



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

# ATLAS Masterclasses



## Interacciones y Materia al alcance de la mano

Alejandro Szynkman



# ATLAS Masterclasses

- ¿De qué estamos hechos?  
¿Cómo funciona el universo?
- ¿Cómo empezariamos a averiguarlo?

# ATLAS Masterclasses

- ¿De qué estamos hechos?  
¿Cómo funciona el universo?
- ¿Cómo empezaríamos a averiguarlo?

ORO



# ATLAS Masterclasses

- ¿De qué estamos hechos?  
¿Cómo funciona el universo?
- ¿Cómo empezariamos a averiguarlo?

ORO

Observamos

Rompemos

Ordenamos

# Entonces, ¿cómo venimos haciéndolo?

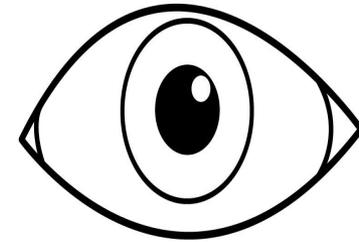


EL OJO



# ¡LHC!

Entonces, ¿cómo venimos haciéndolo?

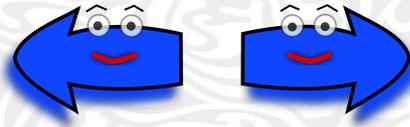


¿Qué tan chico es lo que podemos ver?

0.1 mm ( $10^{-1}$  mm)

(Fibras de pelo)

Entonces, ¿cómo venimos haciéndolo?

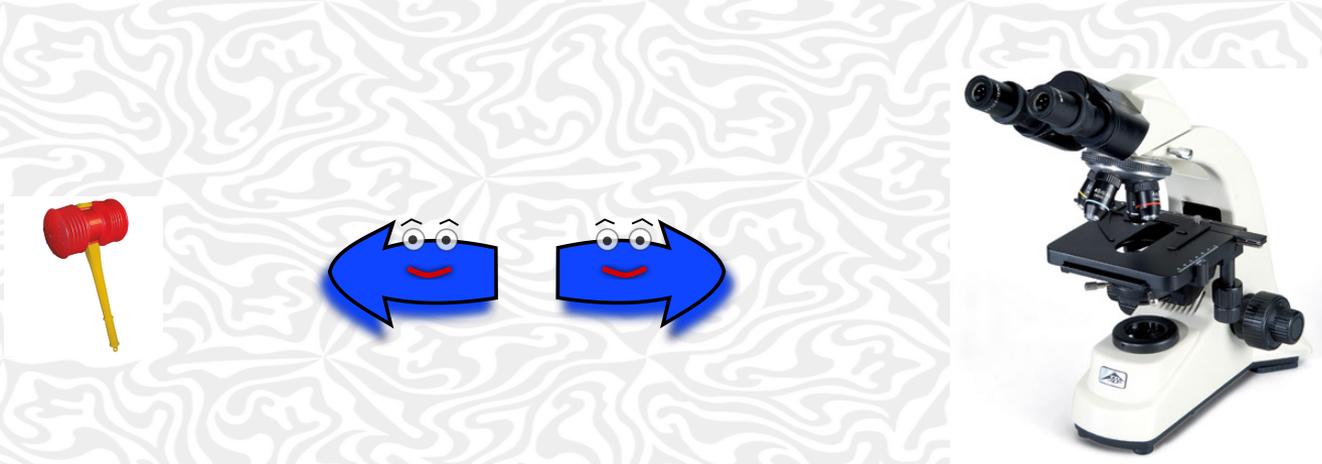


¿Qué tan chico es lo que podemos ver?

**0.01 mm ( $10^{-2}$  mm)**

**(Hongos)**

# Entonces, ¿cómo venimos haciéndolo?

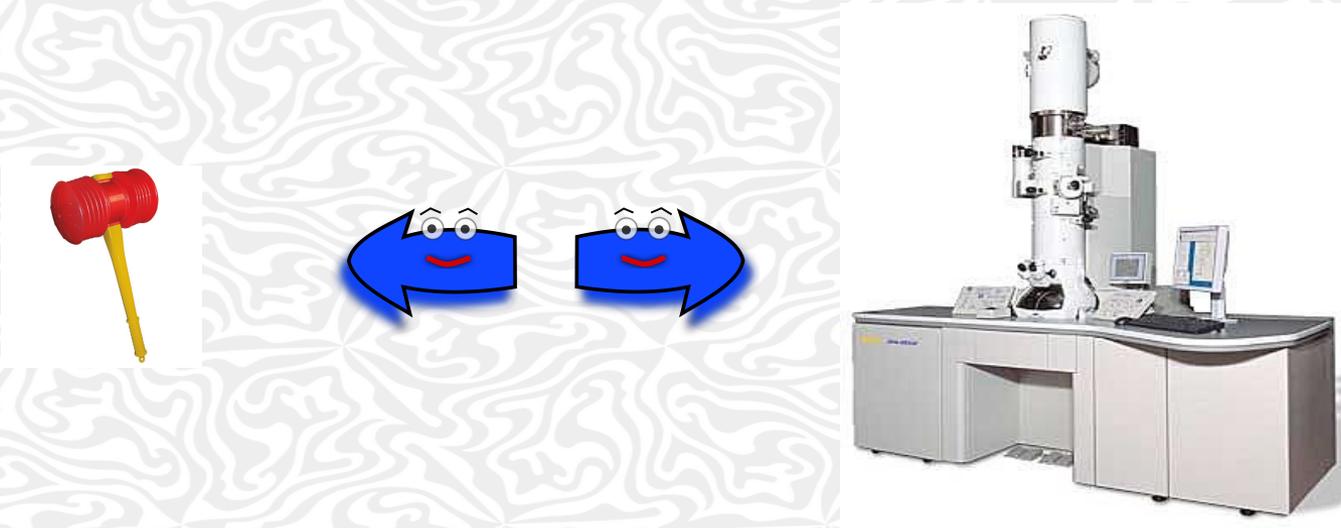


¿Qué tan chico es lo que podemos ver?

