Model Estàndard de Partícules Elementals

QUANTICA

Conceptualització

El Model Estàndard de Partícules Elementals és un marc teòric, construït sobre la mecànica quàntica, que tracta de descriure el conjunt de partícules fonamentals que constitueixen tota la matèria continguda en l'Univers i les interaccions entre elles. És un model consolidat sobre extenses evideències experimentals acumulades des de mitjans dels segle XX, però encara a dia d'avui és un model i no una llei natural doncs no s'ha completat del tot.

Descripció del Model Estàndard de Partícules Elementals

El Model Estàndard estableix que tota la matèria de l'Univers pot ser deconstruïda fins a les partícules elementals agrupades a la taula de la dreta. Adicionalment a les partícules elementals presentades, per cadascuna d'elles existeix una partícula elemental associada que anomenem antipartícula. El Model agrupa les partícules en categories segons un conjunt de propietats intrínseques d'aquestes tals com la massa, la càrrega elèctrica, l'spin (moment angular intrínsec), la quiralitat, la càrrega de color, etc.

Partícules Elementals

	Fermions			Bosons	
Quarks	u up	c charm	t top	γ fotó	Portadors de Força
	d down	s strange	b bottom	g gluó	
Leptons	ν_e neutrí electrònic	ν_e neutrí muònic	ν_e neutrí tauònic	Z zeta	
	e electró	μ muó	τ tauó	$W^{\pm}$ omega ±	
	I	II	III	H Higgs	
	generacions				

- → **Bosons**: Partícules amb spin enter (0,1,...). Es regeixen per l'estadística de Bose-Eintein i no es sotmeten al principi d'exclusió de Pauli, per tant poden ocupar el mateix estat quàntic i poden formar un condensat (conglomerat de bosons)

- → **Fermions**: Partícules amb spin semi-enter ($1/2$,$3/2$,...). Es regeixen per l'estadística de Fermi-Dirac i es sotmeten al principi d'exclusió de Pauli, per tant no pot haver-hi 2 fermions en el mateix estat quàntic

  - ⊣ **Leptons**: Són partícules elementals i n'hi ha de dos tipus, carregats amb la càrrega fonamental e (l'electró, el muó i el tauó) i neutres (els neutrins associats a cadascun dels anteriors)

  - ⊣ **Quarks**: Són partícules elementals amb càrrega elèctrica fraccionaria, amb càrrega de color, massa i spin. Es presenten en 6 *sabors*: down, up, strange, charm, bottom o top. Degut al fenomen anomenat confinament de color, els quarks no poden trobar-se lliures sino que sempre estaran associats amb altres quarks constituint partícules compostes anomenades **hadrons** i n'hi ha de dos tipus:

    - → **Mesons**: Partícules compostes per un quark i un antiquark (la combinació dels dos produeix un spin enter i, per tant, es comporten com a bosons)
    - → **Barions**: Partícules compostes per una tríada de quarks (la combinació dels tres produeix un spin semi-enter i, per tant, es comporten com a fermions)

Amb l'excepció de la gravetat, que queda fora del model estàndard, les altres 3 interaccions fonamentals de l'Univers són descrites en el marc del model estàndard. Els bosons fonamentals són els portadors o els intermediaris de les forces o interaccions fonamentals:

- Interacció Electromagn'etica: És d'abast infinit i l'experimenten aquelles partícules que tinguin càrrega elèctrica. Dos partícules carregades interaccionen electromagnèticament mitjançant l'intercanvi de fotons.

- Interacció Nuclear Forta: És d'abast finit (decau en pocs *fm*) i l'experimenten aquelles partícules que tinguin càrrega de color, per tant, només els quarks experimenten la força nuclear forta. Dos quarks interaccionen mitjançant l'intercanvi de gluons.

- Interacció Nuclear Dèbil: És d'abast finit (decau en dècimes de *fm*) i l'experimenten tots els fermions. Dos fermions interaccionen mitjançant l'intercanvi de bosons zeta o omega. És la única interacció capaç de canviar el sabor d'un quark i és, per tant, la interacció responsable del processos radioactius $\beta^{\pm}$

Les interaccions electromagnètica i nuclear dèbil es descriuen en un marc unificat anomenat **Teoria Electro-Dèbil**.
La interacció nuclear forta es descriu en un marc anomenat **Cromodinàmica Quàntica**.
Quan una partícula p interacciona amb la seva antipartícula $\bar{p}$ s'anihilen mutuament convertint la totalitat de les seves masses en energia pura: $p + \bar{p} = \mathrm{E} = m_p \cdot c^2 + m_{\bar{p}} \cdot c^2 = 2m_p c^2$

