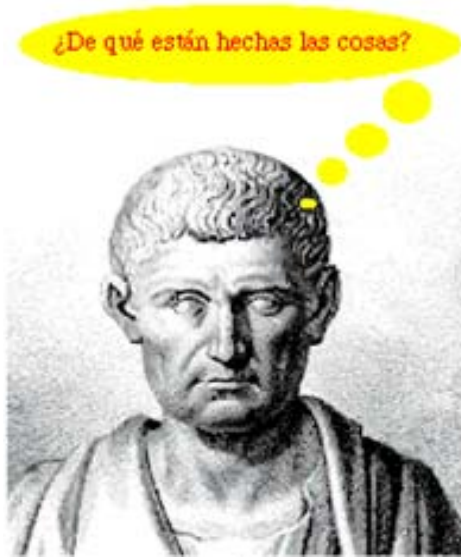


**MODELO ESTANDAR
DE LAS
PARTICULAS ELEMENTALES
Y LAS
INTERACCIONES FUNDAMENTALES**

HISTORIA

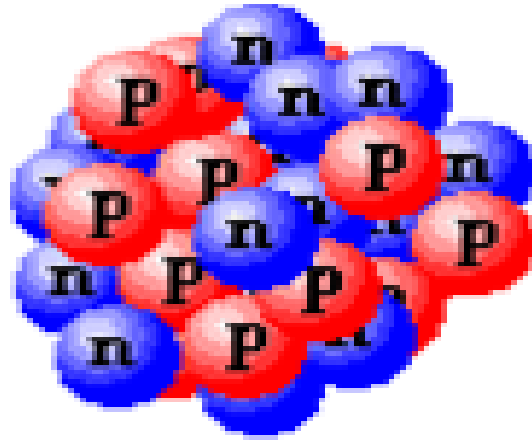


- **DEMOCRITO (400 A.C):** Creo la primera teoría atómica del universo
- La materia estaba hecha de partículas indivisibles llamadas átomos.

HISTORIA

- A finales de 1800 y comienzos de 1900 , el trabajo de:
Wilhelm Roentgen,
Marie Curie
Joseph Thompson,
Ernest Rutherford
Nielhs Bohr
Yukawa
etc, etc
llevaron a **descubrir partículas** más pequeñas en el átomo (protones, neutrones, electrones).
- A mediados de los 1960's:
Murray Gell-Mann y George Zweig
introdujeron la idea de la existencia de **partículas fundamentales** como los **quarks**.

Los “building blocks” de la materia eran
los **Protones**, Neutrones y **Electrones**.
PERO ERAN ¿FUNDAMENTALES?



Se considera como una partícula fundamental, a
aquella que no tiene una subestructura interna
(no se subdivide)

Un "Modelo Estandar"

Donde todos los componentes (Partículas):

- 1. Quarks
 - 2. Leptones
 - 3. Bosones Intermediarios
- (fotones, gluones, W^+ , W^- , Z)
- } Fermiones
- ← Bosones

son FUNDAMENTALES y todo objeto se crea a base de INTERACCION entre ellas.

Aviso Comercial

Las Partículas se dividen en: **Fermiones y Bosones**

Los fermiones cumplen el Principio de Pauli.

Los bosones no cumplen este principio

Este principio dice: **dos partículas con el mismo espín no pueden estar en el mismo estado de energía.**

Fermiones

→ el **espín** es fraccionario

$1/2$ $3/2$

Quark, Leptons, Protons,
Neutrons, etc

Bosones

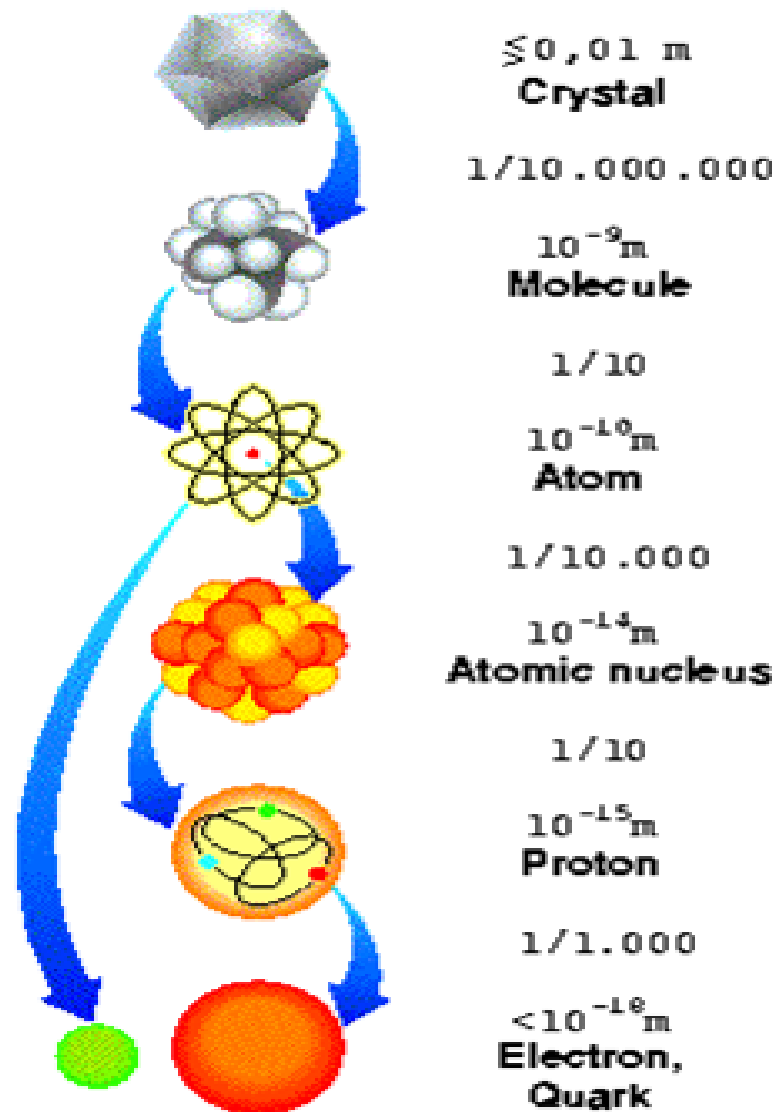
→ el **espín** es entero

0, 1, 2,

Mediadores de fuerza:
fotón, glúon, W, Z
gravitón.
etc



ESCALA



¿COMO INVESTIGAMOS A MENOR ESCALA LA MATERIA?

✓ Aceleradores

- se utilizan para la colisión de partículas a altas energías

(y crear un proyectil para romper otras)

- En otras palabras aceleran partículas cargadas.

