

Competência(s):
6 e 7

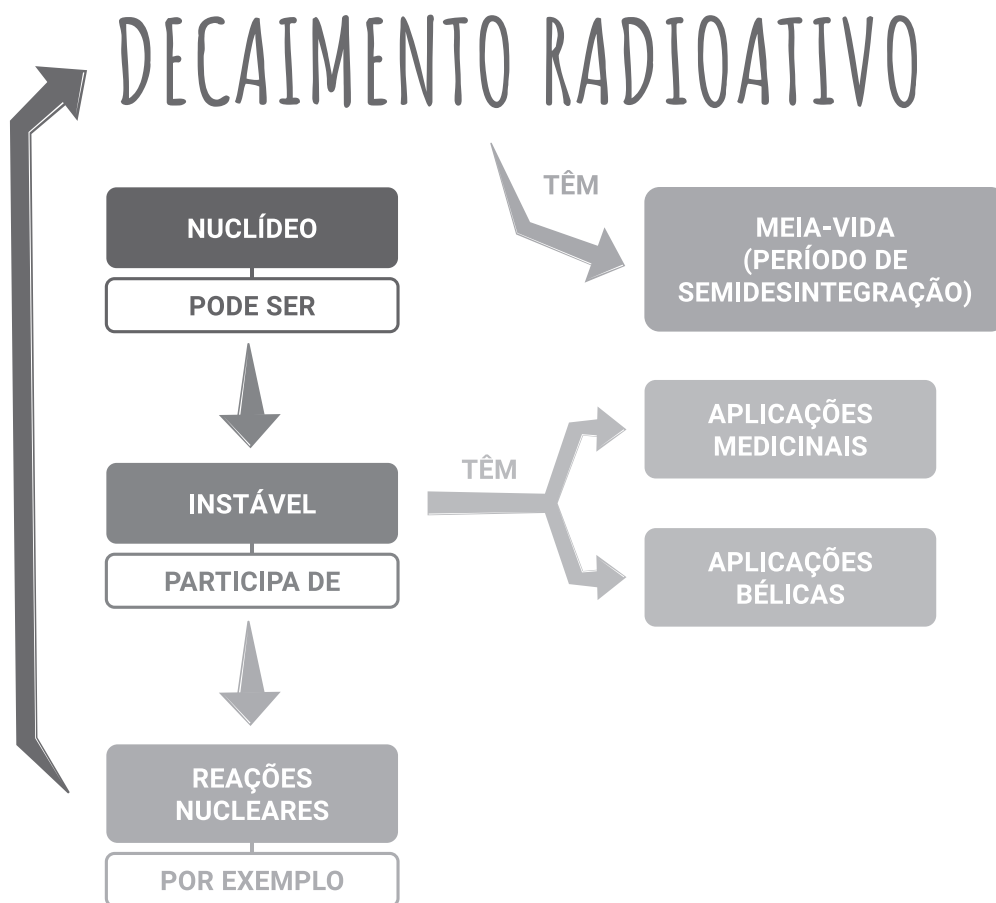
Habilidade(s):
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27

AULAS 11 E 12

VOCÊ DEVE SABER!

- Cinética dos Decaimentos Radioativos
- Meia-vida ou período de semidesintegração

MAPEANDO O SABER

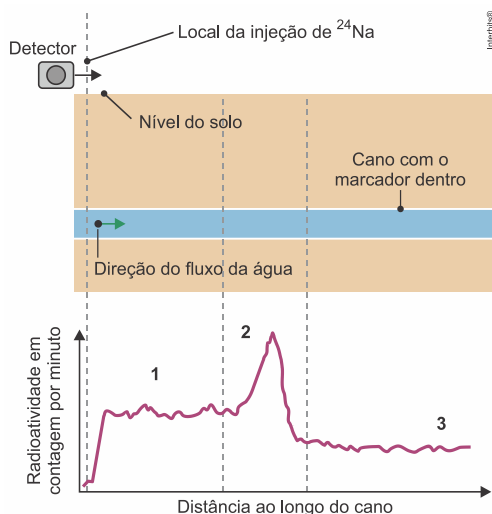


ANOTAÇÕES



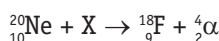
EXERCÍCIOS DE SALA

1. (FUVEST 2022) Um marcador radioativo (^{24}Na) foi injetado em um ponto de um cano de água subterrâneo e, na sequência, com um detector sobre o solo, foi medida a radioatividade ao longo do percurso do cano. A figura a seguir esquematiza o local de injeção do marcador e o perfil da radioatividade detectada ao longo do cano.



Assinale a alternativa que melhor explica o perfil da radioatividade. Note e adote: Tempo de meia-vida do $^{24}\text{Na} = 15$ horas.

- a) No trecho 2 o cano está completamente entupido, por isso a radioatividade diminui no trecho 3.
 b) No trecho 2 há uma fissura no cano, o que resulta em acúmulo de marcador nesse trecho do solo.
 c) O marcador radioativo flui no sentido contrário ao fluxo da água, acumulando-se no meio do cano.
 d) No trecho 3 a radioatividade é menor porque foi consumida por reações químicas ao longo do trecho 2.
 e) No trecho 2 a radioatividade diminui devido ao fato de a meia-vida do marcador ser curta.
2. (FAMERP 2022) O flúor-18 (^{18}F) é um radioisótopo utilizado em diagnósticos de câncer, com meia-vida igual a 110 minutos, produzido a partir da reação entre núcleos de neônio (^{20}Ne) e o isótopo X, conforme a equação a seguir:



O isótopo X e a porcentagem de ^{18}F que resta após 5,5 horas de sua produção são, respectivamente,

- a) deutério e 6,25%.
 b) trítio e 6,25%.
 c) trítio e 12,5%.
 d) deutério e 12,5%.

e) prótio e 12,5%.

