

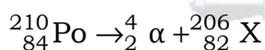
QUESTÕES RESOLVIDAS DE RADIOATIVIDADE - PARTE 1

01. (Unifesp) 2011 é o Ano Internacional da Química; neste ano, comemoram-se também os 100 anos do recebimento do Prêmio Nobel de Química por Marie Curie, pela descoberta dos elementos químicos rádio e polônio. Ela os obteve purificando enormes quantidades de minério de urânio, pois esses elementos estão presentes na cadeia de decaimento do urânio-238. Vários radionuclídeos dessa cadeia emitem partículas alfa ( ${}^4_2\alpha$ ) ou beta negativa ( $\beta^-$ ).

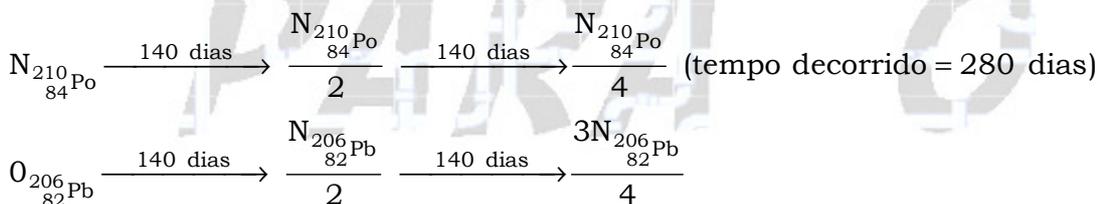
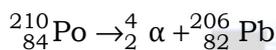
- a) O Po-210 decai por emissão alfa com meia-vida aproximada de 140 dias, gerando um elemento estável. Uma amostra de Po-210 de altíssima pureza foi preparada, guardada e isolada por 280 dias. Após esse período, quais elementos químicos estarão presentes na amostra e em que proporção, em número de átomos?
- b) Qual o número de partículas alfa e o número de partículas beta negativa que são emitidas na cadeia de decaimento que leva de um radionuclídeo de Ra-226 até um radionuclídeo de Po-210? Explique.

**Resolução:**

a) Teremos o seguinte decaimento radioativo (em número de átomos N):



X = Pb (tabela periódica), então :

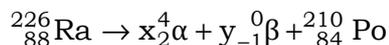


Proporção :

$$\frac{N_{210\text{Po}}}{4} : \frac{3N_{206\text{Pb}}}{4} \Rightarrow N_{210\text{Po}} : 3N_{206\text{Pb}}$$

Dados:  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ ;  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ ;  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ .

b) Teremos:



$$226 = 4x + 0y + 210 \Rightarrow x = 4$$

$$88 = 2x - y + 84 \Rightarrow 88 = 2 \cdot 4 - y + 84 \Rightarrow y = 4$$

02. (Unesp) Durante sua visita ao Brasil em 1928, Marie Curie analisou e constatou o valor terapêutico das águas radioativas da cidade de Águas de Lindoia, SP. Uma amostra de água de uma das fontes apresentou concentração de urânio igual a 0,16  $\mu\text{g/L}$ . Supondo que o urânio dissolvido nessas águas seja encontrado na forma de seu isótopo mais abundante,  ${}^{238}\text{U}$ , cuja meia-vida é aproximadamente  $5 \cdot 10^9$  anos, o tempo necessário para que a concentração desse isótopo na amostra seja reduzida para 0,02  $\mu\text{g/L}$  será de

- a)  $5 \times 10^9$  anos.

- b)  $10 \times 10^9$  anos.
- c)  $15 \times 10^9$  anos.
- d)  $20 \times 10^9$  anos.
- e)  $25 \times 10^9$  anos.

**Resolução:**

Alternativa C.