-Fuerza de Lorentz:

$$F = qE + q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

✓ Detectores

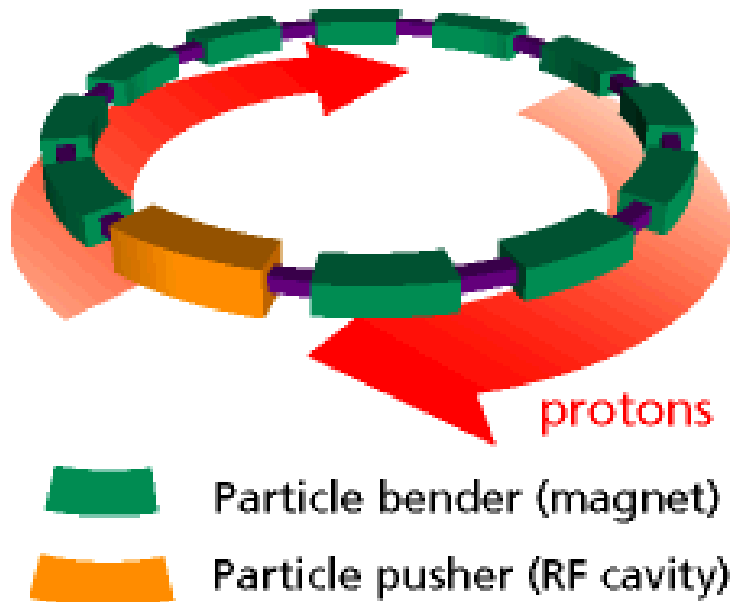
- se utilizan para observar lo que sucede en las colisiones de alta energia.

$$m^2c^4 = E^2 - P^2c^2$$

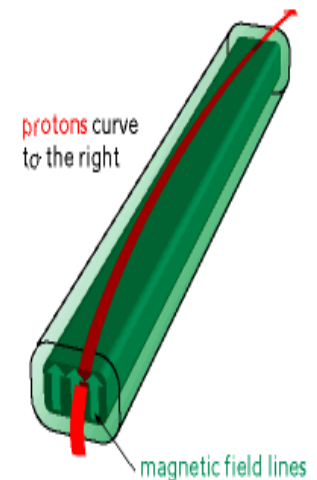
1. Cuentan partículas, miden energia y momentum
2. Mantienen records del "time of flight" de la partícula.
3. Identifican la identidad de las partículas producidas
4. Reconstrucción de vertices

ACELERADOR

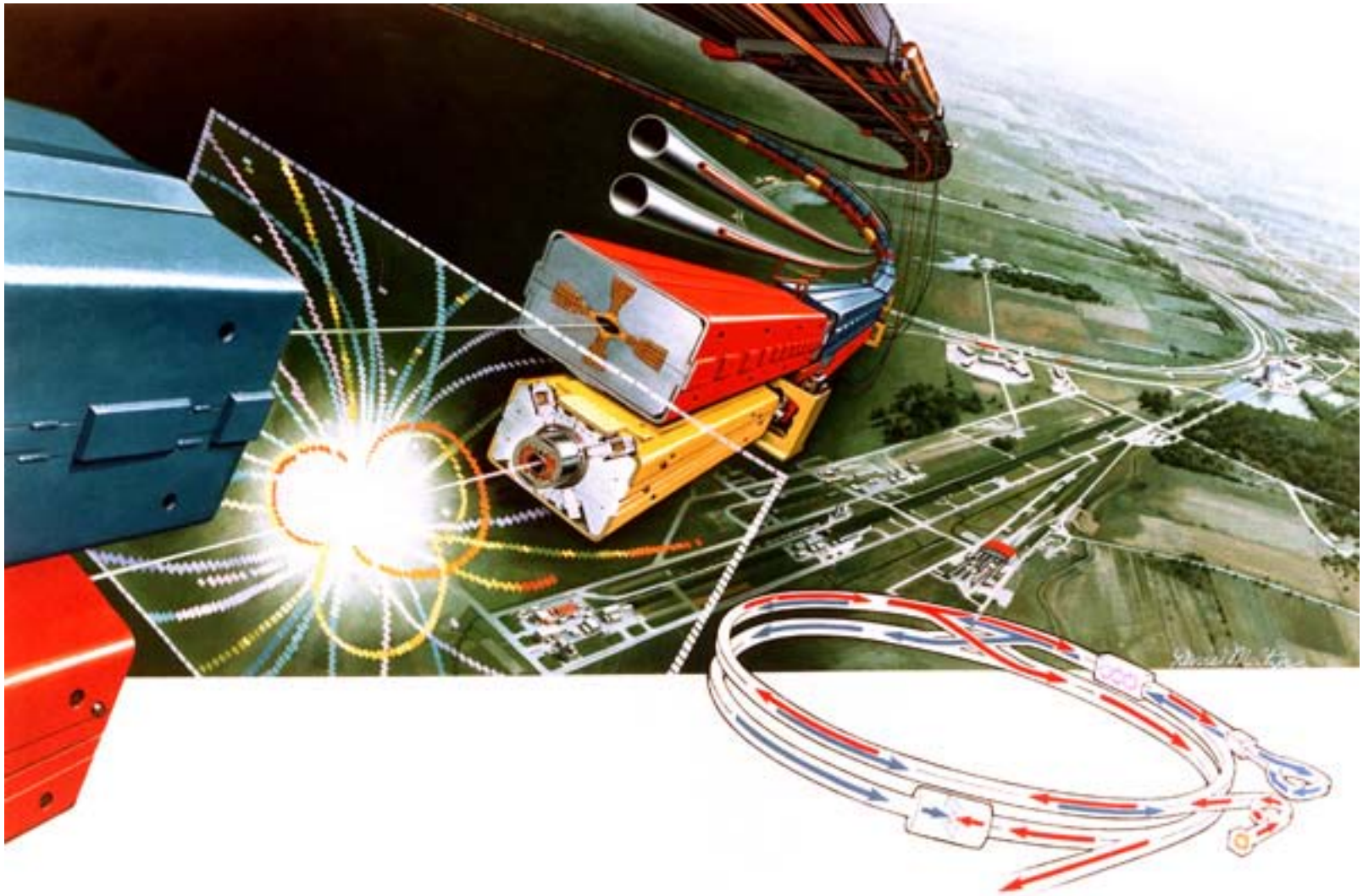
- El acelerador tiene dos partes esenciales:
 - Magnetos → {que mantienen la partícula moviéndose en forma circular}
 - Radio Frequency Cavity → {le proveen energía a las partículas cada vez que pasen por la cavidad}



With the right timing,
the electric field pushes
the proton.



