

1. (Ita 2019) Sabe-se que um determinado nuclídeo, estável ou instável, em seu estado fundamental é designado por  $X$  e, em seu estado excitado, por  $X^*$ . Considere o bombardeamento do átomo estável de cobalto no estado fundamental por um nêutron. O nuclídeo gerado por essa reação sofre três decaimentos radioativos consecutivos, liberando, respectivamente, uma partícula beta e 0,31 MeV de energia, uma partícula gama e 1,17 MeV de energia, e uma partícula gama e 1,33 MeV de energia.

Com base nessas informações, assinale a opção que apresenta os nuclídeos formados em cada um dos três decaimentos, respectivamente.

- a)  $Co^*$ ,  $Co^*$ ,  $Co$
- b)  $Co^*$ ,  $Co$ ,  $Ni$
- c)  $Co^*$ ,  $Ni^*$ ,  $Ni$
- d)  $Ni^*$ ,  $Co^*$ ,  $Co$
- e)  $Ni^*$ ,  $Ni^*$ ,  $Ni$

2. (Ita 2018) O tetraetilchumbo era adicionado à gasolina na maioria dos países até cerca de 1980.

- a) Escreva a equação química balanceada que representa a reação de combustão do composto tetraetilchumbo, considerando que o chumbo elementar é o único produto formado que contém chumbo.
- b) O  $^{238}U$  decai a  $^{206}Pb$  com tempo de meia-vida de  $4,5 \times 10^9$  anos. Uma amostra de sedimento colhida em 1970 continha 0,119 mg de  $^{238}U$  e 2,163 mg de  $^{206}Pb$ . Assumindo que todo o  $^{206}Pb$  é formado somente pelo decaimento do  $^{238}U$  e que o  $^{206}Pb$  não sofre decaimento, estime a idade do sedimento.
- c) Justifique o resultado obtido no item b) sabendo que a idade do Universo é de 13,7 bilhões de anos.

Dados:  $\ln 2 = 0,693$ ;  $\ln 22 = 3,091$ .

3. (Ita 2018) Considere as seguintes proposições:

- I. Massa crítica representa a massa mínima de um nuclídeo físsil em um determinado volume necessária para manter uma reação em cadeia.
- II. Reações nucleares em cadeia referem-se a processos nos quais elétrons liberados na fissão produzem nova fissão em, no mínimo, um outro núcleo.
- III. Os núcleos de  $^{226}Ra$  podem sofrer decaimentos radioativos consecutivos até atingirem a massa de 206 (chumbo), adquirindo estabilidade.

Das proposições acima, está(ão) CORRETA(S)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas I e III.

4. (Ime 2016) O trítio é produzido na atmosfera por ação de raios cósmicos. Ao combinar-se com o oxigênio e o hidrogênio, precipita-se sob a forma de chuva. Uma vez que a incidência de raios cósmicos varia com a região da Terra, as águas pluviais de regiões diferentes terão diferentes concentrações de trítio.

Os dados abaixo correspondem às concentrações de trítio (expressas em número de desintegrações por minuto por litro) em águas pluviais de diferentes regiões do Brasil:

Estação pluviométrica	Desintegrações do trítio $\left(\frac{\text{de sin tegrações}}{\text{min}\cdot\text{L}}\right)$
Manaus	11,5
Belém	9,0
Vale do São Francisco	6,0
São Joaquim	16,0
Serra Gaúcha	25,0

Um antigo lote de garrafas de vinho foi encontrado sem rótulos, mas com a data de envasamento na rolha, conferindo ao vinho uma idade de 16 anos. Uma medida atual da concentração de trítio neste vinho indicou  $6,5 \frac{\text{desintegrações}}{\text{min}\cdot\text{L}}$ .

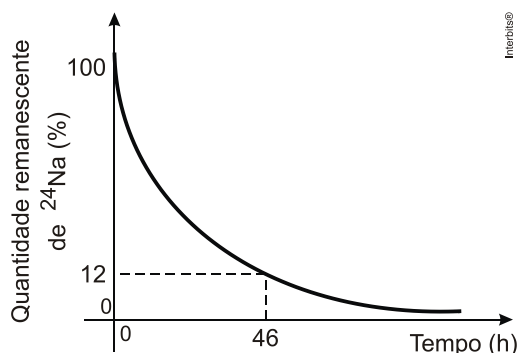
Considerando que a concentração de trítio no momento do envasamento do vinho é igual à das águas pluviais de sua região produtora, identifique o local de procedência deste vinho, justificando sua resposta.

5. (Ita 2015) O elemento Plutônio-238 é utilizado para a geração de eletricidade em sondas espaciais. Fundamenta-se essa utilização porque esse isótopo tem

- longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas beta.
- longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas gama.
- longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas alfa.
- longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas delta.
- tempo de meia-vida curto e é emissor de partículas alfa.

6. (Ime 2015) O oxigênio 15, um isótopo radioativo, é utilizado na tomografia por emissão de pósitrons para avaliar a perfusão sanguínea e o consumo de oxigênio em distintas regiões do cérebro. Sabendo que uma amostra com 7,5g desse isótopo radioativo ( $^{15}_8\text{O}$ ) produz  $1,0 \times 10^{23}$  emissões de radiação por minuto, determine o tempo para que essa amostra passe a produzir  $2,5 \times 10^{22}$  emissões de por minuto.

7. (Ime 2013) Considere o decaimento radioativo do  $^{24}\text{Na}$  como um processo cinético de 1ª ordem, conforme mostrado no gráfico abaixo.



Para este radioisótopo, determine:

- a constante de decaimento,  $k$ ; e
- o tempo de meia-vida, em horas.

8. (Ime 2013) Com relação às emissões radioativas observadas no planeta Terra, assinale a alternativa correta:

- A emissão de uma partícula  $\alpha$  resulta em um elemento situado em uma posição imediatamente à direita do elemento original, na tabela periódica.