Teremos:

$$0,16 \mu\text{g/L} \xrightarrow{5 \times 10^9 \text{ anos}} 0,08 \mu\text{g/L} \xrightarrow{5 \times 10^9 \text{ anos}} 0,04 \mu\text{g/L} \xrightarrow{5 \times 10^9 \text{ anos}} 0,02 \mu\text{g/L}$$

$$\text{Tempo total} = 3 \times 5 \times 10^9 \text{ anos} = 15 \times 10^9 \text{ anos}$$

**03.** (Ufpr) A datação de objetos pode se basear em diversos métodos, sendo o método por radioisótopos, em especial carbono-14, um dos mais conhecidos e empregados para artefatos arqueológicos. Em estudos sobre o histórico de contaminação ambiental, que datam desde a Revolução Industrial, o radionuclídeo natural  $^{210}\text{Pb}$  tem sido utilizado para se estimar a data de deposição de sedimentos contaminados em lagos e estuários. O  $^{210}\text{Pb}$  possui tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de 22,5 anos e é mais adequado para datação de eventos recentes que o  $^{14}\text{C}$ , cujo  $t_{1/2} = 5.730$  anos. Acerca desse assunto:

- a) Explique o que é tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ).
- b) Considerando que o sedimento a ter sua data estimada apresenta atividade de  $^{210}\text{Pb}$  equivalente a 12,5 % da atividade no momento da deposição ( $t = 0$ ), qual a idade do sedimento?

**Resolução:**

Teremos:

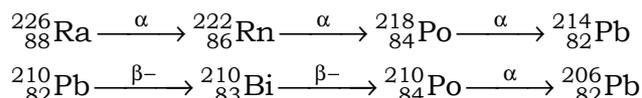
a) Meia-vida é o tempo necessário para que a atividade de um elemento radioativo reduza à metade da atividade inicial ou para que metade da amostra se decomponha.

b) Teremos:

$$100\% \xrightarrow{22,5 \text{ anos}} 50\% \xrightarrow{22,5 \text{ anos}} 25\% \xrightarrow{22,5 \text{ anos}} 12,5\%$$

$$\text{Tempo} = 3 \times 22,5 \text{ anos} = 67,5 \text{ anos}$$

**04.** (Ufpr) Em 2011 celebramos o Ano Internacional da Química. Além disso, 2011 é também o ano do centenário do recebimento do Prêmio Nobel de Química por Marie Curie, que foi a primeira cientista a receber dois Prêmios Nobel, o primeiro em 1903, em Física, devido às suas contribuições para as pesquisas em radioatividade, e o segundo em 1911, pela descoberta dos elementos rádio e polônio. O polônio não possui isótopos estáveis, todos são radioativos, dos quais apenas o  $^{210}\text{Po}$  ocorre naturalmente, sendo gerado por meio da série de decaimento do rádio. A seguir são ilustrados dois trechos da série de decaimento do rádio:



$$t_{1/2} = 138,38 \text{ dias}$$

Com base nas informações fornecidas, considere as seguintes afirmativas:

- 1. A partícula  $\alpha$  possui número de massa igual a 4.

- Para converter  $^{214}\text{Pb}$  em  $^{210}\text{Pb}$ , conectando os dois trechos da série, basta a emissão de uma partícula  $\alpha$ .
- Uma amostra de  $^{210}\text{Po}$  será totalmente convertida em  $^{206}\text{Pb}$  após 276,76 dias.
- No decaimento  $\beta^-$ , o número de massa é conservado, pois um nêutron é convertido em um próton.

Assinale a alternativa correta.

- Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
- Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1, 2 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.

**Resolução:**

Alternativa E.

Análise das afirmativas:

- Verdadeira. A partícula  $\alpha$  possui número de massa igual a 4 ( $^4_2\alpha$ ), equivale ao núcleo do átomo de hélio.
- Falsa. Para converter  $^{214}\text{Pb}$  em  $^{210}\text{Pb}$ , conectando os dois trechos da série, é necessária a emissão de uma partícula  $\alpha$  e de duas partículas beta:  $^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{210}_{82}\text{Pb} + ^4_2\alpha + 2\ ^0_{-1}\beta$ .
- Falsa. Uma amostra de  $^{210}\text{Po}$  será totalmente convertida em 75 % de  $^{206}\text{Pb}$  após 276,76 dias (duas meias-vidas).
- Verdadeira. No decaimento  $\beta^-$ , o número de massa é conservado, pois um nêutron é convertido em um próton.

