

El Bosón de Higgs

Un descubrimiento con
contribución española

Fernando Cornet

Univ. De Granada

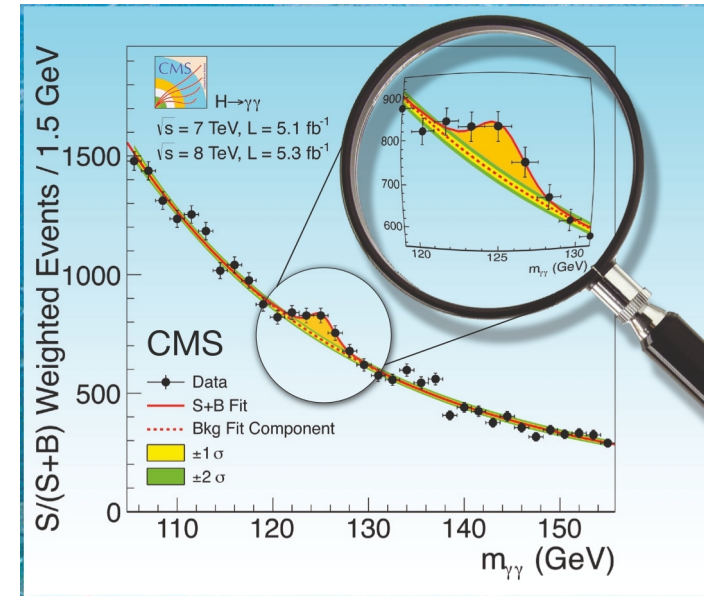
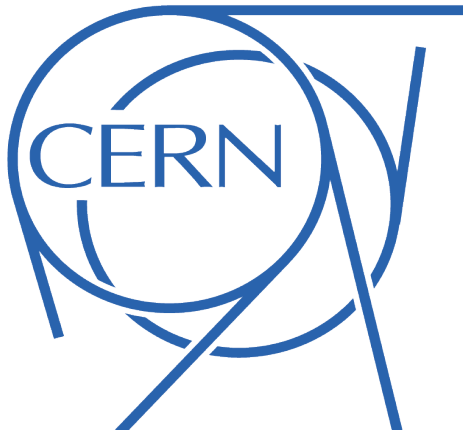
CPAN

Premio Príncipe de Asturias 2013

BROKEN SYMMETRY AND THE MASS OF GAUGE VECTOR MESONS*
F. Englert and R. Brout
Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium
(Received 26 June 1964)



BROKEN SYMMETRIES AND THE MASSES OF GAUGE BOSONS
Peter W. Higgs
Tait Institute of Mathematical Physics, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland
(Received 31 August 1964)

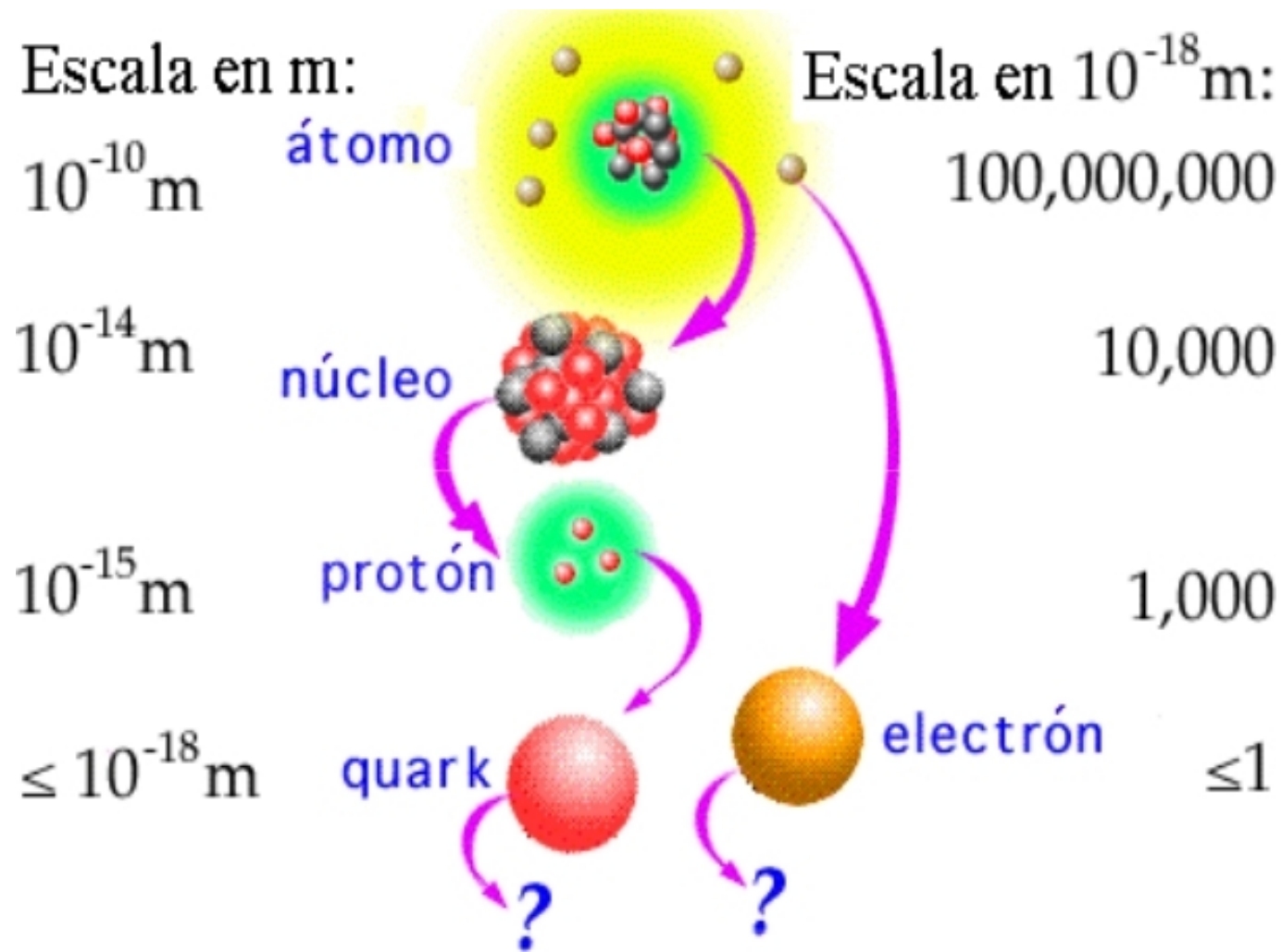


Premio Nobel de Física 2013



El descubrimiento teórico de un mecanismo que contribuye a nuestra comprensión del origen de las masas de las partículas subatómicas y que ha sido confirmado por los experimentos ATLAS y CMS en el Gran Colisionador de Hadrones (Large Hadron Collider, LHC) del CERN

La Estructura de la materia



LOS CONSTITUYENTES DE LA MATERIA

Elementary Particles

Quarks	u up	c charm	t top	g gluon	Force Carriers
	d down	s strange	b bottom		
Leptons	ν_e e neutrino	ν_μ μ neutrino	ν_τ τ neutrino	W W boson	
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
3 →	I	II	III	← Generations	

LAS INTERACCIONES

▶ GRAVITATORIA

- ◆ Responsable del sistema planetario
- ◆ No es relevante en Física de Partículas Elementales

