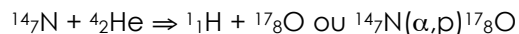


Reações Nucleares. Uma grande quantidade de informações sobre a estrutura nuclear é obtida por meio de reações nucleares. Nestes processos, núcleos são bombardeados por projéteis, e os produtos finais da reação são então observados. Isótopos de núcleos cujos números atômicos são iguais ou maiores do que $Z = 18$ são também utilizados como projéteis, mas consideraremos neste texto apenas as seguintes partículas incidentes (projéteis):

- Nêutron (n)
- Próton (p , ${}^1_1\text{H}$)
- Deutério (d , ${}^2_1\text{H}$)
- Trício (t , ${}^3_1\text{H}$)
- Hélio-3 (h , ${}^3_2\text{He}$)
- Hélio-4 (partícula α , ${}^4_2\text{He}$)

Em geral, a reação tem como resultado um núcleo final, denominado de residual, que comumente não é observado, e uma outra partícula adicional que é experimentalmente detectada. Em outras situações, ambos os produtos finais da reação são observados. Pode haver casos em que os produtos finais da reação são mais numerosos e mais complexos do que a situação exemplificada.

Exemplo de uma reação nuclear:



Classificação das Reações Nucleares. Reações são classificadas de acordo com as características do projétil, da partícula detectada e do núcleo residual. Se o projétil e a partícula detectada são idênticas, denominamos ao processo de **reação de espalhamento**. Se o núcleo residual encontra-se em seu estado fundamental, ou estado de mais baixa energia, denominamos ao processo de **espalhamento elástico**. Quando o núcleo residual se encontra em um estado excitado, denominamos ao processo de **espalhamento inelástico**. Processos em que os projéteis ganham ou perdem núcleons são denominados, respectivamente, de **reações de captura e de despojamento**. Exemplos: ${}^{16}_8\text{O}(d, t){}^{15}_8\text{O}$; ${}^{90}_{40}\text{Zr}(d, p){}^{91}_{40}\text{Zr}$.

Sistemas Referenciais de Laboratório e de Centro-de-Massa. Reações nucleares são analisadas considerando-se referenciais de laboratório e de centro-de-massa. Se o núcleo-alvo estiver em repouso no sistema de laboratório, sua velocidade é nula, mas a velocidade da partícula incidente é diferente de zero, sendo aqui representada por $v_{\text{projétil}}$. Neste caso, o centro de massa do sistema se desloca com velocidade V_{cm} . Desta forma, com respeito ao centro-de-massa, a partícula alvo se desloca com velocidade $V_{\text{alvo}} = V_{\text{cm}}$. E a partícula incidente, por sua vez, se desloca então em relação ao centro-de-massa com velocidade $v'_{\text{projétil}} = v_{\text{projétil}} - V_{\text{cm}}$. O sistema centro-de-massa é definido impondo a condição que a soma dos momenta lineares do núcleo alvo (de massa M_{alvo}) e da partícula incidente (de massa $m_{\text{projétil}}$) seja nula:

$$-M_{\text{alvo}} V_{\text{alvo}} + m_{\text{projétil}} v'_{\text{projétil}} = 0 \text{ ou } -M_{\text{alvo}} V_{\text{cm}} + m_{\text{projétil}} (v_{\text{projétil}} - V_{\text{cm}}) = 0$$

$$\text{ou ainda } (M_{\text{alvo}} + m_{\text{projétil}}) V_{\text{cm}} = m_{\text{projétil}} v_{\text{projétil}}$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Instituto de Física

Departamento de Física

Disciplina: Física do Século XX B

Prof. César Augusto Zen Vasconcelos

LISTA TEMÁTICA E DE PROBLEMAS No.11. Reações Nucleares. Classificação das Reações Nucleares. Sistemas Referenciais: laboratório e centro-de-massa. Balanço de Energia em Reações Nucleares. Seção de Choque Nuclear.

Nesta expressão, $(M_{\text{alvo}} + m_{\text{projétil}})V_{\text{cm}}$ representa o momentum linear do centro de massa no referencial de laboratório. Velocidades do núcleo alvo e da partícula incidente, antes que ocorra a reação, no sistema centro de massa:

$$V_{\text{alvo}} = (m_{\text{projétil}} / (m_{\text{projétil}} + M_{\text{alvo}})) v_{\text{projétil}} \quad \text{e} \quad v'_{\text{projétil}} = (M_{\text{alvo}} / (m_{\text{projétil}} + M_{\text{alvo}})) v_{\text{projétil}}$$

Balanço de Energia em Reações Nucleares. Geralmente, energia é liberada em reações nucleares. A quantidade de energia liberada é determinada pela diferença entre as energias cinéticas inicial e final do processo:

$$Q = K_i - K_f$$

Se $Q > 0$, a reação é chamada de exotérmica e no caso em que $Q < 0$, a reação é dita endotérmica. Se $Q = 0$, a reação é denominada de colisão elástica.

Seção de Choque Nuclear. Quando uma partícula incide em direção a um núcleo alvo, não há garantias que ambas interajam de forma a produzir uma reação nuclear. A seção de choque nuclear, σ , é uma quantidade que descreve a probabilidade de que uma determinada reação ocorra

$\sigma = (\text{número de reações por segundo por núcleo}) / (\text{número de projéteis incidentes por segundo e por unidade de área})$

Quanto maior o valor de σ , maior a probabilidade de que o processo ocorra. As dimensões de σ são as de uma área e em geral são dadas em termos de barn. 1 barn = 10^{-28}m^2 .

Problemas.

1. Quando o ${}^6_3\text{Li}$ é bombardeado por deutérios de 4 MeV, uma reação observada é a formação de duas partículas alfa, cada uma delas com energia de 13.2MeV. Encontre o valor de Q da reação.
2. Determine as partículas desconhecidas nas seguintes reações nucleares: ${}^{18}_8\text{O}(d,p)X$; $X(p,\alpha){}^{87}_{39}\text{Y}$; ${}^{122}_{52}\text{Te}(X,d){}^{124}_{53}\text{I}$.
3. Calcule os valores de Q para as seguintes reações: ${}^{16}_8\text{O}(\gamma,p){}^{15}_7\text{N}$; ${}^{150}_{62}\text{Sm}(p,\alpha){}^{147}_{61}\text{Pm}$.
4. Como observado no sistema laboratório, um próton de 6 MeV incide em um alvo estacionário de ${}^{12}_6\text{C}$. Encontre a velocidade do sistema centro-de-massa.
5. Encontre o valor da barreira Coulombiana dos núcleos ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{93}_{41}\text{Nb}$, ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ para um próton.
6. Encontre uma expressão para o número de partículas espalhadas de um feixe de área A contendo N partículas após atravessar um material alvo de espessura T, alvo este que contém n centros espalhadores por unidade de volume, cada um destes centros com uma seção de choque σ .