

1- Introdução



As reações nucleares são fenômenos em que ocorre a alteração da constituição dos núcleos. Tais reações b prótons e / ou no número de nêutrons de um núcleo atômico.

Quando a reação nuclear ocorre com a alteração do número de prótons do núcleo, ela é denominada transmutação devido à alteração da identidade do elemento, um elemento químico se converte em outro elemento. No exemplo abaixo, átomos do elemento cálcio são convertidos em átomos do elemento potássio.

Exemplo:



Alguns processos nucleares ocorrem sem que haja a alteração do número de prótons do núcleo, como a emissão de nêutrons. No exemplo abaixo, o estanho-119 emite um nêutron, sem que haja alteração do número de prótons, transformando-se em um isótopo, o estanho-118.

Exemplo:



Existem três tipos de reações nucleares.

- **Radioatividade:** Atividade apresentada por alguns nuclídeos instáveis em que há

emissão ou absorção de partículas (prótons, nêutrons, alfa, beta, pósitrons, elétrons, neutrinos e antineutrinos), com emissão de energia eletromagnética (radiação gama), buscando a sua estabilização.

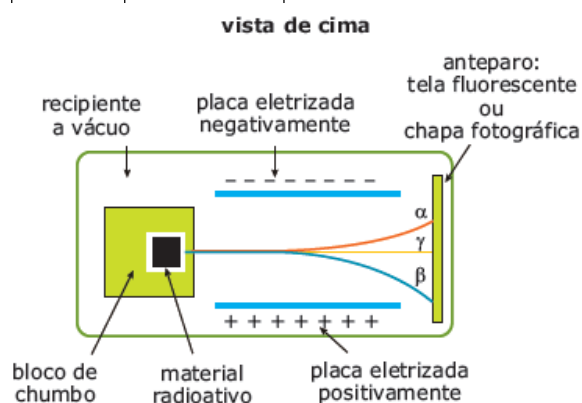
- **Fissão nuclear:** Ruptura de núcleos atômicos, originando núcleos menores.
- **Fusão nuclear:** Junção de núcleos atômicos, originando núcleos maiores.

2- Radioatividade

A radioatividade é um fenômeno nuclear, isto é, deve-se unicamente à emissão de partículas e radiações pelo núcleo atômico, em um processo que ocorre com a finalidade de atingir a estabilidade.

2.1- Natureza das emissões

Existem três tipos de emissões, as quais são denominadas α , β e γ . Estas podem ser separadas por um campo elétrico.



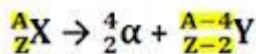
Partículas α

São partículas constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (conjunto igual ao núcleo do átomo de hélio), emitidas pelo núcleo radioativo

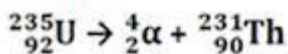
REAÇÕES NUCLEARES



Lei de Soddy: Quando um elemento radioativo emite uma partícula α , ele origina um novo elemento com número atômico 2 unidades menor e número de massa 4 unidades menor.



Exemplo:



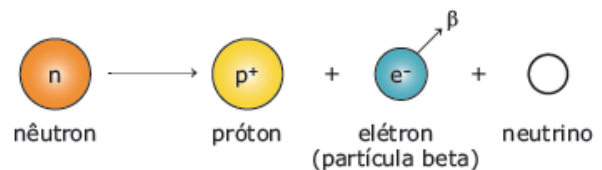
Observe que houve mudança do número atômico do átomo, logo, haverá mudança de elemento químico, denominada reação de transmutação que no caso do urânio-235 é uma transmutação natural.

Observe abaixo, outra transmutação natural com emissão de partículas alfa que acontece com o isótopo do urânio-238.



Partículas β

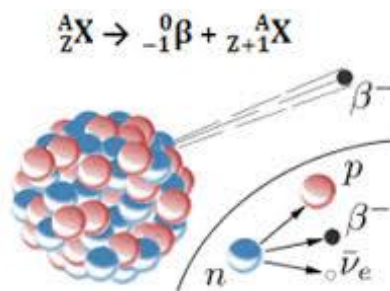
Cada partícula β é um elétron emitido em alta velocidade pelo núcleo radioativo. Admite-se que a partícula β (elétron) deve ser formada pela desintegração de um nêutron.



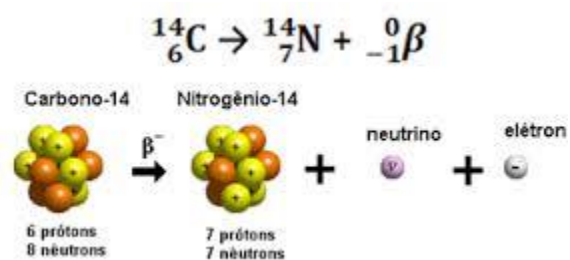
Esse elétron é imediatamente expulso pelo núcleo e recebe a denominação de partícula β . A partícula beta é representada por ${}_{-1}^0\beta$

O neutrino é uma partícula de carga nula e massa desprezível, já que possui uma massa 20 vezes menor do que a massa do elétron.

Lei de Soddy-Fajans-Russel: Quando um elemento radioativo emite uma partícula β , seu número atômico aumenta uma unidade, e o seu número de massa não se altera.



No exemplo abaixo, o carbono-14 se transforma em seu isóbaro nitrogênio-14, em uma transmutação natural que acontece com emissão de partículas beta.

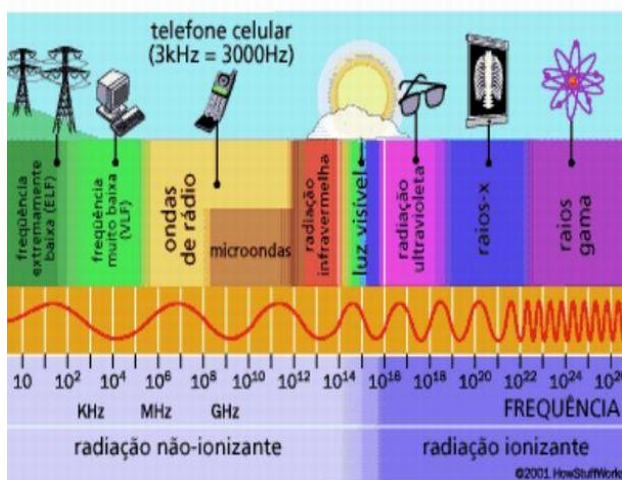


Radiação γ

As emissões gama (γ) não são partículas, mas ondas eletromagnéticas semelhantes à luz, porém de comprimento de onda muito menor e, portanto, de energia muito mais elevada, superando os raios X.

