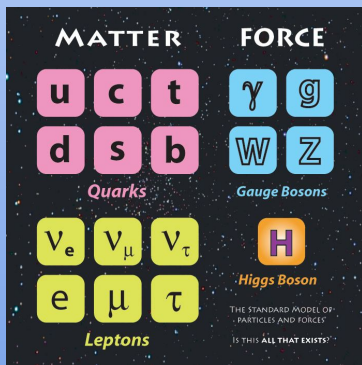
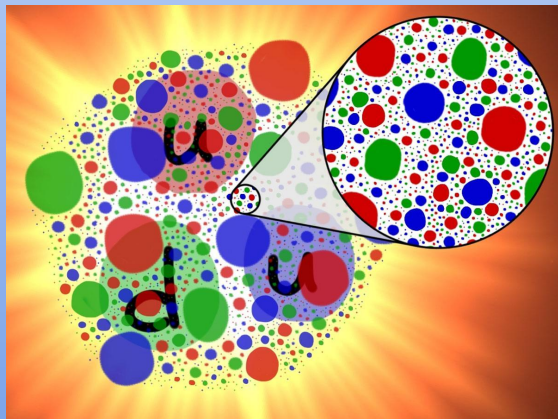


Física experimental de partículas

Dr. Sergi Rodríguez Boscà

Sergi.Rodriguez@cern.ch

CERN



Spanish language teachers programme - July 2024

Índice

Materia? Erase una vez...

Fuerzas fundamentales de interacción

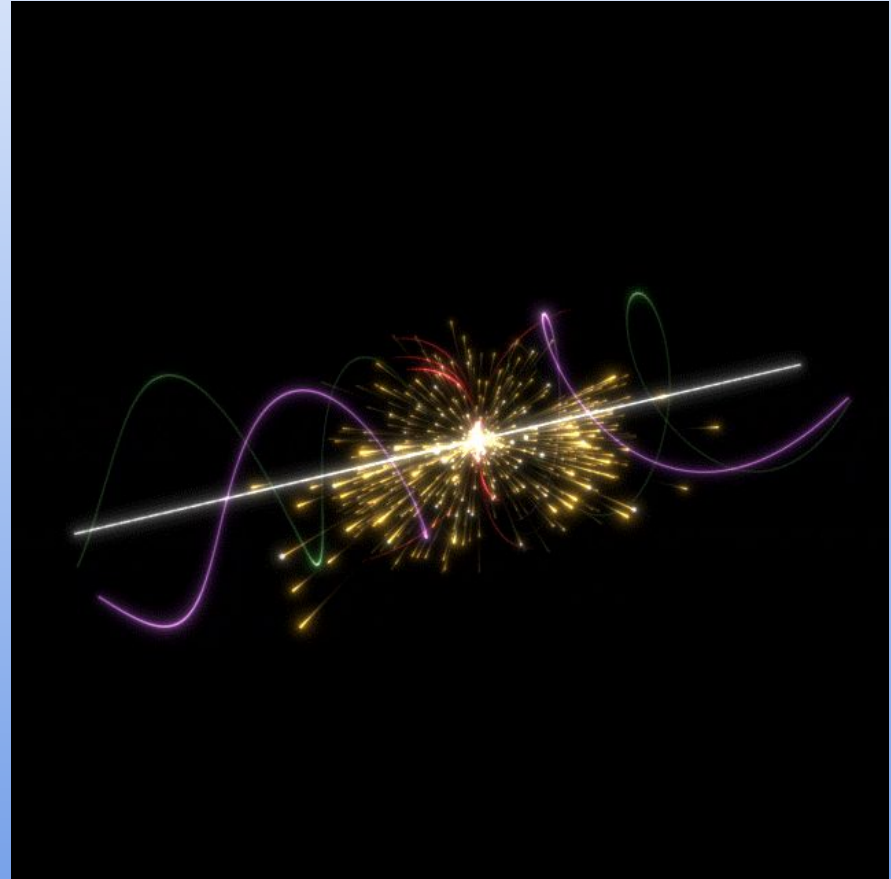
CERN y su acelerador

Cómo se detectan las partículas?

Qué hacemos con la información?

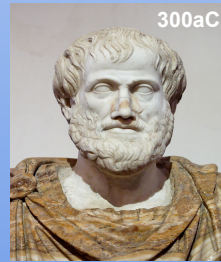
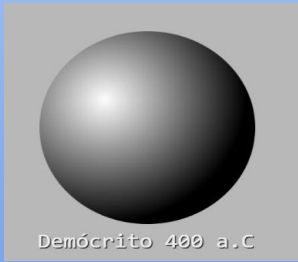
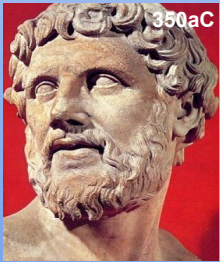
El descubrimiento más esperado

Actualidad...

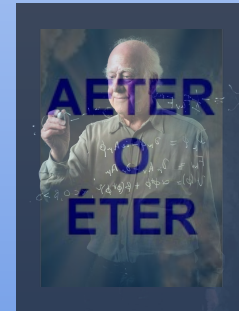


Materia? Erase una vez...

Siglo V-IV aC



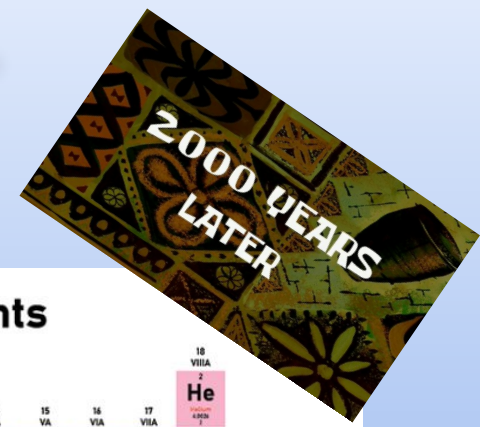
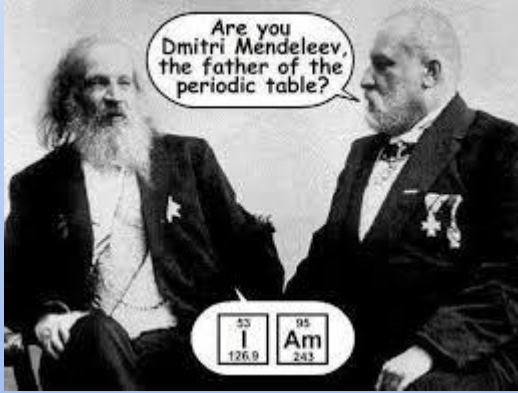
Aristóteles



ATOMOS = sin división

Materia? Erase una vez...

Siglo XIX dC



Año 1869

Periodic Table of the Elements

Atomic Number → 1
Name → Hydrogen
Electrons per shell → 1

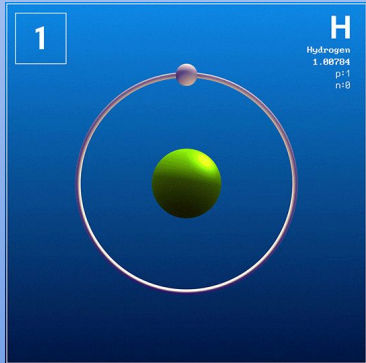
Symbol → H
Atomic Weight → 1.008

State of matter (color of name)
GAS LIQUID SOLID UNKNOWN

Subcategory in the metal-metalloid-nonmetal trend (color of background)
Alkali metals Lanthanides Metalloids
Alkaline earth metals Actinides Post-transition metals
Transition metals Noble gases

Unknown chemical properties

1 IA H Hydrogen 1.008	2 IIA He Helium 4.003																	18 VIIIA Ne Neon 20.180																																																																															
3 IIIA Li Lithium 6.941	4 IIA Be Beryllium 9.012																	19 IX Na Sodium 22.990	20 IX Mg Magnesium 24.305	21 X Al Aluminum 26.982	22 X Si Silicon 28.086	23 X P Phosphorus 30.974	24 X S Sulfur 32.065	25 X Cl Chlorine 35.453	26 X Ar Argon 39.948	27 XI K Potassium 39.098	28 XI Ca Calcium 40.078	29 XII Sc Scandium 44.956	30 XII Ti Titanium 47.883	31 XII V Vanadium 50.942	32 XII Cr Chromium 51.996	33 XII Mn Manganese 54.938	34 XII Fe Iron 55.845	35 XII Co Cobalt 58.933	36 XII Ni Nickel 58.693	37 XII Cu Copper 63.546	38 XII Zn Zinc 65.38	39 XIII Ga Gallium 69.723	40 XIII Ge Germanium 72.630	41 XIII As Arsenic 74.922	42 XIII Se Selenium 78.96	43 XIII Br Bromine 79.904	44 XIII Kr Krypton 83.798	45 XIV Rb Rubidium 85.468	46 XIV Sr Strontium 87.62	47 XIV Y Yttrium 88.906	48 XIV Zr Zirconium 91.224	49 XIV Nb Niobium 92.906	50 XIV Mo Molybdenum 95.94	51 XIV Tc Technetium 98.906	52 XIV Ru Ruthenium 101.07	53 XIV Rh Rhodium 102.905	54 XIV Pd Palladium 106.42	55 XIV Ag Silver 107.868	56 XIV Cd Cadmium 112.411	57 XIV In Indium 114.818	58 XIV Sn Tin 118.710	59 XIV Sb Antimony 121.757	60 XIV Te Tellurium 127.6	61 XIV I Iodine 126.905	62 XIV Xe Xenon 131.29	63 XV Cs Cesium 132.905	64 XV Ba Barium 137.327	65-71 XV Lanthanides	72 XV Hf Hafnium 178.49	73 XV Ta Tantalum 180.948	74 XV W Tungsten 183.84	75 XV Re Rhenium 186.207	76 XV Os Osmium 190.23	77 XV Ir Iridium 192.222	78 XV Pt Platinum 195.084	79 XV Au Gold 196.967	80 XV Hg Mercury 200.59	81 XV Tl Thallium 204.38	82 XV Pb Lead 207.2	83 XV Bi Bismuth 208.98	84 XV Po Polonium 209	85 XV At Astatine 210	86 XV Rn Radon 222	87 XVI Fr Francium 223	88 XVI Ra Radium 226	89-103 XVI Actinides	104 XVI Rf Rutherfordium 261	105 XVI Db Dubnium 262	106 XVI Sg Seaborgium 263	107 XVI Bh Bohrium 264	108 XVI Hs Hassium 265	109 XVI Mt Meitnerium 266	110 XVI Ds Darmstadtium 267	111 XVI Rg Roentgenium 268	112 XVI Cn Copernicium 269	113 XVI Nh Nihonium 270	114 XVI Fl Flerovium 271	115 XVI Mc Moscovium 272	116 XVI Lv Livermorium 273	117 XVI Ts Tennessine 274	118 XVI Og Oganesson 276
57 Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.930	70 Yb Ytterbium 173.054	71 Lu Lutetium 174.967	89 Actinium 227	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.083	99 Es Einsteinium 252.083	100 Fm Fermium 257.103	101 Md Mendelevium 258.103	102 No Nobelium 259.103	103 Lr Lawrencium 260.103																																																																				



Materia? Erase una vez...



Materia? Erase una vez...

Siglo XIX-XX dC



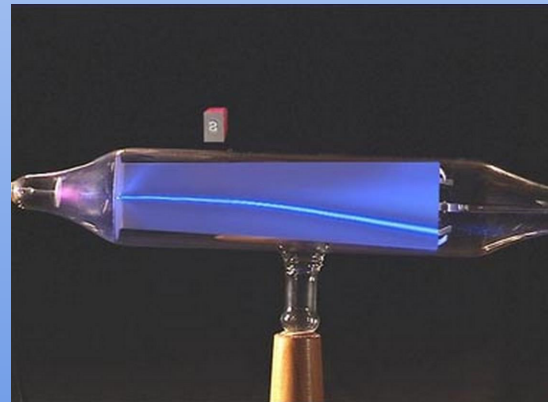
J. Dalton recogió la idea de átomo de Demócrito, una esfera *pequeña, invisible e indivisible!*



J.J. Thomson descubrió el **ELECTRÓN** (1897) y postulando que los átomos eran *esferas cargadas positivamente* y los *electrones* estaban incrustados en ellas.



ELEMENTS			
○	Hydrogen. 1	⊕	Strontian 46
○	Nitrogen 5	⊕	Barytes 68
●	Carbon 5	⊕	Iron 50
○	Oxygen 7	⊕	Zinc 56
⊕	Phosphorus 9	⊕	Copper 56
⊕	Sulphur 13	⊕	Lead 90
⊕	Magnesia 20	⊕	Silver 190
⊕	Lime 24	⊕	Gold 190
⊕	Soda 28	⊕	Platina 190
⊕	Potash 42	⊕	Mercury 167



Materia? Erase una vez...

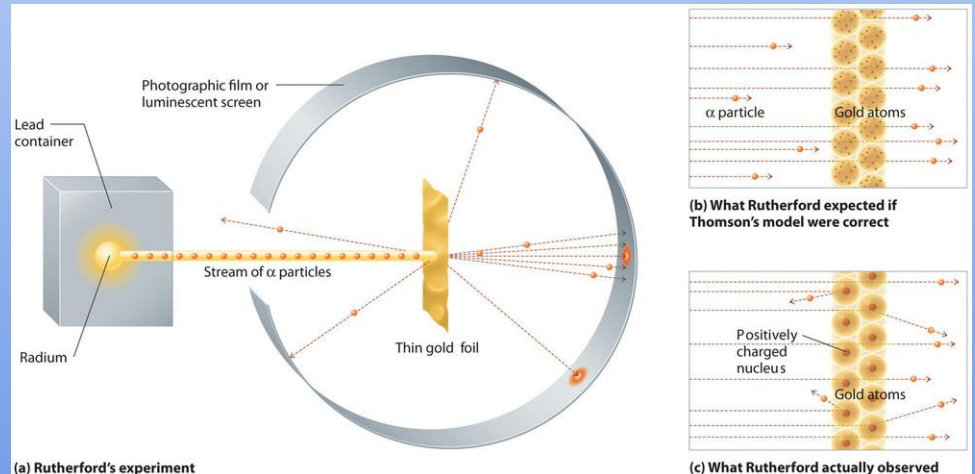
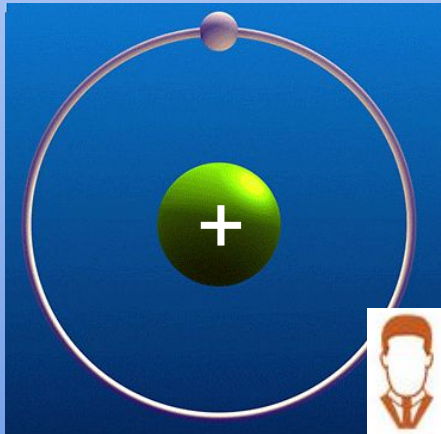
Siglo XIX-XX dC



E. Rutherford usando partículas α descubrió que el átomo tiene un **núcleo positivo** o **PROTÓN** donde se **concentraba** la masa y los **electrones** estaban **alrededor** de él



N. Bohr propuso un modelo donde los electrones se mueven en **órbitas esféricas a una distancia fija** del núcleo



Materia? Erase una vez...

Siglo XIX-XX dC



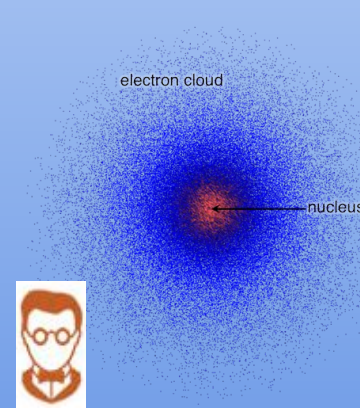
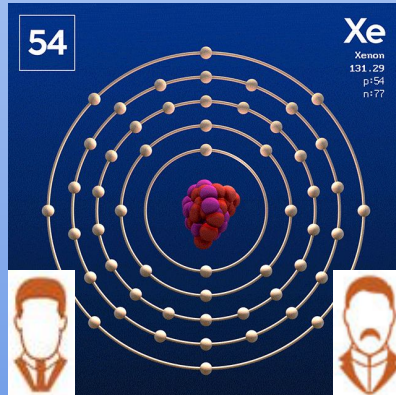
E. Rutherford propuso por primera vez el **neutrón** para intentar explicar que el núcleo no se desintegrarse por la repulsión electromagnética



E. Schrödinger describe matemáticamente las ecuaciones que describen el movimiento del electrón en los átomos (**Orbitales atómicos!**)



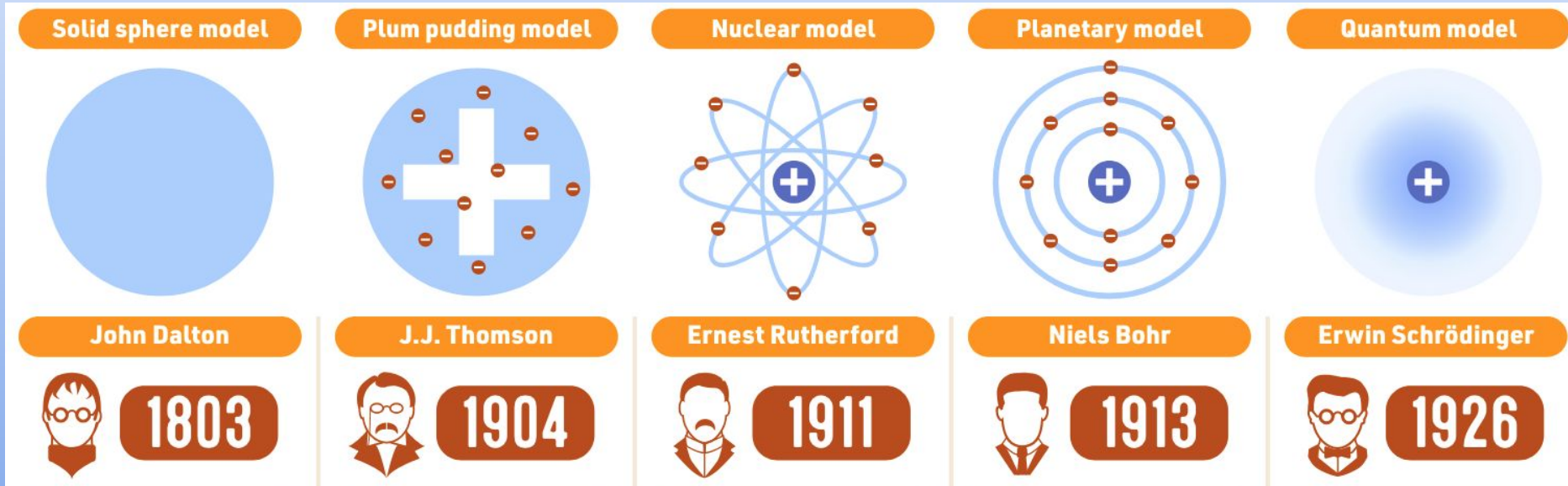
J. Chadwick descubrió experimentalmente el **NEUTRÓN**... Considerándolo junto con el electrón y el protón **partículas elementales**



También descubierto en 1932
Qué partícula es?

