

Competência(s):  
3 e 6

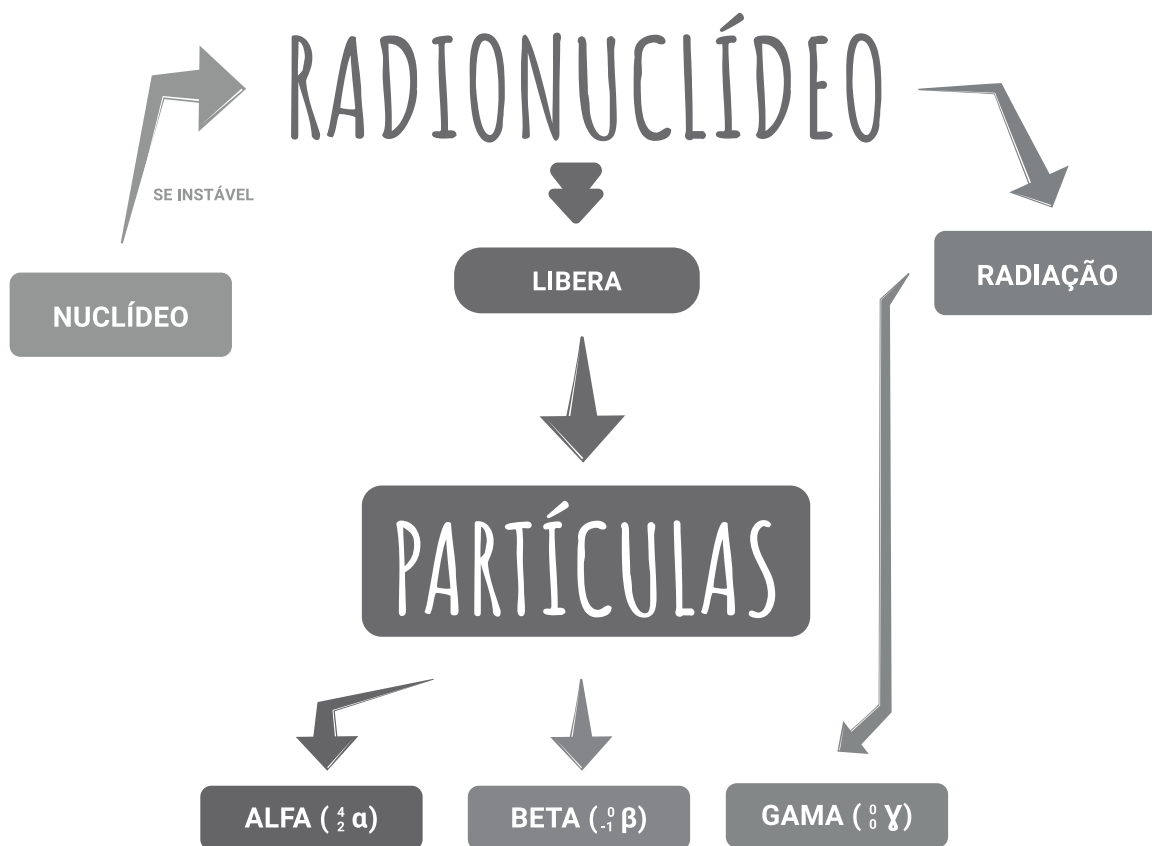
Habilidade(s):  
11 e 12

# AULAS 9 E 10

## VOCÊ DEVE SABER!

- Emissões Radioativas
- Leis de decaimento alfa e beta
- Raios gama
- Transmutações
- Energia nuclear - Fissão e Fusão nucleares.

## MAPEANDO O SABER

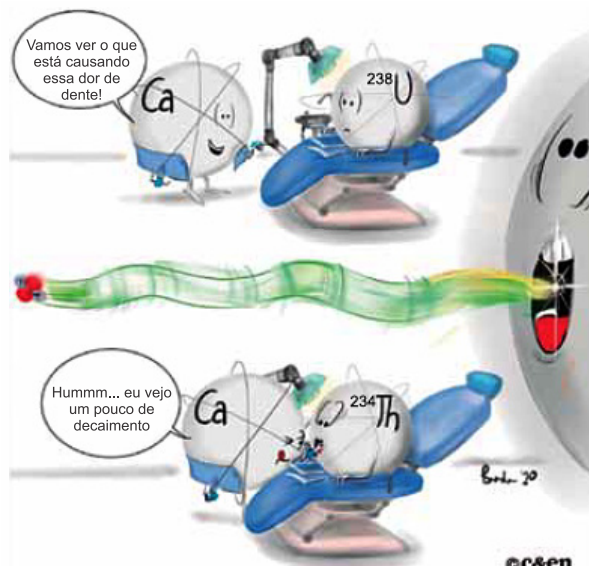


# ANOTAÇÕES



# EXERCÍCIOS DE SALA

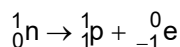
1. (ALBERT EINSTEIN - MEDICINA 2022) Leia a tirinha.



(<https://cen.acs.org>. Adaptado.)