▶ DÉBIL

- ◆ Responsable de la desintegración β

▶ ELECTROMAGNÉTICA

- ◆ Responsable de los fenómenos electromagnéticos
- ◆ Responsable de la estructura atómica

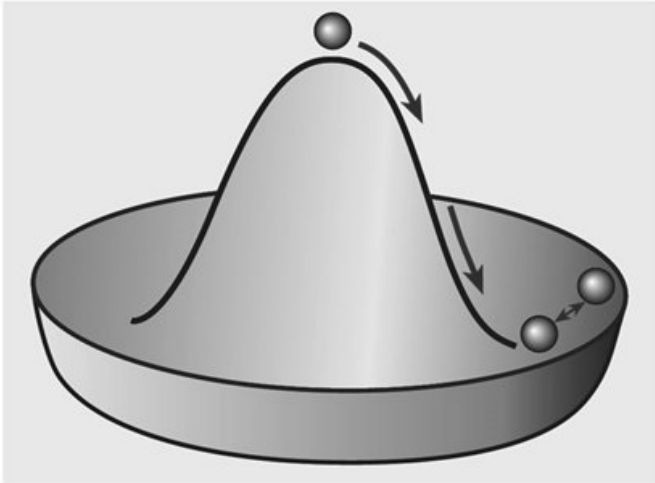
▶ FUERTE

- ◆ Responsable de la estructura nuclear

La Simetría y las Interacciones

- Las interacciones entre los quarks y leptones se introducen imponiendo una simetría
- Consecuencias:
 - ☺ Aparecen las partículas que transmiten cada interacción (Bosones de gauge)
 - ☺ Los Bosones de gauge deben tener masa nula
 - Bien para el fotón y los gluones
 - Mal para W y Z
 - ☹ Los quarks y leptones deben de ser de masa nula

Ruptura espontánea de la simetría



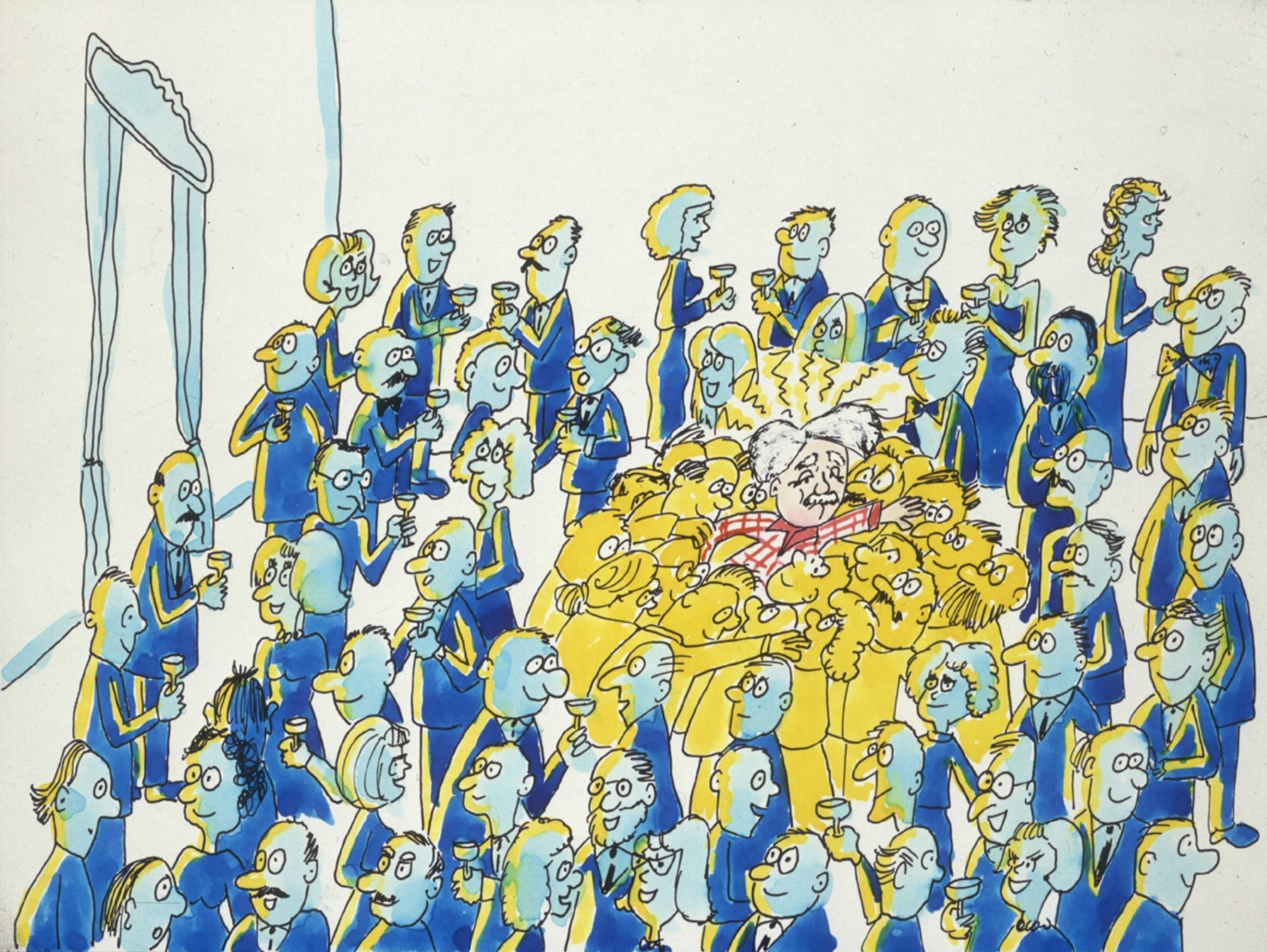
El estado de mínima energía
no es simétrico