Materia? Erase una vez...

Segles XIX-XX dC

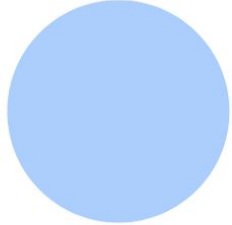

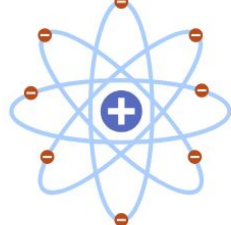
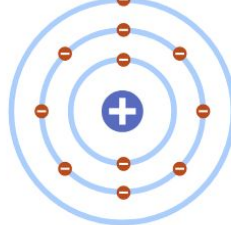
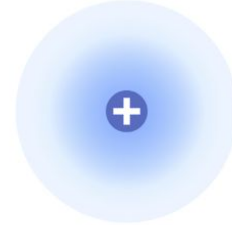

















Tenemos la evolución de los modelos atómicos, donde todos ellos están descritos por **tres partículas fundamentales!**

Electrón, protón y neutrón!

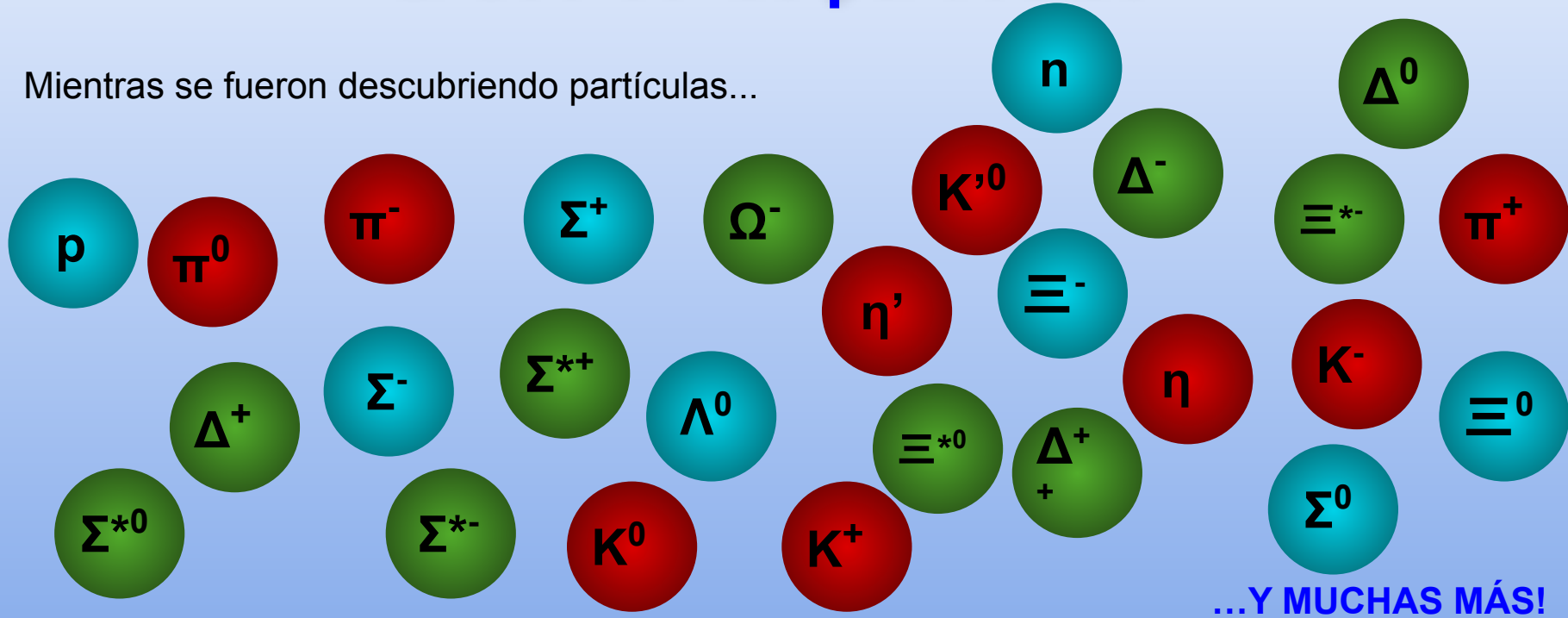
De què està feta la matèria?

How have our ideas about atoms changed over the years? This graphic looks at atomic models and how they developed.

Solid sphere model	Plum pudding model	Nuclear model	Planetary model	Quantum model
				
John Dalton	J.J. Thomson	Ernest Rutherford	Niels Bohr	Erwin Schrödinger
 1803	 1904	 1911	 1913	 1926
<p>Dalton drew upon the Ancient Greek idea of atoms (the word 'atom' comes from the Greek 'atomos' meaning indivisible). His theory stated that atoms are indivisible, those of a given element are identical, and compounds are combinations of different types of atoms.</p>	<p>Thomson discovered electrons (which he called 'corpuscles') in atoms in 1897, for which he won a Nobel Prize. He subsequently produced the 'plum pudding' model of the atom. It shows the atom as composed of electrons scattered throughout a spherical cloud of positive charge.</p>	<p>Rutherford fired positively charged alpha particles at a thin sheet of gold foil. Most passed through with little deflection, but some deflected at large angles. This was only possible if the atom was mostly empty space, with the positive charge concentrated in the centre: the nucleus.</p>	<p>Bohr modified Rutherford's model of the atom by stating that electrons moved around the nucleus in orbits of fixed sizes and energies. Electron energy in this model was quantised; electrons could not occupy values of energy between the fixed energy levels.</p>	<p>Schrödinger stated that electrons do not move in set paths around the nucleus, but in waves. It is impossible to know the exact location of the electrons; instead, we have 'clouds of probability' called orbitals, in which we are more likely to find an electron.</p>
 Recognised that atoms of a particular element differ from other elements.	 Recognised electrons as components of atoms.	 Realised that positive charge was localised in the nucleus of an atom.	 Proposed stable electron orbits; explained the emission spectra of some elements.	 Shows electrons don't move around the nucleus in orbits, but in clouds where their position is uncertain.
 Atoms aren't indivisible – they're composed from subatomic particles.	 No nucleus, and didn't explain later experimental observations.	 Did not explain why electrons remain in orbit around the nucleus.	 Moving electrons should emit energy and collapse into the nucleus; model did not work well for heavier atoms.	 Still widely accepted as the most accurate model of the atom.

El zoo de las partículas

Mientras se fueron descubriendo partículas...



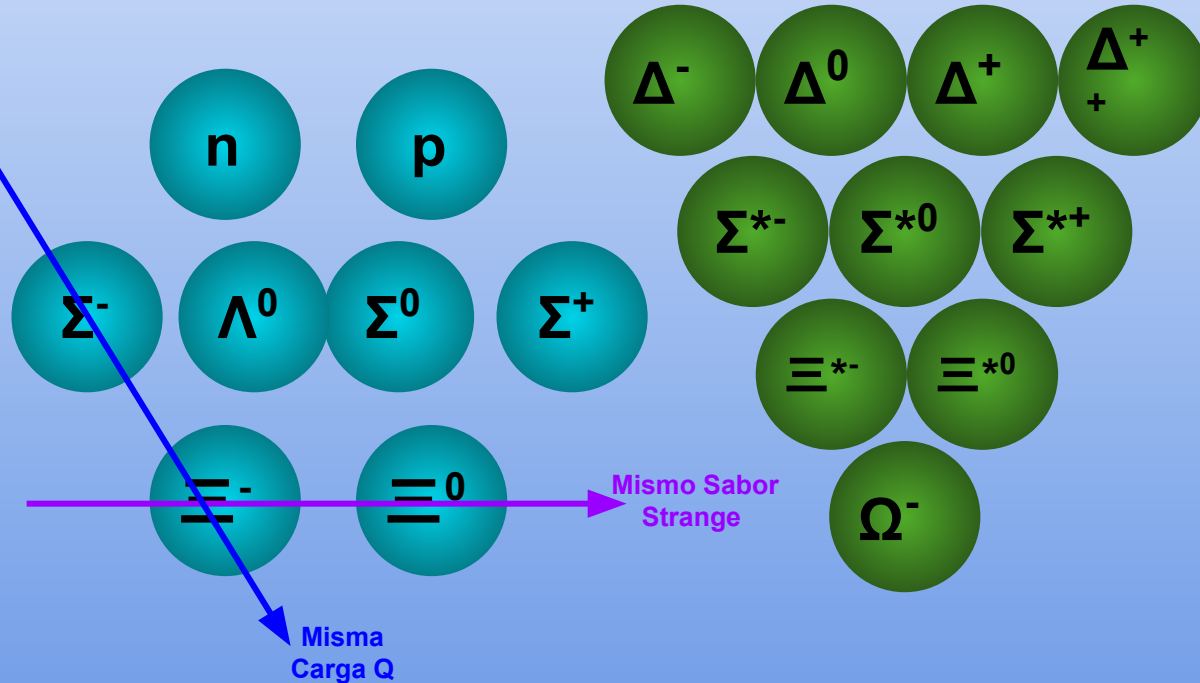
Por qué hay tantas? Algunas tienen propiedades similares, algunas son.. extrañas...?

NO son fundamentales... **ESTÁN FORMADAS POR COSAS MÁS PEQUEÑAS!**

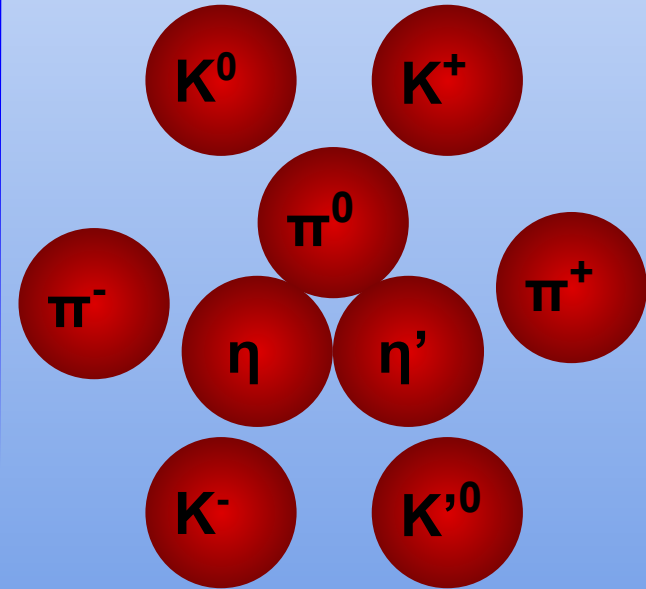
Pero... son fundamentales?

Las partículas se pueden ordenar por **quarks de valencia**!

BARIONES (3q)



MESONES (2q)

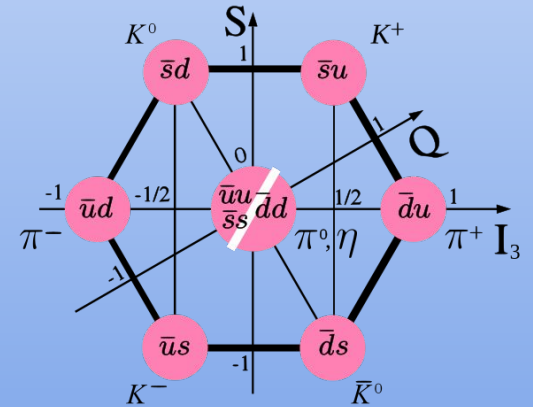
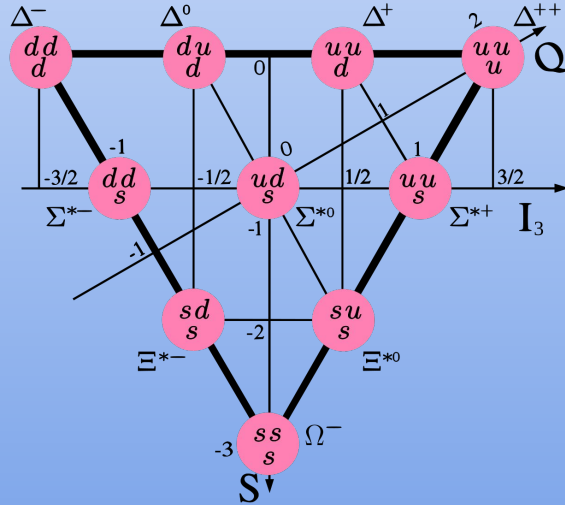
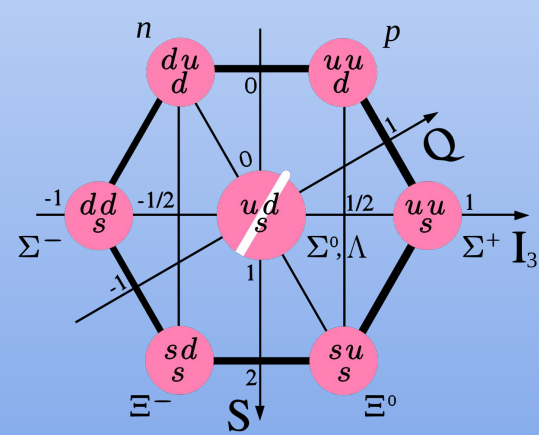


Pero... son fundamentales?

Las partículas se pueden ordenar por quarks de valencia!

BARIONES (3q)

MESONES (2q)



Pero... son fundamentales?

Siglo XX dC



1970

Modelo teórico de **Gell-Mann** dónde sólo consideraba **tres quarks** (up, down y strange), con carga eléctrica y de color (**ROJO**, **VERDE** y **AZUL**)



1974

Descubrimiento del **quark charm** en SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) en California, gracias a la partícula J/Psi



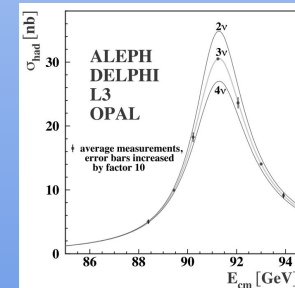
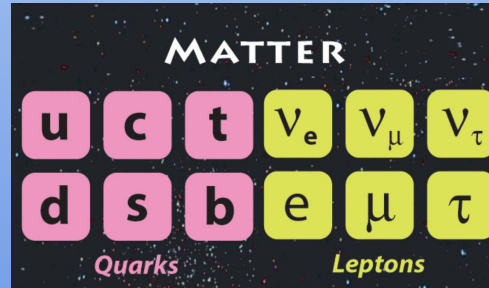
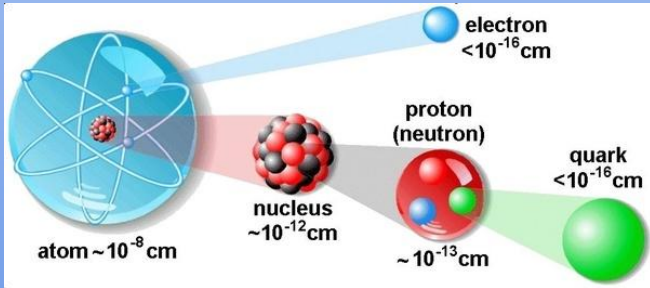
1977

Descubrimiento del **quark bottom** en el laboratorio de Brookhaven (BNL) en Nueva York. No resultó inesperado ya que en 1975 se había descubierto el **leptón tau**



1995

Descubrimiento del **quark top** en Fermi National Accelerator Laboratory (FERMILAB) Chicago, cerrando así la tercera generación!