FERMILAB



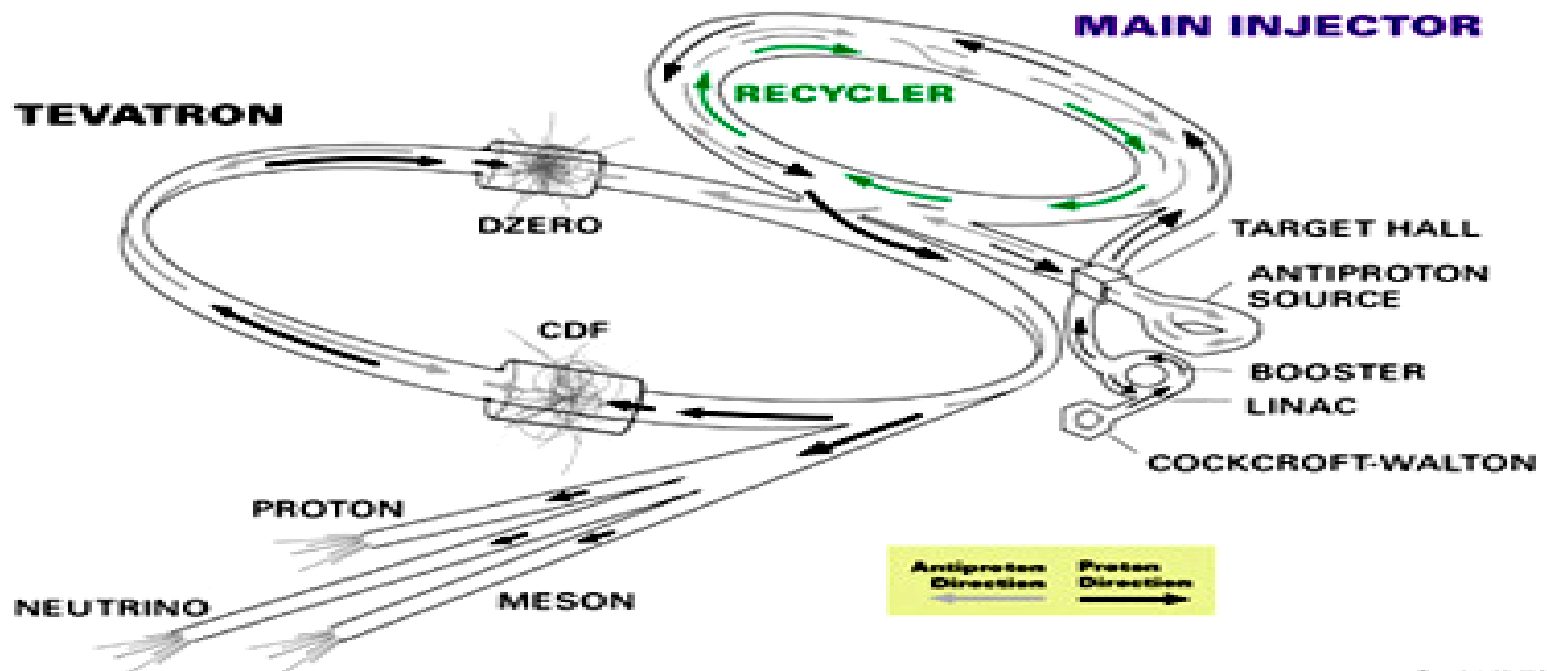
FERMILAB ACCELERATORS

Pre accelerator → Accelerator Linear (500ft)

Carbon foil → Booster (20ft below ground)

Main Injector → Tevatron

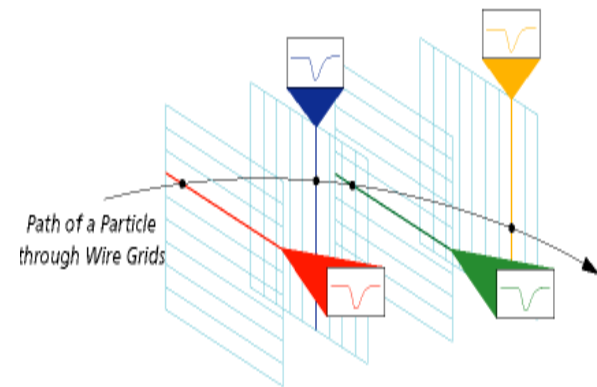
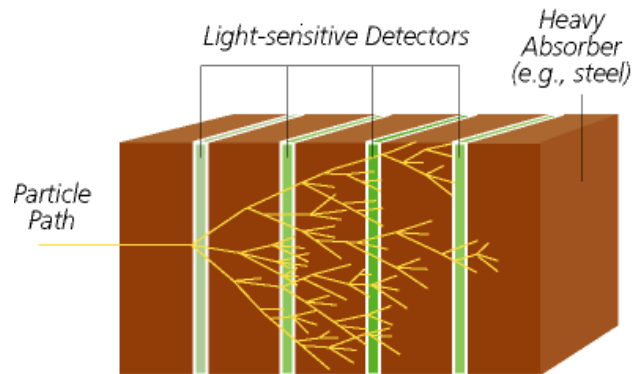
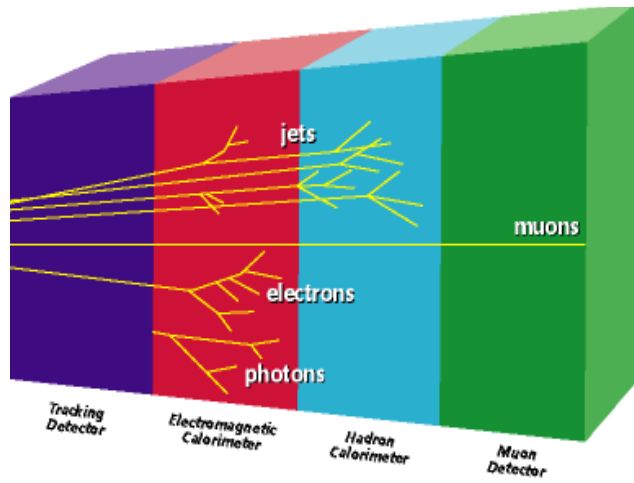
FERMILAB'S ACCELERATOR CHAIN




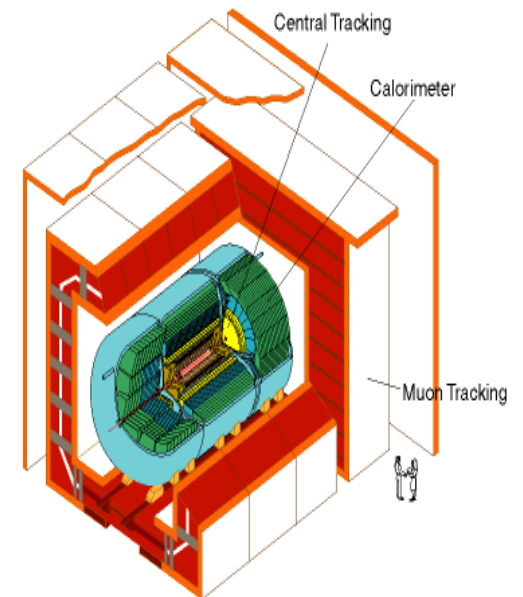
El tunel



DETECTORES



 Signals indicate a particle hit the wire.



