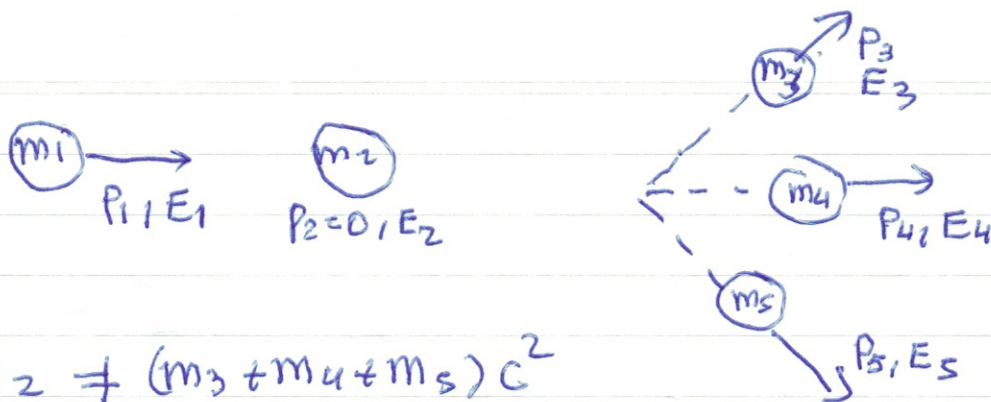


LAB



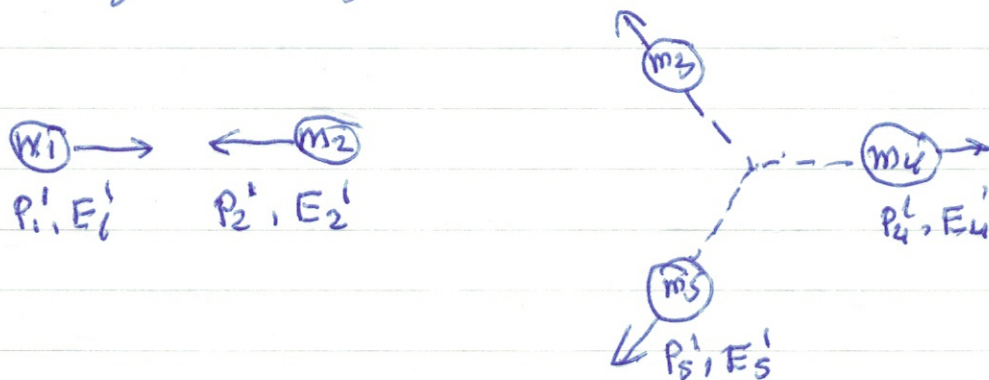
$$E_1 + E_2 \neq (m_3 + m_4 + m_5)c^2$$

ya q' se violaria la cons. de $\vec{P}$.

Idea: Calc. la mínima K_1 de la partícula 1 para crear partículas de masas m_3, m_4 y m_5 y también conservar momento.

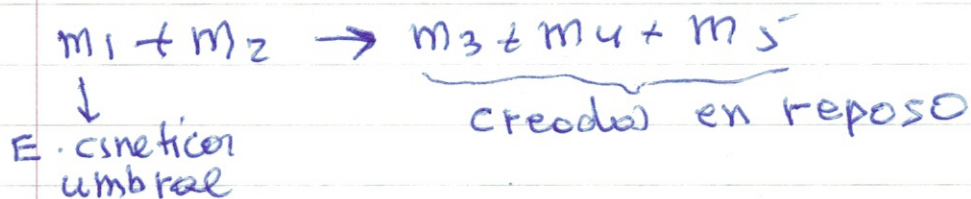
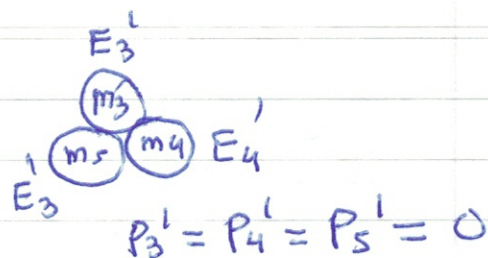
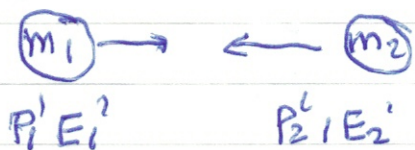
Si $\vec{P}_{total} = 0$, toda la E inicial podría ser convertida en nuevos partículas.