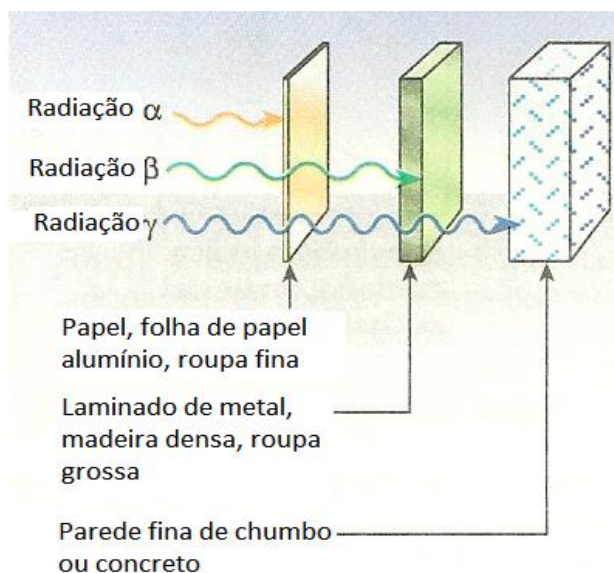
REAÇÕES NUCLEARES

As emissões gama não possuem massa e nem carga elétrica, logo, não sofrem desvio ao atravessar um campo elétrico ou magnético. Essas emissões não alteram os números atômico e de massa do átomo.



As radiações α , β e γ possuem diferentes poderes de penetração, isto é, diferentes capacidades para atravessar os materiais.

Uma partícula α pode penetrar até 0,05 cm na pele e uma β , até 1,5 cm. A radiação γ , por sua vez, facilmente atravessa todo o nosso organismo.



Propriedades	Alfa (α)	Beta (β)	Gama (γ)
Velocidade	5% a 10% da velocidade da luz	90% da velocidade da luz	Igual a velocidade da luz
Poder de penetração	Baixo	Médio. 50 a 100 vezes maior que a alfa	Altíssimo

As emissões α , β e γ são ionizantes, ou seja, são capazes de arrancar elétrons de estruturas químicas. Ao atravessar os tecidos biológicos, elas provocam a ionização de moléculas existentes nas células. Essa ionização pode conduzir a reações químicas anormais e à destruição da célula ou alteração de suas funções, o que pode provocar câncer.

A partícula alfa, por ser positiva, apresenta o maior poder ionizante e a gama o menor.

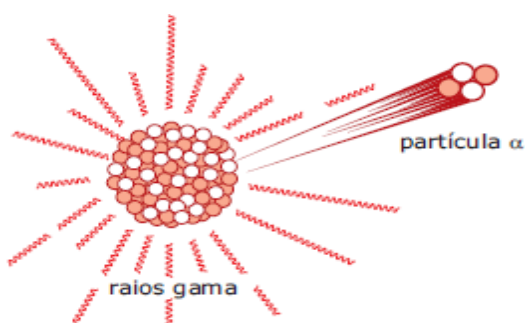
A partícula alfa é a que apresenta menor velocidade, entretanto, apresenta a maior energia, já que sua massa é maior.

2.2- Estabilidade nuclear

A estabilidade nuclear depende diretamente da relação entre o número de nêutrons e o número de prótons.

$\frac{n}{p}$ entre 1 e 1,5	Estabilidade. Exceto o ${}^1_1\text{H}$, todos os núcleos estáveis contêm pelo menos um nêutron. À medida que o número de prótons do núcleo aumenta, o número de nêutrons por próton também aumenta.
$\frac{n}{p} > 1,5$ ($n > p$)	Instabilidade. Tendência de emissão de partículas ${}^0_{-1}\beta$ ou 1_0n quando possuem muitos nêutrons em relação ao número de prótons.
$\frac{n}{p} < 1$ ($p > n$)	Instabilidade. Emissão de pósitrons (${}^0_{+1}\beta$) ou captura K (captura de um elétron da camada K da eletrosfera e emissão de raios X).

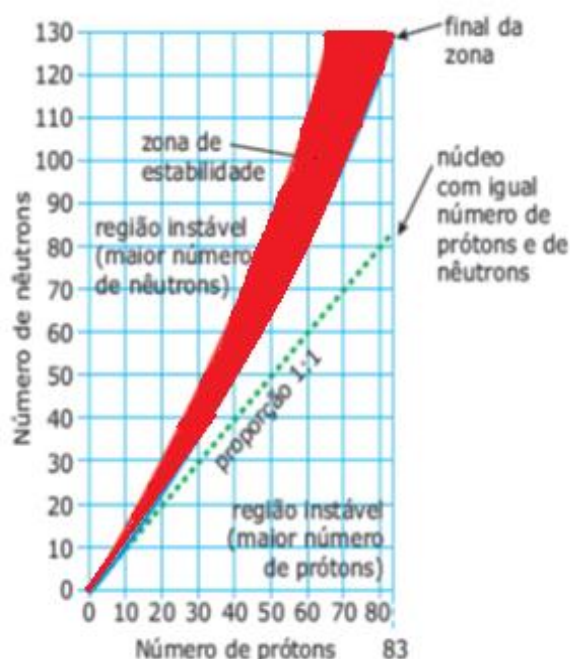
Em alguns casos, o número de prótons e de nêutrons é tão alto que a força de ligação nuclear não é suficiente para mantê-los unidos. Nesses casos, ocorre emissão alfa para diminuir tanto o número de nêutrons como o de prótons.



Todos os isótopos dos elementos com números atômicos superiores a 83 são radioativos.

O gráfico a seguir é do número de nêutrons em função do número de prótons para vários isótopos. Os núcleos estáveis situam-se em uma área do gráfico conhecida como faixa de estabilidade. A maior parte dos núcleos radioativos fica fora dessa faixa. Acima dela, os núcleos têm razões nêutrons/prótons maiores que aqueles que estão dentro da faixa de estabilidade (para o mesmo número de prótons). Assim, para diminuir a razão, os núcleos tendem a emitir partículas β .

