

RADIOATIVIDADE

RADIOATIVIDADE

- 1) Datação de fósseis
- 2) Idade da Terra
- 3) Bomba Atômica
- 4) Bomba H

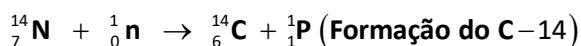
PROFESSOR: THÉ

LIÇÃO: 150

DATAÇÃO DE FÓSSEIS

O nosso planeta recebe a todo instante partículas e radiações eletromagnéticas do cosmos, ... do sol e de outros corpos do Universo, denominados de raios cósmicos.

Assim nêutrons cósmicos chegam a nossa atmosfera bombardeando átomos de nitrogênio de ar transformando-os em carbono -14.

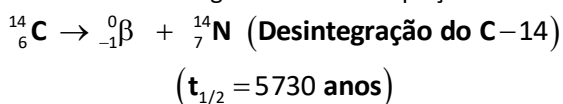


O carbono-14 através de reações químicas, combina-se com oxigênio produzindo gás carbônico (${}^{14}\text{CO}_2$) que por fotossíntese incorpora-se aos vegetais, aos quais servem de alimento a animais, inclusive o homem. Assim todo o reino animal e vegetal contém em suas moléculas orgânicas carbono-14, que é radiativo.



Um organismo vivo produz 14 desintegrações por minuto e por grama de carbono

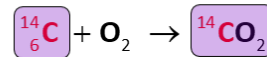
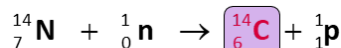
O carbono-14 se desintegra conforme a equação



Verifica-se que a concentração do C-14 no planeta é constante em relação ao número de átomos de carbono, C-12 (estável) sendo aproximadamente igual a 1,0 parte por trilhão.

$\frac{{}^{14}\text{C}}{{}^{12}\text{C}}$ é igual a 1,0 ppt na Terra

$$\frac{{}^{14}\text{C}}{{}^{12}\text{C}} = \frac{1,3}{10^{12}} \cong \frac{1}{10^{12}}$$



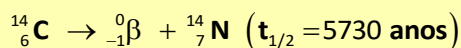
Plantas ← Fotossíntese

Animais

Baseado na meia-vida do C-14 ($t_{1/2}$) = 5730 anos, e no número de desintegrações por minuto por grama de carbono ou na proporção $\left(\frac{\text{C-14}}{\text{C-12}}\right)$, encontrado no fóssil, estima-se a data de falecimento do fóssil.

EXEMPLO - 1

A proporção $\left(\frac{\text{C-14}}{\text{C-12}}\right)$ encontrado num fóssil é 0,25 ppt. Qual a idade aproximada desse fóssil?



RESOLUÇÃO

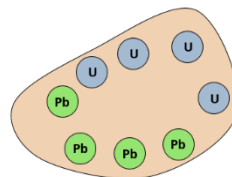
Para a concentração de C-14 se reduzir de 1,0 p.p.t. (quando vivo) a 0,25 ppt passaram-se duas meias-vidas, logo:

$$\begin{cases} 1 \ t_{1/2} \text{ — } 5730 \text{ anos} \\ 2 \ t_{1/2} \text{ — } x \text{ anos} \end{cases}$$

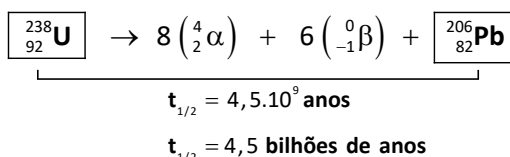
$$x = \frac{(2)(5730)}{1} \rightarrow 11\,460 \text{ anos}$$

IDADE DA TERRA

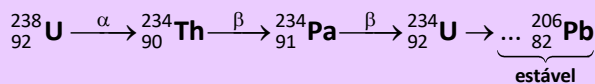
Estima-se em torno de 4 bilhões de anos ($4 \cdot 10^9$) idade da Terra porque nas rochas de urânio-238 encontra-se a proporção aproximada de 50% U-238 e 50% de Pb-206, significando que até hoje apenas 1 meia-vida do urânio se passou, aproximadamente.