- b) A radiação  $\gamma$  frequentemente acompanha uma emissão  $\alpha$  ou  $\beta$ .
- c) Raios  $\gamma$  são radiações eletromagnéticas, de comprimento de onda superior ao da luz visível, cuja emissão não resulta em mudanças do número atômico ou do número de massa do elemento.
- d) As reações de fusão nuclear ocorrem quando núcleos de átomos pesados, como urânio ou tório, são bombardeados com nêutrons, quebrando-se em átomos menores e liberando energia e radioatividade.
- e) O decaimento  $\alpha$  se deve à alta instabilidade do núcleo de  ${}^4_2\text{He}$ , o que faz com que este se separe facilmente de núcleos maiores.

9. (Ime 2011) Os isótopos do urânio  $\text{U}^{238}$  e  $\text{U}^{235}$  aparecem na natureza sempre juntos. Como o  $\text{U}^{235}$  não é gerado a partir do  $\text{U}^{238}$  por desintegração e admitindo que não há razão para privilegiar um em relação ao outro, podemos supor que o Criador os tenha colocado em proporções iguais no momento da formação da Terra. Considerando válida tal hipótese, calcule a idade que nosso planeta teria.

Dados:

Tempo de meia-vida do  $\text{U}^{238}$ :  $4,50 \times 10^9$  anos

Tempo de meia-vida do  $\text{U}^{235}$ :  $7,07 \times 10^8$  anos

Abundância isotópica do  $\text{U}^{238}$ : 99,28%

Abundância isotópica do  $\text{U}^{235}$ : 0,72%

$\log 0,9928 = -0,0031$      $\log 2 = 0,30$      $\log 3 = 0,48$      $\log 3,1 = 0,49$

$\ln 2 = 0,69$      $\ln 3 = 1,1$      $\ln 137,9 = 4,9$      $5^{1/2} = 2,24$

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

**Massas atômicas (u.m.a)**

O	C	H	N	Zn
16	12	1	14	65,4

$\ln 2 = 0,69$ .

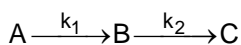
Lei de decaimento radioativo:  $N = N_0 e^{-kt}$

Constante criométrica da água =  $2 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

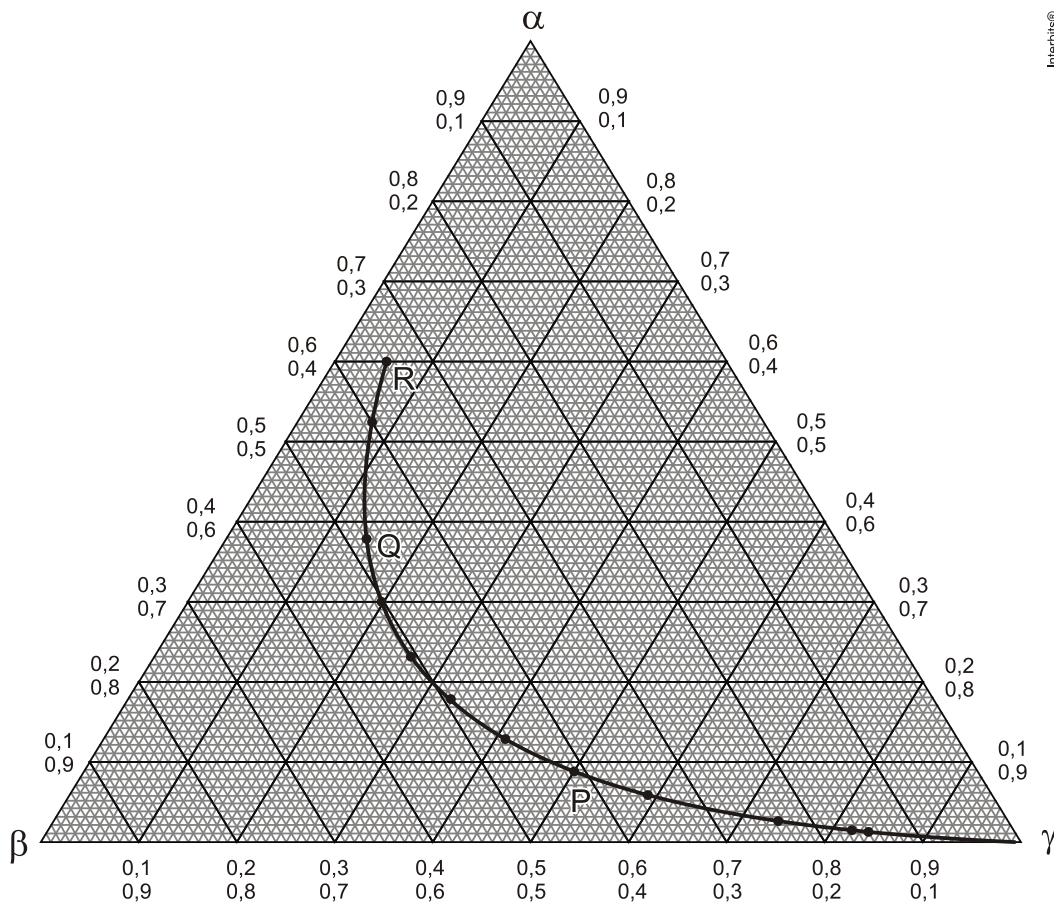
Massa específica da água =  $1,0 \text{ g/mL}$

$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

10. (Ime 2010) Considere a seguinte série de reações a produtos constantes, partindo de 2 mol/L da substância A pura, na qual cada reação segue a cinética de 1ª ordem, semelhante à encontrada nas reações de decaimento radioativo, sendo  $k_1$  e  $k_2$  as constantes de velocidade:



A fração molar das espécies ao longo da reação está representada pela curva  $\gamma\text{PQR}$  no diagrama abaixo, no qual cada vértice representa um componente puro e o lado oposto a este vértice representa a ausência deste mesmo componente, de tal forma que as paralelas aos lados fornecem as diferentes frações molares de cada um. No diagrama, as substâncias A, B e C estão identificadas como  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , mas não necessariamente nessa ordem.



