

Física de Partículas, el acelerador LHC, y el bosón de Higgs

María José Herrero Solans
Instituto de Física Teórica, IFT-UAM/CSIC

Madrid, 15 de Noviembre de 2013



Instituto de
Física
Teórica
UAM-CSIC



Qué son las Partículas Elementales?

Constituyentes de la materia más pequeños y sin subestructura

Ejemplos:

1) electrones (en los átomos) 2) quarks (en los protones)

Todas las otras partículas (no elementales) están compuestas de partículas elementales. Ejemplo: un protón esta compuesto de tres quarks.

Relevancia:

Conociendo la composición en partículas elementales y las interacciones fundamentales entre ellas podemos conocer (potencialmente) todo el universo

Dónde están las Partículas Elementales? (en metros)



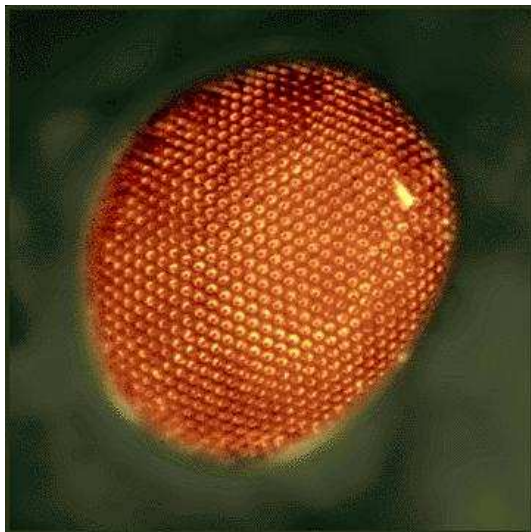
$$10^0 = 1$$



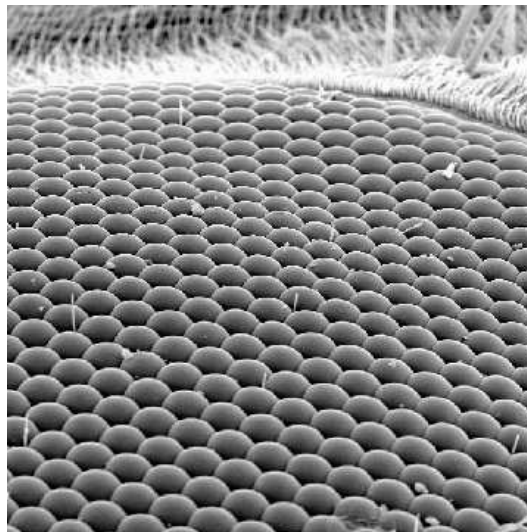
$$10^{-1} = 0.1$$



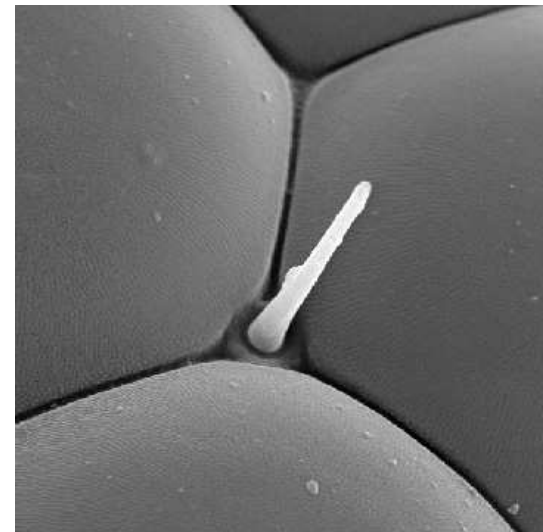
$$10^{-2} = 0.01$$



$$10^{-3} = 0.001$$

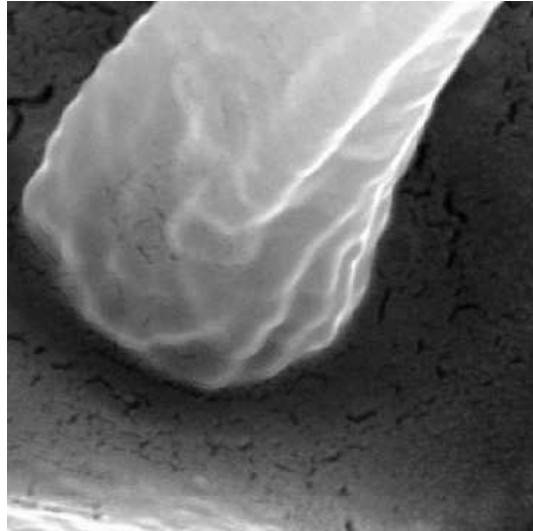


$$10^{-4} = 0.0001$$

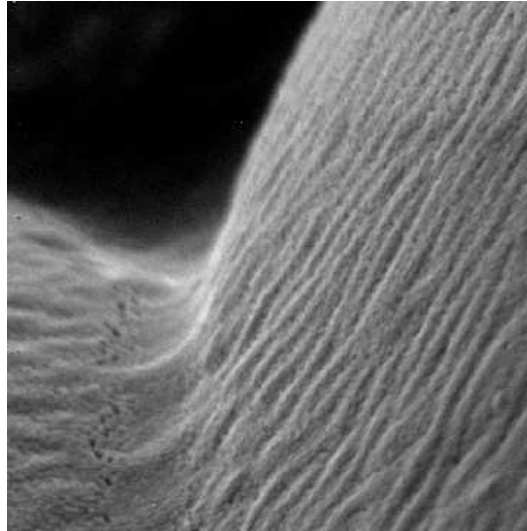


$$10^{-5} = 0.00001$$

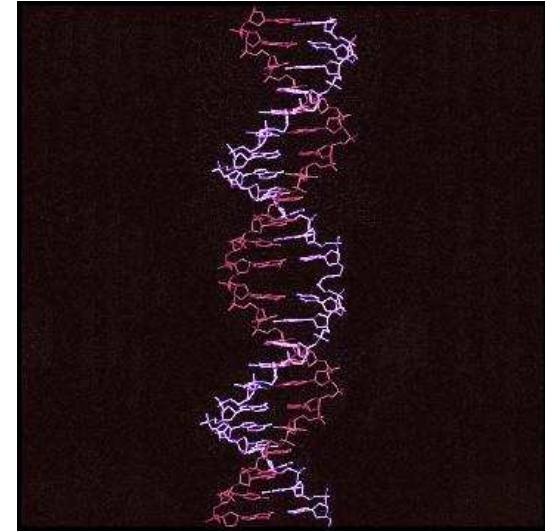
Dónde están las Partículas Elementales? (en metros)



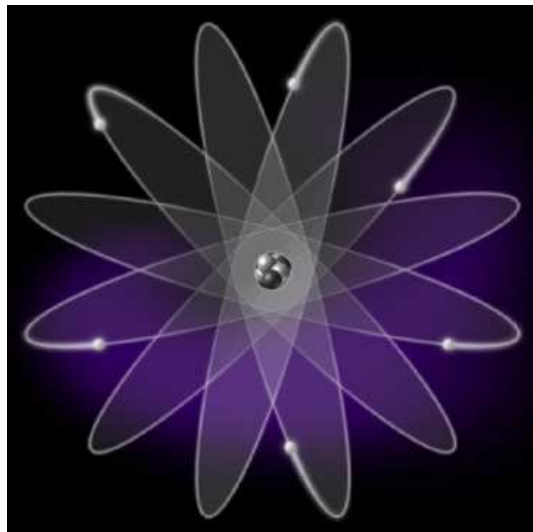
$10^{-6} = 0.000001$



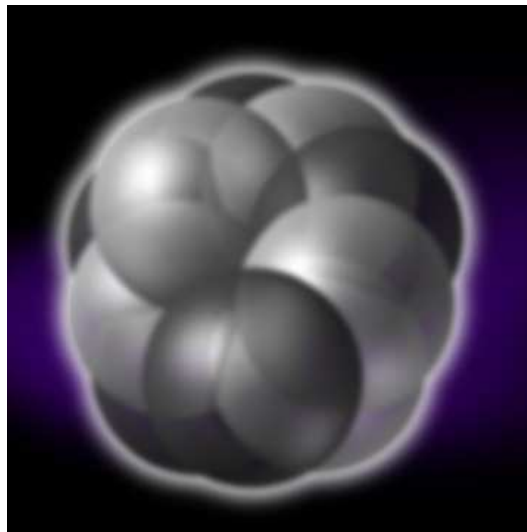
$10^{-7} = 0.0000001$



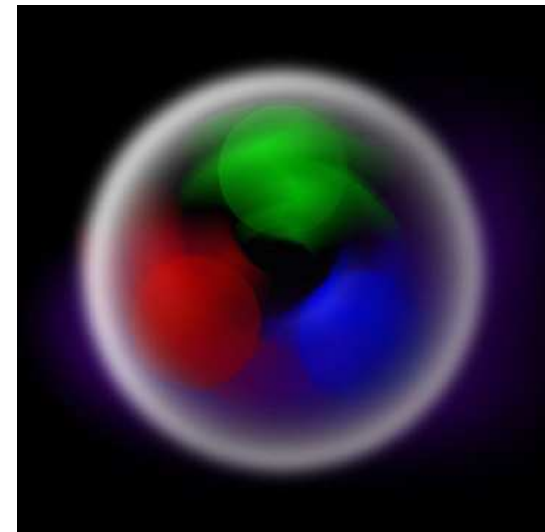
$10^{-8} = 0.00000001$



10^{-10} electrones



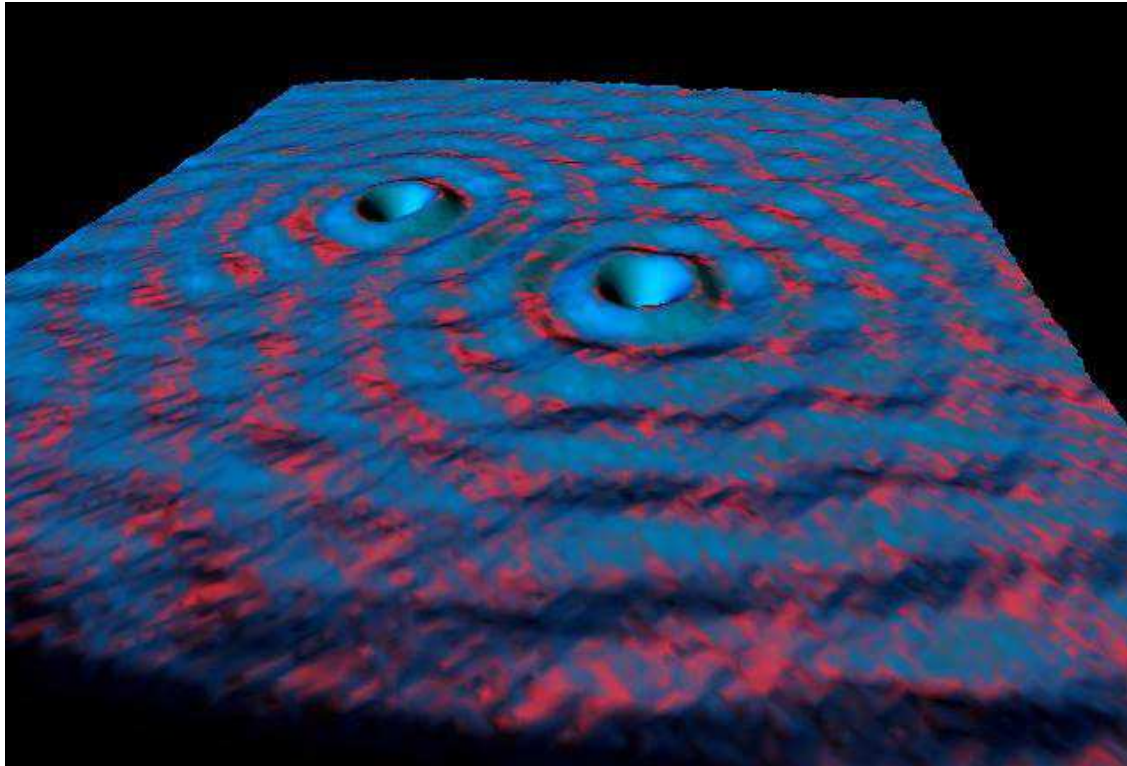
10^{-14} nucleo



10^{-15} quarks

Dualidad Onda-Partícula

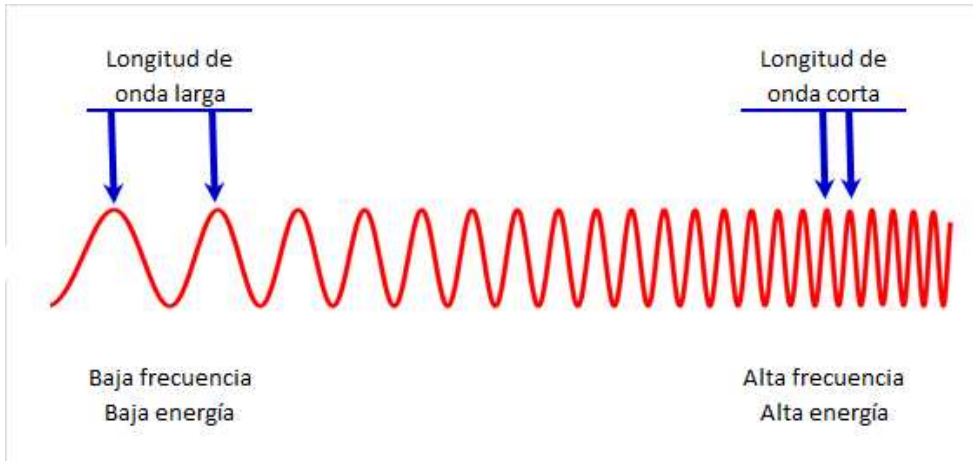
Ejemplo: electrón = onda y partícula



Ondas producidas por los electrones en la superficie de un cristal de cobre. En la imagen vemos como estas ondas se perturban al encontrarse con dos 'defectos' de tamaño atómico del cristal