3. (ENEM 2021) Os pesticidas organoclorados foram amplamente empregados na agricultura, contudo, em razão das suas elevadas toxicidades e persistências no meio ambiente, eles foram banidos. Considere a aplicação de 500 g de um pesticida organoclorado em uma cultura e que, em certas condições, o tempo de meia-vida do pesticida no solo seja de 5 anos. A massa do pesticida no decorrer de 35 anos será mais próxima de

- a) 3,9 g.
 b) 31,2 g.
 c) 62,5 g.
 d) 125,0 g.
 e) 250,0 g.

4. (UPF 2021) Em 05 de abril de 2020, a Ucrânia anunciou um aumento da radioatividade devido ao incêndio florestal que atingia a zona de exclusão localizada num raio de 30 km da central nuclear de Chernobyl, onde ocorreu, em 1986, o maior acidente radioativo da História. “Há radioatividade superior à normal no coração do incêndio”, indicou Egor Firsov, que lidera o serviço de inspeção ambiental. Ele acompanhou sua mensagem com um vídeo que apresenta um contador Geiger exibindo um nível de radioatividade 16 vezes mais alto do que o normal. As chamas se propagaram por mais de 100 hectares no setor florestal situado em torno da central nuclear, a cerca de 100 quilômetros da capital, Kiev.

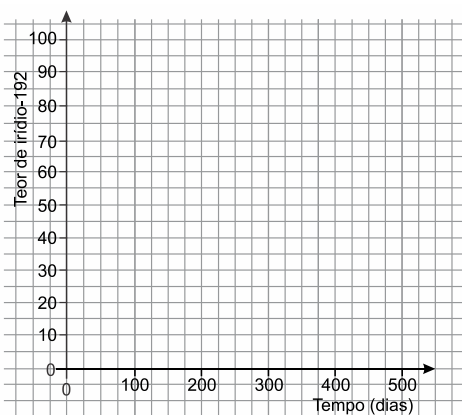
Fontes: <https://exame.abril.com.br/mundo/incendio-florestal-perto-de-chernobyl-provoca-aumento-da-radiatividade/> e IUPAC, Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the “Gold Book”). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1351/goldbook>.

A radioatividade de uma substância elementar pode ser medida através de sua meia-vida. Se uma amostra de 16 g de Cs-137 , após 90 anos, se reduz a 2 g desse radioisótopo, qual o período de meia-vida atribuído ao Cs-137 ?

- a) 15 anos
 b) 8 anos
 c) 30 anos
 d) 11,25 anos
 e) 60 anos
5. (UNIFESP 2021) 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 β^- e radiação gama, que é empregado no tratamento de pacientes com câncer. A meia-vida desse radioisótopo é de 74 dias, aproximadamente.

- a) 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?
- b) Escreva a equação que representa o decaimento do irídio-192. Construa, utilizando os eixos gráficos disponíveis a seguir, a curva que representa o decaimento radioativo do Ir-192.



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

6. **(CESGRANRIO - FAC. DE MEDICINA DE PETRÓPOLIS 2022 - ADAPTADA)** O câncer é uma doença que se apresenta de diferentes tipos, em localizações e aspectos múltiplos, precisando ser estudados para que o tratamento seja adequado. O tratamento do câncer pode ser feito através de cirurgia, quimioterapia, radioterapia ou transplante de medula óssea. Os elementos radioativos utilizados em radioterapia apresentam características específicas, como radiação (especificamente radiação gama, γ) e tempo de meia-vida curto. As células cancerígenas são mais 'sensíveis' à radiação que as células normais e, quando expostas pelo tempo e intensidade certa à radiação, podem ser destruídas. Aplicados ao tratamento, os elementos químicos radioativos mais utilizados são o iodo (iodo-131), o céσιο (céσιο-137) e o cobalto (cobalto-60).
- a) O iodo-131 é um dos quimioterápicos usados no tratamento de um tipo de câncer. Sendo emissor de partículas β (beta), sua atividade ionizante é capaz de induzir a morte celular. Escreva a reação de transmutação natural do $^{131}_{53}\text{I}$ ao emitir uma partícula β (beta), identificando o número atômico e o número de massa do novo elemento formado.
- b) No ano de 2006, um determinado centro médico acondicionou cuidadosamente 400 g do radioisótopo do ^{60}Co . No ano de 2021, verificou-se que ainda permaneciam radioativos 50 g desse radioisótopo. Com base nessas informações, qual a meia-vida apresentada pelo ^{60}Co ?

ESTUDO INDIVIDUALIZADO (E.I.)

1. **(UECE)** O período de semidesintegração de um elemento radioativo usado em tratamento radioterápico é de 140 dias. Após 560 dias, 80 g de elemento serão reduzidos para
- a) 5,0 g.
b) 4,0 g.
c) 8,0 g.
d) 6,0 g.
2. **(Espcex (Aman))** "À medida que ocorre a emissão de partículas do núcleo de um elemento radioativo, ele está se desintegrando. A velocidade de desintegrações por unidade de tempo é denominada velocidade de desintegração radioativa, que é proporcional ao número de núcleos radioativos. O tempo decorrido para que o número de núcleos radioativos se reduza à metade é denominado meia-vida."