Numa rocha de urânio-238 encontra-se uma série de elementos químicos originados da desintegração da U-238. É razoável então pensar que todo chumbo-206 presente nesta rocha já foi um dia U-238; assim toda sequência de desintegrações radioativas que fazem parte da série do urânio U-238 pode ser resumida por:



O Pb-206 é estável (não radioativo), sendo portanto, o último descendente do U-238; já os outros elementos que aparecem intermediariamente até o chumbo são radioativos e de vida muito curta quando comparadas à meia-vida do U-238.



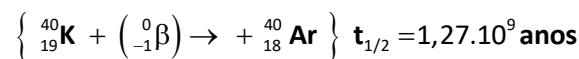
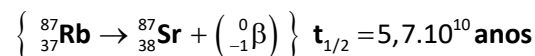
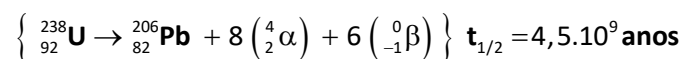
Parte da família radioativa do urânio – 238

É, portanto, desnecessário a contagem dos poucos átomos desses elementos intermediários.

Na prática basta determinar o número de átomos de U-238 e o de Pb-206 para determinação da idade desta rocha.

A proporção entre o número de átomos de chumbo e de urânio age como um "relógio geológico", podendo ser usado para estimar a idade da Terra (ou da Lua ou de qualquer rocha).

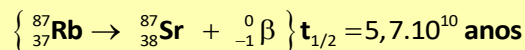
Na ausência de U-238 em rochas, outros isótopos radioativos são utilizados na datação de rochas como K-40, e o Rb-87.



Esta última reação nuclear é um tipo especial de fenômeno nuclear, a **CAPTURE ELETRÔNICA** ou **CAPTURE K**, que consiste no núcleo instável "puxar" para si um elétron da cama K.

EXEMPLO – 2

O rubídio-87 é um β -emissor transformando-se em estrôncio-87, representado pela equação:



Imagine então uma amostra constituída de 10 átomos rubídio-87. Após quanto tempo a relação Rb/Sr será igual a 7/3.

$$\log 2 = 0,3 ; \log 7 = 0,84$$

RESOLUÇÃO

$$2^x = \frac{n_0}{n} \quad \begin{cases} n_0 = 10 \\ n = 7 \end{cases} \quad \begin{aligned} x &= \text{n}^\circ \text{ de meias-vidas} \\ t_{1/2} &= 5,7 \cdot 10^{10} \text{ anos} \end{aligned}$$

$$2^x = \frac{10}{7}$$

$$\log 2^x = \log \frac{10}{7}$$

$$x \log 2 = \log 10 - \log 7$$

$$x (0,3) = 1 - 0,84$$

$$x = \frac{0,16}{0,3} = 0,53$$

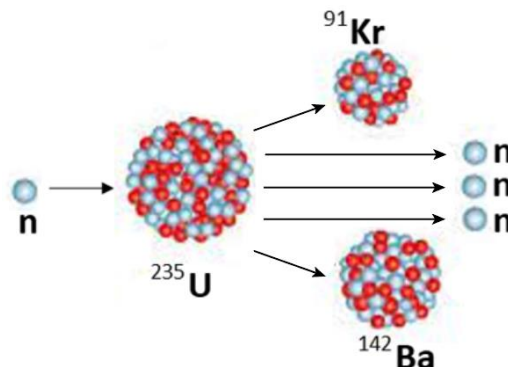
$$\begin{cases} 1 \text{ meia-vida} & \text{--- } 5,7 \cdot 10^{10} \text{ a} \\ 0,53 \text{ meia-vida} & \text{--- } t \end{cases}$$

$$t = \frac{(0,53)(5,7 \cdot 10^{10})}{1} \therefore t = 3,02 \cdot 10^{10} \text{ a}$$

3) Bomba atômica

Fissão nuclear

Na colisão de um nêutron com urânio, o núcleo do urânio se parte em dois núcleos menores também radioativos.



Fissão nuclear é a divisão em núcleos menores

Uma bomba qualquer, atômica ou não, é um artefato no qual um fenômeno **muito exotérmico** acontece num espaço de tempo muito curto.

A liberação de energia, acompanhada de expansão de gases resulta no fenômeno conhecido por **explosão**.

Sua construção, entretanto, envolve um conjunto de etapas.