Se introduce un campo que llena todo el vacío

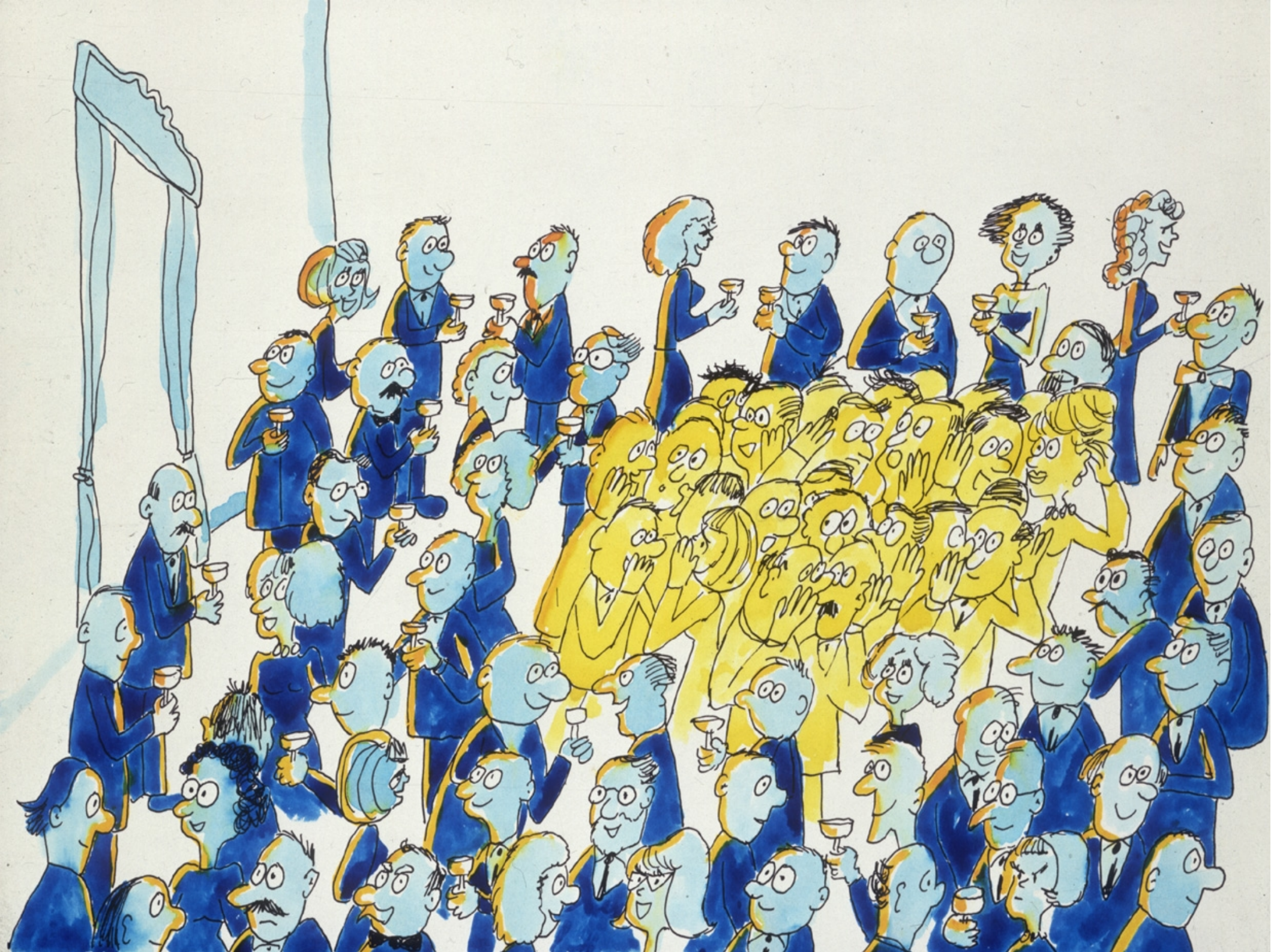
Las partículas adquieren masa al
interaccionar con el campo de Higgs











El Bosón de Higgs

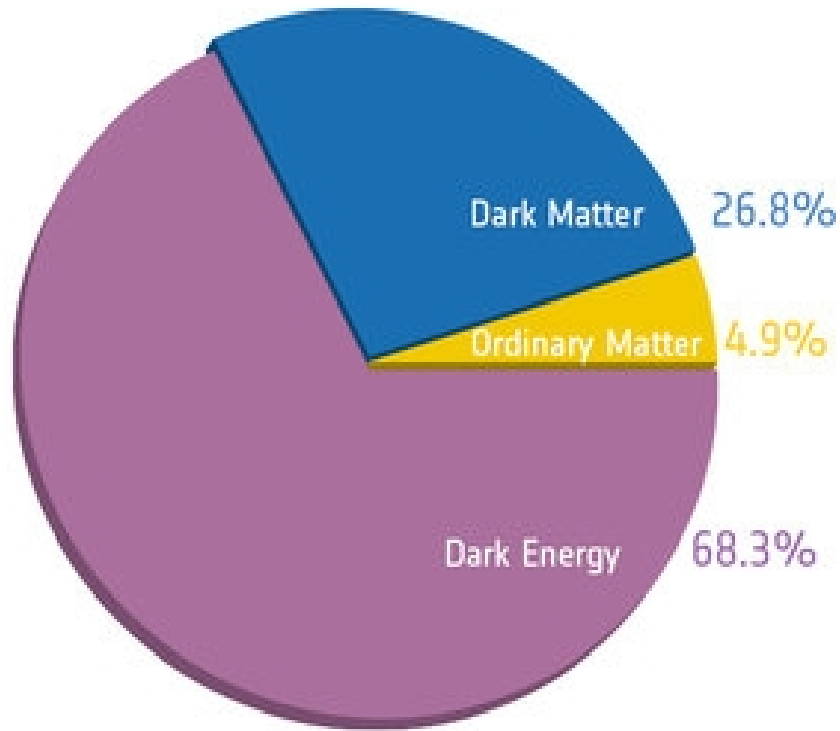
El Bosón de Higgs (una partícula) es una excitación del campo de Higgs

Análogo: El fotón es una excitación del campo Electromagnético

Las propiedades del Bosón de Higgs están perfectamente fijadas por el Modelo Estándar una vez conocida su masa

La vida media del H es 10^{-23} s → Solo podemos observar sus productos de desintegración

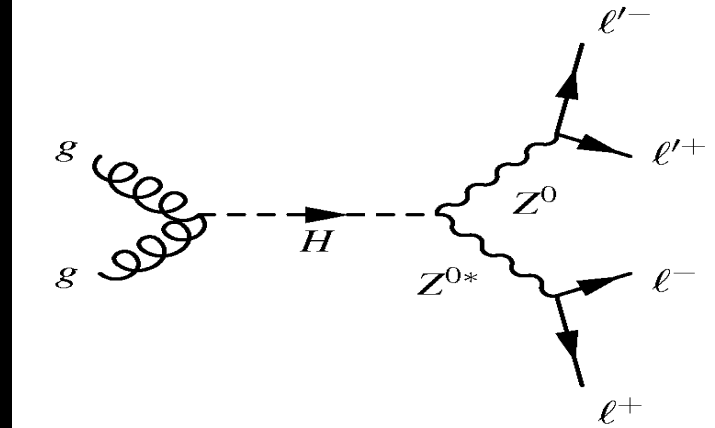
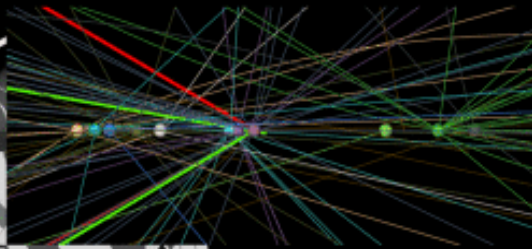
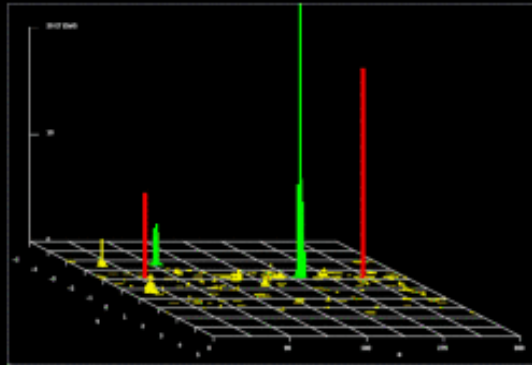
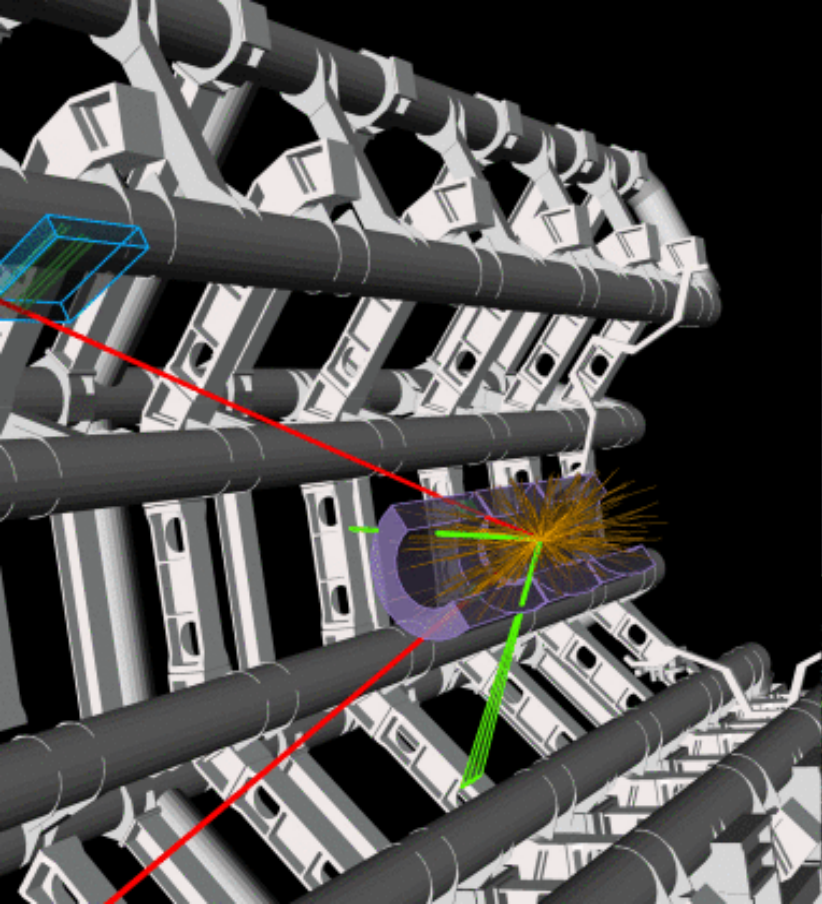
El Bosón de Higgs y la Masa del Universo