0.001 mm ( $10^{-3}$  mm)

(Bacterias, Células)

# Entonces, ¿cómo venimos haciéndolo?

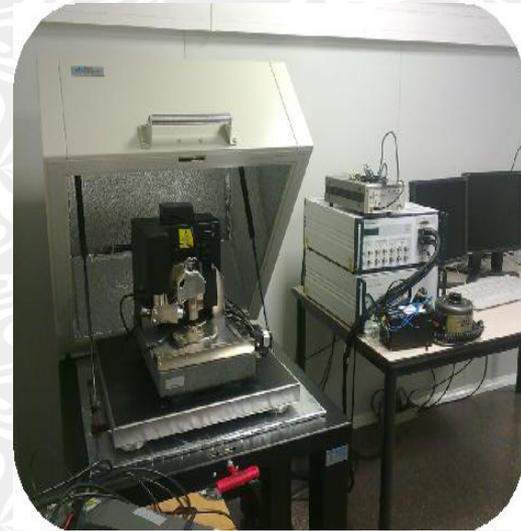
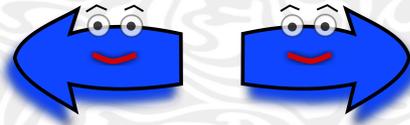


¿Qué tan chico es lo que podemos ver?

0.00001 mm ( $10^{-5}$  mm)

(Virus)

# Entonces, ¿cómo venimos haciéndolo?



¿Qué tan chico es lo que podemos ver?

0.0000001 mm ( $10^{-7}$  mm)

(Átomos)

# De Principios, Equivalencias y Dualidades...

- Conservación de la Energía



- Energía y Masa



$$E = mc^2$$

# De Principios, Equivalencias y Dualidades...

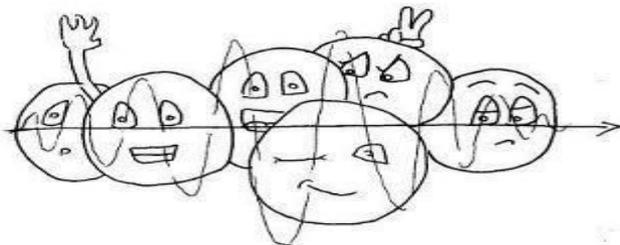
- Onda y Partícula (L. De Broglie)



$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

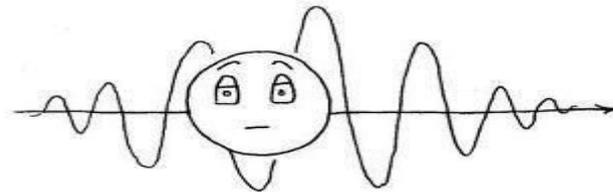
QUANTUM MECHANICS PARTICLE PRACTICAL JOKE

QUICK! HERE COMES THE PHYSICIST!



TJHSIA@RWORAC 15.7.'12

... ACT COOL ...





¡Claro, no es fácil!



¿Qué observar? - ¿Qué romper? - ¿Cómo ordenar?

# Ideas Antiguas

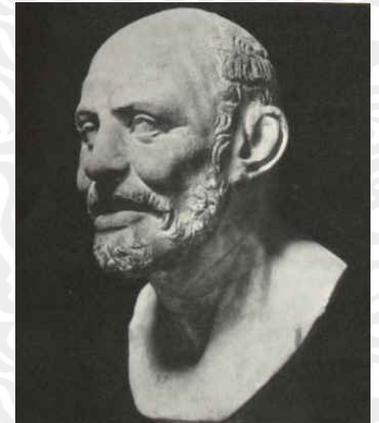


Empédocles (400 a.C.):

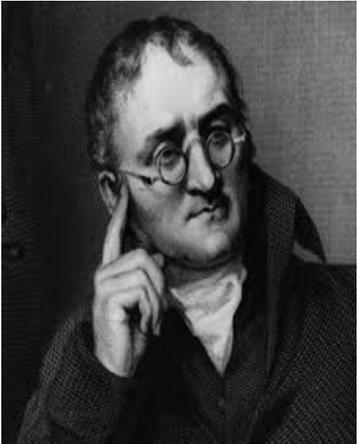
- *Teoría de las Cuatro Raíces* (Elementos)
- Agua - Fuego - Aire - Tierra
- Dos Fuerzas

Demócrito (400-300 a.C.):

- *Átomo* (que no se puede dividir)
- Universo: Vacío y Átomos Combinados
- Colisiones y Reacciones



# Ideas “Modernas”

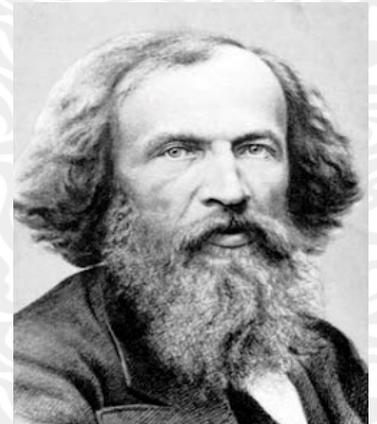


John Dalton (1766-1844):

- *Teoría Atómica*
- Átomos: Indivisibilidad, Pesos Atómicos
- Reacciones Químicas