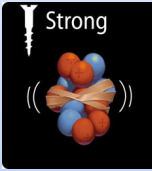
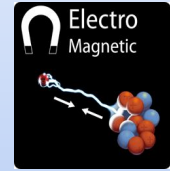
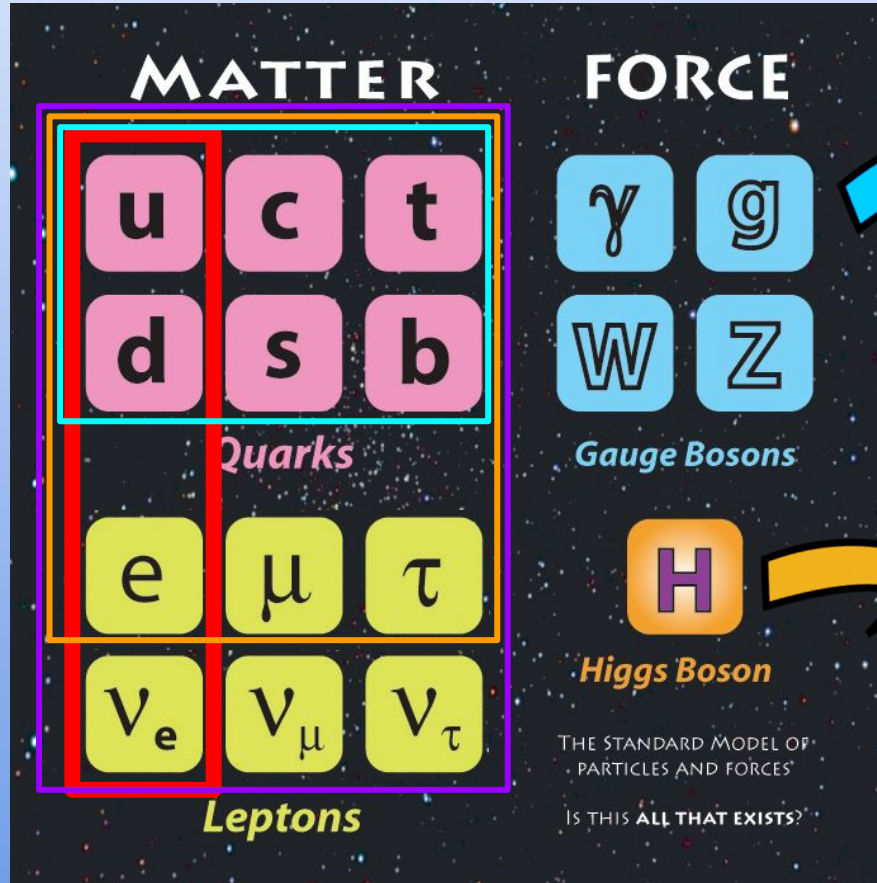
Partículas fundamentales del SM

Forman los **hadrones**

Sienten interacción **fuerte**

Sienten interacción **electromagnética**

Todas sienten interacción **débil**

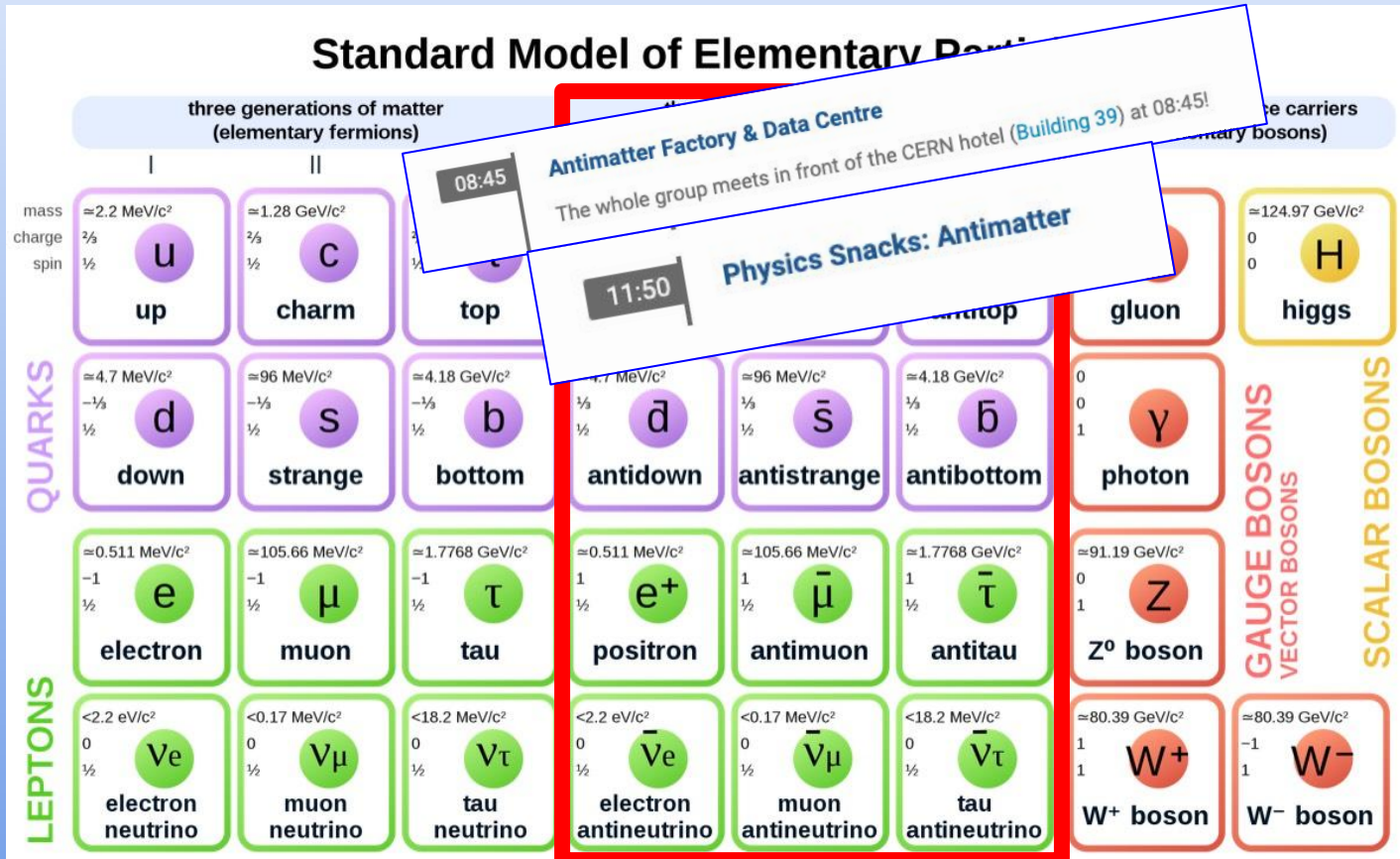


Es un bicho raro

Da **massa** a todas las otras partículas... **bueno... a casi todas (neutrinos)**

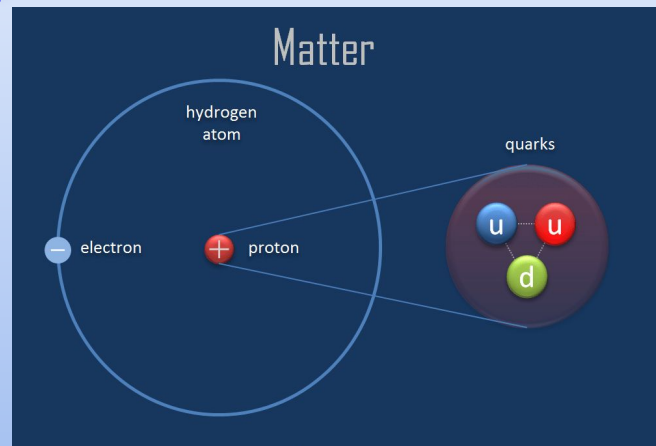
Sin él la mayoría de cosas no tendrían sentido

Partículas fundamentales del SM



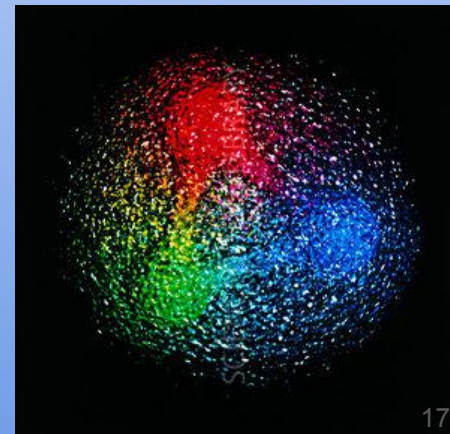
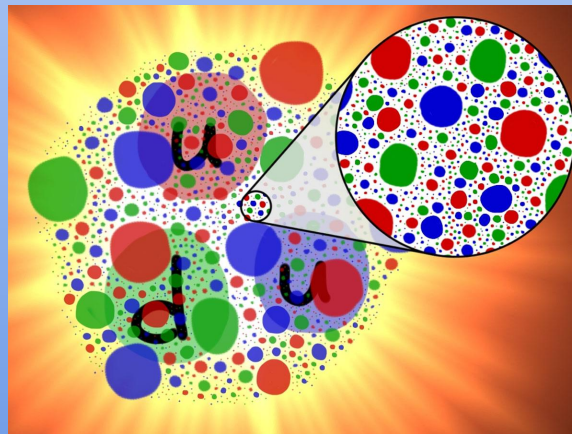
Dentro de las partículas

Gracias al estudio de **protones** y **neutrones** condujo a teorizar que **NO** eran partículas fundamentales, sino partículas compuestas formadas por quarks.



Normalmente, decimos que los **protones** están **formados por tres quarks**, dos de tipo "u" y uno de tipo "d", pero en realidad solo **es una aproximación**.

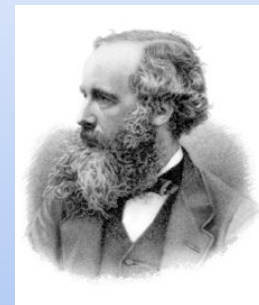
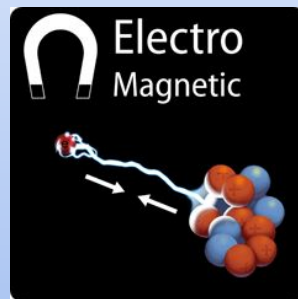
Lo más exacto sería decir que el protón **está formado por una sopa de quarks** que en combinación de todo al final nos quedan los quarks "u" y el "d".



Fuerzas fundamentales de interacción

Electromagnetismo

- Estudia los **fenómenos eléctricos** y **magnéticos** en una sola teoría, mediador: **fotones**.
- **Actúa a grandes distancias**.
- Hasta **1855** eran fueras diferentes, pero **Maxwell las unificó** ([paper: "On Faraday's lines of force"](#)).
- Es la fuerza con la **aceleramos y curvamos la trayectoria de las partículas** en el CERN

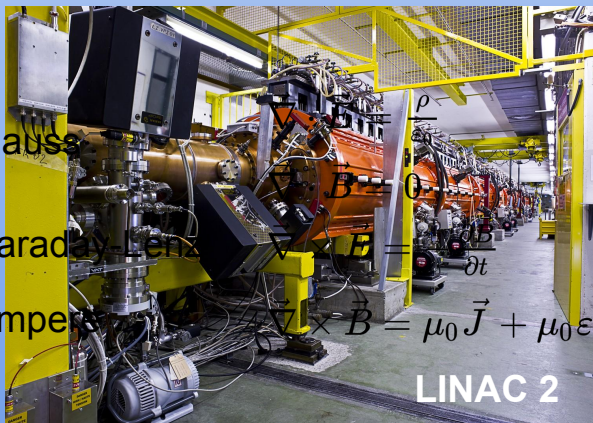


James Clerk Maxwell
(1831-1879)

Ley de Gauss

Ley de Faraday y Lenz

Ley de Ampere

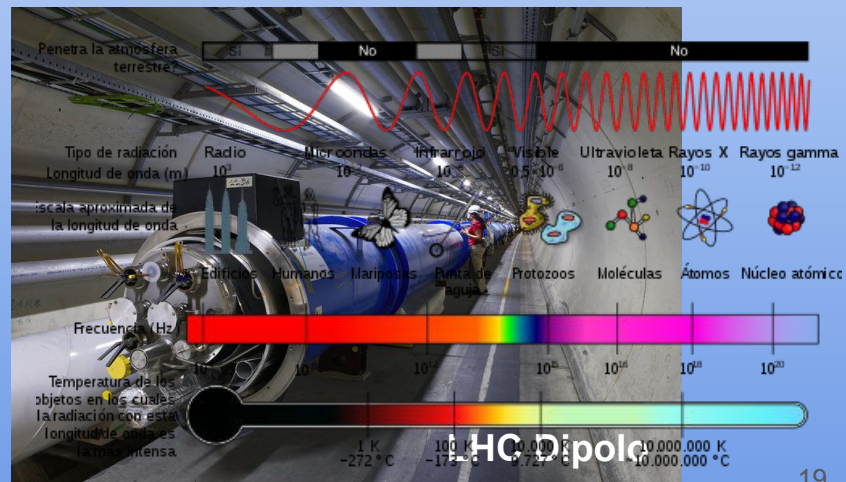


$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

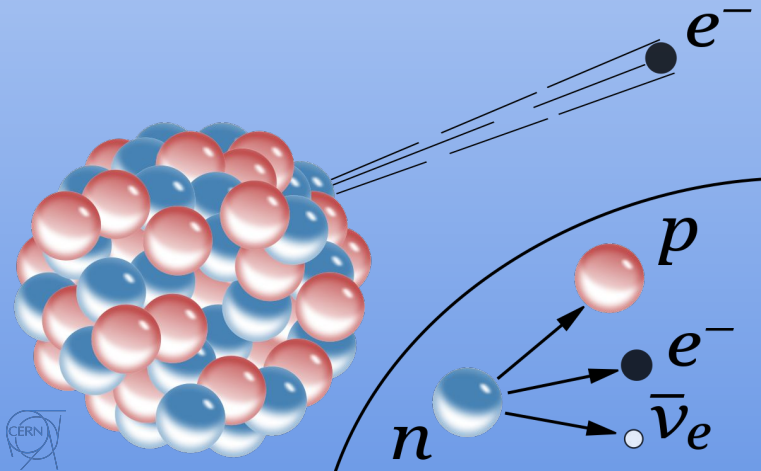
$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

LINAC 2

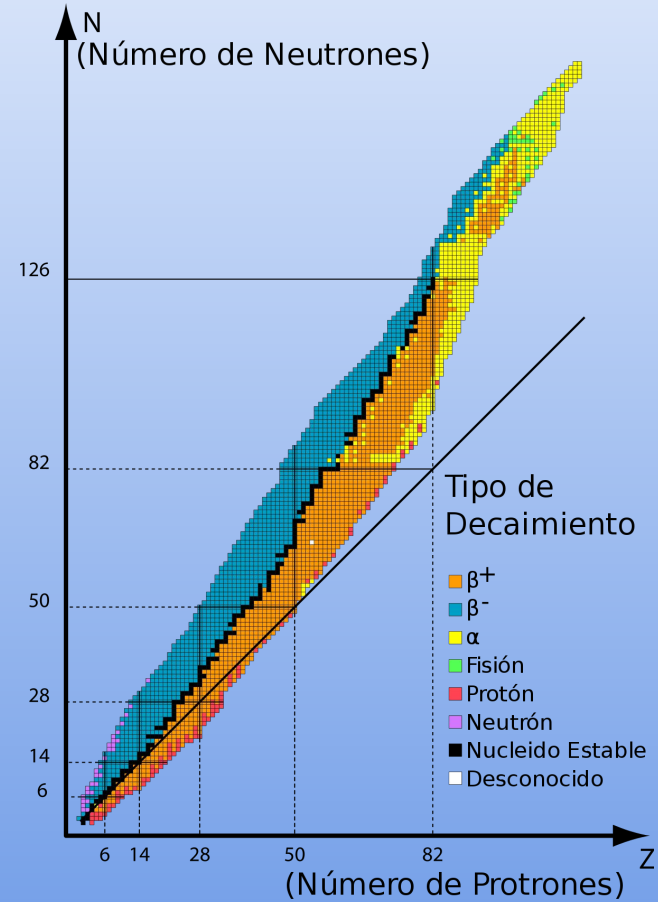


Fuerza débil

- Millones de veces **más débil** que la fuerza electromagnética actúa en cortas distancias $\sim 10^{-17}$ m.
- Se encarga de los **decaimientos**, cambia a sabores menos pesados, por tanto **cambia el sabor!**.
- Hay tres mediadores: **bosón Z** y **W \pm** .
- La radiación más frecuente es la **beta** (un elemento ${}^A_Z X$ pasa a ser ${}^A_{Z+1} Y$, isobar).