→ Ir al C. de M. donde $\vec{P} = 0$ y hallar K_{min} y luego transformar al sist. Lab.



caso de partícula incidente con energía mayor a la umbral.

En la energía umbral:



Invariante relativista $E^2 - p^2 c^2$

$$\Rightarrow E_{cm}^2 - p_{cm}^2 c^2 = E_{lob}^2 - p_{lob}^2 c^2 \quad (1)$$

$$E_{cm} = (E_1 + E_2)_{cm} ; p_{cm} = (p_1 + p_2)_{cm}$$

$$E_{lob} = (E_1 + E_2)_{lob} ; p_{lob} = (p_1 + p_2)_{lob}$$

ANTES

$$p_{cm} = 0 ; E_{lob} = E_1 + m_2 c^2 \text{ y } p_{lob} = p_1$$

$$(1) \Rightarrow E_{cm}^2 (\text{antes}) = (E_1 + m_2 c^2)^2 - p_1^2 c^2 \quad (2)$$

$$\text{y como } E_1^2 = p_1^2 c^2 + m_1^2 c^4 \Rightarrow p_1^2 c^2 = E_1^2 - m_1^2 c^4 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow E_{cm}^2 (\text{antes}) &= (E_1 + m_2 c^2)^2 - E_1^2 + m_1^2 c^4 \\ &= 2E_1 m_2 c^2 + (m_2^2 + m_1^2) c^4 \end{aligned} \quad (4)$$

Por otro lado,

$$E_{cm}(\text{antes}) = E_{cm}(\text{después}) = E_3' + E_4' + E_5' = (m_3 + m_4 + m_5) c^2 \quad (5)$$

Final/. usando en (4) $E_1 = K_{min} + m_1 c^2$

$$\Rightarrow \boxed{K_{min} = \frac{(m_3 + m_4 + m_5)^2 c^2 - (m_1 + m_2)^2 c^2}{2m_2}} \quad (6)$$

Partículas virtuales en Reales

Low energy



aparece un π^0 virtual de $140 \text{ MeV}/c^2$, transporta E y $\vec{p}$ y luego desaparece.

Alta energía:

podría ser posible $P + P \rightarrow P + P + \pi^0$

Hallar K_{min} para producir π^0 .

$$m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m_p = 938.3 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_5 = m_\pi = 135 \text{ MeV}/c^2$$

$$K = \frac{(2m_p + m_\pi)^2 c^2 - (2m_p)^2 c^2}{2m_p} = 280 \text{ MeV}$$

Si P estacionarios son bombardeados con p de al menos 280 MeV, el acelerador puede producir haces de π^0 .

El camino octuple

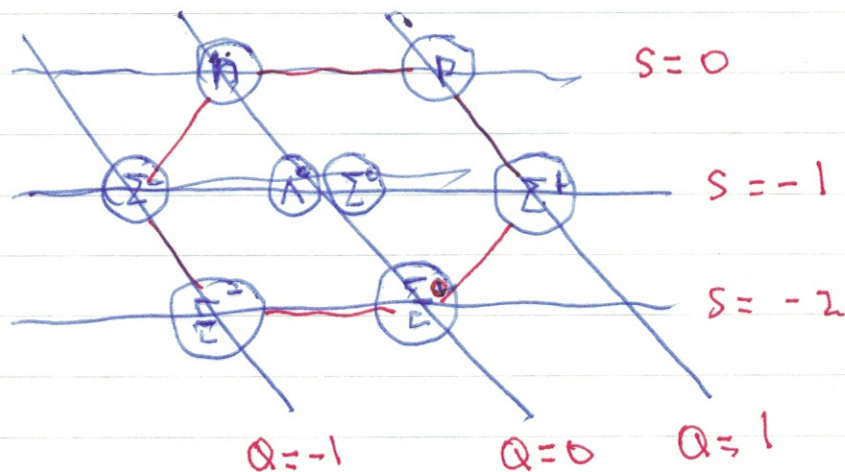
- Búsqueda de patrones en la naturaleza

Ej.: Tabla periódica $\rightarrow$ más de 100 elementos explicados por medio de 3 partículas: e, p, n.

