

Aluno (a): _____

Data: ____/____/____

GABARITO COMENTADO - RADIOATIVIDADE

1. (Enem PPL - 2022) As usinas nucleares utilizam o princípio da fissão nuclear para gerar energia elétrica. Dentro do reator, nêutrons colidem com átomos de urânio, que se dividem em dois novos átomos, liberando de dois a três nêutrons do núcleo, em uma reação em cadeia. Esse processo libera muito calor, que é utilizado para gerar energia. Porém, é necessário um sistema de arrefecimento para evitar uma explosão. Para isso, a água captada de fontes naturais circula em um sistema fechado e depois volta para o meio ambiente.

Caso esse sistema não ocorra de maneira adequada, será gerado um impacto negativo porque

- a) produzirá gases tóxicos.
- b) diminuirá a reserva hídrica local.
- c) aquecerá os ecossistemas aquáticos.
- d) aumentará a disponibilidade de nutrientes.
- e) permitirá a contaminação por microrganismos.

----- RESPOSTA -----

[C]

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Biologia]

A água utilizada no arrefecimento do calor produzido nas usinas nucleares causa o aquecimento dos ecossistemas aquáticos. A consequência imediata desse fato é a redução da solubilidade do oxigênio. Logo, todas as cadeias e teias alimentares locais serão afetadas.

Comentários: O lançamento da água de reuso não libera gases tóxicos no ambiente, além de não comprometer as reservas existentes nos locais onde são depositadas ou provocar a contaminação por microrganismos. A disponibilidade de nutrientes será afetada como resultado da menor concentração do oxigênio na água.

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Química]

Se a água utilizada para o resfriamento estiver acima da temperatura adequada, ocorrerá aquecimento dos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, a solubilidade dos gases dissolvidos em água diminuirá. Isto provocará uma série de desequilíbrios físico-químicos com severas alterações no habitat natural.

2. (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

- a) alfa.

- b) gama.
- c) raios X.
- d) elétrons.
- e) nêutrons.

----- RESPOSTA -----

[A]

A radiação alfa pode ser bloqueada pela pele, mas a energia liberada a partir do seu impacto pode destruir moléculas e alterar o funcionamento de nosso organismo. A ingestão e inalação das partículas alfa podem causar danos à saúde como a destruição de células internas do organismo.

A radiação beta tem maior penetração do que a alfa pode atravessar com facilidade até um centímetro do nosso corpo.

A radiação gama, que são ondas eletromagnéticas de alta energia, é a mais penetrante das três estudadas. Quando atravessa o nosso corpo a radiação gama destrói moléculas de proteínas, DNA (ácido desoxirribonucleico) e pode provocar o câncer. É importante percebermos que os danos ou benefícios gerados pela radiação dependem da dosagem e exposição de cada organismo.

Para uma mesma intensidade de radiação, dentre as citadas no texto do enunciado, a que tem o menor poder de penetração em tecidos é a radiação alfa.

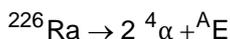
3. (Enem PPL - 2020) Com a descoberta de emissões de energia do rádio-226, por Marie Curie e Pierre Curie, o fenômeno foi denominado radiação α (alfa) ou emissão α . Posteriormente, verificou-se que a emissão α na verdade são partículas correspondentes a núcleos de hélio formados por dois prótons e dois 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.

----- RESPOSTA -----

[E]



$$226 = 2 \times 4 + A$$

$$A = 218 \text{ (número de massa)}$$

4. (Enem - 2020) 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.

----- RESPOSTA -----

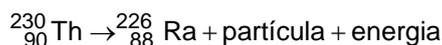
[A]

Resumidamente, o processo envolvido na detonação de uma bomba atômica seria a fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons e a conseqüente criação de reações em cadeia com a liberação de imensa quantidade de

energia.

5. (Enem PPL - 2018) 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:

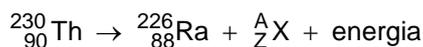


Considerando a equação de decaimento nuclear, a partícula que fica bloqueada na caixa de aço inoxidável é o(a)

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

----- RESPOSTA -----

[A]



$$230 = 226 + A$$

$$A = 230 - 226 = 4$$

$$90 = 88 + Z$$

$$Z = 90 - 88$$

$$Z = 2$$

$${}^A_Z\text{X} \Rightarrow {}^4_2\text{X} = {}^4_2\alpha \text{ (partícula alfa)}$$

6. (Enem 2ª, 3ª aplicação - 2016) A energia nuclear é uma alternativa aos combustíveis fósseis que, se não gerenciada de forma correta, pode causar impactos ambientais graves. O princípio da geração dessa energia pode se basear na reação de fissão controlada do urânio por bombardeio de nêutrons, como ilustrado:



Um grande risco decorre da geração do chamado lixo atômico, que exige condições muito rígidas de tratamento e armazenamento para evitar vazamentos para o meio ambiente.

