

Aceleradores de Partículas

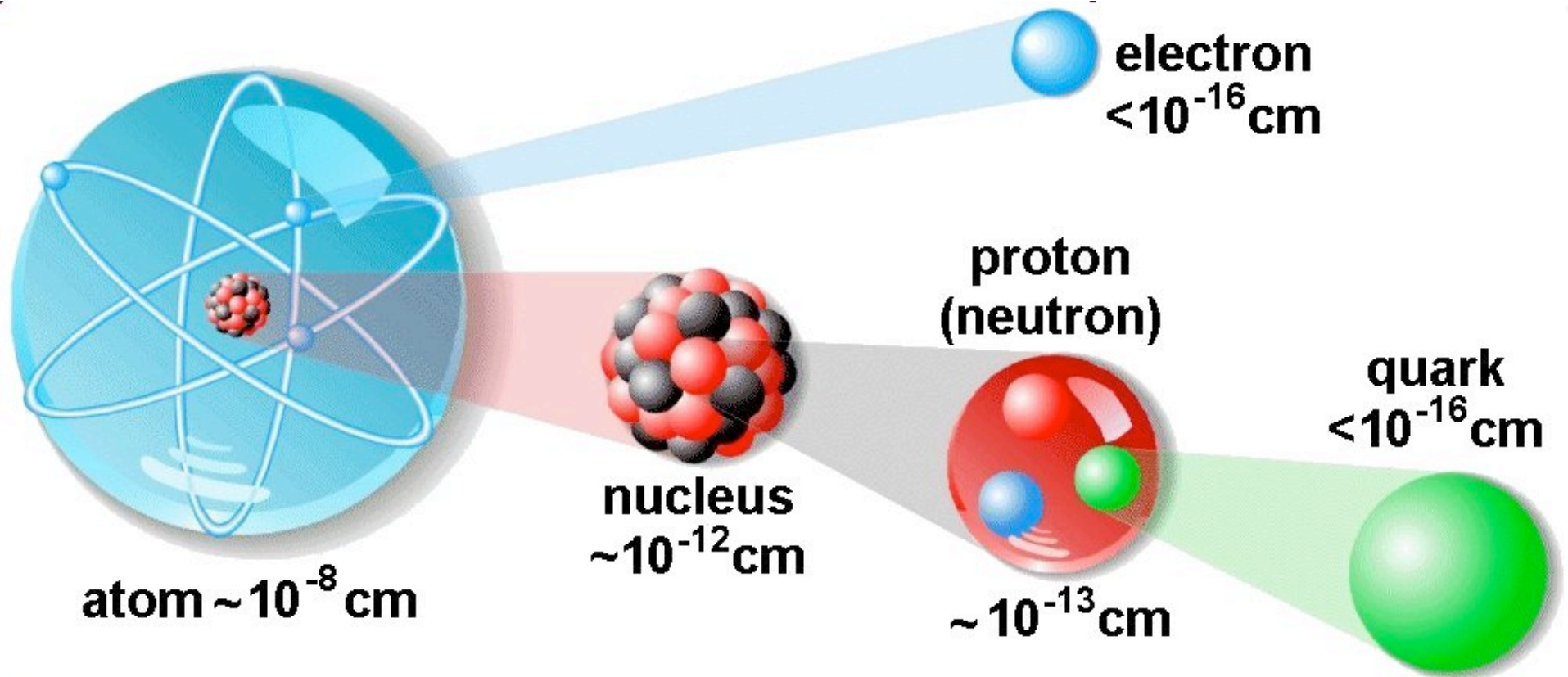
El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

Carlos Pena





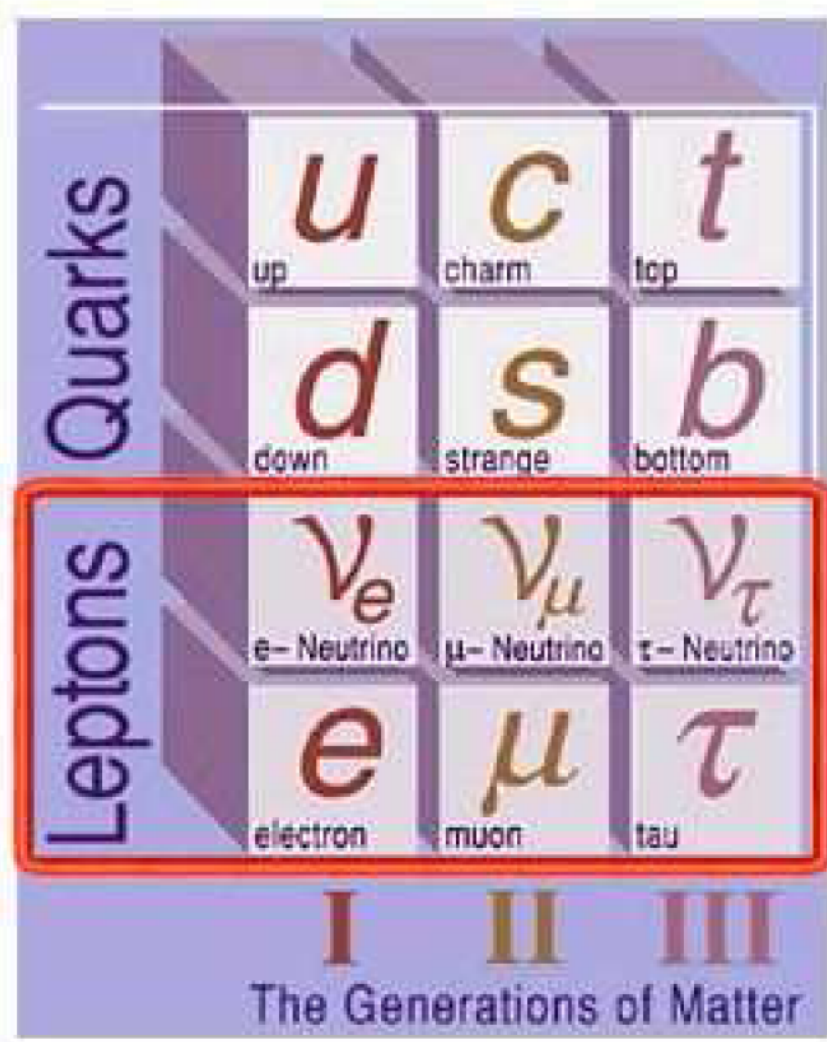
Constituyentes de la materia



Constituyentes de la materia

Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
Lanthanides				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinides				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Partículas fundamentales



FERMIONS

Leptons

spin = 1/2

Flavor

Mass
GeV/c²

Electric
charge

ν_e electron neutrino

<1×10⁻⁸

0

e electron

0.000511

-1

ν_μ muon neutrino

<0.0002

0

μ muon

0.106

-1

ν_τ tau neutrino

<0.02

0

τ tau

1.7771

-1

Quarks

spin = 1/2

Flavor

Approx.
Mass
GeV/c²

Electric
charge

u up

0.003

2/3

d down

0.006

-1/3

c charm

1.3

2/3

s strange

0.1

-1/3

t top

175

2/3

b bottom

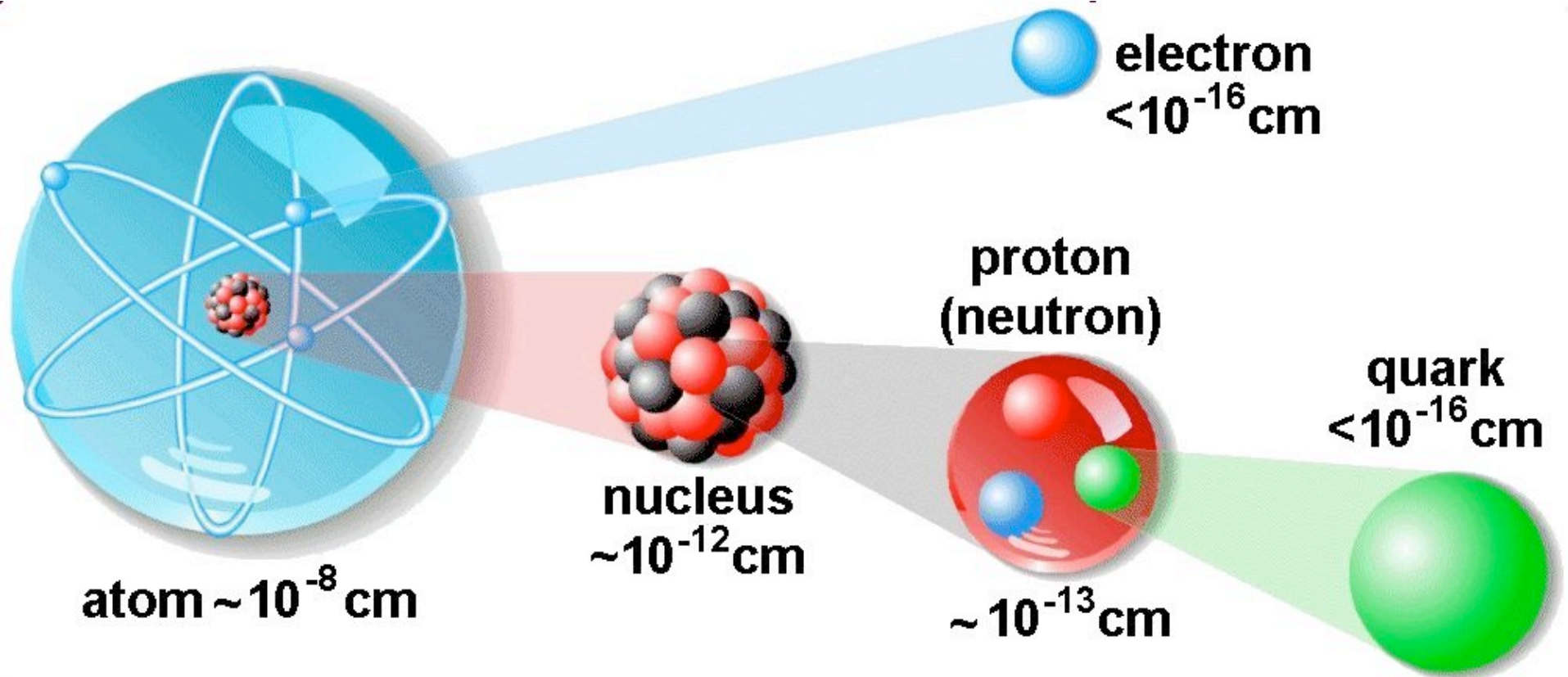
4.3

-1/3

matter constituents

spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Átomos: “moléculas” electromagnéticas



Mesones y Bariones: “moléculas” de quarks

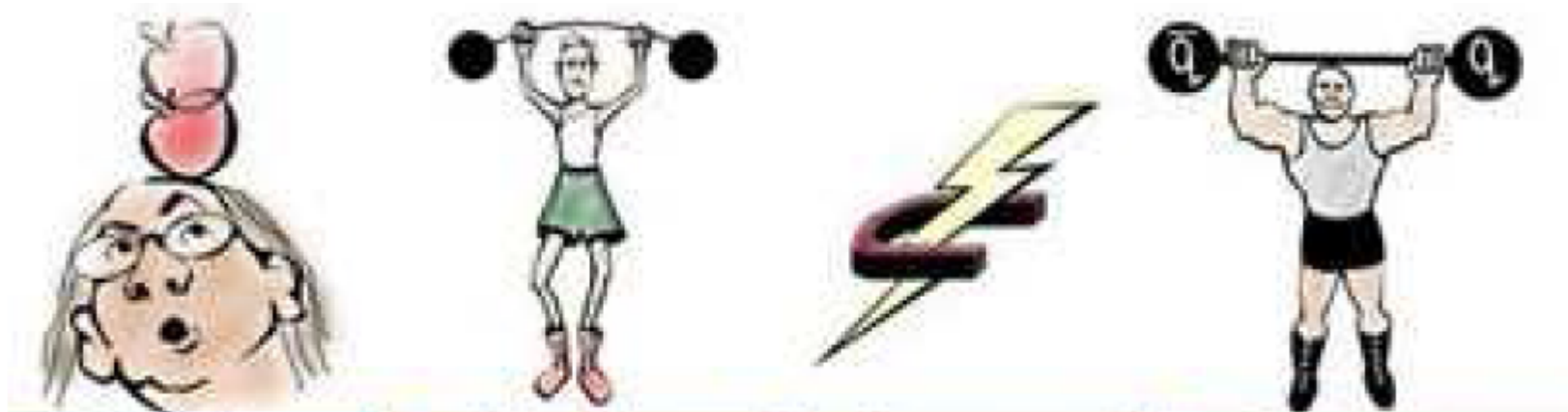
Bariones y Anti-bariones

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Baryons are fermionic hadrons. There are about 120 types of baryons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Mesones

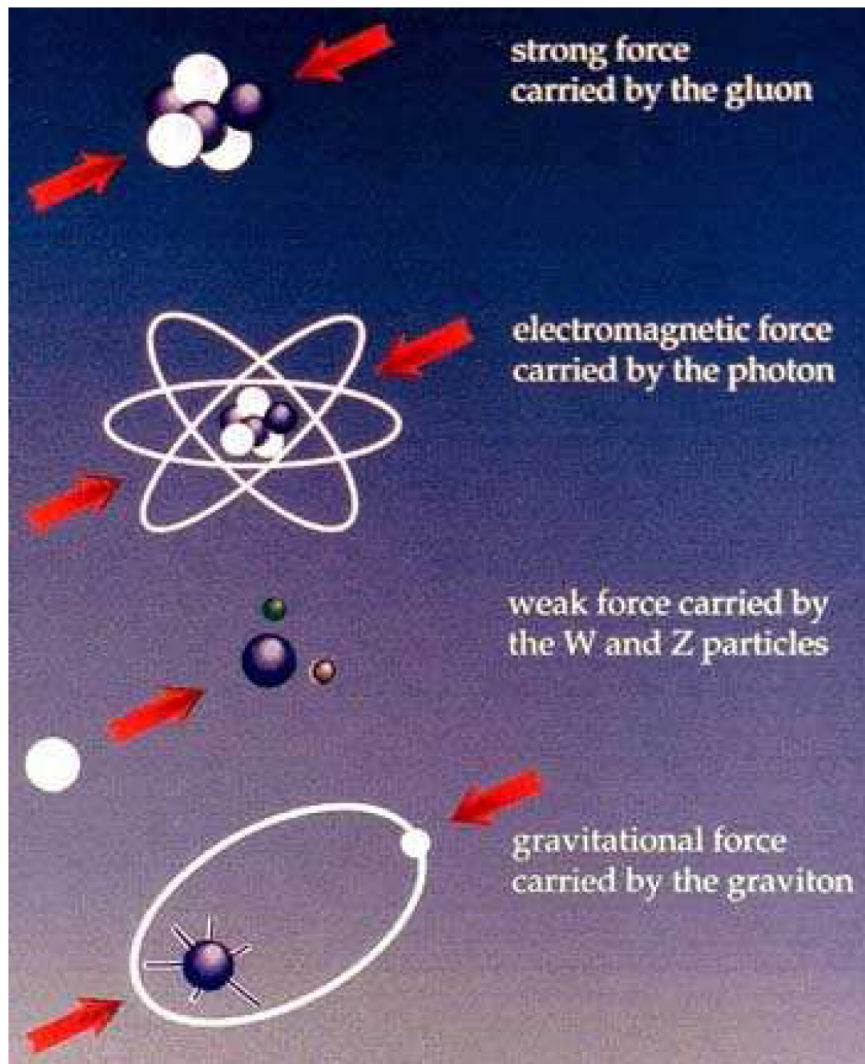
Mesons $q\bar{q}$					
Mesons are bosonic hadrons. There are about 140 types of mesons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