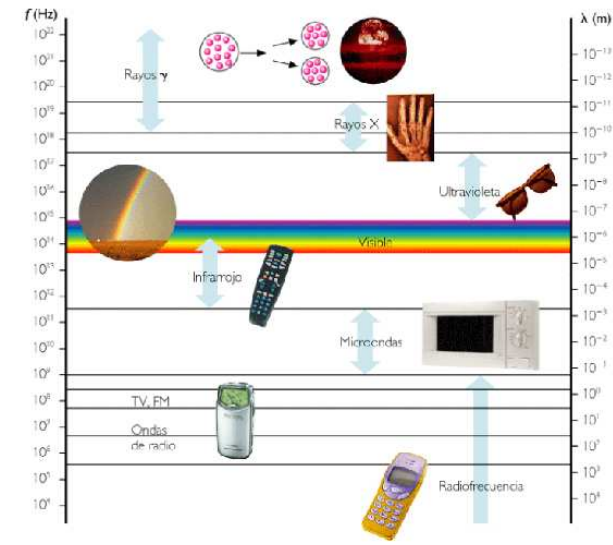
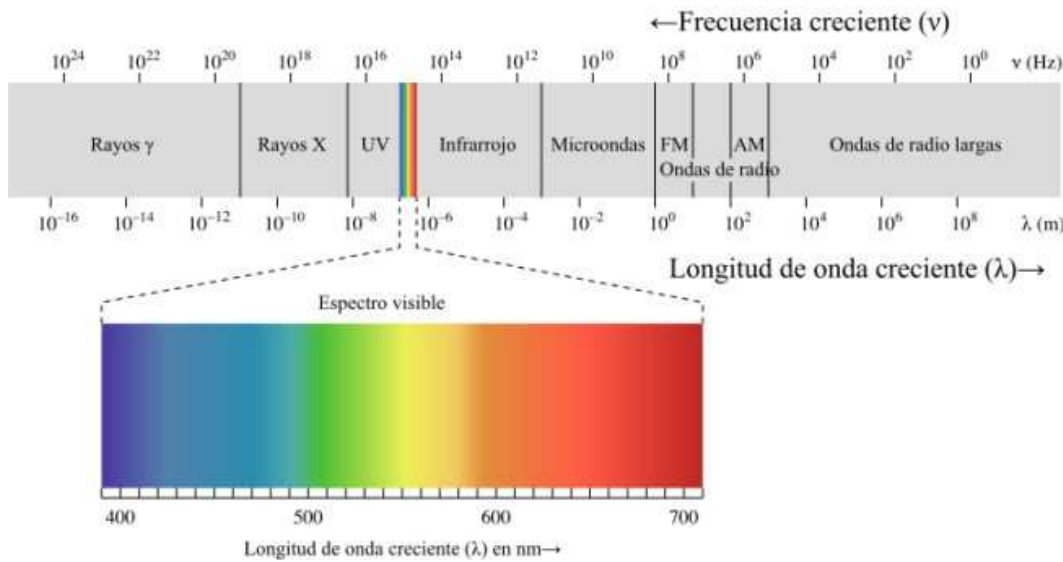
El carácter de 'onda' de una partícula permite establecer una relación entre energía y distancia.

Propiedades de las Ondas



$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$E = h\nu$$



Con grandes energías exploramos pequeñas distancias

Relación energía/distancia en el mundo cuántico

Dualidad: Onda (longitud de onda, frecuencia) \leftrightarrow Partícula (masa, velocidad)
Gran E a partir de gran velocidad (o gran momento lineal) : **Partícula**

Gran E implica gran frecuencia y pequeña longitud de onda: **Onda**

$$\lambda = \frac{h}{|\vec{p}|} \quad \text{L. de Broglie (1923)}$$

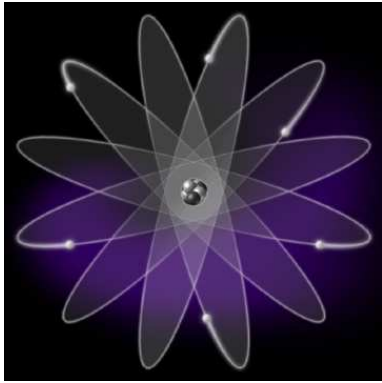
Se pueden observar longitudes pequeñas con grandes velocidades

Una partícula muy energética que colisiona contra otra escruta sus componentes

Ej: un electrón con energía de 1 GeV que choca contra un protón (masa del protón = 1 GeV = 10^9 eV) lo explora a distancias $\lambda \simeq 10^{-15}$ m y ve sus componentes : **LOS QUARKS**

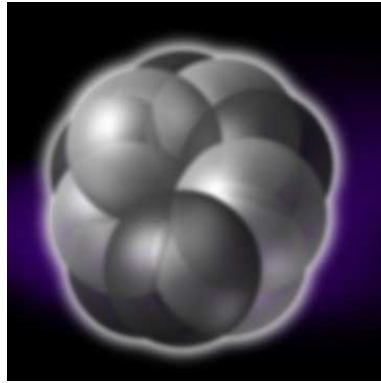
Aceleradores de partículas = Microscopios muy potentes

Tipos de partículas elementales



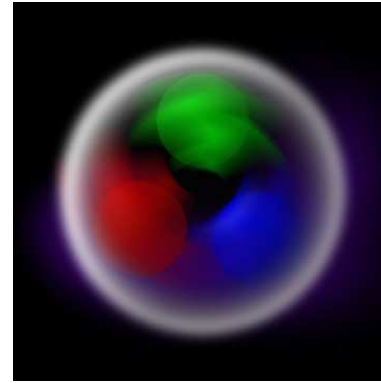
Atomo

$10^4 \text{ eV} \leftrightarrow 10^{-10} \text{ m}$



Nucleo

$10^8 \text{ eV} \leftrightarrow 10^{-14} \text{ m}$



Quarks

$10^9 \text{ eV} \leftrightarrow 10^{-15} \text{ m}$



LHC : Sub-quarks?

$1.4 \times 10^{13} \text{ eV} \leftrightarrow 10^{-19} \text{ m}$

Constituyentes elementales de materia ordinaria (hoy casi 10^{-19} m)

★ Leptones

electrones e^- (Thomson 1897)

Están en las capas externas de los átomos

neutrinos ν (Pauli 1930, Fermi 1932)

Se producen en las desintegraciones β del neutrón $n \rightarrow p e^- \bar{\nu}$

★ Quarks (Gell-Mann 1964)

u (up=arriba) y d (down=abajo)

CONFINADOS en el interior de los protones y neutrones (en los nucleos)

Propiedades básicas de las partículas elementales

Las partículas elementales se caracterizan por:

★ Su **masa**, que se suele medir en unidades de la masa del protón,

$$m_p = 1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV.}$$

★ Su **carga eléctrica**, que se suele medir en unidades de la carga del electrón,

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Culombios}$$

★ Y otras propiedades (otras cargas y/o especificaciones).

Ejemplos: **Color** (simbólico), **Sabor** (simbólico), etc.

★ Leptones

electrones e^- carga eléctrica $Q_e = -e$, masa $m_e = 0.0005 \times m_p$

neutrinos ν carga eléctrica $Q_\nu = 0$, masa $m_\nu = 0.00000000001 \times m_p$

★ Quarks

u carga eléctrica $Q_u = \frac{2}{3}e$, masa $m_u = 0.002 \times m_p$,

sabor= up, 3 posibles colores = **rojo**, **azul**, **verde**

d carga eléctrica $Q_d = -\frac{1}{3}e$, masa $m_d = 0.005 \times m_p$,

sabor= down, 3 posibles colores = **rojo**, **azul**, **verde**

Los quarks forman hadrones (protón, neutrón, pión..) que son blancos de color

Partículas y sus anti-partículas

Las anti-partículas son también partículas elementales:

Dada una partícula, su anti-partícula se caracteriza por:

- tener su misma masa,
- tener su carga eléctrica igual en magnitud pero opuesta en signo
- tener sus otras cargas también opuestas

★ Anti-Leptones

positrones e^+ = anti-partículas de los electrones

carga eléctrica $Q_e = +e$, igual masa m_e

anti-neutrinos $\bar{\nu}$ = anti-partículas de los neutrinos

igual carga eléctrica $Q_\nu = 0$, igual masa m_ν .

Serán la misma partícula, $\nu = \bar{\nu}$?. Depende de si tienen iguales o no las otras cargas: Pendiente de confirmación experimental.

★ Anti-Quarks

anti-u \bar{u} carga eléctrica $Q_{\bar{u}} = -\frac{2}{3}e$, igual masa m_u

anti-d \bar{d} carga eléctrica $Q_{\bar{d}} = +\frac{1}{3}e$, igual masa m_d

Los anti-quarks tienen anti-colores

Los anti-quarks también forman hadrones (anti-protón, anti-neutrón, anti-pión..)

que también son blancos de color

Formando hadrones

Los quarks y anti-quarks forman hadrones de dos tipos:

Bariones (tres quarks) y Mesones (quark y anti-quark)

Ejemplos: protón (uud), mesón π (=pión) ($\bar{u}d$)

Las cargas de los quarks se suman: carga del protón = $\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = +e$



Otros ejemplos: neutrón (ddu), mesón π neutro ($\bar{u}u, \bar{d}d$)

Familias de partículas elementales

Hay otras partículas elementales que son constituyentes de la materia no ordinaria. Son réplicas de las partículas elementales ordinarias, con las mismas propiedades de cargas etc, pero con una masa superior.

Se ordenan por masas crecientes en Familias o Generaciones.

Hasta la fecha se conocen tres generaciones:

Three generations of matter

	I	II	III
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 $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino
Leptons	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau

up, charm y top son quarks 'primos'

down, strange y bottom son quarks 'primos'

neutrino-electrónico, neutrino-muónico y neutrino-tauónico son neutrinos 'primos'

electrón, muón y tau son leptones 'primos'

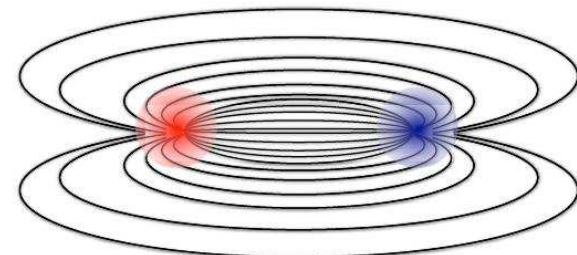
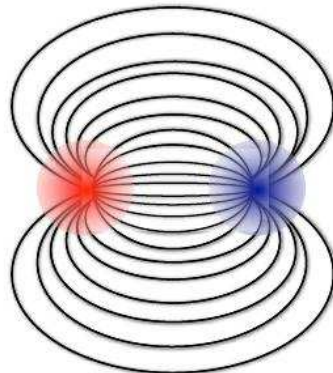
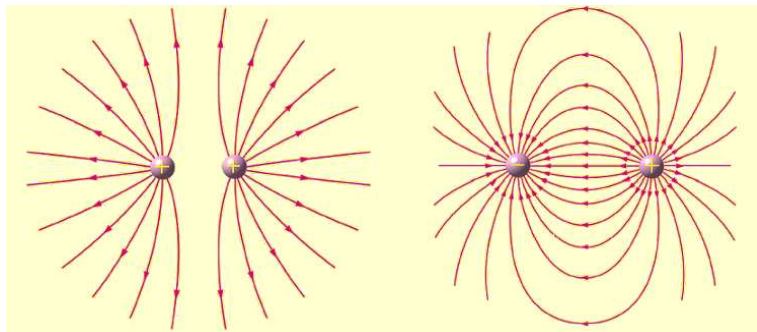
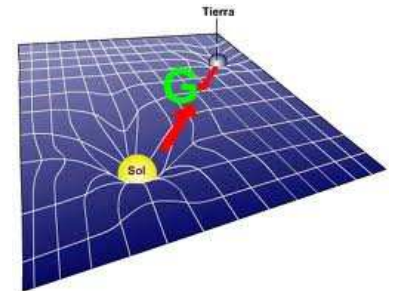
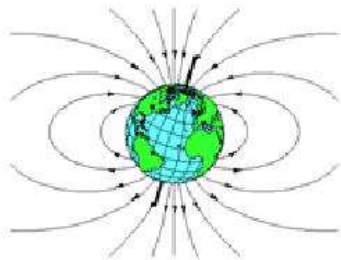
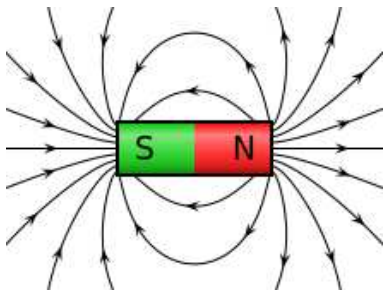
Por qué tres familias y no más?
Experimentalmente confirmado 3.
Razón desconocida.

Campos y Partículas

Campos: Un campo representa la distribución y variación en el espacio de una magnitud física.