A tirinha ilustra metaforicamente o fenômeno correspondente a uma

- captura de partícula alfa pelo  $^{234}\text{Th}$ .
  - captura de partícula beta pelo  $^{234}\text{Th}$ .
  - emissão de partícula beta pelo  $^{238}\text{U}$ .
  - emissão de nêutrons pelo  $^{238}\text{U}$ .
  - emissão de partícula alfa pelo  $^{238}\text{U}$ .
2. (UNESP 2022) Uma explicação para a emissão de partículas  $\beta^-$  (elétrons) por núcleos instáveis é a conversão de um nêutron do núcleo atômico em um próton e um elétron, segundo o processo representado, em que o próton fica no núcleo e o elétron é emitido.



Ocorre, com emissão de partículas  $\beta^-$ , a transformação de

Dados:

H (Z = 1); Ra (Z = 88); C (Z = 6); P (Z = 15); Si (Z = 14); Co (Z = 27); Ni (Z = 28); Rn (Z = 86).

- hidrogênio-3 em hidrogênio-2.
  - rádio-226 em radônio-222.
  - carbono-13 em carbono-14.
  - fósforo-30 em silício-30.
  - cobalto-60 em níquel-60.
3. (ENEM PPL 2021) As radiações ionizantes são caracterizadas por terem energia suficiente para arrancar elétrons de um átomo. Ao interagirem com os tecidos do corpo humano, dão origem a diversos

efeitos, que podem levar à morte de células. Os principais tipos de radiação ionizante são as radiações gama (originadas em transições nucleares), raios X (originados em transições eletrônicas), alfa (núcleos de hélio), elétrons e nêutrons. O quadro apresenta algumas propriedades para esses diferentes tipos de radiação.

Tipo de radiação	Massa (u.m.a)	Carga
Gama	0	0
Raios X	0	0
Alfa	4	+2
Elétrons	1/2 000	-1
Nêutrons	1	0

Para uma mesma intensidade de radiação, a que tem o menor poder de penetração em tecidos é a radiação

- alfa.
  - gama.
  - raios X.
  - elétrons.
  - nêutrons.
4. (UNESP 2021) Considere as seguintes emissões radioativas:

cobalto-60  $\rightarrow$  níquel-60 + partícula X  
 urânio-238  $\rightarrow$  tório-234 + partícula Y  
 flúor-18  $\rightarrow$  oxigênio-18 + partícula Z

Dados:

Co (Z = 27); Ni (Z = 28); U (Z = 92); Th (Z = 90); F (Z = 9); O (Z = 8).

As partículas X, Y e Z são, respectivamente,

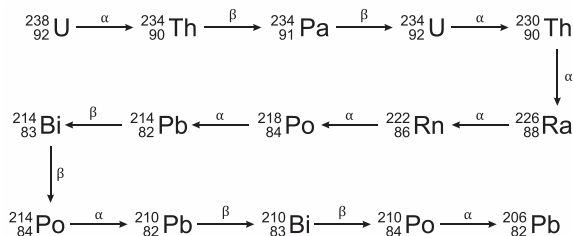
- um elétron, um nêutron e uma partícula  $\alpha$ .
  - um nêutron, um pósitron e uma partícula  $\alpha$ .
  - um elétron, uma partícula  $\alpha$  e um pósitron.
  - um nêutron, um elétron e uma partícula  $\alpha$ .
  - um elétron, uma partícula  $\alpha$  e um nêutron.
5. (UNESP 2020) Parte das areias das praias do litoral sul do Espírito Santo é conhecida pelos depósitos minerais contendo radioisótopos na estrutura cristalina. A inspeção visual, por meio de lupa, de amostras dessas areias revela serem constituídas basicamente de misturas de duas frações: uma, em maior quantidade, com grãos irregulares variando de amarelo escuro a translúcido, que podem ser atribuídos à ocorrência de quartzo, silicatos agregados e monazitas; e outra, com grãos bem mais escuros, facilmente atraídos por um ímã, contendo óxidos de ferro magnéticos associados a minerais não magnéticos.
- As fórmulas químicas das monazitas presentes nessas areias foram estimadas a partir dos teores elementares de terras raras e tório e são compatíveis com a fórmula  $\text{Ce}_{0,494}^{3+} \text{La}_{0,24}^{3+} \text{Nd}_{0,20}^{3+} \text{Th}_{0,05}^{4+} (\text{PO}_4)^{3-}$ .

(Flávia dos Santos Coelho et al. "Óxidos de ferro e monazita de areias de praias do Espírito Santo". *Química Nova*, vol. 28, no 2, março/abril de 2005. Adaptado.)

- a) Qual o nome do processo de separação de misturas utilizado para separar as partes escuras das claras da areia monazítica? Com base na fórmula química apresentada, demonstre que a monazita é eletricamente neutra.
- b) O principal responsável pela radioatividade da areia monazítica é o tório -232, um emissor de partículas alfa. Escreva a equação que representa essa emissão e calcule o número de nêutrons do nuclídeo formado.

Dados: Th ( $Z = 90$ ); Ra ( $Z = 88$ ).

