

O Caráter Dinâmico da Ciência

Evandro Vidor Lins de Mello



A importância da ciência

- *“Filosofia (natural) está escrita nesse grande livro, o universo, que está aberto continuamente sujeito a nossa observação. Porém, esse livro não pode ser entendido se não compreendemos a linguagem e as letras com que foi escrito. Ele foi composto com a linguagem da matemática, e seus caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem as quais, é humanamente impossível entender uma única palavra e nós vagamos num imenso labirinto.” (Galileu Galilei)*
- *“Eu posso dizer que sempre que considero nos meus pensamentos a maravilhosa ordem, como cada fenômeno é inteiramente ajustado e deriva de outros, então é como se eu lesse um texto divino escrito na Natureza, não com letras, mas com os objetos que compõem o mundo e que me dizem: homem estica teu entendimento e assim poderás compreender essas coisas”. (Johannes Kepler, em seu calendário do ano de 1604)*

A relação com a Fé

- -“Acontece muito freqüentemente que mesmo um não-cristão possui sobre a Terra, o Céu, os outros elementos deste mundo, o movimento, a revolução, a própria grandeza e os intervalos dos astros, os eclipses do Sol e da Lua, os períodos dos anos e dos tempos, as naturezas dos animais, das plantas, das pedras e outras coisas semelhantes, conhecimento tal, que é sustentado por razão e experiência certíssimas. Ora, seria muito vergonhoso, pernicioso mesmo, e isto deve ser evitado acima de tudo, que um infiel, ouvindo um cristão falar destas coisas, como se ele falasse delas de acordo com as Escrituras Cristãs, e o vendo se enganar sobre estes assuntos, como se diz, por toda a distância que separa o Céu da Terra, não se pudesse impedir de rir. *O mais desagradável não é que um homem que se engana seja objeto de zombaria, mas que aqueles que não são dos nossos possam crer que nossos autores pensam assim, o que os faria criticá-los e rejeitá-los como autores desprovidos de ciência*, para grande detrimento daqueles cuja salvação temos nos esforçado. Pois, quando estes sábios infiéis surpreendem um cristão em erro sobre assuntos que lhes são perfeitamente conhecidos e o vêem afirmar o que ele diz como sendo tirado de nossos livros, poderão eles crer nestes livros que falam da ressurreição dos mortos, da esperança da vida eterna, do reino dos céus, vendo-os cheios de erros sobre coisas que eles podem conhecer por experiência ou descobrir por razões indubitáveis?”.(Agostinho, século 4, perguntado sobre o **Almagesto** de Ptolomeu)

- “*Será que a Obra é menos augusta que o Verbo?* (Galileu, 1633)
- ...eu acredito que seria prudente não permitir a ninguém o emprego das passagens das Escrituras de forma que venham a sustentar como verdadeiras algumas conclusões naturais, quando a *experiência racional e necessária evidenciar* o contrário.
- “Mas não penso que seja necessário acreditar que aquele mesmo Deus que nos dotou de sentidos, de razão e de intelecto, tenha querido, desprezando o seu uso, dar-nos por outro qualquer meio as notícias e fatos que podemos obter através deles. E principalmente em se tratando daquelas ciências das quais não são encontráveis na Escritura senão mínimas parcelas e esparsas conclusões, como é o caso da astronomia, da qual a Escritura não refere senão uma pequena parte onde nem sequer são enumerados os planetas.”

