

Prof. Marcus Ennes
Prof. Felipe Garcia

Química geral

UNIDADE 13: Radioatividade – Reações nucleares

Os átomos reagem através de suas camadas de valência, entretanto este não é o único tipo de reação que ocorre. Também existem as reações nucleares, chamadas de fusão e fissão.

Os fenômenos envolvendo o núcleo foram percebidos pela primeira vez em 1898, pelo físico francês Antoine-Henri Becquerel (1852-1908), de maneira acidental. O cientista deixou uma chapa fotográfica guardada junto à uma amostra de urânio, e depois percebeu na chapa as evidências da radiação emitida pela amostra. A física e química polonesa Marie Curie (1867-1934), cunhou em 1898 junto ao seu marido, Pierre Curie (1859-1906) o termo francês “radioactivité”, que traduz-se para radioatividade.

À época não se tinha noção dos perigos oferecidos por este tipo de fenômeno, e conforme os estudos se aprofundavam ambos os cientistas tiveram sua saúde deteriorada. Becquerel faleceu aos 56 anos, repentinamente, e 26 anos depois, Curie faleceu aos 66 anos, por consequência de uma anemia aplásica, causada pela exposição à radiação. Atualmente se sabe muito mais, não só sobre as reações nucleares, mas também sobre os diversos tipos de radiação.

Nossa estrela mais próxima, o sol, realiza uma reação de fusão nuclear, formando átomos de hélio (${}^4_2\text{He}$) a partir de átomos de hidrogênio (${}^1_1\text{H}$), liberando uma quantidade enorme de energia, que viaja pelo espaço, chegando até nós. E mesmo após absorção de parte da energia causada pela atmosfera, se nos expusermos demais a essa radiação existe uma

chance considerável de desenvolvermos câncer de pele.

Nossas usinas nucleares utilizam o processo de fissão nuclear, a partir do urânio enriquecido. A energia liberada é tão grande que vaporiza a água líquida, girando turbinas e gerando energia elétrica. A reação ocorre de maneira controlada, porém acidentes como os de Chernobyl, em 1986, e Fukushima, em 2010 demonstram que qualquer descuido ou infelicidade pode gerar consequências desastrosas. Além desses, diversos outros acidentes nucleares de menor escala já ocorreram em diversas partes do mundo.

Um episódio que chocou a todos na época foi o do céσιο-137, que ocorreu em 1987, na cidade de Goiânia, no Brasil. Um aparelho de um instituto de radioterapia abandonado foi encontrado, desmontado e vendido à um ferro-velho. Lá, para aproveitamento do chumbo de um compartimento, o mesmo foi aberto, e uma amostra pequena de cloreto de céσιο em pó encontrava-se dentro. Ao expor a amostra em um ambiente desprovido de luz, a mesma emitia um brilho azulado. O brilho chamou atenção do dono do ferro-velho, que levou parte do material para sua casa, distribuindo entre seus familiares e vizinhos. Pouco tempo depois diversas pessoas manifestaram sintomas derivados da exposição e vieram a falecer.



História da radioatividade

A história da radioatividade começa com um cientista alemão chamado Wilhelm Roentgen: Ao realizar experimentos com raios catódicos ele observou a formação de raios de natureza desconhecida (mais tarde conhecidos como raios-X) que causavam um efeito fluorescente em algumas substâncias.

Em 1896, o físico Becquerel observou que um sal de Urânio ($K_2(UO_2)(SO_4)_2$) sensibilizava um filme fotográfico quando coberto por um papel preto. Essa descoberta despertou o interesse do casal Curie. Marie e Pierre, que trabalhavam no mesmo laboratório que Becquerel. Em 1898, após intensas pesquisas, o casal descobriu um elemento 400 vezes mais radioativo que o Urânio, e assim era descoberto o polônio (recebeu esse nome pois Marie Curie era polonesa). Alguns meses depois, descobriram um elemento 2000 vezes mais radioativo que o Urânio, o Rádio. Ainda nesse mesmo ano, Ernest Rutherford detectou a radiação proveniente de um material, em seu famoso experimento com a lâmina de ouro.

