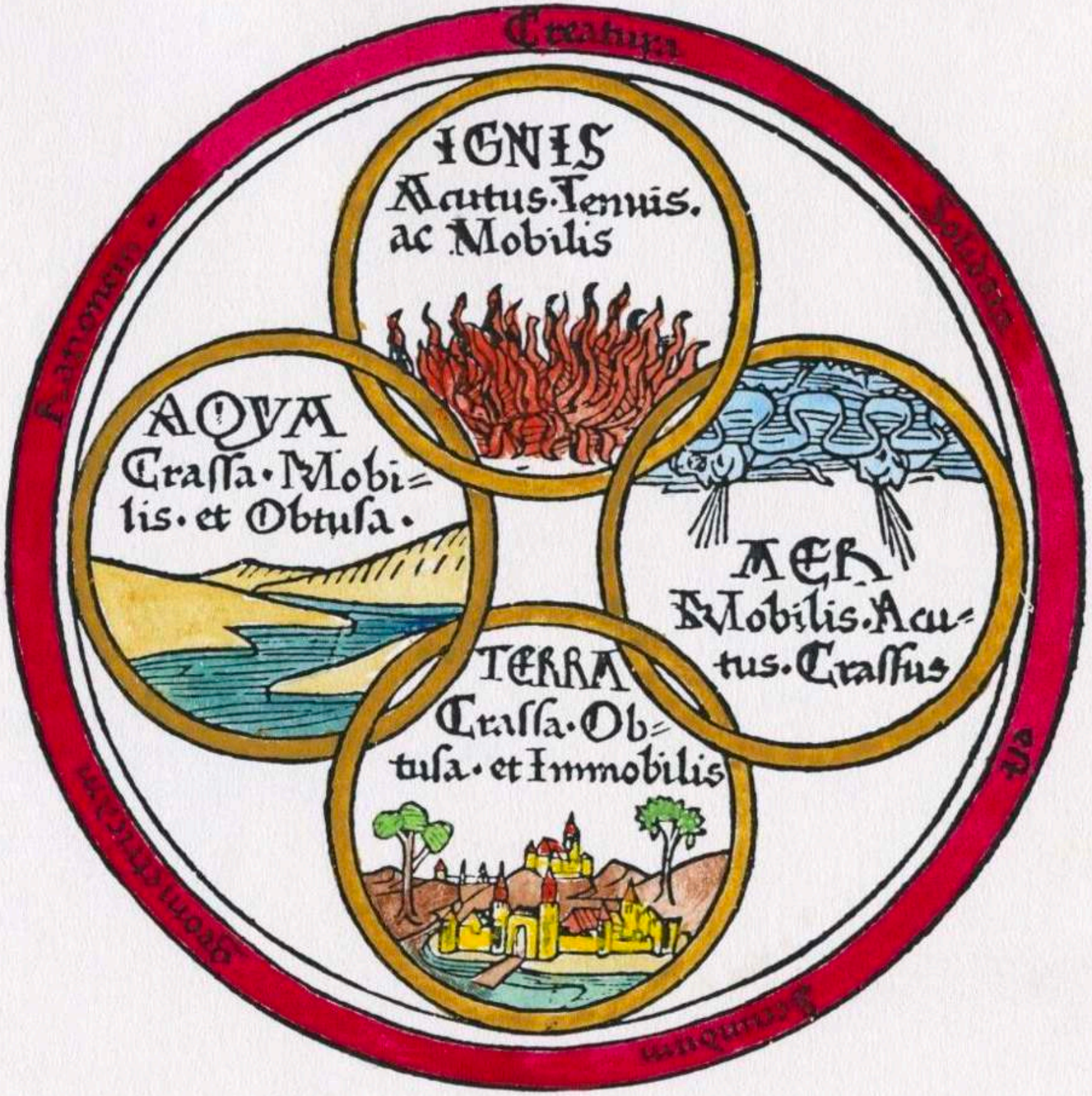
¿?

¿Cuáles son las piezas que componen la realidad?

¿Cuáles son las reglas que las gobiernan?



Lucretius *De rerum natura*, published by Tommaso Ferrando, Brescia, 1472

Tabla periódica de los elementos

masa atómica
o número másico del isótopo más estable
1.ª energía de ionización en kJ/mol
símbolo químico
nombre
configuración electrónica
número atómico
electronegatividad
estados de oxidación más comunes están en negrita

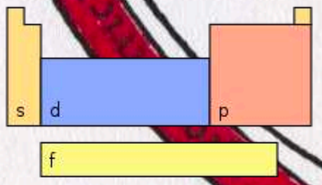
55.845 26
762.5 1.83
Fe
Hierro
[Ar] 3d⁶ 4s²
+6 +5 +4 +3 +2 +1 −1 −2

- metales alcalinos
- alcalinotérreos
- otros metales
- metales de transición
- lantánidos
- actínidos
- metaloides
- no metales
- halógenos
- gases nobles
- elementos desconocidos
- masas de elementos radiactivos entre paréntesis

grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1.00794 1312.0 2.20 1 H Hidrógeno 1s¹																	4.002602 2372.3 2 He Helio 1s²
2	6.941 520.2 0.98 3 Li Litio 1s² 2s¹	9.012182 899.5 1.57 4 Be Berilio 1s² 2s²											10.811 800.6 2.04 5 B Boro 1s² 2s² 2p¹	12.0107 1086.5 2.55 6 C Carbono 1s² 2s² 2p²	14.0067 1402.3 3.04 7 N Nitrógeno 1s² 2s² 2p³	15.9994 1313.9 3.44 8 O Oxígeno 1s² 2s² 2p⁴	18.998403 1681.0 3.98 9 F Flúor 1s² 2s² 2p⁵	20.1797 2080.7 10 Ne Neón 1s² 2s² 2p⁶
3	22.98976 495.8 0.93 11 Na Sodio [Ne] 3s¹	24.3050 737.7 1.31 12 Mg Magnesio [Ne] 3s²											26.98153 577.5 1.61 13 Al Aluminio [Ne] 3s² 3p¹	28.0855 786.5 1.90 14 Si Silicio [Ne] 3s² 3p²	30.97696 1011.8 2.19 15 P Fósforo [Ne] 3s² 3p³	32.065 999.6 2.58 16 S Azufre [Ne] 3s² 3p⁴	35.453 1251.2 3.16 17 Cl Cloro [Ne] 3s² 3p⁵	39.948 1520.6 18 Ar Argón [Ne] 3s² 3p⁶
4	39.0983 418.8 0.82 19 K Potasio [Ar] 4s¹	40.078 589.8 1.00 20 Ca Calcio [Ar] 4s²	44.95591 633.1 1.36 21 Sc Escandio [Ar] 3d¹ 4s²	47.867 658.8 1.54 22 Ti Titanio [Ar] 3d² 4s²	50.9415 650.9 1.63 23 V Vanadio [Ar] 3d³ 4s²	51.9962 652.9 1.66 24 Cr Cromo [Ar] 3d⁵ 4s¹	54.93804 717.3 1.55 25 Mn Manganeso [Ar] 3d⁵ 4s²	55.845 762.5 1.83 26 Fe Hierro [Ar] 3d⁶ 4s²	58.93319 760.4 1.91 27 Co Cobalto [Ar] 3d⁷ 4s²	58.6934 737.1 1.88 28 Ni Níquel [Ar] 3d⁸ 4s²	63.546 745.5 1.90 29 Cu Cobre [Ar] 3d¹⁰ 4s¹	65.38 906.4 1.65 30 Zn Zinc [Ar] 3d¹⁰ 4s²	69.723 578.8 1.81 31 Ga Galio [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p¹	72.64 762.0 2.01 32 Ge Germanio [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p²	74.92160 947.0 2.18 33 As Arsénico [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p³	78.96 941.0 2.55 34 Se Selenio [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁴	79.904 1139.9 2.96 35 Br Bromo [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁵	83.798 1350.8 3.00 36 Kr Kriptón [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁶
5	85.4678 403.0 0.82 37 Rb Rubidio [Kr] 5s¹	87.62 549.5 0.95 38 Sr Estroncio [Kr] 5s²	88.90585 600.0 1.22 39 Y Itrio [Kr] 4d¹ 5s²	91.224 640.1 1.33 40 Zr Circonio [Kr] 4d² 5s²	92.90638 652.1 1.60 41 Nb Niobio [Kr] 4d⁴ 5s¹	95.96 684.3 2.16 42 Mo Molibdeno [Kr] 4d⁵ 5s¹	(98) 702.0 1.90 43 Tc Tecnecio [Kr] 4d⁵ 5s²	101.07 710.2 2.20 44 Ru Rutenio [Kr] 4d⁷ 5s¹	102.9055 719.7 2.28 45 Rh Rodio [Kr] 4d⁸ 5s¹	106.42 804.4 2.20 46 Pd Paladio [Kr] 4d¹⁰	107.8682 731.0 1.93 47 Ag Plata [Kr] 4d¹⁰ 5s¹	112.441 867.8 1.69 48 Cd Cadmio [Kr] 4d¹⁰ 5s²	114.818 558.3 1.78 49 In Indio [Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p¹	118.710 708.6 1.96 50 Sn Estaño [Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p²	121.760 834.0 2.05 51 Sb Antimonio [Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p³	127.60 869.3 2.10 52 Te Telurio [Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁴	126.9044 1008.4 2.66 53 I Yodo [Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁵	131.293 1170.4 2.60 54 Xe Xenón [Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁶
6	132.9054 375.7 0.79 55 Cs Cesio [Xe] 6s¹	137.327 502.9 0.89 56 Ba Bario [Xe] 6s²	174.9668 523.5 1.27 71 Lu Lutecio [Xe] 4f¹⁴ 5d¹ 6s²	178.49 658.5 1.30 72 Hf Hafnio [Xe] 4f¹⁴ 5d² 6s²	180.9478 761.0 1.50 73 Ta Tántalo [Xe] 4f¹⁴ 5d³ 6s²	183.84 770.0 2.36 74 W Wolframio [Xe] 4f¹⁴ 5d⁴ 6s²	186.207 760.0 1.90 75 Re Renio [Xe] 4f¹⁴ 5d⁵ 6s²	190.23 840.0 2.20 76 Os Osmio [Xe] 4f¹⁴ 5d⁶ 6s²	192.217 880.0 2.20 77 Ir Iridio [Xe] 4f¹⁴ 5d⁷ 6s²	195.084 870.0 2.28 78 Pt Platino [Xe] 4f¹⁴ 5d⁹ 6s¹	196.9665 890.1 2.54 79 Au Oro [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s¹	200.59 1007.1 2.00 80 Hg Mercurio [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s²	204.3833 589.4 1.62 81 Tl Talio [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p¹	207.2 715.6 2.33 82 Pb Plomo [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p²	208.9804 703.0 2.02 83 Bi Bismuto [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p³	(210) 812.1 2.00 84 Po Polonio [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁴	(210) 890.0 2.20 85 At Astato [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁵	(220) 1037.0 86 Rn Radón [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁶
7	(223) 380.0 0.70 87 Fr Francio [Rn] 7s¹	(226) 509.3 0.90 88 Ra Radio [Rn] 7s²	(262) 470.0 103 Lr Lawrencio [Rn] 5f¹⁴ 7s² 7p¹	(261) 580.0 104 Rf Rutherfordio [Rn] 5f¹⁴ 6d² 7s²	(262) 105 Db Dubnio [Rn]5f14 6d3 7s2	(266) 106 Sg Seaborgio [Rn] 7s2 5f14 6d4	(264) 107 Bh Bohrio [Rn]5f14 6d5 7s2	(277) 108 Hs Hasio [Rn] 5f14 6d10 7s2	(268) 109 Mt Meitnerio [Rn] 7s2 5f14 6d7	(271) 110 Ds Darmstatio [Rn] 7s2 5f14 6d8	(272) 111 Rg Roentgenio [Rn] 5f14 6d10 7s1	(285) 112 Cn Copernicio [Rn] 5f14 6d10 7s2	(284) 113 Nh Nihonio [Rn] 5f14 6d10 7s2 7p1	(289) 114 Fl Flerovio [Rn] 5f14 6d10 7s2 7p2	(288) 115 Mc Moscovio [Rn] 5f14 6d10 7s2 7p3	(292) 116 Lv Livermorio [Rn] 5f14 6d10 7s2 7p4	(294) 117 Ts Teneso [Rn] 5f14 6d10 7s2 7p5	(294) 118 Og Oganesón [Rn] 5f14 6d10 7s2 7p6

138.9054 538.1 1.10 57 La Lantano [Xe] 5d¹ 6s²	140.116 534.4 1.12 58 Ce Cerio [Xe] 4f¹ 5d¹ 6s²	140.9076 527.0 1.13 59 Pr Praseodimio [Xe] 4f³ 6s²	144.242 533.1 1.14 60 Nd Neodimio [Xe] 4f⁴ 6s²	(145) 540.0 61 Pm Prometio [Xe] 4f⁵ 6s²	150.36 544.5 1.17 62 Sm Samario [Xe] 4f⁶ 6s²	151.964 547.1 63 Eu Europio [Xe] 4f⁷ 6s²	157.25 593.4 1.20 64 Gd Gadolinio [Xe] 4f⁷ 5d¹ 6s²	158.9253 565.8 65 Tb Terbio [Xe] 4f⁹ 6s²	162.500 573.0 1.22 66 Dy Disprosio [Xe] 4f¹⁰ 6s²	164.9303 581.0 1.23 67 Ho Holmio [Xe] 4f¹¹ 6s²	167.259 589.3 1.24 68 Er Erbio [Xe] 4f¹² 6s²	168.9342 596.7 1.25 69 Tm Tulio [Xe] 4f¹³ 6s²	173.054 603.4 70 Yb Iterbio [Xe] 4f¹⁴ 6s²
(227) 499.0 1.10 89 Ac Actinio [Rn] 6d¹ 7s²	232.0380 587.0 1.30 90 Th Torio [Rn] 6d² 7s²	231.0358 568.0 1.50 91 Pa Protactinio [Rn] 5f² 6d¹ 7s²	238.0289 597.6 1.38 92 U Uranio [Rn] 5f³ 6d¹ 7s²	(237) 604.5 1.36 93 Np Neptunio [Rn] 5f⁴ 6d¹ 7s²	(244) 584.7 1.28 94 Pu Plutonio [Rn] 5f⁶ 7s²	(243) 578.0 1.30 95 Am Americio [Rn] 5f⁷ 7s²	(247) 581.0 1.30 96 Cm Curio [Rn] 5f⁷ 6d¹ 7s²	(247) 601.0 1.30 97 Bk Berkelio [Rn] 5f⁹ 7s²	(251) 608.0 1.30 98 Cf Californio [Rn] 5f¹⁰ 7s²	(252) 619.0 1.30 99 Es Einstenio [Rn] 5f¹¹ 6s²	(257) 627.0 1.30 100 Fm Fermio [Rn] 5f¹² 7s²	(258) 635.0 1.30 101 Md Mendelevio [Rn] 5f¹³ 7s²	(259) 642.0 1.30 102 No Nobelio [Rn] 5f¹⁴ 7s²

