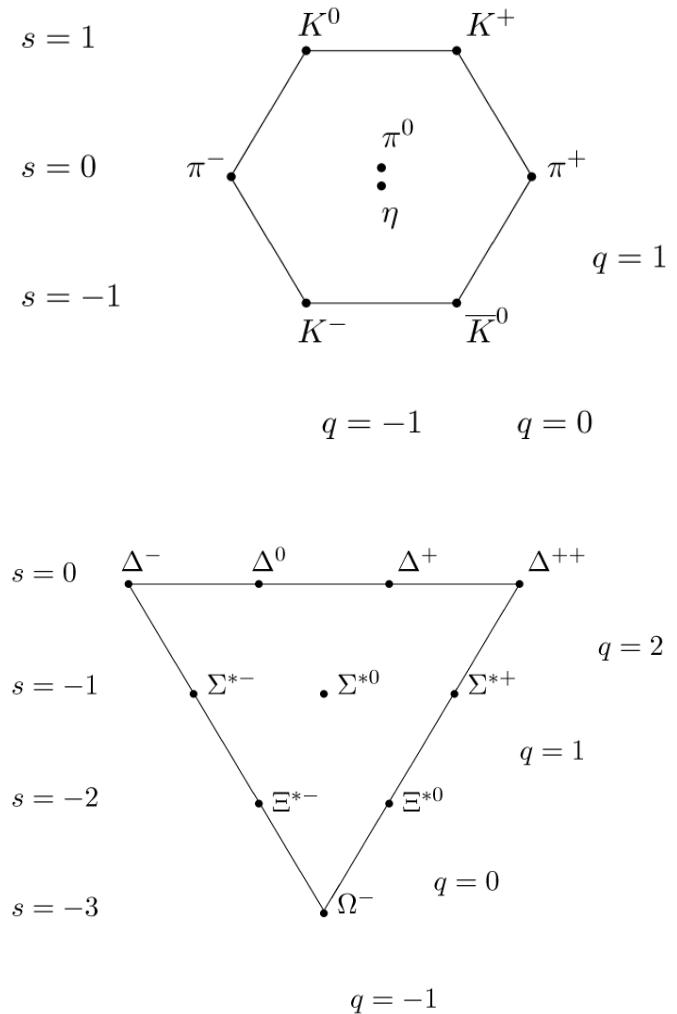
Con los aceleradores



Hoy se conocen ~ 1000 hadrones

Los hadrones no pueden ser elementales

- Luego, debe haber partículas más simples
- Modelo octuple (Gell-mann, 1961)
- Quarks:
 - Se combinan para formar los hadrones
 - Tienen carga fraccionaria
 - Dos por familia



Quarks, primera generación

- Hadrones:
 - 3 quarks: bariones
 - 2 quarks: mesones
- Primera generación
 - “up” y “down”
 - Carga eléctrica
 - u: +2/3 e
 - d: -1/3 e
 - masa
 - m_u : 1.7-3.3 MeV
 - M_d : 4.1-5.8 MeV

- Bariones:

$$p : (uud)$$

$$n : (udd)$$

$$\bar{p} : (\bar{u} \bar{u} \bar{d})$$

- Mesones:

$$\pi^+ : (u \bar{d})$$

$$\pi^- : (\bar{u} d)$$

$$\pi^0 : (u \bar{u} + d \bar{d})$$



Quarks, the next generation

- Segunda generación

- “charm” y “strange”
 - Carga eléctrica
 - c: +2/3 e
 - s: -1/3 e
 - masa
 - $m_c: (1.27 \pm 0.07) \text{ GeV}$
 - $m_s: (101 \pm 29) \text{ MeV}$

- Tercera generación

- “top” y “bottom”
 - Carga eléctrica
 - t: +2/3 e
 - b: -1/3 e
 - masa
 - $m_t: (172 \pm 2) \text{ GeV}$
 - $M_b: (4.19 \pm 0.18) \text{ GeV}$

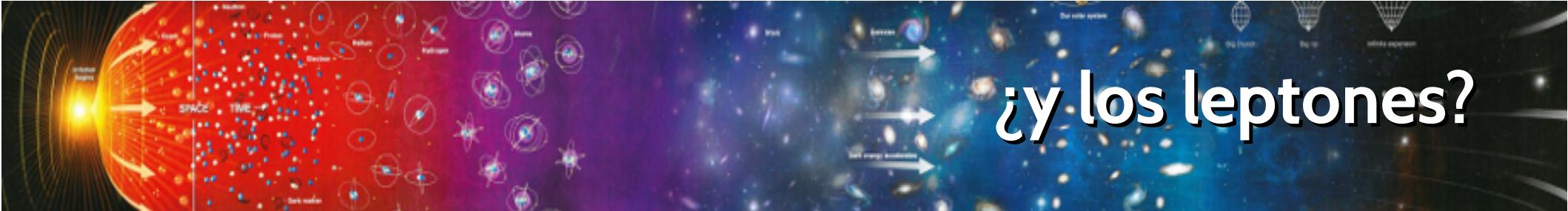


Interacción fuerte: carga de “color”