Esse lixo é prejudicial, pois

- a) favorece a proliferação de microrganismos termófilos.
- b) produz nêutrons livres que ionizam o ar, tornando-o condutor.
- c) libera gases que alteram a composição da atmosfera terrestre.
- d) acentua o efeito estufa decorrente do calor produzido na fissão.
- e) emite radiação capaz de provocar danos à saúde dos seres vivos.

----- RESPOSTA -----

[E]

Esse lixo é prejudicial, pois é composto, entre outros, por elementos químicos que possuem tempo de meia-vida elevado e emitem radiação capaz de provocar danos à saúde dos seres vivos.

7. (Enem - 2016) Pesquisadores recuperaram DNA de ossos de mamute (*Mammuthus primigenius*) encontrados na Sibéria, que tiveram sua idade de cerca de 28 mil anos confirmada pela técnica do carbono-14. FAPESP. DNA do mamute é revelado. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br>. Acesso em: 13 ago. 2012 (adaptado).

A técnica de datação apresentada no texto só é possível devido à

- a) proporção conhecida entre carbono-14 e carbono-12 na atmosfera ao longo dos anos.
- b) decomposição de todo o carbono-12 presente no organismo após a morte.
- c) fixação maior do carbono-14 nos tecidos de organismos após a morte.
- d) emissão de carbono-12 pelos tecidos de organismos após a morte.
- e) transformação do carbono-12 em carbono-14 ao longo dos anos.

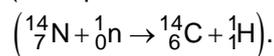
----- RESPOSTA -----

[A]

A determinação da idade de materiais pode ser feita a partir da medição da sua radioatividade devido à presença do carbono-14.

Esta técnica pode ser aplicada a materiais com até 20.000 anos de idade e permite o cálculo da idade de amostras que contenham carbono com um erro máximo de duzentos anos.

O carbono-14 é formado numa velocidade constante devido ao choque dos nêutrons presentes nos raios cósmicos (raios provenientes de estrelas, inclusive do Sol) com o nitrogênio presente na atmosfera superior



O carbono-14 produzido nesta transmutação reage com o gás oxigênio da atmosfera formando gás carbônico.

O gás carbônico produzido será radioativo e se misturará com o gás carbônico não radioativo da atmosfera pela ação dos ventos e sua concentração se manterá constante com o passar do tempo em torno de uma molécula com

carbono-14 radioativo para cada um trilhão (10^{12}) de moléculas não radioativas. Tanto o gás carbônico radioativo como o não radioativo serão absorvidos pelas plantas e passarão a fazer parte dos seus tecidos e de seus consumidores.

8. (Enem - 2012) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

“Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação”.

Física na Escola, v. 8, n. 2, 2007 (adaptado).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

- a) o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- b) a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- c) a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.
- d) o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
- e) o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

----- RESPOSTA -----

[A]

O material médico não pode acumular radiação, ou seja, não se torna radioativo por ter sido irradiado. A decisão tomada pela companhia foi equivocada.

9. (Enem PPL - 2011) Os materiais radioativos emitem diferentes tipos de radiação. A radiação gama, por exemplo, por sua alta energia e penetração, consegue remover elétrons dos átomos dos tecidos internos e romper ligações químicas por ionização, podendo causar mutação no DNA. Já as partículas beta têm o mesmo efeito ionizante, mas atuam sobre as células da pele.

RODRIGUES JR., A. A. O que é radiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer. *Física na Escola*. V. 8, nº 2, 2007. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (adaptado).

Segundo o texto, um indivíduo irradiado por uma fonte radioativa é exposto ao risco de

- a) transformar-se em um corpo radioativo.
- b) absorver a radiação e armazená-la.
- c) emitir radiação e contaminar outras pessoas.
- d) sofrer alterações gênicas e desenvolver câncer.
- e) transportar a radiação e contaminar outros ambientes.