Relação do número de prótons e de nêutrons com a estabilidade



2.3- Cinética das desintegrações

Não é possível prever com exatidão a duração de um núcleo radioativo, pois ele poderá permanecer sem se desintegrar durante segundos, dias ou até séculos. Contudo, existem cálculos estatísticos capazes de fornecer uma expectativa do tempo de vida de um núcleo radioativo.

Período de semidesintegração ou meia-vida ($t_{1/2}$ ou P) é o tempo necessário para que a metade dos átomos presentes em uma amostra se desintegre.

REAÇÕES NUCLEARES

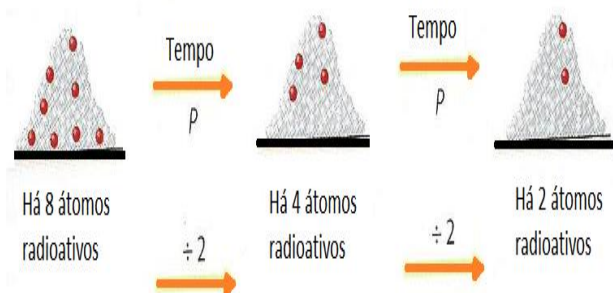
$$t = xP$$

em que

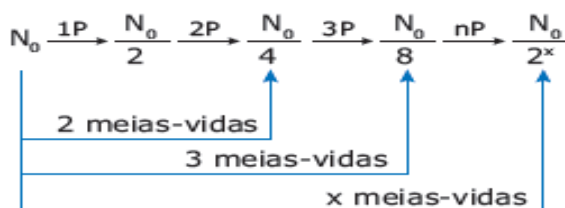
P= tempo correspondente a uma meia vida.

Alguns exemplos:

Meia vida de alguns elementos		
Elemento	Símbol	Meia-vida
Urânio 238	^{238}U	4,5 milhões de anos
Plutônio 239	^{239}Pu	24100 anos
Rádio 226	^{226}Ra	1600 anos
Césio 137	^{137}Cs	30,2 anos
Cobalto 60	^{60}Co	5,27 anos
Iodo 128	^{128}I	25 min
Cobre 64	^{64}Cu	12,7 horas
Carbono 14	^{14}C	5730 ano



O tempo de meia-vida está relacionado à estabilidade do nuclídeo radioativo da seguinte forma: quanto menor o tempo de meia-vida mais instável é o nuclídeo.



Decorridas x meias-vidas, o número final de átomos (N) em uma amostra radioativa será

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

em que

N= número final de átomos em uma amostra radioativa

N_0 = número inicial de átomos em uma amostra radioativa

X= número de meias-vidas.

Nessa expressão, N e N_0 podem também representar a massa final(m) e a massa inicial (m_0) de uma amostra radioativa.

Assim,

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

O tempo (t) correspondente a x meias-vidas é dado por

OBSERVAÇÕES

1. A temperatura não interfere na velocidade dos processos radioativos, ou seja, não altera os fenômenos nucleares.
2. A meia-vida, ou período de semidesintegração de um elemento, não depende do número de átomos ou da massa inicial da amostra.
3. A atividade radioativa de uma amostra diminui no decorrer do tempo porque o número de desintegrações diminui.

Baseando-se nas informações acima, podemos afirmar que o gráfico abaixo representa o comportamento de qualquer material radioativo.



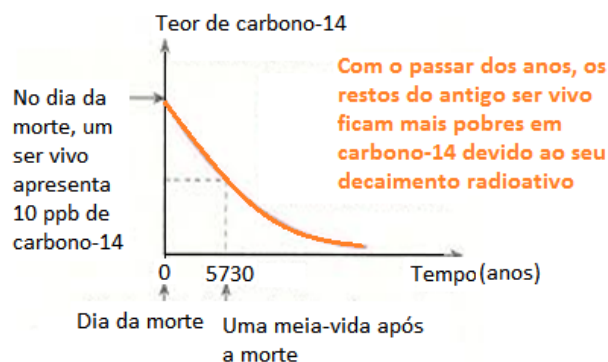
REAÇÕES NUCLEARES

Uma interessante aplicação do tempo de meia-vida é a chamada datação por carbono-14:



Os cientistas conseguem determinar a idade de um fóssil com menos de 40.000 anos de idade utilizando o método do carbono-14 (^{14}C) ou carbono radioativo. Isso é feito a partir da relação existente entre a quantidade de ^{14}C restante no fóssil e a quantidade de ^{14}C em uma espécie semelhante atual. Apesar de sofrer decaimento radioativo, a quantidade de carbono-14 na atmosfera, em particular em moléculas de CO_2 , é praticamente constante devido à incidência dos raios cósmicos, que atingem a Terra a todo instante. Assim, por fazerem parte do ciclo do carbono, animais e vegetais mantêm uma quantidade praticamente constante de carbono-14 em sua constituição enquanto estão vivos. Porém, quando morrem, cessa a entrada de carbono no organismo e esse número vai diminuindo à medida que o carbono-14 vai decaindo radioativamente. A meia-vida do carbono-14, isto é, o tempo necessário para que metade dos átomos radioativos de uma amostra decaia, é constante e de aproximadamente 5.730 anos.

Observe o gráfico:



Exercícios resolvidos

01- A meia-vida do polônio-218 é 3 min. Qual é o tempo necessário para que uma amostra desse nuclídeo se reduza à quarta parte do inicial?

Partindo inicialmente de 1, após uma meia-vida, teremos $\frac{1}{2}$ e, após outra meia-vida, restará $\frac{1}{4}$ da amostra.



Assim, o tempo total transcorrido será de 6 minutos.

02- Quantas meias-vidas devem transcorrer para que 93,75% de um certo radionuclídeo sofra decaimento nuclear?