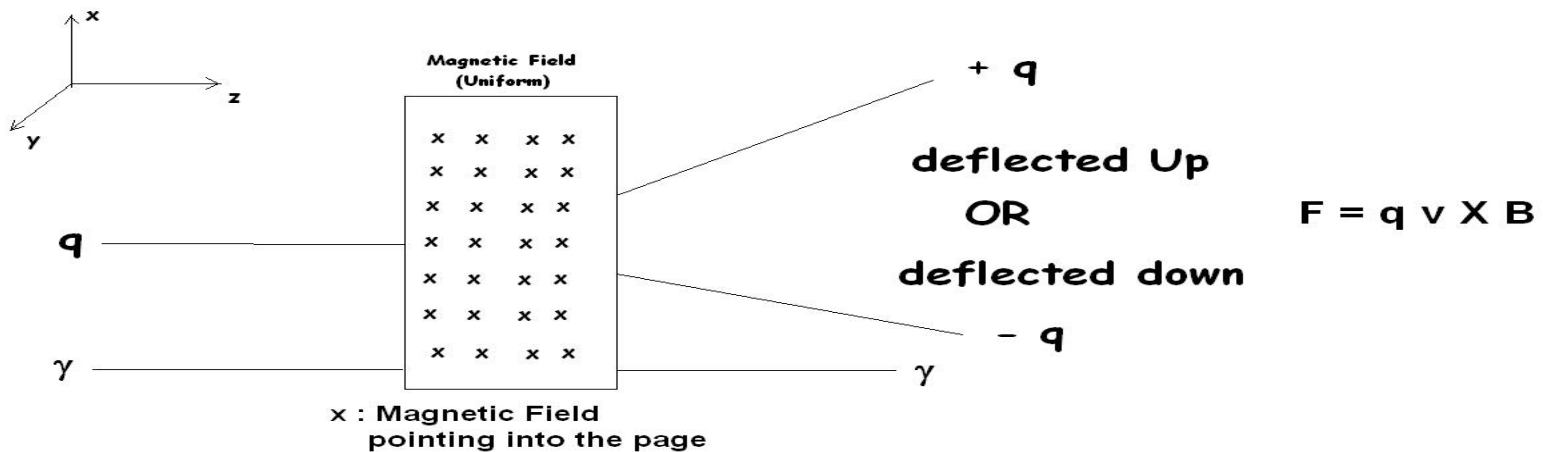
✓ Separación entre partículas Neutras y Cargadas

Partículas Neutras: γ , n , etc

Partículas Cargadas: e^- , e^+ , ν^- , ν^+ , π^- , π^+ , k^- , k^+ , etc

Nota: otras partículas se detectan por sus decaimientos

Ejemplo: $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$



→ Si P es muy grande entonces no hay deflección

Medición del Momento

Siempre necesitamos encontrar (MEDIR) el cuadri-momento
De las partículas en el origen del decaimiento:

$$\vec{P} = (E, P_x, P_y, P_z)$$

Para partículas cargadas:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} = \frac{m v^2}{r} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

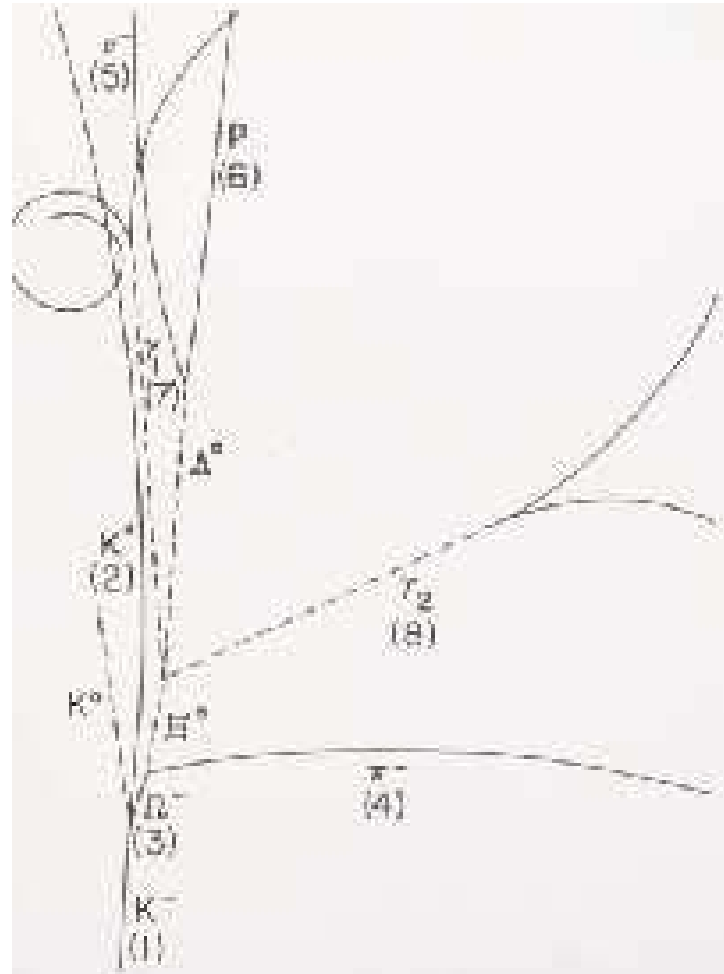
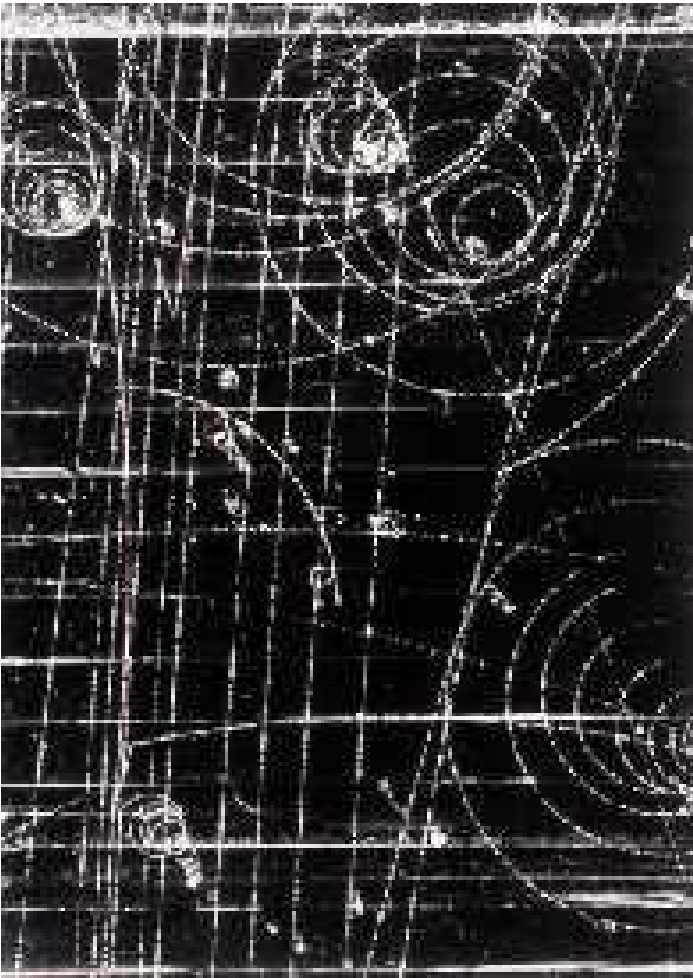
r es el radio de curvatura de la trayectoria.