Radioatividade

A radioatividade pode ser compreendida como um fenômeno nuclear, ou seja, tem sua origem no núcleo dos átomos, que ocorre por meio da emissão de energia e/ou partículas, a fim de fazer com que o átomo torne-se mais estável. Quando isso ocorre, o átomo de um elemento químico pode até mesmo modificar a sua estrutura nuclear e se transformar em um átomo de outro elemento químico diferente do original.

Principais emissões nucleares

Partículas alfa (α)

Por ser constituída por 2 prótons e 2 nêutrons, uma partícula alfa possui carga positiva ($2+$) e massa equivalente 4 u. Suas características permitem comparação direta com o núcleo do átomo de Hélio (${}_2\text{He}^4$), que também possui 2 prótons e 2 nêutrons em sua constituição. Dessa forma, a radiação alfa é representada como:



Essa partícula possui pouco poder de penetração, pois possui carga e massa relativamente grande. Dessa forma, esta acaba perdendo energia com muita facilidade, como ao atravessar uma camada de ar, chocar-se contra células do tecido epitelial ou até mesmo moléculas contidas em uma fina folha de papel, ficando retidas nesses obstáculos.

Partículas beta (β)

A partícula beta é carregada negativamente, com propriedades idênticas a dos elétrons, porém, o que a difere destes é justamente a sua origem nuclear, enquanto os elétrons ocupam a região periférica dos átomos, chamada de eletrosfera.

As partículas beta possuem massa aproximadamente igual a 0 e carga igual a -1 , logo será representada como:



A partícula beta é emitida a partir da conversão de um nêutron em um próton. Devido a sua massa desprezível, sua velocidade de emissão chega próxima a velocidade da luz, possuindo alto poder de penetração. Entretanto, não é suficiente para penetrar a pele e alcançar os órgãos internos, gerando queimaduras na região epitelial. Este tipo de radiação pode ser barrado por uma placa de chumbo.

Radiação gama (γ)

A radiação gama é composta por fótons de alta energia. Um núcleo instável, após a emissão de uma partícula alfa ou beta, emite também energia na forma de uma onda eletromagnética, e essa é a melhor definição para a radiação gama. Assim, a emissão dessa radiação pelos elementos químicos pode ser atribuída à tentativa de um átomo se tornar mais estável. A radiação gama não apresenta massa nem carga, sendo representada como:



Devido a sua grande energia e massa nula, seu poder de penetração é muito alto, atravessando facilmente folhas de papel e até mesmo uma camada de aço. Para reter esse tipo de radiação é preciso uma parede muito

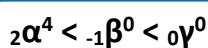
grosseira de concreto e/ou chumbo. O tecido epitelial humano não consegue reter essa radiação, portanto, essa acaba afetando as células do corpo permanentemente, podendo levar a desenvolvimento de diversos tipos de câncer. É importante dizer que em doses pequenas, a radiação gama pode ser utilizada no tratamento do câncer pois ataca as células cancerosas, destruindo-as.

Penetrabilidade x Poder ionizante

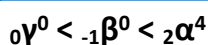
Penetrabilidade é a facilidade que uma partícula ou radiação encontra ao tentar penetrar a matéria. Poder ionizante é a capacidade que uma partícula ou radiação apresenta de ao interagir com a matéria, remover elétron(s) da mesma.

As partículas e radiações apresentam diferenças nestes dois aspectos, devido à presença ou ausência de massa e carga nas mesmas. Podemos então organizá-las em ordem crescente de penetrabilidade e poder ionizante, observe:

Em termos de penetrabilidade:



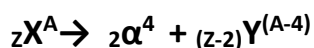
Em termos de poder de ionização:



Leis do decaimento radioativo

1ª Lei (Soddy)

A primeira lei de Soddy diz respeito a emissão de partículas alfa (${}_2\alpha^4$). De modo genérico, temos a reação a seguir:



Observe no exemplo abaixo a emissão de uma partícula alfa pelo átomo de urânio:

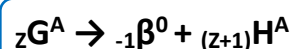


Pode-se observar que o átomo original transforma-se em outro elemento químico, de

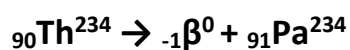
número atômico duas unidades menor e de massa quatro unidades menor. Vale salientar que essa variação depende da quantidade de partículas alfa emitidas, ou seja, caso o elemento emita 2 partículas alfa, por exemplo, seu número atômico irá reduzir em 4 unidades, enquanto a massa irá reduzir em 8 unidades.