Model Estàndard de Partícules Elementals

QUANTICA

Caracterització de les Partícules Elementals

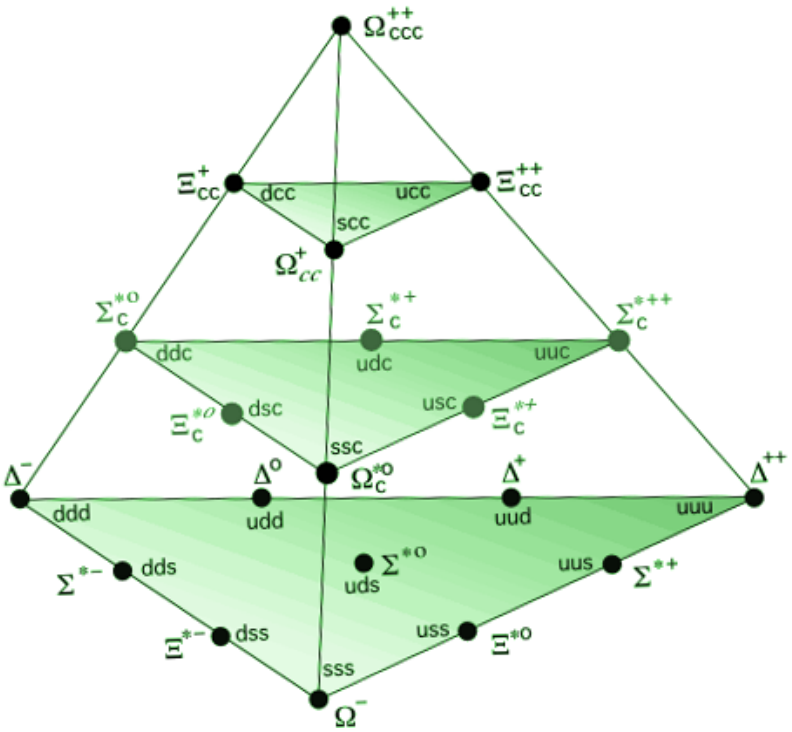
Leptons (Spin = 1/2)					
Partícula	Símbol	Massa [MeV/c^2]	Càrrega elèctrica	Vida Mitja [s]	Antipartícula
Electró	e^-	0,511	-1	∞	e^+
Muó	μ^-	105,658	-1	$2,197 \cdot 10^{-6}$	μ^+
Tauó	τ^-	1.776,84	-1	$2,906 \cdot 10^{-13}$	τ^+
Neutrí electrònic	ν_e	$< 0,0000022$	0	?	$\bar{\nu}_e$
Neutrí muònic	ν_μ	$< 0,17$	0	?	$\bar{\nu}_\mu$
Neutrí tauònic	ν_τ	$< 15,5$	0	?	$\bar{\nu}_\tau$

Quarks (Spin = 1/2)				
Partícula	Símbol	Massa [GeV/c^2]	Càrrega elèctrica	Antipartícula
up	u	0,0025	+2/3	$\bar{u}$
down	d	0,005	−1/3	$\bar{d}$
charm	c	1,2	+2/3	$\bar{c}$
strange	s	0,1	−1/3	$\bar{s}$
top	t	172	+2/3	$\bar{t}$
bottom	b	4,2	−1/3	$\bar{b}$

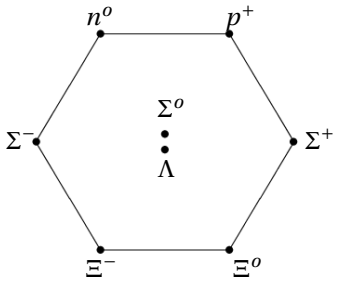
Bosons d'Intercanvi (Spin=1)			
Partícula	Símbol	Massa [GeV/c^2]	Càrrega elèctrica
Fotó	γ	0	0
Bosons W	$W^\pm$	80,4	$\pm$
Bosó Z	Z^o	91,187	0
Gluó	g	0	0

Exemples de Diagrames d'Hadrons

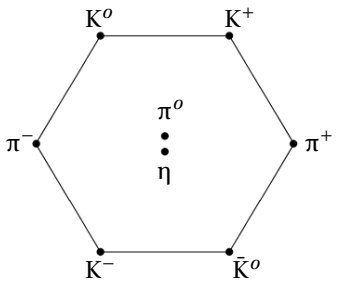
Octet de Barions d'Spin 3/2



Octet de Barions d'Spin 1/2



Octet de Mesons



Ruptura Espontània de Simetria, el Mecanisme de Higgs i la Massa de les Partícules

Una de les extensions del Model Estàndard inclou la presència del bosó de Higgs, una partícula predita teòricament que encara no ha estat mai observada. Aquesta és responsable d'atorgar massa a *totes* les altres partícules i és una peça clau per a la consolidació de la teoria. És per això que els acceleradors de partícules de tot el món, liderats pel CERN, han fet del seu descobriment una màxima prioritat