

Física de Partículas

Presentación Física Moderna 2022-1

Martin Gareis

`martingareis585@outlook.es`

September 4, 2025

Profesor teórico: Anonimo
Profesor practico: Anonimo



Contenido

1. Fuerzas fundamentales
2. Historia
3. Antipartículas
4. Clasificación
5. Como se crean y se miden
6. Leyes de Conservación
7. Partículas de resonancia
8. Patrones predicativos
9. Quarks
10. Modelo estándar





Fuerzas fundamentales

Fuerzas fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y se miden

Leyes de Conservación

Partículas extrañas Consideraciones energéticas

Partículas de resonancia

Patrones predicativos

Quarks Cromodinámica cuántica Diagramas

Modelo estándar

References



- Electromagnética:
 - Fuerza responsable de la atracción y repulsión de partículas y polos magnéticos.
- Fuerte
 - Fuerza responsable de la estabilidad nuclear de los átomos, una partícula y quarks.
- Débil
 - Fuerza responsable de la desintegración radiactiva de las partículas subatómicas.
- Gravitacional
 - Fuerza responsable de atracción de cuerpos con masa.



Electrón-Protón-Neutrón

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References



Thomson



Rutherford



Chadwick



Fuerza fuerte

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks
Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References

Yukawa predijo la existencia del meson (200 veces la masa del electrón) partícula causante de la fuerza fuerte como el fotón mediaba en el electromagnetismo. En los rayos cósmicos se encontró una partícula semejante que se denominó muon pero no tenía interacción con la fuerza fuerte. Diez años después (1947) se encontró la partícula y se definió π pion





Antipartículas

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

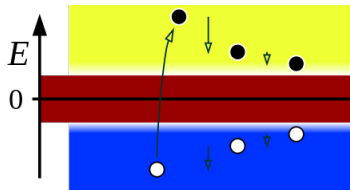
Patrones
predicativos

Quarks

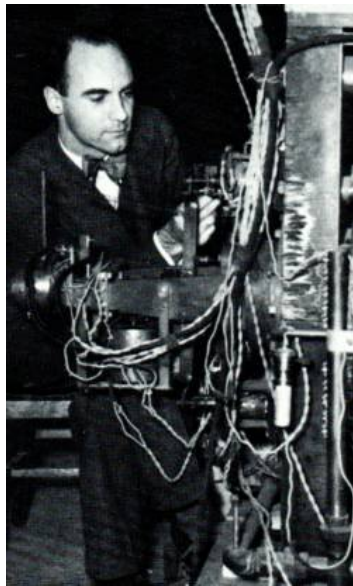
Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References



- 1920 Dirac nueva teoría Schrodinger + relatividad
- 1932 Carls Andreson Descubre positron
- Se empena en Pet
- Se acepta que cada partícula tiene su antipartícula





Clasificación de partículas

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

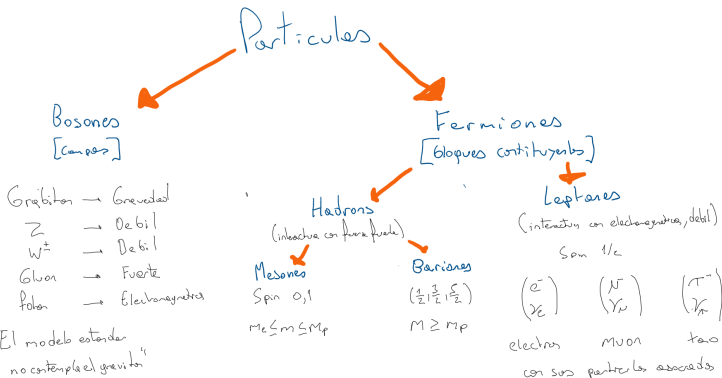
Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References





