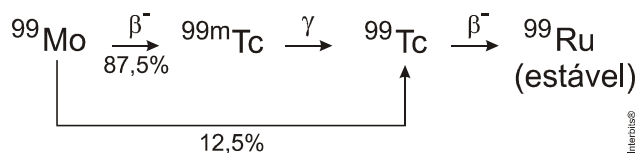


QUESTÕES RESOLVIDAS DE RADIOATIVIDADE - PARTE 2

1. (Uepa) Vários radioisótopos são utilizados na preparação de radiofármacos, entre os quais o tecnécio-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ), que apresenta características físicas ideais para aplicação em Medicina Nuclear Diagnóstica. O tecnécio-99m é produto do decaimento radioativo do molibdênio-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ). A equação abaixo descreve o processo de decaimento.



Quando a finalidade é terapêutica, o efeito deletério da radiação é utilizado para destruir células tumorais. Nesse caso, os radiofármacos são formados por radionuclídeos emissores de radiação particulada, que possuem pequeno poder de penetração, mas são altamente energéticas, ionizando o meio que atravessam e causando uma série de efeitos que resultam na morte das células tumorais.

(Extraído e adaptado de: ARAÚJO, Elaine Bortoleti. *A utilização do elemento Tecnécio – 99m no diagnóstico de patologias e disfunções dos seres vivos*. In: *Cadernos temáticos de Química Nova na escola*. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/ccd2.pdf>. Acessado em: 08/09/11)

A alternativa que expressa corretamente a interpretação do trecho em destaque no texto é:

- radiações gama são exemplos de radiação particulada, empregadas para recuperar as células tumorais.
- radiações gama são exemplos de radiação particulada, possuindo maior poder de penetração capazes de destruir as células tumorais.
- radiações alfa e beta são ondas eletromagnéticas que atravessam as células tumorais recuperando-as.
- radiações gama regeneram as células tumorais mediante intensa exposição a ondas eletromagnéticas.
- radiações alfa e beta são exemplos de radiação particulada, usadas para destruir células tumorais.

**Resolução:**

Alternativa E.

As partículas alfa são constituídas pelo núcleo do átomo de hélio.

Os raios beta são elétrons que se movem com grande velocidade. Os raios gama são semelhantes à luz visível, porém de um comprimento de onda muito pequeno, sendo produzidos por uma voltagem muito alta em um tubo de raios X; aliás, esses raios são muito parecidos com os raios X.

As radiações alfa e beta são exemplos de radiação particulada, usadas para destruir células tumorais.

2. (Uepg) O elemento químico urânio, cujo processo de enriquecimento é, atualmente, um assunto com repercussões na política mundial, ocorre na natureza em forma de duas variedades isotópicas. Para cada 1.000 átomos de urânio, 993 átomos são do isótopo  $U_{92}^{238}$  e apenas 7 átomos são do isótopo  $U_{92}^{235}$  que é mais reativo. Sobre o urânio e seu comportamento atômico, assinale o que for correto.

- 01) O  $U_{92}^{235}$  é empregado em usinas nucleares como material, que ao sofrer fissão, libera grande quantidade de energia.
- 02) Quanto maior o grau de enriquecimento do urânio maior a concentração do isótopo  $U_{92}^{235}$ .
- 04) A reação nuclear do urânio é desencadeada por nêutrons, onde cada átomo de  $U_{92}^{235}$  dá origem a dois outros com núcleos menores.
- 08) Se a reação de fissão do  $U_{92}^{235}$  for representada por  $U_{92}^{235} + n_0^1 \rightarrow I_{53}^{137} + Y + 2n_0^1$  então o elemento Y tem número atômico 39.
- 16) O urânio 238 também pode sofrer fissão, mas esse processo só ocorre em presença de nêutrons de elevada energia cinética.

**Resolução:**

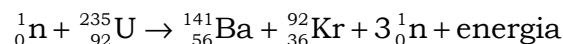
$$01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$$

Teremos:

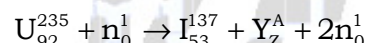
O  $U_{92}^{235}$  é empregado em usinas nucleares como material, que ao sofrer fissão, libera grande quantidade de energia.

Quanto maior o grau de enriquecimento do urânio maior a concentração do isótopo  $U_{92}^{235}$ .

A reação nuclear do urânio é desencadeada por nêutrons, onde cada átomo de  $U_{92}^{235}$  dá origem a dois outros com núcleos menores. Quando um nêutron atinge um núcleo de urânio-235 provoca a formação de dois outros núcleos menores e a liberação de outros nêutrons. Observe a seguir um dos processos de fissão do urânio-235 que produz criptônio e bário e a liberação de três nêutrons.



Se a reação de fissão do  $U_{92}^{235}$  for representada por  $U_{92}^{235} + n_0^1 \rightarrow I_{53}^{137} + Y + 2n_0^1$  então o elemento Y tem número atômico 39:



$$235 + 1 = 137 + A + 2 \Rightarrow A = 97$$

$$92 + 0 = 53 + Z + 2 \times 0 \Rightarrow Z = 39.$$

O urânio 238 também pode sofrer fissão, mas esse processo só ocorre em presença de nêutrons de elevada energia cinética.

3. (Fuvest) A seguinte declaração foi divulgada no jornal eletrônico *FOLHA.com - mundo* em 29/05/2010: “A vontade do Irã de enriquecer urânio a 20% em seu território nunca esteve sobre a mesa de negociações do acordo assinado por Brasil e Turquia com Teerã, afirmou nesta sexta-feira o ministro das Relações Exteriores brasileiro Celso Amorim”. Enriquecer urânio a 20%, como mencionado nessa notícia, significa

**NOTE E ADOTE**

As porcentagens aproximadas dos isótopos  $^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}$  existentes em uma amostra de urânio natural são, respectivamente, 99,3% e 0,7%.

- a) aumentar, em 20%, as reservas conhecidas de urânio de um território.
- b) aumentar, para 20%, a quantidade de átomos de urânio contidos em uma amostra de minério.
- c) aumentar, para 20%, a quantidade de  $^{238}\text{U}$  presente em uma amostra de urânio.
- d) aumentar, para 20%, a quantidade de  $^{235}\text{U}$  presente em uma amostra de urânio.
- e) diminuir, para 20%, a quantidade de  $^{238}\text{U}$  presente em uma amostra de urânio.

**Resolução:**

Alternativa D.

