

RADIOATIVIDADE



TEORIA E EXERCÍCIOS: RESOLUÇÃO COMENTADA

CLEOMAN PORTO


Edunb

Cleoman Porto é nutricionista formado pela Universidade de Brasília (UnB) e professor de química desde 1977.

Lecionou em diversas escolas particulares de Brasília no ensino médio, ensino supletivo e pré-vestibular.

Atualmente leciona na rede pública de ensino do Distrito Federal e em cursos pré-vestibulares da rede particular.

Participou de inúmeros cursos, seminários e encontros envolvendo o ensino significativo de química. Foi membro do subcomitê de elaboração dos conteúdos do Programa de Avaliação Seriada (PAS) da UnB.

Radioatividade e suas aplicações

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Reitor

Lauro Morhy

Vice-Reitor

Timothy Martin Mulholland

EDITORA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Diretor

Alexandre Lima

CONSELHO EDITORIAL

Airton Lugarinho de Lima Camara. Alexandre Lima.
Elizabeth Cancelli. Estevão Chaves de Rezende Martins.
Henryk Siewierski. José Maria G. de Almeida Júnior.
Moema Malheiros Pontes. Reinhardt Adolfo Fuck.
Sérgio Paulo Rouanet. Sylvia Ficher



40 anos

Editora Universidade de Brasília



Cleoman Porto

Radioatividade e suas aplicações

Teoria e exercícios
RESOLUÇÃO COMENTADA


Edunb

Equipe editorial: Airton Lugarinho (Supervisão editorial); Rejane de Meneses (Acompanhamento editorial); Cristina Victor (Preparação de originais); Sarah Ribeiro Pontes e Sonja Cavalcanti (Revisão); Fernando M. das Neves (Editoração eletrônica); Célia Matsunaga (Capa)

Copyright © 2001 by Cleoman Porto

Impresso no Brasil

Direitos exclusivos para esta edição:

Editora Universidade de Brasília
SCS Q. 02 Bloco C Nº 78
Ed. OK 2º andar
70300-500 Brasília DF
Tel: (0xx61) 226-6874
Fax: (0xx61) 225-5611
editora@unb.br

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser armazenada ou reproduzida por qualquer meio sem a autorização por escrito da Editora.

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca Central da Universidade de Brasília

Porto, Cleoman
P853 Radioatividade e suas aplicações: teoria e exercícios; resolução comentada. / Cleoman Porto. – Brasília : Editora Universidade de Brasília, 2001.

96 p.

ISBN: 85-230-0622-2

1. Química-Ensino médio. I. Título.

CDU 373.5:54

A rosa de Hiroshima

*Pensem nas crianças
Mudas telepáticas
Pensem nas meninas
Cegas inexatas
Pensem nas mulheres
Rotas alteradas
Pensem nas feridas
Como rosas cálidas
Mas oh! não se esqueçam
Da rosa da rosa
Da rosa de Hiroshima
A rosa hereditária
A rosa radioativa
Estúpida e inválida
A rosa com cirrose
A anti-rosa atômica
Sem cor sem perfume
Sem rosa sem nada.*

Vinícius de Moraes

A todas as vidas que são salvas diariamente com o uso pacífico da radioatividade.

Dedicatória especial

À memória do meu irmão bebê José Carlos da Silva Porto, que no ano de 1968 foi levado de nosso convívio com seis meses de vida. Seu sorriso (com três covinhas) e seu pezinho engessado estarão sempre presentes em nossas vidas.

Sumário

INTRODUÇÃO. **11**

MARIE CURIE: UM EXEMPLO DE DETERMINAÇÃO NA HISTÓRIA
DA CIÊNCIA, **13**

LEIS DA RADIOATIVIDADE, **15**

A FUSÃO NUCLEAR CONTROLADA PARA O SÉCULO XXI, **21**

TRANSMUTAÇÃO ARTIFICIAL, **29**

OS EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES, **33**

QUESTÕES, **41**

RESOLUÇÃO COMENTADA DAS QUESTÕES, **69**

SUGESTÕES DE LEITURA, **81**

GLOSSÁRIO. **83**

APÊNDICE, **95**

Introdução

Energia nuclear

O termo energia nuclear suscita, às vezes, na sociedade, lembranças terríveis como as explosões nucleares da Segunda Guerra Mundial, que vitimaram milhares de pessoas, e os acidentes nucleares como os que ocorreram em Three Mile Island (USA) em 1979, Chernobyl (ex-URSS) em 1986 e Goiânia em 1987.

No entanto, se utilizada para fins pacíficos, de forma criteriosa e responsável, a energia nuclear pode trazer grandes benefícios à humanidade. É de grande importância na radioterapia do câncer, no diagnóstico de fraturas ósseas e na agricultura, em que é utilizada na conservação de alimentos e na eliminação de pragas.

A usina nuclear de Angra dos Reis produz grande parte da energia elétrica consumida no Estado do Rio de Janeiro: cerca de 20% do total.

A energia nuclear, em suas diversas aplicações, deve ser acompanhada por uma rígida fiscalização dos go-

vernos e da sociedade, a fim de prevenir riscos de acidentes ou prováveis danos ao meio ambiente.

A energia nuclear é liberada através de reações nucleares que ocorrem no núcleo instável de determinados átomos, ao contrário das reações químicas que são de natureza extranuclear.

Reação nuclear – aquela que altera o núcleo do átomo.

Reação química – aquela que altera a eletrosfera do átomo.

A descoberta da radioatividade

Henry Becquerel (1852-1908) no ano de 1896 estabeleceu que os sais de urânio emitiam radiações análogas às dos raios-X, as quais impressionavam chapas fotográficas.

A essa propriedade, Becquerel deu o nome de radioatividade do sal de urânio.

Em 1898, o casal Curie (Marie Sklodovska e Pierre) iniciou suas pesquisas acerca da radioatividade e descobriu os elementos radioativos polônio e rádio.

Marie Curie: um exemplo de determinação na história da ciência

Marie Sklodovska nasceu em Varsóvia, capital da Polônia, em 1867. Em 1891, mudou-se para a França e iniciou estudos universitários. Viveu ali com poucos recursos, chegando, certa vez, a desmaiar de fome durante uma aula.

Quatro anos depois, casou-se com o químico francês Pierre Curie.

A cientista polonesa Marie Sklodovska Curie (1867-1934) e seu esposo Pierre Curie (1859-1906), continuando as pesquisas de Becquerel e trabalhando com a pechblenda (minério de urânio), após retirarem todo o urânio, observaram que ainda havia uma forte emissão de raios invisíveis, semelhantes aos do urânio. Após um exaustivo e intenso trabalho de separações, isolaram um novo elemento químico, o qual denominaram polônio, em homenagem à pátria de Marie Curie.

Conseguiram, ainda, isolar um décimo de grama do sal de um novo elemento mais ativo que o urânio, o que

recebeu o nome de rádio, e ao fenômeno de emissão de raios invisíveis produzidos pelo urânio, polônio e rádio, a cientista deu o nome de radioatividade.

Em 1903, dividiram com Becquerel o Prêmio Nobel de Física. Em 1911, ela receberia também o Prêmio Nobel de Química.

A filha de Marie e Pierre, Irène (1897-1956), juntamente com Jean Frédéric Joliot, seu marido, recebeu o Prêmio Nobel de Química de 1935.

Essa premiação resulta no fato inédito de cinco conquistas do Prêmio Nobel por uma mesma família: *Pierre, em 1903; Marie, em 1903 e em 1911; Irène, em 1935 e Jean Frédéric também em 1935.*

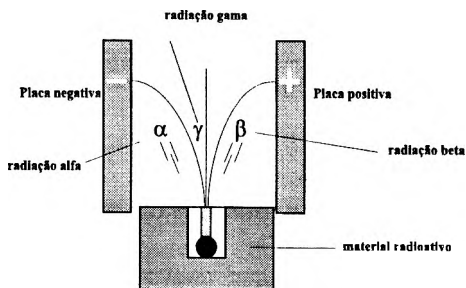
Isso dá a exata dimensão da importância da visita que Marie e sua filha Irène fizeram ao Instituto do Rádio, em Belo Horizonte, em agosto de 1926.

Leis da radioatividade

A descoberta dos raios α , β e γ

Ernest Rutherford (1871-1937) em 1897 constatou que as radiações emitidas pelos sais de urânio possuíam diferentes poderes de penetração. As mais penetrantes foram chamadas raios beta e as menos penetrantes raios alfa. Ambas podiam ser separadas por um campo elétrico (figura abaixo). Paul Villard, em 1900, na França, descobriu um terceiro tipo de radiação, à qual deu o nome de raio gama.

Figura 1
O experimento de Rutherford

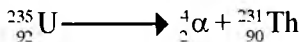


Principais tipos de radiação

Radiação alfa (${}^4_2\alpha$) – É formada por dois prótons e dois nêutrons. É semelhante ao núcleo do hélio (${}^4_2\text{He}$).

Lei de Soddy

“Quando um núcleo emite uma radiação alfa, seu número atômico diminui de duas unidades e seu número de massa diminui de quatro unidades”.



Radiação beta (${}^0_{-1}\beta$) – É formada por elétrons.

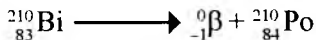
Então, faz-se a pergunta:

“Elétrons saem do núcleo?”. Podemos respondê-la com a seguinte explicação:

A radiação beta é resultante da desintegração de um nêutron no núcleo, formando, além do elétron, 1 próton e 1 neutrino: nêutron \longrightarrow próton + *elétron* + neutrino. Nessa desintegração, o elétron é expelido para fora do núcleo (radiação beta).

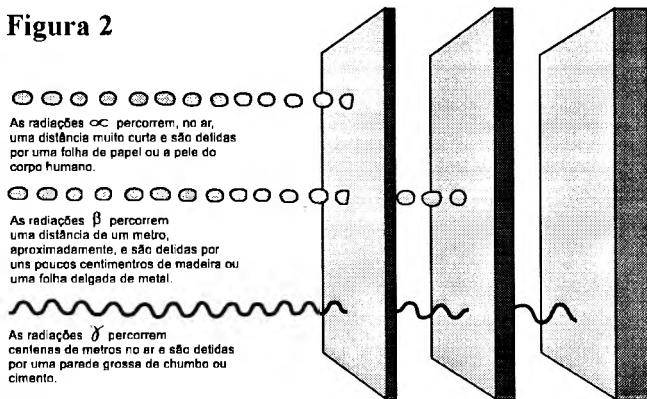
Lei de Soddy–Fajans–Russel

“Quando um elemento emite uma radiação beta, seu número atômico aumenta de uma unidade e seu número de massa permanece constante”.



Radiação gama (${}^0_0\gamma$) – É formada por ondas eletromagnéticas. Não possuem carga e nem massa.

Figura 2



É muito freqüente a pergunta:

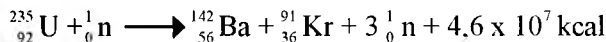
“Existem semelhança entre raios gama e raios-X?”.

Podemos respondê-la da seguinte forma:

Raios-X são formados também por ondas eletromagnéticas, mas diferem dos raios gama em virtude da sua origem. Os raios-X originam-se da eletrosfera do átomo.