USBERCO, João e SALVADOR, Edgard. *Química*. 12ª ed. Reform - São Paulo: Editora Saraiva, 2009. (Volume 2: Físico-Química).

Utilizado em exames de tomografia, o radioisótopo flúor-18 (^{18}F) possui meia-vida de uma hora e trinta minutos (1h 30min). Considerando-se uma massa inicial de 20 g desse radioisótopo, o tempo decorrido para que essa massa de radioisótopo flúor-18 fique reduzida a 1,25 g é de

Dados: $\log 16 = 1,20$; $\log 2 = 0,30$

- a) 21 horas.
b) 16 horas.
c) 9 horas.
d) 6 horas.
e) 1 hora.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

O tecnécio (Tc, $Z=43$) é um elemento químico artificial muito empregado na medicina nuclear, na forma do isótopo $^{99\text{m}}\text{Tc}$, 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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ foi administrado ao paciente.

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

3. **(UPE-SSA 3)** Assinale a alternativa que apresenta o tempo mínimo que o paciente deve ficar afastado do convívio com outras pessoas desde o momento que o radiofármaco de ^{99m}Tc foi administrado em um exame de cintilografia do miocárdio.

a) 3 horas
b) 6 horas
c) 9 horas
d) 12 horas
e) 18 horas

4. **(UNICHRISTUS - MEDICINA)** DATAÇÃO PELO CARBONO-14

Em 1992, um arqueólogo retirou um fragmento de uma amostra de madeira petrificada e verificou que a missão de partículas beta (${}_{-1}^0\beta^-$) pelo carbono-14 radioativo nesse material era $\frac{1}{3}$ (um terço) da que obteve em uma amostra de madeira nova. Sabendo-se que a meia-vida do carbono-14 é igual a 5730 anos, pode-se inferir que essa madeira foi petrificada em

Dados: $\log 2 = 0,3$; $\log 3 = 0,5$.

a) 8420 a.C.
b) 9550 a.C.
c) 5730 a.C.
d) 6672 a.C.
e) 7558 a.C.

5. **(FGV)** Em outubro de 2017 diversos países europeus reportaram detecções da presença anormal do radioisótopo rutênio-106 (^{106}Ru) no ar atmosférico. Esse fato foi atribuído a um acidente nuclear que ocorreu na Rússia. A radioatividade referente a esse radioisótopo, medida na atmosfera, foi de 100 mBq/m^3 . O radioisótopo rutênio-106 decai com emissão de partículas β^- com tempo de meia-vida igual a 1 ano.

(Olivier Masson et al. *Proceedings of National Academy of Sciences*, junho de 2019. Adaptado.)

O produto do decaimento do radioisótopo rutênio-106 e o tempo que levará, desde o monitoramento em 2017, para que a sua atividade radioativa no ar da Europa seja igual a $6,25 \text{ mBq/m}^3$ são, respectivamente,

Dados: Tc – Tecnécio ($Z = 43$); Ru – Rutênio ($Z = 44$); Rh – Ródio ($Z = 45$).

a) ródio-106 e 4 anos.
b) ródio-106 e 6 anos.
c) tecnécio-106 e 4 anos.
d) tecnécio-106 e 6 anos.
e) rutênio-107 e 6 anos.

6. **(UEG)** No dia 13 setembro de 2017, fez 30 anos do acidente radiológico Césio-137, em Goiânia – GO. Sabe-se que a meia-vida desse isótopo radioativo é de aproximadamente 30 anos. Então, em 2077,

a massa que restará, em relação à massa inicial da época do acidente, será

a) $\frac{1}{2}$
b) $\frac{1}{4}$
c) $\frac{1}{8}$
d) $\frac{1}{16}$
e) $\frac{1}{24}$

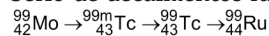
7. **(ITA)** O tempo de meia vida do ^{231}Pa é $3,25 \times 10^4$ anos. Assinale a alternativa que apresenta a massa restante (em dg) de uma amostra inicial de 376,15 dg, após $3,25 \times 10^5$ anos.

a) 0,19
b) 0,37
c) 1,88
d) 3,76
e) 7,52

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}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}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}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}Tc foi administrado ao paciente.

Série de decaimentos radioativos a partir do $^{99}_{42}\text{Mo}$:

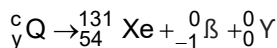


8. **(UPE-SSA 3)** Assinale a alternativa que apresenta o tempo mínimo que o paciente deve ficar afastado do convívio com outras pessoas desde o momento que o radiofármaco de ^{99m}Tc foi administrado em um exame de cintilografia do miocárdio.

a) 3 horas
b) 6 horas
c) 9 horas
d) 12 horas
e) 18 horas

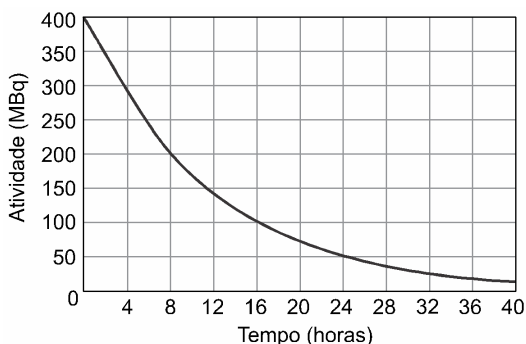
9. **(INSPER)** Algumas categorias de câncer de tireoide podem ser tratadas por meio de um tipo de radioterapia em que o radioisótopo é disponibilizado no interior do organismo do paciente. Dessa forma, a radiação é emitida diretamente no órgão a ser

tratado e os efeitos colaterais são diminuídos. O radioisótopo usado nesse tipo de radioterapia decai de acordo com a equação.