Clasificación de partículas

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References

Table 15.2 Some Particles and Their Properties

Category	Particle Name	Symbol	Anti-particle	Mass (MeV/c ²)	B	L _e	L _μ	L _τ	S	Lifetime (s)	Principal Decay Modes ^a
Leptons	Electron	e ⁻	e ⁺	0.511	0	+1	0	0	0	Stable	
	Electron-neutrino	ν _e	$\bar{\nu}_e$	<2.8 × 10 ⁻⁶	0	+1	0	0	0	Stable	
	Muon	μ ⁻	μ ⁺	105.7	0	0	+1	0	0	2.19 × 10 ⁻⁶	e ⁻ $\bar{\nu}_e$ ν _μ
	Muon-neutrino	ν _μ	$\bar{\nu}_\mu$	<3.5 × 10 ⁻⁶	0	0	+1	0	0	Stable	
	Tau	τ ⁻	τ ⁺	1784	0	0	0	+1	0	3.3 × 10 ⁻¹³	μ ⁻ $\bar{\nu}_\mu$ ν _τ , e ⁻ $\bar{\nu}_e$ ν _τ
	Tau-neutrino	ν _τ	$\bar{\nu}_\tau$	<8.4 × 10 ⁻⁶	0	0	0	+1	0	Stable	
Hadrons Mesons	Pion	π ⁺	π ⁻	139.6	0	0	0	0	0	2.60 × 10 ⁻⁸	μ ⁺ ν _μ
		π ⁰	Self	135.0	0	0	0	0	0	0.83 × 10 ⁻¹⁶	2γ
	Kaon	K ⁺	K ⁻	493.7	0	0	0	0	+1	1.24 × 10 ⁻⁸	μ ⁺ ν _μ , π ⁺ π ⁰
		K _S ⁰	$\bar{K}_S^0$	497.7	0	0	0	0	+1	0.89 × 10 ⁻¹⁰	π ⁺ π ⁻ , 2π ⁰
		K _L ⁰	$\bar{K}_L^0$	497.7	0	0	0	0	+1	5.2 × 10 ⁻⁸	π ⁻ e ⁺ $\bar{\nu}_e$, 3π ⁰
											π ⁺ μ ⁺ $\bar{\nu}_\mu$
	Eta	η	Self	548.8	0	0	0	0	0	<10 ⁻¹⁸	2γ, 3π ⁰
		η'	Self	958	0	0	0	0	0	2.2 × 10 ⁻²¹	η π ⁺ π ⁻
	Proton	p	$\bar{p}$	938.3	+1	0	0	0	0	Stable	
	Neutron	n	$\bar{n}$	939.6	+1	0	0	0	0	624	pe ⁻ $\bar{\nu}_e$
Baryons	Lambda	Λ ⁰	$\bar{\Lambda}^0$	1115.6	+1	0	0	0	-1	2.6 × 10 ⁻¹⁰	p π ⁻ , n π ⁰
	Sigma	Σ ⁺	$\bar{\Sigma}^-$	1189.4	+1	0	0	0	-1	0.80 × 10 ⁻¹⁰	p π ⁰ , n π ⁺
		Σ ⁰	$\bar{\Sigma}^0$	1192.5	+1	0	0	0	-1	6 × 10 ⁻²⁰	Λ ⁰ γ
		Σ ⁻	$\bar{\Sigma}^+$	1197.3	+1	0	0	0	-1	1.5 × 10 ⁻¹⁰	n π ⁻
	Delta	Δ ⁺⁺	$\bar{\Delta}^-$	1230	+1	0	0	0	0	6 × 10 ⁻²⁴	p π ⁺
		Δ ⁺	$\bar{\Delta}^-$	1231	+1	0	0	0	0	6 × 10 ⁻²⁴	p π ⁰ , n π ⁺
		Δ ⁰	$\bar{\Delta}^0$	1232	+1	0	0	0	0	6 × 10 ⁻²⁴	n π ⁰ , p π ⁻
		Δ ⁻	$\bar{\Delta}^+$	1234	+1	0	0	0	0	6 × 10 ⁻²⁴	n π ⁻
	Xi	Ξ ⁰	$\bar{\Xi}^0$	1315	+1	0	0	0	-2	2.9 × 10 ⁻¹⁰	Λ ⁰ π ⁰
		Ξ ⁻	$\bar{\Xi}^+$	1321	+1	0	0	0	-2	1.64 × 10 ⁻¹⁰	Λ ⁰ π ⁻
	Omega	Ω ⁻	Ω ⁺	1672	+1	0	0	0	-3	0.82 × 10 ⁻¹⁰	Ξ ⁻ π ⁰ , Ξ ⁰ π ⁻ , Λ ⁰ K ⁻

