

TABLAS

1

LEPTONES («leptos»: ligero). Una tabla análoga puede construirse para las antipartículas correspondientes. Los valores de la masa, spin y vida media son iguales para partículas y antipartículas, pero la carga eléctrica y el número leptónico tendrán valores opuestos. El número bariónico de estas partículas es nulo.

Fecha (Descubrimiento)	Partícula	Carga eléctrica	Masa (MeV/c ²)	Spin	Vida media (segundos)	Número leptónico
1897	e ⁻	-1	0,51	1/2	estable	L _e = 1
1953	ν _e ⁻	0	< 4,6 × 10 ⁻⁵	1/2	estable	L _e = 1
1936	μ ⁻	-1	105,7	1/2	2,2 × 10 ⁻⁶	L _μ = 1
1961	ν _μ ⁻	0	< 0,25	1/2	estable	L _μ = 1
1975	τ ⁻	-1	1 807	1/2	3 × 10 ⁻¹³	L _τ = 1
	ν _τ ⁻	0	< 70	1/2	?	L _τ = 1

En Física de Altas Energías se expresan las masas en unidades de energía, de acuerdo con la equivalencia siguiente entre masa y energía: E = mc². En todas las tablas, la carga eléctrica viene dada en unidades del valor absoluto de la carga del electrón.

2

BARIONES ESTABLES (HADRONES) («hadros»: fuerte; «baryos»: pesado). Las partículas de la tabla tienen número bariónico igual a la unidad. Una tabla análoga se puede construir para las antipartículas correspondientes; los valores de la masa, spin y la vida media son iguales a los de las correspondientes partículas; las cargas eléctricas tienen valores opuestos, y el número bariónico sería igual a -1; en cuanto a los constituyentes, basta sustituir quarks por antiquarks. (u → \bar{u} , etc.).

Partícula	Masa (MeV/c ²)	Spin	Vida media (segundos)	Composición en quarks	Carga eléctrica	Paridad intrínseca
p	938,28	1/2	> 3 × 10 ³² años	u u d	1	1
n	939,57	1/2	898 ± 16	u d d	0	1
Λ ⁰	1 115,60	1/2	2,63 × 10 ⁻¹⁰	u d s	0	1
Σ ⁺	1 189,36	1/2	0,8 × 10 ⁻¹⁰	u u s	1	1
Σ ⁰	1 192,46	1/2	5,8 × 10 ⁻²⁰	u d s	0	1
Σ ⁻	1 197,34	1/2	1,48 × 10 ⁻¹⁰	d d s	-1	1
Ξ ⁰	1 314,9	1/2	2,9 × 10 ⁻¹⁰	u s s	0	1
Ξ ⁻	1 321,32	1/2	1,64 × 10 ⁻¹⁰	d s s	-1	1
Ω ⁻	1 672,45	3/2	0,82 × 10 ⁻¹⁰	s s s	-1	1
Λ _c ⁺	2 282,2	1/2	2,3 × 10 ⁻¹³	u d c	1	1

3

MESONES ESTABLES (HADRONES). Los mesones tienen número bariónico igual a cero.

Partícula (Antipartícula)	Masa (MeV/c ²)	Spin	Composición en quarks	Vida media (segundos)	Carga eléctrica	Paridad intrínseca
π ⁺ (π ⁻)	139,57	0	$\bar{d}u$ (u \bar{d})	2,6 × 10 ⁻⁸	1 (-1)	-1
π ⁰	134,96	0	$\bar{u}u/\bar{d}d$	0,87 × 10 ⁻¹⁶	0	-1
K ⁻ (K ⁺)	493,67	0	$\bar{u}s$ (u \bar{s})	1,24 × 10 ⁻⁸	-1 (1)	-1
\bar{K}^0 (K ⁰)	497,72	0	$\bar{d}s$ (d \bar{s})	0,89 × 10 ⁻¹⁰ (K _S) 5,18 × 10 ⁻⁸ (K _L)	0	-1
η	548,8	0	$\bar{u}u/\bar{d}d/\bar{s}s$	0,7 × 10 ⁻¹⁸	0	-1

Las partículas π⁰ y η coinciden con sus antipartículas. La notación $\bar{u}u/\bar{d}d$ para π⁰, por ejemplo, quiere decir que π⁰ tiene unas ciertas probabilidades de estar formado o bien por $\bar{u}u$ o bien por $\bar{d}d$. La interpretación de esa notación para otros casos es similar.