Enriquecer urânio a 20%, como mencionado nessa notícia, significa aumentar, para 20%, a quantidade de  $^{235}\text{U}$  presente em uma amostra de urânio.

4. (Fuvest) O isótopo 14 do carbono emite radiação  $\beta$ , sendo que 1 g de carbono de um vegetal vivo apresenta cerca de 900 decaimentos  $\beta$  por hora - valor que permanece constante, pois as plantas absorvem continuamente novos átomos de  $^{14}\text{C}$  da atmosfera enquanto estão vivas. Uma ferramenta de madeira, recolhida num sítio arqueológico, apresentava 225 decaimentos  $\beta$  por hora por grama de carbono. Assim sendo, essa ferramenta deve datar, aproximadamente, de

**Dado:** tempo de meia-vida do  $^{14}\text{C}$  = 5 700 anos

- a) 19 100 a.C.
- b) 17 100 a.C.
- c) 9 400 a.C.
- d) 7 400 a.C.
- e) 3 700 a.C.

**Resolução:**

Alternativa C.

Teremos: (p = período de semidesintegração ou meia-vida)

$$900 \xrightarrow{p} 450 \xrightarrow{p} 225$$

$$\text{Tempo decorrido} = 2 \times p = 2 \times 5700 \text{ anos} = 11400 \text{ anos.}$$

Subtraindo os anos d.C., vem:

$$11400 \text{ anos} - 2010 \text{ anos} = 9390 \text{ anos (aproximadamente 9400 anos).}$$

5. (Uerj) Considere a tabela a seguir, na qual são apresentadas algumas propriedades de dois radioisótopos, um do polônio e um do rádio.

Radioisótopo	Meia-vida (anos)	Partícula emitida
Polônio - 208	3	$\alpha$
Rádio - 224	6	$\beta$

Em um experimento, duas amostras de massas diferentes, uma de polônio-208 e outra de rádio-224, foram mantidas em um recipiente por 12 anos. Ao final desse período, verificou-se que a massa de cada um desses radioisótopos era igual a 50 mg.

Calcule a massa total, em miligramas, de radioisótopos presente no início do experimento. Escreva também os símbolos dos elementos químicos formados no decaimento de cada um desses radioisótopos.

**Resolução:**

Polônio:

12 anos = 4 x 3 anos (quatro meias-vidas)

4 meias-vidas: 800 mg → 400 mg → 200 mg → 100 mg → 50 mg

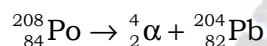
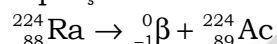
Rádio:

12 anos = 2 x 6 anos (duas meias-vidas)

2 meias-vidas: 200 mg → 100 mg → 50 mg

Massa total: 800 + 200 = 1000 mg

Equações nucleares:



Os elementos químicos formados são Ac e Pb.

**6.** (Fuvest) Em 1921, E. Rutherford e J. Chadwick relataram que, ao bombardear átomos de nitrogênio ( ${}_{7}^{14}\text{N}$ ) com partículas alfa (núcleos de  ${}_{2}^4\text{He}$ ), ocorria a liberação de prótons. Posteriormente, eles afirmaram:

*Não há informação sobre o destino final da partícula alfa... É possível que ela se ligue, de alguma maneira, ao núcleo residual. Certamente ela não é reemitida pois, se assim fosse, poderíamos detectá-la.*

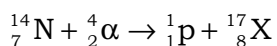
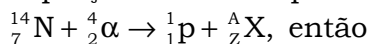
Anos mais tarde, P. Blackett demonstrou que, na experiência relatada por Rutherford e Chadwick, havia apenas a formação de um próton e de outro núcleo X. Também lembrou que, na colisão da partícula alfa com o átomo de nitrogênio, deveria haver conservação de massa e de carga nuclear.

- a) Com base nas informações acima, escreva a equação nuclear representativa da transformação que ocorre ao se bombardear átomos de nitrogênio com partículas alfa.
- b) O núcleo X formado na experiência descrita é um isótopo de nitrogênio? Explique sua resposta.

				${}_{2}\text{He}$	
	${}_{6}\text{C}$	${}_{7}\text{N}$	${}_{8}\text{O}$	${}_{9}\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$
	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$	${}_{18}\text{Ar}$
		${}_{33}\text{As}$	${}_{34}\text{Se}$	${}_{35}\text{Br}$	

**Resolução:**

a) Equação nuclear representativa da transformação:



b) Isótopos apresentam o mesmo número de prótons. Como o número de prótons do nitrogênio é sete e do núcleo X formado é 8 ( ${}_{8}\text{O}$ ), o núcleo X não é um isótopo de nitrogênio.

7. (Ifsp) Estudando o poder de penetração das emissões radioativas, nota-se que as radiações \_\_\_\_\_ têm alto poder de penetração, podendo atravessar paredes de concreto. As radiações \_\_\_\_\_ conseguem atravessar tecidos de roupas, papelão, mas não atravessam paredes. Já as radiações \_\_\_\_\_ têm baixo poder de penetração, conseguindo atravessar objetos muito pouco espessos como folhas de papel.

As lacunas desse texto são preenchidas corretamente, na ordem em que aparecem, com as palavras

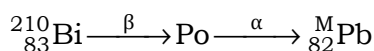
- a) alfa, beta e gama.
- b) alfa, gama e beta.
- c) beta, gama e alfa.
- d) beta, alfa e gama.
- e) gama, beta e alfa.

**Resolução:**

Alternativa E.

Em 1899, um jovem físico neozelandês, 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).

8. (Unesp) Em 2011 comemoramos o Ano Internacional da Química (AIQ). Com o tema “Química: nossa vida, nosso futuro”, o AIQ-2011 tem como objetivos aumentar o conhecimento do público sobre a química, despertar o interesse entre os jovens e realçar as contribuições das mulheres para a ciência. Daí a justa homenagem à cientista polonesa Marie Curie (1867-1934), que há 100 anos conquistava o Prêmio Nobel da Química com a descoberta dos elementos polônio e rádio. O polônio resulta do decaimento radiativo do bismuto, quando este núcleo emite uma partícula  $\beta$ ; em seguida, o polônio emite uma partícula  $\alpha$ , resultando em um núcleo de chumbo, como mostra a reação.



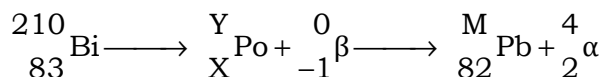
O número atômico X, o número de massa Y e o número de massa M, respectivamente, são:

- a) 82, 207, 210.
- b) 83, 206, 206.
- c) 83, 210, 210.
- d) 84, 210, 206.
- e) 84, 207, 208.