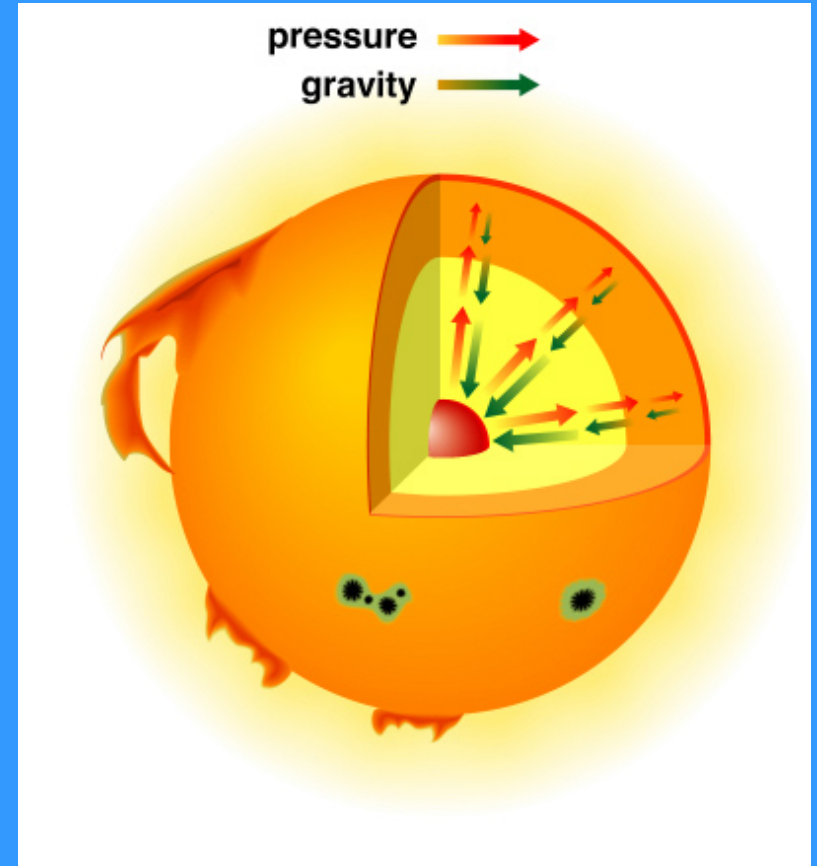
Portanto, é a ciência infalível? Não!

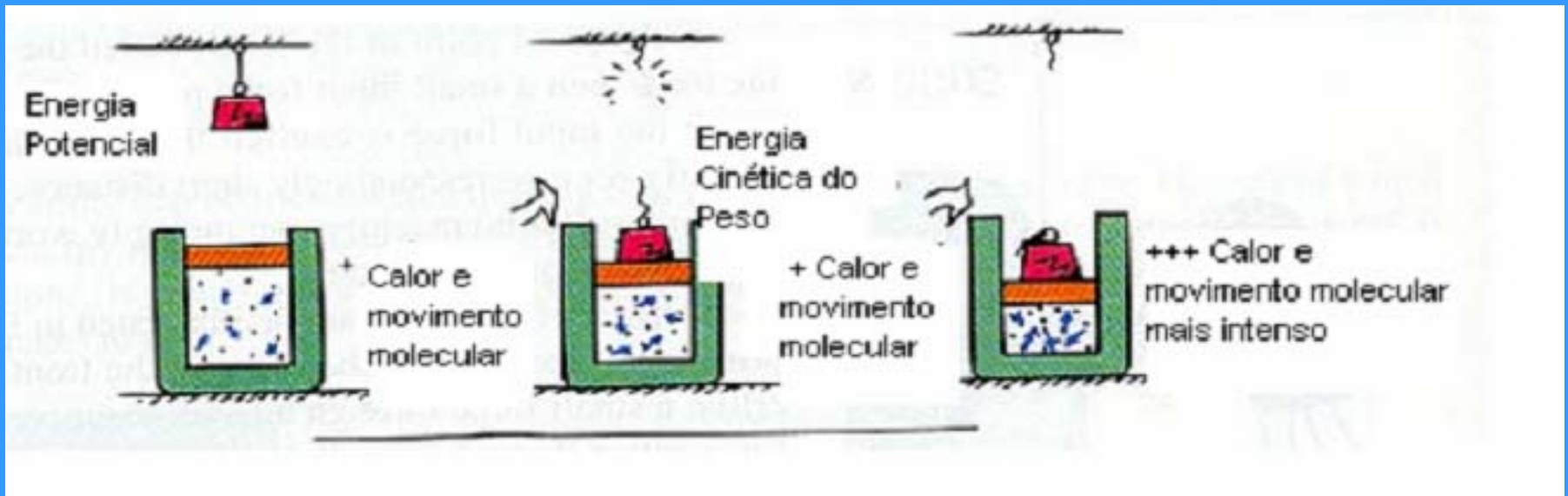
- *“A principal e talvez única propriedade da Ciência moderna é o seu aspecto dinâmico, o modo pelo qual as mudanças ocorrem constantemente. Infelizmente, as necessidades de apresentação lógica nos livros textos elementares e trabalhos gerais sobre Ciência, impedem o estudante e leitor de obter uma idéia verdadeira desta particular propriedade dinâmica.”*
- (I. Bernard Cohen, no prefácio de “O nascimento de uma nova Física”)