O radioisótopo ${}^c_y\text{Q}$ é inserido em cápsulas. Para realizar a radioterapia, o paciente é isolado em instalação hospitalar adequada onde ingere uma dessas cápsulas e permanece internado até que a atividade do radioisótopo atinja valores considerados seguros, o que ocorre após o tempo mínimo correspondente a 3 meias-vidas do radioisótopo.

A figura apresenta a curva de decaimento radioativo para ${}^c_y\text{Q}$.



(<http://www.scielo.br/pdf/abem/v51n7/a02v51n7.pdf>. Adaptado)

O radioisótopo ${}^c_y\text{Q}$ e o tempo mínimo que o paciente deve permanecer internado e isolado quando é submetido a esse tipo de radioterapia são, respectivamente,

- ${}^{131}_{53}\text{I}$ e 12 horas.
- ${}^{131}_{53}\text{I}$ e 72 horas.
- ${}^{131}_{53}\text{I}$ e 24 horas.
- ${}^{131}_{55}\text{Cs}$ e 24 horas.
- ${}^{131}_{55}\text{Cs}$ e 12 horas.

10. (ENEM PPL) O terremoto e o *tsunami* ocorridos no Japão em 11 de março de 2011 romperam as paredes de isolamento de alguns reatores da usina nuclear de Fukushima, o que ocasionou a liberação de substâncias radioativas. Entre elas está o iodo-131, cuja presença na natureza está limitada por sua meia-vida de oito dias.

O tempo estimado para que esse material se desintegre até atingir $\frac{1}{16}$ da sua massa inicial é de

- 8 dias.
- 16 dias.
- 24 dias.
- 32 dias.
- 128 dias.

11. (PUCSP) Dados:

Radioisótopo	Meia-vida (anos)	Partícula emitida
Polônio-208	3	α
Rádio-224	6	β

São conhecidos alguns radioisótopos dos elementos polônio e rádio.

Em um experimento, duas amostras de massas diferentes, uma de polônio-208 e outra de rádio-224, foram mantidas em uma caixa de chumbo por 18 anos.

Ao final desse período, verificou-se que a massa de cada um desses radioisótopos presente no recipiente era igual a 0,025 mg.

Sobre esse experimento foram feitas algumas observações:

- A desintegração β do ${}^{224}\text{Ra}$ resulta no isótopo ${}^{224}\text{Pa}$.
- A desintegração α do ${}^{208}\text{Po}$ resulta no isótopo ${}^{204}\text{Pb}$.
- A massa inicial de ${}^{224}\text{Ra}$ na caixa de chumbo era de 0,200 mg.
- A massa inicial de ${}^{208}\text{Po}$ na caixa de chumbo era de 0,150 mg.

Dados: Ra (Z = 88); Po (Z = 84); Ac (Z = 89); Pb (Z = 82).

Estão corretas apenas as afirmações:

- I e II.
- I e III.
- II e III.
- II e IV.

12. (UEL) Marie Curie (1867 - Polônia) foi uma cientista que dedicou a vida aos estudos da radioatividade. Ela descobriu os elementos ${}^{210}\text{Po}$ e ${}^{226}\text{Ra}$, foi a primeira mulher a ganhar um prêmio Nobel e a primeira pessoa a conquistá-lo duas vezes, além de ser a primeira mulher a atuar como professora na Universidade de Paris. Suponha uma quantidade de 128 gramas de ${}^{210}\text{Po}$, que tem uma meia vida de 138 dias, decaindo em ${}^{206}\text{Pb}$ pela emissão de uma partícula alfa.

Com base no enunciado e nos conhecimentos sobre radioatividade, considere as afirmativas a seguir.

- Para que se tenha 32 gramas de ${}^{210}\text{Po}$, são necessários 276 dias.
- A partícula alfa é composta por dois prótons e dois nêutrons.
- Para que se tenha 96 gramas de ${}^{206}\text{Pb}$, são necessários 276 dias.
- Para que se tenha apenas um grama de ${}^{210}\text{Po}$, são necessários 3.328 dias.

Dados: Pb (Z = 82); Po (Z = 84).

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.
13. (ITA) O tempo de meia vida do ^{231}Pa é $3,25 \times 10^4$ anos. Assinale a alternativa que apresenta a massa restante (em dg) de uma amostra inicial de 376,15 dg, após $3,25 \times 10^5$ anos.

- a) 0,19 b) 0,37 c) 1,88
d) 3,76 e) 7,52

14. (UFPR) Recentemente, foi divulgada a descoberta de um fóssil de um lobo gigante, pertencente ao período Pleistoceno. A idade do fóssil foi determinada por meio de datação por carbono-14. A quantidade desse isótopo presente no animal vivo corresponde à sua abundância natural. Após a morte, a quantidade desse isótopo decresce em função da sua taxa de decaimento, cujo tempo de meia-vida é de 5.730 anos. A idade do fóssil foi determinada em 32.000 anos. A fração da quantidade de matéria de carbono-14 presente nesse fóssil em relação à sua abundância natural está entre:

- a) $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{2}$.
b) $\frac{1}{8}$ e $\frac{1}{4}$.
c) $\frac{1}{16}$ e $\frac{1}{8}$.
d) $\frac{1}{32}$ e $\frac{1}{16}$.
e) $\frac{1}{64}$ e $\frac{1}{32}$.