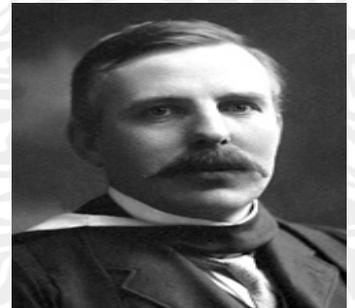
Dmitri Mendeleev (1834-1907):

- *Tabla Periódica de los Elementos*
- Patrón de Clasificación (Orden)
- Predicción de Nuevos Elementos



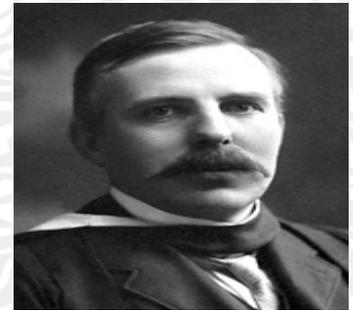
# ¡El átomo se divide!

- Descubrimiento del Electrón  
J.J. Thomson, 1896
- Descubrimiento del Núcleo  
E. Rutherford, 1914-1918



# ¡Y el núcleo también se divide!

- Descubrimiento del Protón  
E. Rutherford, 1914-1918
- Descubrimiento del Neutrón  
J. Chadwick, 1932



# Y siguen las sorpresas...



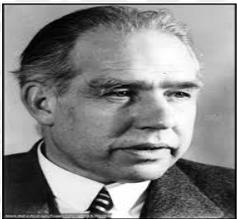
- Predicción del Neutrino

(W. Pauli)



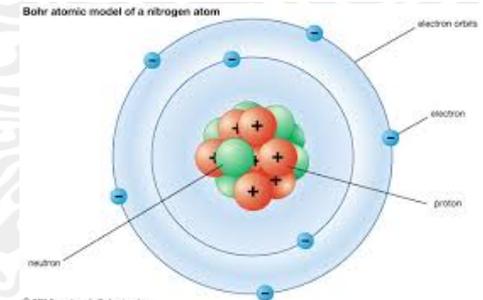
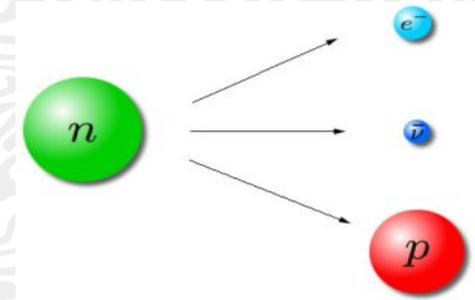
- Modelo Atómico

(N. Bohr)



- Predicción de la Antimateria

(P. Dirac)



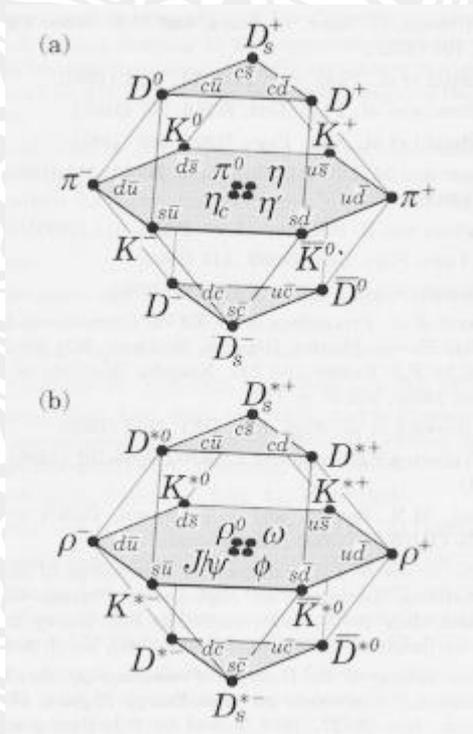
Y hay muchas más partículas



# ¿Ordenamos un poco?

## Modelo de Quarks

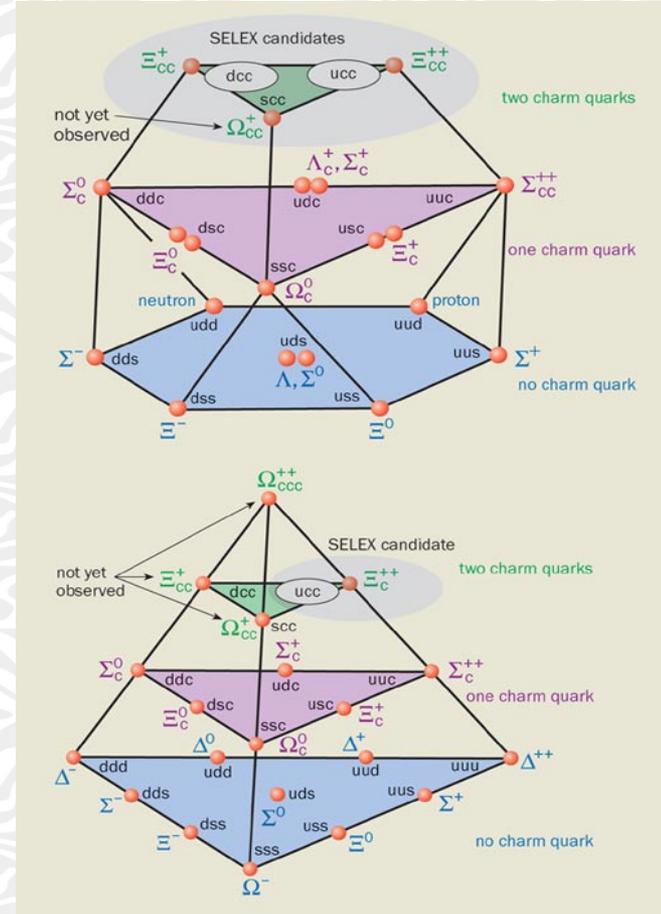
Gell-Mann, Ne'eman & Zweig ('60)