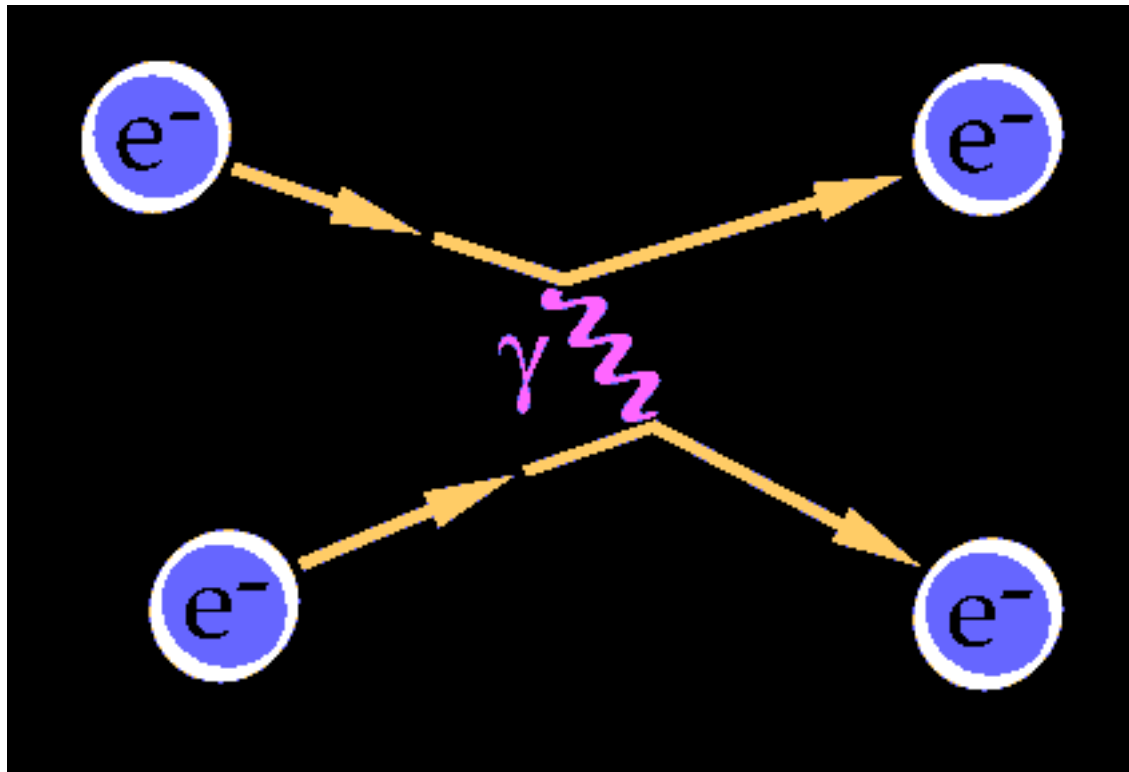
Los campos pueden tener un origen (ser producidos por algo) y afectar a lo que se sitúa en su dominio de acción

Ejemplos de campos: campo magnético, campo eléctrico, campo electromagnético (eléctrico y magnético unificados), campo gravitatorio, campo de color, etc



Partículas mediadoras de las interacciones

Versión cuántica de los campos: Un campo cuántico entre dos partículas elementales que interaccionan mutuamente se describe como el intercambio entre ellas de otra partícula llamada mediadora de la interacción



Partícula mediadora de las interacciones electromagnéticas = Fotón = γ

Tipos de interacciones fundamentales

★ Interacción Electromagnética

- Responsable de la atracción entre el núcleo atómico y la nube electrónica
- Mantiene unidos a los átomos que forman las moléculas y a ellas entre sí
- Responsable de las reacciones químicas y los procesos biológicos
- En resumen: **Es la responsable de LA VIDA**

Partícula mediadora de la int. electromagnética: **FOTÓN**

★ Interacción Fuerte

- La más fuerte: Un factor 100 más intensa que la electromagnética
- Mantiene unidos a los protones y neutrones en el núcleo atómico
- Mantiene unidos a los quarks dentro de los protones y neutrones
- Responsable de las reacciones nucleares (fusión y fisión)
- Responsable de la energía producida en el interior del Sol y de las estrellas

Partícula mediadora de la int. fuerte: **GLUÓN**

Tipos de interacciones fundamentales (cont.)

★ Interacción Débil

- Es un factor $1/10^4$ más débil que la electromagnética
- Responsable de la desintegración del neutrón $n \rightarrow p e^- \bar{\nu}$
(nota: el protón no se desintegra pues $m_p < m_n$)
- Responsable de las desintegraciones beta de los núcleos
Partículas mediadoras de la int. débil: **BOSONES W^+ , W^- , Z**

★ Interacción Gravitatoria

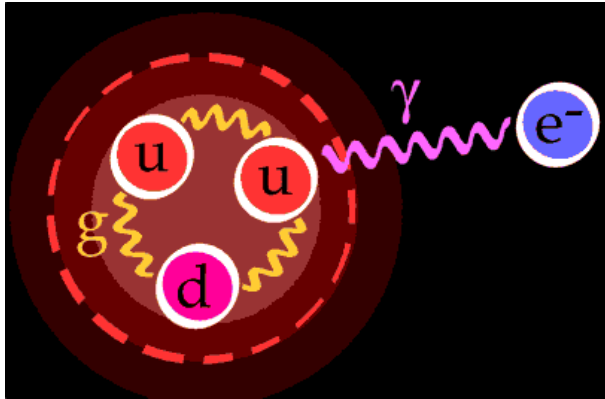
- La más débil de todas: Un factor $1/10^{33}$ más débil que la débil !!!
- Responsable de que estemos confinados sobre la Tierra
- Responsable del movimiento planetario
- Responsable de la condensación de la materia en estrellas, galaxias, etc
- Responsable de la evolución del Universo
Partícula mediadora de la int. gravitatoria: **GRAVITÓN** (No observado!)

Tabla de Partículas Elementales Conocidas

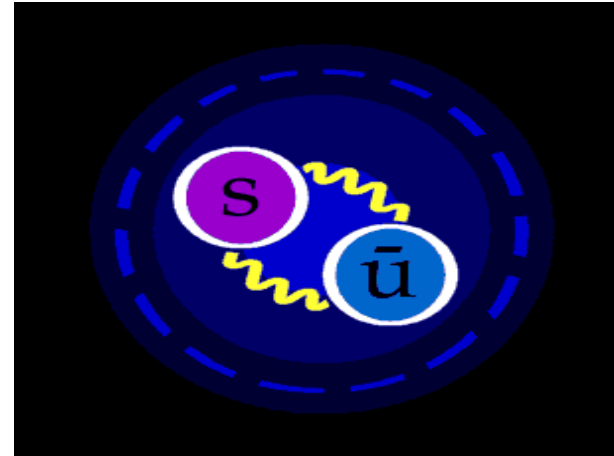
Three generations of matter			Bosons (forces)	
	I	II	III	
Mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
Charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
Spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Name →	u up	c charm	t top	γ photon electromagnetic force
Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	d down	s strange	b bottom	g gluon strong force
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

Partículas de materia (quarks y leptones) en tres generaciones y partículas mediadoras (bosones) de tres interacciones: electromagnética, fuerte y débil

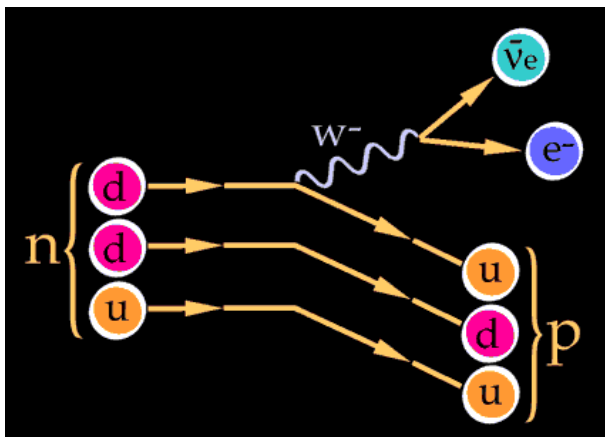
Interacción = Intercambio de una Partícula



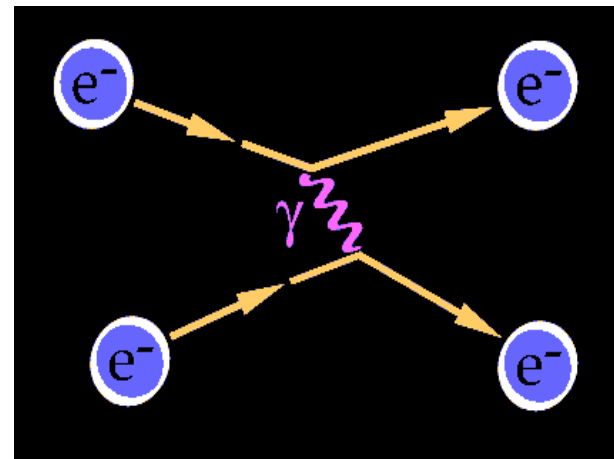
Átomo de Hidrogeno



Kaón

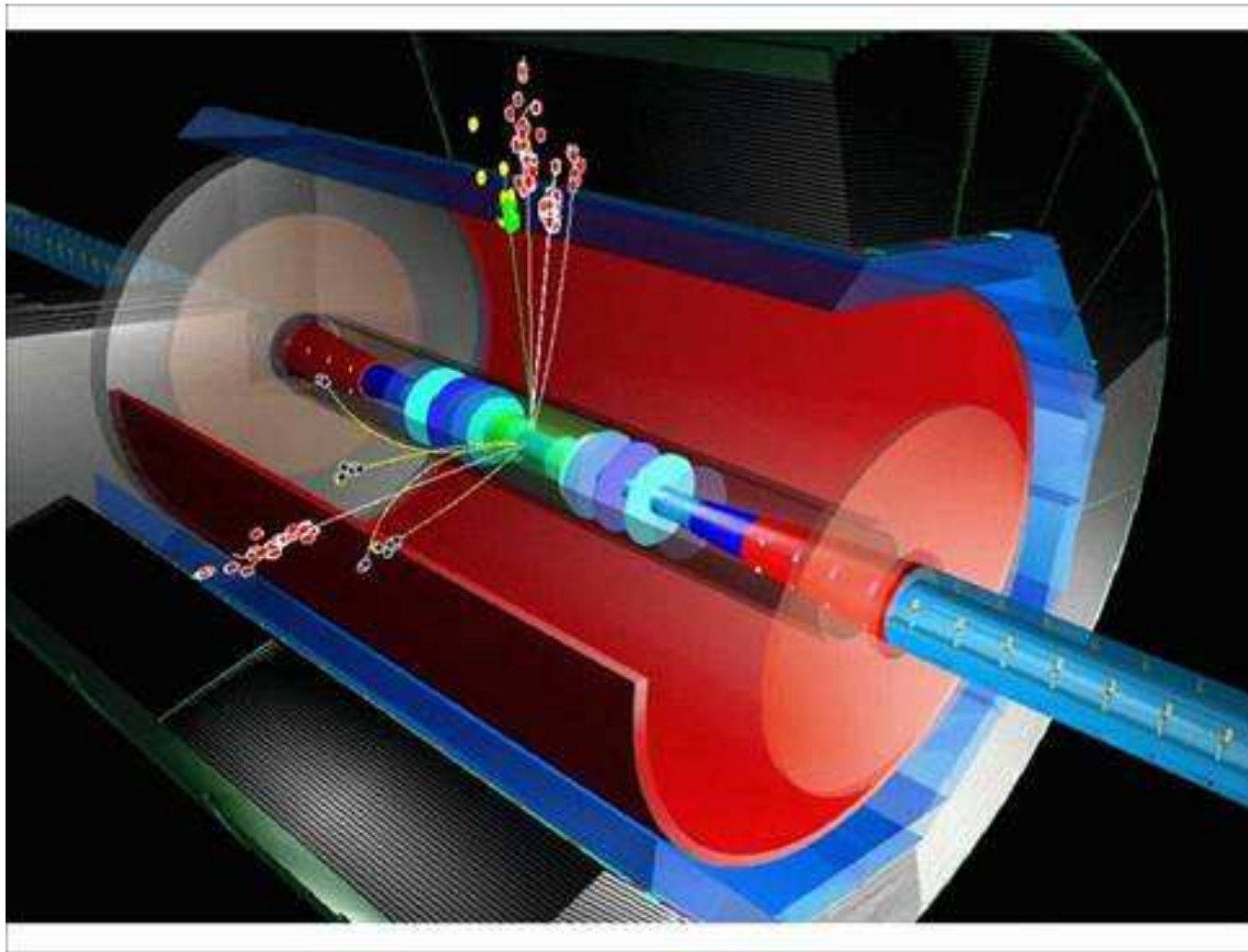


Desintegración del neutrón



Colisión electrón-electrón

Dónde y cómo se producen las partículas

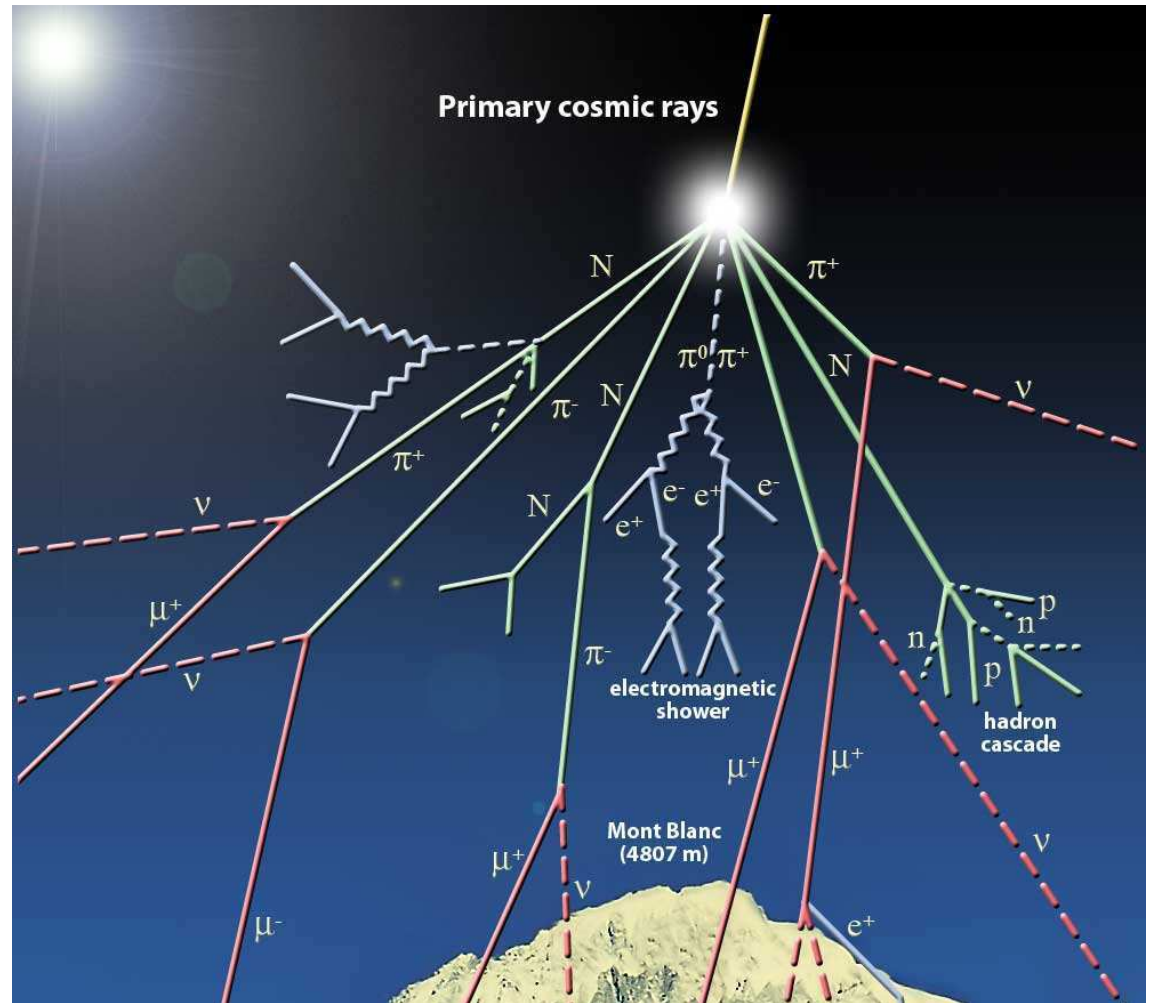
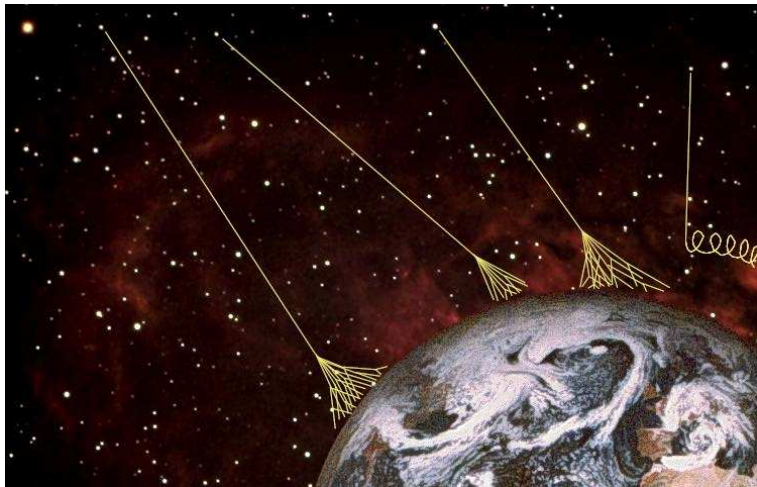