6. (FUVEST 2020) O gás hélio disponível comercialmente pode ser gerado pelo decaimento radioativo, sobretudo do urânio, conforme esquematizado pela série de decaimento. Desde a formação da Terra, há 4,5 bilhões de anos, apenas metade do  $^{238}\text{U}$  decaiu para a formação de He.



Com base nessas informações e em seus conhecimentos, é correto afirmar:

- a) O decaimento de um átomo de  $^{238}\text{U}$  produz, ao final da série de decaimento, apenas um átomo de He.
- b) O decaimento do  $^{238}\text{U}$  para  $^{234}\text{U}$  gera a mesma quantidade de He que o decaimento do  $^{234}\text{U}$  para  $^{230}\text{Th}$ .
- c) Daqui a 4,5 bilhões de anos, a quantidade de He no planeta Terra será o dobro da atual.
- d) O decaimento do  $^{238}\text{U}$  para  $^{234}\text{U}$  gera a mesma quantidade de He que o decaimento do  $^{214}\text{Pb}$  para  $^{214}\text{Po}$ .
- e) A produção de He ocorre pela sequência de decaimento a partir do  $^{206}\text{Pb}$ .

## ESTUDO INDIVIDUALIZADO (E.I.)

1. (FATEC) Apesar de a 1ª pessoa a ganhar dois prêmios Nobel (e em áreas distintas) ter sido uma mulher, até hoje o ODS 5 nos mostra que a Igualdade de Gênero é algo ainda a se alcançar. Em 1903, o casal Marie e Pierre Curie foi laureado com o Prêmio Nobel de Física por suas pesquisas com *Radioatividade* (termo criado por eles) devido à descoberta dos elementos rádio e polônio. Além deles, outro casal, Frédéric e Irène Joliot-Curie (filha do casal Curie), também foi laureado com o Nobel, mas de Química, em 1935.

De uma maneira sintética, podemos definir o fenômeno científico citado no texto como a ação de

- a) núcleos instáveis os quais emitem partículas e radiação eletromagnética.
- b) prótons instáveis os quais emitem subpartículas e radiação eletromagnética.
- c) elétrons instáveis os quais emitem subpartículas e radiação eletromagnética.
- d) pósitrons instáveis os quais emitem partículas e não radiação eletromagnética.
- e) nêutrons instáveis os quais emitem subpartículas e não radiação eletromagnética.

2. (FEAR) Átomos radioativos tendem a apresentar instabilidade, podendo emitir partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e raios gama ( $\gamma$ ). Existem determinados átomos que podem apresentar decaimentos em duas etapas, como é o caso do césio-137, que se transforma em bário-137 da seguinte forma:



Dentre as alternativas a seguir, assinale aquela que, respectivamente, completa corretamente os espaços indicados pelo símbolo de interrogação (?) que representam duas etapas do decaimento do césio-137.

- a)  $^4_2\alpha$ ;  $^{-4}_{-1}\gamma$       b)  $^0_{+1}\beta$ ;  $^0_0\gamma$
- c)  $^0_{-1}\beta$ ;  $^0_0\gamma$       d)  $^0_1\gamma$ ;  $^0_0\beta$

3. (UERJ) O rádio-223 tem aplicação medicinal no tratamento de tumores. Na reação de decaimento desse radioisótopo, são formados um átomo e uma partícula alfa. Nesse decaimento, o átomo formado corresponde ao seguinte elemento químico:

Dados: Ra ( $Z = 88$ ); Ar ( $Z = 18$ ); Kr ( $Z = 36$ ); Xe ( $Z = 54$ ); Rn ( $Z = 86$ ); Og ( $Z = 118$ ).

- a) Rn  
b) Fr  
c) Ac  
d) Th

#### 4. (UFU) Justiça proíbe construção de unidade para armazenar rejeito das usinas de Angra

A Eletronuclear está impedida de executar a transferência de lixo atômico das usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2, em Angra dos Reis (RJ), para um novo depósito dentro do complexo das usinas nucleares. A suspensão da transferência do lixo radioativo foi determinada pela Justiça Federal a pedido do Ministério Público.

Atualmente, o urânio enriquecido de alta radiação fica armazenado em duas piscinas de rejeitos situadas ao lado do reator, uma área considerada mais reforçada da estrutura. No entanto, essas piscinas chegarão ao limite da capacidade em 2021. Elas armazenam o material desde a inauguração das usinas, em 1972 e 2001.

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/2020/10/27/justica-proibe-construcao-de-unidade-paraarmazenar-rejeito-das-usinas-de-angra>. Acesso em: 12 abr. 2021.

As alegações do Ministério Público, na ação movida na Justiça Federal, têm como justificativa os problemas ambientais causados pelo lixo atômico das usinas de Angra, comuns por esse tipo de descarte.