Exemplo: Darwin e a Idade do Sol

Nos anos 1800s, Lord Kelvin (um renomado físico inglês) propôs que a energia que o sol irradia era de origem gravitacional.

- Ele está quente!





A Gravidade faz o Sol encolher aumentando sua pressão. Esse aumento de pressão faz ele esquentar. Assim ele emite luz, perdendo energia e encolhendo um pouco mais.

Kelvin calculou que, por esse processo, a idade do Sol seria de 20 milhões de anos.

Problema entre a ciência:

Geólogos e Charles Darwin calcularam a idade da Terra em, no mínimo, 300 milhões de anos (o que seria o mínimo necessário para a teoria da evolução).

Assim na primeira edição do “Origem das Espécies por Seleção Natural”, ele fez uma estimativa da idade da Terra através do tempo necessário para o processo de erosão, ocorrendo a taxas atuais, que seria necessário para que o grande vale do Weald que vai de norte a sul no Downs, sul da Inglaterra ficasse como é observado hoje em dia, completamente plano. Dessa forma ele chegou ao número do “desnudamento do Weald” da ordem de 300 milhões de anos, e assim a geologia fornecia o apoio necessário para a teoria da biologia sobre a enorme biodiversidade atual.

*A Terra não deve ser mais velha que o Sol!
Logo o Sol deveria ter bem mais que 300 milhões de anos.*



Kelvin fez um ataque frontal a estimativa de Darwin, ele perguntou retoricamente: “O que poderíamos pensar de tais estimativas geológicas de 300 milhões de anos para o “desnudamento do Weald”?”.

Devido a autoridade científica de Kelvin como físico teórico, Darwin eliminou todas as análises referentes a idade da Terra nas edições subsequentes de seu livro. Numa carta a Alfred Wallace em 1869 ele reclama dos cálculos de Helmholtz e Kelvin os quais eram aceitos universalmente: “A visão de Kelvin em uma idade mais recente para o mundo tem sido um dos meus maiores problemas com a nossa teoria”.

Na verdade Kelvin estava errado e Darwin estava mais próximo da verdade. Segundo as estimativas mais recentes a Terra deve ter 4,5 bilhões de anos.

Essa estória nos mostra algumas **lições importantes**:

1- A ciência é dinâmica e muitas vezes imprevisível. Aquilo que é mais aceito hoje pode virar fumaça no futuro. Portanto não vale apostar o pescoço em nenhuma teoria.

2- Uma teoria que não é correta tem vida curta. Não passará pelo teste do tempo.