**Resolução:**

Alternativa D.

Teremos:



$$210 = Y + 0 \Rightarrow Y = 210$$

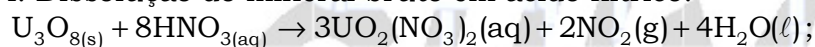
$$83 = X - 1 \Rightarrow X = 84$$

$$M + 4 = 210 + 0 \Rightarrow M = 206$$

### TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 3 QUESTÕES:

O ciclo do combustível nuclear compreende uma série de etapas, que englobam a localização do minério de urânio, seu beneficiamento, a conversão do óxido natural (mineral) em hexafluoreto, o enriquecimento isotópico (do isótopo  ${}^{235}\text{U}$  - altamente fissionável) e a fabricação do elemento combustível. As principais reações químicas envolvidas nesse ciclo estão listadas a seguir.

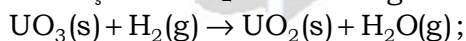
I. Dissolução do mineral bruto em ácido nítrico:



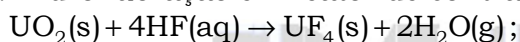
II. Calcinação (denitração):



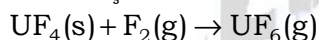
III. Redução à  $\text{UO}_2$  com hidrogênio:



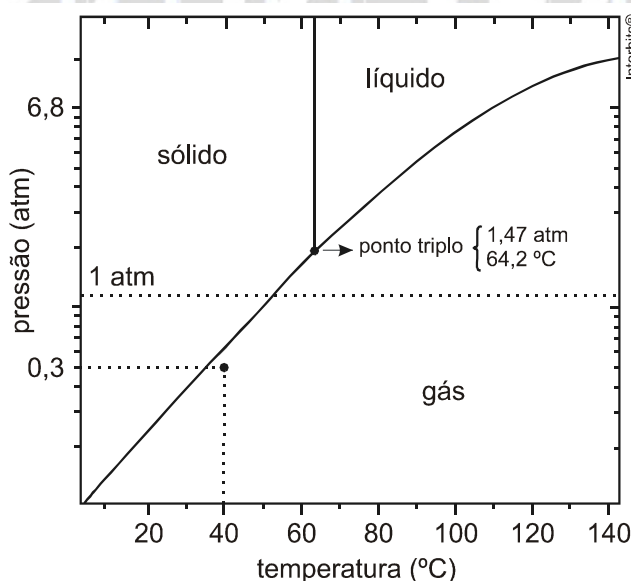
IV. Hidrofluoração em reator de contracorrente com HF anidro:



V. Fluoração em reatores de chama pela reação com flúor elementar:



O  $\text{UF}_6$  (hexafluoreto de urânio) obtido no ciclo do combustível nuclear é submetido à centrifugação a gás, enriquecendo a mistura de isótopos com  ${}^{235}\text{U}$ . Depois de enriquecido, é reconvertido a  $\text{UO}_2$  e prensado na forma de pastilha para ser usado como combustível nuclear. A figura abaixo ilustra o diagrama de fase do  $\text{UF}_6$ .



As tabelas I e II a seguir apresentam informações acerca do urânio. A tabela I apresenta isótopos

do urânio, suas respectivas massas molares e seus teores no  $U_3O_8$  mineral. A tabela II informa acerca da localização e da concentração de urânio (em miligrama de urânio por quilograma de minério  $U_3O_8$ ) nas principais rochas fosfáticas no Brasil.

**Tabela I**

Símbolo do isótopo	% no $U_3O_8$	massa molar (g/mol)
$^{234}U$	0,006	234,04
$^{235}U$	0,720	235,04
$^{238}U$	99,274	238,05

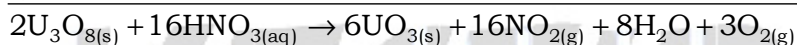
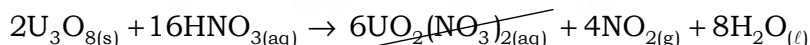
**Tabela II**

Jazida	Estado	U (mg/kg)
Itatiaia	Ceará	1.800
Catalão	Goiás	200
Araxá	Minas Gerais	160
João Pessoa	Paraíba	100

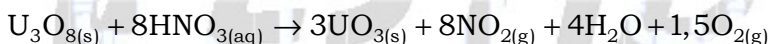
9. (Unb) Calcule, em quilogramas, a quantidade de  $UO_3$  obtida na reação II a partir de 2,8 toneladas de minério extraídas da jazida de Itatiaia. Multiplique o valor obtido por 60 e despreze, para a marcação no caderno de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuar todos os cálculos solicitados.

**Resolução:**

A partir de I e II, vem:



Então:



Jazida	Estado	U (mg/kg ( $U_3O_8$ ))
Itatiaia	Ceará	1.800

De acordo com a tabela tem-se 1800 mg de urânio (U) por quilograma de  $U_3O_8$ .

$$2,8 \text{ t} = 2,8 \times 10^3 \text{ kg (minério)}$$

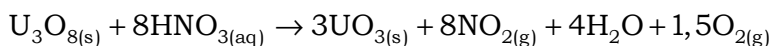
$$1 \text{ kg de } U_3O_8 - 1800 \text{ mg de U}$$

$$2,8 \times 10^3 \text{ kg de } U_3O_8 - m_U$$

$$m_U = 5040 \times 10^3 \text{ mg} = 5040 \text{ g} = 5,04 \text{ kg}$$

$$U = 238$$

$$UO_3 = 286$$



$$3 \times 238 \text{ g} \text{ ————— } 3 \times 286 \text{ g}$$

$$5,04 \text{ kg} \text{ ————— } m_{UO_3}$$

$$m_{UO_3} = 6,056 \text{ kg}$$

$$(6,056 \times 60 = 363)$$

10. (Unb) A partir dessas informações, julgue os itens a seguir.