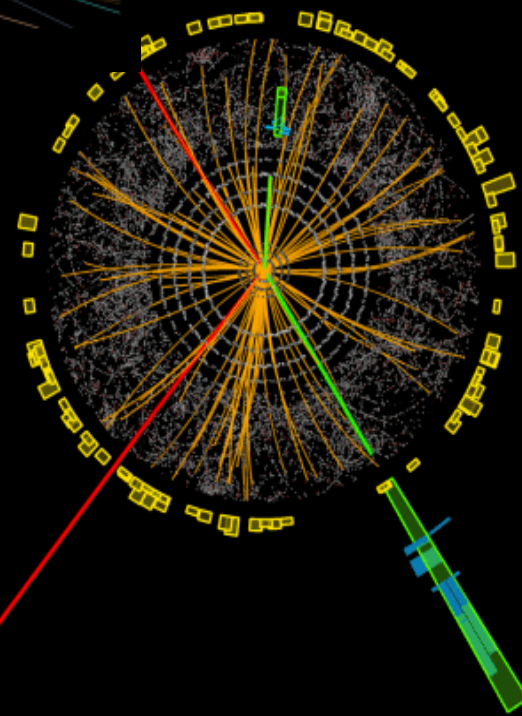
La contribución a la masa visible del universo es solo del 2%

Pero es fundamental

Sin ese 2% el protón sería más pesado que el neutrón y no habría átomos en el universo



$H \rightarrow \mu\mu ee$



El CERN y el LHC



COLISIONADOR DE PROTONES (LHC)

- Se han hecho colisionar protones contra protones con una energía 4 TeV + 4 TeV (alcanzará hasta 7 TeV + 7 TeV)
 - Aproximadamente 4 veces más energía que el anterior acelerador (TEVATRON)
 - ▶ La masa de un protón es 1 GeV = 0.001 TeV
- $$E = mc^2$$
- ☉ En el colisionador se transforma energía en masa