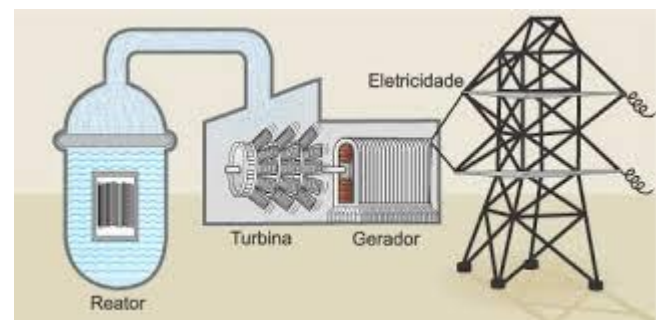
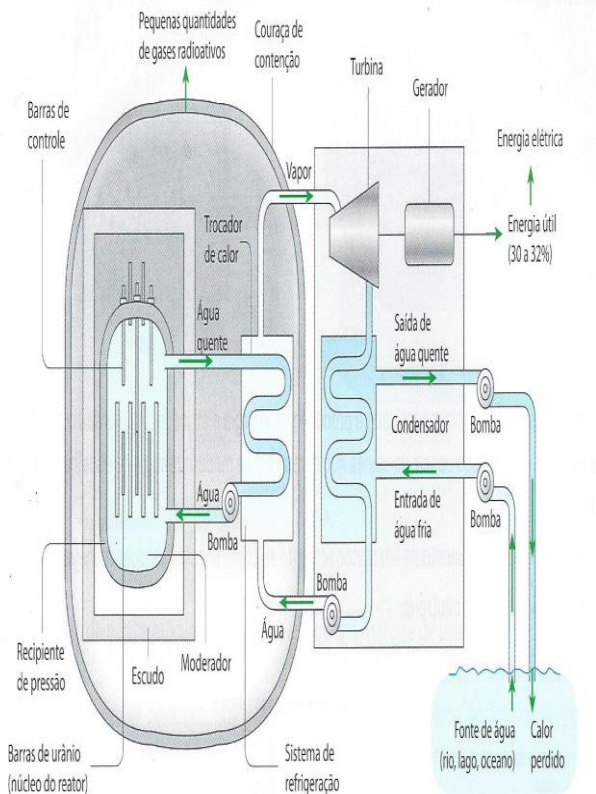
Se 93,75% sofrerão decaimento nuclear, restarão 6,25%. Esquemáticamente:



Portanto, o tempo total é de 4 meias-vidas.

REAÇÕES NUCLEARES

Esquema de um reator nuclear de água pressurizada (PWR) semelhante ao usado na Usina de Angra dos Reis



3.3- Lixo atômico



A água de um rio é utilizada pela usina nuclear para condensar a água que movimenta a turbina. Essa água retorna ao rio a uma temperatura maior, o que acarreta poluição térmica do rio, afetando várias espécies biológicas.

Durante esse processo, temos a seguinte conversão de energia:

Energia nuclear → energia mecânica → energia térmica → energia elétrica

O processo de fissão produz um resíduo extremamente perigoso, representando um alto risco à população e ao meio ambiente. Esse resíduo é denominado lixo atômico ou nuclear.

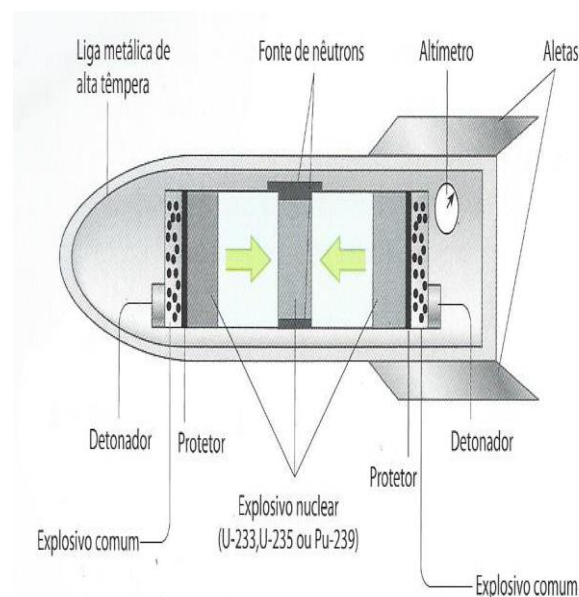
O lixo nuclear é constituído de uma série de radionuclídeos (já foram identificados mais de 200 radionuclídeos diferentes) que normalmente possuem uma meia-vida longa. Por esse motivo, é necessário armazená-los em recipientes de chumbo e concreto e guardá-los em locais seguros por um tempo suficiente para que a radiação emitida atinja níveis não prejudiciais.

REAÇÕES NUCLEARES

3.4- Bomba atômica (Bomba A)



A bomba atômica é detonada em três estágios. O primeiro consiste em detonar a espoleta da bomba, uma carga de TNT, que, ao explodir, libera energia suficiente para juntar massas de material físsil (normalmente urânio-235 ou plutônio-239). Quando essas massas se juntam, formam uma massa denominada massa supercrítica, completando o segundo estágio. No terceiro estágio, a massa supercrítica recebe recebe nêutrons, dando origem à reação em cadeia.

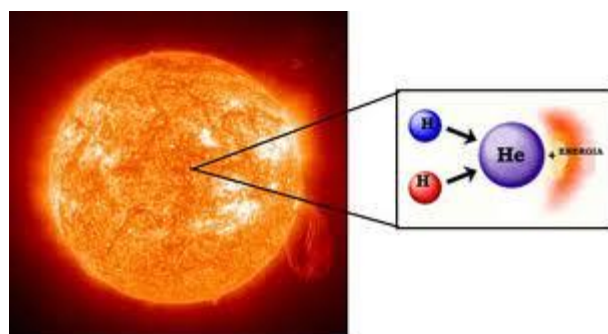


4- Fusão nuclear

No processo conhecido como fusão, núcleos leves combinam-se para formar núcleos mais pesados.

Exemplo: Energia solar.

Na superfície solar, admite-se que ocorre a reação de fusão de quatro núcleos de H para formar um núcleo de He.

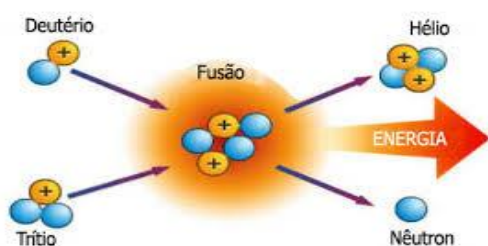


No processo, ocorre uma perda de massa, que é convertida em energia.