2ª Lei (Soddy – Fajans)

A segunda lei, elaborada por Soddy e por Fajans, diz respeito a emissão de radiação Beta (${}_{-1}\beta^0$). Observe a reação genérica:



Observe no exemplo a seguir a emissão da radiação beta pelo átomo de tório:

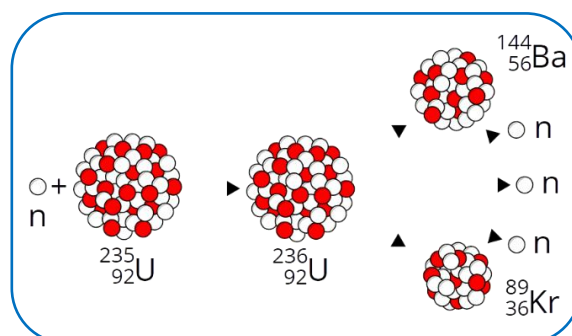


O átomo original sofre uma transformação, na qual um de seus nêutrons torna-se um próton, emitindo a radiação Beta. A quantidade de prótons formados dependerá da quantidade de radiação beta emitida.

Em resumo, o que acabou de ser visto é que tanto o somatório de carga quanto o somatório de massas irão se conservar ao longo dos processos nucleares.

Fissão nuclear

A fissão (ou desintegração) nuclear é a quebra do núcleo de um átomo em outros átomos menores, liberando uma grande quantidade de energia. Observe a fissão do átomo de urânio, representada a seguir:

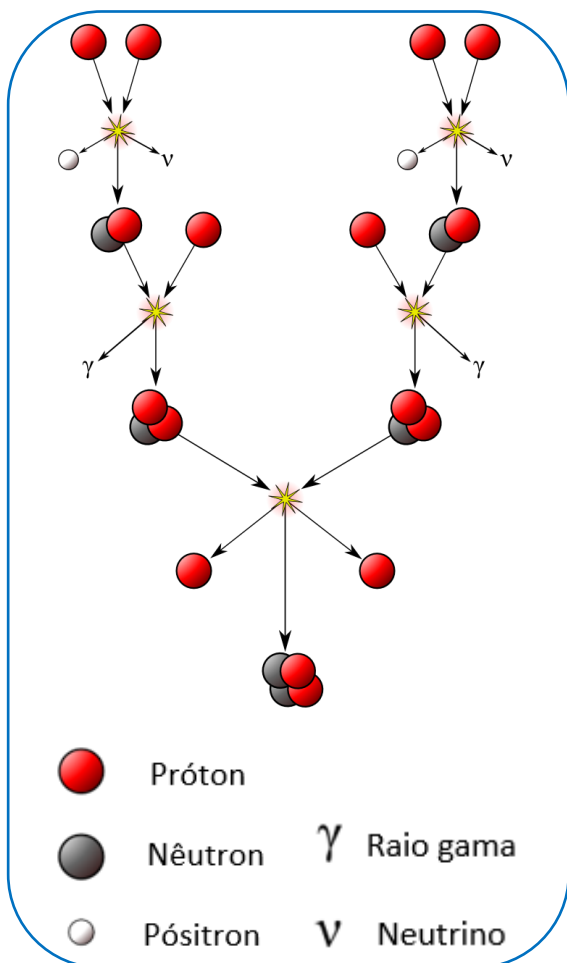


O átomo de urânio-235 é bombardeado por um nêutron, transformando-o em Urânio-236, que por ser muito instável, desintegra-se em dois átomos menores (${}_{56}\text{Ba}^{144}$ e ${}_{36}\text{Kr}^{89}$),

liberando energia e mais 3 nêutrons, os quais bombardearão outros átomos de urânio-235, gerando assim uma reação em cadeia, liberando grandes quantidades de energia. Essa é a reação que ocorre em um dos tipos de bomba atômica e possui alto poder de destruição.

