

---

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Instituto de Engenharia, Ciência e Tecnologia  
Avenida Manoel Bandejas, 460, Janaúba - MG - Brasil  
[www.ufvjm.edu.br](http://www.ufvjm.edu.br)

---



Idealizadora e Coordenadora  
Profa. Dra. Patrícia Nirlane da Costa Souza

Vice-Coordenador  
Prof. Dr. Thiago de Lima Prado



## Corpo editorial

### Editor Chefe

Prof. Dr. Thiago de Lima Prado

### Coordenadores

Daniel Pereira Ribeiro  
Vagner Carvalho Fernandes

### Editores na Área de Física

Prof. Dr. Jean Carlos Coelho Felipe  
Prof. Dr. Fabiano Alan Serafim Ferrari  
Prof. Dr. Thiago de Lima Prado  
Prof. Dr. Ananias Borges Alencar

### Colaboradores em Física

Hudson Vinícios Tavares Mineiro  
Vitor Bruno de Sá  
Francelly Emilly Lucas  
Mariana Tainná Silva Souza  
Mathaus Henrique da Silva Alves  
Daniel Pereira Ribeiro  
Deybson Lucas Romualdo Silva

### Editores na Área de Matemática

Prof. Msc. Carlos Henrique Alves Costa  
Prof. Msc. Edson do Nascimento Neres Júnior  
Prof. Msc. João de Deus Oliveira Junior  
Prof. Msc. Fabrício Figueredo Monção  
Prof. Msc. Patrícia Teixeira Sampaio

### Colaboradores em Matemática

David Miguel Soares Junior  
Farley Adriani Batista Caldeira  
Hudson Vinícios Tavares Mineiro  
Jhonatan do Amparo Madureira  
Josimar Dantas Botelho  
Lucimar Soares Dias  
Matheus Correia Guimarães  
Thiago Silva  
Vitor Bruno de Sá  
Vitor Hugo Souza Leal

### Editores na Área de Biologia

Profa. Dra. Patrícia Nirlane da Costa Souza  
Prof. Dr. Max Pereira Gonçalves  
Profa. Estefânia Conceição Apolinário

### Colaboradores em Biologia

Mathaus Henrique da Silva Alves  
Jordana de Jesus Silva  
Anny Mayara Souza Santos  
Tarcísio Michael Ferreira Soares  
Gabriel Antunes de Souza  
Joselândio Correa Santos  
Matheus Jorge Santana Versiani

### Editores na Área de Química

Prof. Dr. Prof. Dr. Luciano Pereira Rodrigues  
Prof. Dr. Luiz Roberto Marques Albuquerque  
Profa. Dra. Karla Aparecida Guimarães Gusmão

### Colaboradores em Química

Deybson Lucas  
Juliano Antunes de Souza  
Lucimar Soares Dias  
Luiz Gustavo  
Vagner Carvalho Fernandes  
Nailma de Jesus Martins  
Karine Silva  
Paulo Silva  
Kahmmelly Mathildes Pimenta Coelho

# Capítulo 1

## Química

### Seção 1.1

#### Termoquímica

##### Subseção 1.1.1

##### Teoria

A energia é um assunto de grande importância não apenas nos meios científicos, mas também para a sociedade em geral. Entre as fontes energéticas mais importantes estão os combustíveis, substâncias que ao sofrerem combustão, liberam energia na forma de calor. Grande parte dos processos utilizados para obter energia provoca sérios problemas ambientais. No entanto, do conhecimento cada vez maior a respeito do fluxo de energia e dos fenômenos energéticos podem resultar novas formas de obter energia. A busca por fontes energéticas menos poluentes, ou até mesmo não poluentes, é uma das prioridades das pesquisas na área da termoquímica.

Não há reação química que ocorra sem variação de energia, esta é conservativa, não se cria ou destrói, só se transforma.

As variações de energia, nas reações químicas, manifestam-se sob a forma de calor (geralmente) e luz liberada ou absorvida. A origem da energia envolvida numa reação química decorre, basicamente, de um novo arranjo para as ligações químicas; O conteúdo de energia armazenado, principalmente na forma de ligações é chamado de ENTALPIA (enthalpein, do grego = calor) e simbolizado por "H".

#### CALOR DE REAÇÃO (Q)

O conceito científico de calor relaciona-se com a diferença de temperatura entre dois sistemas. O calor é o processo de transferência de energia de um sistema, a uma temperatura mais alta, para outro, a uma temperatura mais baixa. Quanto maior a diferença de calor entre os dois sistemas,

maior a quantidade de calor transferida. Quando aquecido, a quantidade de calor que um corpo pode receber depende da diferença de temperatura entre o corpo e a fonte de calor, do calor específico do material de que é feito o corpo e de sua massa.

$$Q = mc\Delta T \quad (1.1)$$

$Q$  é a quantidade de calor, em joules ou calorias.  $m$  é a massa da substância que recebe ou cede calor, em gramas.  $c$  é o calor específico da substância que recebe ou cede o calor.  $\Delta T$  é a variação de temperatura, sofrida pela substância que recebe ou cede calor, em  $^{\circ}C$ .

É usual expressar quantidade de calor em calorias (cal). Caloria é a quantidade de energia necessária para elevar em  $1^{\circ}C$  a temperatura de 1 grama (o equivalente a 1 mililitro) de água. Pode-se expressar quantidade de calor também em joule, lembrando que  $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$ .

#### Estado Padrão

O estado padrão de uma substância é a fase mais estável que ela existe, a 1 atm, em uma determinada temperatura. O estado padrão é indicado pelo símbolo ( $^{\circ}$ ). Sendo assim, representa-se por  $\Delta H^{\circ}$  a variação de entalpia para uma reação em que reagentes e produtos estão no estado padrão.

