

TEORIA DE TUDO

A «Teoria de Tudo» é o título de um filme de 2014 que se inspira na vida de um dos maiores físicos contemporâneos: Stephen W. Hawking. Mas a Teoria de Tudo é bastante mais do que simplesmente um filme.

O **Modelo Padrão da Física das Partículas** é uma teoria que descreve as partículas fundamentais que constituem o Universo conhecido e três das interações fundamentais entre essas partículas: eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca. Este modelo foi desenvolvido durante a última metade do século XX e explica, com sucesso, praticamente todos os resultados experimentais e prevê diversos fenómenos.

O êxito deste modelo foi reforçado com a descoberta de partículas por ele previstas: a existência de seis *quarks*, o último dos quais descoberto em 1995 (o *quark top*, t), a descoberta do *neutrino do tau* (n_τ), em 2000, e a confirmação da existência do bóson de Higgs em 2013¹. Em consequência do seu sucesso, o Modelo Padrão é por vezes conhecido, meio a brincar, meio a sério, como a «teoria de quase tudo». Teoria de **quase** tudo porque lhe falta explicar a interação gravítica.



Partículas de matéria

No estado atual do conhecimento, toda a matéria que nos rodeia é feita de dois tipos de partículas fundamentais – **quarks** e **leptões**.

Os *quarks* e os leptões estão divididos em 6 **sabores** e relacionam-se entre si aos pares designados **gerações**.

Os *quarks* e leptões mais leves são os mais estáveis e constituem a primeira geração (tabela 1). Toda a matéria estável do universo é constituída por partículas da primeira geração: os *quarks up* e *down* e os leptões **elétron** e **neutrino** do elétron. As partículas de segunda e terceira geração, de maior massa, decaem rapidamente para o nível seguinte mais estável.

¹ François Englert e Peter Higgs foram galardoados com o prémio Nobel da Física, em 2013, pela descoberta teórica do mecanismo que contribui para a compreensão da origem da massa das partículas subatómicas.



PARTÍCULAS DE MATÉRIA						
	1.ª geração	Massa ² Carga Spin	2.ª geração	Massa ² Carga Spin	3.ª geração	Massa ² Carga Spin
quarks	Up (u)	2,3 MeV	Charm (c)	1,275 GeV	Top (t)	173,07 GeV
		+2/3		+2/3		+2/3
		1/2		1/2		1/2
	Down (d)	4,8 MeV	Strange (s)	95 MeV	Bottom (b)	4,18 GeV
		-1/3		-1/3		-1/3
		1/2		1/2		1/2
leptões	Elétron (e)	0,511 MeV	Muão (μ)	105,7 MeV	Tau (τ)	1,777 GeV
		-1		-1		-1
		1/2		1/2		1/2
	Neutrino do elétron (ν _e)	<2 eV	Neutrino do muão (ν _μ)	<0,19 MeV	Neutrino do tau (ν _τ)	<18,2 MeV
		0		0		0
		1/2		1/2		1/2

Cada uma destas partículas fundamentais tem a correspondente antipartícula, com carga simétrica.

Os elétrons e os neutrinos do elétron (muitas vezes designados somente por neutrinos) podem existir isolados. Os *quarks* existem sempre ligados aos pares (**mesões**) ou em trios (**bariões**).

O mesão mais conhecido é o **mesão π** (também conhecido como pião), constituído por um *quark up* e um *antiquark down*. Os bariões mais conhecidos são o **protão** (dois *quarks up* e um *down*) e o **neutrão** (dois *quarks down* e um *up*).

Interações e partículas mediadoras de interações

As intensidades e alcances das quatro interações fundamentais (gravitacional, eletromagnética, fraca e forte) estão ilustradas na tabela 2.

Interação fundamental	Gravítica	Eletromagnética	Nuclear fraca	Nuclear forte
Características				
Alcance / m	∞	∞	< 10 ⁻¹⁷	10 ⁻¹⁵
Intensidade relativa ¹	1	10 ³⁶	10 ³²	10 ³⁸

¹ Considera-se como referência dois prótons separados por uma distância igual ao seu diâmetro (2 × 10⁻¹⁵ m).

