

Física Nuclear e de Partículas

Ricardo Mendes Ribeiro

1 de Maio de 2017

Física Nuclear

1. Uma amostra de linho contém 1 átomo de $^{14}_6\text{C}$ por 2×10^{12} átomos de $^{12}_6\text{C}$. Qual é a idade do tecido, sabendo que a meia vida do $^{14}_6\text{C}$ é de 5730 anos e que a proporção de $^{14}_6\text{C}$ na atmosfera é de 1 para 10^{12} ?

R: ¹

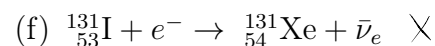
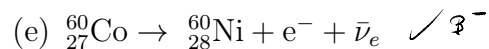
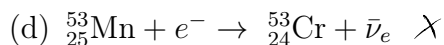
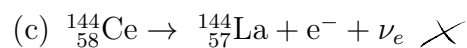
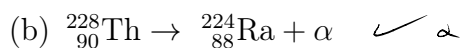
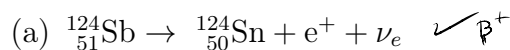
2. Numa amostra de um litro de dióxido de carbono detectam-se em média 5 desintegrações por minuto. Calcule a fracção atómica de $^{14}_6\text{C}$, sabendo que a vida média deste núcleo é de 8267 anos.

PISTA: Use a expressão dos gases perfeitos $PV = nRT$ para determinar o número de moléculas de CO_2 .

(1 atm = 10^5 Pa; $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)

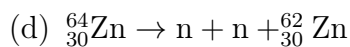
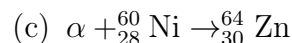
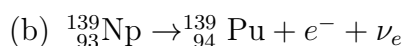
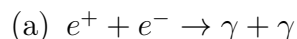
R: ²

3. Indique se é verdadeiro ou falso que estas reacções são possíveis:



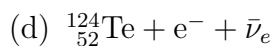
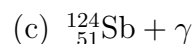
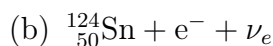
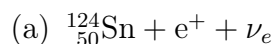
R: ³

4. Indique as reacções possíveis:



R: ⁴

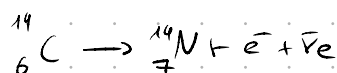
5. Considere um núcleo de $^{124}_{51}\text{Sb}$, que decai por decaimento β^- . Quais são os produtos da reacção (assinale a verdadeira)?



R: ⁵

6. Considere uma reacção em cadeia com factor multiplicativo k , energia libertada por fissão $E_0 = 1$ MeV, tempo médio que um neutrão demora a atingir um núcleo t_0 , e que inicia com n neutrões.

1. Uma amostra de linho contém 1 átomo de $^{14}_6\text{C}$ por 2×10^{12} átomos de $^{12}_6\text{C}$. Qual é a idade do tecido, sabendo que a meia vida do $^{14}_6\text{C}$ é de 5730 anos e que a proporção de $^{14}_6\text{C}$ na atmosfera é de 1 para 10^{12} ?



1 para 2×10^{12}

$$N = \frac{1}{2} \times 10^{-12}$$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}} \Rightarrow \frac{\frac{1}{2} \times 10^{-12}}{10^{-12}} = 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$t_{1/2} = 5730 \text{ anos}$$

$$N_0 = 10^{-12}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}} \Rightarrow \frac{t}{t_{1/2}} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{t}{5730} = 1 \Rightarrow t = 5730 \text{ anos}$$

2. Numa amostra de um litro de dióxido de carbono detectam-se em média 5 desintegrações por minuto. Calcule a fracção atómica de $^{14}_6\text{C}$, sabendo que a vida média deste núcleo é de 8267 anos.

PISTA: Use a expressão dos gases perfeitos $PV = nRT$ para determinar o número de moléculas de CO_2 .

(1 atm = 10^5 Pa; $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)

$$V = 1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

5 desintegrações/minuto

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{10^5 \times 10^{-3}}{300 \times 8.314}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$t = 8267 \text{ anos}$$

$$N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{dN}{dt} = -\frac{N_0}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{N}{\tau} \Rightarrow N = -\frac{dN}{dt} \tau = 5 \times 8267 \times 365 \times 24 \times 60$$

→ taxa de desintegração

$$\Rightarrow \frac{N}{n \text{ mol}} \rightarrow 1 \text{ mol} = 6.023 \times 10^{23}$$

6. Considere uma reacção em cadeia com factor multiplicativo k , energia libertada por fissão $E_0 = 1 \text{ MeV}$, tempo médio que um neutrão demora a atingir um núcleo t_0 , e que inicia com n neutrões. → $1.6 \times 10^{-13} \text{ s}$

- (a) Qual é a potência libertada na reacção em função do tempo?
- (b) Assumindo que inicia a reacção com apenas um neutrão, que o tempo médio t_0 é de 0.1 ns e a energia libertada, calcule a potência libertada em $t = 1 \mu\text{s}$, para $k = 1.001$, $k = 1.01$, $k = 0.99999$.
- (c) Discuta os resultados, tendo em conta as escalas de tempo e os valores de potência libertada.