Processos nucleares

Fissão nuclear – Divisão do núcleo de um átomo em dois núcleos menores, com liberação de energia.



Urânio – ocorrência na natureza

O urânio não ocorre livre. Aparece combinado na forma de UO_2 (pechblenda), U_3O_8 (uranita), $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (mica de urânio) e $\text{K}_2(\text{UO}_2)(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (carnalita). Na crosta terrestre participa com 3 ppm em peso.

Aplicações

O urânio é usado como combustível de reatores nucleares e artefatos nucleares. É usado na obtenção de plutônio (Pu) e outros elementos transurânicos.

O UO_2 é usado em reatores nucleares. É utilizado na obtenção do hexafluoreto de urânio (UF_6), usado para enriquecimento do urânio (separação do ^{238}U do ^{235}U).

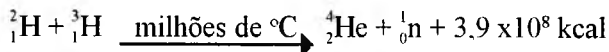
O US_2 é usado como lubrificante sólido.

Propriedades

$^{238}_{92}\text{U}$

Número atômico	92
Massa atômica	(238)
Densidade (20 °C)	19,0 g/cm ³
Energia de ionização	684 kJ/mol
Ponto de fusão	1132 °C
Ponto de ebulição	3818 °C
Raio atômico	139 pm
Eletronegatividade	1.38

Fusão nuclear – União de núcleos que produz um núcleo maior, com liberação de energia.



Os produtos da fusão não são radioativos e, por isso, não causam dano ao meio ambiente.

A fusão nuclear controlada para o século XXI

A fusão é o processo em que dois núcleos leves (como o hidrogênio) se combinam, ou se fundem, formando elementos mais pesados.

A temperatura necessária para se proceder à fusão é da ordem de 100 milhões de graus, pois assim os núcleos carregados positivamente poderão aproximar-se suficientemente um do outro, vencendo, dessa forma, a força de repulsão eletrostática entre eles. Nessa temperatura, o gás torna-se ionizado no estado de plasma (formando um fluido neutro entre os íons e os elétrons), não podendo estar em contato com as paredes materiais.

A idealização do reator de fusão baseado na configuração *Tokamak* (que é atualmente o mais avançado) prevê um campo magnético que permite isolar termicamente o plasma das paredes materiais.

A fusão é a fonte de energia do Sol e de outras estrelas.

Uma estrela começa a brilhar quando a matéria no seu núcleo atinge, por efeito das forças de gravitação,

densidades e temperaturas suficientes para desencadear reações termonucleares, liberando energia e permitindo equilibrar dinamicamente a gravitação e emitindo radiação para o espaço.

O desafio das pesquisas sobre a fusão é o de reproduzir reações semelhantes às que ocorrem no Sol e utilizá-las nos reatores em benefício da humanidade.

A fissão nuclear controlada

Na usina nuclear de Angra dos Reis, situada na praia de Itaorna, litoral do Estado do Rio de Janeiro, ocorre transformação de energia nuclear em energia elétrica.

Do total da energia gasta naquele estado, 20% provêm da usina nuclear de Angra I.

O reator nuclear

Num reator nuclear, é possível controlar o processo de fissão nuclear. A energia liberada durante esse processo é usada para transformar água em vapor, o que faz movimentar uma turbina, gerando energia elétrica.

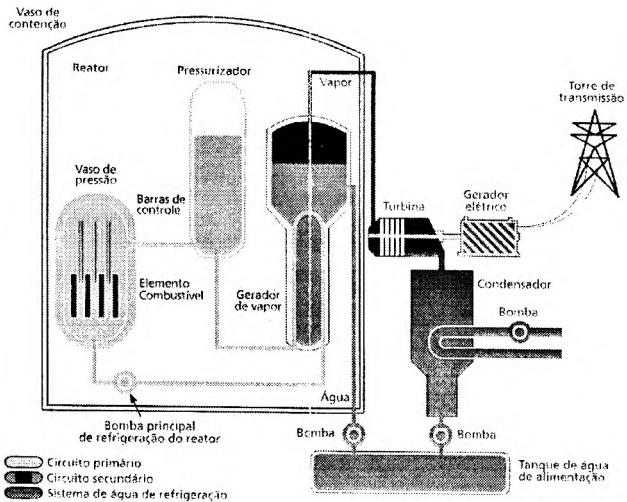
O reator escolhido para a usina nuclear de Angra I, cujo combustível é urânio enriquecido, refrigerado com água leve pressurizada conhecida como PWR (*pressurized water reactor*), é o mais utilizado internacionalmente.

Os reatores do tipo PWR utilizam circuitos térmicos independentes. O sistema de refrigeração do reator (primário) está isolado do circuito água-vapor da turbina

(secundário) pela interposição dos geradores de vapor. Além disso, o circuito secundário é isolado da fonte fria (a água do mar, no caso de Angra).

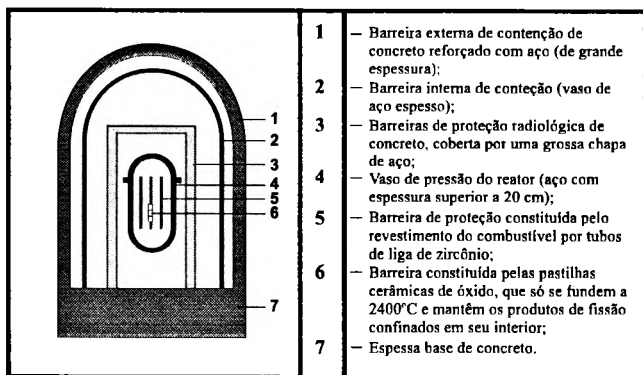
As instalações de conversão de vapor em energia elétrica são semelhantes àquelas das centrais térmicas convencionais.

FIGURA 3
Diagrama de uma usina nuclear PWR



Uma usina nuclear não pode explodir como uma bomba, pois o tipo de urânio utilizado como combustível impossibilita fisicamente uma explosão nuclear.

FIGURA 4
As barreiras de proteção da usina nuclear de
Angra I



Áreas de reservas de minério de urânio no Brasil

As maiores jazidas e minas de urânio do Brasil estão localizadas em Itataia (Ceará), Lagoa Real (Bahia), Figueira (Paraná), Espinhares (Paraíba) e Poços de Caldas (Minas Gerais).

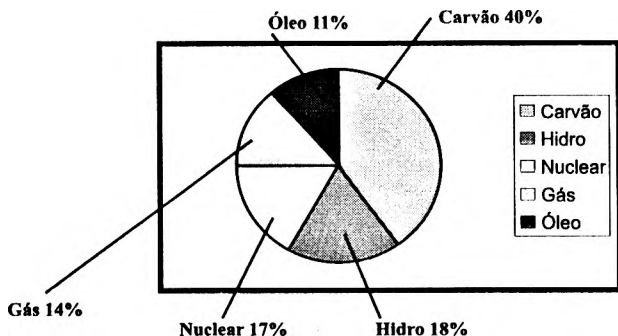
A energia nuclear no mundo

Atualmente, existem no mundo 442 usinas nucleares em operação e 36 em construção.

Em trinta anos, a participação da energia nuclear na produção de energia elétrica chegou a 17%, tornando-se a terceira fonte mais utilizada e ficando ao lado da energia hidrelétrica, que responde por 18% do consumo mundial.

FIGURA 5

As figuras apresentadas a seguir mostram a participação percentual das principais fontes de energia e, particularmente, de energia nuclear em diversos países.

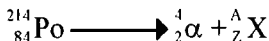


Participação da energia nuclear na produção de energia

Lituânia	83.4%	Finlândia	28.1%
França	77.4%	Reino Unido	26.0%
Bélgica	55.5%	Estados Unidos	21.9%
Suécia	52.4%	Rep. Tcheca	20.0%
Rep. Eslovaca	44.6%	Canadá	16.0%
Suíça	44.5%	Rússia	13.1%
Ucrânia	43.8%	Argentina	11.4%
Bulgária	42.2%	África do Sul	6.3%
Hungria	40.8%	México	5.1%
Eslovênia	37.9%	Holanda	4.8%
Armênia	36.7%	Índia	2.2%
Rep. Coreia	35.8%	Romênia	1.8%
Japão	33.4%	China	1.3%
Espanha	32.0%	Brasil	0.7%
Alemanha	30.3%		

Exercícios resolvidos

1. O elemento ${}_{84}^{214}\text{Po}$ emite uma partícula alfa e transforma-se em outro elemento. Calcule o número atômico e o número de massa do novo elemento.



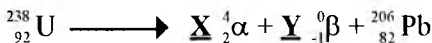
$$214 = 4 + A$$

$$\boxed{A = 210}$$

$$84 = 2 + Z$$

$$\boxed{Z = 82}$$

2. Na transformação do ${}_{92}^{238}\text{U}$ em ${}_{82}^{206}\text{Pb}$, calcule o número de partículas alfa e o número de partículas beta emitidas por átomo de urânio inicial.



$$238 = 4X + 0 + 206$$

$$4X = 238 - 206$$

$$\boxed{X = 8}$$

$$92 = 2X - Y + 82$$

$$92 - 82 = 2 \cdot 8 - Y$$

$$10 - 16 = -Y$$

$$\boxed{Y = 6}$$

Séries ou famílias radioativas

É um conjunto de átomos que estão relacionados entre si por sucessivas desintegrações.

Famílias radioativas naturais

Urânio	${}_{92}^{238}\text{U} \longrightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb}$
Actínio	${}_{92}^{235}\text{U} \longrightarrow {}_{82}^{207}\text{Pb}$
Tório	${}_{90}^{232}\text{Th} \longrightarrow {}_{82}^{208}\text{Pb}$

Para localizar a família de um elemento, divide-se o número de massa por 4.

Se o resto da divisão for:

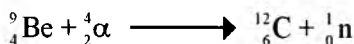
0, o elemento pertence à família do urânio
2, o elemento pertence à família do actínio
3, o elemento pertence à família do tório

Transmutação artificial

Transmutação nuclear

É a transformação de um nuclídeo em outro, após ser bombardeado por uma partícula.

(Reação da descoberta do nêutron feita em 1932)



Principais partículas das transmutações artificiais

Próton ${}^1_1\text{P}$	Alfa ${}^4_2\alpha$	Beta ${}^0_{-1}\beta$
Nêutron ${}^1_0\text{n}$	Dêuteron ${}^2_1\text{D}$	Gama ${}^0_0\gamma$
Pósitron ${}^0_{+1}\text{e}$	Neutrino ${}^0_0\eta$	

Meia-vida (P) de um elemento radioativo

É o tempo necessário para a atividade de um elemento radioativo ser reduzida à metade da atividade inicial.

