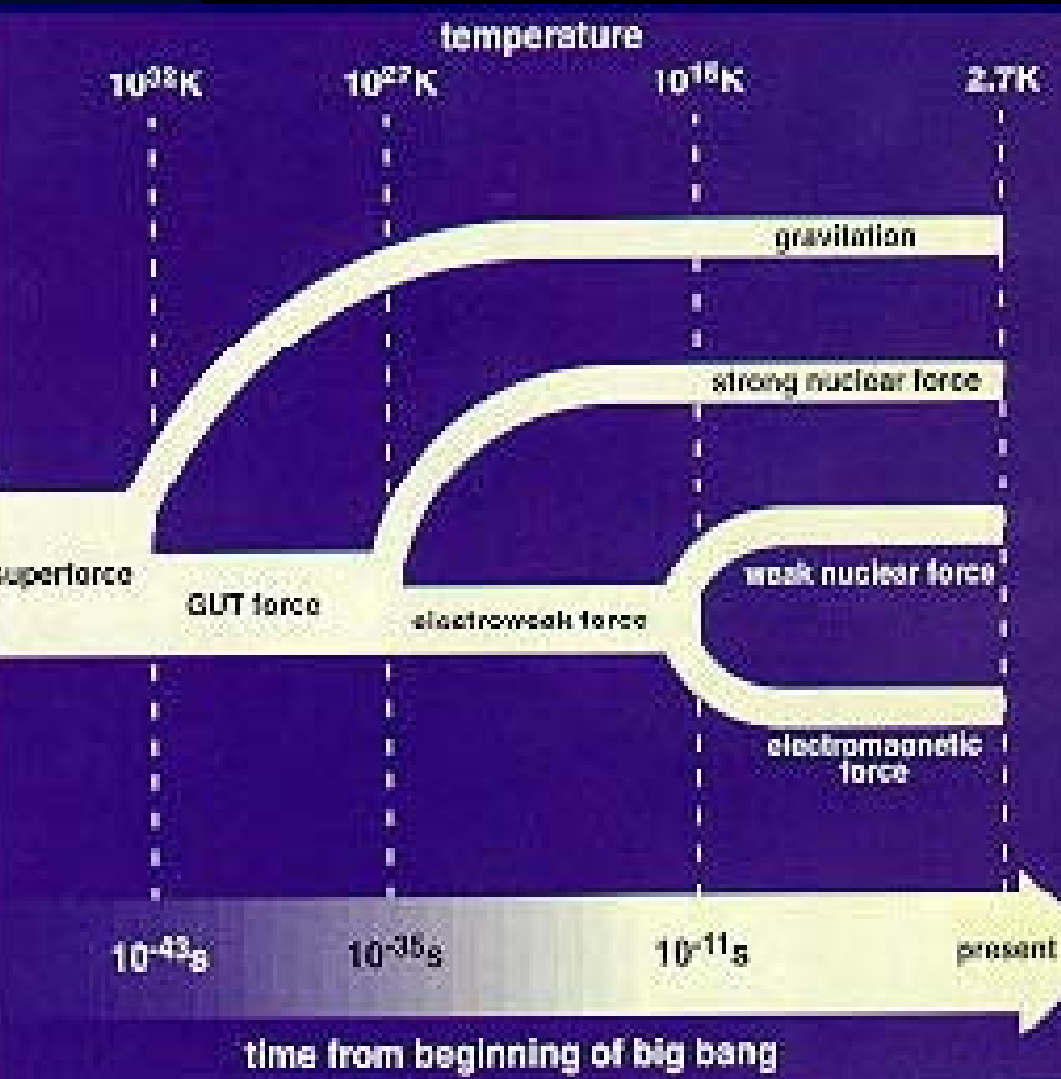


# **AS QUATRO FORÇAS FUNDAMENTAIS DA NATUREZA**

Adaptado dum artigo na revista inglesa "Astronomy Now" por Iain Nicolson

**As interacções entre partículas sub-atómicas e o comportamento em larga escala de matéria por todo o Universo, são determinadas por quatro forças fundamentais...**

# Introdução

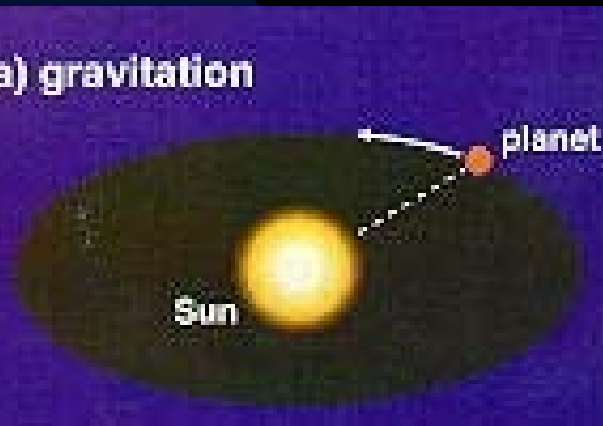


As forças unificadas e separadas: se as teorias actuais estão correctas, as forças (sub-atómicas) separaram-se uma por uma a partir de uma única super força unificada conforme o universo nos primeiros momentos de existência, expandiu e arrefeceu.

