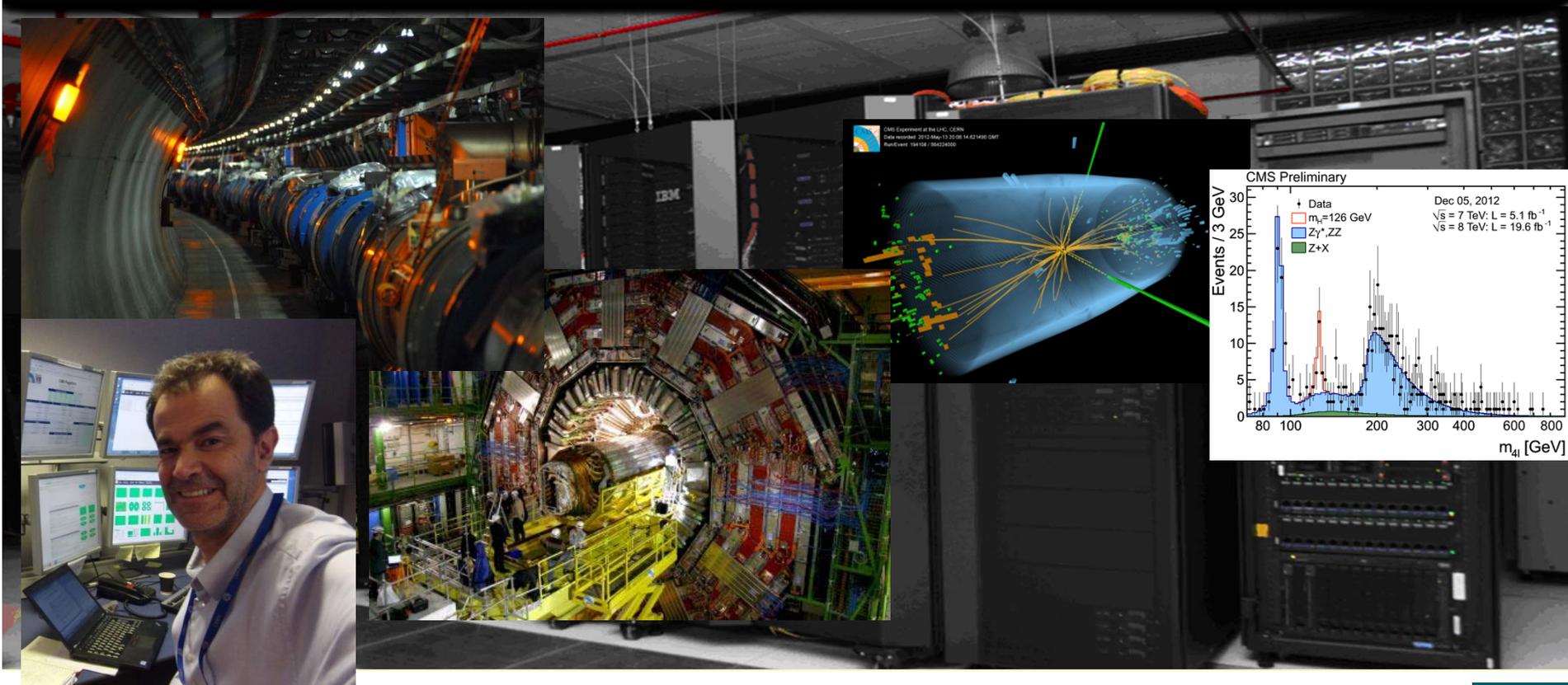


Aceleradores y Partículas Elementales



¿De qué está hecho el Universo?

- ☉ Grecia, hace unos 2500 años:
 - ☒ CONTINUO (Aristóteles)
 - ☒ ATOMOS (Demócrito)



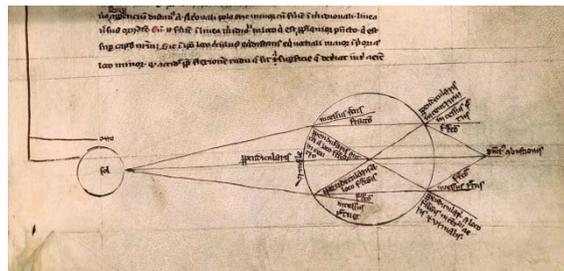
¿De qué está hecho el Universo?

✚ Europa, hace unos 500 años:

✚ *μικρός σκοπεῖν* y *τῆλε σκοπεῖν*



las lentes se conocían desde hace más de 1000 años



Hágase la luz

⊕ Propiedades de la luz:

Hace 2500 años: PROPAGACIÓN, REFLEXIÓN, REFRACCIÓN

Hace 200-300 años: DIFRACCIÓN E INTERFERENCIA

⊕ Hace 300 años:

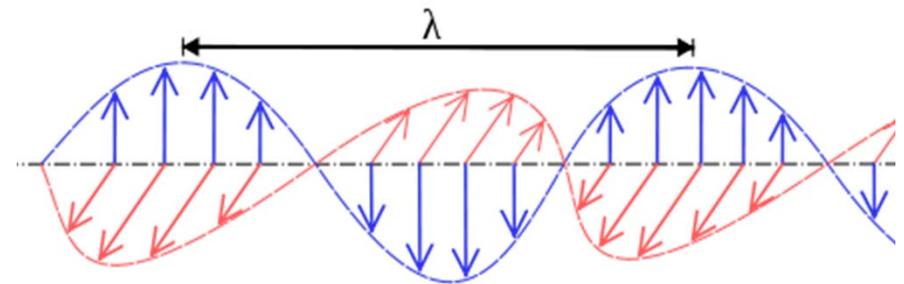
⊞ ONDA (Huygens)

⊞ PARTICULAS (Newton)

⊕ Hace 100 años:

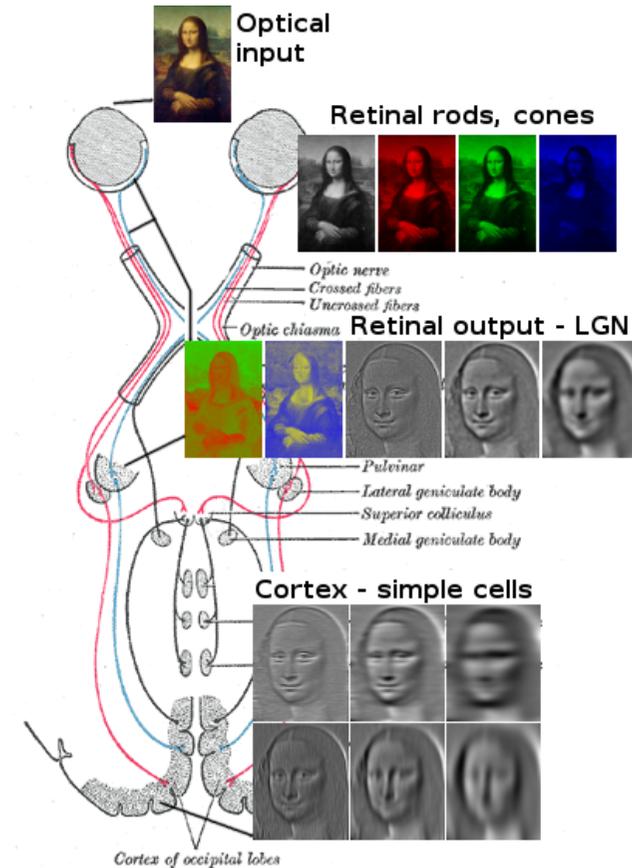
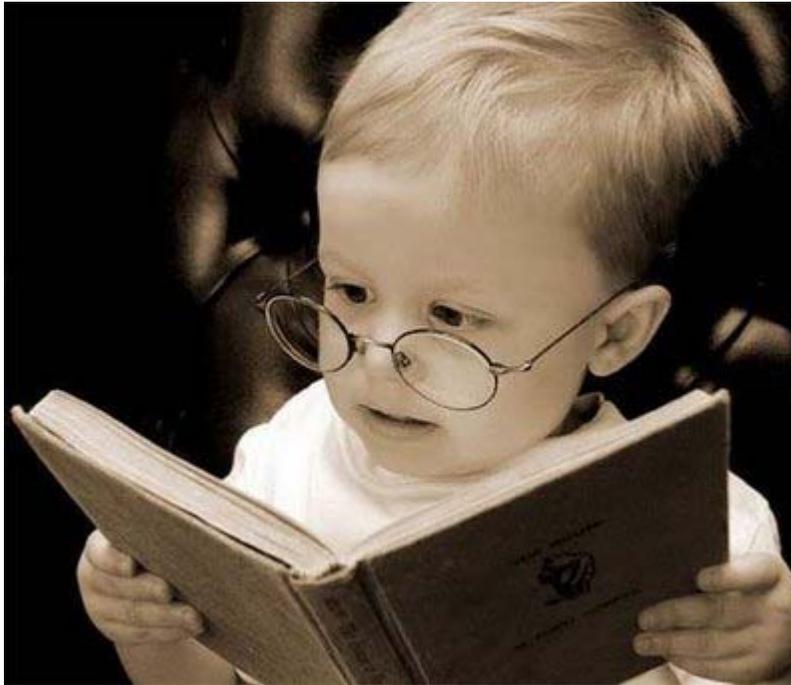
⊞ ONDA ELECTROMAGNÉTICA (Maxwell)

⊞ CHORRO DE FOTONES (Einstein)



Hágase la luz

☉ Por qué es tan importante: VISIÓN



Y la materia ?

Teoría atómica (Dalton, hace 200 años)

Toda la materia (gaseosa, líquida, o sólida) está formada por átomos

Numero de Avogadro nos indica el problema:

$$N_A = 602.300.000.000.000.000.000.000$$

(cerca de un billón de billones, $6,023 \cdot 10^{23}$ casi 10^{24})

Ejemplo: Sal común (NaCl, sodio y cloro)

En $35+17 = 58$ g. de sal común hay N_A átomos

Si en un cubo de $3 \times 3 \times 3$ cm hay 58 g. de sal

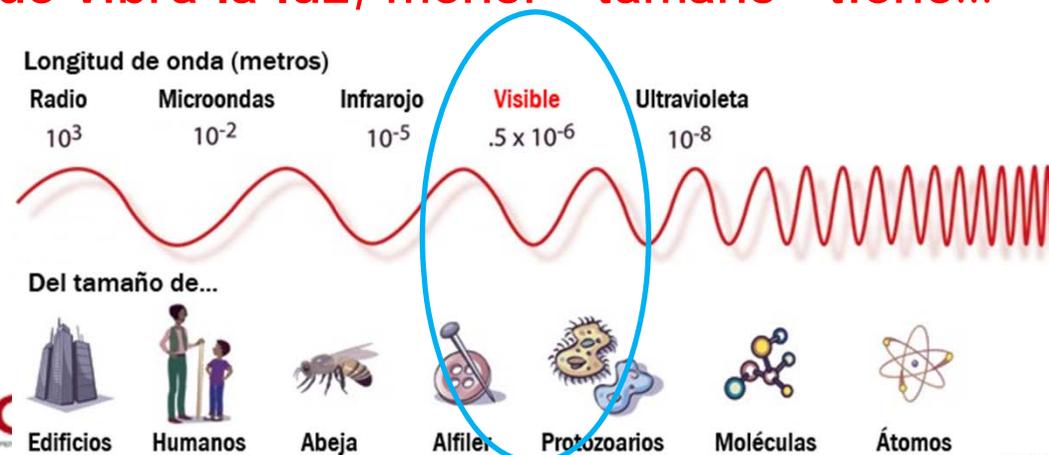
¿Cuántos millones de átomos contarías en esos 3 cm.?

¿VEREMOS LOS ATOMOS CON UN MICROSCOPIO?

30mm. entre 80 millones de átomos : 0.00000375 mm = 0.375 nm

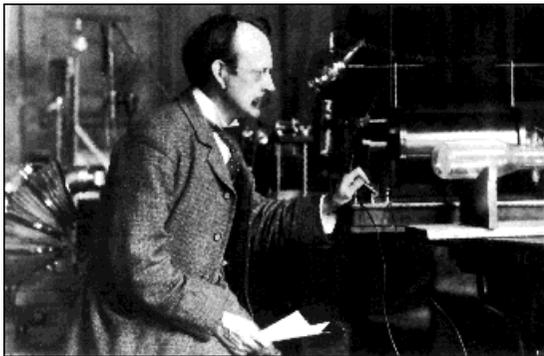
¿Podemos ver los átomos con un microscopio?

- 🌟 Lanzamos luz ondas (electromagnéticas)
- 🌟 Que “atraviesan” o “rebotan” en lo que miramos
- 🌟 Imagina una ola en el mar:
 - ❑ se encuentra con un barco: desvía su trayectoria, “lo ve”
 - ❑ Se encuentra con un pez: su trayectoria no cambia, “no lo ve”
- 🌟 Las ondas “ven” objetos de al menos su “tamaño”
 - ❑ Luz visible: “tamaño” es del orden de 500 nm ($0.5 \mu\text{m}$, 0.0005 mm.)
 - ❑ Cuanto más rápido vibra la luz, menor “tamaño” tiene...
 - ❑ Y más energía:

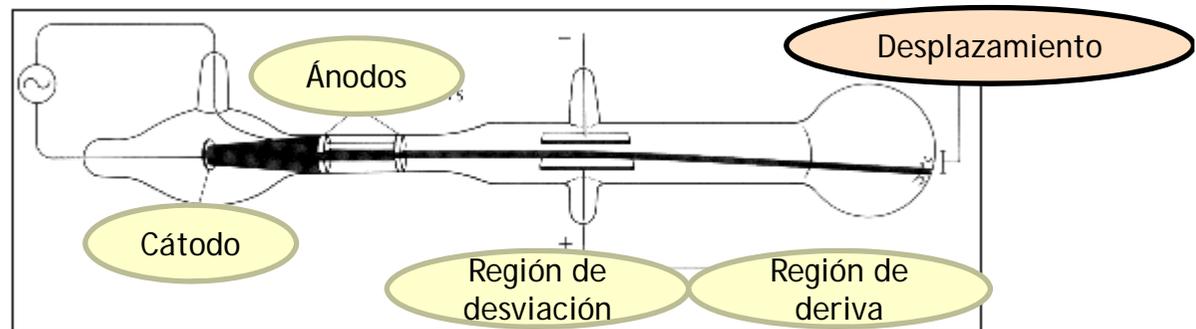
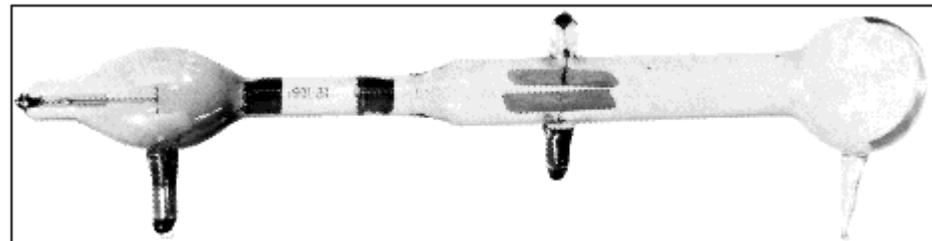


El descubrimiento del Electrón

- ➊ Descubrimiento del electrón (Thomson 1897)
 - ⊠ Electricidad y Magnetismo descubiertos en XIX
 - ⊠ Experimento de los "rayos catódicos"



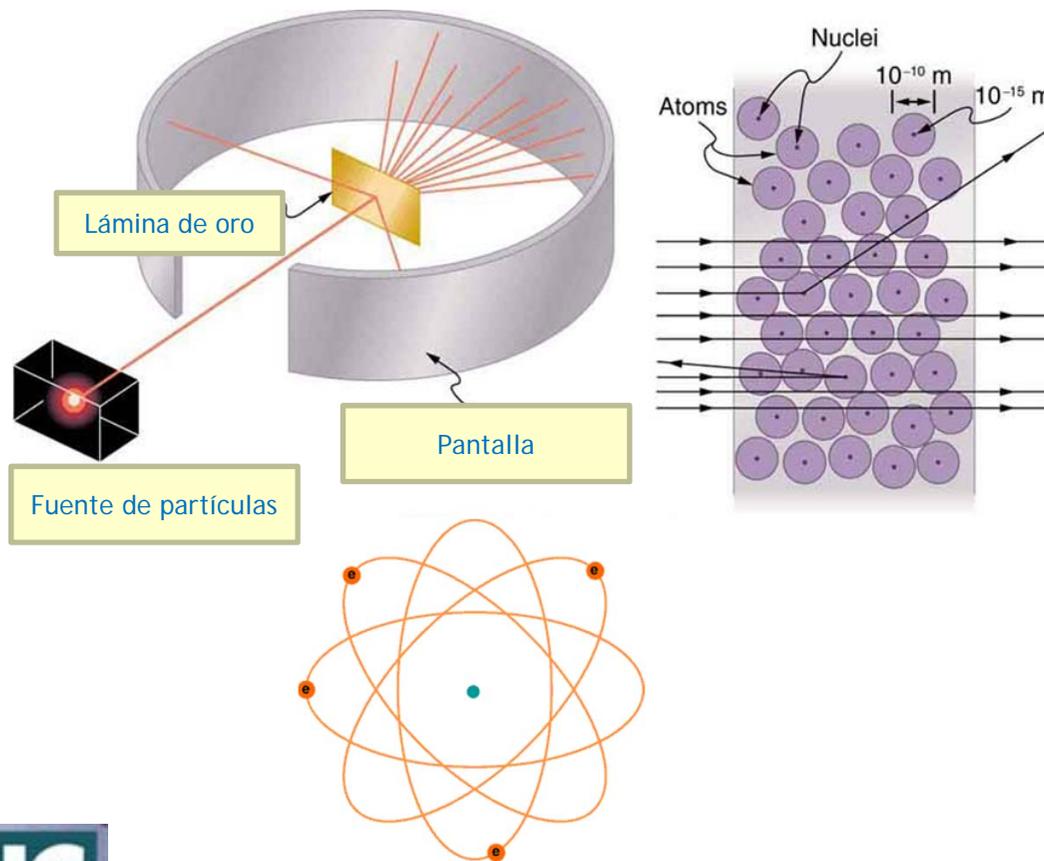
Este trasto de los rayos catódicos,
¿para que vale?



El descubrimiento del núcleo de los átomos

En 1911 un experimento descubre el núcleo

- Experimento "clásico" de Geiger-Marsden, interpretado por Rutherford:



[669]

LXXIX. *The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom.* By Professor E. RUTHERFORD, F.R.S., University of Manchester*.

§ 1. IT is well known that the α and β particles suffer deflexions from their rectilinear paths by encounters with atoms of matter. This scattering is far more marked for the β than for the α particle on account of the much smaller momentum and energy of the former particle. There seems to be no doubt that such swiftly moving particles pass through the atoms in their path, and that the deflexions observed are due to the strong electric field traversed within the atomic system. It has generally been supposed that the scattering of a pencil of α or β rays in passing through a thin plate of matter is the result of a multitude of small scatterings by the atoms of matter traversed. The observations, however, of Geiger and Marsden † on the scattering of α rays indicate that some of the α particles must suffer a deflexion of more than a right angle at a single encounter. They found, for example, that a small fraction of the incident α particles, about 1 in 20,000, were turned through an average angle of 90° in passing through a layer of gold foil about 0.0004 cm. thick which

La física cuántica y la relatividad

Entre 1905 y 1925: REVOLUCIÓN EN FÍSICA

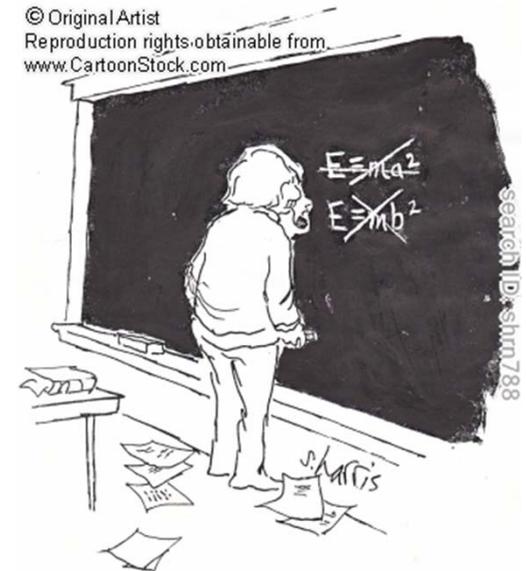
1905, Einstein, Teoría de la Relatividad

- Leyes invariantes en espacio-tiempo
 - dilatación del "tiempo"
- $E=mc^2$

1900-1925, Bohr, Planck, Heisenberg, De Broglie, Schrodinger, Pauli, Dirac...