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

m = massa final da amostra radioativa

m_0 = massa inicial

x = número de períodos transcorridos

T = tempo

$T = x.P$

Exercícios*

1. Dois gramas de um elemento radioativo decaem por radiações beta, atingindo 1/8 grama após 40 horas. Calcule a meia-vida desse elemento.

$$m = 1/8 \text{ g}$$

$$m_0 = 2 \text{ g}$$

$$T = 40 \text{ horas}$$

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

$$1/8 = \frac{2}{2^x}$$

$$2^x = 16$$

$$2^x = 2^4$$

X = 4

$$T = x.P$$

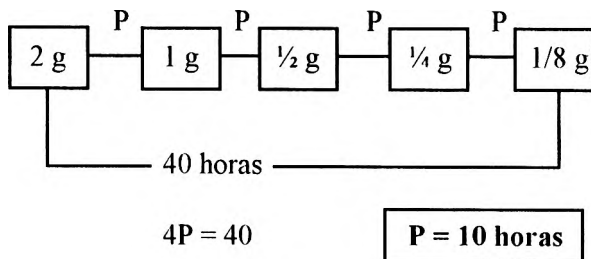
$$40 = 4.P$$

$$P = 40/4$$

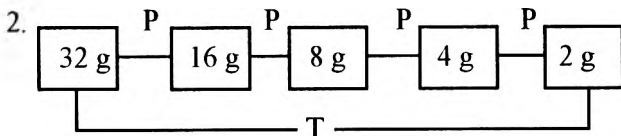
P = 10 horas

ou

* A resolução das questões 2, 3 e 4 encontra-se à pagina 32.



- Determine o tempo (em horas) necessário para que 32 gramas de uma amostra radioativa fiquem reduzidos a 2 gramas. Dado: $P = 2$ horas.
- Calcule o tempo que levará para que 80 gramas de um isótopo radioativo se reduzam a 1.25 grama, sendo seu período de meia-vida igual a 15 anos.
- O elemento ${}_{92}^{238}\text{U}$, após emitir radiações α e β , transforma-se no ${}_{88}^{226}\text{Ra}$. Escreva a equação nuclear balanceada após calcular o número de partículas α e β emitidas.

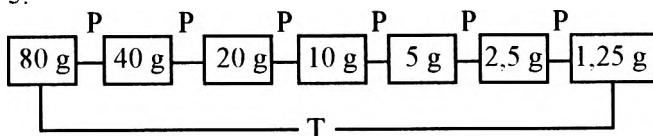


$T = 4$ p, como $P = 2$ horas, então:

$$T = 4 \cdot 2$$

$$T = 8 \text{ horas}$$

3.

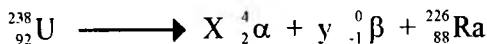


$T = 6$ p, $P = 15$ anos, vem:

$$T = 6 \cdot 15$$

$$T = 90 \text{ anos}$$

4. Equação nuclear balanceada:



• Cálculo do número de partículas alfa (X):

$$238 = 4x + 0 + 226$$

$$4x = 238 - 226$$

$$4x = 12$$

$$x = 3$$

• Cálculo do número de partículas beta (y):

$$92 = 2x - y + 88$$

$$92 = 2 \cdot 3 - y + 88$$

$$92 = 94 - y$$

$$-y = -2$$

$$y = 2$$

Os efeitos biológicos das radiações

Ao incidir em um organismo vivo, as radiações danificam as moléculas de DNA, ocasionando alterações genéticas irreversíveis, dando início a um processo multiplicativo celular descontrolado, causando anomalias genéticas ou um processo cancerígeno.

Esses efeitos manifestam-se a longo prazo e podem explicar a alta incidência de câncer e de malformações congênitas nos descendentes das vítimas das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki, na Segunda Guerra Mundial.

Aplicações da energia nuclear e das radiações

Medicina nuclear

Na medicina nuclear, o radioisótopo tem aplicação no diagnóstico e no tratamento de doenças.

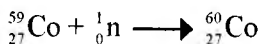
Um exemplo prático bem conhecido é o uso do *iodo 131*, que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias.

Para o diagnóstico do funcionamento da tireóide, o paciente ingere uma solução de iodo ^{131}I , que vai ser absorvida pela glândula. Passando um detector pela frente do pescoço do paciente, pode-se observar se o iodo foi muito ou pouco absorvido em relação ao normal e como se distribuiu na glândula.

O detector é associado a um mecanismo que permite obter um desenho ou mapeamento em preto e branco e até em colorido da tireóide. Um diagnóstico ou radiodiagnóstico é feito por comparação com um mapa-padrão de tireóide normal.

Na radioterapia do tratamento do câncer, utiliza-se uma dose controlada da radiação que incide sobre o local do tumor, matando apenas as células cancerosas, que são mais fracas que as células normais.

São usados os raios gama decorrentes da desintegração do cobalto-60. Este elemento, que é artificial, é obtido por meio do bombardeio do cobalto-59 com nêutrons.



Aplicações na agricultura

A energia nuclear tem mostrado ser de grande valia em várias áreas da agricultura, contribuindo não só para o aumento da produção de alimentos, como também na conservação dos mesmos.

Ainda no campo dos alimentos, um aspecto importante é o uso da radiação para a conservação de produtos agrícolas como batata, cebola, alho e feijão.

Batatas irradiadas podem ser estocadas por mais de um ano sem murchar ou brotar.

Pequenos insetos, que causam deterioração de alimentos, são destruídos pela radiação.

A eliminação de pragas de insetos é conseguida por esterilização com radiação gama. Os insetos estéreis são liberados na natureza para competir com os normais, reduzindo a reprodução, sucessivamente, até a eliminação da praga, sem poluir o meio ambiente com produtos químicos.

A irradiação dos alimentos e a radioatividade

A tecnologia de irradiação de alimentos tem recebido uma crescente atenção em todo o mundo, junto com os métodos tradicionais de tratamento e conservação de alimentos. As autoridades de vigilância sanitária e de segurança alimentar de 37 países aprovaram a irradiação de quarenta tipos distintos de alimentos que englobam especiarias, grãos, carne de frango, frutas e legumes. Vinte e quatro desses países utilizam atualmente esse processo com fins comerciais.

A Food and Agriculture Organization* (FAO) estima que 25% de toda a produção mundial de alimentos é perdida pela ação de insetos, bactérias e roedores. Numerosos países registram enormes perdas de grãos devidas à infestação por insetos, aos fungos e à germinação prematura. Vários países, entre eles Bélgica, Fran-

* Organização de Alimentação e a Agricultura, Organismo da ONU (N. do E.).

ça. Hungria, Japão, Países Baixos e alguns da ex-URSS, estão irradiando grãos, batatas, cebolas e outros produtos, em escala industrial.

O problema é extremamente grave para os países em desenvolvimento, cujas economias dependem amplamente da produção agrícola e alimentícia. A irradiação agrícola oferece uma opção distinta à da fumigação e de outros tratamentos.

O tipo de irradiação utilizado no tratamento de materiais limita-se às radiações procedentes dos raios gama de alta energia, dos raios-X e dos elétrons acelerados. Essas irradiações também se denominam *radiações ionizantes* porque sua energia é suficientemente alta para desalojar os elétrons dos átomos e das moléculas e para convertê-los em partículas carregadas eletricamente, que se denominam íons.

O radionuclídeo mais utilizado para a irradiação de alimentos por raios gama é o cobalto 60. Ele é produzido pelo bombardeamento, com nêutrons, do metal cobalto 59 em um reator nuclear.

O cobalto 60, logo após a sua produção, é duplamente encapsulado em tubos de aço inoxidável para impedir qualquer fuga durante a sua utilização em uma instalação de irradiação. O cobalto 60 tem uma meia-vida de 5,3 anos.

O céσιο 137 é outro radionuclídeo que emite raios gama, sendo adequado para o tratamento industrial de materiais. Ele pode ser obtido por meio do reprocessamento de elementos combustíveis queimados e sua meia-vida é de trinta anos.

Ficha descritiva nº 3 do GCIIA

O Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos (GCIIA) é formado por peritos internacionais, designados pelos governos para avaliar e assessorar atividades globais de irradiação de alimentos. O grupo foi estabelecido sob os auspícios da Organização das Nações Unidas, por meio da Organização de Alimentação e Agricultura (FAO), da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

Adaptado de texto elaborado pela Comissão Nacional de Energia/Nuclear (CNEN) (N. do E.).

1. **Pergunta:** Os alimentos tratados por irradiação se tornam radioativos?

Resposta: Não. A irradiação em condições controladas não torna os alimentos radioativos. Tudo em nosso meio ambiente, incluindo os alimentos, contém quantidades típicas de radioatividade, o que significa que essa quantidade típica (cerca de 150 a 200 Bq) de radioatividade natural (procedente de elementos como o potássio) é inevitável em nossa dieta diária.

Nos países em que é permitida a irradiação de alimentos, tanto as fontes de radiação como os níveis de energia estão regulamentados e controlados. O processo de irradiações supõe a passagem do alimento a uma determinada velocidade que controla a quantidade de energia ou a dose absorvida por um campo de radiação. O alimento em si nunca entra em contato com a fonte de radiação.

2. **Pergunta:** Qual é a diferença entre os termos *alimentos irradiados* e *alimentos radioativos*?

Resposta: Os alimentos irradiados são aqueles que foram deliberadamente tratados com determinados tipos de energia radioativa para a obtenção de algumas propriedades convenientes (por exemplo, inibir a germinação ou destruir as bactérias que contaminam os alimentos). Além dos produtos alimentícios, muitos outros materiais são irradiados em escala comercial durante seu processo de produção, como cosméticos, artigos hospitalares, produtos médicos e rolhas para garrafas de vinho.

Os alimentos radioativos, por outro lado, são aqueles que foram acidentalmente contaminados por substâncias radioativas, provenientes de testes com armas atômicas ou em consequência de acidentes com reatores nucleares.

Esse tipo de contaminação não tem nada a ver com os alimentos irradiados, que foram tratados para conservação ou para outros fins.

Aplicações na indústria

A aplicação de radioisótopos mais conhecida na indústria é a radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial.

Os fabricantes de válvulas usam a gamagrafia na área de controle de qualidade para verificar se há defeitos ou rachaduras no corpo das válvulas.

As empresas de aviação fazem inspeções freqüentes nos aviões para verificar se há “fadiga” nas partes metálicas e soldas essenciais, por exemplo, nas asas, usando a gamagrafia.

Indústria farmacêutica

A indústria farmacêutica utiliza radiação para esterilizar seringas, luvas cirúrgicas, gaze e material farmacêutico descartável em geral.

Os raios-X

Os raios-X são radiações (ondas eletromagnéticas) da mesma natureza da radiação gama, com características idênticas. Só se diferem da radiação gama pela origem, ou seja, os raios-X não saem do núcleo do átomo, são originados na *eletrosfera*.

Os raios-X de energia variada são produzidos quando um feixe de elétrons acelerados bombardeia um anteparo metálico.

Os raios-X possuem poder de penetração mais elevado que os elétrons, mas a eficiência da conversão de elétrons em raios-X é inferior a 10%.

Tratamento dos rejeitos radioativos (lixo nuclear)

Dentre os muitos nuclídeos presentes no lixo nuclear, podemos destacar três bastante perigosos para a vida humana: iodo 131, céσιο 137 e estrôncio 90.

Os locais de concentração desses nuclídeos, quando absorvidos pelo ser humano, são a tireóide, os tecidos e os ossos, respectivamente.

A seguir, apresentamos os tipos de tratamentos mais utilizados para os rejeitos radioativos, segundo sua natureza.