#### Entalpia (H)

É uma propriedade extensiva de uma substância, que está relacionada com o calor de reação (Q), e permite calcular o calor absorvido ou desprendido numa reação química. Não é possível calcular a entalpia de um sistema, e sim a sua variação

$$\Delta = \sum H_{final} - \sum H_{inicial} \quad (1.2)$$

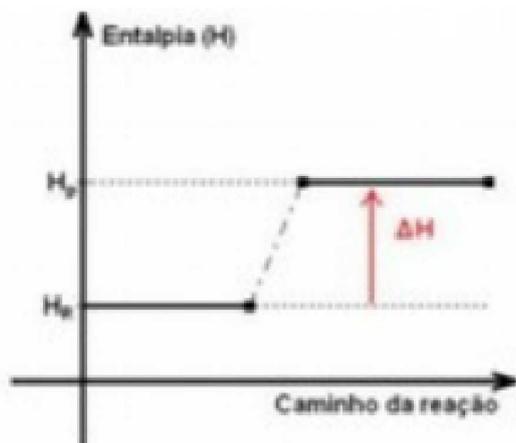
ou

$$\Delta = \sum H_{produtos} - \sum H_{reagentes} \quad (1.3)$$

- O valor de  $\Delta H$  é diretamente proporcional às quantidades de reagentes e de produtos que aparecem na equação termoquímica.
- Quando uma reação ocorre no sentido contrário ao indicado na equação química, se a reação direta for exotérmica, a inversa será endotérmica, e vice-versa

Nos processos ENDOTÉRMICOS, tem-se:

$$\Delta H > 0;$$



Nesse caso, há absorção de calor no processo, ou seja, o sistema absorve calor e o ambiente se resfria, portanto a  $H_{produtos}$  é maior do que a  $H_{reagentes}$  e  $\Delta H$  é positivo.

Nos processos EXOTÉRMICOS, tem-se:

$$\Delta H < 0;$$



Nesse caso há liberação de calor, ou seja, o sistema libera calor e o ambiente é aquecido, portanto a  $H_{produtos}$  é menor do que a  $H_{reagentes}$  e  $\Delta H$  é negativo.

## Tipos de Entalpia

Entalpia ou calor de formação: variação de entalpia da reação de formação de 1 mol de uma substância, partindo de reagentes no estado padrão ( $H = 0$ ).

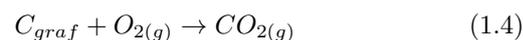
Entalpia ou calor de neutralização: variação de entalpia da reação de um equivalente-grama de uma base, estando reagente e produtos em solução aquosa em diluição total ou infinita,  $25^\circ C$  e 1 atm.

Energia de ligação: variação de entalpia que acontece na quebra de um mol de ligações, estando reagentes e produtos no estado gasoso a  $25^\circ C$  e 1 atm.

## Equações Termoquímicas

Nas equações termoquímicas devem ser indicados todos os fatores que influem nas variações de entalpia das reações. Por isso devem ser destacados aspectos como o estado físico dos reagentes e dos produtos, os coeficientes estequiométricos, as variedades alotrópicas, a temperatura e a pressão, bem como o  $\Delta H$  do processo.

Exemplo:



$$\Delta H = -393,5 \text{ kJ a } 25^\circ C \text{ e } 1 \text{ atm.}$$

Observações:

- Quando não citamos os valores da pressão e da temperatura é porque correspondem as condições ambientes.
- Convencionou-se entalpia zero para determinadas substâncias simples que se apresente nos estados físico e alotrópico mais comum, a  $25^\circ C$  e 1 atm de pressão.

Estados Alotrópicos mais Comuns:

- Carbono: Grafite Diamante;
- Enxofre: Rômbico Monoclínico;
- Fósforo: Branco Vermelho;
- Oxigênio:  $O_2$ ,  $O_3$  (ozônio);

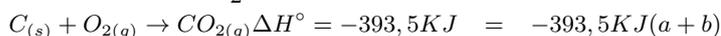
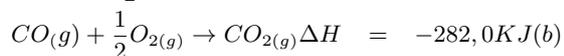
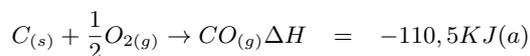
## Lei de Hess

As reações químicas podem ocorrer em várias etapas, porém, verifica-se que sua variação de entalpia depende apenas dos estados inicial e final da mesma. Estas observações foram feitas por Germain Henry Hess e, ficou conhecida como LEI DE HESS. De acordo com essa lei, é possível calcular a variação de entalpia de uma reação por meio da soma algébrica de equações químicas de reações que possuam  $\Delta H$  conhecidos.

- Para uma dada reação, a variação de entalpia é sempre a mesma, esteja essa reação ocorrendo em 1 ou várias etapas.

- Quando uma equação termoquímica for multiplicada por um fator, o valor de  $\Delta H$  da equação será multiplicado pelo mesmo fator.

Exemplo: Formação de dióxido de carbono.



ENTALPIA PADRÃO DE FORMAÇÃO DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS, $\Delta H^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )							
Substância	$\Delta H^\circ_f$	Substância	$\Delta H^\circ_f$	Substância	$\Delta H^\circ_f$	Substância	$\Delta H^\circ_f$
Ag(l)	0	Ca(s)	0	HNO <sub>3</sub> (l)	-173,2	NH <sub>4</sub> Cl(s)	-94,7
AgBr(l)	-100,4	CaBr <sub>2</sub> (s)	-482,8	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)	-811,3	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	-1131,0
AgCl(l)	-127,0	CaCO <sub>3</sub> (s)	-1207,0	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (l)	-87,0	NaCl(s)	-411,0
Al(s)	0	CaCl <sub>2</sub> (s)	-795,0	Hg(l)	0	NaOH(s)	-426,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1669,8	CaO(s)	-635,5	Hg(g)	60,8	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1384,5
Cl <sub>2</sub> (g)	0	Ca(OH) <sub>2</sub> (s)	-986,6	I <sub>2</sub> (s)	0	O <sub>2</sub> (g)	0
CO <sub>2</sub> (g)	-110,5	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O(s)	-1432,7	K(l)	0	Pb(l)	0
CO <sub>2</sub> (s)	-393,5	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O(s)	-2021,1	KCl(s)	-415,9	PbO(s)	-219,2
CH <sub>4</sub> (g)	-74,8	Cl <sub>2</sub> (g)	0	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1433,7	S(s)	0
CH <sub>3</sub> Cl(g)	-82,0	Fe(s)	0	N <sub>2</sub> (g)	0	SO <sub>2</sub> (g)	-296,9
CH <sub>3</sub> (g)	14,2	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-822,2	NH <sub>3</sub> (g)	-46,2	SO <sub>3</sub> (g)	-395,2
CH <sub>3</sub> OH(l)	-238,6	H <sub>2</sub> O(g)	-241,8	NH <sub>4</sub> Cl(s)	-315,4		
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (s)	-333,2	H <sub>2</sub> O(l)	-285,9	NO(g)	90,4		
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (aq)	-391,7	H <sub>2</sub> (g)	0	NO <sub>2</sub> (g)	33,8		
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	226,8	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)	-187,6	N <sub>2</sub> O(g)	81,6		
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	52,3	HBr(g)	-36,0	N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (g)	9,7		
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-84,7	HCl(g)	-92,3	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	11,0		
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)	-227,6	HI(g)	26,6	N <sub>2</sub> (s)	0		