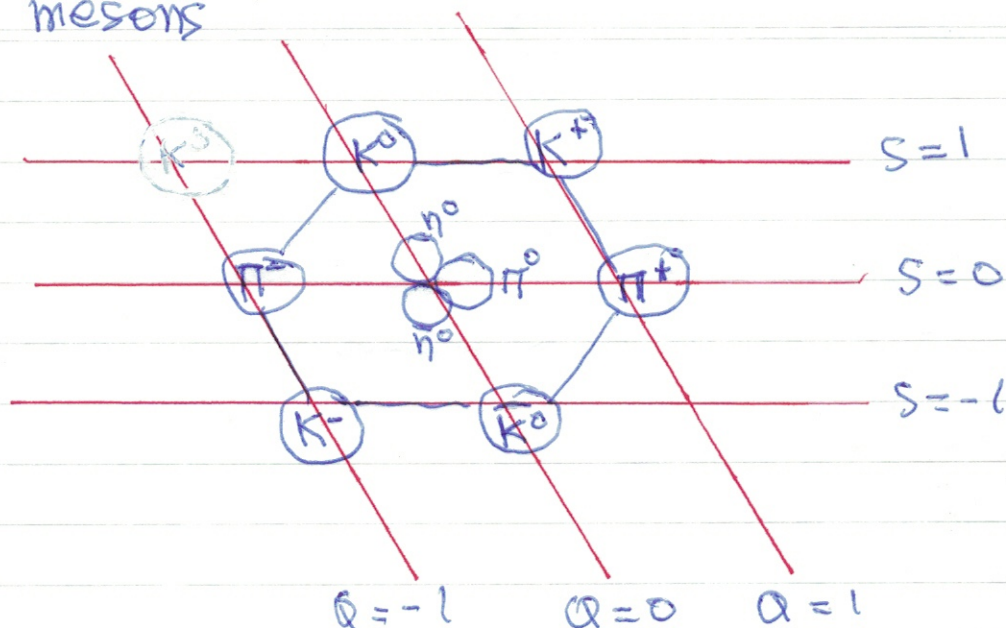
Tabla de Núcleos $\rightarrow$ cientos de ellos construidos de protones y neutrones

partículas observadas son cientos
 $\rightarrow$ $\exists$ un # menor de componentes por medio de los cuales pueden ser construidos?

Bariones de $s = 1/2$: p, n, Λ^0 , Σ^+ , Σ^0 , Σ^- , Ξ^0 y Ξ^-



9 spin=0 mesons

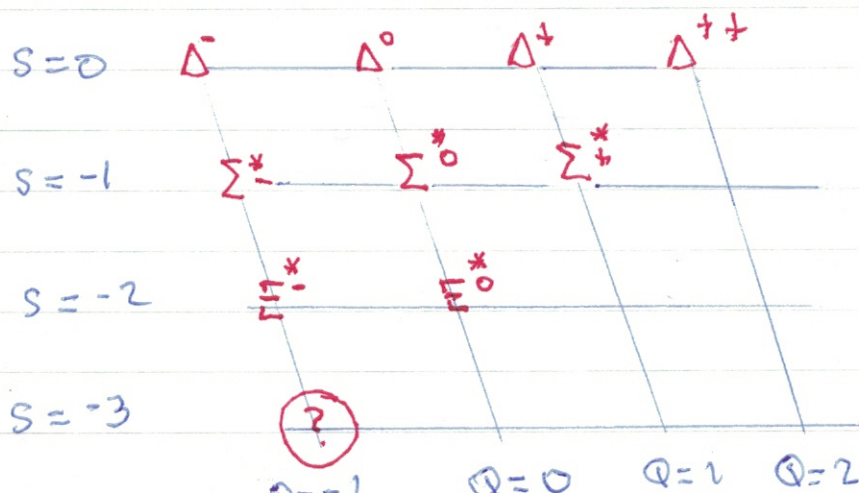


1961: M. Gell-Mann & Y. Ne'eman

↓
"conjunto OCTUPLE"

Otras familias de partículas se pueden expresar de la misma forma.