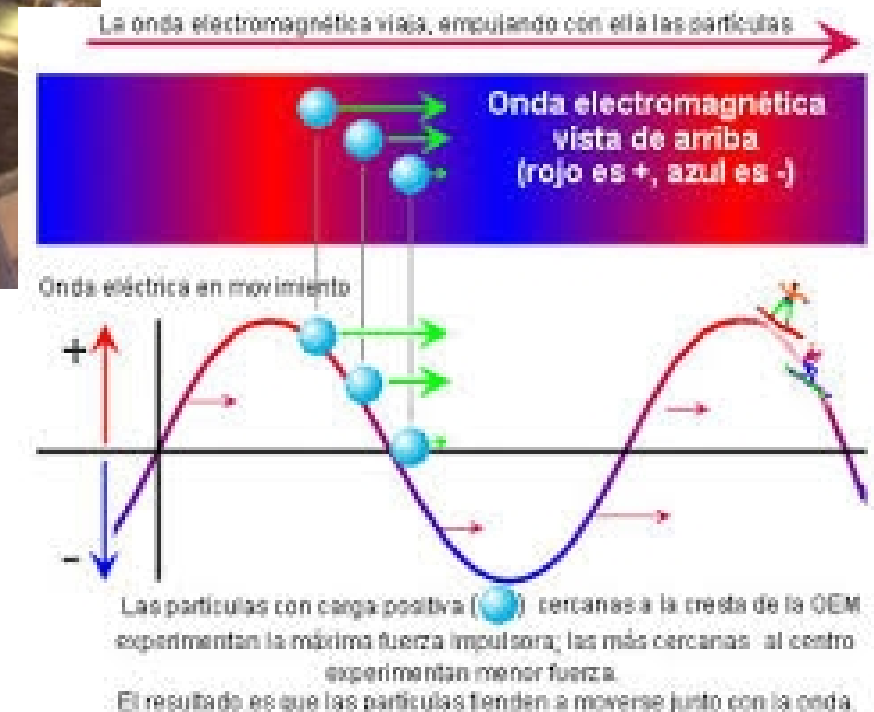


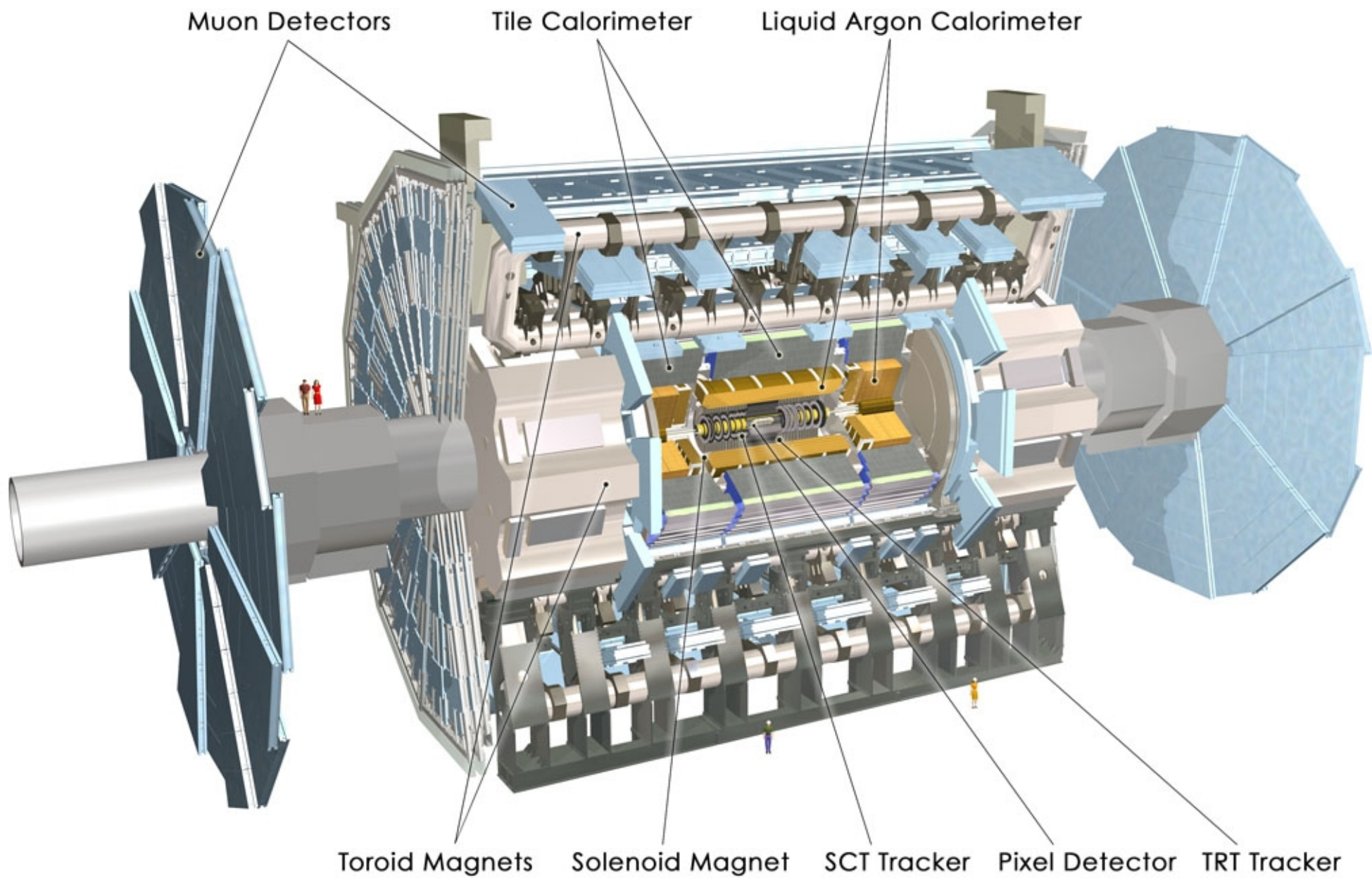


Cavidades de Radiofrecuencia



- 8 Cavidades por revolución
- Cada cavidad hay un voltaje de 2MV





Muon Detectors

Tile Calorimeter

Liquid Argon Calorimeter

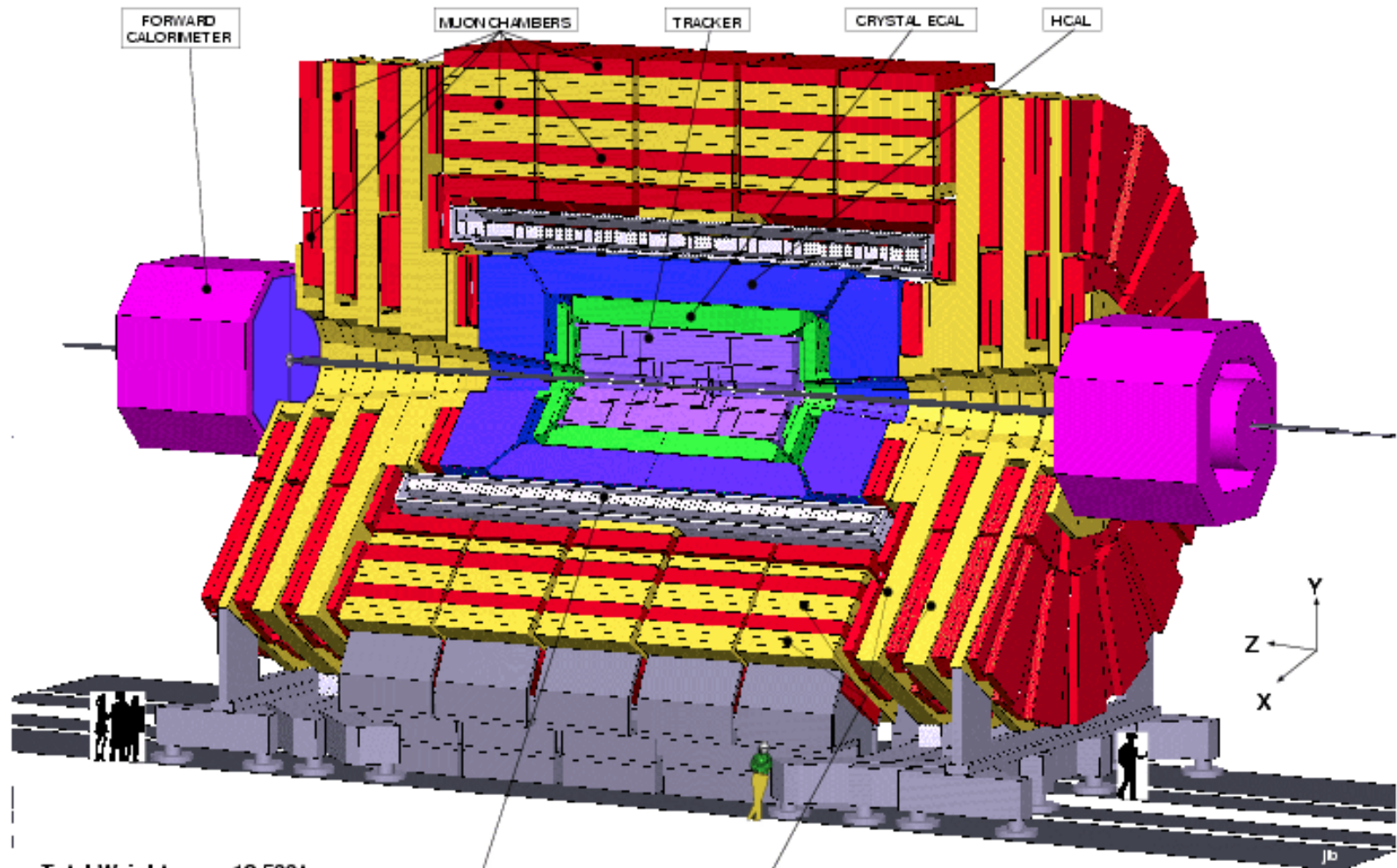