## REFERÊNCIAS

ATKINS, P.; JONES, L.: Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

TALARICO, C. Apostila de química. UFJF, Juiz de Fora, 2011. Disponível em: <http://www.ufjf.br/cursinho/files/2012/05/Apostila-de-Quimica-III-63.1072.pdf> Acesso em 29 de março de 2017.

### Subseção 1.1.2

#### Exercícios

1 - Qual a quantidade de calor necessária para elevar de 24°C para 80°C a temperatura de um bloco de 0,1kg cobre? Calor específico do cobre = 0,092 cal/g.°C.

2 - Julgue e justifique as afirmações abaixo. Reação exotérmica é aquela na qual:

- ( ) Há liberação de calor.
- ( ) Há diminuição de energia.

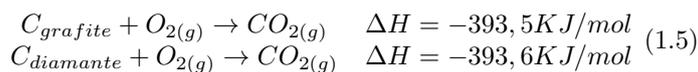
- ( ) A entalpia dos reagentes é maior que a dos produtos.
- ( ) A variação de entalpia é negativa.

3 - Considere os dados da tabela abaixo, a 25°C e 1atm.

Substância	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol)
Amônia (gás)	-46
Ácido Clorídrico (gás)	-92
Cloreto de amônio (gás)	-314

Calcule a variação de entalpia quando a base reage com o ácido para formar o correspondente sal.

4 - A fabricação do diamante pode ser feita comprimindo a uma temperatura elevada empregando catalisadores metálicos como tântalo e cobalto. Analisando os dados obtidos experimentalmente em calorímetros:



- a) A formação de  $CO_2$  é sempre endotérmica.
- b) A conversão da forma grafita na forma diamante é exotérmica.
- c) A forma alotrópica estável do carbono nas condições da experiência é a grafite.
- d) A variação de entalpia da transformação do carbono grafita em carbono diamante nas condições da experiência é  $\Delta H = -2,1 \text{ KJ/mol}$ .
- e) A forma alotrópica grafita é o agente oxidante e o diamante é o agente redutor das reações de combustão.

5 - Experimentalmente se observa que, quando se dissolve etanol na água, há aumento de temperatura na mistura. Com base nesse fato, confirme ou negue a seguinte afirmação: "A dissolução de etanol em água é um processo endotérmico".

6 - Equipamentos com dispositivo para jato de vapor de água a 120 °C é utilizado na limpeza doméstica para eliminação de ácaros.

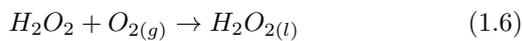
Substância	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol) a 25°C e 1 atm
H <sub>2</sub> O <sub>liq</sub>	-285,8
H <sub>2</sub> O <sub>g</sub>	-241,8

Com base nos dados da tabela, na informação e nos conhecimentos sobre termoquímica, pode-se afirmar:

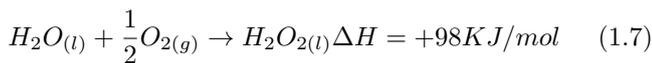
- a) O calor molar de vaporização da água na fase líquida é -44 kJ.

- b) A energia necessária à vaporização de 1,0 mol de água, na fase líquida, é suficiente para romper as ligações oxigênio-hidrogênio nela existentes.
- c) A eliminação de ácaros ocorre mediante processo exotérmico.
- d) Massas iguais de vapor de água, a 100 °C e a 120 °C, contêm as mesmas quantidades de energia.
- e) O valor absoluto do calor molar de vaporização da água líquida é igual ao valor absoluto do calor molar de liquefação da água, nas mesmas condições.

**7** - O peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) é um composto de uso comum devido a suas propriedades alvejantes e antissépticas. Esse composto, cuja solução aquosa é conhecida no comércio como “água oxigenada”, é preparado por um processo cuja equação global é:



Considere os valores de entalpias fornecidos para as seguintes reações:



O valor da entalpia padrão de formação do peróxido de hidrogênio líquido é:

- a) -474 kJ/mol
- b) -376 kJ/mol
- c) -188 kJ/mol
- d) +188 kJ/mol

**8** - Uma fonte calorífica fornece, continuamente, calor, à razão de 150 cal/s, a uma determinada massa de água. Se a temperatura da água aumenta de 20 °C para 60 °C em 4 minutos, sendo o calor específico sensível da água 1,0 cal/g °C, pode-se concluir que a massa de água aquecida é de:

- a) 500 g.
- b) 600 g.
- c) 700 g.
- d) 800 g.
- e) 900 g.

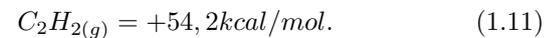
**9** - A transformação de 1 mol de hematita em ferro metálico é representada pela seguinte equação não balanceada:



A quantidade de calor envolvida na obtenção de 55,8g de ferro, aproximadamente, é:

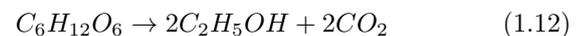
- a) 491,5 kJ de calor liberado.
- b) 491,5 kJ de calor absorvido.
- c) 245,7 kJ de calor liberado.
- d) 245,7 kJ de calor absorvido.
- e) 983,0 kJ de calor liberado.

**10** - O acetileno é um gás de grande uso comercial, sobretudo em maçaricos de oficinas de lanternagem. Assinale a opção correspondente à quantidade de calor fornecida pela combustão completa de 5,2kg de acetileno ( $C_2H_2$ ), a 25 °C, sabendo-se que as entalpias de formação, a 25 °C, são:



- a) 1615 kcal.
- b) 6214 kcal.
- c) 21660 kcal.
- d) 40460 kcal.
- e) 62140 kcal.