----- RESPOSTA -----

[D]

As radiações alfa (α), beta (β) e gama (γ) podem penetrar no organismo. Estas radiações são consideradas agentes ionizantes, pois, provocam a formação de íons por onde passam. A radiação alfa pode ser bloqueada pela pele, mas a energia liberada a partir do seu impacto pode destruir moléculas e alterar o funcionamento de nosso organismo. A ingestão e inalação das partículas alfa podem causar danos á saúde como a destruição de células internas do organismo. Como a radiação beta tem maior penetração do que a alfa pode atravessar com facilidade até um centímetro do nosso corpo. A radiação gama, que são ondas eletromagnéticas de alta energia, é a mais penetrante das três estudadas. Quando atravessa o nosso corpo a radiação gama destrói moléculas de proteínas, DNA (ácido desoxirribonucleico) e pode provocar o câncer. É importante percebermos que os danos ou benefícios gerados pela radiação dependem da dosagem e exposição de cada organismo.

10. (Uel - 2023) Durante a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos puseram fim ao conflito, no ano de 1945, ao lançar duas bombas atômicas, um artefato de destruição em massa produzido com base nos avanços da pesquisa científica realizada em tempos de guerra. A bomba lançada sobre a cidade japonesa de Hiroshima era de fissão de urânio-235 e a lançada sobre Nagasaki era de fissão de plutônio-239. Juntas elas ceifaram a vida de cerca de 71 mil pessoas instantaneamente e, nos primeiros cinco anos após as explosões, provocaram aproximadamente 200 mil mortes, por alterações cromossômicas oriundas de exposição à radiação. Desde então, a bomba atômica se manteve como estratégica no poderio dos Estados nacionais, constituindo uma ameaça permanente de destruição, catástrofe e fim súbito, o que representa certa vinculação entre ciência, política, poder e ideologia. Com base no texto, considere as afirmativas a seguir.

- I. Alterações cromossômicas estruturais, que ocorrem durante a mitose, atingem algumas células, as quais podem dar origem a um tumor.
- II. O modelo ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n} + \text{energia}$ representa corretamente um esquema de fissão nuclear.
- III. As deficiências ou deleções são alterações cromossômicas numéricas e caracterizam-se pelo aumento ou redução de todo o genoma do indivíduo.
- IV. A bomba detonada em Hiroshima liberou uma quantidade de energia na forma de raios X e ultravioleta, radiações de origem nuclear.

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.

----- RESPOSTA -----

[A]

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Biologia]

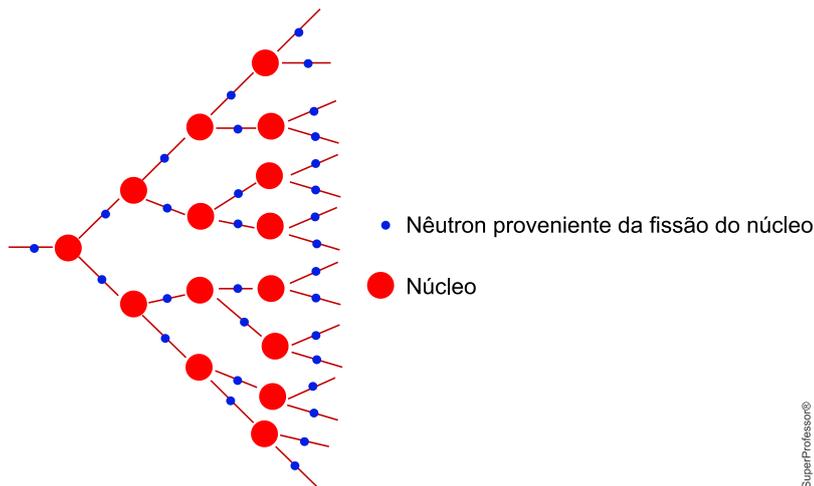
[III] Incorreta. As deleções são alterações cromossômicas estruturais, pois afetam a morfologia dos cromossomos, não a quantidade (alterações numéricas).

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Química]

[I] Correta. Numa explosão nuclear, a radiação gama (ondas eletromagnéticas de alta energia) é muito penetrante e atravessa o corpo destruindo moléculas de proteínas, DNA (ácido desoxirribonucleico) e induzindo alterações

cromossômicas estruturais associadas à mitose.

[II] Correta. O modelo ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n} + \text{energia}$ representa corretamente um esquema de fissão nuclear.



[III] Incorreta. As deficiências ou deleções são alterações cromossômicas que ocorrem com a perda de um pedaço do cromossomo ou de uma pequena porção deste. Ou seja, trata-se da fragmentação de um gene.

[IV] Incorreta. A bomba detonada em Hiroshima liberou uma quantidade enorme de calor. Foram liberados nêutrons de alta energia juntamente com radiações do tipo alfa, beta e gama.

11. (Pucpr Medicina - 2023) Leia o excerto a seguir, retirado do Jornal da Universidade do Estado de São Paulo (USP): www.jornal.usp.br

Estrôncio e osteoporose: qual o papel desse elemento químico na mineralização dos ossos?