Toroid Magnets

Solenoid Magnet

SCT Tracker

Pixel Detector

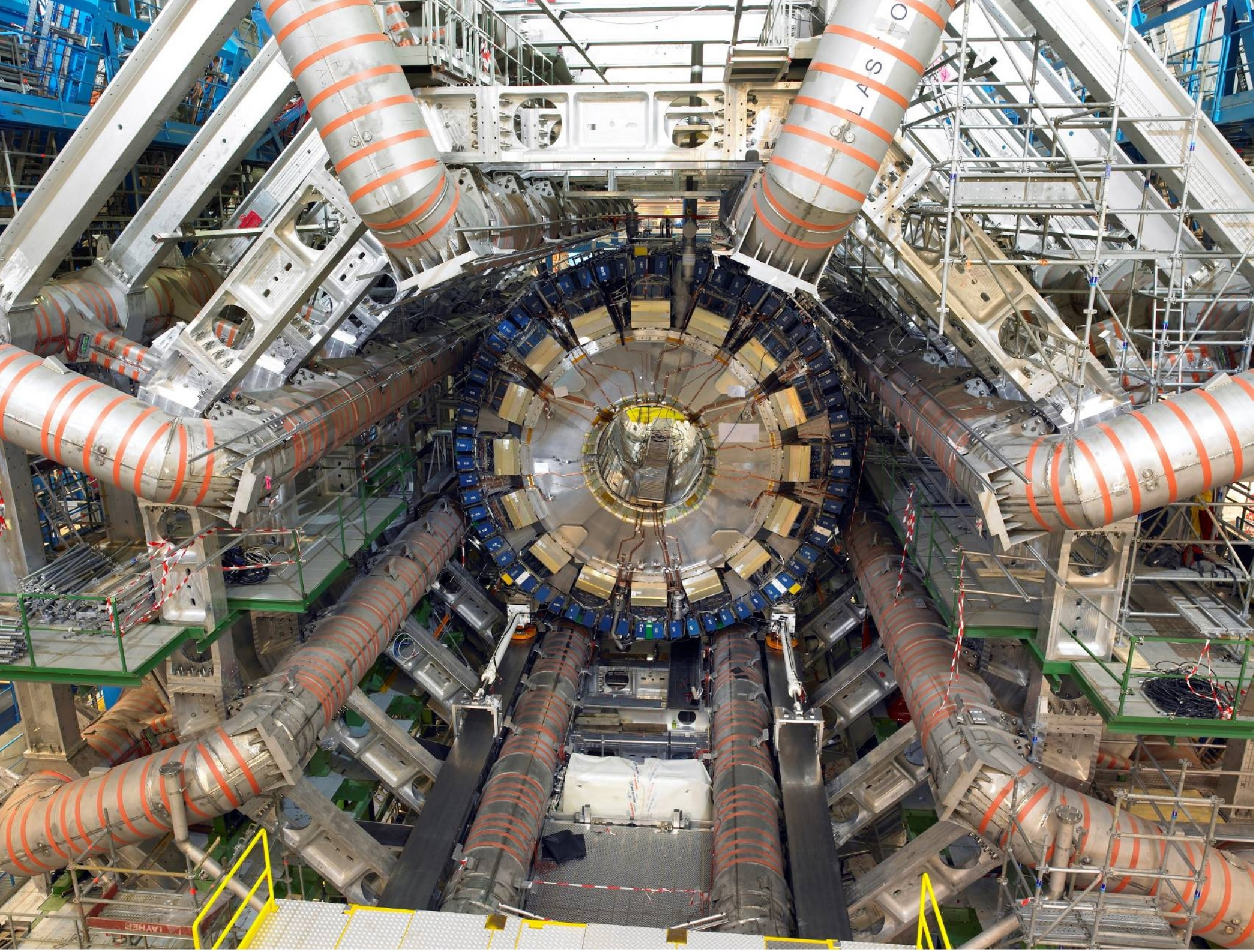
TRT Tracker

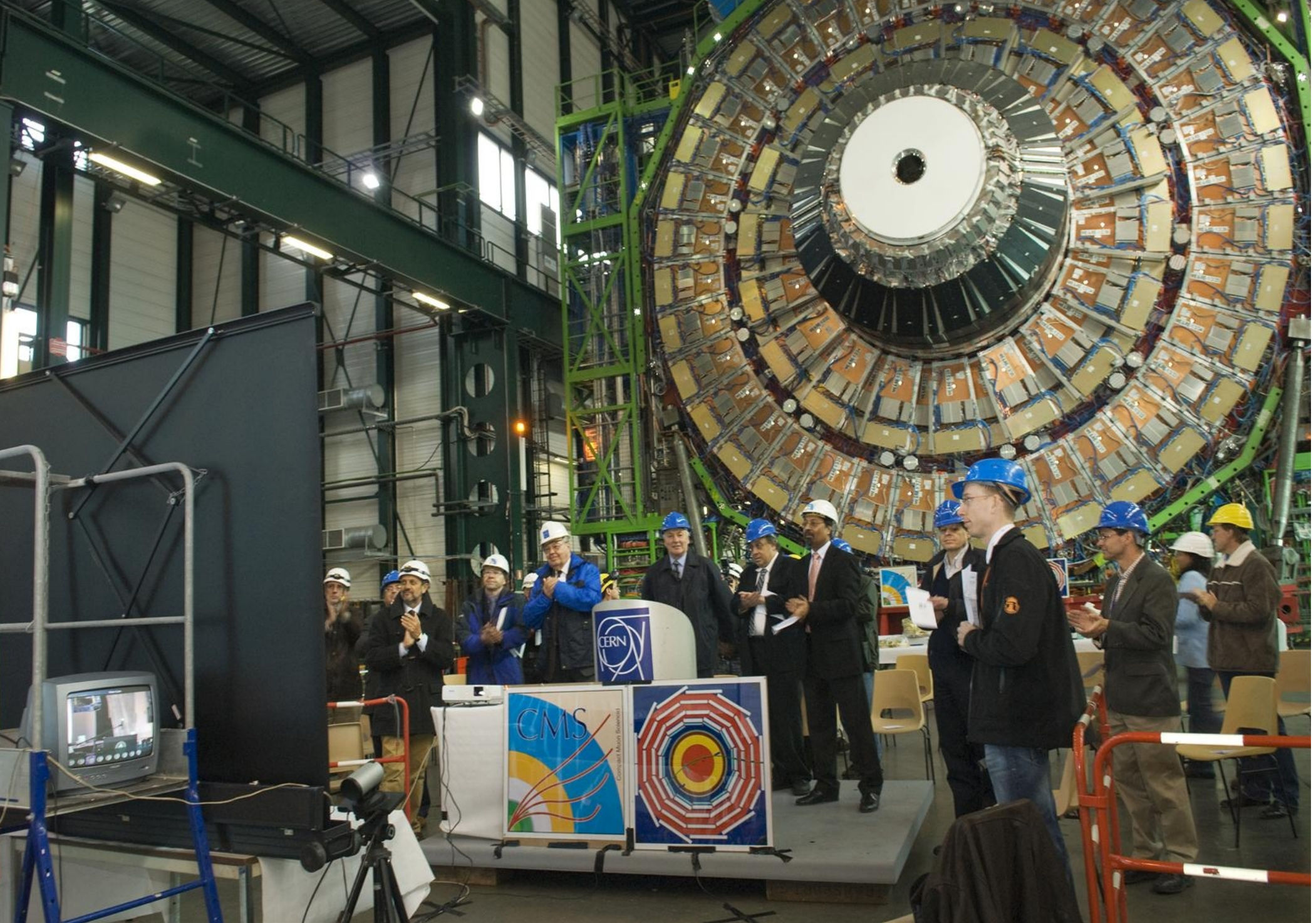


Total Weight : 12,500t.
Overall Diameter : 15.00m
Overall Length : 21.60m
Magnetic Field : 4Tesla