Fusão nuclear

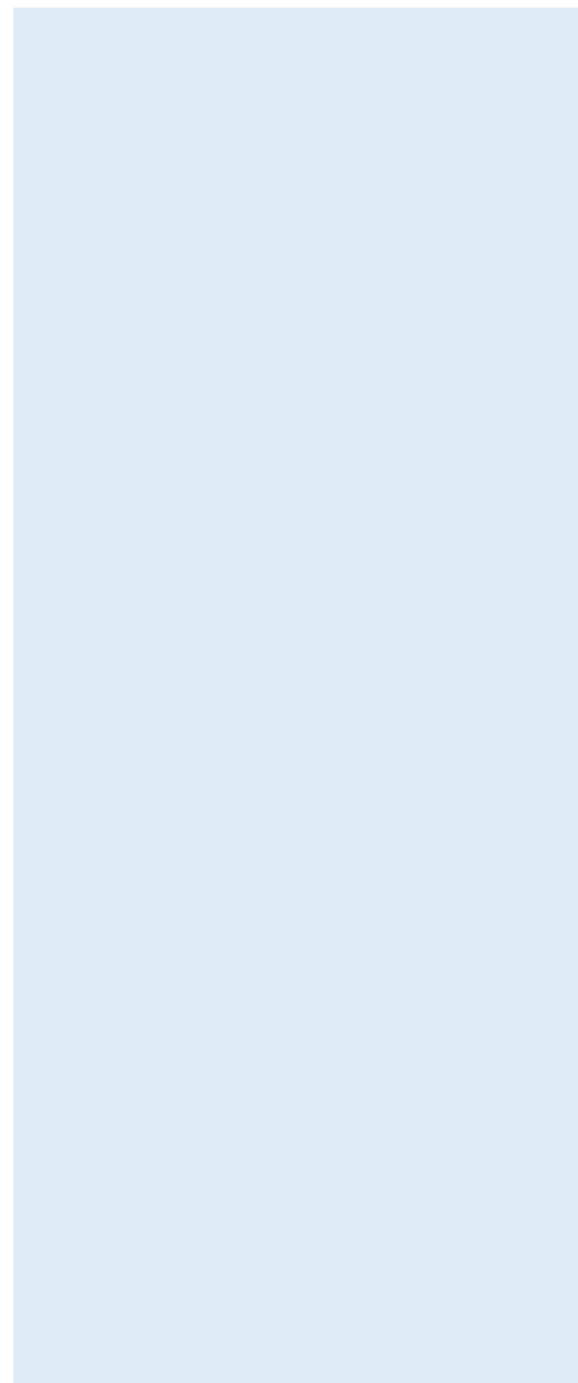
A fusão nuclear é a junção entre os núcleos de átomos com o objetivo de gerar um núcleo maior e com mais estabilidade. Esse processo demanda muita energia para acontecer. Por exemplo, é o processo que ocorre naturalmente no sol a uma temperatura de aproximadamente 10 milhões de graus Celsius. No sol, os átomos de hidrogênio (mais especificamente o prótio: ${}_1\text{H}^1$) se fundem, formando átomos de hélio (${}_2\text{He}^4$) e liberando muita energia, conforme o esquema resumido a seguir representa:



Podemos observar a fusão entre dois átomos de hidrogênio, formando um outro isótopo de hidrogênio, chamado deutério (${}_1\text{H}^2$), liberando um pósitron e um neutrino. Após,

podemos observar a entrada de mais um próton nesse núcleo, liberando radiação gama (e conseqüentemente, energia) e formando um isótopo de hélio, chamado de hélio-3 (${}_2\text{He}^3$). Em seguida dois átomos de hélio-3 se fundem, emitindo os 2 prótons excedentes, e formando um isótopo mais estável de hélio, chamado de hélio-4 (${}_2\text{He}^4$) com 2 prótons e 2 nêutrons no núcleo. Esse processo também ocorre na bomba H, ou bomba de Hidrogênio, aproximadamente mil vezes mais potente do que a bomba de Hiroshima.