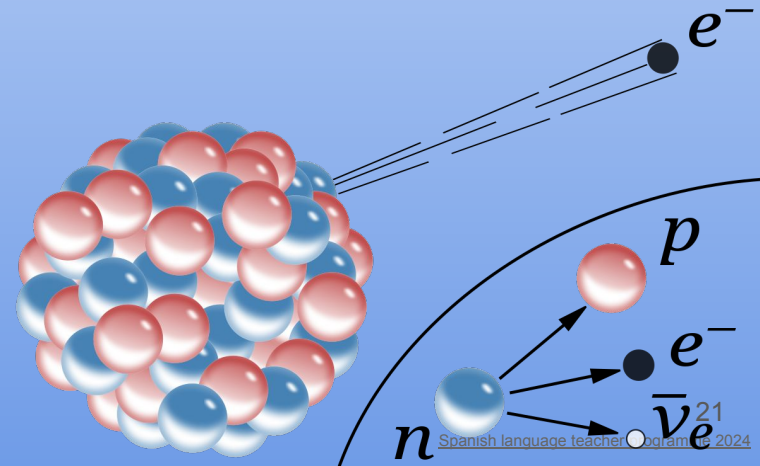
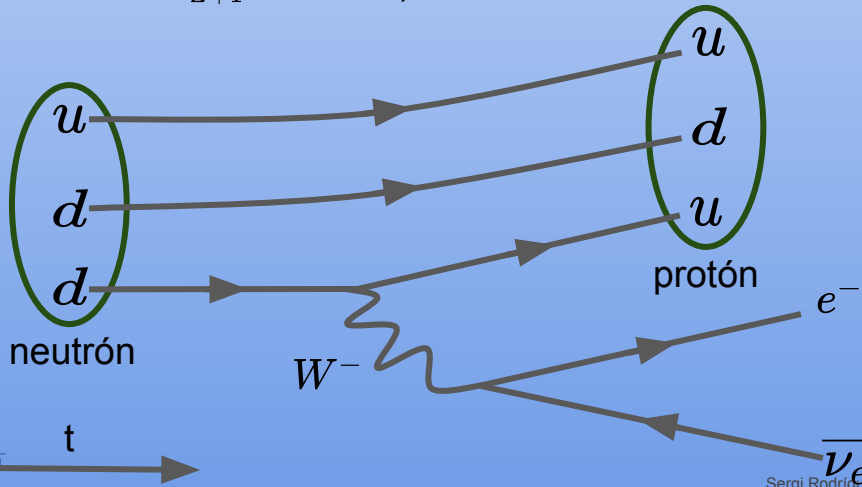
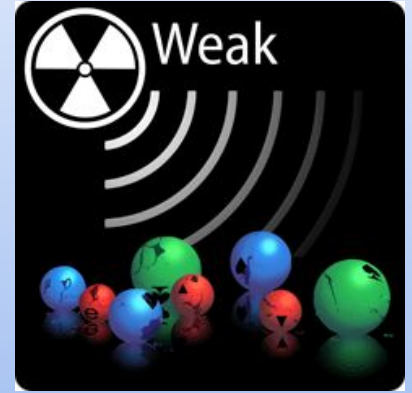


Sergi Rodríguez | Física de partículas



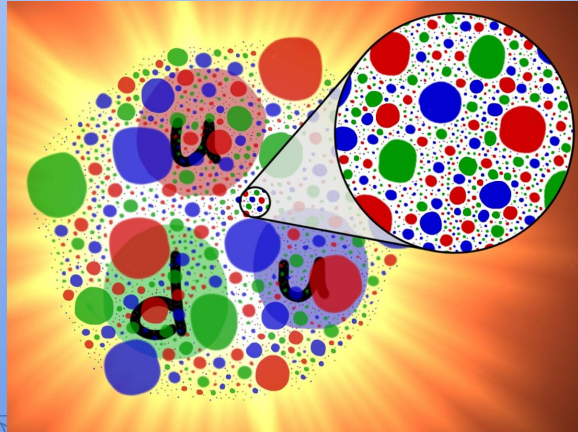
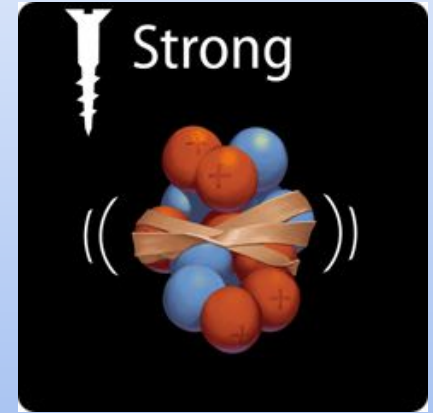
Fuerza débil

- Millones de veces **más débil** que la fuerza electromagnética actúa en cortas distancias $\sim 10^{-17}$ m.
- Se encarga de los **decaimientos**, cambia a sabores menos pesados, por tanto **cambia el sabor!**.
- Hay tres mediadores: **bosón Z** y **W^\pm** .
- La radiación más frecuente es la **beta** (un elemento ${}^A_Z X$ pasa a ser ${}^A_{Z+1} Y$, isobar).



Fuerza fuerte

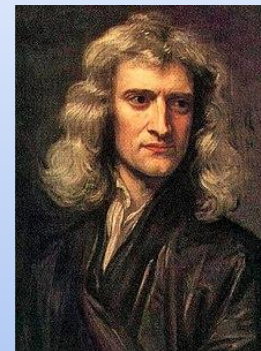
- **Es la más fuerte** de todas y mantiene al núcleo unido.
- Esta generada por el campo de color, los mediadores son los **gluones**.
- Los gluones están compuestos por un **color** y un **anti-color**.
- **NO** es posible (experimentalmente) **encontrar quarks en libertad**: **CONFINAMIENTO CUÁNTICO**. No explicado por el SM.



- **En cromodinámica cuántica las ecuaciones** no se pueden resolver analíticamente.. sólo con perturbaciones
- A cortas distancias los quarks se comportan libremente, pero a largas distancias la interacción los mantiene unidos, este efecto se llama: **LIBERTAD ASINTÓTICA!**

Gravedad

- Es **la fuerza más conocida** y hasta el momento la única que no encaja en el SM (más conocido como bullying...).
- Es una fuerza **atractiva**, los cuerpos con masa interaccionan mediante el espacio-tiempo.. mediador: **gravitón?**.
- Actúa a grandes distancias, pero a escala atómica, y comparando las otras , **es la más débil** de todas.



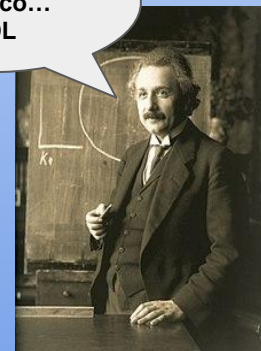
Isaac Newton
(1643-1727)

$$\vec{F} = -G \frac{Mm}{r^2} \vec{u}_r$$

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

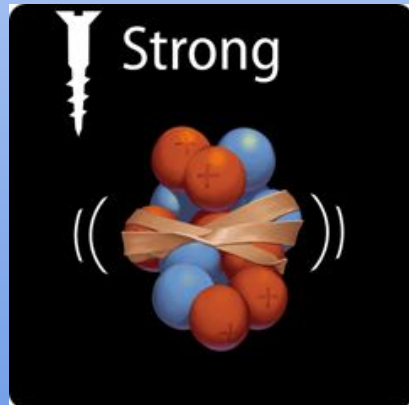
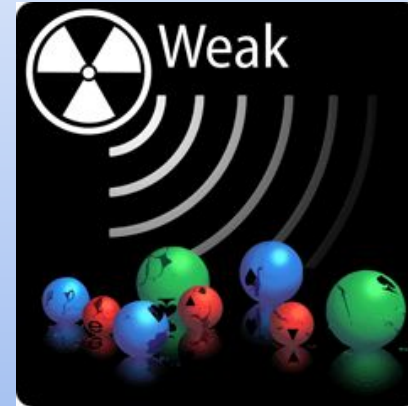
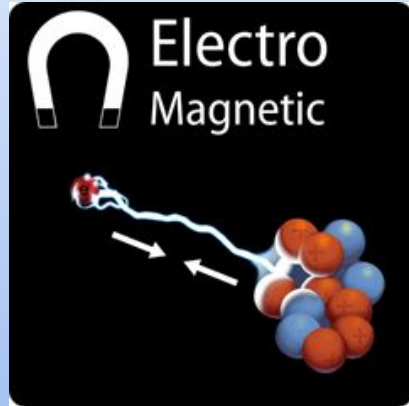


Queredme
un poco...
LOL



Albert Einstein
(1879-1955)

Fuerzas fundamentales de interacción



La teoría matemática de hoy en día

El Modelo Estándar...

- describe las **interacciones** entre las partículas fundamentales (**sólo el 5% de lo que conocemos**)
- su **dinámica**
- se obtienen las **masas** de los fermiones y bosones...
 - Fotón sin masa
 - Neutrinos?
 - Antimateria?
 - Materia oscura?
 - ...

$$\mathcal{L}_{SM} = -\frac{1}{2}\partial_\nu g_\mu^a \partial_\nu g_\mu^a - g_s f^{abc} \partial_\mu g_\nu^a g_\mu^b g_\nu^c - \frac{1}{4}g_s^2 f^{abc} f^{ade} g_\mu^b g_\nu^c g_\mu^d g_\nu^e - \partial_\nu W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - M^2 W_\mu^+ W_\mu^- - \frac{1}{2}\partial_\nu Z_\mu^0 \partial_\nu Z_\mu^0 - \frac{1}{2c_w^2} M^2 Z_\mu^0 Z_\mu^0 - \frac{1}{2}\partial_\mu A_\nu \partial_\mu A_\nu - igc_w (\partial_\nu Z_\mu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\nu^+ W_\mu^-) - Z_\mu^0 (W^+ \partial_\nu W^- - W^- \partial_\nu W^+) + Z_\mu^0 (W^+ \partial_\nu W^- - W^- \partial_\nu W^+)) - i g_s (\partial_\nu A_\mu (W^+ W^- - W^- W^+))$$

$$\mathcal{L}_{SM} = \underbrace{\frac{1}{4} W_{\mu\nu} \cdot W^{\mu\nu} - \frac{1}{4} B_{\mu\nu} B^{\mu\nu} - \frac{1}{4} G_{\mu\nu}^a G^{\mu\nu a}}_{\text{kinetic energies and self-interactions of the gauge bosons}}$$

$$+ \bar{L} \gamma^\mu \left(i \partial_\mu - \frac{1}{2} g \tau \cdot W_\mu - \frac{1}{2} g' Y B_\mu \right) L + \bar{R} \gamma^\mu \left(i \partial_\mu - \frac{1}{2} g' Y B_\mu \right) R$$

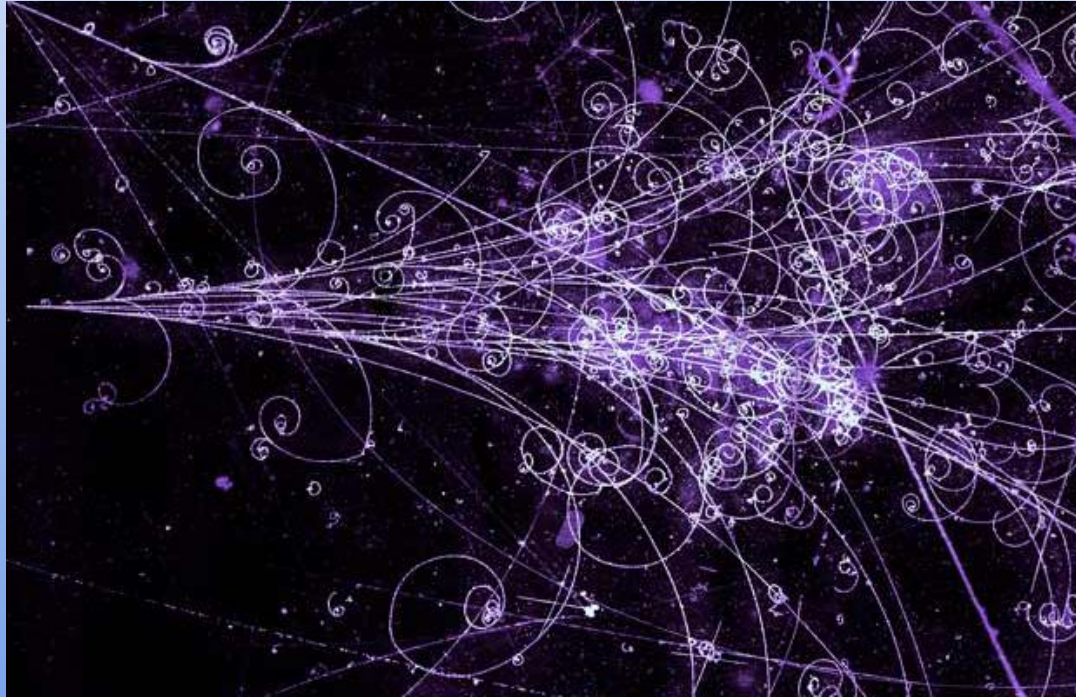
$$+ \frac{1}{2} \left(i \bar{\psi} \gamma^\mu \partial_\mu \psi - \bar{\psi} \gamma^\mu (i \partial_\mu - g \mathbf{T} \cdot \mathbf{W}_\mu - g' Y B_\mu) \psi \right)$$

$$+ \underbrace{g (\bar{q} \gamma^\mu T_a q) G_\mu^a + (G_1 L \not{\phi} R + G_2 L \not{\phi}^c R + h.c.)}_{\text{interactions}}$$

$$\frac{ig m_\lambda^2}{2 M} \phi^0 (\bar{u}_j^\lambda \gamma^5 u_j^\lambda) - \frac{ig m_\lambda^2}{2 M} \phi^0 (\bar{d}_j^\lambda \gamma^5 d_j^\lambda)$$

9:30	El Modelo estándar y la física fundamental (I)
	Ponente: Miguel Escudero Abenza (CERN)
10:30	Coffee
10:50	El Modelo estándar y la física fundamental (II)
	Ponente: Miguel Escudero Abenza (CERN)
9:00	Física más allá del modelo estándar
	Ponente: Clara Murgui Galvez (University of Barcelona (ES))
10:00	El futuro de la física de partículas ¶
	Ponente: Isabel Bejar Alonso (CERN)

Detectores de partículas



Detector de partículas

Un detector “perfecto” de partículas tiene que ser capaz de:

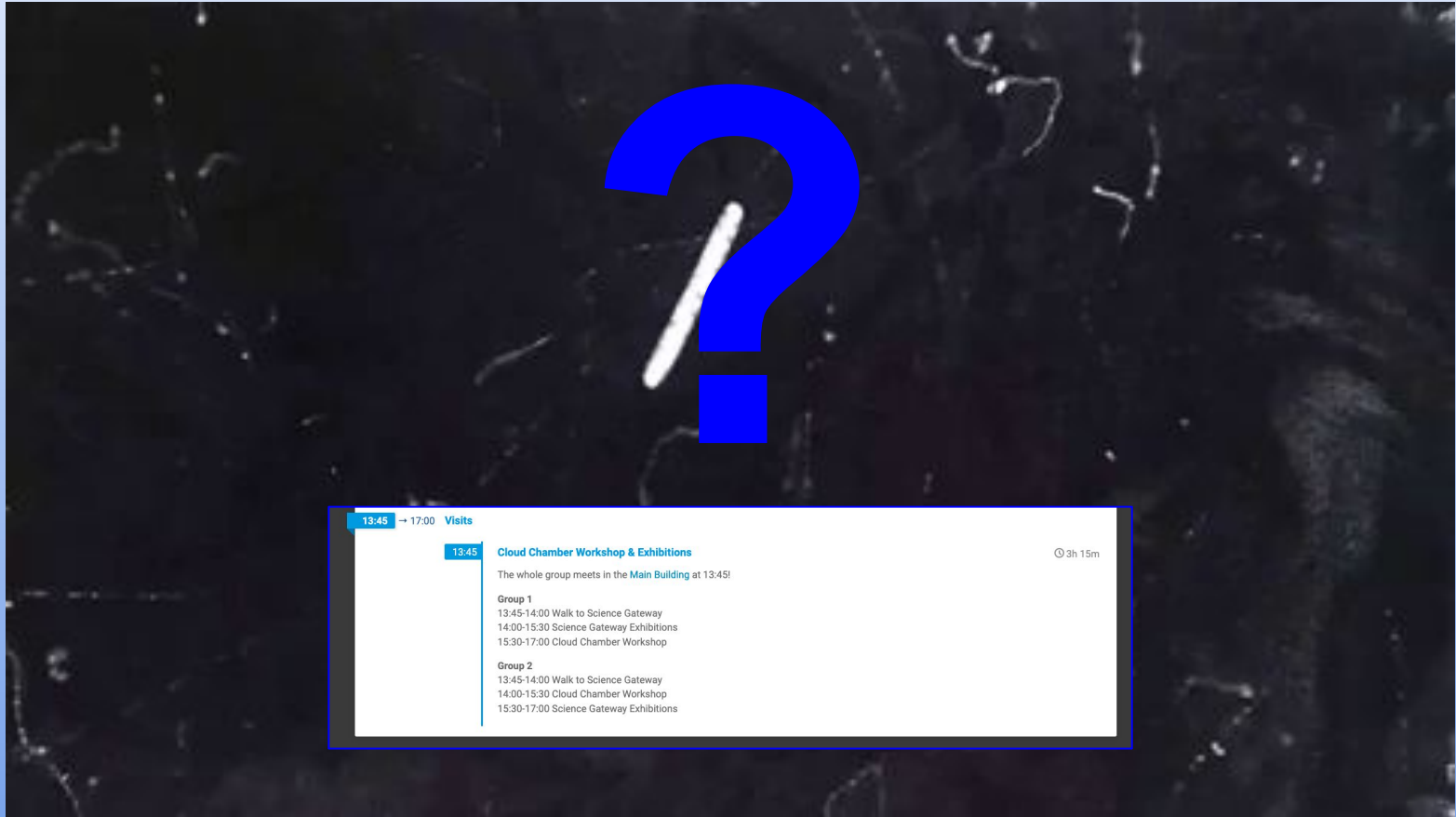
- Detectar **el paso** de una partícula
- **Localizarla**
- Medir su **momento** o **energía**
- Saber la su **identitat**



Los primeros detectores permitían “ver” las partículas con nuestros propios ojos, mediante las trazas que dejaban a su paso, todas eran de RAYOS CÓSMICOS!.

