

Curso Introdução a Física Nuclear (2023)

Lista de exercícios 2

1) O ^{239}Pu decai por emissão de partículas alfas com energia 5.144 MeV. Uma técnica para determinar a vida média desse decaimento é imergir uma certa quantidade de ^{239}Pu num tanque de nitrogênio líquido (com uma quantidade de líquido suficiente para parar as partículas alfas). Podemos obter a vida média do decaimento a partir da taxa de evaporação do nitrogênio líquido devido a energia perdida pelas partículas alfas e energia de recuo do núcleo residual. Considerando que a taxa de evaporação é de 0.231W quando utilizamos 120.1 gramas de ^{239}Pu , determine a vida média do decaimento. (2.39×10^4 anos)

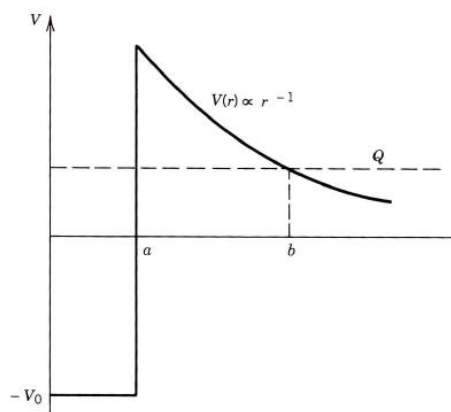
2) O decaimento alfa é determinado a partir da penetrabilidade da barreira coulombiana, veja figura abaixo. Mostre que podemos obter uma relação linear entre o logaritmo da taxa de decaimento ($\ln \lambda$) e raiz quadrada da energia (relação Geiger-Nuttall) a partir da expressão da transmissão obtido pelo modelo de WKB.

$$T = \exp \left\{ -2 \left(\frac{2m'_\alpha c^2}{Q(\hbar c)^2} \right)^{1/2} \frac{zZ'e^2}{4\pi\epsilon_0} \left[\arccos(\sqrt{x}) - \sqrt{x(1-x)} \right] \right\}$$

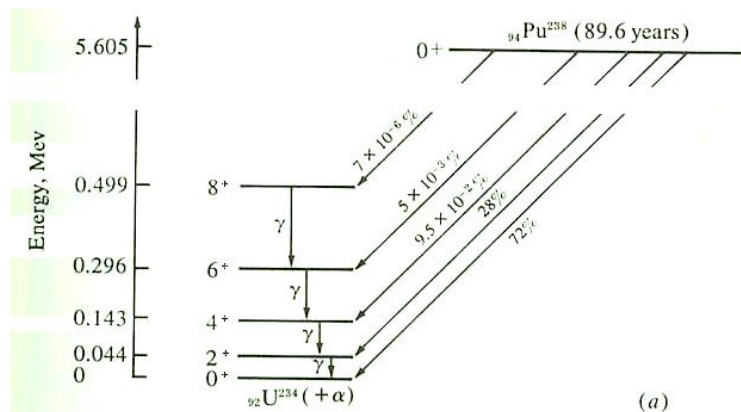
$$x \equiv a/b = Q/B$$

$$m'_\alpha = \frac{m_\alpha m_{X'}}{m_\alpha + m_{X'}} \approx m_\alpha (1 - 4/A)$$

“a=R” é o raio do núcleo e “b” é o ponto onde a energia do decaimento (Q) é igual a energia coulombiana. Dica: Para $x \ll 1$ o termo $[\arccos(\sqrt{x}) - \sqrt{x(1-x)}]$ pode ser aproximado para $[\pi/2 - \sqrt{x}]$.



3) Na figura abaixo temos um esquema do decaimento do ^{238}Pu nos estados excitados do ^{234}U . Calcule a energia cinética das partículas alfa que decaem para o estado de energia 0.499 no ^{234}U . (massa da alfa, 3.727 MeV e massa do ^{234}U 2.18×10^5 MeV).



