

Compreendendo os Decaimentos Radioativos

Conforme foi visto anteriormente, grande parte dos núcleos com menos de 83 prótons são estáveis, pois a interação nuclear consegue manter os núcleons coesos. Entretanto, núcleos mais de 83 prótons são instáveis e com o tempo se desintegram espontaneamente. Ao se desintegrar, um núcleo emite certos tipos de partículas, acompanhadas ou não de fótons de alta energia. Esses fótons e partículas são chamados de “raios”. Três tipos de raios são produzidos pelos núcleos radioativos: raios α , raios β e raios γ . Cada raio tem um poder de penetração: os raios α são os menos penetrantes, sendo bloqueados por uma folha fina de papel ($\cong 0,01$ mm de chumbo), enquanto que os raios β precisam de uma espessura muito maior de chumbo ($\cong 0,1$ mm) para serem bloqueados; os raios γ são os mais penetrantes, podendo atravessar até 100 mm de chumbo.

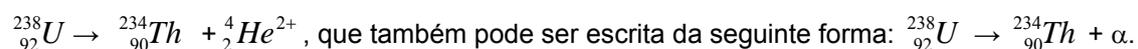
Desta forma, conheceremos agora os processos de decaimento radioativo ou também chamado de desintegração nuclear, que produzem os raios α e β , que são radiações corpusculares. Os raios γ embora sejam de natureza nuclear, não são radiações corpusculares e já foram discutidos nas radiações eletromagnéticas. Embora os processos de decaimento ocorram no núcleo do átomo, eles devem obedecer as leis de conservação que temos na Física, como a:

- Lei de Conservação da Carga Elétrica;
- Lei de Conservação da Massa;
- Lei de Conservação da Energia.

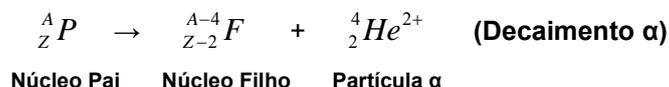
Assim, as quantidades de carga elétrica, massa e energia, antes e depois de qualquer decaimento radioativo, devem ser as mesmas. Isto é um dado muito útil ao conferirmos os mecanismos dos decaimentos e servem como uma prova de que eles de fato ocorrem e obedecem as leis de conservação.

Decaimento alfa (α)

Quando um núcleo se desintegra e produz raios alfa, dizemos que sofreu um **decaimento alfa**. A partícula alfa tem carga elétrica +2 e número de núcleons $A = 4$ e corresponde então a um núcleo de hélio sem elétrons, ou melhor, um núcleo duplamente ionizado (${}^4_2\text{He}^{2+}$). Para fins de simplificação quando falarmos das partículas alfa, usaremos apenas a letra grega α . Disso, concluímos que a partícula α é formada por 2 prótons e 2 nêutrons. Um exemplo de decaimento α é o do núcleo de urânio, que ao emitir uma partícula α , sofre uma **transmutação** transformando-se em um núcleo de tório, conforme a equação:

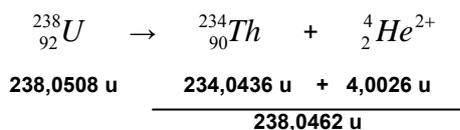


O núcleo original é chamado de núcleo pai e o núcleo que resta após a desintegração é chamado de núcleo filho. Durante este processo podemos perceber de uma maneira muito fácil, a conservação da carga elétrica e da massa. Assim, o processo de decaimento α pode ser escrito de uma maneira geral da seguinte forma:



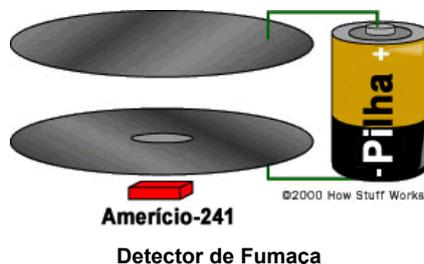
Quando um núcleo emite uma partícula α , ele também libera energia. Esta energia aparece como energia cinética do núcleo filho e da partícula α , exceto por uma pequena parcela que se manifesta na forma de um raio γ . Para ilustrar a liberação de energia em um decaimento α , vamos calcular o valor desta energia no decaimento que converte o urânio-238 em tório-234.

A massa atômica do ${}^{238}_{92}U$ é 238,0508 u, a do ${}^{234}_{90}Th$ é de 234,0436 u e a de uma partícula α (${}^4_2 He$) é 4,0026 u. Como é liberada energia no decaimento, sabemos que a soma da massa do ${}^{234}_{90}Th$ com a massa da partícula α é menor que a massa ${}^{238}_{92}U$. A diferença entre essas massas é equivalente à energia liberada neste processo. Para determinar essa energia, basta calcular a diferença das massas em unidades de massa atômica e usar o fato de que 1 u equivale a 931,5 MeV. Assim:



A diferença de massa é $238,0508 \text{ u} - 238,0462 \text{ u} = 0,0046 \text{ u}$. Como 1 u equivale a 931,5 MeV, a energia liberada neste decaimento é de 4,3 MeV.

Uma das aplicações do decaimento α é na construção de detectores de fumaça. Estes detectores são compostos de duas pequenas placas de metal que são montadas a uma distância da ordem de um centímetro uma da outra. Uma pequena pastilha de material radioativo, geralmente Amerício-241, montada no centro de uma das placas emite partículas α , que ao colidirem com as moléculas do ar acabam produzindo íons¹ positivos e negativos.



