



# FISICA NUCLEAR & PARTICULAS

## Partículas elementales

LIC. MANUEL JENARO ORDÓÑEZ ORTIZ

*El presente trabajo está basado en el estudio de ese universo maravilloso de las Partículas Elementales en su forma más sencilla.*

### INTRODUCCION

Como toda ciencia, la Física evoluciona hacia el futuro en busca, posiblemente de nuestros antepasados. Es por ello que este trabajo está dirigido a todas aquellas personas que guardan un cierto interés en esta parte de la física, que por más sencillo y modesta que sea, se está desplazando a velocidades cercanas a la velocidad de la luz. En la naturaleza los procesos físicos están caracterizados por un conjunto de variables sean estas escalares, sea ya vectoriales o tensoriales de rango superior. Por ejemplo, el operador de Hamilton,  $H$ , es una variable escalar relacionada con la energía de un sistema físico y todas las otras variables asociadas al sistema y que conmutan

con  $H$ , se dicen que son los invariantes del proceso. En todo proceso físico están inmersos cuatro tipos de interacciones: las interacciones débiles; las interacciones electromagnéticas; las llamadas interacciones fuertes; y, las interacciones gravitacionales. Todo ese Universo de Partículas se consideran clasificadas en tres grupos: los Leptones, los Hadrones y los Quarks.

### LEPTONES

La nominación Leptón viene del vocablo griego Leptos que significa pequeño o liviano. Son partículas susceptibles de interacciones débiles y electromagnéticas, más no de interacciones fuertes. Pero esto no significa que las interacciones entre los Leptones y otras partículas no Leptónicas estén prohibidas o no sean posibles. Los Leptones están caracterizados por una variable escalar denominada número Leptónico, simbolizado con la letra  $L$ . En la tabla No.1 se muestra el conjunto de tales partículas con algunas de sus características.

Tabla No.1 :

**Partículas Leptónicas : spin = 1/2**

Partícula	Símbolo	Carga	L	Masa (Mev)
Electrón	$e^-$	-1	1	0.512
Neutrino Electrónico	$\nu_e$	-	1	0.002
Positrón	$e^+$	+1	-1	0.512
Antineutrino Electrónico	$\bar{\nu}_e$	-	-1	0.002
Muon Negativo	$\mu^-$	-1	1	105.66
Neutrino muonico	$\nu_\mu$	-	1	-
Muon positivo	$\mu^+$	1	-1	105.66
Antineutrino muónico	$\bar{\nu}_\mu$	-	-1	-

**HADRONES**

La nominación Hadrón viene del vocablo griego hadros que significa "grande,masivo". Son partículas susceptibles generalmente, de interacciones fuertes. Casi siempre se les ubica formando grupo de partículas o isomultipletes. Los componentes de un isomultiplete tienen aproximadamente la misma masa; esa pequeña diferencia en masa entre los componentes se debe a orígenes electromagnéticos. Los Hadrones están caracterizados generalmente por un conjunto de variables denominadas Números Cuánticos:

La Carga (Q); la Hipercarga (Y); el Número Barionico (B); la Extrañeza (S); el Isospin (I).

Los Hadrones están clasificados en

dos grupos: los Baryones (B≠0) y las Mesones (B=0).

En la tabla No. 2 se muestran las partículas del octeto baryónico; en la tabla No. 3 se muestra el decuplete baryónico; en la tabla No. 4 se muestra el octeto mesónico pseudo escalar; en la tabla N° 5 se muestra el octeto vectorial mesónico.

Dentro del octeto baryónico se agrupan las partículas  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$  y  $\Omega$  con el nombre de Hiperones, los mismos que se componen del isosinglete  $\Lambda$ , el isotriplete  $\Sigma$ , isodoublete  $\Xi$ , y del isosinglete  $\Omega$ . Así mismo el par p,n se agrupa con el nombre de Nucleón.