En 1961, los bariones con $S = 3/2$



Σ^{*0} = estado excitado de Σ^0 , con $S = 3/2$

Falsa una partícula $\rightarrow$ Gell-Mann predijo η'
debería tener $S = 3/2$, $Q = -1$, $S = -3$ y
 $m \approx 1680 \text{ MeV}$

$\rightarrow$ observado en BNL en 1964.

QUARKS

Leptones $\rightarrow$ elementales (no tamaño, no estructura interna, limitados en número, no se "rompen")

los hadrones son numerosos, decaen en otros hadrones y parecen formar estructuras (como átomos en la tabla periódica.)

$\rightarrow$ hadrones son partículas compuestas.

1963: Gell-Mann y George Zweig

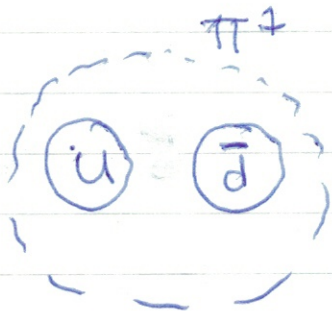
$\rightarrow$ todos los hadrones son compuestos de 2 o 3 unidades fundamentales, "quarks"

inicialmente: habían 3 tipos - up, down & strange
(u) (d) (s)

		S	Q	# barionico	strangeness	charm	bottomness	topness
up	u	1/2	(2/3)e	1/3	0	0	0	0
down	d	1/2	(-1/3)e	1/3	0	0	0	0
stran.	s	1/2	(-1/3)e	1/3	-1	0	0	0
charm.	c	1/2	(2/3)e	1/3	0	1	0	0
bottom	b	1/2	(-1/3)e	1/3	0	0	1	0
top	t	1/2	(2/3)e	1/3	0	0	0	1

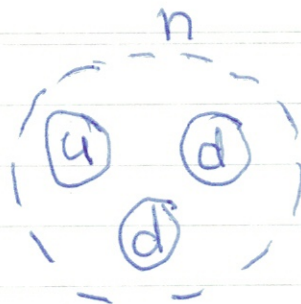
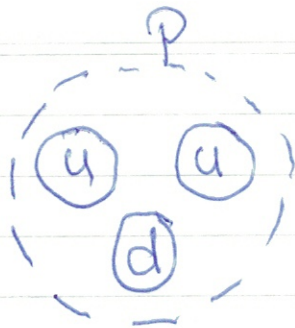
para los anti-quarks, $[\bar{u}, \bar{d}, \bar{s}, \bar{c}, \bar{b}, \bar{t}]$
 Todo cambio de signo, excepto el spin

Mesones: 1 quark + 1 antiquark ($\Rightarrow B=0$)



Baryons: compuestos de 3 quarks ("molécula")
 $\hookrightarrow$ unidos por gluones

Anti-barión: 3 anti-quarks



Mesones

π^+
 π^-
 K^+
 K^-
 K^0

$u\bar{d}$
 $\bar{u}d$
 $u\bar{s}$
 $\bar{u}s$
 $d\bar{s}$

Barions

p
 n
 Λ^0
 Σ^+
 Σ^0
 Σ^-
 Ξ^0
 Ξ^-
 Ω^-

uud
 udd
 uds
 uus
 uds
 dds
 uss
 dss
 sss

1967: Aparece el quark "charm" ($q = \frac{2}{3}e$)
N: quark $c = +1$, anti $\Rightarrow c = -1$; otros quarks $c = 0$

charm se conserva en interacciones fuertes y electrom.,
pero no débiles

1974: se halló J/ψ 1 partícula masiva consistente
en $c\bar{c}$. $m = 3100 \text{ MeV}/c^2$ > menor de otros mesones
y largo t. de decaimiento

luego se hallaron otros mesones "encantos"
 $\bar{c}d$ y $c\bar{d}$, quarks, masivos y largos vidar.

luego se propusieron 2 nuevos quarks: top (t) y
bottom (b)

1977 (Fermilab) $\rightarrow$ new meson $\Upsilon = b\bar{b}$ $m = 173 \text{ GeV}/c^2$

1995: evidencia del top quark de los productos
de decaimiento de $t\bar{t} \rightarrow W + b$ quarks $\rightarrow$ leptons,
neutrinos y hadrons.