Las cuatro fuerzas fundamentales



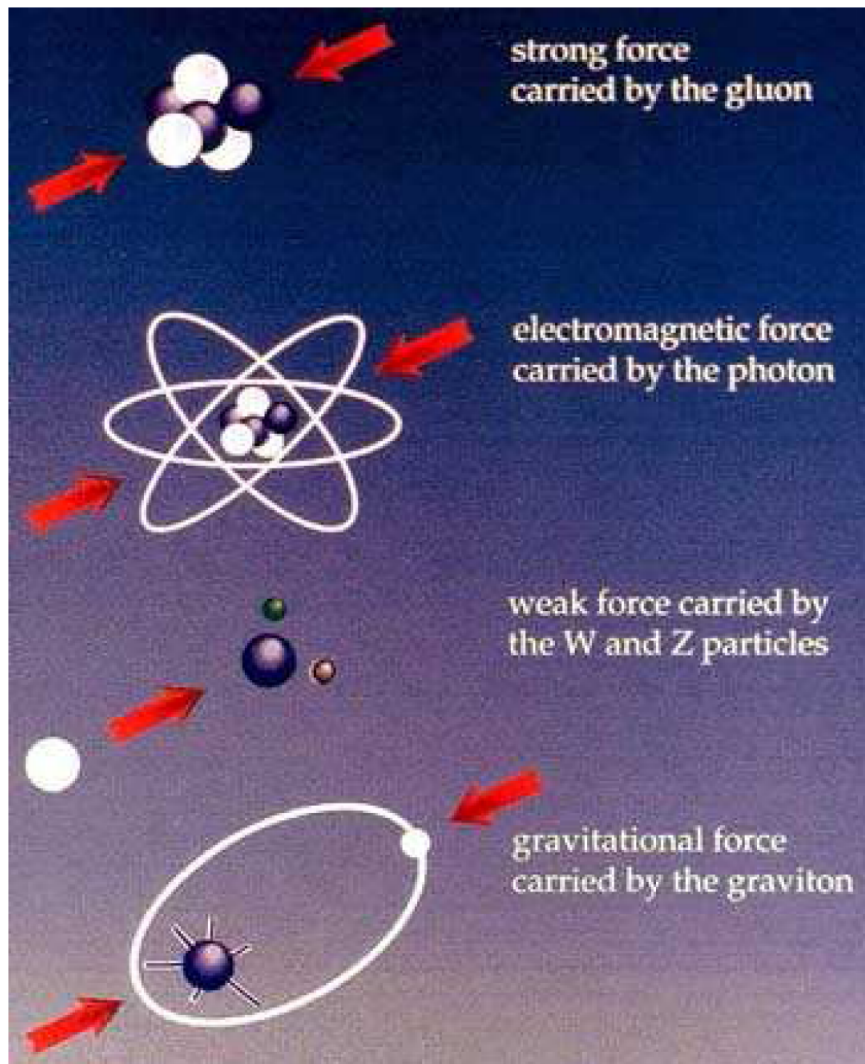
Gravedad	Débil	Electromagnética	Fuerte
Gravitón (no observado aún)	W^+ W^- Z	Fotón	gluón
Todas	Quarks y Leptones	Quarks, Leptones cargados y W^+ W^- Z	Quarks y Gluones

Las fuerzas fundamentales

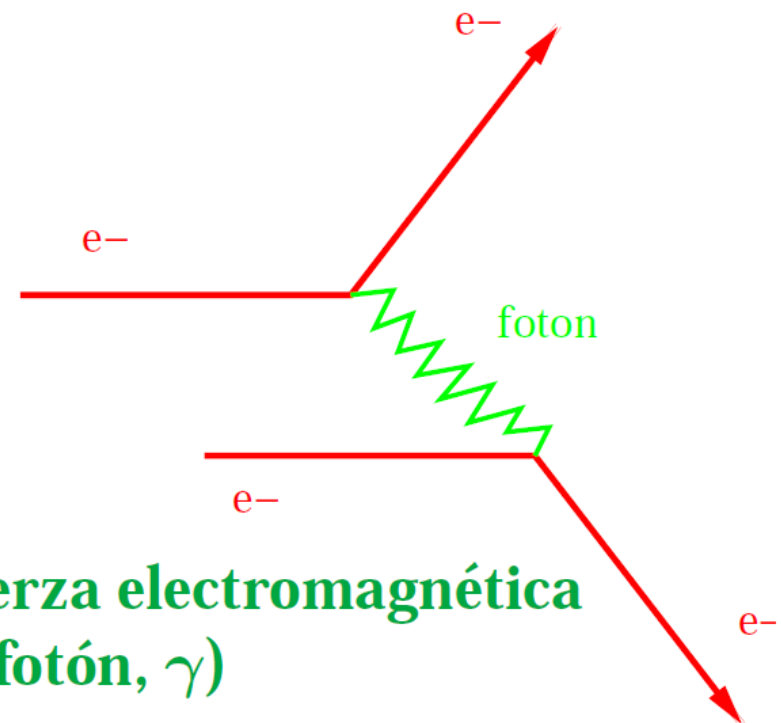


Gravedad	Débil	Electromagnética	Fuerte
Gravitón (no observado aún)	$W^+ W^- Z$	Fotón	gluón
Todas	Quarks y Leptones	Quarks, Leptones cargados y $W^+ W^- Z$	Quarks y Gluones

Las fuerzas fundamentales

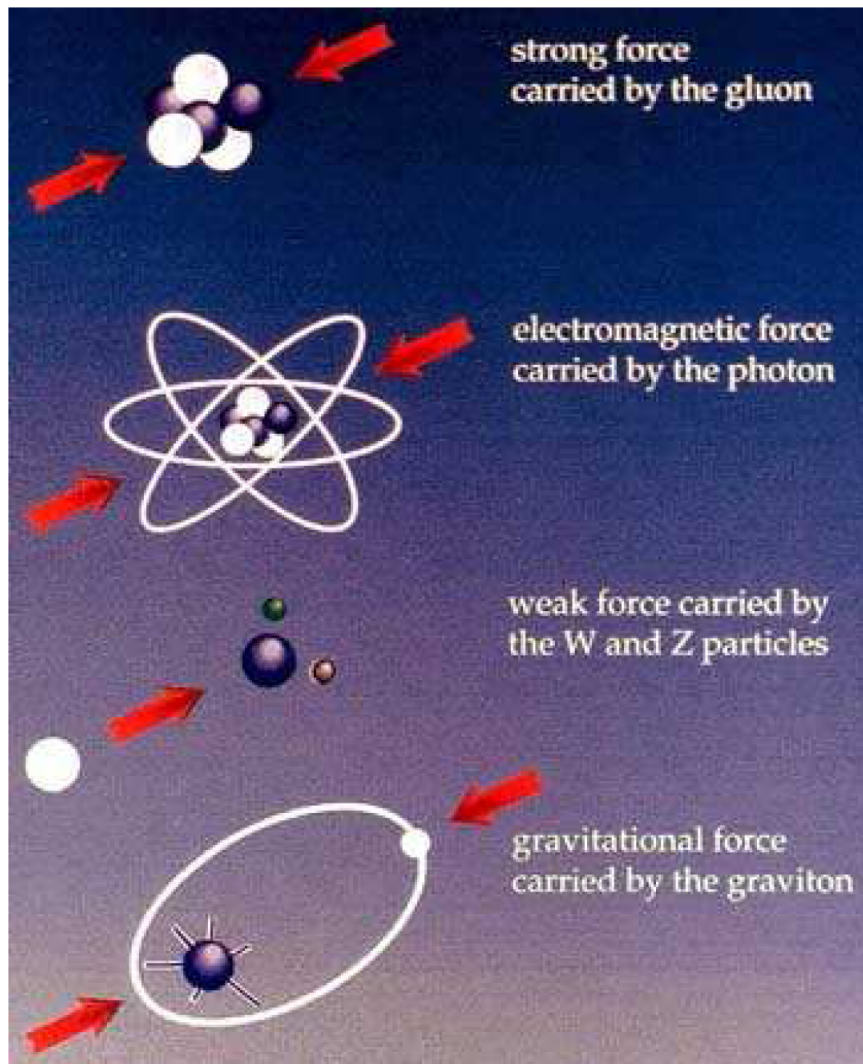


Gravedad	Débil	Electromagnética	Fuerte
Gravitón (no observado aún)	$W^+ W^- Z$	Fotón	gluón
Todas	Quarks y Leptones	Quarks, Leptones cargados y $W^+ W^- Z$	Quarks y Gluones

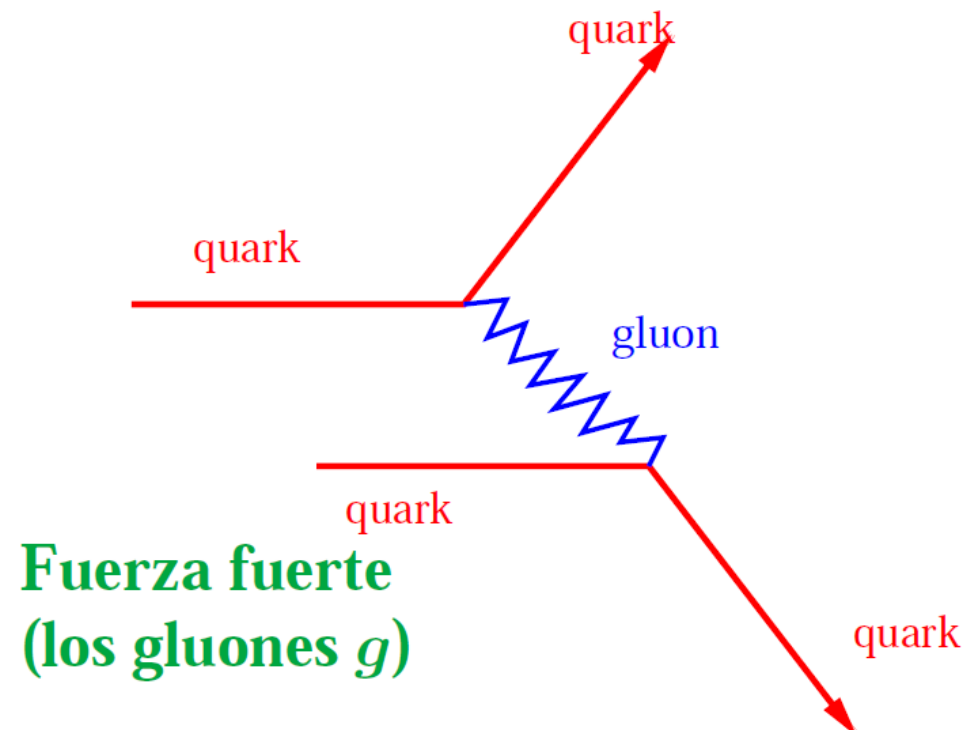


**Fuerza electromagnética
(el fotón, γ)**

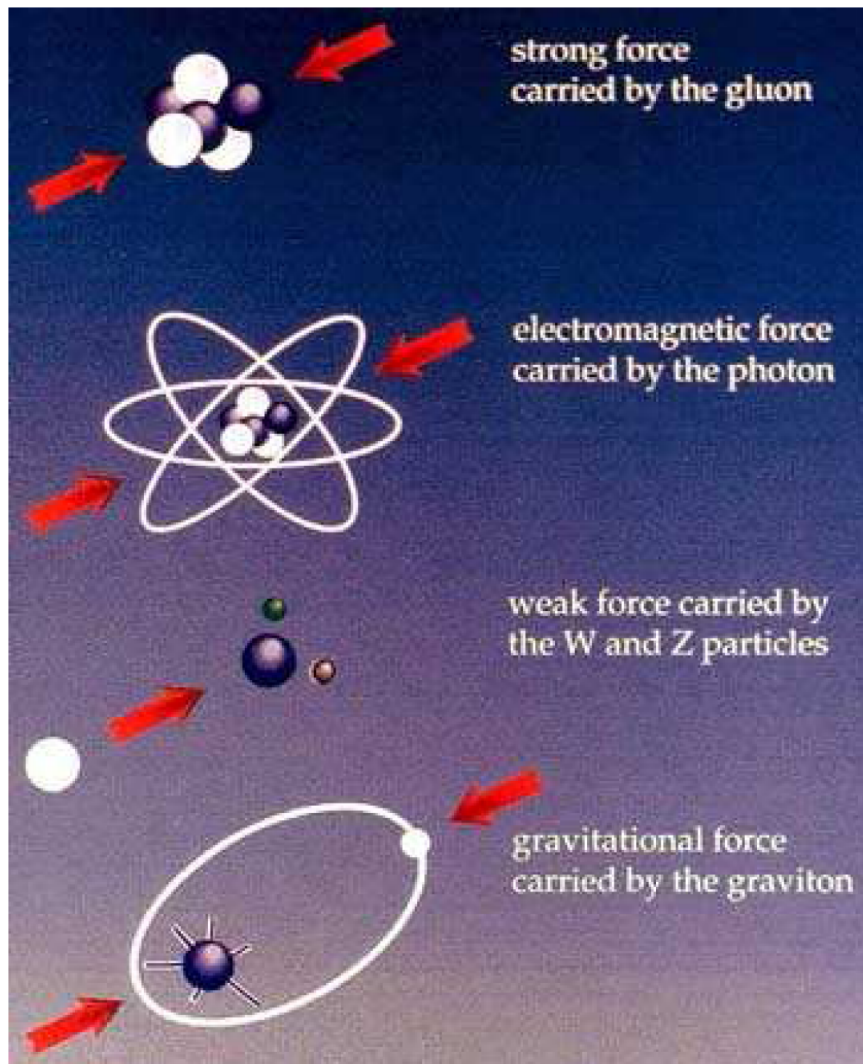
Las fuerzas fundamentales



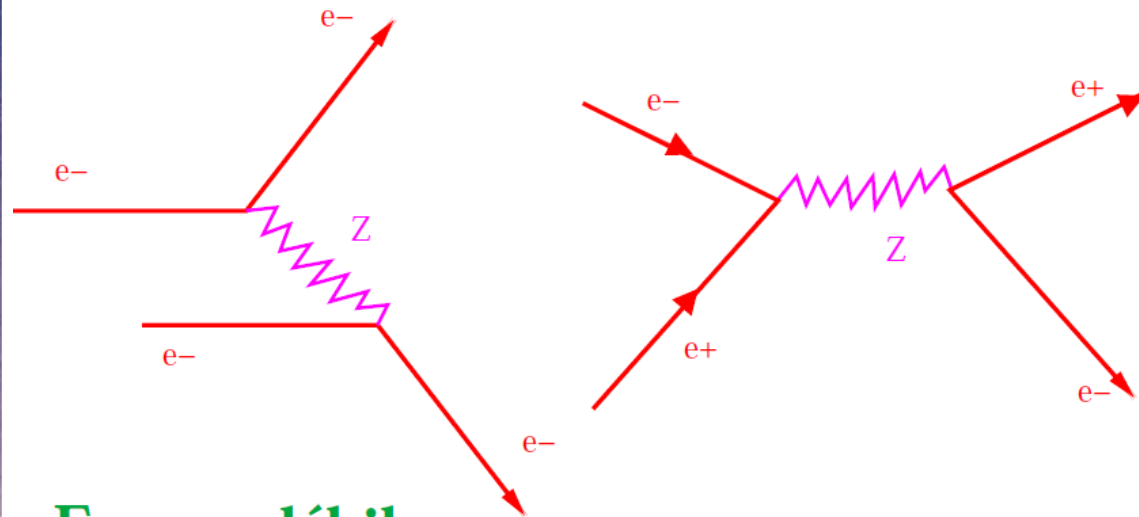
Gravedad	Débil	Electromagnética	Fuerte
Gravitón (no observado aún)	$W^+ W^- Z$	Fotón	gluón
Todas	Quarks y Leptones	Quarks, Leptones cargados y $W^+ W^- Z$	Quarks y Gluones



Las fuerzas fundamentales

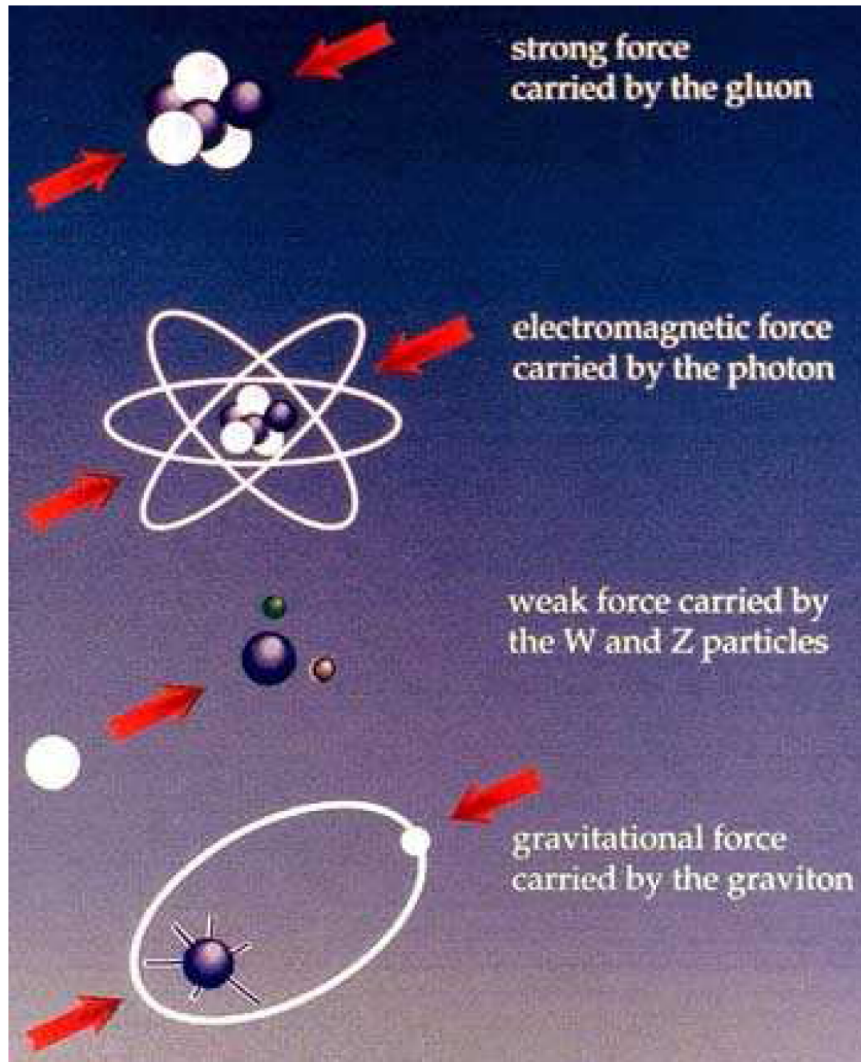


Gravedad	Débil	Electromagnética	Fuerte
Gravitón (no observado aún)	$W^+ W^- Z$	Fotón	gluón
Todas	Quarks y Leptones	Quarks, Leptones cargados y $W^+ W^- Z$	Quarks y Gluones

