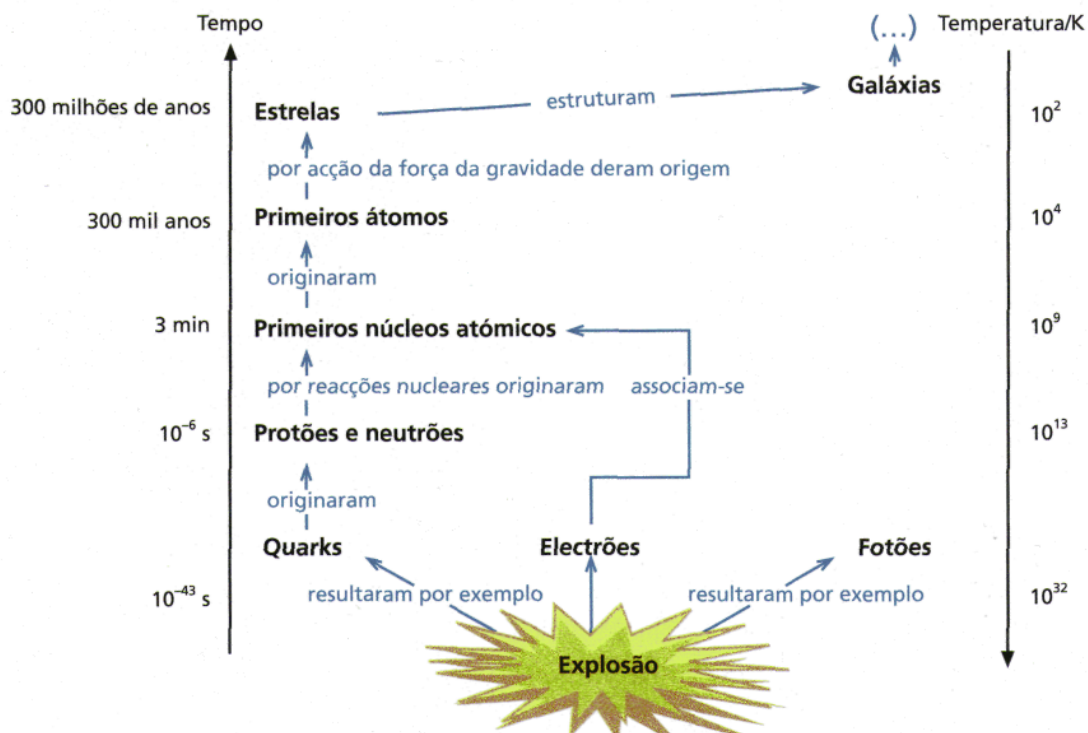


## Arquitectura do Universo. Espectros, radiações e energia

### Nascimento e estrutura do Universo

A Terra é o **terceiro planeta do Sistema Solar** (formado pela estrela Sol e planetas à sua volta), que está integrado numa galáxia chamada **Via Láctea**. A Terra é um planeta que se pensa ter sido formado há cerca de cinco mil milhões de anos a partir de uma nuvem de gás, gelo e poeiras que se teria condensado numa esfera com muita água líquida superficial, rodeada por uma atmosfera gasosa, onde predominam agora dióxido de carbono,  $N_2$ , e dióxigénio,  $O_2$ . Este planeta é o habitat ("espaço nave") de uma grande diversidade de seres vivos em evolução, incluindo a espécie humana surgida há cerca de dois milhões de anos. Para tentar explicar de onde e como apareceu o Universo e a energia que lhe deu origem, os cientistas foram estabelecendo enquadramentos teóricos a partir de evidências experimentais - **o afastamento das galáxias (Hubble, 1929) e a radiação cosmológica de fundo (Penzias e Wilson, 1956)**. Apesar da formulação e reformulação de teorias ao longo do século XX, nenhuma é ainda de aceitação universal, por não conseguirem explicar todos os factos conhecidos. **Uma delas, chamada de Grande Explosão ou Big Bang, alega que houve um momento (há 15 mil milhões de anos, não havendo antes disso nem espaço nem tempo) em que a matéria agora conhecida estaria concentrada num ponto único de densidade incomensurável cuja explosão assinalaria o começo do Universo e que a expansão muito rápida de um caldo de partículas fundamentais podia explicar a abundância relativa dos elementos químicos (hidrogénio, hélio, etc.) no Universo.** Mas esta teoria não explica, por exemplo, a ausência de antimatéria nem a distribuição heterogénea das galáxias, nem prevê se haverá ou não limite para a expansão referida.

### Evolução do Universo



## FORMAÇÃO DO UNIVERSO

### Big Bang

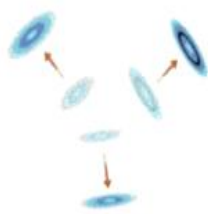
Estado primordial de enorme densidade e temperatura a partir do qual o Universo entra em expansão explosiva.