4

RESONANCIAS MESÓNICAS (las mencionadas en el texto). Para una tabla exhaustiva, ver bibliografía. Su número bariónico es nulo. Su paridad intrínseca es igual a (-1).

Partícula	Carga eléctrica	Masa (MeV/c ²)	Spin	Vida media (segundos)	Composición en quarks
ρ^-	-1	770	1	$0,4 \times 10^{-23}$	$\bar{d}\bar{u}$
ρ^0	0	770	1	$0,4 \times 10^{-23}$	$u\bar{u}/d\bar{d}$
ρ^+	1	770	1	$0,4 \times 10^{-23}$	$\bar{d}u$
ω	0	783	0	$0,7 \times 10^{-22}$	$u\bar{u}/d\bar{d}/s\bar{s}$
η'	0	958	0	$2,7 \times 10^{-21}$	$u\bar{u}/d\bar{d}/s\bar{s}$
Φ	0	1 020	1	$1,5 \times 10^{-22}$	$u\bar{u}/d\bar{d}/s\bar{s}$

5

RESONANCIAS BARIÓNICAS (las mencionadas en el texto). Para una tabla exhaustiva, ver bibliografía. Su número bariónico es igual a la unidad. Su paridad intrínseca es igual a 1.

Partícula	Carga eléctrica	Masa (MeV/c ²)	Spin	Vida media (segundos)	Composición en quarks
Δ^{++}	2	1 232	3/2	$0,5 \times 10^{-23}$	uuu
Δ^+	1	1 232	3/2	$0,5 \times 10^{-23}$	duu
Δ^0	0	1 232	3/2	$0,5 \times 10^{-23}$	ddu
Δ^-	-1	1 232	3/2	$0,5 \times 10^{-23}$	ddd
Σ^{*+}	+1	1 385	3/2	$0,2 \times 10^{-22}$	uus
Σ^{*0}	0	1 385	3/2	$0,2 \times 10^{-22}$	duu
Σ^{*-}	-1	1 385	3/2	$0,2 \times 10^{-22}$	dds
Ξ^{*0}	0	1 530	3/2	$0,7 \times 10^{-22}$	uss
Ξ^{*-}	-1	1 530	3/2	$0,7 \times 10^{-22}$	dss

6

MESONES en cuya composición en quarks intervienen el quark y antiquark «encantados». Su número bariónico es nulo. Su paridad intrínseca es igual a (-1).

Partículas (Antipartículas)	Masa (MeV/c ²)	Spin	Vida media	Composición en quarks	Carga eléctrica
D^0 (\bar{D}^0)	1 864,6	0	$4,3 \times 10^{-13}$	$c\bar{u}$ ($\bar{c}u$)	0
D^- (D^+)	1 869,3	0	$9,2 \times 10^{-13}$	$\bar{c}d$ ($c\bar{d}$)	-1 (1)
$D_s^-(D_s^+)$	1 970,5	0	$2,8 \times 10^{-13}$	$\bar{c}s$ ($c\bar{s}$)	-1 (1)
J/Ψ	3 097	1	$1,04 \times 10^{-20}$	$c\bar{c}$	0

7

MESONES en cuya composición en quarks intervienen el quark y antiquark con «belleza». Su número bariónico es nulo. Su paridad intrínseca es igual a (-1).

