O MODELO PADRÃO DAS
PARTÍCULAS E INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS

O Modelo Padrão é uma teoria quântica que resume o nosso conhecimento actual da física das partículas e interacções fundamentais (as interacções manifestam-se através das forças e dos decaimentos das partículas instáveis).

FERMIÕES

constituintes da matéria
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Leptões spin =1/2

Sabor	Massa GeV/c^2	Carga Eléctrica
ν_L neutrino* mais leve	$(0-2)\times10^{-9}$	0
e electrão	0.000511	–1
ν_M neutrino* intermédio	$(0.009-2)\times10^{-9}$	0
μ muão	0.106	–1
ν_H neutrino* pesado	$(0.05-2)\times10^{-9}$	0
τ tau	1.777	–1

Quarks spin =1/2

Sabor	Massa Aprox. GeV/c^2	Carga Eléctrica
u up	0.002	2/3
d down	0.005	–1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	–1/3
t top	173	2/3
b bottom	4.2	–1/3

*Ver em baixo o parágrafo sobre neutrinos.

Spin é o momento angular intrínseco das partículas. O spin é dado em unidades de ħ, que é a unidade quântica de momento angular, com $\hbar = h/2\pi = 6.58\times10^{-25}$ GeV s $=1.05\times10^{-34}$ J s.

Cargas eléctricas são dadas em unidades de carga eléctrica do protão. Em unidades SI, a carga eléctrica do protão é 1.60×10^{-19} coulomb.

A unidade de **Energia** em física de partículas é o electrão-volt (eV), a energia ganha por um electrão ao atravessar a diferença de potencial de um volt. **Massas** são dadas em GeV/c^2 (E= mc^2) em que 1 GeV = 10^9 eV $=1.60\times10^{-10}$ joule.
A massa do protão é 0.938 GeV/c^2 = 1.67×10^{-27} kg.

Neutrinos

Os neutrinos são produzidos no Sol, supernovas, reactores nucleares, colisões em aceleradores, e muitos outros processos. Qualquer neutrino pode ser descrito como um de três estados de sabor de neutrinos: ν_e, ν_μ, ou ν_τ, de acordo com o tipo de leptão associado na sua produção. Cada estado destes é uma mistura quântica de três estados de massa de neutrinos ν_L, ν_M, e ν_H, para os quais os intervalos de massas são indicados na tabela. O estudo dos neutrinos pode ajudar à compreensão da assimetria matéria--antimatéria e da evolução das estrelas e das estruturas das galáxias.

Matéria e Antimatéria

Para cada tipo de partícula existe o correspondente tipo de antipartícula, indicado com uma barra sobre o símbolo da partícula (excepto se se mostrar a carga + ou –). A partícula e a antipartícula têm a mesma massa e spin mas cargas eléctricas opostas. Alguns bosões electricamente neutros (por ex., Z^0, γ, e $\eta_c = c\bar{c}$, mas não $K^0 = d\bar{s}$) são as próprias antipartículas.

Estrutura dentro do Átomo

Se os protões e neutrões tivessem um tamanho de 10 cm, então os quarks e os electrões seriam menores do que 0.1 mm, e o átomo teria 10 km de diâmetro.

BOSÕES

mediadores das forças
spin = 0, 1, 2, ...

Electrofraca spin = 1

Nome	Massa GeV/c^2	Carga Eléctrica
γ fotão	0	0
W^-	80.39	–1
W^+ bosões W	80.39	+1
Z^0 bosão Z	91.188	0

Forte (cor) spin = 1

Nome	Massa GeV/c^2	Carga Eléctrica
g gluão	0	0

Bosão de Higgs spin = 0

Nome	Massa GeV/c^2	Carga Eléctrica
H Higgs	126	0

Bosão de Higgs

O bosão de Higgs é um elemento fundamental do Modelo Padrão. A sua descoberta confirma o mecanismo pelo qual as partículas elementares adquirem massa.

Carga de cor

Só os quarks e os gluões é que possuem "carga de cor" e são sensíveis à interacção forte. Cada quark pode ter uma de três cores ("vermelho", "verde", "azul"). Mas estas não têm nada que ver com as cores da luz visível. Tal como as partículas electricamente carregadas interagem trocando fotões, nas interacções fortes, partículas com carga de cor interagem trocando gluões.

Quarks Confinados em Mesões e Bariões

Quarks e gluões não podem ser isolados – estão confinados em partículas de cor neutra chamadas **hadrões**. Este confinamento (ligação) resulta das múltiplas trocas de gluões entre os constituintes "coloridos". Quando as partículas "coloridas" (quarks e gluões) se afastam, a energia no campo de forças de cor entre elas aumenta. Esta energia pode ser convertida em sucessivos pares quark-antiquark. Estes quarks (q) e antiquarks ($\bar{q}$) combinam-se em hadrões, que são as partículas observáveis.