- a) *Tratamento dos rejeitos sólidos* – Para os rejeitos sólidos não-compactáveis e não-incineráveis, o tratamento usualmente empregado é o simples acondicionamento em embalagens, como tambores e caixas metálicas.
- b) *Tratamento de rejeitos líquidos* – Os processos mais comuns são: a neutralização para condicionar quimicamente o rejeito; a precipitação, a evaporação e a troca iônica para reduzir seu volume; e a imobilização para adequar o rejeito aos requisitos de segurança de transporte, armazenamento e disposição final.
- c) *Tratamento de rejeitos gasosos* – Rejeitos gasosos são formados por mistura de gases radioativos e/ou por suspensões de partículas radioativas no ar. Os processos mais empregados no tratamento desses rejeitos são a filtração e a lavagem de gases.

Questões

Questão 1

Leia o texto a seguir.

Energia – o combustível da vida

De toda a energia irradiada pelo Sol em todas as direções do espaço, apenas uma pequeníssima parcela atinge o nosso planeta.

Algo mais que 40% chega à superfície do solo e dos oceanos. Quase 60% são devolvidos ao espaço por reflexão ou absorvidos pela atmosfera, constituindo a energia dos ventos e das tempestades.

A possibilidade de fusão de núcleos de átomos de hidrogênio, formando átomos de hélio e liberando grande quantidade de energia, é uma descoberta promissora na armazenagem de energia e sua conseqüente utilização.

Tal reação ocorre normalmente no interior do Sol e a temperaturas superiores a 30 milhões de graus Celsius, onde 81,65% de hidrogênio e 18,17% de hélio formam o total do volume solar.

Movimentos grandiosos como os das marés são realizados diariamente no globo terrestre por ação das forças gravitacionais.

De acordo com a lei da gravidade, se a Lua e a Terra ou a Terra e o Sol exercem entre si ação de atração recíproca, tal ação aplica-se naturalmente a cada partícula componente desses corpos.

Por outro lado, as substâncias possuem uma energia própria, uma espécie de energia de atração entre os átomos, que mantém a molécula íntegra e coesa, sendo essa energia chamada de energia química da molécula.

Quando queimamos lenha, papel, álcool ou petróleo, estamos utilizando a energia contida nessas moléculas.

A energia contida nos núcleos dos átomos pode ser liberada de forma controlada para que, dessa forma, possa ser aproveitada.

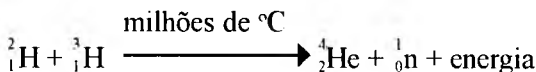
A vida existente na Terra é uma manifestação de energia em suas várias formas.

Auxiliado por esse relato e valendo-se de conhecimentos acerca das ciências da natureza, julgue a seguir os itens.

- ① Menos de 60% da energia solar que chega ao nosso planeta podem ser devolvidas ao espaço por reflexão, caso o excesso de gases provenientes das queimadas e dos escapamentos dos automóveis se acumule na atmosfera.
- ② A fusão de átomos de hidrogênio a que se refere o terceiro parágrafo só é possível graças ao fato de a

força de atração entre esses núcleos poder superar a força de repulsão, produzindo, assim, núcleos pesados.

③ O processo a seguir



de que trata o terceiro parágrafo, quando usado em artefatos nucleares, propicia o fenômeno da *reação em cadeia*.

- ④ O penúltimo parágrafo refere-se à produção de energia elétrica em reatores atômicos.
- ⑤ As radiações provenientes da luz solar são semelhantes às radiações dos raios-X, diferindo destas últimas por terem origem nuclear.

Questão 2

Leia o texto a seguir.

A aplicação da radioatividade de forma pacífica tem mostrado vários benefícios ao homem.

Na agricultura está sendo muito utilizada no aumento da produtividade e na conservação dos alimentos. Na medicina nuclear, utiliza-se o Iodo-131, que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias.

Acerca da radioatividade e de suas diversas aplicações, julgue os itens a seguir.

- ① Alimentos conservados por meio de irradiação são impróprios para o consumo, em decorrência do fato de os insetos, que causam a deterioração desses alimentos, não serem totalmente destruídos pelas radiações.
- ② São necessários dezesseis dias para que 8 gramas de iodo 131 se reduzam a 2 gramas.
- ③ Quando submetidas a um campo elétrico, as partículas beta deslocam-se para o pólo negativo, enquanto as partículas gama se deslocam para o pólo positivo.
- ④ A radiação pode trazer conseqüências biológicas no processo de divisão celular e alterar o DNA da célula.

Questão 3

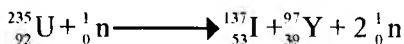
Leia o trecho de uma notícia de jornal publicada em 1997.

Acidente nuclear no Japão.

Explosão em usina de reprocessamento de combustível atômico perto de Tóquio causou contaminação em 21 funcionários.

Baseando-se nessas informações e em conceitos relacionados, julgue os itens a seguir.

- ① A explosão anteriormente citada é semelhante ao que ocorreu na Segunda Guerra Mundial, quando bombas atômicas explodiram nas cidades de Hiroshima e Nagasaki.
- ② Explosões desse tipo não trazem nenhum dano ao meio ambiente, pois estão restritas ao espaço físico da usina nuclear.
- ③ Com esse acidente nuclear, ficou comprovado que o Japão é uma grande potência atômica, juntamente com os Estados Unidos e a Rússia.
- ④ O acidente nuclear acima citado, quando relativamente “controlado”, pode ser representado por meio da equação:

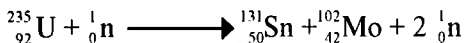


- ⑤ Explosões nucleares liberam radiações gama com alto poder de penetração.

Questão 4

A radioatividade desperta muita polêmica no mundo atual. O termo *vazamento nuclear* é interpretado como um aviso perigoso, às vezes antecipando verdadeiras catástrofes humanas e ecológicas. Contudo, a radioatividade pode ter aplicações úteis na agricultura, na medicina e na indústria.

Baseando-se nessas informações, na equação abaixo e em outros conceitos relativos à radioatividade, julgue os itens a seguir.



- ① A reação química acima ocorre com grande liberação de energia.
- ② O urânio, na reação descrita, possui 143 elétrons em sua eletrosfera.
- ③ A reação em questão, quando “controlada”, é semelhante ao que ocorre nos reatores nucleares na produção de energia elétrica.
- ④ As radiações alfa possuem um grande poder de penetração quando comparadas às radiações gama.
- ⑤ Um dos grandes perigos da radiação reside no armazenamento do lixo nuclear, que pode trazer sérios danos ao ser humano e ao meio ambiente.

Questão 5

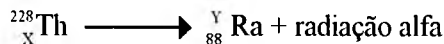
Um dos perigos da radiação reside no período de tempo em que um elemento radioativo decai até a sua completa desintegração. Isso pode variar de minutos até milhões de anos.

Com isso, calcule o tempo (em horas) necessário para que 80 gramas de uma amostra radioativa de cobalto 60 se reduza a 5 gramas, sabendo-se que sua meia-vida é de 15 horas.

Questão 6

Transmutação nuclear é a transformação de um nuclídeo em outro, provocada pelo bombardeamento com uma partícula.

Quando um átomo de isótopo 228 do tório libera uma partícula alfa, transforma-se em um átomo de rádio, de acordo com a equação:



Auxiliado por essas informações, julgue os itens que se seguem.

- ① A radiação alfa é formada por elétrons com grande poder de penetração.
- ② A radiação alfa é semelhante à notação ${}^4_2\text{He}$.
- ③ X corresponde ao número atômico do tório e é igual a 90. Y equivale ao número de massa do rádio e é igual a 224.
- ④ A fusão nuclear acima representada ocorre na explosão de uma bomba atômica.

Questão 7

Os fenômenos radioativos podem gerar grandes benefícios ao homem.

O radioisótopo amerício 241, por exemplo, é utilizado em aparelhos detectores de fumaça (alerta contra incêndio), de acordo com a equação:



Com essas informações e outros conceitos que envolvem a radioatividade, julgue os itens a seguir.

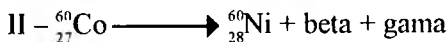
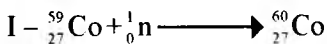
- ① Radioisótopos são substâncias com vários isótopos do mesmo elemento radioativo.
- ② A radiação X acima liberada possui um poder de ionização maior que as ondas eletromagnéticas.
- ③ A radiação X é formada por dois prótons e dois nêutrons.
- ④ A radiação X é capaz de perfurar uma chapa de alumínio.
- ⑤ A reação acima ocorre na eletrosfera do átomo.

Questão 8

O aparelho denominado *bomba de cobalto* é empregado no tratamento do câncer. Nessa situação, utiliza-se como técnica bombardear com nêutrons o cobalto 59, que não é radioativo, que então se transforma no cobalto 60, radioativo.

O cobalto 60 desintegra-se e emite radiações beta e gama. Os raios beta são filtrados e as radiações gama são usadas no tratamento do câncer.

As equações abaixo representam esse processo.



A partir dessas informações, julgue os itens a seguir.

- ① Um elemento radioativo pode, às vezes, não emitir radiações.
- ② As radiações gama são usadas no tratamento do câncer por serem formadas por elétrons.
- ③ As substâncias ${}^{60}_{27}\text{Co}$ e ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ são isótopos porque possuem o mesmo número de massa.
- ④ As radiações beta são partículas negativas com poder de penetração menor que o das radiações gama.
- ⑤ A representação ${}^{60}_{27}\text{Co}$ indica que o radionuclídeo possui 33 nêutrons no seu núcleo.

Questão 9

Quando um feixe radioativo passa entre duas placas fortemente eletrizadas, ele se subdivide em três partes, como pode ser constatado por meio de uma tela fluorescente ou de uma chapa fotográfica colocada em sua trajetória.

Utilize essas informações para julgar os itens seguintes:

- ① A emissão que sofre um pequeno desvio para o lado da placa positiva foi denominada radiação beta (β).
- ② A emissão que não sofre desvio foi denominada radiação gama (γ).
- ③ Emissões que possuem carga e massa semelhantes ao núcleo do hélio (${}^4_2\text{He}$) são denominadas radiações alfa (α).

- ④ As emissões gama (γ) e os raios-X são ondas eletromagnéticas e diferenciam-se entre si pelo fato de que as primeiras se originam do núcleo e as segundas, da eletrosfera.
- ⑤ A radioterapia do tratamento do câncer não é aconselhada, pois o feixe radioativo incide sobre o tumor, matando indiscriminadamente as células sadias e as células cancerosas.

Questão 10

As radiações alfa (α), beta (β) e gama (γ) possuem diferentes poderes de penetração, ou seja, diferentes capacidades para atravessar os materiais.

Ao atravessar tecidos biológicos, as partículas radioativas provocam a ionização de moléculas existentes nas células.

Isso é particularmente preocupante no caso de lesões no material genético, o que pode causar uma reprodução celular descontrolada, provocando o câncer.

Com relação às partículas radioativas, julgue os itens que se seguem.

- ① O poder de penetração das radiações varia da seguinte maneira: $\gamma > \beta > \alpha$.
- ② Se a radiação gama é capaz de atravessar uma lâmina de alumínio, a radiação beta é capaz de perfurar uma chapa de aço.
- ③ A radiação gama é formada por ondas eletromagnéticas, enquanto a radiação beta é formada por elétrons.