Partículas (Antipartículas)	Masa (MeV/c ²)	Spin	Vida media	Composición en quarks	Carga eléctrica
B^0 (\bar{B}^0)	5 275,2	0	$14,2 \times 10^{-13}$	$d\bar{b}$ ($\bar{d}b$)	0
B^- (B^+)	5 271,2	0	$14,2 \times 10^{-13}$	$b\bar{u}$ ($\bar{b}u$)	-1 (1)
Υ	9 460	1	$0,17 \times 10^{-19}$	$b\bar{b}$	0

CUADROS

1

LAYES DE CONSERVACIÓN

(+ indica conservada; — indica no conservada)

Cantidad conservada	Símbolo	Interacción fuerte	Interacción electromagnética	Interacción débil
Energía	<i>E</i>	+	+	+
Momento lineal	<i>P</i>	+	+	+
Momento angular total	<i>J</i>	+	+	+
Carga eléctrica	<i>Q</i>	+	+	+
Número bariónico	<i>B</i>	+	+	+
Número leptónico electrónico	<i>L_e</i>	+	+	+
Número leptónico muónico	<i>L_μ</i>	+	+	+
Número leptónico tauónico	<i>L_τ</i>	+	+	+
Isospin	<i>I</i>	+	—	—
Tercera componente de Isospin	<i>I₃</i>	+	+	—
Paridad	<i>P</i>	+	+	—
Conjugación de carga	<i>C</i>	+	+	—
Conjugación de carga — Paridad (*)	<i>CP</i>	+	+	—
Inversión temporal	<i>T</i>	+	+	—
Conjugación de carga — Paridad — Inversión temporal	<i>CPT</i>	+	+	+
Extrañeza	<i>S</i>	+	+	—
Encanto	<i>C</i>	+	+	—
Belleza	<i>B</i>	+	+	—
Verdad	<i>T</i>	+	+	—

(*) La violación de CP en interacciones débiles es muy pequeña (comparada, por ejemplo, con la de paridad).

2

Quarks	Masa (MeV/c ²)	Spin	<i>I</i>	<i>I₃</i>	<i>Q</i>	<i>B</i>	<i>S</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>T</i>
u	≈ 5	1/2	1/2	1/2	2/3	1/3	0	0	0	0
d	≈ 10	1/2	1/2	-1/2	-1/3	1/3	0	0	0	0
s	≈ 150	1/2	0	0	-1/3	1/3	-1	0	0	0
c	≈ 1 500	1/2	0	0	2/3	1/3	0	1	0	0
b	≈ 5 000	1/2	0	0	-1/3	1/3	0	0	-1	0
t	?	1/2	0	0	2/3	1/3	0	0	0	1

Quarks: u («up»), d («down»); s («strange»), c («charm»), b («bottom»), t («top»). La tabla para los antiquarks (\bar{u} , \bar{d} , etc.) es análoga, salvo que los valores de *I*₃ (3.^a componente de isospin), *Q* (carga eléctrica), *B* (número bariónico), *S* (extrañeza), *C* («encanto»), *B* («belleza»), *T* («verdad») son opuestos; los valores de la masa, spin e isospin son iguales a los de los quarks correspondientes.