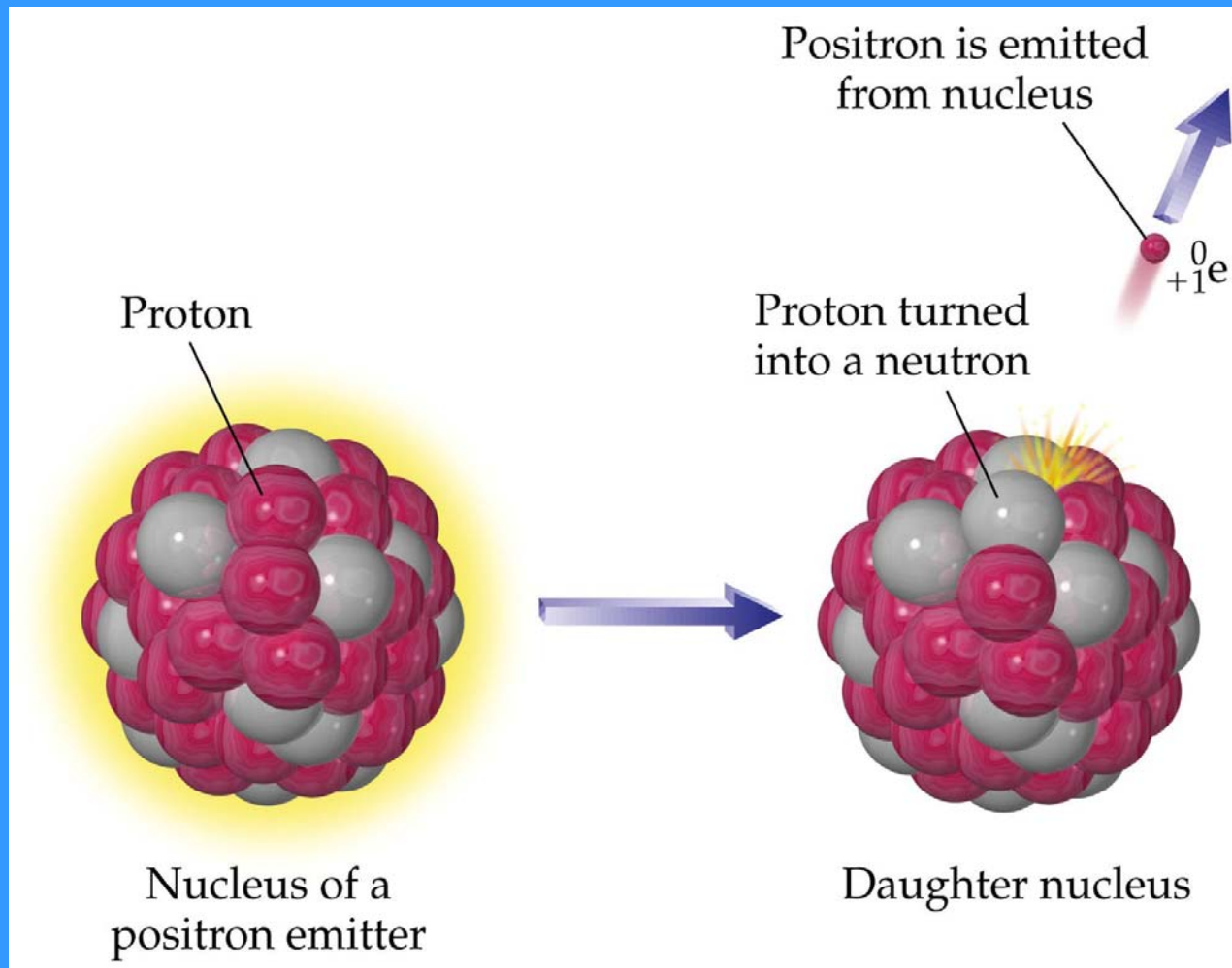
Porque podemos confiar nas datações

- A determinação da idade da Terra, idade de rochas, fósseis, sítios arqueológicos, etc... , é feita hoje em dia de várias maneiras por métodos diretos e indiretos.
- A geologia desenvolveu, desde o século passado, vários métodos indiretos que comparam a erosão de rochas, analisam as camadas geológicas, etc... .
- A biologia também desenvolveu vários métodos indiretos comparando tempo de crescimento de árvores, número de anéis no tronco, fósseis, etc....
- o método direto mais eficiente aplicável a uma gama muito grande de idade consiste na determinação direta da proporção de diferentes elementos químicos que passaram e passam por um processo de *decaimento radioativo*.