15. (FUVEST) O ano de 2017 marca o trigésimo aniversário de um grave acidente de contaminação radioativa, ocorrido em Goiânia em 1987. Na ocasião, uma fonte radioativa, utilizada em um equipamento de radioterapia, foi retirada do prédio abandonado de um hospital e, posteriormente, aberta no ferro-velho para onde fora levada. O brilho azulado do pó de céσιο-137 fascinou o dono do ferro-velho, que compartilhou porções do material altamente radioativo com sua família e amigos, o que teve consequências trágicas. O tempo necessário para que metade da quantidade de céσιο-137 existente em uma fonte se transforme no elemento não radioativo bário-137 é trinta anos.

Em relação a 1987, a fração de céσιο-137, em %, que existirá na fonte radioativa 120 anos após o acidente, será, aproximadamente,

- a) 3,1 b) 6,3
c) 12,5 d) 25,0.
e) 50,0.

16. (FMJ) O elemento fósforo apresenta um único isótopo natural, com 16 nêutrons em seu núcleo. No entanto, podem ser produzidos isótopos radioativos para utilização em medicina nuclear, como o fósforo-32, obtido pela reação nuclear de um nêutron (^1_0n) com o $^{32}_{16}\text{S}$. Nessa reação nuclear, além do fósforo-32, cuja meia-vida é de 14 dias, também é produzido outro elemento químico.

- a) Escreva o símbolo do isótopo natural do fósforo, indicando seu número atômico e seu número de massa. Calcule a porcentagem de fósforo radioativo existente em uma amostra desse isótopo 6 semanas após sua produção.
b) Equacione a reação que representa a obtenção do fósforo a partir do $^{32}_{16}\text{S}$. Cite o nome do elemento produzido nessa reação, além do fósforo.

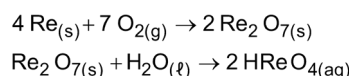
Dado: P (Z = 15).

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

As preparações radiofarmacêuticas são empregadas na prática de medicina nuclear, em exames de diagnóstico e em terapêutica. Os radionuclídeos que emitem partículas ionizantes são indicados para o tratamento de tumores. Um exemplo é o radioisótopo rênio-186, que sofre decaimento radioativo com a emissão de partículas β .

Esse radioisótopo é obtido em reator nuclear por meio da irradiação do rênio metálico natural. Após a etapa de irradiação, obtém-se no laboratório o seu óxido (Re_2O_7), que, por meio de reação de hidrólise, forma o ácido perrênico (HReO_4).

As reações de obtenção do ácido perrênico são representadas nas equações:



O composto empregado na preparação radiofarmacêutica é o perrenato de sódio que é obtido por meio da reação do óxido (Re_2O_7) com uma solução aquosa do hidróxido de sódio (NaOH).

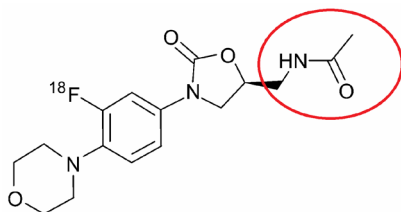
17. (FCMSCSP) Na tabela, é apresentada a variação da atividade radioativa de uma amostra do radiofármaco contendo o radioisótopo ^{186}Re com o tempo.

Tempo (dias)	Atividade radioativa do ^{186}Re (MBq)
0	500
6	176,9
12	62,5

- a) Apresente a equação do processo de decaimento radioativo do isótopo ^{186}Re descrito no texto. Forneça o tempo de meia-vida, em dias, do radioisótopo ^{186}Re .
b) Calcule a quantidade máxima, em mols, de ácido perrênico que pode ser formada a partir de 930 mg de rênio metálico.

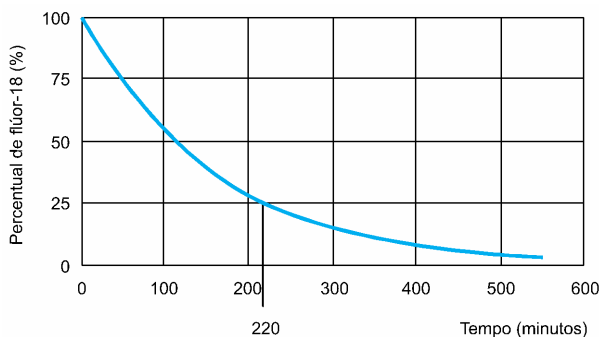
Dado: Re (Z = 75); Os (Z = 76); Re = 186.

18. (FCMSCSP) Para estudar a dosagem ideal de um antibiótico, um grupo de pesquisas sintetizou o composto antibacteriano linezolida, marcado com o radioisótopo flúor-18.



O radioisótopo foi produzido em um acelerador de partículas na forma de fluoreto de potássio (KF) e foi posteriormente empregado na síntese da molécula do antibiótico.