A partir desses problemas, é correto afirmar que

- o urânio presente no lixo sofre fusão nuclear capaz de poluir rios e deixar terrenos totalmente inférteis.
- o contato com o lixo radioativo está diretamente associado à emissão de partículas gama que geram diversos tipos de câncer.
- o lixo gerado pelo urânio ocasiona emissão de radiação por várias décadas e pode tornar o terreno impróprio para cultivo.
- o descarte em mares e em oceanos é o mais seguro, pois são piscinas naturais que impedem o contágio humano.

5. (ENEM) Embora a energia nuclear possa ser utilizada para fins pacíficos, recentes conflitos geopolíticos têm trazido preocupações em várias partes do planeta e estimulado discussões visando o combate ao uso de armas de destruição em massa. Além do potencial destrutivo da bomba atômica, uma grande preocupação associada ao emprego desse artefato bélico é a poeira radioativa deixada após a bomba ser detonada.

Qual é o processo envolvido na detonação dessa bomba?

- Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.
- Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por prótons.
- Desintegração nuclear do plutônio, provocada por elétrons.
- Associação em cadeia de chumbo, provocada por pósitrons.
- Decaimento radioativo do carbono, provocado por partículas beta.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

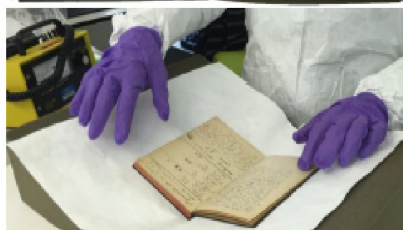
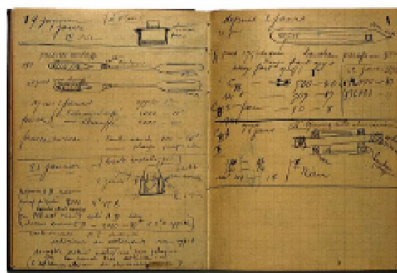
O tecnécio (Tc,  $Z=43$ ) é um elemento químico artificial muito empregado na medicina nuclear, na forma do isótopo  $^{99m}\text{Tc}$ , em exames de imagens. Na cintilografia do miocárdio, esse isótopo é administrado ao paciente, e imagens do coração são obtidas a partir da emissão radioativa desse radioisótopo. Uma das grandes vantagens desse  $^{99m}\text{Tc}$  é sua meia-vida de 6 horas, que permite o paciente voltar ao convívio com outras pessoas pouco tempo após o exame. Esse baixo tempo de meia-vida também faz que o  $^{99m}\text{Tc}$  tenha que ser obtido no ambiente hospitalar. Isso ocorre a partir do isótopo 99 do molibdênio (Mo,  $Z=42$ ), cuja série de decaimentos radioativos está representada no quadro abaixo. No caso da cintilografia, o paciente é liberado quando as emissões são iguais ou inferiores a 12,5% daquelas observadas quando o radiofármaco contendo  $^{99m}\text{Tc}$  foi administrado ao paciente.

Série de decaimentos radioativos a partir do  $^{99}_{42}\text{Mo}$ :  
 $^{99}_{42}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}_{43}\text{Tc} \rightarrow ^{99}_{43}\text{Tc} \rightarrow ^{99}_{44}\text{Ru}$

6. (UPE-SSA 3) Sobre o texto base, analise as afirmações apresentadas e assinale a CORRETA.
- A série de decaimento apresentada envolve uma emissão do tipo alfa e duas emissões do tipo gama.
  - A série de decaimentos do  $^{99}\text{Mo}$  até o  $^{99}\text{Ru}$  envolve uma emissão do tipo beta e duas emissões do tipo alfa.
  - O isótopo  $^{99m}\text{Tc}$  é ideal para a obtenção de imagem, devido à emissão constante de radiação alfa, no decaimento para o  $^{99}\text{Tc}$ .
  - A utilização do  $^{99m}\text{Tc}$  para a obtenção de imagem está relacionada à emissão de radiação gama, que tem maior poder de penetração e causa menos dano ao tecido.
  - Os isótopos  $^{99m}\text{Tc}$  e  $^{99}\text{Tc}$  possuem o mesmo número de prótons e nêutrons no núcleo atômico, apresentando diferença apenas energética, sendo chamados de isômeros nucleares.
7. (UPF) O livro *Radioactive: Marie & Pierre Curie: A tale of love and fallout* (um conto de amor e precipitação), de Lauren Redniss, foi adaptado ao cinema em 2020 no longa *Radioactive*, o qual conta uma biografia da cientista Marie Curie, a primeira mulher a ganhar o Prêmio Nobel; dois, na verdade, um de física (1903) e outro de química (1911). Sua trajetória está mesclada por sua luta por reconhecimento e muitas contribuições científicas, em especial, a radioatividade (1886) e a descoberta de importantes elementos químicos: o polônio e o rádio. Marie Curie é uma das mais icônicas participações das mulheres na ciência. Os níveis de radiação a que ela foi exposta eram tão poderosos que seus cadernos devem ser mantidos em caixas revestidas de chumbo e só podem ser manipulados com roupas de segurança especiais para radiação.



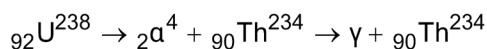
Na foto da esquerda, Marie Curie está com suas filhas Irène e Eve.