REAÇÕES NUCLEARES

O processo de fusão nuclear libera uma quantidade de energia muito maior do que o processo de fissão nuclear, além de produzir resíduos mais limpos (menos radioativos).

A temperatura necessária para vencer a repulsão entre os núcleos dos reagentes e realizar a fusão é da ordem de cem milhões de graus Celsius para a fusão de quatro átomos de hidrogênio e de um milhão de graus Celsius para a fusão de deutérios ($1H^2$) e trítios ($1H^3$), isótopos mais pesados do hidrogênio.



Temperaturas tão elevadas não são encontradas na Terra, porém a produção das bombas atômicas viabilizaram a realização das fusões.

Atualmente, já se pensa em reatores de fusão mais eficientes do que os reatores de fissão. O processo funcionaria a altas temperaturas, em que os átomos estariam desvinculados de seus elétrons. Esse estado denomina-se **plasma**. Trata-se de um campo de pesquisa intensivo.

4.1-Bomba de hidrogênio (Bomba H)

Em uma bomba de hidrogênio, a espoleta é uma bomba atômica que, ao ser detonada, libera uma quantidade de energia suficiente para elevar a temperatura e fundir os núcleos atômicos.

A fusão nuclear libera muito mais energia que a fissão nuclear (reação base da bomba atômica). Assim, estima-se que tenha poder de destruição cerca de 700 vezes maior que a bomba que foi lançada em Hiroshima

No ano de 1953, foi lançada a primeira bomba de hidrogênio pelos norte-americanos, como um teste apenas. No mesmo ano, os russos também realizaram explosões desse tipo de

bomba. Entre 1956 e 1957, foram registradas 18 explosões em nível experimental dos norte-americanos, ingleses e russos.

Esses testes pararam quando o cientista Linus Pauling conseguiu fazer com que os países citados assinassem, em 1964, um acordo se comprometendo a não realizar mais testes com bombas nucleares a céu aberto.



Exercícios

01-Nos produtos de fissão do urânio-235, já foram identificados mais de duzentos isótopos pertencentes a 35 elementos diferentes. Muitos deles emitem radiação, α , β , γ , representando um risco à população. Dentre os muitos nuclídeos presentes no lixo nuclear, podemos destacar o ^{137}Cs (césio-137), responsável pelo acidente ocorrido em Goiânia. Partindo do ^{137}I , quantas e de que tipo serão as partículas radioativas emitidas até se obter o Cs-137? (Dado: números atômicos: $_{55}\text{Cs}$; $_{53}\text{I}$)

- 1 partícula β .
- 1 partícula α .
- 2 partículas β .
- 2 partículas α .
- 2 partículas γ .

02-Sobre a fissão nuclear e a fusão nuclear, afirma-se corretamente que

- os termos são sinônimos.
- a fusão nuclear é responsável pela produção de luz e calor no Sol e em outras estrelas.
- apenas a fusão nuclear enfrenta o problema de como dispor o lixo radioativo de forma segura.
- a fusão nuclear é atualmente utilizada para produzir energia comercialmente em muitos países.
- ambos os métodos ainda estão em fase de pesquisa e não são usados comercialmente.

03-Os cientistas conseguem determinar a idade de um fóssil com menos de 40.000 anos de idade utilizando o método do carbono-14

REAÇÕES NUCLEARES



(^{14}C) ou carbono radioativo. Isso é feito a partir da relação existente entre a quantidade de ^{14}C restante no fóssil e a quantidade de ^{14}C em uma espécie semelhante atual. Apesar de sofrer decaimento radioativo, a quantidade de carbono-14 na atmosfera, em particular em moléculas de CO_2 , é praticamente constante devido à incidência dos raios cósmicos, que atingem a Terra a todo instante. Assim, por fazerem parte do ciclo do carbono, animais e vegetais mantêm uma quantidade praticamente constante de carbono-14 em sua constituição enquanto estão vivos. Porém, quando morrem, cessa a entrada de carbono no organismo e esse número vai diminuindo à medida que o carbono-14 vai decaindo radioativamente. A meia-vida do carbono-14, isto é, o tempo necessário para que metade dos átomos radioativos de uma amostra decaia, é constante e de aproximadamente 5.730 anos.

Disponível em:

<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,O1109680-E11426,00.html>.

Acesso em: 15 mar. 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, para se descobrir a idade de um fóssil que não poderia ter mais de 40.000 anos, é relevante determinar

- a) a meia-vida do carbono-14.
- b) se o fóssil é animal ou vegetal.
- c) se o fóssil tem mais de 5.730 anos.
- d) a quantidade de carbono-14 presente no fóssil.
- e) a relação entre as quantidades de carbono-14 em uma parte do fóssil e no fóssil todo.

04-Radioisótopos são frequentemente utilizados em diagnósticos por imagem. Um exemplo é aplicação de iodo-131 para detectar possíveis problemas associados à glândula tireoide. Para o exame, o paciente incorpora o isótopo radioativo pela ingestão de iodeto de potássio, o qual se concentrará na região a ser analisada. Um detector de radiação varre a região e um computador constrói a imagem que irá auxiliar no diagnóstico.

O radioisótopo em questão apresenta um tempo de meia-vida igual a 8 minutos e emite radiação gama e partículas beta em seu decaimento radioativo.

Química nuclear na medicina. Disponível em: www.qmc.ufsc.br. Acesso em: 28 jul. 2010 (adaptado).

No decaimento radioativo do iodo-131, tem-se a

- a) produção de uma partícula subatômica com carga positiva.
- b) possibilidade de sua aplicação na datação de fósseis.
- c) formação de um elemento químico com diferente número de massa.
- d) emissão de radiação que necessita de um meio material para se propagar.
- e) redução de sua massa a um quarto da massa inicial em menos de meia hora.