- En 1911 Charles T.R. Wilson inventó la **cámara de niebla**. Premio Nobel en 1927
- En 1952 Donald A. Glaser inventó la **cámara de burbujas**. Premio Nobel en 1960
- Entorno al 1960, se usaba la **cámara de chispas**

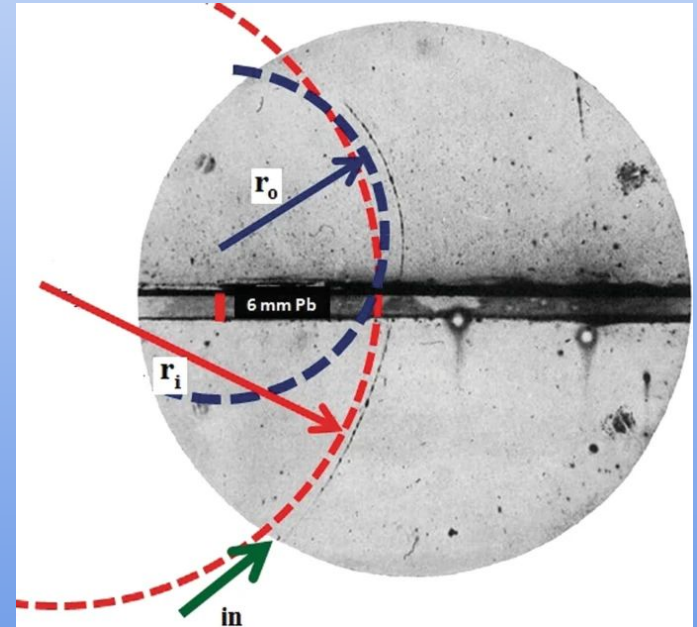
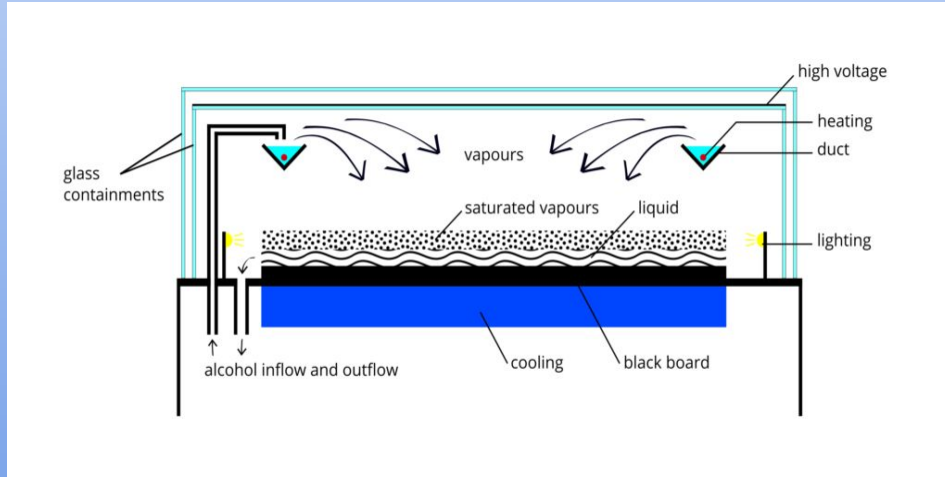
Cámara de niebla



Cámara de niebla

En la cámara de niebla **fue donde se observó** en mitad del siglo XX los primeros **positrones, muones y partículas formadas por quarks “s”**.

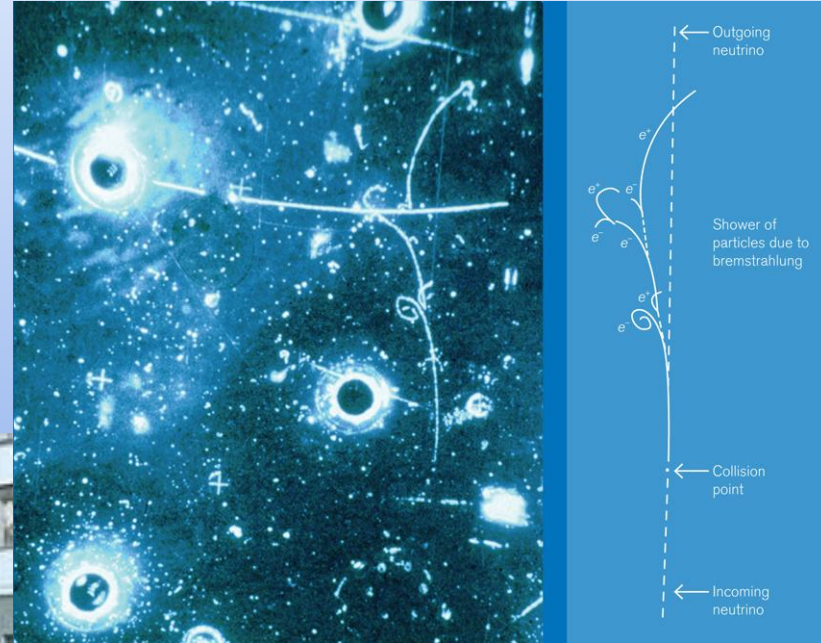
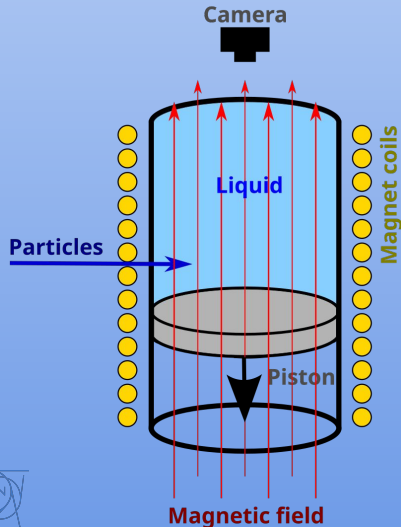
Máquinas de vapor saturado que interaccionan con las partículas cargadas formando nano-gotas de alcohol, dónde gracias a la diferente reflexión de la luz respecto al gas, se observa la trayectoria.



Cámara de burbujas

Gargamelle es la cámara de burbujas más famosa del CERN, con ella, en 1973, se descubrieron las corrientes neutras débiles. **Confirmando** la predicción de la **teoría electro-débil**.

- Más grandes que las cámaras de niebla
- El readout son imágenes
- Pequeñas y poco poderosas para física de altas energías

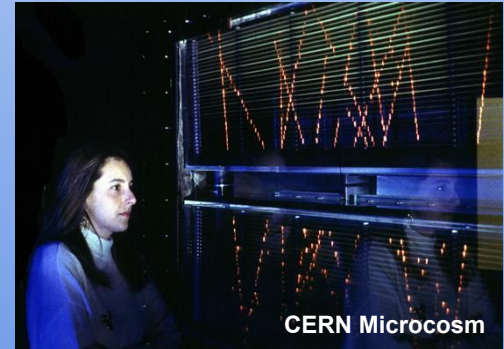
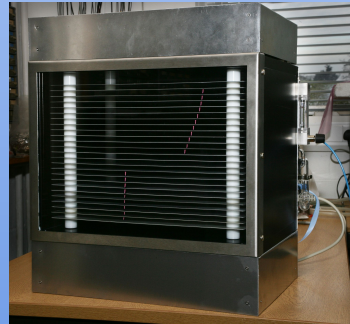
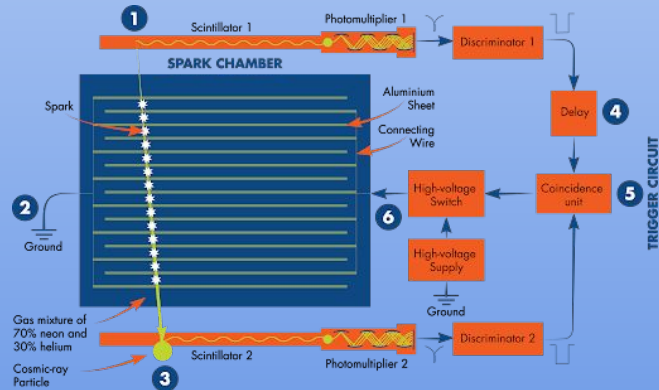


Cámara de chispas

Usadas mayoritariamente entre 1930 hasta 1960 para **detectar rayos cósmicos de altas energías**.

- Tiene **menos resolución espacial** que las cámaras de burbujas
- **Combinadas** con otros detectores, pueden ser **muy útiles para buscar eventos muy raros**..

Hay una en el Museo del CERN!



Detectores de partículas

En la actualidad **las cámaras ya no se utilizan**, hay mejores formas de “observar” las partículas. **Anteriormente solo con rayos cósmicos era suficiente...** ya que no conocíamos nada!

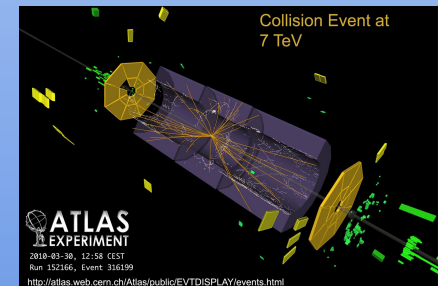
Ahora, la mejor forma de estudiar las partículas es mediante **aceleradores y detectores** especializados en **colisionar haces a altas energías**.

hay **dos tipos**:

- **Blanco fijo**: donde donde un haz choca con un blanco fijo (láminas, líquidos, paredes...)
- **Dos haces**: donde los haces chocan en el punto deseado uno contra el otro. Estos son con los que podemos alcanzar mayor energía hoy en día



13:45	→ 17:45	Visits
13:45		Synchrotron & ATLAS control room
		The whole group meets in the Main Building at 13:45!
		Group 1
		13:45-14:00 Walk from the Main Building to ATLAS
		14:00-14:30 ATLAS control room
		14:30-14:45 Walk from ATLAS to the SC
		14:45-15:15 Synchrotron
		15:15-15:30 Walk from the SC to the Main Building
		Group 2
		13:45-14:00 Walk from the Main Building to the SC
		14:00-14:30 Synchrotron
		14:30-14:45 Walk from the SC to ATLAS
		14:45-15:15 ATLAS control room
		15:15-15:30 Walk from ATLAS to the Main Building



¿Qué es el CERN?

El CERN es el laboratorio de física de partículas más grande del mundo, fue **fundado en 1954, propuesto por el físico francés De Broglie en 1949.**

Conseil **E**uropéen pour la **R**echerche **N**ucléaire

Situado en la frontera entre Franco-Suiza.
Entre Meyrin (Ginebra/Suiza) y Saint Genis
Pouilly (Ain/Francia)

Como **es una instalación internacional**, el
CERN no está oficialmente ni bajo la
jurisdicción Francesa ni Suiza..

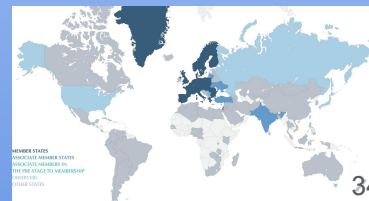
Pero continúa siendo ilegal la delincuencia...



¿Cuál es la misión del CERN?

Los propósitos se pueden resumir en 4 puntos:

- **Investigación fundamental**, llevar más allá las fronteras del conocimiento humano y desvelar los secretos del universo.
- **Desarrollar nuevas tecnologías** para la aceleración y detección de partículas, así como en otras áreas de STEM.
- **Formar a los más jóvenes** ingenieros, científicos.. y profesionales
- **Fomentar la colaboración** entre países y culturas a través de la ciencia.



¿Quien forma parte del CERN?

Figure 1: Members of the Personnel by Status – 31.12.2023

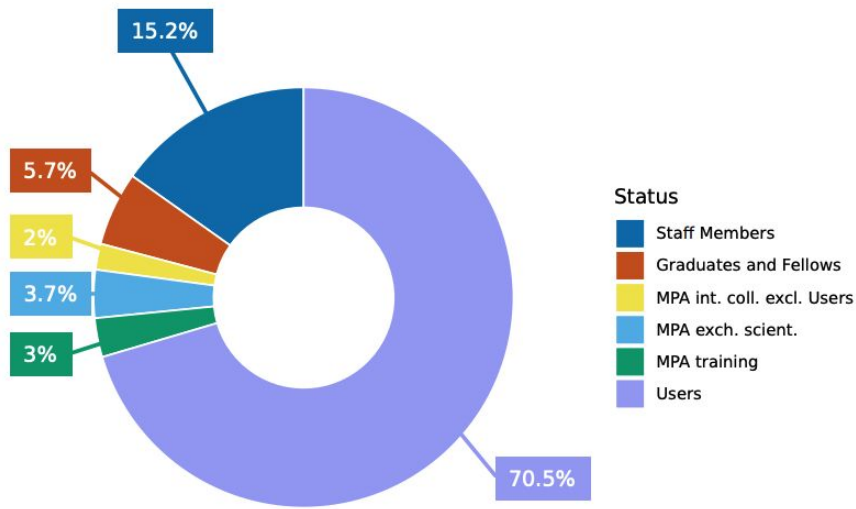


Figure 7: Staff Members by Age Range over the period 2013 – 2023

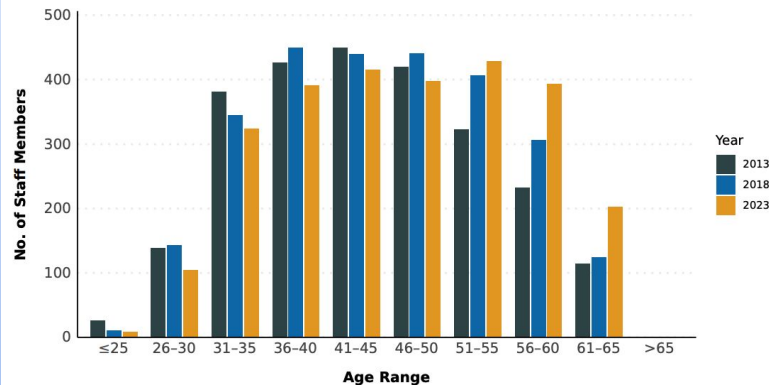


Figure 3a: Distribution of Female Staff Members by Professional Category – 31.12.2023

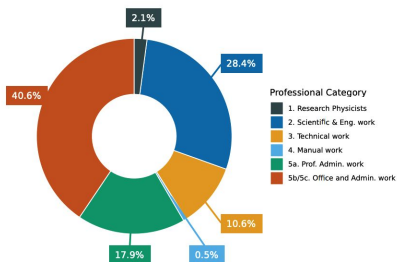


Figure 3b: Distribution of Male Staff Members by Professional Category – 31.12.2023

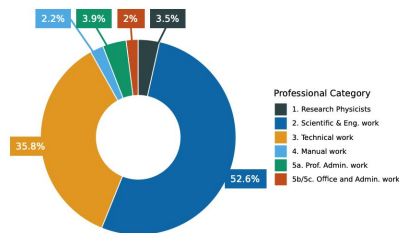
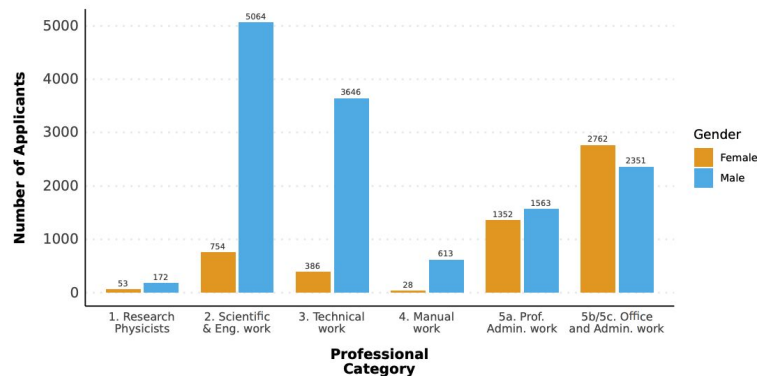


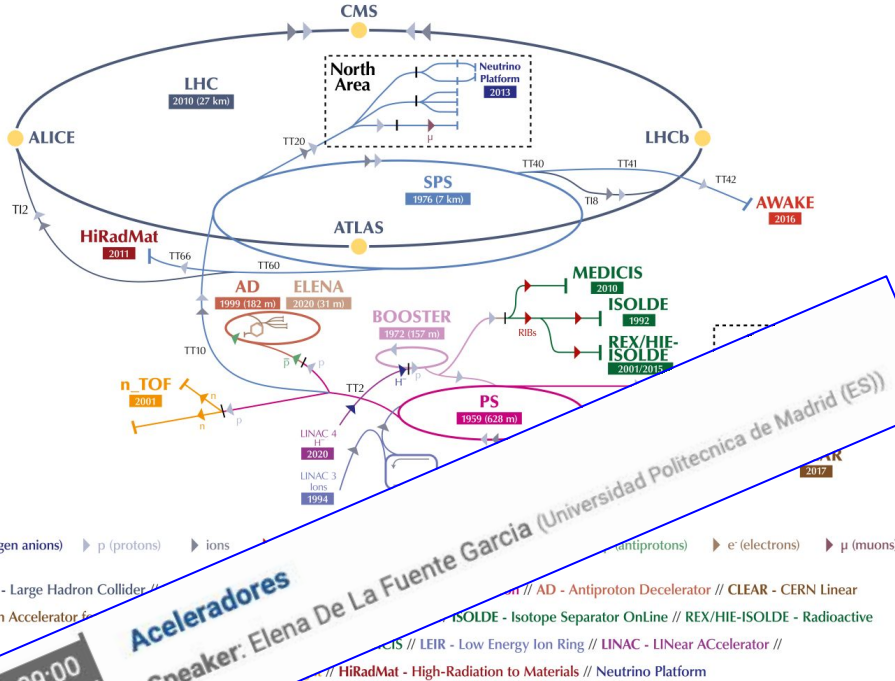
Figure 17: Number of Applicants by Professional Category and Gender in 2023



Más info [clica aquí!](#)