**11** - Uma das etapas envolvidas na produção do álcool combustível é a fermentação. A equação que apresenta esta transformação é: enzima



Conhecendo-se os calores de formação da glicose, do gás carbônico e do álcool, respectivamente, -302, -94 e -66 kcal/mol, pode-se afirmar que a fermentação ocorre com:

- a) liberação de 18 kcal/mol;
- b) absorção de 18 kcal/mol;
- c) liberação de 142 kcal/mol;
- d) absorção de 142 kcal/mol;
- e) variação energética nula.

**12** - Agora sou eu que vou me deliciar com um chocolate - diz Naná. E continua: - Você sabia que uma barra de chocolate contém 7% de proteínas, 59% de carboidratos e 27% de lipídios e que a energia de combustão das proteínas e dos carboidratos é de 17 kJ/g e dos lipídios é 38 kJ/g aproximadamente.

- a) Se essa barra de chocolate tem 50 g, quanto de energia ela me fornecerá?

- b) Se considerarmos o “calor específico” do corpo humano como  $4,5 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , qual será a variação de temperatura do meu corpo se toda esta energia for utilizada para o aquecimento? O meu “peso”, isto é, a minha massa, é 60 kg. Admita que não haja dissipação de calor para o ambiente

**13** - A queima de 1,0 kg de metano liberou  $5,5 \times 10^4 \text{ kJ}$ . Com base neste dado, o calor de combustão, expresso em kJ/mol de metano, é da ordem de:

- a)  $8,8 \times 10^{-4}$   
 b)  $8,8 \times 10^{-3}$   
 c)  $8,8 \times 10^{-2}$   
 d)  $8,8 \times 10^2$   
 e)  $8,8 \times 10^4$

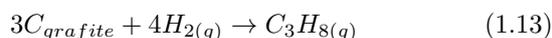
**14** - Considere as afirmações abaixo, segundo a lei de Hess. O calor de reação depende apenas dos estados inicial e final do processo.

- I. As equações termoquímicas podem ser somadas como se fossem equações matemáticas.  
 II. Podemos inverter uma equação termoquímica desde que inverta o valor da variação de entalpia.  
 III. Se o estado final do processo for alcançado por vários caminhos, o valor da variação de entalpia depende dos estados intermediários através dos quais o sistema pode passar.

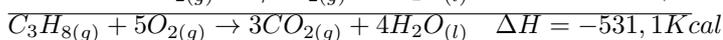
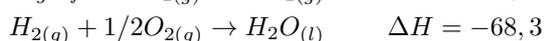
Conclui-se que:

- a) são verdadeiras as afirmações I e II.  
 b) são verdadeiras as afirmações II e III.  
 c) são verdadeiras as afirmações I, II e III.  
 d) todas são verdadeiras.

**15** - Aplicando a lei de Hess, determine a variação de entalpia da reação abaixo:



Conhecendo-se as seguintes equações termoquímicas:



O valor encontrado está representado na alternativa:

- a) + 24,10 kcal.  
 b) - 24,10 kcal.

c) + 368,80 kcal.

d) - 368,80 kcal.

**16** - Por “energia de ligação” entende-se a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) necessária para quebrar 1mol de uma dada ligação. Esse processo é sempre endotérmico ( $\Delta H > 0$ ). Assim, no processo representado pela equação  $CH_{4(g)} \rightarrow C_{(g)} + 4H_{(g)}$ ,  $\Delta H = 1663 \text{ KJ/mol}$ , são quebrados 4 mol de ligações C — H, sendo a energia de ligação, portanto 416KJ/mol. Sabendo que no processo  $C_2H_{6(g)} \rightarrow 2C_{(g)} + 6H_{(g)}$ ,  $\Delta H = 2826 \text{ KJ/mol}$ , são quebradas ligações C — C e C — H, qual o valor da energia de ligação C — C? Indique os cálculos.

**17** - Nas últimas décadas o efeito estufa tem se intensificado de maneira preocupante, sendo esse efeito, muitas vezes, atribuído a intensa liberação de  $CO_2$ , durante a queima de combustíveis fósseis para geração de energia. O quadro a seguir traz a entalpia padrão de combustão a  $25^\circ C$  do metano, butano e do octano.

Composto	Fórmula molecular	Massa Molar	$\Delta H_{25}^0$ KJ/mol
Metano	CH <sub>4</sub>	16	-890
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	-2878
Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114	-5471

À medida que aumenta a consciência sobre os impactos ambientais relacionados ao uso da energia, cresce a importância de se criar política de incentivo ao uso de combustíveis mais eficiente. Nesse sentido, considera-se que o metano, o butano e octano sejam representativos do gás natural, do gás liquefeito do petróleo e da gasolina, respectivamente. A partir dos dados fornecidos é possível concluir que, do ponto de vista da quantidade de calor obtido por mol de  $CO_2$  gerado, a ordem desses três combustíveis é:

- a) Gasolina, GLP e gás natural.  
 b) Gás natural, gasolina e GLP.  
 c) Gasolina, gás natural e GLP.  
 d) Gás natural, GLP e gasolina.  
 e) GLP, gás natural e gasolina.

**18** - Biodigestor é uma espécie de câmara isolada, que possibilita a transformação e o aproveitamento de certos detritos orgânicos para a geração de gás e adubo, conhecidos como biogás e biofertilizante. Do ponto de vista ambiental, o biogás constitui uma importante fonte de energia alternativa para produção de combustível para fogões, motores e geração de energia elétrica. O processo de combustão do principal componente do biogás, o metano, corresponde a:

- a) uma reação não espontânea;

- b) uma reação endotérmica;  
 c) uma reação exotérmica;  
 d) uma transformação física;  
 e) uma reação que ocorre sem troca de calor.

**19** - No processo de Haber-Bosch, a amônia é obtida em alta temperatura e pressão, utilizando ferro como catalisador. Essa amônia tem vasta aplicação como fonte de nitrogênio na fabricação de fertilizante e como gás de refrigeração. Dadas as energias de ligação  $H-H \rightarrow 436$  kJ/mol,  $N=N \rightarrow 944$  kJ/mol e  $H-N \rightarrow 390$  kJ/mol, a entalpia de formação de 1 mol de amônia é:

- a) -88 kJ/mol.  
 b) -44 kJ/mol.  
 c) +44 kJ/mol.  
 d) +88 kJ/mol.  
 e) +600 kJ/mol.