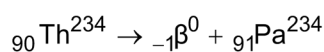
(Fonte: Wellcome Library, London. Wellcome Images images@wellcome.ac.uk <http://wellcomeimages.org>. Copyrighted work available under Creative Commons Attribution only licence CC BY 4.0. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. Acesso em 08 de maio de 2021.)

Na tabela periódica atual, temos a indicação de elementos com até, no máximo, 118 prótons (número atômico) nos núcleos. São considerados radioativos todos aqueles que apresentam número atômico igual ou superior a 84. Vale ressaltar que todos os átomos de elementos que apresentam número atômico superior a 92 (transurânicos) são artificiais, sintetizados pelo homem em laboratório. Observe as reações radioativas a seguir e analise as afirmativas.

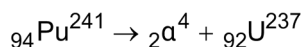
#### Equação 1)



#### Equação 2)



#### Equação 3)



- I. Na equação 1, o átomo de urânio 238, ao emitir uma partícula alfa ( $\alpha$ ), se transforma em um átomo de tório.
- II. Na emissão de uma radiação gama ( $\gamma$ ), o átomo radioativo não modifica sua composição da massa.
- III. Na equação 2, o tório, ao emitir uma partícula beta ( $\beta =$  um próton), se transforma em um átomo de Praseodímio.
- IV. Na equação 3, o átomo radioativo de plutônio emite duas partículas alfa ( $\alpha$ ) e se transforma no átomo de urânio 237, não radioativo.
- V. Para que um átomo de polônio 210 se transforme em um átomo de chumbo 206, ele deve emitir uma partícula alfa ( $\alpha$ ) e uma partícula beta ( $\beta$ ).

Dados:

Pr (Praseodímio); Pa (Protactínio); Po ( $Z = 84$ ); Pb ( $Z = 82$ ).

É incorreto apenas o que se afirma em:

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

8. **(Espcex (Aman))** Ao emitir uma partícula Alfa ( $\alpha$ ), o isótopo radioativo de um elemento transforma-se em outro elemento químico com número atômico e número de massa menores. A emissão de uma partícula beta ( $\beta$ ) por um isótopo radioativo de um elemento transforma-o em outro elemento de mesmo número de massa e número atômico uma unidade maior.

Baseado nessas informações são feitas as seguintes afirmativas:

- I. Na desintegração  ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \text{partícula} + {}^{234}_{92}\text{U}$  ocorre com a emissão de uma partícula  $\beta$ .
- II. Na desintegração  ${}^{234}_{91}\text{Pa} \rightarrow \text{partícula} + {}^{234}_{92}\text{U}$  ocorre com a emissão de uma partícula  $\beta$ .
- III. A partícula alfa ( $\alpha$ ) é composta por 2 prótons e 4 nêutrons.
- IV. Uma partícula beta ( $\beta$ ) tem carga negativa e massa comparável a do próton.
- V. O urânio-238 ( ${}^{238}_{92}\text{U}$ ), pode naturalmente sofrer um decaimento radioativo emitindo sequencialmente 3 partículas alfa e 2 beta, convertendo-se em rádio ( ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ).

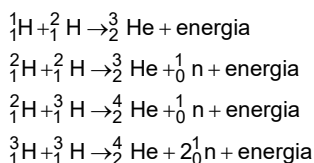
Das afirmativas feitas, estão corretas apenas

- a) I, II e IV.
  - b) I e V.
  - c) II e III.
  - d) II e V.
  - e) III, IV e V.
9. **(IME)** A respeito das reações abaixo:

- I.  ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{á} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$
- II.  ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{142}_{56}\text{Ba} + {}^x_y\text{Kr} + 3{}^1_0\text{n}$
- III.  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

Assinale a alternativa **INCORRETA**.

- a) A reação I é uma reação de transmutação artificial.
  - b) A reação II é uma reação de fissão nuclear.
  - c) A reação III é uma reação de fusão nuclear.
  - d) O número de nêutrons do criptônio da reação II é 55.
  - e) A massa atômica do criptônio da reação II é 93.
10. **(UNESP)** A energia emitida pelo Sol é o resultado de diferentes fusões nucleares que ocorrem nesse astro. Algumas reações nucleares que ocorrem no Sol são:



Estima-se que, a cada segundo, 657 milhões de toneladas de hidrogênio estejam produzindo 653 milhões de toneladas de hélio. Supõe-se que a diferença, 4 milhões de toneladas, equivalha à energia liberada e enviada para o espaço.

(Angélica Ambrogi *et al.* *Unidades modulares de química*, 1987. Adaptado.)