Radioatividade

- Alguns núcleos em seu estado natural podem emitir radiação.
- Ao processo de emissão de radiação por parte do núcleo dá-se o nome de desintegração ou decaimento nuclear.
- Principais processos:
 - Decaimento Alfa: emissão de partícula α (núcleo de He).
 - Decaimento Gama: emissão de fóton γ .
 - Decaimento Beta: emissão de partícula β (elétron).

Exemplo de decaimento β :



Decaimento Radioativo

- Processo estatístico no qual a probabilidade de decair é característica de cada nuclídeo.

Em $t=0$ uma amostra contém $N(0)$ núcleos.

- Todos os núcleos têm a mesma probabilidade de decair e o número de núcleos na amostra é uma função do tempo $N(t)$.

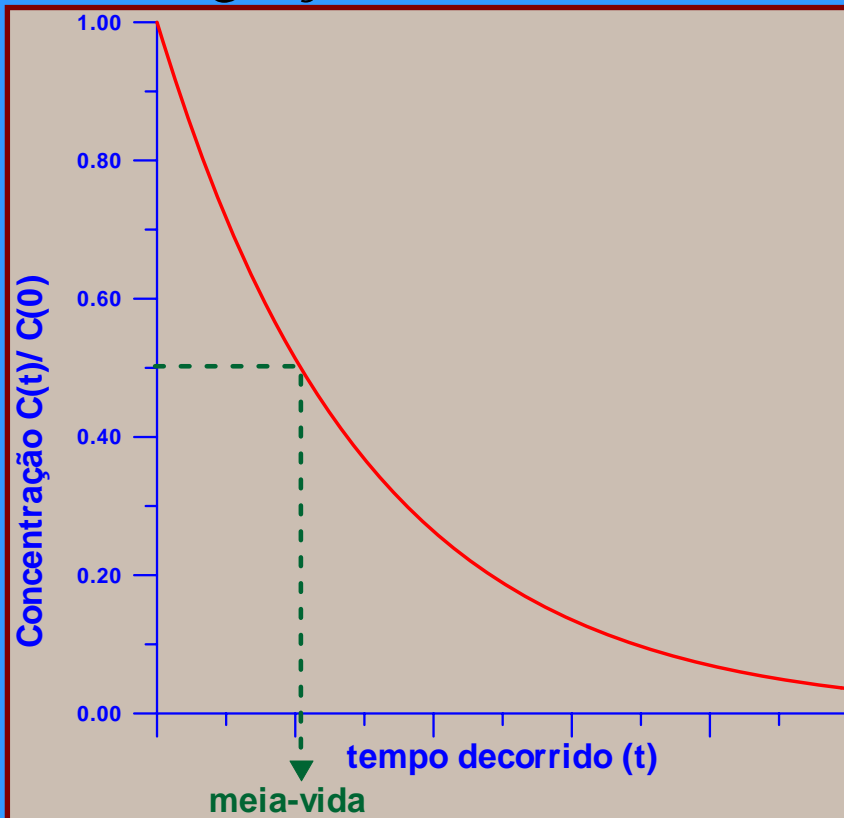
- A taxa de diminuição de $N(t)$ é $dN(t)/dt$ e deve ser proporcional ao número de núcleos ainda disponíveis para decair:

$$\frac{dN(t)}{dt} \propto N(t)$$

$$\int_{N_0}^{N(t)} \frac{dN'}{N'} = -\lambda \int_0^t dt' \Rightarrow \ln N(t) - \ln N_0 = -\lambda t$$

$$\Rightarrow N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

- A constante de proporcionalidade λ é chamada constante de desintegração: **Modelo usado nas datações:**