NOTAS:



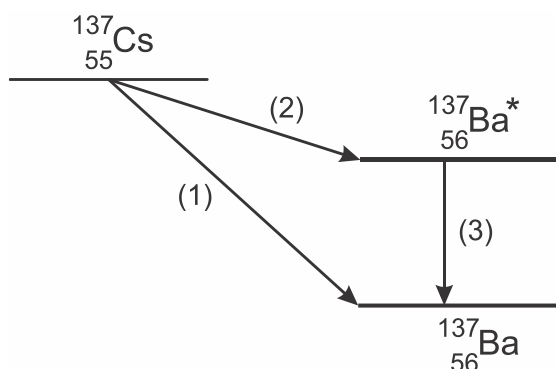


ATIVIDADES PROPOSTAS

1) Em 26 de abril de 1986, o reator 4 da usina nuclear de Chernobyl, na atual Ucrânia, explodiu durante um teste de segurança, devido a uma combinação de erros humanos. Esse foi o pior desastre nuclear da história.

Entre os resíduos radioativos mais poluentes provenientes do desastre, estão os isótopos, com a respectiva meia-vida entre parênteses: Xenônio-133 (^{133}Xe – 5,2 anos), Iodo-131 (^{131}I – 8 dias), Césio-134 (^{134}Cs – 2 anos), Estrôncio-90 (^{90}Sr – 28,8 anos) e Césio-137 (^{137}Cs – 32,2 anos). Atualmente, e por vários anos a seguir, o ^{90}Sr e o ^{137}Cs são as principais fontes de radiação na região afetada pela explosão.

A figura abaixo mostra, em particular, a cadeia de decaimentos que leva o ^{137}Cs ao isótopo estável Bário-137 (^{137}Ba).



Os processos indicados pelas setas (1), (2) e (3) são, respectivamente, decaimentos

- β^- , β^- e γ .
- β^+ , β^- e β^- .
- β^+ , β^- e γ .
- β^- , β^- e β^+ .
- β^+ , β^+ e γ .

2) A radioatividade existe naturalmente na natureza devido à composição química da matéria. Exemplo disto são alimentos como a castanha do Brasil e a banana, que possuem radioatividade devido à presença dos radioisótopos do rádio ($^{226}_{88}\text{Ra}$) e do potássio ($^{39}_{19}\text{K}$), respectivamente.

Dados: K (Z = 19); Ca (Z = 20).

A respeito destes processos, é CORRETO afirmar.

- A radioatividade dos radioisótopos dos elementos citados acima ocorre porque eles fazem parte dos metais alcalinos e alcalinos terrosos, os quais são altamente reativos.
- Um dos radioisótopos do potássio possui massa 40 g mol^{-1} e número atômico 18.
- O radioisótopo do potássio, que possui massa 40 g mol^{-1} , formaria o Cálcio (40 g mol^{-1}) por emissão β^- .
- O radioisótopo rádio, cuja massa é de 223 g mol^{-1} , emite uma partícula β^- e forma o radônio cuja massa é de 219 g mol^{-1} .
- A emissão β^- presente no radioisótopo do rádio é uma emissão de pósitron que reduz o número atômico do elemento.

3) O urânio-235, ao ser bombardeado por um nêutron (^1_0n), forma dois núclídeos radioativos: o bário-144, que decai emitindo partículas beta ($^0_{-1}\beta$), e o núclídeo X. Esse bombardeamento produz também três nêutrons, que colidirão com outros núcleos de urânio, causando uma reação em cadeia. O núclídeo produzido pelo decaimento do bário-144 e o núclídeo X são, respectivamente,

Dados: U (Z = 92); Hf (Z = 72); La (Z = 57); Ba (Z = 56); Cs (Z = 55); Kr (Z = 36).

- lantânio-144 e criptônio-91.
- césio-144 e criptônio-89.
- háfnio-144 e criptônio-91.
- césio-144 e criptônio-91.
- lantânio-144 e criptônio-89.

4) Com a descoberta de emissões de energia dorádio-226, por Marie Curie e Pierre Curie, o fenômeno foi denominado radiação α (alfa) ou emissão α . Posteriormente, verificou-se que a emissão α na verdade são partículas correspondentes a núcleos de hélio formados por dois prótons e dois nêutrons.

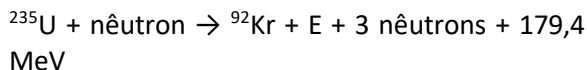
Assim, no decaimento α , um núcleo instável emite partículas α , tornando-se um núcleo mais estável (núcleo filho).