Colisionadores:

Aceleradores de partículas en haces frontales que colisionan en un punto
La energía acumulada en la colisión se transforma en la producción
de otras partículas (Conservación de la Energía: $E = mc^2$)

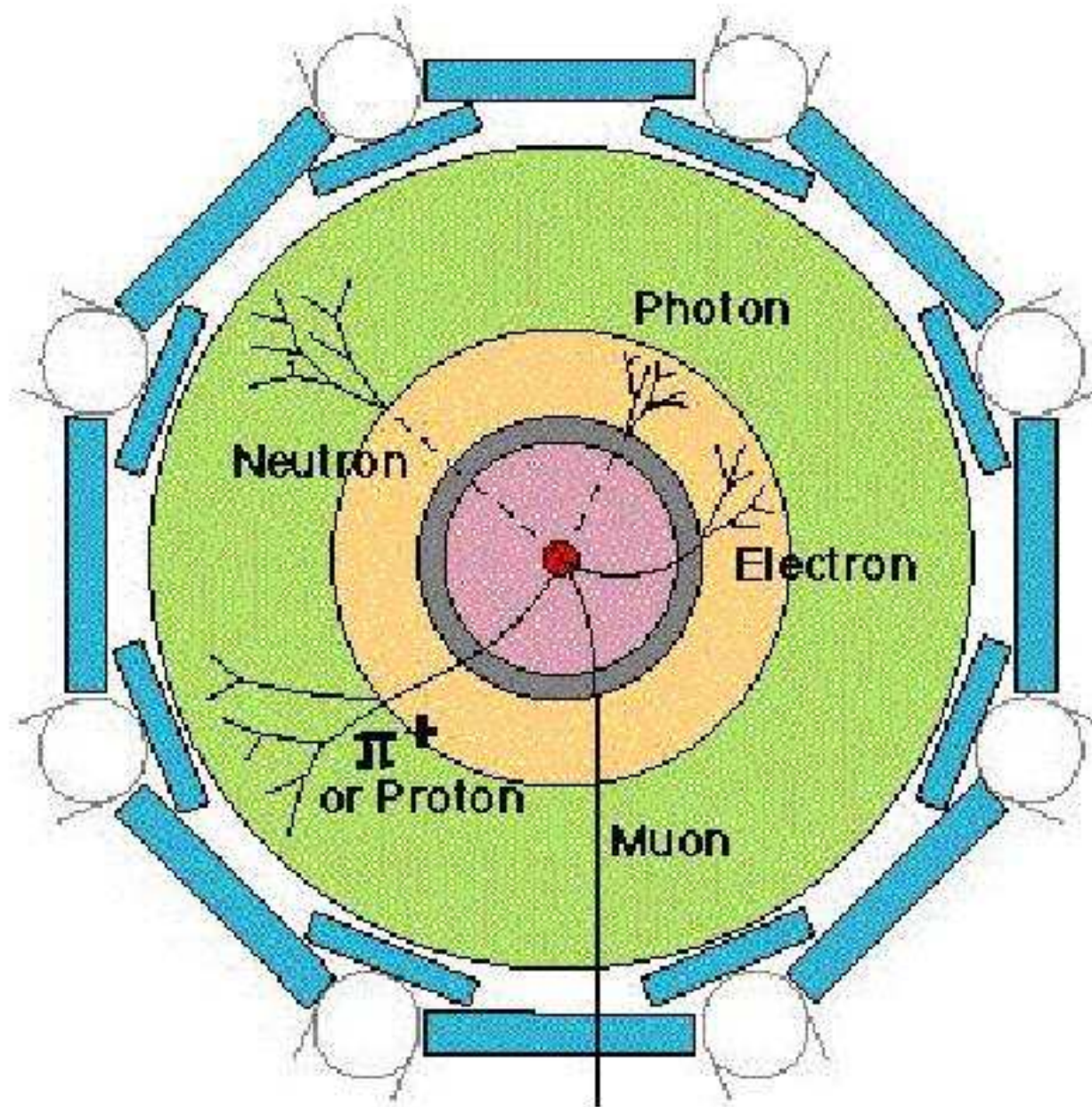
También nos llegan desde el espacio

Cascadas de partículas en rayos cósmicos



En este caso la fuente no puede ser manipulada por el hombre:
Hay que esperar a que el Cosmos nos envíe los rayos de partículas.

Cómo sabemos que se han producido las partículas?



Trazas en los detectores: Huellas de las partículas

LHC: El gran proyecto europeo del siglo XXI

Large Hadron Collider (LHC) = El Gran Colisionador de hadrones (protones)

Es el acelerador de partículas más grande y potente del mundo

Lugar: Frontera Francia-Suiza, cerca de Ginebra



Laboratorio CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear)

El CERN se fundó en 1954 y es un ejemplo modélico de colaboración internacional

El CERN tiene 20 estados miembros, incluido España

El LHC se construyó en la década de 1980 y empezó a funcionar en 2009/2010

En el LHC hay más de 10.000 científicos e ingenieros involucrados y más de 500 instituciones y empresas del mundo: no solo Europa, también EEUU, Asia,...

España en el LHC

Tras un primer periodo (1961-1968), España volvió a ingresar en el CERN como miembro de pleno derecho en 1983.

Los 20 Estados miembros que componen el CERN contribuyen a su presupuesto con una cuota fija en función de su PIB. España es el quinto contribuyente detrás de Alemania, Reino Unido, Francia e Italia, con una cuota del 8,53% del total para 2013.

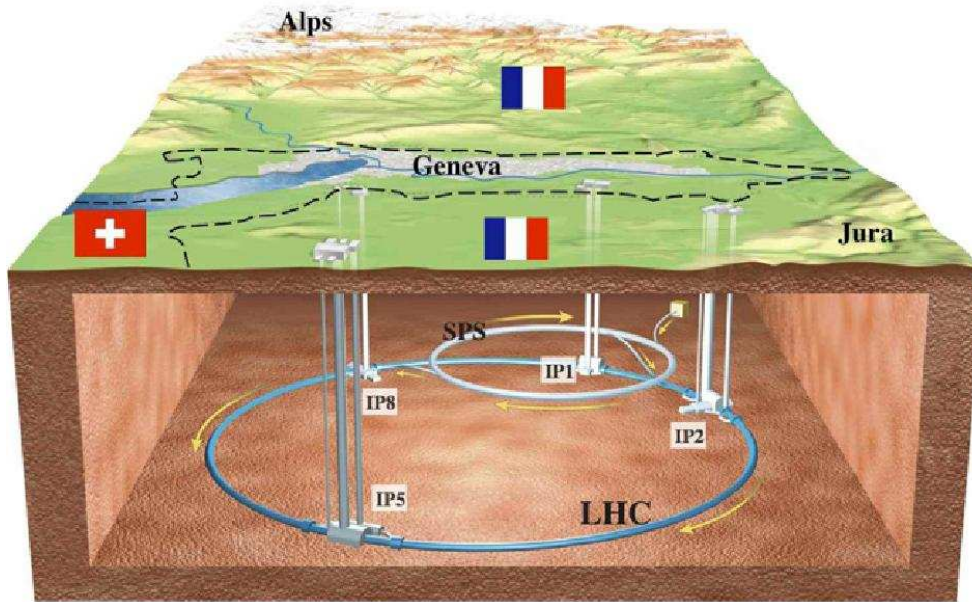
En la actualidad hay más de 500 científicos, ingenieros y técnicos españoles en el CERN entre personal de plantilla, asociados, colaboradores y estudiantes.

200 científicos y técnicos españoles participan en el LHC y sus principales experimentos (ATLAS, CMS, LHCb y ALICE).

En la construcción y mantenimiento del LHC y sus experimentos participan 70 empresas españolas. España es el quinto Estado miembro del CERN en retornos industriales, obteniendo el 6,5 % del total de las adjudicaciones.

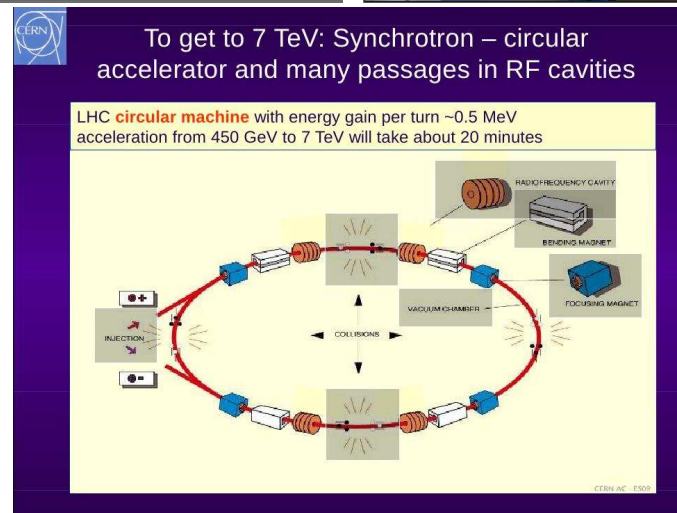
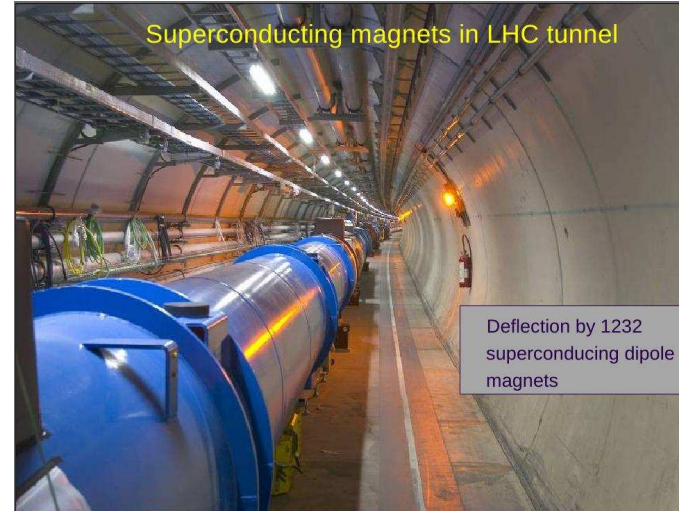
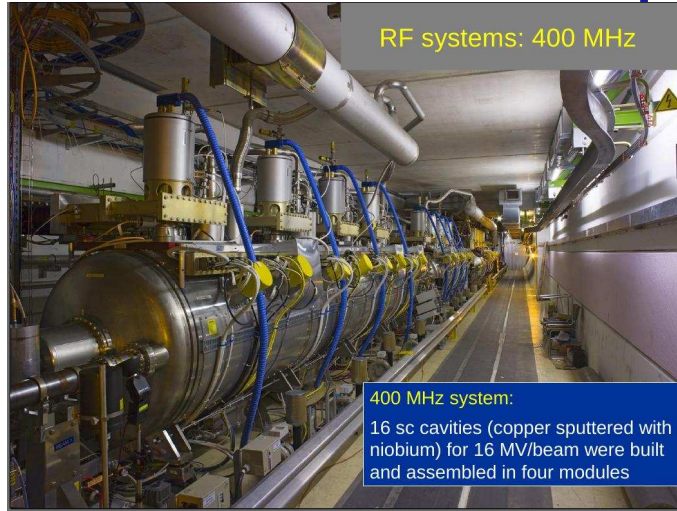
El tunel del LHC

Longitud circunferencia: 27 Km, Profundidad: 100 m (aprox)



Fantástica obra de ingeniería en la que se tuvo en cuenta muchos y variados aspectos: obras públicas, geológicos, medioambientales,...etc. Incluso se consideraron los posibles efectos de la luna y el paso del tren francés TGV.

Aceleración de protones en el LHC



Cada haz contiene unos 3000 paquetes y cada paquete unos 100.000 millones de protones.

Aceleración mediante Cavidades de Radiofrecuencia (Campos Electricos, RF).

Los haces se enfocan y se curvan mediante Electroimanes Superconductores (unos 1800 a -271 grados).

Los protones alcanzan casi la velocidad de la luz (llegan a más del 99.9%).

Energía total (de los dos haces) = 7 TeV, 8 TeV (pasado) y 14 TeV (futuro).