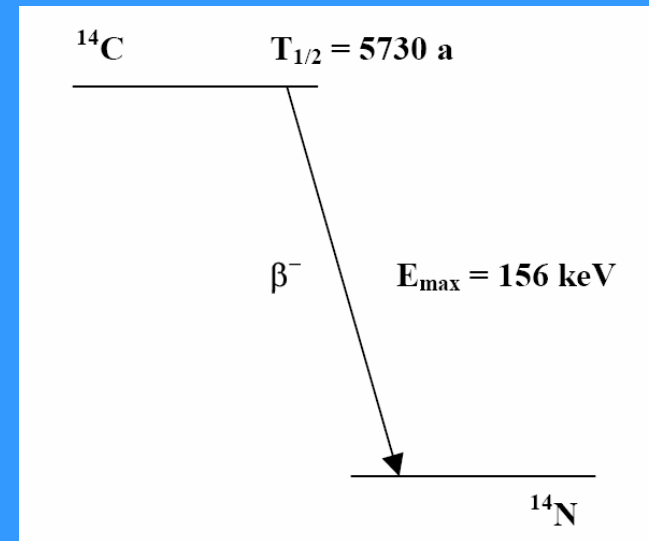
$$\Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{C(t)}{C_0} \right)$$

Exemplos típicos de decaimento radioativo:

- ^{238}U ----- $^{234}\text{Th} + \alpha$ (meia vida de 4.470.000.000 anos)
- ^{40}K ----- $^{40}\text{Ar} + \beta + \nu$ (“ 1.250.000.000 anos).
- ^{14}C ----- $^{14}\text{N} + \beta + \nu$ (“ 5730 anos).