1º) Enriquecimento de Urânio

Na natureza, encontram-se três isótopos do Urânio dos quais apenas o U-235 é físsil, porem em baixíssimo teor.

Enriquecer o urânio significa aumentar o teor de U-235 em relação aos demais isótopos.

ISÓTOPOS DE URÂNIO	ABUNDÂNCIA
${}_{92}^{238}\text{U}$	99,28%
${}_{92}^{235}\text{U}$ FÍSSIL	0,71%
${}_{92}^{234}\text{U}$	0,006%

Para se conseguir um bom número de fissões do U-235 há necessidade de se acumular um grande número de átomos de U-235, ou seja, se alcançar

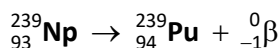
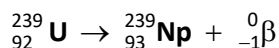
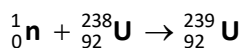
um índice de pureza elevado em U-235 (enriquecimento do urânio).

O TEOR DE U-235 NA MISTURA DOS ISÓTOPOS DEVE SAIR DOS 0,7% E CHEGAR EM TORNO DE 95%

Dos isótopos naturais do urânio, apenas o urânio-235 é físsil

São conhecidos além do U-235 outros nuclídeos físséis, porem artificiais. Desses os mais importantes são Plutônio-239 e Urânio-233.

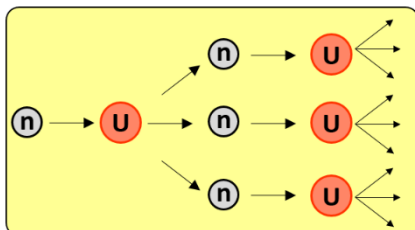
O isótopo natural urânio-238 quando bombardeado por nêutrons não sofre fissão, mas absorve o nêutron em seu núcleo transformando-se em U-239 que em seguida se desintegra com emissão (β) formando o neptúnio que depois se transforma em **plutônio**.



2º) Reação em cadeia – Massa Crítica

Depois de conseguido o U-235 em elevado teor, observou-se que havia também a necessidade de uma massa mínima para acontecer a reação em cadeia, denominada **massa crítica**.

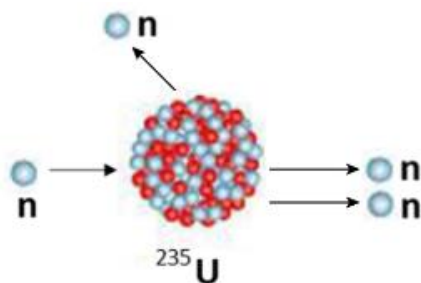
Reação em cadeia é aquela que após iniciada vai se multiplicando a cada fissão.



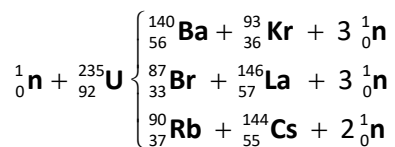
Após a fissão, 2 a 3 nêutrons escapam causando a quebra de átomos vizinhos. Assim todos os

átomos de urânio-235 são fissionados em tempo fantasticamente pequeno.

Se a quantidade de U-235 não chegar a atingir a **massa crítica** a reação em cadeia é interrompida porque os nêutrons se perdem através da superfície do material. Neste caso diz-se que o **fator de multiplicação** é menor que 1,0.

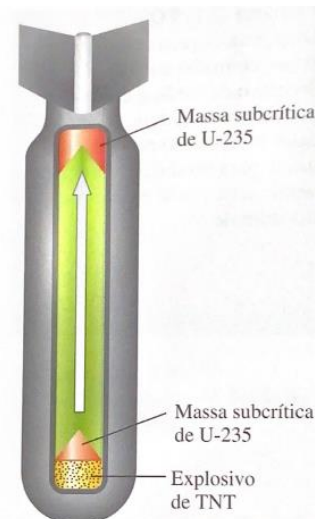


Os núclídeos na fissão não são sempre os mesmos. Pode ser bário e criptônio, bromo e lantânio, Rubídio e Césio, e muitos outros pares de elementos.



3º) A construção da bomba.

O princípio do funcionamento da bomba, consiste em manter separadas duas porções de material físsil (U-235 ou Pu-239 ou U-233) abaixo da massa crítica, até o momento da explosão.