- a) De acordo com os dados da tabela I, para se obter 10 g de  $^{235}\text{U}$ , é necessário utilizar mais de 1 kg de  $U_3O_8$  mineral.
- b) Considere 1 mol de hexafluoreto de urânio, inicialmente a 25 °C e 1 atm, submetido aos seguintes procedimentos sequenciais:  
 I. aquecimento a pressão constante até 80 °C;  
 II. compressão isotérmica até 6,8 atm;  
 III. resfriamento a pressão constante até 50 °C.  
 De acordo com o diagrama de fase ilustrado, os processos de mudança de fase relacionados às etapas (I), (II) e (III) são, respectivamente, sublimação, liquefação e solidificação.
- c) A água formada na reação III e o hexafluoreto de urânio obtido na reação V apresentam, respectivamente, as geometrias moleculares linear e octaédrica.
- d) Na reação V, o urânio sofre oxidação e varia seu número de oxidação de +4 para +6.
- e) Na série de decaimento radioativo que se inicia com  $^{235}_{92}\text{U}$  e termina com o  $^{207}_{82}\text{Pb}$ , são liberadas 7 partículas alfa e 2 partículas beta.
- f) Considerando o  $UF_6$  como um gás ideal e a constante universal dos gases igual a  $0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ , é correto concluir, a partir do diagrama de fase ilustrado, que 3,5 mol de  $UF_6$  a 0,3 atm e a 40 °C encontram-se no estado gasoso e ocupam volume maior que 250 litros.
- g) Considerando que a tabela abaixo contém os dados para o decaimento alfa, de primeira ordem, do isótopo radioativo do estrôncio  $^{90}\text{Sr}$ , é correto afirmar que o tempo de meia-vida desse isótopo é de mais de 60 anos.

massa (g)	tempo (anos)
10,0	0
8,0	10
6,0	20
4,0	35
2,0	60
0,0	115

- h) A energia liberada em um processo de fissão nuclear tem origem eletrostática.



**Resolução:**

Análise dos itens:

- a) Correto. De acordo com os dados da tabela I, para se obter 10 g de  $^{235}\text{U}$ , é necessário utilizar mais de 1 kg de  $\text{U}_3\text{O}_8$  mineral.

Símbolo do isótopo	% no $\text{U}_3\text{O}_8$	massa molar (g/mol)
$^{235}\text{U}$	0,720	235,04

$$100 \text{ g de } \text{U}_3\text{O}_8 \text{ — } 0,720 \text{ g de } ^{235}\text{U}$$

$$m \text{ g de } \text{U}_3\text{O}_8 \text{ — } 10 \text{ g de } ^{235}\text{U}$$

$$m = 1388,89 \text{ g} = 1,39 \text{ kg}$$

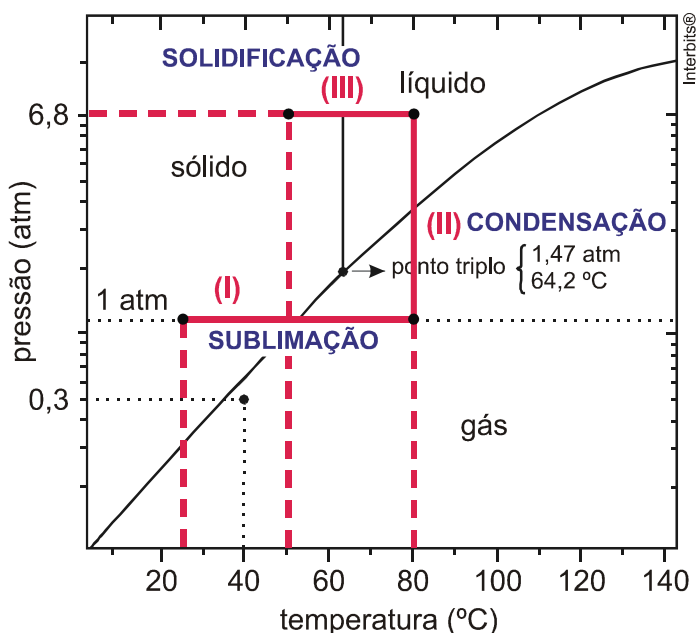
- b) Correto. Considere 1 mol de hexafluoreto de urânio, inicialmente a 25 °C e 1 atm, submetido aos seguintes procedimentos sequenciais:

I. aquecimento a pressão constante até 80 °C;

II. compressão isotérmica até 6,8 atm;

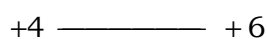
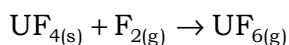
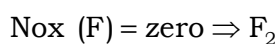
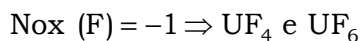
III. resfriamento a pressão constante até 50 °C.

De acordo com o diagrama de fase ilustrado, os processos de mudança de fase relacionados às etapas (I), (II) e (III) são, respectivamente, sublimação, liquefação e solidificação:

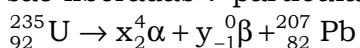


- c) Incorreto. A água formada na reação III e o hexafluoreto de urânio obtido na reação V apresentam, respectivamente, as geometrias moleculares angular e octaédrica.

- d) Correto. Na reação V, o urânio sofre oxidação e varia seu número de oxidação de +4 para +6.



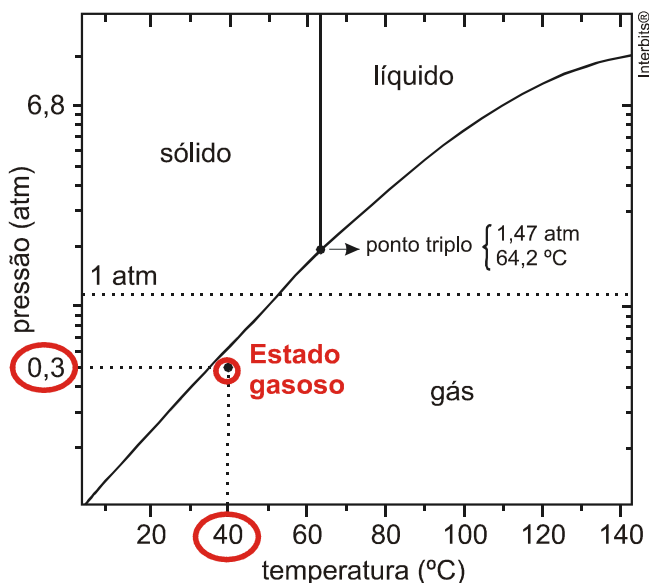
e) Incorreto. Na série de decaimento radioativo que se inicia com  ${}^{235}_{92}\text{U}$  e termina com o  ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ , são liberadas 7 partículas alfa e 4 partículas beta:



$$235 = 4x + 0y + 207 \Rightarrow x = 7$$

$$92 = 2x - 1y + 82 \Rightarrow 92 = 2 \times 7 - 1y + 82 \Rightarrow y = 4$$

f) Correto. Considerando o  $\text{UF}_6$  como um gás ideal e a constante universal dos gases igual a  $0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ , é correto concluir, a partir do diagrama de fase ilustrado, que 3,5 mol de  $\text{UF}_6$  a 0,3 atm e a  $40^\circ\text{C}$  encontram-se no estado gasoso e ocupam volume maior que 250 litros.



