



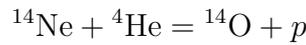
Programa ICTP-SAIFR de Introdução à Física para Participação em Olimpíadas

Problema da Semana: Reação Nuclear Artificial

São Paulo | 14 de Junho de 2024.

Problema 1 (2001-01, A. ОБЧИННИКОВ, В. ПЛИС, КВАНТ, СССР)

A primeira reação nuclear artificial



foi observada por Rutherford em 1919. Ele vem com absorção de energia $Q = 1.13$ MeV. Qual energia cinética mínima E_m deve ser transmitida à partícula alfa no sistema de laboratório para que a reação indicada possa ocorrer ao bombardear um alvo estacionário de nitrogênio?

Solução: A energia mínima E_m , ou limiar de uma reação nuclear, é a energia de uma partícula incidente em um alvo estacionário, a partir da qual uma reação nuclear se torna possível.

Primeiro, uma pequena digressão. Vamos encontrar a conexão entre as energias cinéticas K e \tilde{K} do sistema de pontos materiais no referencial do laboratório e no sistema de centro de massa, respectivamente. De acordo com a lei da adição de velocidades, para cada i -ésimo ponto material

$$\vec{v}_i = \vec{V} + \vec{u}_i, \quad (1)$$

onde \vec{V} é a velocidade do centro de massa do sistema. Então a energia cinética do sistema de pontos materiais no sistema de laboratório é igual a

$$K = \sum_i \frac{m_i \vec{v}_i^2}{2} = \sum_i \frac{m_i (\vec{V} + \vec{u}_i)^2}{2} = \sum_i \frac{m_i \vec{V}^2}{2} + \sum_i \frac{m_i \vec{u}_i^2}{2} + \vec{V} \sum_i m_i \vec{u}_i. \quad (2)$$

A soma $\sum_i m_i \vec{u}_i$ é igual a zero, pois determina a velocidade do centro de massa no sistema de centro de massa. Por isso,

$$K = \frac{MV^2}{2} + \tilde{K}, \quad (3)$$

ou seja, a energia cinética de um conjunto de pontos materiais em um referencial de laboratório é igual à soma da energia cinética de toda a massa do sistema, mentalmente

concentrada em seu centro de massa e movendo-se com ele, e a energia cinética do mesmo conjunto de pontos materiais em seu movimento relativo no sistema de centro de massa.

Agora vamos começar a resolver o problema. Denotemos por \vec{p}_0 o momento da partícula alfa antes da colisão. Energia cinética de movimento do centro de massa do sistema

$$\frac{MV^2}{2} = \frac{p_0^2}{2(m_{\text{He}} + m_{\text{N}})} = \frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{He}} + m_{\text{N}}} E_m \quad (4)$$

não muda durante uma reação nuclear, pois o momento do sistema fechado é conservado e, portanto, a energia indicada não participa das transformações nucleares. Então encontramos a energia necessária a partir da condição

$$E_m = Q + \frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{He}} + m_{\text{N}}} E_m \quad \Rightarrow \quad E_m = \frac{m_{\text{He}} + m_{\text{N}}}{m_{\text{N}}} Q = 1.45 \text{ MeV}. \quad (5)$$

Observe que a energia cinética mínima da partícula bombardeada é alcançada no caso em que os produtos da reação estão em repouso no sistema de centro de massa.