Aceleradores y detectores en la actualidad.. LHC

The CERN accelerator complex
Complexe des accélérateurs du CERN

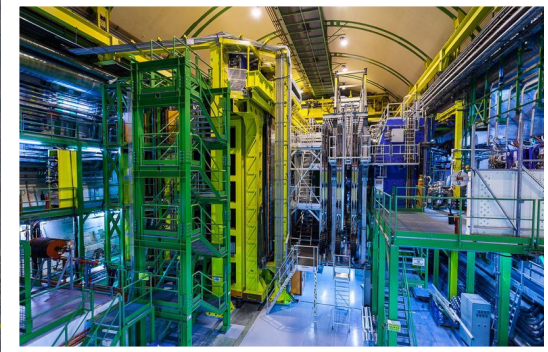
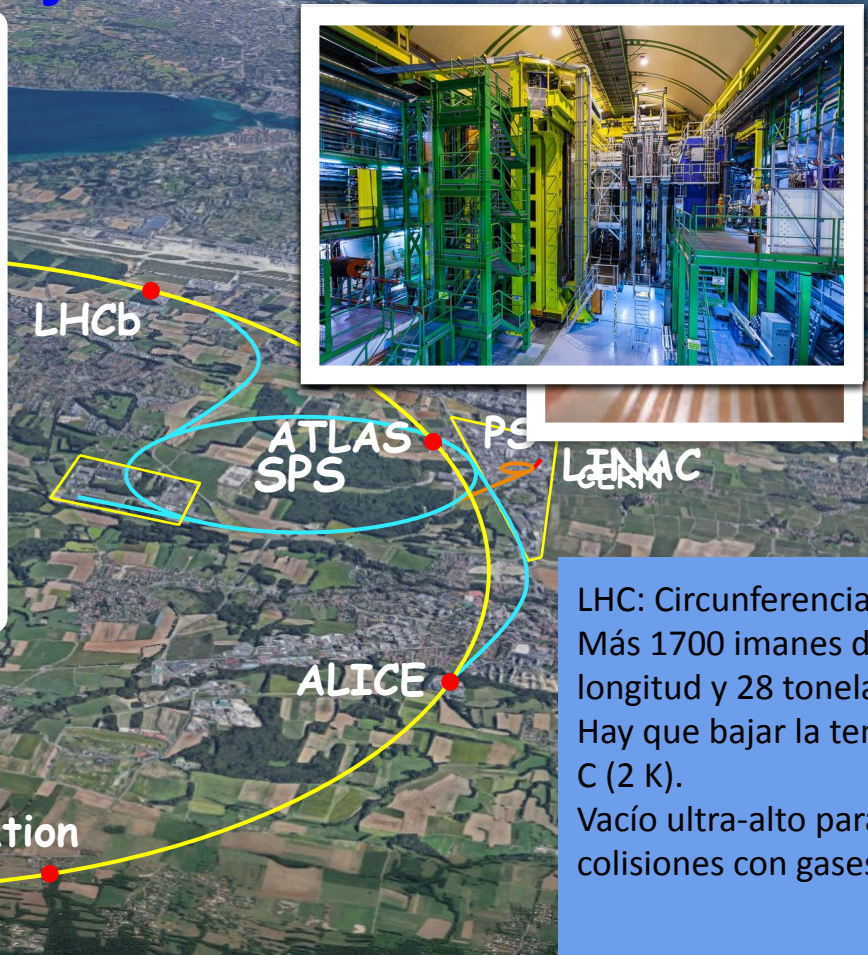
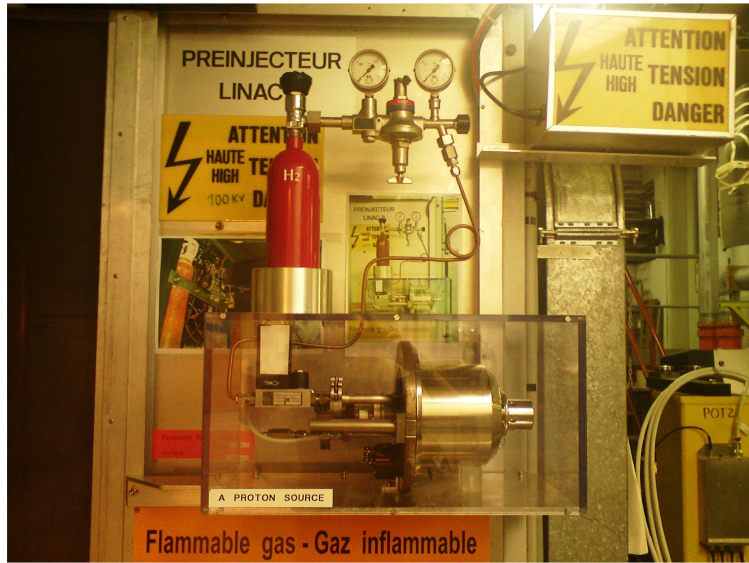


- No aceleramos un sólo protón sino **120 billones de protones por haz!**
- Alrededor de **11200 vueltas/s** a una velocidad de **99.9999991%**.
- Podríamos ir a Alpha Centauri (**4.2 ly**) en **sólo 5 horas de viaje!** (4.2 años para alguien en la Tierra).
- 14 TeV són 10^{-6} J lo mismo que un mosquito de 2 mg a una velocidad de 3.6km/h (1 m/s).
- Una vez el LHC está lleno de paquetes de protones, pueden estar **chocando unas 10h** aproximadamente.

09:00
Aceleradores

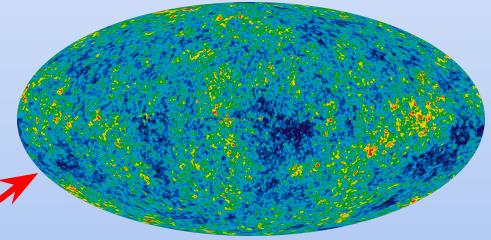
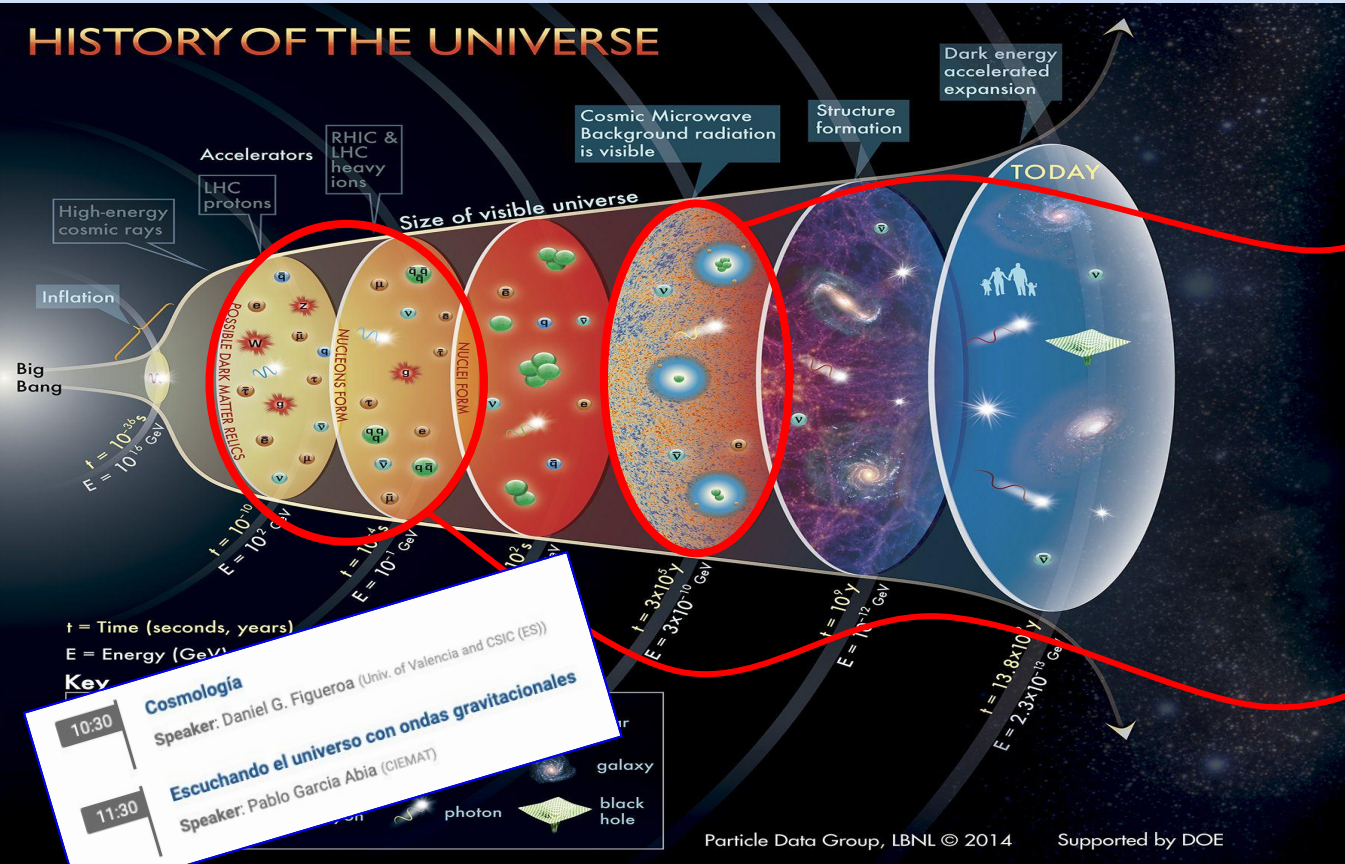
Speaker: Elena De La Fuente Garcia (Universidad Politecnica de Madrid (ES))

Complejo del CERN

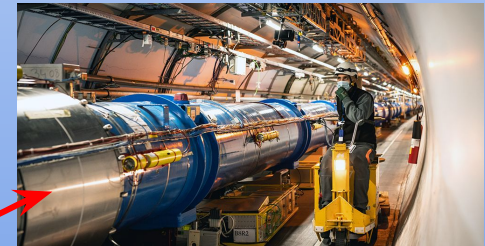


LHC: Circunferencia de 27 km
Más 1700 imanes de 15 m de longitud y 28 toneladas.
Hay que bajar la temperatura a -273 C (2 K).
Vacío ultra-alto para evitar colisiones con gases.

Para qué sirven los aceleradores?

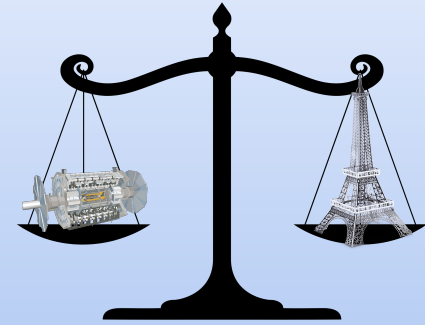
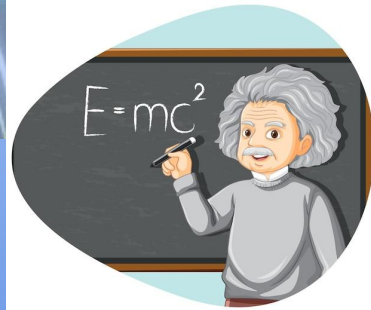
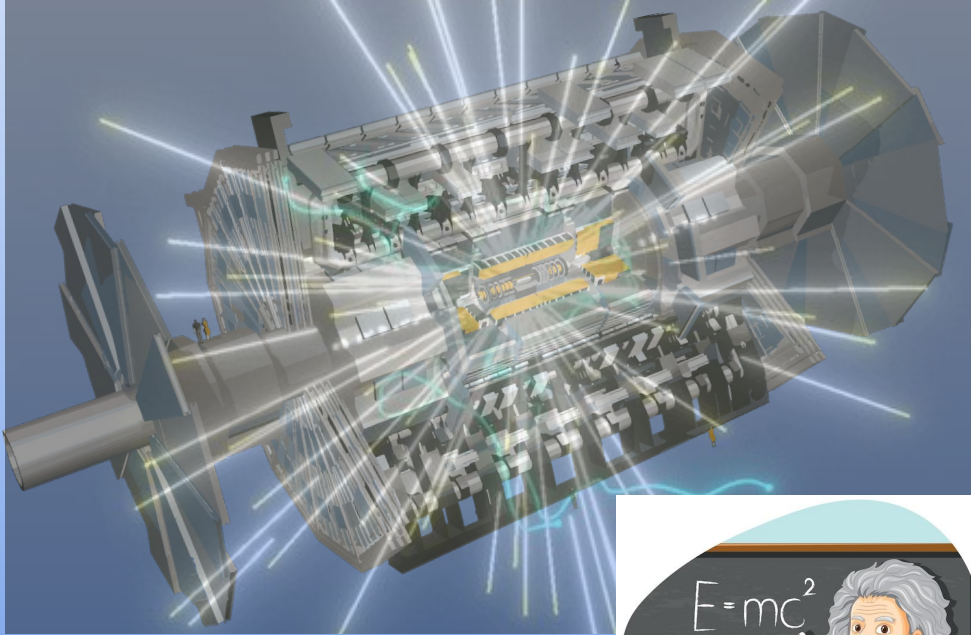