^aNotations in this column such as p π⁻, n π⁰ indicate two possible decay modes. In this case, the two possible decays are Λ⁰ → p + π⁻ and Λ⁰ → n + π⁰.

Como se crean

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

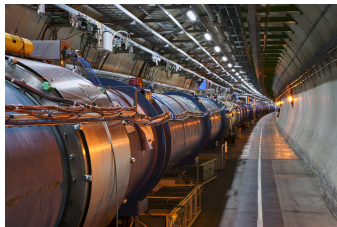
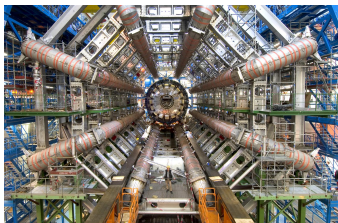
Quarks

Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References

- Partículas elementales se crean raramente en la naturaleza
- Son creadas en abundancia de forma artificial en aceleradores de partículas de altas energías



Como se miden

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

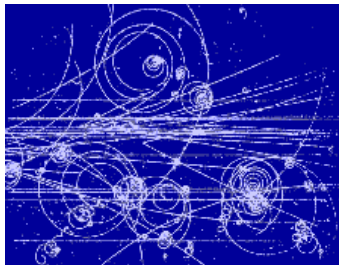
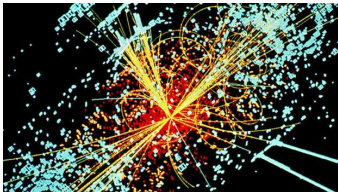
Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References

- Se utilizan como objetivo elementos simples y estables como el hidrógeno
- cerca de un estado gaseoso pero aun liquido
- Las trayectorias de las partículas dejan un camino de burbujas de hidrógeno producidas por la ionización del mismo





Leyes de Conservación

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

**Leyes de
Conservación**

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References



Útiles en
determinar que
decaimientos o
reacciones son
posibles

- Número barion: La cantidad de bariones antes y después debe conservarse.
- Número leptón: La cantidad de bariones antes y después debe leptones.



{Partículas +1} {Antipartículas -1}
Segunda ecuación no valida



Partículas extrañas

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References

- Son creadas por pares
- Decaen de forma lenta
- Son creadas por la fuerza fuerte
- Sigma (Σ) Lambda (Λ) kaon (K)
- se crean en la atmosfera por la interaccion nuclear de piones neutrones y protones



- No respetan leyes de conservación



Consideraciones energéticas en la creación de partículas

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

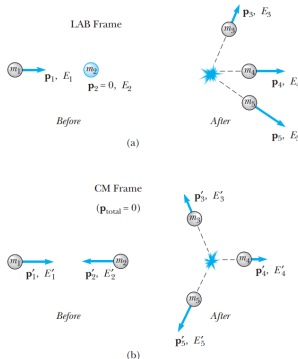
Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References



- En cualquier marco inicial $E^2 - (pc)^2$ se conserva
- $E_{cm}^2 - p_{cm}^2 c^2 = E_{lab}^2 - p_{lab}^2 c^2$
- k_{th} energía cinética necesaria de la partícula incidente
- $k_{th} = \frac{(m_3 + m_4 + m_5 + \dots)^2 c^2 - (m_1 + m_2)^2 c^2}{2m_2}$