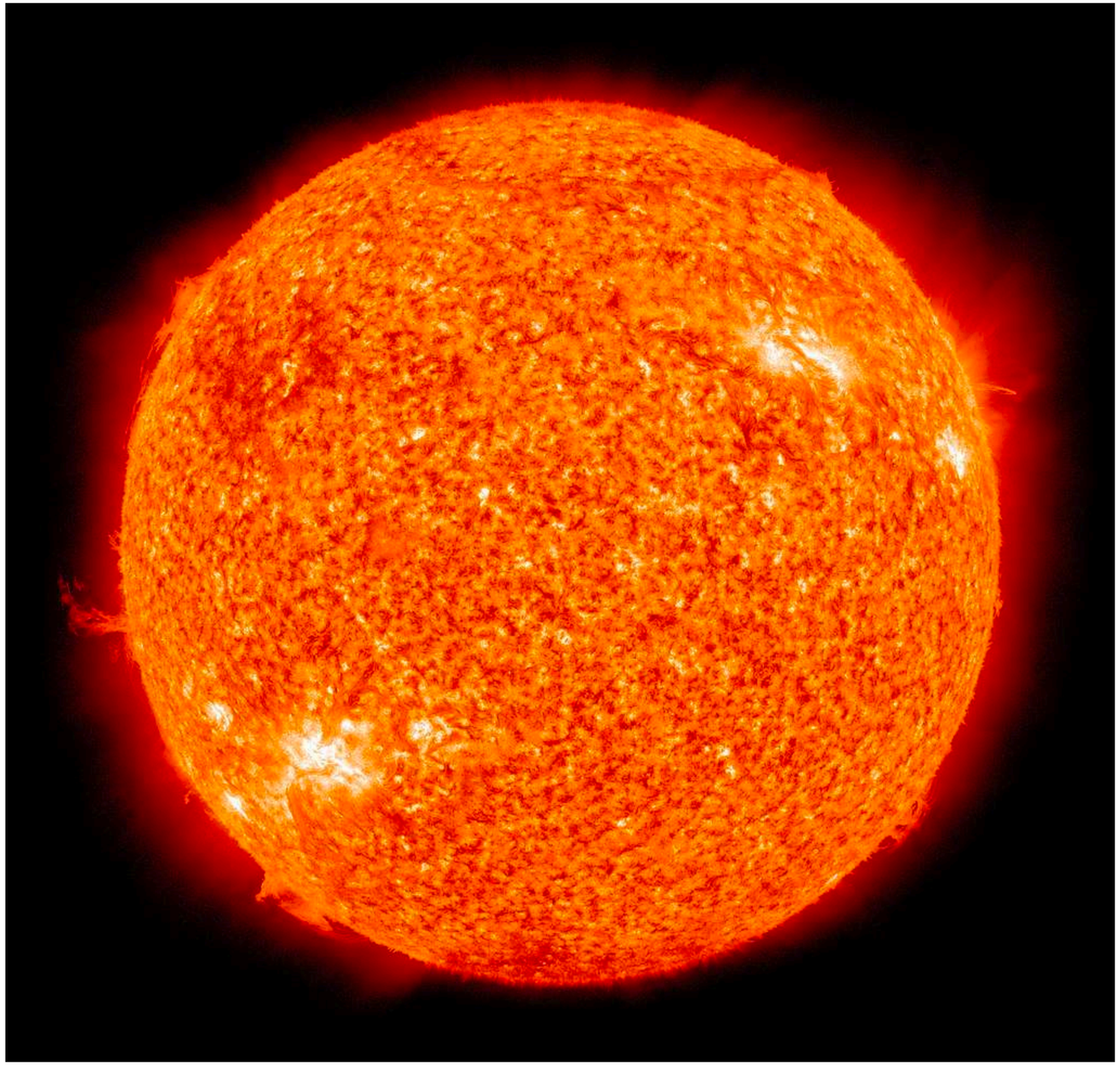
Bloques de configuración electrónica



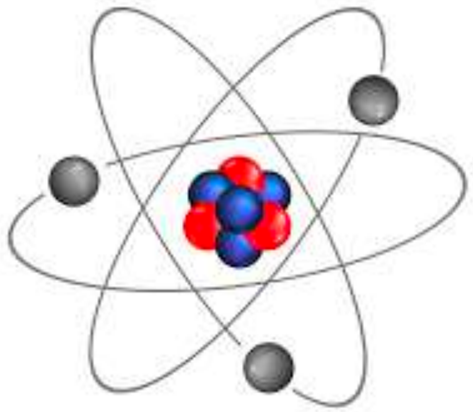
Notas

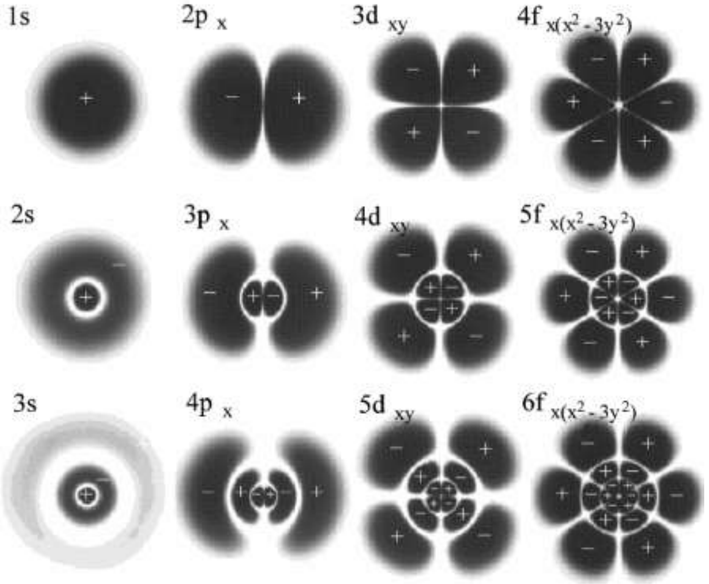
- 1 kJ/mol ≈ 96.485 eV.
- Todos los elementos tienen un estado de oxidación implícito cero.
- Los estados de oxidación de los elementos 109,110, 111,112,113,114,115,116,117 y 118 son predicciones.
- Las configuraciones electrónicas de los elementos 105, 106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117 y 118 son predicciones.

Original file: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_large-es.svg



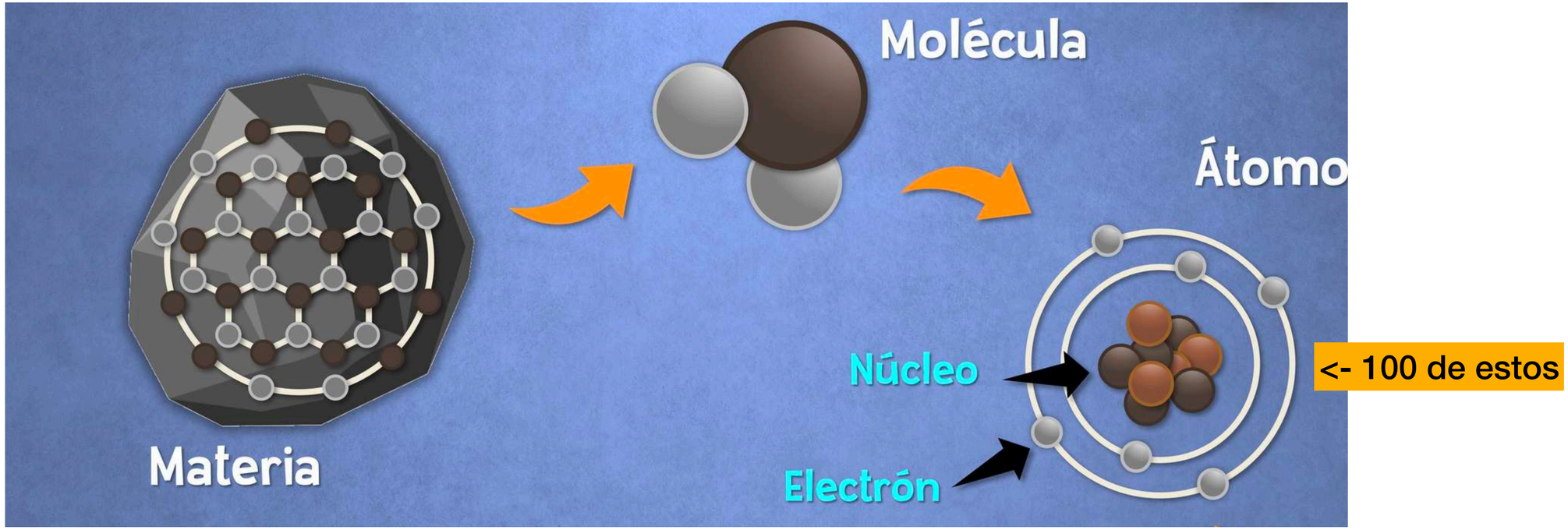
NASA/SDO (AIA)

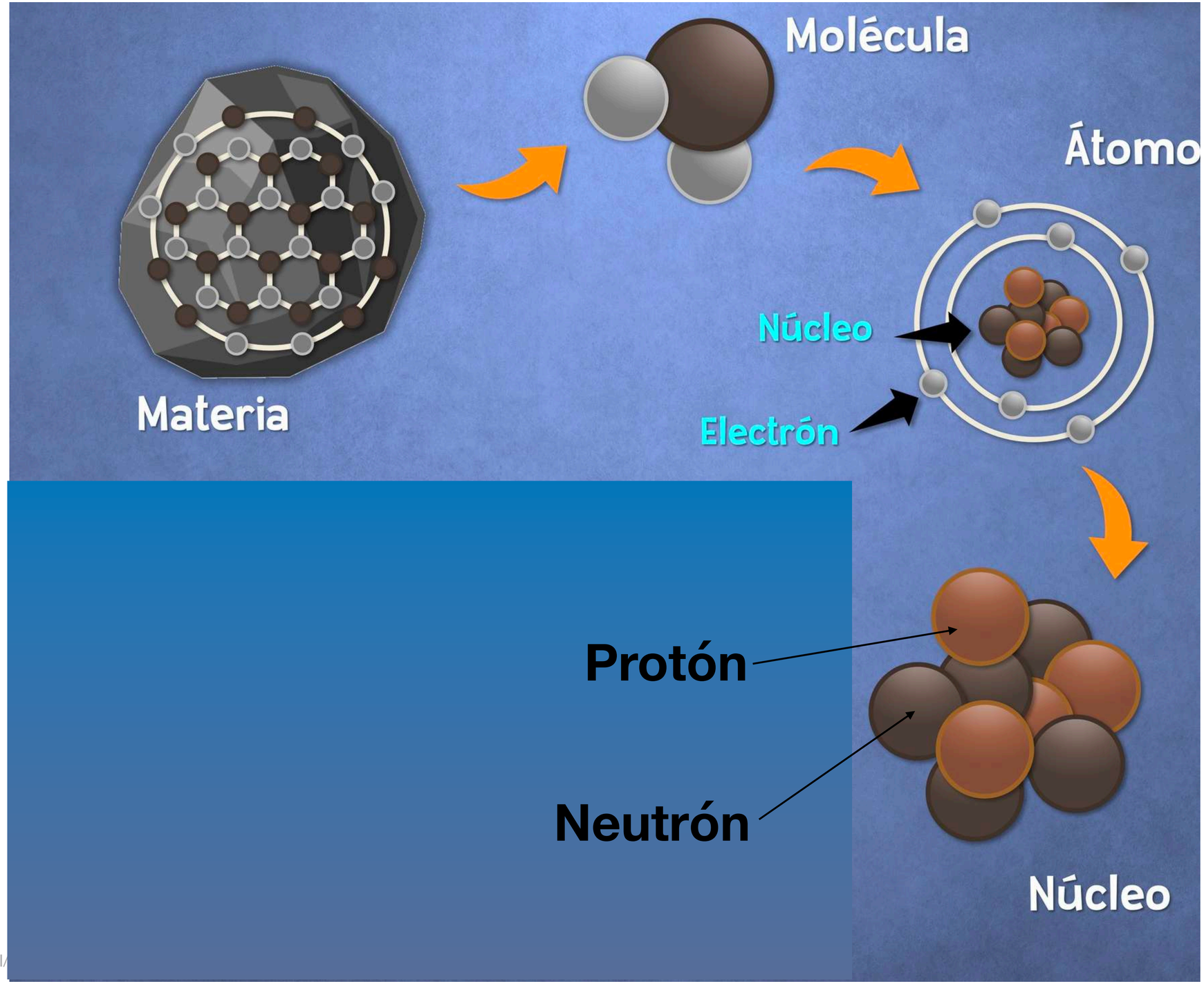


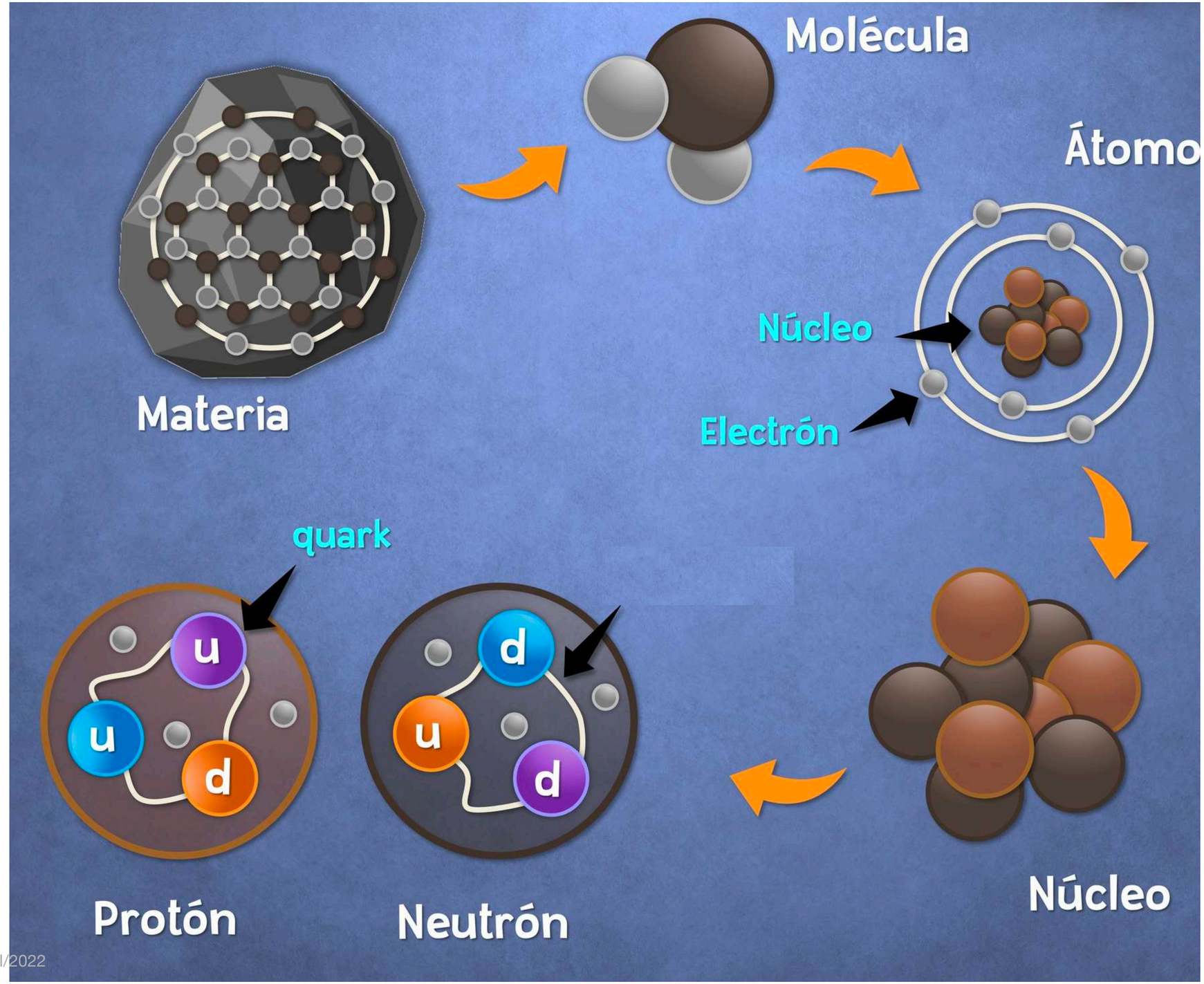


Funciones de onda de varios orbitales. No me preguntéis a mí, que no soy químico.