Sabe-se que o ponto P é atingido após 1,15 horas do início do processo e que o tempo necessário para atingir a concentração máxima de B é dado por:

$$t = \frac{\ln(k_1/k_2)}{k_1 - k_2}$$

Determine a velocidade de formação do produto C quando a concentração deste for  $\frac{7}{2}$  da concentração de A. (Observação:  $x = 0,3$  é raiz da equação  $x = 0,6 e^{-1,38+2,3x}$ ).

11. (Ita 2009) Suponha que um metal alcalino terroso se desintegre radioativamente emitindo uma partícula alfa. Após três desintegrações sucessivas, em qual grupo (família) da tabela periódica deve-se encontrar o elemento resultante deste processo?

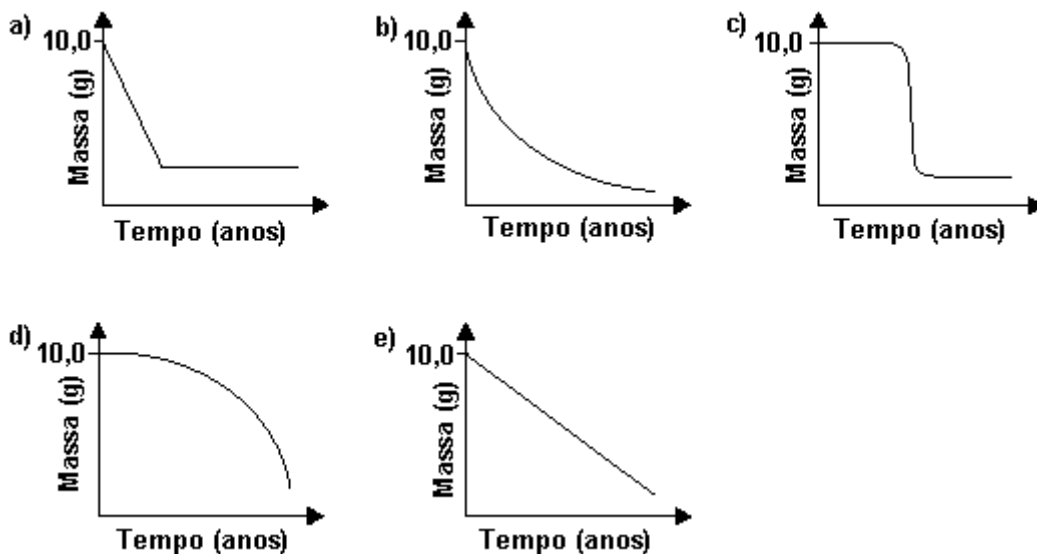
- a) 13 (III A)
- b) 14 (IV A)
- c) 15 (V A)
- d) 16 (VI A)
- e) 17 (VII A)

12. (Ita 2009) O acidente nuclear ocorrido em Chernobyl (Ucrânia), em abril de 1986, provocou a emissão radioativa predominantemente de Iodo-131 e Césio-137. Assinale a opção CORRETA que melhor apresenta os respectivos períodos de tempo para que a radioatividade provocada por esses dois elementos radioativos decaia para 1% dos seus respectivos valores iniciais. Considere o tempo de meia-vida do Iodo-131 igual a 8,1 dias e do Césio-137 igual a 30 anos.

Dados:  $1n 100 = 4,6$ ;  $1n 2 = 0,69$ .

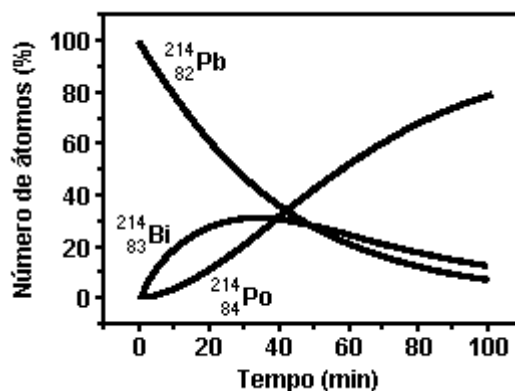
- a) 45 dias e 189 anos.
- b) 54 dias e 201 anos.
- c) 61 dias e 235 anos.
- d) 68 dias e 274 anos.
- e) 74 dias e 296 anos.

13. (Ita 2009) Qual o gráfico que apresenta a curva que melhor representa o decaimento de uma amostra contendo 10,0 g de um material radioativo ao longo dos anos?



14. (Ita 2004)

O  $^{214}_{82}\text{Pb}$  desintegra-se por emissão de partículas Beta, transformando-se em  $^{214}_{83}\text{Bi}$  que, por sua vez, se desintegra também por emissão de partículas Beta, transformando-se em  $^{214}_{84}\text{Po}$ . A figura a seguir mostra como varia, com o tempo, o número de átomos, em porcentagem de partículas, envolvidos nestes processos de desintegração. Admita  $\ln 2 = 0,69$ . Considere que, para estes processos, sejam feitas as seguintes afirmações:



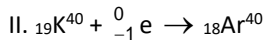
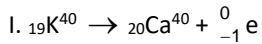
- I. O tempo de meia-vida do chumbo é de aproximadamente 27 min.
- II. A constante de velocidade da desintegração do chumbo é de aproximadamente  $3 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ .
- III. A velocidade de formação de polônio é igual à velocidade de desintegração do bismuto.
- IV. O tempo de meia-vida do bismuto é maior que o do chumbo.
- V. A constante de velocidade de decaimento do bismuto é de aproximadamente  $1 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ .

Das afirmações acima, estão corretas

- a) apenas I, II e III.
- b) apenas I e IV.
- c) apenas II, III e V.

- d) apenas III e IV.  
e) apenas IV e V.

15. (Ita 2003) O tempo de meia-vida  $\left(\frac{t_1}{2}\right)$  do decaimento radioativo do potássio  ${}^{40}_{19}\text{K}$  é igual a  $1,27 \times 10^9$  anos. Seu decaimento envolve os dois processos representados pelas equações seguintes:



O processo representado pela equação I é responsável por 89,3% do decaimento radioativo do  ${}^{40}_{19}\text{K}$ , enquanto que o representado pela equação II contribui com os 10,7% restantes. Sabe-se, também, que a razão em massa de  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$  e  ${}^{40}_{19}\text{K}$  pode ser utilizada para a datação de materiais geológicos.

Determine a idade de uma rocha, cuja razão em massa de  ${}^{40}_{18}\text{Ar}/{}^{40}_{19}\text{K}$  é igual a 0,95. Mostre os cálculos e raciocínios utilizados.

16. (Ita 2000) Uma solução saturada em hidróxido de cálcio é preparada pela dissolução de excesso dessa substância em água na temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . Considere as afirmações seguintes relativas ao que acontece nos primeiros instantes (segundos) em que dióxido de carbono marcado com carbono quatorze ( ${}^{14}\text{C}$ ) é borbulhado nesta mistura heterogênea:

- I. Radioatividade será detectada na fase líquida.  
II. Radioatividade será detectada na fase sólida.  
III. O pH da fase líquida diminui.  
IV. A massa de hidróxido de cálcio sólido permanece constante.  
V. O sólido em contato com o líquido será uma mistura de carbonato e hidróxido de cálcio.

Das afirmações feitas, estão CORRETAS

- a) apenas I, II e V.  
b) apenas I, III e IV.  
c) apenas II, III e V.  
d) apenas II e IV.  
e) todas.

17. (Ita 2000) Considere as seguintes afirmações:

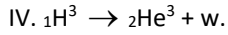
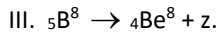
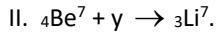
- I. A radioatividade foi descoberta por Marie Curie.  
II. A perda de uma partícula beta de um átomo de  ${}^{75}_{33}\text{As}$  forma um átomo de número atômico maior.  
III. A emissão de radiação gama a partir do núcleo de um átomo não altera o número atômico e o número de massa do átomo.  
IV. A desintegração de  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  a  ${}^{214}_{83}\text{Po}$  envolve a perda de 3 partículas alfa e de duas partículas beta.

Das afirmações feitas, estão CORRETAS

- a) apenas I e II.  
b) apenas I e III.  
c) apenas I e IV.  
d) apenas II e III.  
e) apenas II e IV.

18. (Ita 1999) Considere as seguintes equações relativas a processos nucleares:





Ao completar as equações dadas, as partículas x, y, z e w são, respectivamente:

- a) Póstron, alfa, elétron e elétron.
- b) Elétron, alfa, elétron e póstron.
- c) Alfa, elétron, elétron e póstron.
- d) Elétron, elétron, póstron e elétron.
- e) Elétron, elétron, póstron e nêutron.

19. (Ita 1998) Existem várias maneiras de determinar o valor numérico da constante de Avogadro. Uma delas parte do conhecimento da constante de Faraday para as eletrólises e do conhecimento do valor da carga do elétron. Descreva um OUTRO MÉTODO QUALQUER para a determinação da constante de Avogadro. Indique claramente as grandezas que precisam ser medidas e o tipo de raciocínio e/ou cálculos que precisam ser efetuados.

# Fábrica

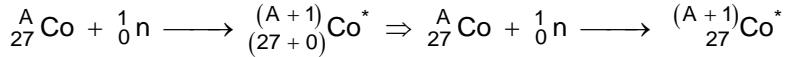
# D

### Gabarito:

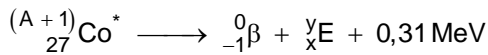
#### Resposta da questão 1:

[E]

Considerando o bombardeamento do átomo estável de cobalto no estado fundamental por um nêutron, vem:



De acordo com o texto, o nuclídeo gerado por essa reação  $({}_{27}^{A+1})\text{Co}^*$  sofre três decaimentos radioativos consecutivos, liberando, respectivamente, uma partícula beta e 0,31 MeV de energia, uma partícula gama e 1,17 MeV de energia, e uma partícula gama e 1,33 MeV de energia até estabilizar (quanto maior a perda de energia, maior a estabilização).

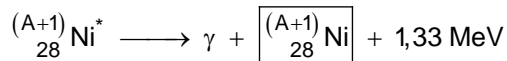
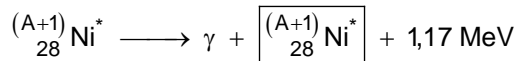
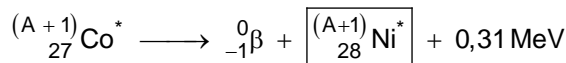


$$A + 1 = 0 + y$$

$$y = A + 1$$

$$27 = -1 + x \Rightarrow x = 28 \quad (\text{níquel})$$

Então:



#### Resposta da questão 2:

a) e b) Teremos:

$$t = 4,5 \times 10^9 \text{ anos}$$

$$N = \frac{m}{M}; M_{238\text{U}} = 238,03 \text{ g/mol} \text{ e } M_{206\text{Pb}} = 207,2 \text{ g/mol}$$

$$N_{\text{inicial de } 238\text{U}} = \frac{0,119 \times 10^{-3}}{238,03} \approx 0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N_{\text{inicial } 206\text{Pb}} = \frac{2,163 \times 10^{-3}}{207,2} \approx 0,01044 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Como o chumbo é formado pelo decaimento do urânio:



$$N_{\text{total de } ^{238}\text{U}} = N_{\text{inicial de } ^{238}\text{U}} + N_{\text{inicial } ^{206}\text{Pb}}$$

$$N_{\text{total de } ^{238}\text{U}} = 0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol} + 0,01044 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,01094 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N_{\text{total de } ^{238}\text{U}} \approx 0,011 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N = 0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N_0 = 0,011 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$K = \frac{0,693}{t} \Rightarrow K = \frac{0,693}{4,5 \times 10^9} = 0,154 \times 10^{-9}$$

$$N = N_0 \times e^{-Kt} \Rightarrow e^{Kt} = \frac{N_0}{N}$$

$$e^{(0,154 \times 10^{-9})t} = \frac{0,011 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol}} \Rightarrow e^{(0,154 \times 10^{-9})t} = 22$$

$$\ln \left( e^{(0,154 \times 10^{-9})t} \right) = \ln 22$$

$$0,154 \times 10^{-9} t = 3,091$$

$$t = 20,07 \times 10^9 \text{ anos} = 2 \times 10^{10} \text{ anos}$$

$t \approx 20$  bilhões de anos (idade do sedimento)  $> 13,7$  bilhões de anos (idade do Universo)

c) Como a idade do sedimento (20 bilhões de anos) é incompatível com a idade do Universo (13,7 bilhões de anos), conclui-se que a quantidade de chumbo encontrada na amostra é muito superior àquela decorrente do decaimento do  $^{238}\text{U}$ , ou seja, com o passar do tempo a amostra foi contaminada com chumbo derivado de outras fontes.

O texto cita o tetraetilchumbo que era adicionado à gasolina na maioria dos países até cerca de 1980. Isto nos leva à conclusão de que os aditivos acrescentados à gasolina poderiam ser uma fonte desta contaminação.

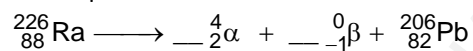
### Resposta da questão 3:

[E]

[I] Correta. A massa crítica representa a massa mínima de um nuclídeo físsil em um determinado volume necessária para manter uma reação em cadeia.

[II] Incorreta. As reações nucleares em cadeia referem-se a processos nos quais nêutrons liberados na fissão produzem nova fissão em, no mínimo, um outro núcleo.

[III] Correta. Os núcleos de  $^{226}\text{Ra}$  podem sofrer decaimentos radioativos consecutivos até atingirem a massa de 206 (chumbo), adquirindo estabilidade.



### Resposta da questão 4:

A partir do estudo da cinética da desintegração sabemos que  $t(\frac{1}{2}) = \frac{0,693}{K}$ .

$$t(\frac{1}{2})_{^3_1\text{H}} = 12,32 \text{ anos}$$

$$t(\frac{1}{2}) = \frac{0,693}{k}$$

$$12,32 = \frac{0,693}{k} \Rightarrow k = 0,05625$$

Idade do vinho :  $t = 16,0$  anos

De acordo com o enunciado  $[^3_1\text{H}] = 6,5 \frac{\text{de integrações}}{\text{min.L}}$ , então :

$$[{}^3_1\text{H}] = [{}^3_1\text{H}]_0 \times e^{-kt}$$

$$6,5 = [{}^3_1\text{H}]_0 \times e^{-0,05625 \times 16}$$

$$6,5 = [{}^3_1\text{H}]_0 \times e^{-0,9}$$

Do cabeçalho da prova :  $\ln 1,105 = 0,1$ , ou seja  $e^{0,1} = 1,105$ ;  $e^1 = 2,72$ .

$$6,5 = [{}^3_1\text{H}]_0 \times e^{-0,9}$$

$$[{}^3_1\text{H}]_0 = \frac{6,5}{e^{-0,9}} = 6,5 \times e^{0,9} \quad (I)$$

$e^{-0,9} = e^1 \times e^{-0,1} \Rightarrow e^{-0,9} = \frac{e^1}{e^{0,1}}$ , substituindo na equação (I), vem :

$$[{}^3_1\text{H}]_0 = \frac{6,5}{e^{-0,9}} = 6,5 \times \frac{e^1}{e^{0,1}}$$

$$[{}^3_1\text{H}]_0 = \frac{6,5}{e^{-0,9}} = 6,5 \times \frac{2,71}{1,105} = 15,941175$$

$$[{}^3_1\text{H}]_0 = 15,941175 \frac{\text{de integrações}}{\text{min.L}} \approx 16 \frac{\text{de integrações}}{\text{min.L}}$$

Conclusão : o vinho é de São Joaquim.

### Resposta da questão 5:

[C]

O Plutônio-238 apresenta tempo de meia-vida longo e é emissor de partículas alfa.

### Resposta da questão 6:

A partir de inúmeros experimentos os cientistas descobriram que a velocidade ( $v$ ) de desintegração é proporcional à quantidade de átomos radioativos ( $N$ ) presentes no sistema. Ou seja,

$$\frac{v}{N} = C \text{ ou } v = C \times N$$

$C$  adquire um valor fixo para cada tipo de isótopo radioativo.

Então:

$$n_{{}^8_{15}\text{O}} = \frac{m}{M} = \frac{7,5 \text{ g}}{15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$N_A = 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$v = 1,0 \times 10^{23} \frac{\text{emissões}}{\text{min}}$$

$$N = n_{{}^8_{15}\text{O}} \times N_A \Rightarrow N = 0,5 \times 6 \times 10^{23}$$

$$C = \frac{v}{N}$$

$$C = \frac{1,0 \times 10^{23} \text{ emissões} \cdot \text{min}^{-1}}{0,5 \times 6 \times 10^{23}} \Rightarrow C = \frac{1}{3} \text{ emissões} \cdot \text{min}^{-1}$$

Como a curva de desintegração radioativa é exponencial, podemos usar a cinética de desintegração de primeira ordem:

$$N = N_0 \times e^{-Ct}$$

Onde:

$N$ : quantidade de átomos não desintegrados.