~300.000y después del Big Bang



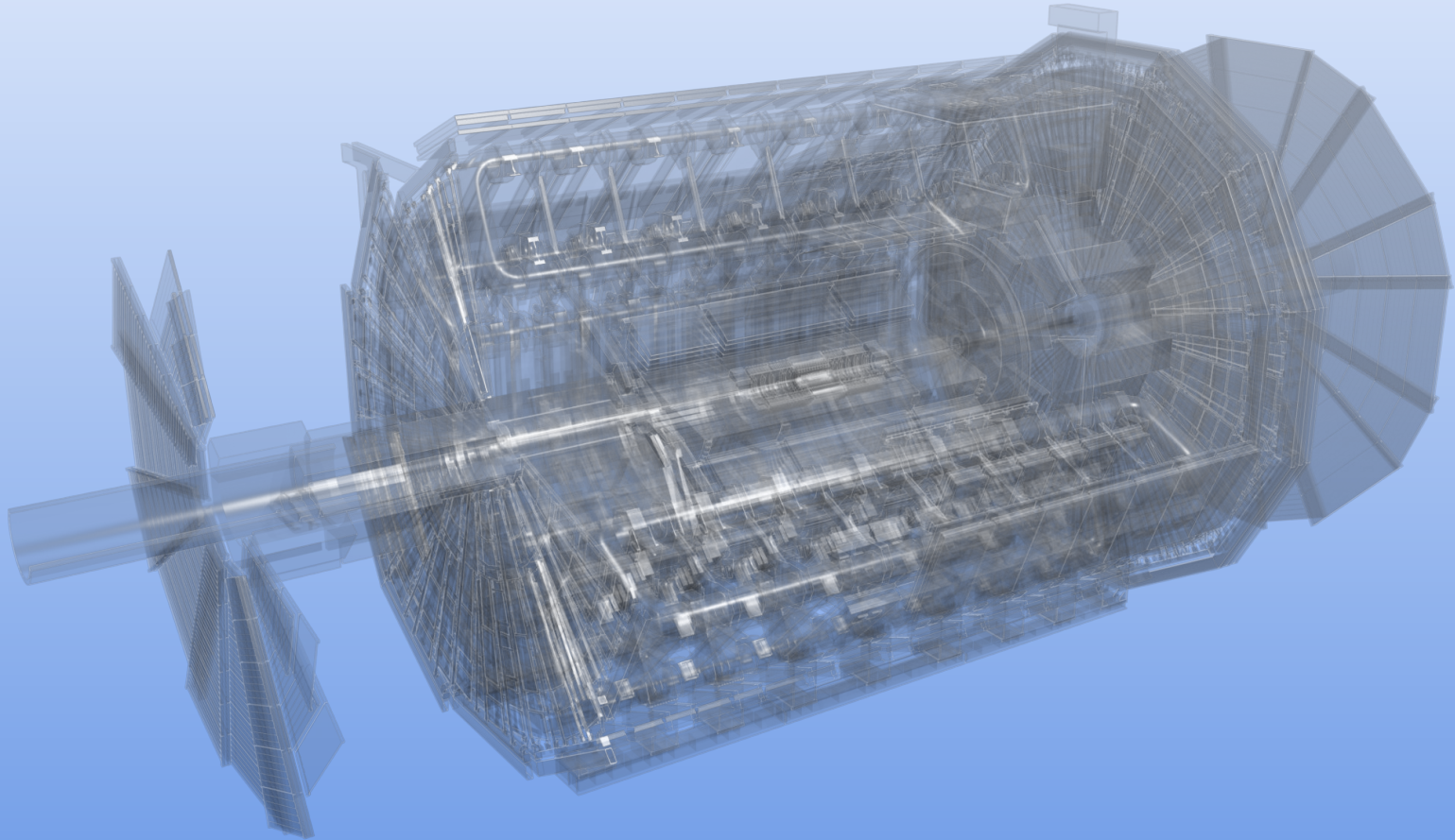
~0.000000001s después del Big Bang

ATLAS

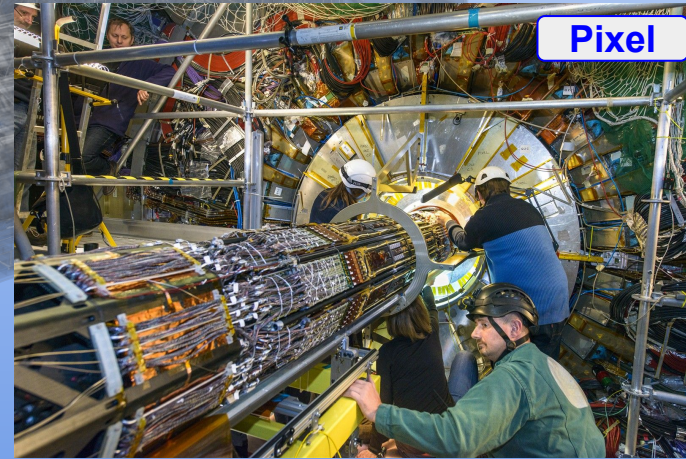
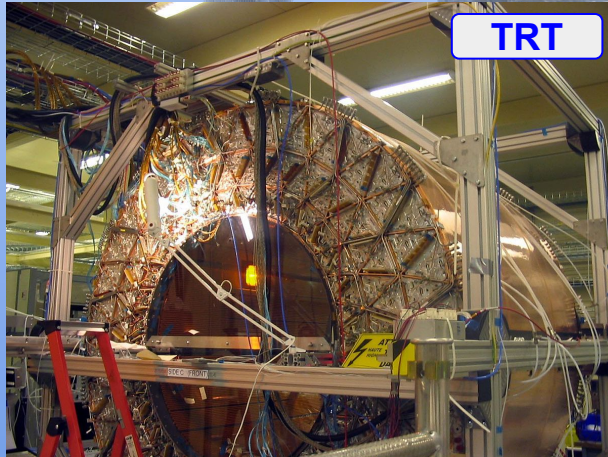
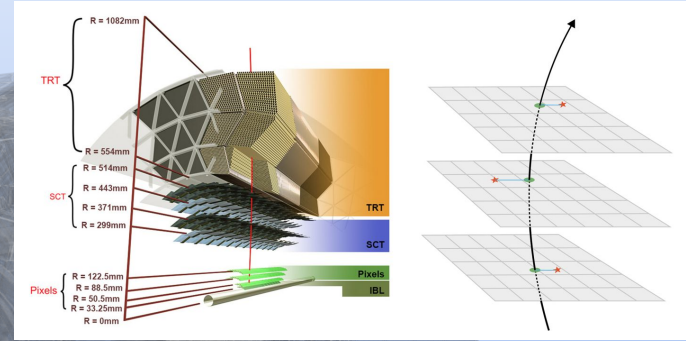
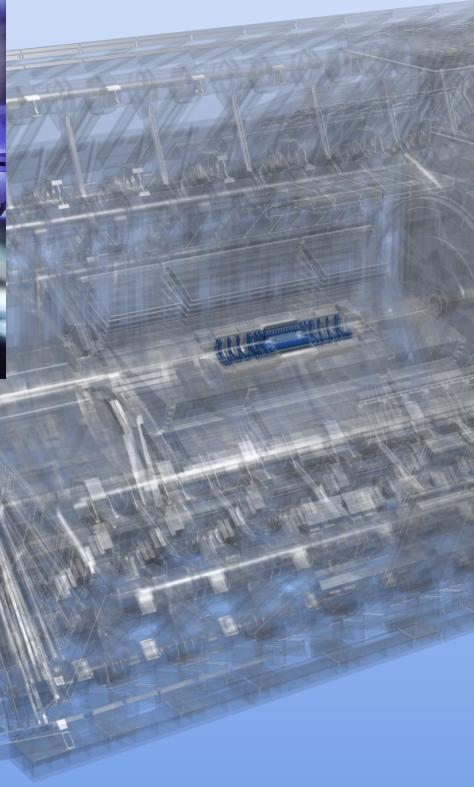
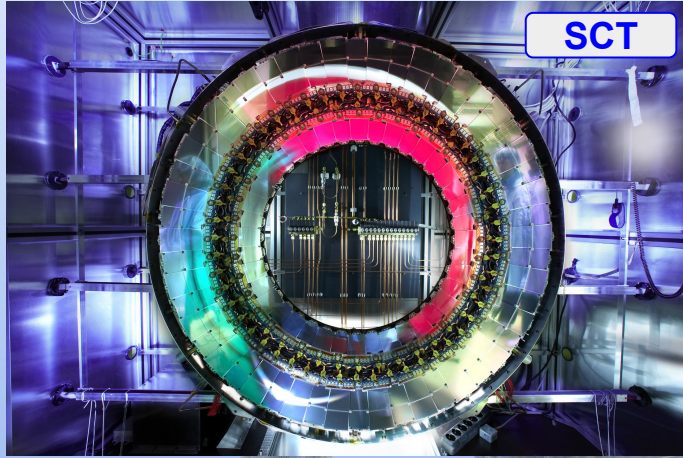


- ATLAS mide **45 m de largo** y tiene unos **25 m diámetro**.
- Pesa unas **~7000 T**, lo mismo que la torre Eiffel.
- Una colisión cada 25 ns, por tanto **40M colisiones por segundo**
- En cada cruce hay una media de SOLO **55 colisiones inelásticas**

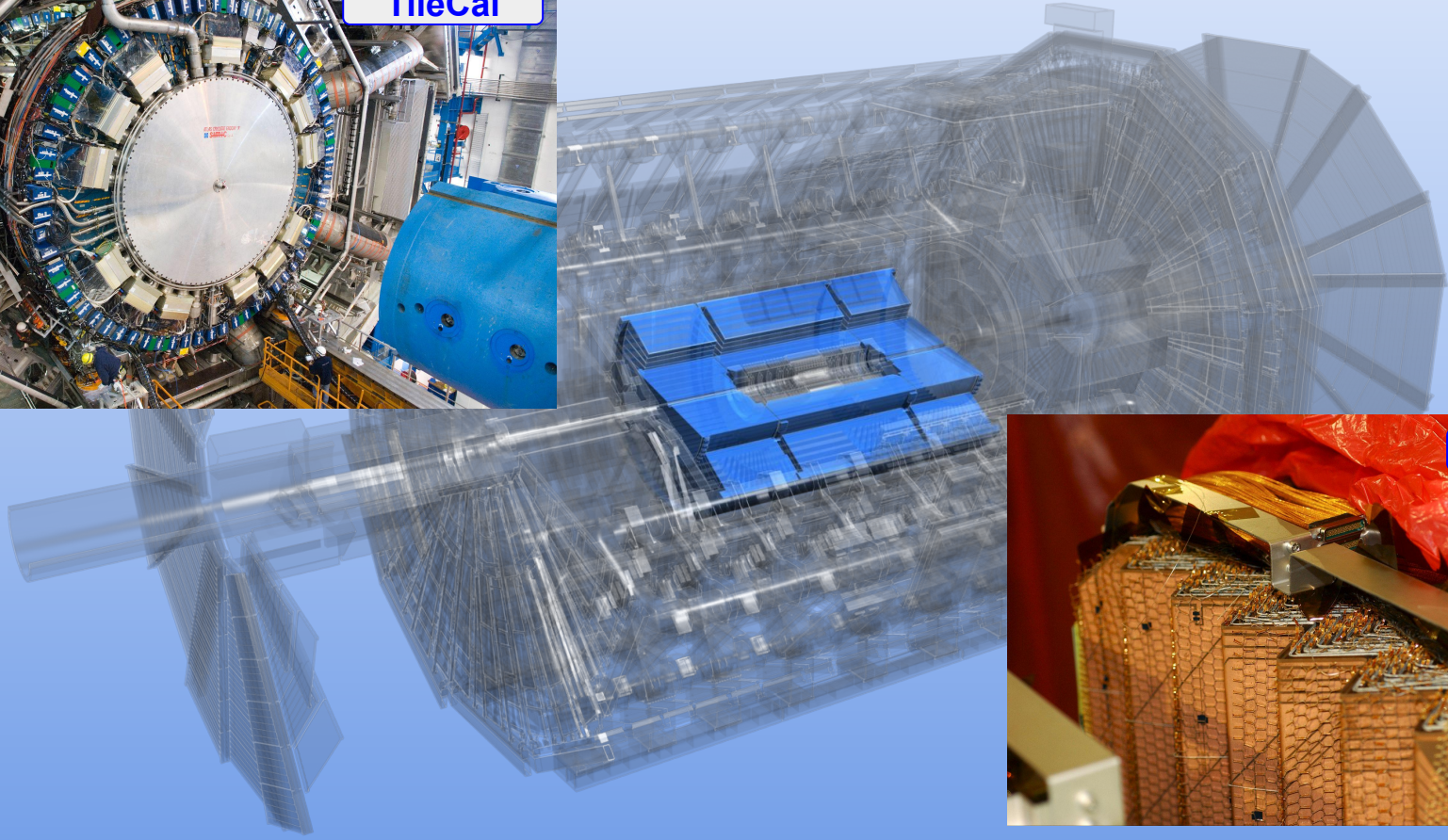
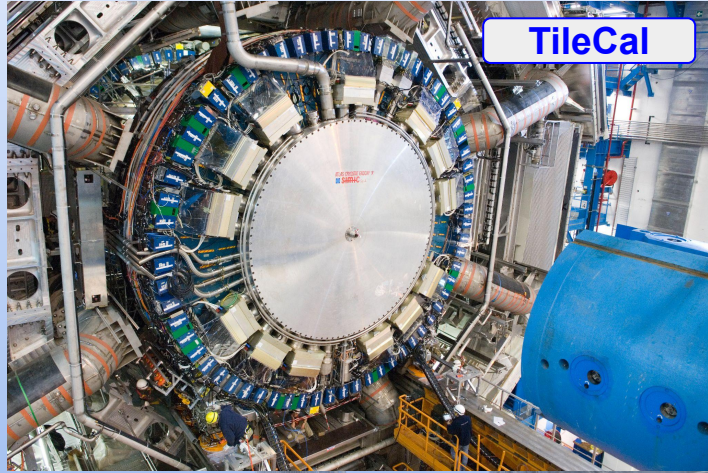
ATLAS



ATLAS - Detector Interno

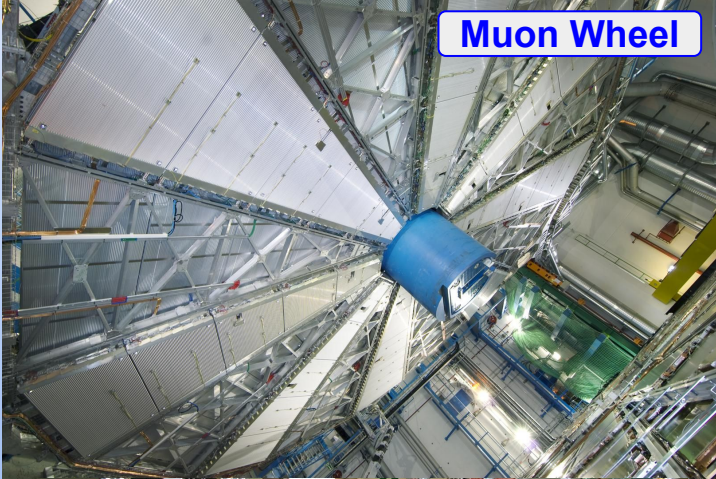


ATLAS - Calorímetros

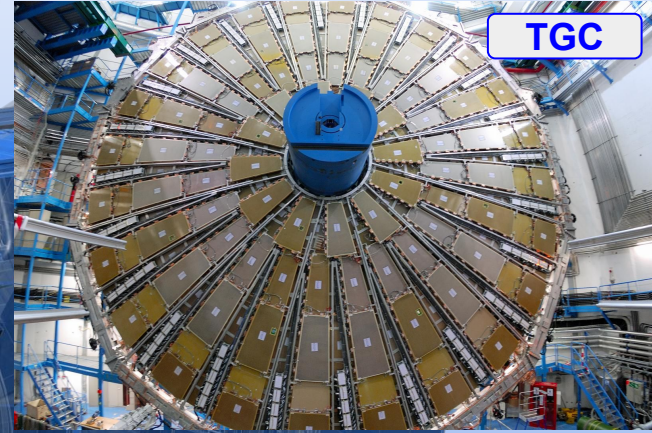


ATLAS - Muones

Muon Wheel



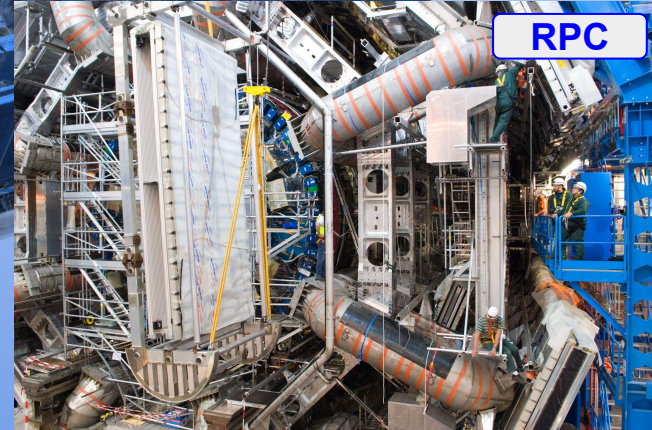
TGC



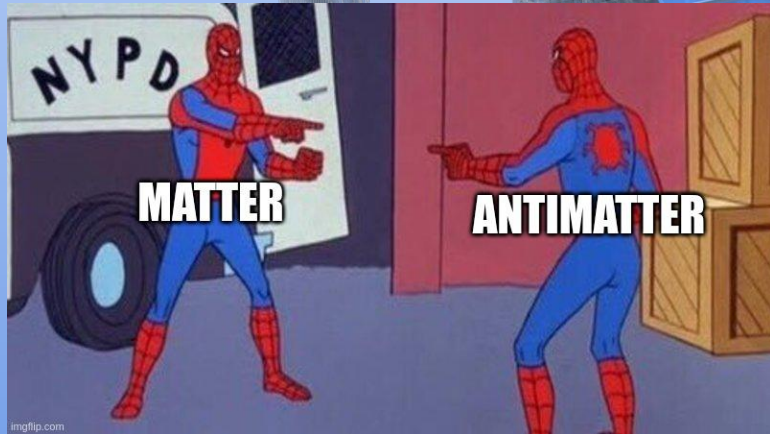
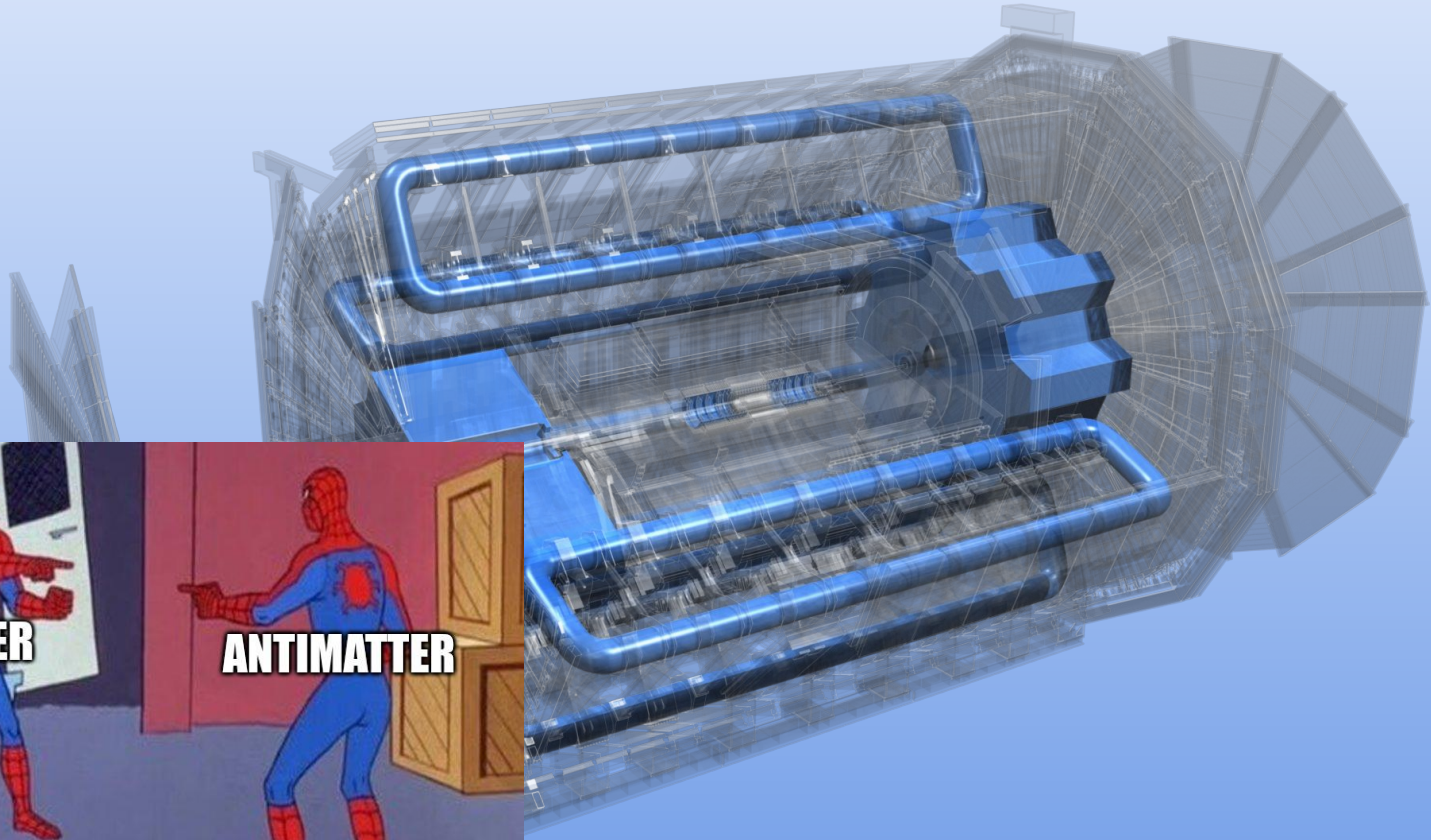
MDT