Se um núcleo de rádio-226 emitir duas partículas α , o número de massa do núcleo

filho será

- a) 226.
- b) 224.
- c) 222.
- d) 220.
- e) 218.

5) A minissérie Chernobyl relata a verdadeira história de uma das piores catástrofes provocadas pelo homem, a do devastador desastre da usina nuclear, que ocorreu na Ucrânia, em abril de 1986. Nos reatores nucleares, o urânio-235 absorve um nêutron, sofrendo fissão nuclear. O núcleo pesado se divide em núcleos mais leves, que são elementos químicos menores, três nêutrons livres e grande liberação de energia, como apresentado a seguir.



Dados: U (Z = 92); Kr (Z = 36); Ba (Z = 56); Zr (Z = 40); Pb (Z = 82); Ge (Z = 32); Fr (Z = 87).

O elemento químico acima representado pela letra E é o

- a) bário
- b) zircônio
- c) chumbo
- d) germânio
- e) frâncio

6) Um dos primeiros isótopos utilizados em preparações coloidais radioterapêuticas foi o radioisótopo ouro-198, um emissor de partículas β^- . O isótopo formado nessa emissão é

Dados: Ir (Z = 77); Pt (Z = 78); Au (Z = 79); Hg (Z = 80); Tl (Z = 81).

- a) a platina-197.
- b) o ouro-197.
- c) o irídio-194.
- d) o mercúrio-198.
- e) o tálio-202.

7) Em 1987, o manuseio indevido de um aparelho de radioterapia abandonado gerou um

acidente com o céσιο-137 em Goiânia, capital de Goiás (Brasil), o que envolveu direta e indiretamente centenas de pessoas. Quando comparado com o isótopo mais estável do Césio, que tem número de massa 133 e número atômico 55, conclui-se que o isótopo radioativo apresenta maior número de

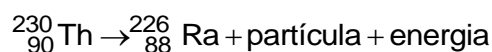
- a) prótons.
- b) nêutrons.
- c) elétrons.
- d) átomos.

8) 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?

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

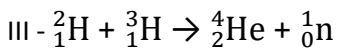
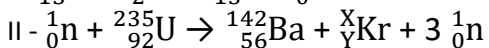
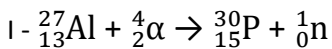
9) O elemento radioativo tório (Th) pode substituir os combustíveis fósseis e baterias. Pequenas quantidades desse elemento seriam suficientes para gerar grande quantidade de energia. A partícula liberada em seu decaimento poderia ser bloqueada utilizando-se uma caixa de aço inoxidável. A equação nuclear 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.

10) A respeito das reações abaixo:



Assinale a alternativa **INCORRETA**.

- a) A reação II é uma reação de fissão nuclear.
- b) A reação III é uma reação de fusão nuclear.
- c) O número de nêutrons do criptônio da reação II é 55.
- d) A massa atômica do criptônio da reação II é 93.

11) Quando o átomo radioativo ${}_{91}\text{Ac}^{234}$ emite uma partícula beta há formação do:

- a) ${}_{89}\text{Ac}^{230}$
- b) ${}_{89}\text{Ac}^{234}$
- c) ${}_{90}\text{Th}^{234}$
- d) ${}_{91}\text{Pa}^{232}$
- e) ${}_{92}\text{U}^{234}$

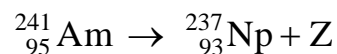
12) O elemento de número atômico 117 foi o mais novo dos elementos artificiais obtidos em um acelerador de partículas. Recentemente, a IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) anunciou que o nome sugerido para esse novo elemento é Tennesso. Alguns átomos do isótopo 293 desse elemento foram obtidos a partir do bombardeamento de um alvo contendo 13 mg de ${}^{249}\text{Bk}$ ($Z = 97$) por um feixe de núcleos de um isótopo específico. A reação produziu quatro nêutrons, além do isótopo 293 do elemento de número atômico 117.