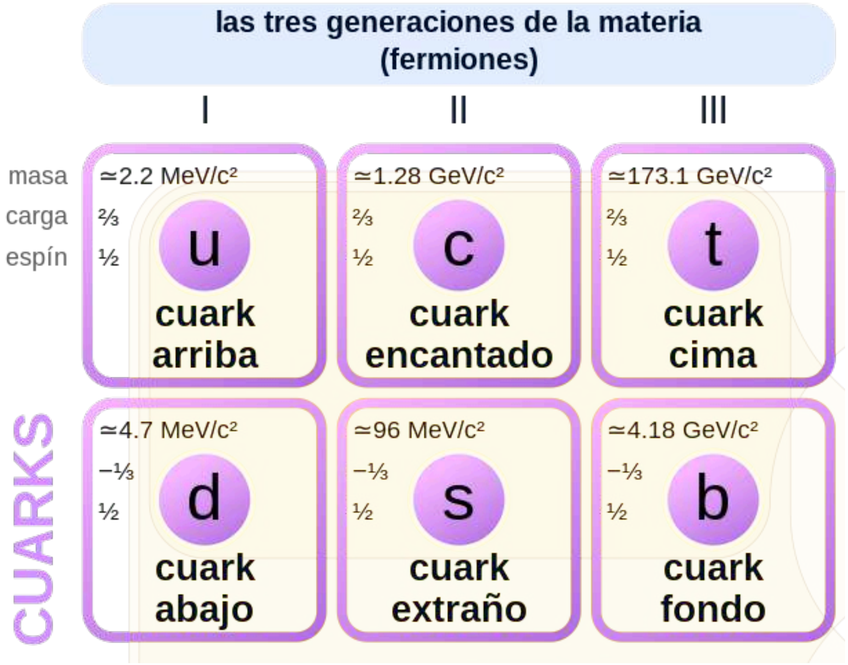
Modelo Estándar


Molécula
Átomo
Núcleo
Electrón
Materia
<- 100 de estos

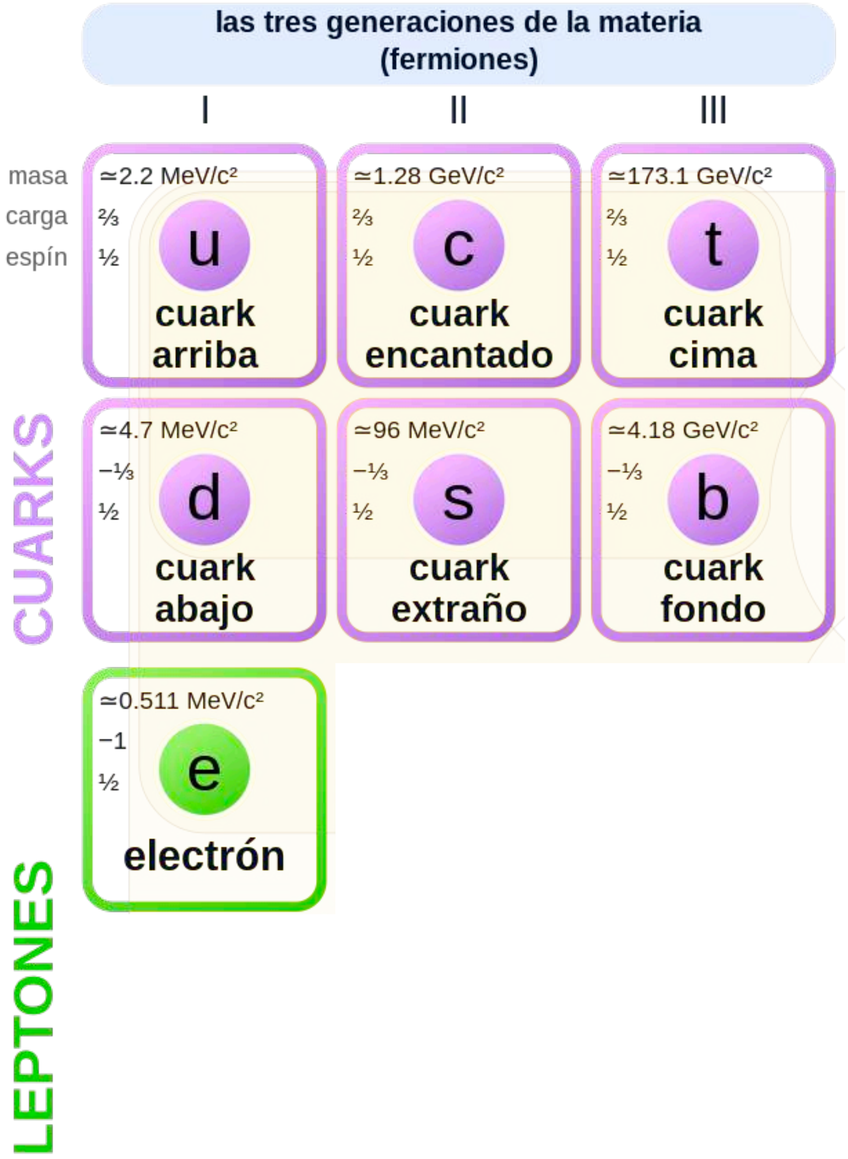

Molécula
Átomo
Materia
Núcleo
Electrón
Protón
Neutrón
Núcleo


Molécula
Átomo
Materia
Núcleo
Electrón
quark
u
u
d
d
u
d
Protón
Neutrón
Núcleo

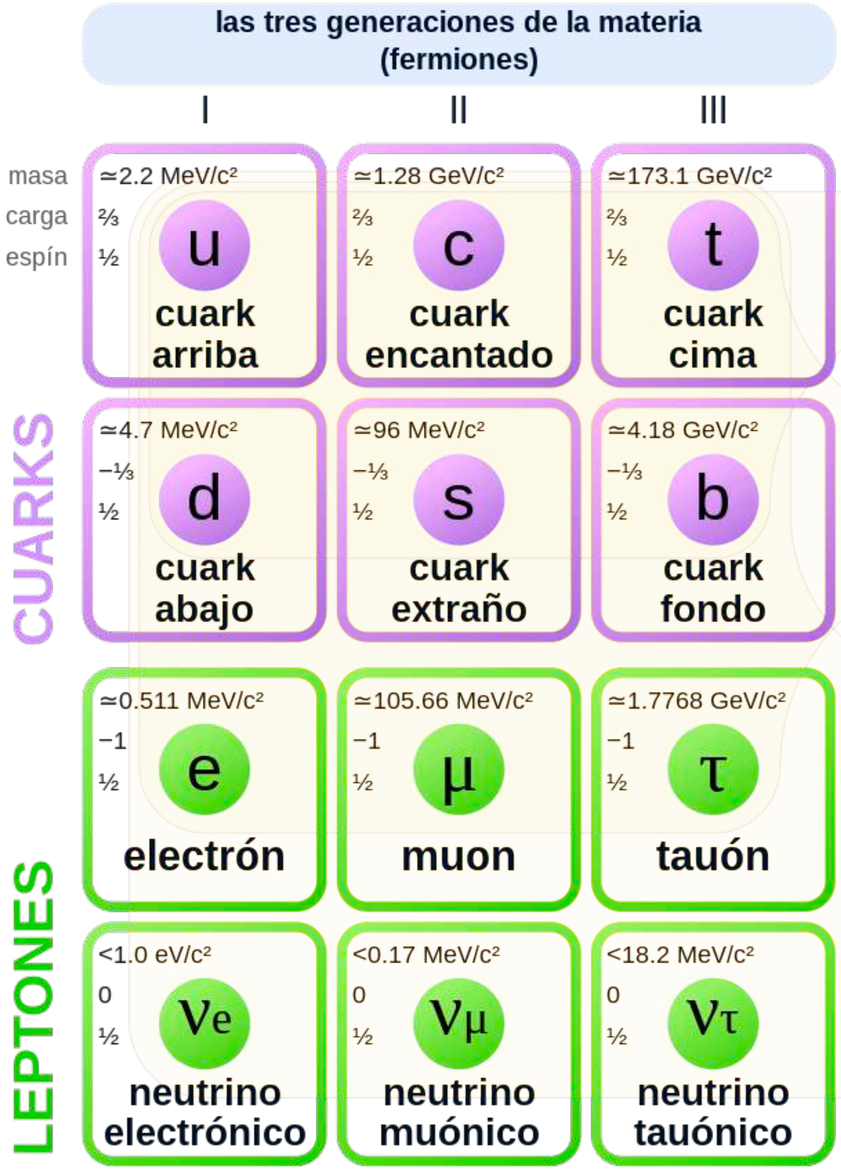
Modelo estándar de física de partículas



Modelo estándar de física de partículas



Modelo estándar de física de partículas



Todas y cada una de las partículas que conocemos

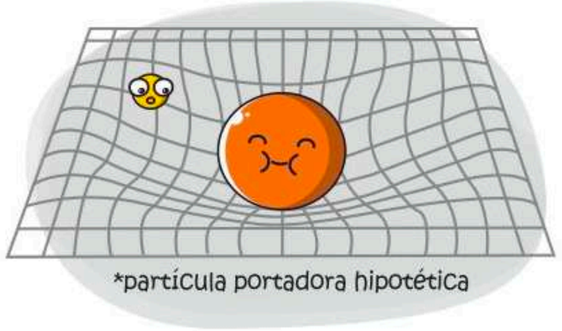
u, d y e constituyen el cosmos
El resto encontrado en aceleradores

4 fuerzas en el universo

4 fuerzas en el universo

Gravedad

Afecta a todas las partículas y rige el movimiento de los astros.

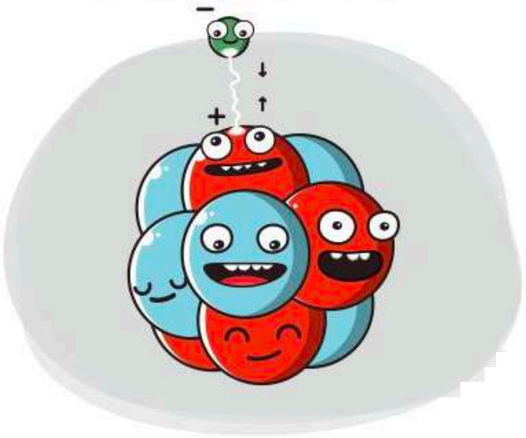


Credit: Carlos Pazos (@molasaber)

4 fuerzas en el universo

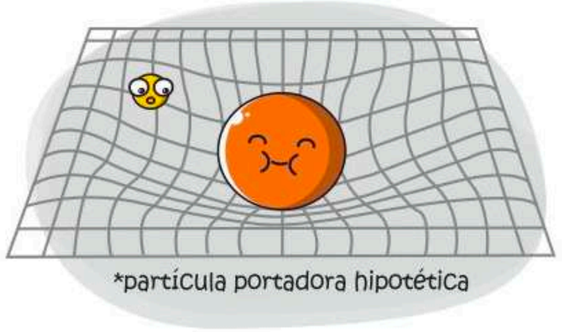
Electromagnetismo (Fotón)

Mantiene unido el átomo y las moléculas entre sí.



Gravedad

Afecta a todas las partículas y rige el movimiento de los astros.

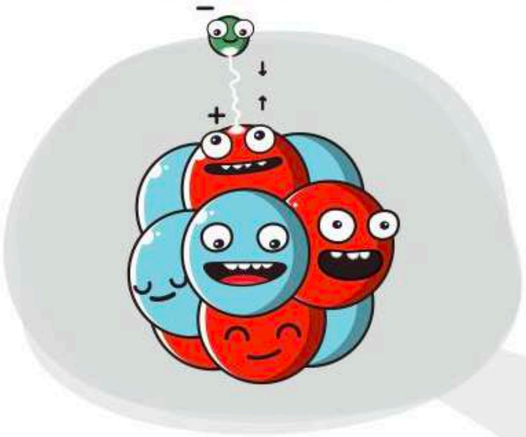


Credit: Carlos Pazos (@molasaber)

4 fuerzas en el universo

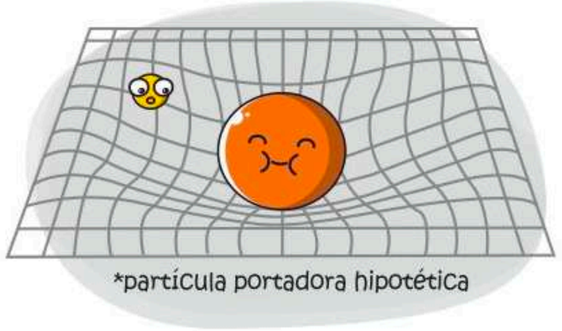
Electromagnetismo (Fotón)

Mantiene unido el átomo y las moléculas entre sí.



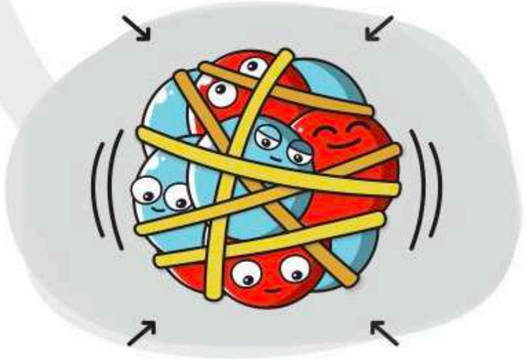
Gravedad

Afecta a todas las partículas y rige el movimiento de los astros.



Nuclear fuerte (Gluón)

Mantiene unido, protones y neutrones, en el núcleo atómico.