4) O núcleo ^{57}Cu decai por emissão de um pósitron para o ^{57}Ni .

a) Considerando o modelo de camadas, determine o spin e paridade do estado fundamental de cada um desses núcleos e sugira um spin e paridade para o primeiro estado excitado de cada um desses núcleos.

b) Estime a energia de endpoint do espectro do pósitron para o decaimento do estado fundamental do ^{57}Cu para o estado fundamental do ^{57}Ni .

c) estime a meia vida desse decaimento. Dica: use a expressão abaixo transformando

a integral de momento em energia onde $E=pc$ e $|M_{fi}|^2 \approx 1$, $g = 8.95 \times 10^{-44} \text{ MeV} \cdot \text{cm}^3$

$$\lambda = \int_0^{p_0} \lambda(p) dp = B \int_0^{p_0} (Q - T_e)^2 p^2 dp$$

5) O núcleo ^{38}Cl decai por beta. Os elétrons são emitidos com energias 1.11, 2.75 e 4.91 MeV. Além disso dois raios-gama são observados no decaimento com energias 2.16 e 1.64 MeV. Monte o esquema de desintegração.

6) Complete a tabela abaixo e diga que tipo de espalhamento deve ocorrer.

System / E_{lab}	R_b (fm)	V_b (MeV)	η	$2a_0$ (fm)
$^4\text{He} + ^{208}\text{Pb}$ @ 10 MeV				
$^4\text{He} + ^{208}\text{Pb}$ @ 27 MeV				
$^4\text{He} + ^{208}\text{Pb}$ @ 60 MeV				
$^{10}\text{Be} + ^{64}\text{Zn}$ @ 28 MeV				

$\text{amu} = 931.5 \text{ MeV}$, $\hbar c = 197.3 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$, $e^2 = 1.44 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$

7) Qual o Q-de-reação para a reação: $^{152}\text{Eu}(n,p)^{152}\text{Sm}$?. O núcleo ^{152}Eu pode ainda decair por beta+ e beta-. Qual a máxima energia que ao eletron (positron) pode ter ?

8) Considere uma reação nuclear do tipo $A(a,b)B$, onde “a” é a partícula incidente, “A” é o alvo e “b” é a partícula detectada. Para reações em que o Q-de-reação é negativo existe um limiar para que a reação ocorra. A partir da expressão do Q-de-reação determine a energia cinética da partícula “b” e o limiar de energia incidente para que a reação ocorra.

9) Considere a seguinte reação de fissão: $^{235}\text{U} + n \rightarrow ^{140}\text{Xe} + ^{94}\text{Sr} + 2n + Q$

Sabendo-se que $Z(\text{U})=92$, $Z(\text{Xe})=54$ e $Z(\text{Sr})=38$ e que os excessos de massa dos núcleos envolvidos são: $M(n)=8.071 \text{ MeV}$, $M(^{235}\text{U})=40.918 \text{ MeV}$, $M(^{140}\text{Xe})=-72.986 \text{ MeV}$, $M(^{94}\text{Sr})=-78.850 \text{ MeV}$

a) Determine o Q da reação.

b) Determine quanto de energia é gerada em cada reação em Joules

c) Se 50g de Urânio foram consumidos, qual a energia gerada.

d) Quantas fissões por segundo devem ocorrer para gerarmos uma energia de 300 MW (energia média gerada por um reator).

10) No Sol ocorrem uma série de reações cujo resultado final é converter 4 núcleos de hidrogênio num núcleo de hélio: $4^1\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + 2e^+ + 2\nu + \gamma + Q$.

A massa do Sol é $2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$ (sendo que 91% de hidrogênio). O Sol irradia uma potência de $3.85 \times 10^{26} \text{ W}$. Considerando que os excessos de massa $M(^1\text{H})=7.288 \text{ MeV}$, $M(^4\text{He})=2.425 \text{ MeV}$, $M(e)=0.511 \text{ MeV}$, $M(\text{neutrino}) = \text{desprezível}$

a) Determine o Q de reação.

b) Quantas reações devem ocorrer por segundo para gerar a potência irradiada pelo Sol?

c) Quanto de massa deve ser consumido por segundo para gerar essa potência.

d) Após 5 bilhões de anos quanto de massa deve ser consumido se o Sol mantiver essa taxa de consumo?

11) Numa experiência de espalhamento elástico uma folha de alumínio de $10 \mu\text{m}$ de espessura é colocada em frente a um feixe de prótons com intensidade de $8 \times 10^{12}/\text{m}^2$ partículas por segundo. A seção de choque diferencial é dada por $d\sigma/d\Omega = A + B \cos^2(\theta)$, onde A e B são constantes e θ é o ângulo de espalhamento. Um detector com uma área de 0.01 m^2 e a uma distância de 6m da folha, detecta partículas com uma taxa de 50/s quando $\theta=30^\circ$ e 40/s quando $\theta=60^\circ$. Encontre os valores de A e B. O número de massa do alumínio é 27 e a densidade é 2.7 g/cm^3 .