Dois tipos de hadrões foram observados na natureza: **mesões** $q\bar{q}$ e **bariões** qqq. Entre os muitos tipos de bariões observados temos o protão (uud), antiprotão ($\bar{u}\bar{u}\bar{d}$), e neutrão (udd). As cargas eléctricas dos quarks somam-se para o protão ter carga 1 e o neutrão carga 0. Entre os vários tipos de mesões temos o pião π^+ ($u\bar{d}$), kaão K^- ($s\bar{u}$), e B^0 ($d\bar{b}$).

Saiba mais em **ParticleAdventure.org**

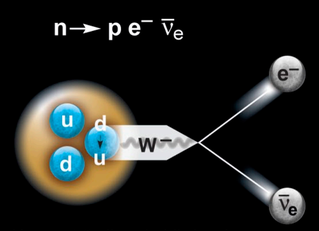
Propriedades das Interacções

As intensidades das interacções são indicadas relativamente à intensidade da força electromagnética entre dois quarks u separados pelas distâncias referidas.

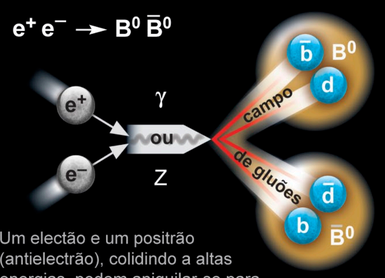
Propriedade	Interacção Gravítica	Interacção Fraca (Electrofraca)	Interacção Electromagnética (Electrofraca)	Interacção Forte
Actua em:	Massa – Energia	Sabor	Carga Eléctrica	Carga de cor
Partículas afectadas:	Todas	Quarks, Leptões	Electricamente carregadas	Quarks, Gluões
Partículas mediadoras:	Gravitão (ainda por observar)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluões
Intensidade a 10^{-18} m	10^{-41}	0.8	1	25
Intensidade a 3×10^{-17} m	10^{-41}	10^{-4}	1	60

Processos com Partículas

Estes diagramas são concepções artísticas. Áreas alaranjadas representam as núvens de gluões.



Um neutrão livre (udd) decai para um protão (uud), um electrão, e um antineutrino, através de um bosão W virtual (mediador). Este é o decaimento β (beta) do neutrão.

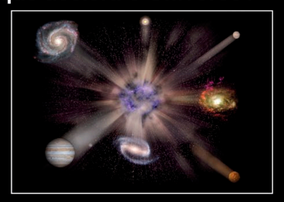


Um electão e um positrão (antielectrão), colidindo a altas energias, podem aniquilar-se para produzir mesões B^0 e $\bar{B}^0$ por meio de um bosão Z ou fotão virtuais.

Mistérios por resolver

Motivados por novas questões na nossa compreensão física do Universo, os físicos de partículas seguem caminhos diferentes na direcção de novas descobertas maravilhosas. As experiências poderão vir a encontrar dimensões extra de espaço, buracos negros microscópicos, ou sinais da teoria das cordas.

Porque acelera o Universo?



A expansão do Universo parece estar a acelerar. Será devido à Constante Cosmológica de Einstein? Se não, poderão as experiências vir a revelar novas forças da Natureza ou até dimensões (escondidas) de espaço?

Onde está a Antimatéria?

Matéria e antimatéria terão sido criadas em iguais quantidades no Big Bang. Porque é que agora vemos só matéria, à excepção de quantidades diminutas de antimatéria criadas em laboratório ou nos Raios Cósmicos?

O que é a Matéria Escura?

Grande parte da massa observada nas galáxias e aglomerados de galáxias é formada por matéria invisível. Pode esta matéria escura ser feita de novos tipos de partículas que apenas interagem fracamente com a matéria normal?

Existem Dimensões Extra?

Uma indicação para dimensões extra de espaço pode ser a baixíssima intensidade da força gravítica, quando comparada com as outras três forças fundamentais da Natureza (um íman pode levantar um clip, sobrepondo-se à gravidade exercida por todo o planeta Terra).

©2014 Contemporary Physics Education Project. CPEP é uma organização não lucrativa de professores, físicos, e educadores. Saiba mais sobre os websites e produtos CPEP em **CPEPphysics.org**.
Realizado com o apoio de:
U.S. Department of Energy, U.S. National Science Foundation, & Lawrence Berkeley National Laboratory.

Versão em português preparada no LIP [www.lip.pt] com o apoio da Ciência Viva