**20** - A transformação dos materiais está presente no setor produtivo e nos afazeres diários. Esses processos envolvem consumo e liberação de energia. A conversão da energia é uma das principais buscas da atual sociedade tecnológica.

Analise as seguintes afirmativas, relacionadas aos processos que envolvem consumo e liberação de energia.

- I. A solidificação da água em gelo, em dias de inverno, nas temperaturas negativas, ocorre com liberação de energia.
- II. A equação  $Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} + energia \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$  representa a transformação do minério de ferro em ferro metálico, nas siderúrgicas, e é uma reação exotérmica.
- III. A decomposição da sacarose é representada pela equação  $C_{12}H_{22}O_{11(s)} + energia \rightarrow 12C_{(s)} + 11H_2O_{(g)}$  e necessita de absorção de energia para que a reação química ocorra.
- IV. A combustão do etanol nos carros é representada pela equação  $C_2H_5OH_{(l)} + energia + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$  e absorve uma grande quantidade de calor, em um processo endotérmico, que depois será utilizado para o movimento do carro.

Está correto apenas o que se afirma em:

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

## Seção 1.2

### Reações Químicas

#### Subseção 1.2.1

##### Teoria

#### O Átomo

O átomo é uma unidade fundamental da matéria. Ele se divide em duas regiões, uma região central, na qual está concentrada praticamente toda a sua massa e toda a sua carga positiva, denominada núcleo, e uma região periférica, onde se concentra sua carga negativa, denominada eletrosfera. As partículas que formam o núcleo, os prótons e os nêutrons, são denominadas núcleons. As partículas que se encontram distribuídas pela eletrosfera são os elétrons.

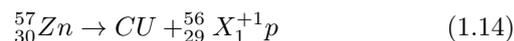
O total de núcleons em um núcleo atômico é denominado número de massa (A).

#### Reações Nucleares

As reações nucleares são fenômenos em que há a alteração da constituição dos núcleos. Tais reações ocorrem quando há uma alteração no número de 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.

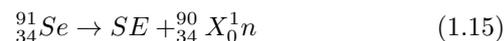
Exemplo:



Em um processo de transmutação, a identidade do elemento é alterada, ou seja, um elemento químico se converte em outro elemento. No exemplo anterior, átomos do elemento zinco são convertidos em átomos do elemento cobre.

Alguns processos nucleares ocorrem sem que haja a alteração do número de prótons do núcleo, como a emissão de nêutrons.

Exemplo:



No processo anterior, o nuclídeo selênio-91 emite um nêutron, sem que haja alteração do número de prótons, transformando-se em outro nuclídeo do mesmo elemento químico, o selênio 90.

Existem três tipos de reações nucleares:

- Radioatividade: atividade apresentada por alguns núcleos instáveis, em que há emissão ou absorção de

partículas (prótons, nêutrons, partícula alfa, partículas beta, pósitrons, elétrons, neutrinos e antineutrinos), com a emissão de energia eletromagnética (radiação), buscando sua estabilidade.

- Fissão nuclear: ruptura de núcleos atômicos, originando núcleos menores.
- Fusão nuclear: junção de núcleos atômicos, originando núcleos maiores.

### Princípio da equivalência massa-energia

Em 1905, Albert Einstein publicou um artigo com a expressão:

$$E = mc^2 \quad (1.16)$$

em que E = energia, m = massa de repouso e c = velocidade da luz no vácuo.

Essa expressão sintetiza o princípio da equivalência entre massa e energia. Este, por sua vez, une os princípios da conservação da massa e da energia. Para toda massa, existe uma energia e vice-versa.

No processo de aniquilação do elétron e do pósitron, toda massa do sistema é convertida em energia. Portanto, temos:

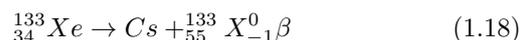
$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad (1.17)$$

Todo processo em que há perda de massa ( $\Delta m < 0$ ) é um processo exoenergético ( $\Delta E < 0$ ), ou seja, ocorre com liberação de energia. Em contrapartida, todo processo em que há ganho de massa ( $\Delta m > 0$ ) é um processo endoenergético ( $\Delta E > 0$ ), ou seja, ocorre com absorção de energia.

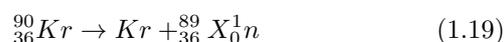
### Estabilidade Nuclear

A estabilidade nuclear de um nuclídeo está associada à sua energia de ligação nucleônica. Quando maior a energia de ligação, menor é a energia armazenada no núcleo, e, consequentemente, maior é a estabilidade do nuclídeo. A estabilidade nuclear depende diretamente da relação entre o número de nêutrons e prótons.

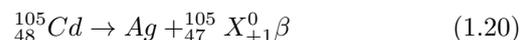
Exemplos:  
Desintegração beta



Emissão de nêutrons



Emissão de pósitron



$\frac{n}{p}$ entre 1 e 1,5	Estabilidade: com exceção de ${}^1_1\text{H}$ , todos os núcleos estáveis contêm pelo menos um nêutron. À medida que o número de prótons do núcleo aumenta, o número de nêutrons do próton 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 prótons ( ${}^1_1\beta$ ) ou captura de K (captura de um elétron da camada K da eletrosfera e emissão de raios X).

### Captura de K



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 pra diminuir tanto o número de nêutrons como o de prótons.

### RADIOATIVIDADE

A radioatividade é um fenômeno nuclear, isto é, deve-se unicamente ao núcleo atômico instável que emite partículas e radiações, buscando estabilidade.

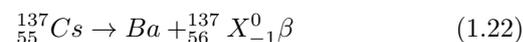
#### Transmutação

Ocorre transmutação quando os átomos sofrem transformações em seus núcleos, originando átomos de um novo elemento.

#### Transmutação natural

Ocorre por emissão espontânea de partículas por partes do núcleo.