**05.** (Unisc) Em 2011, comemoramos o Ano Internacional da Química, homenageando o centenário do Prêmio Nobel de Química atribuído a Marie Skłodowska Curie pela sua contribuição à Química, especialmente, pelos estudos desenvolvidos para desvendar o fenômeno da radioatividade. A radioatividade natural é um fenômeno espontâneo em que determinados núcleos emitem partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ou radiações gama ( $\gamma$ ).

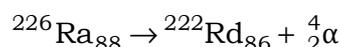
Assinale a alternativa que apresenta um decaimento radioativo correto.

- $^{238}\text{U}_{92} \xrightarrow{-1\text{ Beta}} ^{234}\text{Th}_{90} \xrightarrow{-1\text{ Alfa}} ^{226}\text{Pa}_{88}$
- $^{234}\text{U}_{92} \xrightarrow{-1\text{ Alfa}} ^{230}\text{Th}_{90} \xrightarrow{+2\text{ Beta}} ^{226}\text{Ra}_{88}$
- $^{222}\text{Rd}_{86} \xrightarrow{-3\text{ Alfa}} ^{210}\text{Po}_{84} \xrightarrow{-1\text{ Alfa}} ^{206}\text{Pb}_{82}$
- $^{226}\text{Ra}_{88} \xrightarrow{-1\text{ Alfa}} ^{222}\text{Rd}_{86} \xrightarrow{-3\text{ Alfa}/-4\text{ Beta}} ^{210}\text{Po}_{84}$
- $^{238}\text{U}_{92} \xrightarrow{-1\text{ Alfa}} \text{AX}_Z \xrightarrow{+1\text{ Beta}} ^{234}\text{U}_{92}$

**Resolução:**

Alternativa D.

Teremos:



06. (Ufpa) Uma das consequências do tsunami ocorrido no Japão foi a contaminação radioativa, como mostra o trecho retirado de uma notícia da época.

“Na segunda-feira foram detectados índices de iodo 131 e de césio 134, 126,7 e 24,8 vezes mais elevados, respectivamente, que os fixados pelo governo, em análises das águas do mar próximas de Fukushima, 250 km ao norte da megalópole de Tóquio e de seus 35 milhões de habitantes”.

<http://noticias.terra.com.br/mundo/asia/terremotonojapao/noticias> de 22/03/2011

Se uma amostra dessa água fosse coletada e isolada para acompanhar a atividade radioativa, seria correto afirmar que

**Dados:** tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ )

césio 137 = 30 anos

iodo 131 = 8 dias

- seriam necessários 744 anos para que a atividade devida ao césio 137 retornasse ao nível normal.
- seria necessário, para ambos os isótopos, entre seis e sete períodos de meia vida para que os índices de um e outro ficassem próximos de 1% do valor inicial.
- seriam necessários aproximadamente 3 anos para que a atividade devida ao iodo 131 retornasse ao nível normal.
- o aquecimento da amostra aceleraria o decaimento radioativo de ambos os isótopos e assim haveria uma descontaminação mais rápida.
- somente a contaminação por césio seria grave, devido ao seu maior tempo de meia vida.

**Resolução:**

Alternativa B.

Teremos:

100 %  $\xrightarrow{p}$  50 %  $\xrightarrow{p}$  25 %  $\xrightarrow{p}$  12,5 %  $\xrightarrow{p}$  6,25 %  $\xrightarrow{p}$  3,125 %  $\xrightarrow{p}$   
 $\xrightarrow{p}$  1,5625 %  $\xrightarrow{p}$  0,78125 %

$7 \times p = 7 \times 30 \text{ anos} = 210 \text{ anos}$  (Césio)

$7 \times p = 7 \times 8 \text{ dias} = 56 \text{ dias}$  (Iodo)

07. (Fuvest) A seguinte notícia foi veiculada por ESTADAO.COM.BR/Internacional na terça-feira, 5 de abril de 2011: *TÓQUIO - A empresa Tepco informou, nesta terça-feira, que, na água do mar, nas proximidades da usina nuclear de Fukushima, foi detectado nível de iodo radioativo cinco milhões de vezes superior ao limite legal, enquanto o césio-137 apresentou índice 1,1 milhão de vezes maior. Uma amostra recolhida no início de segunda-feira, em uma área marinha próxima ao reator 2 de Fukushima, revelou uma concentração de iodo-131 de 200 mil becquerels por centímetro cúbico.*