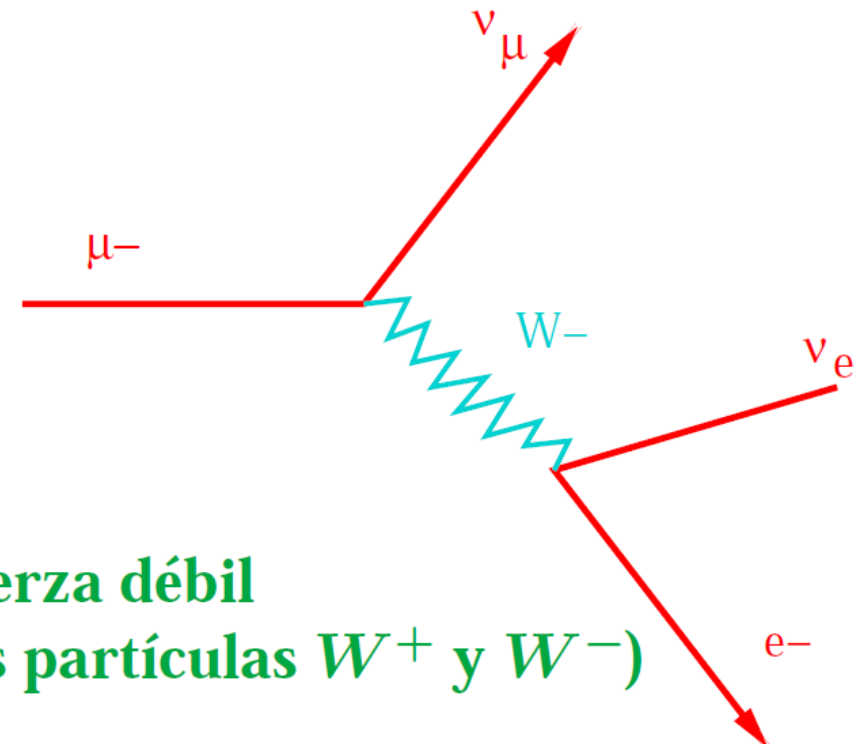


**Fuerza débil
(la partícula Z)**

Las fuerzas fundamentales



Gravedad	Débil	Electromagnética	Fuerte
Gravitón (no observado aún)	$W^+ W^- Z$	Fotón	gluón
Todas	Quarks y Leptones	Quarks, Leptones cargados y $W^+ W^- Z$	Quarks y Gluones

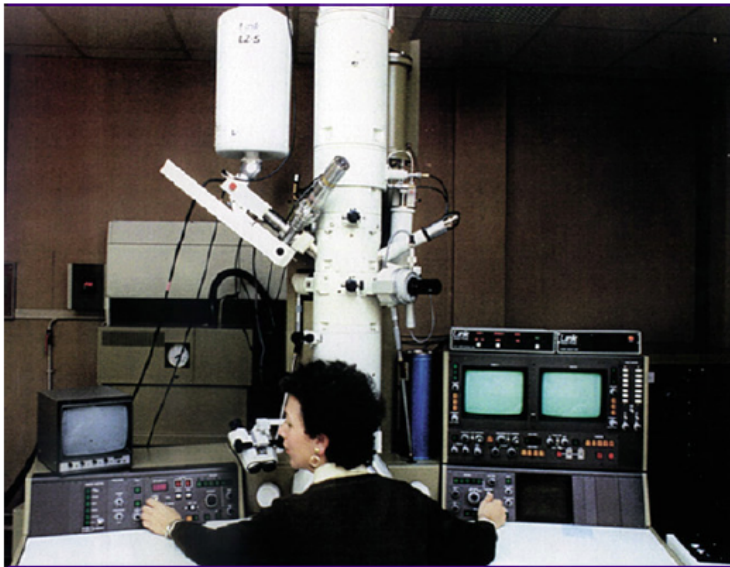


Fuerza débil
(las partículas W^+ y W^-)

Para explorar la naturaleza de estas fuerzas y partículas necesitamos explorar la estructura de la materia a escalas muy pequeñas



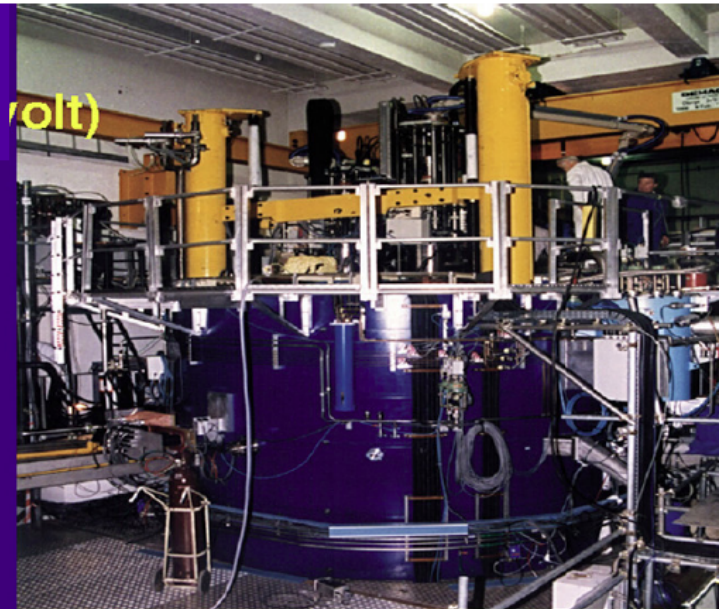
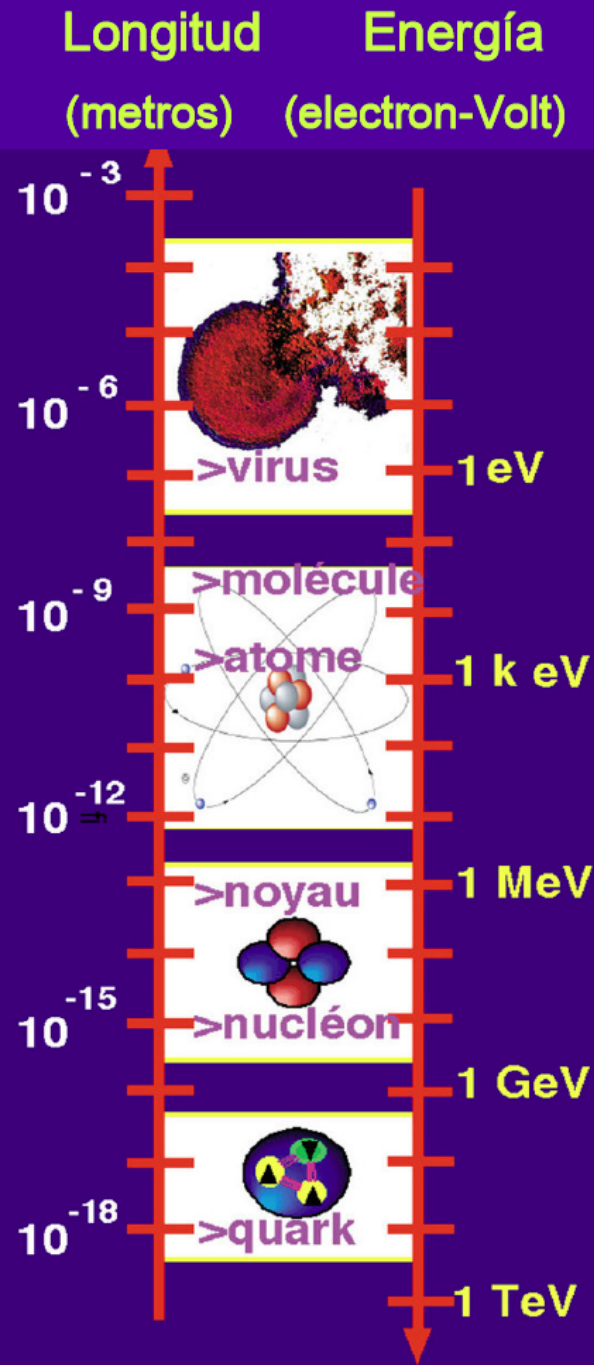
Para mirar objetos más pequeños se necesitan altas energías!



Microscopio Electrónico



Acclerador Lineal



Ciclotrón

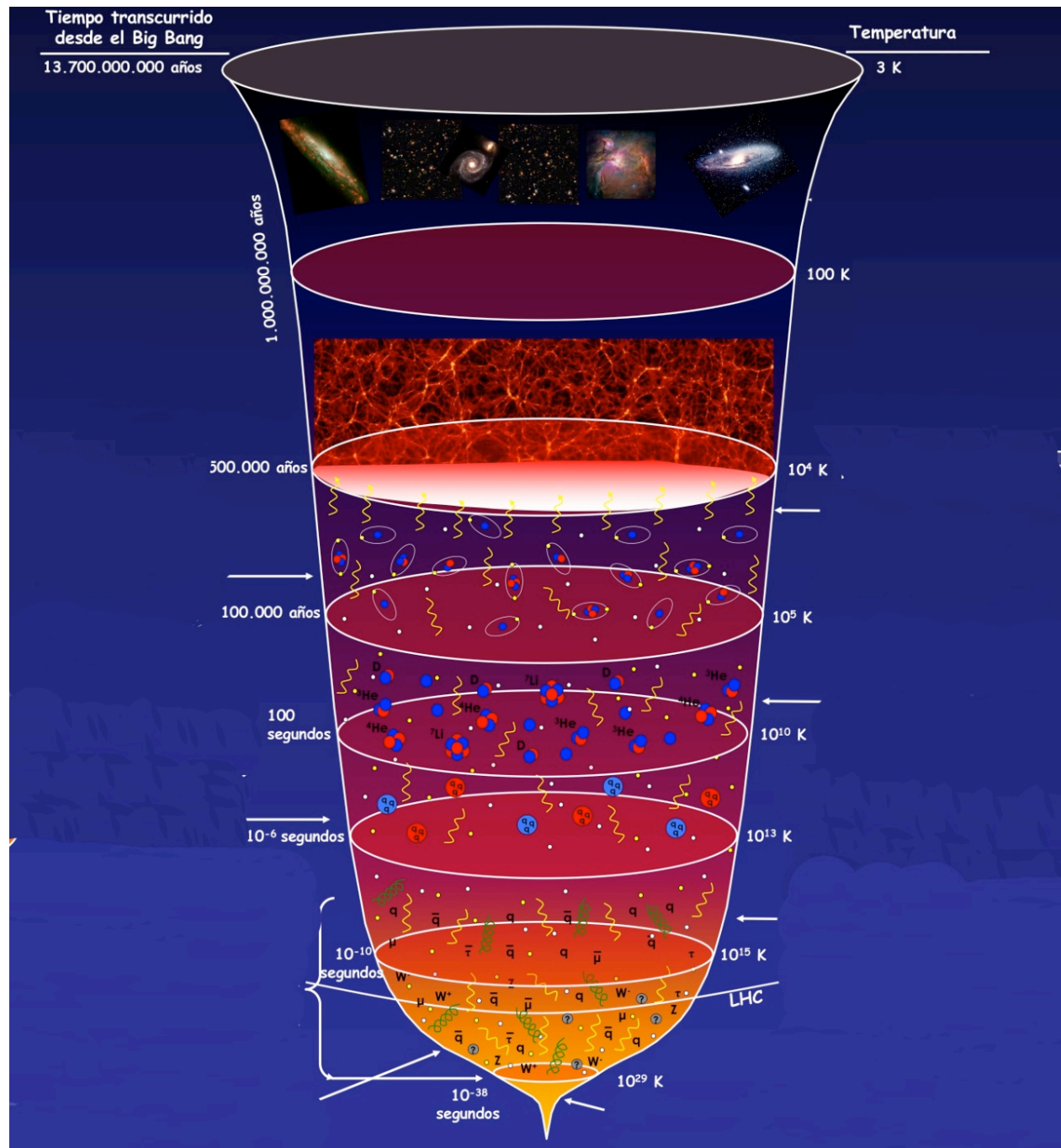


Sincrotrón

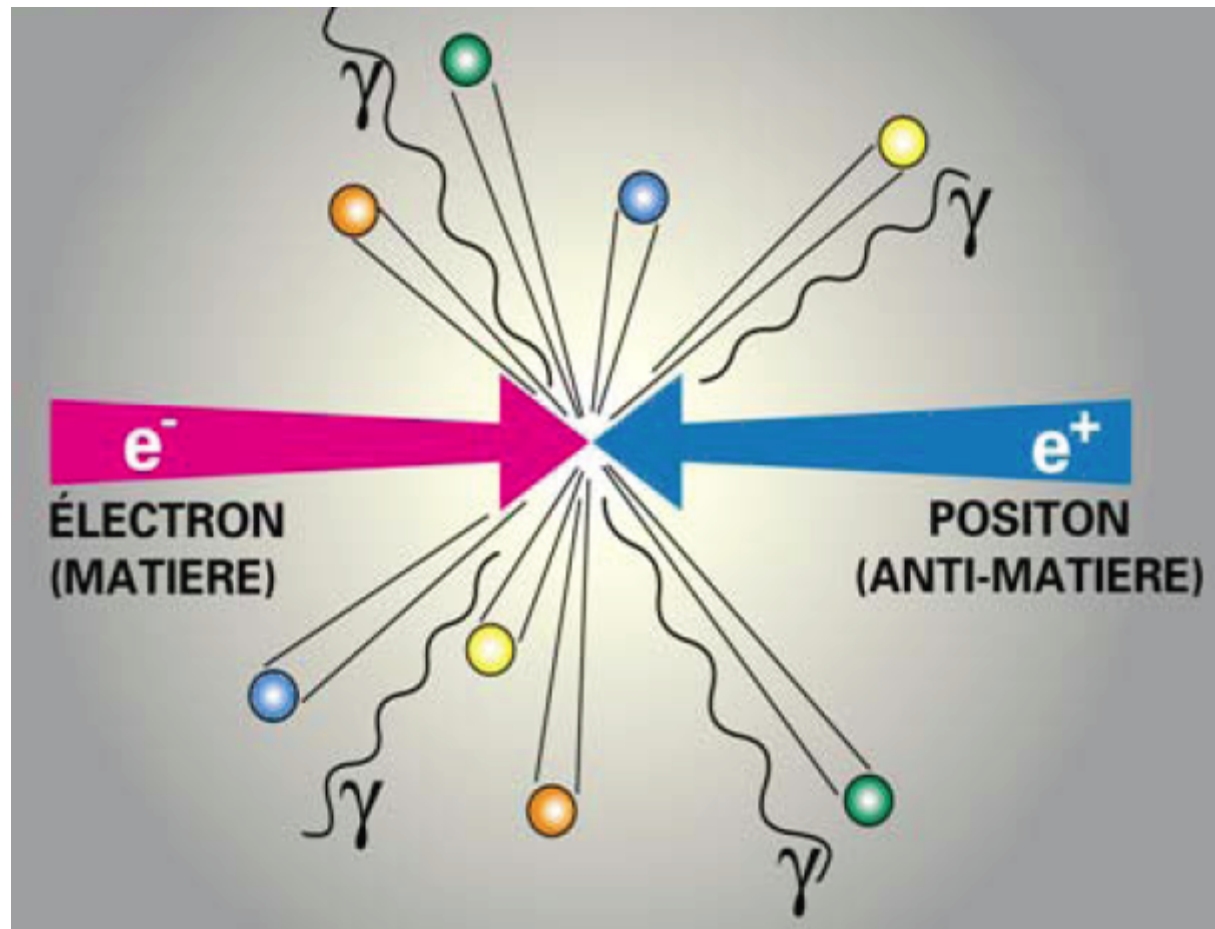
Mundo cuántico:

Longitudes más pequeñas
= Energías más grandes

Viaje hacia el Big Bang



En el choque de partículas aceleradas se genera una inmensa cantidad de energía que puede usarse para crear nuevas partículas



$$E = mc^2$$

El CERN

Un laboratorio de física de partículas



Laboratorio Europeo para la Física de Partículas

Gran centro Internacional (Más de 10000 personas)



Fundado en 1954 para
unificar los esfuerzos
europeos de investigación
nuclear

Hoy en día nuestro
conocimiento del átomo va
mucho más allá, por lo que se
estudian cosas mucho más
pequeñas, pero se ha
mantenido el nombre
original.