$$T = 40 + 273 = 313 \text{ K}$$

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$0,3 \times V = 3,5 \times 0,082 \times 313$$

$$V = 299,44 \text{ L}$$

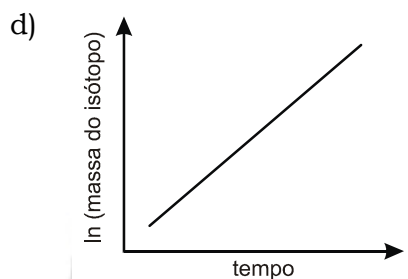
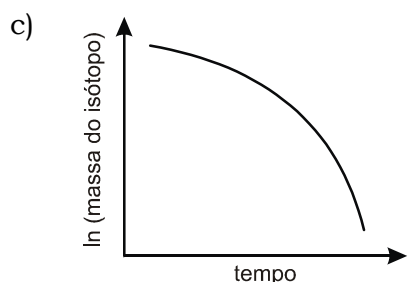
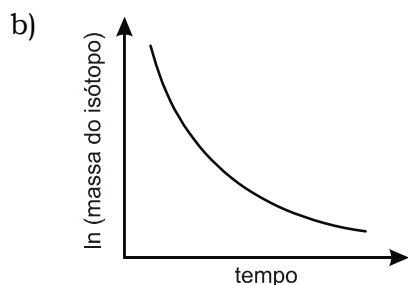
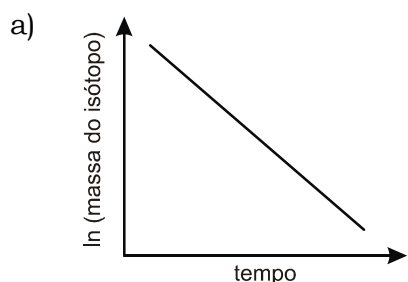
g) Incorreto. Considerando que a tabela abaixo contém os dados para o decaimento alfa, de primeira ordem, do isótopo radioativo do estrôncio  ${}^{90}\text{Sr}$ , é correto afirmar que o tempo de meia-vida desse isótopo é de mais de 25 anos.

massa (g)	tempo (anos)
10,0	0
8,0	10
6,0	20
4,0	35
2,0	60
0,0	115

$$8,0 \text{ g} \xrightarrow{(35-10) \text{ 25 anos}} 4,0 \text{ g} \xrightarrow{(60-35) \text{ 25 anos}} 2,0 \text{ g}$$

h) Correto. A energia liberada em um processo de fissão nuclear tem origem eletrostática (os prótons têm carga positiva e se repelem).

11. (Unb) Nas opções a seguir, assinale aquela que apresenta o gráfico que melhor representa o decaimento radioativo típico de primeira ordem para o isótopo  $^{235}\text{U}$  do urânio



**Resolução:**

Alternativa A.

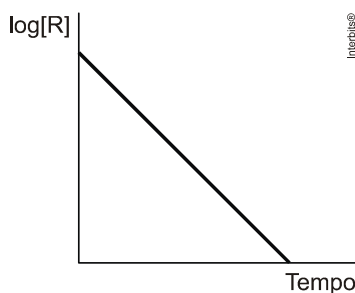
Suponhamos uma reação de primeira ordem dada por:  $\text{R} \rightarrow \text{produtos}$ . Então, recorrendo ao cálculo, teremos a relação matemática:

$$\log[\text{R}] = -\frac{\text{K}}{2,303}t + \log[\text{R}]_0 \quad \text{onde } [\text{R}] \text{ é a concentração do reagente em um tempo } t \text{ qualquer e } [\text{R}]_0 \text{ é a concentração inicial do reagente (para } t = 0).$$

A equação anterior expressa a equação de uma reta:  $y = mx + b$ , onde  $\log[\text{R}] = y$  e  $t = x$ .

Então quando representamos graficamente  $\log[\text{R}]$  em função de  $t$ , obtemos, para uma equação de primeira ordem, uma reta de inclinação  $(- \text{K}/2,303)$ .

Observe o gráfico para uma reação de primeira ordem:



**12.** (Cesgranrio) A mamografia é um método que utiliza um aparelho de Raios X para o diagnóstico precoce do câncer de mama, através da obtenção de imagens radiográficas do tecido mamário. Os Raios X são radiações eletromagnéticas de alta energia.

Explique o que são Raios X, como são produzidos e classifique esse tipo de radiação como ionizante ou não ionizante, justificando sua resposta.

**Resolução:**

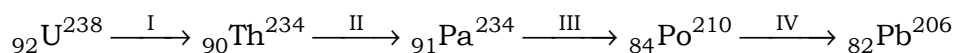
Voltemos no tempo até 1895, nessa época Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923) tinha cinquenta anos de idade e era professor de física da Universidade de Würzburg, onde publicou o descobrimento que havia feito de uma classe de raios aos quais chamou de raios X. Röntgen demonstrou que apesar da matéria ser impenetrável a luz, podia ser atravessada pelos raios X e produzir fluorescência em alguns materiais como o vidro e uma rocha chamada calcita. Uma outra curiosidade que Röntgen percebeu é que os raios X, ao atravessarem um livro de mil páginas, provocava o enegrecimento de uma placa fotográfica colocada atrás dele.

Numa outra experiência o físico constatou que os raios X não eram desviados por um ímã. Uma semana após o anúncio dessa grande descoberta, os raios X já começaram a ser utilizados por médicos para chapas de seus pacientes.

Durante quase vinte anos houve dúvidas sobre a natureza dos raios X, alguns cientistas acreditavam que o comportamento desses raios era parecido com o de partículas dotadas de uma massa muito pequena, já outros, acreditavam que os raios X se pareciam com a luz, inclusive com propriedades semelhantes.

Em 1912 a segunda proposição foi aceita como correta, pois os cientistas conseguiram difratar os raios X com cristais. Estas radiações eletromagnéticas de alta energia são originadas em transições eletrônicas do átomo que sofreu excitação ou ionização e são fenômenos associados à eletrosfera.