Se a mesma amostra fosse analisada, novamente, no dia 6 de maio de 2011, o valor obtido para a concentração de iodo-131 seria, aproximadamente, em Bq/cm<sup>3</sup>,

**Note e adote:** Meia-vida de um material radioativo é o intervalo de tempo em que metade dos núcleos radioativos existentes em uma amostra desse material decaem. A meia-vida do iodo-131 é de 8 dias.

- a) 100 mil.    b) 50 mil.    c) 25 mil.    d) 12,5 mil.    e) 6,2 mil.

**Resolução:**

Alternativa D.

Período de tempo (5 de abril a 6 de maio) = 32 dias

8 dias — 1 meia-vida

32 dias — n

n = 4 meias-vidas

$$200 \text{ mil } \frac{\text{Bq}}{\text{cm}^3} \xrightarrow{8 \text{ dias}} 100 \text{ mil } \frac{\text{Bq}}{\text{cm}^3} \xrightarrow{8 \text{ dias}} 50 \text{ mil } \frac{\text{Bq}}{\text{cm}^3} \xrightarrow{8 \text{ dias}} 25 \text{ mil } \frac{\text{Bq}}{\text{cm}^3} \xrightarrow{8 \text{ dias}} 12,5 \text{ mil } \frac{\text{Bq}}{\text{cm}^3}$$

**08.** (Espcex (Aman)) Considere o gráfico de decaimento, abaixo, (Massa X Tempo) de 12 g de um isótopo radioativo. Partindo-se de uma amostra de 80,0 g deste isótopo, em quanto tempo a massa dessa amostra se reduzirá a 20,0 g?

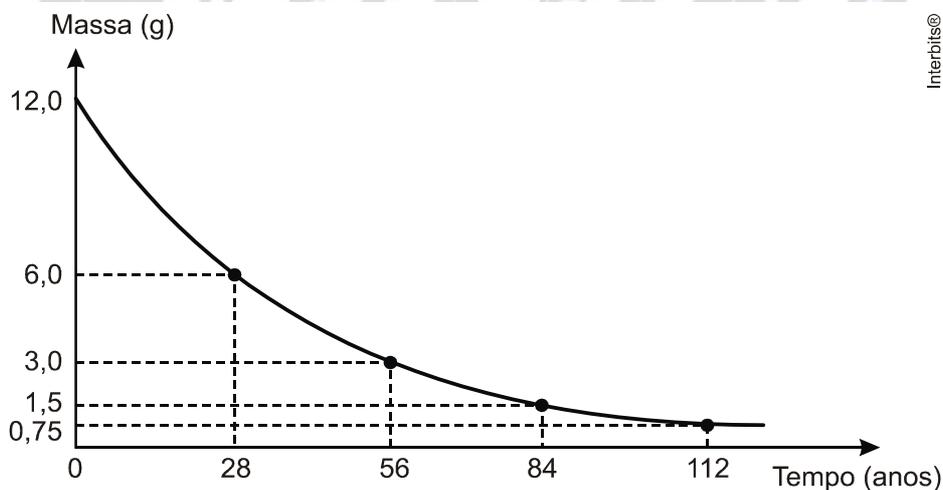


Gráfico fora de escala

- a) 28 anos    b) 56 anos    c) 84 anos    d) 112 anos    e) 124,5 anos

**Resolução:**

Alternativa B.