A força de interação entre as partículas de matéria resulta de troca de

² A massa das partículas é muitas vezes expressa em unidades de energia, determinada a partir da equivalência massa energia de Einstein: $m = \frac{E}{c^2}$

outras partículas – **partículas mediadoras** – que pertencem a um grupo designado **bosões**.

Cada uma das três interações fundamentais integrantes do modelo padrão (eletromagnética, forte e fraca) tem o seu bosão já descoberto (ver tabela 3). O bosão mediador da interação gravítica ainda não foi descoberto, mas já tem nome: gravitão, prevendo-se que este bosão não tenha carga nem tenha massa.

Interação	Bosão (Partícula mediadora)	Massa Carga Spin
Forte	Gluão (g)	0
		0
		1
Eletromagnética	Fotão (γ)	0
		0
		1
Fracas	$W^{\pm}$	80,4 GeV
		± 1
		1
	Z^0	91,2 GeV
		0
		1
Gravitacional	Gravitão	-
		-
		-

O modelo padrão das partículas inclui ainda a partícula bosão de Higgs, previsto desde a década de 1960, mas só detetado em 4 de julho de 2012. Este bosão explica o facto de algumas partículas fundamentais terem massa e também a razão da interação fraca ter um alcance extremamente curto.

Grande Teoria Unificada

De acordo com a Grande Teoria Unificada (GUT – *Grand Unified Theory*), nos momentos iniciais do Universo, a densidade e a temperatura eram tão elevadas que as três interações do Modelo Padrão (eletromagnética, forte e fraca) estavam unificadas

numa só. A unificação das quatro interações constitui uma das áreas mais ativas da Física teórica na atualidade.

Olhando para a história da Ciência, a unificação das interações começou no século XIX, quando o físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) descobriu que a eletricidade e o magnetismo estavam relacionados. Posteriormente, o trabalho teórico do físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) levou à unificação da eletricidade com o magnetismo e a luz: interação eletromagnética. Na década de 1940, o campo da eletrodinâmica quântica conseguiu traduzir o eletromagnetismo de Maxwell em termos da matemática da física quântica.

Einstein trabalhou até ao fim da sua vida tentando unificar o eletromagnetismo com a gravidade. Há uma teoria clássica, conhecida como **teoria Kaluza-Klein** (do físico-matemático alemão Theodor Kaluza (1885-1954) e do físico teórico sueco Oskar Klein (1894-1977)), que unifica o eletromagnetismo com a gravitação. Mas esta «unificação» não incorpora o mundo quântico.

Continua a haver um conflito entre o espaço-tempo clássico e as tentativas da sua quantificação. Todavia, o esforço dos físicos teóricos para a unificação das interações continuou. Em condições normais,

a interação eletromagnética e nuclear fraca manifestam-se com características e alcances muito diferentes,

mas a temperaturas de cerca de 10^{15} K (temperatura do Universo quando tinha apenas um bilionésimo de segundo), estas interações unificam-se numa interação denominada **interação eletrofraca**³. A unificação destas duas interações deu a Sheldon Glashow, Abdus Salam e Steven Weinberg, o Prémio Nobel da Física em 1979.

Hoje existem duas linhas de investigação distintas que procuram resolver esse casamento do mundo clássico com o quântico: Supercordas e *Loop Quantum Gravity*.

Um dos objetivos da Física atual é conseguir a unificação das três interações do Modelo Padrão e da GUT, com a interação gravítica: nesse dia, a humanidade terá uma **Teoria de Tudo** (TOE – *Theory of Everything*).

Vídeo aconselhado: *A Brief History of Everything* de Neil deGrasse Tyson

<https://www.youtube.com/watch?v=7KYTJ8tBoZ8>

³ Apesar de a descoberta da unificação entre estas duas interações, a interação nuclear fraca e eletromagnética revelam-se de modos tão distintos que, por várias razões, incluindo razões práticas, são consideradas diferentes.