Exemplo:

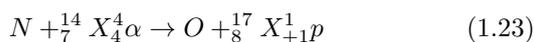


#### Transmutação artificial

É provocado por bombardeamento de núcleos com partículas subatômicas. As principais partículas utilizadas são partículas alfa, prótons e dêuterons.

Atualmente, essas reações são feitas, em geral, nos aceleradores de partículas de alta energia, como o ciclotron, o síncrotron e o acelerador linear.

Em equações de transmutação, é fundamental a igualdade algébrica entre os índices que representam o número de massa e o número atômico.



Átomos radioativos artificiais

Átomos estáveis podem ser transformados em radioativos artificialmente.

Exemplo: Formação do isótopo radioativo  ${}_{27}^{60}Co$  a partir do natural  ${}_{27}^{59}Co$  e não radioativo, pelo bombardeamento com nêutrons lentos.



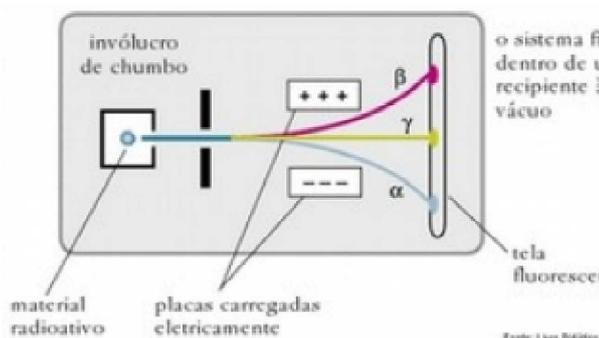
O  ${}_{27}^{60}Co$  é utilizado no tratamento de várias formas de câncer (Bomba de Cobalto).

Elementos artificiais

São divididos em cisurânicos e transurânicos. Os elementos cisurânicos são elementos artificiais com número atômico inferior a 92 (urânio). Os transurânicos são os elementos com número atômico superior a 92.

Natureza das emissões

Os três tipos de emissão, denominados  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , podem ser separados por um campo elétrico.

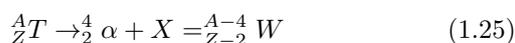


O campo elétrico produzido pelas placas desvia a trajetória das emissões.

Partícula  $\alpha$

São partículas constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (conjunto igual ao núcleo do átomo de hélio), emitidas pelo núcleo radioativo. Tem velocidade média de 5 a 10% da velocidade da luz. Possui pequeno poder de penetração, não atravessando uma camada de ar de 7 cm ou uma folha de papel. Não apresentam muitos efeitos fisiológicos, causando, no máximo, queimaduras de pele.

**Lei de Soddy:** Quando um elemento radioativo emite uma partícula  $\alpha$ , ele origina um novo elemento com número atômico 2 unidades menor e número de massa quatro unidades menor.

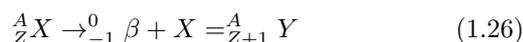


Observe que houve mudança do número atômico do átomo; logo, haverá uma mudança de elemento químico, denominada reação de transmutação.

Partícula  $\beta$

Cada partícula  $\beta$  é um elétron emitido em alta velocidade pelo núcleo radioativo. Admite-se que a partícula  $\beta$  deve ser formada pela desintegração de um nêutron. Possui velocidade média de 90 % da velocidade da luz, podendo penetrar de 50 a 100 vezes mais que as partículas alfa, atingindo até 2 cm de profundidade no corpo humano.

**Lei de Soddy – Fajans – Russel:** Quando um elemento radioativo emite uma partícula  $\beta$ , seu número atômico aumenta uma unidade, e o seu número de massa não se altera.



Radiações  $\gamma$

São radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda variam de 0,5 a 0,005 Å. Atingindo velocidade igual a da luz, 300000 km/s. Possui altíssimo poder de penetração, mas não conseguem atravessar uma chapa de chumbo com 5 cm de espessura ou uma placa de aço de 20 cm de espessura. Desta forma, atravessam completamente o organismo podendo provocar vários tipos de câncer e até mutações genéticas.

As emissões de partículas são normalmente acompanhadas de emissão de radiação  $\gamma$ .

Cinética das emissões radioativas

Leis da desintegração radioativa

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 nos fornecer uma expectativa do tempo de vida de um núcleo radioativo.

Período de semidesintegração ou meia-vida

É o tempo necessário para que a metade dos átomos presentes numa amostra de desintegre. Decorridas  $x$  meias-vidas, o número final de átomos ( $N$ ) em uma amostra radioativa será:

$$N = \frac{N_0}{2^x} \quad (1.27)$$

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,

$$m = \frac{m_0}{2^x} \quad (1.28)$$

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

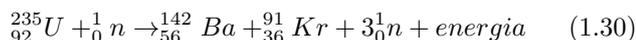
$$t = xP \quad (1.29)$$

onde P corresponde a uma meia-vida.

### Fissão Nuclear

No processo conhecido como fissão, um núcleo muito “pesado” parte-se e forma núcleos de “peso” médio.

Exemplo: Fissão do  ${}_{92}^{235}\text{U}$ , quando bombardeado com nêutrons.



Durante a fissão, são produzidos nêutrons. Os nêutrons emitidos podem causar fissão de outros núcleos de  ${}_{92}^{235}\text{U}$ , ocorrendo uma reação em cadeia.

No processo da fissão, ocorre uma perda de massa, que é convertida em energia de acordo com o princípio da equivalência massa-energia de Einstein.

A energia liberada em uma fissão nuclear é aplicada para fins pacíficos nos reatores nucleares (reação controlada) ou para fins bélicos em bombas atômicas, bombas de “A” (reação incontrolada).

Reator nuclear

Em um reator nuclear a reação de fissão é controlada por moderadores de nêutrons e barras de controle. Os moderadores de nêutrons desaceleram os nêutrons liberados no processo, viabilizando o prosseguimento da reação em cadeia. As barras controladoras adsorvem os nêutrons, impossibilitando o crescimento exponencial do número de nêutrons produzidos na reação em cadeia. Os principais materiais que realizam essa função são aço-boro, cádmio ou háfnio.

Lixo Atômico

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. Este é constituído por uma série de radionuclídeos que normalmente possuem uma meia-vida longa. Por esse motivo, necessitamos armazená-los em recipientes de chumbo e concreto e guarda-los em locais seguros por um tempo suficiente para que a radiação emitida atinja níveis não prejudiciais.