- ④ A preocupação com as partículas radioativas decorre do fato de que toda radiação traz malefícios à saúde humana.
- ⑤ Radiações alfa em um campo elétrico são desviadas para o pólo negativo.

Questão 11

Uma importante aplicação da radioatividade está na conservação de alimentos. O processo consiste em irradiar alimentos com raios gama, permitindo, assim, matar microrganismos que aceleram o apodrecimento.

Com relação ao assunto e a respeito dos fenômenos radioativos, julgue os itens a seguir.

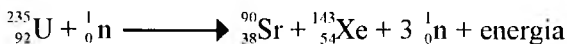
- ① Os alimentos irradiados contêm elementos químicos radioativos nocivos à saúde humana.
- ② A radiação gama aplicada na irradiação dos alimentos é formada por ondas eletromagnéticas com alto poder de penetração.
- ③ O elemento químico $^{137}_{55}\text{Cs}$, que causou o acidente radioativo de Goiânia em 1987, possui 55 elétrons na sua eletrosfera.
- ④ As emissões radioativas alfa ($^4_2\alpha$) são positivas.
- ⑤ Acidentes nucleares são fáceis de ser controlados, graças à alta tecnologia atualmente disponível para esse fim.

Questão 12

O uso pacífico da radioatividade tem trazido vários benefícios à humanidade. É aplicada na medicina em radioterapia do tratamento do câncer. É utilizada na indústria para detectar eventuais defeitos em tubulações metálicas, motores e em partes internas de navios e aviões.

É também utilizada na agricultura para o combate às pragas que devastam as lavouras e destroem plantações. A usina nuclear de Angra dos Reis produz grande parte da energia elétrica consumida no Estado do Rio de Janeiro.

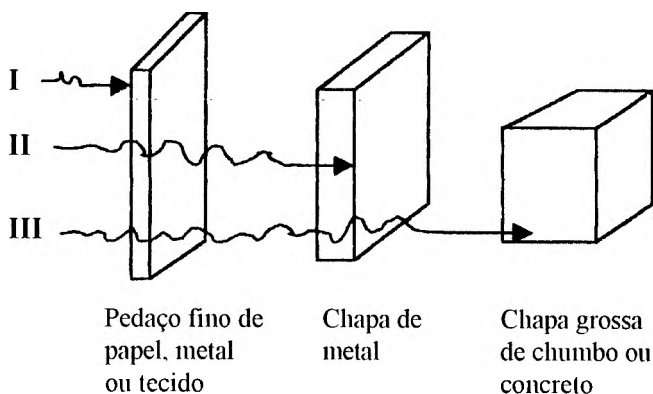
A partir desse relato e da equação fornecida abaixo, julgue os itens a seguir.



- ① A reação química descrita libera uma grande quantidade de energia.
- ② A reação fornecida representa a fissão nuclear do urânio e, se não for controlada, pode propiciar a ocorrência do fenômeno da *reação em cadeia*.
- ③ A radiação gama usada no tratamento do câncer possui alto poder de penetração quando comparada a outros tipos de radiações.
- ④ A reação fornecida, quando relativamente controlada, pode ocorrer no interior dos reatores da usina nuclear de Angra dos Reis.
- ⑤ Todo tipo de radiação, independentemente do tempo de exposição, traz malefícios à saúde.

Questão 13

(UnB) Ao acessar a rede Internet, procurando algum texto a respeito do tema radioatividade no *Cadê?*, um jovem deparou com a seguinte figura, representativa do poder de penetração de diferentes tipos de radiação.

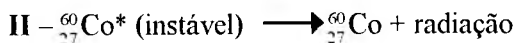


Com o auxílio da figura, julgue os itens abaixo.

- ① A radiação esquematizada em II representa o poder de penetração das partículas beta.
- ② A radiação esquematizada em III representa o poder de penetração das partículas alfa.
- ③ As partículas alfa e beta são neutras.
- ④ Quando um núcleo radioativo emite uma radiação do tipo I, o número atômico fica inalterado.

Questão 14

(UnB) Uma das importantes aplicações da radioatividade é a irradiação de alimentos que destrói bactérias, leveduras e mofo, responsáveis pela sua deterioração. A fonte de radiação é, geralmente, uma amostra de cobalto 60, obtida pelo seguinte processo:



Com o auxílio dessas informações, julgue os itens a seguir.

- ① Na representação ${}_{27}^{60}\text{Co}$, os números 60 e 27 representam, respectivamente, o número de massa e o número atômico do nuclídeo.
- ② ${}_{27}^{59}\text{Co}$ e ${}_{27}^{60}\text{Co}$ são isótopos.
- ③ A radiação emitida por ${}_{27}^{60}\text{Co}^*$ (etapa II) é constituída por um feixe de partículas beta.

Questão 15

(UnB) Ao capturar um nêutron, um átomo de urânio pode sofrer um processo de fissão, que resulta na desintegração de seu núcleo. Formam-se assim dois elementos mais leves (por exemplo, bário e criptônio), com emissão simultânea de 2,5 nêutrons, em média, por núcleo.

(Fonte: O funcionamento do reator, revista: *Ciência Hoje*, nº 32, vol. 6, 1987).

Com o auxílio do texto, julgue os itens seguintes.

- ① Os átomos de bário e de criptônio são isótopos do átomo de urânio que os originou.
- ② No processo de fissão nuclear citado, é também possível a formação de átomos de massa maior que a do átomo de urânio.
- ③ A emissão de 2,5 nêutrons, em média, por núcleo significa que podem estar ocorrendo reações que produzirão três nêutrons e reações que produzirão dois nêutrons.

Questão 16

(PAS/UnB) Com relação ao acidente radioativo de Goiânia, que provocou a contaminação do ambiente pelo céσιο 137, julgue os itens abaixo.

- ① O céσιο 137 possui 137 nêutrons.
- ② Os moradores vizinhos da localidade em que está armazenado o lixo radioativo não correm perigo de uma explosão nuclear desse material.
- ③ Após o período de sua meia-vida, metade dos átomos do céσιο 137 que estão emitindo radiação beta no lixo radiativo não terá mais o mesmo número de prótons que caracteriza o elemento químico céσιο.
- ④ A radiação do céσιο não oferecia risco considerável à população quando estava na cápsula da bom-

ba de céσιο. porque a mesma tinha um dispositivo que desativava a emissão de radiação pelo núcleo atômico.

Questão 17

(UnB) O processo de irradiação pode ser utilizado para aumentar o tempo de conservação dos alimentos, por meio da eliminação de microrganismos patogênicos e de insetos. A irradiação geralmente é feita com raios gama originados do cobalto 60.

Acerca da radiação, julgue os itens abaixo.

- ① A radiação gama é originada de uma transformação química.
- ② Se um átomo de cobalto 60 emite apenas radiação gama, isso significa que ele não sofre transmutação.
- ③ Um alimento irradiado contém átomos de cobalto 60, que lhe foram adicionados no processo de tratamento.
- ④ No processo de irradiação, o feixe de raios gama pode ser direcionado aos alimentos por meio de placas elétricas, devidamente polarizadas, que desviam tais raios.

Leia os textos a seguir para responder às questões 18 e 19.

A quantidade média de urânio existente na crosta terrestre é de cerca de quatro gramas por tonelada de rocha, estando mais concentrada em alguns locais.

O urânio é extraído utilizando-se técnicas de mineração a céu aberto (*open pit*) ou subterrâneas, dependendo da profundidade na qual o minério é encontrado. Em média, os minérios de urânio contêm de 10 kg a 30 kg de urânio por tonelada de rocha extraída.

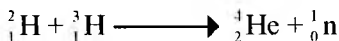
Nas reservas brasileiras, o urânio está associado ao fosfato, na jazida de Itataia (CE), ao molibdênio e ao zircônio, em Poços de Caldas (MG), e ao molibdênio e ao carvão, em Figueira (PR).

(Fonte: www.ipen.br).

Se depender de reservas de urânio, o Brasil levará muito tempo para saber o que é uma crise energética. Com apenas um terço do território prospectado, o nosso país descobriu e mediu uma reserva de 300 mil toneladas de urânio, suficientes para manter funcionando por quarenta anos 25 usinas nucleoeletricas do tamanho de Angra II.

(Fonte: Aben. *Brasil nuclear*. Aben, 1997).

Apesar da vantagem dos reatores nucleares em relação a processos que utilizam outros combustíveis – um grama de urânio libera 100 milhões de kJ, enquanto um grama de petróleo, por exemplo, libera 46 kJ –, o problema de armazenagem dos produtos da fissão, perigosamente radioativos, é crítico. A energia ideal do futuro será a fusão nuclear. Nesse caso, núcleos leves como deutério, ${}^2_1\text{H}$, e trítio, ${}^3_1\text{H}$, combinam-se para formar núcleos mais pesados. Uma reação típica de fusão é representada abaixo:



A grande dificuldade em estabelecer, de maneira controlada, reações nucleares de fusão consiste no fato de que as mesmas só ocorrem quando os núcleos do hidrogênio, superando a repulsão elétrica entre suas cargas positivas, fundem-se sob a ação de forças nucleares muito intensas e de curtíssimo alcance, *colando-se* uns aos outros e liberando energia.

(Fonte: Masterton *et al.*, *Princípios de química*, Guanabara, 1990; www.ipen.br (com adaptações).

Questão 18

(PAS/UnB) A partir das informações contidas nos textos anterior, julgue os itens que se seguem.

- ① As reservas brasileiras de minério de urânio conhecidas correspondem a cerca de 10 a 30 milhões de toneladas de rocha.
- ② Da reação típica de fusão nuclear representada, conclui-se que os produtos do processo de fusão nuclear, ao contrário dos da fissão nuclear, não são radioativos.
- ③ Em um reator nuclear ocorre a fissão de núcleos de determinados isótopos, produzindo um fluxo de nêutrons que aciona a turbina geradora de eletricidade.
- ④ Um dos riscos que as populações de Itataia, de Poços de Caldas e de Figueira correm é o da explosão de suas jazidas de urânio.

Questão 19

(PAS/UnB) Com relação às substâncias e aos modelos que explicam a natureza da matéria, julgue os seguintes itens.

- ① Um dos produtos da reação de fusão representada é uma partícula constituinte do núcleo de um dos reagentes.
- ② Os *núcleos leves*, a que se refere o terceiro texto, correspondem a isótopos do hidrogênio.
- ③ As emissões gama, que acompanham a maioria das reações nucleares, não mudam o número atômico nem o número de massa.
- ④ Na jazida de Itataia, o urânio está associado a substâncias que contêm ânions PO_4^{3-} .
- ⑤ A “*repulsão elétrica*” a que se refere o terceiro texto, corresponde à denominada ponte de hidrogênio.

Questão 20

(UnB) Com relação à radioatividade e à natureza da matéria, julgue os itens que se seguem.

- ① As radiações α , β e γ podem ser separadas por um campo elétrico.
- ② A radiação utilizada por Rutherford nas experiências que o levaram a propor um novo modelo atômico era de origem extranuclear.

- ③ Sabendo-se que, quando uma planta morre, a absorção de carbono radioativo cessa, conclui-se que é possível estimar a época em que a planta morreu.
- ④ Átomos de carbono 14, radioativos, sofrem transformações nucleares que os levam a se tornar átomos de outro elemento químico.