SUPERCONDUCTING COIL

RETURN YOKE





Participación Española

- **ATLAS**

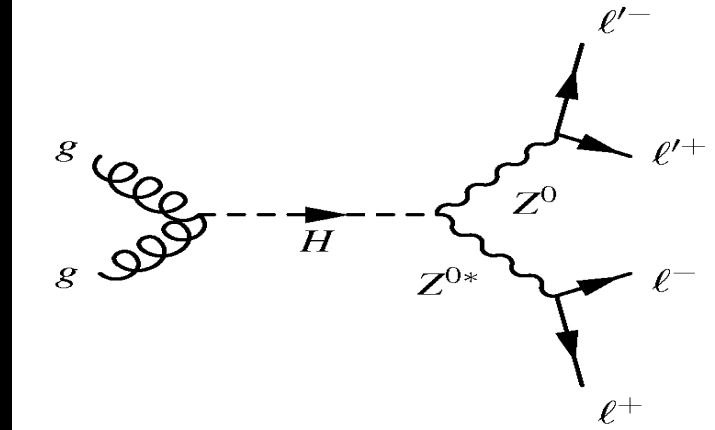
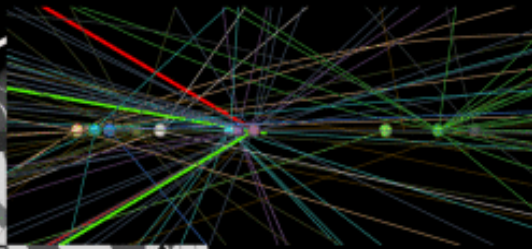
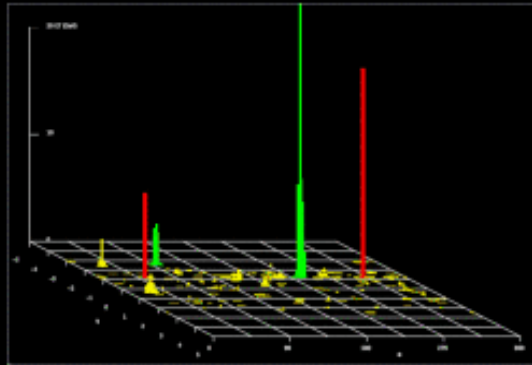
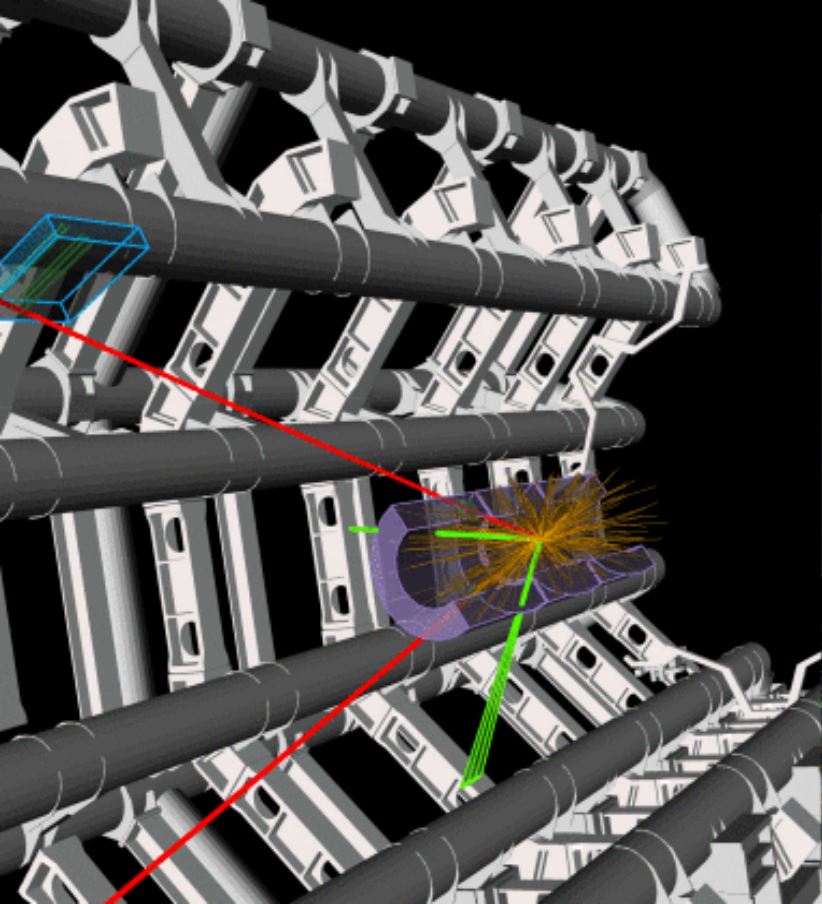
- ✓ Instituto de Física de Altas Energías (Barcelona)
- ✓ Universidad Autónoma de Madrid
- ✓ Universidad de Granada
- ✓ Instituto de Física Corpuscular / Univ. de Valencia

- **CMS**

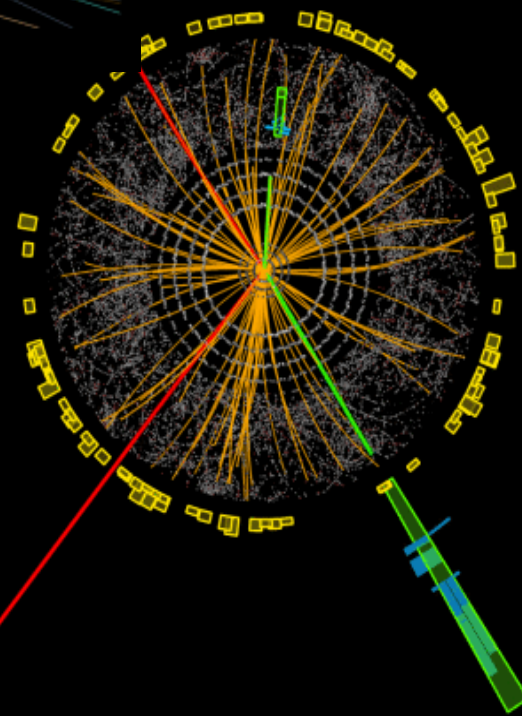
- ✓ CIEMAT (Madrid)
- ✓ Univ. Autónoma de Madrid
- ✓ Univ. De Oviedo
- ✓ Instituto de Física de Cantabria / Univ. de Cantabria

DATOS CURIOSOS

- Velocidad de los protones: 99,99999991% de la velocidad de la luz
- Protones por paquete: Cien mil millones
- Número de paquetes: 2808
- Cruces por segundo: 31 millones
- Colisiones por cruce: 20
- Datos por colisión: 1,5 Megabytes
 - ▶ 100.000 CD's por segundo (levantar una pila hasta la Luna en 6 meses)
- Diámetro de los paquetes en la colisión: 16 micras
- Con la marea la circunferencia varía en 1 mm y la energía de los protones en un 0,02%