Comparando el LHC con lo cotidiano



Energía total LHC = 14 TeV (14 Teraelectronvoltios) = 14×10^{12} eV = 14000000000000 eV

1eV = un electrónVoltio = es la energía de un electrón en un Voltio

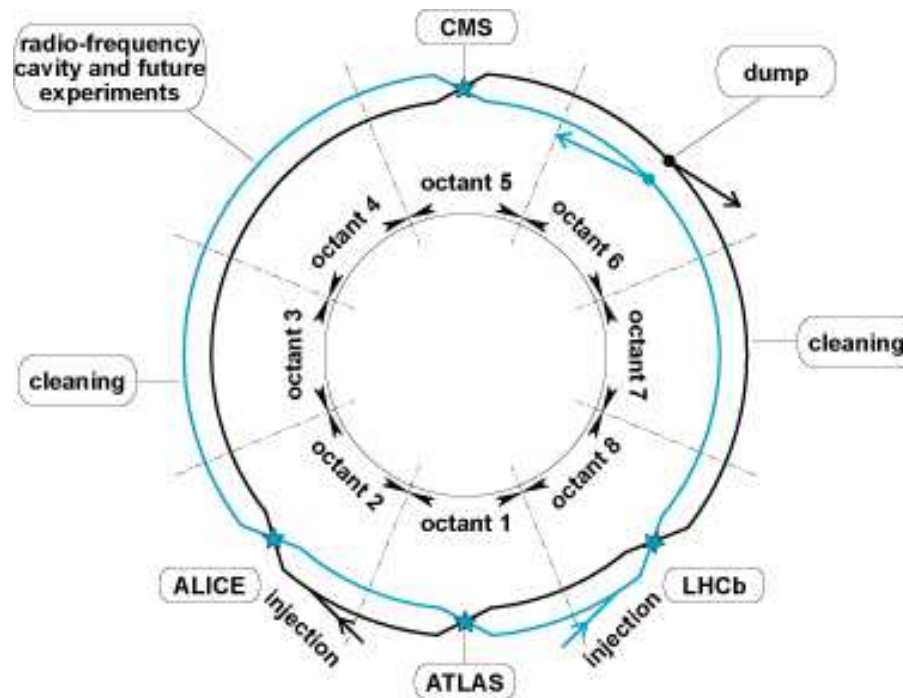
Energía (antigua) TV = 5000 eV

La Energía del LHC es 3000 millones de veces mayor que la de la (antigua) TV

14 veces la energía de un mosquito en un espacio 1 trillón de veces más pequeño!!!

Cruces de haces y choques de protones en el LHC

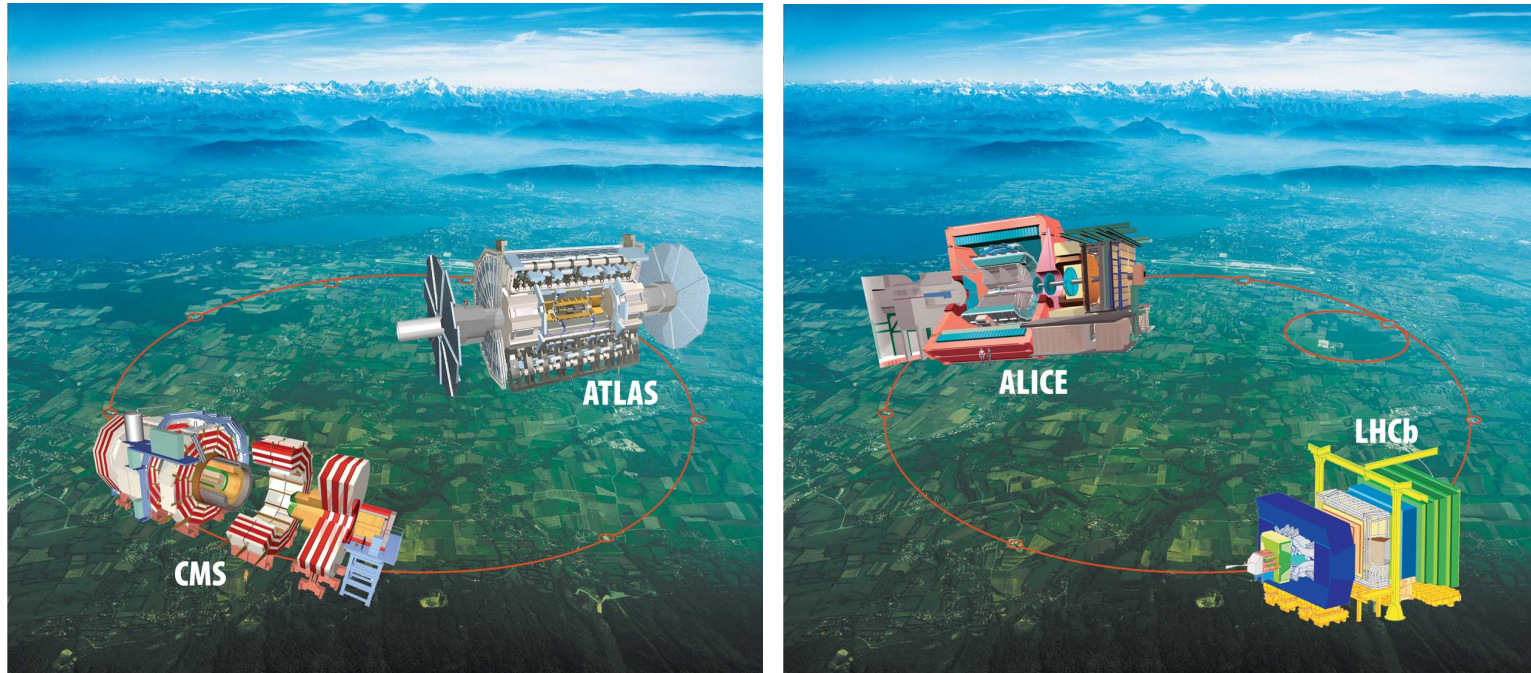
Los cruces de haces se producen en cuatro regiones de interacción.



Las partículas son tan pequeñas que la probabilidad de que dos de ellas choquen al cruzarse los haces es extremadamente pequeña. Pero como los haces se cruzan unas 30 millones de veces por segundo, al final ocurren.....

600 millones de choques de partículas por segundo!!!!

Los Detectores del LHC



ATLAS = A Toroidal LHC ApparatuS (Aparato Toroidal en el LHC)

CMS = Compact Muon Solenoid (Solenoid Compacto para Muones)

LHCb = LHC for B physics (Detector en LHC para mesones B)

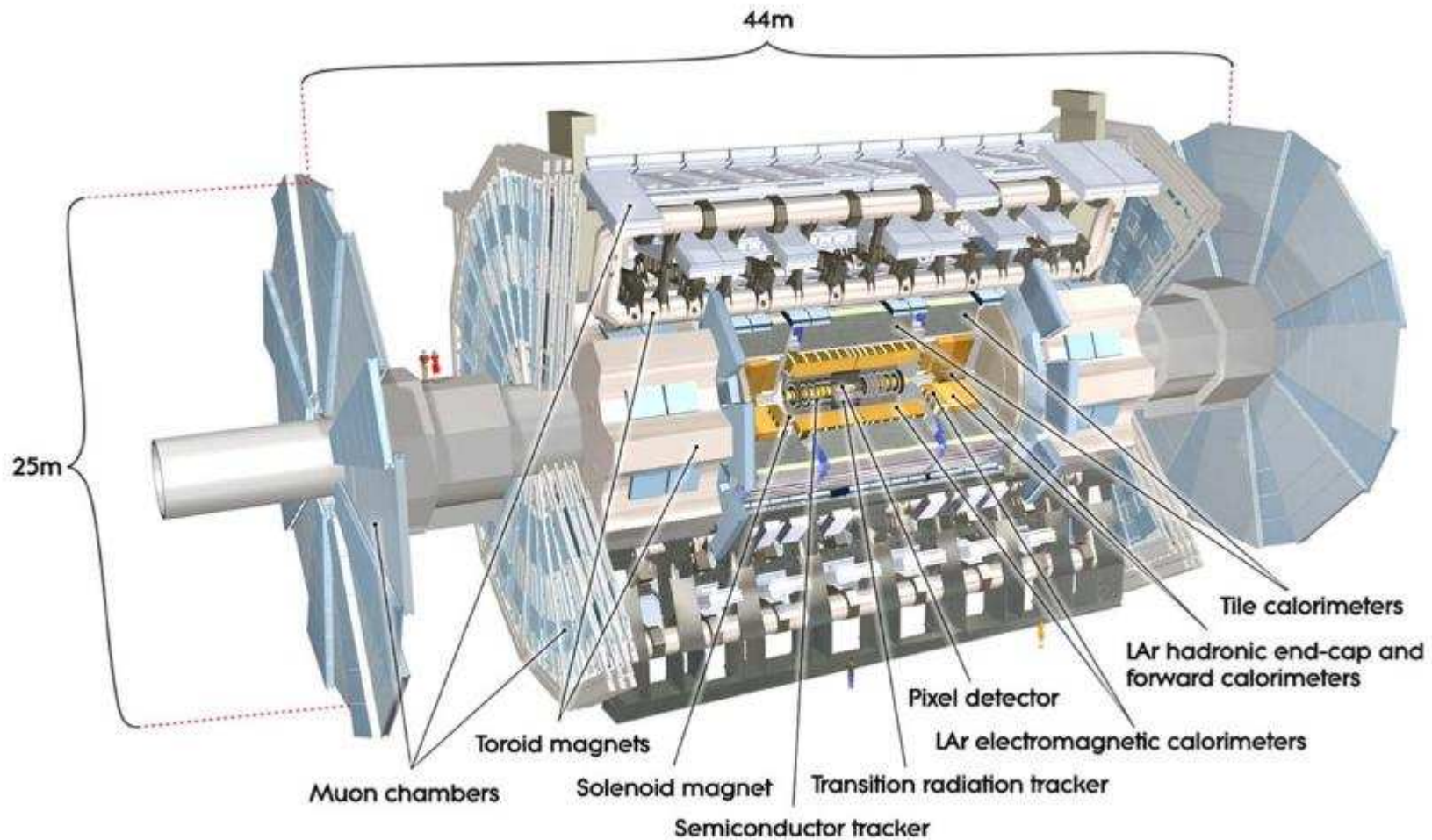
ALICE = A Large Ion Collider Experiment (Gran Colisionador de Iones)

Enormes colaboraciones (ejemplo: CMS)



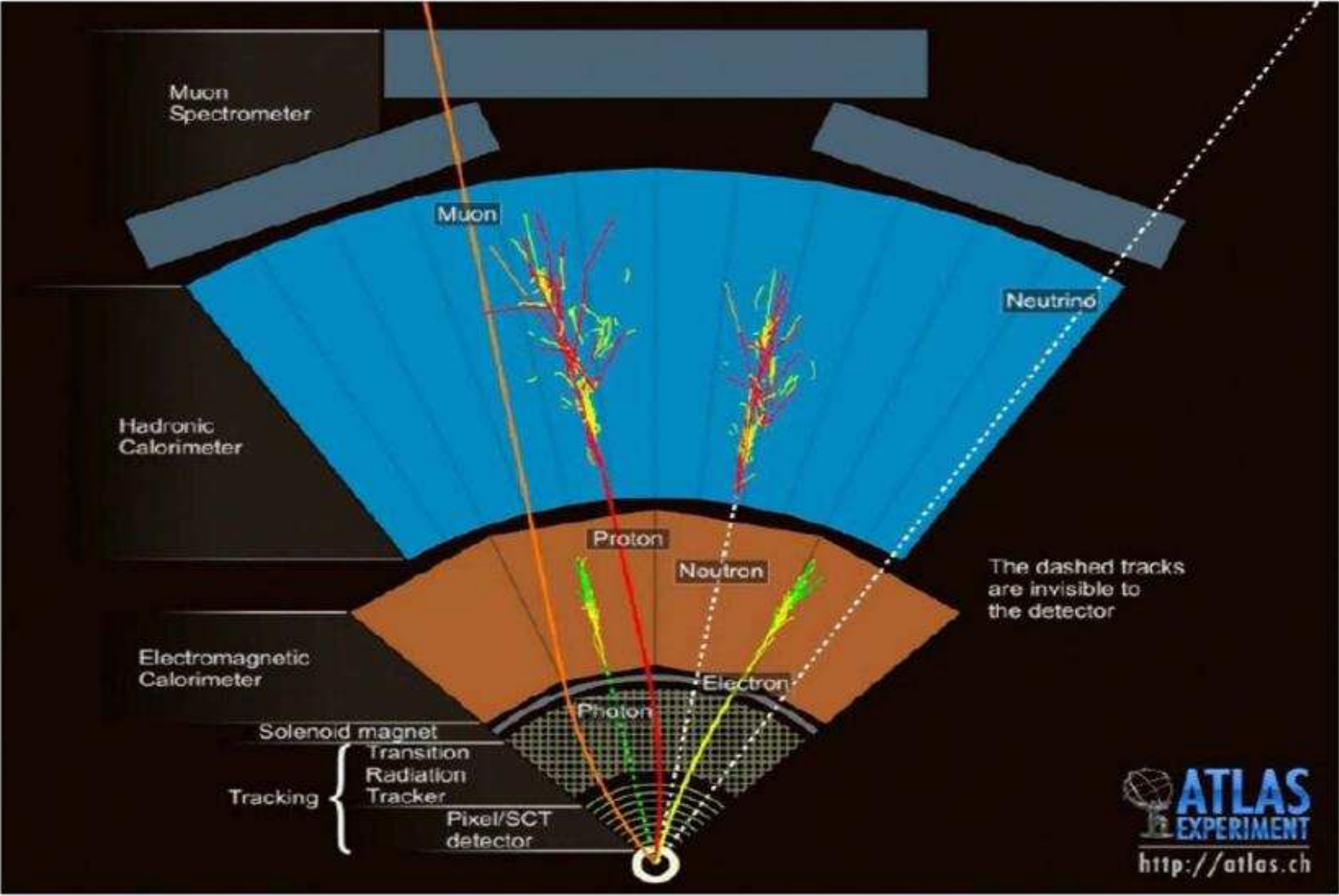
Con 2000 miembros entre científicos e ingenieros, 155 instituciones y 37 países

Detectores de dimensiones colosales (ejemplo: ATLAS)

