

Física do Núcleo e das Partículas

Folha 1: Propriedades Nucleares

1. Determine o comprimento de onda associado a eletrões de energia 1 eV e 10^3 MeV.
2. Considere a difusão elástica de partículas α de 10 MeV pelo núcleo de $^{197}_{79}\text{Au}$. Calcule:
 - (a) a secção eficaz diferencial para difusão de 10° .
 - (b) a secção eficaz para a difusão superior a 10° .

3. Considere as seguintes distribuições de carga:

(a)

$$\rho(r) = \begin{cases} \rho_0 & r < R \\ 0 & r > R \end{cases}$$

(b)

$$\rho(r) = \rho_0 \exp(-\alpha^2 r^2)$$

Calcule para ambos os casos $\langle r^2 \rangle$ e o factor de forma $F(q)$.

4. A generalização da fórmula de Rutherford para a difusão de eletrões relativistas por um núcleo de carga pontual $+Ze$ é dada pela fórmula de Mott:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 mc^2} \right)^2 \frac{(1 - \beta^2)(1 - \beta^2 \sin^2(\theta/2))}{\beta^4 \sin^4(\theta/2)}, \quad \beta = v/c.$$

- (a) Verifique que no limite não relativista obtem a fórmula de Rutherford.
 - (b) Considere a difusão de electrões de 250 MeV por um núcleo de Hélio com a distribuição de carga definida na alínea 3(b). Calcule a secção eficaz diferencial.
5. Um feixe de neutrões de energia 0.29 eV (fluxo 10^5 s^{-1}), atravessa ortogonalmente um folha de $^{235}_{92}\text{U}$ e espessura 10^{-1} kg/m^2 . São possíveis, em colisões neutrão- $^{235}_{92}\text{U}$, as seguintes reações: (i) difusão elástica ($\sigma_e = 2 \times 10^{-30} \text{ m}^2$); (ii) captura seguida de emissão γ ($\sigma_c = 7 \times 10^{-27} \text{ m}^2$); (iii) cisão ($\sigma_f = 2 \times 10^{-26} \text{ m}^2$). Calcule:
 - (a) a atenuação do feixe pela folha.

- (b) o número de reações de cisão (ou fissão) na folha por segundo.
- (c) o fluxo de neutrões difundidos elasticamente à distância de 10 m da folha, admitindo difusão isotrópica dos neutrões difundidos.
6. O raio de um núcleo (suposto esférico) de número de massa A é dado, em boa aproximação por $R = r_0 A^{1/3}$ com $r_0 = 1.2$ fm.
- (a) Estime o valor da densidade de massa nuclear.
- (b) Calcule o número de nucleões por cm^3 da matéria nuclear.
- (c) Estime o volume e o diâmetros dos núcleos ${}^4_2\text{H}$ e ${}^{239}_{94}\text{Pu}$.
7. Mostre que os campos elétricos à superfície do núcleo dos isótopos ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ e ${}^{42}_{20}\text{Ca}$ diferem 3%.
8. A partir das massa atômicas de núcleos conjugados ($Z_1 = N_2$ e $N_1 = Z_2$) é possível estimar o raio dos núcleos com número de massa $A = Z_1 + N_1$. Exemplifique com o par ${}^{40}_{19}\text{K}$ e ${}^{40}_{21}\text{Sc}$ sabendo que são, respetivamente, emissores β^- (energia máxima 1310 MeV) e β^+ (energia máxima 12930 MeV). Note que $M_n - M_H = 0.780$ MeV.
9. Usando a fórmula de Weizsäcker calcule para o núcleo ${}^{51}_{23}\text{V}$:
- (a) a energia de ligação e a energia de ligação por nucleão.
- (b) a energia de separação de um próton.
- (c) a energia de separação de um neutrão.
10. Aceitando a fórmula de Weizsäcker provar que a cisão espontânea simétrica é energeticamente possível para $Z^2/A \geq K$, estimando o valor de K ; ignore o termo de pares.
11. Mostre que para A e Z elevados a energia libertada quando um núcleo (A, Z) emite uma partícula α dada por:
- $$Q_\alpha = -4a_v + \frac{8}{3}a_s A^{-1/3} + 4a_c \frac{Z(1 - Z/3A)}{A^{1/3}} - 4a_A \frac{(N - Z)^2}{A^2} + B(4, 2)$$
- onde $B(4, 2)$ a energia de ligação partícula α (28.30 MeV). Discuta a estabilidade dos isótopos ${}^{107}_{47}\text{Ag}$ e ${}^{197}_{79}\text{Au}$ relativamente ao decaimento α .
12. Usando o modelo da gota líquida, determine se o núcleo $A=143$ e $N=54$ é instável para os decaimentos β^- e β^+ .
13. Um nível de energia atômico, com $J = 3/2$, é desdobrado em 3 níveis devido à interação magnética com o núcleo (estrutura hiperfina). Qual é o valor do momento angular nuclear e o número total de níveis obtidos por interação com um campo magnético?