$N_0$  : quantidade de inicial de átomos radioativos.

$$N = 2,5 \times 10^{22} \text{ emissões} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$N_0 = 1,0 \times 10^{23} \text{ emissões} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$C = \frac{1}{3} \text{ emissões} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$N = N_0 \times e^{-Ct}$$

$$2,5 \times 10^{22} = 1,0 \times 10^{23} \times e^{-\frac{1}{3}t}$$

A partir da informação fornecida no cabeçalho,  $\ln 2 = 0,7$ , adaptamos:

$$e^{\frac{1}{3}t} = \frac{1,0 \times 10^{23}}{2,5 \times 10^{22}}$$

$$e^{\frac{1}{3}t} = 4$$

$$e^{\frac{1}{3}t} = 2^2$$

Aplicando  $\ln$ , vem:

$$\ln e^{\frac{1}{3}t} = \ln 2^2$$

$$\ln e^{\frac{1}{3}t} = 2 \times \ln 2$$

$$\frac{1}{3}t = 2 \times \ln 2$$

$$\frac{1}{3}t = 2 \times 0,7$$

$$t = 4,2 \text{ min}$$

**Resposta da questão 7:**

a) Como a curva de desintegração radioativa é exponencial, podemos usar a cinética de desintegração de primeira ordem:

$$N = N_0 \times e^{-kt}$$

Onde:

N: quantidade de átomos não desintegrados = 12 %

$N_0$ : quantidade de inicial de átomos radioativos = 100 %

$$N = N_0 \times e^{-kt}$$

$$12 = 100 \times e^{-k \times 46}$$

$$e^{-k \times 46} = \frac{12}{100}$$

$$e^{-k \times 46} = \frac{3}{25}$$

$$e^{-k \times 46} = \frac{3}{5^2}$$

$$\ln e^{-k \times 46} = \ln \left( \frac{3}{5^2} \right)$$

$$-k \times 46 = \ln \left( \frac{3}{5^2} \right)$$

$$-k \times 46 = \ln 3 - \ln 5^2$$

$$-k \times 46 = \ln 3 - 2 \ln 5$$

$$-k \times 46 = 1,099 - 2 \times 1,609$$

$$-k \times 46 = -2,119$$

$$k = 0,046 \text{ h}^{-1} = 4,6 \times 10^{-2} \text{ h}^{-1}$$

b) No tempo de meia-vida a quantidade de átomos cai pela metade, ou seja,  $N = N_0/2$ , então:

$$\ln N_0 - \ln N = kt$$

$t(1/2)$  = tempo de meia-vida

$$\ln N_0 - \ln \frac{N_0}{2} = k \cdot t(1/2)$$

$$k \cdot t(1/2) = \ln \frac{N_0}{N_0/2} \Rightarrow k \cdot t(1/2) = \ln 2 \Rightarrow k \cdot t(1/2) = 0,693$$

$$t(1/2) = \frac{0,693}{k} = \frac{0,693}{0,046} = 15,07 \text{ h}$$

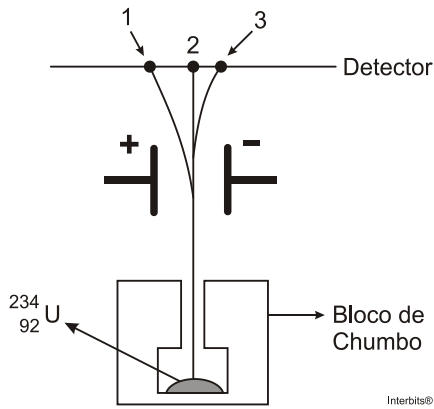
**Resposta da questão 8:**

[B]

A radiação  $\gamma$  frequentemente acompanha uma emissão  $\alpha$  ou  $\beta$ .

Observação teórica: Em 1899, Ernest Rutherford, que trabalhava no Cavendish Laboratory de Cambridge sob a direção de J. J. Thomson começou a estudar a radiação proveniente do urânio e percebeu a existência de dois tipos diferentes, um ele chamou de radiação  $\alpha$  (alfa) e o outro de  $\beta$  (beta). Na mesma época um pesquisador francês chamado P. Villard anunciou que o urânio emitia um terceiro tipo de radiação chamado de  $\gamma$  (gama).

Observe o esquema dos experimentos que demonstram a presença destes três raios emitidos por minerais radioativos naturais na figura a seguir.



### Resposta da questão 9:

Teremos:

Tempo de meia-vida do  $U^{238}$ :  $4,50 \times 10^9$  anos

Tempo de meia-vida do  $U^{235}$ :  $7,07 \times 10^8$  anos

Abundância isotópica do  $U^{238}$ : 99,28%

Abundância isotópica do  $U^{235}$ : 0,72%

De acordo com o enunciado existem proporções iguais de U-235 e U-238, no momento da formação da Terra, o que equivale a 50% para cada isótopo.

Para U – 235 :

$$m_{\text{inicial}} = 0,50 \times m_{\text{total de urânio}}$$

$$m_{\text{atual}} = \frac{0,72}{100} \times m_{\text{total de urânio}}$$

Para U – 238 :

$$m_{\text{inicial}} = 0,50 \times m_{\text{total de urânio}}$$

$$m_{\text{atual}} = \frac{99,28}{100} \times m_{\text{total de urânio}}$$

Como a curva de desintegração radioativa é exponencial, podemos usar a cinética de desintegração de primeira ordem:

$$m_{\text{atual}} = m_{\text{inicial}} \times e^{-Kt}$$

$$t(\frac{1}{2}) = \frac{0,693}{K}$$

**Observação:** podemos aplicar a expressão matemática acima para a quantidade de átomos ou para o número de mols de átomos.