Testes em modelos biomiméticos (que imitam o tecido real) mostraram que altas doses de estrôncio, elemento presente em fármaco descontinuado para tratamento da osteoporose, podem resultar em enfraquecimento dos ossos. Estudo foi ganhador do Prêmio Capes de Teses.

Pesquisa do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP) da USP analisou a influência do elemento químico estrôncio, em sua forma iônica (Sr^{2+}), na formação óssea utilizando modelos biomiméticos, ou seja, que imitam a estrutura e composição do tecido in vivo. O estudo, realizado pela pesquisadora Camila Tovani, mostrou que altas concentrações de estrôncio podem promover a desestabilização dos principais componentes ligados à formação dos ossos, o que explica o desenvolvimento de patologias associadas ao acúmulo deste elemento no tecido.

[...]

Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/estroncio-e-osteoporose-qual-o-papel-desse-elemento-quimico-na-mineralizacao-dos-ossos/> Acesso 07/07/2022

Dados:

tempo de meia vida do estrôncio radioativo = 28 anos.

Ca (Z = 20; Grupo 2; quarto período da Tabela Periódica).

Sr (Z = 38; Grupo 2; quinto período da Tabela Periódica).

Ba (Z = 56; Grupo 2; sexto período da Tabela Periódica).

De acordo com o texto, assinale a alternativa CORRETA.

a) O elemento químico estrôncio possui número atômico 38 e o elemento químico cálcio possui número atômico 20. Pode-se afirmar que o raio iônico do elemento estrôncio é menor que o raio atômico do elemento cálcio.

b) Um paciente que deixou de ingerir o medicamento a base de estrôncio radioativo no ano de 1994 apresenta, no

ano de 2022, cerca de 50% dos átomos de estrôncio radioativos presentes no organismo.

c) Ao analisar o bário, elemento que sucede o elemento estrôncio no grupo dos metais alcalinos terrosos, este apresenta ponto de fusão de 725°C; portanto, pode-se afirmar que o ponto de fusão do elemento estrôncio é menor que 725°C.

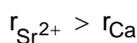
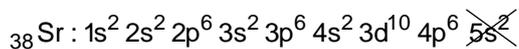
d) O elemento químico estrôncio, na sua forma iônica mais estável, perde 2 elétrons, portanto é possível afirmar que a distribuição eletrônica do íon Sr^{2+} é: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4 5s^2$.

e) Sabendo que o fosfato é o ânion gerado pela ionização total do ácido fosfórico, pode-se afirmar que a fórmula do sal fosfato de estrôncio é $\text{Sr}_2(\text{PO}_4)_3$.

----- RESPOSTA -----

[B]

[A] Incorreta. O elemento químico estrôncio (Sr) possui número atômico 38 e o elemento químico cálcio (Ca) possui número atômico 20. Pode-se afirmar que o raio iônico do cátion estrôncio (Sr^{2+}) é maior que o raio atômico do cálcio (Ca), pois a repulsão eletrônica é maior no cátion estrôncio (Sr^{2+}), sendo que as duas espécies possuem o mesmo número de camadas.



[B] Correta. Um paciente que deixou de ingerir o medicamento a base de estrôncio radioativo no ano de 1994 apresenta, no ano de 2022, cerca de 50% dos átomos de estrôncio radioativos presentes no organismo.

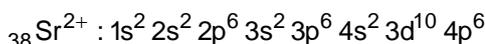
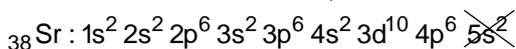
$$\Delta t = 2022 - 1994 = 28 \text{ anos}$$

$$t_{(1/2)} = 28 \text{ anos}$$

$$100\% \xrightarrow{28 \text{ anos}} 50\%$$

[C] Incorreta. No grupo 2 da Tabela Periódica, a temperatura de fusão aumenta de baixo para cima. Por isso, pode-se afirmar que o ponto de fusão do elemento estrôncio (Sr) é maior do que o ponto de ebulição do elemento bário (Ba). Já que o estrôncio (Sr) está posicionado acima do bário (Ba).

[D] Incorreta. O elemento químico estrôncio (Sr), na sua forma iônica mais estável, perde 2 elétrons. Retirando dois elétrons da última camada (camada de valência), vem:



[E] Incorreta. Sabendo que o fosfato (PO_4^{3-}) é o ânion gerado pela ionização total do ácido fosfórico (H_3PO_4), pode-se afirmar que a fórmula do sal fosfato de estrôncio é $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$.