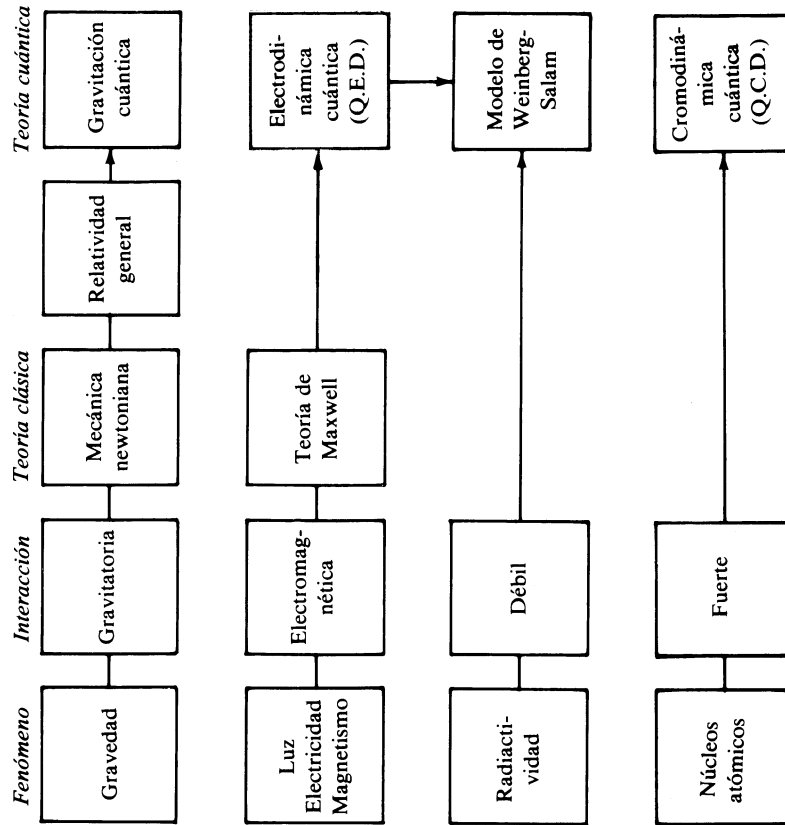
3

LAS CUATRO INTERACCIONES FUNDAMENTALES: gravitatoria, electromagnética, fuerte y débil.

Interacción	Escenario (ejemplos)	Alcance (ejemplos)	Intensidad relativa (a la interacción fuerte)	Cuanto mediador	Masa del mediador (GeV/c ²)	Spin del experimental	Detección
Gravitatoria	Cosmos	Infinito	10 ⁻³⁸	Gravitón	0	2	No
Electromagnética	Átomos Moléculas	Infinito	10 ⁻²	Fotón	0	1	Sí
Fuerte	Núcleos	10 ⁻¹³ cm	1	Gluones	0	1	indirecta
Débil nucleares	Desintegraciones nucleares	< 10 ⁻¹⁵ cm	10 ⁻¹²	W ⁺ , W ⁻ , Z ⁰	m _{W[±]} = 80,9 m _{Z⁰} = 93	1	Sí

4

LAS INTERACCIONES FUNDAMENTALES Y SUS TEORÍAS CORRESPONDIENTES



5

LAS TEORÍAS DE UNIFICACIÓN —EN TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS— DE LAS INTERACCIONES FUNDAMENTALES

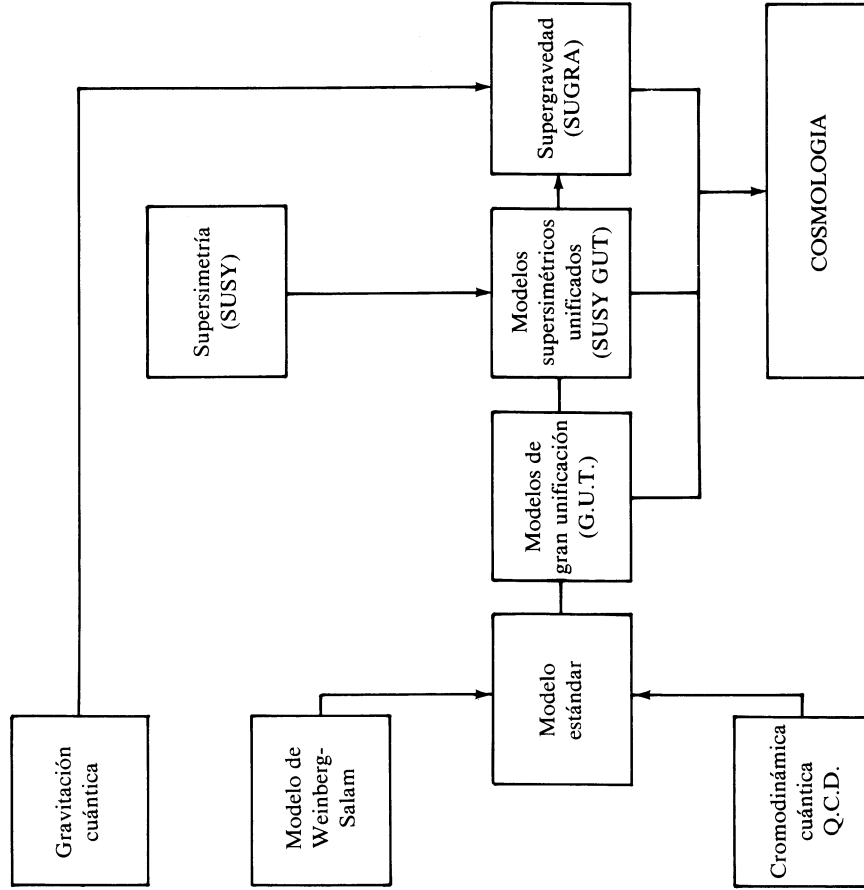


TABLE 1.3 Fundamental interactions ($M = \text{nucleon mass}$)