Mesones  
( $q\bar{q}$ )

u: up d: down  
c: charm s: strange

Bariones  
( $qqq$ )

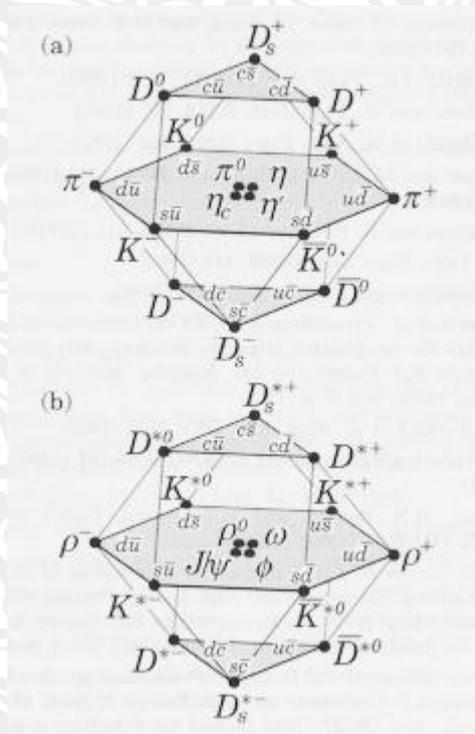


Una vez más: Comprensión y Predicción

¿Ordenamos un poco?

# Modelo de Quarks

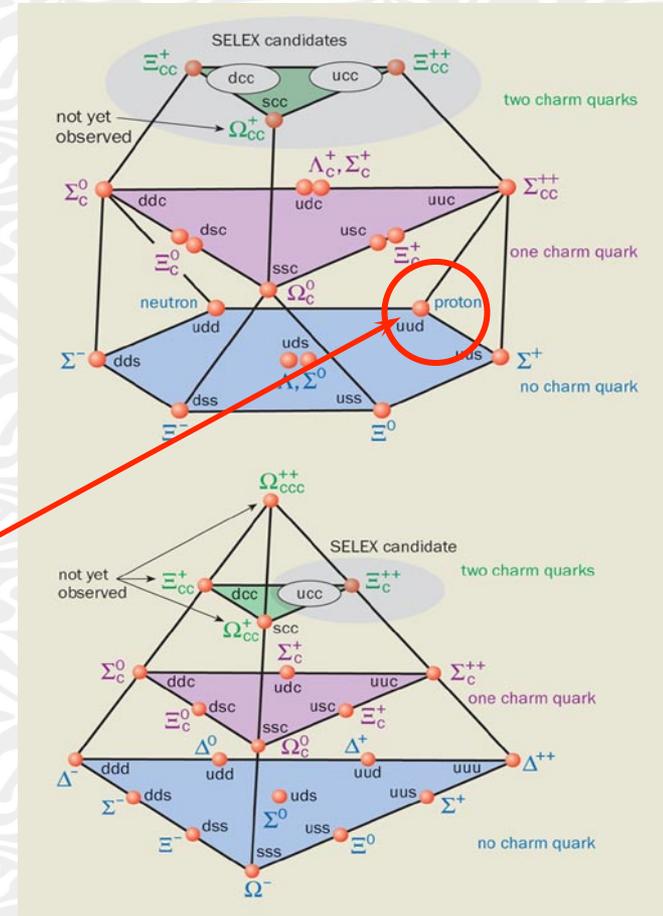
Gell-Mann, Ne'eman & Zweig ('60)



Mesones  
( $q\bar{q}$ )

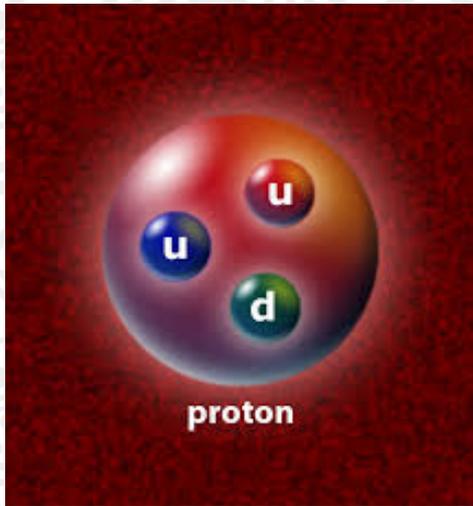
u: up d: down  
c: charm s: strange

Bariones  
( $qqq$ )  
Protón



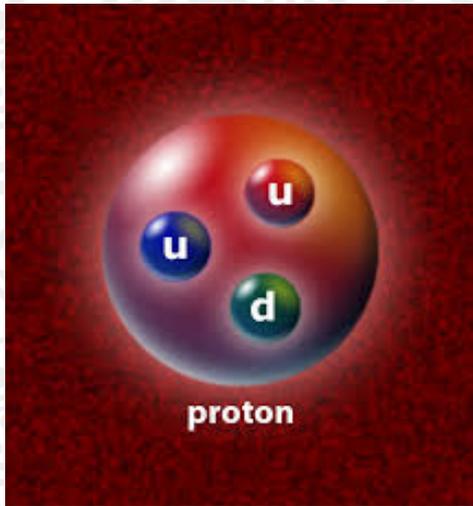
Una vez más: Comprensión y Predicción

# ¿Cómo es el protón por dentro?

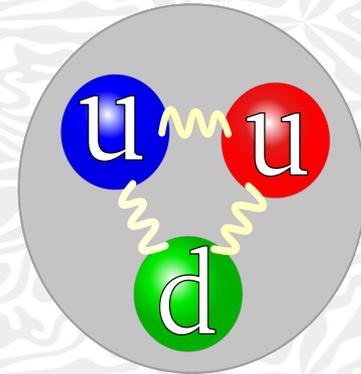


Quarks y...?

