

Gabarito – P3(noite) – 1º. Sem. 2011

1º.) (a) $P(E_d) = 4,8 \times 10^{-5} = \frac{1}{\exp[(E_d - E_F)/kT] + 1}$, onde $E_d = E_g - 0,11 = 0,99$ eV. Após algumas manipulações matemáticas obtêm-se $E_F = 0,74$ eV.

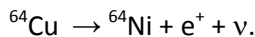
(b) $P(E_c) = \frac{1}{\exp[(E_c - E_F)/kT] + 1}$, onde $E_c = E_g$. Fazendo os cálculos obtêm-se $P(E_c) \cong 5,6 \times 10^{-7}$.

2º.) (a) Regular, amplificar tensões e correntes; (b) A d.d.p. típica entre a base e o emissor é a de um diodo, ou seja, 0,6 V; (c) Tipicamente, a corrente da base é 100 vezes menor do que a corrente do coletor.

3º.) ${}^{63}\text{Cu} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^A\text{Y} + b$.

b	A(Y)	Z(Y)
${}^1_0\text{n}$ (Z=0)	64	30
${}^1_1\text{p}$ (Z=1)	64	29
${}^4_2\text{He}$ (Z=2)	61	28
${}^0_{-1}\text{e}$ (Z=0)	65	30

Supondo: ${}^{64}\text{Cu} \rightarrow {}^{64}\text{Ni} + ??$. Como nesse decaimento espontâneo (alfa, beta, gama) o número atômico mudou, ele não é do tipo gama. Como o número de massa não mudou, ele é do tipo beta. Como o número atômico diminuiu de uma unidade, houve a conversão no núcleo de cobre de um próton em um neutrão (decaimento β^+) e a ejeção de um pósitron e um neutrino do elétron:



4º.) Temos para o urânio radioativo $N_I(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$ e para o chumbo estável que resulta do decaimento natural do urânio $N_F(t) = N_0 - N_I(t)$. Sabendo que o tempo de meia-vida do urânio pode ser escrito como $t_{1/2} = \ln(2)/\lambda$, podemos escrever, após algumas manipulações matemáticas, que a idade da rocha

$$\text{é: } t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \ln \left(1 + \frac{N_F(t)}{N_I(t)} \right) \therefore \frac{N_F(t)}{N_I(t)} = 0,65 \Rightarrow t \cong 3,3 \times 10^9 \text{ anos}.$$

5º.) No processo ${}^{238}\text{U} + n^* \rightarrow \dots \rightarrow {}^{140}\text{Ce} + {}^{99}\text{Ru}$ nota-se que número de massa não se alterou mas o número atômico total aumentou de 10. Portanto, houve no total a conversão nuclear de 10 nêutrons em 10 prótons com a ejeção de 10 elétrons e 10 anti-neutrinos do elétron, ou seja 10 processos de decaimento β^- .

A energia liberada no processo pode ser calculada da seguinte maneira:

$Q = [m_{Ce}^* + m_{Ru}^* + 10m_e - (m_U^* + m_n)] \cdot c^2$, onde as massas com asterisco representam as massas nucleares dos elementos. Como as massas dadas no problema foram as massas atômicas, é necessário incluir a massa dos elétrons às massas nucleares:

$$Q = \{[m_{Ce}^* + m_{Ru}^* + 10m_e - (m_U^* + m_n)] + 92m_e - 92m_e\} \cdot c^2 = \\ [(m_{Ce}^* + 58m_e) + (m_{Ru}^* + 44m_e) - (m_U^* + 92m_e) - m_n] \cdot c^2 = [m_{Ce} + m_{Ru} - (m_U + m_n)] \cdot c^2 \cong 231 \text{ MeV}$$

6º.) (a) O vazamento de nêutrons: Parte dos nêutrons simplesmente escapam pelas paredes do núcleo do reator o que reduziria o número de nêutrons a serem utilizados no processo de reação em cadeia. Uma solução seria aumentar o tamanho do núcleo pois a geração de nêutrons é proporcional ao volume (cubo da dimensão) enquanto que o escape é proporcional à área da superfície do núcleo (quadrado da dimensão).

(b) A energia dos nêutrons: A fissão geralmente produz nêutrons rápidos, que não são tão eficientes para induzir fissão (reação em cadeia) quantos os nêutrons lentos. Uma solução é a inclusão de um moderador para desacelerar os nêutrons rápidos. Os moderadores mais comuns são a água ou o grafite.

(c) A captura dos nêutrons: Deve-se evitar que os nêutrons sejam absorvidos por núcleos intermediários (não-físseis) no processo de desaceleração pelo moderador. Uma solução é incluir uma barreira espacial núcleo-moderador.

(d) O fator de multiplicação de nêutrons: Uma reação em cadeia teoricamente produz mais nêutrons a cada ciclo (geração) o que acarreta num crescimento exponencial do número de nêutrons (fator de multiplicação maior do que 1, ou supercriticalidade). Esse processo é o esperado numa bomba atômica de fissão (energia muito alta liberada num intervalo de tempo pequeno) mas num reator nuclear que deve operar de forma controlada e gerar energia por muito tempo, o fator de multiplicação deve ser mantido em torno de 1, criticalidade. Neste caso o número de nêutrons deve ser mantido constante uma geração após outra. Para isso é necessário introduzir bastões de controle que absorvam os nêutrons em excesso. Esses bastões geralmente contém elementos com uma alta seção de choque de absorção nuclear de nêutrons, como o cádmio, háfnio e o gadolínio. Quando o fator de multiplicação cai abaixo de 1, subcriticalidade, os bastões são retirados.