$$\frac{dP}{dt} = \gamma m \frac{dv}{dt}$$

$$r = \frac{P \sin \theta}{q B}$$

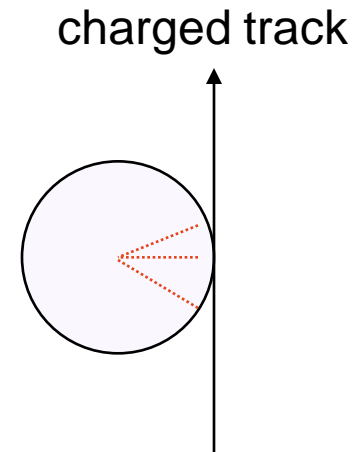
Necesitamos ahora medir las posiciones de las partículas

Camara de Burbujas (tecnologia muy antigua)



Detectores para medir Trayectorias

Camaras de Alambres proporcionales



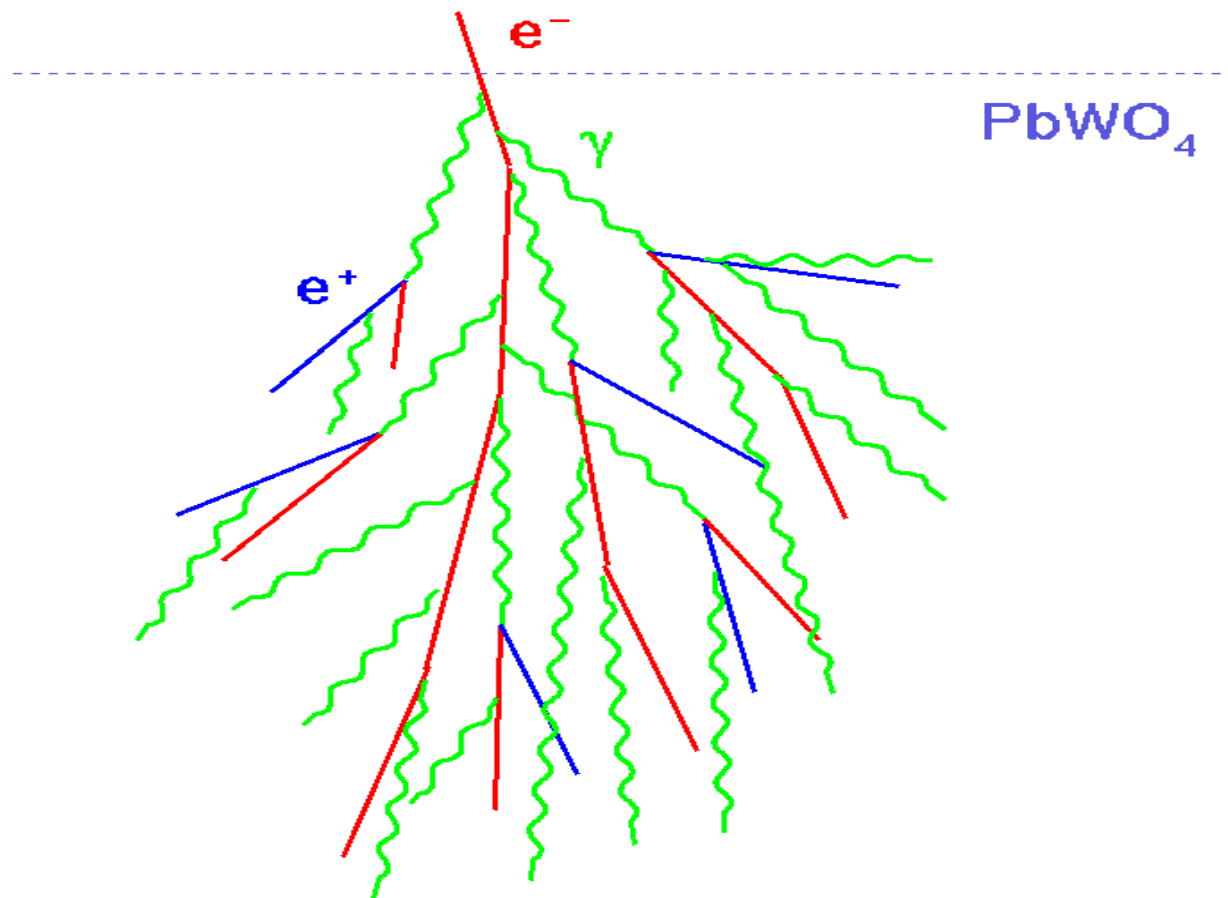
Detector de Gas

Detecta la ionización producida por una partícula cargada usando un campo eléctrico aplicado al alambre delgada (~20 μ m)

Multiplicación cuando e- están cerca del alambre

**Geometry: muchas wires,
muchas orientaciones ~ 50000)**

Calorimetros



DETECTORES



Quarks no se encuentran aislados!!

- En la naturaleza los Quarks se encuentran en **HADRONES** (partículas compuestas de Quarks)
Los Hadrones se dividen en:
 - Bariones: partículas compuestas de 3 quarks o 3 anti-quarks
 - Mesones: partículas compuestas de 2 quarks
- Cuando un quark esta solo este siente una fuerza Atractiva grande y cuando esta con otro esta como libre.

Materia Conocida

- **Hasta el momento** se han identificado “12” “building blocks” que son fundamentales constituyentes de la materia.
- **Es esta subdivisión infinita ?** ← **NO**
- Nuestro mundo está hecho solamente de tres constituyentes de la materia fundamentales.
 - **up & down quarks y el electron y neutrino**
(Base de la tabla periodica de los elementos)



MATERIA

- Existen 3 generaciones o familias de la materia.
- La naturaleza ha replicado los componentes de la primera Familia.
- Conocemos las 3 generaciones y no hay nada que indique la existencia de más sets de quarks y leptons, pero si se especula que pueden haber otros "building blocks" que son parte de la materia oscura o "dark matter"
- Toda la materia visible en el universo hoy día está hecha a base de la primera generación de materia.

GENERACIONES DE LA MATERIA

Carga electrica

$e^- = - 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Leptons Quarks			
	u up	c charm	t top
	d down	s strange	b bottom
	ν_e e- Neutrino	ν_μ μ - Neutrino	ν_τ τ - Neutrino
	e electron	μ muon	τ tau
	I	II	III