Tabla No.2 : Octeto Baryonico :  $J_p = 1/2^+$ , B=1

Partícula	Símbolo	Carga	Y	I	$I_3$	S	Masa(Mev)
Protón	P	1	1	1/2	1/2	0	938.26
Neutrón	n	0	1	1/2	-1/2	0	939.55
Kapa	$\Lambda$	0	0	0	0	-1	1115.60
Zigma	$\Sigma^+$	1	0	1	1	-1	1189.4
	$\Sigma^0$	0	0	1	0	-1	1192.5
	$\Sigma^-$	-1	0	1	-1	-1	1197.3
PXi	$\Xi^0$	0	-1	1/2	1/2	-2	1314.7
	$\Xi^-$	-1	-1	1/2	-1/2	-2	1321.2
Omega	$\Omega^-$	-1	-2	0	0	-3	1672.0

Tabla No.3 : Decuplete Baryónico :  $J_p = 3/2^+$ , B = 1

Partícula	Carga	Y	I	$I_3$	S	Masa(Mev)
$\Delta^{++}$	2	1	3/2	3/2	0	1236.0
$\Delta^+$	1	1	3/2	1/2	0	1230.0
$\Delta^0$	0	1	3/2	-1/2	0	1154.8
$\Delta^-$	-1	1	3/2	-3/2	0	1279.3
$\Upsilon_1^{*+}$	1	0	1	1	-1	1387.0
$\Upsilon_1^{*0}$	0	0	1	0	-1	1385.0
$\Xi^{*0}$	0	-1	1/2	1/2	-2	1531.8
$\Xi^{*-}$	-1	-1	1/2	-1/2	-2	1531.1
$\Upsilon_1^{*-}$	-1	0	1	-1	-1	1383.0

En la tabla número 3 las llamadas Resonancias aparecen como los isotripletos  $Y_1^*$  (1385) e isodoubletes  $\Xi^*$  (1530). Naturalmente que estos no son los únicos baryones hay una gran cantidad de ellos como se muestra en las tablas 6,7,8 y 9 donde la clasificación se ha hecho en base al número de extrañeza. En la tabla No. 4 se muestra el octeto de Mesones, donde las partículas simbolizadas con la letra K forman el grupo de los KAONES; y son partículas extrañas ( $s \neq 0$ ). Estos Mesones, también conocidos como octeto de Mesones pseudo escalares están agrupados como sigue: Un isosinglete  $\eta$ ; isotriplete  $\pi = (\pi^+, \pi^0, \pi^-)$ , comunmente denominados Piones. Nótese que los pares  $(\pi^+, \pi^-)$ ,  $(K^+, K^-)$ ;  $(K^0, \bar{K}^0)$ , son partícula y antipartícula respectivamente. En la tabla No. 5 se muestra los Mesones Vectoriales, donde los Mesones P forman un triplete, los Kaones forman los isodoubletes, como el  $(K^{*+}, K^{*-})$ ;  $(\bar{K}^{*0}, K^{*0})$  así mismo se tienen el isosinglete  $\omega$ ;  $\phi$ . Naturalmente que estos no son los únicos mesones que se conocen. La teoría de grupos nos da un sin número de mesones que resultan del acople tensorial de un Quark con un antiquark.

Tabla No.4 : Octeto Mesónico :  $J^P = 0^-, B = 0, \text{spin} = 0$

Partícula	Carga	Y	I	$I_3$	S	Masa(Mev)
$\pi^+$	1	0	1	1	0	139.6
$\pi^0$	0	0	1	0	0	135.0
$\pi^-$	-1	0	1	-1	0	139.6
$K^+$	1	1	1/2	1/2	1	493.8
$K^0$	0	1	1/2	-1/2	1	493.8
$K^-$	-1	-1	1/2	-1/2	-1	493.8
$\bar{K}^0$	0	-1	1/2	1/2	-1	497.8
$\bar{K}^+$	0	-1	1/2	1/2	-1	497.8
$\eta$	0	0	0	0	0	548.8