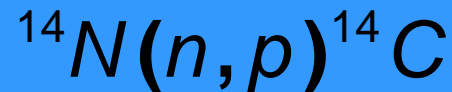
Vamos tratar o caso do carbono 14

- ^{12}C 98,9% } estáveis
- ^{13}C 1,1% }
- ^{14}C $10^{-12}\%$ → radioativo →

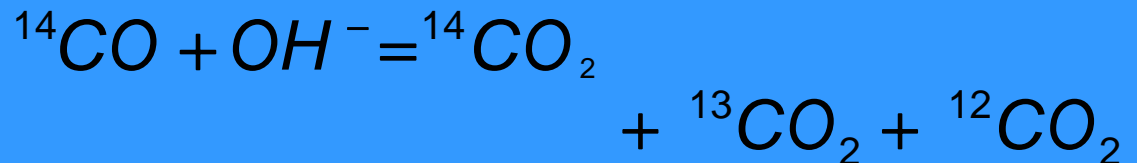


Produção de ^{14}C

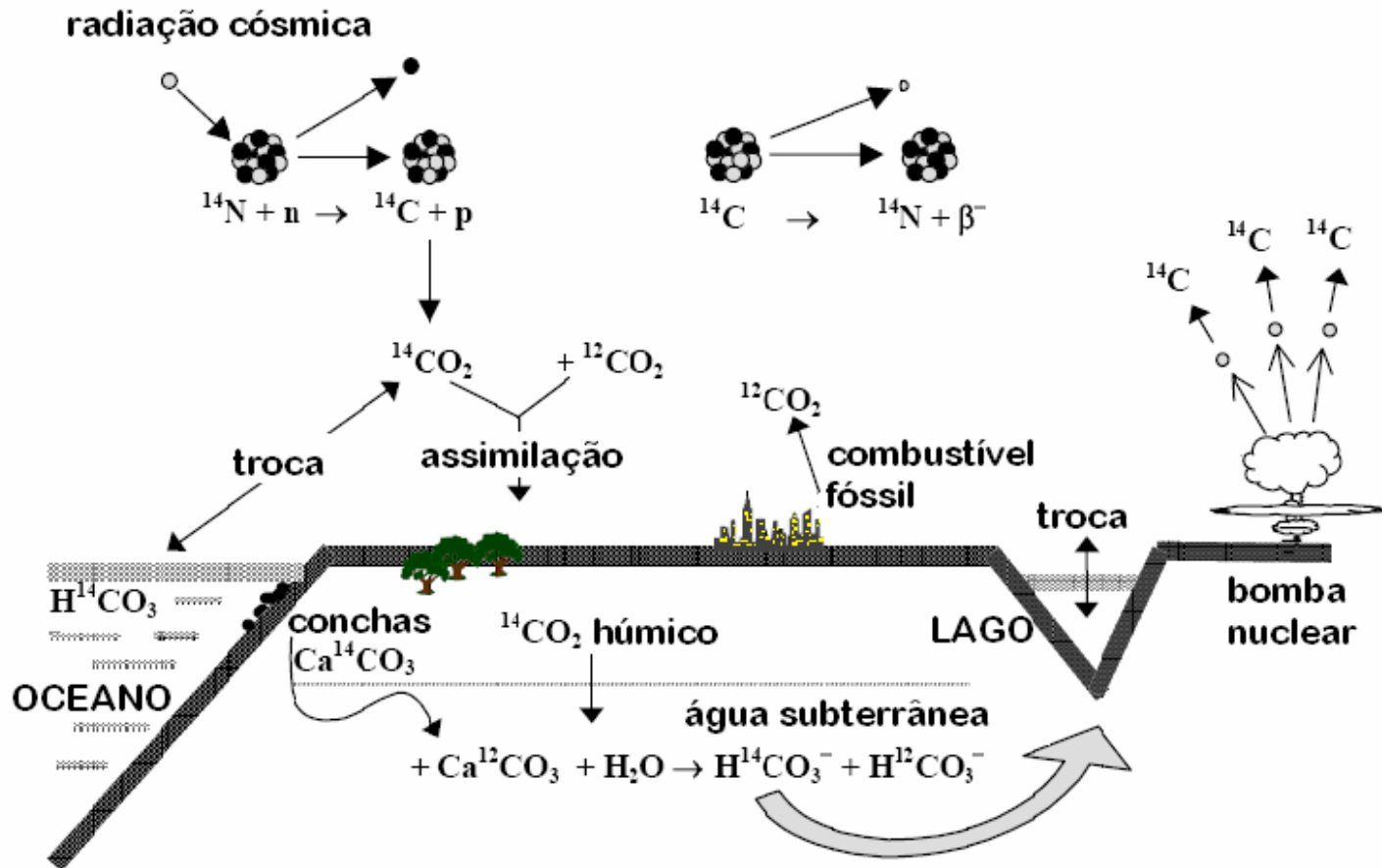
- A radiação cósmica produz neutrons secundários
- O isótopo radioativo é produzido na atmosfera pela reação



- A produção se dá a uma taxa aproximadamente constante de 2.2 átomos/cm²/seg, compensando as perdas por decaimento
- O ^{14}C se mistura aos demais isótopos