Partículas de resonancia

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

**Partículas de
resonancia**

Patrones
predicativos

Quarks
Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References

- Como es posible medir una partícula con un tiempo de vida de $10^{-24} s$?
- Con lo mejor de lo mejor podemos medir 1 micrón $10^{-6} m$ que a $0.99c$ equivale a $0,33 \times 10^{-14} s$ y por transformación de Lorentz 4×10^{-16}

Ejemplo decaimiento partícula Δ^+

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

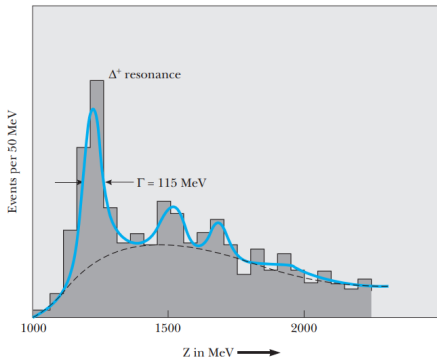
Modelo estándar

References

$$e^- + p \rightarrow [e^- + \Delta^+] \rightarrow e^- + \pi^+ + n \quad (7.1)$$

$$[\Delta^+ \rightarrow \pi^+ + n] \quad (7.2)$$

■ tiempo de vida 10^{-24}





Que es z?

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References

$$E_{\Delta}^2 = (p_{\Delta}c)^2 + (m_{\Delta}c^2)^2$$

$$m_{\Delta}c^2 = \sqrt{(E_{\pi} + E_n)^2 - (\mathbf{p}_{\pi} + \mathbf{p}_n)^2 c^2}$$

$$m_{\Delta}c^2 = \sqrt{E_{\Delta}^2 - (p_{\Delta}c)^2}$$

$$Z = \sqrt{(E_{\pi} + E_n)^2 - (\mathbf{p}_{\pi} + \mathbf{p}_n)^2 c^2}$$

$$\Delta E \Delta t \approx \hbar/2,$$

$$\Delta t \approx \frac{\hbar}{2\Delta E} = \frac{\hbar}{\Gamma}$$

$$\Delta t \approx \frac{\hbar}{\Gamma} = \frac{6.6 \times 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}}{115 \times 10^6 \text{ eV}} = 5.7 \times 10^{-24} \text{ s}$$





Patrones predicativos

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

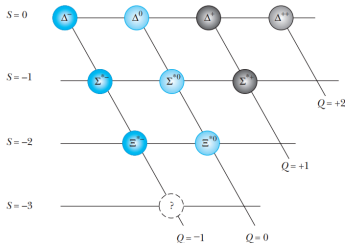
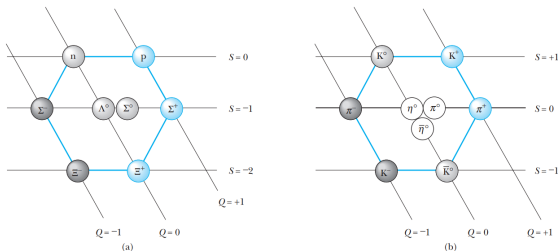
Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References





El camino óctuple

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks
Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References



- 1961 Murray Gell-man establece el camino octuple (referencia budista)
- Mapa triangular de la imagen anterior predice existencia de partícula Ω
- predice su masa, extrañesa y su carga
- 1964 se descubre experimentalmente con un error en su masa del 0.7%
- Metodo efectivo
- Aunque tenia falsos positivos de los 26 mesones listados 19 eran falsos



Quarks

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

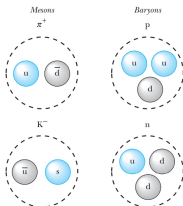
Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References

- Forman los hadrones
protones neutrones etc
- En modelo original (1963)
solo estaban los up down y
strange