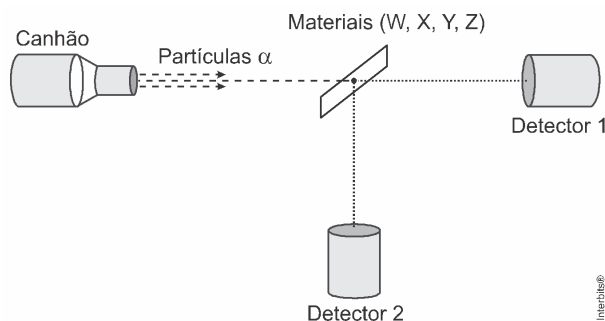
Sobre a situação apresentada no texto foram feitas três afirmações:

- I. A quantidade de energia enviada para o espaço a cada segundo, equivalente a aproximadamente 4 milhões de toneladas de hidrogênio, pode ser estimada pela equação de Einstein,  $E = mc^2$ .
- II. Todas as reações de fusão nuclear representadas são endotérmicas.
- III. No conjunto das equações apresentadas, nota-se a presença de 3 isótopos do hidrogênio e 2 do hélio.

É correto o que se afirma somente em

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

11. **(ITA)** Considere a seguinte configuração experimental, constituída de um canhão de partículas  $\alpha$ , dois detectores de partículas  $\alpha$  posicionados ortogonalmente entre si e uma folha fina de um determinado material (W, X, Y, Z).



Experimentos foram realizados, bombardeando cada material com uma quantidade de partículas  $\alpha$  e registrando o número de partículas coletadas em cada detector, conforme a tabela abaixo.

Experimento	Partículas lançadas	Material	Partículas Coletadas	
			Detector 1	Detector 2
I	8000	W	7903	1
II	10	X	10	0
III	10	Y	10	0
IV	10	Z	10	0

A partir dessas informações, assinale a alternativa que apresenta a conclusão **CORRETA** sobre as observações feitas nos experimentos.

- a) Com a espessura de uma folha fina, somente o material W é capaz de defletir partículas  $\alpha$ .
- b) Conclusões não podem ser tiradas sobre os experimentos II, III e IV, pois o experimento I mostrou que a taxa de partículas defletidas é muito baixa para um dos materiais.
- c) A medição obtida no experimento I contém algum erro, visto que o número resultante da soma de partículas registrado nos detectores 1 e 2 não é igual ao de partículas lançadas pelo canhão.
- d) Os experimentos confirmam que os materiais X, Y e Z são transparentes às partículas  $\alpha$ .
- e) Se todos os materiais fossem bombardeados por um mesmo número de partículas  $\alpha$ , eles apresentariam exatamente o mesmo número de partículas nos detectores 1 e 2, contanto que todos tivessem a mesma espessura.

**12. (ESPCEX (AMAN))** Segundo as leis da radioatividade, um átomo de um elemento químico radioativo pode emitir várias partículas, como a alfa ( $\alpha$ ) e a beta ( $\beta$ ), além de radiações de ondas eletromagnéticas, como a gama ( $\gamma$ ). Considere as seguintes afirmativas acerca dessas emissões radioativas e de suas implicações:

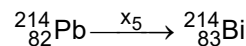
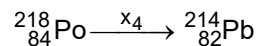
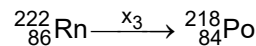
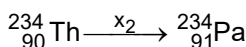
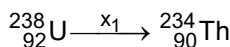
- I. A perda de uma partícula beta ( $\beta$ ) por um átomo de um elemento radioativo ocasiona a formação de um átomo de número atômico maior.
- II. A emissão de radiação gama ( $\gamma$ ), a partir do núcleo de um átomo radioativo, não altera o número atômico e o número de massa deste átomo.
- III. A emissão consecutiva de três partículas alfa ( $\alpha$ ) e duas beta ( $\beta$ ), na desintegração do isótopo radioativo  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ , gera o átomo do elemento químico  ${}^{214}_{83}\text{Bi}$ .
- IV. O decaimento radioativo do átomo do elemento Roentgênio-272 ( ${}^{272}_{111}\text{Rg}$ ), representado pelo esquema  ${}^{272}_{111}\text{Rg} \rightarrow {}^{268}_{109}\text{Mt} \rightarrow {}^{264}_{107}\text{Bh} \rightarrow {}^{260}_{105}\text{Db} \rightarrow {}^{256}_{103}\text{Lr}$ , denota a emissão exclusiva de radiação gama ( $\gamma$ ).

Das afirmativas feitas, estão corretas apenas

Dado: Po ( $Z = 84$ ).

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

**13. (IME)** Considere a representação simplificada dos seguintes decaimentos radioativos conhecidos:



Com relação aos decaimentos acima, é possível afirmar que:

- a) o tório emite radiação alfa.
- b) o radônio emite radiação alfa.
- c) o urânio emite somente radiação gama.
- d) o chumbo emite somente radiação gama.
- e) somente o polônio emite radiação beta.

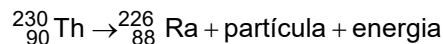
**14. (Fmp-adaptada)** O berquélio é um elemento químico cujo isótopo do  ${}^{247}\text{Bk}$  de maior longa vida tem meia-vida de 1.379 anos. O decaimento radioativo desse isótopo envolve emissões de partículas  $\alpha$  e  $\beta$  sucessivamente até chegar ao chumbo, isótopo estável  ${}^{207}\text{Pb}$ .

O número de partículas emitidas é,

Dados: Pb ( $Z = 82$ ); Bk ( $Z = 97$ ).