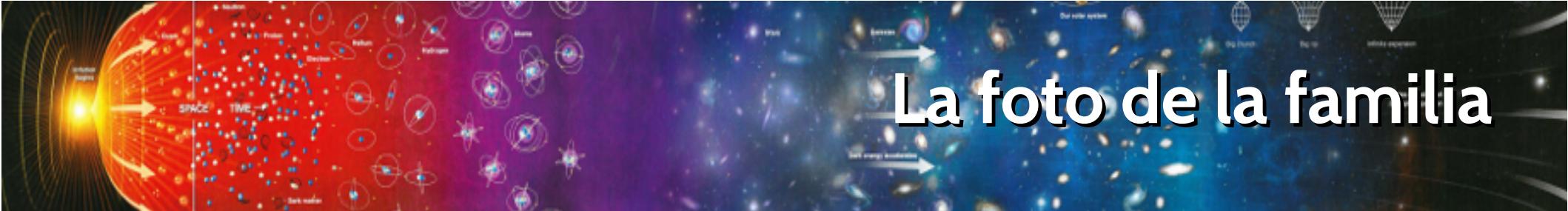
- Fuerzas y cargas
 - G: una carga (masa)
 - EM: dos cargas (+,-)
 - W: “una” carga (w)
 - FF: tres cargas (r,g,b)
- El color no se observa: la naturaleza es “blanca”
- Bariones: (qqq) o ($qq\; qq\; qq$)/3
- Mesones: (qq) (nota: el magenta es el antiverde)
- 8 Gluones: (rojo antiverde), (azul antirojo), ...





¿y los leptones?

- Tenemos 3 generaciones de quarks
- 3 generaciones de leptones:
 - e, ν_e
 - μ, ν_μ
 - τ, ν_τ
- $m_\tau = 1776.99 \text{ MeV}$



La foto de la familia

THE STANDARD MODEL

Fermions				Bosons	Force carriers
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon	
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson	
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon	

*Yet to be confirmed

Higgs
boson*

Source: AAAS

Para terminar, el Higgs

THE HIGGS MECHANISM

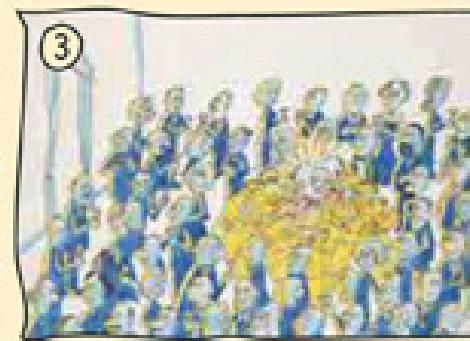
Illustration courtesy of CERN

① TO UNDERSTAND THE HIGGS MECHANISM, IMAGINE THAT A ROOM FULL OF PHYSICISTS QUIETLY CHATTERING IS LIKE SPACE FILLED ONLY WITH THE HIGGS FIELD.

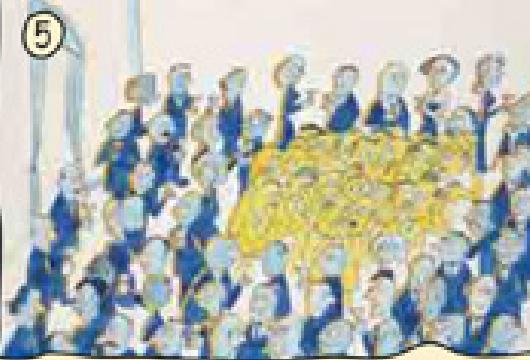


A WELL KNOWN SCIENTIST, ALBERT EINSTEIN, WALKS IN, CREATING A DISTURBANCE AS HE MOVES ACROSS THE ROOM, AND ATTRACTING A CLUSTER OF PEOPLE WITH EACH STEP.

THIS INCREASES HIS RESISTANCE TO MOVEMENT - IN OTHER WORDS, HE ACQUIRES MASS, JUST LIKE A PARTICLE MOVING THROUGH THE HIGGS FIELD.