Types of Quark





Quarks

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References

Table 15.3 Properties of Quarks and Antiquarks

Quarks								
Name	Symbol	Spin	Charge	Baryon Number	Strangeness	Charm	Bottomness	Topness
Up	u	$\frac{1}{2}$	$+\frac{2}{3}e$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0
Down	d	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}e$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0
Strange	s	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}e$	$\frac{1}{3}$	-1	0	0	0
Charmed	c	$\frac{1}{2}$	$+\frac{2}{3}e$	$\frac{1}{3}$	0	+1	0	0
Bottom	b	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}e$	$\frac{1}{3}$	0	0	+1	0
Top	t	$\frac{1}{2}$	$+\frac{2}{3}e$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	+1

Antiquarks								
Name	Symbol	Spin	Charge	Baryon Number	Strangeness	Charm	Bottomness	Topness
Anti-up	$\bar{u}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}$	0	0	0	0
Anti-down	$\bar{d}$	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{3}e$	$-\frac{1}{3}$	0	0	0	0
Anti-strange	$\bar{s}$	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{3}e$	$-\frac{1}{3}$	+1	0	0	0
Anti-charmed	$\bar{c}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}$	0	-1	0	0
Anti-bottom	$\bar{b}$	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{3}e$	$-\frac{1}{3}$	0	0	-1	0
Anti-top	$\bar{t}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}$	0	0	0	-1

Up	Charm	top	Charge
$1/300 P$	P	$17.3 P$	$2/3$
Down	Strange	bottom	$-1/3$
$P/200$	$P/10$	$4P$	



Quarks

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References



$$\text{Espera? } \frac{2}{500} + \frac{1}{200} = \frac{400}{10000} \approx \frac{4}{100} \text{ p}$$

Partícula Δ^{++}

3 Quarks up

Principio de exclusión de Pauli

Es imposible 3 partículas idénticas
en el mismo estado fermiónico

Spin Δ^{++} $3/2$

Spin de Quarks up $\uparrow \uparrow \uparrow$

para sumar $3/2$

$\Rightarrow$ Aparece el color

Imposible



Cromodinamica cuantica

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

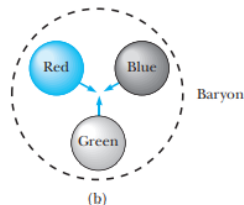
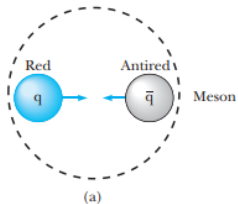
Quarks

Cromodinamica cuantica
Diagramas

Modelo estándar

References

- La fuerza de color (fuerza fuerte) une los quarks
- No se ha observado Quarks individuales
- Fuerza que aumenta con la distancia
- Anti-Quark => Anti-color
- Mesones y Baryones son color neutral
- Diferentes colores se atraen semejantes se repelen





Cromodinámica cuántica

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

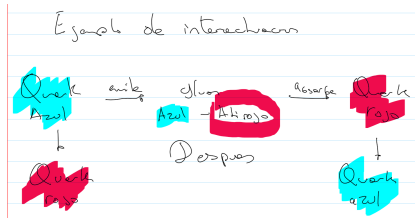
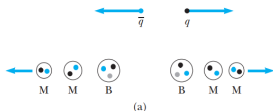
Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References



- Al separar dos quarks la energía aumenta creándose nuevas partículas
- Un quark individual requiere energía infinita
- Evidencia experimental
 - Retrocesos de electrones de alta energía dispersados por los protones se modelaba con 3 masas puntuales
 - El electrón incidente interactuaba con la mitad de la masa de protones los quarks y con la otra no que esta formada de gluones