- a) 10  $\alpha$ , 4  $\beta$
- b) 10  $\alpha$ , 5  $\beta$
- c) 4  $\alpha$ , 8  $\beta$
- d) 5  $\alpha$ , 10  $\beta$
- e) 5  $\alpha$ , 6  $\beta$

**15. (ENEM PPL)** O elemento radioativo tório (Th) pode substituir os combustíveis fósseis e baterias. Pequenas quantidades desse elemento seriam suficientes para gerar grande quantidade de energia. A partícula liberada em seu decaimento poderia ser bloqueada utilizando-se uma caixa de aço inoxidável. A equação nuclear para o decaimento do  ${}^{230}_{90}\text{Th}$  é:



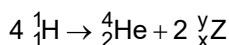
Considerando a equação de decaimento nuclear, a partícula que fica bloqueada na caixa de aço inoxidável é o(a)

- a) alfa.
- b) beta.
- c) próton.
- d) nêutron.
- e) pósitron.

**16. (FMJ)** Dizemos que uma estrela está “viva” quando ocorrem reações de fusão termonucleares no seu núcleo. Em estrelas como o Sol, as reações mais importantes são as que produzem, como resultado líquido, a transformação de quatro núcleos de hidrogênio (quatro prótons) em um núcleo de hélio (partícula alfa).



A equação que representa a produção do núcleo de hélio pode ser dada por:



A fusão nuclear também pode ser realizada a partir da colisão entre núcleos de deutério ( ${}^2_1\text{H}$ ) e trítio ( ${}^3_1\text{H}$ ), que também formam hélio-4, emitindo uma partícula nuclear.

- Determine os valores de x e y, correspondentes aos números atômico e de massa da partícula Z.
- Equacione a reação de fusão nuclear entre os isótopos deutério e trítio. Identifique a partícula nuclear formada nessa reação, além do hélio-4.

**17. (Famerp)** O elemento artificial cúrio (Cm) foi sintetizado pela primeira vez em 1944 por Glenn T. Seaborg e colaboradores, na Universidade de Berkeley, Califórnia, EUA. Tal síntese ocorreu em um acelerador de partículas (ciclotron) pelo bombardeamento do nuclídeo  ${}^{239}\text{Pu}$  com partículas alfa, produzindo o nuclídeo  ${}^{242}\text{Cm}$  e um nêutron. O cúrio - 242 é um emissor de partículas alfa.

- Dê o número de prótons e o número de nêutrons dos nuclídeos do plutônio e do cúrio citados no texto.
- Escreva as equações nucleares que representam a obtenção do cúrio - 242 e a emissão de partículas alfa por esse isótopo.

Dados:

94 Pu (244)	96 Cm (247)	Z Símbolo A	(classificação periódica).
-------------------	-------------------	-------------------	----------------------------

**18. (Ebmsp)** Movimentos como “Outubro Rosa” estimulam a associação entre empresas e profissionais de saúde com o objetivo de alertar a população sobre a prevenção e o tratamento do câncer de mama, causa mais frequente de morte por câncer em mulheres. Um dos tratamentos do câncer utiliza radioisótopos que emitem radiações de alta energia, como a gama,  ${}^0_0\gamma$ , eficientes na destruição de células cancerosas que são mais susceptíveis à radiação, por se reproduzirem rapidamente. Entretanto é impossível evitar danos às células saudáveis durante a terapia, o que ocasiona efeitos colaterais como fadiga, náusea, perda de cabelos, entre outros. A fonte de radiação é projetada para o uso das radiações gama, já que as radiações alfa,  ${}^4_2\alpha$ , e beta,  ${}^0_{-1}\beta$ , são menos penetrantes nos tecidos e nas células. Um dos radionuclídeos usados na radioterapia é o cobalto,  ${}^{60}_{27}\text{Co}$ .

Com base nas informações e nos conhecimentos sobre radioatividade,

- apresente um argumento que justifique o maior poder penetrante das radiações gama em relação às radiações alfa e beta.
- represente, por meio de uma equação nuclear, o decaimento radioativo do cobalto 60 com a emissão de uma partícula beta, indicando o símbolo, o número atômico e o número de massa do elemento químico obtido após emissão da partícula.

**19. (USF)** O tecnécio ( ${}_{43}\text{Tc}^{98}$ ) é um elemento artificial de alto índice de radioatividade. Suas principais aplicações estão voltadas principalmente para a produção de ligas metálicas e, em medicina nuclear, para a fabricação de radiofármacos. Com relação à distribuição eletrônica desse elemento e suas emissões radioativas, responda ao que se pede.

- Qual a sua distribuição eletrônica por subníveis de energia?
- Qual a fórmula dos compostos iônicos formados entre o tecnécio catiônico (+2) com:

- oxigênio (Z = 8)?
- cloro (Z = 17)?

- Qual o valor do número de massa e do número atômico do átomo formado quando o tecnécio sofre três decaimentos alfa e um decaimento beta?