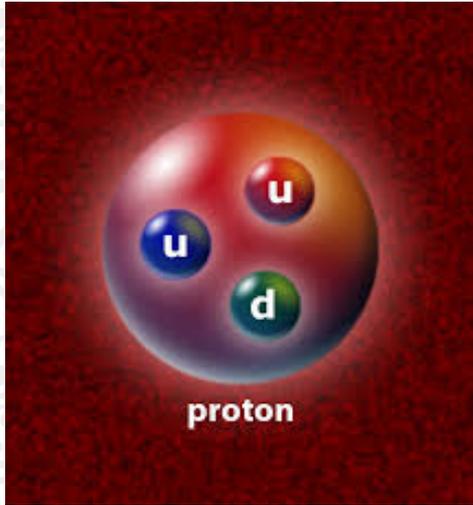
# ¿Cómo es el protón por dentro?



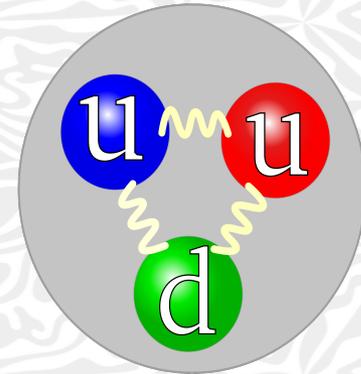
Quarks y gluones



# ¿Cómo es el protón por dentro?



Quarks y gluones

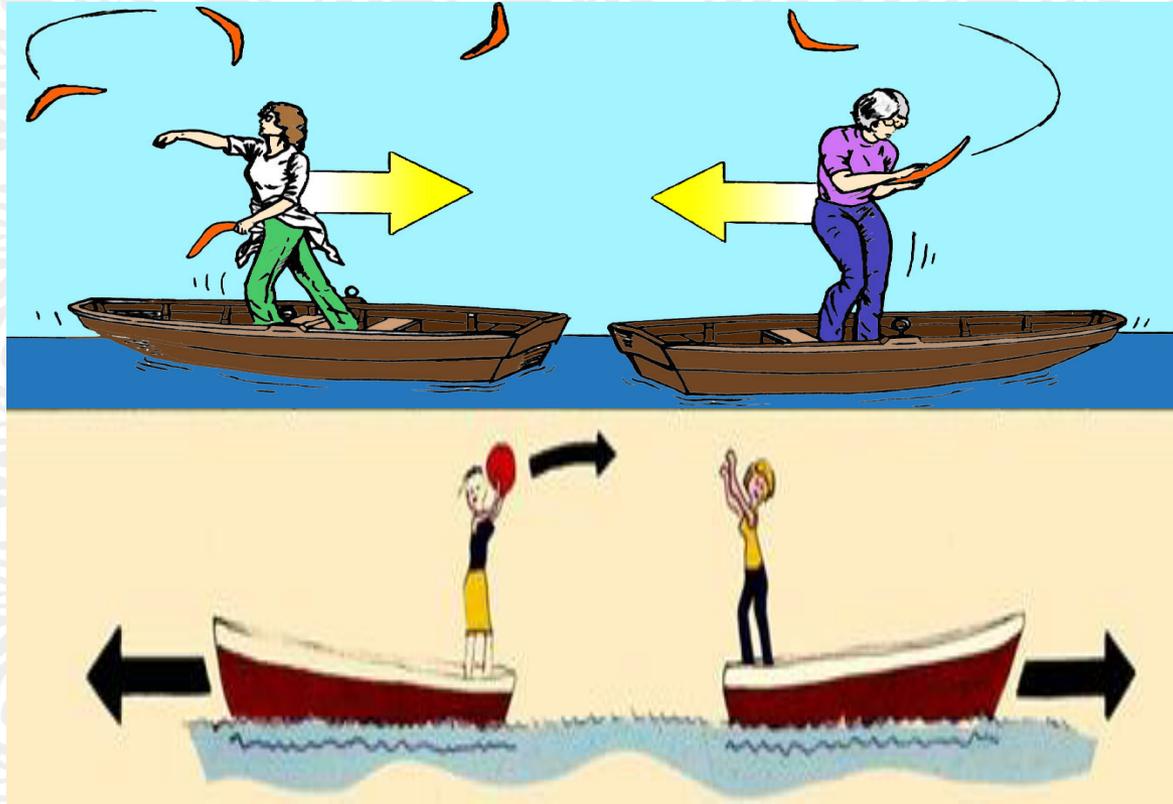


Glue: —————



—————> Encolar

# Las interacciones...

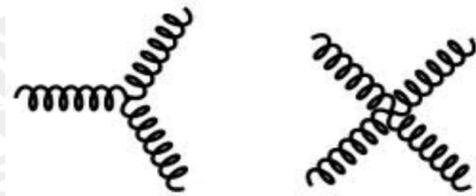
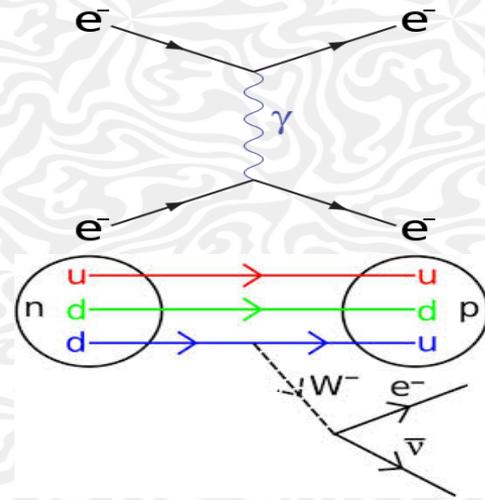


**Mediadores: Boomerang - Pelota**

# Convoquemos a los mediadores



- Electromagnética: Fotón
- Débil:  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$
- Fuerte: 8 gluones
- Gravitatoria: ¿Gravitón?