Utilizando as fórmulas dadas, vem:

$$72 \times 10^{-2} \times \cancel{m_{\text{total de urânio}}} = 0,50 \times \cancel{m_{\text{total de urânio}}} \times e^{-K_1 t}$$

$$72 \times 10^{-2} = 0,50 \times e^{-K_1 t} \quad (1)$$

$$99,28 \times 10^{-2} \times \cancel{m_{\text{total de urânio}}} = 0,50 \times \cancel{m_{\text{total de urânio}}} \times e^{-K_2 t}$$

$$99,28 \times 10^{-2} = 0,50 \times e^{-K_2 t} \quad (2)$$

$$t(\frac{1}{2}) = \frac{0,693}{K_1} \Rightarrow 7,07 \times 10^8 = \frac{0,693}{K_1}$$

$$K_1 = \frac{0,693}{7,07 \times 10^8}$$

$$t(\frac{1}{2}) = \frac{0,693}{K_2} \Rightarrow 4,5 \times 10^9 = \frac{0,693}{K_2}$$

$$K_2 = \frac{0,693}{4,5 \times 10^9}$$

Dividindo (1) por (2):

$$\frac{72 \times 10^{-2}}{99,28 \times 10^{-2}} = \frac{0,50 \times e^{-K_1 t}}{0,50 \times e^{-K_2 t}}$$

$$\frac{72}{99,28} = \frac{e^{-K_1 t}}{e^{-K_2 t}} \Rightarrow \frac{72}{99,28} = e^{K_2 t - K_1 t} \Rightarrow \frac{72}{99,28} = e^{t(K_2 - K_1)}$$

$$\frac{72}{99,28} = \frac{1}{137,9} = 137,9^{-1}$$

Aplicando  $\ln$  (loge):

$$\ln 137,9^{-1} = t(K_2 - K_1)$$

$$-\ln 137,9 = t \left( \frac{0,693}{4,5 \times 10^9} - \frac{0,693}{7,07 \times 10^8} \right)$$

$$-4,9 = t \left( \frac{0,693 \times 7,07 \times 10^8 - 0,693 \times 4,5 \times 10^9}{4,5 \times 10^9 \times 7,07 \times 10^8} \right)$$

$$-4,9 = t \left( \frac{0,693 \times 7,07 \times 10^8 - 0,693 \times 45 \times 10^8}{45 \times 10^8 \times 7,07 \times 10^8} \right)$$

$$-4,9 = t \left( \frac{-26,28549 \times 10^8}{318,15 \times 10^8 \times 10^8} \right)$$

$$t = \frac{-4,9 \times 10^8}{-0,0826198} = 59,3078 \times 10^8 \text{ anos}$$

$$t \approx 5,93 \times 10^9 \text{ anos}$$

**Resposta da questão 10:**

Como a curva de decaimento é exponencial, podemos usar a cinética de desintegração de primeira ordem.

Para  $A \xrightarrow{k_1} B$ , teremos:

$$X = X_0 \times e^{-k_1 t}$$

Onde:

X: fração molar num dado tempo;

X<sub>0</sub>: fração molar inicial.

A é γ, pois sua fração molar é igual a 1; como a concentração de B aumenta e depois a de C, conclui-se que B é β e C é α.

Sabe-se que o ponto P é atingido após 1,15 horas. Para o ponto P marcado no gráfico X = 0,5; X<sub>0</sub> = 1 e t = 1,15, então:

$$X = X_0 \times e^{-k_1 t}$$

$$0,5 = 1 \times e^{-k_1 1,15}$$

Aplicando o logaritmo neperiano (ln), teremos:

$$\ln 0,5 = \ln(1 \times e^{-k_1 1,15})$$

$$-0,69 = -1,15k_1 \Rightarrow k_1 = 0,6 \text{ h}^{-1}$$

A concentração máxima é atingida em B e neste ponto, de acordo com o gráfico, X = 0,25.

Utilizando esta informação na equação  $X = X_0 \times e^{-k_1 t}$ , vem:

$$0,25 = 1 \times e^{-0,6t}$$

$$\ln 0,25 = \ln(1 \times e^{-0,6t})$$

$$\ln 0,25 = \ln 2^{-2} = -2 \ln 2$$

Então,

$$-2 \ln 2 = \ln(1 \times e^{-0,6t})$$

$$-2 \ln 2 = -0,6t \Rightarrow -2 \times 0,69 = -0,6t$$

$$t = 2,3 \text{ h}$$

Utilizando t = 2,3 h na equação fornecida, teremos:

$$t = \frac{\ln(k_1/k_2)}{k_1 - k_2}$$

$$2,3 = \frac{\ln(0,6/k_2)}{0,6 - k_2}$$

$$2,3(0,6 - k_2) = \ln(0,6/k_2)$$

$$(1,38 - 2,3k_2) = \ln(0,6/k_2)$$

$$e^{(1,38 - 2,3k_2)} = \frac{0,6}{k_2}$$

Multiplicando por -1:

$$e^{(-1,38 + 2,3k_2)} = \frac{k_2}{0,6} \Rightarrow k_2 = 0,6e^{(-1,38 + 2,3k_2)}$$

De acordo com o enunciado x = 0,3 é raiz da equação  $x = 0,6 e^{-1,38 + 2,3x}$ .

Conclusão: k<sub>2</sub> = 0,3 h<sup>-1</sup>.