A tensão da pilha torna uma das placas positiva e a outra negativa, o que faz com que as placas atraiam esses íons. Em consequência disso, uma corrente elétrica atravessa o circuito. A presença de partículas de fumaça reduz essa corrente, pois os íons que colidem com uma partícula de fumaça quase sempre são neutralizados. A queda de corrente causada pela presença de partículas de fumaça é usada para disparar um alarme.

¹ Íons: átomos que perderam ou ganharam elétrons.

Decaimento beta menos (β^-)

Os raios β são defletidos pelo campo magnético na direção oposta à dos raios α , que são partículas positivas. Assim, os físicos chegaram à conclusão de que esses raios são formados por partículas de carga negativa, que foram chamadas inicialmente de partículas β^- . Mais tarde descobriu-se que estas partículas β^- são na verdade elétrons (e^-). Como exemplo do **decaimento β^-** , podemos considerar o núcleo do tório-234 que decai em um núcleo de protactínio-234, emitindo uma partícula β^- , conforme a equação: ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + e^-$.

Assim como o decaimento α , o decaimento β^- também causa uma transmutação e obedece as leis de conservação. Desta forma, podemos escrever o decaimento β^- da seguinte forma geral:



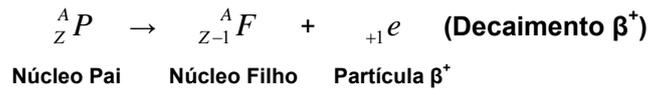
Fica então uma pergunta: Se os processos de decaimento radioativo são de origem nuclear, ou seja, as partículas são emitidas pelo núcleo do átomo, como um elétron pode ser emitido pelo núcleo se no núcleo temos apenas os núcleons (prótons e nêutrons)?

Esta questão atormentou os físicos durante muito tempo e a sua resposta, levou a descoberta de uma nova partícula. Essa nova partícula recebeu o nome de **neutrino**, dado pelo físico Enrico Fermi (1901-1954), em 1934 de, cujo símbolo é ν . Esta partícula é neutra e sua massa é muito pequena, quase imperceptível.

Foi o físico Wolfgang Pauli (1900-1950) que na década de 30, explicou de maneira coerente o decaimento β^- . Na verdade o que é emitido pelo núcleo no decaimento β^- é um nêutron (n) que sofre um decaimento em três outras partículas, um próton (p), um elétron (e) e a nova partícula, o neutrino (ν). Podemos representar o processo pela seguinte equação $n \rightarrow p + e + \nu$, onde o próton permanece no núcleo do átomo, enquanto o elétron (e) é emitido com alta energia, deixando para trás um átomo com número atômico Z aumentado em 1 unidade ($Z+1$). O neutrino é necessário neste processo para garantir a conservação de energia, entretanto, por fins didáticos, omitimos o neutrino na equação do decaimento β^- e β^+ que será estudado a seguir.

Decaimento beta mais (β^+)

Um segundo tipo de decaimento β também é observado, sendo chamado de **decaimento β^+** . Neste processo, a partícula emitida pelo núcleo é um **pósitron** em vez de um elétron. O pósitron, que também é chamado de **partícula β^+** , tem a mesma massa que o elétron, mas possui uma carga positiva, sendo então representada da seguinte forma ${}_{+1}e$. O pósitron é a **antipartícula** do elétron. Desta forma, podemos escrever o decaimento β^+ da seguinte forma geral:



Assim como no decaimento β^- , o pósitron emitido no decaimento β^+ não estava no núcleo antes do decaimento e o que acontece é o seguinte: um próton (p) sofre um decaimento em três outras partículas, um nêutron (n), um pósitron (${}_{+1}e$) e um neutrino (ν), conforme a equação: $p \rightarrow n + {}_{+1}e + \nu$. O nêutron permanece no núcleo do átomo, enquanto o pósitron (${}_{+1}e$) é emitido com alta energia, deixando para trás um átomo com número atômico Z, diminuído em uma unidade, ou seja, Z-1, uma vez que temos um próton a menos no núcleo. O neutrino é necessário neste processo para garantir a conservação de energia. A energia liberada nos decaimentos β^- e β^+ , podem ser calculadas de maneira semelhante ao cálculo feito no decaimento α .

Decaimento gama (γ)

O decaimento γ não é caracterizado por nenhuma partícula, pois é na verdade, uma radiação eletromagnética. Isso já foi contemplado no estudo do espectro eletromagnético. Essa radiação pode ser representada pelos seus fótons de alta energia, algo característico a esta radiação. Quando um núcleo faz um decaimento radioativo, ele passa de um estado excitado (representado aqui por um asterisco) para um estado de menor energia, não tendo alteração alguma em massa e carga elétrica. Podemos representar o decaimento γ de forma geral da seguinte forma geral:



Desta forma, após o decaimento o núcleo pai e núcleo filho apresentam o mesmo valor de A e Z, diferindo apenas quanto à energia. Neste processo um elemento não se transforma em outro como nos decaimentos α , β^- e β^+ .

Questões

- 1-) Qual a diferença entre os decaimentos α , β^- e β^+ ?
- 2-) Escreva a reação do decaimento β^- do ${}^{35}_{16}S$ (enxofre-35), identificando o símbolo químico e os valores de A e Z do núcleo filho.
- 3-) Determine a energia liberada, em MeV, quando o ${}^{211}_{82}Pb$ (chumbo-211) de massa atômica 210,998735 u sofre um decaimento β^- e se transforma em ${}^{211}_{83}Bi$ (bismuto-211) de massa atômica 210,987255 u.
- 4-) Por que os decaimentos α e β produzem novos elementos e o decaimento γ não?