# AS FORÇAS FUNDAMENTAIS

- Há quatro forças fundamentais dentro de todos os átomos, que determinam as interacções entre as partículas individuais e o comportamento em larga escala, de toda a matéria no Universo. Estas são *a força nuclear forte e a força nuclear fraca, a força electromagnética e a força de gravidade.*

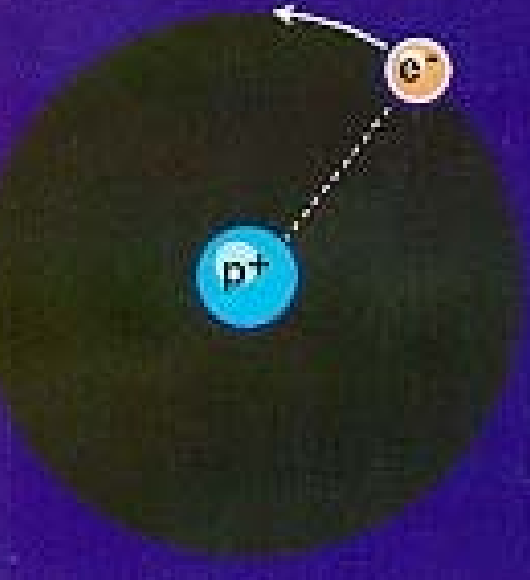
# A GRAVIDADE



A Gravidade é uma força de atracção que actua entre absolutamente todas as partículas no Universo. É sempre atractiva, nunca repulsiva. Esta força junta a matéria, é responsável por cada um de nós ter peso, por maçãs caírem das árvores, por manter a Lua na sua órbita à volta da Terra, por manter os planetas confinados às suas órbitas à volta do Sol, e por agrupar galáxias.

# A FORÇA ELECTROMAGNÉTICA

electromagnetic force



A força electromagnética determina as maneiras em que partículas com carga eléctrica interactuam umas com as outras e com campos magnéticos. Esta força pode ser atractiva ou repulsiva. Cargas eléctricas com o mesmo sinal (duas positivas ou duas negativas) repelem-se; com sinais diferentes atraem-se.

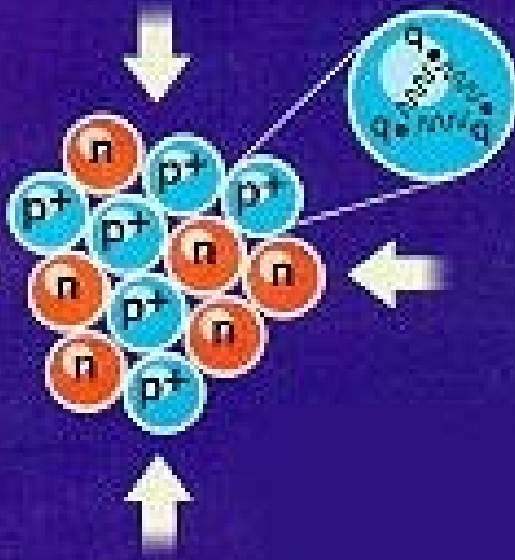
A força electromagnética mantém os electrões [cargas negativas] nas suas orbitais, à volta do núcleo [carga positiva] do átomo. Esta força é responsável pela existência dos átomos.

A força electromagnética controla o comportamento de partículas com carga eléctrica e de plasmas (um plasma é uma mistura de quantidades iguais de iões positivos e electrões, negativos) como, por exemplo, nas proeminências solares, laços coroados, e outros tipos de actividade solar.

A força electromagnética também governa a emissão e absorção de luz e outras formas de radiação electromagnética. Luz é emitida quando uma partícula com carga eléctrica é acelerada (por exemplo, quando um electrão passa perto de um ião, ou interage com um campo magnético) ou quando um electrão desce dum nível de energia mais alto para um mais baixo, num átomo (duma órbita afastada para uma órbita próxima à volta do núcleo do átomo).