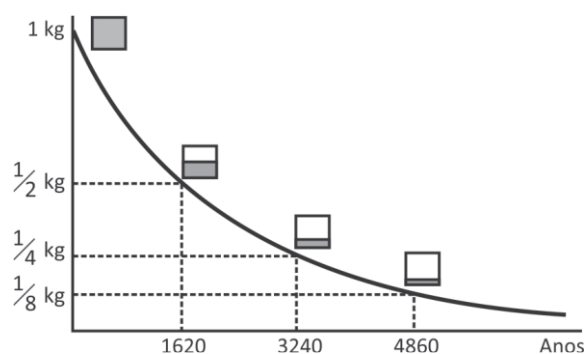
05-O processo de radiação de alimentos consiste em submeter os alimentos, já embalados ou a granel, a uma quantidade controlada de radiação ionizante, por determinado período de tempo. Esse procedimento não aumenta o nível de radioatividade normal dos alimentos. A aplicação de uma dose de radiação normalmente resulta na morte de insetos, bactérias, fungos e leveduras, aumentando, assim, o tempo de conservação dos alimentos, e pode retardar a maturação de algumas frutas e legumes, sendo possível, assim, aumentar seu período de armazenamento.

Em relação ao processo de conservação de alimentos descrito no texto, infere-se que

- a) frutas e legumes, quando submetidos a uma dose de radiação, apodrecem mais rapidamente.
- b) o processo de radiação de alimentos torna-os altamente radioativos e impróprios para o consumo humano.
- c) apenas os alimentos já embalados em recipientes adequados podem ser submetidos a uma dose de radiação ionizante.
- d) alimentos tratados com radiação ficam mais sensíveis ao ataque de insetos, bactérias patogênicas, fungos e leveduras.
- e) a aplicação da radiação em alimentos, com a eliminação de alguns agentes biológicos, contribui para a melhor conservação dos alimentos.

REAÇÕES NUCLEARES

06- (ENEM) O lixo radioativo ou nuclear é resultado da manipulação de materiais radioativos, utilizados hoje na agricultura, na indústria, na medicina, em pesquisas científicas, na produção de energia, etc. Embora a radioatividade se reduza com o tempo, o processo de decaimento radioativo de alguns materiais pode levar milhões de anos. Por isso, existe a necessidade de se fazer um descarte adequado e controlado de resíduos dessa natureza. A taxa de decaimento radioativo é medida em termos de um tempo característico, chamado meia-vida, que é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radioatividade original. O gráfico seguinte representa a taxa de decaimento radioativo do rádio-226, elemento químico pertencente à família dos metais alcalinos terrosos e que foi utilizado durante muito tempo na medicina.



As informações fornecidas mostram que

- quanto maior é a meia-vida de uma substância, mais rápido ela se desintegra.
- apenas $1/8$ de uma amostra rádio-226 terá decaído ao final de 4.860 anos.
- metade da quantidade original de rádio-226, ao final de 3.240 anos, ainda estará por decair.
- restará menos de 1% de rádio-226 em qualquer amostra dessa substância após decorridas 3 meias-vidas.
- a amostra de rádio-226 diminui a sua quantidade pela metade a cada intervalo de 1.620 anos devido à desintegração radioativa.

07- (ENEM) A energia geotérmica tem sua origem no núcleo derretido da Terra, onde as temperaturas atingem $4.000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Essa energia é primeiramente produzida pela decomposição

de materiais radioativos dentro do planeta. Em fontes geotérmicas, a água, aprisionada em um reservatório subterrâneo, é aquecida pelas rochas ao redor e fica submetida a altas pressões, podendo atingir temperaturas de até $370\text{ }^{\circ}\text{C}$ sem entrar em ebulição. Ao ser liberada na superfície, à pressão ambiente, ela se vaporiza e se resfria, formando fontes ou gêiseres. O vapor de poços geotérmicos é separado da água e é utilizado no funcionamento de turbinas para gerar eletricidade. A água quente pode ser utilizada para aquecimento direto ou em usinas de dessalinização.

HINRICHS, Roger A. *Energia e Meio Ambiente*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (Adaptado).

Sob o aspecto da conversão de energia, as usinas geotérmicas

- funcionam com base na conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica.
- podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.
- podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.
- assemelham-se às usinas nucleares no que diz respeito à conversão de energia térmica em cinética e, depois, em elétrica.
- utilizam a mesma fonte primária de energia que as usinas nucleares, sendo, portanto, semelhantes os riscos decorrentes de ambas.

08- (ENEM) Na música “Bye, bye, Brasil”, de Chico Buarque de Holanda e Roberto Menescal, os versos

*puseram uma usina no mar
Talvez fique ruim pra pescar*

Poderiam estar se referindo à usina nuclear de Angra dos Reis, no litoral do Estado do Rio de Janeiro. No caso de tratar-se dessa usina, em **funcionamento normal**, dificuldades para a pesca nas proximidades poderiam ser causadas

REAÇÕES NUCLEARES



- a) pelo aquecimento das águas, utilizadas para a refrigeração da usina, que alteraria a fauna marinha.
- b) pela oxidação de equipamentos pesados e por detonações que espantariam os peixes.
- c) pelos rejeitos radioativos lançados continuamente no mar, que provocariam a morte dos peixes.
- d) pela contaminação por metais pesados dos processos de enriquecimento do urânio.
- e) pelo vazamento de lixo atômico colocado em tonéis e lançado ao mar nas vizinhanças da usina.

09- (ENEM) O funcionamento de uma usina nucleoeletrica típica baseia-se na liberaçao de energia resultante da divisao do núcleo do urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissao nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentraçao de apenas 4% de material fissil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentraçoes acima de 20% de urânio fissil, cuja obtençao é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não fissil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material fissil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoeletricas. Considerando-se essas informaçoes, é correto afirmar que

- a) a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilizaçao em armas nucleares.
- b) a proibição de se instalarem novas usinas nucleoeletricas não causará impacto na oferta mundial de energia.
- c) a existência de usinas nucleoeletricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- d) a obtençao de grandes concentraçoes de urânio fissil é viabilizada em usinas nucleoeletricas.
- e) a baixa concentraçao de urânio fissil em usinas nucleoeletricas impossibilita o desenvolvimento energético.

10- (ENEM) Com a crescente demanda de energia elétrica, decorrente do modo de vida da sociedade moderna, tornou-

se necessário que mais de uma fonte de energia seja estudada e aplicada, levando-se em conta os impactos ambientais e sociais a serem gerados em curto e longo prazo. Com isso, o uso da energia nuclear tem sido muito debatido no mundo. O questionamento principal é se valerá a pena construir centrais de produçao nuclear ou é preferível investir em outros tipos de energias que sejam renováveis.

Disponível em: <http://energiaeambiente.wordpress.com>.
<http://www.comciencia.br>.