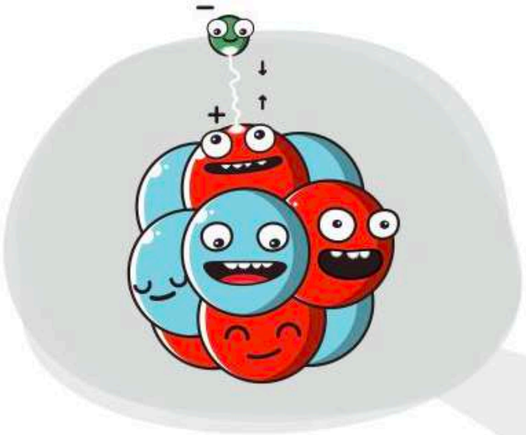
Credit: Carlos Pazos (@molasaber)

4 fuerzas en el universo

Interaction	Theory	Mediator	Relative strength	Range (m)
Strong	QCD	g	1	10^{-15}
Electromagnetic	QED/EW	γ	1/137	∞
Weak	EW	$W^{\pm}$, Z	10^{-6}	10^{18}
Gravitational	GR	-	6×10^{-39}	∞

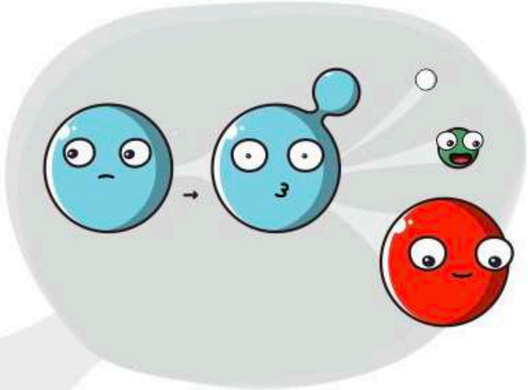
Electromagnetismo (Fotón)

Mantiene unido el átomo y las moléculas entre sí.



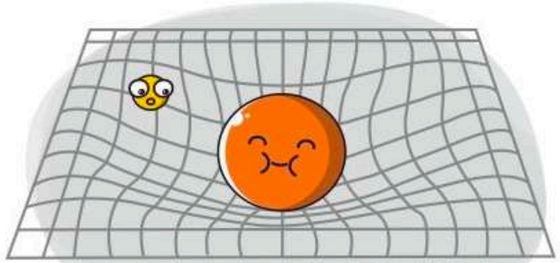
Nuclear Débil (Bosones W y Z)

Provoca algunos tipos de desintegraciones radioactivas, incluído el decaimiento Beta.



Gravedad

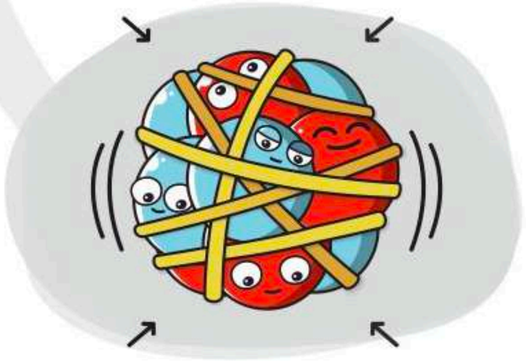
Afecta a todas las partículas y rige el movimiento de los astros.



*partícula portadora hipotética

Nuclear fuerte (Gluón)

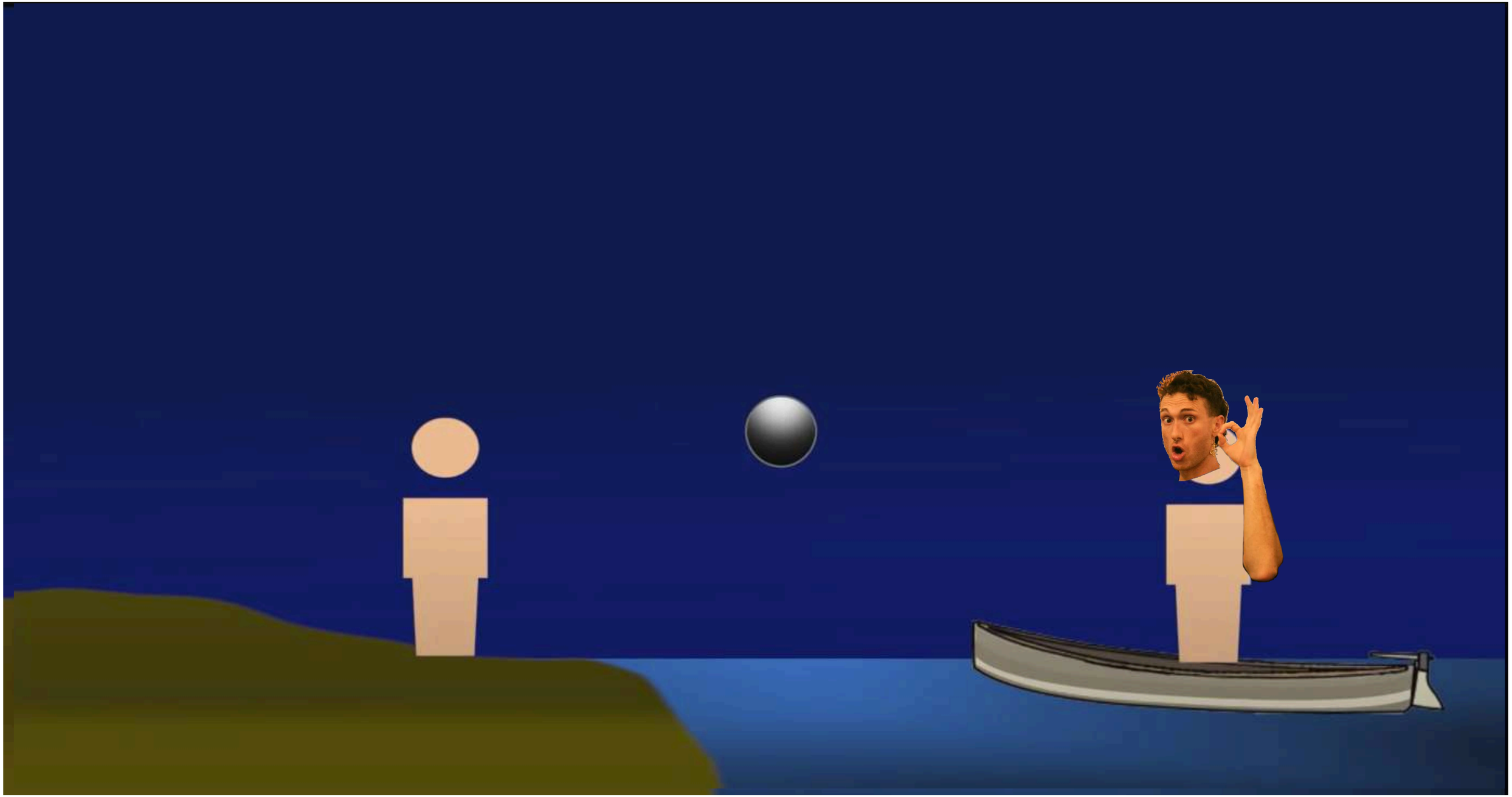
Mantiene unido, protones y neutrones, en el núcleo atómico.

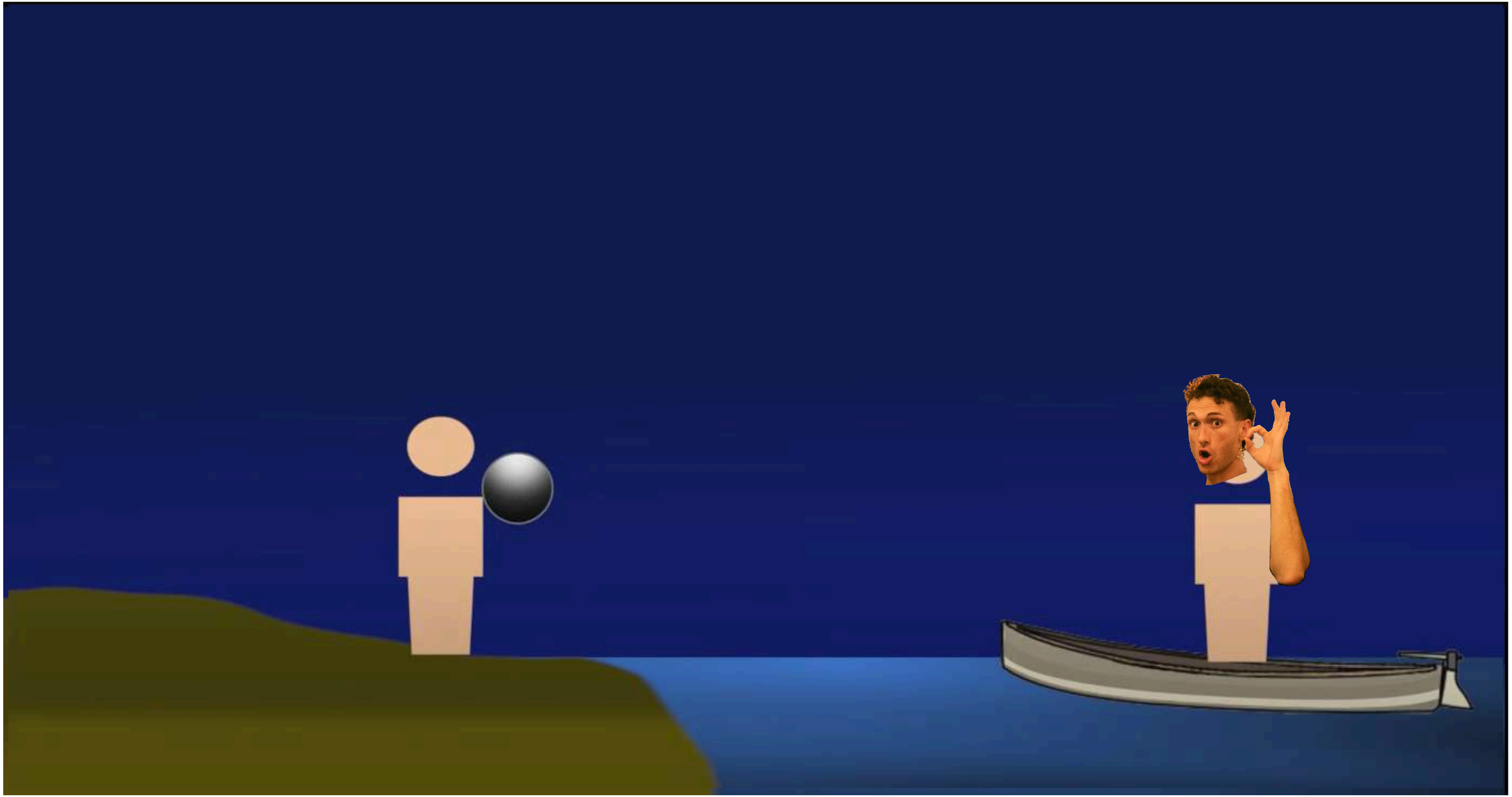


Credit: Carlos Pazos (@molasaber)

¿Cómo funcionan estas fuerzas?

En el reino de lo infinitamente pequeño necesitamos una forma distinta de pensar en el concepto de fuerzas. A escalas cuánticas las fuerzas son causadas a través del intercambio de partículas.





Modelo estándar de física de partículas

	las tres generaciones de la materia (fermiones)			interacciones / transmisores de fuerzas (bosones)
	I	II	III	
masa	≃2.2 MeV/c²	≃1.28 GeV/c²	≃173.1 GeV/c²	0
carga	⅔	⅔	⅔	0
espín	½	½	½	1
CUARKS	u cuark arriba	c cuark encantado	t cuark cima	g gluón
	≃4.7 MeV/c²	≃96 MeV/c²	≃4.18 GeV/c²	0
	−⅓	−⅓	−⅓	0
	½	½	½	1
	d cuark abajo	s cuark extraño	b cuark fondo	γ fotón
LEPTONES	≃0.511 MeV/c²	≃105.66 MeV/c²	≃1.7768 GeV/c²	≃91.19 GeV/c²
	−1	−1	−1	0
	½	½	½	1
	e electrón	μ muon	τ tauón	Z bosón Z
	<1.0 eV/c²	<0.17 MeV/c²	<18.2 MeV/c²	≃80.433 GeV/c²
	0	0	0	±1
	½	½	½	1
	νe neutrino electrónico	νμ neutrino muónico	ντ neutrino tauónico	W bosón W

BOSONES DE GAUGE
BOSONES VECTORIALES

Modelo estándar de física de partículas

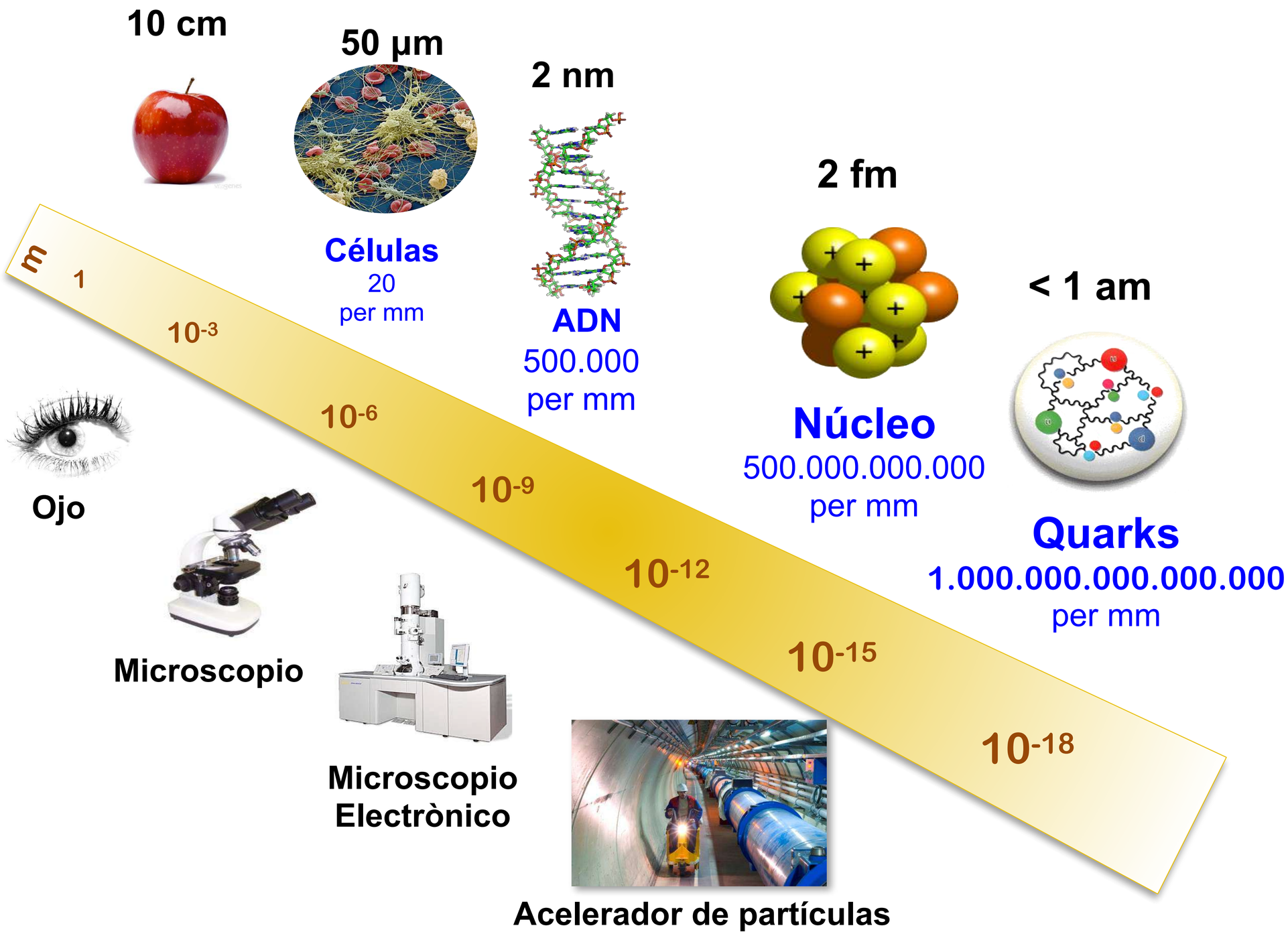
	las tres generaciones de la materia (fermiones)			interacciones / transmisores de fuerzas (bosones)	
	I	II	III		
masa	≃2.2 MeV/c²	≃1.28 GeV/c²	≃173.1 GeV/c²	0	≃124.97 GeV/c²
carga	⅔	⅔	⅔	0	0
espín	½	½	½	1	0
CUARKS	u cuark arriba	c cuark encantado	t cuark cima	g gluón	H bosón de Higgs
	≃4.7 MeV/c²	≃96 MeV/c²	≃4.18 GeV/c²	0	
	−⅓	−⅓	−⅓	0	
	½	½	½	1	
	d cuark abajo	s cuark extraño	b cuark fondo	γ fotón	
LEPTONES	≃0.511 MeV/c²	≃105.66 MeV/c²	≃1.7768 GeV/c²	≃91.19 GeV/c²	
	−1	−1	−1	0	
	½	½	½	1	
	e electrón	μ muon	τ tauón	Z bosón Z	
	<1.0 eV/c²	<0.17 MeV/c²	<18.2 MeV/c²	≃80.433 GeV/c²	
	0	0	0	±1	
	½	½	½	1	
	ν_e neutrino electrónico	ν_μ neutrino muónico	ν_τ neutrino tauónico	W bosón W	