The Generations of Matter

→ Quarks

$$\frac{2}{3} |e^-|$$

$$-\frac{1}{3} |e^-|$$

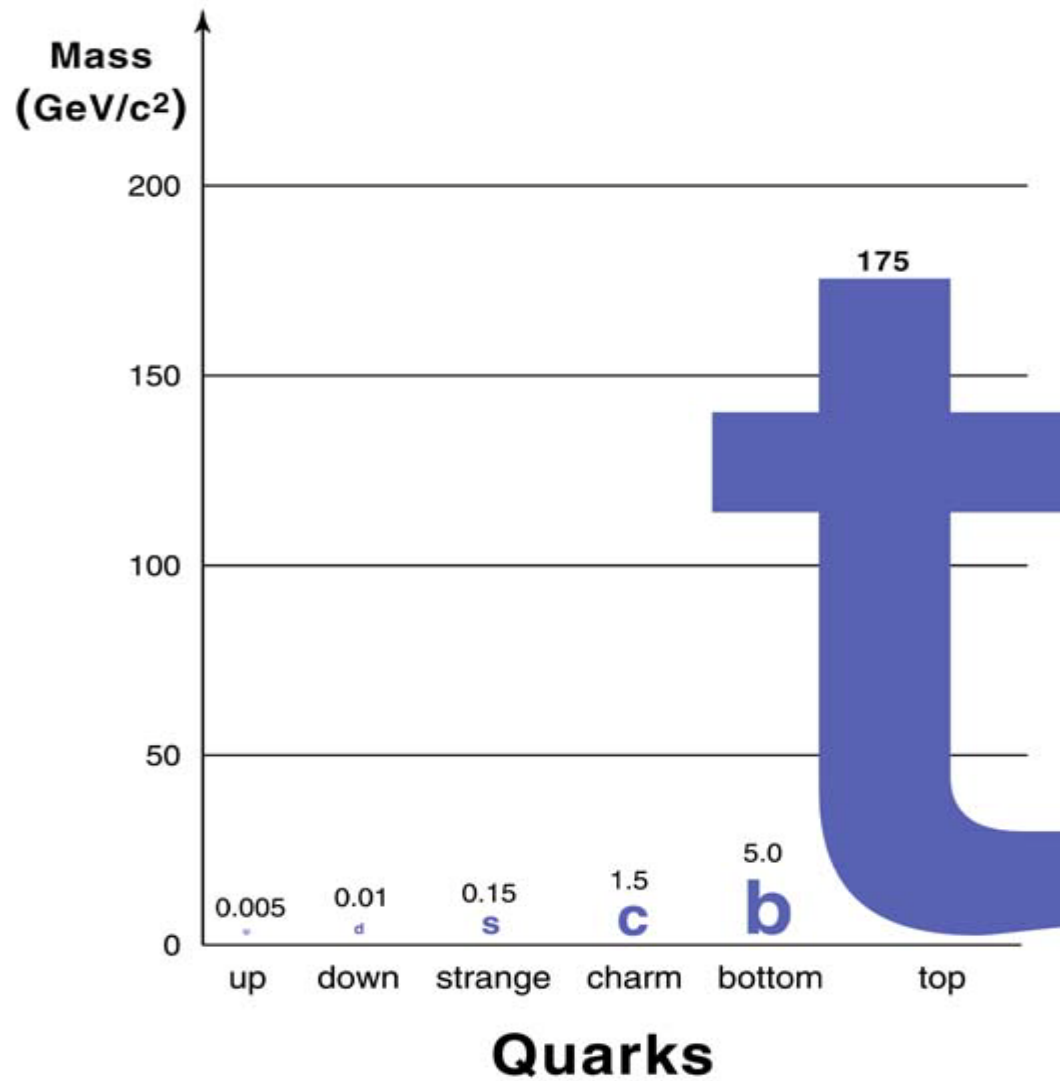
→ Neutrinos

$$0 |e^-|$$

→ Leptons

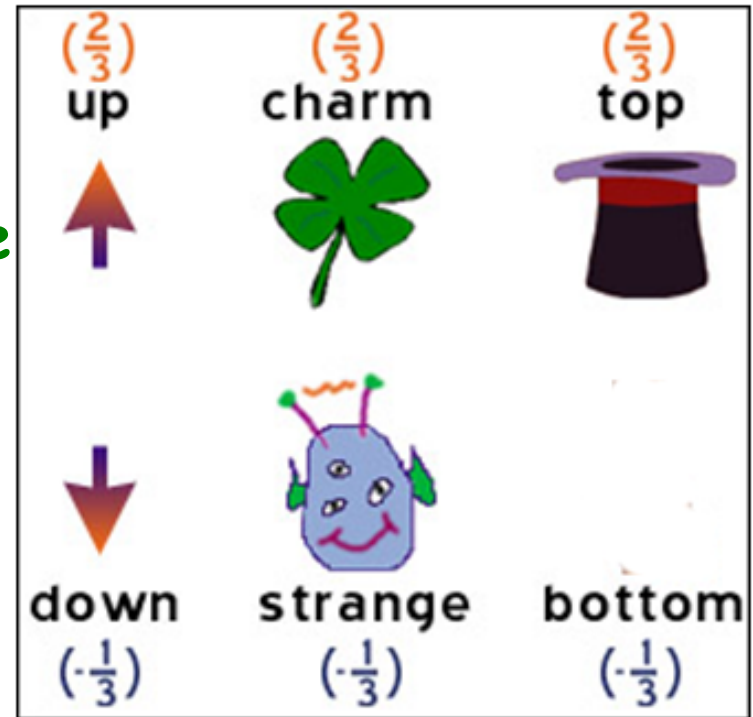
$$-1 |e^-|$$

QUARK MASSES



QUARKS y ANTIQUARKS

- Los quarks tienen carga de $(\frac{2}{3})$ y $(-\frac{1}{3})$
- Los antiquarks tienen carga de $(-\frac{2}{3})$ y $(\frac{1}{3})$
- Se categorizan por sabores, cada **quark** es un **sabor**.
- cada **antiquark** es un **anti-sabor**



Los Quarks tienen Carga de Color








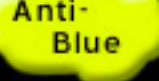
Quarks carry
a color



Anti-quarks
carry an
anti-color



Gluons carry
a color and
an anti-color

			Color
Red	Green	Blue	Quarks
			Anti-Quarks
Anti-Red	Anti-Green	Anti-Blue	Anti-Color

BARIONES

- Son un tipo HADRON compuesto de 3 quarks o 3 antiquarks.
- Los protones se hacen de (uud)
- Los neutrones se hacen de (ddu)

$$\text{Protones} = (2/3 + 2/3 + -1/3) = +1$$

$$\text{Neutrones} = (-1/3 + -1/3 + 2/3) = 0$$

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

→ Tipos de mesones:

- * pion
- * kaon
- * rho
- * B-zero
- * eta-c

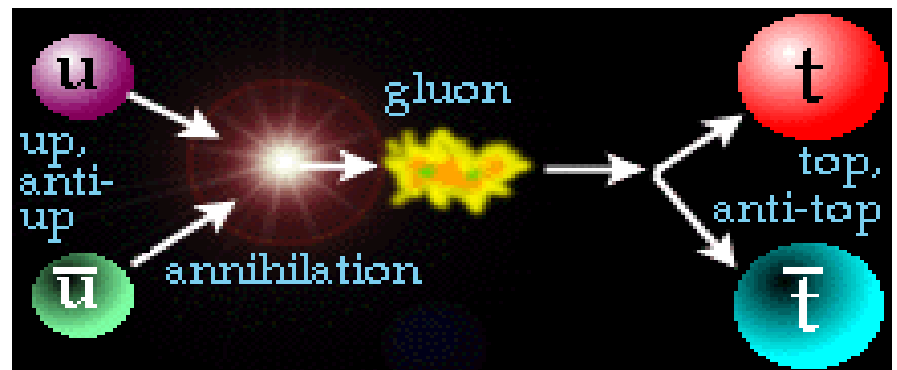
Mesons $q\bar{q}$					
Mesons are bosonic hadrons. There are about 140 types of mesons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980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

→ Hay alrededor de 140 tipos de mesones.