**20. (Unifesp-adaptada)** O irídio é um metal muito denso, que possui diversas aplicações, como em contatos elétricos, em agulhas de injeção e em próteses odontológicas.

Esse elemento apresenta dois isótopos naturais, Ir-191 e Ir-193, cujas abundâncias na natureza são, respectivamente, 37,3% e 62,7%. O irídio também apresenta diversos radioisótopos artificiais, sendo um deles o Ir-192, emissor de partículas  $\beta^-$  e radiação gama, que é empregado no tratamento de pacientes com câncer.

- Calcule o número de nêutrons do isótopo natural mais abundante do irídio. Assim como os demais metais, o irídio é bom condutor de eletricidade devido a uma característica da estrutura metálica. Qual é essa característica?
- Escreva a equação que representa o decaimento do irídio-192.

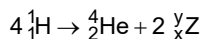
Dados: Ir (Z = 77); Pt (Z = 78).

# GABARITO

1. A      2. C      3. A      4. C      5. A  
 6. E      7. E      8. D      9. E      10. E  
 11. B     12. A     13. B     14. B     15. A

16.

a) A partir da equação  $4\text{}^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2\text{}^y_x\text{Z}$ , vem:



$$4 \times 1 = 4 + 2y$$

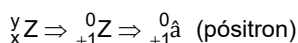
$$y = \frac{4-4}{2} = 0$$

$$y = 0$$

$$4 \times 1 = 2 + 2x$$

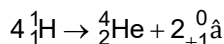
$$x = \frac{4-2}{2} = 1$$

$$x = 1$$

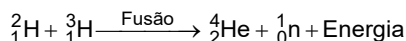


Número atômico de Z é igual a 1.

Número de massa de Z é igual a 0.



b) De acordo com o texto, a fusão nuclear pode ser realizada a partir da colisão entre núcleos de deutério ( $\text{}^2_1\text{H}$ ) e trítio ( $\text{}^3_1\text{H}$ ), formando hélio-4 e emitindo uma partícula nuclear. Então:

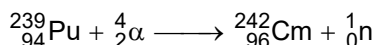


17.

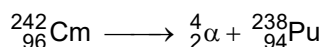
a) Número de prótons do plutônio ( ${}_{94}\text{Pu}$ ) = 94.  
 Número de nêutrons do plutônio ( ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ ) = 239 - 94 = 145.

Número de prótons do cúrio ( ${}_{96}\text{Cm}$ ) = 96.  
 Número de nêutrons do cúrio ( ${}^{242}_{96}\text{Cm}$ ) = 242 - 96 = 146.

b) Equação nuclear de obtenção do cúrio-242:



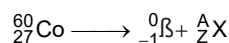
Equação da emissão de partículas alfa pelo cúrio-242:



18.

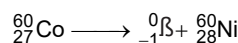
a) A radiação gama não é formada por partículas, ou seja, é formada por ondas eletromagnéticas. Já a radiação alfa é formada por núcleos de átomos de hélio e a beta por elétrons de elevada energia, fatos que conferem a estes tipos de radiação menor poder de penetração.

b) Decaimento radioativo do cobalto 60 com a emissão de uma partícula beta:



$$60 = 0 + A \Rightarrow A = 60$$

$$27 = -1 + Z \Rightarrow Z = 28$$



19.

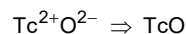
a) Distribuição eletrônica por subníveis de energia:

${}_{43}\text{Tc}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^5$  (ordem crescente de energia)

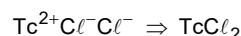
${}_{43}\text{Tc}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4d^5 4p^6 5s^2$

b) Fórmulas dos compostos catiônicos com  $\text{Tc}^{2+}$ :

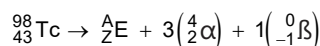
O (Z = 8): forma  $\text{O}^{2-}$ .



Cl (Z = 17): forma  $\text{Cl}^-$ .



c) Tecnécio ( ${}^{98}_{43}\text{Tc}$ ) sofrendo três decaimentos alfa e um decaimento beta:



$$98 = A + 3 \times 4 + 1 \times 0$$

$$A = 86 \text{ (número de massa)}$$

$$43 = Z + 3 \times 2 + 1 \times (-1)$$

$$Z = 38 \text{ (número atômico)}$$

20.

a) Cálculo do número de nêutrons do isótopo natural mais abundante do irídio (Ir-193):



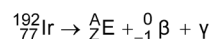
$$A = Z + N$$

$$193 = 77 + N$$

$$N = 193 - 77 = 116 \text{ (116 nêutrons)}$$

Característica: o Irídio é um bom condutor de eletricidade, pois apresenta elétrons livres em sua estrutura metálica.

b) Equação que representa o decaimento do irídio-192 (emissor de partículas  $\beta^-$  e radiação gama):  $\text{}^{192}_{77}\text{Ir} \rightarrow \text{}^{192}_{78}\text{Pt} + \text{}^0_{-1}\beta + \gamma$ .



$$192 = A + 0 \Rightarrow A = 192$$

$$77 = Z - 1 \Rightarrow Z = 77 + 1 = 78$$