BOSONES DE GAUGE
BOSONES VECTORIALES

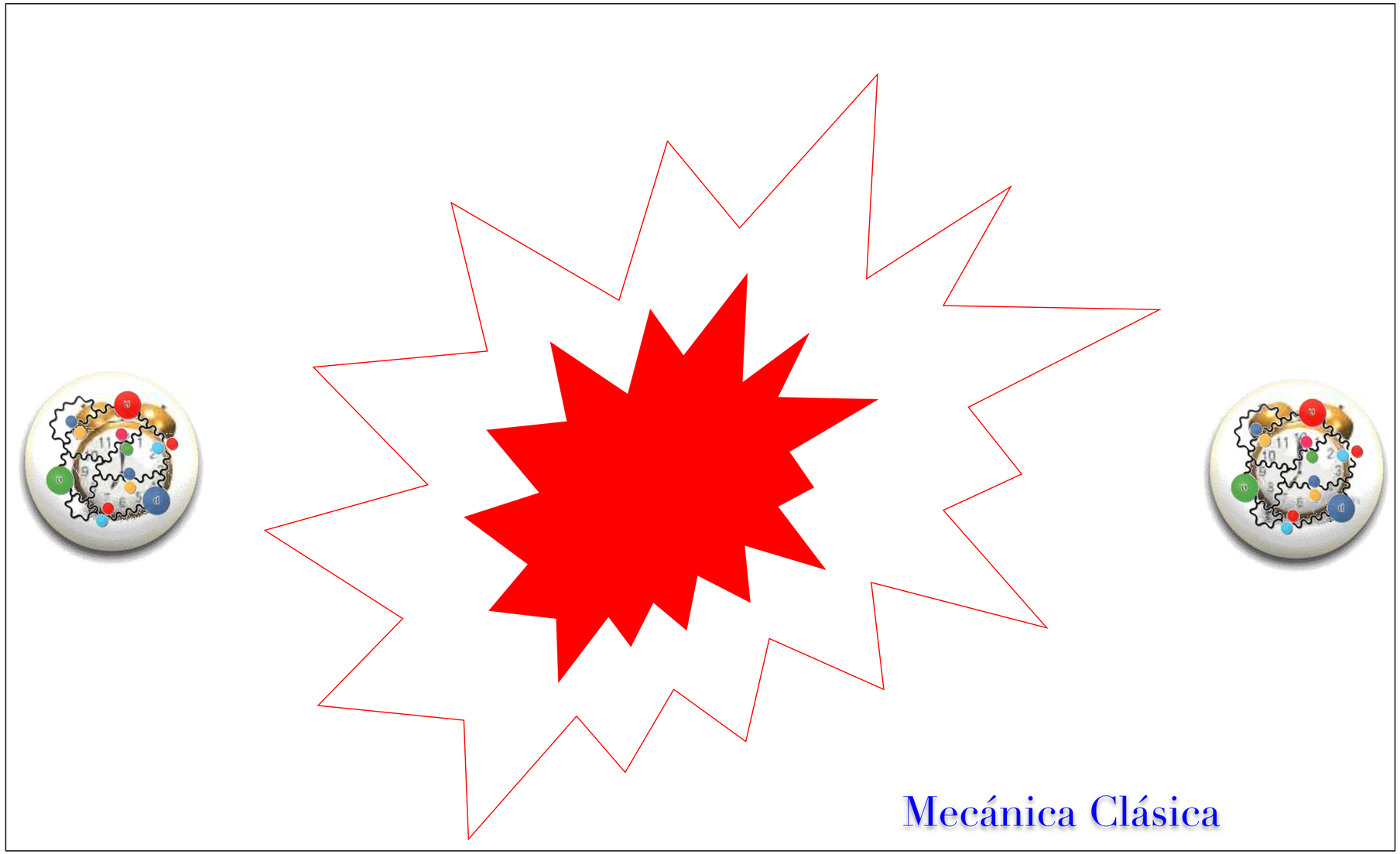
BOSONES ESCALARES

¿?

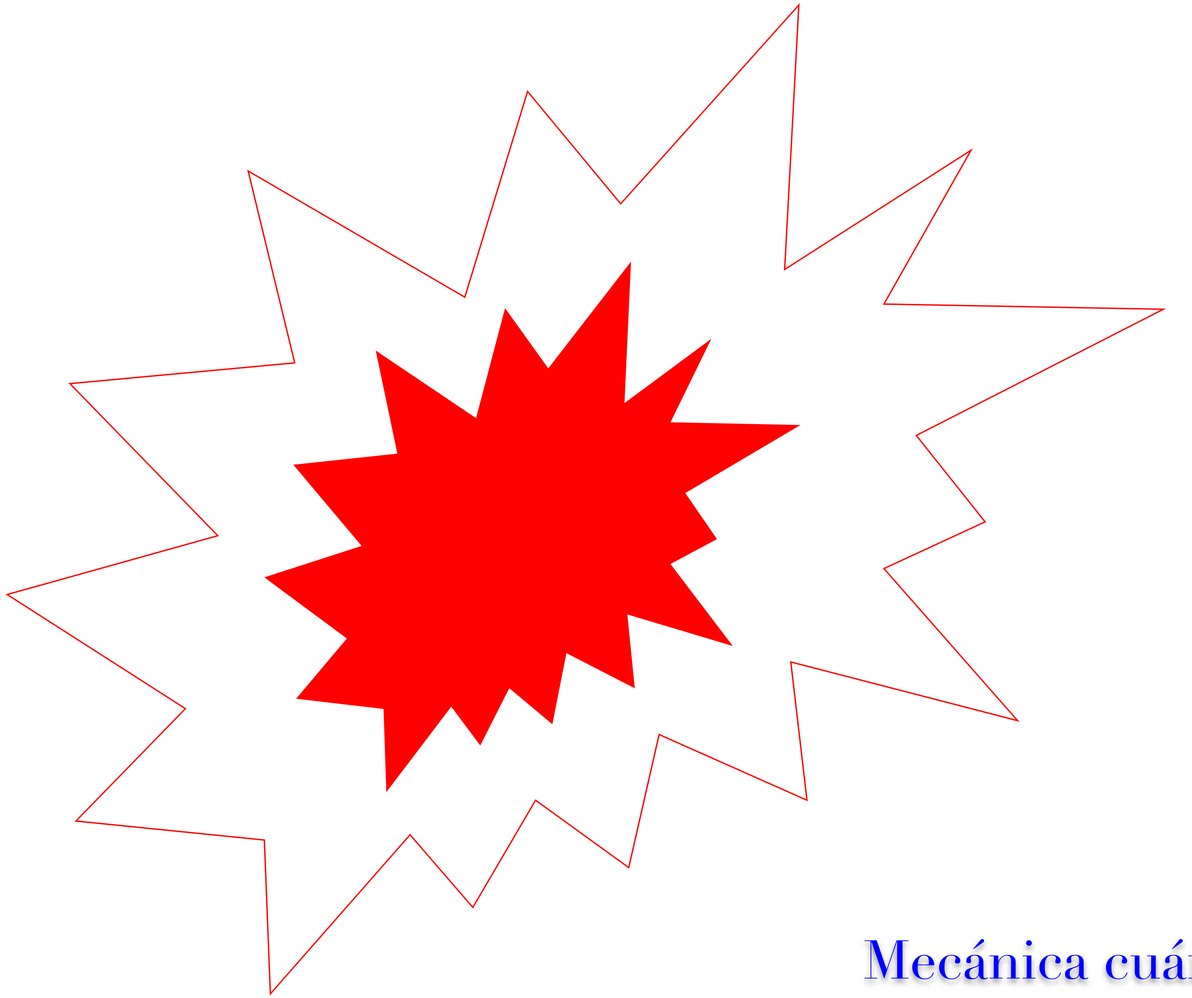
N
S15


10 cm
50 µm
2 nm
2 fm
< 1 am
m
1
10^{-3}
10^{-6}
10^{-9}
10^{-12}
10^{-15}
10^{-18}
Células
20
per mm
ADN
500.000
per mm
Núcleo
500.000.000.000
per mm
Quarks
1.000.000.000.000.000
per mm
Ojo
Microscopio
Microscopio
Electrònico
Acelerador de partículas

Colisión de relojes



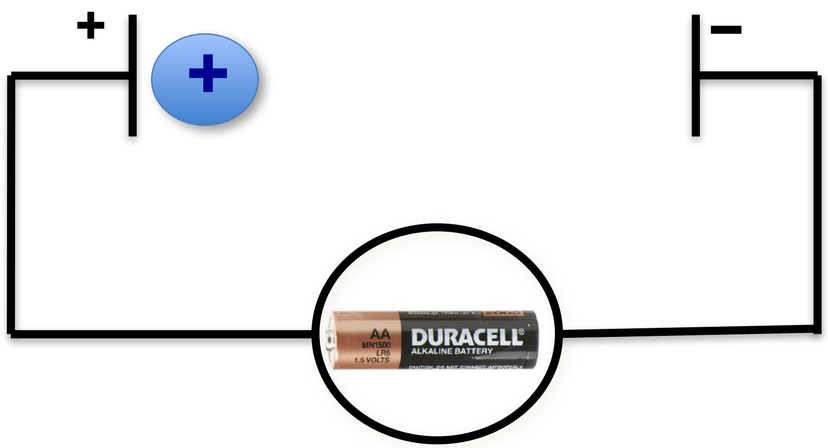
Aumentamos la energía de la colisión



$E=mc^2$

Mecánica cuántica

¿Cómo funciona un acelerador de partículas?



- Diferencia de potencial (voltaje)
- Pila = acelerador más basico

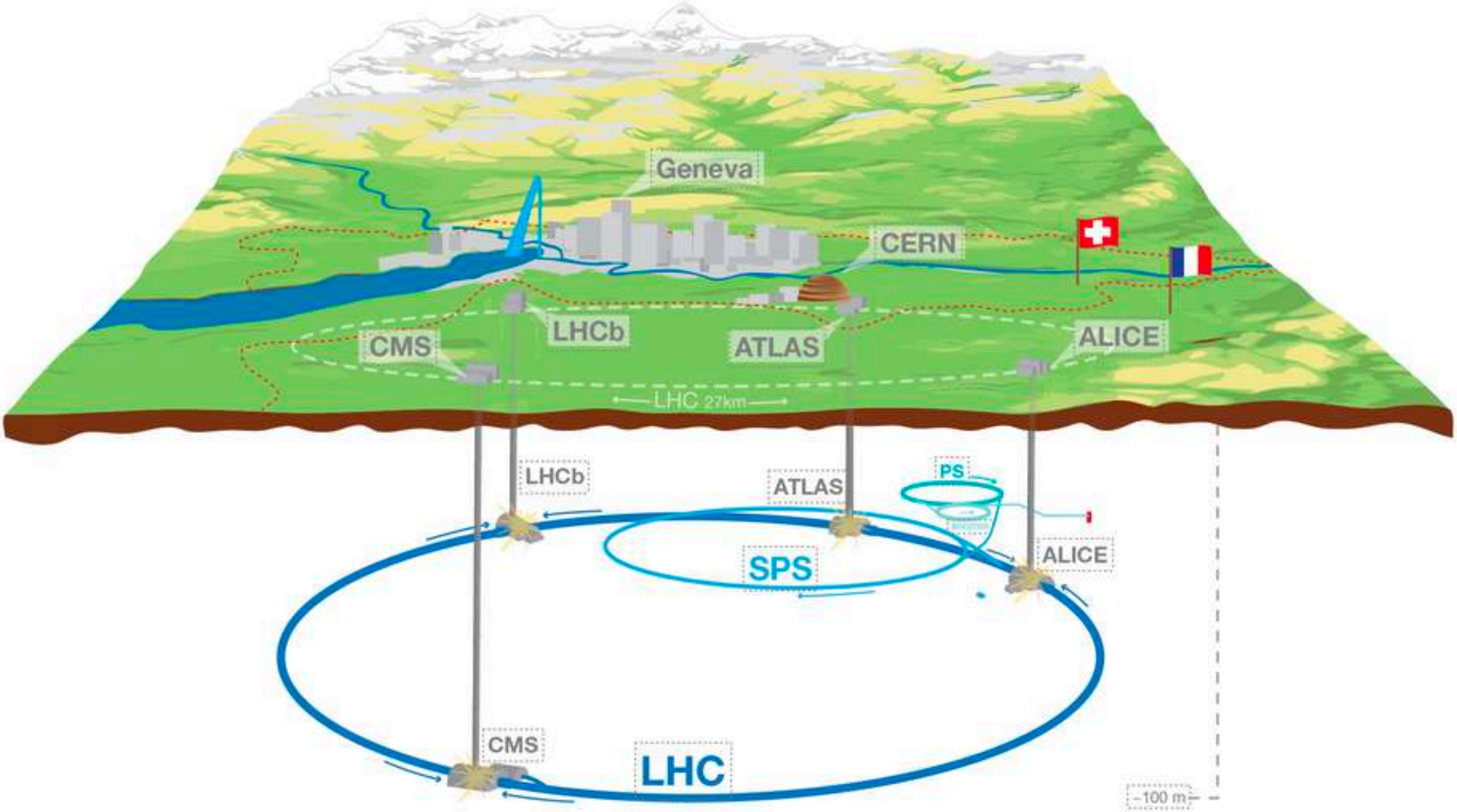
El LHC funciona con 7.000.000.000.000 Voltios/haz