- La energía esta "cuantizada"
- Dualidad onda-corpúsculo

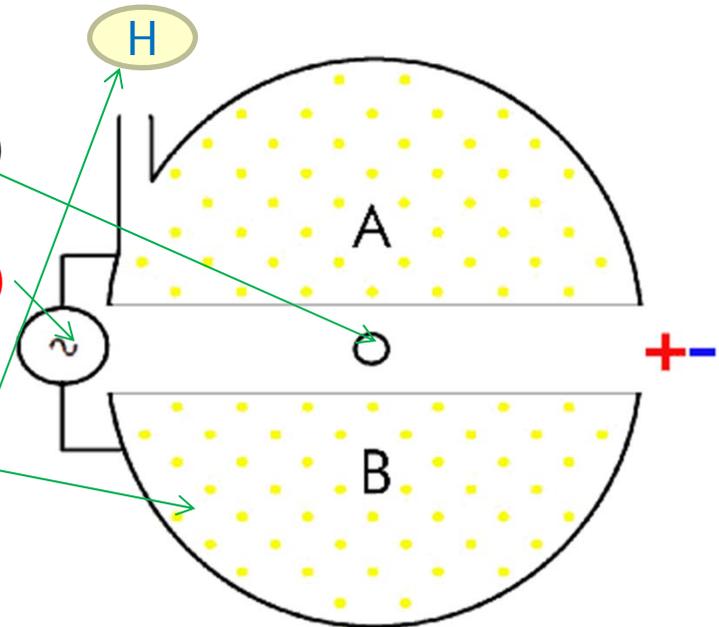
- Una partícula con mucha energía tiene un "tamaño" como onda muy pequeño



Preparar un acelerador para explorar el núcleo

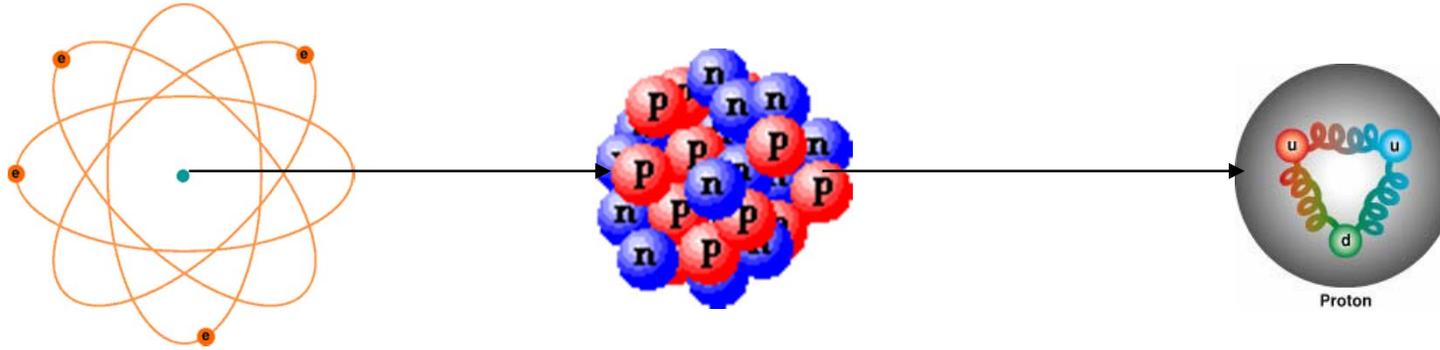
Qué necesitamos:

- Un chorro de electrones (partículas cargadas)
- Una fuente de alta tensión (campo eléctrico)
- Unos imanes (campos magnéticos)
- ¡Un "blanco" con núcleos que examinar!

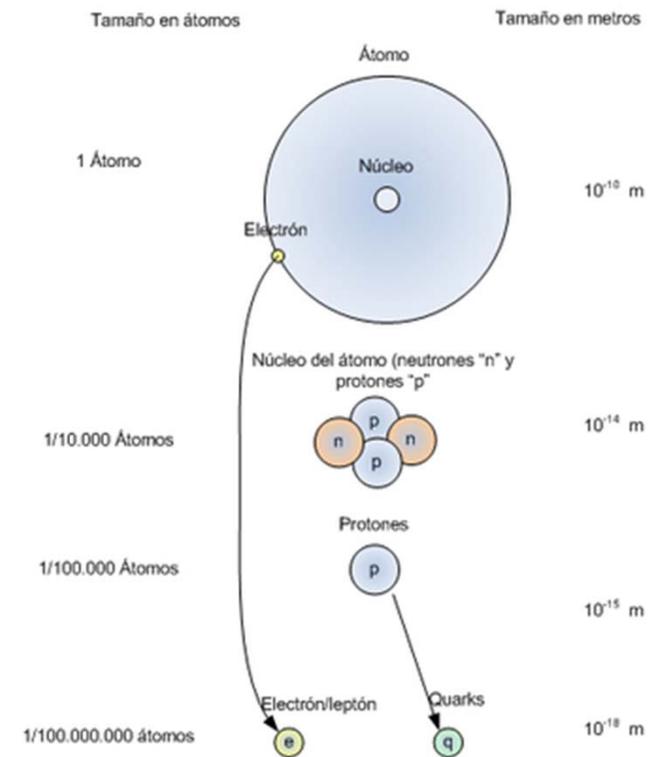


¡Si aceleramos los electrones lo suficiente, tendrán mucha energía, y serán como una luz de tamaño muy pequeño!

Que se logró ver en las colisiones e-p



En los experimentos realizados en los 70, la desviación de los electrones al atravesar los protones mostraba que el tamaño del protón es muy pequeño, del orden de 0.001 nm (1 fm) pero que habia una estructura dentro del protón: unas nuevas partículas elementales, los quarks, unidas entre si por unas fuerzas muy intensas, los gluones.