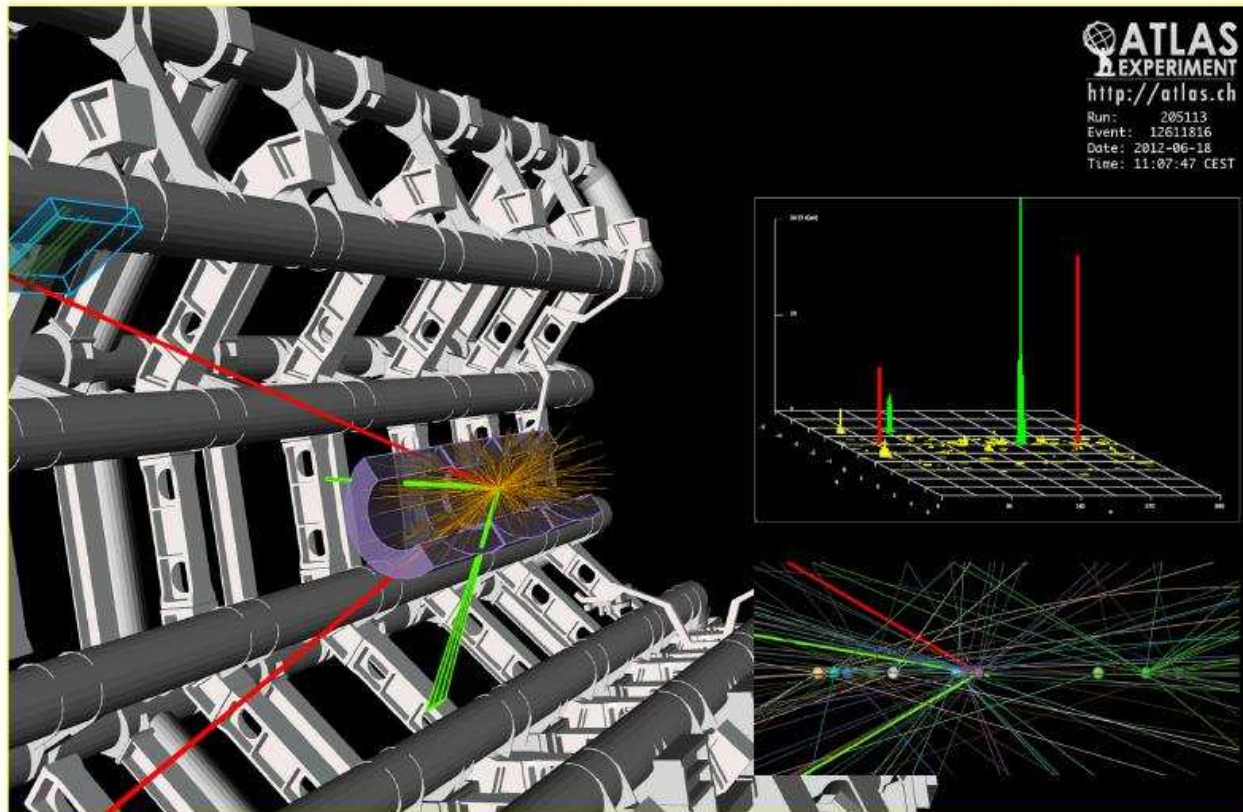


Con subdetectores específicos colocados en capas sucesivas entorno al punto central de la colisión: detector de vértice, calorímetro electromagnético, calorímetro hadrónico, cámaras de muones, etc

Detectando cada tipo de partícula (ejemplo: ATLAS)



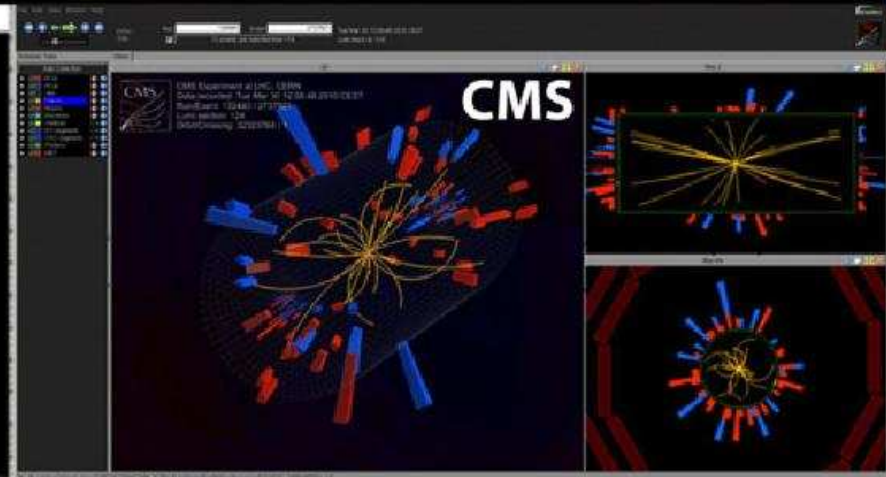
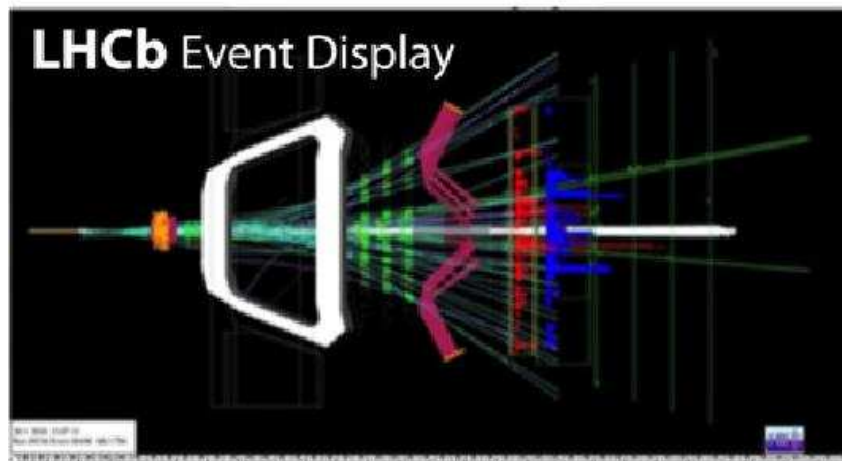
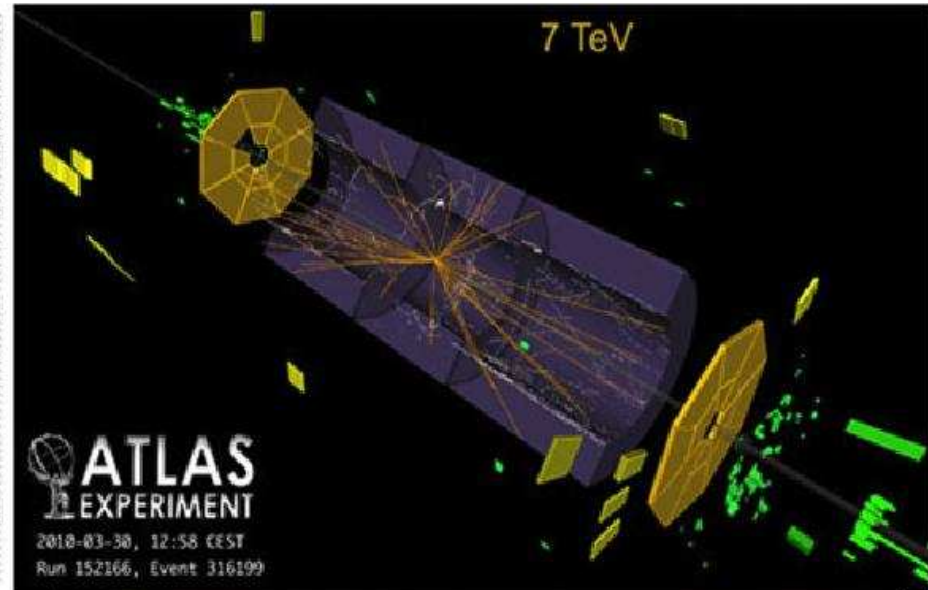
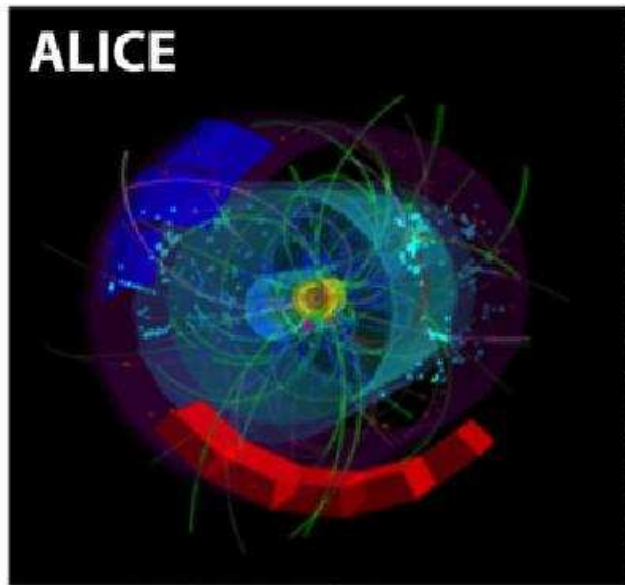
Reconstruyendo los eventos (ejemplo: ATLAS)



Enorme trabajo de procesamiento de información y simulación de imágenes por ordenador

GRID = decenas de miles de ordenadores de todo el mundo (25 millones de Gigabytes de datos al año)

Ejemplos de eventos en los cuatro detectores



Los mayores desafíos del LHC

1 **Encontrar el Bosón de Higgs** **SI !!!!, anunciado el 4 Julio 2012**

2 **Descubrir nuevas partículas ? (Cuales?)**

★ Nuevas subestructuras ?, Subquarks?

★ Otros Bosones de Higgs ?

★ Partículas Supersimétricas ?

★ Responsable de la materia oscura ?

★ Mediadoras de nuevas interacciones ?

★ ...Pon aquí tu propuesta favorita....

3 **Efectos nuevas dimensiones ? (Cuántas?)**

Conservación de la Energía: $E = mc^2$

Los protones a gran velocidad (gran energía), colisionan frontalmente, se autodestruyen y se crean nuevas partículas que pueden ser muy masivas

Comunidad de Físicos/as de Altas Energías



El trabajo conjunto de teóricos y experimentales es el que hace avanzar en el conocimiento. Existen numerosos ejemplos en la historia de la Física de Partículas. Uno de los más llamativos:

Modelo Estándar de las Partículas Elementales y sus Interacciones

Modelo Estándar: éxito sin precedentes

Modelo que describe con notable éxito (hasta la fecha) tres de las cuatro interacciones fundamentales entre las partículas elementales que constituyen toda la materia. Incluye dos Teorías Cuánticas de Campos (compatibles con la Mecánica Cuántica y la Relatividad Especial): Teoría Electrodébil y Cromodinámica Cuántica.



(Weinberg, Glashow, Salam; Nobel Física 1979)

Teoría Electrodébil: desarrollada en los '60

Describe las int.: electromagnéticas y débiles

Ints. que afectan a: quarks y leptones



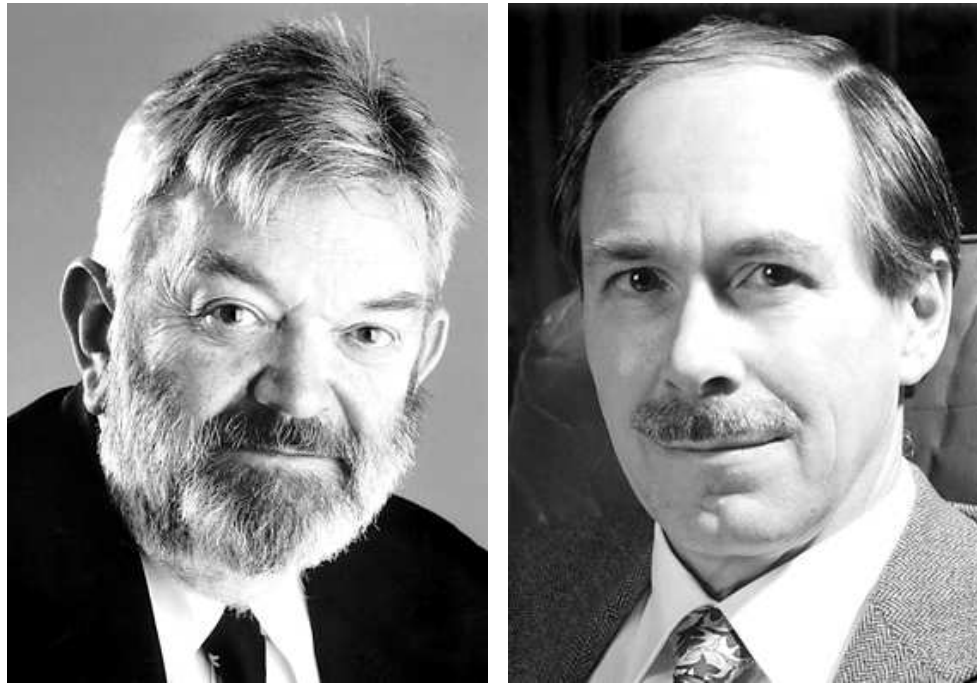
(Politzer, Wilczek, Gross; Nobel Física 2004)

Cromodinámica Cuántica: en los '70

Describe las int.: fuertes

Ints. que afectan a: quarks

Más premios Nobel en relación con el ME



Martinus Veltman y Gerardus t' Hooft (Holandeses)

Premios Nobel de Física 1999

Por demostrar la consistencia (en su estructura cuántica)
del Modelo Estándar (Parte Electrodébil)

Partículas Elementales en el Modelo Estándar

★ Partículas de Materia

Fermiones de espín 1/2

● Primera generación

electrón **e**, neutrino electrónico ν_e

quark up **u**, quark down **d**

● Segunda generación

muón μ , neutrino muónico ν_μ

quark charm **c**, quark strange **s**

● Tercera generación

tau τ , neutrino tauónico ν_τ

quark bottom **b**, quark top **t**

Carga eléctrica:

$$Q_{e,\mu,\tau} = -e, Q_\nu = 0, Q_{u,c,t} = \frac{2}{3}e, Q_{d,s,b} = -\frac{1}{3}e$$

Carga de color: quarks de 3 'colores'

Masa: $m_{\text{gen 1}} \ll m_{\text{gen 2}} \ll m_{\text{gen 3}}$

Ej: $m_\nu < 1 \text{ eV}$, $m_t \sim 200 m_p$

★ Partículas de Interacción

Bosones de espín 1

- Fotón γ Int. electromagnética
- Gluones g_1, \dots, g_8 Int. fuerte
- Bosones W^+ , W^- , Z Int. débil
- Gravitación No incluida

Carga eléctrica:

$$Q_\gamma = Q_g = Q_Z = 0, Q_{W^+} = +e, Q_{W^-} = -e$$

Masa:

$$m_\gamma = m_g = 0, m_{W,Z} \sim 100 m_p$$

★ Partícula Generadora de Masas

Bosón de espín 0

- Bosón de Higgs **H** (Ya descubierto!!)

Carga neutra, Masa no predicha en ME



Materia, Interacción, las dos?