O isótopo que compõe o feixe de núcleos utilizado no acelerador de partículas para a obtenção do Tennessino é melhor representado por

- a) ${}^{20}\text{Ne}$
- b) ${}^{48}\text{Ca}$
- c) ${}^{48}\text{Ti}$

- d) ${}^{103}\text{Rh}$
- e) ${}^{18}\text{Ar}$

13) Detectores de incêndio são dispositivos que disparam um alarme no início de um incêndio. Um tipo de detector contém uma quantidade mínima do elemento radioativo amerício-241. A radiação emitida ioniza o ar dentro e ao redor do detector, tornando-o condutor de eletricidade. Quando a fumaça entra no detector, o fluxo de corrente elétrica é bloqueado, disparando o alarme. Este elemento se desintegra de acordo com a equação a seguir:



Nessa equação, é correto afirmar que Z corresponde a:

- a) uma partícula alfa.
- b) uma partícula beta.
- c) radiação gama.
- d) raios X.
- e) dois prótons.

14) O flúor-18 é um radioisótopo produzido num acelerador ciclotron. Associado à deoxiglicose, esse radioisótopo revela, pela emissão de pósitrons, as áreas do organismo com metabolismo intenso de glicose, como o cérebro, o coração e os tumores ainda em estágio muito inicial. Quando um átomo de flúor-18 emite um pósitron (${}_{+1}^0\text{e}$), o átomo resultante será um isótopo do elemento químico

- a) cloro.
- b) flúor.
- c) neônio.
- d) oxigênio.
- e) nitrogênio.

15) O núcleo de tório, ${}_{90}^{232}\text{Th}$, ao sofrer desintegração radiativa, emite as seguintes partículas sucessivamente: α , β , β , α , α , α , β , α , α , β . Sabendo-se que uma partícula alfa e uma partícula beta são representadas por ${}^4_2\alpha$, e ${}^0_{-1}\beta$, após a desintegração, o nuclídeo estável formado é

- a) ${}_{82}^{212}\text{Pb}$
- b) ${}_{80}^{204}\text{Hg}$

- c) $^{208}_{82}\text{Pb}$
d) $^{206}_{80}\text{Hg}$
e) nenhum dos anteriores

16) A irradiação é uma técnica eficiente na conservação e esterilização dos alimentos, pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento e maturação), além de eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento. Assim, cebolas, batatas e morangos são submetidos à irradiação, utilizando-se, como fonte, isótopos radioativos, emissores de radiação gama do elemento químico cobalto 60, que destroem bactérias e fungos responsáveis pela deterioração desses alimentos.

O cobalto ($^{60}_{27}\text{Co}$) pode também sofrer transmutação para manganês ($^{56}_{25}\text{Mn}$), que por sua vez transforma-se em átomos de ferro ($^{56}_{26}\text{Fe}$). Assinale a alternativa que contenha, respectivamente, a sequência de partículas emitidas durante essa transmutação.

- a) γ e β
b) α e β
c) β e α
d) γ e α
e) α e γ

17) O elemento radioativo natural $^{232}_{90}\text{Th}$, após uma série de emissões alfa e beta, isto é, por decaimento radioativo, converte-se em um isótopo não-radioativo, estável, do elemento chumbo, $^{208}_{82}\text{Pb}$.

O número de partículas alfa e beta, emitidas após o processo, é, respectivamente, de:

- a) 5 e 2
b) 5 e 5
c) 6 e 4
d) 6 e 5
e) 6 e 6

18) No Brasil, um país com recursos hídricos invejáveis, a produção de energia elétrica provém em sua grande maioria de usinas hidroelétricas. Entretanto, em países europeus, como a Alemanha e a França, a produção de eletricidade provém dos reatores de usinas

nucleares. Em um processo radioativo, um radioisótopo A, de número atômico 92 e número de massa 238, foi convertido no elemento químico B de número atômico 88 e número de massa 226.

Considerando essas informações, é CORRETO afirmar que, nesse processo radioativo, o número de partículas alfa (α) e partículas beta (β) emitidas são respectivamente:

- a) 2 e 0
b) 2 e 2
c) 2 e 3
d) 3 e 2

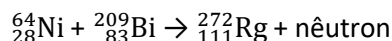
19) A bomba de hidrogênio é um exemplo de reação nuclear:

- a) do tipo fissão;
b) onde ocorre apenas emissão de radiação alfa;
c) onde ocorre apenas emissão de radiação beta;
d) do tipo fusão;
e) onde ocorre apenas emissão de raios gama.