Pero este no es el fin de la historia

- Que pasa con el electrón, ¿no está formado por quarks?
- La verificación de $E=mc^2$
 - ¿Podemos crear partículas a partir de energía pura?
 - Si hacemos chocar dos partículas con mucha energía, podemos crear nuevas partículas?
 - Y al revés, podemos “fundir” dos partículas para crear solo energía pura?
- **El misterio de las copias idénticas con diferente masa**
 - Hay una partícula copia del electrón con 500 veces más masa
 - Hay una partícula copia del quark con 100.000 veces más masa
- Los quarks tienen una masa muy pequeña, en cambio el protón tiene una masa mucho mayor, ¿cómo es posible?
- El fotón y los gluones no tienen masa, las demás partículas si, ¿cual es la razón?
- El tiempo y la desintegración de partículas
- **Fermiones y bosones: el misterio del spin de las partículas**

CERN: el laboratorio europeo de aceleradores

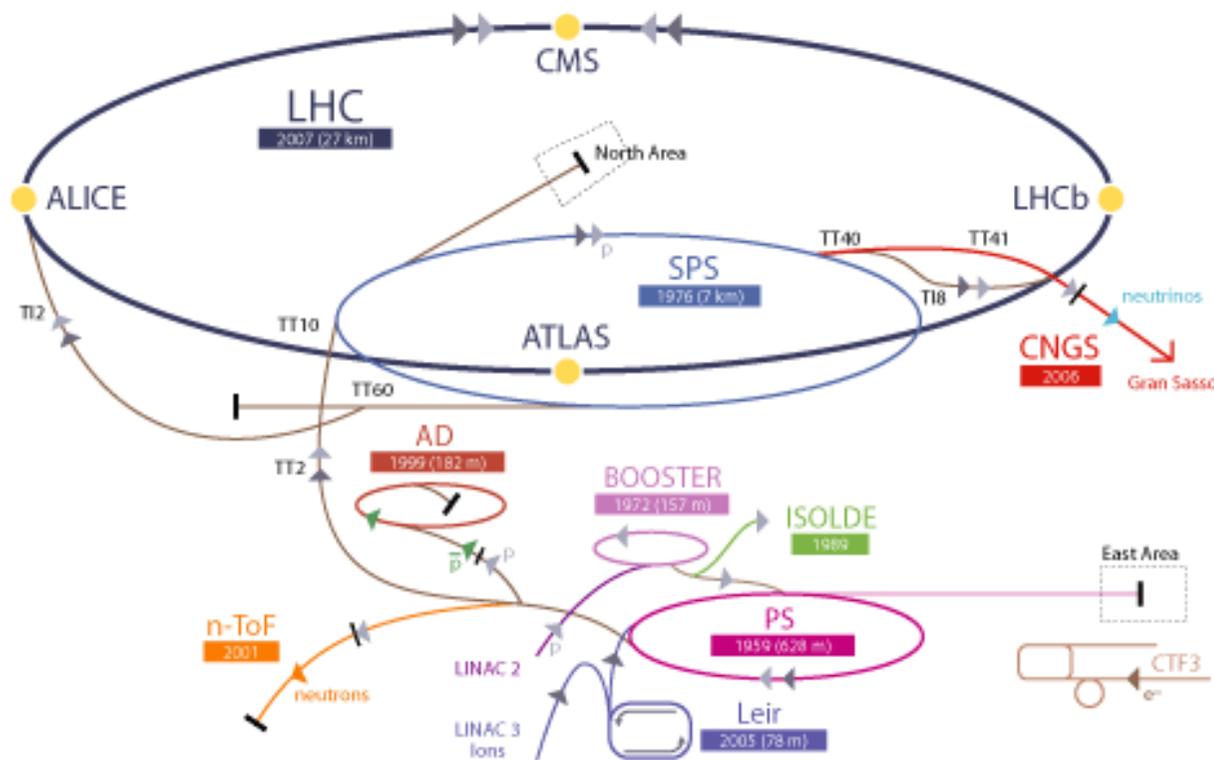
❁ El CERN es un gran laboratorio

- ❁ Fundado en 1954, en Ginebra, entre la frontera franco-suiza
- ❁ SE PUEDE VISITAR : <http://outreach.web.cern.ch/outreach/visites/index.html>
- ❁ Cuenta actualmente con 20 estados miembros, científicos de más de 100 países
- ❁ Desarrollo de experimentos:
 - ACELERADORES
 - INSTRUMENTACIÓN
 - COMPUTACIÓN



El Laboratorio de Aceleradores del CERN

CERN Accelerator Complex



▶ p (proton) ▶ ion ▶ neutrons ▶ \bar{p} (antiproton) ▶ neutrinos ▶ electron
 ⇄⇄⇄ proton/antiproton conversion

LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron
 AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility
 CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
 LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINEar ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

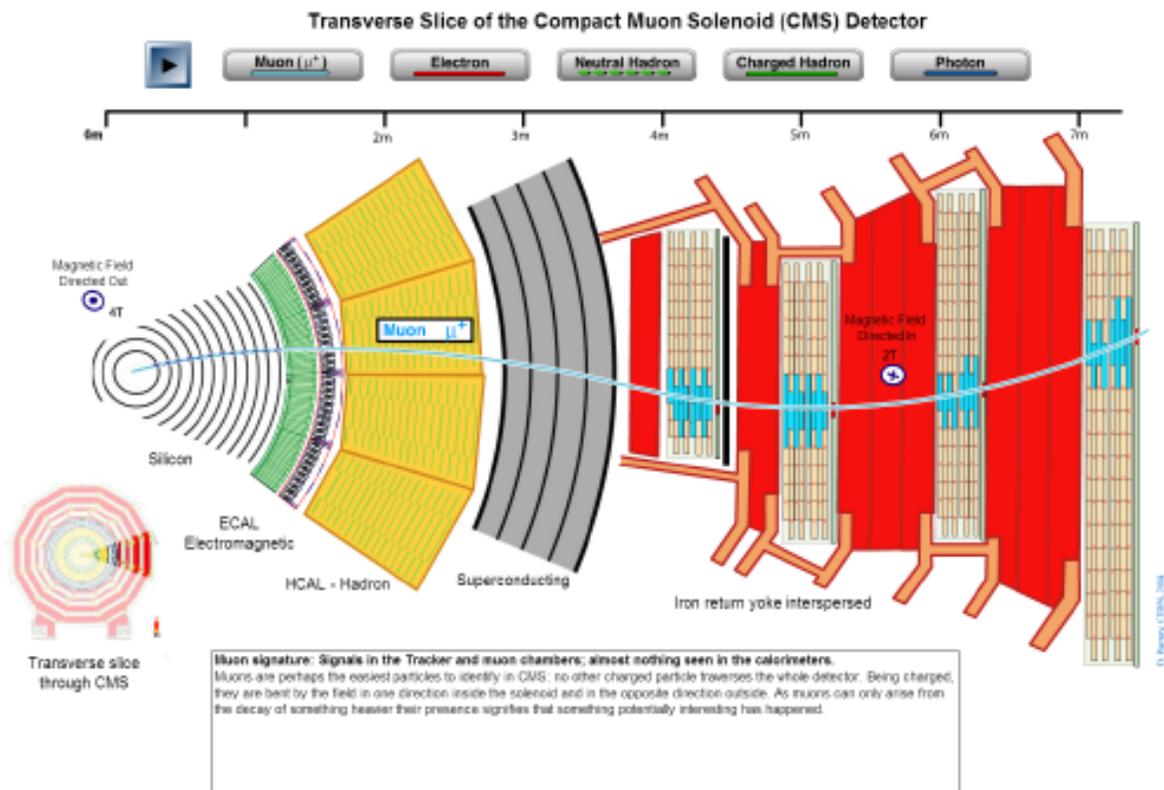
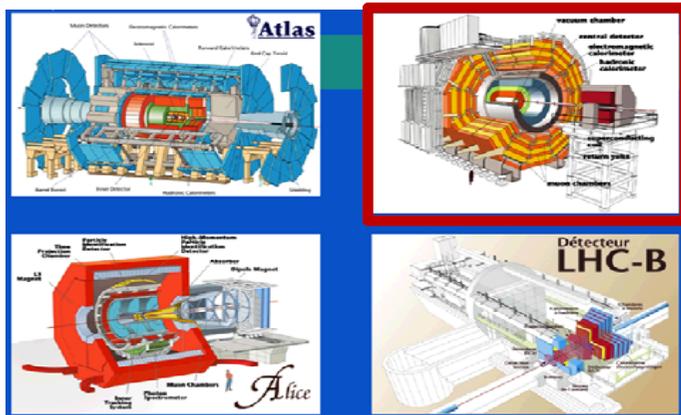
☉ LHC: Gran Colisionador de Hadrones

colisiones proton-proton

Un detector / cámara de fotos de las colisiones

☉ CMS: Compact Muon Solenoid

El detector más preciso instalado en LHC!