a) $N(t) = n \times k^t \rightarrow$ nº de fissões em cada geração

b) $t_0 = 0.1 \text{ ns} = 1 \times 10^{-10} \text{ s}$
 $t = 1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$

$$\text{Potência} = \frac{N \times E_0}{t_0} = \frac{n k^t E_0}{t_0}$$

→ energia / tempo

$$k = 1.001 \rightarrow P = 35 \text{ W}$$

$$k = 1.01 \rightarrow P = 2.56 \times 10^{40} \text{ W}$$

$$k = 0.99 \rightarrow P = 1.45 \times 10^{-3} \text{ W}$$

- (a) Qual é a potência libertada na reacção em função do tempo?
- (b) Assumindo que inicia a reacção com apenas um neutrão, que o tempo médio t_0 é de 0.1 ns e a energia libertada, calcule a potência libertada em $t = 1 \mu s$, para $k = 1.001$, $k = 1.01$, $k = 0.99999$.
- (c) Discuta os resultados, tendo em conta as escalas de tempo e os valores de potência libertada.

R: ⁶

Física de Partículas

7. Indique se é verdadeiro ou falso que estas reacções são possíveis, sabendo que as partículas K e π são mesões e as Σ são bariões:

- (a) $\bar{K}^0 + p \rightarrow K^- + \bar{p} + \pi^+$ $\hookrightarrow B=0$ $\hookrightarrow B=1 \cup B=-1$
- (b) $\pi^+ + p \rightarrow K^0 + \Sigma^0 + \pi^+ + K^+ + \bar{K}^0$
- (c) $K^- + p \rightarrow \Sigma^+ + n + \pi^-$
- (d) $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + \Sigma^- + K^0 + \bar{p} + \bar{\Sigma}^+ + n$
- (e) $n + \nu_\mu \rightarrow p + \mu^-$

R: ⁷

8. Indique as reacções possíveis, sabendo que π , K são mesões e Λ , Ξ , Σ e Ω são bariões:

- (a) $\pi^- + p \rightarrow K^0 + \Lambda$
- (b) $\Xi^- + p \rightarrow \Lambda + \Lambda$
- (c) $K^- + p \rightarrow K^+ + K^0 + \Omega^-$
- (d) $p + p \rightarrow K^+ + \Sigma^+ + n$

R: ⁸

9. Assinale com um \bigcirc quais das reacções seguintes podem ocorrer:

- (a) $K^- + p \rightarrow \bar{K}^0 + n$
- (b) $\pi^- + p \rightarrow \bar{\Sigma}^- + \Sigma^0 + p$
- (c) $\pi^+ + p \rightarrow K^+ + \Sigma^+$
- (d) $\pi^- + p \rightarrow K^+ + \Sigma^0 + \pi^-$
- (e) $\bar{p} + p \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^- + \pi^- + \pi^+$
- (f) $\pi^- + p \rightarrow K^- + \Sigma^+$
- (g) $\bar{K}^0 + p \rightarrow K^- + p + \pi^+$
- (h) $\pi^+ + p \rightarrow K^0 + \Sigma^0 + \pi^+ + K^+ + \bar{K}^0$
- (i) $K^- + p \rightarrow \Sigma^+ + n + \pi^-$
- (j) $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + \Sigma^- + K^0 + \bar{p} + \bar{\Sigma}^+ + n$

R: ⁹

7)

$$\bar{K}^0 + p \rightarrow \bar{K} + \bar{p} + \pi^+$$

carga	0	1	-1	-1	1	X
B	0	1	0	-1	0	X

$$\pi^+ + p \rightarrow K^0 + \Sigma^0 + \pi^+ + K^+ + \bar{K}^0$$

carga	1	1	0	0	1	1	0	✓
B	0	1	0	1	0	0	0	✓

$$\bar{K} + p \rightarrow \Sigma^+ + n + \pi^-$$

carga	-1	1	1	0	-1	✓
B	0	1	1	1	0	X

$$\pi^+ + p \rightarrow \Sigma^+ + \Sigma^- + K^0 + \bar{p} + \Sigma^+ + n$$

carga	-1	1	1	-1	0	-1	-1	0	X
B	0	1	1	1	0	-1	-1	1	✓

$$n + \nu_e \rightarrow p + \mu^-$$

carga	0	0	1	-1	✓
B	1	0	1	0	✓
L_μ	0	1	0	1	✓

Soluções

Notes

¹5730 anos.

² 8.9×10^{-14}

³a) V; b) V; c) F; d) F; e) V; f) F

⁴a) V; b) F; c) V; d) V

⁵d

⁶ $P(t) = \frac{E_0}{t_0} n k^{t/t_0}$, 35 W, 2.56×10^{40} W, 1.45×10^{-3} W

⁷a) F; b) V; c) F; d) F; e) V

⁸a) V; b) V; c) V; d) V

⁹a) V; b) F; c) V; d) V; e) F; f) V; g) V; h) V; i) F; j) F