# A FORÇA NUCLEAR FORTE

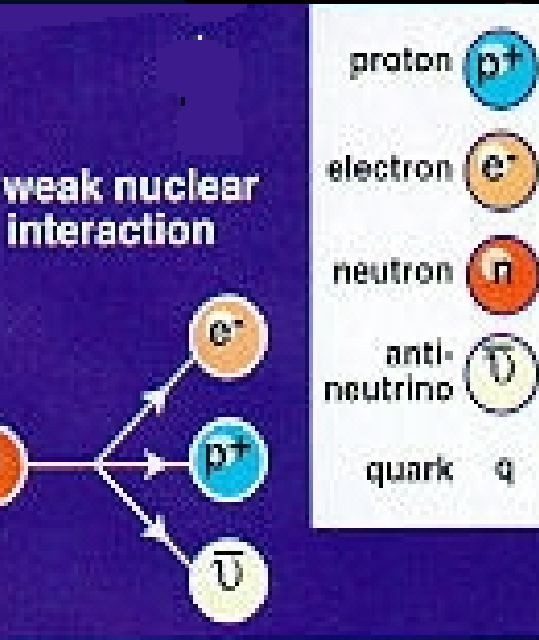
) strong nuclear interaction



- A força nuclear forte une protões e neutrões para formar um núcleo atómico e proíbe a repulsão entre protões, carregados positivamente, evitando assim a sua dispersão. A interacção nuclear forte entre protões e neutrões acredita-se que seja um vestígio de uma outra força forte básica (que se chama a “força de cor”) que une os quarks em grupos de três para fazer protões e neutrões.

Por causa da força forte unir as partículas nucleares com tanta coesão, dá-se uma libertação de quantidades enormes de energia quando núcleos leves são fundidos (reacção de fusão nuclear) ou quando núcleos pesados são desfeitos (reacção de fissão nuclear). A interacção da força nuclear forte é a fonte básica das quantidades vastas de energia que são libertadas pelas reacções nucleares que alimentam as estrelas.

# A FORÇA NUCLEAR FRACA



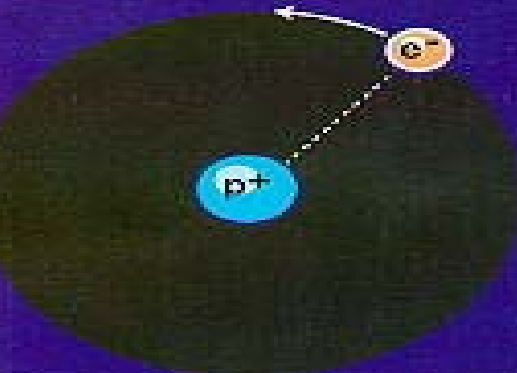
A força nuclear fraca causa a degradação radioactiva de certos núcleos atómicos. Em particular, esta força governa o processo chamado *decaimento beta* no qual um neutrão divide-se espontaneamente num protão, um electrão e um anti-neutrino. Se um neutrão dentro de um núcleo atómico decair desde modo, o núcleo emite um electrão (doutro modo também conhecido como *uma partícula beta*) e o neutrão transforma-se num protão. Isto aumenta (por um) número de protões nesse núcleo, mudando assim o seu número atómico e transformando-o no núcleo de um elemento químico diferente.

A força nuclear fraca é responsável por sintetizar elementos químicos diferentes no interior de estrelas e em explosões de supernovas, através de processos que envolvem a captura e decaimento de neutrões.

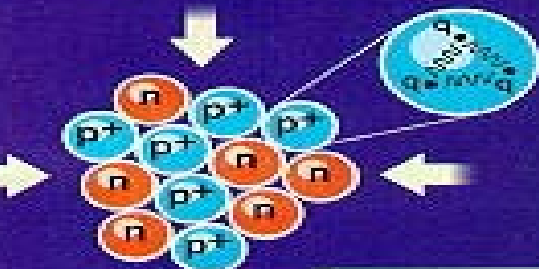
Um neutrão é estável (não é radioactivo), e tem vida longa quando confinado dentro do núcleo atómico. Uma vez que removido do núcleo atómico, um neutrão livre sofrerá decaimento beta, tipicamente em cerca de vinte minutos. O processo de decaimento beta ao contrário, ocorre no interior de estrelas em colapso de supernovas, quando protões e neutrões se fundem para criarem as vastas quantidades de neutrões que abundam como produto final do colapso - uma *estrela de neutrões*.