RPC



ATLAS - Imanes

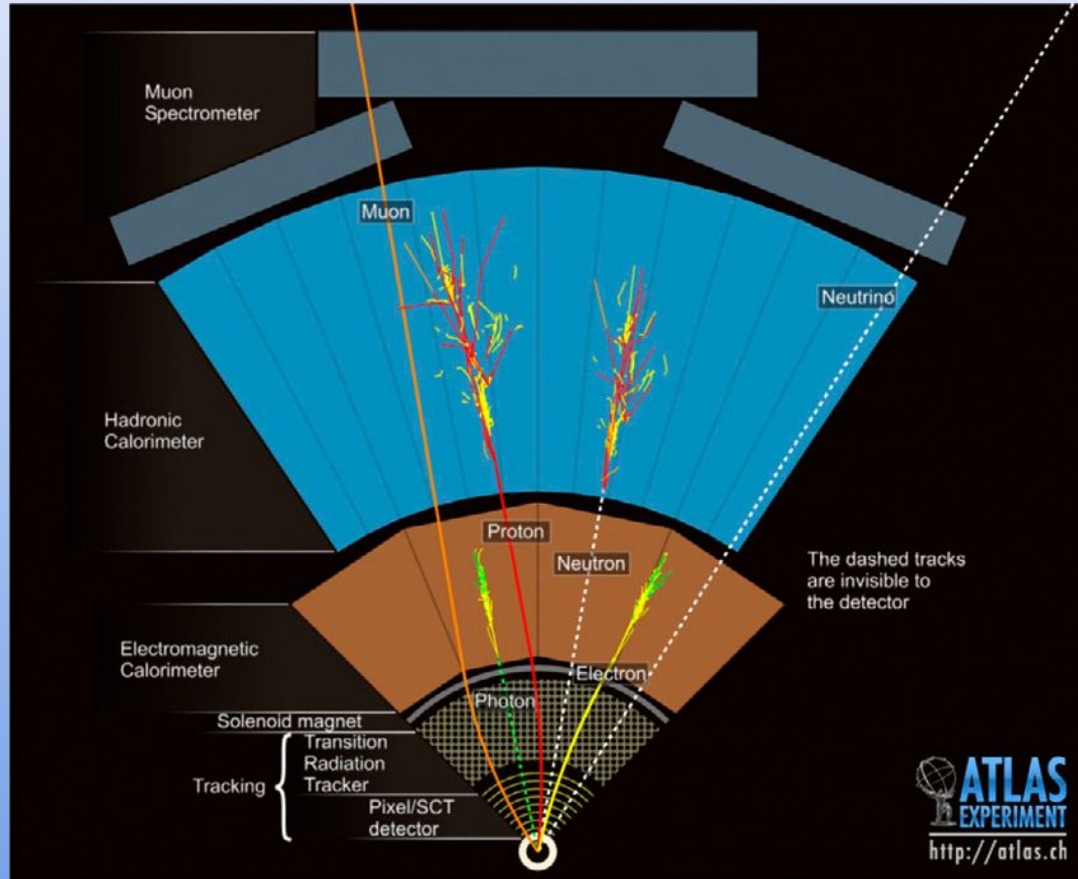


Cómo detectamos las partículas?

1. Electrón
2. Fotón
3. Protón
4. Neutrón
5. Muon
6. Neutrino



Cómo detectamos las partículas?



Que hacen los detectores del LHC?

Toman **una fotografía cada 25ns**... algunas de ellas están [aquí](#)

Los 4 experimentos **producen varios GB/s**

- Producen alrededor de **~50 PB por año!**
- Son unos 10 millones de DVDs (12 km de alto apilados)

Demasiados datos.. hay que filtrar, para ello está el **Trigger**

- 40.000.000 Hz → 100.000 Hz → 1000 Hz



Que hacen los detectores del LHC?

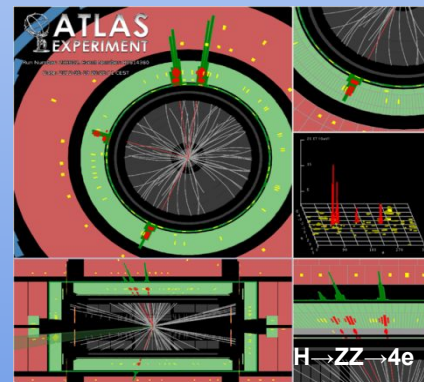
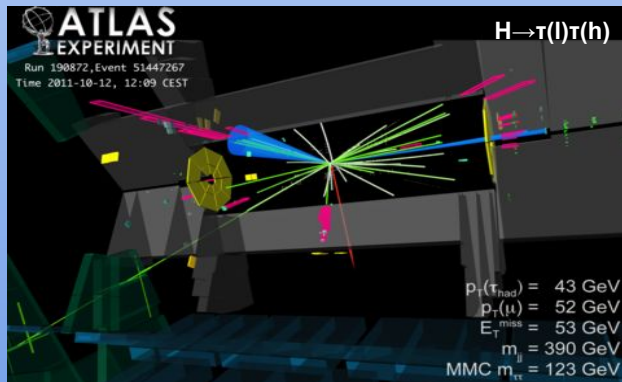
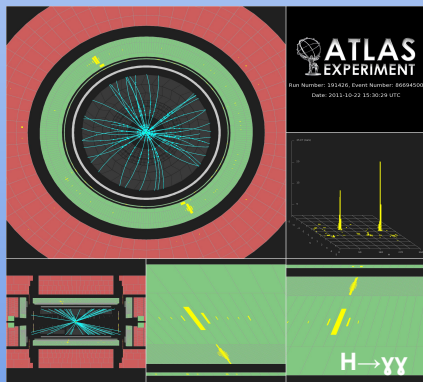
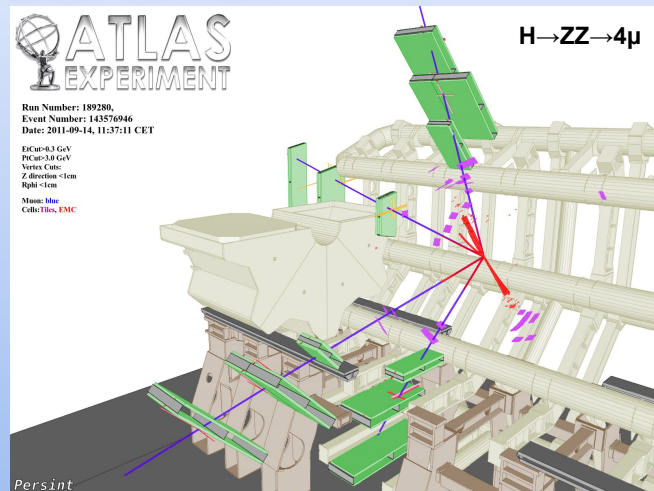
Toman **una fotografía cada 25ns**... algunas de ellas están [aquí](#)

Los 4 experimentos **producen varios GB/s**

- Producen alrededor de **~50 PB por año!**
- Son unos 10 millones de DVDs (12 km de alto apilados)

Demasiados datos.. hay que filtrar, para ello está el **Trigger**

- 40.000.000 Hz \rightarrow 100.000 Hz \rightarrow 1000 Hz



Almacenamiento y distribución

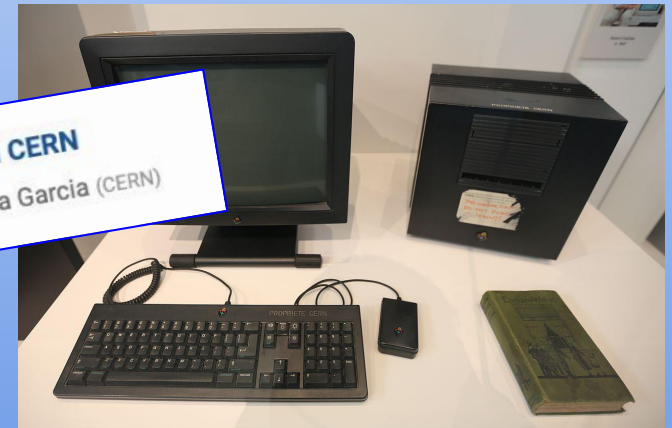
Gracias al nacimiento en el cern del

World Wide Web

por **Tim Berners-Lee** en los años 80, se pudieron **intercambiar** de manera **rápida, económica y eficiente** los datos de todos los detectores



10:00 **La computación en el CERN**
Speaker: Enrique Garcia Garcia (CERN)



Worldwide LHC Computing Grid

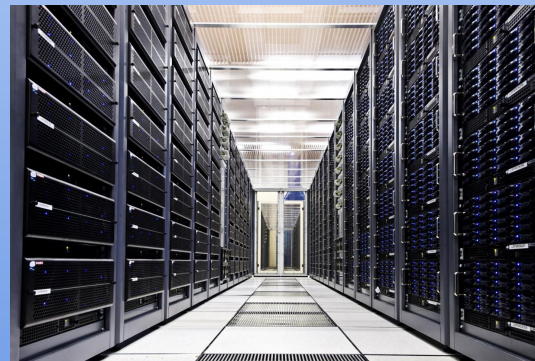


El **Worldwide LHC Computing Grid** (WLCG) es una colaboración internacional que consisten en una **red de ordenadores** para a poder **distribuir y analizar los datos** obtenidos en los detectores.

Casi 1.000 millones de colisiones cada segundo... grabarían unos **100.000 CDs por segundo**. En un año, podríamos ir y venir de la luna apilando CDs

Como en el **mundo cuántico TODO ES PROBABILIDAD**, necesitamos tantos eventos porque..

cada billón de colisiones solo se crea un bosón de Higgs!



El descubrimiento que más esperado

Julio del 2012 el CERN anunció que había descubierto **una nueva partícula** con una masa de:

$$m_H = 125.10 \pm 0.14 \text{ GeV}$$

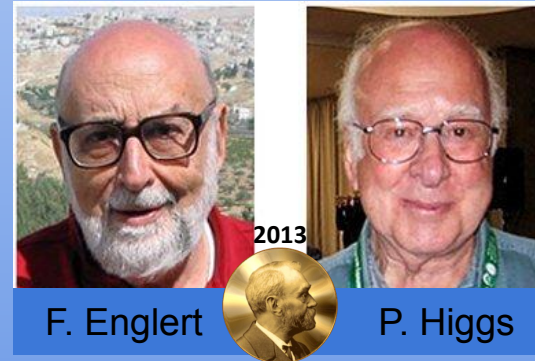
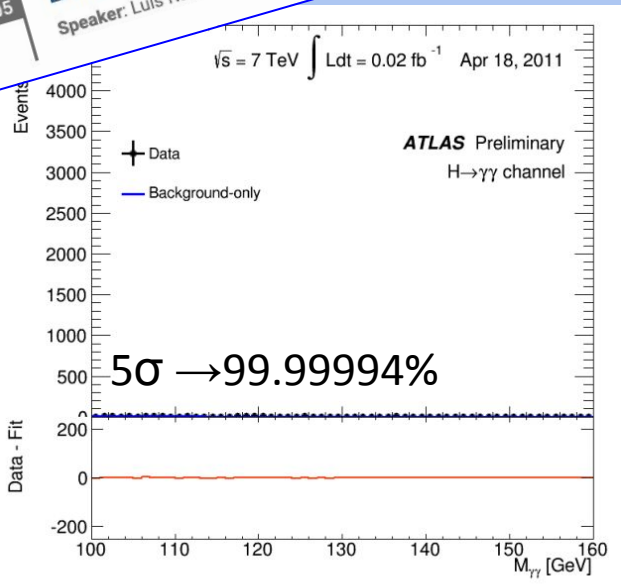
Esta nueva partícula era vital para el modelo standard, ya que gracias a ella casi todas las partículas elementales adquirirían masa.



11:05 El descubrimiento del bosón de Higgs

Speaker: Luis Roberto Flores Castillo (The Chinese University of Hong Kong (HK))

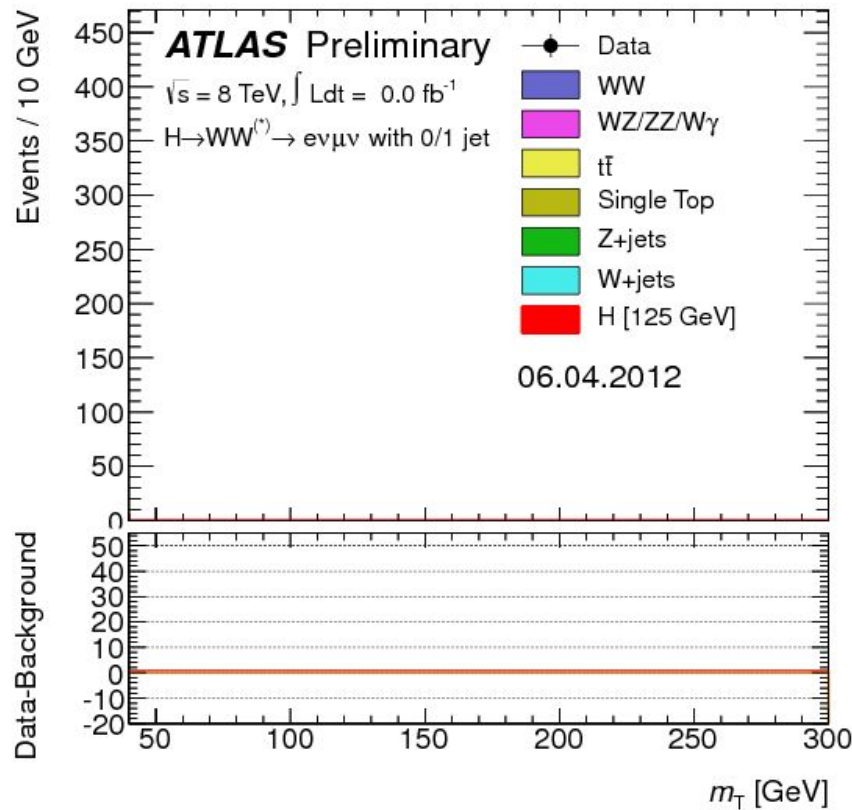
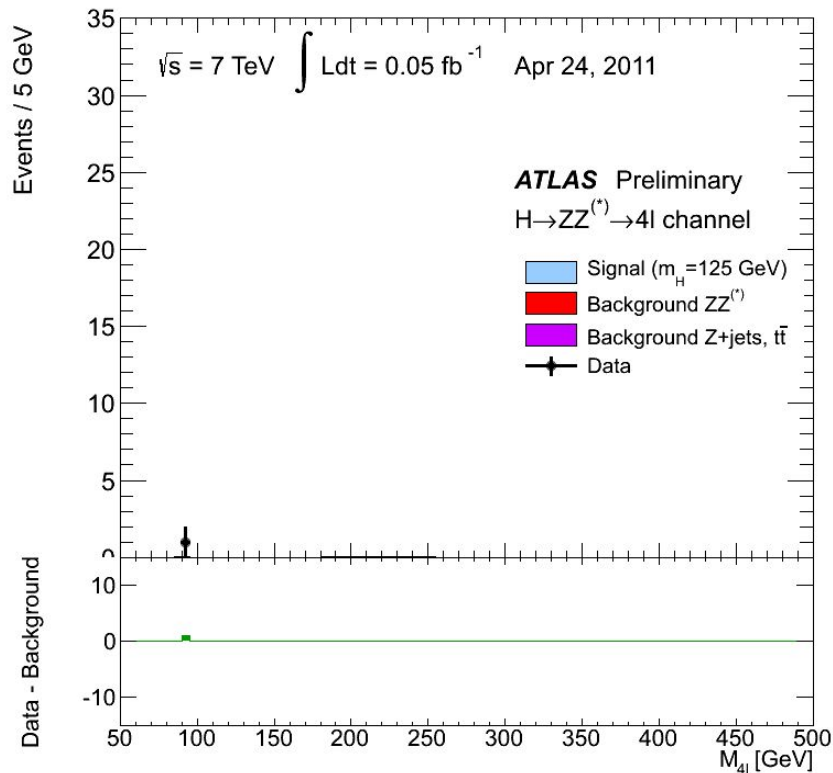
World Science Festival



F. Englert

P. Higgs

Otros análisis



Otros análisis y muchos más!

No solo se estudia el Higgs, sino también:

Standard Model

- Soft QCD processes
- Diffractive processes
- Jets and photons
- V+jets measurements
- Drell-Yan production
- EW processes...

B physics and lights

- CP violation
- Rare decays
- Secondary vertices
- Quarkonium
- Helicity amplitudes
- Polarisation...

Top physics

- Top pair production
- $t\bar{t}$ measurements
- Single-top
- $t\bar{t}$ rare decays
- top angular properties
- $t\bar{t}$ polarities...

Higgs physics

- Higgs decays
- Higgs to invisibles
- Higgs productions
- Di-higgs
- Spin / CP...

Supersymmetry

- Higgsino
- Gluino
- Squarks
- WIMPs
- Neutralino...

Higgs and Diboson

- BSM higgs
- Exotics Higgs
- LFV in Higgs
- Heavy vector triplets
- NMSSM...

Exotics

- BSM interaction
- Dark sector
- Strong gravity
- leptoquarks
- Heavy neutrinos
- Other particles...

Heavy Ions

- Partonic energy loss
- Femtoscopy
- Quarkonium
- Heavy-flavour production
- EW boson production
- Centrality...

Physics Modelling

- MC development
- MC processes modeling
- MC software
- MC validation

Gracias!