Questão 21

Leia o texto a seguir.

Um paciente com cirrose hepática, após internação em casa de saúde, recebeu a notícia de que deveria ser submetido a um transplante de fígado. Não existindo, porém, doador no momento, foi ele submetido a um transplante celular para que pudesse sobreviver à espera de uma cirurgia hepática.

O procedimento abaixo representa etapas do transplante celular realizado nesse paciente.

Transplante celular

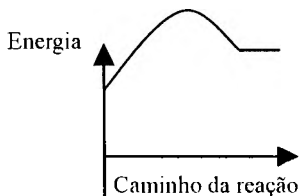
- I – Células do fígado foram isoladas em laboratório;
- II – Depois de isoladas, as células foram congeladas e armazenadas num banco de tecidos;
- III – Injetadas no baço da paciente, elas imediatamente passaram a filtrar o sangue, permitindo a sua

sobrevivência até a realização de um transplante de fígado.

(Porto, Cleoman – Química, *em um novo enfoque de estudo* – Volume único).

Com o auxílio dessas informações e sabendo que os diferentes órgãos executam funções específicas no organismo, julgue os itens a seguir.

- ① No transplante celular apresentado, as células passam por um processo endotérmico de estocagem.
- ② Sendo as funções controladas pelos genes, pode-se concluir que a expressão gênica nas células dos diversos órgãos é não diferenciada.
- ③ A transmissão de calor que mantém as células congeladas no banco de tecidos, é feita por correntes de convecção.
- ④ A armazenagem das células no banco de tecidos pode ser representada pelo diagrama energético a seguir.



- ⑤ As células após serem injetadas no baço do paciente sofrerão diferenciação que pode ser representada pela função $f(x) = a^x$, onde $a > 1$.

- ⑥ Caso algum tipo de radiação afete as células que são injetadas no baço do paciente, o DNA de tais células será modificado e as mesmas podem se multiplicar descontroladamente.

Questão 22

Entre os inúmeros materiais poluentes do ar, há alguns que, devido à quantidade diária de lançamentos e aos estragos que causam, merecem destaque. É o caso dos óxidos de enxofre, óxidos de carbono, óxidos de nitrogênio e dos clorofluorcarbonos (CFCs), também conhecidos como *freons*, usados em geladeiras e ar condicionados.

São lançados anualmente 130 milhões de toneladas de SO_2 no ar. Os líquens são muito sensíveis ao SO_2 , sua ausência nas árvores, principalmente nos ramos, indica altas concentrações locais de SO_2 .

Um outro gás, o gás carbônico, resultante da queima de combustíveis fósseis, tem uma propriedade peculiar, a de absorver os raios infra-vermelho, que poderia retornar ao espaço após ser refletida pela superfície terrestre.

Auxiliado por esse relato e de conhecimentos acerca da presença dos gases na atmosfera, julgue os itens seguintes.

- ① A presença dos óxidos de enxofre, óxidos de carbono e óxidos de nitrogênio na atmosfera, quando em presença da água da chuva, vão fazer com que o pH venha a elevar-se.

- ② Os líquens, uma associação de alga e fungo, detectam a excessiva presença de SO_2 , um dos componentes da chuva ácida.
- ③ No aquecimento gradual da atmosfera, a absorção de raios infravermelho através do gás carbônico, vai tornar possível a transmissão de calor por convecção.
- ④ O texto refere-se a poluentes responsáveis por fenômenos ambientais que vão destruir a camada de ozônio, ocasionar a *chuva ácida* e o *efeito estufa*.
- ⑤ Os raios infravermelho são ondas eletromagnéticas conhecidas como "*calor de irradiação*".

Questão 23

Leia o texto que se segue.

Rombo atômico

A construção da usina nuclear de Angra II, situada no litoral do estado do Rio de Janeiro, começou no final do ano de 1976, época em que o general Ernesto Geisel era presidente. Hoje, 23 anos depois, o governo federal anuncia, sem pompas e quase envergonhado, que a usina finalmente funcionará, com apenas 10% da capacidade total, cerca de 1.309 megawatts de potência – o que corresponde à produção de energia para 35% do consumo do Estado do Rio.

O Brasil possui cerca de 65 mil megawatts de potência instalada. Para se ter uma idéia, a usina de Itaipu, a

maior do mundo. responde por 25% desta potência instalada (14 mil Mw).

As usinas nucleares de Angra I e II produzem apenas 2.5%.

Essa obra tem gerado grandes polêmicas, particularmente com a comunidade científica, principalmente no que diz respeito à necessidade da obra e das quantias vultosas investidas.

Para começar, foram investidos 10 bilhões de dólares, que é o mesmo valor do orçamento para a saúde brasileira neste ano 2000. O primeiro orçamento feito em 1975, era de 2 bilhões de dólares.

Alguma regiões como São Paulo e Pernambuco tem passado por racionamento de energia. Isso ocorre em parte, porque o desperdício de energia no Brasil chega a 40% (26 mil Mw) do que é produzido.

(Correio Braziliense 30/07/2000 – com adaptações).

Baseado nesse relato e utilizando de conhecimentos que envolvem as linguagens e códigos, as ciências naturais e as ciências sociais, julgue a seguir os itens.

- ① À época do governo Geisel, por pressão da sociedade, iniciou-se um processo político gradual, lento e seguro de abertura democrática que teve continuidade no governo posterior, o qual adotou medidas que anistiava a todos que foram punidos pelos governos militares, incluindo também os que se encontravam no exílio.

- ② O Brasil, após a conclusão e operação de Angra II, pode comprovar que a energia nuclear é, dentre os vários tipos de energia utilizada no país, uma das mais promissoras tanto no aspecto econômico quanto nos aspectos ambientais.
- ③ A usina hidrelétrica de Itaipu, a que se refere o texto, foi construída através de um acordo binacional entre Brasil e Argentina.
- ④ A energia nuclear mostrou-se viável em território nacional após grandes debates envolvendo técnicos e cientistas da área.
- ⑤ Numa usina nuclear como a de Angra II, é possível obter energia a partir da fusão de núcleos leves.
- ⑥ Pode-se concluir que a escolha do local para a construção de Angra II, envolveu além de outros aspectos, as áreas de meteorologia, hidrologia, sismologia, geografia e demografia do local.

Questão 24

O texto abaixo se refere à uma reportagem publicada pelo jornal *Correio Braziliense* em 6/01/2001 na coluna *Tema do Dia*.

Síndrome dos Bálcãs

Cientistas acreditam que os raios liberados pelo urânio utilizado em armamento da OTAN (Organização do Tratado Atlântico Norte) podem ter sido a cau-

sa da morte dos soldados europeus. Absorvido pelo corpo, o elemento entra direto na corrente sanguínea.

Existem apenas especulações sobre as possíveis causas da Síndrome do Balcãs. O mal, que atinge soldados europeus que trabalharam nas forças de Paz durante os conflitos na Bósnia (1994–1995) e Kosovo (em 1999), já é considerado responsável pela morte de 17 militares e um civil da Cruz Vermelha – sendo oito italianos, cinco belgas, dois holandeses, um tcheco, um português e um espanhol. Os cientistas europeus acreditam que os soldados morreram por terem sido contaminados por meio de radiação liberada pelo urânio empobrecido, utilizado em armamentos da OTAN durante combates. O urânio encontrado na natureza, é um elemento estável, ou seja, passa por diversas modificações no meio ambiente. Para que tais transformações ocorram, é necessária a liberação de radiações. Entre elas, as principais são as alfa, beta e gama – as mesmas utilizadas em armas nucleares e também responsáveis pelo surgimento de câncer no organismo humano.

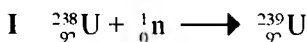
A partir desse relato, utilize também outros conceitos referentes ao tema radioatividade para julgar os itens a seguir.

- ① As principais radiações a que se refere o texto acima destroem as células do organismo humano porque possuem igual poder de penetração.
- ② Os efeitos hereditários ou genéticos não serão observados nos descendentes dos soldados europeus nascidos depois das contaminações dos seus pais.

- ③ Em casos de alguns tipos de câncer no organismo humano, é aconselhado um tratamento através da **quimioterapia** – *que utiliza medicamentos para combater as metástases do câncer* – e, em muitos casos, a **radioterapia** – *que é o tratamento por radiações*.
- ④ Bósnia e Kosovo, a que se refere o texto, situam-se na República Tcheca.
- ⑤ Os dois isótopos naturais do urânio são o ^{235}U e ^{238}U , sendo o primeiro *fértil* e encontrado em maior quantidade na natureza e o segundo *fissil*, encontrado em menor quantidade.

Questão 25

(UnB) Em 1934, os cientistas italianos Enrico Fermi e Emilio Segré, tentando obter átomos com números atômicos superiores ao do urânio, bombardearam átomos de urânio ($^{238}_{92}\text{U}$) com nêutrons. Um dos produtos obtidos foi o neptúnio ($^{239}_{93}\text{Np}$), de acordo com as seguintes equações.



Em 1938, Otto Hahn e Fritz Strassman repetiram esse experimento e, surpreendentemente, no produto do processo, identificaram a presença de bário ($_{56}\text{Ba}$), lantânio ($_{57}\text{La}$) e cério ($_{58}\text{Ce}$). Os átomos de urânio

fragmentaram-se, em um processo denominado fissão nuclear, em duas espécies com valores de massas aproximadamente iguais à metade daquela do urânio. Esse processo pode-se propagar em cadeia para outros átomos de urânio e liberar uma enorme quantidade de energia. A fissão de um único átomo de ^{235}U libera $8,9 \times 10^{-18}$ kWh.

Acerca das informações e da temática do texto acima, julgue os itens seguintes.

- ① O urânio é isótopo do neptúnio.
- ② Na reação descrita na equação II, o urânio 239 emite uma partícula α .
- ③ A fissão de 1 mol de átomos de ^{235}U produz mais de 5.000 MWh.
- ④ a emissão de qualquer tipo de radiação transforma os átomos de um elemento químico em átomos de outro elemento químico.
- ⑤ O fenômeno da radioatividade evidenciado na equação II difere radicalmente daquele utilizado em Medicina no tratamento de doenças como o câncer.

Resolução comentada das questões

Questão 1

CERTOS: 1, 2, 4, 5.

ERRADO: 3.

- ③ A reação descrita é de uma fusão nuclear. O fenômeno da *reação em cadeia* é característico da *fissão nuclear*.

Questão 2

CERTOS: 2, 4.

ERRADOS: 1, 3.

- ① Os alimentos submetidos à irradiação *destroem completamente* os insetos que causam a sua deterioração.
- ③ Em um campo elétrico, as partículas beta, sendo elétrons, deslocam-se para o pólo positivo. As partículas gama, não possuindo carga nem massa, não se deslocam para nenhum pólo.

Questão 3

CERTOS: 4, 5.

ERRADOS: 1, 2, 3.

- ① Como o texto afirma, o acidente nuclear causou a contaminação em pessoas, enquanto as bombas atômicas que explodiram sobre Hiroshima e Nagasaki mataram milhares de pessoas.
- ② Explosões desse tipo podem causar grandes danos ao meio ambiente, pois são liberadas na natureza substâncias radioativas nocivas.
- ③ Com esse acidente nuclear, ficou comprovado que é necessário tomar medidas eficazes para a prevenção de acidentes. O Japão não é uma potência atômica, é uma potência econômica.