O estudo da distribuição do medicamento nos tecidos corpóreos foi feito com uso de tomografia de emissão de pósitrons, que é decorrente das partículas ${}^0_{+1}\beta$, emitidas ao longo do tempo no decaimento do radioisótopo flúor-18. No decaimento desse radioisótopo, representado no gráfico a seguir, é emitido também um neutrino, uma espécie sem carga e sem massa, ${}^0_0\nu$.



(Filipa Mota et al. ACS Infectious Disease. <https://pubs.acs.org>. Adaptado.)

- Dê o nome da função orgânica à qual pertence o grupo funcional circundado na figura da molécula da linezolida. Apresente o total de elétrons dos íons de flúor-18 produzidos no acelerador de partículas.
- Determine o tempo de meia-vida do radioisótopo flúor-18, em minutos. Escreva a equação de decaimento radioativo desse radioisótopo.

Dados: O ($Z = 8$); F ($Z = 9$).

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

O câncer é uma doença que se apresenta de diferentes tipos, em localizações e aspectos múltiplos, precisando ser estudados para que o tratamento seja adequado.

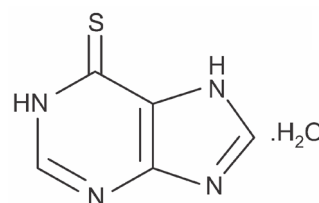
O tratamento do câncer pode ser feito através de cirurgia, quimioterapia, radioterapia ou transplante de medula óssea. Em muitos casos, é necessário combinar mais de uma modalidade.

Os elementos radioativos utilizados em radioterapia apresentam características específicas,

como radiação (especificamente radiação γ) e tempo de meia-vida curto. As células cancerígenas são mais 'sensíveis' à radiação que as células normais e, quando expostas pelo tempo e intensidade certa à radiação, podem ser destruídas. Aplicados ao tratamento, os elementos químicos radioativos mais utilizados são o iodo (iodo-131), o cézio (césio-137) e o cobalto (cobalto-60).

A quimioterapia é o método que utiliza compostos químicos, chamados quimioterápicos, como, por exemplo, os antimetabólicos e os inibidores mitóticos.

A 6-mercaptopurina é um antimetabólico análogo da purina e utilizado no tratamento da leucemia. Esse fármaco foi desenvolvido nos anos de 1950 e, na época de seu lançamento, foi considerado o fármaco mais potente no combate desse tipo de câncer.



6 - mercaptopurina

19. (FMP)

a) O iodo-131 é um dos quimioterápicos usados no tratamento de um tipo de câncer. Sendo emissor de partículas β (beta), sua atividade ionizante é capaz de induzir a morte celular.

Escreva a reação de transmutação natural do ${}^{131}_{53}\text{I}$, ao emitir uma partícula β (beta), identificando o número atômico e o número de massa do novo elemento formado.

b) No ano de 2006, um determinado centro médico acondicionou cuidadosamente 400 g do radioisótopo do ${}^{60}\text{Co}$. No ano de 2021, verificou-se que ainda permaneciam radioativos 50 g desse radioisótopo.

Com base nessas informações, qual a meia-vida apresentada pelo ${}^{60}\text{Co}$?

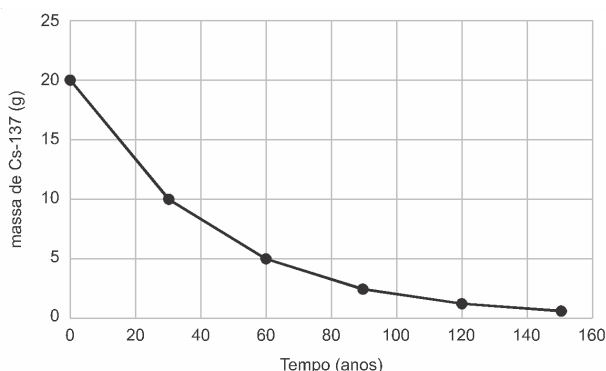
c) Sabe-se que a mercaptopurina monohidratada possui massa molar $170 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e que a sua administração mínima diária para adultos é de 2,5 mg/kg de peso corporal.

Com base nesses dados, quantos átomos de carbono são ingeridos diariamente por um adulto pesando 75 kg?

20. (UEL) Em setembro de 2017, completaram-se 30 anos do acidente com o Césio-137 em Goiânia. Uma cápsula metálica que fazia parte de um equipamento de radioterapia abandonado foi encontrada por dois trabalhadores. Após violarem a cápsula, eles distribuíram o sólido do seu interior entre amigos e parentes, encantados pela luminosidade que

emita no escuro. Isso resultou no maior acidente radioativo mundial fora de uma usina nuclear. À época do acidente, o lixo radioativo removido do local, onde o Cs-137 se espalhou, foi estocado em contentores

revestidos por paredes de concreto e chumbo com espessuras de 1 m. Essa medida foi necessária para prevenir os danos causados pela exposição às partículas β resultantes do decaimento radioativo do Cs-137. O gráfico a seguir ilustra tal decaimento ao longo do tempo.



Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

- A partir da análise do gráfico, identifique a quantidade em massa do isótopo radioativo existente em setembro de 2017, considerando que a quantidade de Cs-137 envolvida no acidente foi de 40 g. Determine quanto tempo, a partir da data do acidente, levará para que a massa de Cs-137 seja inferior a 0,7 g.
- A emissão de partículas beta (${}^0_{-1}\beta$) ocorre quando um nêutron instável se desintegra convertendo-se em um próton, formando outro elemento. Escreva a equação da reação de decaimento radioativo do Cs-137 (${}^{137}_{55}\text{Cs}$), representando o elemento formado pela notação que inclui o seu número de massa e o seu número atômico. Dado: Ba ($Z = 56$).