Bomba atômica (Bomba A)

A bomba atômica é detonada em três estágios. O 1º estágio é 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, elas formam uma massa denominada massa crítica, completando o 2º estágio. No 3º estágio, a massa crítica penetra na fonte de nêutrons, dando origem à reação em cadeia.

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. Para esse processo é necessário energia na ordem de cem milhões de graus Celsius, e este libera uma quantidade de energia muito maior do que o processo de fissão nuclear, além de produzir resíduos mais limpos (menos radioativos).

Bomba de Hidrogênio (Bomba H)

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

Referências

APOSTILA EDUCATIVA RADIOATIVIDADE, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/radio.pdf>. Acesso em 03 de abril de 2017

ATKINS, P.; JONES, L.: Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BERNOULLI, Coleção Estudo 4V. – Belo Horizonte. Editora Bernoulli, 2013.

### Subseção 1.2.2

#### Exercícios

I - A compreensão das propriedades de 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 posicionar a interpretação correta dos resultados dos radioensaios.

- I. As partículas gama possuem alto poder de penetração, podendo causar danos irreparáveis ao ser humano.
- II. As partículas alfas são leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível.
- III. As partículas gama são radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X, não possuem carga elétrica 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) Apelas II, III e IV.

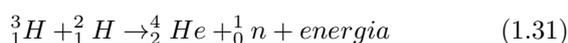
**2** - A irradiação é uma técnica eficiente na conservação e esterilização dos alimentos, pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento e maturação), utilizando-se como fonte isótopos radiativos, emissores de radiação gama do elemento químico cobalto-60, que destroem bactérias e fungos responsáveis pela deterioração desses alimentos. O cobalto ( ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ) pode sofrer transmutação para manganês ( ${}^{56}_{25}\text{Mn}$ ), que, por sua vez, se transforma em átomos de ferro ( ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ). Assinale a alternativa que contenha, respectivamente, a sequência de partículas, emitidas durante essa transmutação.

- a)  $\gamma$  e  $\beta$ .
- b)  $\alpha$  e  $\beta$ .
- c)  $\beta$  e  $\alpha$
- d)  $\gamma$  e  $\alpha$
- e)  $\alpha$  e  $\gamma$ .

**3** - 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  $0,16\mu\text{g}/\text{L}$ . Supondo que o urânio dissolvido nessas águas seja encontrado na forma de seu isótopo mais abundante, cuja meia-vida é aproximadamente  $5 \times 10^9$  anos, o tempo necessário para que a concentração desse isótopo na amostra seja reduzida para  $0,02\mu\text{g}/\text{L}$  será de:

- a)  $5 \times 10^9$  anos
- b)  $10 \times 10^9$  anos
- c)  $15 \times 10^9$  anos
- d)  $20 \times 10^9$  anos
- e)  $25 \times 10^9$  anos

**4** - No Sol, ocorre a combinação de isótopos do hidrogênio para formar hélio, com subsequente liberação de grande quantidade de energia. A equação dessa reação pode ser representada assim:



Reação desse tipo ocorre, por exemplo, na explosão da bomba de hidrogênio. Considerando as informações dadas e as características da referida reação, todas as alternativas estão corretas, EXCETO:

- a) A reação nuclear é altamente exotérmica.
- b) O novo núcleo é formado através da fusão.
- c) A energia liberada pode ser convertida em energia elétrica.

d) A fissão nuclear de isótopos de hidrogênio produz nêutrons.

**5** - Considere os seguintes acontecimentos ocorridos no Brasil:

**Goiás, 1987** Um equipamento contendo céσιο radioativo, utilizado em medicina nuclear, foi encontrado em um depósito de sucatas e aberto por pessoa que desconhecia seu conteúdo. Resultado: mortes e consequências ambientais sentidas até hoje.

**Distrito Federal, 1999** Cilindros contendo cloro, gás bactericida utilizado em tratamento de água, encontrados em um depósito de sucatas e aberto por pessoa que desconhecia seu conteúdo. Resultado: mortes, intoxicações e consequências ambientais sentidas por várias horas.

Para evitar que novos acontecimentos dessa natureza venham a ocorrer, foram feitas as seguintes propostas, para a atuação do Estado:

- I. Proibir o uso de materiais e gases tóxicos;
- II. Controlar rigorosamente a compra, uso e destino de materiais radioativos e de recipientes contendo gases tóxicos.
- III. Instruir usuários sobre a utilização e descarte desses materiais.
- IV. Realizar campanhas de esclarecimento à população sobre os riscos da radiação e da toxicidade de determinadas substâncias.

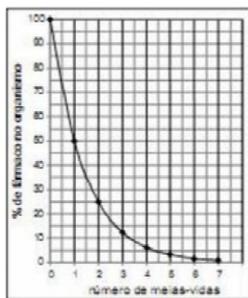
Dessas propostas, são adequadas apenas:

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

**6** - duração do efeito de alguns fármacos está relacionada à sua meia-vida, tempo necessário para que a quantidade original do fármaco no organismo se reduza à metade. A cada intervalo de tempo correspondente a uma meia-vida, a quantidade de fármaco existente no organismo no final do intervalo é igual a 50% da quantidade no início desse intervalo.

O gráfico a seguir representa, de forma genérica, o que acontece com a quantidade de fármaco no organismo humano ao longo do tempo.

A meia-vida do antibiótico amoxicilina é de 1 hora. Assim, se uma dose desse antibiótico for injetada às 12 h em um paciente, o percentual dessa dose que restará em seu organismo às 13 h 30 min será aproximadamente de: Parte superior do formulário



F. D. Fuchs e Cher I. Wannin. *Farmacologia Clínica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, p. 40.

- a) 10%.
- b) 15%.
- c) 25%.
- d) 35%.
- e) 50%.

7 - Na música “Bye, bye, Brasil”, de Chico Buarque de Holanda e Roberto Menescal, os versos:

“Puseram uma usina no mar Talvez fique ruim de pescar”

poderiam estar se referindo à usina 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:

- a) Pelo aquecimento das águas, utilizadas para 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 metal pesados dos processos de enriquecimento do urânio.
- e) Pelo vazamento de lixo atômico colocado em tonéis e lançado ao mar nas vizinhanças da usina.