Podemos calcular o tempo de meia vida a partir do gráfico:

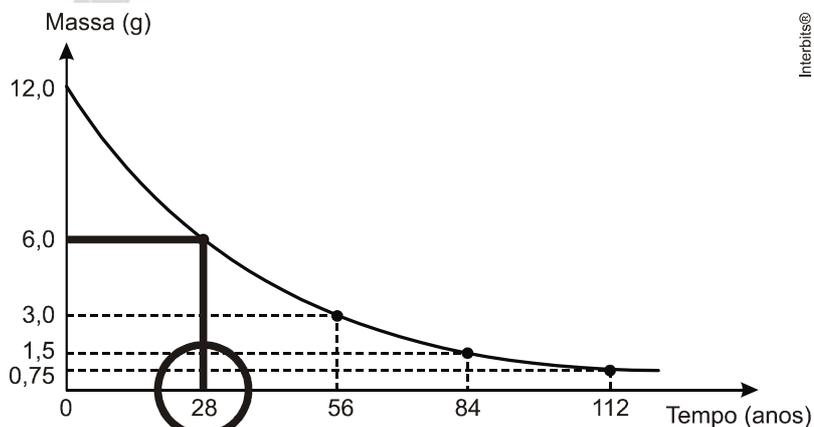


Gráfico fora de escala

**Meia-vida = 28 anos**

$$80 \text{ g} \xrightarrow{28 \text{ anos}} 40 \text{ g} \xrightarrow{28 \text{ anos}} 20 \text{ g}$$

$$\text{Tempo} = 2 \times \text{meia-vida}$$

$$\text{Tempo} = 2 \times 28 \text{ anos} = 56 \text{ anos}$$

**09.** (Upf) No fim do século XIX, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) foi convencido por J. J. Thomson a trabalhar com o fenômeno então recentemente descoberto: a radioatividade. Seu trabalho permitiu a elaboração de um modelo atômico que possibilitou o entendimento da radiação emitida pelos átomos de urânio, polônio e rádio. Aos 26 anos de idade, Rutherford fez sua maior descoberta. Estudando a emissão de radiação de urânio e do tório, observou que existem dois tipos distintos de radiação: uma que é rapidamente absorvida, que denominamos radiação alfa ( $\alpha$ ), e uma com maior poder de penetração, que denominamos radiação beta ( $\beta$ ).

Sobre a descoberta de Rutherford podemos afirmar ainda:

- I. A radiação alfa é atraída pelo polo negativo de um campo elétrico.
- II. O baixo poder de penetração das radiações alfa decorre de sua elevada massa.
- III. A radiação beta é constituída por partículas positivas, pois se desviam para o polo negativo do campo elétrico.
- IV. As partículas alfa são iguais a átomos de hélio que perderam os elétrons.

Está(ão) **correta(s)** a(s) afirmação(ões):

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

**Resolução:**

Alternativa D.

- I. Afirmação correta. A radiação alfa é positiva (núcleo do átomo de hélio), por isso é atraída pelo polo negativo de um campo elétrico.
- II. Afirmação correta. O baixo poder de penetração das radiações alfa decorre de sua elevada massa.
- III. Afirmação incorreta. A radiação beta é constituída por partículas negativas.
- IV. Afirmação correta. As partículas alfa são iguais a átomos de hélio que perderam os elétrons.

**10.** (Acafe) No jornal *O Estado de São Paulo*, de 30 de agosto de 2011, foi publicada uma reportagem sobre o acidente nuclear na usina Daiichi, em Fukushima no Japão “[...] em 33 localidades havia um excesso de césio-137 de 1,48 milhão de becquerel por metro quadrado, [...]”.

Com base no texto acima e nos conceitos sobre processos radioativos, analise as afirmações a seguir.

- I. O césio-137 é um material radioativo com tempo de meia vida curto e não apresenta risco à saúde das pessoas que moram na região afetada pelo acidente.
- II. A partícula  $\alpha$  possui estrutura semelhante ao núcleo do átomo de hélio.
- III. Processos radioativos são essencialmente transformações nucleares, na qual núcleos instáveis emitem radiações.
- IV. Becquerel é uma grandeza que mede a intensidade de radiação ou a atividade radioativa.

Assinale a alternativa correta.

- a) Todas as afirmações estão corretas.
- b) Apenas II e IV estão corretas.
- c) Apenas a afirmação III está correta.
- d) Apenas II, III e IV estão corretas.

**Resolução:**

Alternativa D.