GABARITO

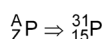
- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. A | 2. D | 3. E | 4. E | 5. A |
| 6. C | 7. B | 8. E | 9. C | 10. D |
| 11. C | 12. A | 13. B | 14. E | 15. B |

16.

- a) De acordo com o texto, o elemento fósforo apresenta um único isótopo natural, com 16 nêutrons em seu núcleo.

$$Z = 15; N = 16$$

$$A = Z + N = 15 + 16 \Rightarrow A = 31$$



Símbolo do isótopo natural do fósforo: ${}^{31}_{15}\text{P}$.

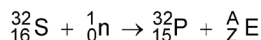
Cálculo da porcentagem de fósforo radioativo:
Tempo de meia-vida do fósforo-32 = 14 dias.

$$6 \text{ semanas} = 6 \times 7 \text{ dias} = 3 \times 14 \text{ dias} \Rightarrow 3 \text{ tempos de meia-vida}$$

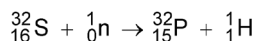
$$100\% \xrightarrow{14 \text{ dias}} 50\% \xrightarrow{14 \text{ dias}} 25\% \xrightarrow{14 \text{ dias}} 12,5\%$$

Porcentagem = 12,5%.

- b) De acordo com o texto do enunciado, o fósforo-32 é obtido pela reação nuclear de um nêutron (${}^1_0\text{n}$) com o ${}^{32}_{16}\text{S}$. Então:



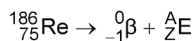
$$\left. \begin{aligned} 32 + 1 = 32 + A &\Rightarrow A = 33 - 32 = 1 \\ 16 + 0 = 15 + Z &\Rightarrow Z = 16 - 15 = 1 \end{aligned} \right\} {}^A_Z\text{E} \Rightarrow {}^1_1\text{H}$$



Nome do elemento produzido nessa reação, além do fósforo: Hidrogênio.

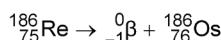
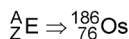
17.

- a) De acordo com o texto do enunciado, o radioisótopo renio-186, que sofre decaimento radioativo com a emissão de partículas β . Então:



$$186 = 0 + A \Rightarrow A = 186$$

$$75 = -1 + Z \Rightarrow Z = 75 + 1 = 76$$



Cálculo do tempo de meia-vida, em dias, do radioisótopo ^{186}Re :

n : número de meias-vidas

t : tempo total

A : Atividade radioativa

$t = 12$ dias

$A_{\text{final}} = 62,5$

$A_{\text{inicial}} = 500$

$$A_{\text{final}} = \frac{A_{\text{inicial}}}{2^n} \Rightarrow 62,5 = \frac{500}{2^n}$$

$$2^n = \frac{500}{62,5}$$

$$2^n = 8 \Rightarrow 2^n = 2^3$$

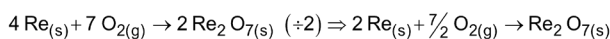
$n = 3$

$$t = n \times t_{1/2} \Rightarrow 12 = 3 \times t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{12}{3} = 4 \text{ dias}$$

b) Cálculo da quantidade máxima, em mols, de ácido perrênico (HReO_4) que pode ser formada a partir de 930 mg de rênio metálico (Re).

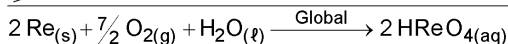
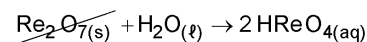
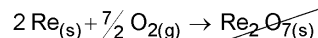
A partir das equações fornecidas no texto do enunciado, vem:



Então:

$$\text{Re} = 186; M_{\text{Re}} = 186 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$930 \text{ mg} = 930 \times 10^{-3} \text{ g} = 0,930 \text{ g}$$



$$2 \times 186 \text{ g} \text{ ————— } 2 \text{ mol}$$

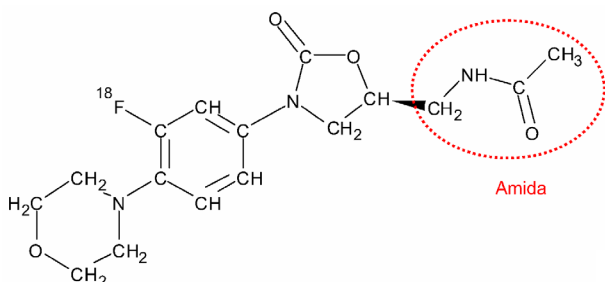
$$0,930 \text{ g} \text{ ————— } n_{\text{HReO}_4}$$

$$n_{\text{HReO}_4} = \frac{0,930 \text{ g} \times 2 \text{ mol}}{2 \times 186 \text{ g}} = 0,005 \text{ mol}$$

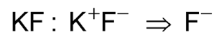
$$n_{\text{HReO}_4} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

18.

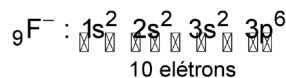
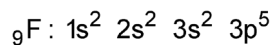
a) Nome da função orgânica à qual pertence o grupo funcional circundado na figura da molécula da linezolida: amida.