20 países miembros
(europeos) + más de
40 observadores/
colaboradores
La mitad de los físicos
de partículas del
mundo

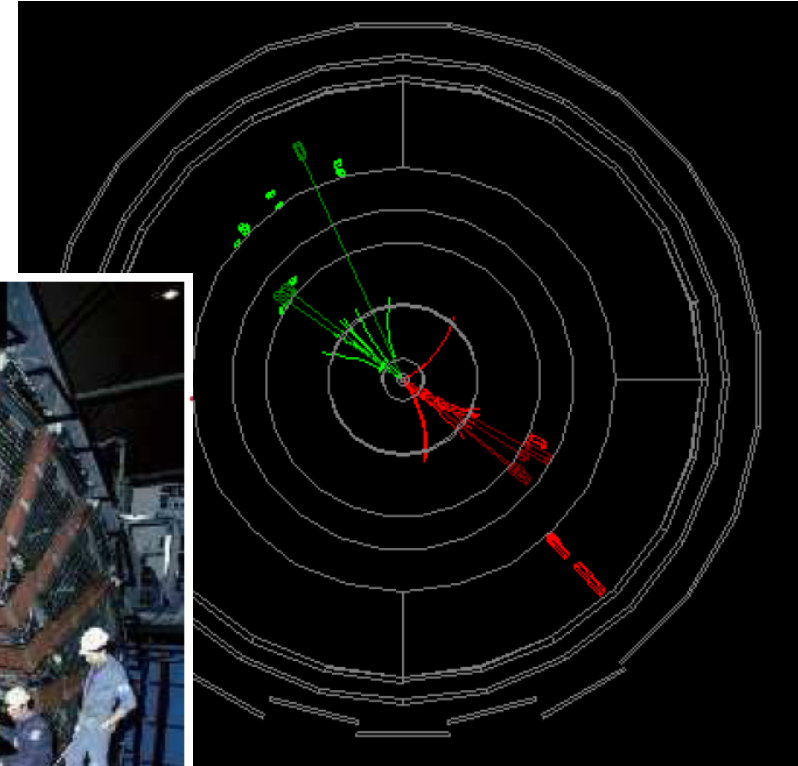
5 premios Nóbel

Distintos experimentos y proyectos, principalmente Física de partículas y
aceleradores. El último gran acelerador: LEP

España: miembro entre 1961–1968 , y desde 1983.
Hoy es el 5º contribuyente

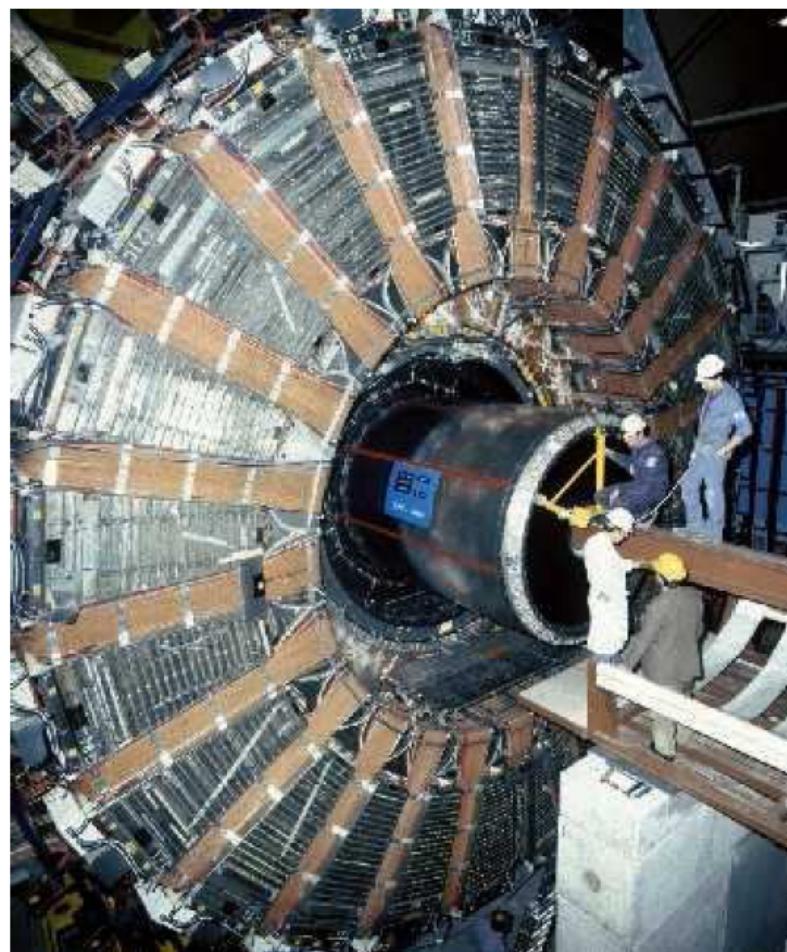
Elementos de nuestro "microscopio"

El Acelerador

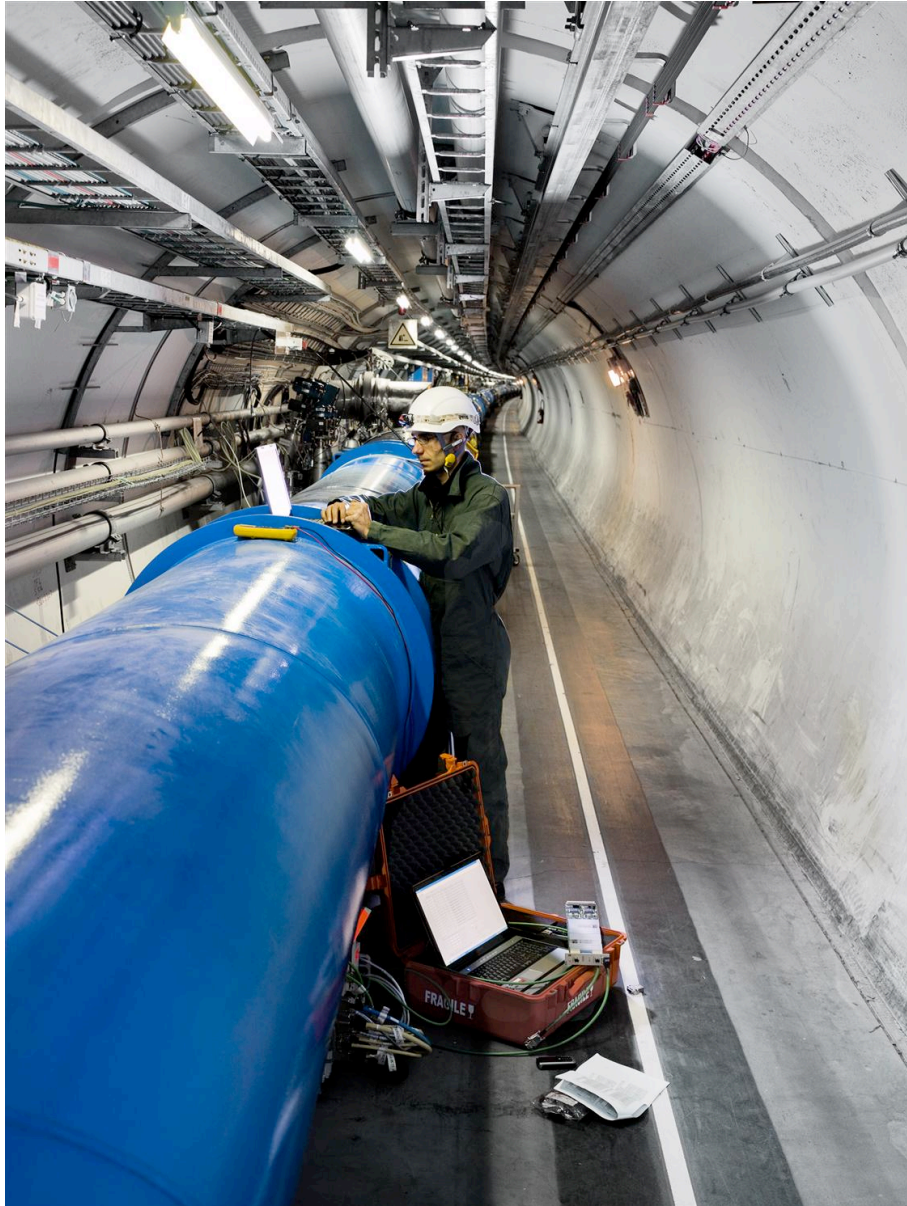


"Fotografía" de la colisión

Los Detectores



El Acelerador



El objetivo es acelerar partículas (protones en el LHC) hasta velocidades muy cercanas a la velocidad de la luz

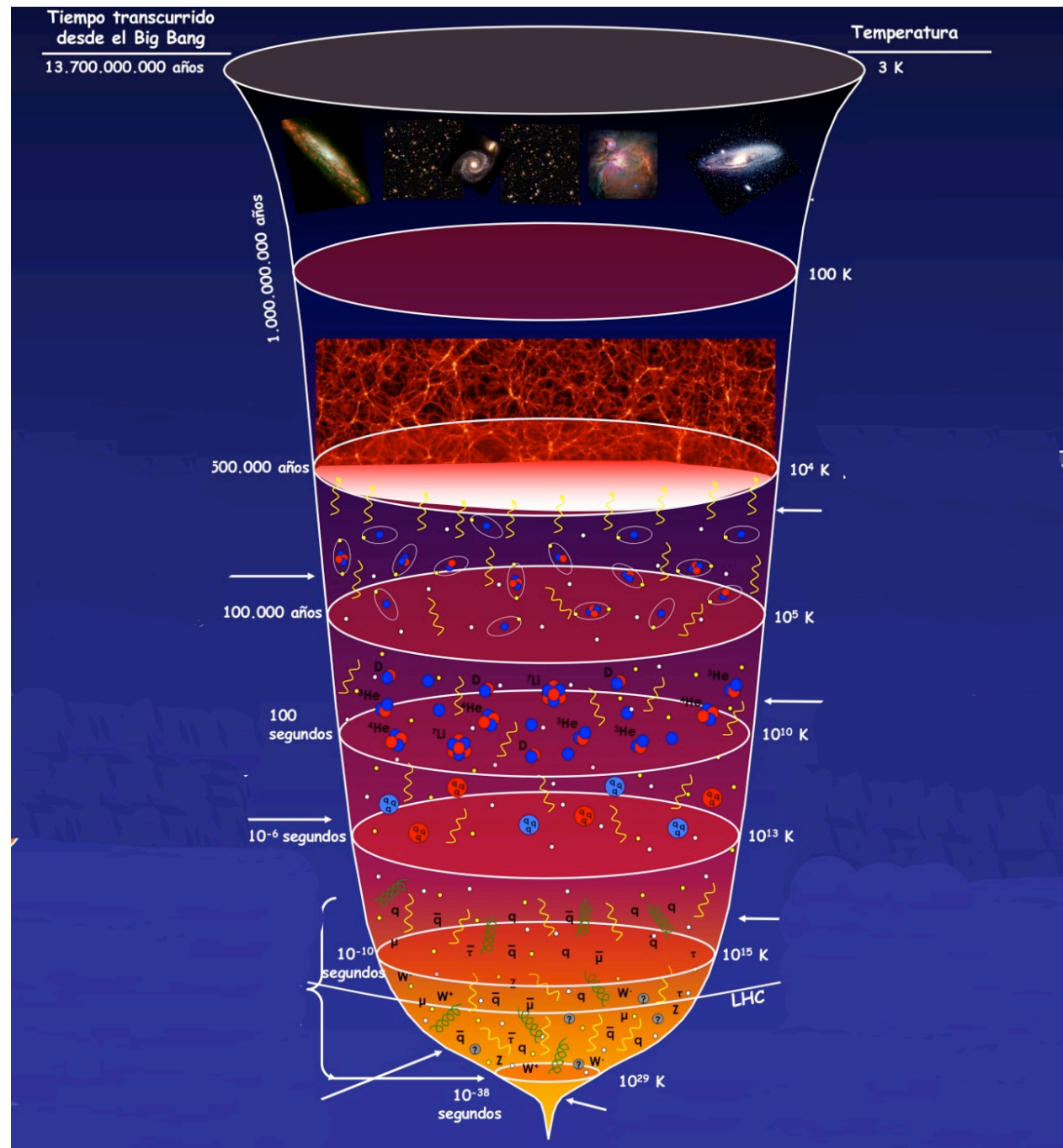
En cuatro puntos los dos haces de partículas se cruzan para lograr una colisión de enorme energía

En esa colisión se crean partículas que son recogidas por los detectores

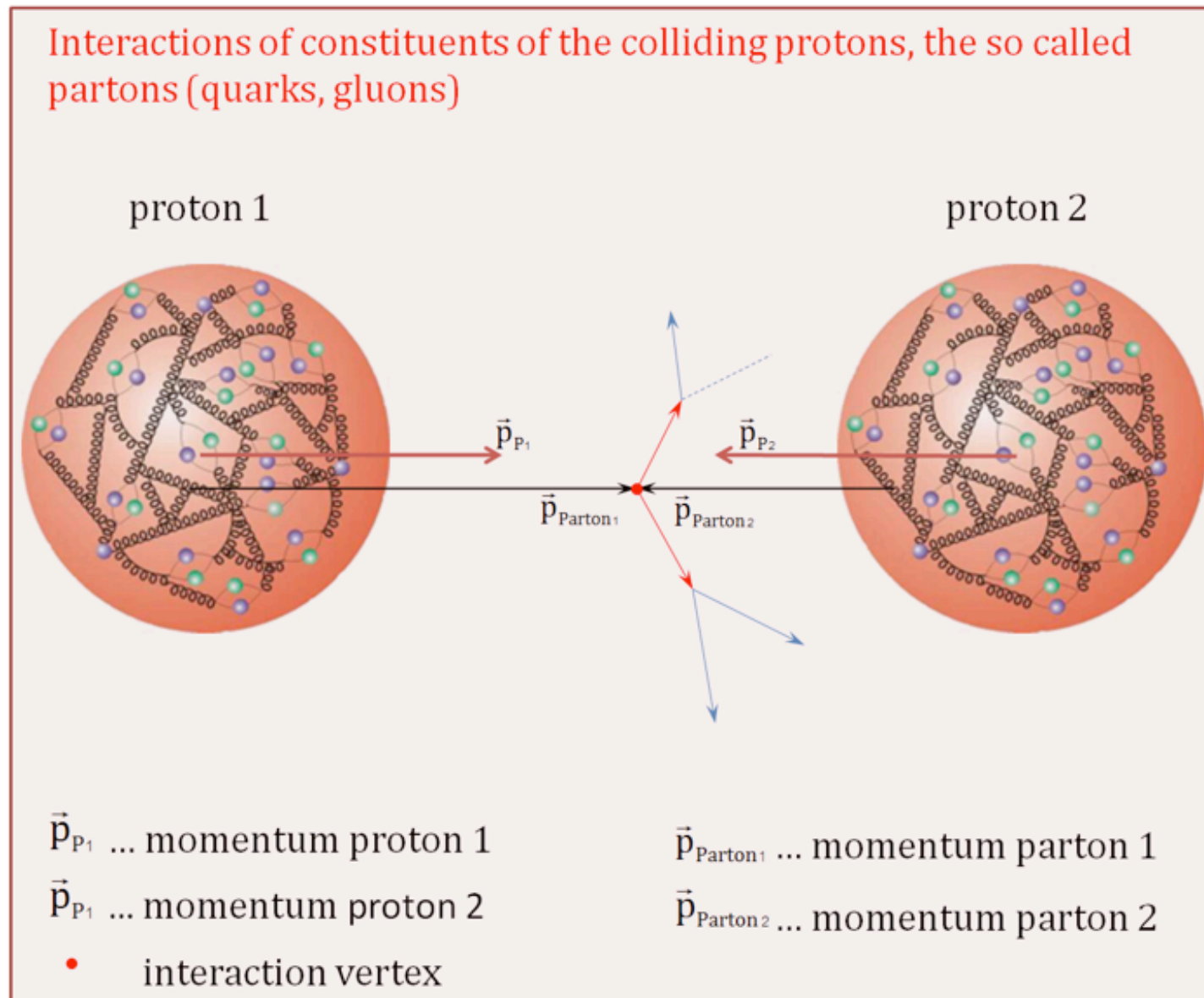
$$E = mc^2$$

Acelera protones hasta 7 TeV, o lo que es lo mismo, hasta 99.9999991% de la velocidad de la luz.