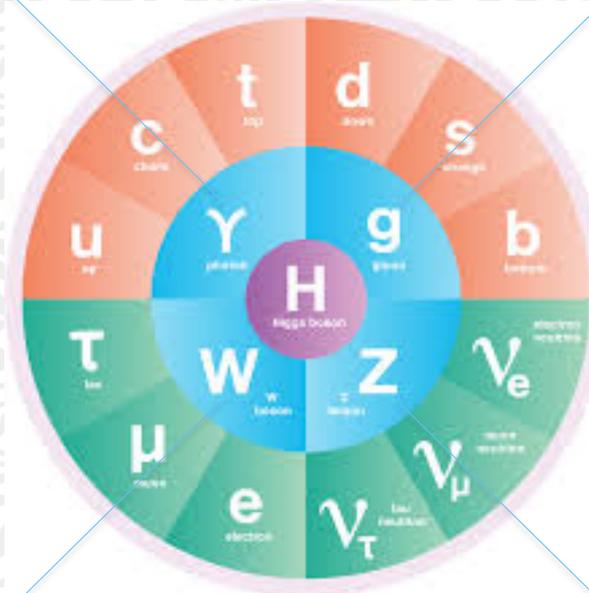


# Modelo Estándar

Electromagnética ( $\gamma$ )

Quarks

(g) Fuerte



Débil (W)

Leptones

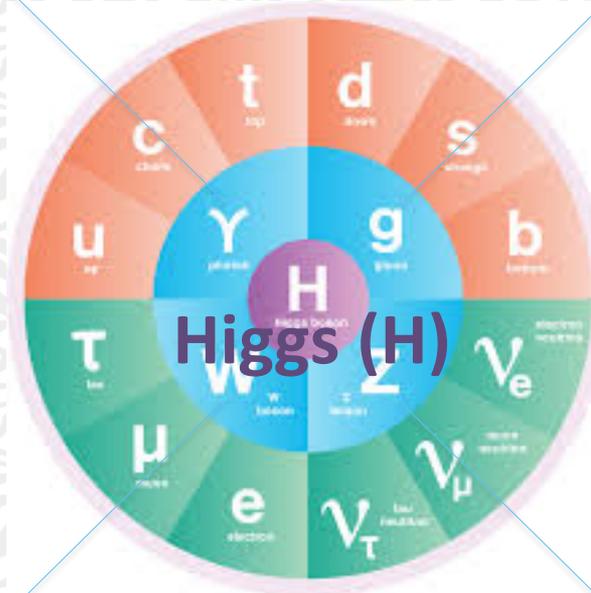
(Z) Débil

# Modelo Estándar

Electromagnética ( $\gamma$ )

Quarks

(g) Fuerte



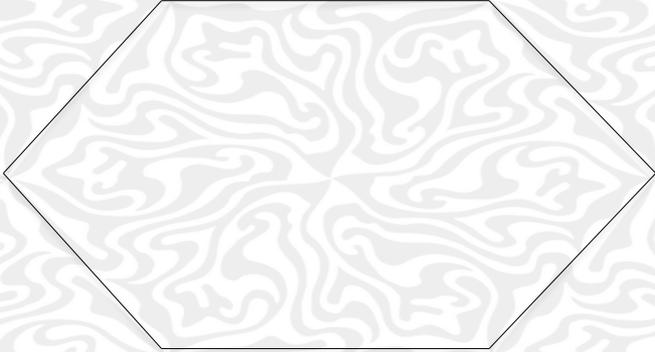
Débil (W)