Um argumento favorável ao uso da energia nuclear é o fato de

- a) seu preço de instalaçao ser menor que o das demais fontes de energia.
- b) o tratamento de seus rejeitos ser um processo simples.
- c) de ser uma energia limpa, de baixo custo, que não causa impactos ambientais.
- d) ser curto o tempo de atividade dos resíduos produzidos na sua geraçao.
- e) ser uma energia limpa embora não seja renovável.

11- (ENEM) O quadro a seguir mostra algumas características de diferentes fontes de energia.

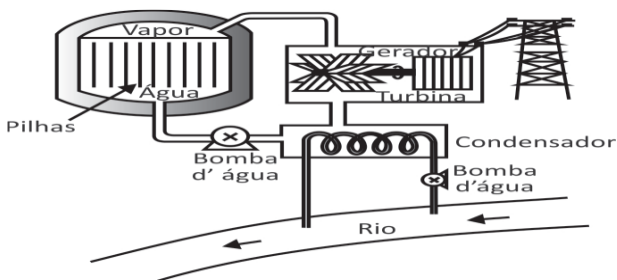
REAÇÕES NUCLEARES

Fontes de energia	Características
I	Elevado custo para instalação da usina; alto potencial energético; não emite gases de efeito estufa; alto risco para a saúde da população em caso de acidentes.
II	Não renovável; alto potencial energético; alta emissão de gases de efeito estufa; alto risco para o meio ambiente em caso de acidentes.
III	Renovável; menor custo de instalação da usina, se comparada à de usinas que utilizam as demais fontes; menor emissão de poluentes; danos ao meio ambiente para implantação de monoculturas.
IV	Renovável; alto custo para implantação; não emite poluentes; depende de fatores climáticos para geração da energia; não causa prejuízo ao meio ambiente.

No quadro, as características de I a IV, referem-se, respectivamente, às seguintes fontes de energia:

- fóssil, biomassa, eólica e nuclear.
- eólica, fóssil, nuclear e biomassa.
- nuclear, biomassa, fóssil e eólica.
- nuclear, fóssil, biomassa e eólica.
- fóssil, nuclear, biomassa e eólica.

12- (ENEM) A energia térmica liberada em processos de fissão nuclear pode ser utilizada na geração de vapor para produzir energia mecânica que, por sua vez, será convertida em energia elétrica. Adiante, está representado um esquema básico de uma usina de energia nuclear

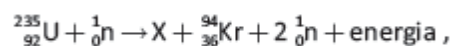


Com relação ao impacto ambiental causado pela poluição térmica no processo de refrigeração da usina nuclear, são feitas as seguintes afirmações:

- o aumento na temperatura reduz, na água do rio, a quantidade de oxigênio nela dissolvido, que é essencial para a vida aquática e para a decomposição da matéria orgânica;
 - o aumento da temperatura da água modifica o metabolismo dos peixes;
 - o aumento na temperatura da água diminui o crescimento de bactérias e de algas, favorecendo o desenvolvimento da vegetação.
- Das afirmações acima, somente está(ão) correta(s)

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

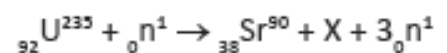
13- Na reação de fissão nuclear do urânio $^{235}_{92}\text{U}$, representado pela equação química



pode-se afirmar que X possui

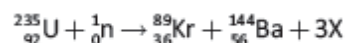
- 84 nêutrons e número de massa igual a 141.
- 55 prótons e número de massa igual a 140.
- 56 prótons e número de massa igual a 141.
- 56 prótons e 85 nêutrons.
- 56 prótons e 84 nêutrons.

14- Assinale a alternativa que indica o isótopo do elemento X que completa a reação de fissão nuclear:



- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| (A) $^{145}_{33}\text{I}$ | (D) $^{144}_{34}\text{Xe}$ |
| (B) $^{143}_{33}\text{I}$ | (E) $^{143}_{34}\text{Xe}$ |
| (C) $^{145}_{31}\text{Sb}$ | |

15- Um exemplo típico de fissão nuclear é:



Nesta equação, X representa

- | | |
|--------------------|-------------|
| a) partícula alfa. | d) nêutron. |
| b) partícula beta. | e) elétron. |
| c) próton. | |

REAÇÕES NUCLEARES



16- (ENEM/2014) A elevação da temperatura das águas de rios, lagos e mares diminui a solubilidade do oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás. Se essa elevação de temperatura acontece por meios artificiais, dizemos que existe poluição térmica. As usinas nucleares, pela própria natureza do processo de geração de energia, podem causar esse tipo de poluição.

Que parte do ciclo de geração de energia, podem causar este tipo de poluição?

- a) Fissão do material radioativo.
- b) Condensação do vapor d'água no final do processo.
- c) Conversão de energia das turbinas pelos geradores.
- d) Aquecimento da água líquida para gerar vapor d'água
- e) Lançamento do vapor d'água sobre as pás das turbinas.

17- (CMMG/12) A compreensão das propriedades da interação das radiações com a matéria é importante para: operar os equipamentos de detecção, conhecer e controlar os riscos biológicos sujeitos à radiação, além de possibilitar a interpretação correta dos resultados dos radioensaios.

- I- A radiação gama possui alto poder de penetração, podendo causar danos irreparáveis ao ser humano.
- II- As partículas alfa são leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível.
- III- As emissões gama são radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios-X, não possuem carga elétrica e nem massa.
- IV- As partículas alfa são partículas pesadas de carga elétrica positiva que, ao incidirem sobre o corpo humano, geralmente causam queimaduras de 3º grau.
- V- As partículas beta são mais penetrantes e menos energéticas que as partículas alfa.

