

Radioatividade (por Roberto Rezende)

1) Introdução

Após a descoberta de que existem átomos com o mesmo número atômico, mas com massas atômicas diferentes (elementos isótopos), os cientistas começaram a observar que algumas destas espécies atômicas tinham a característica de emitir radiações. Os trabalhos desses fenômenos, realizados casal Marie e Pierre Curie com isótopos de Urânio, Polônio e Radio, deram origem ao estudo da radioatividade.

2) Natureza das partículas radioativas

a) Radiações “alfa” (α^+): São emissões em forma de partícula, que possuem a mesma constituição do átomo de Hélio (dois prótons e dois nêutrons)

-Emissão da partícula α : $X_Z^A \xrightarrow{\alpha} Y_{Z-2}^{A-4}$

b) Radiações “beta” (β^-): São emissões em forma de partícula, que possuem a mesma constituição de um elétron (sem nêutrons e com carga negativa)

-Emissão da partícula β $X_Z^A \xrightarrow{\beta} Y_{Z+1}^A$

c) Radiações “gamma” (γ^0): São radiações eletromagnéticas de baixo comprimento de onda. Geralmente surge com a aniquilação de um pósitron ou elétron.

3) Cinética das desintegrações

a) Velocidade média de desintegração: $\bar{V} = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$, onde N_i é o número de partículas no instante i .

b) Velocidade instantânea de desintegração: Define-se a velocidade instantânea pela relação diferencial $V = \frac{-dN}{dt}$.

Considera-se que a “reação” de desintegração é de primeira ordem, ou seja, $V = kN$. A constante k é chamada constante radioativa ou constante de desintegração, e depende unicamente do material analisado. Ao produto kN , chamamos de atividade (A).

OBS:As unidades de atividade são o Curie (Ci), que é a atividade de um grama de Radio por segundo, equivalendo a $3,7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo. O Rutherford (Rd) equivale a 10^6 desintegrações por segundo;

Fazendo $\frac{-dN}{dt} = kN$:

$$\frac{dN}{N} = -kdt \Rightarrow$$

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -k \int_0^t dt \Rightarrow$$

$$\ln N - \ln N_0 = -kt \Rightarrow$$

$$\ln N_0 - \ln N = kt \Rightarrow$$

$$\ln \frac{N_0}{N} = kt$$

Como estamos falando de um mesmo elemento, o número de partículas N é proporcional ao número de mols e conseqüentemente, à massa. Ou seja, temos que:

$$\ln \frac{N_0}{N} = \ln \frac{n_0}{n} = \ln \frac{m_0}{m} = kt$$

c) Tempo de meia-vida ou período de semidesintegração: é o tempo necessário para que a quantidade de partículas de uma amostra radioativa se reduza à metade.

Se a amostra se reduz à metade, temos que:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\ln \frac{N_0}{N} = kt \Rightarrow,$$

$$\ln 2 = kt_{1/2}$$

onde $t_{1/2}$ é o tempo de meia-vida de uma partícula. Desta relação, é possível concluir que o tempo de meia-vida depende unicamente do material em estudo.

Da definição de meia-vida podemos extrair a relação:

$$N_0 \xrightarrow{T} N_0/2 \xrightarrow{T} N_0/4 \xrightarrow{T} \dots \xrightarrow{|T} N_0/2^n = N_f$$

o tempo total do processo foi $t = n t_{1/2}$

temos que:

$$N_f = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow$$

$$\frac{N_0}{N_f} = 2^{t/t_{1/2}}$$

Para outras medições de partículas:

$$\frac{n_0}{n} = \frac{m_0}{m} = 2^{t/t_{1/2}}$$

d) Equilíbrio radioativo: Ocorre quando as atividades se igualam em todas as etapas de uma série de desintegrações.

$kN = \text{constante}$

$$k t_{1/2} = \ln 2 \Rightarrow$$

Como $k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

Logo: $\frac{N}{t_{1/2}} = \text{cte}$

4) As famílias radioativas

Existem devido a núclídeos que se desintegram em outros núclídeos.

Observe as famílias:

a) família do Urânio: terminam no Pb^{206} e ocorrem sempre que o número de massa do elemento for da forma $4n+2$

b) família do Actínio: terminam no Pb^{207} e ocorrem sempre que o número de massa do elemento for da forma $4n+3$

c) família do Tório: terminam no Pb^{208} e ocorrem sempre que o número de massa do elemento for da forma $4n$

d) família do Netúnio (artificial): terminam no Bi^{209} e ocorrem sempre que o número de massa do elemento é da forma $4n+1$

OBS: como a desintegração se dá somente por partículas α e β , a congruência da série radioativa nunca muda, pois só pode haver uma perda de massa de um fator 4.

5) Mass defeat (“defeito de massa”)

Observa-se que o total de massa contido em uma amostra radioativa altera após uma desintegração. Isso se deve ao fato de que parte da massa foi convertida em energia durante o processo. O cálculo desta energia liberada pode ser realizado através da fórmula:

$E = \Delta mc^2$, onde Δm é a variação de massa do sistema.

É importante ressaltar que essas variações de massa são pequenas, da ordem dos $\mu\text{g}/\text{mol}$.

6) Datação ou Cronologia

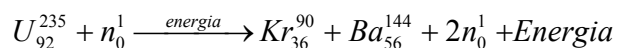
É a estimativa da idade de um material a partir da quantidade de C^{14} (radioativo) presente na amostra. O método é eficaz principalmente em fósseis, pois os seres vivos mantêm a quantidade de C^{14} constante em seu corpo.

Apesar de ser radioativo, a quantidade de C^{14} no corpo dos seres vivos é muito baixa pra causar algum efeito significativo. No entanto, o tempo de meia-vida longo permite uma medida exata da idade.

7) Reações nucleares

a) fissão nuclear: ruptura de um núcleo por bombardeio de nêutrons e fornecimento de determinada quantidade de energia.

Ex: 1ª fissão (feita por Otto Hahn):



Essa energia é da ordem do kTON, equivalente a explosão de 1000 toneladas de TNT.

Os produtos formados não são necessariamente Kr e Ba, mas estão sempre nessa faixa próxima de número atômico (por exemplo, forma-se $Sr_{38}^{90} + Xe_{54}^{143}$, com liberação de 3 nêutrons).

b) *fusão nuclear*: junção de núcleos. Libera mil vezes mais energia que a fissão.

Ex: $4H_1^1 \rightarrow He_2^4 + 2\beta_{+1}^0 + Energia$ (reação no sol)

$H_1^2 + H_1^3 \rightarrow He_2^4 + n_0^1 + Energia$ (bomba H)

OBS: a bomba H usa uma bomba atômica como espoleta.