Leptones

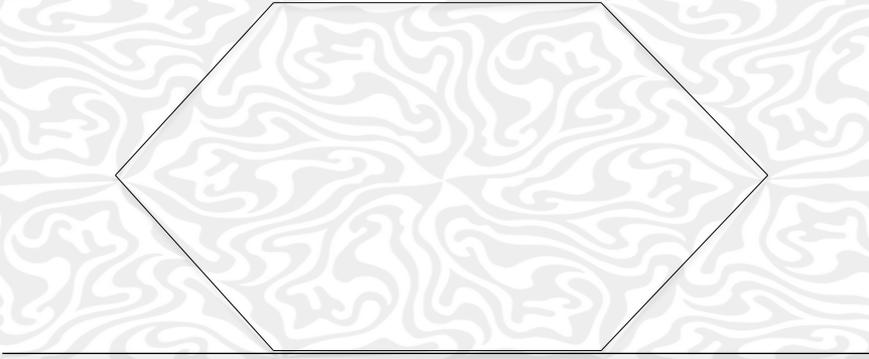
(Z) Débil

# Higgs y Simetrías

# Higgs y Simetrías



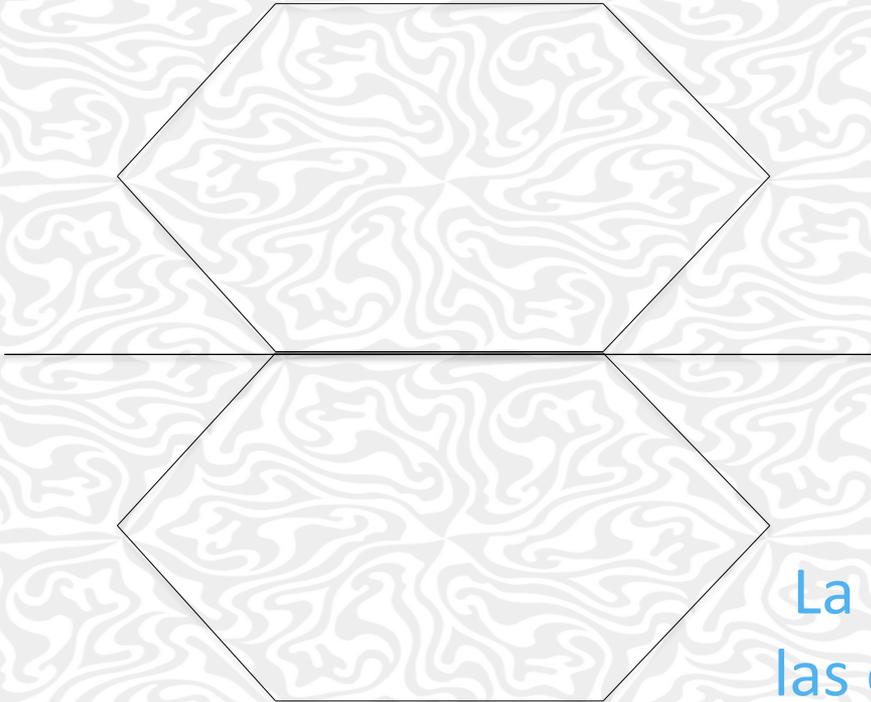
# Higgs y Simetrías



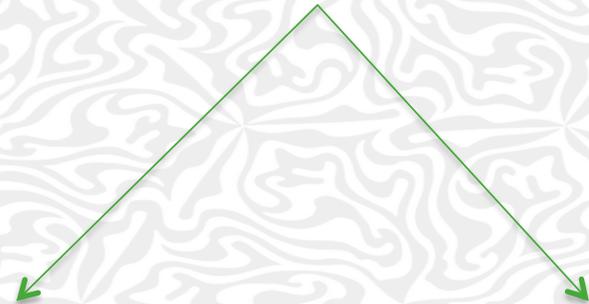
# Higgs y Simetrías



# Higgs y Simetrías



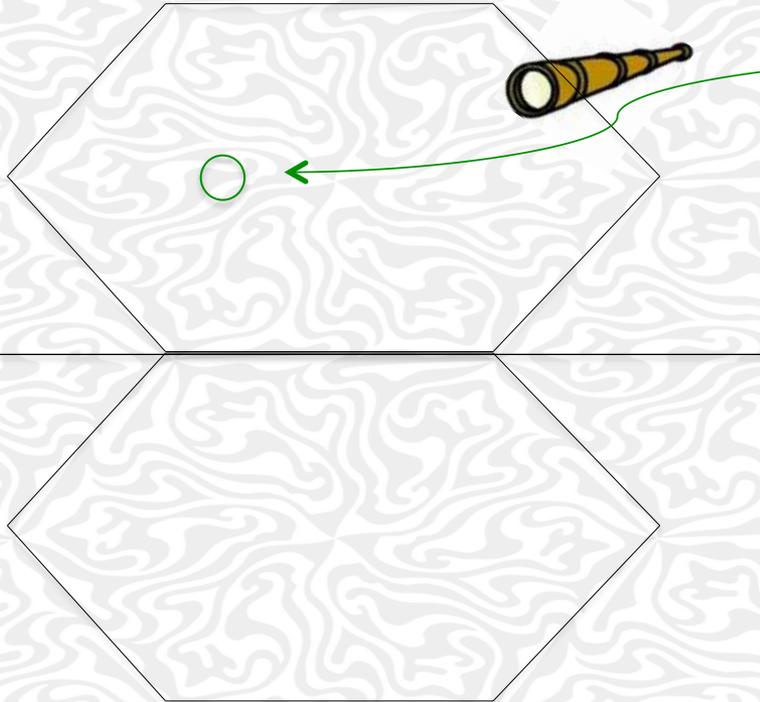
La Naturaleza es simétrica  
a nivel fundamental



La simetría dicta  
las características  
de las interacciones

La simetría impide  
la existencia de  
partículas masivas

# Higgs y Simetrías



Simetría Escondida



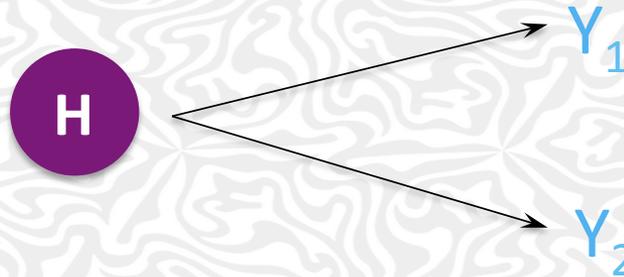
Quarks Leptones  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$  H

**Adquieren Masa**

Fotón Gluones

**No**

¿Cómo medimos en ATLAS?  
¿Cómo detectamos el Higgs?