Provas a favor do *Big Bang*:

- Expansão do Universo
- Descoberta da radiação cósmica de microondas
- A abundância dos elementos no Universo

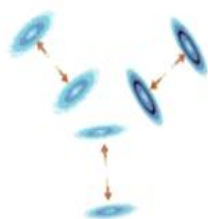
### Outras teorias da formação do Universo

#### 1 - Teoria da Expansão Permanente



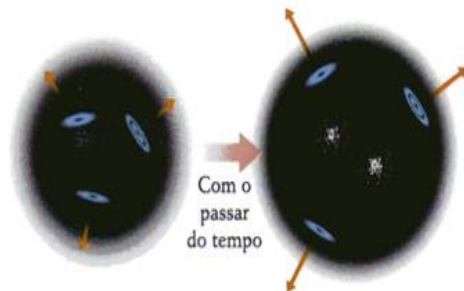
O Universo expandir-se-á para sempre.

#### 2 - Teoria do Universo Pulsátil

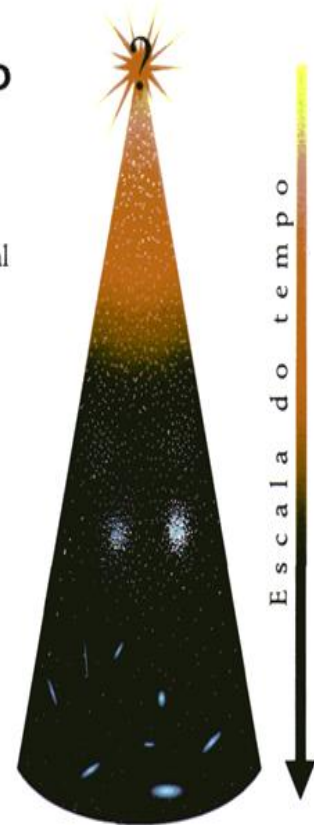


Sucessivas expansões e contrações do Universo.