Interaction	Gravity	Electro-magnetic	Weak	Strong
			Intermediate bosons W^\pm, Z^0	
Field quantum	Graviton	Photon		Gluon
Spin-parity	2^+	1^-	$1^-, 1^+$	1^-
Mass (mc^2), GeV	0	0	80-90	0
Range, m	∞	∞	10^{-18}	$\leq 10^{-15}$
Source	Mass	Electric charge	“Weak charge”	“Color charge”
Coupling	K (Newton)	—	G (Fermi)	—
Dimensionless coupling constant	$KM^2/\hbar c = 0.53 \times 10^{-38}$	$\alpha = e^2/4\pi\hbar c = \frac{1}{137}$	$(Mc/\hbar)^2 G/\hbar c = 1.02 \times 10^{-5}$	$\alpha_s \sim 1$, large r < 1 , small r
Typical cross-section, m^2 (1 GeV)	—	10^{-33}	10^{-44}	10^{-30}
Typical lifetime for decay, s	—	10^{-20}	10^{-8}	10^{-23}

TABLE 1.4 Conservation rules

Conserved quantity	Interaction		
	Strong	Electromagnetic	Weak
Energy/momentum	Yes	Yes	Yes
Charge			
Baryon number			
Lepton number			
I (isospin)	Yes	No	No ($\Delta I = 1$ or $\frac{1}{2}$)
S (strangeness)	Yes	Yes	No ($\Delta S = 1, 0$)
C (charm)	Yes	Yes	No ($\Delta C = 1, 0$)
P (parity)	Yes	Yes	No
C (charge-conjugation parity)	Yes	Yes	No
CP (or T)	Yes	Yes	Yes ^a
CPT	Yes	Yes	Yes

^a But 10^{-3} violation in K^0 decay.

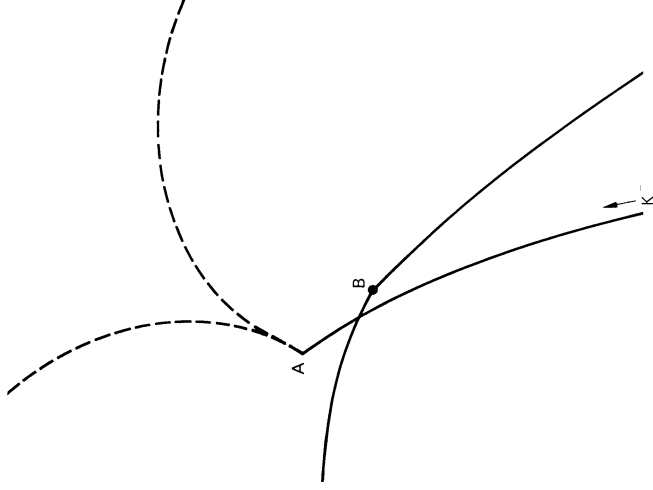


Figure 4.5 Example of the reaction $K^- + p \rightarrow \Lambda + \pi^0$ occurring when a K^- -meson comes to rest in a hydrogen bubble chamber, at the point A . The neutral pion undergoes Dalitz decay, $\pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$. The Λ -hyperon decays ($\Lambda \rightarrow \pi^- + p$) at the point B . (Courtesy CERN.)

TABLE . Isospin and strangeness assignments for particles decaying by weak or electromagnetic interactions

		I_3					
B	S	I	-1	$-\frac{1}{2}$	0	$+\frac{1}{2}$	$+1$
1	0	$\frac{1}{2}$		n		p	
1	-1	0			Λ		
0	0	1	π^-		π^0		π^+
0	+1	$\frac{1}{2}$		K^0		K^+	
0	-1	$\frac{1}{2}$		K^-		\bar{K}^0	
1	-1	1	Σ^-		Σ^0		Σ^+
1	-2	$\frac{1}{2}$		Ξ^-		Ξ^0	
1	-3	0			Ω^-		
0	0	0			η		

Fig. 8.4. The basic set of elementary particles known by the early 1950s.