O radioisótopo foi produzido em um acelerador de partículas na forma de fluoreto de potássio (KF) e foi posteriormente empregado na síntese da molécula do antibiótico.



F ($Z = 9$)



F^- tem 10 elétrons.

b) De acordo com o gráfico:

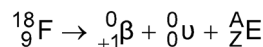
$$100\% \xrightarrow{t_{1/2}} 50\% \xrightarrow{t_{1/2}} 25\%$$

$$2 \times t_{1/2} = 220 \text{ min}$$

$$t_{1/2} = \frac{220 \text{ min}}{2}$$

$$t_{1/2} = 110 \text{ min}$$

Equação de decaimento radioativo:

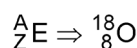


$$18 = 0 + 0 + A$$

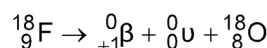
$$A = 18$$

$$9 = +1 + 0 + Z$$

$$Z = 9 - 1 = 8$$

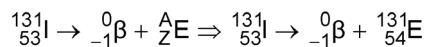


Teremos:



19.

a) Reação de transmutação natural do ${}_{53}^{131}\text{I}$, ao emitir uma partícula β (beta):

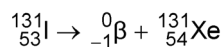


$$131 = 0 + A$$

$$A = 131$$

$$53 = -1 + Z$$

$$Z = 53 + 1 = 54$$



b) Cálculo da meia-vida apresentada pelo ^{60}Co :

$$400 \text{ g} \xrightarrow{t_{(1/2)}} 200 \text{ g} \xrightarrow{t_{(1/2)}} 100 \text{ g} \xrightarrow{t_{(1/2)}} 50 \text{ g}$$

$$\Delta t = 2021 - 2006 = 15 \text{ anos}$$

$$\Delta t = 3 \times t_{(1/2)}$$

$$15 \text{ anos} = 3 \times t_{(1/2)}$$

$$t_{(1/2)} = \frac{15}{3} = 5 \text{ anos}$$

c) Cálculo da quantidade de átomos de carbono ingeridos diariamente:

$$1 \text{ kg (peso corporal)} \text{ — } 2,5 \text{ mg (fármaco)}$$

$$75 \text{ kg (peso corporal)} \text{ — } m_{\text{fármaco}}$$

$$m_{\text{fármaco}} = \frac{75 \text{ kg} \times 2,5 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 187,5 \text{ mg} = 0,1875 \text{ g}$$

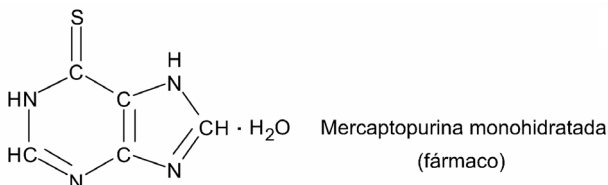
$$M_{\text{fármaco}} = 170 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{fármaco}} = \frac{m_{\text{fármaco}}}{M_{\text{fármaco}}} = \frac{0,1875 \text{ g}}{170 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n_{\text{fármaco}} = 0,0011 \text{ mol} = 1,1 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n'_{\text{fármaco}} = 1,1 \times 10^{-3} \times 6 \times 10^{23}$$

$$n'_{\text{fármaco}} = 6,6 \times 10^{20} \text{ moléculas}$$



$$1 \text{ molécula (fármaco)} \text{ — } 5 \text{ átomos de carbono}$$

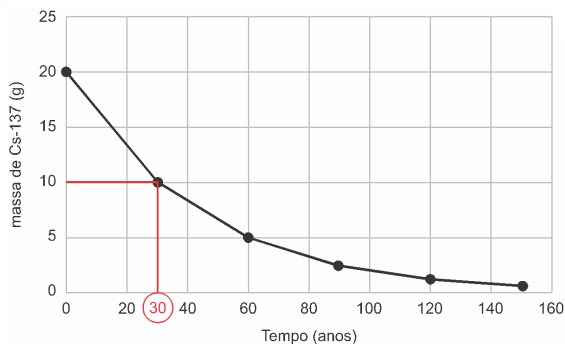
$$6,6 \times 10^{20} \text{ moléculas (fármaco)} \text{ — } n_{\text{C}}$$

$$n_{\text{C}} = \frac{6,6 \times 10^{20} \times 5}{1} = 3,3 \times 10^{21} \text{ átomos de carbono}$$

$$n_{\text{C}} = 3,3 \times 10^{21} \text{ átomos de carbono}$$

20.

a) Utilizando-se o gráfico, determina-se o tempo de meia-vida ou período de semidesintegração (p) do Cs-137:



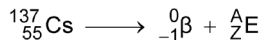
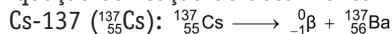
$$p = 30 \text{ anos}$$

$$40 \text{ g} \xrightarrow{p} 20 \text{ g} \xrightarrow{p} 10 \text{ g} \xrightarrow{p} 5 \text{ g} \xrightarrow{p} 2,5 \text{ g} \xrightarrow{p} 1,25 \text{ g} \xrightarrow{p} 0,625 \text{ g} < 0,7 \text{ g}$$

$$\text{Tempo total} = 6 \times p = 6 \times 30 \text{ anos}$$

$$\text{Tempo total} = 180 \text{ anos}$$

b) Equação da reação de decaimento radioativo do



$$137 = 0 + A$$

$$A = 137$$

$$55 = -1 + Z$$

$$Z = 56$$