**13.** (Uerj) A sequência simplificada a seguir mostra as etapas do decaimento radioativo do isótopo urânio-238:



Determine o número de partículas  $\alpha$  e  $\beta$  emitidas na etapa III e identifique, por seus símbolos, os átomos isóbaros presentes na sequência.

**Resolução:**

Analisando a Etapa III, vem:

Variação do número de massa =  $234 - 210 = 24$

Como a partícula alfa possui número de massa igual a quatro, teremos:

$$\text{Número de partículas } \alpha: \frac{24}{4} = 6$$

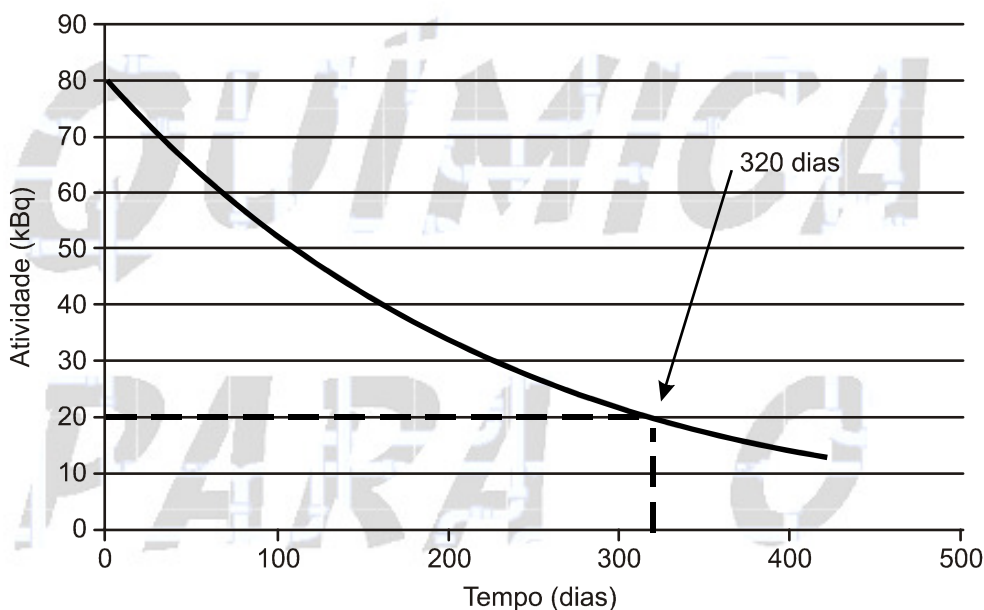
Variação do número de prótons =  $91 - 84 = 7$

Cálculo do número de partículas  $\beta$ :

$$7 = 6 \times 2 - Y \Rightarrow Y = 5 \Rightarrow \text{Número de partículas } \beta = 5$$

Átomos isóbaros: Th e Pa

**14.** (Unifesp) No estudo do metabolismo ósseo em pacientes, pode ser utilizado o radioisótopo Ca-45, que decai emitindo uma partícula beta negativa, e cuja curva de decaimento é representada na figura.

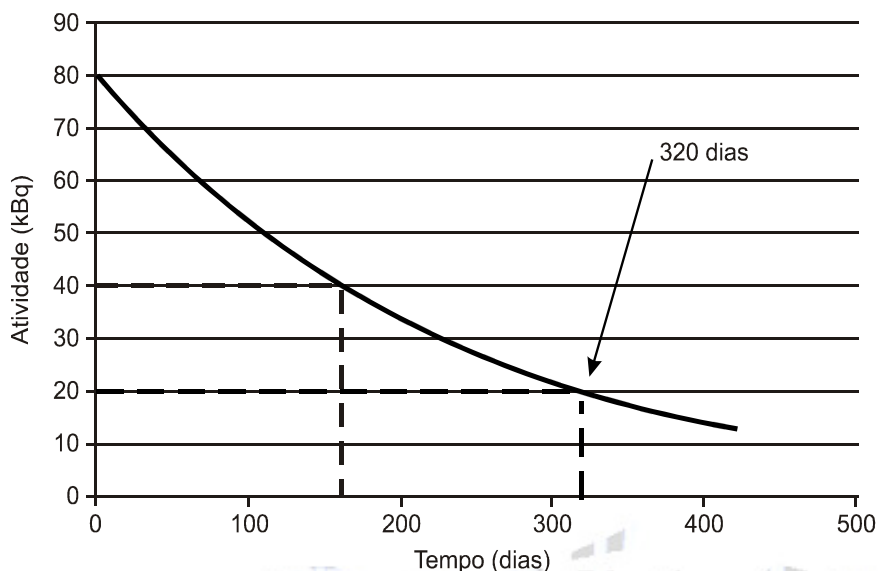


A absorção deficiente de cálcio está associada a doenças crônicas como osteoporose, câncer de cólon e obesidade. A necessidade de cálcio varia conforme a faixa etária. A OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda uma dose de 1000 mg/dia na fase adulta. A suplementação desse nutriente é necessária para alguns indivíduos. Para isso, o carbonato de cálcio pode ser apresentado em comprimidos que contêm 625 mg de  $\text{CaCO}_3$ .

- Determine a meia-vida do radioisótopo Ca-45 e identifique o elemento químico resultante do seu decaimento.
- Determine o número de comprimidos do suplemento carbonato de cálcio que corresponde à quantidade de cálcio diária recomendada pela OMS para um indivíduo adulto.

**Resolução:**

- Observe o gráfico:



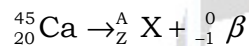
Podemos dividir a atividade (kBq) inicial (80) por 2 e obter o período de meia vida da seguinte maneira:

$$80 \xrightarrow{p} 40 \xrightarrow{p} 20$$

$p + p = 320$  dias, então:

$$2p = 320 \Rightarrow p = 160 \text{ dias}$$

Como o Ca-45 decai emitindo uma partícula beta, teremos:



$$45 = A + 0 \Rightarrow A = 45$$

$$20 = Z - 1 \Rightarrow Z = 21$$

O elemento químico resultante do decaimento tem 21 prótons, logo é o escândio.