Análise das afirmações:

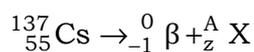
- I. Incorreta. O cézio-137 é um material radioativo que apresenta grande risco à saúde das pessoas que moram na região afetada pelo acidente, devido à intensidade de radiação liberada.
- II. Correta. A partícula  $\alpha$  possui estrutura semelhante ao núcleo do átomo de hélio.
- III. Correta. Processos radioativos são essencialmente transformações nucleares, na qual núcleos instáveis emitem radiações.
- IV. Correta. Becquerel é uma grandeza que mede a intensidade de radiação ou a atividade radioativa.

**11.** (Uftm) Em 2011, o acidente na central nuclear de Fukushima, no Japão, causou preocupação internacional a respeito da necessidade de se reforçar a segurança no uso da energia nuclear, pois houve a liberação de quantidades significativas de  $^{137}\text{Cs}$  (césio 137) e outros radionuclídeos no meio ambiente. É importante lembrar, porém, que a energia nuclear tem importantes aplicações na medicina. O mesmo  $^{137}\text{Cs}$  é utilizado em equipamentos de radioterapia, no combate ao câncer. O  $^{137}\text{Cs}$  libera uma partícula beta negativa, formando um novo nuclídeo, que tem número de nêutrons igual a

- a) 82.
- b) 81.
- c) 80.
- d) 79.
- e) 78.

**Resolução:**

Alternativa B.



$$137 = 0 + A \Rightarrow A = 137$$

$$55 = -1 + Z \Rightarrow Z = 56$$

$$n_{\text{Nêutrons}} = 137 - 56 = 81$$

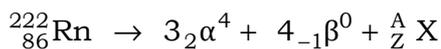
**12.** (Ifce) Um dos campos da química, largamente utilizado pela medicina é a radiatividade, que é usada na quimioterapia e na radioterapia. Através destes processos, procura-se destruir as células cancerígenas e debelar a doença. Ao se desintegrar, o átomo  $^{222}_{86}\text{Rn}$  consegue emitir 3 partículas do tipo  $^4_2\alpha$  (alfa) e 4 partículas do tipo  $^0_{-1}\beta$  (beta). Os números atômicos e de massa do átomo resultante serão, respectivamente,

- a)  $Z = 211$  e  $A = 82$ .
- b)  $Z = 82$  e  $A = 210$ .
- c)  $Z = 82$  e  $A = 211$ .
- d)  $Z = 84$  e  $A = 210$ .
- e)  $Z = 211$  e  $A = 84$ .

**Resolução:**

Alternativa D.

Teremos:



$$222 = 3 \times 4 + 4 \times (0) + A \Rightarrow A = 210$$

$$86 = 3 \times 2 + 4 \times (-1) + Z \Rightarrow Z = 84$$

**13.** (Uerj) Uma das consequências do acidente nuclear ocorrido no Japão em março de 2011 foi o vazamento de isótopos radioativos que podem aumentar a incidência de certos tumores glandulares. Para minimizar essa probabilidade, foram prescritas pastilhas de iodeto de potássio à população mais atingida pela radiação.

A meia-vida é o parâmetro que indica o tempo necessário para que a massa de uma certa quantidade de radioisótopos se reduza à metade de seu valor. Considere uma amostra de  ${}_{53}\text{I}^{133}$ , produzido no acidente nuclear, com massa igual a 2 g e meia-vida de 20 h. Após 100 horas, a massa dessa amostra, em miligramas, será cerca de:

- a) 62,5
- b) 125
- c) 250
- d) 500

**Resolução:**

Alternativa A.

Teremos:

$$m_{\text{inicial}} = 2 \text{ g}$$

$$m_{\text{final}} = \frac{m_{\text{inicial}}}{2^n}$$

n = número de meias - vidas

p = meia - vida

$$\text{tempo} = n \times p$$

$$100 \text{ h} = n \times 20 \text{ h}$$

$$n = 5$$

$$m_{\text{final}} = \frac{2 \text{ g}}{2^5} = \frac{1}{16} \text{ g} = 62,5 \text{ mg}$$

**14.** (Unb) O vento solar é uma emissão contínua, em todas as direções, de partículas carregadas que têm origem na coroa solar. As partículas emitidas podem ser elétrons, prótons ou neutrinos. A velocidade dessas partículas varia entre 400 km/s e 800 km/s.