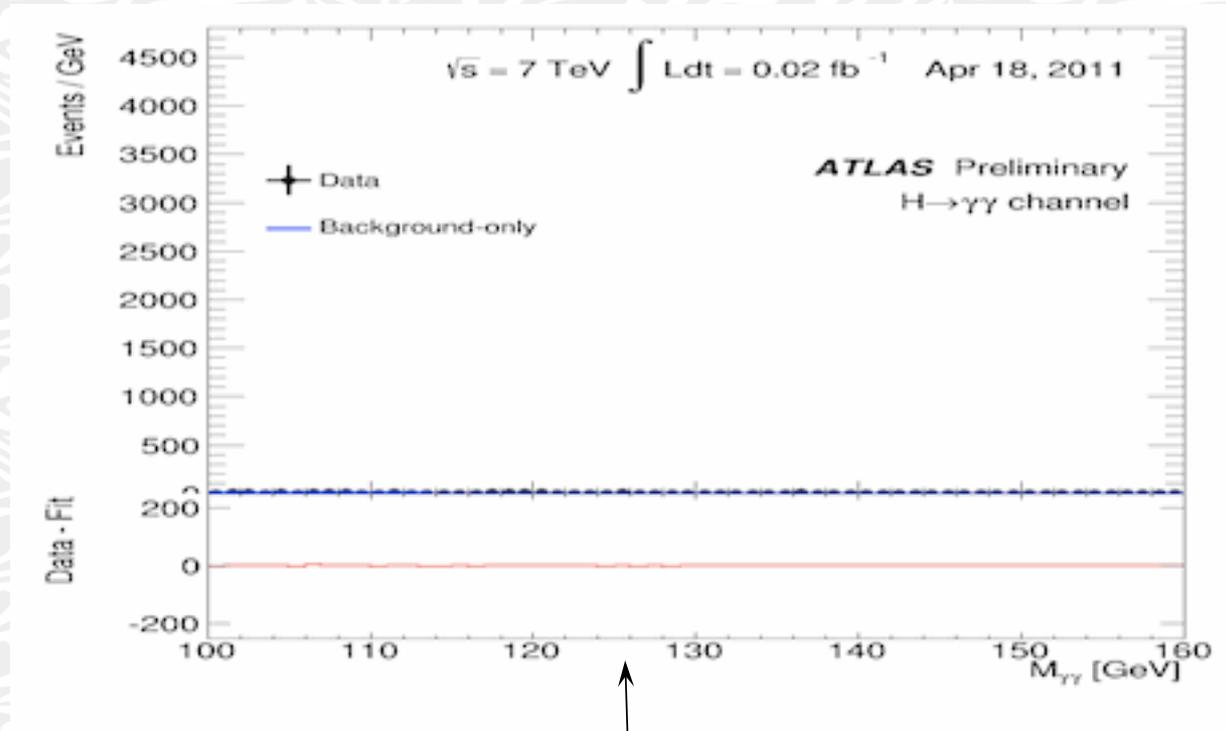
“+”

Equivalencia entre Masa y Energía  
Conservación de la Energía  
Fotón no tiene masa

---

Masa de H = Energía de  $Y_1$  + Energía de  $Y_2$

# ¿Cómo detectamos el Higgs?



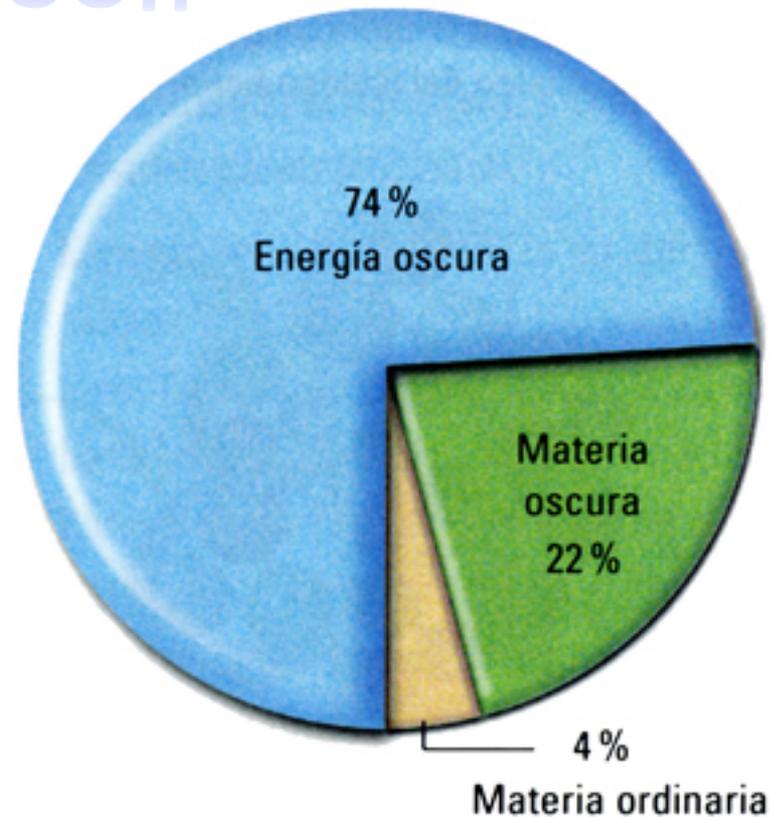
↑  
“Pico” del Higgs

# Modelo Estándar: ¿Orden definitivo?



¡¡NOOOOOOO!!  
!!NOOOOOOO!!

- Tres familias
- Materia-Antimateria
- Masa del neutrino
- ...



# Modelos Superadores

- Modelos con simetrías adicionales: Supersimetría, ...
- Modelos con dimensiones adicionales
- Modelos con Higgs adicionales
- ...

En particular,

- Modelos con un Z adicional ( $Z'$ )
- Modelos con Gravitones

Y también y muy importante...

Experimentación como guía hacia nuevas ideas

**¡Y ahora sí, vamos a ver qué pasa  
en ATLAS!**

¡Para seguir aprendiendo!



Qué es el Bosón de Higgs

María Teresa Dova