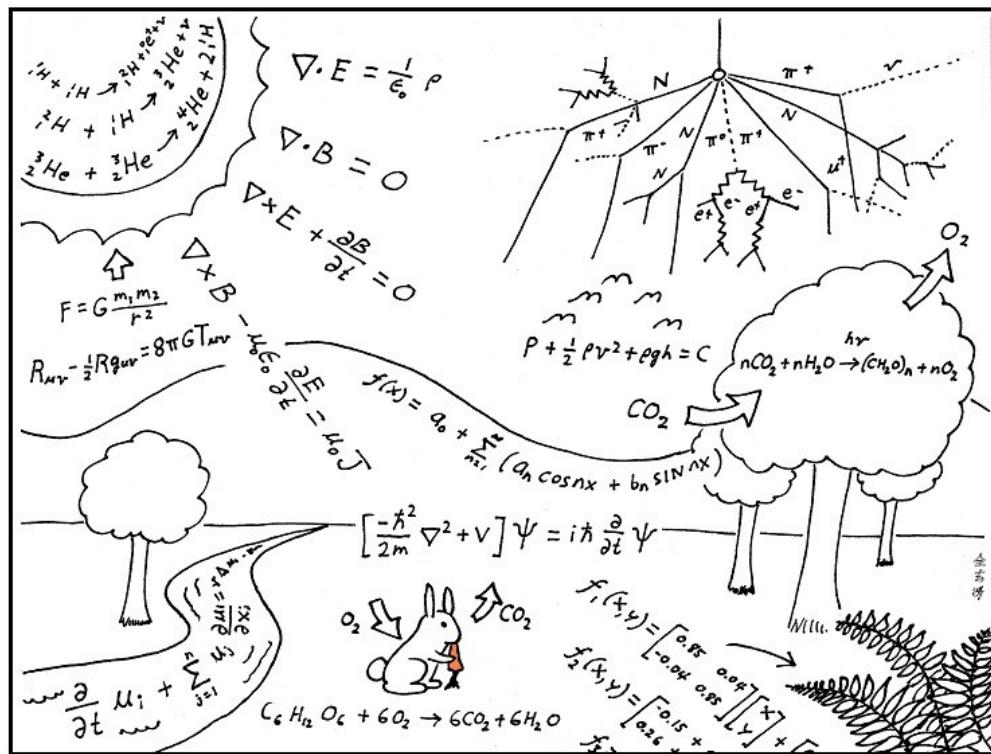
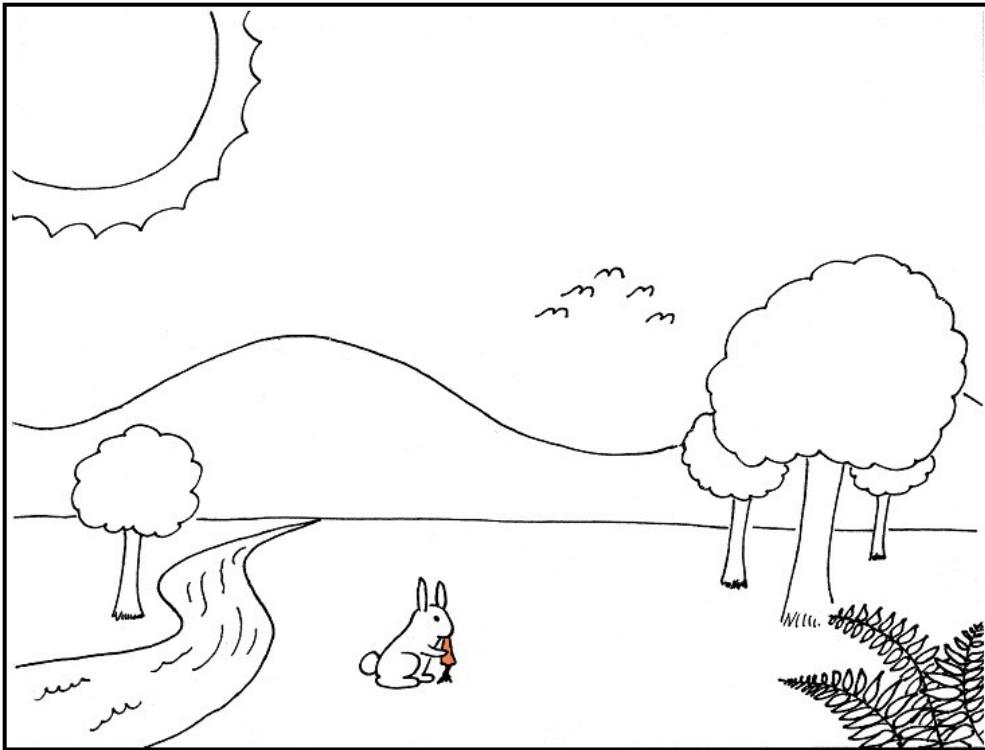


IF A RUMOUR CROSSES THE ROOM ...



IT CREATES THE SAME KIND OF CLUSTERING, BUT THIS TIME AMONG THE SCIENTISTS THEMSELVES. IN THIS ANALOGY, THESE CLUSTERS ARE THE HIGGS PARTICLES.

No se olviden



This is how scientists see the world.