Espín de una partícula

Es una propiedad de carácter exclusivamente cuántico

Espín de una partícula = momento angular intrínseco de la partícula

El momento lineal y el angular sí tienen una analogía en el mundo clásico

Mundo clásico

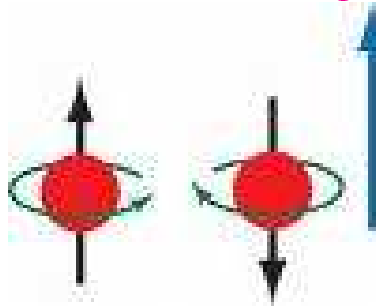


$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} ; \vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

mayor velo. lineal \rightarrow mayor momento lineal

mayor velo. de rotación \rightarrow mayor mom. ang.

Figurativo cuántico:



Espín electrón = $1/2$

Podemos imaginar que la partícula rota sobre sí misma generando un momento angular intrínseco: el espín

2 'giros' dif. \rightarrow 2 estados de espín $S = \pm 1/2$

En general: espín de un fermión = semientero, espín de un bosón = entero

En el Modelo Estándar: espín de part. de materia = $1/2$, espín de part. de interacción = 1

espín del bosón de Higgs = 0

confirmado experimentalmente !!!!

Simetrías en la Naturaleza

Simetría= Invariancia ante transformaciones



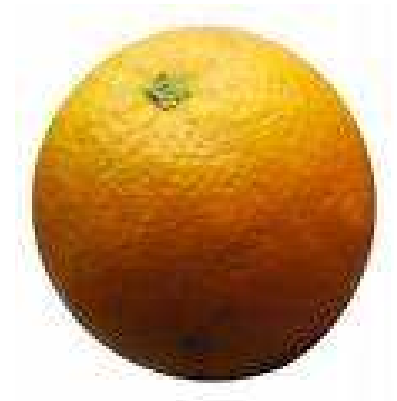
Axial



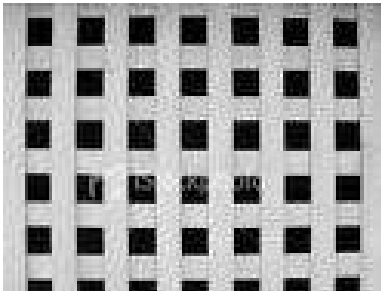
Axial



Radial



Esférica



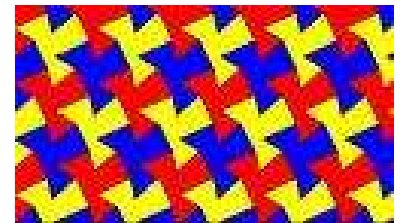
Traslación 1



Traslación 3



Blanco-Negro



Tres colores

Simetrías en Física y cantidades conservadas

Teorema de Noether:

A cada Simetría le corresponde una cantidad conservada y viceversa



Emmy Noether
(1882-1935)

Ejemplos:

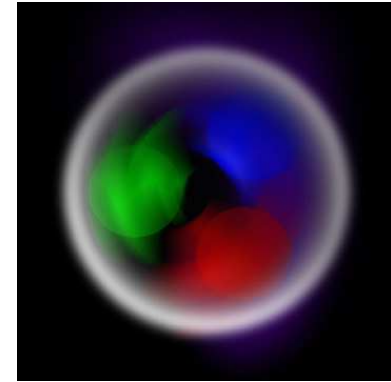
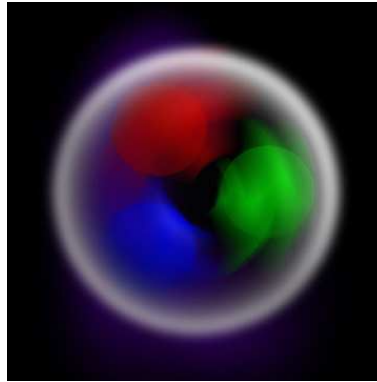
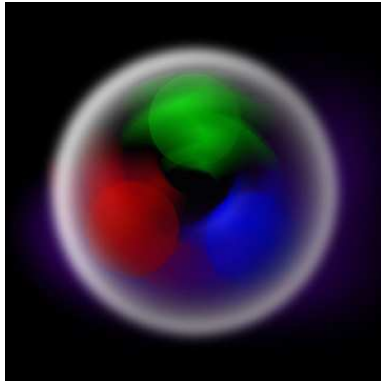
Simetría de traslaciones en el espacio \longrightarrow conservación del momento lineal

Simetría de traslaciones en el tiempo \longrightarrow conservación de la energía

Simetría de rotaciones en el espacio \longrightarrow conservación del momento angular

Simetrías del Modelo Estándar

Simetría de 'Color' (Bajo rotaciones de la carga de color)

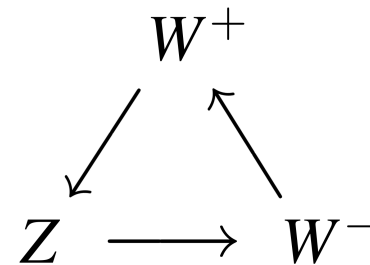


Los tres describen al mismo protón ('blanco')

Simetría 'Débil' (Bajo rotaciones de la carga débil)

$$u \longleftrightarrow d$$

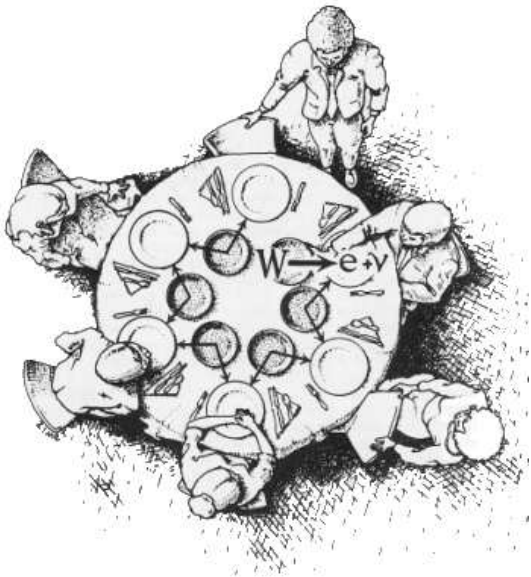
$$\nu_e \longleftrightarrow e$$



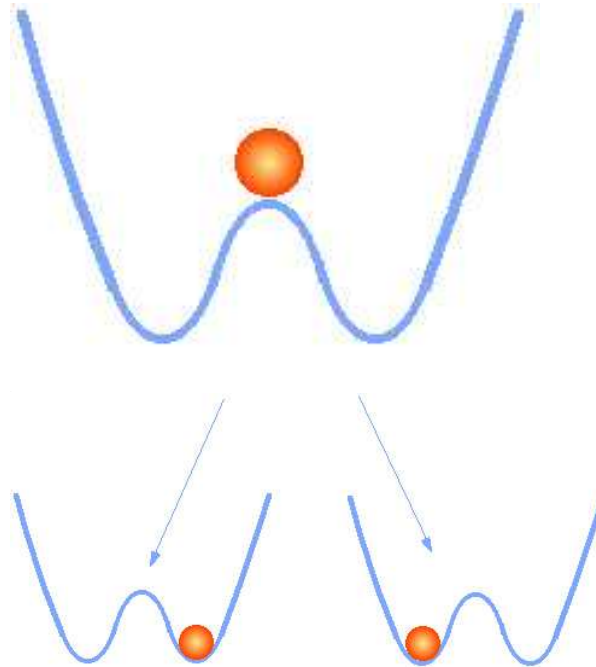
Pero la simetría débil NO es perfecta, la masa les diferencia (además de la carga eléctrica)

La simetría débil está rota espontáneamente

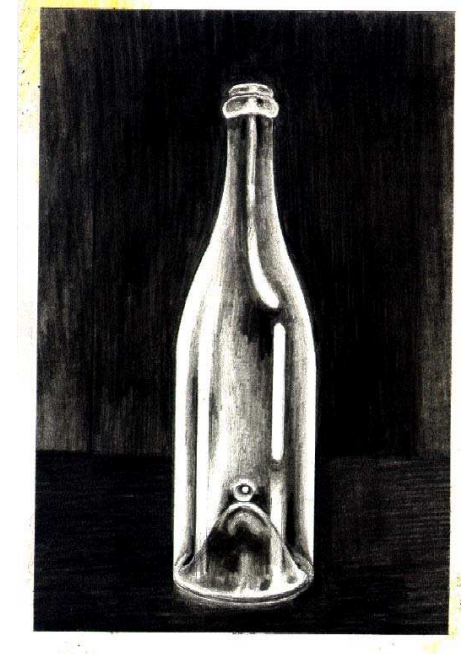
Ruptura Espontánea de una Simetría



Izda-Dcha



Axial



Rotacional

La ruptura se produce con la elección espontánea de sólo una de entre todas las posibilidades que a priori son igualmente probables



Dónde caerá la bolita de la botella

Una vez caida, se habrá roto la simetría rotacional

La gran noticia mundial del 4 de Julio de 2012.....



Anuncio del descubrimiento del Bosón de Higgs

En directo y transmitido a todo el mundo por video-conferencia desde el CERN

El 4 de Julio de 2012 las dos colaboraciones ATLAS y CMS, anunciaron

'Hemos observado un nuevo bosón con masa unas 125 veces la del protón' !!!!.

La última transparencia del portavoz de CMS (Joe Incandela):

In summary

We have observed a new
boson with a mass of
 125.3 ± 0.6 GeV
at
 4.9σ significance !

J. Incandela, LHCb/CERN
July 4, 2012, Boulder Colorado

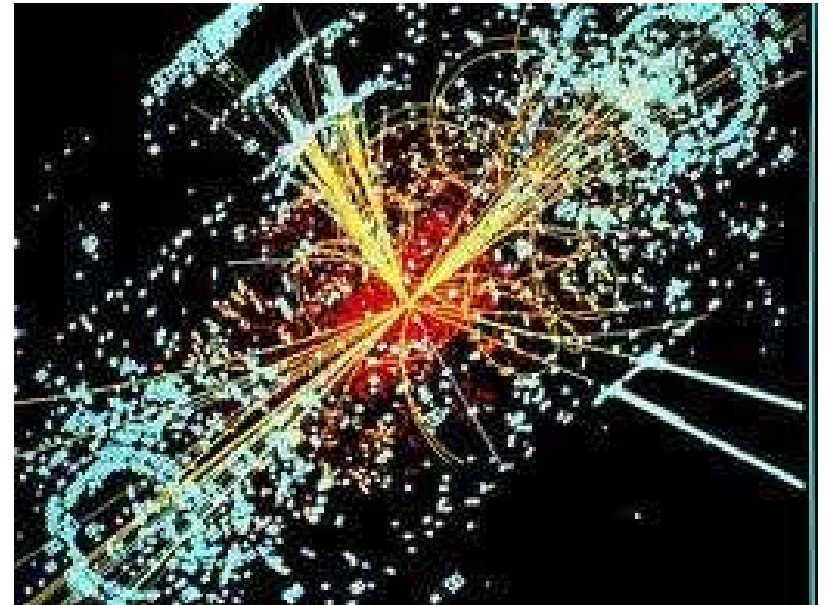
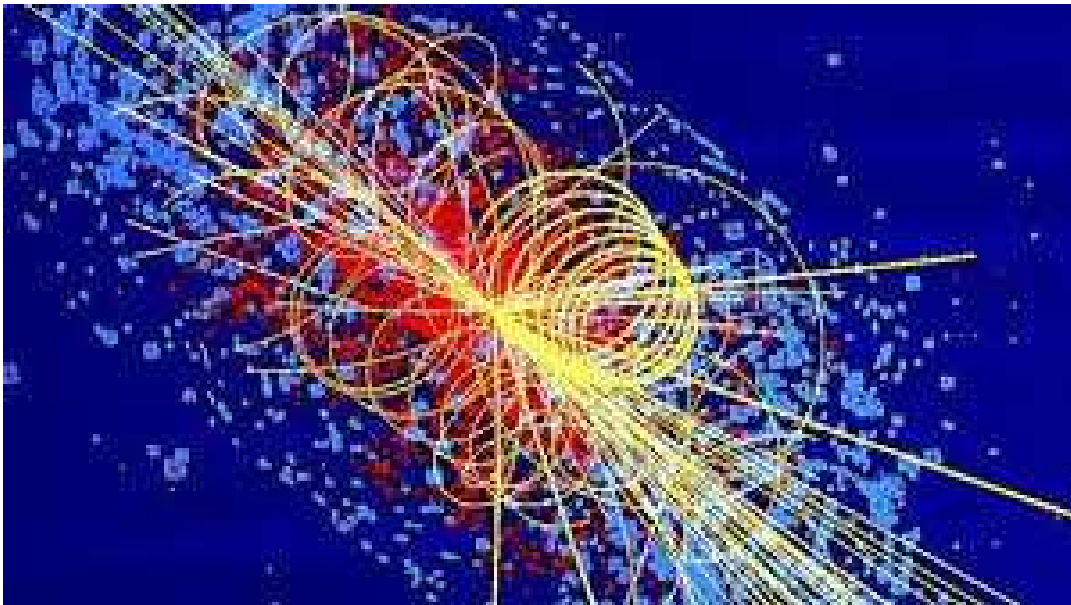
Y un anuncio similar de la portavoz de ATLAS (Fabiola Gianotti)

La probabilidad de que lo visto no fuera el Higgs: 1 sobre 10 millones!!