Ao acionar-se o dispositivo de ignição, a carga de TNT explode dentro da bomba empurrando uma porção U-235 contra a outra, ultrapassando assim a massa crítica.

Ocorre a reação em cadeia com grande liberação de energia.

4º) Os estragos da bomba.

O poder de devastação das bombas atômicas deve-se a:

- Calor:** A temperatura alcançada no momento da explosão pode chegar a milhares de graus Celsius.
- Radiação gama e nêutrons:** Durante a ruptura dos núcleos atômicos, há enorme emissão de raios gama e de nêutrons de alta energia, de ação fulminante sobre o ser humano.
- Ondas de Choque:** Como em qualquer explosão, há uma forte onda de choque, provocada pelo aumento de temperatura e consequente expansão de gases (deslocamento de ar).
- Poeira Radioativa:** A tremenda produção de calor forma uma corrente de convecção elevando uma nuvem de pó e produtos radioativos. É o **cogumelo nuclear**.

A poeira radioativa que se precipita posteriormente é constituída de núcleos menores como Bário, Criptônio, porém ainda radioativos.



Estes elementos permanecem na região se desintegrando por muito tempo.

A bomba de Hiroshima explodiu a 300m de altitude, incendiou todo material combustível da cidade, inclusive pessoas que foram simplesmente volatilizadas. As ondas de choque derrubam casas e outras construções em grande extensão. Morreram imediatamente cerca de 100 000 pessoas.

4) Bomba H (ou termonuclear)

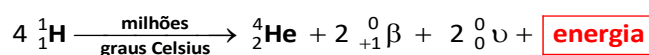
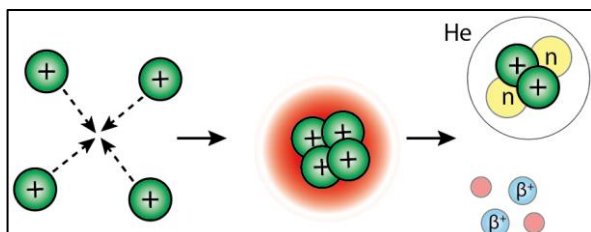
Fusão nuclear

Estima-se que a temperatura do sol seja da ordem de 10^7K (milhões de Kelvins).



Milhões de graus Celsius

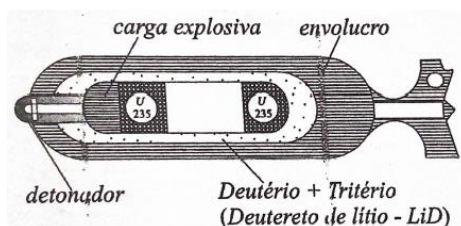
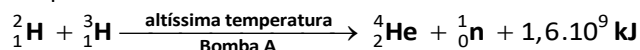
Em temperatura desta grandeza núcleons de hidrogênio (prótons) caminhando aleatoriamente encontram-se e fundem-se formando núcleos de hélio, pósitrons e neutrinos.



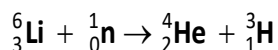
Fusão Nuclear - é o processo no qual núcleos pequenos se fundem formando núcleos maiores, liberando grande quantidade de energia.

Estudos realizados, demonstram ser possível uma fusão de hidrogênio, através de seus isótopos pesados, deutério e trítio. O calor exigido para iniciar a fusão seria conseguido de uma explosão de bomba atômica de fissão.

Dessa forma a bomba atômica acabou se tornando a espoleta da bomba H.



O **trítio (T)** ocorre em proporções mínimas ($10^{-7}\%$) que é impraticável sua extração dos oceanos. O trítio para fusão é obtido por reação do lítio com nêutrons.



Na fabricação da bomba de hidrogênio, utiliza-se o composto deutereto de lítio (LiD).

O lítio transforma-se em trítio no interior da bomba.

Comparando valores de energia liberada por grama:

Fusão (H) ----- $6 \cdot 10^8 \text{ kJ/g}$

Fissão (U-235) ----- $8 \cdot 10^7 \text{ kJ/g}$

Explosão TNT ----- $2,8 \text{ kJ/g}$

Em outras palavras: **1g de U-235 libera na fissão a energia equivalente a 30 toneladas de TNT**