Una extraordinaria maquina muy compleja...

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

SILICON TRACKERS
Pixel ($100 \times 150 \mu\text{m}$) $\sim 16\text{m}^2 \sim 66\text{M}$ channels
Microstrips ($80 \times 180 \mu\text{m}$) $\sim 200\text{m}^2 \sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

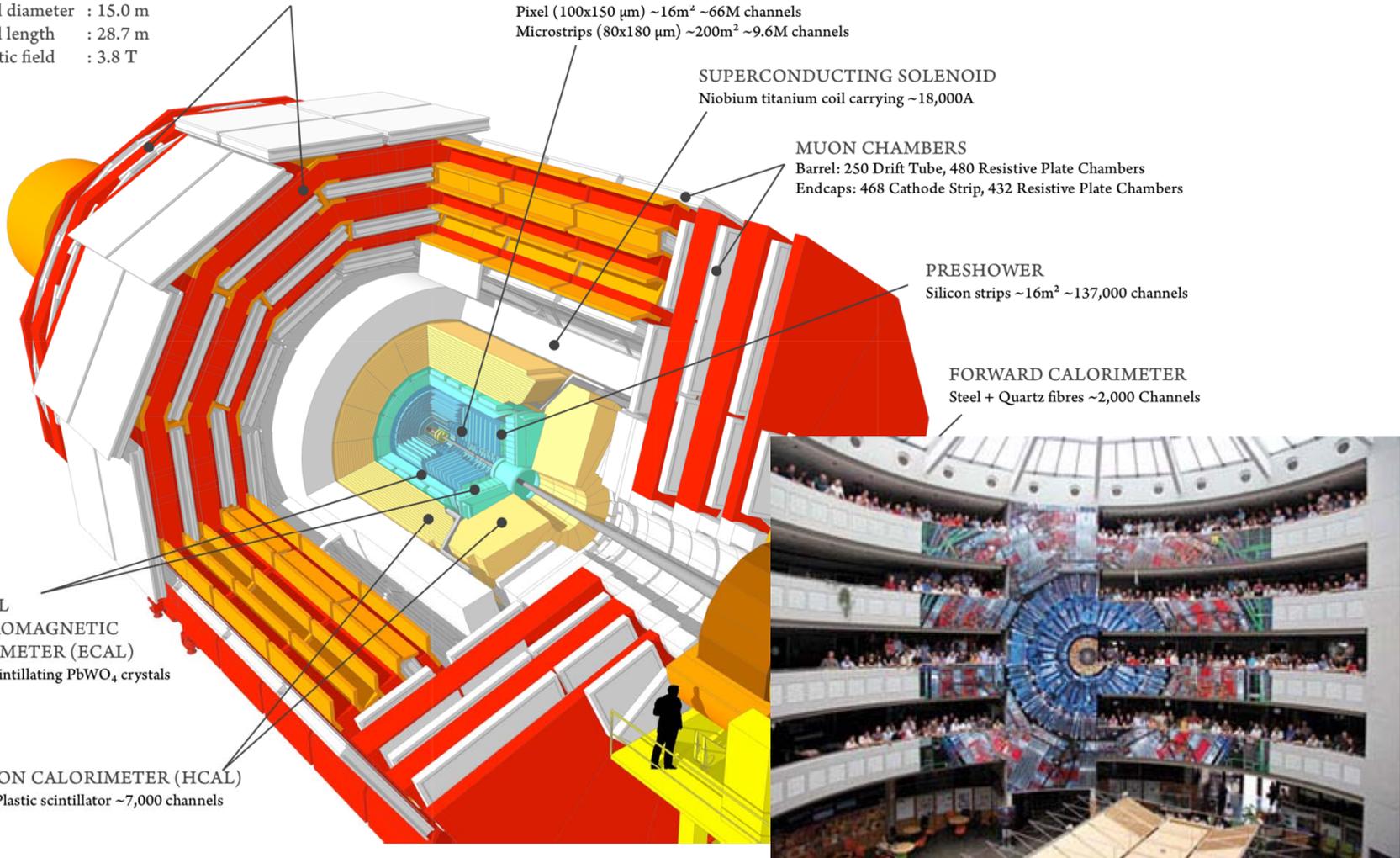
MUON CHAMBERS
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
Endcaps: 468 Cathode Strip, 432 Resistive Plate Chambers

PRESHOWER
Silicon strips $\sim 16\text{m}^2 \sim 137,000$ channels

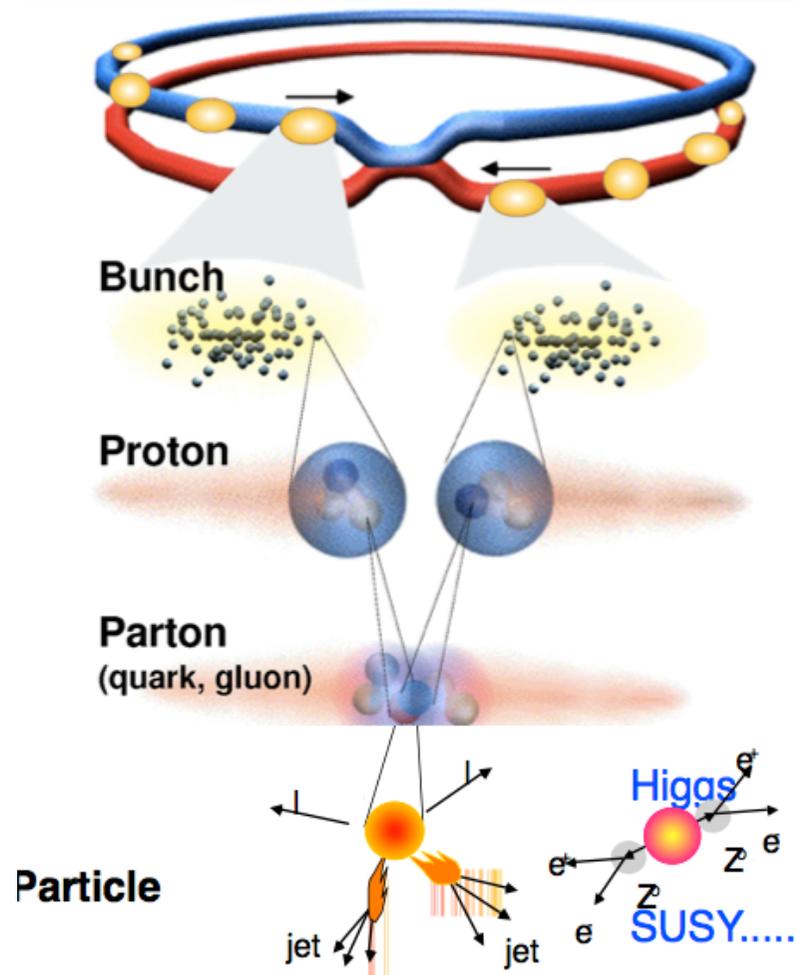
FORWARD CALORIMETER
Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Channels