Tabla No.5: Octeto Mesones Vectoriales:

$$J^P = 1^+, B = 0; \text{spin} = 1$$

Partícula	Carga	Y	I	$I_3$	S	Masa(Mev)
$\rho^+$	1	0	1	1	0	765.0
$\rho^0$	0	0	1	0	0	
$\rho^-$	-1	0	1	-1	0	
$K^{*+}$	1	1	1/2	1/2	1	890.0
$K^{*-}$	-1	1	1/2	-1/2	1	1240.0
$K^{*0}$	0	1	1/2	-1/2	1	1420.0
$\bar{K}^{*0}$	0	-1	1/2	1/2	-1	1420.0
$\omega$	0	0	0	0	0	783.0
$\phi$	0	0	0	0	0	1020.0

Tabla No. 6 : Baryones :  $S=0, Y=1, B=1$

Partícula	I	$J^P$	Masa(Mev)
Nucleón	1/2	$1/2^+$	P(938.28) n(939.57)
N(1520)	1/2	$3/2^-$	1510-1540
N(1670)	1/2	$5/2^-$	1670-1685
N(1688)	1/2	$5/2^+$	1680-1690
N(1700)	1/2	$1/2^-$	1665-1765
N(1780)	1/2	$1/2^+$	1650-1868
N(1810)	1/2	$3/2^+$	1770-1860
N(1990)	1/2	$7/2^+$	1980-2000
N(2040)	1/2	$3/2^-$	2030-2060
N(2190)	1/2	$7/2^-$	2000-2260
$\Delta(1650)$	3/2	$1/2^-$	1615-1646
$\Delta(1670)$	3/2	$3/2^-$	1650-1720
$\Delta(1890)$	3/2	$5/2^+$	1840-1920
$\Delta(1920)$	3/2	$1/2^+$	1780-1935
$\Delta(1950)$	3/2	$1/2^+$	1930-1980

Tabla No.7 : Baryones ( $Y_0^* = \Lambda$ )  $S=-1, I=0, Y=0, B=1$

Partícula	$J^P$	Masa (Mev)
$\Lambda$	$1/2^+$	1115.6
$\Lambda$	$1/2^-$	1405.0
$\Lambda$	$3/2^-$	1518.0
$\Lambda$	$1/2^-$	1660-1680
$\Lambda$	$3/2^-$	1690
$\Lambda$	$5/2^+$	1820
$\Lambda$	$5/2^-$	1810-1840
$\Lambda$	$7/2^-$	2090-2120

Tabla No.8 : Baryones ( $Y_1^* = \Sigma$ )  $S=-1, Y=0, B=1, I=1$

Partícula	$J^P$	Masa (Mev)
$\Sigma(1670)$	$3/2^-$	1670
$\Sigma(1750)$	$1/2^-$	1700-1790
$\Sigma(1765)$	$5/2^-$	1765
$\Sigma(1915)$	$5/2^+$	1900-1930
$\Sigma(2030)$	$7/2^+$	2020-2040

Tabla No.9 : Baryones.  $I=1/2, S=-2, Y=-1, B=1$

Partícula	$J^P$	Masa (Mev)
$\Xi(1820)$	$3/2^-$	1795-1870
$\Xi(1930)$	$5/2^-$	1920-1960
$\Xi(2030)$	$5/2^+$	2030

Tabla No.10: Mesones Tensoriales:  $J^P = 2^+, B=0, Spin=2$

Partícula	Carga	Y	I	$I_3$	S	Masa(Mev)
$A_2^+$	1	0	1	1	0	1300.0
$A_2^0$	0	0	1	0	0	
$A_2^-$	-1	0	1	-1	0	
$K_{2^+}^+$	1	1	1/2	1/2	1	1420.0
$K_{2^+}^-$	-1	1	1/2	-1/2	1	
$K_{2^0}^0$	0	1	1/2	-1/2	1	
$K_{2^0}^+$	0	-1	1/2	1/2	-1	
f	0	0	0	0	0	1260.0
f'	0	0	0	0	0	1514.0