→ Los mesones se hacen de un quark y un antiquark.

PARTICULAS Y ANTIPARTICULAS

- La antimateria existe tanto como la materia.
(en el universo hay una descompensación de materia y anti-materia. No se sabe el por que)
- Cada partícula tiene su antipartícula correspondiente.
- En el caso de los quarks, antiquarks son su antipartícula.
- La partícula y la antipartícula:
 1. Ven y comportan iguales(propiedades opuestas)
 2. Siempre estan en pareja.



LEPTONES

Leptons	ν_e e- Neutrino	ν_μ μ - Neutrino	ν_τ τ - Neutrino
	e electron	μ muon	τ tau
I II III The Generations of Matter			

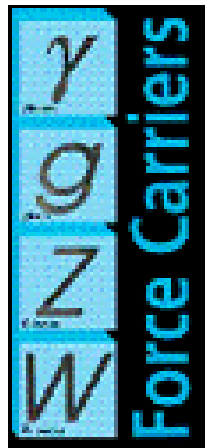
- ¿QUE ES UN LEPTON? Es un fermion que no participa en interacciones fuertes.

Leptones y Neutrinos

- Neutrinos son un tipo de lepton que son electricamente neutros.
- No interaccionan.
- Se producen especialmente en descomposicion radioactiva o “decay”.

Fuerzas e Interacciones

- A nivel fundamental, LA FUERZA no es solamente algo que le sucede a las partículas, es algo que sucede entre dos partículas.
- La fuerza es el efecto en una partícula debido a la presencia de otras partículas.
- Toda interacción que afecta las partículas se debe al intercambio de **partículas mediadoras**.

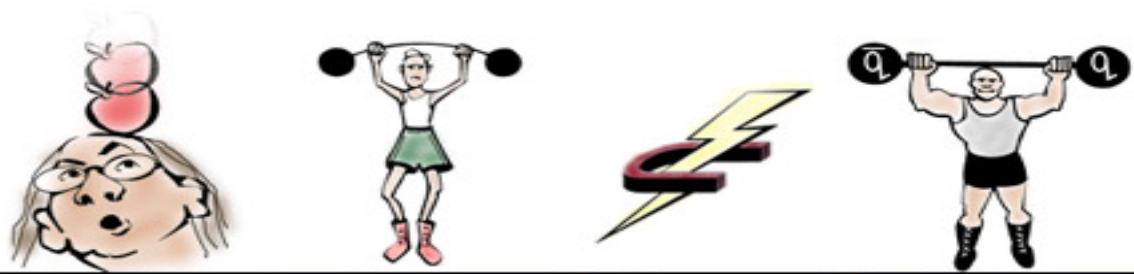


FUERZAS E INTERACCIONES

Hay cuatro Fuerzas en la Naturaleza:

1. GRAVITACIONAL
2. ELECTROMAGNETICA
3. FUERTE
4. DEBIL

→ Las partículas transmiten fuerzas entre ellas al intercambiar sus partículas mediadoras llamadas bosones.



	Gravity	Weak (Electroweak)	Electromagnetic	Strong
Carried By	Graviton (not yet observed)	$W^+ W^- Z^0$	Photon	Gluon
Acts on	All	Quarks and Leptons	Quarks and Charged Leptons and $W^+ W^-$	Quarks and Gluons

Fuerza GRAVITACIONAL

- Es la fuerza mas familiar para nosotros.
- No la incluimos en el **Modelo Standard** (sus efectos son despreciables a nivel fundamental, y aún no encuentran como incluirla en el modelo)
- Cuando se pueda acoplar esta interacción al **MODELO**, su partícula mediadora será llamada **GRAVITON**.

FUERZA FUERTE

- Es responsable para mantener los quarks unidos para que se formen protones, neutrones → **NUCLEO**
- EL Boson (mediadora)es: **GLUON**
gluon=glue=pega
- La interacción entre gluon y quarks son las que se observan en la **Fuerza Fuerte.**
- Los leptones no intervienen.



FUERZA ELECTROMAGNETICA

- Permite la unión de electrones al núcleo para formar átomos y luego moléculas.
- Causa que cargas similares se repelen y cargas opuestas se atraen.



- Fuerzas hoy en día como: fricción, magnetismo... son parte de la electromagnética.
- La partícula mediadora es el fotón
(no tiene masa y al no tener masa permite la interacción sólo de cargas eléctricas).
Viaja a velocidad de la luz.

FUERZA DEBIL

- Responsable del “decaimiento” de partículas más pesadas a partículas menos pesadas.
- Ejemplo: quarks y leptones (se descomponen a quarks y leptones de la primera generación de la materia)
- La partícula mediadora es el **W** y **Z**
- **W** tiene carga electrica y **Z** es neutral.