CRYSTAL
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO_4 crystals

HADRON CALORIMETER (HCAL)
Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels



Una extraordinaria maquina muy compleja...



Proton - Proton 2808 bunch/beam
Protons/bunch 10^{11}
Beam energy 7 TeV (7×10^{12} eV)
Luminosity $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

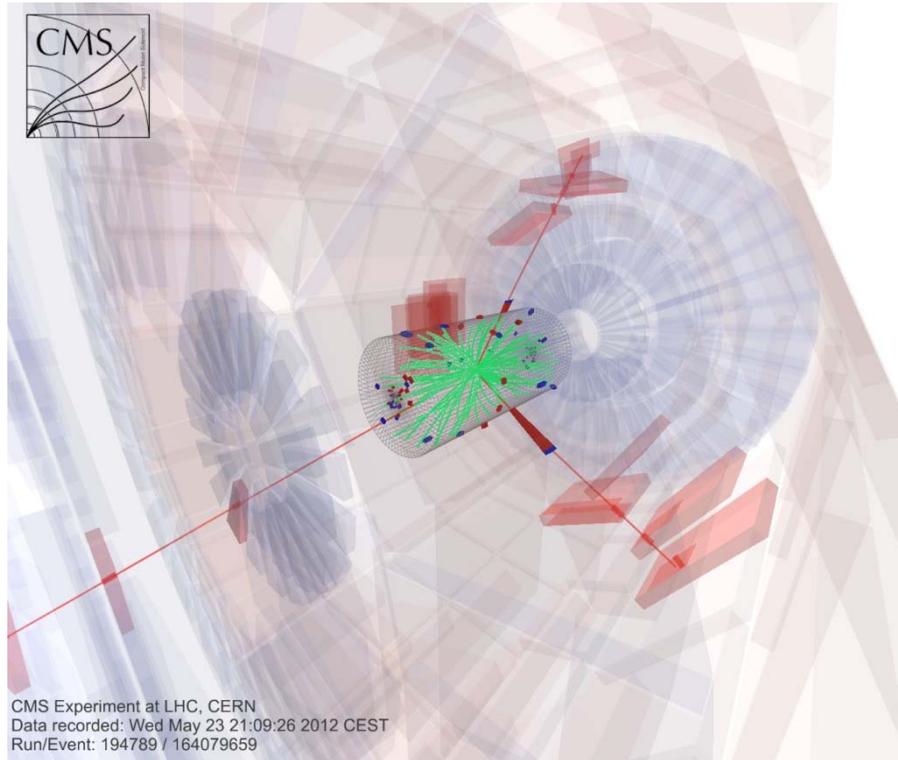
Crossing rate 40 MHz

Collision rate \approx $10^7 - 10^9$

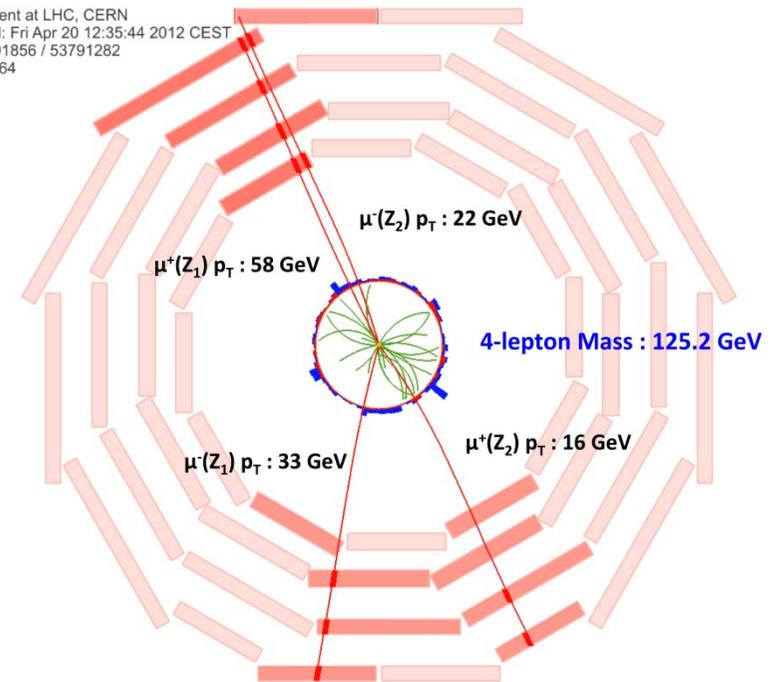
New physics rate \approx .00001 Hz

Event selection:
1 in 10,000,000,000,000

¿Cómo encontrar el bosón de Higgs?



Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Fri Apr 20 12:35:44 2012 CEST
Run/Event: 191856 / 53791282
Interaction section: 64

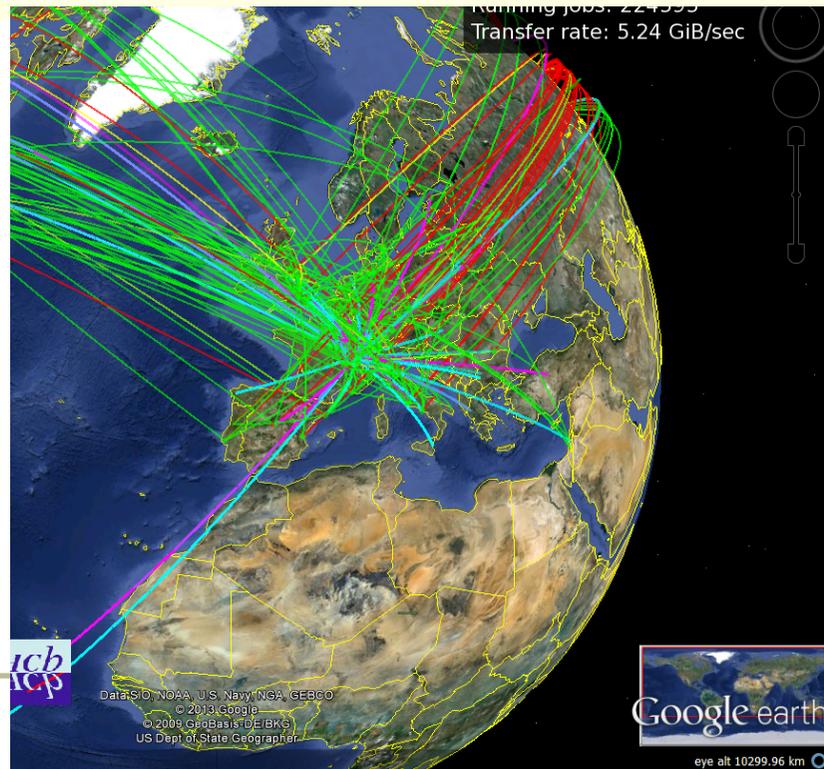


¿Cómo seleccionar 1 colisión de entre 10 millones? !!!