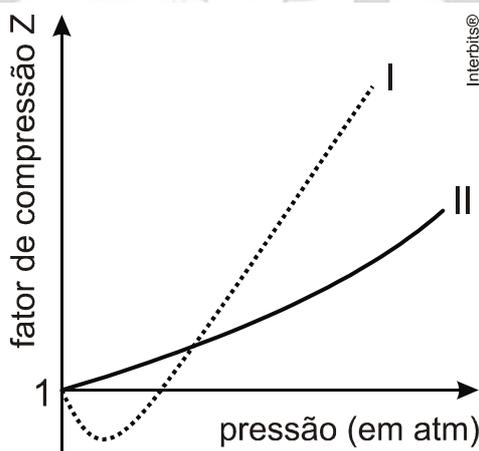
Essa emissão contínua gera uma distribuição de íons, prótons e elétrons em todo o espaço do sistema solar. Esse plasma de partículas carregadas é comumente denominado mar de prótons, ou mar de elétrons. Ao se aproximarem da Terra, esses íons sofrem alterações em suas trajetórias devido à presença do campo magnético terrestre. Na região do espaço que circunda a Terra, a densidade desse plasma é de aproximadamente 10 partículas por centímetro cúbico. O bombardeamento da atmosfera terrestre pelo vento solar tem efeitos profundos, uma vez que as partículas e a radiação solar interagem com os gases presentes na atmosfera, tais como  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ .

planeta	distância média do Sol, em $10^6 \text{ km}$
Mercúrio	57,9
Vênus	108
Terra	150
Marte	228

Júpiter	778
Saturno	1.430
Urano	2.870
Netuno	4.500
Plutão	5.900

Tendo como referência o texto e os dados na tabela acima, julgue os itens a seguir.

- a) Para a reação nuclear  ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \alpha + X$ , o elemento X é o tório-234 e, caso o tempo de meia-vida do urânio-238 seja de 5,5 bilhões de anos, então o tempo necessário para que a massa de uma amostra de  ${}^{238}_{92}\text{U}$  se reduza à quarta parte do seu valor inicial será de mais de 10 bilhões de anos.
- b) Considere que os gases da natureza, que são chamados de gases reais, tenham propriedades diferentes daquelas previstas pela lei dos gases ideais. Considere, ainda, o fator de compressão Z, que é a razão entre o volume molar do gás real e o volume molar de um gás ideal nas mesmas condições. Nesse caso, é correto afirmar que, no gráfico a seguir, da variação de Z em função da pressão, as curvas I e II representam, respectivamente, o comportamento dos gases  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_2$ .



- c) De acordo com o modelo de Thomson, o hidrogênio é constituído por 1 próton, 1 elétron e 1 nêutron.
- d) As moléculas dos gases  $\text{SO}_2$  e  $\text{CO}_2$  apresentam geometria angular e são polares.
- e) O gás carbônico é um óxido de característica ácida, pois, ao reagir com a água, produz ácido carbônico.

**Resolução:**

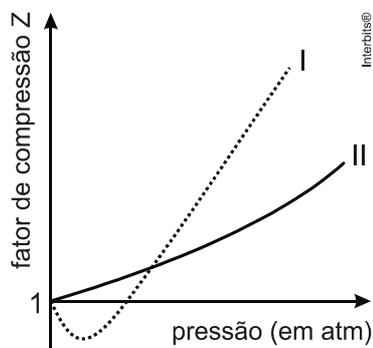
- a) Correto. Para a reação nuclear  ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \alpha + X$ , o elemento X é o tório-234 e, caso o tempo de meia-vida do urânio-238 seja de 5,5 bilhões de anos, então o tempo necessário para que a massa de uma amostra de  ${}^{238}_{92}\text{U}$  se reduza à quarta parte do seu valor inicial será de mais de 10 bilhões de anos:

$$m \xrightarrow{5,5 \text{ bilhões de anos}} \frac{m}{2} \xrightarrow{5,5 \text{ bilhões de anos}} \frac{m}{4}$$