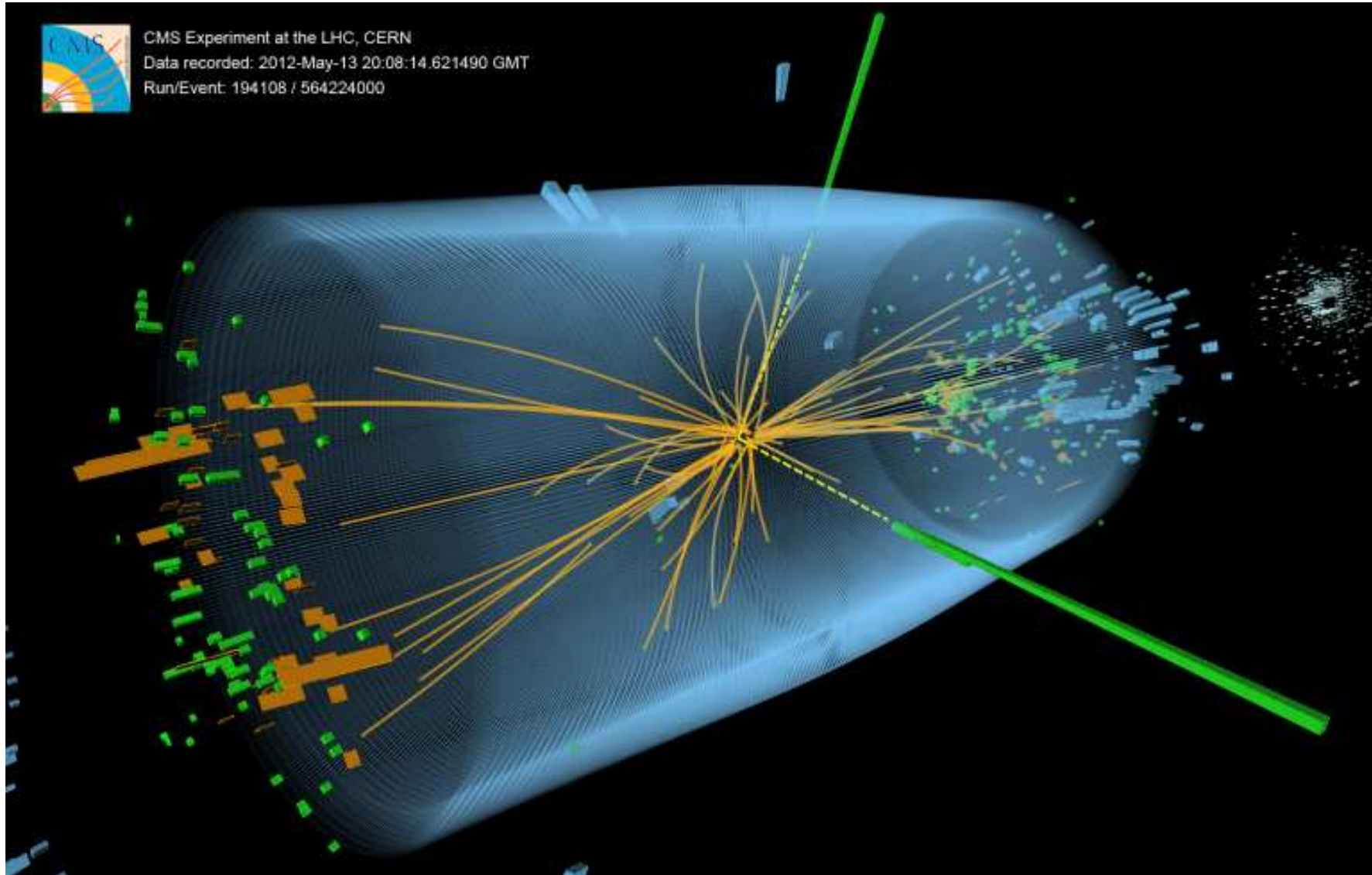
Los eventos del Bosón de Higgs

A fecha de hoy, la observación del Bosón de Higgs se ha confirmado con un grado de certeza aun mayor.

Existen numerosas imagenes preciosas de eventos del Bosón Higgs fácilmente accesibles en la web. Como éstas:

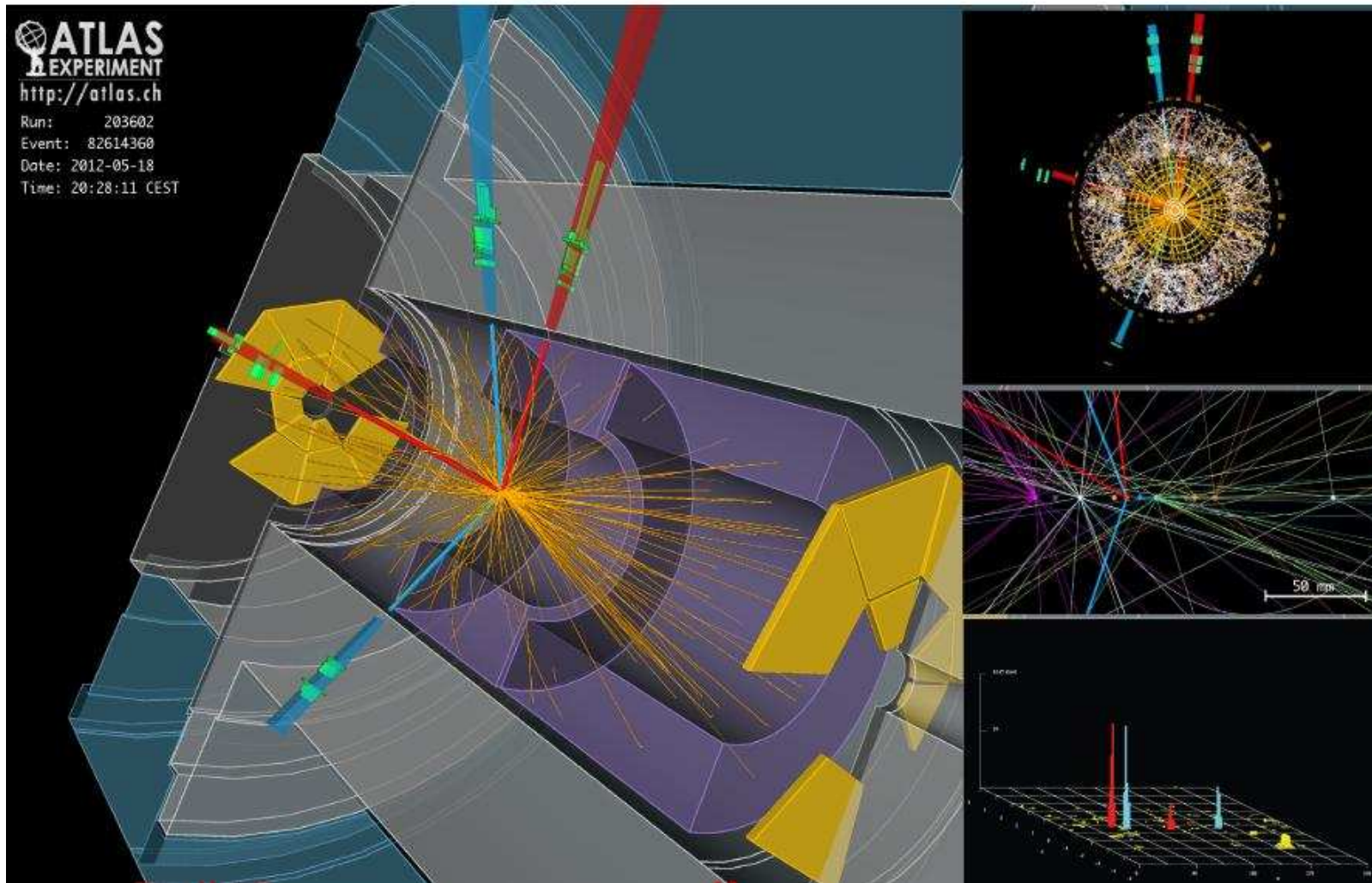


Bosón de Higgs desintegrándose en dos fotones



Bosón de Higgs desintegrándose en cuatro leptones

The golden channel



Los premiados (mundialmente)



Francois Englert (Belga) y Peter Higgs (Inglés):

Premios Nobel de Física 2013 (8 Octubre)

Por proponer el mecanismo de generación de masas y predecir la existencia de la partícula 'de Higgs'

También participó Robert Brout (Americano-Belga) fallecido en 2011

Y también en España



Higgs, Englert y el CERN (en la foto el director: Rolf Heuer)

Premios Príncipe de Asturias 2013 (25 Octubre)

Pero, qué es realmente el Bosón de Higgs ?

No es fácil dar una definición satisfactoria....

Según la Wikipedia:

El bosón de Higgs o partícula de Higgs es una partícula elemental propuesta en el Modelo Estándar de Física de Partículas. Recibe su nombre en honor a Peter Higgs quien, junto con otros, propuso en 1964, el hoy llamado **Mecanismo de Higgs**, para explicar el **origen de la masa de las partículas elementales**. El Bosón de Higgs constituye el cuanto del **Campo de Higgs**, (la más pequeña excitación posible de este campo). La partícula de Higgs, **no posee espín**, ni carga eléctrica, ni color, es muy inestable y se desintegra rápidamente, su vida media es del orden del zeptosegundo ($10^{-21}s$) . En algunas Variantes del Modelo Estándar puede haber varios bosones de Higgs.

P.Higgs, F.Englert, R.Brout (1964)

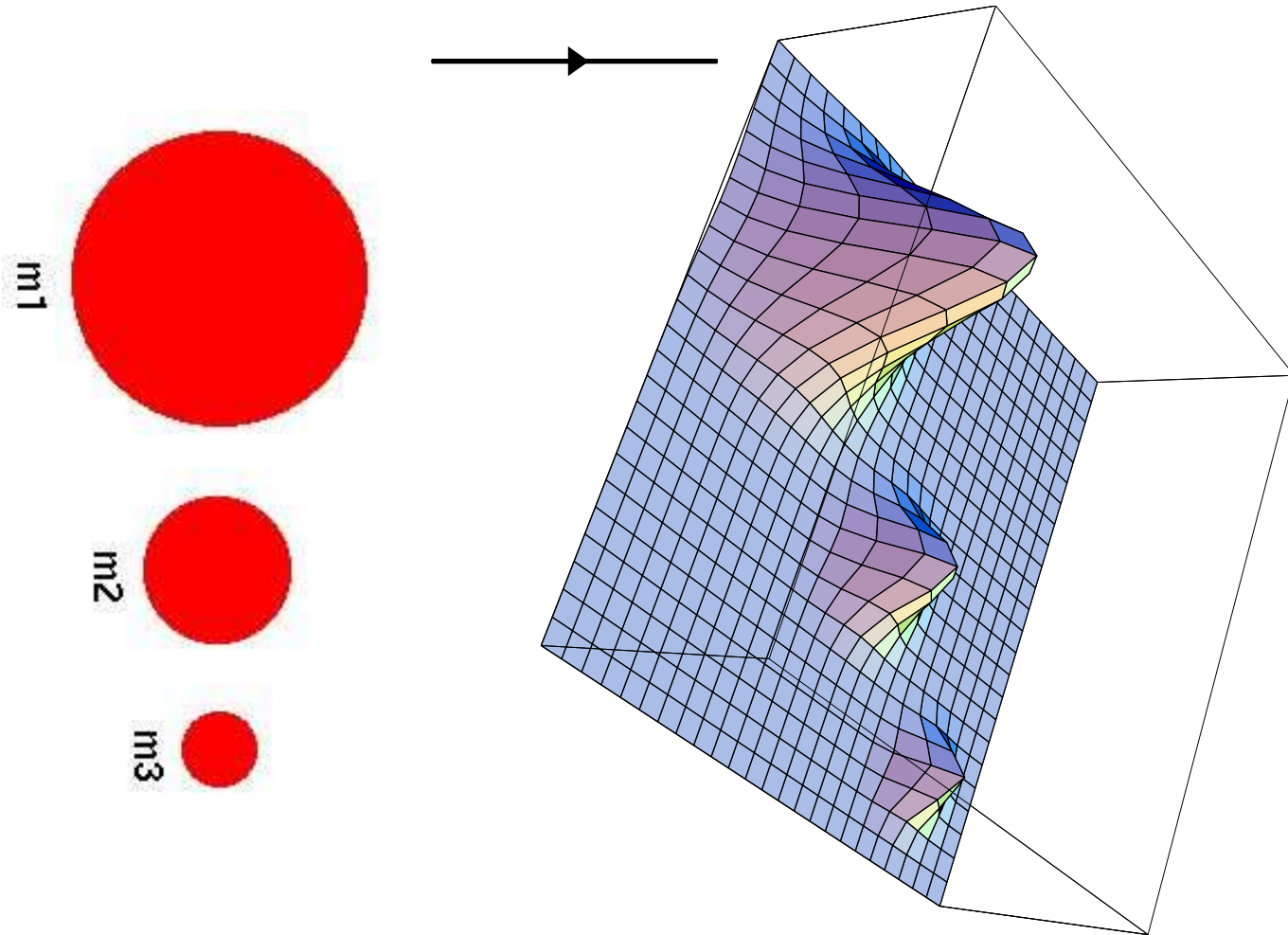
G.Guralnik, C.Hagen, T.Kibble (1964)

(Inspirados en Anderson, Schwinger..)



Cómo se genera la masa de una partícula?

(Mi visión figurativa 'naive' del Bosón de Higgs)



Campo de Higgs: Efecto que rellena todo el espacio vacío y que afecta a todas las demás partículas que lo atraviesan (o simplemente están en él). Otros campos: eléctrico, magnético, gravitatorio, etc

Mecanismo de Higgs: Al moverse/estar en el Campo de Higgs sienten una fuerza de resistencia similar a las fuerzas de viscosidad en un líquido espeso: mayor resistencia = mayor masa

Aspectos satisfactorios y no tan satisfactorios del ME

Satisfactorios:

Predicción de la existencia de los bosones W y Z antes de su descubrimiento (CERN 1984), y anticipo correcto del valor de sus masas, antes de que se midieran experimentalmente

Predicción de la existencia del quark t antes de su descubrimiento (TeVatron 1994)

Predicción de la existencia de los gluones con las propiedades correctas, testadas a posteriori en varios experimentos

Predicción correcta de la evolución de las tres interacciones con la energía ('running')

Predicciones extraordinariamente precisas en acuerdo excelente con los datos de LEP (Large Electron Positron, 1989-2000 CERN) y ahora también de LHC

No satisfactorios:

No unifica a las tres interacciones incluidas

No incluye la Gravitación

No incluye a neutrinos masivos

No explica la jerarquía entre las masas de los fermiones

No predice ni la masa ni las auto-interacciones del Higgstodavía misteriosa partícula!!!

Lo que falta por conocer: EL FUTURO

El descubrimiento del Bosón de Higgs puede abrir nuevas pistas sobre nueva Física no incluida en la descripción del Modelo Estándar.

La futura medida precisa de las interacciones del Bosón de Higgs con el resto de las partículas podría no ser la predicha en el ME y por tanto requerir de otra formulación diferente, con posibles nuevas partículas, nuevas simetrías, nuevas interacciones e incluso nuevas dimensiones.

Una de las cuestiones claves para descifrar la naturaleza de la misteriosa partícula es averiguar finalmente si es una partícula elemental o está compuesta por otras. De momento no sabemos la respuesta.

Tampoco sabemos qué principio fundamental es realmente el que provoca ese Campo de Higgs.

En cualquier caso debemos estar preparados para sorpresas en el LHC que pueden ser incluso mas fascinantes de lo que hemos imaginado los científicos.....



Muchas gracias