Questão 4

CERTOS: 2, 3, 5.

ERRADOS: 1, 4.

- ① A reação em questão é uma **reação nuclear de fissão**.
- ④ As radiações alfa possuem baixo poder de penetração quando comparadas às radiações gama. O poder de penetração das radiações varia da seguinte maneira: $\gamma > \beta > \alpha$.

Questão 5

RESOLUÇÃO:

$T = ?$

$m_0 = 80 \text{ gramas}$

$m = 5 \text{ gramas}$

$P = 15 \text{ horas}$

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

$$5 = \frac{80}{2^x}$$

$$2^x$$

$T = x.P$

$2^x \cdot 5 = 80$

$2^x = 16$

$2^x = 2^4$

$$\boxed{X = 4}$$

$T = 4 \cdot 15$

$$\boxed{T = 60 \text{ horas}}$$

Questão 6

CERTOS: 2, 3.

ERRADOS: 1, 4.

- ① A radiação alfa é formada por dois prótons e dois nêutrons.
- ④ A fusão nuclear é a união de núcleos leves produzindo núcleos pesados. A reação em questão é de transmutação nuclear.

Questão 7

CERTOS: 1, 2, 3.

ERRADOS: 4, 5.

- ④ A radiação alfa apresentada não consegue atravessar sequer uma folha de papel.
- ⑤ A reação em questão ocorre no núcleo do átomo.

Questão 8

CERTOS: 4, 5.

ERRADOS: 1, 2, 3.

- ① Um elemento é radioativo porque emite radiações.
- ② As radiações gama usadas no tratamento do câncer são formadas por ondas eletromagnéticas.
- ③ Os átomos ${}^{60}_{27}\text{Co}$ e ${}^{60}_{28}\text{Ni}$, por apresentarem o mesmo número de massa, são isóbaros.

Questão 9

CERTOS: 1, 2, 3, 4.

ERRADO: 5.

- ⑤ Na radioterapia do tratamento do câncer, o feixe radioativo que incide sobre o tumor mata apenas as células cancerosas.

Questão 10

CERTOS: 1, 3, 5.

ERRADOS: 2, 4.

- ② A radiação beta, por ter um poder de penetração menor que o da radiação gama, não chega a perfurar uma chapa de aço.
- ④ Não é toda radiação que traz malefícios à saúde. Os danos dependem, em alguns aspectos, do tipo de radiação e do tempo de exposição. A exposição à luz solar, por exemplo, pode trazer benefícios ou malefícios à saúde humana.

Questão 11

CERTOS: 2, 3, 4.

ERRADOS: 1, 5.

- ① O processo de irradiação de alimentos tem como objetivo eliminar insetos e roedores nocivos à saúde humana.
- ⑤ Por mais sofisticada que seja a tecnologia, acidentes nucleares, dependendo da magnitude, podem ser difíceis de controlar. Exemplo: acidente nuclear de Chernobyl .

Questão 12

CERTOS: 2, 3, 4.

ERRADOS: 1, 5.

- ① A reação em questão trata-se de uma *reação de fissão nuclear*.
- ⑤ A luz solar, que é formada por ondas eletromagnéticas (radiações gama), dependendo do tempo de exposição, pode trazer benefícios à saúde.

Questão 13

CERTO: 1.

ERRADOS: 2, 3, 4.

- ② A radiação esquematizada em III representa o poder de penetração das partículas gama.
- ③ As partículas alfa são positivas, formadas por dois prótons e dois nêutrons, enquanto as partículas beta são negativas, formadas por elétrons.

- ④ Quando um núcleo radioativo emite uma radiação do tipo I (radiação alfa), o número atômico do novo elemento formado diminui de duas unidades e o número de massa diminui de quatro unidades.

Questão 14

CERTOS: 1, 2.

ERRADO: 3.

- ③ A radiação emitida por ${}_{27}^{60}\text{Co}^*$ (etapa II) é constituída por um feixe de partículas gama, pois não ocorrem mudanças no número atômico nem no número de massa.

Questão 15

CERTO: 3.

ERRADOS: 1, 2.

- ① Os isótopos são formados de átomos de mesmo elemento químico. Os átomos de bário, criptônio e urânio são diferentes, logo, não são isótopos.
- ② No processo de fissão nuclear citado, um núcleo pesado (urânio) torna possível a formação de átomos de massa menor (bário e criptônio).

Questão 16

CERTOS: 2, 3.

ERRADOS: 1, 4.

- ① O número 137 refere-se à massa atômica do céσιο.

- ④ A radiação do césio não oferecia risco à população pelo fato de o material que envolvia a cápsula impedir que a radiação contaminasse o meio ambiente.

Questão 17

CERTO: 2.

ERRADOS: 1, 3, 4.

- ① A radiação gama é originada de uma transformação nuclear.
- ③ Um alimento irradiado recebeu radiações gama provenientes do núcleo do cobalto 60.
- ④ No processo de irradiação, o feixe de raios gama não é desviado por meio de placas elétricas. As radiações gama são partículas neutras (ondas eletromagnéticas).

Questão 18

CERTOS: 1, 2.

ERRADOS: 3, 4.

- ③ Em um reator nuclear, ocorre a fissão de núcleos de determinados isótopos, *liberando energia que é usada para transformar água em vapor, o que faz movimentar uma turbina, gerando energia elétrica.*
- ④ As populações de Itataia, Poços de Caldas e Figueira não correm o risco de explosão das jazidas de urânio.

Questão 19

CERTOS: 1, 2, 3, 4.

ERRADO: 5.

- ⑤ *A repulsão elétrica* a que se refere o texto corresponde à força nuclear de suas cargas positivas.

Questão 20

CERTOS: 1, 3, 4.

ERRADO: 2.

- ② Rutherford usou, em sua experiência em 1911, bombardeando lâminas de ouro, radiações alfa (α) que eram emitidas pelo *núcleo* do átomo do elemento radioativo.

Questão 21

CERTO: 6

ERRADOS: 1, 2, 3, 4, 5.

- ① O texto afirma que as células foram congeladas e armazenadas. O congelamento é um processo de diminuição de temperatura, tratando-se, pois, de um processo **exotérmico**.

- ② A expressão gênica nas células dos diversos órgãos é **específica e diferenciada**.
- ③ As células congeladas estão imersas em gases líquidos a baixíssimas temperaturas. Com isso, a transmissão de calor nesse meio líquido é feita por **condução** entre as moléculas que compõem as células.
- ④ A armazenagem das células no banco de tecidos é um processo exotérmico (libera calor). O diagrama energético fornecido, representa um processo endotérmico (absorve calor).
- ⑤ A diferenciação das células após serem injetadas no baço do paciente ocorre por mecanismo controlado(limitado). A função matemática apresentada $f(x) = a^x$ é exponencial e cresce ilimitadamente.

Questão 22

CERTOS: 2, 4, 5.

ERRADOS: 1, 3.

- ① A presença dos óxidos moleculares na água da chuva (SO_2 , CO_2 , NO_2 , etc.) propicia a formação de **ácidos** fazendo, com isso, com que o **pH** venha a **diminuir**.
- ③ A absorção de raios infravermelho através do gás carbônico, torna possível a transmissão de calor por **irradiação**.

Questão 23

CERTOS: 1, 6.

ERRADOS: 2, 3, 4, 5.

- ② O texto afirma que o primeiro orçamento foi de 2 bilhões de dólares, sendo que foram investidos até hoje um total de 10 bilhões de dólares, o equivalente ao orçamento para a saúde no Brasil neste ano de 2000. Com isso, tal investimento do ponto de vista econômico não faz da energia nuclear uma fonte promissora.
- ③ A usina hidrelétrica de Itaipu foi construída através de um acordo entre Brasil e Paraguai.
- ④ A construção das usinas nucleares em território brasileiro gerou grandes polêmicas, principalmente a comunidade científica não tendo sido consultada.
- ⑤ A usina nuclear de Angra II produz energia elétrica a partir da fissão nuclear de núcleos *pesados* produzindo núcleos *mais leves*.

Questão 24

CERTO: 3.

ERRADOS: 1, 2, 4, 5.

- ① As radiações alfa, beta e gama a que se refere o texto, possuem diferentes poderes de penetração:
 $\alpha < \beta < \gamma$.

- ② Os efeitos hereditários ou genéticos serão observados nos filhos dos soldados europeus, porque nasceram depois da contaminação dos pais.
- ④ Bósnia e Kosovo são repúblicas da Ex-Iugoslávia.
- ⑤ Os dois isótopos naturais do urânio são o ^{235}U e ^{238}U , sendo o *primeiro fissil* e encontrado em **menor** quantidade na natureza e o *segundo fértil*, encontrado em **maior** quantidade.

Questão 25

CERTO: 3.

ERRADOS: 1, 2, 4, 5.

- ① Isótopos são átomos de mesmo elemento químico (mesmo número atômico).
- ② A reação II emite uma partícula beta.
- ④ A radiação gama, sendo onda eletromagnética, não possui carga nem massa, logo não altera o número atômico do elemento.
- ⑤ No tratamento do câncer são utilizadas radiações gama, provenientes do núcleo do cobalto-60.

Sugestões de leitura

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA – A irradiação de alimentos, Roma, 1990.

HELENE, M. Elisa Marcondes. *A radioatividade e o lixo nuclear*. São Paulo: Scipione, 1996.

CNEN – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – Projeto *CNEN vai às escolas*.

IPEN – INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. São Paulo, Brasil.

. IPEN na Saúde, 1997.

. IPEN na Indústria, 1997.

. IPEN no Meio Ambiente, 1997.

VICENTE, ROBERTO – DELLAMANO, JOSÉ CLÁUDIO – Rejeitos radioativos. São Paulo, IPEN, 1993.

Glossário

B

Bomba atômica

Bomba cuja energia provém da fissão de elementos pesados como urânio ou plutônio.

Bomba de cobalto

Dispositivo contendo cobalto 60 destinado ao tratamento do câncer. A expressão mais adequada seria “fonte de cobalto”.

Bomba de hidrogênio

Armamento nuclear cuja energia provém da fusão nuclear.

C

CNEN

Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão subordinado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, responsável pela política nuclear do Brasil.

Curie (símbolo c)

É a unidade utilizada para descrever a intensidade de radioatividade numa amostra de material. O Curie é igual a 37 bilhões de desintegrações por segundo, que é aproximadamente a taxa de decaimento de um grama de rádio. O nome homenageia Marie e Pierre Curie, descobridores do rádio em 1898.

D**Decaimento radioativo**

Transformação espontânea de um nuclídeo em outro diferente, tendendo para um estado mais estável. Ao longo do tempo, ocorre uma diminuição do número de átomos radioativos originais de uma amostra.

Detector

Material ou dispositivo sensível às radiações e capaz de produzir um sinal-resposta, possível de ser medido ou analisado. Instrumento para detectar radiações.

Deutério

Possui símbolo ${}^2\text{H}$ ou ${}^2\text{D}$. É um isótopo do hidrogênio contendo um nêutron e um próton. É conhecido também como hidrogênio pesado (formador da água pesada) e não é radioativo. Na natureza ocorre na proporção de um átomo para cada 65.000 átomos de hidrogênio normal.