$$t = 2 \times 5,5 \text{ bilhões de anos} = 11 \text{ bilhões de anos.}$$

- b) Correto. Considere que os gases da natureza, que são chamados de gases reais, tenham propriedades diferentes daquelas previstas pela lei dos gases ideais. Considere, ainda, o fator

de compressão  $Z$ , que é a razão entre o volume molar do gás real e o volume molar de um gás ideal nas mesmas condições. Nesse caso, é correto afirmar que, no gráfico a seguir, da variação de  $Z$  em função da pressão, as curvas I e II representam, respectivamente, o comportamento dos gases  $\text{NH}_3$  (volume molar real menor do que o ideal, devido às forças de atração mais intensas durante a compressão – intervalo inicial) o que gera uma queda na curva e  $\text{H}_2$  (fator de compressão crescente devido às interações intermoleculares menores durante a compressão).



- c) Incorreto. De acordo com o modelo de Thomson, o hidrogênio é constituído por uma região positiva neutralizada por carga negativa (elétron). Não existe o próton e o nêutron neste modelo.  
 d) Incorreto. As moléculas dos gases  $\text{SO}_2$  e  $\text{CO}_2$  apresentam geometria angular e linear, respectivamente.  $\text{SO}_2$  é polar e  $\text{CO}_2$  é apolar.  
 e) Correto. O gás carbônico é um óxido de característica ácida, pois, ao reagir com a água, produz ácido carbônico.

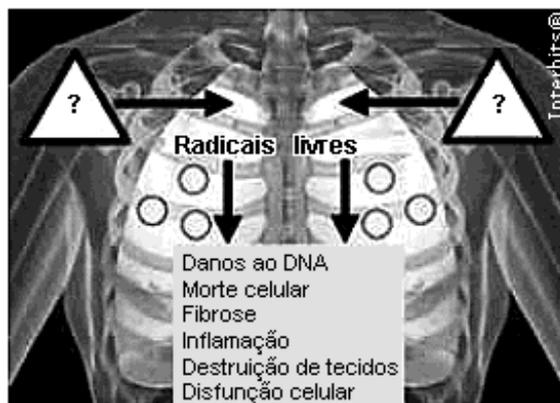
15. (Unesp) Leia o texto a seguir.

*Pela 1.ª vez, drogas contra intoxicação radioativa alcançam bons resultados*

*Remédios para tratar intoxicação por radiação devem ser aprovados nos próximos anos. Hoje não existe nenhuma terapia para o tratamento e a prevenção dos danos fisiológicos da radiação, cujo principal efeito é a produção de radicais livres. A radiação atinge as moléculas de água e oxigênio abundantes no organismo e produz os radicais livres, que ao reagir alteram diversas estruturas celulares. A maioria das novas drogas tem a finalidade de diminuir os estragos produzidos pelos radicais livres.*

(O Estado de S.Paulo, 13.02.2012. Adaptado.)

Para mostrar os efeitos da exposição de células e tecidos do organismo a elevados níveis de radiação nuclear, um professor utilizou a figura de um pulmão humano e nela indicou o que pode ocorrer em consequência da ação de radicais livres.



(<http://ebookdatabase.net/f/John-mcmanus>. Adaptado.)

O professor pediu aos seus alunos que o ajudassem a completar corretamente a figura, escolhendo um símbolo para representar a utilização da radiação nuclear nas posições assinaladas com os pontos de interrogação.

Para atender ao professor, os alunos devem escolher o símbolo

- a)  , para informar que a radiação nuclear mata por asfíxia.
- b)  , para avisar do perigo de choque elétrico, pois no local há eletricidade exposta.
- c)  , para indicar que se trata de processo que envolve o uso de substâncias radioativas.
- d)  , para informar que as substâncias utilizadas para gerar a radiação são recicláveis.
- e)  , para informar que a radiação nuclear é um processo que utiliza líquidos inflamáveis.

**Resolução:**

Alternativa C.

Para atender ao professor, os alunos devem escolher o símbolo, devido aos elevados níveis de radiação:



Este é o símbolo internacional da radiação e é conhecido como Trifólio. O desenho foi concebido inicialmente em 1946, por poucas pessoas no laboratório de radiação da Universidade da Califórnia em Berkeley (EUA).