Al hacerlos colisionar, se crean momentáneamente las mismas condiciones que tenía el Universo una fracción de segundo después del Big Bang!



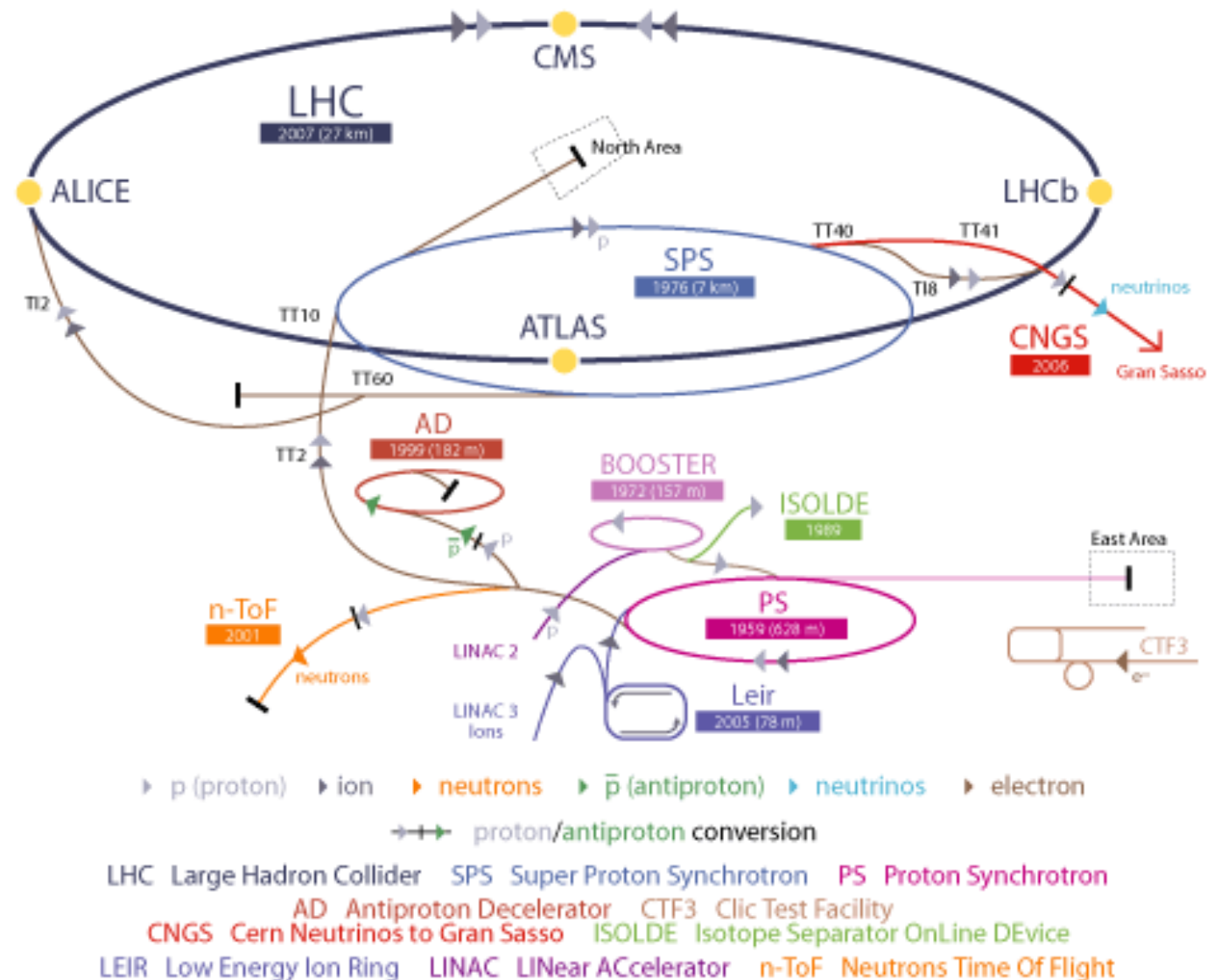
En la colisión entre protones son sus constituyentes, los quarks y gluones, los que interaccionan



CERN Accelerator Complex

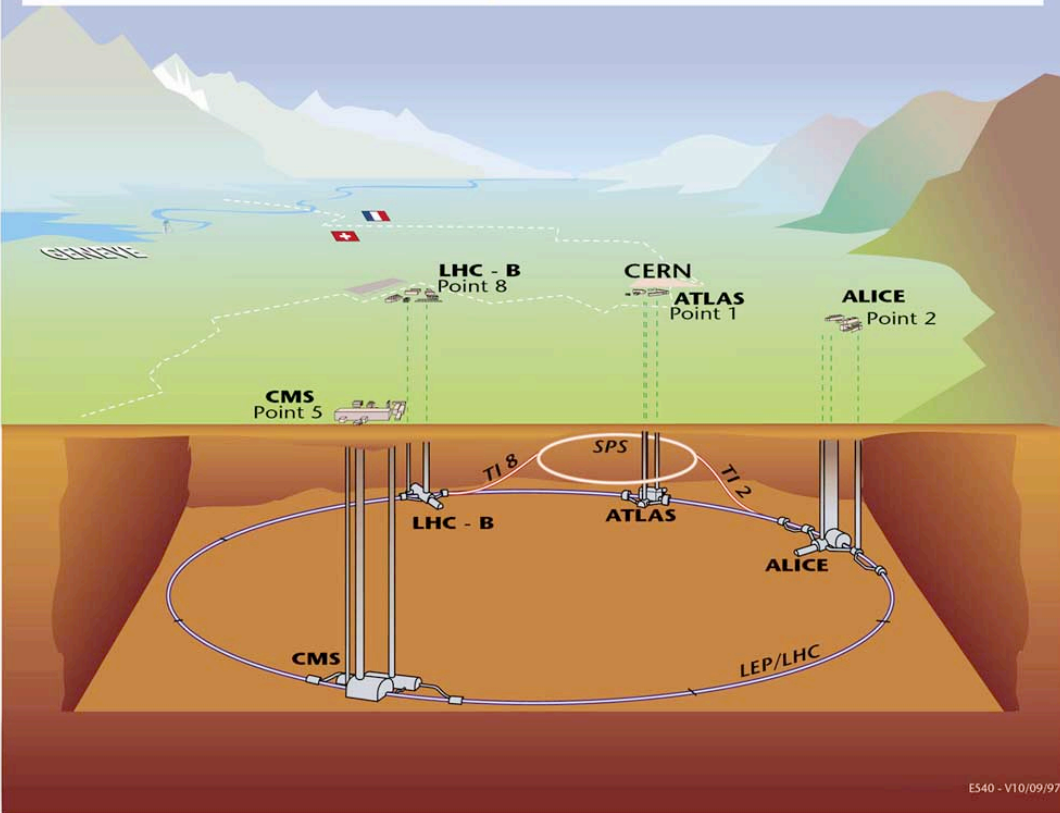
La aceleración de protones se produce de manera gradual, por medio de un número de aceleradores y pre-aceleradores previos.

[veamos cómo funciona](#)

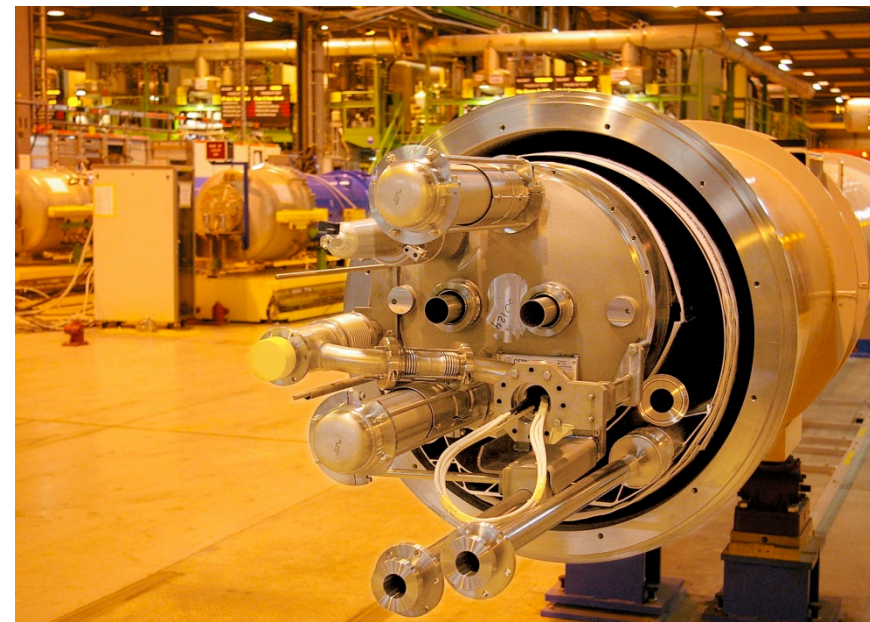


Cada paquete de protones da unas 11000 vueltas por segundo al LHC
Dando lugar a unos 600 millones de colisiones por segundo

Overall view of the LHC experiments.



El túnel es el mismo que antes ocupaba el LEP (que aceleraba electrones y positrones)



Formado por más de 1600 imanes superconductores (-271°C)



Quantity	number
Circunferencia	26 659 m
Temperatura de los dipolos	1.9 K (-271.3°C)
Número de imanes	9593
Nº de dipolos principales	1232
Nº de cuadrupolos principales	392
Nº de cavidades de radiofrecuencia	8 per beam
Energía nominal (protones)	7 TeV
Energía nominal (iones)	2.76 TeV/u (*)
Intensidad campo magnético (dipolos)	8.33 T
Dist. Mínima entre paquetes	~7 m
Luminosidad nominal	$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Nº de paquetes por haz de protones	2808
Nº de protones por paquete	1.1×10^{11}
Nº de vueltas por segundo	11 245
Nº de colisiones por segundo	600 million

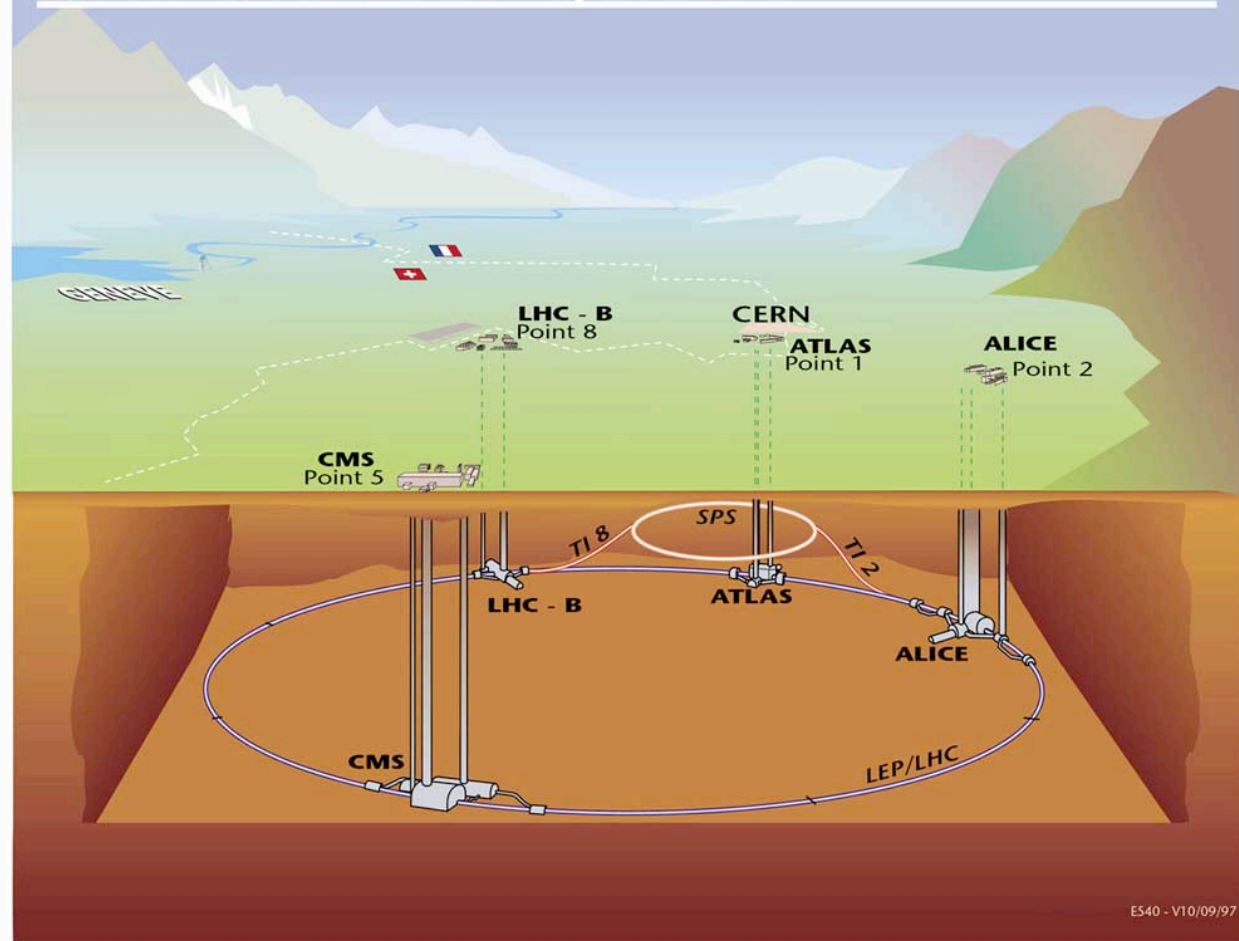
(*) Energía por nucleón

Los Detectores

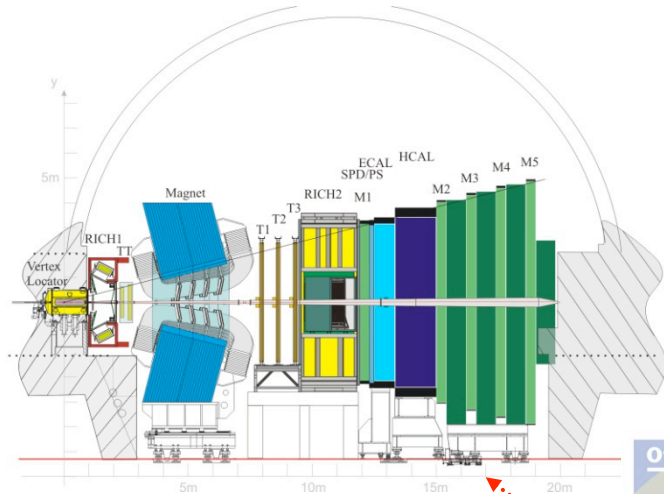
Los detectores del LHC se encuentran en cuatro puntos del anillo.

Su objetivo consiste en “fotografiar” el instante de las colisiones para poder identificar las partículas que en ellas se han creado.

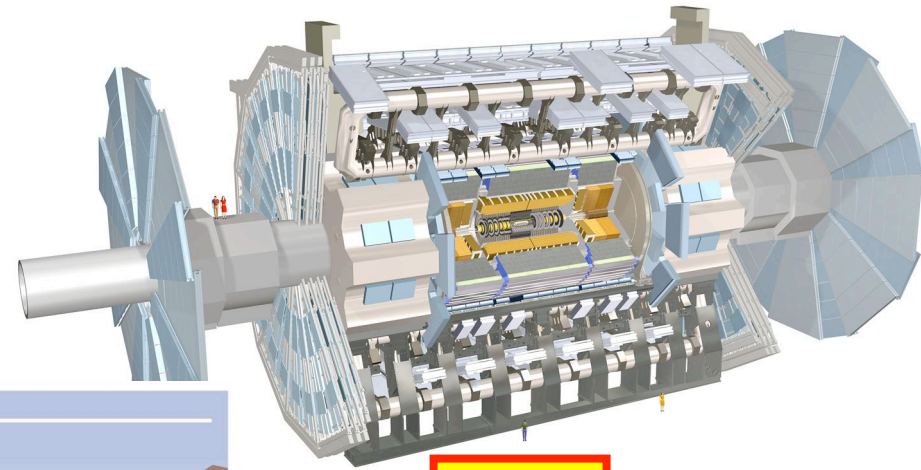
Overall view of the LHC experiments.