Deuteron

Ver deutério.

E**Elétron**

Partícula elementar do átomo, que possui carga negativa. Possui massa 1.840 vezes menor que a do próton. Os elétrons de um átomo circundam as cargas positivas do núcleo e determinam suas propriedades químicas.

F**Fissão nuclear**

Divisão de um núcleo pesado em duas partes quase iguais com liberação de energia e, geralmente, de um ou mais nêutrons. A fissão pode ocorrer de forma espontânea, mas é comum ser causada pela absorção nuclear de nêutrons ou de outras partículas.

Fusão nuclear

Formação de um núcleo mais pesado a partir de dois núcleos mais leves (por exemplo, isótopos do hidrogênio) acompanhada da liberação de grande quantidade de energia.

G**Gamagrafia**

Radiografia obtida com radiação gama.

I**Irradiação**

Processo de exposição à radiação, como num reator nuclear.

Isótopo

Grupo de nuclídeos que possuem o mesmo número atômico, mas com diferentes massas atômicas (por exemplo, isótopos do hidrogênio ^1H , ^2H , ^3H). Possuem propriedades químicas semelhantes e propriedades físicas diferentes.

L**Lixo nuclear**

Ver resíduos radioativos.

M**Meia-vida**

Tempo no qual metade dos átomos de uma determinada substância radioativa desintegra-se numa outra forma nuclear. As meias-vidas conhecidas variam desde milionésimos de um segundo até bilhões de anos.

N**Neutrino**

Partícula elementar com massa ínfima e carga elétrica nula. Interage fracamente com a matéria, sendo difi-

cil de detectar. É produzida em muitas reações nucleares no decaimento beta e possui um alto poder de penetração. Os neutrinos provenientes do Sol usualmente atravessam a Terra.

Nêutron

Partícula elementar sem carga, com massa levemente superior à do próton e encontrada no núcleo de átomos mais pesados que o hidrogênio. Um nêutron livre é instável e decai com uma meia-vida de aproximadamente treze minutos em um próton, um elétron e um neutrino.

Os nêutrons mantêm a reação de fissão em cadeia num reator nuclear.

Nuclídeo

Termo geral aplicado a todas as formas atômicas dos elementos. Os nuclídeos compreendem todos os isótopos de todos os elementos e são diferenciados pelos seus números atômicos e estado de energia.

Número atômico

Equivale ao número de prótons no núcleo de um átomo (e também sua carga positiva) e é igual ao número de elétrons. Cada elemento químico possui um número atômico característico.

Número de massa

Soma do número de prótons com o de nêutrons do núcleo de um átomo. É o número inteiro mais próximo

da massa atômica do átomo. Por exemplo, o número de massa do césio 137 é 137.

P

Pósitron

Antipartícula com a massa de um elétron, mas de carga positiva. É o antielétron. É emitido em algumas desintegrações radioativas e formado na produção de pares por interação de raios gama de alta energia com a matéria.

Próton

Partícula elementar com carga positiva unitária e massa de aproximadamente 1.840 vezes a do elétron. Forma o núcleo de um átomo de hidrogênio leve. Todos os núcleos apresentam prótons. O número atômico (Z) de um átomo é igual ao número de prótons de seu núcleo.

R

Radiação

Emissão e propagação de energia através da matéria ou do espaço, e por meio de perturbações eletromagnéticas que apresentam duplo comportamento: como onda e como partícula. Nesse caso, as partículas são chamadas fótons.

Radiação nuclear é aquela emitida de núcleos atômicos nas várias reações nucleares, incluindo radiações alfa, beta, gama e nêutrons.

Radiação eletromagnética

Radiação que consiste na associação e na interação de ondas elétricas e magnéticas que se propagam com a velocidade da luz. Exemplo: luz, ondas de rádio, raios gama, raios-X. Todas elas se propagam através do vácuo.

Radiação ionizante

Qualquer radiação que retira ou desloca elétrons dos átomos ou das moléculas, produzindo íons ou radicais. Exemplo: radiações alfa, beta e gama, luz ultravioleta.

A radiação ionizante pode produzir danos severos na pele e nos tecidos.

Radioatividade

Decaimento espontâneo ou desintegração de um núcleo atômico instável, usualmente acompanhado pela emissão de radiação ionizante.

Radioisótopo

Isótopo radioativo. Isótopo instável de um elemento que decai ou se desintegra espontaneamente, emitindo radiação. Mais de 1.300 radioisótopos naturais e artificiais já foram identificados.

Radionuclídeo

Nuclídeo radioativo.

Radioterapia

Terapia por radiações.

Raios gama

Radiação eletromagnética com alta energia e pequeno comprimento de onda. A radiação gama freqüentemente acompanha as emissões alfa e beta e sempre acompanha a fissão. Os raios gama são muito penetrantes, podendo ser blindados por materiais densos como o chumbo ou o urânio.

Têm características essencialmente similares às dos raios-X: usualmente são mais energéticos e de origem nuclear.

Raios-X

Forma penetrante de radiação eletromagnética emitida quando os elétrons orbitais internos de um átomo excitado retornam ao seu estado normal ou quando um alvo de metal é bombardeado com elétrons de alta velocidade. Os raios-X são sempre de origem extranuclear.

Reação em cadeia

Reação que estimula a sua própria repetição. Numa reação de fissão em cadeia, um núcleo de um material fissil absorve um nêutron e fissiona-se, liberando nêutrons adicionais.

Estes, por sua vez, podem ser absorvidos por outros núcleos físeis, liberando mais nêutrons. Uma reação de fissão em cadeia é auto-sustentada quando o

número de nêutrons liberados num determinado tempo é igual ou excede o número de nêutrons perdidos pela absorção em materiais não físeis, ou seja, quando o fator efetivo de multiplicação for maior ou igual a um.

Reação nuclear

Reação que produz mudança num núcleo atômico, tal como fissão, fusão, captura de nêutrons, decaimento radioativo. O termo serve para distingui-la de uma reação química que está limitada a mudanças na estrutura dos elétrons que envolve o núcleo.

Reator nuclear

Dispositivo no qual uma reação nuclear em cadeia de fissão é iniciada, mantida e controlada. Seu componente essencial é o núcleo que contém combustível físsil. Ele tem usualmente um moderador, um refletor, blindagem, refrigeração e mecanismos de controle.

Reator PWR

Reator a água pressurizada (*pressurized water reactor*). Reator nuclear de potência, no qual o calor é transferido do núcleo para um trocador de calor por meio de água, que é mantida sob alta pressão para alcançar altas temperaturas sem ebulição no sistema primário. O vapor é produzido no trocador de calor (gerador de vapor) do circuito secundário. Muitos reatores geradores de eletricidade são do tipo a água pressurizada.

Resíduos radioativos (rejeitos)

Equipamentos e materiais (de operações nucleares) que permanecem radioativos e para os quais não existem aplicações futuras. Os resíduos são, geralmente, classificados como de alto nível quando apresentam concentrações radioativas de centenas a milhares de curie por litro ou decímetro cúbico e de baixo nível, na faixa de um microcurie por litro ou decímetro cúbico.

T

Transmutação nuclear

Transformação de um elemento em outro, por meio de uma reação nuclear ou série de reações. Exemplo: transmutação do urânio 238 em plutônio 239 pela absorção de um nêutron e emissão de uma partícula beta.

Tritio

Isótopo radioativo do hidrogênio (^1H), com dois nêutrons e um próton no núcleo (^3H). É um produto artificial, sendo mais pesado do que o deutério (^2H). O trítio é usado na indústria para aferições de espessuras e como traçador nos experimentos químicos e biológicos. Seu núcleo é um triton.

U

Urânio

Elemento radioativo com número atômico 92 e massa atômica aproximada 238 que é encontrado na natureza. Os dois isótopos principais são:

Urânio 235 (0,7% do urânio natural), que é fissil, e urânio 238 (99,3% do urânio natural), que é fértil. O urânio natural ainda contém uma pequena quantidade de urânio 234. É o material básico da energia nuclear. O urânio 235 é o único isótopo fissil natural. Existem, ainda, outros isótopos físseis como o urânio 233, obtido pela transmutação do tório 232.

Apêndice

Meia-vida dos elementos radioativos

Tório 232	13 bilhões e 900 milhões de anos
Urânio 238	4,5 bilhões de anos
Urânio 235	713 milhões de anos
Urânio 234	270 mil anos
Tório 230	83 mil anos
Protactínio 231	32 mil anos
Rádio 226	1.400 anos
Rádio 228	6,7 anos
Césio 137	30 anos
Polônio 206	140 dias
Frâncio 223	21 minutos

I M P R E S S A O



IMPRESA OFICIAL
SERVIÇO PÚBLICO DE QUALIDADE

Rua da Mooca, 1921 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 6099.9457/6099.9529
CNPJ 48.066.047/0001-84
<http://www.imprensaoficial.com.br>

O USO PACÍFICO DA RADIOATIVIDADE TEM SIDO CADA VEZ MAIS ABRANGENTE NAS DIVERSAS ÁREAS DO CONHECIMENTO HUMANO. NA RADIOTERAPIA DO TRATAMENTO DO CÂNCER, SEJA POR MEIO DA TELETERAPIA OU DA BRAQUITERAPIA, DEU-SE NOVA ESPERANÇA DE VIDA ÀQUELES QUE FORAM SUBMETIDOS A TAL TRATAMENTO.

NA AGRICULTURA, PARA SE EVITAR O DESPERDÍCIO E A INFESTAÇÃO POR MICROORGANISMOS, UTILIZA-SE A RADIAÇÃO PARA A CONSERVAÇÃO DOS ALIMENTOS. NUMA PROVÁVEL SITUAÇÃO DE RACIONAMENTO DE ENERGIA, EM VIRTUDE DO ESGOTAMENTO DE SUAS FONTES, A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR PODE SER DE GRANDE UTILIDADE.

É POSSÍVEL, APÓS AMPLOS DEBATES, ENVOLVENDO SOCIEDADE, TÉCNICOS E GOVERNO, ESTABELECEER UMA POLÍTICA DE USO PACÍFICO DA RADIOATIVIDADE EM BENEFÍCIO DE TODA A POPULAÇÃO.

ESTE TRABALHO, DE MANEIRA DIDÁTICA E SIMPLIFICADA, PROCURA ENFOCAR A IMPORTÂNCIA DA RADIOATIVIDADE E OS CUIDADOS NECESSÁRIOS À SUA APLICAÇÃO PACÍFICA, PRETENDENDO, ASSIM, SER ÚTIL A PROFESSORES E A ALUNOS DO ENSINO MÉDIO NO SEU DIA-A-DIA.

CÓDIGO EDU: 271136

ISBN 85-230-0622-2



9 788523 006228

Física divertida

Carlos Fiolhais

Física e filosofia (4ª edição)

Werner Heisenberg

Física: a evolução dos vestibulares da UnB

Cleovam Pôrto

Deve ser brincadeira, Sr. Feynman

Richard Feynman



Einstein estava certo?

Clifford M. Will

Química: a evolução dos vestibulares da UnB

Cleoman Porto

Química nos vestibulares e no PAS

Cleoman Porto