$H \rightarrow \mu\mu ee$



S/(S+B) Weighted Events / 1.5 GeV



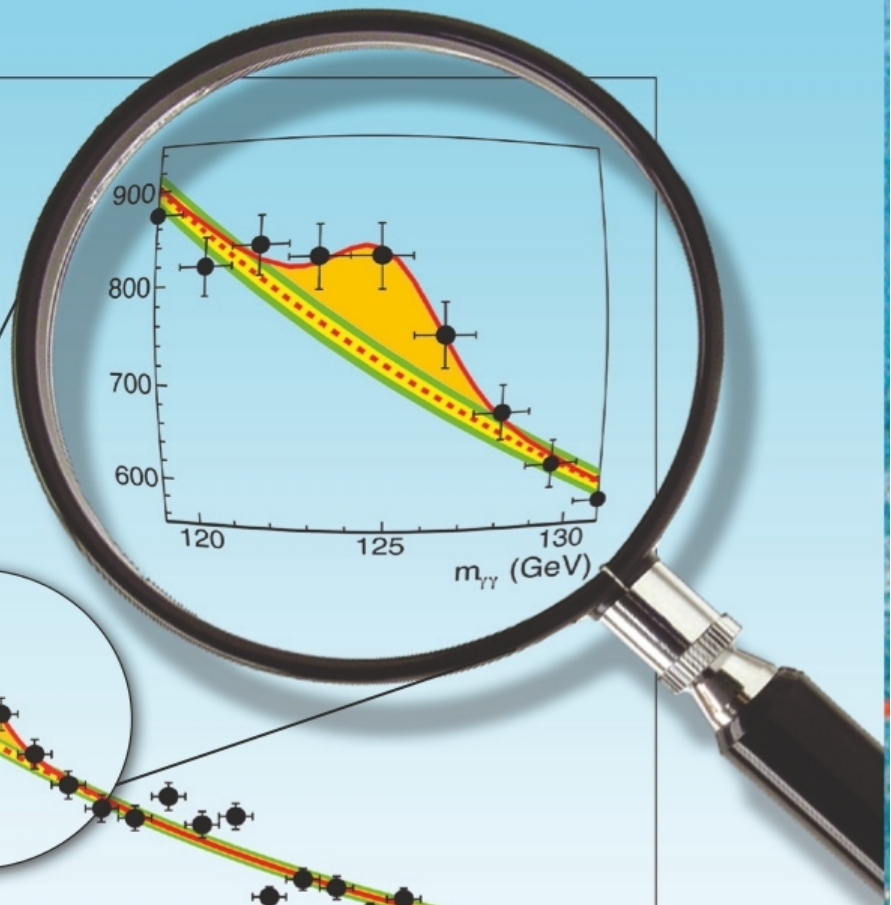
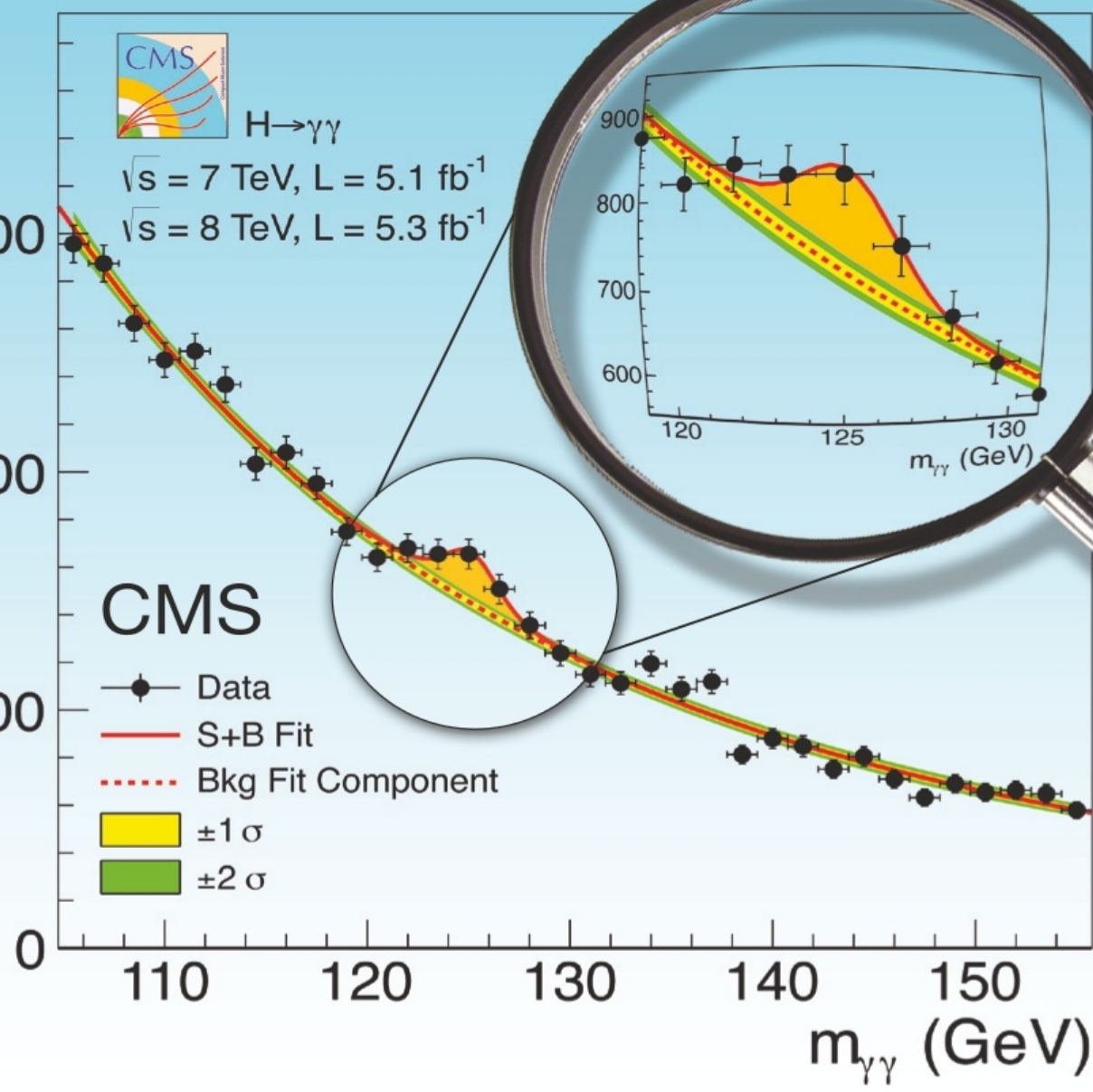
H → $\gamma\gamma$

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}, L = 5.1 \text{ fb}^{-1}$

$\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}, L = 5.3 \text{ fb}^{-1}$

CMS

- Data
- S+B Fit
- ⋯ Bkg Fit Component
- ±1 σ
- ±2 σ



MUCHAS GRACIAS

¿Y PARA QUE SE PUEDE USAR ESTO?

NO SABEMOS, LO QUE HACEMOS ES INVESTIGACION BASICA

QUE BONITO, NOSOTROS NOS MATAMOS EMPUJANDO PIEDRAS
Y ARRASTRANDO ANIMALES SALVAJES, MIENTRAS LOS SEÑORES
SE ENTRETENEN HACIENDO COSAS QUE NO SIRVEN PARA NADA



El Círculo Virtuoso

Investigación Básica

Avances
Tecnológicos

Investigación
Aplicada



SUPERSIMETRÍA

- El Modelo estándar no puede ser LA TEORÍA

=> Varias alternativas propuestas

→ Supersimetría

- A cada partícula del modelo estándar se le hace corresponder otra partícula (compañero supersimétrico)

▶ Buscaremos partículas supersimétricas

☺ Existe la LSP (Lightest Supersymmetric Particle, partícula supersimétrica más ligera)

OTRAS ... ¿SORPRESAS?

■ Modelos Compuestos:

▶ Los quarks y/o leptones y/o el bosón de Higgs no son elementales si no que están compuestos de otras partículas más elementales que ellas

◆ Un paso más en la misma dirección que hemos seguido hasta ahora.

▶ Encontraremos toda una nueva familia de partículas semejante a los hadrones

■ Dimensiones extra

▶ ¿Es el número de dimensiones del espacio-tiempo mayor que 4? Explicaría por qué la gravedad es tan débil.