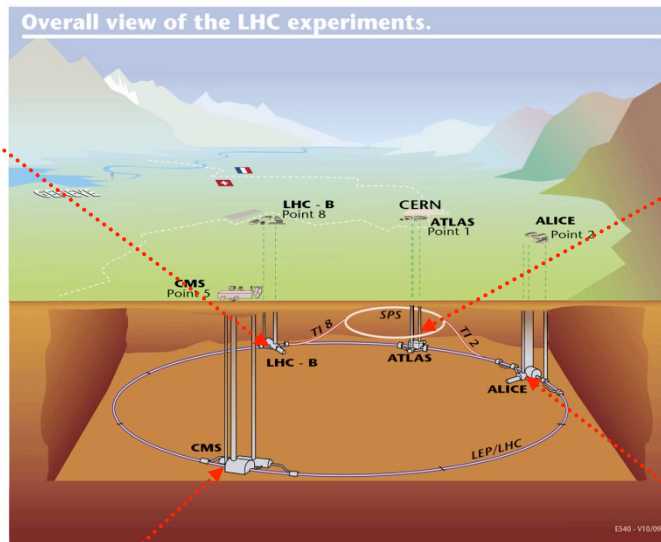
Los Detectores del LHC



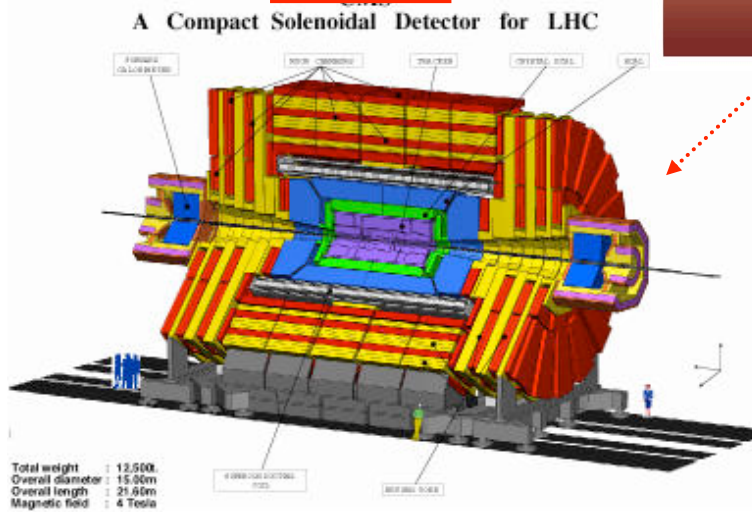
LHCb



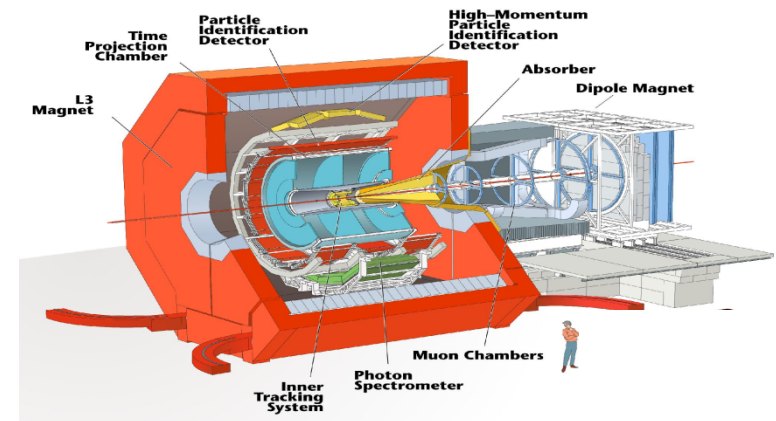
Atlas



CMS



Alice

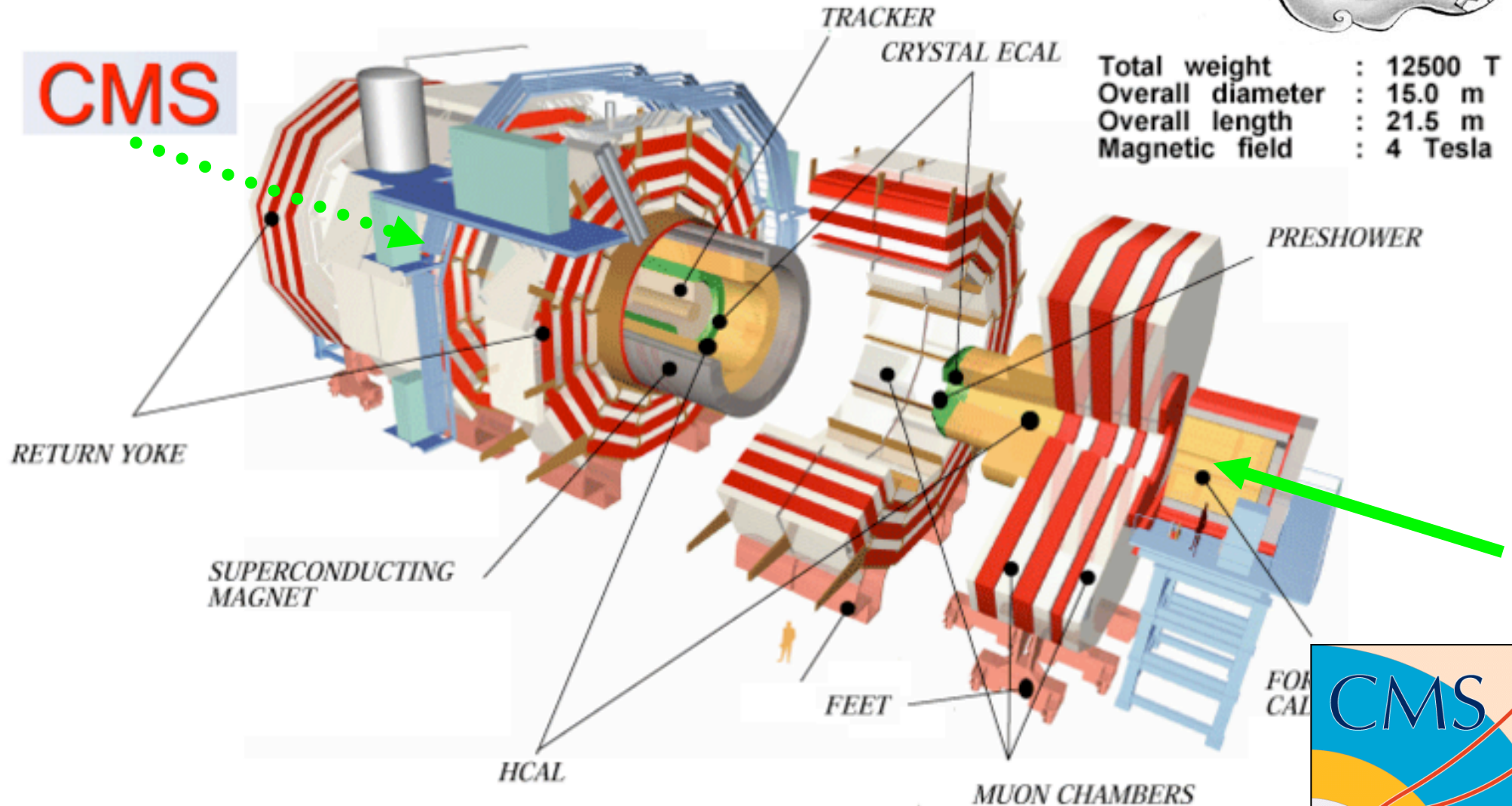


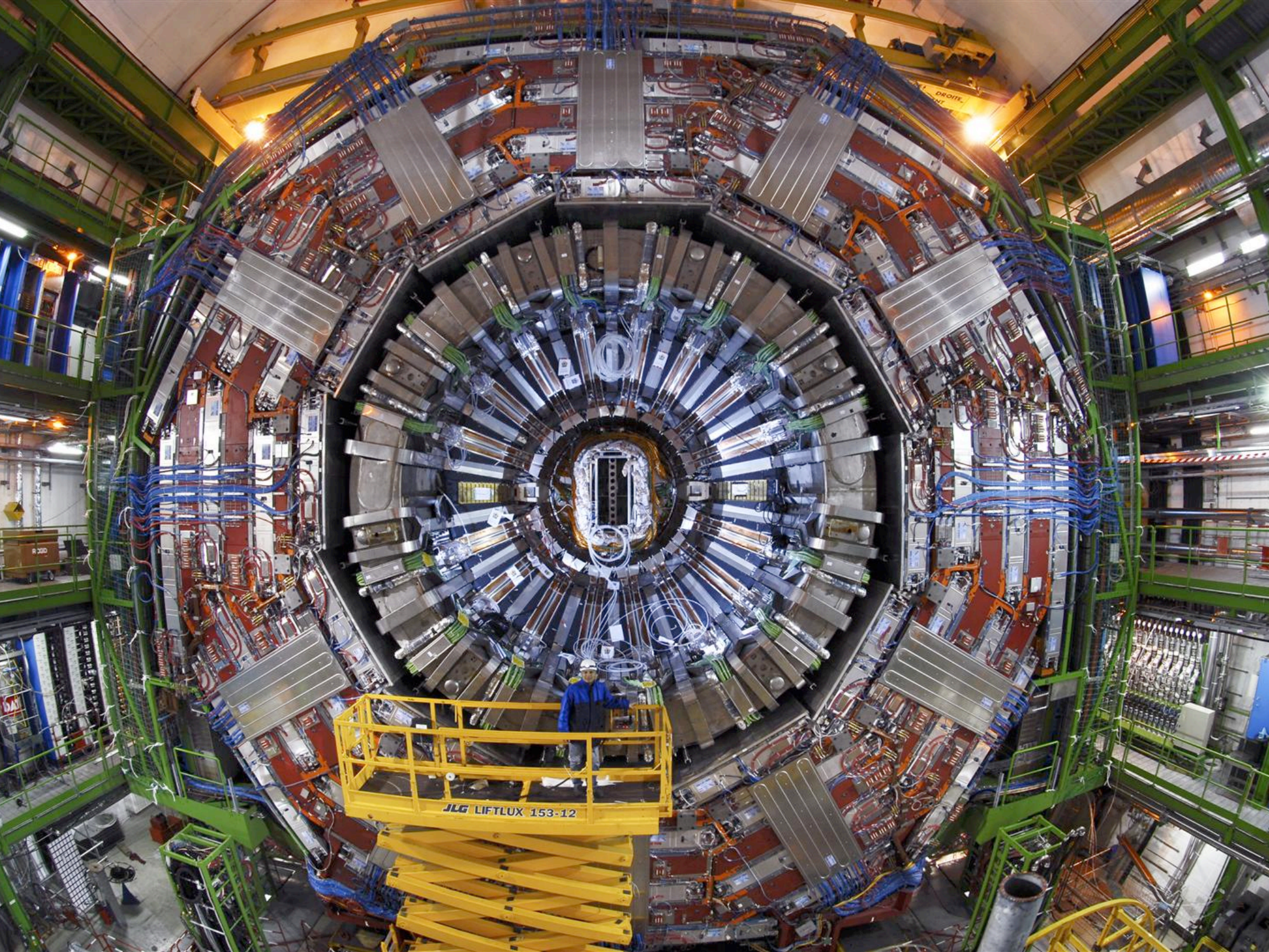
CMS



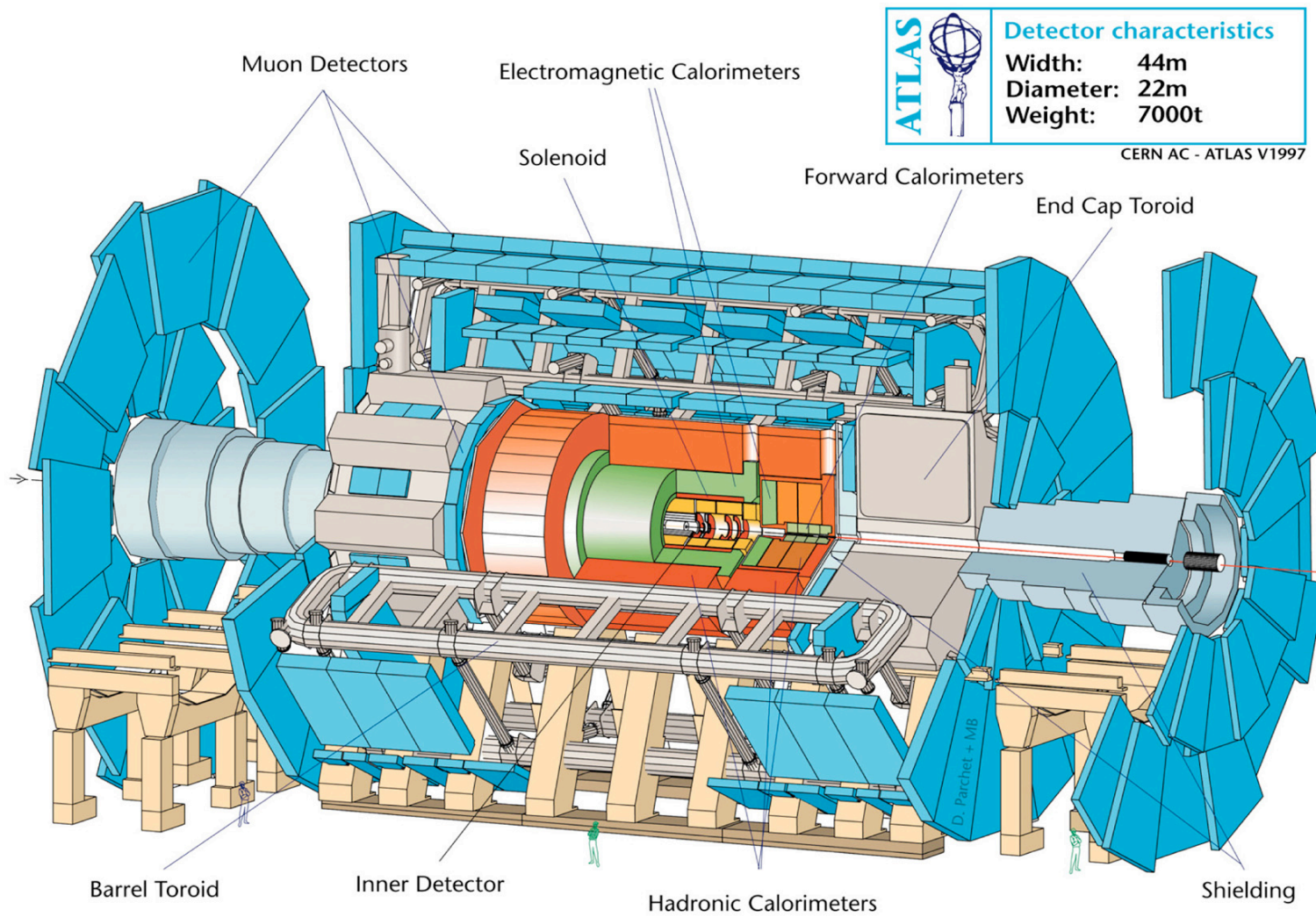
CMS

Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

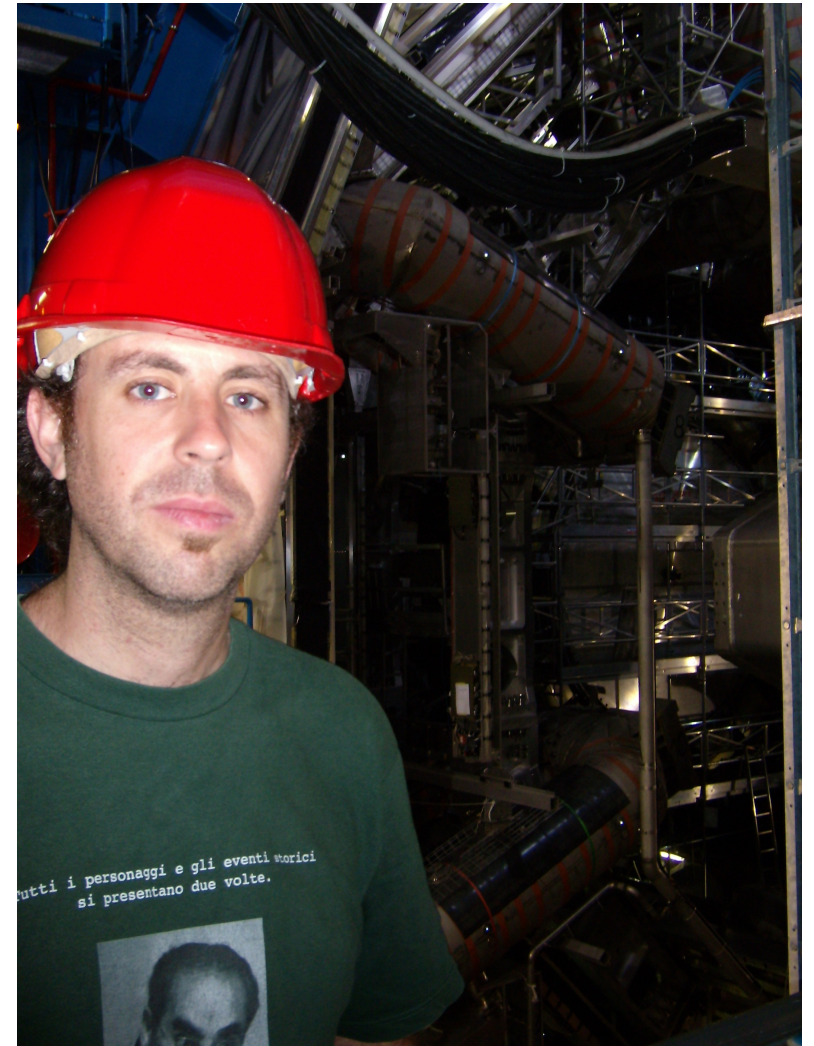
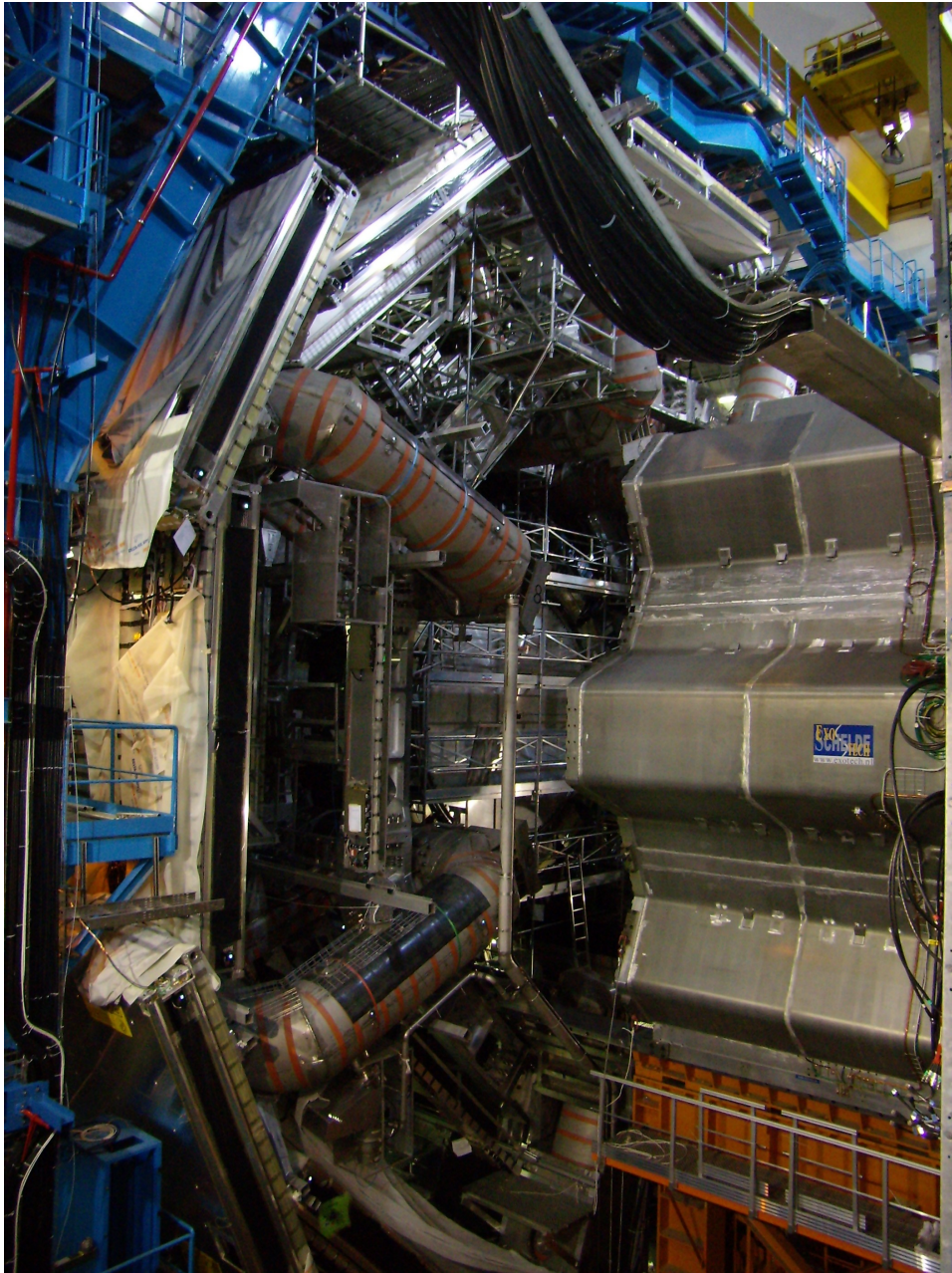




ATLAS



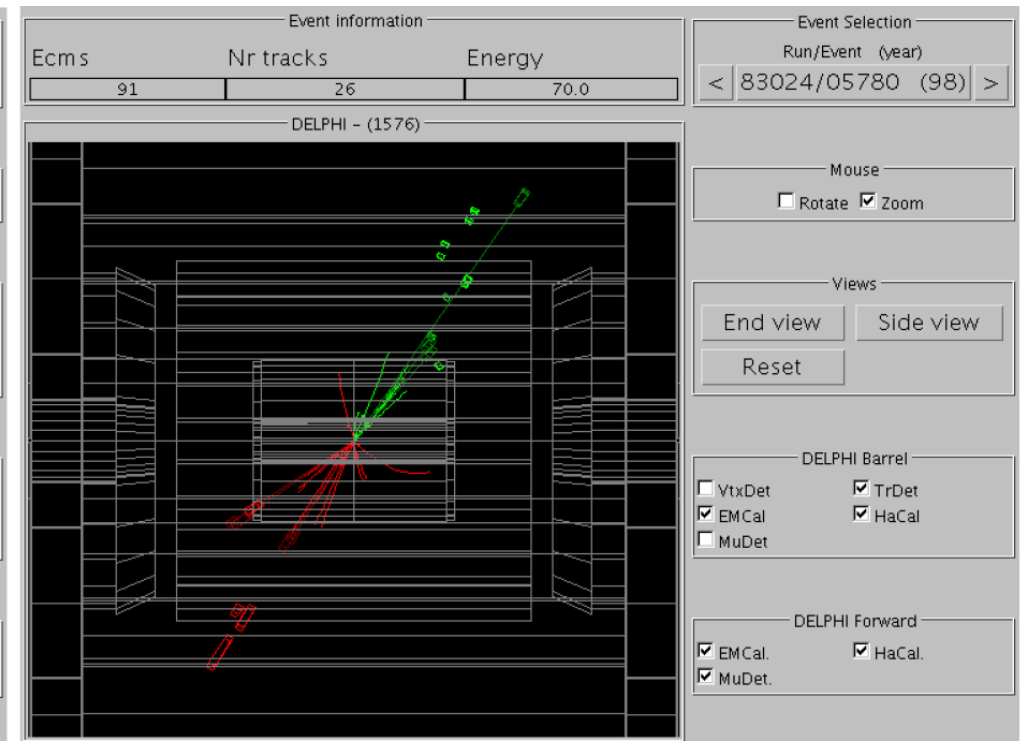
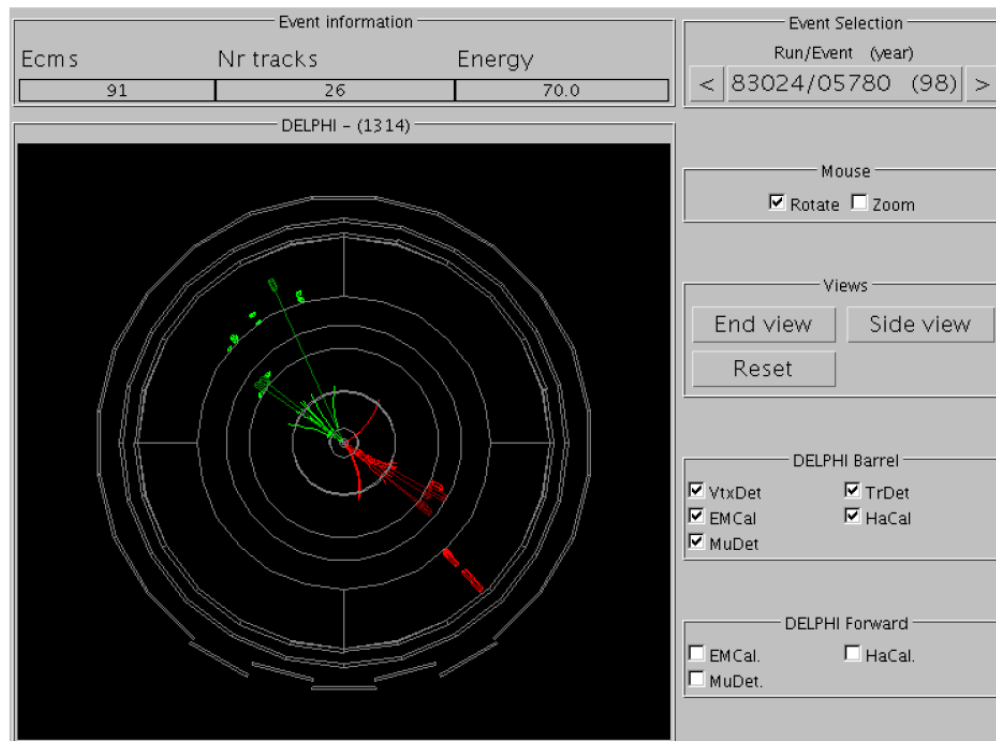
ATLAS



La “fotografía” del suceso