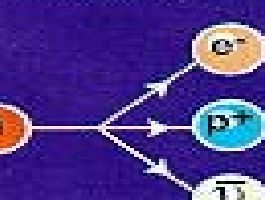
gravitational



electromagnetic force



strong nuclear interaction



weak nuclear interaction

proton	$p^+$
electron	$e^-$
neutron	$n$
anti-neutrino	$\bar{\nu}$
quark	$q$

# AS FORÇAS de INFLUÊNCIA LONGINQUA e de INFLUENCIA PRÓXIMA

As interações nucleares fraca e forte, actuam somente a distancias extremamente curtas. O alcance da força forte é cerca de  $10e^{-15}$  metros e o da força fraca é de  $10e^{-17}$  metros. Em contraste, as interações electromagnética e gravitacional são forças com alcance distante, sendo o seu valor inversamente proporcional ao quadrado da distância. Isto quer dizer que se a distancia for dupla a potencia destas forças é reduzida por um factor de quatro. Em princípio, a força gravitacional entre duas massas, ou a força electromagnética entre duas partículas carregadas electricamente, não se reduz completamente a zero até a separação entre as massas ou as partículas, fique infinita.

A gravitação é a mais fraca das forças em termos de potencias das várias interações entre partículas individuais (em ordem decrescente em potencia, as forças são: a força nuclear forte, a força electromagnética, a força nuclear fraca, e a gravitação). Por exemplo, a repulsão electrostática entre dois protões é  $10e^{36}$  vezes (um trilhão, ) maior do que a sua atracção gravitacional mutual!

No entanto, por causa das forças nucleares terem uma potencia com um alcance tão microscópico, e a matéria em escalas grandes tende a ser electricamente neutra, a gravitação é a força que governa o movimento de corpos celestes como planetas, estrelas e galáxias.

# A NATUREZA DAS FORÇAS

- Segundo as teorias modernas da Mecânica Quântica, as várias forças fundamentais são transmitidas entre partículas reais por meio de partículas virtuais (partículas que não podem ser detectadas directamente mas cuja existência temporária é permitida pelo princípio físico chamado o *princípio de incerteza de Heisenberg*. As partículas que transmitem a força (que são conhecidas como *bosões calibradores*) para cada uma das forças são os seguintes: na força electromagnética - fótons; na interacção nuclear fraca - partículas muito massivas 'W' e 'Z' (bosões de vector intermediário); na interacção nuclear forte - entre nucleões, por mesões e entre quarks, por glúons. Embora não tenha sido possível ainda conceber uma teoria completamente satisfatória de gravitação que explique o comportamento da gravidade numa maneira semelhante, acredita-se no entanto que a gravitação, também, virá a ter a sua própria partícula que transmite a força de gravidade - o gravitão.

# AS FORÇAS UNIFICADAS

Nas temperaturas e energias que existem no universo do presente, as quatro forças são distintas umas das outras e têm potências diferentes. Em energias muito altas, contudo, a situação muda.

Nas energias mais altas alcançáveis com os aceleradores actuais de partículas (as quais correspondem a temperaturas de cerca de  $10^{15}$  graus Kelvin), as forças fraca e electromagnética perdem as suas identidades separadas e unificam-se numa única força electro-fraca. Segundo o que se chamam as Grandes Teorias Unificadas (Grand Unified Theories - GUTs, em inglês), as forças forte e electromagnética comportar-se-ão como uma única força unificada em energias e temperaturas que são cerca dum trilião de vezes mais altas ainda (isto está muito para além da tecnologia presente na Terra).

Embora uma teoria completa (uma teoria de tudo, em inglês, "Theory of Everything - TOE") que abrange todas as quatro forças não tenha sido ainda alcançada; muitos cientistas de física acreditam que a níveis de energia ainda mais altos, a gravitação unir-se-á com as outras formando uma única 'superforça'. Se esta hipótese está correcta, então, durante os primeiros instantes do 'big bang', o universo era dominado pela superforça unificada. De aí em diante, conforme o universo expandiu e arrefeceu (e as energias das partículas diminuíram), as forças separaram-se e adquiriram as suas identidades individuais, a gravitação a cerca de  $10^{-43}$  segundos depois do começo do tempo, a força forte a cerca de  $10^{-35}$  segundos, e as forças fraca e electromagnética a cerca de  $10^{-11}$  segundos.

Os Cosmólogos, que se ocupam com a origem, evolução e as estruturas de grande escala do universo inteiro fundamentam-se no trabalho dos físicos que estudam partículas de alta energia para tentarem explicar os estágios-chave na evolução do universo. Por não haver na Terra maneira de se poderem fazer experiências que possam gerar as energias tremendas que são necessárias para testar directamente as Grandes Teorias Unificadas, os físicos que estudam partículas de alta energia procuram observações cosmológicas para tentarem verificar a veracidade, ou doutro modo, das suas teorias. O mundo microscópico de partículas de alta energia e forças fundamentais está indissociavelmente ligado ao mundo das largas escalas de astrofísica e cosmologia.