Para B  $\xrightarrow{k_2}$  C, teremos:

$$v = k_2[B]$$

A soma das frações molares é igual a 1, utilizando esta ideia, vem:

$$X_A + X_B + X_C = 1$$

De acordo com o enunciado a concentração de C será igual  $7/2$  da concentração de A.

$$X_C = \frac{7}{2} X_A$$

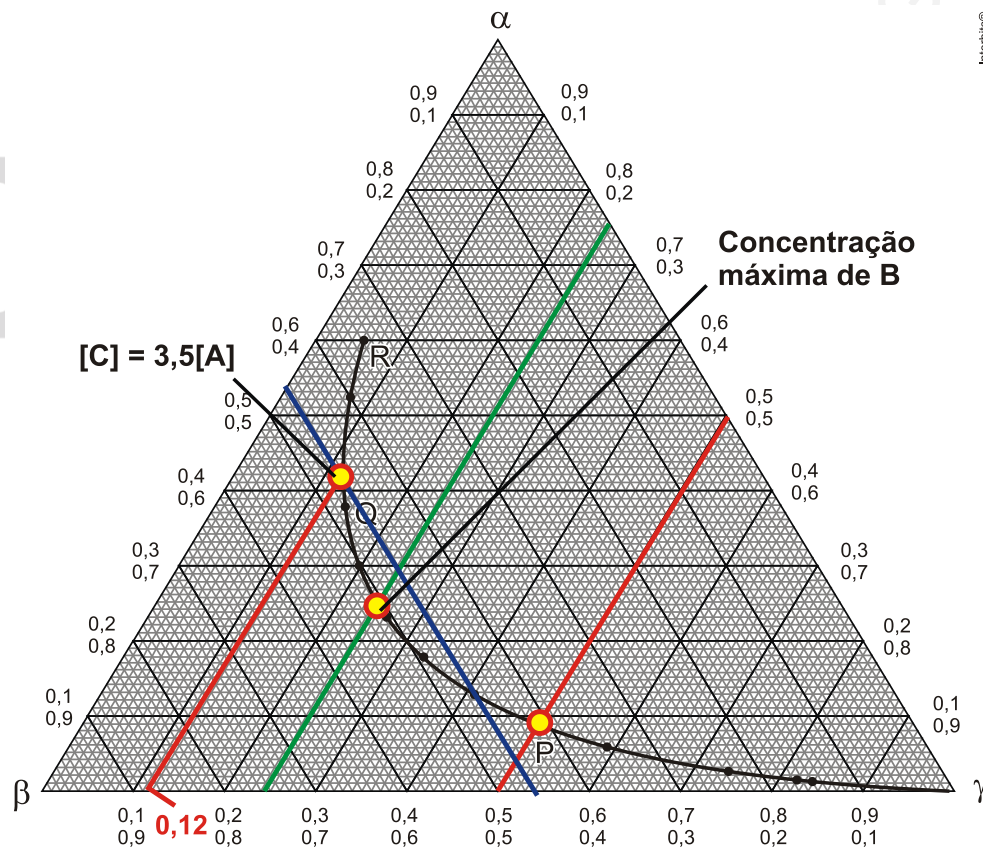
Substituindo em  $X_A + X_B + X_C = 1$ :

$$X_A + X_B + X_C = 1$$

$$X_A + X_B + \frac{7}{2} X_A = 1$$

$$\frac{9}{2} X_A + X_B = 1$$

$$X_B = 1 - \frac{9}{2} X_A$$



Na curva  $X_A = 0,12$ , satisfaz a equação:



$$X_A + X_B + X_C = 1$$

$$0,12 + 1 - \frac{9}{2} \times 0,12 + \frac{7}{2} \times 0,12 = 1$$

$$1 = 1$$

Conclusão:

$$X_A = 0,12$$

$$X_B = 0,46$$

$$X_C = 0,42$$

Retomando  $v = k_2[B]$ , vem:

$$v = k_2[B]; k_2 = 0,3; \text{Concentração molar} = 2.$$

$$[B] = X_B \times \text{Concentração molar}$$

$$v = k_2 \times X_B \times \text{Concentração molar}$$

$$v = 0,3 \times 0,46 \times 2 = 0,276 \text{ mol/Lh}$$

**Resposta da questão 11:**

[B]

**Resposta da questão 12:**

[B]

**Resposta da questão 13:**

[B]

**Resposta da questão 14:**

[A]

**Resposta da questão 15:**

Para 100g de K, 89,3g desintegram-se, produzindo Ca, e 10,7g produzem Ar.

$$89,3\text{g de K} \xrightarrow{xP} \frac{89,3}{2^x} \text{g de K}$$

$$10,7\text{g de K} \xrightarrow{xP} \frac{10,7}{2^x} \text{g de K e}$$

$$\left(10,7 - \frac{10,7}{2^x}\right) \text{g de Ar}$$

$$\frac{\left(10,7 - \frac{10,7}{2^x}\right)}{\frac{89,3}{2^x} + \frac{10,7}{2^x}}$$

$$\frac{10,7 \cdot 2^x - 10,7}{100} = 0,95$$

$$10,7(2^x - 1) = 95$$

$$2^x = 9,88$$

$$x \log 2 = \log 9,88 \approx 1$$

$$x = \frac{1}{0,3} = 3,3$$

Idade da rocha:  $3,3 \times 1,27 \times 10^9$  anos.

**Resposta da questão 16:**

[A]

**Resposta da questão 17:**

[D]

**Resposta da questão 18:**

[D]

**Resposta da questão 19:**

Método da difração de raios X em retículos cristalinos:

Por esse método são determinadas as distâncias interatômicas, interiônicas e intermoleculares nos retículos cristalinos, e através desses valores pode-se determinar o valor do Número de Avogadro.

Método de Perrin:

Foi um método baseado no estudo do movimento browniano de partículas coloidais.

Método de Loschmidt:

Foi a primeira determinação experimental do Número de Avogadro, em 1865. Loschmidt, baseado na teoria cinética dos gases, determinou o número de moléculas contidas em  $1\text{cm}^3$  de gás a CNTP, encontrando o valor  $2,7 \cdot 10^{19}$  (número de Loschmidt). Como o volume molar a CNTP é igual a  $22,4 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$ , o valor de N foi calculado:

$$N = 22,4 \cdot 10^3 \cdot 2,7 \cdot 10^{19}$$