Los detectores (con sus distintos elementos) identifican las trayectorias que siguen las distintas partículas y miden la energía que depositan.

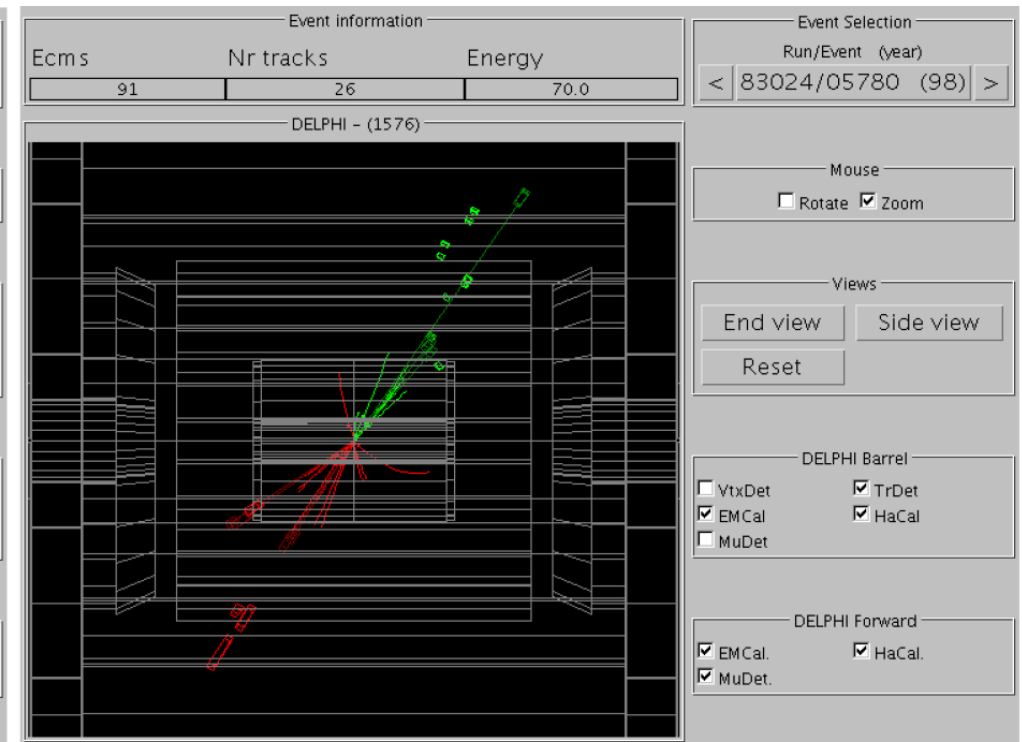
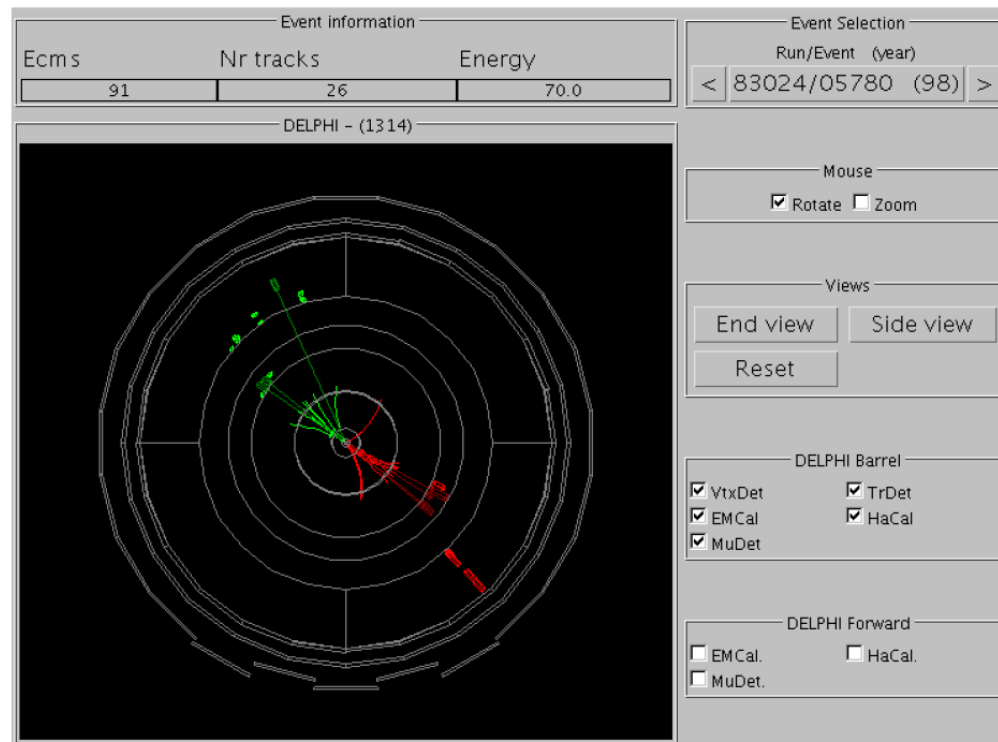
- **Imagen de la desintegración de una partícula Z producida en el choque de un electrón con un antielectrón con una energía total de 91 GeV**



¡Vuestro objetivo!

Vais a estudiar “fotografías” de choques reales de protón-protón en LHC que fueron registrados por el detector ATLAS.

Vamos a determinar las propiedades del bosón W...

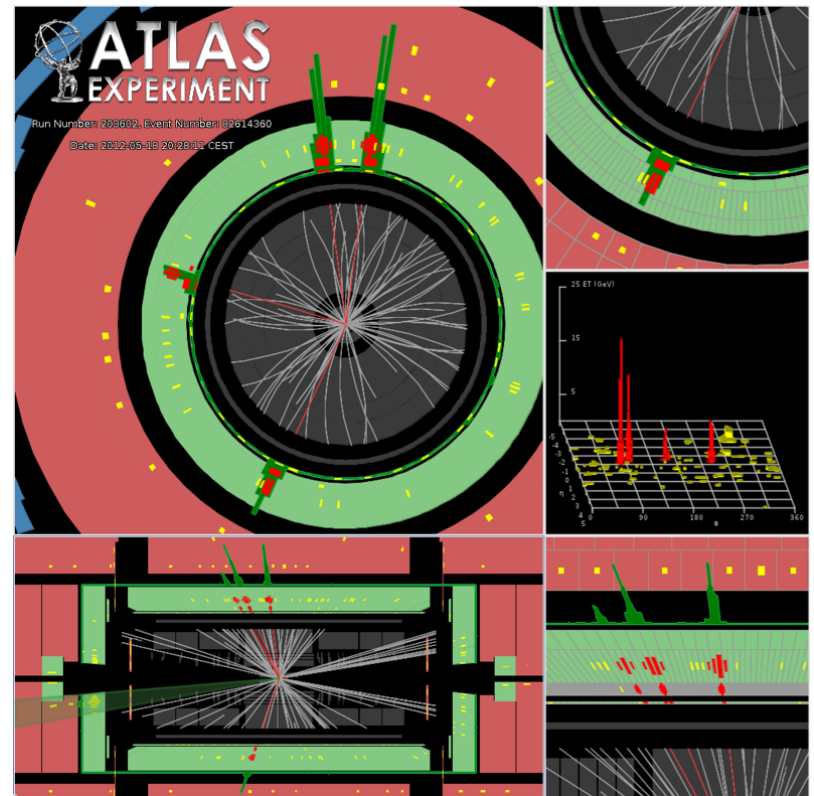
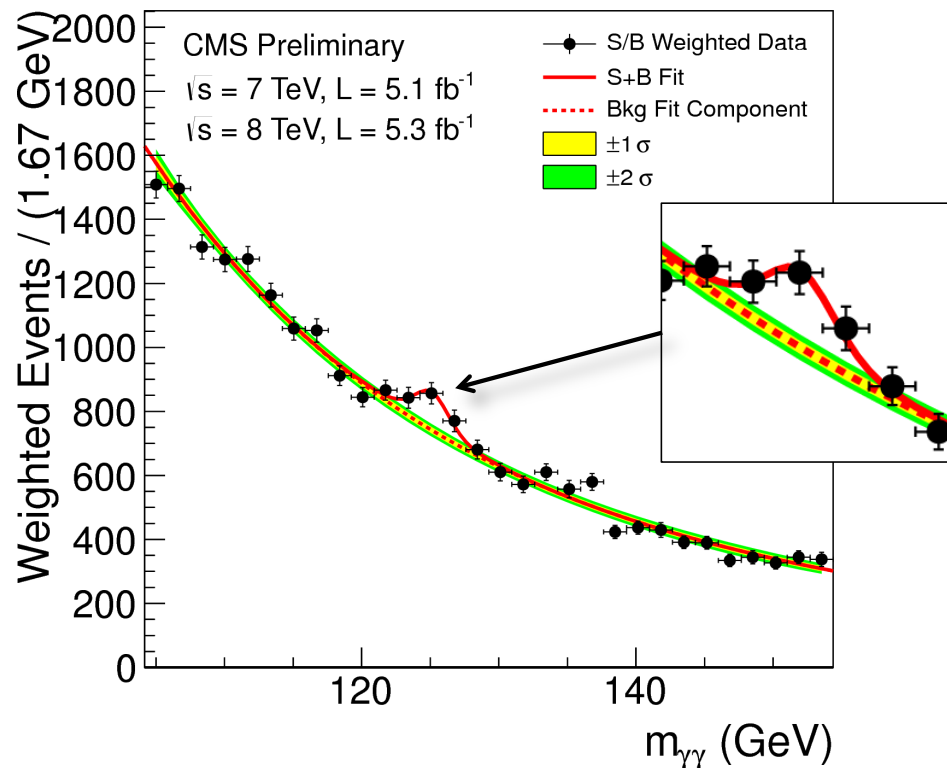


¡Vuestro objetivo!