Los Mesones se desintegran vía un proceso electromagnético:

- 1)  $\pi^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$  ;
- 2)  $K^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \bar{\nu}_e$  ;
- 3)  $\pi^0 + P \rightarrow \Lambda + K^{+e}$

La desintegración más fuerte es la representada por la ecuación:

$$\eta \rightarrow P + e^- + \bar{\nu}_e$$

El Hipern Kapa ( $\Lambda$ ) se desintegra según

$$\Lambda \rightarrow P + e^- + \bar{\nu}_e$$

En la colisión Protón-Antiprotón se conserva los números, cuánticos I, B, S, Q, Y :

$$\bar{P} + P \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0 + \pi^0$$

Esta última reacción ha permitido el descubrimiento de la luz pesada conformada por las partículas W y Z<sup>0</sup>, conocidas como Weakones, con ma-

sas del orden de 160 Gev y 90 Gev respectivamente. Otro tipo de partículas son los Gravitones, partículas de masa cero, spin igual a dos y son los portadores de las llamadas fuerzas gravitacionales que controlan nuestro sistema planetario. Hay una partícula conocida como el Polarón, que no es mas que un electrón que se desplaza dentro de un cristal polar.

## QUARKS

Quiénes son? dónde están? que están haciendo? La existencia teórica de estas partículas esta inmersa en la teoría de los Grupos de Lie. El fisico Sakata asoció a la representación fundamental unitaria del grupo del Lie SU (3) el triplete de partículas (p,n, $\Lambda^0$ ) que él llamó un SAKATON.

Considerando este modelo del SU (3) él generó con el Sakatón una gama de partículas. En la figura N°.1 se muestra el esquema de un Sakatón en el plano  $Y-I_3$ . En esta figura la altura es la hipercarga, el lado del triángulo es la unidad, en los vértices van asociadas las partículas p,n, $\Omega$  por sus valores de  $Y, I_3$ ; a esta variante del Sakatón, con esta representación fundamental de SU(3), le asociamos un triplete de partículas (P, N,  $\lambda$ ), cuyos números cuánti-cos ( $Y, I_3$ ) se deducen de la figura N° 1:

$$P = (1/3, 1/2)$$

$$N = (1/3, -1/2)$$

$$\lambda = (-2/3, 0)$$

usando las relaciones  $Y-B=S$ ,  $Q=B/2+I_3^3 = Y/2+I_3^3$  (solo partículas extrañas) se obtiene:

$$Q_p = (2/3) ; Y=B=1/3, S=0$$

$$Q_N = (-1/3) ; Y=B=1/3, S=0$$

$$Q_\lambda = (-1/3) ; Y=-2/3, B=-1, S=1$$

como se puede ver, este grupo de partículas con carga fraccionada, hipercarga fraccionada fueron bautizados con Gell-Mann con el nombre de Quarks (cuyo significado es tan grotesco como "lo desconocido" o algo sin sentido). La idea es que los Quarks se encuentran dentro de los Hadrones: En este sentido la masa de un Hadron es igual a la suma de las masas de los Quarks que lo constituyen, menos, la energía de enlace. En un modelo de capas, los Quarks dentro de un Hadron están ordenados sobre capas ocupando los niveles de baja energía. Se estima que la masa de los Quarks más livianos es de 6 Gev . El cielo, la tierra, los vientos, los mares, los árboles, los animales, los seres humanos, todas las cosas están hechas de Quarks, electrones y el vacío. ●

### Bibliografía.

- a) Bacry; Groups of Symmetrie
- b) CERN, LEP
- c) CERN, "How energy becomes matter" 1983.