- b) De acordo com o enunciado um comprimido tem 625 mg de  $\text{CaCO}_3$ . A partir desse dado podemos calcular a massa de cálcio presente neste comprimido:

$$\text{CaCO}_3 = 100; \text{Ca} = 40$$

$$100 \text{ mg de CaCO}_3 \text{ — } 40 \text{ mg de Ca}$$

$$625 \text{ mg de CaCO}_3 \text{ — } m_{\text{Ca}}$$

$$m_{\text{Ca}} = 250 \text{ mg (para 1 comprimido)}$$

A partir da dose recomendada, teremos par a quantidade diária:

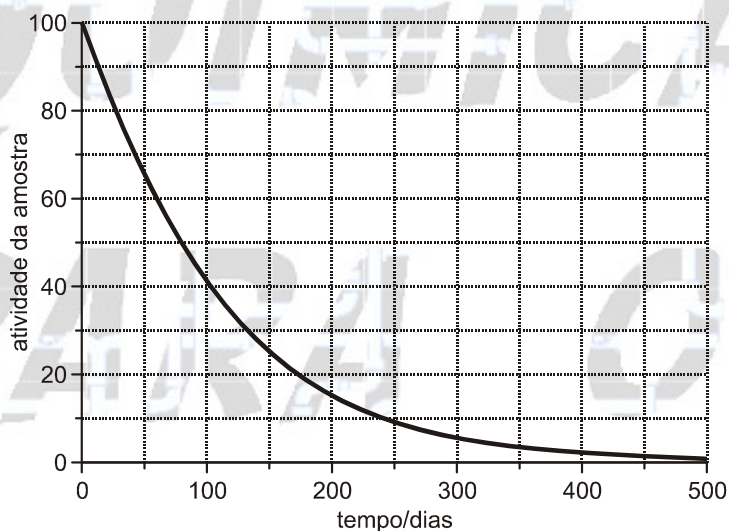
$$1000 \text{ mg — } n \text{ comprimidos}$$

$$250 \text{ mg — } 1 \text{ comprimido}$$

$$n = 4 \text{ comprimidos}$$

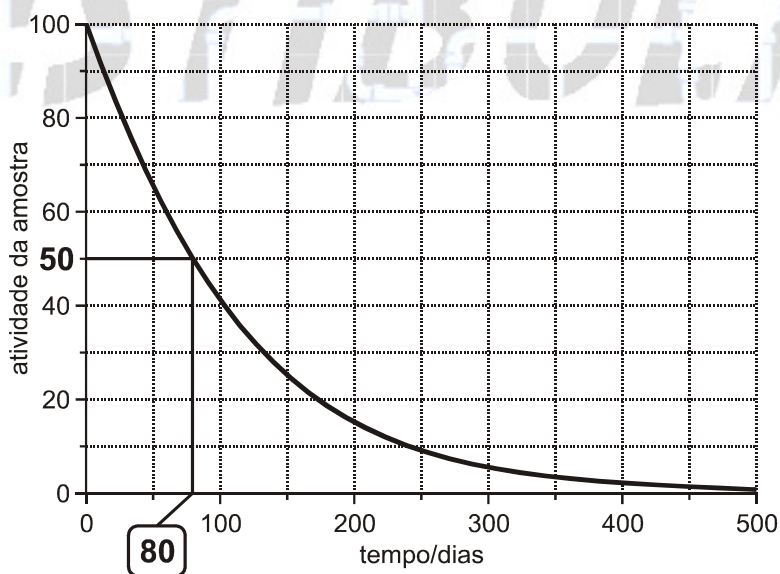
15. (Unicamp) A *Revista no162* apresenta uma pesquisa desenvolvida no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) sobre a produção de fios de irídio-192 para tratar tumores. Usados em uma ramificação da radioterapia chamada braquiterapia, esses fios são implantados no interior dos tumores e a radiação emitida destrói as células cancerígenas e não os tecidos saudáveis. O  $^{192}\text{Ir}$  se transforma em  $^{192}\text{Pt}$  por um decaimento radioativo e esse decaimento em função do tempo é ilustrado na figura a seguir.

- a) Considerando que a radiação é gerada por uma liga que contém inicialmente 20% de  $^{192}\text{Ir}$  e 80% de  $^{192}\text{Pt}$ , depois de quantos dias essa liga se transformará em uma liga que contém 5% de  $^{192}\text{Ir}$  e 95% de  $^{192}\text{Pt}$ ? Mostre seu raciocínio.
- b) O decaimento radiativo pode originar três diferentes tipos de partículas:  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Para efeito de resposta ao item, considere apenas  $\alpha$  e  $\beta$ . A partícula  $\beta$  tem uma massa igual à massa do elétron, enquanto a partícula  $\alpha$  tem uma massa igual à do núcleo do átomo de hélio. Considerando essas informações, que tipo de decaimento sofre o  $^{192}\text{Ir}$ ,  $\alpha$  ou  $\beta$ ? Justifique.



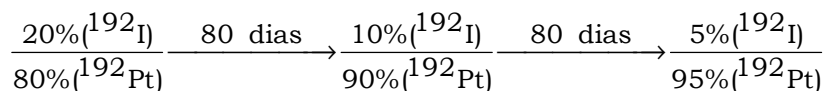
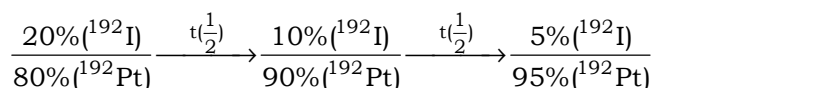
**Resolução:**

- a) De acordo com a figura dada:



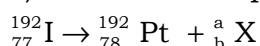
O período de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) é de 80 dias.

Então,

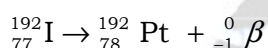


Depois de 160 dias (80 dias + 80 dias) essa liga se transformará em uma liga que contém 5 % de  ${}^{192}\text{Ir}$  e 95 % de  ${}^{192}\text{Pt}$ .

b) O decaimento pode ser representado por:



Então,

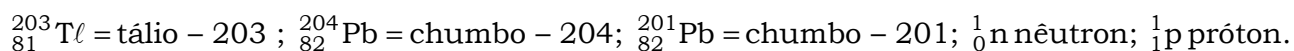


O decaimento será do tipo beta.

**16.** (Ufscar) O uso de isótopos radioativos, em Medicina, tem aumentado muito nos últimos anos, sendo o tecnécio-99 o mais usado em clínicas e hospitais brasileiros. O principal fornecedor desse isótopo é o Canadá, e problemas técnicos recentes em seus reatores resultaram em falta desse material no Brasil. Uma proposta alternativa para solucionar o problema no país foi substituir o tecnécio-99 pelo tálio-201. O tálio-201 pode ser produzido a partir do tálio-203, bombardeado por próton ( ${}_1^1\text{p}$ ) acelerado em acelerador de partículas. O tálio-203 incorpora o próton acelerado e rapidamente se desintegra, formando chumbo-201 e emitindo nêutrons no processo. Posteriormente, o chumbo-201 sofre nova desintegração, formando  ${}_{81}^{203}\text{Tl}$ , um isótopo com meia-vida de 73 horas.