Vais a estudiar “fotografías” de choques reales de protón-protón en LHC que fueron registrados por el detector ATLAS.

Vamos a determinar las propiedades del bosón W...

... y a buscar el bosón de Higgs!



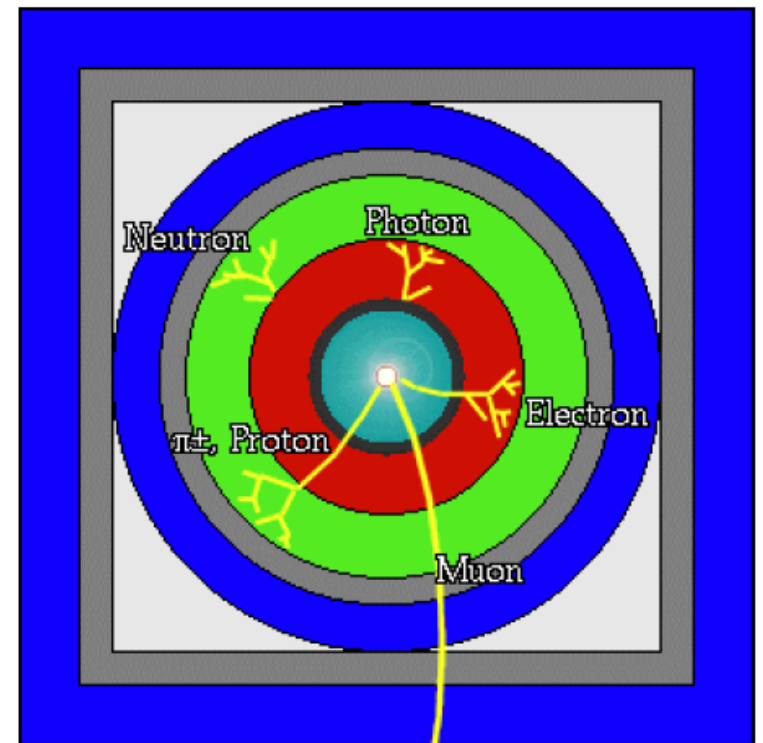
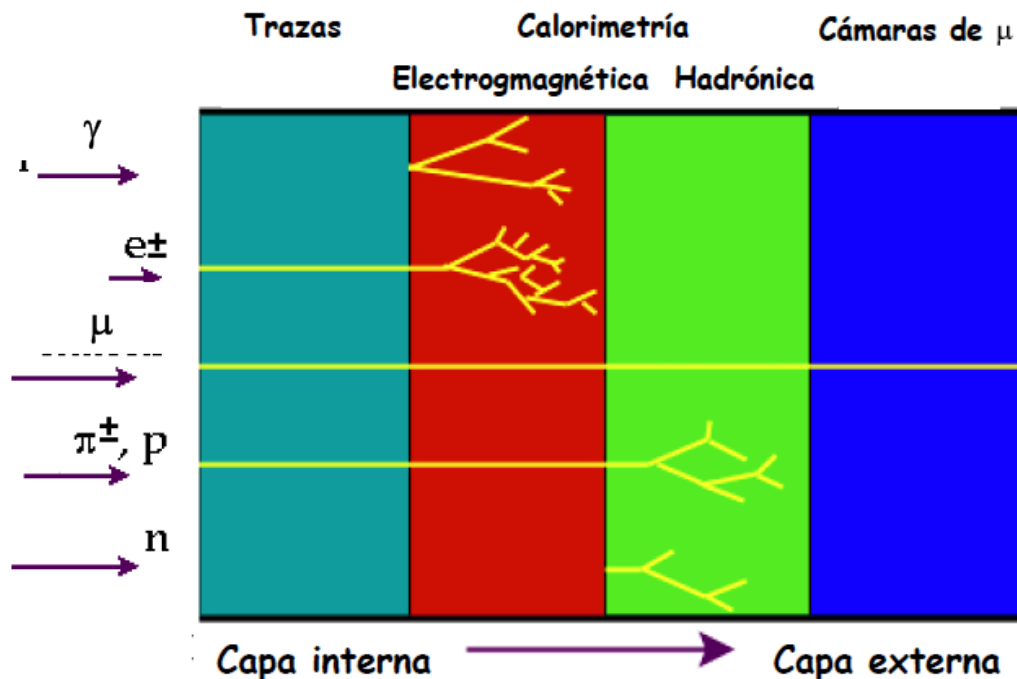
¡Vuestro objetivo!

Vais a estudiar “fotografías” de choques reales de protón-protón en LHC que fueron registrados por el detector ATLAS.

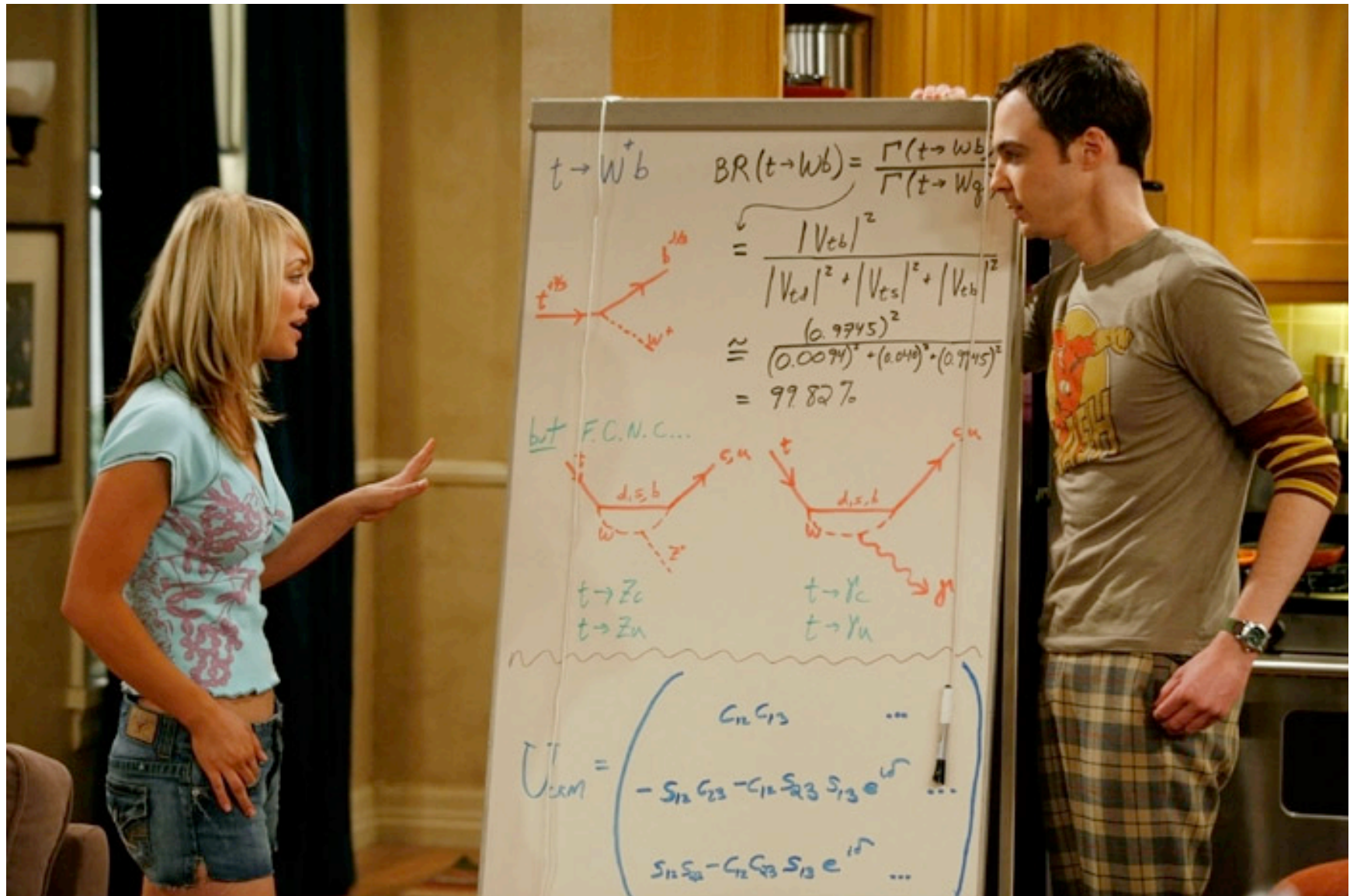
Vamos a determinar las propiedades del bosón W

... y a buscar el bosón de Higgs!

Detector Atlas



El papel de la Física Teórica

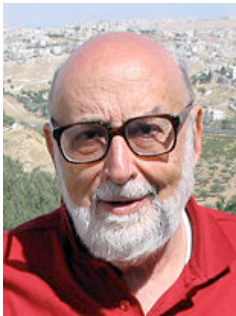


El papel de la Física Teórica

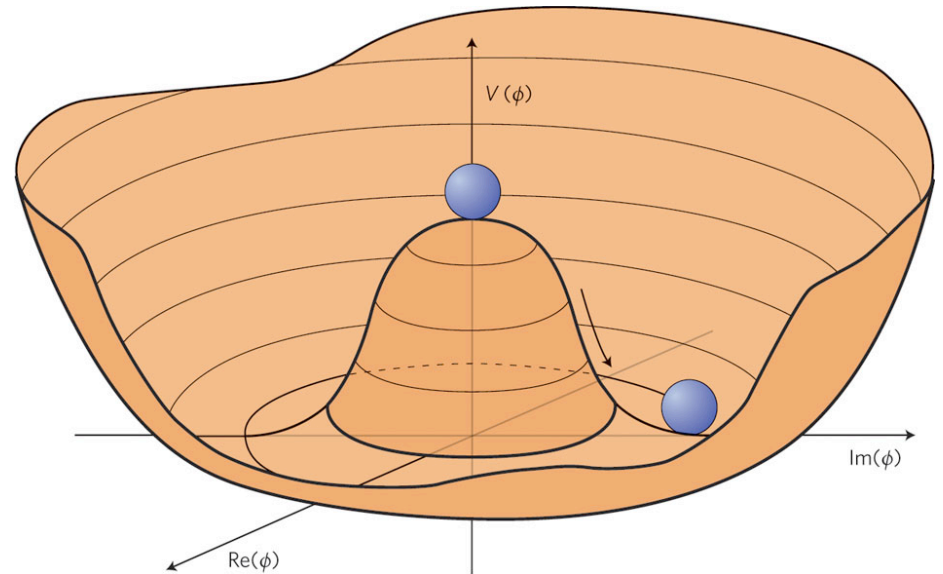


Realizar predicciones sobre la naturaleza de la nueva física que se espera descubrir en LHC, y contrastarlas con los resultados experimentales.

El papel de la Física Teórica

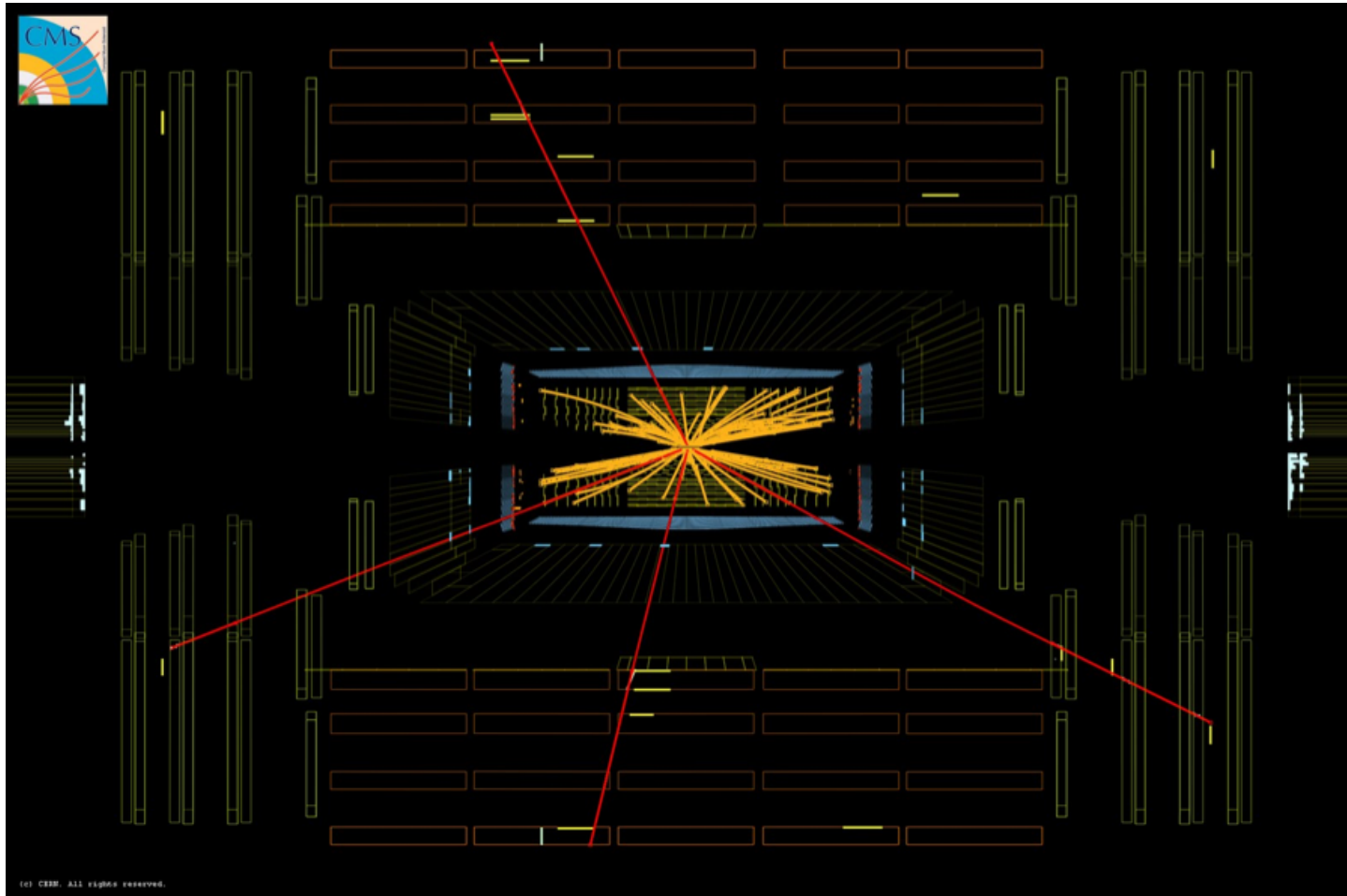


Englert, Brout, Higgs, 1963-64



Realizar predicciones sobre la naturaleza de la nueva física que se espera descubrir en LHC, y contrastarlas con los resultados experimentales.

El papel de la Física Teórica



¿Encontraréis también vosotrxs el bosón de Higgs?