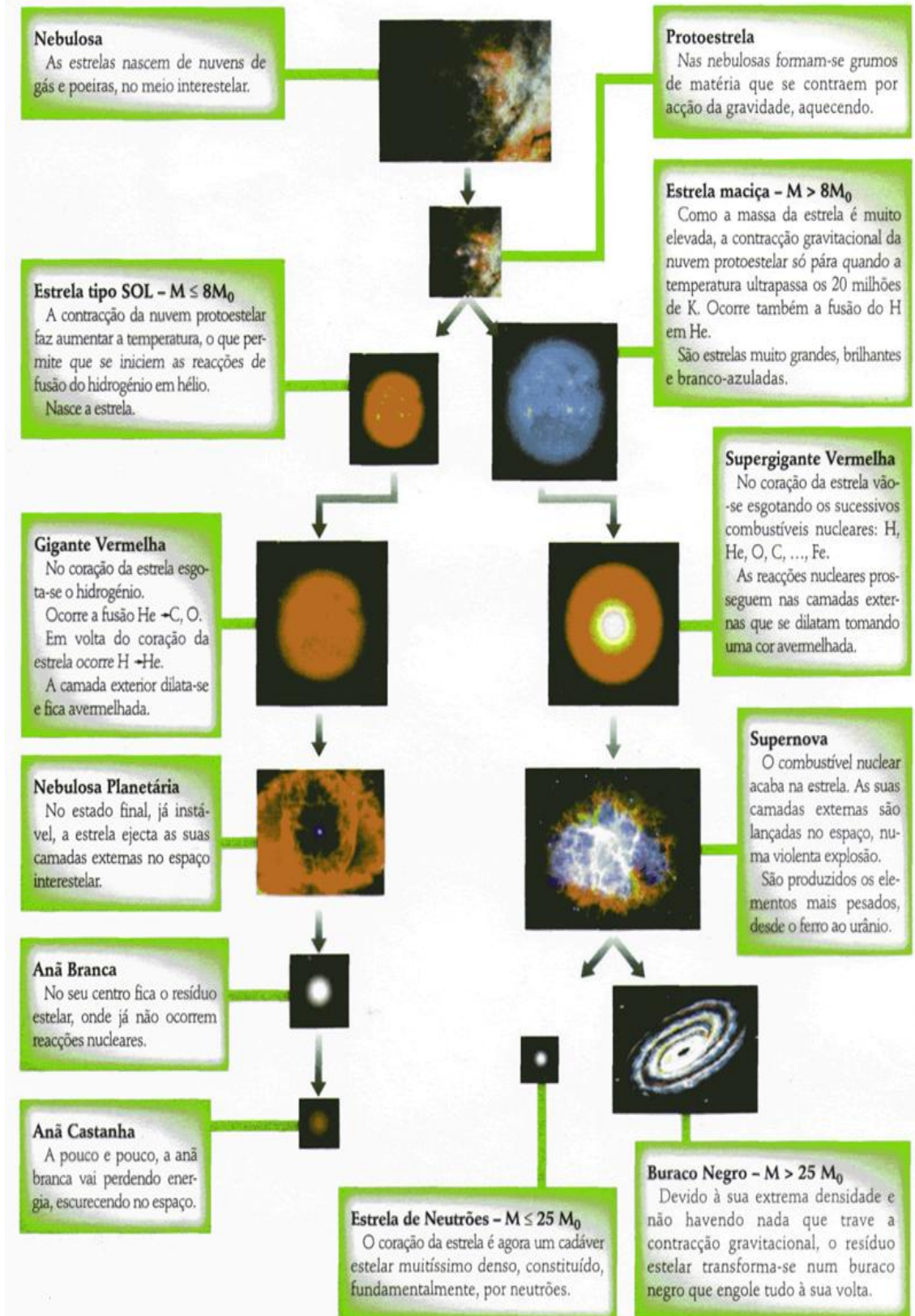
#### 3 - Teoria do Estado Estacionário



Cria-se constantemente nova matéria entre as galáxias.

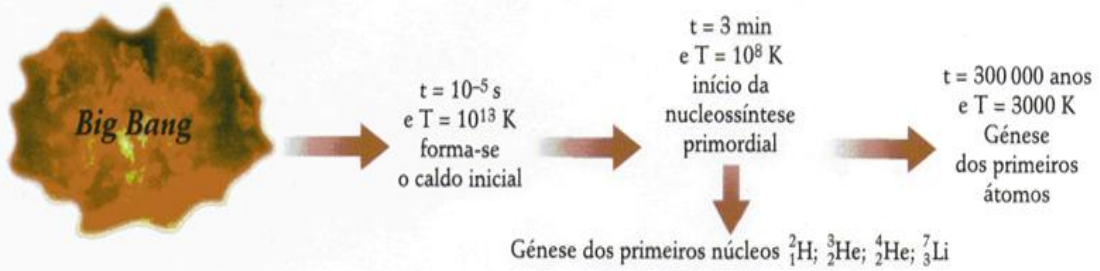


## VIDA E MORTE DE UMA ESTRELA



## GÉNESE DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

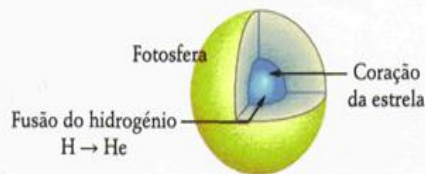
### • Nucleossíntese Primordial



### • Formação das estrelas – Nucleossíntese estelar

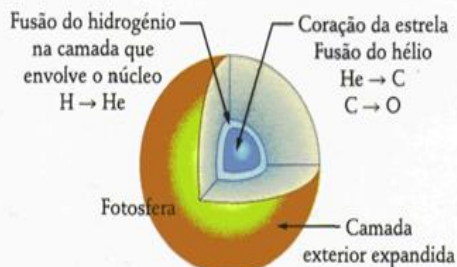


### Fase principal da vida da estrela – Coração da Estrela



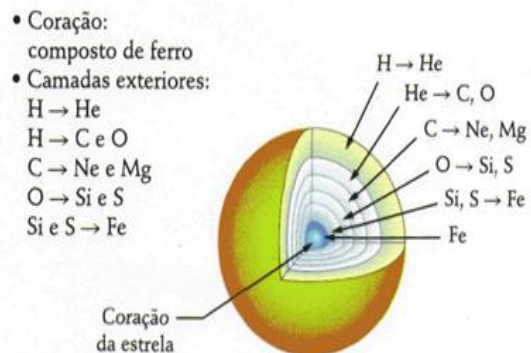
- Coração:  $\text{H} \rightarrow \text{He}$
- Camada exterior: não há reacções nucleares

### Fase da estrela gigante vermelha



- Coração:  $\text{He} \rightarrow \text{C}$  e  $\text{O}$
- Camada em volta do núcleo:  $\text{H} \rightarrow \text{He}$
- Camada exterior expandida de cor avermelhada. Não há reacções nucleares.

### Fase da supergigante vermelha



**Explosão da Supernova** → Gênese dos elementos de número atômico superior ao Ferro até ao Urânio.

**Nucleossíntese interestelar** → No meio interestelar: Hélio, Lítio-7, Berílio e Boro.

## Escalas de comprimento, tempo e temperatura

### Escalas de temperatura:

A escala **Celsius** é a mais utilizada e tem como unidade o **grau Celsius, °C**.

Na escala de temperatura absoluta não existem temperaturas negativas e a unidade é o **kelvin, K**, unidade SI de temperatura.

$$T (K) = T(^{\circ}C) + 273,15$$

Assim, **0 K = -273,15 °C**.