CONCLUSION

Quarks y leptones: los bloques fundamentales

FERMIONS

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

Leptons spin = 1/2

Quarks spin = 1/2

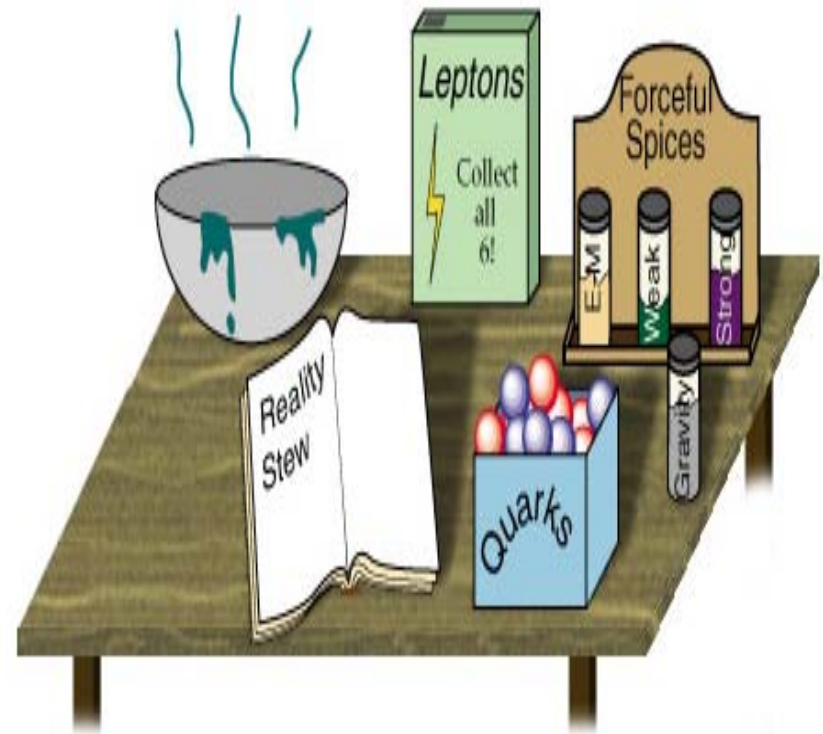
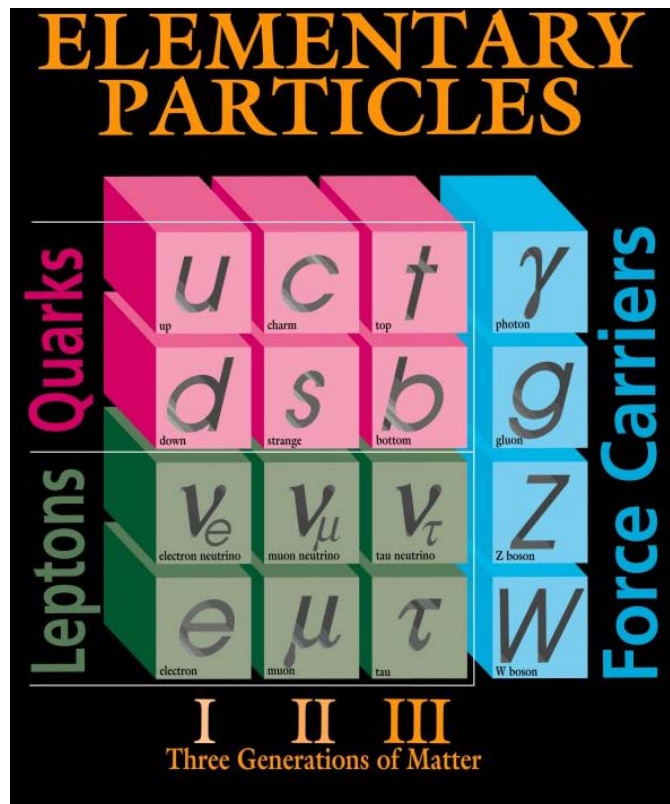
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0
e electron	0.000511	-1
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0
μ muon	0.106	-1
ν_τ tau neutrino	<0.02	0
τ tau	1.7771	-1

Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	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

Materia Ordinaria

Rayos
Cosmicos y
Aceleradores
de Partículas

CONCLUSION



Quiz on What Particles are Made of ?

- **What are protons made of?**

Protons are made of two up quarks and one down quark \rightarrow **uud**.

- **What are electrons made of?**

Nothing!

electrons are fundamental, as far as we know.

Para que sirve todo esto ?

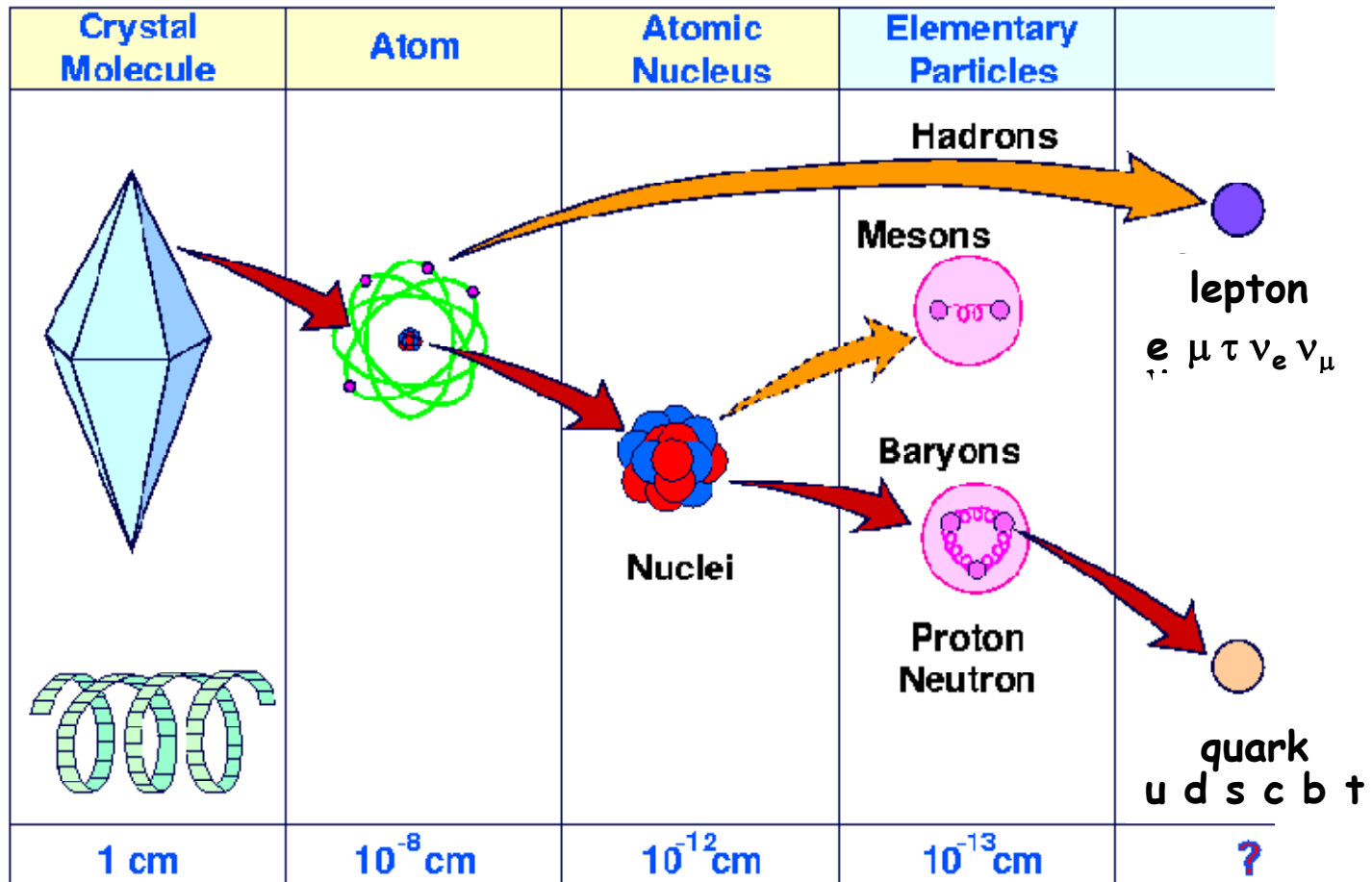


ATOMOS

- Hidrogeno (1 proton , 1 electron)
 - ¿CLASIFIQUE EL ATOMO Hidrogeno DESDE SU COMPOSICION FUNDAMENTAL? --hint
 - *quark, leptons
 - Respuesta: $uud = \frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = 1|e^-|$

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Period																			
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	*	71 Lu	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	**	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Uuu	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
*Lanthanoids			*	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		
**Actinoids			**	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		

Constituyentes basicos



BIBLIOGRAFIA

- <http://home.nycap.rr.com>
- <http://www.fnal.gov>
- <http://livefromcern.web.cern.ch/livefromcern/antimatter/index.html>
- <http://wwwlapp.in2p3.fr/neutrinos/ankes.html>
- www.particleadventure.org

Coming Soon !!

The Big Bang