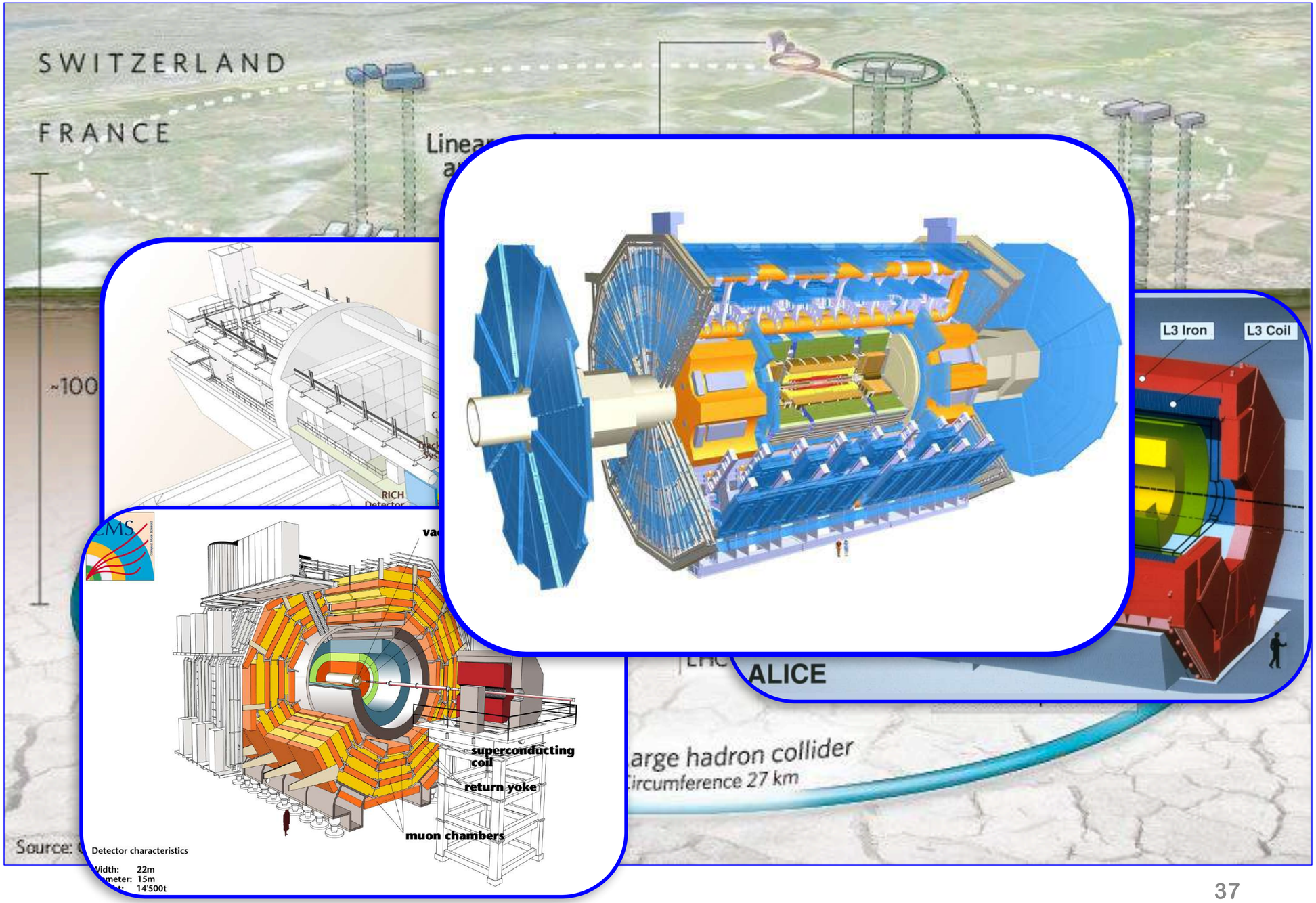
¿Cuánto es esto?

Cavidades de radiofrecuencia

Centro Europeo para la investigación física nuclear

SUISSE
FRANC

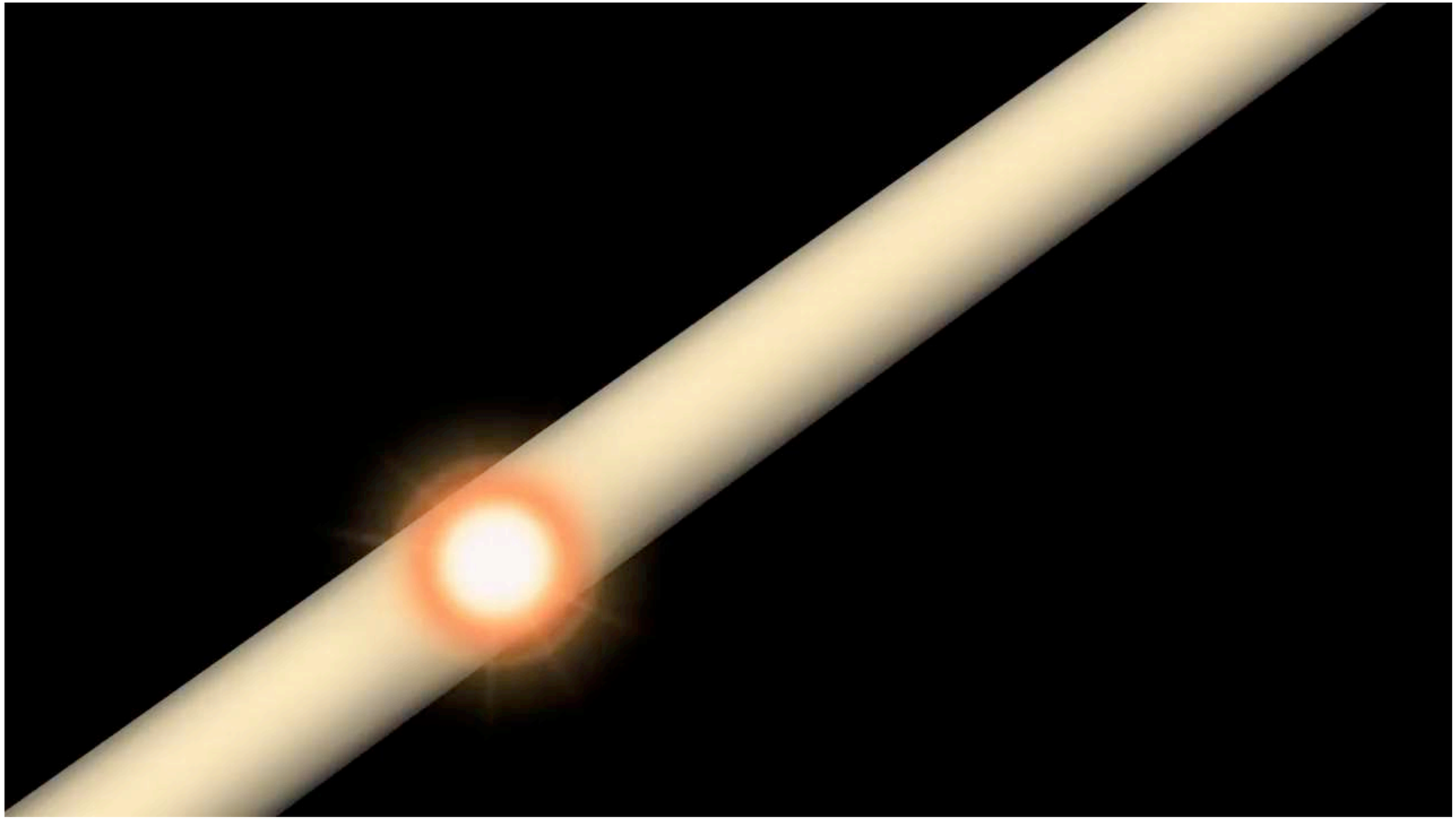

Geneva
CERN
CMS
LHCb
ATLAS
ALICE
LHC 27km
LHCb
ATLAS
PS
SPS
ALICE
CMS
LHC
100 m

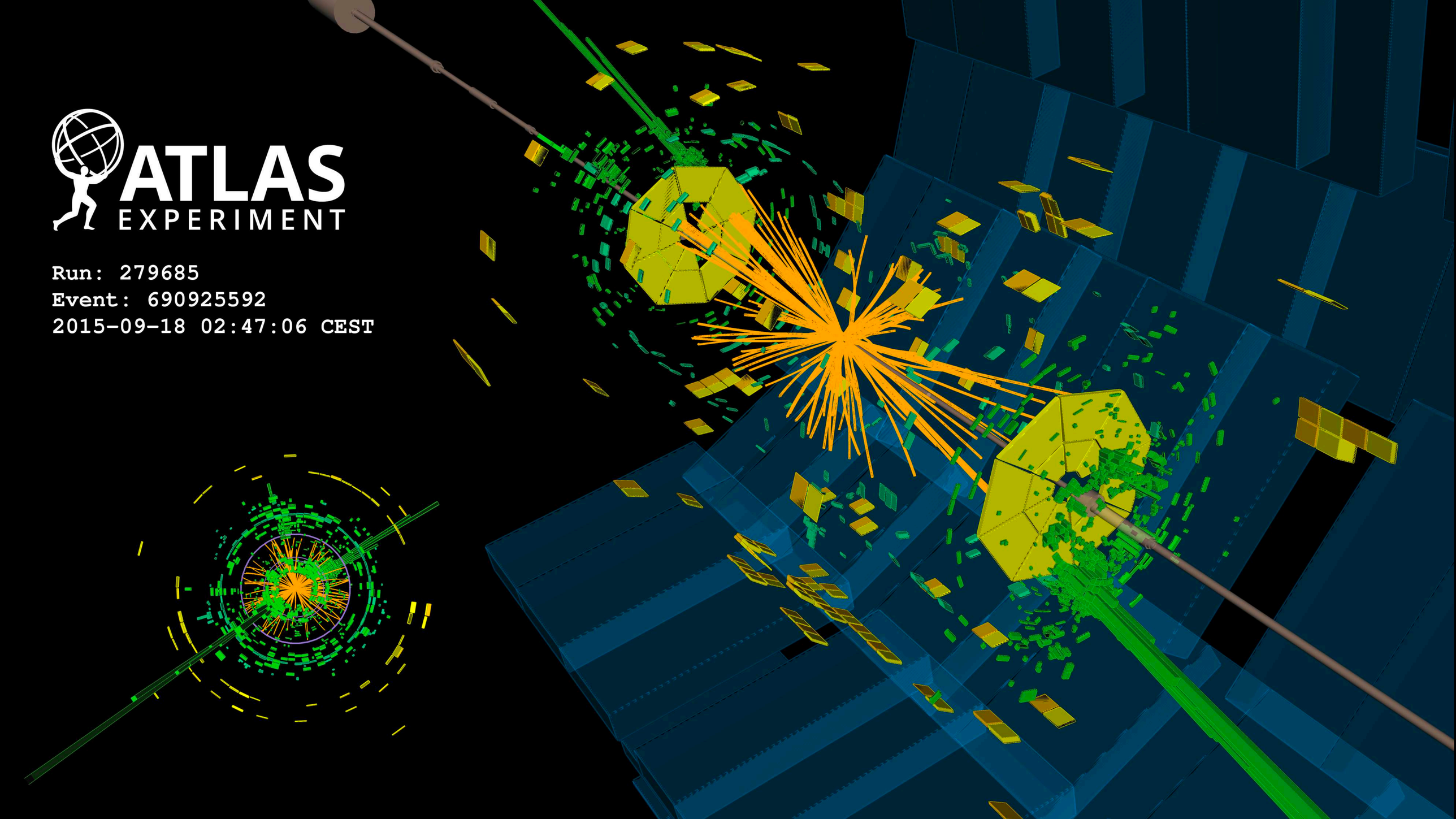

SWITZERLAND
FRANCE
~100
RICH
L3 Iron
L3 Coil
ALICE
superconducting coil
return yoke
muon chambers
Detector characteristics
Width: 22m
14'500t
Circumference 27 km