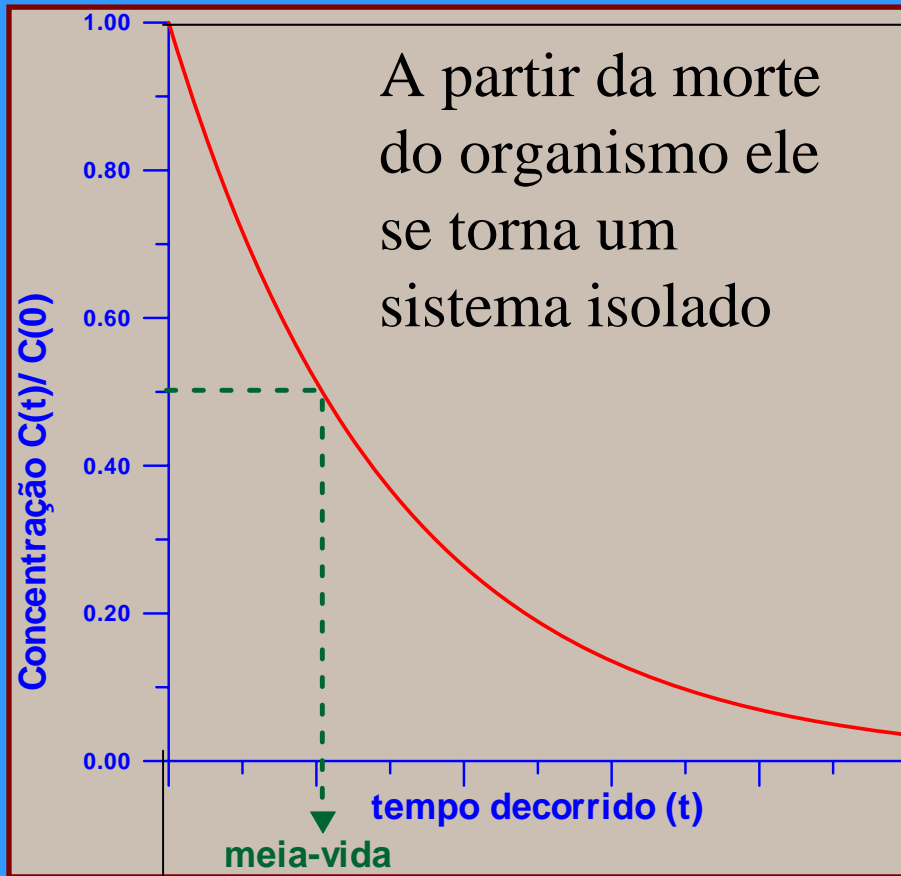
Ciclo do Carbono



O ciclo do carbono

- O meio ambiente é suposto em equilíbrio isotópico
- Os organismos vivos trocam carbono com o meio ambiente durante sua existência e assim permanecem em equilíbrio isotópico
- Quando o organismo morre, cessam as trocas de carbono com o meio ambiente e ele se torna um reservatório fechado
- Sua atividade inicial é igual à atmosférica e todas as perdas são devidas ao decaimento

Modelo usado para datação



No meio ambiente a taxa de produção de ¹⁴C equilibra a perda com decaimentos

Concentração inicial em equilíbrio com o meio ambiente

Precisão da medida: $\frac{\sqrt{n}}{n}$

$$t_{1/2} = 5730 \text{ anos} = 2,1 \times 10^6 \text{ dias}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 3,3 \times 10^{-7} \text{ decaimento s/dia} \rightarrow \text{para um átomo}$$

$$\begin{aligned} 1\text{g grafite} &\Leftrightarrow 5 \times 10^{22} \text{ átomos de C} \Leftrightarrow 5 \times 10^{10} \text{ átomos de } ^{14}\text{C} \\ \Rightarrow N\lambda &= 5 \times 10^{10} \text{ átomos de } ^{14}\text{C} \times 3,3 \times 10^{-7} \text{ decaimento s/dia} \\ &= 1,7 \times 10^4 \text{ contagens/dia} \end{aligned}$$

$$n = 10^4 \text{ eventos} \Rightarrow 1\% \text{ de precisão}$$

Grande questão: Podemos confiar nessas medidas?

>É feito comparações com outros métodos.

Por exemplo;

Método biológico, dendrocronologia.

(só para mencionar um)

Dendrocronologia: datação por anéis de árvores



Este é apenas um exemplo das dezenas de métodos que existem e que são usados para comparar uns com os outros até se chegar a um resultado que é razoavelmente confiável.

Concluindo, por essa razão é difícil para mim acreditar que as datações estejam completamente erradas e que a ordem de grandeza da idade da Terra (bilhões de anos) não seja correta.

“Mas não penso que seja necessário acreditar que aquele mesmo Deus que nos dotou de sentidos, de razão e de intelecto, tenha querido, desprezando o seu uso, dar-nos por outro qualquer meio as notícias e fatos que podemos obter através deles”.

(Galileu Galilei)