Na escala **Fahrenheit** a unidade é o **grau Fahrenheit, °F**.

$$T (^{\circ}F) = 1,8 \cdot T(^{\circ}C) + 32$$

### Escalas de comprimento:

A unidade SI de comprimento é o **metro, m**.

#### Escala atômica

$$1 \text{ pm (picómetro)} = 10^{-12} \text{ m}$$

$$1 \text{ \AA (angstrom)} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm (nanómetro)} = 10^{-9} \text{ m}$$

#### Escala antropogénica

$$1 \text{ m} = 10^0 \text{ m}$$

$$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ milha marítima} = 1852 \text{ m}$$

#### Escala espacial

$$1 \text{ UA (unidade astronómica)} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$1 \text{ a.l. (ano-luz)} = 9,5 \times 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ pc (parsec)} = 3,086 \times 10^{16} \text{ m}$$

**Uma unidade astronómica é a distância média entre o sol e a terra**

**Um ano luz é a distância percorrida pela luz durante um ano**

**Um Parsec é igual a 3,26 anos luz**

Na escala do tempo, que tem como unidade SI o **segundo, s**, utiliza-se o ano como unidade tempo para os acontecimentos que ocorreram no Universo.

## Reacções nucleares

As estrelas são «autênticas fábricas» nucleares, pois no seu interior decorrem **reações nucleares**.

Nas **reações químicas** há modificações no arranjo dos electrões, que pertencem aos iões, átomos, ou moléculas dos reagentes, mas os núcleos atómicos não se alteram.

Nas **reações nucleares** há alteração dos núcleos dos átomos dos reagentes, dando origem a elementos diferentes como produtos da reacção.

A **energia** envolvida numa reacção nuclear é milhões de vezes superior à energia envolvida numa reacção química.

As reacções nucleares, tal como as reacções químicas, podem ser traduzidas por **equações**.

Na escrita das equações nucleares têm que ser cumpridas as **leis da conservação**.

- **do número de nucleões**: a soma dos números de massa das partículas reagentes deve ser igual à soma dos números de massa das partículas produtos da reacção.

- **da carga eléctrica**: a soma dos números atómicos das partículas reagentes deve ser igual à soma dos números atómicos das partículas produtos da reacção.

O **nuclídeo** de um elemento é o núcleo de um isótopo desse elemento. Para um elemento de símbolo químico X, a representação de um nuclídeo é:



Além de nuclídeos, outras **partículas** intervêm nas reacções nucleares, que têm representação simbólica específica bem como algumas radiações emitidas pelos núcleos:

**Protão**:  ${}^1_1H$

**Neutrão**:  ${}^1_0n$

**Electrão**:  ${}^0_{-1}e$

**Positrão (anti-partícula do electrão)**:  ${}^0_{+1}e$

**Radiação alfa**:  ${}^4_2He^{2+}$  ou  ${}^4_2\alpha$

**Radiação beta**:  ${}^0_{-1}e$

**Radiação gama**:  ${}^0_0\gamma$

### Fusão nuclear

É uma reacção nuclear, que consiste **na junção de núcleos leves dando origem a núcleos mais pesados e mais estáveis, libertando grande quantidade de energia**.

**No Sol**, como noutras estrelas, há reacções de **fusão nuclear com produção de hélio**, a temperaturas extremamente elevadas, o que permite que haja emissão de luz



O valor da energia libertada nesta reacção é da ordem de grandeza de  $10^9 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Em estrelas com massa superior a oito vezes a massa do Sol, podem ocorrer, não só reacções com produção de **carbono-12**, mas também a obtenção de **oxigénio-16**:



A energia libertada nesta reacção tem um valor com ordem de grandeza de  $10^{11} \text{ kJ mol}^{-1}$ .

### Fissão nuclear

É uma reacção nuclear, que **consiste na divisão de um núcleo pesado** ( $A_r > 200$ ), quando bombardeado com **neutrões, ou outras partículas, originando núcleos mais leves e mais estáveis, com libertação de grande quantidade de energia.**

A fissão nuclear do **urânio-235** é usada na produção de energia, em reactores nucleares.



**Cada um dos neutrões, que se liberta, pode atingir outro núcleo de urânio-235, produzindo mais fissões, ou seja, ocorre uma reacção em cadeia.** A energia libertada é da ordem de grandeza de  $10^9 \text{ kJ mol}^{-1}$

### Algumas aplicações da energia e das radiações produzidas em reacções nucleares:

- **Radioterapia**, eliminação de células estranhas;
- **Datação** de solos e objectos vários, através de carbono-14 e outros isótopos;
- **Eliminação** de pragas;
- **Esterilização** de alimentos;
- **Estudo** do metabolismo vegetal;
- **Deteção** de fissuras e defeitos em peças metálicas.