Diagramas

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

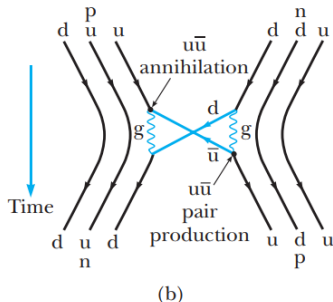
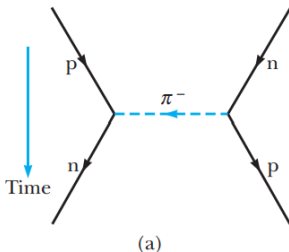
Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References



- Diagrama de Feynman
- Útil como simplificación en la actualidad

- $p + n \rightarrow n + p$
- Diagrama de Quarks
- Representa fielmente la realidad



Modelo estándar

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

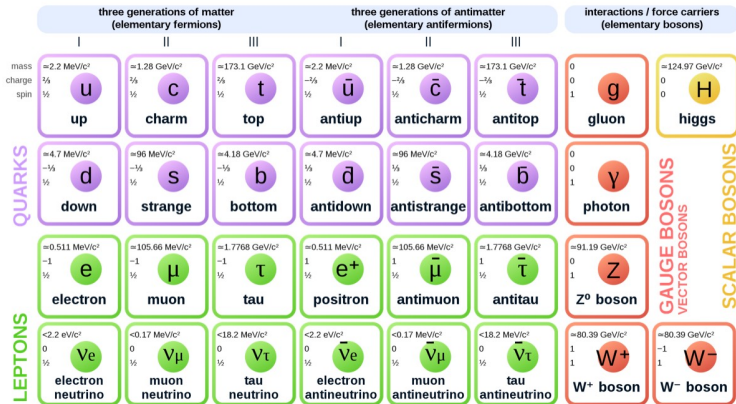
Quarks

Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References

Standard Model of Elementary Particles



Bosones interacción

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas

Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

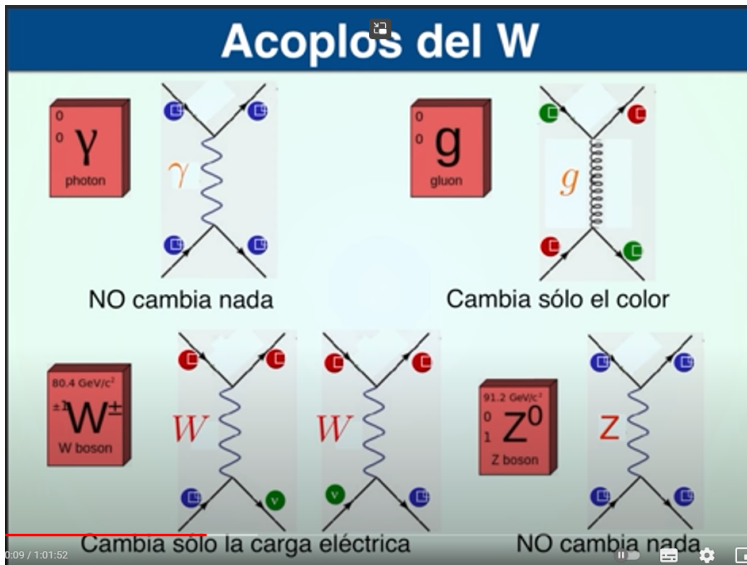
Quarks

Cromodinámica cuántica

Diagramas

Modelo estándar

References





Referencias I

Fuerzas
fundamentales

Historia

Antipartículas

Clasificación

Como se crean y
se miden

Leyes de
Conservación

Partículas extrañas
Consideraciones
energéticas

Partículas de
resonancia

Patrones
predicativos

Quarks

Cromodinámica cuántica
Diagramas

Modelo estándar

References

- J.E. Solís-Pérez (CENIDET-DIE) presentation theme for beamer J.E. Solís-Pérez [correo omitido] 2018
- Serway, Moses, y Moyer, Modern Physics (2005)
- Instituto de física teorica ift
- Canal de youtube MathArg

Gracias

Alguna pregunta?

Martin Gareis