Pede-se:

- Escreva a equação balanceada, que representa a reação nuclear para a produção de  ${}^{201}\text{Pb}$ , a partir do bombardeamento do  ${}^{203}\text{Tl}$  com prótons, segundo o processo descrito no enunciado dessa questão.
- Considerando que na amostra inicial de radiofármaco contendo  ${}^{201}\text{Tl}$  tem uma atividade radioativa inicial igual a  $A_0$ , e que pode ser utilizada em exames médicos até que sua atividade se reduza a  $A_0/4$ , calcule o período de tempo, expresso em horas, durante o qual essa amostra pode ser utilizada para a realização de exames médicos.

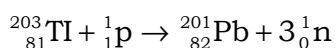


### Resolução:

- Tálio-201 pode ser produzido a partir do tálio-203, bombardeado por próton acelerado em acelerador de partículas. O tálio-203 incorpora o próton acelerado e rapidamente se desintegra, formando chumbo-201 e emitindo nêutrons no processo. Posteriormente, o chumbo-201 sofre nova desintegração, formando  ${}^{201}\text{Tl}$ .

A equação balanceada, que representa a reação nuclear para a produção de  ${}^{201}\text{Pb}$ , a partir do bombardeamento do  ${}^{203}\text{Tl}$  com prótons, segundo o processo descrito no enunciado dessa questão pode ser dada por:



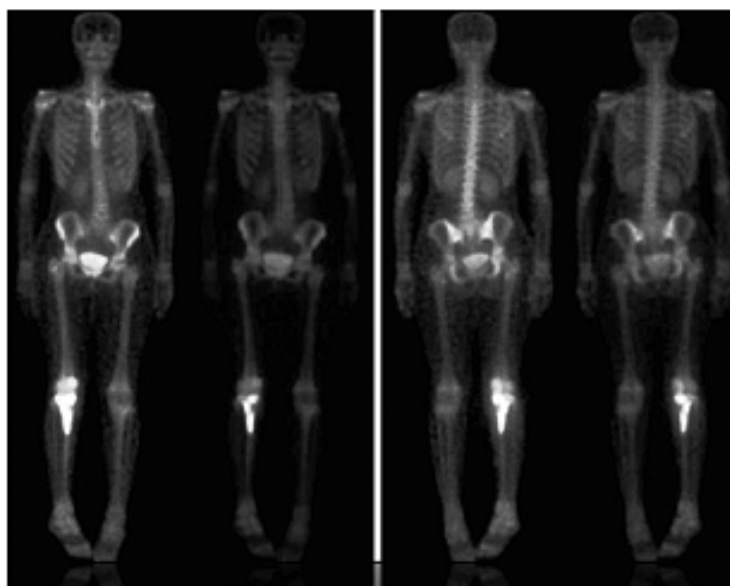


b) Como o isótopo tem período de meia vida de 73 horas, teremos:

$$A_0 \xrightarrow{73\text{h}} \frac{A_0}{2} \xrightarrow{73\text{h}} \frac{A_0}{4}$$

O período de tempo, expresso em horas, durante o qual essa amostra pode ser utilizada para a realização de exames médicos é de 73 h + 73 h, ou seja, de 146 h.

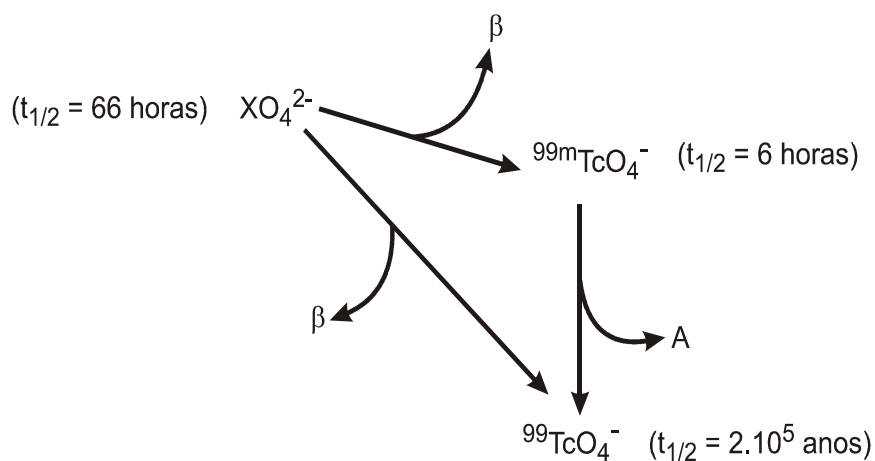
**17.** (Ufrj) A cintilografia é um procedimento clínico que permite assinalar a presença de um radiofármaco num tecido ou órgão, graças à emissão de radiações que podem ser observadas numa tela na forma de pontos brilhantes (cintilação).



Cintilografia óssea

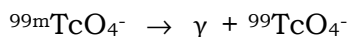
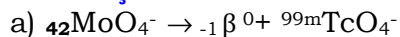
Os principais agentes usados nas clínicas de medicina nuclear para cintilografia são os radiofármacos marcados com  ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$ , o qual é obtido através do decaimento do elemento X, conforme o esquema a seguir.

Dado:  $t_{1/2} =$  meia vida



- a) Identifique o elemento X e a radiação A.
- b) Calcule a concentração molar de  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  em 100 mL de uma solução contendo 16,2 g de  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  após um período de 12 horas.

**Resolução:**



b)  $^{99}\text{TcO}_4^- = 4 \times 16 + 99 = 64 + 99 = 163$ .

Em 100 mL, teremos 16,2 g que equivale a quase 0,1 mol (16,3).

Logo em 1 L teremos, aproximadamente, 1 mol.

Como  $t_{1/2}$  do  $^{99m}\text{Tc} = 6$  h, teremos 2 meias-vidas para um período de 12 horas:

$$1 \text{ mol} \xrightarrow{6 \text{ horas}} 0,5 \text{ mol} \xrightarrow{6 \text{ horas}} 0,25 \text{ mol}$$

A concentração molar de  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  na solução após 12 horas será de aproximadamente de 0,25 mol/L.

QUÍMICA  
PARA O  
VESTIBULAR