-SIMULACIÓN DE LA SEÑAL Y EL FONDO

-APLICAR REDES NEURONALES PARA SELECCIONAR LA SEÑAL

IFCA: Centro de computación para CMS



uCloud
(UC-CSIC)

Cluster Tier-2
CMS (UC)

Tier 2 CMS (UC)

IFCA CSIC

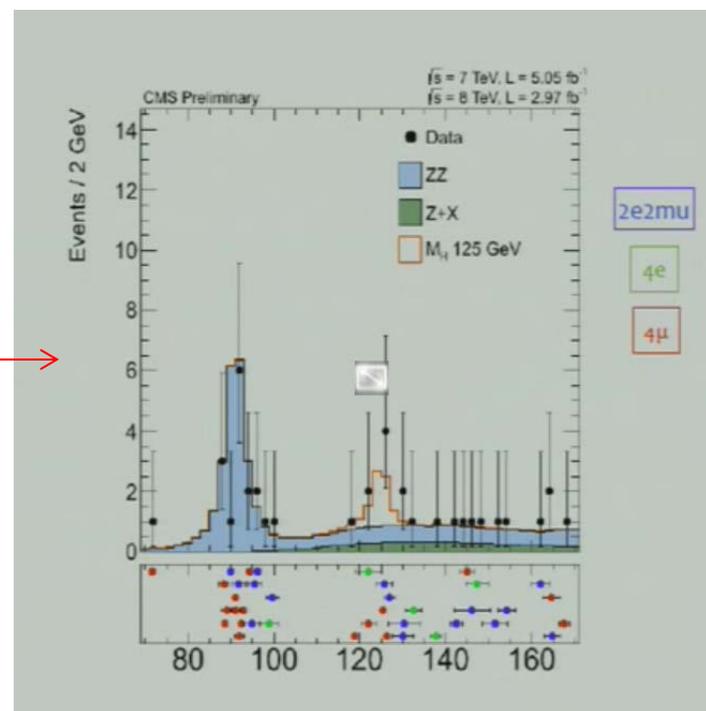
red ifca.es
CSIC

GRID-CSIC



Cómo se cierra el ciclo: descubrimiento del bosón de Higgs

- 🌀 Simulación de colisiones
- 🌀 Toma de datos y procesado
- 🌀 Decisión del análisis
- 🌀 Contraste con la simulación
 - 🌀 UNBLINDING! →
- 🌀 Aprobación de los resultados
- 🌀 Escritura final del artículo
 - 🌀 REVISIÓN
- 🌀 Presentación/Publicación
 - 🌀 OPEN ACCESS



Acceso a datos públicos

<http://cms.web.cern.ch/content/cms-public-data>



★★ Bases del Concurso ★★

¿Quién puede participar? Estudiantes de una escuela española en una de las siguientes categorías de edad:

- *Primaria*
- *Secundaria*
- *Bachillerato*

Modalidades

- **Dibujo/Foto/Video:** Formato A4 con título y descripción de 50 a 100 palabras para los dibujos. Foto o video de máximo 3 minutos con título y descriptivo de 100 a 200 palabras
- **Historia/Noticia/Artículo:** Una página A4 (Fuente Calibri pt. 11 con espaciado entre líneas 1.15)

Temas

- *¿En qué ha mejorado la Ciencia Fundamental tu vida?*
- *¿Qué es la ciencia para ti?*
- *¿Cambiará el Bosón de Higgs un día mi forma de ver las cosas?*
- *Describe con tus propias palabras lo que crees que es la partícula de Higgs*
- *¿El progreso científico, motor de la humanidad?*
- *¿Para qué sirve la Ciencia?*
- *¿Para qué sirve la investigación en temas básicos como las partículas o los genes?*
- *Yo de mayor quiero ser científico*
- *El CERN y yo*
- *¿Qué me inspira el CERN?*
- *¿Por qué entender cómo funcionan las cosas es importante para el hombre y la sociedad?*

Forma y plazo de presentación

Se podrán presentar trabajos hasta el 31 de enero de 2014 a través del portal español de CERNland (<http://www.cernland.net/concurso/>).

Junto al trabajo se incluirá el nombre, apellidos e información de contacto del autor, su edad, escuela y curso, y el nombre e información de contacto de un profesor de la escuela.

Pero este no es el fin de la historia

- Que pasa con el electrón, ¿no está formado por quarks?
- La verificación de $E=mc^2$
 - ¿Podemos crear partículas a partir de energía pura?
 - Si hacemos chocar dos partículas con mucha energía, podemos crear nuevas partículas?
 - Y al revés, podemos “fundir” dos partículas para crear solo energía pura?
- **El misterio de las copias idénticas con diferente masa**
 - Hay una partícula copia del electrón con 500 veces más masa
 - Hay una partícula copia del quark con 100.000 veces más masa
- Los quarks tienen una masa muy pequeña, en cambio el protón tiene una masa mucho mayor, ¿cómo es posible?
- El fotón y los gluones no tienen masa, las demás partículas si, ¿cual es la razón?
- El tiempo y la desintegración de partículas
- **Fermiones y bosones: el misterio del spin de las partículas**

Un mensaje de reflexión

- Esta es un trabajo en el que colaboran científicos y técnicos
 - Físicos
 - Ingenieros (electrónicos, informáticos, telecom, civiles)
 - Técnicos especializados (mecánicos, eléctricos...)
 - Y también:
 - Matemáticos
 - Periodistas
 - Filósofos
 - Médicos
 - Economistas y Administrativos

e imposible sin el apoyo de toda la sociedad!

- Un reciente estudio en USA ha mostrado que el gran avance económico-social en Europa y USA tras la segunda guerra mundial fue debido a aprovechar la tecnología basada en los descubrimientos de los 100 años anteriores (electricidad y electrónica, computadores, telecomunicaciones, nuclear)
- **ESTAMOS TAMBIEN EN PLENA REVOLUCION CIENTIFICA EN NANOFISICA, EN BIOLOGÍA MOLECULAR, EN EXPLORACIÓN DEL CEREBRO HUMANO...
¡no te las pierdas!**



Os esperamos en el IFCA!