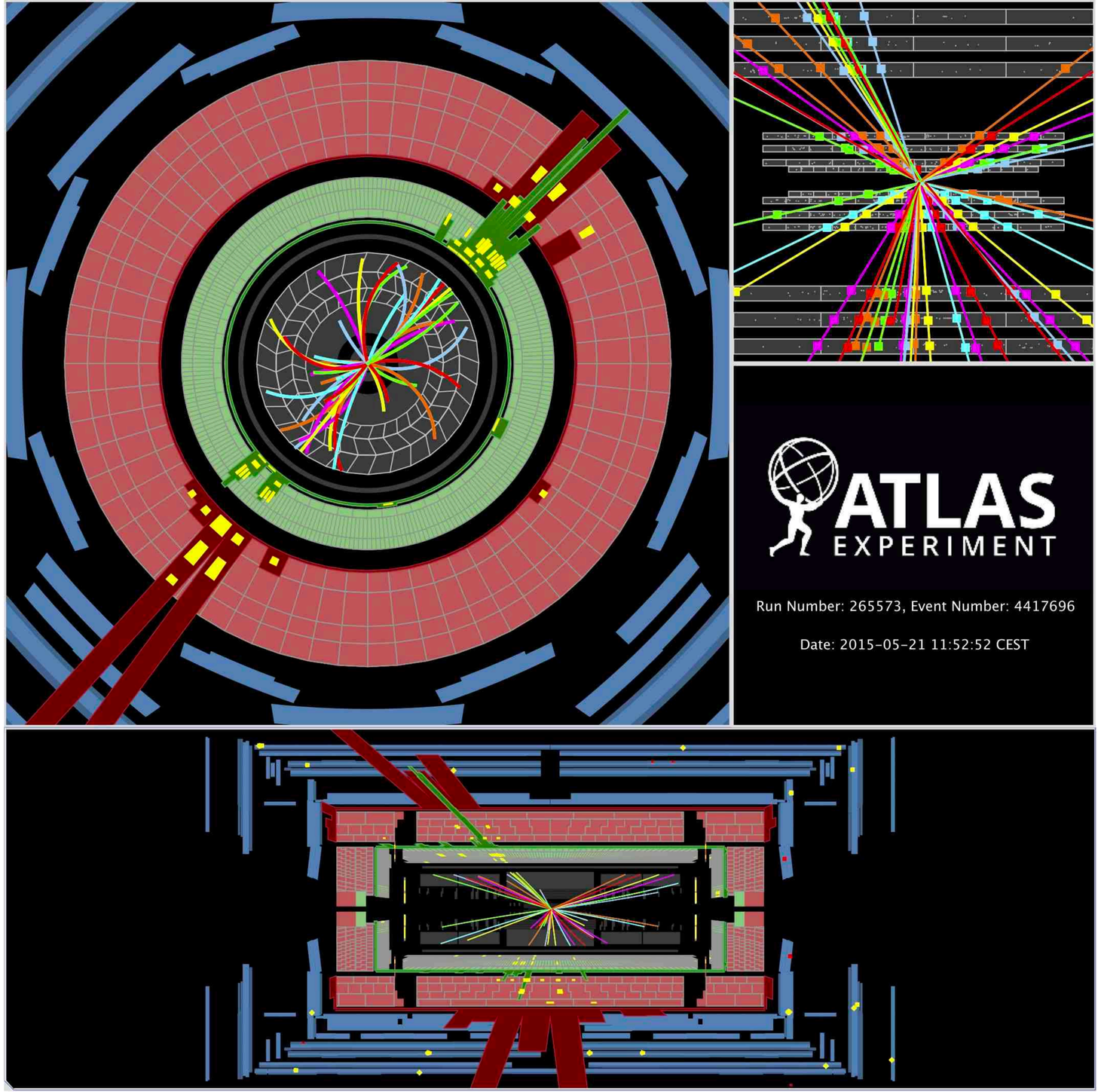
ATLAS en Valencia

38 Paises
180 Institutos de investigación
3000 Científicos
2000 Técnicos

Ponemos en marxa el experimento

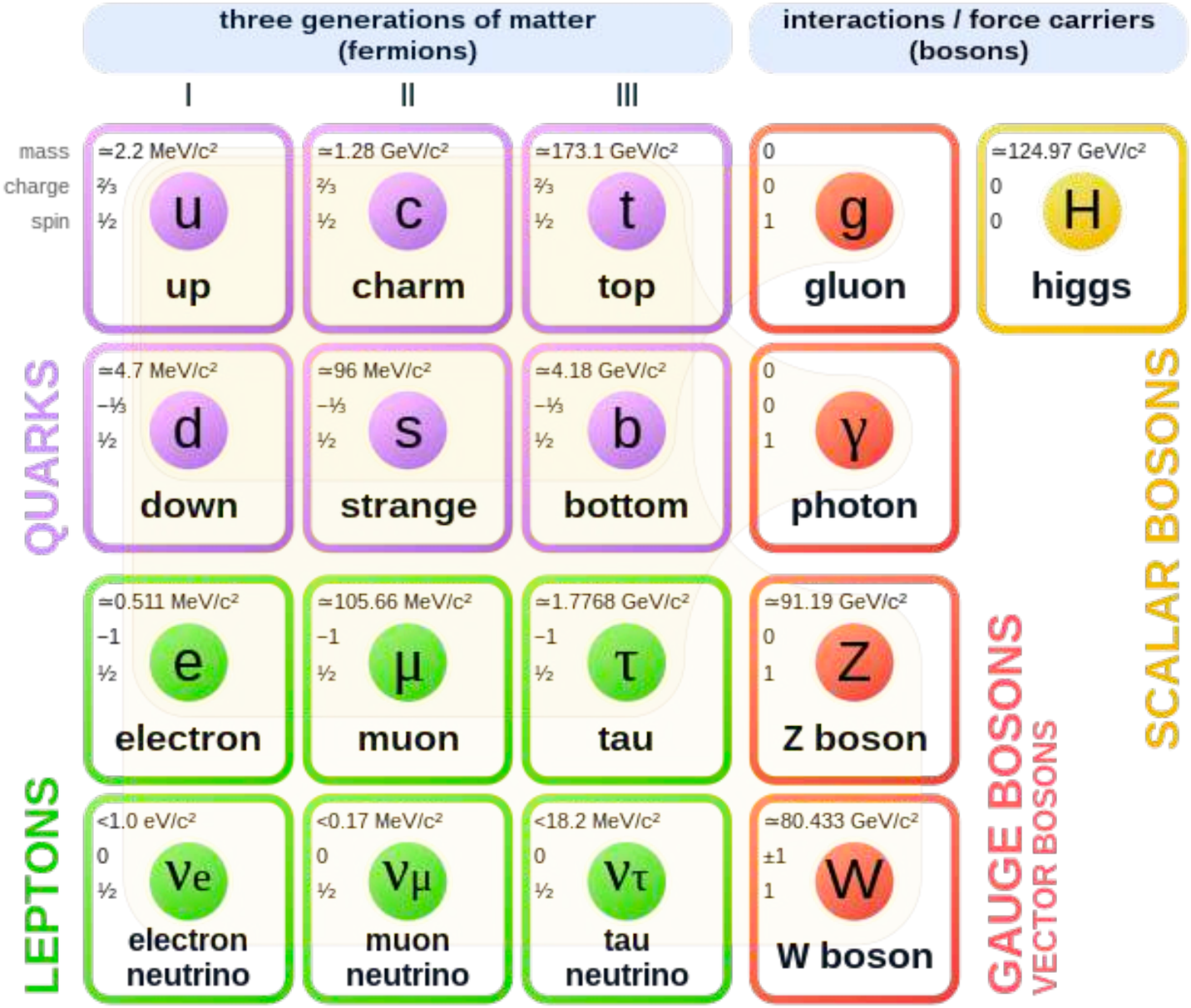


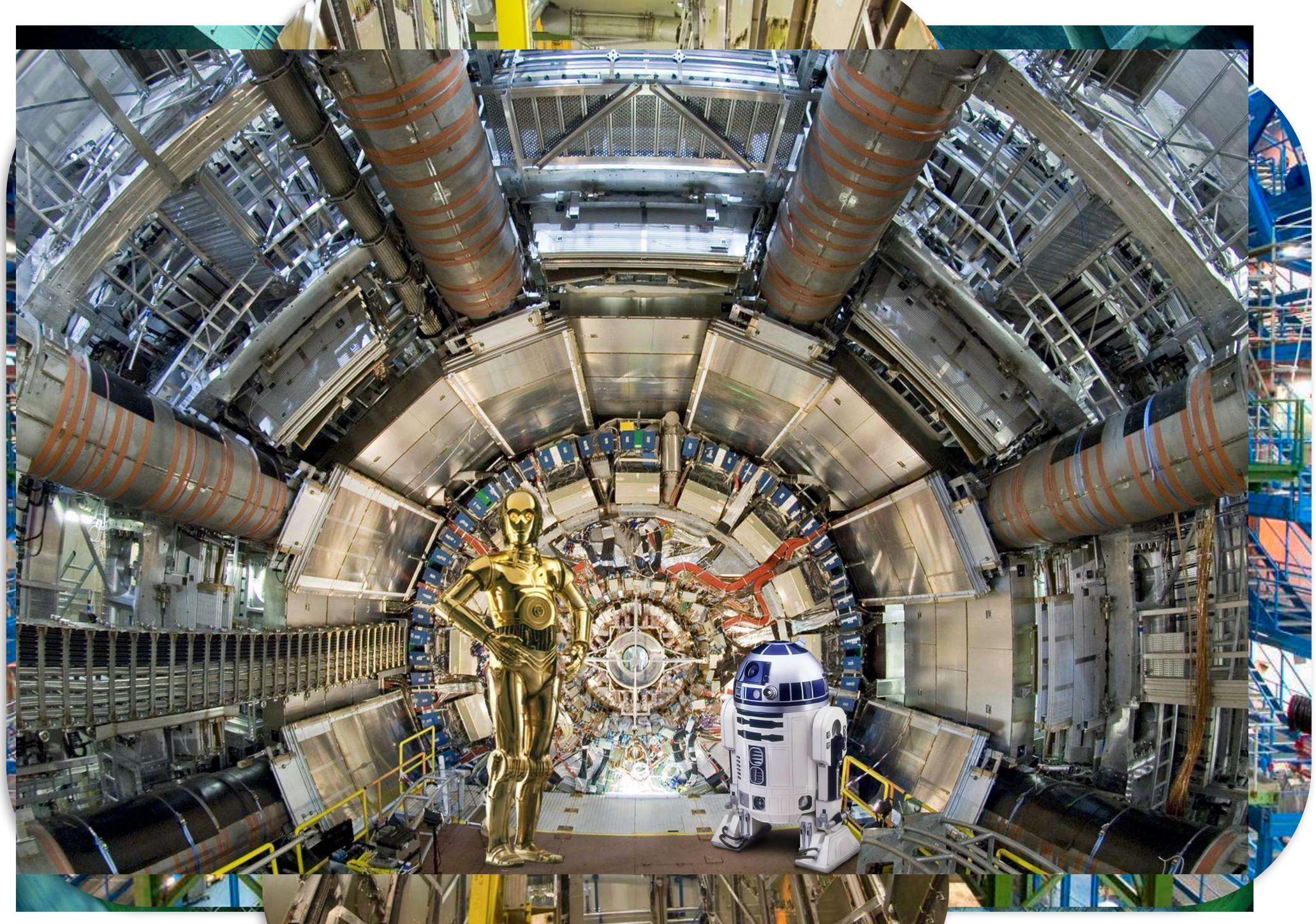

ATLAS
EXPERIMENT
Run: 279685
Event: 690925592
2015-09-18 02:47:06 CEST

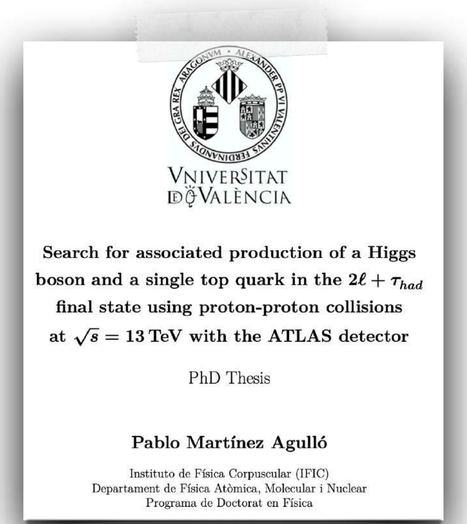


Miles de millones de colisiones por segundo en el centro del detector

Standard Model of Elementary Particles







VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

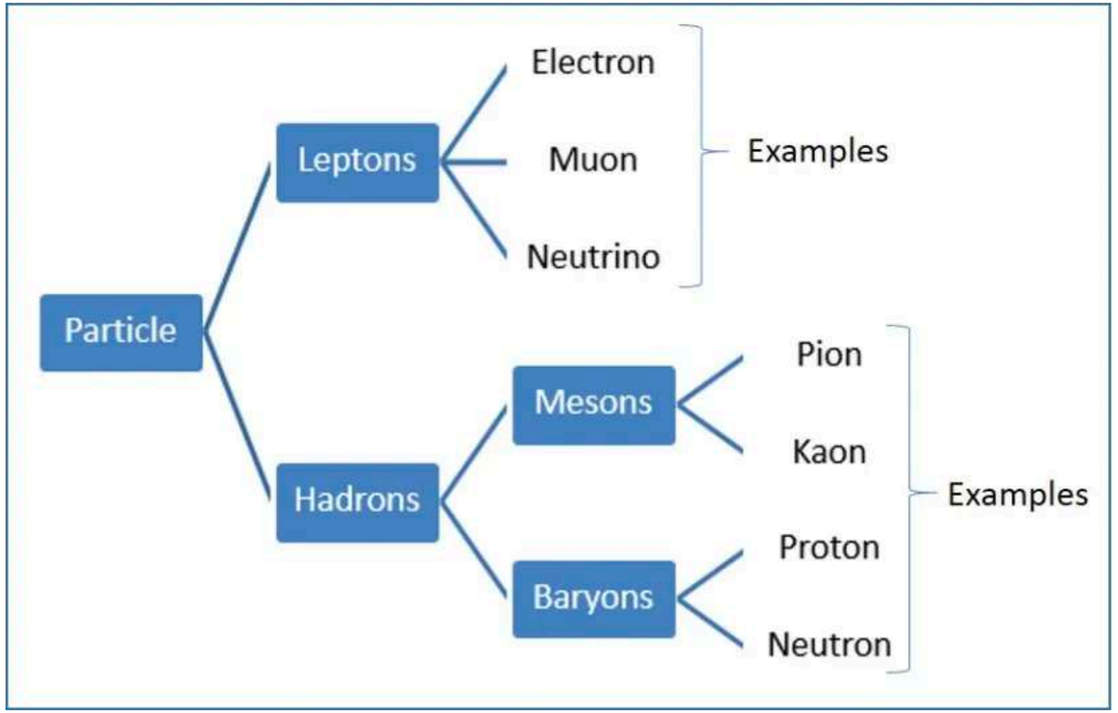
Search for associated production of a Higgs boson and a single top quark in the $2\ell + \tau_{had}$ final state using proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector

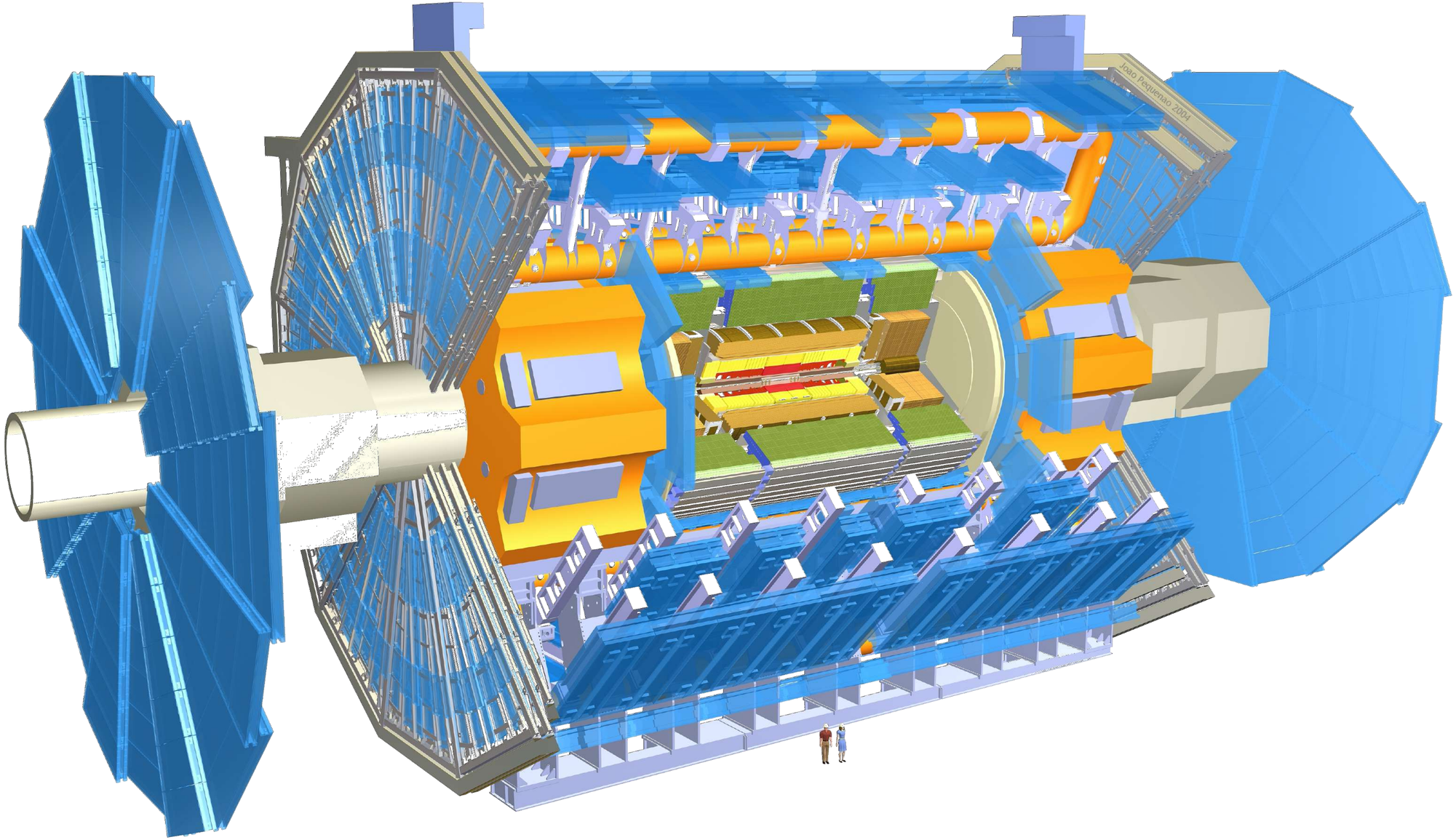
PhD Thesis

Pablo Martínez Agulló

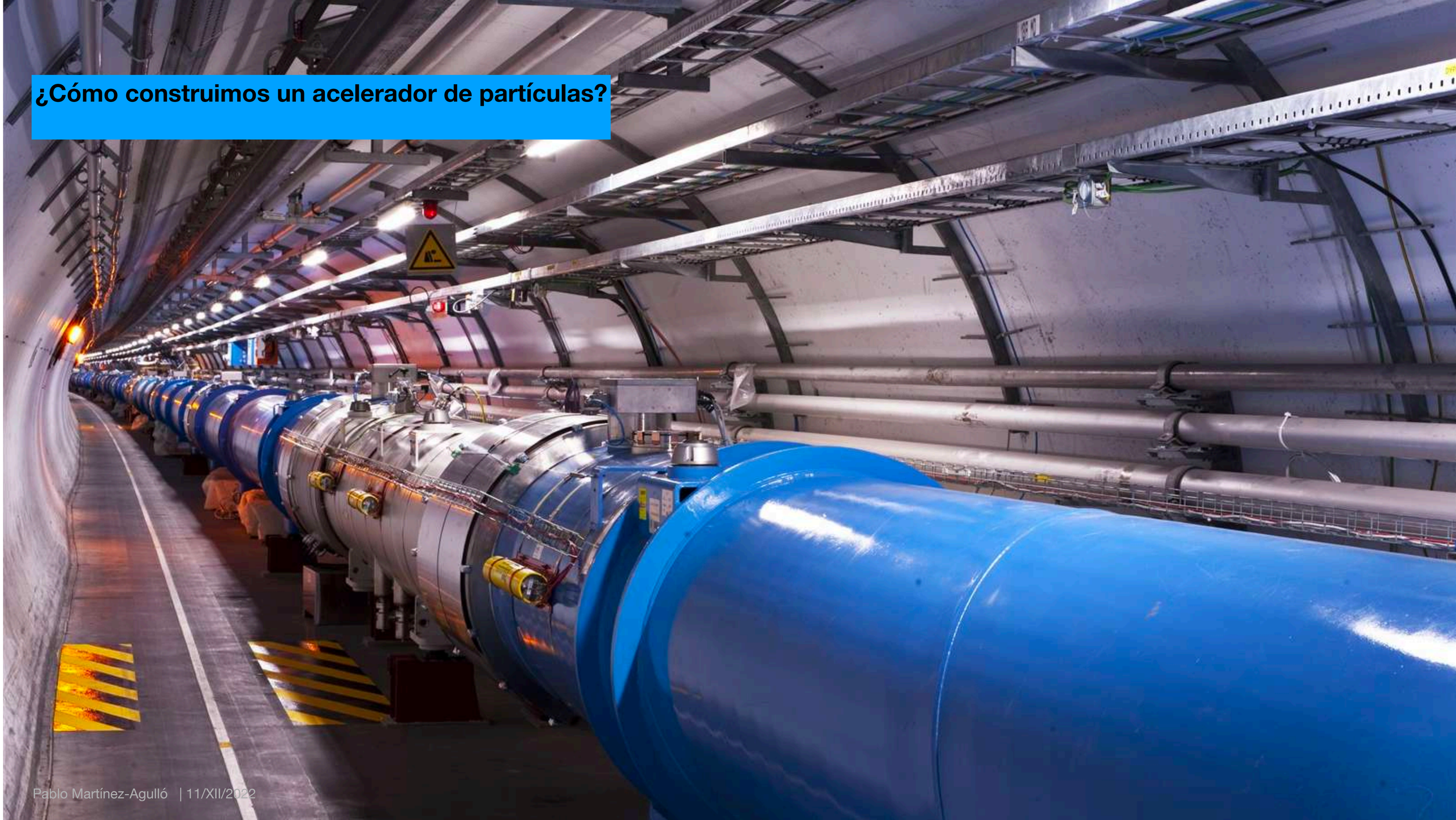
Instituto de Física Corpuscular (IFIC)
Departament de Física Atòmica, Molecular i Nuclear
Programa de Doctorat en Física

Interaction	Theory	Mediator	Relative strength	Range (m)
Strong	QCD	g	1	10^{-15}
Electromagnetic	QED/EW	γ	1/137	∞
Weak	EW	$W^{\pm}$, Z	10^{-6}	10^{18}
Gravitational	GR	-	6×10^{-39}	∞


Particle
Leptons
Hadrons
Electron
Muon
Neutrino
Examples
Mesons
Baryons
Pion
Kaon
Proton
Neutron
Examples


Joao Pequenao 2004

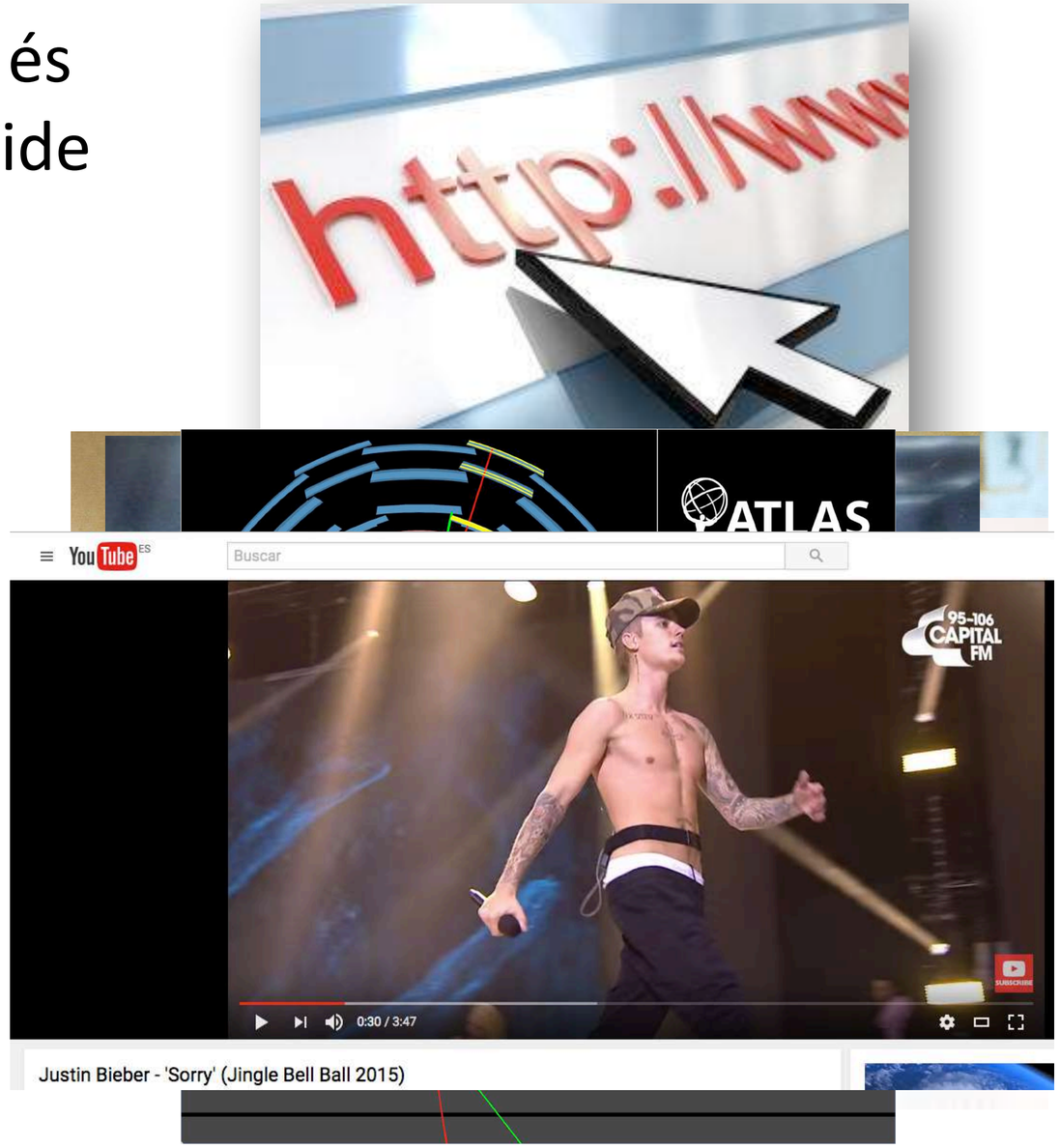
¿Cómo construimos un acelerador de partículas?



El CERN i la física de partícules en la nostra vida diària

Informació i tecnologia de les comunicacions

L'exemple més important és el neiximent del World Wide Web al CERN



Inventat en el CERN en 1990, aquesta eina fou creada per a que els científics de tota Europa que participaven en els experiments del CERN, pogueren intercanviar de manera: ràpida, econòmica i eficient les dades de llurs experiments.

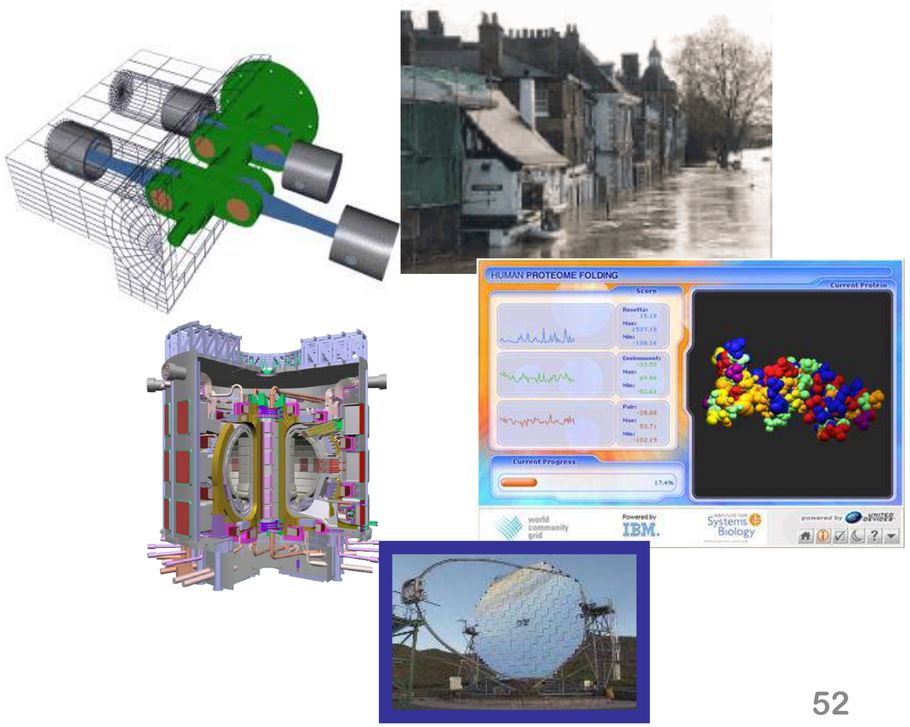
Informació i tecnologia de les comunicacions

Un altre exemple important és el neiximent de les pantalles tàctils

Inventat en el CERN en 1976, per facilitar la tasca dels operadors del accelerador SPS

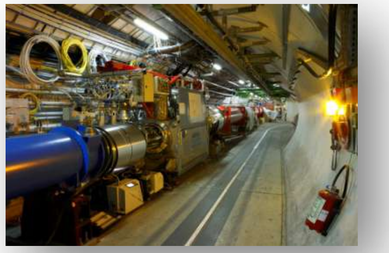
Informació i tecnologia de les comunicacions

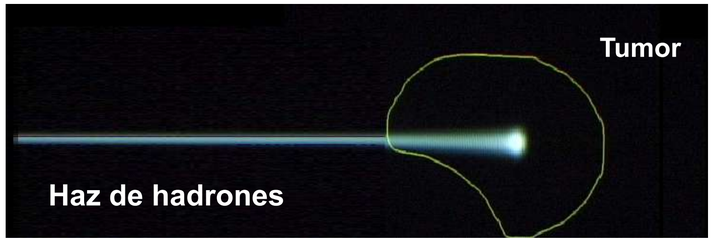
- ✓ **Bioinformàtica** (estudis en genòmica y proteòmica).
- ✓ **Nanotecnologia** (diseny de nous materials a escala molecular).
- ✓ **Enginyeria** (diseny, simulació, anàlisis i acces remot a instruments de control).
- ✓ **Recursos naturals** i mediambient (previsió meteorològica, observaciò del planeta, models y predicció de sistemes complexes).



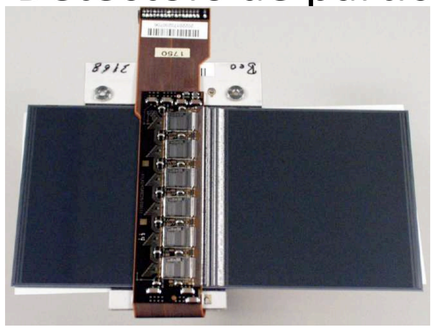
Medicina

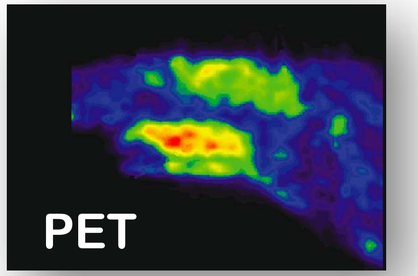
Acceleradors de partícules per a terapia hadrònica

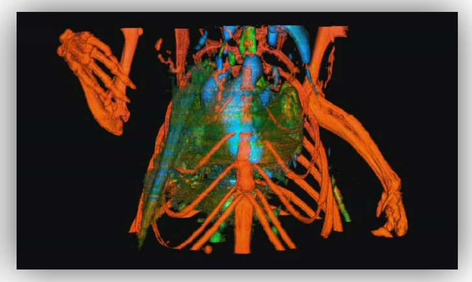




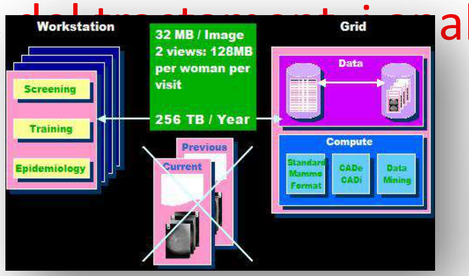
Detectors de partícules per a imatge mèdica

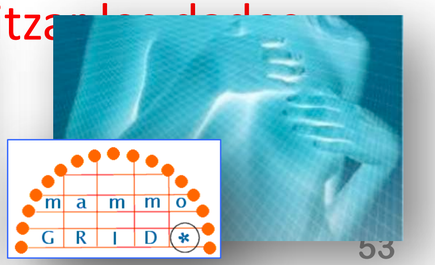






Computació GRID per a fer simulacions





Mediambient i energia

- Desenvolupament de les tecnologies d'ultra-alt buit i nous mètodes de soldar vidre i metals
- Nou tipus de panels termosolares amb colectors que permeten focaltizar la llum difuminada
- SRB Energy, una companyía hispano-suïssa
- 300 panels (1200 m^2), fabricats en València instal·lats a l'aeroport de Ginebra

SRB ENERGY

CERN SWISS TECHNOLOGY