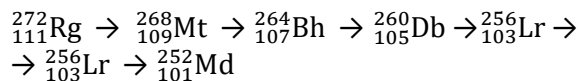
20) O que acontece com o número de massa e com o número atômico, respectivamente, de um núcleo instável se ele emite uma partícula beta?

- a) sem alteração; aumenta de 1 unidade
b) sem alteração; diminui de 1 unidade
c) diminui de 1 unidade; sem alteração
d) aumenta de 1 unidade; sem alteração
e) diminui de 1 unidade; aumenta de 1 unidade

21) Em 1995, o elemento de número atômico 111 foi sintetizado pela transformação nuclear:



Esse novo elemento, representado por Rg, é instável. Sofre o decaimento:



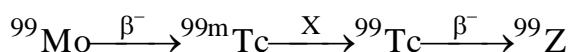
Nesse decaimento, liberam-se apenas

- a) nêutrons.
b) prótons.
c) partículas α e partículas β .

d) partículas β .

e) partículas α .

22) Os radiofármacos são utilizados em quantidades traços com a finalidade de diagnosticar patologias e disfunções do organismo. Alguns desses também podem ser aplicados na terapia de doenças como no tratamento de tumores radiosensíveis. A maioria dos procedimentos realizados atualmente em medicina nuclear tem finalidade diagnóstica, sendo o ^{99m}Tc (m = metaestável) o radionuclídeo mais utilizado na preparação desses radiofármacos. O ^{99}Mo é o precursor desse importante radionuclídeo, cujo esquema de decaimento é apresentado a seguir:



No esquema de decaimento, a radiação X e o nuclídeo Z e seu número de nêutrons são, respectivamente,

a) gama, Ru e 55.

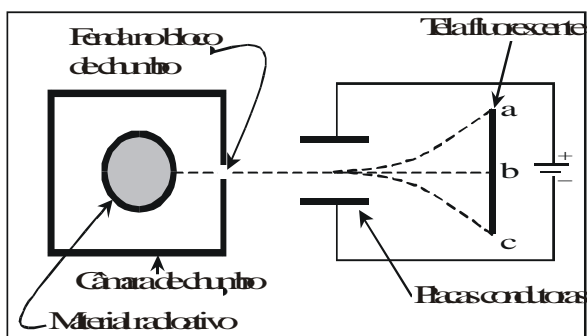
b) gama, Mo e 57.

c) beta, Rh e 54.

d) alfa, Ru e 53.

e) alfa, Rh e 54.

23) Uma amostra de urânio radioativo, $^{238}_{92}\text{U}$, colocada em um recipiente cilíndrico de chumbo, decai em tório, $^{234}_{90}\text{Th}$, e emite radiação por meio de uma fenda na câmara de chumbo. A radiação passa entre duas placas condutoras, ligadas a uma fonte de corrente contínua, e incide sobre uma tela fluorescente, conforme a figura (as linhas pontilhadas indicam as possíveis trajetórias das partículas).



Assinale a correspondência correta entre partícula emitida e posição na tela fluorescente.

a) γ , b

b) α , a

c) α , c

d) β , c

e) β , a

24) A terapia para tratamento de câncer utiliza-se da radiação para destruir células malignas. O boro-10, não radioativo, é incorporado a um composto que é absorvido preferencialmente pelos tumores. O paciente é exposto a breves períodos de bombardeamento por nêutrons. Quando bombardeado, o boro-10 decai gerando partículas alfa, cuja radiação destrói as células cancerosas. Assim que o bombardeamento é interrompido, cessa a emissão dessas partículas. No bombardeamento com nêutrons, o boro-10 decai para o nuclídeo, que é um dos isótopos do:

a) nitrogênio.

b) sódio.

c) berílio.

d) lítio.

e) neônio.



GABARITOS

1) A

2) C

3) E

4) E

5) A

6) D

7) B

8) A

9) A

10) D

11) E

12) B

13) A

14) D

15) C

16) B

17) C

18) D

19) D

20) A

21) E

22) A

23) C

24) D