8 - O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

- I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como “combustível” não é queimado, mas sofre fissão.
- II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos.

A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que:

- a) O primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes em usinas nucleares.
- b) O segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.
- c) O segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz fases do efeito estufa.
- d) Ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.
- e) Ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está se tornando uma necessidade inquestionável.

9 - O funcionamento de uma usina nucleoeletrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear.

Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não físsil. Em grande parte do armazenamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoeletricas.

Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:

- a) A disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilização em armas nucleares.
- b) A proibição de se instalarem novas usinas nucleoeletricas não causaria impacto na oferta mundial de energia.
- c) A existência de usinas nucleoeletricas possibilita que um dos seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- d) A obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoeletricas.
- e) A baixa concentração de urânio em usinas nucleoeletricas impossibilita o desenvolvimento energético.

10 - A falta de conhecimento em relação ao que vem ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da radiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir. “Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por radiação.”

FÍSICA NA ESCOLA, v.8, n.2, 2007  
(Adaptação)

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois:

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

**11** - Com relação à radioatividade e à natureza da matéria, JULGUE ao itens que se seguem.

- ( ) As radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  podem ser separadas por um campo elétrico.
- ( ) A radiação utilizada por Rutherford nas experiências que o levaram a propor um novo modelo atômico era de origem extracelular.
- ( ) Átomos de carbono-14, radioativos, sofrem transformações nucleares que os levam a se tornarem átomos de outros elementos químicos.

**12** - Uma série de processos de decaimento radioativo natural tem início com o isótopo 238 de urânio ( $Z=92$ ). Após o processo de emissão de partículas alfa, seguido de duas emissões sucessivas de partículas beta, uma nova emissão de partículas alfa acontece. Com base nessas informações, JULGUE as proposições a seguir.

- ( ) o isótopo 238 do urânio possui 148 nêutrons.
- ( ) o elemento que emite a segunda partícula alfa 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 acima, possui 90 prótons e 140 nêutrons.
- ( ) o elemento resultante da segunda emissão beta é o isóbaro do elemento resultante da primeira emissão alfa.

**13** - Carbono - 11 é utilizado na medicina para diagnóstico por imagem. Amostras de compostos contendo carbono - 11 são injetadas no paciente obtendo-se a imagem desejada após decorridos cinco "meias-vidas" do radioisótopo.

Neste caso, a porcentagem da massa de carbono-11, da amostra, que ainda não se desintegrou é:

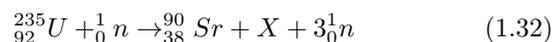
- a) 1,1%
- b) 3,1%
- c) 12%
- d) 50%
- e) 75%

**14** - A bomba atômica detonada em Hiroshima liberou uma grande quantidade de energia, sob a forma de luz, raios ultravioleta, raios X, ondas de choque e calor. Os raios X e ultravioleta, apesar de serem bastante perigosos porque são penetrantes, não têm origem nuclear. Para diminuir a intensidade de raios X numa certa região pode-se interceptar parcialmente a radiação, utilizando placas de chumbo. Se a radiação tiver energia de 1,0 MeV, cada 0,86 cm de espessura de chumbo reduzem a intensidade de radiação à metade.

Esse dado permite deduzir que, para reduzir a intensidade de raios X a 12,5%, ou seja, reduzi-la a 1/8 da intensidade inicial, deve-se interceptar a radiação com uma placa de chumbo de espessura, em cm, igual a:

- a) 1,72
- b) 2,58
- c) 3,44
- d) 4,30
- e) 5,16

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



- a)  ${}_{53}^{145}\text{I}$
- b)  ${}_{53}^{143}\text{I}$
- c)  ${}_{53}^{145}\text{Sb}$
- d)  ${}_{54}^{144}\text{Xe}$
- e)  ${}_{54}^{143}\text{Xe}$

**16** - Um átomo X, de número atômico 92 e número de massa 238, emite uma partícula alfa, transformando-se num átomo Y, o qual emite uma partícula beta, produzindo um átomo Z.

Então :

- a) os átomos Y e X são isótopos
- b) os átomos X e Z são isótonos
- c) os átomos X e Y são isóbaros
- d) o átomo Z possui 143 neutrons

e) o átomo Y possui 92 prótons

**17 -** Sobre fissão nuclear e fusão nuclear:

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

**18 -** Considere os seguintes materiais:

**I.** Artefato de bronze (confeccionado pela civilização inca).

**II.** Mangueira centenária (que ainda produz frutos nas ruas de Belém do Pará).

**III.** Corpo humano mumificado (encontrado em tumbas do Egito antigo).

O processo de datação, por carbono-14, é adequado para estimar a idade apenas

- a) do material I
- b) do material II
- c) do material III
- d) dos materiais I e II
- e) dos materiais II e III

**19 -** O isótopo radioativo de hidrogênio, Trício ( $^3H$ ), é muito utilizado em experimentos de marcação isotópica na química orgânica e na bioquímica. Porém, um dos problemas em utilizá-lo é que sua meia-vida é de 12,3 anos, o que causa um tempo de espera longo para que se possa descartá-lo no lixo comum.

Qual será a taxa de Trício daqui a 98 anos em uma amostra preparada hoje (100%)?

- a) 0%
- b) 12,55%
- c) 7,97%
- d) 0,39%
- e) 0,78%

**20 -** Associe as colunas:

- (1) Partícula alfa
- (2)  $^{235}_{92}U$

(3) Partícula beta

(4) Radiações gama

(5)  $^{218}_{84}Po$

(6) Isótopos

( ) Elétrons atirados em altíssima velocidade para fora de um núcleo instável.

( ) Átomos com o mesmo número atômico.

( ) Alto poder de penetração.

( ) Radioisótopo pertencente à família do Actínio.

( ) Alto poder ionizante.

( ) Radioisótopo pertencente à família do Urânio.

A seqüência correta, lida de cima para baixo, é:

a) 2, 5, 4, 3, 6, 2.

b) 3, 1, 6, 2, 4, 5.

c) 4, 6, 1, 5, 3, 2.

d) 1, 3, 5, 6, 4, 2.

e) 3, 6, 4, 2, 1, 5.