Das afirmações feitas em relação às partículas radioativas, estão CORRETAS

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

18- (UNESP/12) Durante sua visita ao Brasil, em 1928, Marie Curie analisou e constatou o valor terapêutico das águas radioativas da cidade de Águas de Lindoia, SP. Uma amostra de água de uma das fontes apresentou concentração de Urânio igual a $0,16 \mu\text{g/L}$. Supondo que o Urânio dissolvido nessas águas seja encontrado na forma de seu isótopo mais abundante, ^{238}U , cuja meia-vida é aproximadamente 5×10^9 anos, o tempo necessário para que a concentração desse isótopo na amostra seja reduzida para $0,02 \mu\text{g/L}$ será de

- a) 5×10^9 anos
- b) 10×10^9 anos
- c) 15×10^9 anos
- d) 20×10^9 anos
- e) 25×10^9 anos

19- (UFPE/12) Uma série de processos de decaimento radioativo natural tem início com o isótopo 238 de urânio ($Z=92$). Após um processo de emissão de partícula alfa, seguido de duas emissões sucessivas de radiação beta, uma nova emissão de partícula alfa ocorre. Com base nessas informações julgue as proposições a seguir:

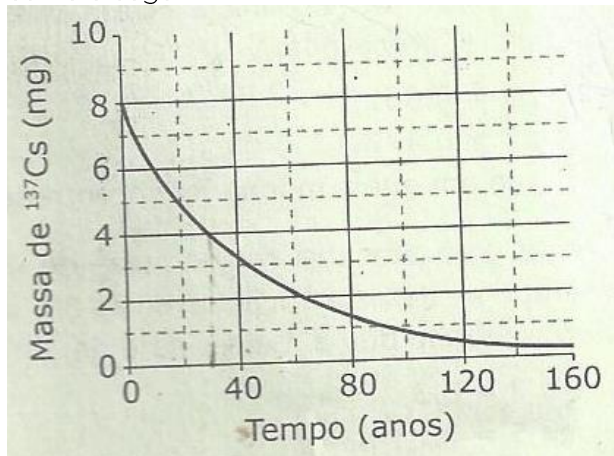
- () O isótopo 238 do urânio possui 148 nêutrons.
- () O elemento que emite a segunda partícula, na série, possui número de massa 230, e não é um isótopo do urânio.
- () O elemento que resulta da emissão alfa do urânio - 238 é o isótopo 234 do elemento de número atômico 90.
- () O elemento que resulta da última emissão de partícula alfa, descrita anteriormente, possui 90 prótons e 140 nêutrons.
- () O elemento resultante da segunda emissão beta é isóbaro do elemento resultante da primeira emissão alfa.

20- (PUC) O cézio-137 é um isótopo radioativo bastante conhecido no Brasil devido à contaminação que ocorreu em 1987 em Goiânia. Este ano, esse radioisótopo voltou às

REAÇÕES NUCLEARES

manchetes de jornal após os vazamentos radioativos que ocorreram na usina de Fukushima, consequência do tsunami que atingiu o Japão.

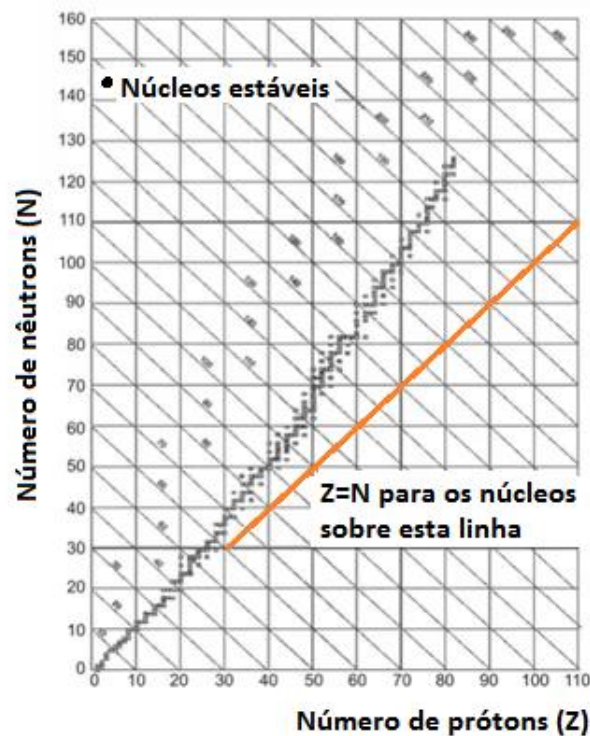
O céσιο-137 é um emissor beta e seu decaimento radioativo é representado pela curva a seguir:



Análise do texto e do gráfico permite concluir que o isótopo gerado pelo decaimento do céσιο-137 e a meia vida desse processo são, respectivamente,

- a) ^{137}Xe e 55 anos
- b) ^{133}Cs e 30 anos
- c) ^{131}I e 55 anos
- d) ^{137}Ba e 30 anos
- e) ^{137}Ba e 120 anos

21- (ENEM) Os núcleos dos átomos são constituídos de prótons e nêutrons, sendo ambos os principais responsáveis pela sua massa. Nota-se que, na maioria dos núcleos, essas partículas não estão presentes na mesma proporção. O gráfico mostra a quantidade de nêutrons (N) em função da quantidade de prótons (Z) para os núcleos estáveis conhecidos



O antimônio é um elemento químico que possui 50 prótons e possui vários isótopos – átomos que só se diferem pelo número de nêutrons. De acordo com o gráfico, os isótopos estáveis do antimônio possuem

- a) entre 12 e 24 nêutrons a menos que o número de prótons.
- b) exatamente o mesmo número de prótons e nêutrons.
- c) entre 0 e 12 nêutrons a mais que o número de prótons.
- d) entre 12 e 24 nêutrons a mais que o número de prótons.
- e) entre 0 e 12 nêutrons a menos que o número de prótons.

22- (ENEM/13) Glicose marcada com nuclídeos de carbono-11 é utilizada na medicina para se obter imagens tridimensionais do cérebro, por meio de tomografia de emissão de pósitrons. A desintegração do carbono-11 gera um pósitron, com tempo de meia-vida de 20,4 min, de acordo com a equação da reação nuclear:



REAÇÕES NUCLEARES



A partir da injeção de glicose marcada com esse nuclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é cinco meias-vidas.

Considerando que o medicamento contém 1,00 g do carbono-11, a massa, em miligramas, do nuclídeo restante, após a aquisição da imagem, é mais próxima de

- a) 0,200
- b) 0,969
- c) 9,80
- d) 31,3
- e) 200

Gabarito:

1	C	12	A
2	B	13	E
3	D	14	E
4	E	15	D
5	E	16	B
6	E	17	C
7	D	18	C
8	A	19	FFVVV
9	C	20	D
10	E	21	D
11	D	22	D